

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TAŞKIN ZARARLARININ TAHMİNİ, ZARAR DERECELENDİRMESİ VE RİSK
SINIFLANDIRMASI: DOĞU KARADENİZ İÇİN BİR UYGULAMA**

DOKTORA TEZİ

İnş. Yük. Müh. Zeynep Özge TERZİOĞLU

**EYLÜL 2018
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Zeynep Özge TERZİOĞLU Tarafından Hazırlanan

TAŞKIN ZARARLARININ TAHMİNİ, ZARAR DERECELENDİRMESİ VE RİSK
SINIFLANDIRMASI: DOĞU KARADENİZ İÇİN BİR UYGULAMA

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 06.02.2018 gün ve 1739 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:

Başkan : Prof. Dr. Basri ERTAŞ



Üye : Prof. Dr. Fikri BULUT



Üye : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK



Üye : Prof. Dr. Servet KARASU



Üye : Doç. Dr. Murat KANKAL



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında “Taşkın Zararlarının Tahmini, Zarar Derecelendirmesi ve Risk Sınıflandırması: Doğu Karadeniz İçin Bir Uygulama“ konusunda yapmış olduğum doktora tezimde danışmanlığımı üstlenen, eğitimim süresince ilminden fazlasıyla yararlandığım, insani ve ahlaki değerlerini örnek edindiğim, onunla çalışmaktan onur duyduğum, tecrübelerinden faydalanırken çalışmamın her safhasında göstermiş olduğu sabır, hoşgörü, anlayış ve yardımlarından dolayı Sayın Hocam Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’e; derslerim ve tez çalışmam sırasında akademik tecrübe ve bilgileriyle bana devamlı destek olan hocalarım Prof. Dr. Basri ERTAŞ, Prof. Dr. Fikri BULUT ve Doç. Dr. Murat KANKAL’a; tez süresince kaynak desteklerini ve yardımlarını hiçbir zaman benden esirgemeyen DSİ Trabzon Bölge Müdür Yardımcısı Dr. Emre AKÇALI’ya, DSİ Trabzon Bölge Müdürlüğü’nden Meteoroloji Mühendisi Hasan ÇINAR’a, tüm DSİ Trabzon Bölge Müdürlüğü çalışanları ve NFB Proje Şirket Müdürü Bora TURAN’a; eğitim hayatım boyunca emeği geçen tüm öğretmenlerime ve hocalarıma; bu günlere gelmemde büyük payları olan ve sabırla beni destekleyen fedakar annem, babam, kardeşim ve dostlarıma sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Zeynep Özge TERZİOĞLU

Trabzon 2018

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum ‘‘Taşkın Zararlarının Tahmini, Zarar Derecelendirmesi ve Risk Sınıflandırması: Doğu Karadeniz İçin Bir Uygulama’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 27/09/2018

Zeynep Özge TERZİOğLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Önceki Çalışmalar.....	3
1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı.....	11
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	13
2.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri.....	13
2.1.1. Değirmendere Deresi	15
2.1.2. Vakfikebir Fol Deresi	15
2.1.3. Araklı Karadere Deresi	16
2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler	16
2.3. Taşkın Haritalarının Oluşturulması.....	17
2.3.1. Proje Taşkın Hidrografları	17
2.3.1.1. DSİ Sentetik Yöntemi	18
2.3.1.2. Noktasal Taşkın Frekans Analizi	20
2.3.2. Hidrolik Yöntemler	20
2.3.2.1. 1B Model	22
2.3.2.2. 2B Model	24
2.3.2.3. 1B/2B Model.....	24
2.4. Binalarda Meydana Gelebilecek Zarar Hesabı	27
2.4.1. Huntington Zarar Yüzdelerine Göre Zarar Hesabı	28
2.4.2. Van Eck ve Kok Derinlik–Zarar Eğrilerine Göre Zarar Hesabı	28

2.4.3.	Aimilia K. Pistrika ve Sebastiaan N. Jonkman Tarafından Edilen Denkleme Göre Zarar Hesabı	29
2.5.	Binalarda Taşkın Risk Hesabı.....	30
2.5.1.	Taşkın Risk Yönetim Planlarının Hazırlanması Kılavuzlarına Göre Risk Sınıflandırma.....	30
2.5.2.	Dinh vd. Tarafından Yapılan Çalışmaya Göre Risk Sınıflandırma	31
2.5.3.	Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberine Göre Risk Sınıflandırma.....	33
3.	BULGULAR VE İRDELEME	34
3.1.	Farklı Tekerrürlü Taşkın Debileri İçin Taşkın Zarar Miktarları.....	35
3.2.	Farklı Tekerrürlü Taşkın Debileri İçin Taşkın Zarar Derecelendirme.....	37
3.3.	Farklı Tekerrürlü Taşkın Debileri İçin Taşkın Risk Sınıflandırma	53
3.4.	Taşkınların Binalara Vereceği Zararların Bölgesel Olarak Hesaplanması	70
3.5.	Bina ve Bölge Bazında Taşkın Zarar Hesaplarının Karşılaştırılması	71
3.6.	Tekerrür Süresinin Zarara Etkisinin Değerlendirilmesi.....	72
4.	SONUÇLAR	74
5.	ÖNERİLER.....	76
6.	KAYNAKLAR	77
7.	EKLER.....	83
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

“TAŞKIN ZARARLARININ TAHMİNİ, ZARAR DERECELENDİRMESİ VE RİSK SINIFLANDIRMASI: DOĞU KARADENİZ İÇİN BİR UYGULAMA ”

Zeynep Özge TERZİOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2018, 82 Sayfa, 7 Ek Sayfa

Bu tez çalışmasının amacı, farklı tekerrüre sahip debi değerleri için taşkın zararlarının tahmin edilmesi, zarar oranlarının derecelendirilmesi ve taşkın risk sınıflandırılmasıdır. Çalışma bölgesi olarak Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan Değirmendere Deresi, Araklı İlçesi Karadere Deresi ve Vakfıkebir İlçesi Fol Deresi seçilmiştir. Zarar tahmini için Huntington İnşaat Mühendisleri Birliği tarafından önerilen zarar yüzdeleri tablosu, Van Eck ve Kok derinlik–zarar eğrileri ve Aimilia K. Pistrika ve Sebastiaan N. Jonkman tarafından elde edilen denklem kullanılmıştır. Risk değerlendirmesi için ise, Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu'nda; Quang Dinh, Stefania Balica ve I. Popescu tarafından ve Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi'nde belirtilen taşkın risk sınıflandırmalarından yararlanılmıştır. Her bir bina için zarar derecelendirilmeleri ve risk sınıflandırmaları haritalar üzerinde gösterilmiştir. Zarar ve risk hesaplarına göre; Değirmendere Deresi'nde Q_{50} 'den Q_{100} 'e, Q_{100} 'den Q_{500} 'e ve Q_{500} 'den Q_{1000} 'e zarardaki artış miktarı %16-%30 arasında olurken, Fol Deresi için Q_{100} 'den Q_{500} 'e neredeyse 2,5-3 kata kadar artış olduğu sonucu elde edilmiştir. Karadere Deresi'nde ise Q_{500} 'de zarar ve risk oluşmakta, daha düşük tekerrürlü debilerde zarar ve risk ihmal edilecek boyutta çıkmıştır. Bunun yanında bölgesel ortalama değerler kullanılarak zarar ve risk hesabı yapılmıştır. Bina bazındaki zarar hesabının, bölgesel bazındaki hesaptan 5 kata kadar daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Karadeniz, Risk Sınıflandırması, Taşkın Riski, Taşkın Zararları, Zarar Derecelendirmesi

PhD. Thesis

SUMMARY

“ESTIMATION OF FLOOD DAMAGES, DAMAGE RATING AND RISK CLASSIFICATION: AN APPLICATION FOR THE EASTERN BLACK SEA”

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK
2018, 82 Pages, 7 Appendix

The purposes of this thesis are to estimate the flood damages, to classify the damage rates and to classify the flood risk for different return periods.. Central Değirmendere Stream, Araklı District Karadere Stream and Vakfikebir District Fol Stream located in Eastern Black Sea Basin were selected as the study area. For the damage estimation, the damage percentage table recommended by the Huntington Civil Engineers Association, the Van Eck and Kok depth-damage curves, and the equation obtained by Aimilia K. Pistrika and Sebastiaan N. Jonkman were used. For the risk assessment, flood risk classification as outlined in the Flood Hazard and Flood Risk Map Preparation Guide, flood risk classification as determined by Quang Dinh, Stefania Balica and Popescu and the flood risk classification mentioned in the Guidance for Flood Risk Analysis and Mapping were employed. Damage ratings and risk classifications for each building are shown on the maps. According to damage and risk accounts in Değirmendere, the damage and risk increase ratios from Q_{50} to Q_{100} , from Q_{100} to Q_{500} and from Q_{500} to Q_{1000} were between 16 to 30 %. In Fol Stream, these ratios were 250 to 300 % from Q_{100} to Q_{500} . In Karadere Stream, there is damage and risk in Q_{500} , but no damage and risk to the Q_{100} . In addition to these; the damage account was made locally and the difference between the loss of buildings and the account was quintupled.

Keywords: Damage Rating, Eastern Black Sea, Flood Risk, Flood Damages, Risk Classification

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.	Trabzon ili havzası sınırları haritası.....	14
Şekil 2.	Model karşılaştırma düzlemi (SOBEK, 2017).....	21
Şekil 3.	Akış alanı (A_f) ve depolama alanı (A_s) (SOBEK, 2017)	22
Şekil 4.	Sonlu farklar yöntemi SOBEK model grid altlığı (SOBEK, 2017).....	25
Şekil 5.	Van Eck ve Kok'un derinlik–zarar eğrileri (Serencam, 2013).....	29
Şekil 6.	Değirmendere Deresi taşkın yayılım haritası ($Q_{1.000}$) (NFB, 2014)	34
Şekil 7.	Değirmendere Deresi 1. kısım için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	38
Şekil 8.	Değirmendere Deresi 1. kısım için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	39
Şekil 9.	Değirmendere Deresi 1. kısım için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	40
Şekil 10.	Değirmendere Deresi'nin 1. kısmında zarardan etkilenen bina taban alanları yüzdeleri	42
Şekil 11.	Değirmendere Deresi 2. kısım için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	43
Şekil 12.	Değirmendere Deresi 2. kısım için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	43
Şekil 13.	Değirmendere Deresi 2. kısım için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	44
Şekil 14.	Değirmendere Deresi'nin 2. kısmında zarardan etkilenen bina taban alanları.....	45
Şekil 15.	Değirmendere Deresi 3. kısım için Hunginton, Eck ve Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	46
Şekil 16.	Değirmendere Deresi 4. kısım için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	47
Şekil 17.	Değirmendere Deresi 4. kısım için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	48
Şekil 18.	Değirmendere Deresi 4. kısım için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme	49
Şekil 19.	Değirmendere Deresi'nin 4. kısmında zarardan etkilenen bina taban alanları.....	50
Şekil 20.	Değirmendere Deresi'nde zarardan etkilenen bina taban alanları yüzdeleri.....	51

Şekil 21.	Vakfikebir Fol Deresi'nde zarardan etkilenen bina taban alanları yüzdeleri.....	52
Şekil 22.	Değirmendere Deresi 1. kısım için Klavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	54
Şekil 23.	Değirmendere Deresi 2. kısım için Klavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	55
Şekil 24.	Değirmendere Deresi 3. kısım için Klavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	55
Şekil 25.	Değirmendere Deresi 4. kısım için Klavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	56
Şekil 26.	Değirmendere Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri	57
Şekil 27.	Değirmendere Deresi 1. kısım için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	58
Şekil 28.	Değirmendere Deresi 2. kısım için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	59
Şekil 29.	Değirmendere Deresi 3. kısım için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	59
Şekil 30.	Değirmendere Deresi 4. kısım için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	60
Şekil 31.	Değirmendere Deresi'nde Dinh yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri	61
Şekil 32.	Değirmendere Deresi 1. kısım için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	62
Şekil 33.	Değirmendere Deresi 2. kısım için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	63
Şekil 34.	Değirmendere Deresi 3. kısım için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	63
Şekil 35.	Değirmendere Deresi 4. kısım için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma	64
Şekil 36.	Değirmendere Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri	65
Şekil 37.	Vakfikebir Fol Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri	68
Şekil 38.	Vakfikebir Fol Deresi'nde Dinh yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri	68
Şekil 39.	Vakfikebir Fol Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri	69
Ek Şekil 1.	Vakfikebir İlçesi Fol Deresi taşkın alanları haritası (Q ₅₀₀) (NFB, 2014)	83

Ek Şekil 2.	Araklı İlçesi Karadere Deresi taşkın alanları haritası (Q ₅₀₀) (NFB, 2014).....	83
Ek Şekil 3.	Vakfıkebir Fol Deresi için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme.....	84
Ek Şekil 4.	Vakfıkebir Fol Deresi için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme.....	84
Ek Şekil 5.	Vakfıkebir Fol Deresi için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme.....	85
Ek Şekil 6.	Araklı Karadere Deresi için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme.....	85
Ek Şekil 7.	Araklı Karadere Deresi için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme.....	86
Ek Şekil 8.	Araklı Karadere Deresi için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme.....	86
Ek Şekil 9.	Vakfıkebir Fol Deresi için Kılavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma.....	87
Ek Şekil 10.	Araklı Karadere Deresi için Kılavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma.....	87
Ek Şekil 11.	Vakfıkebir Fol Deresi için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma.....	88
Ek Şekil 12.	Araklı Karadere Deresi için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma.....	88
Ek Şekil 13.	Vakfıkebir Fol Deresi için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma.....	89
Ek Şekil 14.	Araklı Karadere Deresi için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma.....	89

TABLULAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Taşkın zararlarının doğrudan tahmini için gerekli adımlar (Messner vd., 2007).....	3
Tablo 2.	Meteoroloji istasyonları karakteristikleri (NFB, 2014)	14
Tablo 3.	Çalışma bölgelerinin yağış alanları ve pik debi değerleri.....	18
Tablo 4.	1B ve 2B modelleme arasındaki farklar (URL-9, 2017)	26
Tablo 5.	Huntington bölgesi mühendisler birliği derinlik–zarar verileri (Serencam, 2013)	28
Tablo 6.	Tehlike ve etkilenebilirliğe göre risk sınıflaması (Anonim, 2014).....	31
Tablo 7.	CLC derecelendirmesi ve tehlike sınıflarına dayalı olarak tanımlanan risk sınıfları (Anonim, 2014).....	32
Tablo 8.	Taşkın risk sınıflandırması (Dinh vd., 2012).....	33
Tablo 9.	Derinlik ve hıza bağlı taşkın risk sınıfları (Anonim, 2018).....	33
Tablo 10.	Farklı tekerrürlü debiler için taşkın zarar miktarları (TL, 2018).....	36
Tablo 11.	Farklı tekerrürlü debiler için taşkın zarar farkı.....	37
Tablo 12.	Değirmendere Deresi'nin 1.kısımında zarardan etkilenen bina taban alanları (m ²)	41
Tablo 13.	Değirmendere Deresi'nin 2.kısımında zarardan etkilenen bina miktarı (m ²).....	44
Tablo 14.	Değirmendere Deresi'nin 4.kısımında zarardan etkilenen bina miktarı (m ²).....	50
Tablo 15.	Değirmendere Deresi'nde zarardan etkilenen bina taban alanları (m ²).....	51
Tablo 16.	Vakfikebir Fol Deresi'nde zarardan etkilenen bina taban alanları (m ²).....	52
Tablo 17.	Araklı Karadere Deresi'nde zarardan etkilenen bina taban alanları (m ²).....	53
Tablo 18.	Değirmendere Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m ²)	57
Tablo 19.	Değirmendere Deresi'nde Dinh yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m ²)	61
Tablo 20.	Değirmendere Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m ²)	65
Tablo 21.	Değirmendere Deresi için Kılavuz, Dinh ve Rehber yönteminde bina taban alanına göre risk sınıfları yüzdeleri	67
Tablo 22.	Vakfikebir Fol Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m ²)	67

Tablo 23.	Vakfikebir Fol Deresi'nde Dinh yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m ²)	68
Tablo 24.	Vakfikebir Fol Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m ²)	69
Tablo 25.	Araklı Karadere Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m ²) ve yüzdeleri.....	69
Tablo 26.	Araklı Karadere Deresi'nde Dinh yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m ²) ve yüzdeleri	70
Tablo 27.	Araklı Karadere Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m ²) ve yüzdeleri (%).....	70
Tablo 28.	Çalışma bölgeleri için bölgesel taşkın zarar miktarları (TL, 2018).....	71
Tablo 29.	Çalışma bölgeleri için bölge ve bina bazında taşkın zarar miktarları (TL, 2018).....	72
Tablo 30.	Tekerrür süresine göre zararın artışı (%)	73

SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Drenaj alanı
a	: Duvar sürtünme katsayısı
A_f	: Akış alanı
AGİ	: Akım gözlem istasyonu
$A_{AGİ}$: Kullanılan AGİ drenaj alanı
AK	: Akış katsayısı
$A_{KESİT}$: Kesit drenaj alanı
A_s	: Depolama alanı
C	: Chezy katsayısı
c	: Akış katsayısı
C_{II}	: Akış eğri numarası
CBS	: Coğrafi bilgi sistemi
CLC	: CORINE arazi örtüsü
C_p	: Zemine bağlı katsayı (kumlu 0.56, balçık 0.63, killi ve kayalık 0.69)
C_t	: Zemine bağlı katsayı (kumlu 1.65, balçık 1.50, killi ve kayalık 1.35)
D	: Taşkın zarar faktörü
d	: Taşkın derinliği
DSİ	: Devlet Su İşleri
DTM	: Teşhis deney modu
E	: Havza katsayısı
g	: Yerçekimi ivmesi
h	: Su derinliği
h_a	: 1 milimetrelık birim taşkın yüksekliği
i	: Muhtemel maksimum yağış şiddeti
L	: Ana kanalın uzunluğu
L_c	: Alanın ağırlık merkezinin kanal üzerindeki izdüşümü ile kanalın alanı terk ettiği nokta arasındaki mesafe
L_x	: Kanal uzunluğu
n_m	: Manning katsayısı
Q	: Debi

$Q_{AGİ}$: Kullanılan AGİ baz akımı
$Q_{KESİT}$: Kesit baz akımı
Q_p	: Pik debi
q_{lat}	: Yan kanaldan gelen birim uzunluktaki akım
q_p	: Birim hidrografın birim alana düşen pik debisi
q_v	: Birim alandan geçen akım verim
R	: Hidrolik yarıçap
S	: Harmonik eğim
SYM	: Sayısal yükseklik modeli
T	: Hidrografın taban süresi
t	: Zaman
T_c	: Toplanma zamanı
T_p	: Hidrografın pike erişme süresi
T_r	: Alçalma zamanı
T_s	: Hidrograf süresi
T_y	: Sağnak süresi
v	: Taşkın hızı
V_b	: 1 milimetrelilik yağış için birim akış hacmi
w_f	: Su yüzey genişliği
x	: Kanal eksenini boyunca yatay mesafe
YY	: Yinelemeli yağış değeri
YZD	: Yağış zaman dağılım katsayısı
YAD	: Yağış alan dağılım katsayısı
z_b	: Karşılaştırma düzlemi ile taban yüzeyi arasındaki mesafe
$1B$: 1 boyutlu hücre modeli
$2B$: 2 boyutlu hücre modeli
$1B/2B$: Bütünleşik hücre modeli
ξ	: Su seviyesi
τ_{wind}	: Rüzgar gerilmesi
ρ_w	: Suyun yoğunluğu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Taşkın; bir havzada fazla yağmur yağması, kar erimesi, buz yığılması, buzul kırılması, toprak kayması, köprü yıkılması ve baraj yıkılması gibi etkiler ile akarsu yatağındaki mevcut su miktarının hızla artarak akarsu kenarlarını aşması ve etrafını sular altında bırakması olayıdır (Erkek ve Ağırlioğlu, 2013). Taşkınlar daha çok, fazla eğimli ve geçirimsiz topraklı yerlerde meydana gelmektedir. Bu durum can kayıplarının yanı sıra arazilerin, sokakların, demir yollarının, tarım ürünlerinin, binaların, ev eşyalarının ve şirket stoklarının zarar görmesine ve daha pek çok maddi zarara yol açmaktadır.

Akarsu çevrelerinin ve taşkın yataklarının verimli olmasından dolayı yerleşim yeri olarak tercih edilmesi, havzanın doğal yapısının bozulmasına ve taşkın zararının çok daha artmasına sebep olmaktadır.

Taşkınlar gelişmemiş ülkelere nazaran gelişmiş ülkelerde erken uyarı sistemleri gibi tedbirler sayesinde daha az can kaybına yol açmakta, ancak daha yoğun sanayileşme ve şehirleşme nedeniyle daha büyük maddi zarara neden olmaktadır.

Geçmiş çalışmalarda taşkın zararları, direkt olan ve olmayan, ölçülebilen ve ölçülemeyen zararlar şeklinde iki ana ve dört alt sınıfa ayrılmaktadır. Uygulamada daha çok ölçülebilen zararlar üzerinde durulmaktadır. Çünkü bu zararlar parasal değer şeklinde ifade edilebilmekte ve bazı fiziksel parametrelere bağlı olarak tahmin edilebilmektedir.

Taşkın zararlarını etkileyen başlıca faktörler; alan, taşkın derinliği, taşkın süresi, yükselme hızı, oluşum zamanı, kirlilik miktarı ve taşkına neden olan suyun tatlı ya da tuzlu olmasıdır (Messner vd., 2007).

Taşkın zararı tahmini için ilk olarak taşkın yayıldığı alanın belirlenmesi gerekmektedir. Alan ile arazi kullanım verileri birleştirilerek risk altındaki elemanlar belirlenmektedir. Daha önce bu alanda meydana gelmiş bir taşkın varsa, yapılacak çalışmalarda fikir sağlamak açısından faydalı bir bilgi olarak ortaya çıkmaktadır (Messner vd., 2007).

Zarar modellemesinde genellikle en önemli, en çok kullanılan ve en kolay ölçülebilen parametre taşkın derinliğidir. Taşkın gösterebileceği en büyük etkinin taşkın derinliğine bağlı olduğu kabulüyle, zarar fonksiyonları genellikle zarar-derinlik arasındaki

ilişki ile ifade edilmektedir. Ancak zararı oluşturan tek parametrenin taşkın derinliği olmadığı yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Merz vd., 2004). Doğrudan maddi zararları etkileyen parametrelerden biri de taşkın süresidir. Taşkın süresi arttıkça bazı mülk ve eşyalar daha çok zarar görebilmektedir. Taşkın zararını doğrudan etkileyen önemli bir parametre de taşkın hızıdır, taşkın hızı arttıkça oluşan zarar artmaktadır. Çünkü yüksek hızda mülklerin maruz kalacağı zararı etkileyen basınç kuvveti de artmaktadır. Yükselme hızı, uyarı ve tahliye süresinin planlanması açısından da önemli bir parametredir. Taşkın oluşum zamanı, tarımsal üretimin göreceği zarar açısından oldukça önemlidir. Taşkın kış mevsimlerinde meydana gelmişse ciddi bir zarar oluşmazken, hasat zamanında meydana gelmişse büyük ölçüde zarar oluşabilmektedir. Taşkınların kirlilik, hareketli yükler ve tuzlu su içermesi; zararı artıran diğer bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır (Messner vd., 2007). Ancak derinlik dışındaki parametrelere ait yeterince veri olmaması sebebiyle, başka parametrelerin ne gibi etkilere sebep olduğu belirlenmemektedir (Girayhan, 2015).

Taşkın zararlarının tahmini için; ilk olarak çalışma alanına, amaca, kaynaklar ve verilerin mevcudiyetine göre kullanılacak yöntem seçilmelidir. Daha sonra tahmin edilecek zarar kategorileri belirlenmeli ve gerekli bilgiler toplanarak zarar tahmini için hesaplamalar yapılmalıdır. Sonunda bu hesaplamalardan elde edilen sonuçlar sunulmalıdır. Zarar tahmininde izlenmesi gereken adımlar Tablo 1’de verilmiştir.

Taşkın sebep olduğu maddi zararların belirlenmesi için nicel ve mekânsal özellikleri göz önüne alan hidrodinamik modelleme teknikleri kullanılmaktadır. Hidrodinamik modellerin çıktıları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları ile bir arada kullanılmakta ve taşkın yayılım alanı, taşkın hızı ve diğer nitelikler elde edilmektedir (Girayhan, 2015).

Taşkın haritaları, risk yönetimi için kentsel planlar oluşturulurken kullanılmamaktadır. Bunun sebebi, hazırlanan haritaların yalnızca su yayılım alanından ibaret olması ve kullanacak kurumların ihtiyacını karşılamamasıdır. Bu nedenle risk yönetimi için gerekli olan muhtemel taşkın riski altında olan alanların özellikleri, su yüksekliği ve su hızı belirlenmelidir. Bunlar; hidrolik modelleme ile arazi kullanım durumunun birleştirilmesiyle oluşturulabilmektedir. Risk altında olan bölgelerde muhtemel zararın parasal olarak ortaya konması ise nerelere öncelik verilebileceği konusunun risk yönetiminde önem arz etmesindedir. Risk yönetimi ve taşkın zararlarının azaltılması için arazi kullanım bilgileri ve modelleme sonuçları doğru kullanılmalıdır (URL-1, 2017).

Tablo 1. Taşkın zararlarının doğrudan tahmini için gerekli adımlar (Messner vd., 2007)

Adım 1: Yöntem seçimi			
Alansal ölçek	Çalışmanın amacı ve hassasiyet derecesi	Kaynakların mevcudiyeti ve kullanılabilirliği	Önceden var olan mevcut veriler
Adım 2: Doğrudan ölçülebilir zarar kategorilerinin belirlenmesi			
Yerleşim Alanları: -Konutlar -Okullar -Hastaneler -Binaların içindeki eşyalar -Araçlar	Yerleşim Yeri Olmayan Alanlar: -Ticari binalar -Fabrikalar -Makineler ve ekipmanlar -Stoklar -Araçlar	Alt Yapı Tesisleri: -Yollar -Sokaklar -Demiryolları -Elektrik hatları -Telefon hatları -Su teminleri -Kanalizasyon -Taşkın koruma yapıları -Islah tesisleri	Tarımsal Üretim: -Çiftlik hayvanları -Tarım ürünleri
Adım 3: Önemli bilgilerin toplanması ve hesaplanması			
Taşkın karakteristikleri	Arazi kullanım verileri	Risk altındaki mülk değerlerinin bilgisi	Zarar fonksiyonları
Adım 4: Tahmin edilen zararların hesaplanması ve sunulması			

1.2. Önceki Çalışmalar

Çalışmada öncelikle dünyada ve ülkemizde geçmişte yapılan zarar ve risk tahmin çalışmaları incelenmiştir.

Taşkın zarar tahmini için yapılan bazı çalışmalar şunlardır:

Messner vd. (2007), taşkın koruma projelerinin veya stratejilerinin farklı mekânsal ölçeklerde uygun bir şekilde değerlendirilmesi için, yetkililere rehberlik etmek amacıyla somut taşkın zararlarını değerlendirmede kullanılan son teknoloji ile ilgili detayları adım adım anlatmışlardır. Ayrıca taşkın zarar veri tabanının oluşturulmasına ilişkin temel kurallar, çevresel taşkın etkileri, taşkın zarar hesabındaki belirsizlikler ve taşkın zararını azaltma gibi konulara değinmişlerdir. Ekonomik zararı etkileyen parametrelerin belirsizliklerinin mümkün olduğunca azaltılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Kreibich vd. (2009); 2002 yılında Almanya'daki Elbe Havzası'nda meydana gelen taşkın hızı ve taşkın derinliğinin taşkın zararı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Daha

sonra hıza ve derinliğe bağlı enerji yüksekliğini kullanmışlardır. Enerji yüksekliğinin veya taşkın derinliğinin 2 m'yi aştığı durumlarda binalardaki zarar hesabının güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi için, enerji yüksekliğinin uygun bir taşkın etki parametresi olduğu sonucuna varmışlardır.

