

ULUSLARARASI SOSYAL ARAŐTIRMALAR DERĐİŐİ THE JOURNAL OF INTERNATIONAL SOCIAL RESEARCH

Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi / The Journal of International Social Research
Cilt: 13 Sayı: 72 Ağustos 2020 & Volume: 13 Issue: 72 August 2020
www.sosyalarastirmalar.com Issn: 1307-9581

SEL AFETLERİ HAKKINDA GENEL BİR DERLEME A SURVEY ABOUT FLOOD DISASTERS

İbrahim Halil ÇELİK*
Ercüment ÖZTÜRK**

Öz

Bu çalışmadaki temel amaç, dünya genelinde yaşanan sel afetleri ve meydana getirdiği yıkıcı sonuçlar ile ilgili genel bir literatür taraması yaparak bir derleme hazırlamaktır. Çok sayıda yayın incelenerek hazırlanan bu çalışmada genel olarak afet, sel ve sel türleri, risk kavramı ve sel riski ele alınarak gerekli tanımlamalar yapılmış ve bu konulardaki yapılan çalışmalar derlenerek bir araya getirilmiştir. Bu bağlamda, dünya genelinde çok sık rastlanan, can ve mal kayıplarına yol açan doğa kaynaklı afet türlerinden olan sel felaketinin meydana getirdiği sosyal, ekonomik ve diğer etkiler bakımından da literatür bilgisi taranmıştır. Son olarak, bu konuda yapılacak olan bilimsel çalışmalara bir ön hazırlık çalışması olması amaç edinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Afet, Sel, Sel Riski.

Abstract

The main aim of this study is to prepare a review by conducting a general literature review on flood disasters and its devastating consequences. In this study, which was prepared by examining a large number of publications, necessary definitions were made by considering disaster, flood and flood types, risk concept and flood risk, and studies on these subjects were compiled and gathered. In this context, literature information has been scanned in terms of social, economic and other effects caused by the flood disaster, which is one of the natural disasters that are common in the world and cause loss of life and property. Finally, it is aimed to be a preliminary study for scientific studies on this subject.

Keywords: Disaster, Flood, Flood Risk.

* Öğr. Gör., Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Artvin, Türkiye. E-Posta: ihc0261@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2277-5299

** Arř. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Trabzon, Türkiye. E-Posta: zercux@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9623-6955



1. GİRİŞ

Afetlerin tanımında toplumsal süreçlerin belirleyici rolü vardır, ör. ISDR-2004 (ISDR, 2004, 1) tarafından "... etkilenen toplumun veya toplumun kendi kaynaklarını kullanma becerisini aşan yaygın insan, maddi, ekonomik veya çevresel kayıplara neden olan bir toplumun veya toplumun işleyişinde ciddi bir bozulma" olarak verilmiştir. Afet risk yönetimi ise literatürde, risk, tehlike, maruz kalma, kırılabilirlik, başa çıkma kapasitesi, direnç, esneklik ve uyarlanabilir kapasite gibi çeşitli terimler kullanılarak tartışılmaktadır. Bu terimlerin birçoğunda fikir birliği bulunmamaktadır (Gallopın, 2006, 598-606; Cutter ve ark, 2008, 293-303).

Afetler ile ilgili literatürde birçok tanım yapılmıştır. Bu konudaki en kapsamlı tanımlardan biri de AFAD tarafından yapılmıştır. Bu nedenle AFAD'ın yapmış olduğu tanım ve tanımlamalar (AFAD, 2014) referans olarak alınmıştır. Afet, Sel, risk ve sel riski gibi tanımlamalar sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Afet: "Toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olay. Afet bir olayın kendisi değil, doğurduğu sonuçtur"

Sel: "Suların bulunduğu yerde yükselerek veya başka bir yerden gelerek, genellikle kuru olan yüzeyleri kaplaması olayı"

Risk: "Bir olayın belirli koşul ve ortamlarda doğurabileceği can, mal, ekonomik ve çevresel gibi değerlerin kaybının gerçekleşme olasılığı"

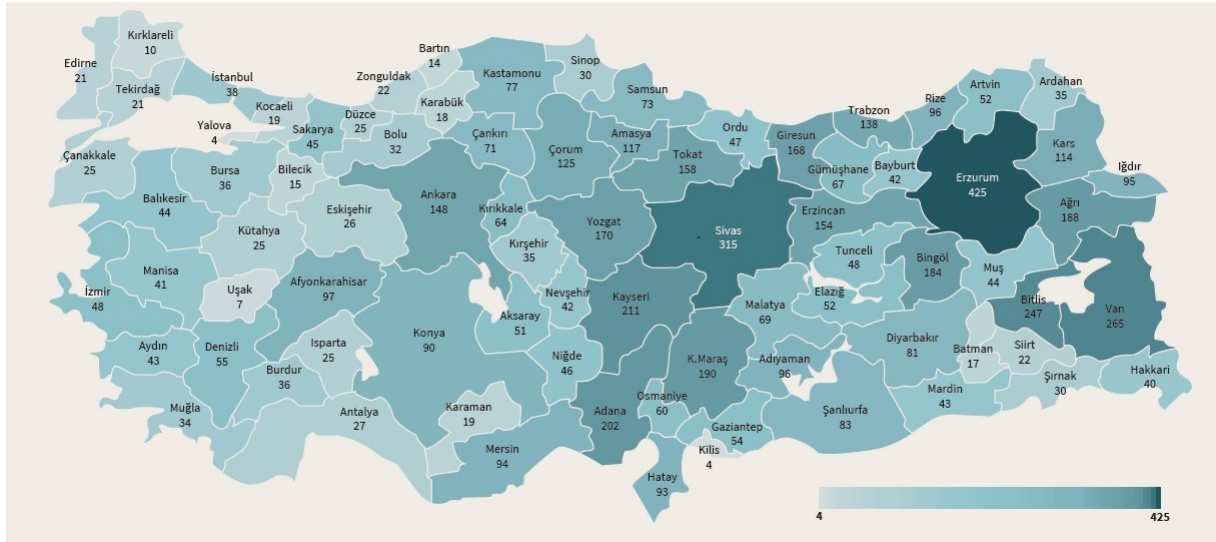
Sel Riski: "Sel olasılığının, insan sağlığı, çevre, kültürel miras ve ekonomik faaliyetler üzerindeki olumsuz etkileriyle birlikte değerlendirilmesi" olarak tanımlanmaktadır.