Pistrika ve Jonkman (2010), 2005 yılında meydana gelen Katrina kasırgası sonrasında New Orleans'da 95,000 konutun ekonomik zarar seviyeleri hakkında bilgi içeren bir genel veri kümesini analiz etmişlerdir. Bu kapsamda, taşkın derinlik ve hız verilerinin çarpımının binalarda oluşan ekonomik zarar miktarı için kritik bir değişken olduğunu düşünmüşler ve taşkın derinliğine bağlı olarak taşkın hızının zarara etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, taşkın derinliğine ve hızına bağlı bir yaklaşım önermişlerdir.

Prettenthaler vd. (2010), Avurturya'da meydana gelen bir taşkın verilerine dayanarak konutlar için taşkın zarar eğrisi tahmin etmişlerdir. Bunun için ilk olarak, CBS kullanarak çalışma alanının kısa bir analizini yapmışlar ve maksimum zarar potansiyelini belirlemişlerdir. Daha sonra, derinliğe bağlı taşkın zarar fonksiyonlarını belirlemek için mevcut taşkın zarar fonksiyonları ile ilgili önceki çalışmaların bulgularını değerlendirmişlerdir. Son olarak, çalışma bölgesinde zarar potansiyeli tahmininde daha önce yapılmış çalışmalarda kullanılan taşkın zarar fonksiyonlarını karşılaştırmışlardır.

Jongman vd. (2012), çalışmalarında yedi farklı taşkın zararı modelinin nitelik ve nicelik açısından değerlendirmesini yapmışlardır. Almanya ve Birleşik Krallık'taki geçmişteki taşkın olaylarına ilişkin iki vaka incelemişlerdir. Nitel analiz modelleme yaklaşımlarının çok değişken olduğu ve bu sonuçlarda derinlik zarar fonksiyonlarının belirsizliğe karşı çok hassas olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca; taşkın risk değerlendirmesi için arazi kullanım verilerinin dikkatli bir şekilde belirlenmesi ve mülk değerlerinin bölgesel ekonomik duruma ve mülk özelliklerine göre ayarlamasının gerekli olduğu sonucuna varmışlardır.

Serencam (2013), Doğu Karadeniz Havzası'nda Trabzon'da bulunan Değirmendere Havzası'nın Sanayi Mahallesi'nde 100 yıl ve 500 yıl tekerrürlü taşkınların meydana gelmesi halinde binalarda oluşacak zararlarla ve zarar görülebilirlikle ilgili tahminler yapmıştır. Bu kapsamda, oluşturulan taşkın risk haritaları yardımıyla sahadaki olası taşkınlar neticesinde su altında kalabilecek binaların alanlarını, ortalama su derinliklerini ve bunlar yardımıyla da binalarda ortaya çıkabilecek zararları hesaplamıştır. Ayrıca taşkınlar sonucu oluşabilecek zararlarla ilgili olarak; arazi yapısı, Trabzon Limanı, çevresel ve jeolojik zarar görülebilirlikle ilgili analizler de yapmıştır.

Pistrika vd. (2014) çalışmalarında Temmuz 2002'de Atina'nın yakınında bulunan bir yerleşim yeri olan Moschato'da meydana gelen bir taşkın olayından elde edilen verileri kullanarak derinlik-zarar fonksiyonlarını tasarlamak için adım adım bir metodoloji ortaya koymayı amaçlamışlardır. Ayrıca; gelişmiş derinlik-zarar fonksiyonlarını, benzer koşullara sahip diğer alanlara ait fonksiyonlarla karşılaştırmışlardır. Zarar yüzdesini; yapılan maddi yardımları dikkate alarak, taşkından etkilenen mülk kategorisine göre hesaplamışlardır. Derinlik-zarar ilişkisini geliştirmek için binaların etkilenen her bir kategorisinin piyasa değerine göre tadilat maliyetini tahmin etmişlerdir. Bu derinlik-zarar fonksiyonunu, İtalya'nın Palermo kenti için geliştirilen fonksiyonla karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, karşılaştırılan zarar hesaplarında birbirine yakın değerler (%9 fark) elde etmişlerdir. Zarar veri setleriyle ilgili farklılıklar ve benzerlikler binaların yapısal ve mimari özellikleri ile ilgili etkenlerden kaynaklandığı kanısına varmışlardır.

Girayhan (2015), taşkın riskinin belirlenmesi için taşkınların meydana getireceği ekonomik zarar miktarının elde edilmesine odaklanan çalışması ile taşkın risk değerlendirme aracı olarak taşkın zarar modellenmesinin esaslarını belirlemiştir. Ayrıca taşkın derinliğine bağlı olarak Terme ilçe merkezine ait 100 yıl ve 500 yıl tekerrürlü taşkın zarar miktarını hesaplamıştır. 2015 yılında yapılan hesaba göre 100 yıl tekerrür için zarar miktarı 85.520.000 TL, 500 yıl tekerrür için zarar miktarı ise 95,090,000 TL'dir.

Taş vd. (2016) Akarçay Afyon Alt Havzası'nın farklı tekerrürlü taşkın debileri için HEC-RAS yazılımı kullanarak su altında kalacak alanlarını ve su seviyelerini hesaplamışlardır. HEC-RAS paket programıyla kesitlerin su yüzeyi alanlarını ve genişliklerini, akış hızlarını, anahtar eğrilerini, su hacimlerini ve hidrolik sıçrama yüksekliklerini elde etmişlerdir. Sonrasında; ortalama derinlik ile geçmiş çalışmalarda derinlik-zarar eğrilerini kullanarak, farklı tekerrürlü debi (Q_2 , Q_{10} , Q_{100} ve Q_{500}) aralıkları için taşkın zarar tahmini yapmışlardır. Çalışma sonunda ekonomik zararın Q_2 'den Q_{10} 'a yaklaşık dört kat, Q_{10} 'dan Q_{100} 'e ve Q_{100} 'den Q_{500} 'e yaklaşık ikişer kat arttığını belirlemişlerdir.

Zin vd. (2018), sık sık taşkından zarar gören Myanmar'daki Bago Nehri Havzası'nı ele alarak konutlar için taşkın parametreleri ve zarar arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 2011 yılında taşkın sırasında meydana gelen ekonomik zararın belirlenmesi için anket yapmışlardır. Yerleşim alanları için konut zararı, konut içi zarar ve gelir kaybı fonksiyonu modelleri oluşturmuşlardır. Taşkın derinliğinin, zeminden taban yüksekliğinin, toprak kayması oluşumunun ve farklı yapı malzemesi türlerinin konutlardaki zarar miktarını

artırabildiğini ve gelir kaybının; taşkın süresi, iş kategorisi ve hane halkının seviyesiyle ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bunlara bağlı olarak zarar fonksiyonları elde etmişlerdir.

Taşkın risk tahmini için yapılan bazı çalışmalar ise şunlardır:

Özalp (2009), İstanbul İli Bakırköy, Bağcılar ve Bahçelievler ilçeleri sınırlarında olan Tavukçu Deresi'nin taşkın risk analizini yapmıştır. HECRAS programında Tavukçu Deresi'nin alt havzalarındaki drenaj noktalarında 500 yıl yağış tekerrür ve şiddetinde havzada oluşacak debileri kullanarak; debilerin dere kesitindeki su yüksekliklerini ve hızlarını hesaplamıştır. Kritik noktalarda dere kesitinde taşkın sınırlarını ve su kotunu belirlemiştir. Oluşturulan taşkın sınırlarını ArcGIS'e aktarmıştır. Daha sonra bunları, uydu görüntüleriyle ve sayısal hali hazır paftalarla karşılaştırıp risk altındaki bölgeleri belirlemiştir. Taşkın risk alanlarının tespit edildiği ve analizinin yapıldığı çalışma; daha sonraki çalışmalarda kentsel planlamada kullanılabilir bulgular içermektedir.

Tran vd. (2009), yerel düzeyde CBS kullanımı ve modern teknolojinin ve yerli bilginin afet yönetimine dahil edilmesi ihtiyacı konusunu ele almışlar; tehlike riskini ve felaketlerin yol açacağı zararı azaltma ile risk haritalarının arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. CBS taşkın tehlike haritalama projesinden edindikleri, Vietnam'ın merkezi Thua Thien Hue şehrinde bulunan Quang Tho Komün'ün vaka incelemesinde sunmuşlardır. Çalışma sonunda çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek risk olmak üzere 5 risk sınıfı kategorisi belirlenmiştir.

Dinh vd. (2012), Vietnam Mekong Deltasındaki Long Xuyen Quadrangle'de taşkın tehlikesi, etkilenebilirlik ve riski göz önünde bulundurarak öncelikli alanları belirlemiş ve haritalandırmışlardır. Bunun için 2000 yılında meydana gelen yaklaşık 500 kişinin hayatını kaybetmesine ve büyük zararlara yol açan 20 yıl tekerrürlü taşkın verilerini kullanarak hidrodinamik bir model oluşturmuşlardır. Kalibre edilen bu modeli 2050 yılında oluşabilecek muhtemel taşkını benzeştirmek için kullanmışlardır. Bu çalışmada, tehlike göstergesi olarak sadece taşkın derinliğini ele almışlardır. Benzeşimle ortaya çıkan taşkın derinliğini, su baskın haritalarının hazırlanması ve bu bölgedeki taşkın riskinin analiz edilmesi için kullanmışlardır. Bölgenin %35.4'ünün büyük risk altında, %32.7'sinin orta risk altında, %18.4'ünün düşük risk altında olduğu sonucuna varmışlardır.

Masood ve Takeuchi (2012), 32 yıllık Shuttle Radar Topografi Misyonu ve hidrolojik dijital yükseklik modeli verileri temelinde bir boyutlu hidrodinamik benzeşim ile gerçekleştirilen orta doğuda bulunan Dhaka için bir taşkın tehlike haritası geliştirerek

taşkın tehlikesini değerlendirmişlerdir. Taşkın benzeşimini 100 yıl tekerrürlü taşkın için HEC-RAS programını kullanarak yapmışlardır. Simülasyon sonucuna göre, çalışma alanının derinlik ve hassasiyetine (insanların veya mülklerin taşkına maruz kalması) bağlı olarak taşkın riskini değerlendirmek için taşkın risk haritası hazırlamışlardır. Benzeşim, bu alanın güneydoğu kısmında maksimum derinliğin 7.55 m olduğunu ve etkilenen alanın %50'den fazla olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Özşahin ve Kaymaz (2013), Amik Ovası için taşkın risk potansiyeli ile risk indeksini analiz etmişlerdir. Bunun için taşkın risk potansiyeli açısından önemli faktörlerin göreceli ağırlıkları, tehlike, etkilenen insan sayısı ve zarar görebilirliği dikkate almışlardır. Çalışmada taşkın riskinin haritasını, taşkın risk indeksinin dağılışını, taşkın riski altında olan sahaların dağılışını ve taşkın riski altında olan sahaların alansal dağılışını belirlemişlerdir. Sonuç olarak CBS yöntem ve teknikleriyle gerçekleştirilen bu çalışma, Amik Ovası'nda yaşanan taşkın afetinin çözümlenmesine yönelik hazırlanmış bir öneri niteliği taşıdığı, çalışmada üretilen bulgular ve sonuçların ova genelinde yapılacak planlamalara zemin hazırladığı sonucuna varmışlardır.

Jung vd. (2014), 50 su kaynağı uzmanından alınan Delphi anketi (bir grup uzman tarafından oluşturulan anket sonuçlarının istatistiksel analizi) sonuçlarına dayanarak Güney Kore'deki bazı bölgeler için taşkın risk indeksini tahmin etmişlerdir. Doğal ve sosyal faktörlerin, idari ve ekonomik faktörlerden daha etkili taşkın risk faktörü olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışma, taşkın risk yönetiminde yatırım önceliği konusunda idari birimler arasındaki göreceli taşkın risk indeksi hakkında bilgi sağlamıştır.

Anonim (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışma, pilot havza olarak seçilen Batı Karadeniz havzasından elde edilen deneyimlerle, Taşkın Riski Yönetim Planlarının Hazırlanması metodolojisinin Türkiye şartlarına uyarlanmasına ilişkin bilgileri içermektedir. Fransa, Romanya ve Türkiye'den uzmanların katılımıyla oluşturulmuştur. Çalışmanın içeriğinde bulunan Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzunda önerilen risk hesabı, bir FAME (modelleme ve yeryüzü gözlem tekniklerini kullanan taşkın riski ve hasar değerlendirme) raporuna dayalıdır. Taşkına meyilli alanlarda bulunabilecek farklı unsurlar ile ifade edilen taşkından etkilenebilirlik, Avrupa Çevre Ajansı tarafından uydu görüntüleri ile oluşturulan CORINE arazi örtüsü sınıfları risklerine göre gruplanmıştır. Buna bağlı olarak risk, taşkın derinliğine göre sınıflandırılmaktadır. Bu kılavuzun amacı riskin azaltılması için tedbirler ve hedeflerin belirlenmesi ve taşkın riski

yönetim planlarının geliştirilmesi kapsamında taşkına maruz kalma konusunda bilginin artmasına katkıda bulunmak, bu bilgileri geliştirmek ve objektif hale getirmektir.

Shrestha vd. (2015), veri yetersizliği olan havzalardaki taşkın riskinin değerlendirilmesi için uydu tabanlı bilgileri ve sosyoekonomik faktörleri içeren taşkın zarar tahmin modelini önermişlerdir. Bunun için çalışma bölgesi olarak Filipinlerdeki Pampanga Havzası'nı seçmişlerdir. Taşkın ve hane halkının özelliklerine bağlı olarak geliştirilen binalar için taşkın zarar tahmini yapmışlardır. Önerdikleri taşkın zarar tahmin yönteminin gelişmekte olan diğer ülkelerde de uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Yeğin (2015); sosyal, ekonomik ve çevresel olmak üzere üç risk boyutu dikkate almıştır. Çalışma bölgesi olarak Fırat-Dicle Havzası'ndaki Salkım Deresi'ni seçmiştir. Bu bölgede taşkın derinliklerini hesaplamak için HEC-RAS programı kullanmış, hasar ve riskleri ArcGIS kullanarak hesaplamıştır. Derinlik-hasar eğrilerini kullanarak her bir risk elemanı için hasar hesaplanması yapmıştır. Hesaplamalarda Kubal vd. (2009)'nin Almanya'daki taşkın zararlarının en büyük veri tabanı olan HOWAS veri tabanından elde ettikleri zarar fonksiyonunu kullanmıştır. Riski, hasar-aşma olasılık eğrilerini kullanarak hesaplamıştır. Burada risk, hasar-aşma olasılık eğrilerinin altındaki bölgedir. Her bir boyut (ekonomik, sosyal ve çevresel) için risk hesaplaması yapmıştır. Salkım Dere'si için oluşturulan risk haritaları sosyal, ekonomik ve çevresel taşkın zararı açısından dikkat edilmesi gerekenleri öncelik sırasına koymuştur.

Lee ve Kim (2018), çok boyutlu taşkın zarar analiz yöntemi kullanarak olası taşkın zararına dayalı yeni bir taşkın tahmin tekniği geliştirmişlerdir. Çalışma bölgesi olarak Kore'de bulunan Sintaein Havzası'nı seçmişlerdir. Bu bölgeyi alt alanlara ayırmışlar ve taşkın hacim ve zarar verilerini kullanarak her bir alan için zarar fonksiyonlarını elde etmişlerdir. Bu zarar fonksiyonlarını kullanarak, başlangıçta taşkın zararlarının meydana geldiği yağış yoğunluğunu her bir süre ve alt alan için hesaplamışlardır. Sonuç olarak yağış şiddeti, süre ve zarar grafiği belirlemişlerdir. Bu yeni taşkın tahmin tekniğinin kolaylıkla uygulanabilir olduğu, mevcut taşkın tahmin tekniklerinin dezavantajlarını ortadan kaldırdığı sonucuna varmışlardır.

Xu vd. (2018), kentsel taşkın riskini değerlendirmek için Entropi Ağırlık Yöntemini ve k-Aracı Kümelenme Algoritması'nı kullanarak bütünleşik bir yöntem önermişlerdir. Önerilen yaklaşımın, farklı risk seviyelerinin sınıflandırma standardını dikkate almadığı ve böylece daha makul ve nesnel bir sonuç sağladığı kanısına varmışlardır. Çalışma bölgesi olarak Çin'de bulunan Haidian Adası'nı seçmişlerdir. Doğal tehlike indeksi sistemi ile

hidrolojik modelleri birleştirmişlerdir. İndeks ağırlıklarını, Entropi Ağırlık Yöntemini ve analitik hiyerarşi süreci yöntemini bütünleştiren geliştirilmiş bir entropi ağırlık metodu ile hesaplamışlardır. Daha sonra, çalışma alanındaki taşkın risk haritasını geliştirmek için k- aracı kümesi algoritmasını kullanmışlardır. Sonuç olarak, yüksek riskin genellikle bölgenin taşkın derinliğinin yüksek olduğu yerlerde meydana geldiğini ve bu kısımların toplam alanın %13,7'sini kapsadığı belirlenmiştir.

FEMA (2018), Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi oluşturmuştur. Bu rehberde; Daha Güvenli Alt Bölümlerin Tasarlanması–Taşkın Tespit Alanlarında Alt Bölüm Tasarımına İlişkin Kılavuz'da yayınlanan hem taşkın derinliğine, hem de taşkın hızına bağlı risk kategorilerini basitleştirerek risk sınıflandırma tablosu belirlemiştir. Burada riski düşük, orta, yüksek, çok yüksek ve aşırı olmak üzere 5 sınıfa ayırmıştır. Oluşturulan tabloda risk; derinlik ile hızın çarpım değerine göre belirlenmektedir.

Doğu Karadeniz Havzası, coğrafi ve iklim koşullarına bağlı olarak Türkiye'nin en çok yağış alan bölgesidir ve topografyası nedeniyle taşkın açısından önemli derecede risk taşıyan bir yapıdadır (Akçay, 2018). Bu çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan Değirmendere Deresi, Vakfikebir Fol Deresi ve Araklı Karadere Deresi'nin mansap kısımları için farklı tekerrürlü debi aralıklarında taşkınların binalara vereceği zarar ve oluşacak riskin tahmini gerçekleştirilmiştir. Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan bu bölgeler taşkın zarar ve risk hesabı için gerekli verilerin elde edilebilirliğine bağlı olarak seçilmiştir.

Taşkın zararlarını etkileyen pek çok parametre vardır. Ekonomik zararların azaltılması için bu parametrelerin belirlenmesi önemlidir (Messner vd., 2007). Parametrelerin elde edilmesindeki zorluklardan dolayı; önceki çalışmalarda zarar hesabı için sunulan yöntemlerin pek çoğu sadece derinlik parametresini esas almaktadır (Davis ve Skaggs, 1992; Green, 2003; Apel vd., 2006; Prettenthaler vd., 2010; de Moel ve Aerts, 2011; Jongman vd., 2012; Cammerer vd., 2013; Notaro vd., 2014; Sampson vd., 2014; Pistrika vd., 2014; McGrath vd., 2015). Bazı çalışmalarda ise derinliğin yanı sıra hız parametresini de kullanılmıştır (Kreibich vd., 2009; Pistrika ve Jonkman, 2010).

Dünyada, bazı zarar tahmin eğrileri ve denklemleri, meydana gelen taşkın sonrası elde edilen veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Yukarıda belirtildiği gibi; Prettenthaler vd. (2010), Jongman vd. (2012) ve Pistrika vd. (2014) meydana gelen taşkın verilerini kullanarak zarar-derinlik, Kreibich vd. (2009) ve Pistrika ve Jonkman (2010) zarar-derinlik-hız, Lee ve Kim (2018) ise yağış şiddeti, süre ve zarar ilişkisini inceleyerek,

değişkenler arasındaki bağıntıyı kurmaya çalışmışlardır. Zin vd. (2018) ise taşkın derinliği, zeminden taban yüksekliği, toprak kayması oluşumu, yapı malzemesi türlerinin yanı sıra; gelir kaybı, taşkın süresi, iş kategorisi ve hane halkının seviyesine bağlı olarak zarar fonksiyonu oluşturmuşlardır. Ancak verilerin elde etme güçlüğünden dolayı Türkiye’de şimdiye kadar bu şekilde detaylı çalışmalar yapılamamıştır. Türkiye’deki çalışmalar (Serencam, 2013; Yeğin, 2015; Girayhan, 2015; Taş vd., 2016) genellikle farklı ülkeler için elde edilen, sadece derinliğe bağlı zarar yöntemleri üzerine kurgulanmıştır.

Bu çalışmada, çalışma bölgeleri için taşkın derinliğinin yanı sıra hız verileri de elde edilmiştir. Çalışmada, taşkın zarar tahmini ve risk hesabı için kullanılan yöntemler bu değişkenlere uygun olarak seçilmiştir. Sadece derinliğe bağlı Huntington zarar yüzdeleri (1976) ve Van Eck ve Kok derinlik–zarar eğrileri (2001) ile hem derinliğe hem de hıza bağlı Aimilia K. Pistrika ve Sebastiaan N. Jonkman (2010) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Huntington zarar yüzdeleri (1976) binaların tek katlı ya da apartman olma durumu gibi farklı parametreleri içermektedir. Bu nedenle bu yöntem seçilip, elde edilen sonuçlar bu parametreleri içermeyen Van Eck ve Kok derinlik–zarar eğrileri (2001) ile kıyaslanmıştır. Ayrıca, Aimilia K. Pistrika ve Sebastiaan N. Jonkman tarafından elde edilen denklem (2010) Türkiye’de yapılan taşkın zarar çalışmalarında ilk defa kullanılmıştır. Taşkın zarar tahmini için binaların tek tek değerlendirildiği çalışma sayısı çok azdır (Tran vd., 2009; Pistrika ve Jonkman, 2010; Pistrika vd., 2014; Zin vd., 2018). Bu çalışmalar Türkiye dışında gerçekleştirilmiştir. Bu açıdan, yapılan bu tez çalışması ülke bazında hem bina zararlarını tek tek, hem de bölgesel olarak değerlendirip karşılaştıracak ilk çalışmadır. Ayrıca farklı tekerrürlerdeki debi değerlerinde oluşan taşkınlardaki zarar miktarlarının ve risk değerlerinin değişimi incelenerek taşkın koruma yapıları için seçilecek proje debisinin zarar ve risk üzerindeki etkisi de çalışma kapsamında incelenmiştir.

Taşkın riski ile ilgili çalışmalarda farklı parametreler (derinlik, hız, hassasiyet vb.) kullanılmaktadır. Elde edilebilirliği diğer parametrelere göre daha kolay olmasından dolayı en çok dikkate alınan parametre su derinliğidir (Bin vd., 2008; Meyer vd., 2009; Dinh vd., 2012; Bin ve Landry, 2013; Ouma ve Tateishi, 2014; Anonim, 2014). Bazı çalışmalarda derinlik ile hız parametresi (Udale-Clarke, 2005; Özalp, 2009) dikkate alınmıştır. Bu çalışmada risk değerlendirilmesi ArgGis Programı ile yapılmıştır. Bazı çalışmalarda ise derinlik ve hassasiyet parametresi birlikte dikkate alınmıştır (Tingsanchali ve Karim, 2005; Cançado vd., 2008; Mimi ve Assi, 2009; Masood ve Takeuchi, 2012; Mwale, 2014).

Bunun yanında; ekonomik, sosyal ve çevresel faktörleri de risk değerlendirmesinde kullanan çalışmalar da bulunmaktadır (Yeğin, 2015).

Bu çalışmada, taşkın riskini belirlemek için mevcut veriler göz önünde bulundurularak derinliğe bağlı Taşkın Riski Yönetim Planlarının Hazırlanması Kılavuzu'nda (Anonim, 2014) belirtilen risk değerlendirme yöntemi ve Dinh vd. (2012) tarafından 2050 yılında oluşabilecek muhtemel taşkın riskini tahmin etmek için oluşturulan yöntem seçilmiştir. Hız parametresi; bu parametreyi kullanan Udale-Clarke (2005) ait çalışmanın insan hayatı açısından risk değerlendirilmesi yapması ve Özalp (2009) tarafından yapılan çalışmada ise ArgGis Programı ile taşkın riski olan bölgelerin belirlenmesi ve programın bu tez kapsamında çalışılan bölgeler için elde edilemeyecek bilgiler gerektirmesi nedeniyle bu çalışmada kullanılmamıştır. Ayrıca daha fazla parametre içeren diğer yöntemler de istenilen verilerin elde edilmesi ile ilgili sorunlardan dolayı kullanılamamıştır. Seçilen yöntemlerden Taşkın Riski Yönetim Planlarının Hazırlanması Kılavuzu'nda (Anonim, 2014) belirtilen risk değerlendirme yöntemi Fransa, Romanya ve Türkiye'den uzmanların katılımıyla oluşturulmuştur. Bu yöntem Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edildiğinden ve risk sınıfları Türkiye şartlarına uyarlandığından dolayı tercih edilmiştir. Dinh vd. (2012) tarafından oluşturulan yöntem, gerçekleşmiş bir taşkından elde edilen verileri kullanarak belirlendiği için bu çalışmada tercih edilmiştir. Ayrıca taşkın derinliğinin yanı sıra hem de taşkın hızını da değerlendirmeye kattığı için Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi'nde belirtilen taşkın risk sınıflandırması tercih edilmiştir.

1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı; Doğu Karadeniz Havzası'nda seçilen bölgelerde taşkınların binalarda sebep olacağı maddi (parasal) zararların tahmin edilmesi, zarar oranlarının derecelendirilmesi ve taşkın riskinin sınıflandırılması ile farklı tekerrüre sahip debi değerlerinin taşkın zararlarına ve risk durumuna etkisinin belirlenmesidir. Çalışma bölgesi olarak Doğu Karadeniz Havzası'nda, Trabzon'da bulunan Vakfıkebir İlçesi Fol Deresi, Değirmendere Deresi ve Araklı İlçesi Karadere Deresi seçilmiştir. Bu çalışmada taşkın zararın belirlenmesi için sadece taşkın derinliğini dikkate alan Huntington zarar yüzdeleri (1976) ve Van Eck ve Kok derinlik–zarar eğrileri (2001) ile hem taşkın derinliğini hem de taşkın hızını esas alan Aimilia K. Pistrika ve Sebastiaan N. Jonkman tarafından elde edilen

denklem (2010) kullanılmıştır. Taşkın riskinin belirlenmesi için ise Taşkın Risk Yönetim Planlarının Hazırlanması Kılavuzunda verilen risk yöntemi, Dinh vd. (2012) tarafından sunulan risk modeli ve Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi'ndeki risk sınıflandırma tablosu (2018) dikkate alınmıştır. Daha sonra, her bir bina için ayrı ayrı hesaplanan tahmini taşkın zarar yüzdeleri derecelendirilmiş ve taşkın riskleri sınıflandırılmıştır. Çalışma bölgelerine ait haritalar üzerinde bu derecelendirmeler ve sınıflandırmalar gösterilmiştir. Ayrıca haritalar üzerinde farklı tekerrürlü debilere göre taşkın zararı derecelendirilmiş ve riskler sınıflandırılmıştır. Zarar ve riskin farklı tekerrüre sahip debilere bağlı olarak değişimi irdelenmiş ve önceki çalışmaların sonuçları ile kıyaslanmıştır. Son olarak; ortalama derinlik ve hıza bağlı bölgesel binalardaki zarar hesabı yapılmış ve her bir bina için yapılan toplam zarar ile farkı ortaya konmuştur.