Sel türleri incelendiğinde; meydana gelme hızlarına göre seller, hızlı, yavaş ve ani gelişen seller olarak gruplandırılmaktadır. Saatlik süre içinde meydana gelen seller; ani sel, birkaç gün içinde meydana gelen seller hızlı sel, bir hafta ya da daha fazla süreli meydana gelen sellere ise yavaş sel adı verilmektedir. Meydana gelme yeri açısından ise, şehir selleri, kıyı selleri, kuru dere selleri, baraj/gölet selleri ve akarsu (nehir ve dere) selleri biçiminde ifade edilir (AFAD, 2014).

Türkiye'de en sık karşılaşılan afetlerden biri olan sel, her bölgede ve şehirde meydana gelebilmektedir. Genellikle;

- Yağmurun şiddetli yağması
- Nehir, dere ve çayların taşması
- Büyük deniz dalgalarının kıyıları su altında bırakması
- Karların hızlı erimesi
- Baraj veya setlerin yıkılması neticesinde meydana gelir (Kadıoğlu, 2018, 64-97).

Sel olayına en fazla nehir yataklarının taşması neticesinde rastlanır. Kar erimesi ve ani/ kuvvetli yağışlar neticesinde taşmalar meydana gelmektedir. Nehir yataklarına gelen suyun sele sebebiyet vermesinde yatakların amaç dışı kullanılması oldukça etkilidir. Çarpık kentleşme neticesinde dere yataklarında inşa edilen gecekondu, dere yataklarının doldurulması ya da nehir yataklarının değiştirilmesi neticesinde Türkiye'de her yıl fazla sayıda mal ve hatta can kaybına yol açmaktadır (AFAD, 2018).



Şekil-1: 01.01.1950-01.06.2018 Tarihleri aralığında Türkiye’de meydana gelen sel/su baskını olaylarının il bazında sayıları (AFAD, 2018).

Şekil-1’de görülen haritada 1950-2018 yılları arasında (68 yılda) Türkiye’de meydana gelen sel olaylarının il bazlı sayısal değerleri gösterilmektedir. Bu değerler ülkenin tamamında sel vakalarının meydana geldiğini göstermektedir.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1. Sel Risk Yönetimi

IPCC SREX raporunun sözlüğünde, seller şu şekilde tanımlanır: “bir akarsu veya başka bir su kütlesinin normal sınırlarının taşması veya normalde batık olmayan alanlar üzerinde su birikmesi”. Sel, fırtına ve depremlerden sonra en yaygın görülen doğal tehlike ve küresel olarak en çok zarar görülen üçüncü tehlikedir (Kundzewicz ve ark, 2014, 1-28). Antropojenik iklim değişikliğinin daha sık şiddetli yağış, artan su tutma ıslaklığı ve deniz seviyesinin yükselmesi yoluyla sel riskini artırması beklenmektedir (Wilby ve Rod, 2012, 348-378). Ayrıca, Dünya Bankası tarafından da bu tanım teyit edilmiştir: “Taşkınlar genellikle göze çarpmaktadır çünkü dünya çapında en yaygın doğal tehlike ve üçüncü en zarar verici (fırtına ve depremlerden sonra) doğal afet türüdür.” (Dünya Bankası, 2010). Seller iklim ile ilgili en büyük felaketler arasındadır. Son on yılda, selden kaynaklanan yıllık kayıplar milyarlarca dolara ulaşmış ve her yıl binlerce insanın hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Kayıplar ve ölü sayısı zaman içerisinde daha fazla artabileceği vurgulanmıştır (Hirabayashi ve ark, 2013, 816-821).

Sel riski, tehlike ve kırılganlığın etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Son on yılda sel yönetimi kararlarının temeli olan risk kavramı, riskli karar verme kanıtı sağlayan modeller ve nicelikli risk analizi kullanılarak yaygın bir şekilde kabul görmüştür. Bununla birlikte, günümüzde, riski belirleyen ilgili değişkenlerin çeşitli ölçeklerinde zaman içinde meydana gelen değişikliklerin ikinci dereceden bir değerlendirme olmadığı, bunun yerine sel risk yönetimi konusundaki konvansiyonel yaklaşımı temel olarak zorladığı açıktır. Bu değişikliklerin bazılarının doğası gereği, özellikle uzun zaman dilimlerinde oldukça belirsizdir, ancak süreç içerisinde gelecek yıllar için kararlar şimdiden alınmalıdır (Merz ve ark, 2010, 509-527).

20. Yüzyılın sonları ve 21. yüzyılın başları için yağışa bağlı sel riskine ilişkin bütüncül bir bakış açısı sağlanmıştır. Sellerden kaynaklanan ekonomik kayıplar, özellikle risk altındaki varlıkların çoğalmasına bağlı olarak büyük ölçüde artmıştır. İklim modellerine dayalı olarak şiddetli yağış sıklığı ve yoğunluğunda öngörülen artışlar, yağış kaynaklı yerel taşkınlarda (örn. Ani sel baskını ve kentsel seller) artışa sebebiyet vermektedir. Seller arasında nehir (akarsu) taşkınları, ani seller, kentsel taşkınlara, pluvial taşkınlara, kanalizasyon taşkınlara, kıyı taşkınlara ve buzul göl patlaması taşkınlara bulunmaktadır”. Bu çeşitli sel sınıfları farklı mekanizmalar tarafından üretilir. Seller iklim sisteminin çeşitli özelliklerinden, özellikle yağıştan (yoğunluk, süre, miktar, zamanlama, dolu, yağmur veya kar), aynı zamanda sıcaklık modellerinden etkilenir. Seller ayrıca nehirlerde önceden mevcut su seviyeleri, kar ve buz örtüsü, toprak karakteri ve durumu (geçirgenlik, toprak nemi içeriği ve dikey dağılımı), şehirleşme oranı ve kentin varlığı gibi drenaj havza koşullarından da etkilenir (Bates ve ark, 2008, 1; Kundzewicz ve ark, 2014, 1-28).



Deniz seviyesine yakın yerlerde, nehir taşkınları fırtına dalgalanması veya aşırı gelgit olaylarıyla aynı anda olabilir (Brakenridge ve ark, 2013, 1295-1312). Yoğun ve uzun süreli yağmur, büyük nehir havzalarındaki nehir (akarsu) taşkınlarının en yaygın nedenidir. Ancak yüksek enlem bölgeleri kar erimesi sonucu sellere maruz kalır (bazen yağmur ile de artış gösterir). Küçük havzalardaki seller kısa süreli, oldukça yoğun yağışlar ile meydana gelebilir. Bir havzadaki yağış miktarı ile sel arasında karmaşık bir ilişki olabilir. Taşkınları tetikleyecek diğer doğal faktörler arasında heyelanlar veya barajların çökmesi sayılabilir (Kundzewicz ve ark, 2012, 1).

Daha sıcak bir iklim sel riskini artıracaktır (Field ve ark, 2012, 1). Şimdiye kadar, sadece birkaç çalışma (Milly ve ark, 2002, 514-517; Hirabayashi ve ark, 2008, 754-772) küresel ölçekte sellerdeki değişiklikleri öngörmüştür. Bu çalışmaların hiçbiri birden fazla iklim modeline dayanmamıştır. Birkaç küresel çalışma (Jongman ve ark, 2012, 823-835; Peduzzi ve ark, 2009, 1149-1159), sellere maruz kalmayı bir risk etkeni olarak tahmin etmeye başlamıştır, ancak bunların hiçbiri iklimin daha sıcak olduğu bir geleceğe dair herhangi bir tahminde bulunmamıştır. Burada (Moss ve ark, 2010, 747-756) iklim modelinin çıktılarını dayanarak bu yüzyılın sonu için küresel sel riski sunmuşlardır (Hirabayashi ve ark, 2013, 816-821). Aşırı hava koşullarındaki değişikliklere bağlı olarak sel sıklığında ve şiddetinde gelecekte artışlar beklenmektedir (Visser ve ark, 2014, 461-477). Sel riskindeki bu artış eğilimlerinin doğrudan insani / ekonomik etkileri ve ekonomik büyüme üzerinde uzun vadeli olumsuz etkileri olabileceği vurgulanmıştır (Jongman ve ark, 2014, 264-268; Brown ve ark, 2013, 1; Winsemius, 2016, 381-385).

Dünya çapında sel, muhtemel doğal olaylardan kaynaklanan kayıpların bir numaralı nedenidir. Sel riski ve sel tehlikesinin, maruz kalan değerlerin ve kırılganlıklarının bir fonksiyonu olduğundan sel kayıplarındaki artışın bu yönlerin her birindeki değişikliklere bağlanması gerekir. Sel koruma önlemleri, su baskını kayıplarının sıklığını azaltabilirken, uygun hazırlık önlemleri finansal riski önemli ölçüde azaltmaktadır. Kamu ve özel önlemlerin yanı sıra, sigorta şirketleri, işletmeler ve hatta tüm sosyal toplumlar için finansal riski azaltmada kilit birer faktördür. Bu nedenle dünya genelinde özellikle fazla yağış alan bölgelerde son yıllarda sel sigortası talebi artmaktadır. Bu durum, sigorta endüstrisini uygun çözümler geliştirmeye zorlamakla birlikte, sigorta şirketlerinin doğal bir afet sonucunda karşılaşılabilecekleri olası maksimum kayıpları bilmesi önem arz etmektedir (Kron, 2005, 58-68).

Risk yönetimi, taşkınların temsili olduğu doğal, çevresel veya insan kaynaklı tehlikelerden kaynaklanan durumları ele almak için iyi tanımlanmış birer prosedürdür. Genel olarak risk yönetimi, birçok makalede farklı anlamlar üzerinden tartışılmıştır. Risk yönetimi üç farklı seviye şeklinde gerçekleşmektedir;

- 1- Bir proje planlamasının işletilmesiyle ilişkili operasyonel seviye,
- 2- Yeni veya mevcut bir projenin revizyonu planlandığında kullanılan seviye,
- 3- İkinci seviyeye bağlantılı olan ve proje için optimal bir çözüme ulaşma sürecini tanımlayan bir proje tasarım seviyesi.

Birinci seviyeden ikinci seviyeye geçiş daima dinamik bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir ulusun değer sistemi; doğal sınır koşulları, insan eylemleri veya küresel ölçekli farklılıklarla değiştiğinde, mevcut toplumun taleplerini karşılamayan bir sistemin bulunması ve ikinci düzeydeki eylemlerin başlatılması kaçınılmazdır. Değişim kararları, bir sel durumunu ele almak için mevcut seçeneklerdeki değişikliklerin yanı sıra, risk algılaması ve riske karşı tutumlarındaki değişikliklere de bağlıdır. Üçüncü düzeyde, bir tasarımın gerçek maliyeti değerlendirilir ve planlanan projeden elde edilen faydalarla karşılaştırılarak genel anlamda maddi kıyaslama ya da ölçümleme yapılır. Özellikle, bu seviyede artık risk, yani bir proje tamamlandıktan ve tamamen faaliyete geçtikten sonra bile kalan risk göz önünde bulundurulur (Plate, 2002, 2-11; Kundzewicz ve ark, 2014, 1-28).

Bir süreç olarak taşkın riski yönetimi, sürece katılan aktörler dikkate alınmaksızın (UNDRO, 1991, 1; Plate, 1997, 27-43) kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Risk yönetimini, ilgili operatörlere bağlı olarak farklı eylem dizisini içeren bir süreç olarak yorumlamak literatür ve uygulama anlamında daha yararlıdır. Günümüzde sistemler artık insanların ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli olmadığından, örneğin arazi kullanımındaki değişiklikler, nüfus artışı veya iklim değişikliği nedeniyle yeni veya revize edilmiş bir sistemin planlanması, değişen koşullara uyarlanmak zorundadır. Planlama, süreci yeni sistem için bir karara götürür. Bu karar ise, bir proje için optimum tasarım elde etme ve inşa etme sürecinin kendisidir (Plate, 2002, 2-11).

Hidroloji uzmanlarına göre, taşkın sorunlarına çözüm, değer analizi, tasarım deşarjının seçilmesi, tasarım deşarjını içerecek yapısal bir sisteme karar verilmesi ve kararlaştırılanların uygulanması gibi hidrolojik yöntemlerle sel çalışmalarlarıyla başlayan mantıklı bir zincirdir. Başka bir deyişle, taşkın sorunlarına çözüm, bir otoyol veya kanalizasyon bertaraf sistemi tasarlamak ya da diğerleri gibi klasik bir mühendislik



görevi olarak kabul edilir. Modern bir tasarım çerçevesinde, bu görev aynı zamanda çok zorlu olabilir, çünkü böyle bir mühendislik işini en verimli şekilde yapmak ve mühendislik sisteminin arızaya karşı güvenliğinin kapsamlı bir değerlendirmesini yapmak gerekir (Plate, 2000, 3-14; Vrijling ve ark, 1995, 245-261).