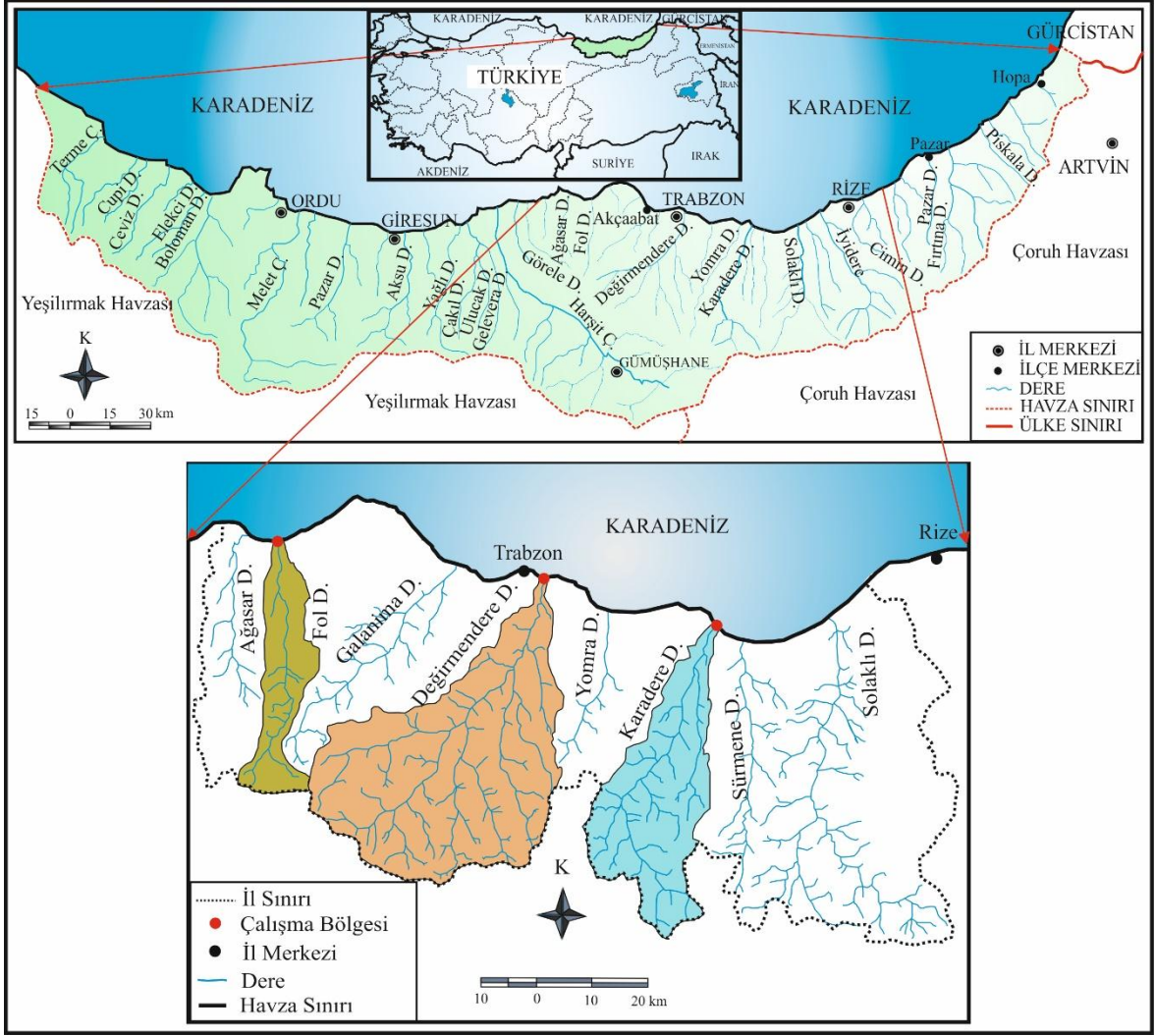
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

Türkiye hidrolojik olarak 26 havzadan oluşmaktadır. Doğu Karadeniz Havzası ortalama 1.198 mm yağış yüksekliği ile, Türkiye'nin en fazla yağış alan havzasıdır. 24.077 km²'lik bir alana sahip olan Doğu Karadeniz Havzası, Türkiye'nin toplam akışının %9,5'ini sağlamaktadır. Havza, yılda ortalama 753 mm akış yüksekliğine sahiptir. Havza içerisinde bulunan illerin yağış yüksekliklerine bakıldığında; en yüksek ortalama yağış 2.299 mm ile Rize'dedir. Rize'yi 1.286 mm ile Giresun, 1.038 mm ile Ordu, 820 mm ile Trabzon takip etmektedir. Havzada en az yağış alan iller ise 697 mm ile Artvin ve 462 mm ile Gümüşhane'dir. Havzanın en doğusuna doğru yağış değerleri giderek yükselmektedir. Örneğin, en doğudaki ilçelerden Arhavi'nin yağış yüksekliği 2.593 mm, Hopa İlçesi'nin ise 2.500 mm'dir (Karstarlı vd., 2011; Akçay, 2018)

Dünyanın pek çok yerinde olduğu gibi, ülkemizde de taşkınlar çok önemli kayıplara yol açmaktadır. Sıklıkla taşkın olaylarının görüldüğü Doğu Karadeniz Havzası'nda 27 yıl içerisinde (1990–2016) meydana gelen 37 taşkın ve heyelan olayında 323 kişi hayatını kaybetmiştir. Doğu Karadeniz'de büyük sorunlara yol açan taşkın ve heyelanlar en çok Rize'de meydana gelmiştir. 1990 yılından sonra Trabzon'da 11, Rize'de 14, Giresun'da 6 ve Artvin'de 6 taşkın ve heyelan olayı yaşanmıştır. En çok can kaybı, 57 kişinin hayatını kaybettiği ve Trabzon'un Akçaabat ilçesi ile Söğütlü ve Değirmendere mahallerinde etkili olan 1990 yılı taşkınında gerçekleşmiştir. 1990–2016 yıllarını kapsayan dönemde Rize'de 147 kişi, Trabzon'da 135 kişi, Artvin'de 27 ve Giresun'da ise 12 kişi taşkın ve heyelan olayları nedeniyle hayatını kaybetmiştir (URL–2, 2016). Doğu Karadeniz Havzası'nın genel görünümü ve çalışma bölgeleri Şekil 1'de belirtilmektedir.

Trabzon ilindeki en gelişmiş vadiler, batıda güney-kuzey yönünde uzanan Foldere Vadisi, Değirmendere akarsuyunun kurulu olduğu güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda Karadere Vadisi ve doğudaki güney-kuzey uzanış gösteren Solaklı Deresi vadisidir (URL–3).



Şekil 1. Trabzon ili havzası sınırları haritası

Havzada çalışma bölgesi olarak Vakfıkebir İlçesi Fol Deresi, Değirmendere Deresi ve Araklı İlçesi Karadere Deresi belirlenmiştir. Bu bölgelerin meteoroloji istasyonlarının uzun yıllara ait ortalama yağış yükseklikleri sırasıyla 1.249 mm, 812 mm ve 1.072 mm'dir (NFB, 2014). Meteoroloji istasyonları karakteristikleri Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Meteoroloji istasyonları karakteristikleri (NFB, 2014)

İst. No	İstasyon Adı	Enlem	Kot	Gözlem Periyodu
1302	Vakfıkebir MGM MGİ	43 ⁰ 03'	25	1938–2012
17037	Trabzon MGM MGİ	40 ⁰ 00'	30	1929–2012
1472	Araklı MGM MGİ	40 ⁰ 56'	10	1963–1996

Çalışma bölgelerini kapsayan Trabzon ili, büyükşehir belediyesi statüsüne sahip olup, 768.417 nüfusa ve 4.664 km² yüzölçümüne sahiptir. Trabzon ili, Doğu Karadeniz Dağlarının oluşturduğu yayın ortasındaki Kalkanlı dağlık kütesinin kuzeye bakan yamaçlarında, 38° 30'–40° 30' doğu meridyenleri ile 40° 30'–41° 30' kuzey paralelleri arasında yer almaktadır (Trabzon Valiliği, 2016). Karadeniz boyunca sınırlı düzlük arazilere sahip olan il, güneye doğru gidildikçe çok sayıda bağımsız vadilerden oluşmaktadır. Bu vadiler yüksek eğimli dere yatakları ve sarp dağlardan oluşmaktadır (MGM, 2016; Turan, 2016).

2.1.1. Değirmendere Deresi

Trabzon İl sınırları içerisindeki en büyük nehir havzası olan 1.053 km² alana sahip ve Doğu Karadeniz Dağlarının kuzeyindeki Değirmendere Havzası 39° 33' – 39° 45' doğu meridyenleri ve 40° 32' – 40° 54' kuzey paralelleri arasındadır (K.T.Ü., 2007; Taş, 2014).

Değirmendere Havzası, Karadeniz ikliminin Doğu Karadeniz alt iklim tipi sınırları içinde olup Doğu Karadeniz Havzası iklim özelliklerini tamamen yansıtmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 14.5°C'dir. Yağışlar genellikle her mevsim düzgün bir dağılım göstermekte olup sahillerde 650–900 mm, sahile bakan vadilerde ise 600 – 800 mm arasında değişmektedir (Türker ve Dinçer, 1991; Taş, 2014). Havzanın eğimi ise özellikle üst kotlarda çok yüksektir. Maçka İlçesi'nin bulunduğu bölgeye kadar çok dik eğimle gelen akarsu kolları, bu bölgede birleşerek çok daha az bir eğimle Karadeniz'e ulaşmaktadırlar (Satılmış, 2015).

2.1.2. Vakfıkebir Fol Deresi

Fol deresi Tonya'nın güneyinde Kürtün İlçesi sınırlarındaki Erikbeli Tepesinden doğar. Kuzeye doğru Tonya topraklarını geçtikten sonra Vakfıkebir İlçesi merkezinden Karadenize dökülür (URL–4) Yağış alanı 103,69 km² olan Fol Deresi, 41° 3' kuzey paralelleri ile 39° 18' doğu meridyenleri koordinatları arasındadır (URL–5, 2018). Yıllık ortalama sıcaklık 14.2⁰C olup, yıllık ortalama yağış 1.249 mm'dir (NFB, 2014).

2.1.3. Araklı Karadere Deresi

Yağış alanı 724,46 km² olan Karadere Deresi, 40 ° 48 '- 40 ° 95' kuzey paralelleri ile 39 ° 72 '-40 ° 10' doğu meridyenleri arasındadır (Karaaslan, 2010). Yıllık ortalama sıcaklık 14.2⁰C olup, yıllık ortalama yağış 1,072 mm'dir (NFB, 2014). Doğu Karadeniz'in sahil kesimi üzerinde yer alması nedeniyle yumuşak bir deniz iklimine sahiptir. Her mevsim yağışlı, yazları sıcak ve kışları ılımandır. Karadere Deresi Havzası'nda güneye doğru gidildikçe sıcaklıklar düşmekte, kış mevsiminde ise mimbada kar yağışı gözlenmektedir (URL-6).

2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

Taşkın zarar ve risk hesabı için gerekli olan veriler daha önce bu konuda yapılmış çalışmalar incelenerek belirlenmiştir. Hesaplamalar için gerekli olan verilerin mevcut olma durumu göz önünde bulundurulmuş ve çalışma bölgesi olarak Trabzon Değirmendere Deresi, Vakfikebir Fol Deresi ve Araklı Karadere Deresi seçilmiştir. Bu bölgeler için, DSİ aracılığı ile SOBEK Programı yardımıyla oluşturulmuş taşkın yayılım haritaları elde edilmiştir. ArcMap yazılımı kullanılarak; bu haritalardan her bir binaya karşılık gelen taşkın derinliği ve hızı, Google Earth'ten ise taşkına maruz kalan her bir binanın taban alanı belirlenmiştir.

Çalışma yapılan bölgelerde ilçe merkezleri (Vakfikebir ve Araklı) için en büyük tekerrür değeri 500 yıl, il merkezi (Trabzon) için ise 1.000 yıl olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, Değirmendere Deresi için 50, 100, 500 ve 1.000 yıl tekerrürlü, Vakfikebir Fol Deresi için ise 100 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre hesap yapılarak tekerrür süresinin taşkın zararı ve taşkın riski üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Vakfikebir Fol Deresi için 50 yıl, Araklı Karadere Deresi için ise 50 ve 100 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre, binaların maruz kaldığı taşkın derinliği 0,3 m'yi geçmediğinden; bu tekerrür süreleri için hesap yapılmamıştır. Ayrıca binalardaki zararlar hem tek tek bina bazında, hem de bölge bazında hesaplanarak bu iki durum arasındaki fark değerlendirilmiştir.

Çalışma bölgesi olarak seçilen havzalara ait taşkın yayılım haritalarının oluşturulmasında kullanılan yöntemlere ait detaylar aşağıda verilmiştir.

2.3. Taşkın Haritalarının Oluşturulması

Taşkın haritalarının oluşturulmasında 1 boyutlu (1B) ve 2 boyutlu (2B) hidrolik modellemeler kullanılmakta ve sonuçlar CBS ortamına aktarılmaktadır. 1B ve 2B modelleme kapsamında gerekli veriler aşağıda sunulmaktadır (Turan vd., 2016);

- Proje taşkın hidrografları,
- Sayısal yükseklik modeli,
- Binalar ve yollar,
- Memba ve mansap sınır koşulları,
- Manning pürüzlülük katsayıları,
- Mevcut sanat yapıları.

Taşkın çalışmaları için her proje alanında topoğrafyayı temsil etmek için Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) oluşturulmaktadır. SYM üretilirken, araziden alınan 1/1000 ölçekli haritalar ve proje alanında ilgili kurumlar tarafından hazırlanmış halihazır haritalar kullanılmaktadır. Mevcut binalar ve yollar katmanlar halinde CBS ortamında tanımlanmakta ve SYM'de üst üste bindirilmektedir. Model benzeşimlerinde sınır şartları tanımlamak gerekmektedir. Bunun yanında arazi durumunda göre Manning pürüzlülük katsayıları da belirlenmektedir. (Turan vd., 2016).

2.3.1. Proje Taşkın Hidrografları

Taşkın haritaları oluşturulması için ilk olarak çalışma bölgesine uygun olan hidrolojik yöntem belirlenmektedir. Daha sonra bu yönteme göre hesaplama yapılarak taşkın hidrografları elde edilmektedir. Bu taşkın hidrografları SOBEK Programında bütünleşik (1B/2B) hidrolik modele girilerek taşkın yayılım alanları ve taşkın tehlike haritaları oluşturulmaktadır.

Taşkın tahmin yöntemi olarak, Değirmendere Deresi için DSİ Sentetik Yöntem, Vakfikebir Fol Deresi ve Araklı Karadere Deresi için ise Noktasal Taşkın Frekans Analizi (NTFA) kullanılmıştır. Gerekli pik debilerin elde edilmesinde; Vakfikebir İlçesi Fol Deresi ve Araklı İlçesi Karadere Deresi için anlık pik debilerin istatistiksel olarak analizleri yapıp taşkın yinleme debilerinin elde edilmesini sağlaması dolayısıyla NTFA; Değirmendere Deresi için ise yağış alanı yaklaşık 1.000 km² olduğu ve birim hidrografın yükselme süresinin 2 saatten uzun olması nedeniyle DSİ Sentetik Yöntem kullanılmıştır.

Çalışma bölgelerine ait yağış alanları ve belirtilen uygun yöntemlerle elde edilen çeşitli tekerrürlere sahip en büyük debi değerleri Tablo 3'te belirtilmektedir.

Tablo 3. Çalışma bölgelerinin yağış alanları ve pik debi değerleri

Çalışma Bölgesi	Yağış Alanı (km ²)	En Büyük Debi (m ³ /sn)
Vakfikebir Fol Deresi	103,69	140,71 (Q ₅₀)
		163,07 (Q ₁₀₀)
		211,80 (Q ₅₀₀)
Değirmendere Deresi	1.046,94	462,85 (Q ₅₀)
		551,90 (Q ₁₀₀)
		733,30 (Q ₅₀₀)
		811,42 (Q ₁₀₀₀)
Araklı Karadere Deresi	724,46	214,98 (Q ₅₀)
		267,33 (Q ₁₀₀)
		363,65 (Q ₅₀₀)

NTFA yöntemi ile sadece pik debiler elde edilirken, taşkın hidrografları elde edilememektedir. Taşkın haritalarının elde edilmesinde kullanılan paket programın (SOBEK) kullanılabilmesi için taşkın hidrografi gerekli olduğundan, bu yöntemlerin uygulandığı bölgeler için, DSİ Sentetik Yöntemi kullanılarak taşkın hidrografları belirlenmiştir. Her bir bölge için daha önce elde edilen pik debi değerleri, o bölgeye ait DSİ Sentetik Yöntemi kullanılarak elde edilen pik debi değerleri ile oranlanmış ve istenen yinelemeli taşkın hidrografları bulunmuştur. Çalışma bölgelerinde hidrografların elde edilmesi için kullanılan DSİ Sentetik Yöntem ve NTFA aşağıda kısaca açıklanmıştır.

2.3.1.1. DSİ Sentetik Yöntemi

Bu yöntem, 1.000 km²'ye kadar olan yağış alanları için kullanılmalıdır. Bu yöntemde kullanılan birim hidrograf 2 saatlik sağanak yağışlara göre elde edildiğinden, birim hidrografın yükselme süresinin (T_p) 2 saatten az olmaması gerekmektedir. Aksi takdirde DSİ Sentetik Yöntem sağlıklı sonuçlar vermemektedir (URL-7, 2017).

DSİ Sentetik yöntemde birim hidrograf elde edilerek hesaplar yapılmaktadır. Bunun için aşağıdaki denklemler kullanılmaktadır:

$$S = \left(\frac{10}{\sum \frac{1}{\sqrt{S_i}}} \right)^2 \quad (1)$$

$$E = \frac{L * L_c}{\sqrt{S}} \quad (2)$$

$$q_p = 414 / (A^{0,225} * E^{0,16}) \quad (3)$$

$$Q_p = A * q_p * 10^{-3} \quad (4)$$

$$V_b = A * h_a * 10^{-3} \quad (5)$$

$$T = 3,65 * (V_b / Q_p) \quad (6)$$

$$T_p = T / 5 \quad (7)$$

Burada;

L: Ana kanalın uzunluğu (km)

L_c: Alanın ağırlık merkezinin kanal üzerindeki izdüşümü ile kanalın alanı terk ettiği nokta arasındaki mesafe (km)

S: Harmonik eğim

E: Havza katsayısı

q_p: Birim hidrografın birim alana düşen pik debisi (lt/sn/km²/mm)

A: Havza alanı (km²)

Q_p: Birim hidrograf pik debisi (m³/sn/mm)

h_a: 1 milimetrelük birim taşkın yüksekliği (mm)

V_b: 1 milimetrelük yağış için birim akış hacmi (m³)

T: Hidrografın taban süresi (sn)

T_p: Hidrografın pike erişme süresi (sn)'dir.

2.3.1.2. Noktasal Taşkın Frekans Analizi

Projenin yapılacağı akarsu üzerinde bulunan akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait yeterli süredeki anlık pik debilerin istatistik analizleri yapılarak, taşkın yineleme debileri bulunur. Proje yeri ve AGİ'nin drenaj alanları farklı ise, $Q = C \cdot A^n$ formülünü kullanılarak, proje yeri taşkın yineleme debilerini bulunur. Formüldeki "n" katsayısının ilgili havza için hesaplanması gerekir; C ise drenaj alanı özelliklerine ve yağış şekline bağlı katsayıdır (Civelek, 2013).

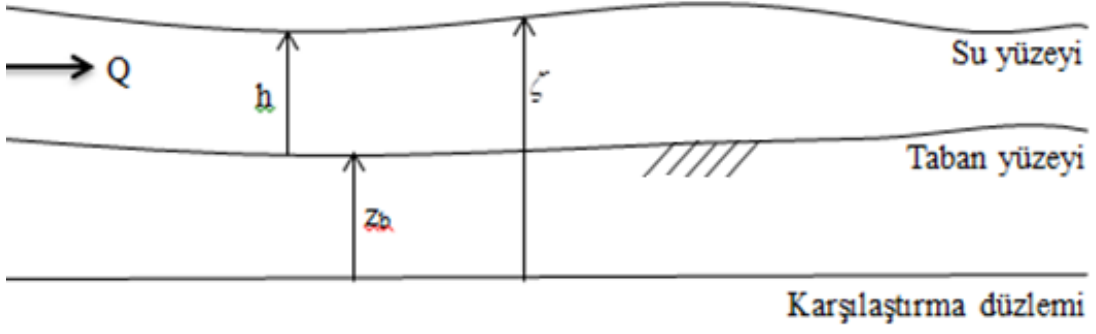
2.3.2. Hidrolik Yöntemler

Hidrolik modelleme, nehir hidroliğine esas teşkil eden tasarım ve işletme çalışmalarını fiziksel olarak modelleme çalışmasıdır. Son yıllarda artan taşkınların sebep olduğu sosyoekonomik sorunlar, akarsuların hidrolik modellenmesi konusunda birçok farklı yöntemlerin doğmasına sebep olmuştur. Özellikle taşkın yayılımını konu edinen modeller, taşkın yönetimine büyük katkı sağlamıştır (Baldassarre, 2012). Hidrolik modelleme çalışmalarında gerek hidrolojik gerek hidrolik parametrelerden kaynaklanan belirsizlikler, modelleme çalışmalarının niteliğini etkilemektedir. Modelleme çalışmasında belirsizliklerden temel olarak üç ana başlıkta söz edilebilir:

- (i) Hidrolojik verilere dayanan, gerek girdi gerekse kalibrasyon aşamasında yer alan gözlemsel belirsizlikler (yağış, sıcaklık ve akarsu debileri vb.)
- (ii) Model kalibrasyonunda kullanılan parametre belirsizlikleri
- (iii) Fiziksel sürecin şematize edildiği modelin yapısal durumundan kaynaklanan belirsizlikler (Girayhan, 2015)

Bu çalışmada kullanılan haritalar, hidrolik verilerin Deltares Yazılım Merkezi tarafından oluşturulan SOBEK Programına girilmesi ile elde edilmiştir.

SOBEK Programında model karşılaştırma düzlemi, yüksekliklerin tanımlandığı yatay bir düzlemi (yukarı yönünde pozitif) ifade eder (Şekil 2).



Şekil 2. Model karşılaştırma düzlemi (SOBEK, 2017)

Bu programdaki tüm seviyeler (dikey koordinatlı seviyeler), model karşılaştırma düzlemine göre tanımlanmaktadır. Taban yüzeyi kesitteki en düşük noktadır. Su derinliği ise, su seviyesi ile taban yüzeyi arasındaki mesafedir (SOBEK, 2017).

$$h = \zeta - z_b \quad (8)$$

Burada;

h: Su derinliği

ζ : Su seviyesi

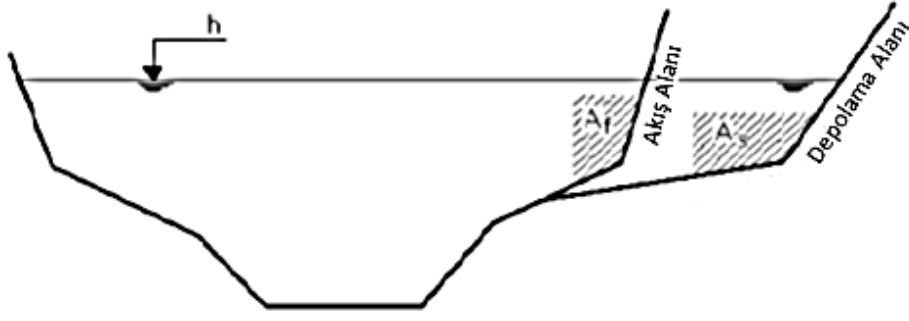
z_b : Karşılaştırma düzlemi ile taban yüzeyi arasındaki mesafedir.

SOBEK Programında kullanılan hidrolik modeller;

- 1B model
- 2B model
- 1B/2B hücre modeldir.

Su seviyesi (ζ), karşılaştırma düzlemine göre su yüzeyinin seviyesidir. 1B modelde, akış yönüne dik olan su seviyesinin yatay olduğu kabul edilmektedir. Debi ile birlikte su seviyesi, 1B model hesaplamalarının sonucunu oluşturmaktadır (SOBEK, 2017).

SOBEK Programında bir kesitin akış alanı (A_f), suyun gerçekte aktığı alandır. Depolama alanı (A_s) ise, kesit itibarıyla sadece suyun depolandığı alan, yani enine kesitin iletmeyen kısmıdır (Şekil 3) (SOBEK, 2017).



Şekil 3. Akış alanı (A_f) ve depolama alanı (A_s) gösterimi (SOBEK, 2017)

2.3.2.1. 1B Model

Taşkın yatağının modellenmesi veya taşkın ötelenmesi mansap yönünde 1B olacak şekilde yapılmaktadır, oldukça basittir, aşırı veri yoğunluğu yoktur, hızlıdır ve CBS bağlantısından dolayı uygulamak nispeten daha kolaydır. Farklı taşkın yataklarının ve nehir havzalarının sonuçlarının karşılaştırılmasını sağlayan yaygın ve sık kullanılan bir modeldir. Enine kesit birleşim yönteminden dolayı belirsizlik içerir. Enine kesitler arasındaki farklı alansal enterpolasyon metotları farklı alansal sonuçlar içerir.

1B modelin matematiksel denklemleri, süreklilik denklemi ve momentum denklemdir. Bu denklemler aşağıdaki gibidir;

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial A_f}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_{lat} \quad (9)$$

Momentum denklemi:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{Q^2}{A_f} \right) + gA_f \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2 R A_f} - w_f \frac{\tau_{wind}}{\rho_w} + gA_f \frac{\xi Q|Q|}{L_x} = 0 \quad (10)$$

Burada;

A_f : Akış alanı (m^2)

t: Zaman (sn)

Q: Debi (m^3/sn)

- x: Kanal eksenine boyunca mesafe (m)
 q_{lat} : Yan kanaldan gelen birim uzunluktaki akım (m^3/sn)
g: Yerçekimi ivmesi (m/sn^2)
C: Chezy katsayısı ($m^{1/2}/sn$)
R: Hidrolik yarıçap (m)
 w_f : Su yüzey genişliği (m)
 τ_{wind} : Rüzgâr gerilmesi (N/m^2)
 ρ_w : Suyun yoğunluğu (kg/m^3)
 L_x : Kanal uzunluğu (m)'dur.

Denklem 10'da; birinci terim ataleti, ikinci terim taşınımı, üçüncü terim su seviyesi gradyanını, dördüncü terim yatak sürtünmesini, beşinci terim rüzgâr kuvvetinin etkisini, altıncı terim ise ekstra direncin etkisini tanımlanmaktadır (SOBEK, 2017).

1B'de taşınım; kollara ayrılmış bölümler arasında momentumun korunmasını sağlamak için kullanılmaktadır. Bunun için; iki kolun bağlantı noktasının bir düğüm noktası olduğu kabul edilmektedir. Bu düğümler hesaplama noktası olarak modellenmektedir. Bir bağlantı düğümüne bağlı ikiden fazla kol varsa, taşınım terimi sıfır olarak ayarlanmaktadır. 1B modelde; suyun bir kanalda belirlenen yön ile aynı akması durumunda debi pozitif, ters akması durumunda ise debi negatiftir (SOBEK, 2017).

Yatak sürtünmesi, akan su ile kanal yatağı arasındaki sürtünmedir. Akan suya her zaman su akışının tersi yönünde bir kuvvet uygulanmaktadır. Bu kuvvet, yerçekimi nedeniyle oluşan kuvvetle birlikte genellikle akış koşullarını belirlemektedir. Belirtilen pürüzlülük parametresi sıfıra eşitse, momentum denkleminde yatak sürtünme katsayısı hesaba katılmaz. Bu katsayıyı hesaplamak için Manning katsayısı kullanılmaktadır. 1B modelde, Manning katsayısı Chezy katsayısının gerçek değerini hesaplamak için kullanılmaktadır (SOBEK, 2017). Chezy katsayısı;

$$C = \frac{R^{1/6}}{n_m} \quad (11)$$

şeklindedir. Burada;

n_m : Manning katsayısıdır.

2.3.2.2. 2B Model

Bu modelde, taşkın derinliğinin ortalama hızına göre integrali alınmaktadır. Karmaşık ve oldukça detaylı bir akış süresine olanak vermektedir. Bu yüzden modelin kullanılması için uzun zamana ihtiyaç vardır. Çoğu durumda, debi ve taşkın meydana geldiği bölgenin yüzeyi ile ilgili giriş parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Hangi model kullanılırsa kullanılsın risk haritalarını hazırlamak için su seviyesi, akış hızı ve taşkın boyutunun belirlenmesi önemlidir.