Bununla birlikte, mühendislik yaklaşımı; sel risk yönetimi planlaması karar sürecine paralel veya iç içe olacak şekilde görülmelidir. Yani, bu sürece sadece mühendisler değil, aynı zamanda siyasi karar vericilerden doğrudan sellere maruz kalan insanlara kadar bir toplumun birçok sosyal grubu da dahil olmalıdır. Bu durumda, her kuşağın seçeneklerinin gözden geçirilmesi ve toplumun hâkim değer sistemine göre kendi önceliklerini belirlemesi gerekecektir (Plate, 2002, 2-11). Sel afetini azaltma stratejileri, sel riskinin kapsamlı bir biçimde değerlendirmesine ve risk değerlendirme prosedürü ile ilgili belirsizliklerin kapsamlı bir incelemesine dayanmalıdır. "Alman Doğal Afetler Araştırma Ağı" (DFNK) kapsamında "Taşkın Risk Analizi" çalışma grubu taşkın süreç zincirini yağış, akış oluşumu ve su birikintisindeki konsantrasyon, nehir ağında taşkın yönlendirmesi, taşkın koruma önlemlerinin olası başarısızlığının ekonomik zarara neden olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma grubu bu süreçlerin her birini farklı ölçeklerde deterministik ve mekânsal olarak dağıtılmış modellerle temsil etmişlerdir. Bu modeller taşkın süreç zincirinin anlaşılmasını sağlarken, karmaşık yapıları ve yüksek CPU(Merkezi İşlem Birimi - Central Process Unit) zamanı talepleri nedeniyle risk ve belirsizlik analizleri için uygun değildir. Bu nedenle Apel ve arkadaşları, süreç zincirinin bileşenleri ile ilişkili basitleştirilmiş model bileşenlerinden oluşan stokastik bir sel risk modeli geliştirmişlerdir. Bu model, bileşenleri karmaşık olan deterministik modellerin sonuçlarına göre parametreleri girilmiş ve bunları Monte Carlo yöntemi çerçevesinde risk ve belirsizlik analizi için kullanmışlardır (Apel ve ark, 2004, 295-308).

Monte Carlo çerçevesi, hiyerarşik olarak iki farklı belirsizlik kaynağını temsil eden iki katman halinde yapılandırılmıştır: Altetory belirsizlik (doğal ve antropojenik değişkenlik nedeniyle) ve epistemik belirsizlik (sistemin eksik bilgisi nedeniyle). Model, Monte Carlo çerçevesinin ilk katmanındaki bir hedef alanda beklenen ekonomik hasar ile birlikte farklı büyüklükteki olaylar için meydana gelme olasılıklarını hesaplamayı, yani ekonomik riskleri değerlendirmeyi ve bu risklerle ilişkili belirsizlik sınırlarını elde edilmesini sağlar. Bireysel belirsizlik kaynaklarının genel belirsizliğe katkılarını belirlemek de bu durumda mümkündür (Apel ve ark, 2004, 295-308; Metropolis ve Stanislaw, 1949, 335-341).

Taşkın savunma sistemleri genellikle bir aşma olasılığı belirler ve taşkın savunma sisteminin bu aşma olasılığına karşılık gelen olaylardan kaynaklanan hasarı önlediğini göstererek tasarlanır. Bu kavram bir dizi varsayımla sınırlı olup daha kapsamlı tasarım prosedürleri gerektirmektedir (Plate, 1992, 1-15; Bowles ve ark, 1996, 451-473; Berga, 1998, 1099-1106; Vrijling, 2001, 337-344). Bu konuda en iyi yaklaşımlardan biri de, tasarımın faydalarını ve maliyetlerini açık bir şekilde dengeleyen riske dayalı tasarım yaklaşımıdır (Stewart ve Melchers, 1997, 274).

Riske dayalı tasarım yaklaşımında, sel riski, sel tehlikesinden ve sellerin sonuçlarından (yani maddi hasarlardan) oluşur. İdeal olarak, bir sel risk analizinde, ilgili tüm sel senaryolarını, bunlarla ilişkili olasılıkları, olası zararları ve risk analizi ile ilgili belirsizliklerin kapsamlı bir incelemesi dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, bir sel risk analizi sonucunda bir risk eğrisi, yani; söz konusu alandaki sel hasarlarının tam dağılım fonksiyonu, ideal olarak belirsizlik sınırları ile birlikte verilmelidir. Bu konuda, her bileşen için meteorolojik, hidrolojik, hidrolik, jeo-teknik ve sosyo-ekonomik süreçleri temsil eden karmaşık, mekânsal olarak dağıtılmış modeller uygulanmıştır. Bu karmaşık modellerin her biri sel felaket zincirinin bir işlemini temsil eden modüllerden oluşan basit bir stokastik modelle tamamlanmıştır. Her modül, parametrelerin ve ilgili karmaşık modellerin verilerine ve sonuçlarına göre kalibre edildiği, daha karmaşık deterministik modelin parametrelendirilmiş basit bir yöntemidir (Menzel ve ark, 2004, 1; Disse ve ark, 2004, 1; Holz ve Merting, 2004, 1; Grothmann ve Reusswig, 2004, 1).

Merz ve arkadaşları 2010 yılında yaptıkları çalışmalarında, sel riski yönetiminin gelecekteki belirsiz değişiklik süreçlerine nasıl adapte edilebileceğini araştırmışlardır.

Değişimin karar alma sürecine;

- Belirsiz sabit olmayan miktarların ifade edilmesinde,
- Tercih edilen seçenekleri tanımlamak için kullanılan kurallarda,
- Sel risk yönetimi için düşünülebilecek çeşitli seçeneklerde,
- Nehir havzalarının birden fazla tehlikesini ve işlevini ele almaya ve
- Uyarlanabilir kapasiteyi destekleyen sosyal ve organizasyonel özelliklerde dahil edilebileceği bir dizi adımı belirlemiştir.