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0 \quad (12)$$

Momentum denklemi:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + g \frac{u|\vec{u}|}{C^2 h} + au|u| = 0 \quad (13)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + g \frac{v|\vec{v}|}{C^2 h} + av|v| = 0 \quad (14)$$

Burada;

t: Zaman (sn)

u: x yönündeki hız (m/sn)

v: y yönündeki hız (m/sn)

$|\vec{u}|$: Hız büyüklüğü ($= \sqrt{u^2 + v^2}$) (m/sn)

a: Duvar sürtünme katsayısı (1/m)'dir.

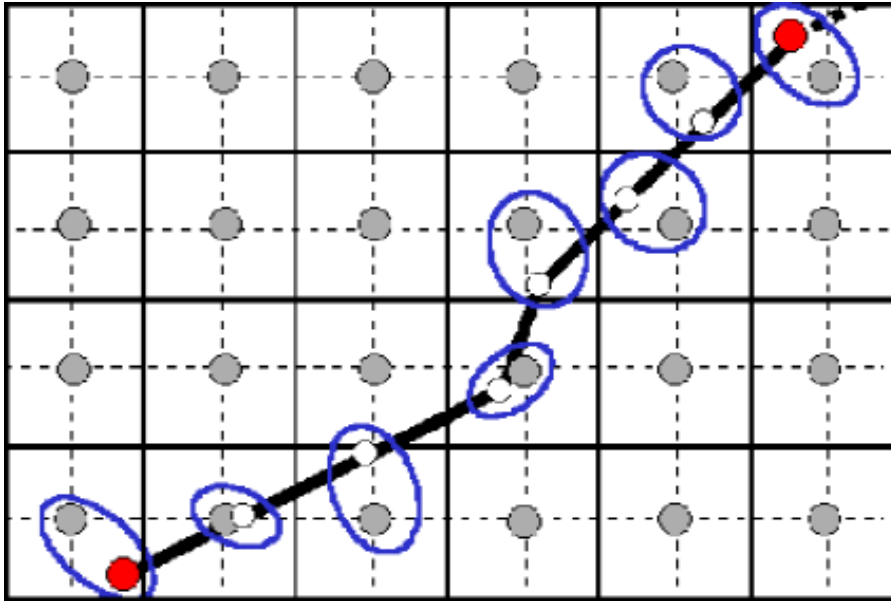
2.3.2.3. 1B/2B Model

Taşkın ana yatağında iken 1B denklem, yatağı dışına çıktığında 2B denklem kullanılmaktadır. Modellenen bölgenin hassasiyeti kararsızdır. Mevcut taşkın haritaları, fotografik materyallerin ve gerçek zemin verilerinin karşılaştırılmasına olanak

vermektedir. 1B/2B hücre modellerinin kullanımı zahmetlidir (zordur) ve yazılım için teşhis deney modu kullanılabilirliği ve tüm hücre parametreleri gerekmektedir. Bu modelde; hem bağlantı düğümü, hem de hesaplama noktası kullanılamayabilir. Bu yüzden; 1B ve 2B ağların, 1B ağ ile çakışan 2B ağ katmanına sahip iki bağımsız harita katmanı olduğu varsayılmaktadır. Harita koordinatlarına bağlı olarak 1B ve 2B arasındaki bağlantı noktaları belirlenmektedir. Eğer belirli kriterler sağlanırsa aralarında bağlantı kurulur, sağlanmazsa kurulamaz. Bu ölçütlerin matematiksel ifadesinde; eğer $(|X_1 - X_2| \leq \Delta x/2)$ ve $(|Y_1 - Y_2| \leq \Delta y/2)$ ise; 1B düğüm noktasının tamamen 2B sayısal ağ hücresi olduğu kabul edilmektedir (SOBEK, 2017). Burada; X_1 ve X_2 sırasıyla 1B ve 2B için x yönündeki harita koordinatları, Y_1 ve Y_2 sırasıyla 1B ve 2B için y yönündeki harita koordinatları, Δx ve Δy sırasıyla x ve y yönündeki kanal genişliğidir.

1B ile 2B modeller arasındaki bağlantı aşağıdaki şekilde yapılır (SOBEK, 2017);

- 1B düğümün noktası, 1B kanalın uzunluğu değişmeden 2B sayısal ağ hücre merkezine uyacak şekilde taşınmaktadır.
- 2B sayısal ağ hücresi, 1B düğüm noktasının bir parçası olarak düşünülmektedir.
- 2B sayısal ağ seviyesinin altındaki akış 1B kanal akışı olarak, 2B sayısal ağ seviyesinin üstündeki akış ise 2B kanal akışı olarak ele alınmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Sonlu farklar yöntemi SOBEK model sayısal ağ altlığı (SOBEK, 2017)

Her model, hidrolik parametreleri hesaplanırken farklılıklar göstermektedir. 1B ve 2B modelleri arasındaki farklılıklar Tablo 4’te belirtilmektedir.

Tablo 4. 1B ve 2B modelleme arasındaki farklar (URL–8, 2017)

ÖZELLİK VEYA ETKEN	1B MODELLEME	2B MODELLEME
AKIŞ YÖNÜ	Akış yönünde saptanır	Hesaplanır
HIZ VE MOMENTUM	Göz ardı edilir	Hesaplanır
DİKEY HIZ VE MOMENTUM	Göz ardı edilir	Göz ardı edilir
ORTALAMA HIZ	Kesit alanı	Bir noktadaki derinlik
HIZ DAĞILIMI	Taşkın rotasıyla orantılı olduğu varsayılır	Hesaplanır
SU YÜZEYİNDEKİ ÇAPRAZ VARYASYONLAR	Göz ardı edilir	Hesaplanır
DİKEY VARYASYONLAR	Göz ardı edilir	Göz ardı edilir
KARARLI OLMAYAN AKIŞ	Dahil edilebilir	Dahil edilmelidir

Taşkın yatağı geometrisinin karmaşık olması (geniş taşkın ovaları, kanallardaki ve taşkın ovası akış yollarındaki değişiklikler vb.), köprü geçişlerinin karmaşık olması (birden çok çıkış, yolun taşması, yamuk setler vb.), örgü yataklı dereler, asimetric taşkın ovaları, çok fazla menderes, kıyı koruma tasarımı, set koruma tasarımı ve habitat analizi olması durumlarında 2B modeller 1B modellerine göre daha avantajlı olmaktadır (URL–8, 2017).

1B–2B modellemede; 1B kanalın üst genişliği, 2B sayısal ağ hücre boyutundan daha küçük olmalıdır. 1B–2B bağlantısının şekli, “Gelişmiş Ayarlar” sekmesinde seçilen seçeneğe bağlıdır. Bu üç seçenek aşağıda belirtilmektedir (SOBEK, 2017);

- Toprak dolgu olmadığı varsayılırsa; 2B sayısal ağ hücre yüksekliği aynı kalmaktadır. 2B sayısal ağ hücre yüksekliğine üstündeki 1B kesit profili dahil edilmemektedir (dolayısıyla hesaplamadan hariç tutulmaktadır). Su seviyesi 2B sayısal ağ yüksekliğinin altındaysa sadece 1B, su seviyesi 2B sayısal hücre yüksekliğinin üstünde ise hem 1B hem de 2B dikkate alınmaktadır.
- En yüksek toprak dolgu seviyesi olduğu varsayılırsa; 2B sayısal ağ hücre yüksekliği en yüksek toprak dolgu seviyesine çıkmaktadır. 1B kesit profili dahil edilmemektedir.

- c) En düşük toprak dolgu seviyesi olduğu varsayılırsa; En yüksek toprak dolgu seviyesi üstündeki 1B kesit ihmal edilmektedir. 2B sayısal ağ hücre yüksekliği en düşük toprak dolgu seviyesine yükseltilmektedir.

2.4. Binalarda Meydana Gelebilecek Zarar Hesabı

Binalarda meydana gelebilecek zararların hesabında geçmişte yapılmış çalışmalardan faydalanılmıştır. En doğru zarar değerine ulaşabilmek için üç farklı yöntem ile hesaplama yapılmış ve bu yöntemler birbiri ile kıyaslanmıştır. Zarar yüzdeleri, Huntington, Van Eck ve Kok ve Aimilia K. Pistrika ve Sebastiaan N. Jonkman tarafından önerilen yöntemler kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra; taşkına maruz kalan her bir binanın taban alanı Google Earth'ten yararlanılarak hesaplanmıştır. ArcMap Programı ile her bir bina için derinlik ve hız değeri okunmuş ve elde edilen zarar yüzdeleri ile taban alanları çarpılarak zarar miktarları belirlenmiştir. Huntington zarar yüzdeleri yönteminde derinlik 0,3 m'nin altında ise muhtemel zarar ihmal edildiğinden, bu yöntem göz önüne alınarak bu çalışmadaki tüm zarar hesaplamalarında 0,3 m'nin altındaki derinlikler ihmal edilmiştir.

Ayrıca, taşkına maruz kalan tüm binalar için bölgesel olarak ortalama derinlik ve hıza bağlı olarak zarar hesap edilmiştir. Bunun için ortalama derinlik ve hıza bağlı zarar yüzdeleri elde edilerek, taşkına maruz kalan toplam bina taban alanıyla çarpılmış ve zarar miktarı belirlenmiştir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığını tarafından 26 Nisan 2018 tarihli Resmi Gazetede (URL-9, 2018) yayımlanan birim fiyat listesine göre her bina 3. sınıf A grubu yapılar (konutlar, ticari amaçlı binalar, alışveriş merkezleri, kreşler vb.) olarak kabul edilmiştir. Yıpranma payı ise; çalışma bölgesindeki binalar genel olarak çelik karkas veya betonarme karkas yapılar ve 16-20 yaş kabul edilerek 02.12.1982 Gün ve 17886 Sayılı Resmi Gazete'ye göre %20 olarak göz önüne alınmıştır.

Her bir binaya karşılık gelen muhtemel taşkın zarar yüzdeleri seçilen 3 yönteme göre bulunmuştur. Daha sonra, tahmini taşkın zarar yüzdeleri %0-15, %16-30, %31-45, %46-60 ve %61-75 olmak üzere 5 sınıfta derecelendirilmiştir. %75'ten fazla zarar miktarı elde edilmediği için derecelendirmede %75'ten sonrası dikkate alınmamıştır. Çalışma bölgelerine ait Google Earth'ten ekran görüntüsü olarak alınan haritalar üzerinde bu derecelendirmeler gösterilmiştir.

2.4.1. Huntington Zarar Yüzdelerine Göre Zarar Hesabı

Binalardaki zarar hesabı için kullanılan ve taşkın derinliğine bağlı olarak 1976 yılında Huntington İnşaat Mühendisleri Birliği tarafından yapılan çalışmanın sonucunda elde edilen zarar yüzdeleri Tablo 5’te belirtilmektedir.

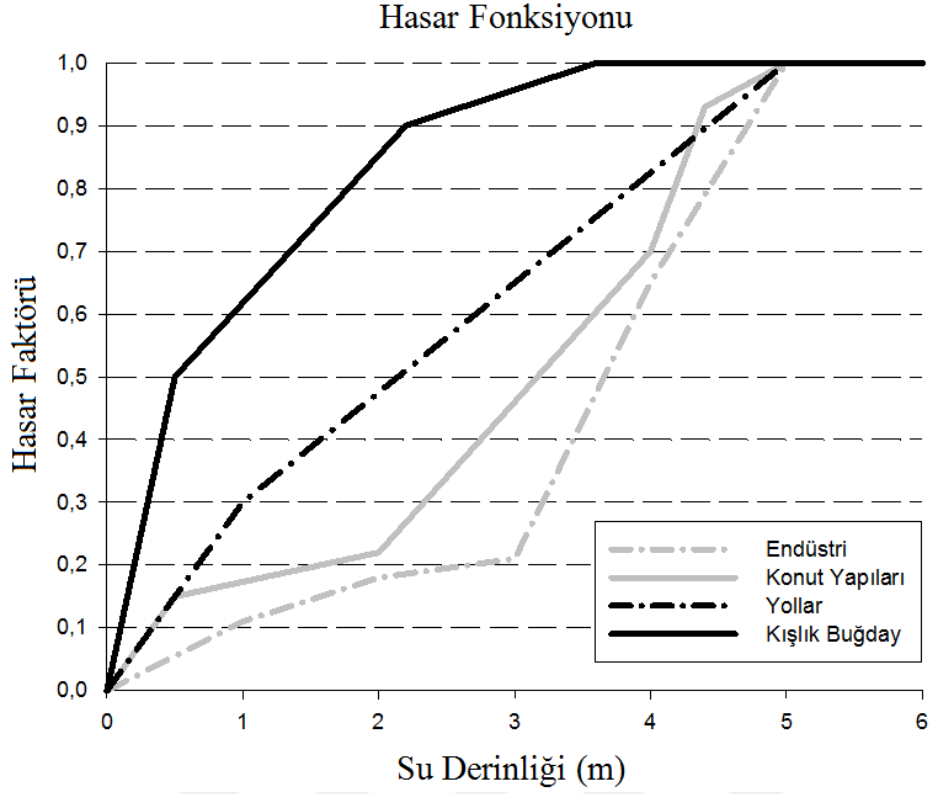
Tablo 5. Huntington bölgesi mühendisler birliği derinlik–zarar verileri (Serencam, 2013)

ARAZİ KULLANIMI	Taşkın derinliklerine (m) göre zarar yüzdeleri (%)												
	Derinlik (m)	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6
Tek katlı bodrumsuz	Zarar yüzdeleri (%)	8	17	31	28	44	46	48	51	55	58	62	65
Tek katlı bodrumlu		11	23	37	45	51	52	54	57	59	63	65	68
Çok katlı bodrumsuz		5	10	17	21	24	26	28	30	33	35	41	48
Çok katlı bodrumlu		5	10	16	20	23	24	26	28	30	32	37	43
Odaları değişik seviyelerde		5	10	16	19	20	27	34	37	39	44	47	48
Apartman bodrumsuz		2	5	12	14	15	16	18	19	20	22	23	24
Apartman bodrumlu		5	11	18	19	21	22	24	25	27	28	35	42

Huntington yönteminde bina katsayısı ve bodrum olup olmama durumu göz önünde bulundurularak taşkın derinliğine göre zarar yüzdeleri elde edilmektedir. Derinlik değerleri Tablo 5’te belirtilen değerler arasında ise zarar yüzdeleri enterpolasyon yapılarak bulunmaktadır.

2.4.2. Van Eck ve Kok Derinlik–Zarar Eğrilerine Göre Zarar Hesabı

Binalardaki zarar hesabı için bir başka yöntem Van Eck ve Kok tarafından ortaya konan ve Şekil 5’te verilen derinlik–zarar eğrileridir. Burada; ilk olarak zarar hesabı türü, daha sonra taşkın derinliğine göre zarar faktörü belirlenmektedir



Şekil 5. Van Eck ve Kok'un derinlik–zarar eğrileri (Serencam, 2013)

2.4.3. Aimilia K. Pistrika ve Sebastiaan N. Jonkman Tarafından Elde Edilen Denkleme Göre Zarar Hesabı

Aimilia K. Pistrika ve Sebastiaan N. Jonkman (2010), 2005 yılında meydana gelen Katrina kasırgasının neden olduğu New Orleans'taki taşkın altında kalan konutlara yönelik zarar analizi yapmışlardır. Bu analiz için kamuya ait verileri alarak taşkın özellikleri ile ekonomik zarar arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Buradaki değerlerden yola çıkarak ekonomik zararı bulmak için taşkın derinliğini ve hızını kullanarak yeni bir denklem elde etmişlerdir.

$$D = 0,457 + 0,063dv^{0,654} \quad (15)$$

Burada;

D: Taşkın zarar faktörü (%)

d: Taşkın derinliği (m)

v: Taşkın hızı (m/sn)'dir.

Bu yöntemde diğerlerinden farklı olarak taşkın hızı da hesaba katılmaktadır.

2.5. Binalarda Taşkın Risk Hesabı

Taşkın risk hesabında kullanılan taşkın riski; Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu'ndan yararlanılarak 3 sınıfta, Dinh vd. (2012) tarafından oluşturulan taşkın risk sınıflandırmasından yararlanılarak 5 sınıfta ve Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi'nden yararlanılarak 5 sınıfta değerlendirilmiştir. Çalışma bölgelerine ait Google Earth'ten ekran görüntüsü olarak alınan haritalar üzerinde bu sınıflandırmalar gösterilmiştir.

Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu'ndaki risk hesabı arazi örtüsü sınıfı ve derinliğe, Dinh vd. (2012) tarafından oluşturulan taşkın risk hesabı derinliğe ve Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi'ndeki risk hesabı ise derinliğe ve hıza bağlıdır.

2.5.1. Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu'na Göre Risk Sınıflandırma

Taşkın risklerinin değerlendirilmesi ve yönetimi direktifinin uygulanması için 2014 yılında oluşturulan Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu, Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmiştir. Bu kılavuz; Fransa, Romanya ve Türkiye'den katılımında bulunan uzmanlar tarafından hazırlanmıştır ve pilot olarak seçilen havzadan (Batı Karadeniz) elde edilen tecrübelerle dayanarak, Taşkın Riski Yönetim Planlarının hazırlanması metodolojisinin Türkiye şartlarına uyarlanmasına ilişkin bilgileri içermektedir. Bu kılavuzda risk sınıfları taşkın derinliğine göre değerlendirilmiştir (Tablo 6) (Anonim, 2014).

Tablo 6. Tehlike ve etkilenebilirliğe göre risk sınıflaması (Anonim, 2014)

RİSK			Derinlik		
			H1	H2	H3
			Düşük (<0,5m)	Orta (0,5–1,5m)	Düşük (>1,5m)
Etkilenebilirlik	V1	Düşük	R0	R0	R1
	V2	Orta	R1	R1	R2
	V3	Yüksek	R1	R2	R3

Tablo 6’da risk sınıfları; risk yoksa R0, düşük risk R1, orta risk R2 ve yüksek risk R3 ile ifade edilmektedir.

Taşkın riski olan alanlarda CORINE (Çevresel Bilginin Koordinasyonu) arazi örtüsü (CLC) sınıfları risklerine göre gruplanmıştır. Bu sınıflar Tablo 7’de belirtilmektedir. Buradaki dereceler 1’den 10’a kadardır. Risk tahmini için değerler risk sınıflarına göre sıralanmalıdır. Bunun için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Anonim, 2014):

$$\text{Risk sınıfları} = \text{Yuvarla} (\text{Derinlik Sınıfı} \times \text{Derece} / 10) \quad (16)$$

Burada, CLC sınıfı ve Tablo 6’da belirtilen derinlik sınıfına göre risk sınıfı elde edilmektedir.

Bu sınıflandırmada Tablo 6 ve Tablo 7 kullanılmıştır. Risk sınıfı belirlenirken CLC sınıfı olarak Tablo 7’de belirtilen sürekli yerleşim alanı esas alınmıştır.

2.5.2. Dinh vd. Tarafından Yapılan Çalışmaya Göre Risk Sınıflandırma

Quang Dinh, Stefania Balica ve I. Popescu tarafından Vietnam Mekong Deltasındaki Long Xuyen Quadrangle için 2000 yılında meydana gelen yaklaşık 500 kişinin hayatını kaybetmesine ve büyük zarara sebep olan taşkın verilerini kullanarak hidrodinamik bir model oluşturulmuş ve taşkın risk sınıflandırması yapılmıştır. Tehlike göstergesi olarak taşkın derinliğini ele almışlardır. Bu sınıflandırma Tablo 8’de belirtilmektedir.

Tablo 7. CLC derecelendirmesi ve tehlike sınıflarına dayalı olarak tanımlanan risk sınıfları (Anonim, 2014)

CLC Kodu	CLC Sınıfı	Derece	Derinlik Sınıfına Karşılık Gelen Risk Sınıfı		
			Düşük (<0,5m)	Orta (0,5–1,5m)	Yüksek (>1,5m)
111	Sürekli yerleşim alanı	10	1	2	3
112	Kesikli yerleşim alanı	10	1	2	3
121	Endüstriyel ya da ticari birimler	9	1	2	3
122	Yol ve demiryolu ağları ve ilgili araziler	9	1	2	3
123	Liman bölgeleri	9	1	2	3
124	Havalimanları	9	1	2	3
131	Maden çıkarma alanları	8	1	2	2
132	Çöplükler	8	1	2	2
133	İnşaat alanları	8	1	2	2
141	Yeşil kentsel alanlar	2	0	0	1
142	Spor ve eğlence tesisleri	2	0	0	1
211	Sulanmayan ekilebilir arazi	6	1	1	2
212	Sürekli sulanan alanlar	6	1	1	2
213	Pirinç tarlaları	4	0	1	1
221	Üzüm bağları	6	1	1	2
222	Meyve ağacı ve dutsu meyve	3	0	1	1
231	Otlaklar	1	0	0	0
242	Karmaşık ekim biçimleri	6	1	1	2
243	Önemli bir kısmı bitki örtüsüyle kaplı birincil olarak tarım amaçlı kullanılan alanlar	4	0	1	1
311	Geniş yapraklı orman	6	1	1	2
312	İğne yapraklı orman	6	1	1	2
313	Karışık orman	6	1	1	2
321	Doğal çayırlar	3	0	1	1
322	Fundalıklar ve çalılıklar	3	0	1	1
324	Ağaçlık–ağaççık geçişi	3	0	1	1
331	Plajlar, kumul, kum	3	0	1	1
332	Çıplak kayalıklar	3	0	1	1
333	Seyrek bitki örtülü alanlar	3	0	1	1

Tablo 8. Taşkın risk sınıflandırması (Dinh vd., 2012)

Taşkın derinliği (m)	Taşkın riski
0–0,2	Çok düşük
0,2–0,5	Düşük
0,5–1,0	Orta
1,0–2,0	Yüksek
>2,0	Çok yüksek

2.5.3. Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberine Göre Risk Sınıflandırma

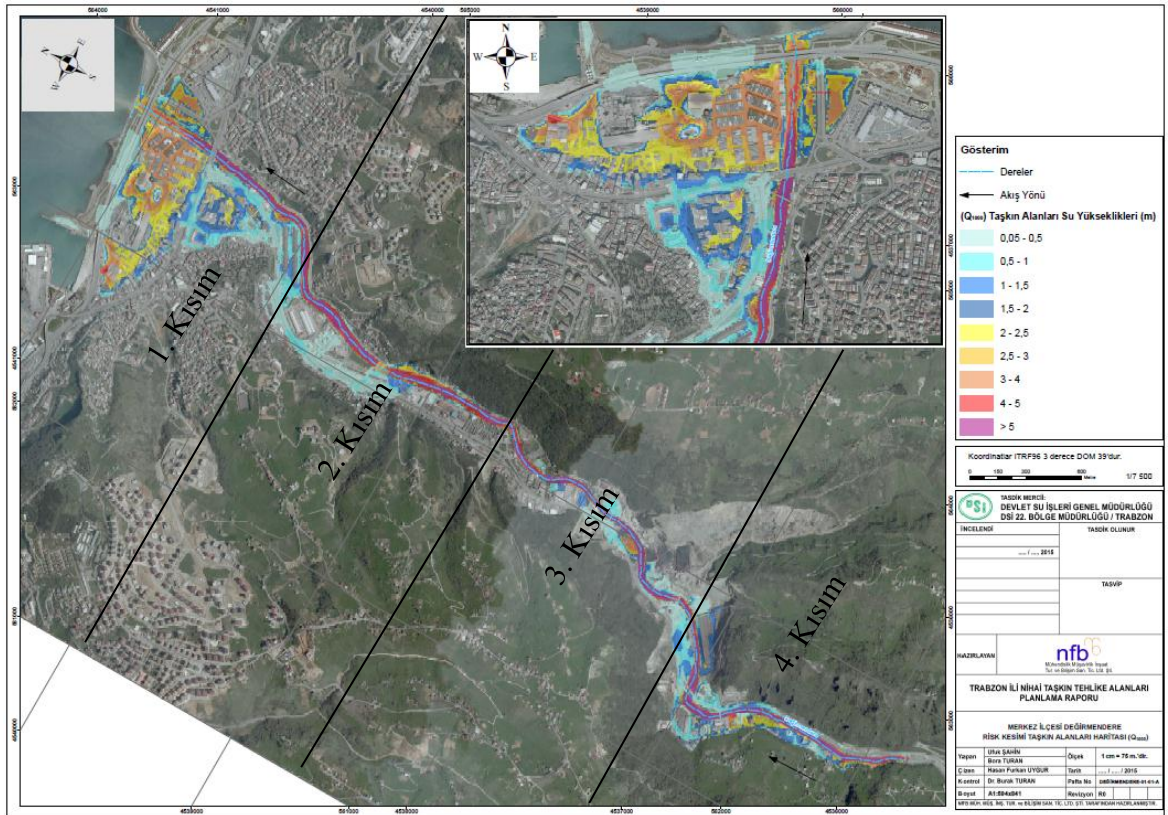
2018 yılında, Acil Durum Yönetim Ajansı tarafından oluşturulan Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi'nde taşkın derinliğine ve hızına bağlı basitleştirilmiş bir yaklaşım olarak risk sınıflandırma tablosu belirlenmiştir (Tablo 9). Risk; düşük, orta, yüksek, çok yüksek ve aşırı olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır. Burada, derinlik ile hızın çarpım değerine göre risk sınıfı belirlenmektedir.

Tablo 9. Derinlik ve hıza bağlı taşkın risk sınıfları (Anonim, 2018)

Taşkın Risk Sınıfı	DerinlikxHız (m ² /sn)
Düşük	<0,2
Orta	0,2–0,5
Yüksek	0,5–1,5
Çok yüksek	1,5–2,5
Aşırı	>2,5

3. BULGULAR VE İRDELEME

Çalışma bölgelerine ait taşkın yayılım haritaları DSİ aracılığıyla tedarik edilmiştir. Merkez olması ve büyüklüğü nedeniyle Değirmendere Deresi yayılım haritası Şekil 6'da, diğer bölgelere ait yayılım haritaları ise Ek Şekil 1-2'de verilmektedir. Değirmendere Deresi'ne ait haritaların görünür olması için çalışma bölgesi 4 kısma ayrılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Değirmendere Deresi taşkın yayılım haritası (Q_{1.000})

Çalışma bölgelerinde farklı tekerrürlü debilerdeki taşkınlar için taşkın derinliği ve hızına bağlı olarak meydana gelebilecek zarar ve risk belirlenerek, tekerrür süresinin zarar ve risk üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Daha önce belirtildiği gibi Huntington zarar yüzdeleri yönteminde derinlik 0,3 m'nin altında ise muhtemel zarar ihmal edildiğinden, bu yöntem göz önüne alınarak bina bazında yapılan tüm zarar hesaplamalarında 0,3 m'nin altındaki derinlikler için zarar ihmal edilmiştir. Değirmendere Deresi için 50, 100, 500 ve

1.000 yıl tekerrürlü taşkın debilerine göre derinlik ve hız değerleri belirlenmiştir. Değirmendere Deresi'nin 2. kısmında 50 ve 100 yıl, 3. kısmında ise 50, 100 ve 500 yıl tekerrürlü debiler için 0,3 m'nin üzerinde derinliğe maruz kalan bina yoktur. Bundan dolayı; 2. Kısımında sadece 500 ve 1.000 yıl tekerrürlü debi için hesap yapılmış, 3. kısmı için ise sadece 1.000 yıl tekerrürlü debi için hesap yapılmış ve haritalar oluşturulmuştur. Vakıfkebir Fol Deresinde farklı tekerrürlü debilerde ise, 50 yıl tekerrürlü debinin oluşturduğu taşkın zararı çok düşük olduğundan, burada sadece 100 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın debilerine göre derinlik ve hız değerleri belirlenmiştir. Araklı Karadere Deresi için ise sadece 500 yıl tekerrürlü taşkın debisine göre hesap yapılmış ve haritalar oluşturulmuştur. Bunun nedeni, hem 50 yıl hem de 100 yıl tekerrürlü debinin oluşturduğu taşkın zararı ihmal edilebilir boyutta olmasıdır ve bu bölge için farklı taşkın tekerrür sürelerinde oluşacak zarar ve risk hesabı yapılmamıştır. Ayrıca bina bazında yapılan bu çalışmalara ek olarak ortalama derinlik ve hıza bağlı olarak bölge bazında da zarar hesabı yapılmış ve bina bazlı yapılan hesaplamalar ile farkı irdelenmiştir (Tablo 29).