Değişen sel riskine yönelik dinamik tekniklerinden dirençli toplumların tanıtımına kadar bu karar verme düzeylerinin her birine katılması gerekmektedir. Çalışmanın odak noktası, sellere, dahası sosyal sisteme, doğal sisteme veya yapılı çevreye olumsuz etkileri olan sellere odaklanmaktadır. Tipik olarak, nehir selleri hidrolojik açıdan bir nehrin su seviyesi veya deşarjı olarak tanımlanır. Bununla birlikte Pielke, hidrolojik ve zararlı seller arasındaki zayıf ilişkiye de işaret etmektedir: “belirli bir bölgedeki hidrolojik seller hakkında çok şey bilsek bile, sellere zarar verme konusunda çok az şey biliyor olabiliriz.” (Pielke, 2000, 133-155).

2.1. Sosyal ve Ekonomik Etkiler

Nüfuslardaki büyüme ve risk altındaki sermaye miktarı nedeniyle fırtınalar, tropik siklonlar ve seller gibi doğal afetlerden kaynaklanan küresel ekonomik kayıplar artmaktadır (Bouwer, 2011, 39-46). Aynı zamanda, sel riski alanlarında gelişmekte olan demografik özellikler ile birlikte gelişme modelleri genel kırılabilirliği arttırmaktadır. Avustralya, Çin, Almanya ve ABD'deki 2011 sellerinde görüldüğü gibi, yüksek ve orta gelirli ülkeler bile aşırı hava koşullarıyla başa çıkmakta zorlanmaktadır. Afetlerin doğrudan maliyetleri, yüksek gelirli ülkeler için fazla miktarda olsa da hızla büyüyen ve nispeten olgunlaşmamış risk yönetim sistemleri nedeniyle ekonomik etkisi orta gelirli ülkeler için daha fazladır (Birleşmiş Milletler, 2011; Wilby ve ark, 2012, 348-378). Bununla birlikte, ekonomik ve sosyal etkilenme oranı olarak ifade edildiğinde, Asya-Pasifik bölgesindeki gelişmekte olan ülkeler en çok etkilenen ülkelerdir (Shultz ve ark., 2005, 21-35).

Güneydoğu Asya'daki ülkeler taşkın riskinde ciddi bir artışla karşı karşıyadır. İklim değişikliği Güneydoğu Asya'daki risk artışına önemli ölçüde katkıda bulunsa da gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) büyümesinin normalleşmesinden sonra bile sosyo-ekonomik büyümenin etkisiyle gölgede kaldığını gösterilmiştir. Afrika ülkeleri, sosyo-ekonomik değişime bağlı olarak riskte güçlü bir artışla karşı karşıyadır. Bu olgunun temel nedeni iklim değişikliğinin en etkili itici güç haline gelmesidir. Konu ile ilgili olarak Winsemius ve arkadaşları, küresel sosyo-ekonomik ve iklim değişikliğini ilk kez gelecekteki küresel sel riski projeksiyonlarıyla birleştirdiler. Ancak bu çalışma bölgesel modelleri ortaya koymamakla birlikte risk değişikliğinin etkenlerini de ölçmemiştir (Winsemius ve ark, 2016, 381-385).

Dünyanın birçok yerinde su baskınları, doğal olaylardan kaynaklanan kayıpların önde gelen nedenidir ve diğer doğal tehlikelerden daha fazla sayıda maddi hasarlı olaylara sebebiyet vermektedir. Münih Reasürans Şirketi (Munich Re) tarafından toplanan verilere göre, doğa güçleri nedeniyle meydana gelen ölümlerin yaklaşık yarısı ve ekonomik kayıpların üçte biri selden kaynaklanmaktadır (Munich Re, 2000, 126).

Sel hasarı son yıllarda son derece şiddetli olmuş ve sellerin hem sıklığının hem de yoğunluğunun arttığı görülmektedir. Son on yılda, sel afetleri ile mücadelede dünyadaki toplumlar tarafından yaklaşık 250 milyar dolar harcama yapılmıştır. Bununla birlikte, sel tehlikesine karşı savunmasızlık aralığı diğer birçok tehlikeden daha geniştir. Bazı toplumların (topluluklar, eyaletler, bölgeler) sellerle yaşamayı zaman içerisinde öğrenmelerine karşın diğerleri, bir nehrin taşması veya denizin normal dışı bir seviyeye yükselmesine bağlı olarak bu durumun yıkıcı etkisinden kurtulamamaktadırlar. Özellikle dünyanın belli bölgelerinde nüfus oranında meydana gelen çarpıcı artış, tehlikeli alanlara yerleşime sebebiyet vermiştir (Kron, 1999, 82-94).

Giderek daha sık görülen meteorolojik afetler, sürdürülebilir kalkınmada acilen ele alınması gereken ciddi zorlukları beraberinde getirmiştir. Bununla birlikte, meteorolojik afet kaynaklı ekonomik ve sosyal kayıp verileri etkili bir biçimde birbirine bağlıdır. Guo ve ark (2020) afet ve acil durumları yönetme amacıyla afetten kaynaklanan ekonomik kayıpları azaltmaya yardımcı olması için bir sistem önerisinde bulunmuşlardır (Guo ve ark, 2020, 1).

Liu ve ark tarafından 2018 yılında sellerin üç aşamasındaki uygulamalarına odaklanmak koşuluyla, Google Earth Engine tarafından desteklenen Sel Önleme ve Acil Durum Müdahale Sisteminin (FPERS) geliştirilmesi için gösterilen çabaları ve kazanılan deneyimleri aktarılmaktadır. Taşkın sırasında, gerçek zamanlı verilere erişimi kolaylaştırmak için üç strateji uygulanır: temel bilgilerin sunulması, sağlam bir tavsiyede bulunulması ve karar vermenin desteklenmesi. Sel sonrasında FPERS, nehir kanallarına ve çevreye verilen hasarı değerlendirebilmek amacıyla bariyer göllerini algılamak ve izlemek için optik görüntüler, bir su baskını haritası oluşturmak için sentetik açıklıklı radar görüntüleri ve insansız hava araçları tarafından çekilen yüksek uzaysal çözünürlüklü fotoğraflar dahil olmak üzere çeşitli uzaktan algılama görüntülerini birleştirir. Ağustos 2015'teki Typhoon Soudelor örneği, FPERS'in 2013'ten 2016'ya kadar sel önleme ve acil müdahale çalışmalarını desteklemek için nasıl kullanıldığını göstermek için kullanılmıştır. Farklı topografik modeller arasında geçiş yapma yeteneği ve bir jeo-uzamsal veritabanı aracılığıyla verileri yönetme ve arama esnekliği de açıklanmış olur. Ayrıca, gelecekteki çalışmalar için de bir yol haritası görevi üstlenmiş olur.