İrdeleme esnasında kolaylık olması için; Huntington zarar yüzdeleri yöntemi "Huntington" olarak, Van Eck ve Kok derinlik–zarar eğrileri yöntemi "Eck" olarak, Aimilia K. Pistrika ve Sebastiaan N. Jonkman tarafından elde edilen denklem ile hesaplanan zarar miktarları "Pistrika" olarak, Taşkın Tehlike ve Taşkın Risk Haritalarının Hazırlanması Kılavuzu'nda belirtilen risk sınıflandırması "Kılavuz" olarak, Quang Dinh, Stefania Balica ve I. Popescu tarafından yapılan çalışmaya göre risk sınıflandırması "Dinh" olarak, Taşkın Risk Analizi ve Haritalandırma Rehberi'ndeki risk sınıflandırması ise "Rehber" olarak kısaltılmıştır.

3.1. Farklı Tekerrürlü Taşkın Debileri İçin Taşkın Zarar Miktarları

Çalışma bölgelerindeki her bir bina için seçilen yöntemler ile zarar yüzdeleri hesaplanmış, 2018 yılında resmi gazetede yayınlanan birim fiyat listesine göre (URL-9, 2018) ve yıpranma payı %20 kabul edilerek bu bölgelere ait taşkından dolayı binalarda oluşacak toplam zarar miktar tahminleri Tablo 10'da sunulmuştur.

Huntington yönteminde sadece sanayi sitesi tek katlı bodrumsuz olarak hesap edilmiş, diğer tüm binalar bodrumlu olarak dikkate alınmıştır.

Tablo 10. Farklı tekerrürlü debiler için taşkın zarar miktarları (TL, 2018)

Bölge	Huntington	Eck	Pistrika
Değirmendere Deresi (Q ₅₀)	14.414.000	11.493.000	26.977.000
Değirmendere Deresi (Q ₁₀₀)	17.259.000	14.275.000	35.092.000
Değirmendere Deresi (Q ₅₀₀)	19.985.000	16.989.000	41.258.000
Değirmendere Deresi (Q ₁₀₀₀)	24.064.000	21.286.000	52.821.000
Araklı Karadere Deresi (Q ₅₀)	–	–	–
Araklı Karadere Deresi (Q ₁₀₀)	–	–	–
Araklı Karadere Deresi (Q ₅₀₀)	3.085.000	3.220.000	8.968.000
Vakfikebir Fol Deresi (Q ₅₀)	–	–	–
Vakfikebir Fol Deresi (Q ₁₀₀)	403.000	458.000	1.394.000
Vakfikebir Fol Deresi (Q ₅₀₀)	1.560.000	1.588.000	4.607.000

Tablo 10’da görüldüğü gibi Karadere ve Fol Dereleri’nde Huntington yönteminin zarar sonuçları Eck yönteminin sonuçlarından daha düşük çıkmıştır. Değirmendere Deresi’nde ise bu durumdan farklı olarak Eck yönteminin sonuçları düşük çıkmıştır. Bunun sebebi Değirmendere’de taşkın alanı içinde kalan sanayi sitesinin çoğunlukla tek katlı olmasıdır. Huntington zarar yüzdeleri yönteminde taşkına maruz kalan bina kat sayıları dikkate alınırken, Eck yönteminde dikkate alınmamaktadır. Ancak, iki yönteme göre de elde edilen zarar miktarları birbirine yakındır. Hem taşkın derinliğinin, hem de taşkın hızının kullanıldığı Pistrika yöntemi ile ise hesaplanan zarar miktarları diğer iki yöntemin iki katından daha fazladır.

Her üç yöntemde göre de çalışma bölgelerinden taşkın yatağında yerleşimin en çok olduğu bölge olmasından dolayı muhtemel taşkından en fazla Değirmendere Deresi’nin etkileneceği açıkça görülmektedir.

Her bir bölgede tekerrür süresi arttıkça derinlik ve hız artacağından zarar miktarı ve etkilenen bina sayısı artmaktadır (Şekil 7–9, Şekil 11–13, Şekil 15–18 ve Ek Şekil 3–8). Tablo 11’de zarardaki artış miktarı hem parasal hem de yüzde olarak gösterilmektedir.

Tablo 11. Farklı tekerrürlü debiler için taşkın zarar farkı

Bölge	Debi	Huntington		Eck		Pistrika	
		Artış (TL)	Artış (%)	Artış (TL)	Artış (%)	Artış (TL)	Artış (%)
Değirmendere Deresi	Q ₅₀ -Q ₁₀₀	2.845.000	20	2.782.000	24	8.115.000	30
	Q ₅₀ -Q ₅₀₀	5.571.000	39	5.496.000	48	1.4281.000	53
	Q ₅₀ -Q ₁₀₀₀	9.650.000	67	9.793.000	85	25.844.000	96
	Q ₁₀₀ -Q ₅₀₀	2.726.000	16	2.714.000	19	6.166.000	18
	Q ₁₀₀ -Q ₁₀₀₀	6.805.000	39	7.011.000	49	17.729.000	51
	Q ₅₀₀ -Q ₁₀₀₀	4.079.000	20	4.297.000	25	11.563.000	28
Vakfikebir Fol Deresi	Q ₁₀₀ -Q ₅₀₀	1.157.000	287	1.130.000	247	3.213.000	230

Tablo 11’de görüldüğü gibi Değirmendere Deresi’nde kullanılan her 3 yöntem ile elde edilen sonuçlarda Q₅₀’den Q₁₀₀’e, Q₁₀₀’den Q₅₀₀’e ve Q₅₀₀’den Q₁₀₀₀’e geçişlerde zarardaki artış miktarı %16–%30 arasında olurken, Vakfikebir için Q₁₀₀’den Q₅₀₀’e yaklaşık 2.5–3 kata kadar artış olmuştur. Değirmendere Havzası yerleşimin daha çok olduğu bir havza olması nedeniyle Q₅₀’de bile taşkın yayılımı yüksektir.

3.2. Farklı Tekerrürlü Taşkın Debileri İçin Taşkın Zarar Derecelendirme

Her bir bölge için kullanılan yöntemlere göre belirlenen zarar yüzdeleri derecelendirilmiştir. Bu derecelendirmeler, Google Earth’ten ekran görüntüsü olarak alınan haritalar üzerine işaretlenmiştir. İşaretleme yapılan bu haritalardan Değirmendere Deresi için olanlar Şekil 7–9, Şekil 11–13 ve Şekil 15–18’de gösterilmiştir. Araklı Karadere Deresi’ne ve Vakfikebir Fol Deresi’ne ait haritalar ise Ekler bölümünde (Ek Şekil 3–8) verilmektedir.

Tekerrür sürelerinin zarar oranına etkisinin daha net görülmesi için Değirmendere’ye ait her bir bölge her yönteme göre ayrı ayrı ve hesap yapılan tekerrür sürelerine ait haritalar birleştirilerek gösterilmiştir. Her bir haritanın sağ üst köşesinde tekerrür süresi belirtilmektedir. Bu haritalarda; zarar oranları yeşil (%0 –%15), mavi (%16–%30), turuncu (%31–%45), mor (%46–%60) ve kırmızı (%61–%75) ile işaretlenmiştir (Şekil 7–9, Şekil 11–13, Şekil 15–18 ve Ek Şekil 3–8).

Değirmendere Deresi’nin 1. kısmı için kullanılan üç yöntemle farklı tekerrürlü debiler için elde edilen taşkın zararlarına göre derecelendirilmiş haritalar Şekil 7–9’da

belirtilmiştir. Şekilde verilen görüntünün daha net incelenebilmesi için işaretlemeler, zarar görmeyen binalara ait kısımlar kesilerek yapılmıştır.



Şekil 7. Değirmendere Deresi 1. kısım için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirmesi

Şekil 7'de görüldüğü gibi; Q_{1.000} için mansap kısmının dere kenarına yakın kısımlarındaki binalarda %46–60 aralığında zarar görülürken, iç bölgelerde zarar miktarı azalarak %16–30 ve hatta bazı yerlerde %0–15 aralığına düşmektedir. %46–60 aralığında zarar gören bölge sanayi sitesinin olduğu bölgedir ve buradaki binalar çoğunlukla tek

katlıdır. Bu yöntemin kat sayısını da dikkate almasından dolayı buradaki zarar büyük çıkmıştır. Ayrıca tekerrür süreleri arttıkça zarar gören bina sayısı özellikle Q_{500} 'den $Q_{1.000}$ 'e geçişte memba tarafının dere kenarı kısmında oldukça artmıştır. Tekerrür süresinin artması ile binalardaki zarar oranlarındaki artış dikkate değer miktarda değildir.



Şekil 8. Değirmendere Deresi 1. kısım için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirmesi

Şekil 8’de görüldüğü gibi Eck yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre binalarda çoğunlukla zarar miktarı %16–30 aralığındadır. Çok az da olsa %0–15 aralığında zarar gören binalar da mevcuttur.

Huntington yönteminin aksine bu yönleme göre %46–60 aralığında zarar gören bina yoktur. Bu durum daha önce belirtildiği gibi Huntington yönteminde bina kat sayısının hesaba katılmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 9. Değirmendere Deresi 1. kısım için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirmesi

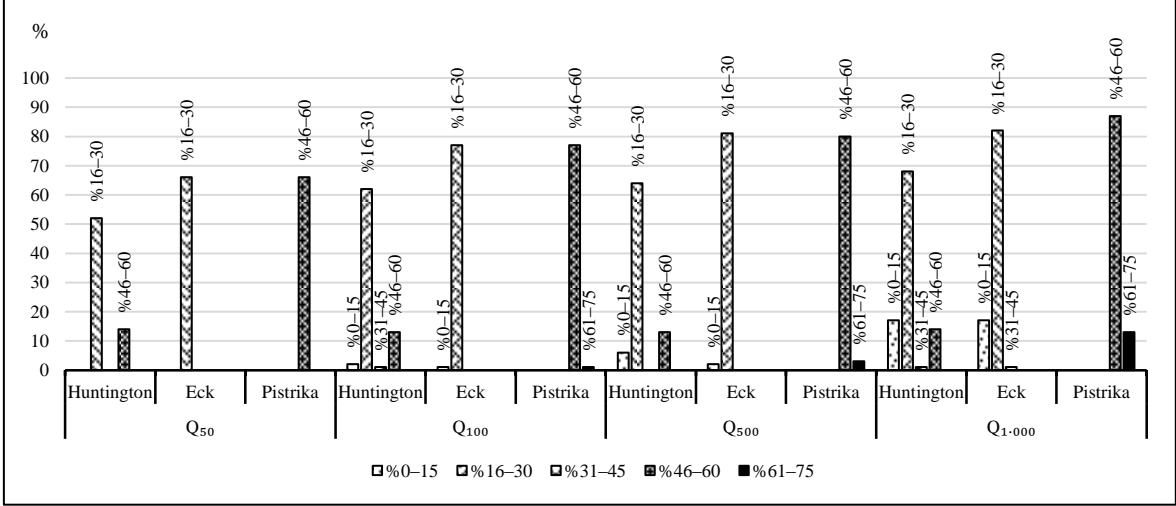
Şekil 9’da görüldüğü gibi Pistrika yönteminde hesap yapılan tüm binalar için zarar miktarı %46’dan fazladır. Diğer iki yönteme göre genellikle daha büyük zarar yüzdeleri elde edilmiştir.

Huntington yöntemi binaların kat sayısını ve bodrumlu olup olmama durumunu dikkate alırken, Pistrika yöntemi taşkın derinliğinin yanı sıra taşkın hızını hesaplara katmaktadır. Bu nedenle çalışmada elde edilen zarar sonuçları diğer yöntemlere göre farklılık göstermektedir. Ayrıca bu yöntemlerin farklı bölgelerde oluşan taşkınlara ait gerçek veriler kullanılarak oluşturulduğu da dikkate alınmalıdır.

Tekerrür süresinin zarara etkisinin daha net görülebilmesi için Değirmendere Deresi’nin 1. kısmı için kullanılan yöntemlere göre taşkına maruz kalan toplam bina taban alanları Tablo 12’de ve taban alan yüzdeleri Şekil 10’da verilmiştir. Yüzdeler $Q_{1.000}$ durumundaki taşkına maruz bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek hesaplanmıştır.

Tablo 12. Değirmendere Deresi’nin 1. kısmında zarardan etkilenen bina taban alanları (m²)

Tekerrür Debisi	Yöntem	Zarar gören toplam bina taban alanları					
		Tüm	%0–15	%16–30	%31–45	%46–60	%61–75
Q ₅₀	Huntington	78.805	253	62.206	0	16.347	0
	Eck		90	78.715	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	78.805	0
Q ₁₀₀	Huntington	94.085	2.277	75.461	800	15.547	0
	Eck		1.203	92.882	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	93.575	510
Q ₅₀₀	Huntington	100.111	7.543	76.222	0	16.347	0
	Eck		2.943	97.168	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	96.990	3.121
Q _{1.000}	Huntington	120.004	20.807	81.406	1.444	16.347	0
	Eck		20.146	99.467	391	0	0
	Pistrika		0	0	0	103.447	16.557



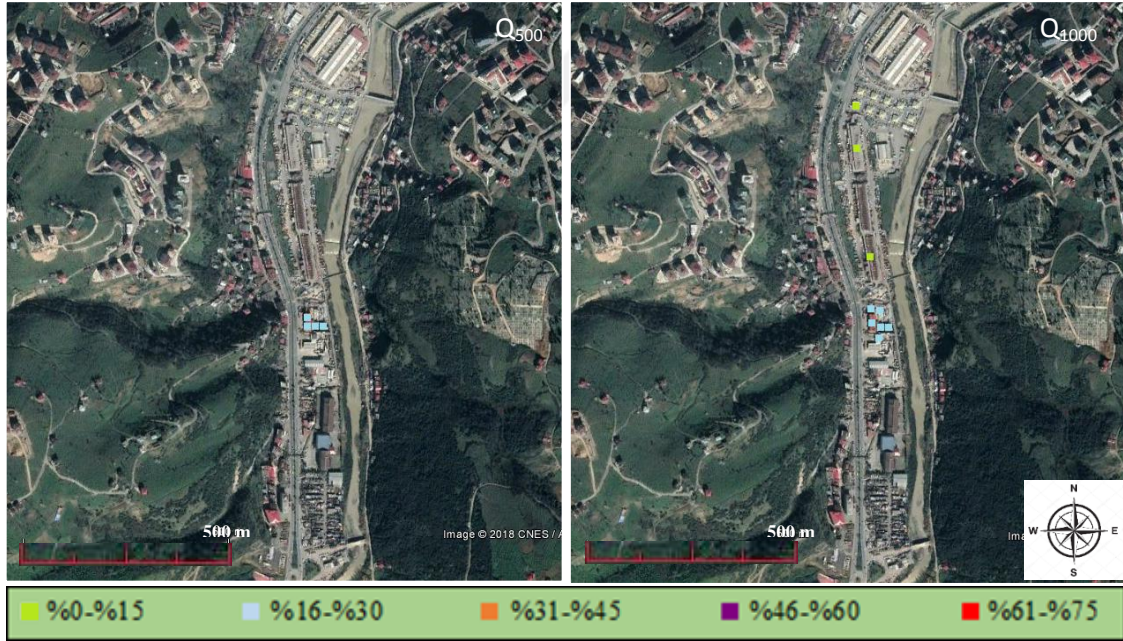
Şekil 10. Değirmendere Deresi'nin 1. kısmında zarardan etkilenen bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 12'de görüldüğü gibi taşkın tekerrür miktarının zarar oranlarına etkisi oldukça fazladır. Q_{1.000} iken zarar gören toplam bina taban alanı 120.004 m² iken Q₅₀₀'de 100.111 m², Q₁₀₀'de 94.085 m² ve Q₅₀'de ise 78.805 m²'dir. Şekil 10'da görüldüğü gibi bina taban alanı bazında Q_{1.000}'e göre Q₅₀₀'de %17, Q₁₀₀'de %22 ve Q₅₀'de %44 daha düşük zarar ortaya çıkmıştır. Zarar gören binaların taban alanları dikkate alındığında zarar oranları tekerrür süresine göre değişiklik göstermekle birlikte, tekerrür süresi azaldıkça zarar oranlarının yüzdelik değerlerinde küçük azalmalar olduğu görülmektedir. Örneğin, Pistrika yöntemine göre Q_{1.000} olduğunda binaların %87'si %46-60 ve %13'ü %61-75 oranında zarar görürken, Q₅₀₀ iken %80'i %46-60 ve %3'ü %61-75 oranında, Q₁₀₀ iken %77'si %46-60 ve %1'i %61-75 oranında zarar görmektedir. Q₅₀ iken ise, binaların %66'sı %46-60 oranında zarar görmekte ve %61-75 oranında zarar gören bina bulunmamaktadır.

Değirmendere Deresi'nin 2.kısmı için kullanılan üç yöntemle farklı tekerrürlü debiler için elde edilen taşkın zararlarına göre derecelendirilmiş haritalar Şekil 11-13'te verilmektedir. Q₁₀₀ ve Q₅₀ için derinlik 0,3 m'nin altından olduğundan zarar ihmal edilmiş ve haritalandırılmamıştır.



Şekil 11. Değirmendere Deresi 2. kısım için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirmesi



Şekil 12. Değirmendere Deresi 2. kısım için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirmesi

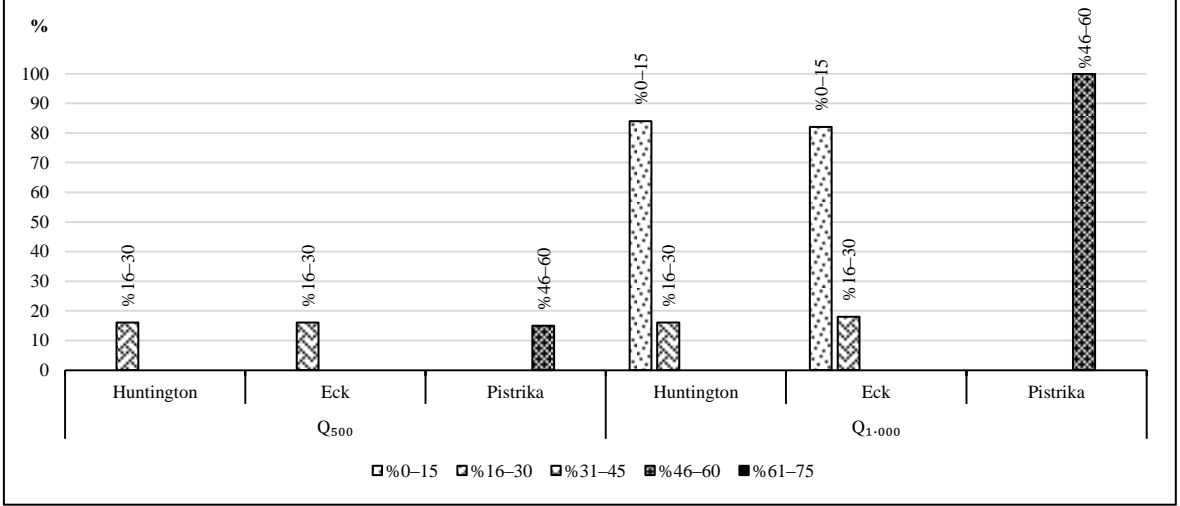


Şekil 13. Değirmendere Deresi 2. kısım için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirmesi

Şekil 11–13’te görüldüğü gibi 2. kısımda hem Q_{500} , hem de $Q_{1.000}$ ’de zarar gören bina sayısı diğer kısımlara göre oldukça azdır. Değirmendere Deresi’nin 2. kısmı için kullanılan yöntemlere göre taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 13’te ve taban alan yüzdeleri Şekil 14’te verilmiştir. Yüzdeler Q_{1000} durumundaki bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek hesaplanmıştır.

Tablo 13. Değirmendere Deresi’nin 2. kısmında zarardan etkilenen bina taban alanları (m^2)

Tekerrür debisi	Yöntem	Zarar gören toplam bina taban alanları					
		Tüm	%0–15	%16–30	%31–45	%46–60	%61–75
Q_{500}	Huntington	1.365	0	1.365	0	0	0
	Eck		0	1.365	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	1.365	0
Q_{1000}	Huntington	8.650	7.285	1.365	0	0	0
	Eck		7.093	1.557	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	8.650	0



Şekil 14. Değirmendere Deresi'nin 2. kısmında zarardan etkilenen bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 13'te görüldüğü gibi tekerrür süresi azaldıkça zarar azalmaktadır. $Q_{1.000}$ iken zarar gören toplam bina taban alanı 8.650 m^2 iken bu değer Q_{500} 'de 1.365 m^2 'dir. Q_{100} ve Q_{50} iken ise zarar gören bina yoktur. Halbuki Değirmendere Deresi'nin en zarar gören 1. kısım olduğundan, Q_{50} iken bile toplam 78.805 m^2 taban alanına sahip bina zarar görmektedir. Yani bölgenin konumu ve yerleşim miktarı da taşkın zararı hesabında önemli bir etkidir.

Değirmendere Deresi'nin 3. kısmı için kullanılan üç yöntemle Q_{500} , Q_{100} ve Q_{50} için derinlik $0,3 \text{ m}$ 'nin altında olduğundan zarar ihmal edilmiş ve haritalandırılmamıştır. $Q_{1.000}$ için elde edilen taşkın zararlarına göre derecelendirilmiş haritalar ise birleştirilerek Şekil 15'te belirtilmiştir.



Şekil 15. Değirmendere Deresi 3. kısım için Huntington, Eck ve Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirmesi

Şekil 15'te görüldüğü gibi Değirmendere Deresi'nin en az zararın olduğu 3. kısmında sadece $Q_{1.000}$ iken toplam 650 m^2 taban alanına sahip bina zarar görecektir. Huntington ve Eck yöntemlerine göre bunların tümü %16–30, Pistrika yöntemine göre ise 225 m^2 'si %46–60 ve 425 m^2 'si ise %61–75 oranında zarar görür.

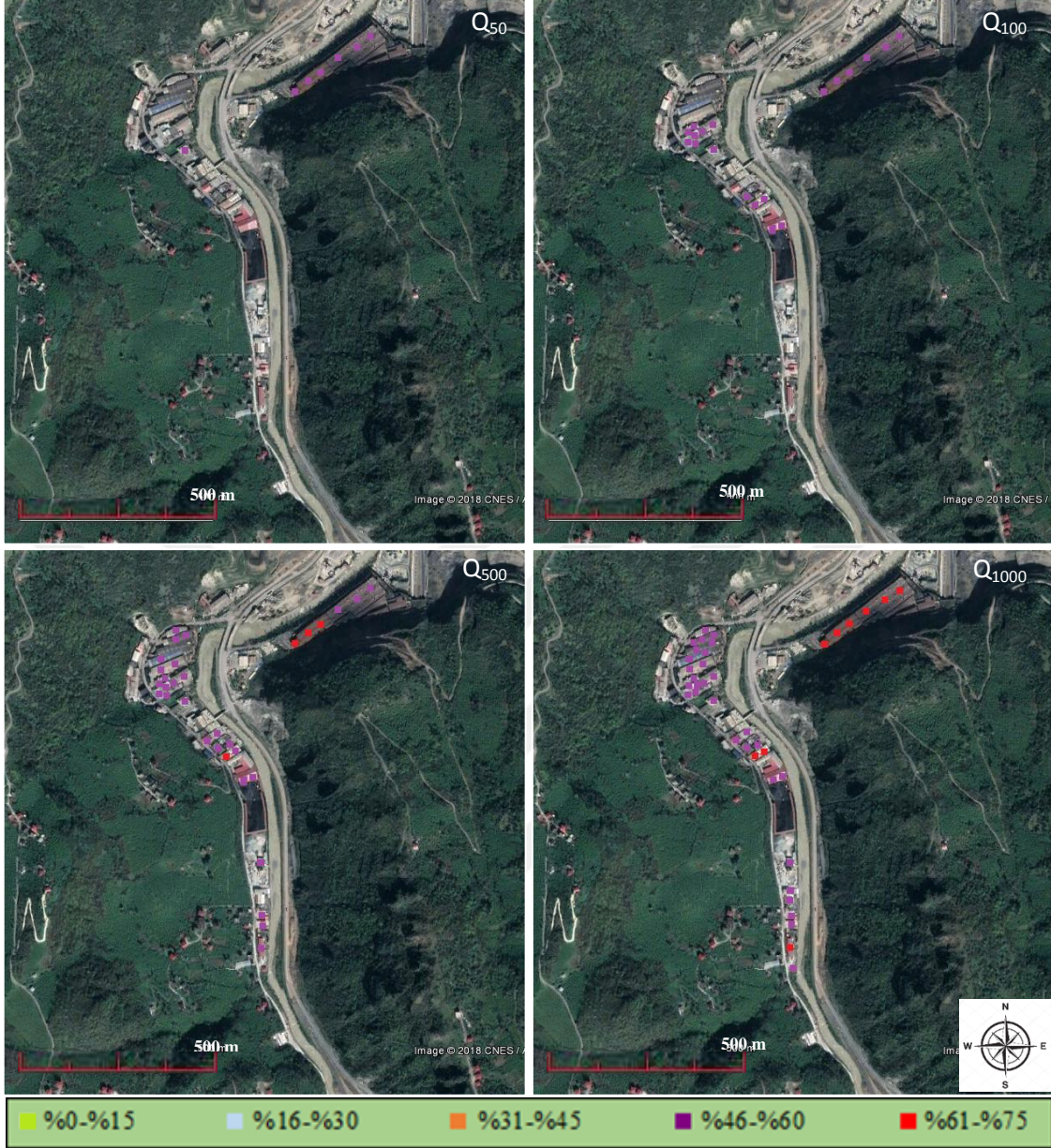
Değirmendere Deresi'nin 4. kısmı için kullanılan üç yöntemle farklı tekerrürlü debiler için elde edilen taşkın zararlarına göre derecelendirilmiş haritalar Şekil 16–18'de belirtilmiştir.



Şekil 16. Değirmendere Deresi 4. kısım için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirmesi



Şekil 17. Değirmendere Deresi 4. kısım için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme

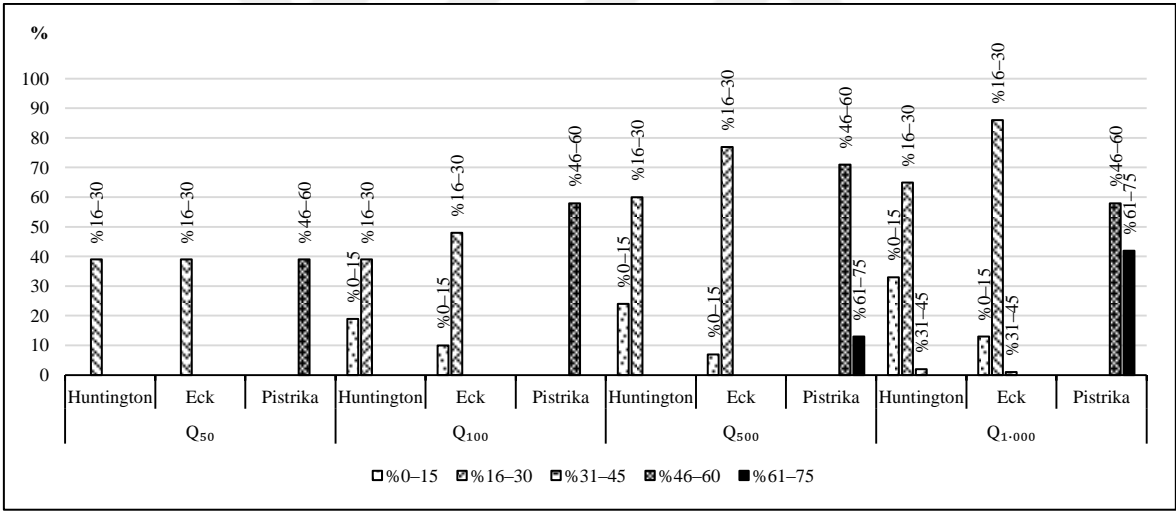


Şekil 18. Değirmendere Deresi 4. kısım için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme

Değirmendere Deresi'nin 4. kısmı için kullanılan yöntemlere göre taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 14'te ve taban alan yüzdeleri Şekil 19'da verilmiştir. Yüzdeler Q₁₀₀₀ durumundaki bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek hesaplanmıştır.

Tablo 14. Değirmendere Deresi'nin 4. kısmında zarardan etkilenen bina taban alanları (m²)

Tekerrür debisi	Yöntem	Zarar gören toplam bina taban alanları					
		Tüm	%0-15	%16-30	%31-45	%46-60	%61-75
Q ₅₀	Huntington	10.410	0	10.410	0	0	0
	Eck		0	10.410	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	10.410	0
Q ₁₀₀	Huntington	15.447	5.037	10.410	0	0	0
	Eck		2.610	12.837	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	15.447	0
Q ₅₀₀	Huntington	22.509	6.388	16.121	0	0	0
	Eck		1.947	20.562	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	19.216	3.293
Q ₁₀₀₀	Huntington	26.822	8.884	17.410	528	0	0
	Eck		3.395	23.133	294	0	0
	Pistrika		0	0	0	15.564	11.258



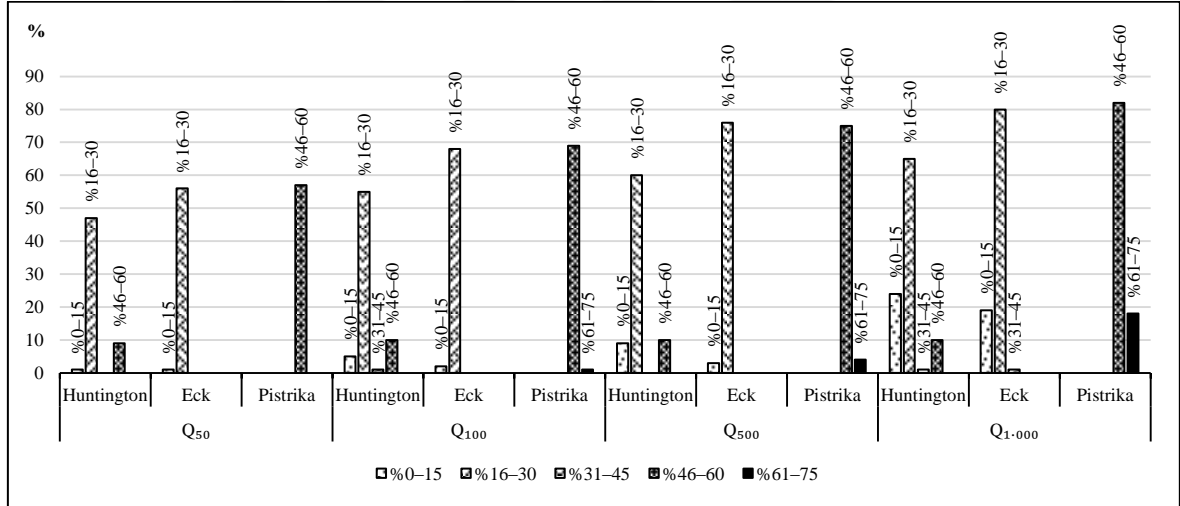
Şekil 19. Değirmendere Deresi'nin 4. kısmında zarardan etkilenen bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 14'te görüldüğü gibi Q_{1.000} iken zarar gören toplam bina taban alanı 26.822 m² iken Q₅₀₀'de 22.509 m², Q₁₀₀'de 15.447 m² ve Q₅₀'de ise 10.410 m²'dir. Yani Şekil 19'da görüldüğü gibi Q_{1.000}'e göre Q₅₀₀'de %16, Q₁₀₀'de %42 ve Q₅₀'de %61 daha azdır. Değirmen Deresi'nin 1. kısımda sonra en çok zarar gören bölgesidir.

Değirmendere Deresi'nin tümü için, kullanılan yöntemlere göre taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 15'te ve taban alan yüzdeleri Şekil 20'de verilmiştir. Yüzdeler Q_{1.000} durumundaki bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek hesaplanmıştır.

Tablo 15. Değirmendere Deresi'nde zarardan etkilenen bina taban alanları (m²)

Tekerrür debisi	Yöntem	Zarar gören toplam bina taban alanları					
		Tüm	%0-15	%16-30	%31-45	%46-60	%61-75
Q ₅₀	Huntington	89.215	253	72.615	0	16.347	0
	Eck		90	89.125	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	89.215	0
Q ₁₀₀	Huntington	109.532	7.314	85.871	800	15.547	0
	Eck		3.813	105.719	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	109.021	511
Q ₅₀₀	Huntington	123.984	13.931	93.706	0	16.347	0
	Eck		4.890	119.094	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	117.571	6.413
Q ₁₀₀₀	Huntington	156.126	36.976	100.831	1.972	16.347	0
	Eck		30.633	124.809	684	0	0
	Pistrika		0	0	0	127.886	28.240



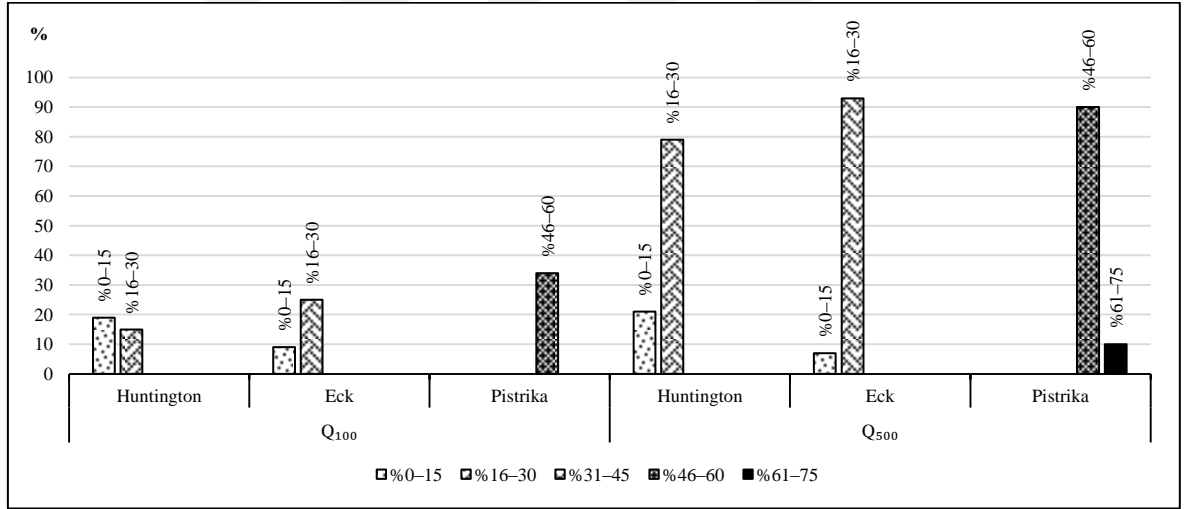
Şekil 20. Değirmendere Deresi'nde zarardan etkilenen bina taban alanları yüzdeleri

Değirmendere Deresi için tekerrür süresinin artışı, zararı oldukça etkilediği Tablo 15 ve Şekil 20'de görülmektedir. Q₅₀'de ise iken 89.215 m² zarar gören toplam bina taban alanı mevcut iken, Q_{1.000} olunca bu miktar 156.126 m²'ye çıkmaktadır. Yani Q_{1.000}'e göre Q₅₀₀'de %21, Q₁₀₀'de %30 ve Q₅₀'de %43 daha azdır. Bu binalar en çok Değirmendere Deresi'nin 1. kısmında, en az ise 3. kısmında yer almaktadır. Bu da, yerleşim yerinin seçiminin taşkın zararı açısından ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Vakfikebir Fol Deresi için kullanılan yöntemlere göre taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 16’da ve taban alan yüzdeleri Şekil 21’de verilmiştir. Yüzdeler Q_{500} durumundaki bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek hesaplanmıştır.

Tablo 16. Vakfikebir Fol Deresi’nde zarardan etkilenen bina taban alanları (m^2)

Tekerrür debisi	Yöntem	Zarar gören toplam bina taban alanları					
		Tüm	%0–15	%16–30	%31–45	%46–60	%61–75
Q_{100}	Huntington	4.377	2.431	1.946	0	0	0
	Eck		1.177	3.200	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	4.377	0
Q_{500}	Huntington	12.635	2.704	9.931	0	0	0
	Eck		863	11.772	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	11.373	1.262



Şekil 21. Vakfikebir Fol Deresi’nde zarardan etkilenen bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 16’da görüldüğü gibi Q_{500} iken zarar gören toplam bina taban alanı $12635 m^2$ iken Q_{100} ’de $4377 m^2$ ’dir. Yani Şekil 21’de görüldüğü gibi Q_{500} ’e göre Q_{100} ’de %66 daha azdır. Oysa Değirmendere Deresi’ne bakıldığında Q_{500} ’e göre, Q_{100} ’de %9 daha azdır. Yani büyük havzalarda tekerrür süresinin etkisi oran olarak değerlendirildiğinde küçük havzalara göre çok daha azdır.

Araklı Karadere Deresi’nin tümü için, kullanılan yöntemlere göre taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Araklı Karadere Deresi'nde zarardan etkilenen bina taban alanları (m²)

Tekerrür debisi	Yöntem	Zarar gören toplam bina taban alanları					
		Tüm	%0–15	%16–30	%31–45	%46–60	%61–75
Q ₅₀₀	Huntington	27.449	10.071	17.378	0	0	0
	Eck		4.835	22.614	0	0	0
	Pistrika		0	0	0	27.449	0

Araklı Karadere Deresi için Q₁₀₀ ve Q₅₀ iken zarar gören binalar ihmal edildiğinden sadece Q₅₀₀ için hesap yapılmıştır. Bundan dolayı bu bölgede farklı tekerrürlü debiler için kıyaslama yapılamamıştır. Oysa buraya göre yerleşimin daha fazla olduğu Değirmendere Deresi'ndeki zarar miktarı Q₅₀ iken bile çok daha fazladır. Q₅₀₀ iken Vakfı Kebir Fol Deresi'nde Araklı Karadere Deresi'ne göre daha az zarar oluşmakta iken, Q₁₀₀'de sadece Vakfıkebir Fol Deresi'nde zarar oluşmaktadır. Yani taşkın zarar miktarında konum ve yerleşim miktarının etkili olduğu görülmektedir.

3.3. Farklı Tekerrürlü Taşkın Debileri İçin Taşkın Risk Sınıflandırma

Çalışmada risk sınıflandırması için Kılavuz, Dinç ve Rehber olmak üzere 3 yöntem kullanılmıştır. Farklı tekerrürlü debilerle hazırlanan haritalar her bir yöntem için ayrı ayrı gösterilmiştir. Kılavuz yöntemi için risk sınıfı R1 (düşük) ise yeşil, R2 (orta) ise turuncu ve R3 (yüksek) ise kırmızı ile gösterilmektedir (Şekil 22–25 ve Ek Şekil 9–10). Dinç yöntemi için, risk sınıfı çok düşük ise yeşil, düşük ise mavi, orta ise turuncu, yüksek ise lacivert ve çok yüksek ise kırmızı ile işaretlenmiştir (Şekil 27–30 ve Ek Şekil 11–12). Rehber yöntemi içinse, düşük risk sınıfı yeşil, orta turuncu, yüksek pembe, çok yüksek lacivert ve aşırı ise kırmızı ile işaretlenmiştir (Şekil 32–35 ve Ek Şekil 9–14).

Değirmendere Deresi'nin Kılavuz yöntemine göre farklı tekerrürlü debiler için elde edilen taşkın risk sınıflandırma haritaları Şekil 22–25'te belirtilmiştir.



Şekil 22. Değirmendere Deresi 1. kısım için Kılavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması



Şekil 23. Değirmendere Deresi 2. kısım için Kılavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması



Şekil 24. Değirmendere Deresi 3. kısım için Kılavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması

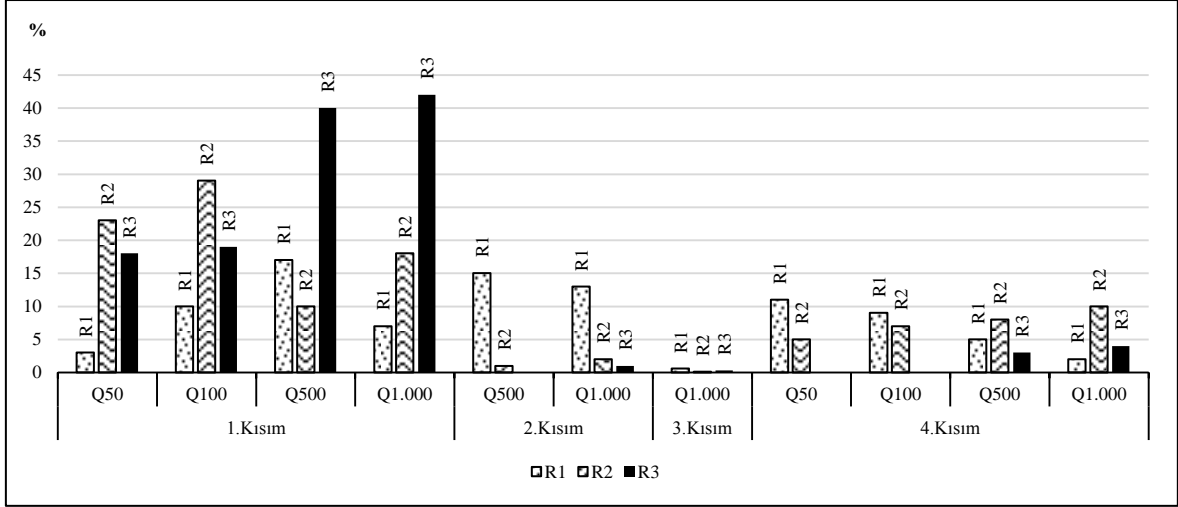


Şekil 25. Değirmendere Deresi 4. kısım için Kılavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması

Şekil 22-25'te görüldüğü gibi Değirmendere Deresi'nde en çok yerleşimin olduğu 1. kısım, taşkın riskinin en çok olduğu kısımdır. Değirmendere Deresi'nin Kılavuz yöntemine göre belirlenen risk dereceleri için taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 18'de ve taban alan yüzdeleri Şekil 26'da verilmiştir. Yüzdeler Değirmendere Deresinin tümünün $Q_{1.000}$ durumunda risk altındaki bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek hesaplanmıştır.

Tablo 18. Değirmendere Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m²)

Kısım	Tekerrür debisi	Toplam	Risk sınıfı		
			R1	R2	R3
1	Q ₅₀	86.069	7.264	44.205	34.600
	Q ₁₀₀	113.026	20.144	57.225	35.657
	Q ₅₀₀	130.517	33.348	18.756	78.413
	Q _{1.000}	130.517	13.797	35.382	81.338
2	Q ₅₀₀	30.674	29.309	1.365	0
	Q _{1.000}	30.674	24.879	4.758	1.037
3	Q _{1.000}	1.633	983	225	425
4	Q ₅₀	31.333	20.923	10.410	0
	Q ₁₀₀	31.333	17.983	13.350	0
	Q ₅₀₀	31.333	9.184	15.654	6.495
	Q _{1.000}	31.333	4.735	18.905	7.693



Şekil 26. Değirmendere Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 18'de görüldüğü gibi Değirmendere Deresi'nin taşkın açısından Q_{1.000} iken 4 kısımda risk altındaki toplam bina taban alanı 194.157 m²'dir. Burada 1. kısımdaki risk altındaki bina taban alanı 130.517 m²'dir ve bu da Şekil 26'da görüldüğü gibi tüm risk altındaki alanın %67'si kadardır. Yani bölgedeki en riskli kısım 1. kısımdır. En az riskli kısım ise 1.633 m²'lik bina taban alanı ile 3. kısımdır ve bu kısımda sadece Q_{1.000} iken risk altında bina mevcuttur. Tekerrür süresi risk sınıflarını etkileyen önemli bir parametredir ve

risk sınıfları tekerrür süresine göre değişmektedir. Örneğin; 1. kısımda Q_{50} iken yüksek risk (R3) altında bina taban alanı toplamı 34.600 m^2 iken, Q_{1000} için bu değer 81.338 m^2 'ye çıkmaktadır.

Değirmendere Deresi'nin DinH yöntemine göre farklı tekerrürlü debiler için elde edilen taşkın risk sınıflandırma haritaları Şekil 27–30'da belirtilmiştir.



Şekil 27. Değirmendere Deresi 1. kısım için DinH yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması



Şekil 28. Değirmendere Deresi 2. kısım için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması



Şekil 29. Değirmendere Deresi 3. kısım için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması

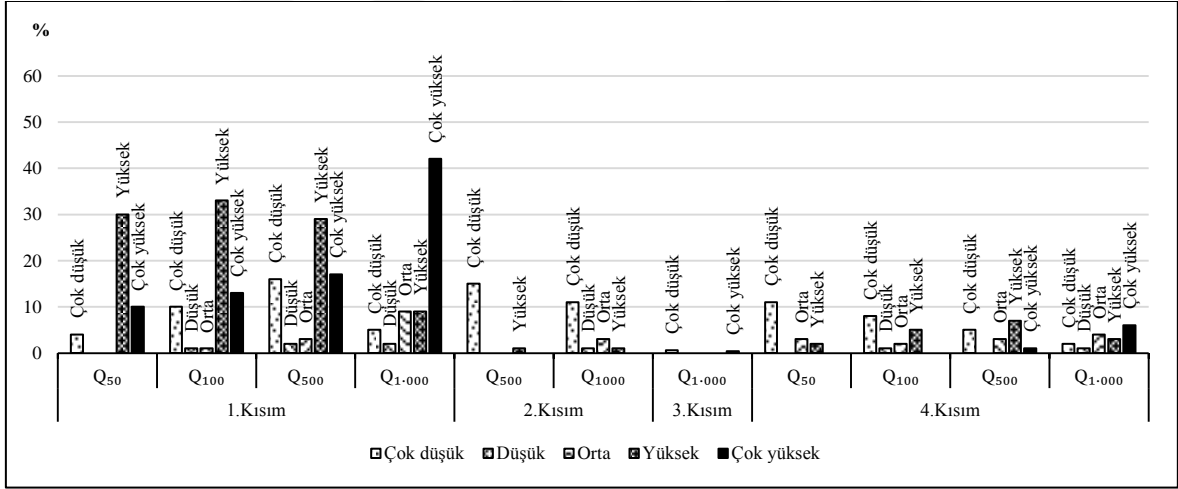


Şekil 30. Değirmendere Deresi 4. kısım için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma

Şekil 27–30’ e bakıldığında, Şekil 22–25’ ten farklı 2 risk sınıfı daha mevcut olduğu görülmektedir. Ayrıca risk sınıflarını belirleyen derinlik değerleri de farklıdır. Bundan dolayı Kılavuz ve Dinh yöntemi ne göre işaretlenen haritalar farklıdır. Değirmendere Deresi’nin Dinh yöntemine göre belirlenen risk dereceleri için taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 19’ da ve taban alan yüzdeleri Şekil 31’ de verilmiştir. Yüzdeler Değirmendere Deresinin tümünün $Q_{1,000}$ durumundaki bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek hesaplanmıştır.

Tablo 19. Değirmendere Deresi'nde DinH yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m²)

Kısım	Tekerrür debisi	Toplam	Risk sınıfı				
			Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
1	Q ₅₀	86.069	7.263	0	393	59.049	19.364
	Q ₁₀₀	113.026	18.941	1.203	1.237	63.297	28.348
	Q ₅₀₀	130.517	30.406	2.943	5.523	57.177	34.468
	Q _{1.000}	130.517	10.513	4.508	18.797	15.361	81.338
2	Q ₅₀₀	30.674	29.309	0	0	1.365	0
	Q _{1.000}	30.674	22.024	2.855	4.430	1.365	0
3	Q _{1.000}	1.633	983	0	0	0	650
4	Q ₅₀	31.333	20.923	0	7.130	3.280	0
	Q ₁₀₀	31.333	15.886	2.097	2.940	10.410	0
	Q ₅₀₀	31.333	8.823	360	6.584	14.455	1.111
	Q _{1.000}	31.333	4.510	1.613	7.271	5.792	12.147



Şekil 31. Değirmendere Deresi'nde DinH yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 19'da görüldüğü gibi Değirmendere Deresi'nin taşkın açısından burada da en riskli kısım 1. kısımdır. Bu kısımda risk altındaki bina taban alanı 130.517 m²'dir ve bu da Şekil 31'de görüldüğü gibi tüm risk altındaki alanın %67'si kadardır. Ayrıca burada örneğin 1. kısımda; Q_{1.000} iken toplamda 81.338 m² (%42), Q₅₀₀ iken 34.468 m² (%17), Q₁₀₀ iken 28.348 m² (%13) ve Q₅₀ iken 19.364 m² (%10) taban alanına sahip bina çok

yüksek risk altındadır. Ayrıca Q_{1000} 'den Q_{50} 'ye Şekil 27–30da görüldüğü gibi pek çok binanın risk sınıfı da azalmaktadır.

Değirmendere Deresi'nin Rehber yöntemine göre farklı tekerrürlü debiler için elde edilen taşkın risk sınıflandırma haritaları Şekil 32–35'de verilmiştir.



Şekil 32. Değirmendere Deresi 1. kısım için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması



Şekil 33. Değirmendere Deresi 2. kısım için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması



Şekil 34. Değirmendere Deresi 3. kısım için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması

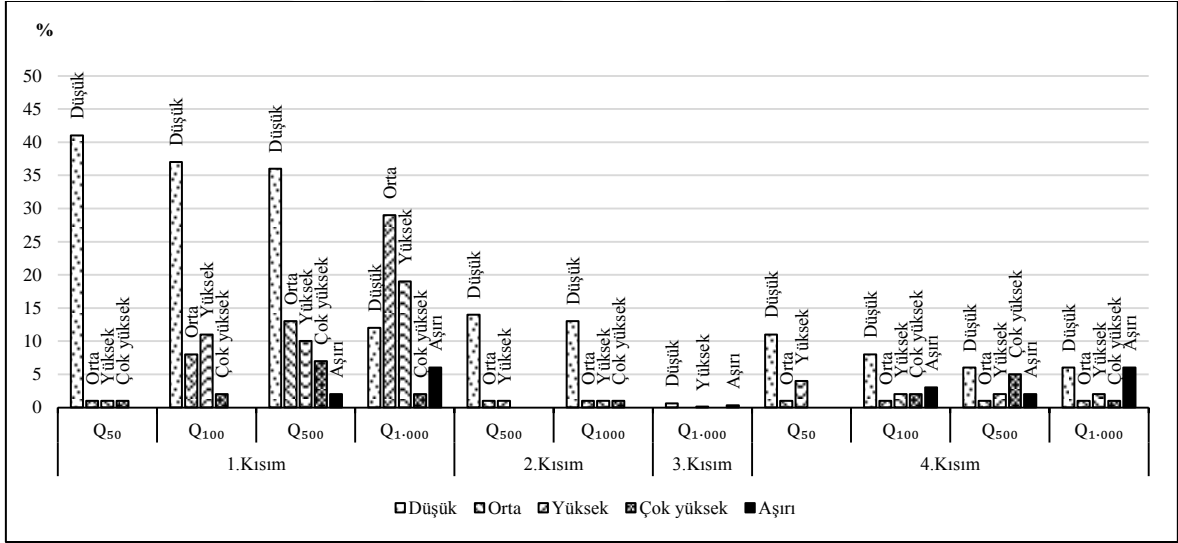


Şekil 35. Değirmendere Deresi 4. kısım için Rehber yöntemine göre taşkın risk sınıflandırması

Şekil 32–35’te binalar için belirtilen risk sınıfları Şekil 22–25 ve Şekil 27–30’dan oldukça farklıdır. Çünkü burada risk sınıflandırılırken, taşkın derinliğinin yanı sıra taşkın hızı da parametre olarak kullanılmıştır. Değirmendere Deresi’nin Rehber yöntemine göre belirlenen risk dereceleri için taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 20’de ve taban alan yüzdeleri Şekil 36’da verilmiştir. $Q_{1.000}$ durumunda Değirmendere Deresinin tümünün risk altındaki bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek yüzdeler hesaplanmıştır.

Tablo 20. Değirmendere Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m²)

Kısım	Tekerrür debisi	Toplam	Risk sınıfı				
			Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek	Aşırı
1	Q ₅₀	86.069	82.658	1.840	991	580	0
	Q ₁₀₀	113.026	72.674	15.071	22.098	3.183	0
	Q ₅₀₀	130.517	69.246	26.080	19.159	12.911	3.121
	Q ₁₀₀₀	130.517	22.647	55.856	36.952	3.567	11.495
2	Q ₅₀₀	30.674	29.309	261	1.104	0	0
	Q ₁₀₀₀	30.674	25.071	2.160	3.394	49	0
3	Q ₁₀₀₀	1.633	983	0	225	0	425
4	Q ₅₀	31.333	20.922	980	9.431	0	0
	Q ₁₀₀	31.333	18.789	500	2.614	2.300	7.130
	Q ₅₀₀	31.333	11.549	2.128	4.730	9.633	3.293
	Q ₁₀₀₀	31.333	11.358	2.072	4.633	2.012	11.258



Şekil 36. Değirmendere Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 20'de görüldüğü gibi Değirmendere Deresi'nin taşkın açısından burada da en riskli kısım yine burada da 1. kısım. Örneğin 1. kısımda; Q₁₀₀₀ iken toplamda 11.495 m² (%6) ve Q₅₀₀ iken 3.121 m² (%2) taban alanına sahip bina aşırı risk altındadır. Q₁₀₀ ve Q₅₀ iken ise aşırı risk altında bina bulunmamaktadır. Kılavuz ve Dinh yönteminde ise aşırı risk olarak bir sınıflandırma yoktur.

Çalışmada kullanılan üç risk yönteminden derinliğe bağlı olan Kılavuz ve Dinh yöntemi ile Değirmendere Deresi için elde edilen risk sınıfları genellikle büyük farklılık göstermemektedir. Oysa hız derinliğe göre daha değişken bir parametre olduğundan, hızın da hesaplara katıldığı Rehber yöntemine göre sınıflandırma sonuçları oldukça farklı elde edilmiştir. Şekil 22–25, Şekil 27–30 ve Şekil 32–26'ya bakıldığında taşkın hızının risk sınıflandırmasını oldukça farklılaştırdığı görülmektedir.

Kullanılan her üç risk değerlendirme yönteminin sınıflandırmaları farklı olsa da karşılaştırılabilmesi açısından Değirmendere Deresi için Türkiye standartlarına göre belirlenen Kılavuz yöntemine göre diğer yöntemlerdeki sınıflandırmalar düzenlenerek karşılaştırılmıştır. Bunun için Dinh yöntemindeki çok düşük ve düşük risk sınıfı için elde edilen değerler toplanarak düşük olarak, yüksek ve çok yüksek risk sınıfından elde edilen değerler ise yüksek risk olarak değerlendirilmiş ve orta risk değerleri değiştirilmemiştir. Rehber yönteminde ise yüksek, çok yüksek ve aşırı risk sınıfından elde edilen değerler toplanarak yüksek risk olarak değerlendirilmiş, düşük ve orta risk değerleri değiştirilmemiştir. Böylece tüm yöntemler ile elde edilen sonuçlar 3 sınıfa indirgenmiştir ve daha rahat anlaşılması için yüzdeler olarak Tablo 21'de verilmiştir. Burada da yüzdeler Değirmendere Deresinin tümünün $Q_{1,000}$ durumunda risk altındaki bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek hesaplanmıştır.

Tablo 21'de görüldüğü gibi Değirmendere Deresi için yüksek risk altındaki bina taban alanları toplamı en çok Dinh yöntemi ile, en az Rehber yöntemi ile elde edilirken, Kılavuz yöntemi ile ise bu iki yöntemin arasında hesaplanmıştır. Bu yöntemlerden Kılavuz yöntemi Türkiye için önerilen bir çalışma olduğundan, Doğu Karadeniz için daha uygun olduğu düşünülmektedir. Ayrıca her üç yöntemde göre de tekerrür süresi oldukça etkilidir ve bu süre arttıkça risk de artmaktadır.