Sellerin insan toplumu üzerindeki etkileri, son yıllarda insani endişelerin artmasına neden olmaktadır. Hu ve diğerleri 2018 yılında yaptıkları çalışmalarında, Acil Durumlar Veritabanı (EM-DAT) ve Dartmouth Taşkın Gözlemevi (DFO)'dan edinilen 1975-2016 yılları arasındaki veriler çerçevesinde, dünya genelinde sellerin sıklığı, yoğunluğu, sel kaynaklı ölüm oranları ve selden etkilenen nüfus analiz edilmiş olup şu sonuçlara varmışlardır:

1- Sel, sel kaynaklı ölüm oranı ve selden etkilenen nüfusun gerçekleşme oranı küresel ölçekte artmaktadır. Bununla birlikte, sel kaynaklı ölüm oranı ve selden etkilenen kişi sayısında hafif bir düşüş görülmüş, bu da sele bağlı ölüm oranlarının ve artan sel nedeniyle selden etkilenen kişilerin afet bilincinin arttığını göstermektedir;

2- Sele bağlı yıllık ölüm oranı değişimi, yüksek yoğunluktaki sellerle büyük ölçüde ilişkilidir. Örneğin; Çin, Hindistan, Endonezya ve Filipin'de bu oran en yüksektir.

3- Nüfus yoğunluğu ve GSYİH, düşük gelirli ülkeler haricinde, birim alan başına sele bağlı mağdurların sayısı, ölüm sayıları ve ekonomik kayıplarla önemli ölçüde pozitif ilişki içindedir. Öyle ki, bir bölge için nüfus yoğunluğu ve kişi başına GSYİH arttıkça, bu bölgenin sel tehlikelerine karşı duyarlılığının da arttığını göstermektedir.

Selin etkilerinin nüfus artışları, ekonomik büyüme ve iklim değişikliği nedeniyle artması beklenen bir durumdur. Bu nedenle, etkili sel hafifletme önlemleri geliştirmek için risk sürücülerinin (tehlike, maruz kalma ve savunmasızlık) fiziksel, mekânsal ve zamansal özelliklerinin anlaşılması gerekmektedir. Burada, sel hassasiyetindeki uzun vadeli eğilim, bir nehir ve su baskını modeli kullanılarak, rapor edilen kayıp veya hasarın modellenen sele maruz kalma oranından hesaplanarak genel olarak analiz edilmiştir. Uzun süreli analizler sonucunda, üst-orta, alt-orta ve düşük gelirli ülkelerde ekonomik kayıplara karşı sel hassasiyetinin ters bir U-şekli gösterdiğini gözlemlenmiştir. Ayrıca sele maruz kalan nüfusun, nüfus dağılımındaki geçmiş değişikliklerden etkilendiğini ve sel hassasiyetinde % 48,9'a varan değişiklikler olduğu gösterilmiştir. Sel hassasiyetinde hem artan hem de azalan eğilimler farklı ülkelerde gözlemlenmiş, bu da mekânsal dağılım değişikliklerini dikkate alan nüfus artış senaryolarının sel riski tahminlerini etkileyebileceğini göstermiştir. Analiz edilen 113 ülkeden 58'inde, afete maruz kalan nüfustaki azalmalar ve değişen nüfus dağılımlarına bağlı olarak ölüm oranındaki iyileşmeler, bu ülkelerde 1960'tan bu yana insanların selden daha az etkilenen bölgelerde yaşama eğiliminde olduklarını göstermektedir. Ölüm oranındaki azalma Ermenistan, Benin, Butan, Fildişi Sahili, Ekvador, Jamaika, Laos, Liberya, Mozambik, Nepal, Nijer ve Papua Yeni Gine'de %20'nin üzerindedir. Buna karşın, nüfus dağılımındaki değişiklikler, afete maruz kalan popülasyonda bir artışa ve 55 ülkede daha kötü bir ölüm oranına yol açtığı gözlemlenmiştir. Bunlar; Botsvana, Burkina Faso, Çad, Şili, El Salvador, Etiyopya, İsrail, Mali, Güney Kore ve Tayvan'da ölüm oranında %20'nin üzerinde olduğu gözlemlenmiştir.

Öngörme, yönetim, savunma ve kurtarma çalışmalarındaki önemli gelişmelere rağmen seller hâlâ insanlar için önemli bir tehdittir. Yakın gelecekte hem sele eğilimli alanların kentleşmesi hem de bireysel tehlikeli davranışlar nedeniyle iklim ve toplumsal değişiklikler sel kaynaklı ölümleri artırabilir. Bu makalede, belgesel kaynaklar kullanılarak oluşturulmuş EUFF (European Sel Ölümleri) adlı 39 yıllık bir veri tabanını (1980-2018) kullanarak sekiz ülkede sel ölümlerini analiz edilmiştir. Olayların ayrıntılarını bildiren veri tabanında ölüm hikayeleri araştırılmış ve standartlaştırılmıştır. Tüm veri seti, bireysel olarak artan (Yunanistan, İtalya ve Güney Fransa) ve azalan (Türkiye ve Katalonya) eğilimlere rağmen sel ölümlerinde istikrarlı bir eğilim göstermektedir. 2466 ölüm, büyük çoğunluğu 30-49 yaşları arasındaki erkeklerden oluşmakta ve bu vakaların çoğu dışarıda gerçekleşmiştir. Çalışma, ölümlere neden olan insan-sel etkileşimini anlamaya katkıda bulunmaktadır. Bu çalışma boyunca vurgulanan toplumun savunmasızlığındaki değişiklikler, gelecekteki riskleri yönetmeye, insanları koruma eylemlerini iyileştirmeye ve riskli davranışları azaltmaya katkıda bulunur (Petrucci ve ark, 2019, 1).

3. DEĞERLENDİRME

Doğal afetler, yapısı gereği doğa kaynaklı olup; farklı parametrelerin birleşmesi sonucunda gerçekleşip sonuçları yıkıcı ve / veya hasar verici olmaktadır. Artvin iline bağlı Hopa ilçesinde, 24.08.2015 tarihinde yaklaşık 6 saatlik bir sürede 255 litre/m² yağışın düşmesi sonucunda meydana gelen sel afetinde 8 kişi hayatını kaybetmiş, 3 kişi ise kaybolmuştur. Hopa ilçesinin yıllık ortalama yağış miktarının 1400-1600 mm civarında olması ve bölgenin jeolojik yapısı afetin şiddetini arttırmıştır. Toplumsal bilgilendirme ve olumsuz davranışların sergilenmesi de afetin etkisini arttırmada rol oynamıştır. Bu nedenle afet esnasında atılması gereken adımlar hakkında bilgilendirme ve bilinçlendirme çalışmalarının yapılması önem arz etmektedir (Usta ve Yılmaz, 2019, 1124-1132).