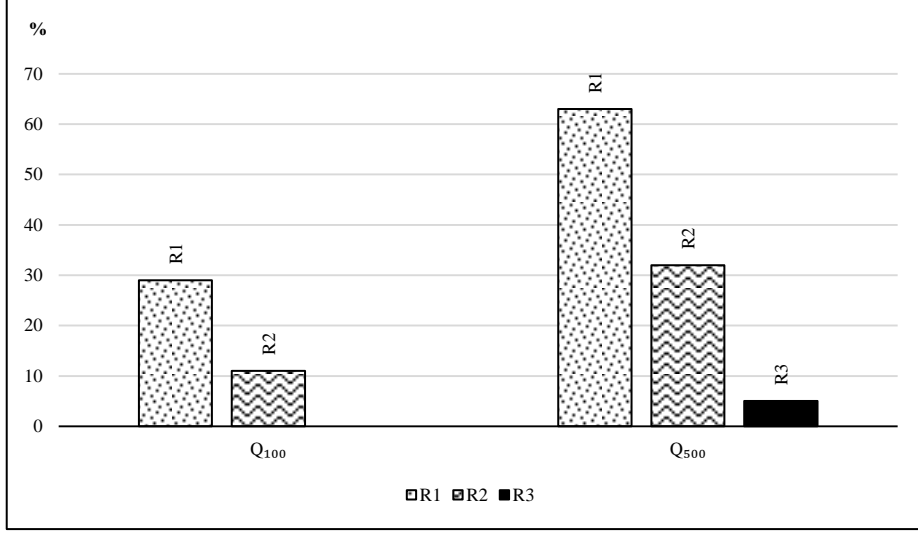
Tablo 21. Değirmendere Deresi için Kılavuz, Dinç ve Rehber yönteminde bina taban alanına göre risk sınıfları yüzdeleri

Kısım	Tekerrür debisi	Toplam (%)	Düşük (%)			Orta (%)			Yüksek (%)		
			Kılavuz	Dinç	Rehber	Kılavuz	Dinç	Rehber	Kılavuz	Dinç	Rehber
1	Q ₅₀	44	3	4	41	23	0	1	18	40	2
	Q ₁₀₀	58	10	11	37	29	1	8	19	46	13
	Q ₅₀₀	67	17	18	36	10	3	13	40	46	19
	Q ₁₀₀₀	67	7	7	12	18	9	29	42	51	27
2	Q ₅₀₀	16	15	15	14	1	0	1	0	1	1
	Q ₁₀₀₀	16	13	12	13	2	3	1	1	1	2
3	Q ₁₀₀₀	1	0.6	0.6	0.6	0.1	0	0	0.3	0.4	0.4
4	Q ₅₀	16	11	11	11	5	3	1	0	2	4
	Q ₁₀₀	16	9	9	8	7	2	1	0	5	7
	Q ₅₀₀	16	5	5	6	8	3	1	3	8	9
	Q ₁₀₀₀	16	2	3	6	10	4	1	4	9	9

Vakfikebir Fol Deresi'nin Kılavuz, Dinç ve Rehber yöntemine göre belirlenen risk dereceleri için taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 22–24'te ve taban alan yüzdeleri Şekil 37–39'de verilmiştir. Yüzdeler Vakfikebir Fol Deresinin tümünün Q₅₀₀ durumunda risk altındaki bina taban alanları toplamını %100 kabul ederek hesaplanmıştır.

Tablo 22. Vakfikebir Fol Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m²)

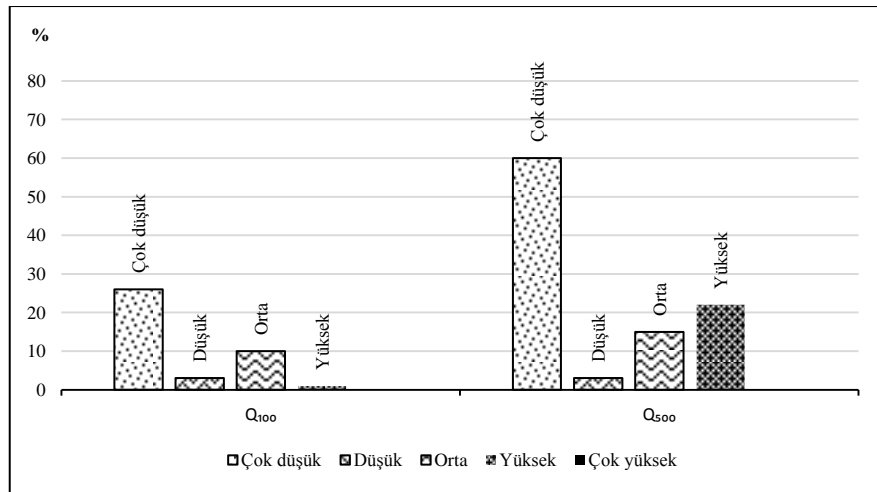
Tekerrür debisi	Toplam	Risk sınıfı		
		R1	R2	R3
Q ₁₀₀	12.635	9.147	3.488	0
Q ₅₀₀	31.446	19.674	10.148	1.624



Şekil 37. Vakfikebir Fol Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 23. Vakfikebir Fol Deresi'nde Dinç yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m²)

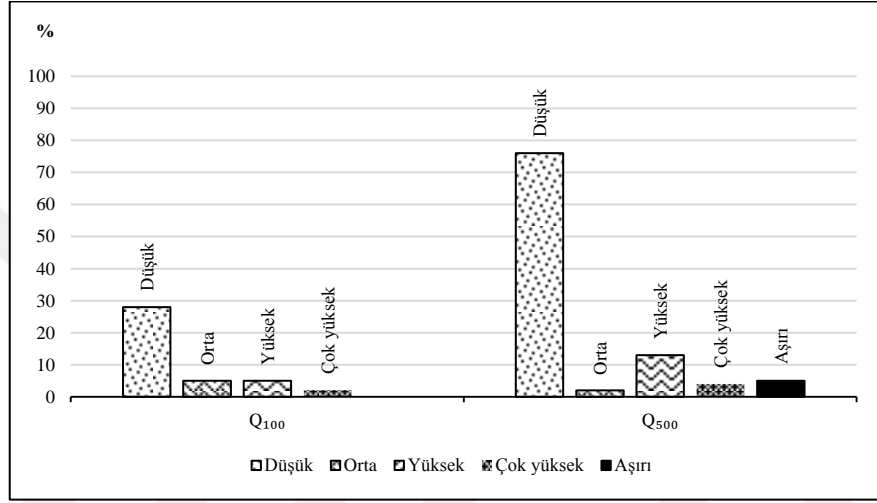
Tekerrür debisi	Toplam	Risk sınıfı				
		Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Q ₁₀₀	12.635	8.258	889	3.215	273	0
Q ₅₀₀	31.446	18.811	863	4.839	6.933	0



Şekil 38. Vakfikebir Fol Deresi'nde Dinç yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 24. Vakfikebir Fol Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m²)

Tekerrür debisi	Toplam	Risk sınıfı				
		Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek	Aşırı
Q ₁₀₀	12635	8.927	1.547	1.471	690	0
Q ₅₀₀	31446	23.785	511	4.198	1.361	1.591



Şekil 39. Vakfikebir Fol Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları yüzdeleri

Tablo 22–24'te görüldüğü gibi Q₁₀₀'de risk altındaki bina taban alanı 12.635 m² iken, Q₅₀₀'de 31.446 m²'dir. Yani tekerrür debisi arttıkça risk altındaki binalar çoğalmıştır ve binalardaki risk sınıfı da Şekil 37–39'da belirtildiği gibi artmıştır.

Araklı Karadere Deresi'nin Kılavuz, Dinh ve Rehber yöntemine göre belirlenen risk dereceleri için taşkına maruz kalan bina taban alanları Tablo 25–27'de verilmiştir.

Tablo 25. Araklı Karadere Deresi'nde Kılavuz yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m²) ve yüzdeleri

Tekerrür debisi	Alan / Yüzde	Risk sınıfı			
		Toplam	R1	R2	R3
Q ₅₀₀	Alan (m ²)	62.334	37.613	24.721	0
	Yüzde (%)	100	60	40	0

Tablo 26. Araklı Karadere Deresi'nde Dinh yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m²) ve yüzdeleri

Tekerrür debisi	Alan / Yüzde	Toplam	Risk sınıfı				
			Çok düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Q ₅₀₀	Alan (m ²)	62.334	34.885	2.728	16.579	8.142	0
	Yüzde (%)	100	56	4	27	13	0

Tablo 27. Araklı Karadere Deresi'nde Rehber yöntemine göre risk altındaki bina taban alanları (m²) ve yüzdeleri

Tekerrür debisi	Alan / Yüzde	Toplam	Risk sınıfı				
			Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek	Aşırı
Q ₅₀₀	Alan (m ²)	62.334	62.334	0	0	0	0
	Yüzde (%)	100	100	0	0	0	0

Araklı Karadere Deresi için Q₁₀₀ ve Q₅₀'de risk altında bina olmadığından, farklı tekerrürlü debiler için kıyaslama yapılamamıştır. Taşkın derinliğine bağlı Kılavuz ve Dinh yönteminde binalar için farklı sınıflandırmalar elde edilirken, taşkın hızının da hesaplarda kullanıldığı Rehber yöntemine göre tüm binaların düşük risk altında olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni ise bu bölgede taşkın hızının düşük olmasıdır.

Tekerrür süresi arttıkça taşkın sırasındaki su derinliği artacağından, risk altındaki ve zarar görecekt bina sayısı artmaktadır. Ayrıca zarar miktarları ve risk sınıfları da değişmektedir. Bazı tekerrür miktarlarında bazı bölgelerde zarar ve risk oluşmamaktadır. Ayrıca taşkın oluştuğu bölgedeki yerleşim yoğunluğu da taşkın zararını ve riskini artırmaktadır. Örneğin bu çalışmada Q₅₀ için seçilen bölgeler arasında sadece yerleşimin en çok olduğu Değirmen Deresi'nde taşkın zararı ve riski oluşmaktadır.

3.4. Taşkınların Binalara Vereceği Zararların Bölgesel Olarak Hesaplanması

Çalışma bölgeleri için farklı tekerrür debilerinde ortalama derinlik ve hıza bağlı olarak hesaplanan zarar yüzdeleri, taşkına maruz kalan toplam bina taban alanı ile çarpılmış ve birim fiyat listesine göre (URL-9, 2018) ve yıpranma payı %20 kabul edilerek zarar miktarları elde edilmiştir (Tablo 28).

Tablo 28. Çalışma bölgeleri için bölgesel taşkın zarar miktarları (TL, 2018)

Bölge	Huntington	Eck	Pistrika
Değirmendere Deresi (Q ₅₀)	2.375.000	4.843.000	34.325.000
Değirmendere Deresi (Q ₁₀₀)	3.866.000	7.887.000	44.584.000
Değirmendere Deresi (Q ₅₀₀)	7.901.000	15.498.000	58.550.000
Değirmendere Deresi (Q ₁₀₀₀)	9.480.000	18.183.000	59.283.000
Araklı Karadere Deresi (Q ₅₀₀)	665.000	1.356.000	18.322.000
Vakfikebir Fol Deresi (Q ₁₀₀)	69.000	140.000	1.903.000
Vakfikebir Fol Deresi (Q ₅₀₀)	704.000	1.435.000	9.417.000

3.5. Bina ve Bölge Bazında Taşkın Zarar Hesaplarının Karşılaştırılması

Farklı tekerrürlü debilerde bina ve bölge bazında oluşacak zarar miktarları arasındaki fark Tablo 29’da belirtilmiştir.

Tablo 29’da görüldüğü gibi bölge ve bina bazında taşkın zarar hesabında oldukça farklı sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin Değirmendere Deresi için Q_{1.000} iken bina bazında yapılan hesap, bölge bazı yapılan hesaptan Huntington yöntemine göre %154 (1,54 kat) ve Eck yöntemine göre %17 daha fazladır. Pistrika yönteminde ise %11 daha azdır. Tüm çalışma bölgeleri için de derinliğe bağlı Huntington ve Eck yöntemlerinde elde edilen zarar miktarları bölge bazındaki hesapta bina bazındaki hesaba göre düşük çıkmıştır. Oysa hem taşkın derinliği, hem de taşkın hızının kullanıldığı Pistrika yöntemi ile elde edilen zarar miktarları bölge bazındaki hesapta bina bazındaki hesaba göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum, sokaklarda binaların maruz kaldığı taşkın derinliğinin ortalama derinlikten fazla, taşkın hızının ise ortalama hızdan küçük olmasındandır. Bu nedenle bina zarar hesabında hem daha hassas sonuç elde edilmesi, hem de zarar görebilecek binaların öncelik sırasının belirlenmesi için bina bazında hesap yapılmasının daha iyi olacağı düşünülmektedir.

Tablo 29. Çalışma bölgeleri için bölge ve bina bazında taşkın zarar miktarları (TL, 2018)

Bölge	Hesap biçimi	Huntington	Eck	Pistrika
Değirmendere Deresi (Q ₅₀)	Bölge bazında	2.375.000	4.843.000	34,325.000
	Bina bazında	14.414.000	11.493.000	26,977.000
	Fark	12.039.000	6.650.000	7,348.000
	Değişim (%)	+507	+137	-21
Değirmendere Deresi (Q ₁₀₀)	Bölge bazında	3.866.000	7.887.000	44,584.000
	Bina bazında	17.259.000	14.275.000	35,092.000
	Fark	13.393.000	6.388.000	9,492.000
	Değişim (%)	+346	+81	-21
Değirmendere Deresi (Q ₅₀₀)	Bölge bazında	7.901.000	15.498.000	58,550.000
	Bina bazında	19.985.000	16.989.000	41,258.000
	Fark	12.084.000	1.491.000	17,292.000
	Değişim (%)	+153	+10	-30
Değirmendere Deresi (Q ₁₀₀₀)	Bölge bazında	9.480.000	18.183.000	59,283.000
	Bina bazında	24.064.000	21.286.000	52,821.000
	Fark	14.584.000	3.103.000	6,462.000
	Değişim (%)	+154	+17	-11
Araklı Karadere Deresi (Q ₅₀₀)	Bölge bazında	665.000	1.356.000	18,322.000
	Bina bazında	3.085.000	3.220.000	8,968.000
	Fark	2.420.000	1.864.000	9,354.000
	Değişim (%)	+364	+137	-51
Vakfikebir Fol Deresi (Q ₁₀₀)	Bölge bazında	69.000	140.000	1,903.000
	Bina bazında	403.000	458.000	1,394.000
	Fark	334.000	318.000	509.000
	Değişim (%)	+484	+227	-27
Vakfikebir Fol Deresi (Q ₅₀₀)	Bölge bazında	704.000	1.435.000	9.417.000
	Bina bazında	1.560.000	1.588.000	4.607.000
	Fark	856.000	153.000	4.810.000
	Değişim (%)	+122	+11	-51

3.6. Tekerrür Süresinin Zarara Etkisinin Değerlendirilmesi

Tekerrür süresinin zarar miktarı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi için hem bu çalışmada elde edilen, hem de geçmiş çalışmalarda elde edilen yüzdeler artış miktarları Tablo 30'da gösterilmiştir.

Tablo 30. Tekerrür süresine göre zararın artışı

Çalışma	Çalışma bölgesi	Yöntem	Tekerrür	Artış (%)
Bu çalışma	Değirmendere Deresi	Bina bazında	Huntington	20
			Eck	24
			Pistrika	30
		Bina bazında	Huntington	16
			Eck	19
			Pistrika	18
		Bina bazında	Huntington	20
			Eck	25
			Pistrika	28
	Bölge bazında	Bölge bazında	Huntington	63
			Eck	63
			Pistrika	30
		Bölge bazında	Huntington	104
			Eck	97
			Pistrika	31
		Bölge bazında	Huntington	20
			Eck	17
			Pistrika	1
Vakfikebir Fol Deresi	Bina bazında	Huntington	287	
		Eck	247	
		Pistrika	230	
	Bölge bazında	Huntington	920	
		Eck	925	
		Pistrika	395	
Serencam (2013)	Değirmendere Deresi	Bölge bazında	Eck	47
			Moel ve Aerts	67
Girayhan (2015)	Terme	Bölge bazında	Amerikan Ordu Mühendisliği tarafından üretilmiş fonksiyonlar	12
Taş vd. (2016)	Akarçay Afyon Alt Havzası	Bölge bazında	Jonkman vd. (2008) tarafından elde edilen zarar fonksiyonu	50

Tablo 30’da görüldüğü gibi tekerrür süresi arttıkça zarar da artmaktadır. Küçük havzalarda tekerrür debisi değişiminin etkisi çok olurken büyük havzalarda bu etki biraz daha azdır. Örneğin; bölge bazında Huntington yöntemine göre Q_{100} ’den Q_{500} ’e Değirmendere Deresi için zarar yaklaşık 2 kat artarken, Vakfikebir Fol Deresi için yaklaşık 9 kat artmaktadır. Ancak, hem hassasiyet, hem hükümet veya kamu kuruluşu tarafından yatırım bütçelerinin belirlenmesi, hem de tahliye ve arazi kullanım planlarının belirlenmesi açısından büyük yerleşim yerlerinde büyük tekerrür sürelerinin seçilmesi daha uygundur.

4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında çalışma bölgesi olarak Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan Değirmendere Deresi, Araklı Karadere Deresi ve Vakfikebir Fol Deresi seçilmiştir. Huntington, Eck ve Pistrika yöntemleri kullanılarak farklı tekerrürlü debilerde zarar tahmini yapılmış ve zarar oranları derecelendirilmiştir. Ayrıca Kılavuz, Dinh ve Rehber yöntemlerine göre risk derecelendirmesi yapılmıştır. Her bir bina için zarar derecelendirilmeleri ve risk sınıflandırmaları haritalar üzerinde gösterilmiştir. Bunlara ilaveten; bölgesel olarak ta zarar hesabı yapılarak, bina bazındaki zarar hesabı ile arasındaki fark irdelenmiştir.

Bu tez çalışmasından elde edilen başlıca sonuçlar maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir:

- Taşkın debisine ait tekerrür süresi arttıkça su derinliği de arttığından; risk altındaki ve dolayısıyla zarar gören bina sayısı, maruz kalınan zarar oranı ve zarar miktarının parasal karşılığı artmaktadır ve risk sınıfı da değişmektedir. Bunun yanında, özellikle düşük tekerrür sürelerinde bazı bölgelerde zarar ihmal edilebilecek düzeydedir ve risk altında olan bina bulunmamaktadır. Örneğin; Değirmendere Deresi için yapılan hesaplarda Q_{50} iken zarar oluşmasına rağmen, bölge olarak daha küçük olan Vakfikebir Fol Deresi için Q_{50} 'de ve Araklı Karadere Deresi için Q_{100} 'de zarar ihmal edilebilecek düzeydedir. Bu nedenle yapılacak bir taşkın yapısı için proje debisinin seçiminde, tekerrür süresi belirlenirken yerleşim yerinin büyüklüğü göz önünde bulundurulmalıdır.

- Zarar ve risk hesaplarına göre; Değirmendere Deresi'nde Q_{50} 'den Q_{100} 'e, Q_{100} 'den Q_{500} 'e ve Q_{500} 'den $Q_{1.000}$ 'e zarardaki artış miktarı %16–%30 arasında olurken, Vakfikebir için Q_{100} 'den Q_{500} 'e 2.5–3 kata kadar artış olduğu sonucu görülmüştür.

- Huntington yöntemi kat sayısı ve bodrumlu veya bodrumsuz olma gibi farklı parametreleri içerdiği için Eck yöntemine göre daha detaylı bir değerlendirme yapmaktadır. Huntington ve Eck yöntemlerinde elde edilen zarar miktarları ve zarar dereceleri birbirlerine yakındır. Çoğunlukla Eck yöntemi, Huntington yönteminden daha büyük sonuçlar vermiştir. Huntington yöntemi ile elde edilen sonuçların, Eck yöntemi ile elde edilen sonuçlardan büyük çıktığı tek bölge Değirmendere Deresi'dir. Bunun sebebi Değirmendere'deki tek katlı binaların diğer çalışma bölgelerindekilerden daha fazla olmasıdır.

- Pistrika yöntemi ile, Huntington ve Eck yöntemine göre yaklaşık 3 katı daha büyük zarar miktarları elde edilmiştir.

- Kılavuz, Dinh ve Rehber yöntemine göre yapılan risk sınıflandırması çalışmasında yöntemlere ait derinlik sınırları ve risk sınıf sayıları farklı olduğundan değerlendirmede de farklılıklar oluşmuştur. Özellikle Rehber yönteminde risk sınıfı belirlenirken taşkın hızı da hesaba katıldığı için diğer iki yöntemine göre oldukça farklı sonuçlar vermiştir. Genellikle risk Dinh yöntemine göre daha yüksek, Rehber yöntemine göre daha düşük, Kılavuz yöntemine göre ise bu iki yöntemin arasında hesaplanmaktadır.

- Bölge ve bina bazında yapılan taşkın zarar hesabında, tüm çalışma bölgeleri için derinliğe bağlı Huntington ve Eck yöntemiyle elde edilen zarar miktarları, bölge bazındaki hesapta bina bazındaki hesaba göre oldukça düşük çıkmıştır. Hem taşkın derinliği, hem de taşkın hızının kullanıldığı Pistrika yöntemi ile elde edilen zarar miktarları, bölge bazındaki hesapta bina bazındaki hesaba göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum, sokaklarda binaların maruz kaldığı taşkın derinliğinin ortalama derinlikten fazla, taşkın hızının ise ortalama hızdan küçük olmasından kaynaklanmaktadır.

- Bina ve bölge bazında elde edilen sonuçlar oldukça farklıdır. Bu nedenle bina zarar hesabında hem daha hassas sonuç elde edilmesi için, hem de zarar görebilecek binaların önlem alınması açısından öncelik sırasını belirlemek için her bir bina için tek tek hesap yapılmasının daha iyi olacağı sonucuna varılmıştır.

5. ÖNERİLER

Taşkın zarar hesabı ve risk değerlendirmesi ile ilgili öneriler maddeler halinde aşağıda özetlenmiştir;

- Doğu Karadeniz Bölgesi için uygun taşkın zarar hesap yönteminin belirlenmesi veya bölgeye uygun yeni bir zarar hesap yönteminin oluşturulabilmesi için bölgede gelecekte yaşanacak taşkınlarla ilgili detaylı zarar miktarı hesabı yapılması büyük önem taşımaktadır.

- Taşkın açısından riskli olan Doğu Karadeniz Havzası'nın genelinde taşkın risk belirleme çalışmaları yapılmalı ve büyük derecede riskli olan bölgeler ortaya konulmalıdır. Daha sonra hem yapılı (özellikle üst havza) hem de yapısız tedbirler ile bu riskler azaltılmalıdır.

- Tüm bunlara ilaveten yeni bir taşkın zarar hesap çalışması için, farklı değerlendirme parametreleri kullanan veya yeni çıkacak olan taşkın zarar tahmin yöntemlerinin Doğu Karadeniz Bölgesi için değerlendirilmesi ve doğrulanması taşkın açısından hassas bir bölge için çok faydalı olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akçay, F., 2018. Doğu Karadeniz Havzası Aylık ve Yıllık Ortalama Akımlarının Eğilim (Trend) Analizi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Anonim, 2014. Taşkın Riski Yönetim Planlarının Hazırlanması Kılavuzları, Taşkın Direktifinin Uygulanması İçin Kapasitenin Geliştirilmesi AB Eşleştirme Projesi.
- Anonim, 2018. Flood Depth and Analysis Grids, Guidance for Flood Risk Analysis and Mapping.
- Apel H., Thielen, A., H., Merz, B. ve Blöschl, G., 2006. A Probabilistic Modelling System for Assessing Flood Risks, Natural Hazards, 38, 79–100.
- Baldassarre, G., D., 2012. Floods in a Changing Climate, Cambridge Üniversitesi Press, New York.
- Balkanoğulları, F. ve Günay, S., 2010. Kırklareli–Vize Deresi Havzası Yağış ve Akım Karakteristikleri, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Yayın No:TAGEM–BB–TOPRAKSU–2010/83, Kırklareli.
- Bin, O., Kruse, J., B. ve Landry, C., E., 2008. Flood Hazards, Insurance Rates, and Amenities: Evidence From the Coastal Housing Market, Journal of Risk and Insurance, The American Risk and Insurance Association, 75, 1, 63–82.
- Bin, O. ve Landry, C., E., 2013. Changes in Implicit Flood Risk Premiums: Empirical Evidence From the Housing Market, Journal of Environmental Economics and Management, 65, 3, 361–376.
- Cammerer, H., Thielen, A., H. ve Lammel, J., 2013. Adaptability and Transferability of Flood Loss Functions in Residential Areas, Nat Hazards Earth System Sciences, 13, 3063–3081.
- Cançado, V., Brasil, L., Nascimento, N. ve Guerra, A., 2008. Flood Risk Assessment in an Urban Area: Measuring Hazard and Vulnerability. Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage, (CUD' 08), Edinburgh, Scotland.
- Chen, A., S., Hammond, M., J., Djordjevic, S., Butler, D., Khan, D., M. ve Veerbeek, W., 2016. From Hazard to Impact: Flood Damage Assessment Tools for Mega Cities, Natural Hazards, 82, 857–890.
- Civelek, C., 2013. Taşkın Kontrolünde Tasarım Debinin Ekonomik Kriterlere Göre Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

- Çelik, H., E., 2012. Sel Kontrolünde Hidroloji, Çem Sel Kontrolü Semineri, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Afyonkarahisar.
- Davis, S., A. ve Skaggs, L., L., 1992. Catalog of Residential–Damage Functions Used by the Army Corps of Engineers in Flood Damage Estimations, Ft. Belvoir, U.S. Army Corps of Engineers Water Resources Support Center Institute For Water Resources.
- De Moel, H. ve Aerts, J., C., J., H., 2011. Effect of Uncertainty in Land Use, Damage Models and Inundation Depth on Flood Damage Estimates, Natural Hazards, 58, 407– 425.
- Dinh, Q., Balica, S. ve Popescu, I., 2012. Climate Change Impact on Flood Hazard, Vulnerability and Risk of the Long Xuyen Quadrangle in the Mekong Delta, International Journal of River Basin Management, 10, 1, 103–120.
- Doğu, A., 2016. Kırıkkale Çoruhözü Deresinin Taşkın Pik Debilerinin Hesaplanması ve Bir Boyutlu Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- Erkek, C. ve Ağralıoğlu, N., 2013. Su Kaynakları Mühendisliği. Beta Yayınevi, İstanbul.
- FEMA, 2018. Guidance for Flood Risk Analysis and Mapping, Flood Depth and Analysis Grids, Guidance Document 14, U.S.
- Girayhan, T., F., 2015. Nicel Taşkın Risk Değerlendirmesiyle Zarar Modellemesi ve Metodolojinin Geliştirilmesi, Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, DSİ, Ankara.
- Green, C., H., 2003. A Handbook of Water Economics, Chichester: John Wiley.
- Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J., I., Bates, P., D., Feyen, L., Gericke, A., Neal, J., Aerts, J., C., J., H. ve Ward P., J., 2012. Comparative Flood Damage Model Assessment: Towards a European Approach, Natural Hazards and Earth System Science, 12, 3733–3752.
- Jung, Y., Kim, D., Kim D., Kim, M. ve Lee S., O., 2014. Simplified Flood Inundation Mapping Based on Flood Elevation–Discharge Rating Curves Using Satellite Images in Gauged Watersheds, Water, 6, 1280–1299.
- Karaaslan, H., N., 2010. Estimation of Specific Flow Duration Curves Using Basin Characteristics of Rivers In Solaklı and Karadere Basins, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Karstarlı, Ç., Kömürcü, M., İ., Akpınar, A., Uzlu, E., Kankal, M. ve Önsoy, H., 2011. Doğu Karadeniz Havzasındaki Hidroelektrik Potansiyelin Analizi, 2. Su Yapıları Sempozyumu, Eylül, Diyarbakır, Bildiriler Kitabı: 129–138.