Bu nedenle doğal afetlere yaklaşım konusunda ciddiyetin ve bilinçli davranışların sergilenmesi riski azaltma veya etkisini minimize etmekte etkin rol oynamaktadır. Ayrıca risk yönetimi ve risk algısının geliştirilmesi bakımından toplumsal bilgilendirme, eğitim ya da tatbikat gibi senaryolar hazırlanarak toplumun afetlere hazırlıklı olması sağlanmalıdır. Bir diğer husus, özellikle dere yatağına yapılan yerleşkelerin kaldırılması ve bu yerleşkelerde bulunan kişilerin özellikle bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bu durumda erken uyarı sistemleri, toplumsal bilincin oluşturulması ve buna bağlı olarak meteorolojik bilgilerin duyarlı bir biçimde takip edilerek gerekli adımların atılmasıyla sağlanmalıdır. Zira toplumsal bilincin oluşturulmuş olması sel veya diğer afetlerin oluşması esnasında davranış durumlarının kontrol altına alınarak risklerin minimuma indirilmesi sağlanmış olacaktır. Bu konuda yerel yönetimlere ciddi iş düşmektedir. Bu bağlamda yerel yönetimlerin, özellikle dere yatağına yapılan yerleşimlere müdahale etmesi ve gerektiğinde bu bölgelerin yerleşkelerden arındırılmasını sağlamalıdır. Ayrıca, dere yatağı ıslah çalışmalarının ivedi bir biçimde doğal dokuyu bozmadan tamamlaması elzem bir durumdur. Ayrıca, merkezi yerleşkelerde alt yapı eksikliklerinin giderilerek fazla miktarda yağışın düşmesi durumunda su baskınlarının da önüne geçilmiş olacağı öngörülen bir gerçektir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal afetlerden biri olan seller dünyada en sık karşılaşılan ve insanoğluna hem sosyal ve fiziksel hem de ekonomik anlamda en çok zarar veren afetlerden biridir. İnsanların bilinçsiz davranışları, yaptırımların yeterli olmaması, risk yönetimi faaliyetlerinin (afet risk/zarar azaltma ve afete hazırlık) tam olarak benimsenmemesi sonucu birçok ani ya da aşırı yağış sel afetine sebebiyet vermektedir.

Aşırı miktarda yağış alan bölgelerde, bölgede bulunan kişilere bilgi mesajı yoluyla bilgilendirme yapılması veya erken uyarı sistemlerinin oluşturulması büyük bir önem arz etmektedir. Son olarak, yerel yönetimlerin yanı sıra eğitim sistemindeki müfredatlarda da afetlere geniş ölçüde yer verilmesi gerekmektedir. Gerekli teorik bilgilendirilme yapıldıktan sonra uygulamalı tatbikatların da yapılması, doğal afetlerin yıkıcı birer felaket haline dönüşmeden engellenebileceğini gösterecektir.

Son olarak, televizyon, sosyal medya veya reklam panoları üzerinden kamu spotu ile bilinçlendirmenin yapılması risk algısının arttırılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu durum, bireylerin olaylara karşı savunmasızlığını ve kırılganlığını azaltmakla birlikte afetle başa çıkabilme kabiliyetlerini de arttıracaktır.

KAYNAKÇA

- AFAD, (2018). *Türkiye’de Afet Yönetimi ve Doğal Kaynaklı Afet İstatistikleri*. (Online). <https://www.afad.gov.tr/kitaplar> . Erişim Tarihi: 14.07.2020.
- AFAD, (2014). *Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü*. (Online). <https://www.afad.gov.tr/kitaplar> . Erişim Tarihi: 14.07.2020.
- Apel, H., Thieken, A. H., Merz, B., & Blöschl, G. (2004). Flood risk assessment and associated uncertainty. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, Vol. 4 Issue: 2, pp: 295-308.
- Bates, B. C., et al. (2008). Climate change and water technical paper of the intergovernmental panel on climate change. Geneva: IPCC Secretariat. *Climate Change*, 95: 96.
- Berga, L. (1998). *New trends in hydrological safety*. Dam safety, 2, pp: 1099-1106.
- Bowles, David S., Loren R. Anderson, and Terry F. Glover. (1996). Risk assessment approach to dam safety criteria, Uncertainty in the Geologic Environment: From Theory to Practice. *Geotechn. Spec. Publ.*, Vol. 58, ASCE., pp: 451-473.
- Bouwer, Laurens M. (2011). Have disaster losses increased due to anthropogenic climate change?. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 92, Issue: 1, pp: 39-46.
- Brakenridge, G.R., et al., (2013). Global mapping of storm surges, 2002–present and the assessment of coastal vulnerability. *Natural Hazards*, Vol: 66, Issue: 3, pp: 1295-1312.
- Brown, Casey, et al. (2013) Is water security necessary? An empirical analysis of the effects of climate hazards on national-level economic growth. *Phil. Trans.*, A 371, 20120416.
- Cutter, Susan L., et al. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, Vol: 18, pp: 598-606.
- Disse, M., Kamrath, P., Hammer, M. and Köninger, J. (2004). Simulation of flood wave propagation and inundation areas by considering dike break scenarios, *Natural Hazards. Special Issue “German Research Network Natural Disasters”*.
- Field, C. B. et al, (2012). *IPCC Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Cambridge University.
- Gallopin, G. C. (2006) Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16, 293-303.
- Grothmann, T. and Reusswig, F. (2004) Coping with Floods. (2004). Risk Perception and Self-protective Behaviour of Households and Organizations, *Natural Hazards. Special Issue “German Research Network Natural Disasters”*.
- Guo, J., Wu, X., & Wei, G. (2020). A new economic loss assessment system for urban severe rainfall and flooding disasters based on big data fusion. *Environmental research*, 109822.
- Hirabayashi, Yukiko, et al. (2013). Global flood risk under climate change. *Nature Climate Change*, Vol: 3, Issue: 9, pp: 816-821.
- Hirabayashi, Y., Kanae, S., Emori, S., Oki, T. & Kimoto, M. (2008). Global projections of changing risks of floods and droughts in a changing climate. *Hydrology Science Journal*. Vol: 53, pp: 754-772.
- Holz, K.-P. and Merting, F. (2004). Concept for a web-based information system on flood measurement. *Natural Hazards, Special Issue “German Research Network Natural Disasters”*.



- Hu, P., Zhang, Q., Shi, P., Chen, B., & Fang, J. (2018). Flood-induced mortality across the globe: Spatiotemporal pattern and influencing factors. *Science of The Total Environment*, 643, 171-182.
- ISDR (International Strategy for Disaster Reduction). (2004). Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives, *United Nations Publications, Genf*.
- Jongman, B., Ward, P. J. & Aerts, J. C. J. H. (2012). Global exposure to river and coastal flooding: Long term trends and changes. *Glob. Environ. Change*, Vol: 22, pp: 823-835.
- Jongman, B. et al. (2014). Increasing stress on disaster-risk finance due to large floods. *Nature Clim. Change*, Vol: 4, pp: 264-268.
- Kadıoğlu, Mikdat. (2018). Temel Afet Bilgisi: Hidro-meteorolojik Afetler. *Açıköğretim Fakültesi, Anadolu Üniversitesi, Ed: Muammer TÜN*. pp: 64-97
- Kron, W. (2005). Flood risk= hazard • values • vulnerability. *Water international*, Vol: 30, Issue: 1, pp: 58-68.
- Kron, W. (1999). *Reasons for the increase in natural catastrophes: The development of exposed areas*. In: *Topics 2000: Natural catastrophes – the current position*. Munich: Munich Reinsurance Company, pp: 82-94.
- Kundzewicz, Zbigniew W., et al. (2014). Flood risk and climate change: global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, Vol: 59, Issue: 1, pp: 1-28.
- Kundzewicz, Z.W. (2012). *Changes in flood risk in Europe*. Wallingford: IAHS Press.
- Liu, C. C., Shieh, M. C., Ke, M. S., & Wang, K. H. (2018). Flood prevention and emergency response system powered by google earth engine. *Remote sensing*, 10(8), 1283.
- Menzel, L., Thieken, A. H., Schwandt, D., and B'urger, G. (2004). Impact of climate change on regional hydrology – scenario-based modelling studies in the German Rhine catchment. *Natural Hazards, Special Issue "German Research Network Natural Disasters"*.
- Merz, Bruno, et al. (2010). Fluvial flood risk management in a changing world. *Natural Hazards and Earth System Sciences (NHES)*, Vol: 10, Issue: 3, pp: 509-527.
- Metropolis, Nicholas, and Stanislaw Ulam. (1949). The monte carlo method. *Journal of the American statistical association*, Vol: 44, Issue: 247, pp: 335-341.
- Milly, P., Wetherald, R., Dunne, K. & Delworth, T. (2002). Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature*, Vol: 415, pp: 514-517.
- Moss, R. et al. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, Vol: 463, pp: 747-756.
- Munich Reinsurance. (2000). *Natural catastrophes – the current position*. Munich Re – Munich Reinsurance Company, Munich, pp: 126.
- Peduzzi, P., Dao, H., Herold, C. & Mouton, F. (2009). Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: The Disaster Risk Index. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Vol: 9, pp: 1149-1159.
- Petrucci, O., Aceto, L., Bianchi, C., Bigot, V., Brázdil, R., Pereira, S., ... & Llasat-Botija, M. (2019). Flood fatalities in Europe, 1980–2018: Variability, features, and lessons to learn. *Water*, 11(8), 1682.
- Pielke Jr., R. A. (2000). Flood impacts on society. *Damaging floods as a framework for assessment*, in: *Floods*, edited by: Parker, D. J., Routledge Hazards and Disasters Series, pp: 133-155.
- Plate, E. J. (1992). Stochastic design in hydraulics: concepts for a broader application. *Proc. Sixth IAHR Intern. Symposium on Stochastic Hydraulics, Taipei*, pp: 1-15.
- Plate, E.J., (1997). Dams and safety management at downstream valleys. In: Betamio de Almeida, A., Viseu, T. (Eds.), *Dams and Safety Management at Downstream Valleys, Balkema, Rotterdam*, pp. 27-43.
- Plate, E.J., (2000). Stochastic hydraulic design – Has its time come?. In: Wang, Z.-Y., Hu, S.-X. (Eds.), *Stochastic Hydraulics 2000, Proceedings of the Eighth IAHR Conference on Stochastic Hydraulics, Beijing, Balkema, Rotterdam*, pp. 3-14.
- Plate, E. J. (2002). Flood risk and flood management. *Journal of Hydrology*, Vol: 267, Issue: (1-2), pp: 2-11.
- Shultz JM, Russell J, and Espinel Z. (2005). Epidemiology of tropical cyclones: The dynamics of disaster, disease and development. *Epidemiologic Reviews*, Vol: 27, pp: 21-35.
- Stewart, M., & Melchers, R. E. (1997). Probabilistic risk assessment of engineering systems. *Springer*.
- Tanoue, M., Hirabayashi, Y., & Ikeuchi, H. (2016). *Global-scale river flood vulnerability in the last 50 years*. Scientific reports, 6, 36021.
- UNDRP, (1991). Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator: Mitigating natural disasters: phenomena, effects and options, *A Manual for Policy Makers and Planners, United Nations, New York*.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) (2011). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Revealing Risk, Redefining Development*. Geneva: United Nations.
- World Bank, (2010). *Economics of adaptation to climate change [online]*. Washington. DC: World Bank. <http://documents1.worldbank.org/curated/en/646291468171244256/pdf/702670ESW0P10800EACCSynthesisReport.pdf> [Erişim Tarihi: 14.07.2020].
- Wilby, R. L., & Keenan, R. (2012). Adapting to flood risk under climate change. *Progress in physical geography*, Vol: 36, Issue: 3, pp: 348-378.
- Winsemius, Hessel C., et al. (2016). Global drivers of future river flood risk. *Nature Climate Change*, Vol: 6, Issue: 4, pp: 381-385.
- Visser, H., Petersen, A. C. & Ligtoet, W. (2014). On the relation between weather-related disaster impacts, vulnerability and climate change. *Climatic Change*, Vol: 125, pp: 461-477.
- Vrijling, J.K., van Hengel, W., Houben, R.J. (1995). A framework for risk evaluation. *Journal of Hazardous Materials*, Vol: 43, pp: 245-261.
- Vrijling, J. K. (2001). Probabilistic design of water defense systems in The Netherlands. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol: 74, pp: 337-344.