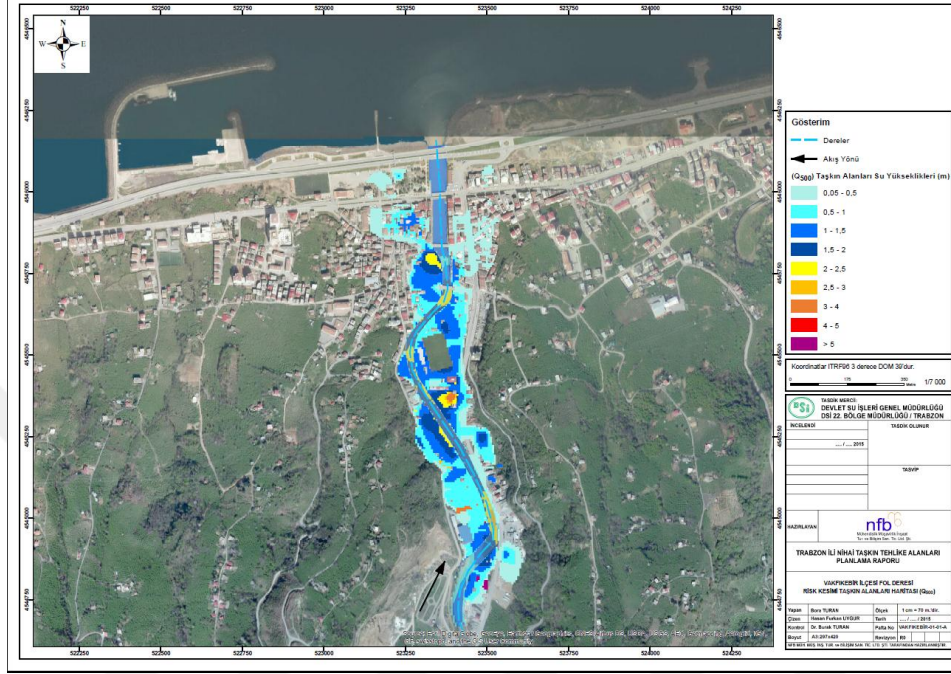
- Kılıçaslan, A., 1994. Trabzon–Değirmendere Havzasının Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Kreibich, H., Piroth, K., Seifert, I., Maiwald, H., Kunert, U., Schwarz, J., Merz, B. ve Thieken, A., H., 2009. Is Flow Velocity a Significant Parameter in Flood Damage Modelling?, Natural Hazards and Earth System Science, 9, 1679–1692.
- K.T.Ü., 2007. Çevresel Koruma Amaçlı Olarak Trabzon–Değirmendere Havzası için Mülkiyet Yönetim Fonksiyonlarının Geliştirilmesi ve Kırsal Arazi Düzenlenmesinin Modellenmesi (DEVAMOD) Projesi Sonuç Raporu.
- Kubal, C., Haase, D., Meyer, V. ve Scheuer, S., 2009. Integrated Urban Flood Risk Assessment – Adapting a Multicriteria Approach to a City. Natural Hazards and Earth System Sciences, 9, 1881-1895.
- Lee, E.H. ve Kim J.H., 2018. Development of a Flood–Damage–Based Flood Forecasting Technique, Journal of Hydrology, 563, 181–194.
- Masood, M. ve Takeuchi, K., 2012. Assessment Of Flood Hazard, Vulnerability and Risk of Mid–eastern Dhaka Using DEM and 1D Hydrodynamic Model, Natural Hazards, 61, 757–770.
- McGrath, H., Stefanakis, E. ve Nastev, M., 2015. Sensitivity Analysis of Flood Damage Estimates: A Case Study in Fredericton, New Brunswick, International Journal Disaster Risk Reduction, 14, 379–387.
- Merz, B., Kreibich, H., Thieken, A. ve Schmidtke, R., 2004. Estimation Uncertainty of Direct Monetary Flood Damage to Buildings. Natural Hazards and Earth System Science, 4, 153–163.
- Messner, F., Penning–Rowell, E., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S. ve Van Der Veen, A., 2007. Evaluating Flood Damages: Guidance and Recommendations on Principles and Methods, Floodsite Project, HR Wallingford, UK.
- Meyer, V., Scheuer, S. ve Haase, D., 2009. A Multicriteria Approach for Flood Risk Mapping Exemplified at the Mulde River, Germany, Natural Hazards, 48, 17–39.
- MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <http://www.mgm.gov.tr/> 09.07.2016.
- Mimi, Z. ve Assi, A., 2009. Intrinsic Vulnerability, Hazard and Risk Mapping for Karst Aquifers: A Case Study, Journal of Hydrology, 364, 298–310.
- Mwale, F.D., 2014. A Contemporary Management Framework Quantification of Flood Risk in Rural Lower Shire Valley, Malawi, PhD thesis, Heriot Watt University, Edinburgh, UK.

- NFB, 2014. 22. Bölge Trabzon İli Taşkın Tehlike Alanları Raporu ve Mühendislik Hizmetleri Yapımı İşi Hidroloji Planlama Raporu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ 22. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü, Trabzon.
- NFB, 2015. Giresun İli Nihai Taşkın Tehlike Alanları Planlama Raporu Özeti, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ 22. Bölge Müdürlüğü Havza Yönetimi İzleme ve Tahsisler Şube Müdürlüğü, Trabzon.
- Notaro, V., De Marchis, M., Fontanazza, C.M., La Loggia, G., Puleo, V. ve Freni, G., 2014. The Effect of Damage Functions on Urban Flood Damage Appraisal, Science Direct, 70, 1251–1260.
- Ouma, Y.O. ve Tateishi, R., 2014. Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment, Water, 6, 1515–1545.
- Özalp, D., 2009. Dere Taşkın Risk Haritalarının Cbs Kullanılarak Oluşturulması ve Cbs ile Taşkın Risk Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özşahin, E. ve Kaymaz, Ç.K., 2013. Taşkın Riskinin Değerlendirmesine Bir Örnek: Amik Ovası Taşkınları, Turkish Studies-International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic, 8, 2021–2039.
- Pistrika, A., K. ve Jonkman, S., N., 2010. Damage to Residential Buildings Due to Flooding of New Orleans After Hurricane Katrina, Natural Hazards, 54, 413–434.
- Pistrika, A., Tsakiris, G. ve Nalbantis, I., 2014. Flood Depth-Damage Functions for Built Environment, Springer International Publishing Switzerland, 1, 553–572
- Prettenthaler, F., Amrusch, P. ve Habsburg-Lothringen, C., 2010. Estimation of an Absolute Flood Damage Curve Based on an Austrian Case Study Under a Dam Breach Scenario. Natural Hazards Earth System Sciences, 10, 881–894.
- Sampson, C.C., , Smith, A.M., , Bates, P.D., , Neal, J.C. Alfieri, L. ve Freer, J.E., 2015. A High Resolution Global Flood Hazard Model, Water Resources Research, 51, 7358–7381.
- Satılmış, U., 2015. Değirmendere Havzası (Trabzon) Yerüstü Su Kalitesinin Mekana ve Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Selek, B. ve Darama, Y., 2013. Taşkın Strateji Eylem Planı Kapsamında DSİ Çalışmaları, 3.Ulusal Taşkın Sempozyumu, İstanbul.

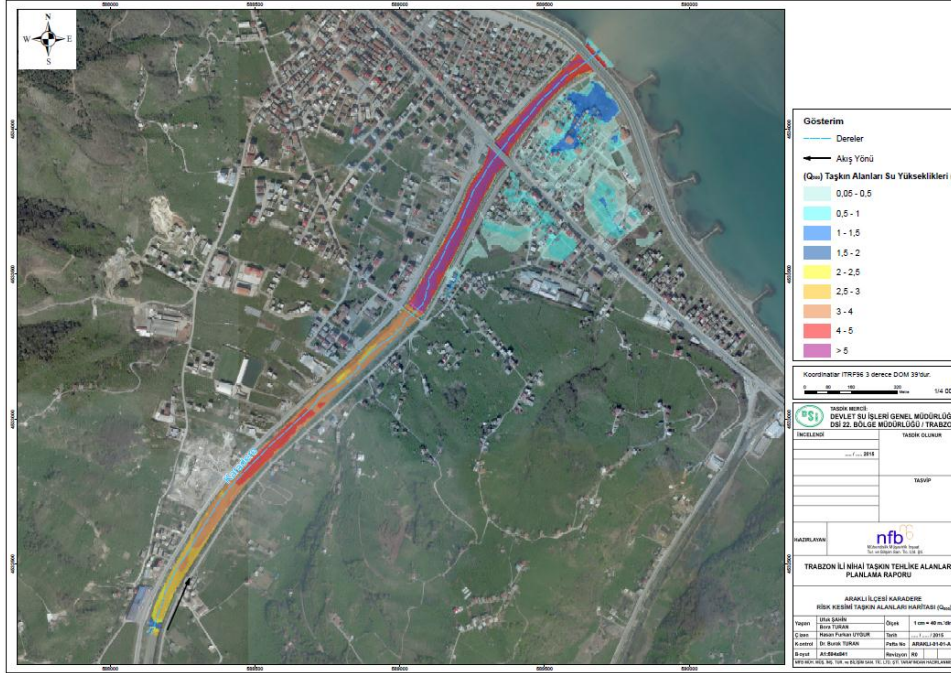
- Serencam, U., 2013. Taşkın Zararları ve Zarar Görebilirlik Analizi: Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi Örneği, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- SOBEK, 2017. Hydrodynamics, Rainfall Runoff and Real Time Control User Manual, Deltares.
- Shrestha M. S., Grabs, W.E. ve Khadgi, V.R., 2015. Establishment of A Regional Flood Information System in the Hindu Kush Himalayas: Challenges and Opportunities, International Journal of Water Resources Development, 31, 2, 238–252.
- Sönmez, O., Öztürk, M. ve Doğan, E., 2012. İstanbul Derelerinin Taşkın Debilerinin Tahmini, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 16, 2, 130–135.
- Taş, E., 2014. Havza Planlaması ve Yönetimi: Trabzon Değirmendere Havzası Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taş, E., İcağa, Y. ve Zorluer, İ., 2016. Taşkın Yayılım Haritalarının Oluşturulması ve Taşkın Zarar Analizi: Akarçay Afyon Alt Havzası Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16, 711–721.
- Tingsanchali, T. ve Karim, M.F., 2005. Flood Hazard and Risk Analysis in the Southwest Region of Bangladesh, Hydrological Processes, 19, 10, 2055–2069.
- Tran, P., Shaw, R., Chantry, G. ve Norton, J., 2009. GIS and Local Knowledge in Disaster Management: a Case Study of Flood Risk Mapping in Viet Nam, Disasters, 33, 152–169.
- Turan, B., Akçalı, E. ve Turan, B., 2016. Doğu Karadeniz Sahil Kesiminde Taşkın Etkisinin Taşkın Tehlike Haritaları ile Analizi, 4.Ulusal Taşkın Sempozyumu, Tebliğler El Kitabı, 529:546.
- Türker, O. ve Dinçer, S., 1991. İçme Suyu Arıtma Tesisleri İşletme ve Bakım Semineri, İller Bankası Genel Müdürlüğü.
- Udale–Clarke, H., Ramsbottom, D., Dyer, B., Wade, S., Dominguez, S.S., Bain, V., Davison, M. ve Surendran, S., 2005. Flood Risk Assessment Guidance for New Development, Defra, Environment Agency, Flood and Coastal Defence R&D Programme, U.K.
- URL–1, http://www.suyonetimi.gov.tr/Libraries/su/PartB2–Dalaman_Ovasi_Uygulamasi–_V1.sflb.ashx. 22.05.2017.
- URL–2, <http://www.turkiyehabermerkezi.com/gundem/karadeniz039de–26–yillik–sel–bilancosu–haberi–68145>. 26.09.2016.
- URL–3, <http://www.trabzon.gov.tr/cografi-ozellikleri>. 18.09.2018

- URL-4, <http://www.trabzonkulturturizm.gov.tr/TR,57627/tonya.html>. 19.09.2018
- URL-5, <https://www.haritatr.com/harita/Fol-Deresi/93355>. 04.09.2018.
- URL-6, <http://docplayer.biz.tr/23181905-Bangal-regulatoru-ve-kusluk-hidroelektrik-santrali.html>. 20.09.2018
- URL-7, http://www.jmo.org.tr/mevzuat/mevzuat_detay.php?kod=224. 04.04.2017.
- URL-8, http://taskinyonetimi.suyonetimi.gov.tr/taskin/Files/Outputs/TRYP_Kilavuzlar.pdf 22.05.2017.
- URL-9, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/04/20180426.pdf>. 26.04.2018.
- USACE, 1985, Business Depth-Damage Analysis Procedures, U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources.
- Van Eck, N.V. ve Kok, M., 2001. Standaard Methode Schade en Slachtoffers Als Gevolg Van Overstromingen, Dienst Weg-en Waterbouwkunde, Ministerie van Rijkswaterstaat, Netherlands.
- Xu, H., Ma, J., Lian, J., Xu, K. ve Chaima, E., 2018. Urban Flooding Risk Assessment Based on an Integrated k-means Cluster Algorithm and Improved Entropy Weight Method in the Region of Haikou, China, Journal of Hydrology, 563, 975-986.
- Yeğin, M., 2015. Flood Risk Mapping Using Economic, Environmental and Social Dimensions, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zin, W., Kawasaki, A. ve Takeuchi, W., 2018. Flood Hazard Assessment of Bago River Basin, Myanmar, Journal of Disaster Research, 13, 1, 14-21.

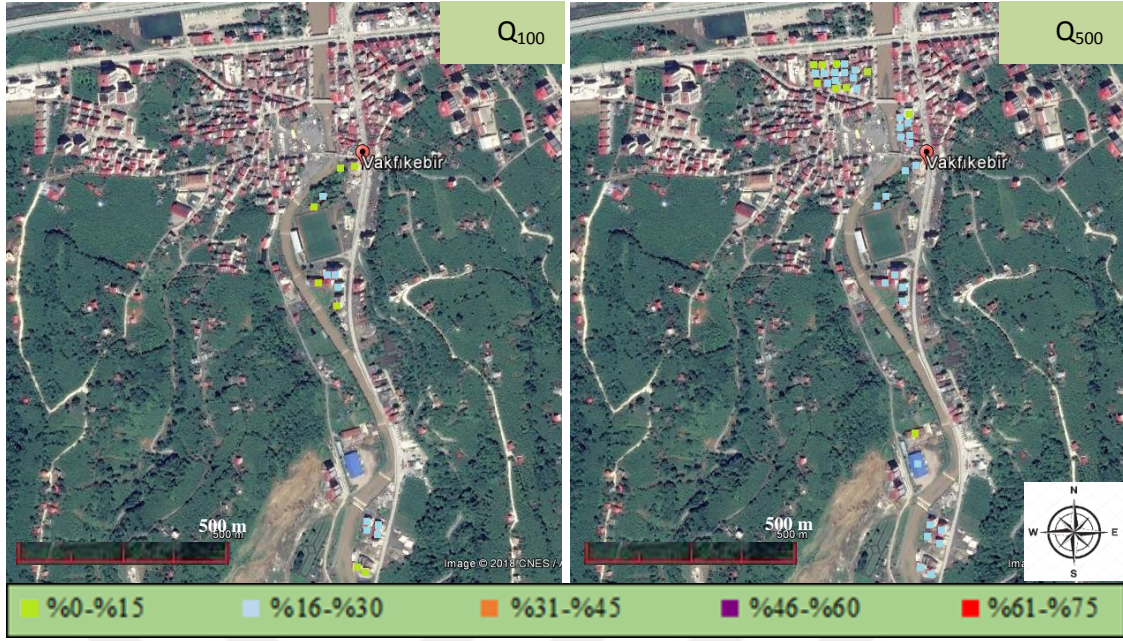
7. EKLER



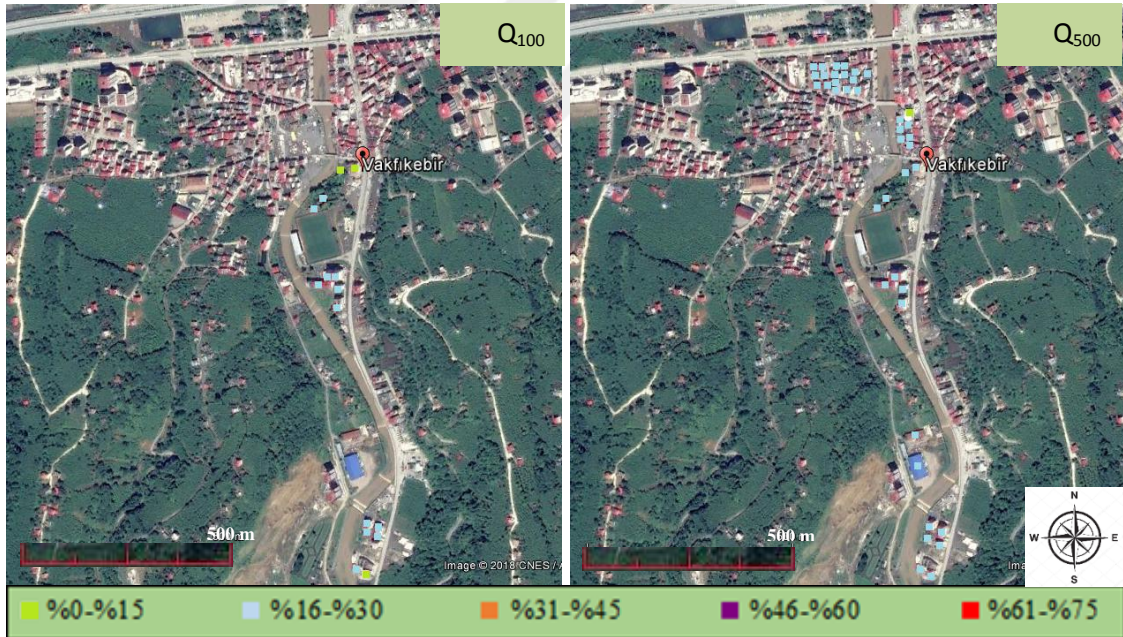
Ek Şekil 1. Vakfıkebir İlçesi Fol Deresi taşkın alanları haritası (Q₅₀₀) (NFB, 2014)



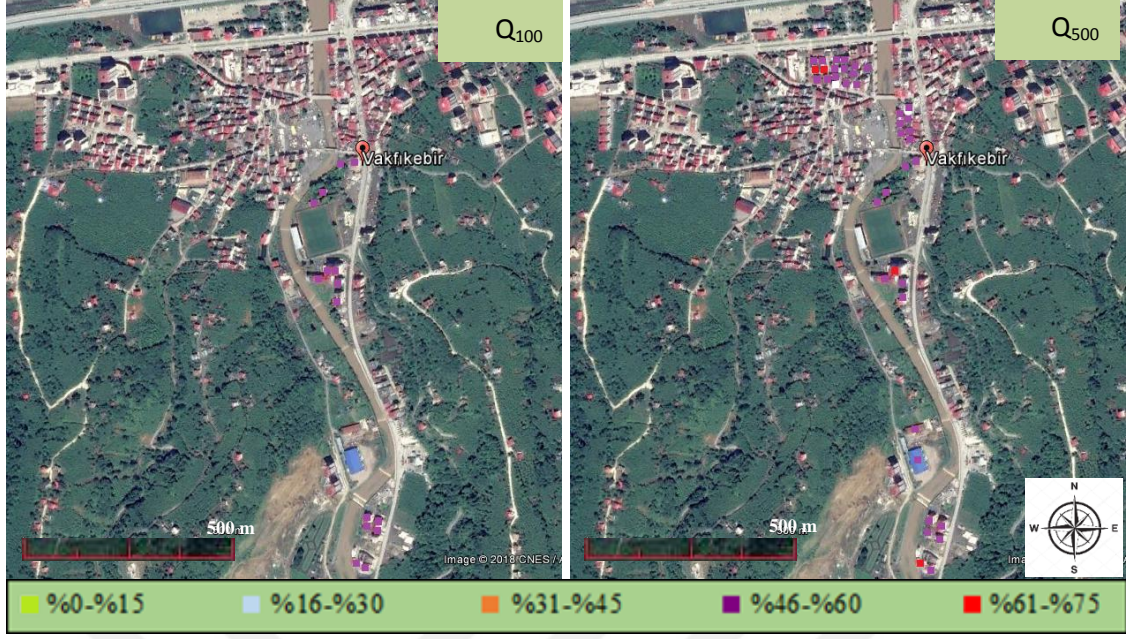
Ek Şekil 2. Araklı İlçesi Karadere Deresi taşkın alanları haritası (Q₅₀₀) (NFB, 2014)



Ek Şekil 3. Vakfıkebir Fol Deresi için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme



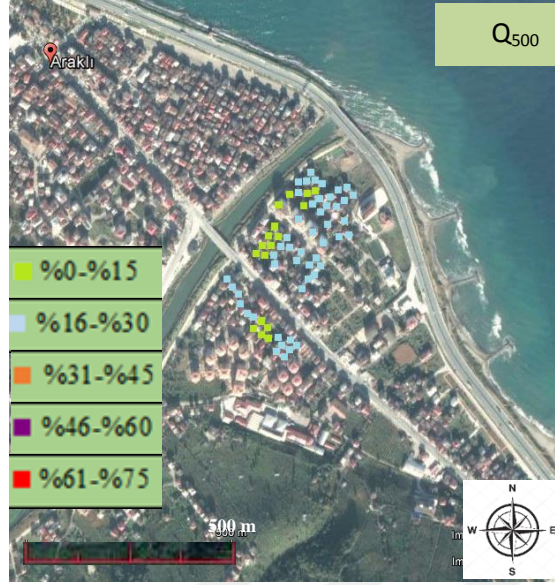
Ek Şekil 4. Vakfıkebir Fol Deresi için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme



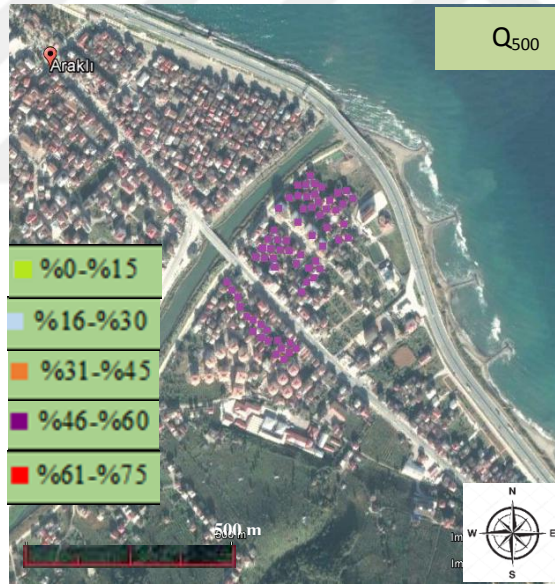
Ek Şekil 5. Vakfıkebir Fol Deresi için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme



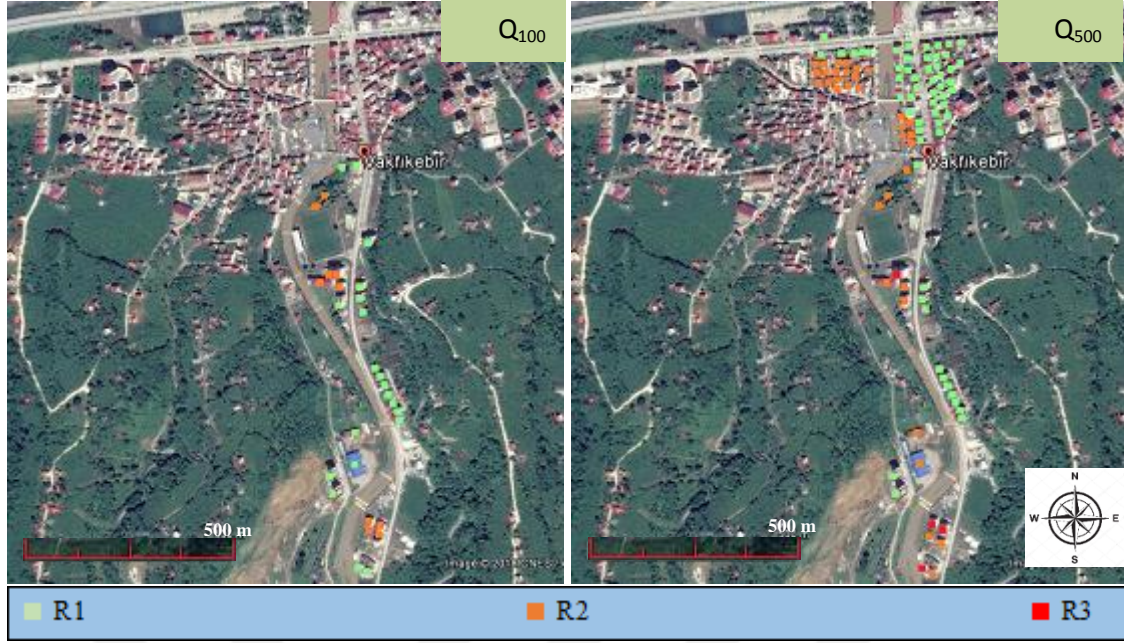
Ek Şekil 6. Araklı Karadere için Hunginton yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme



Ek Şekil 7. Araklı Karadere Deresi için Eck yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme



Ek Şekil 8. Araklı Karadere Deresi için Pistrika yöntemine göre taşkın zarar derecelendirme



Ek Şekil 9. Vakfıkebir Fol Deresi için Kılavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma



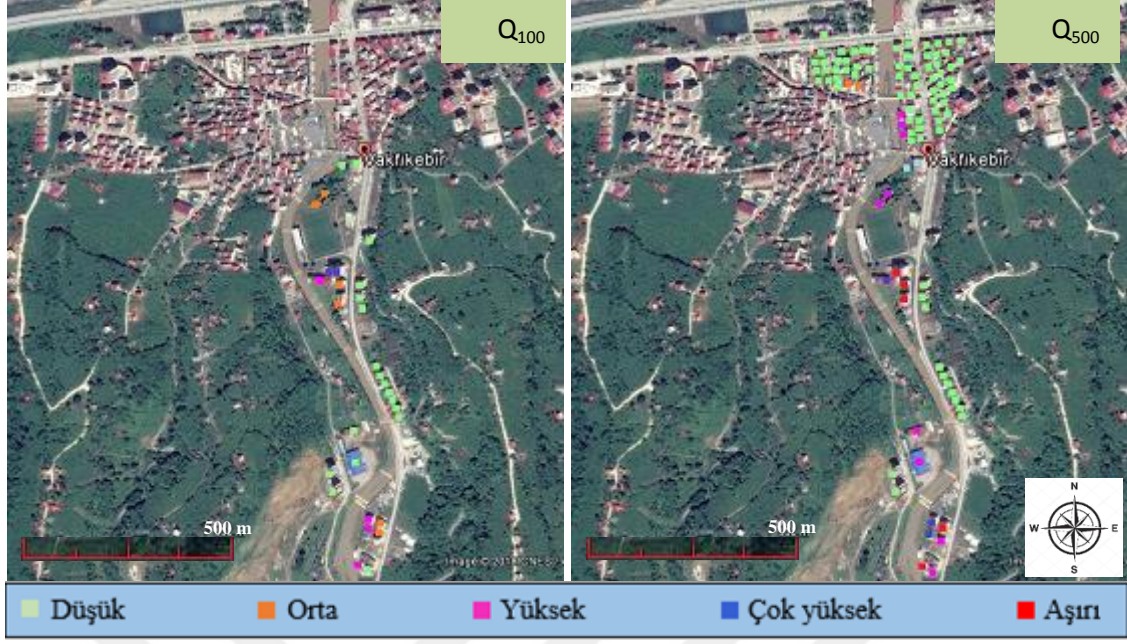
Ek Şekil 10. Araklı Karadere Deresi için Kılavuz yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma



Ek Şekil 11. Vakfikebir Fol Deresi için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma



Ek Şekil 12. Araklı Karadere Deresi için Dinh yöntemine göre taşkın risk sınıflandırma



Ek Şekil 13. Vakfıkebir Fol Deresi için Rehber göre taşkın risk sınıflandırma



Ek Şekil 14. Araklı Karadere Deresi için Rehber göre taşkın risk sınıflandırma

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında İstanbul'da doğdu. Lise tahsilini Erzincan Milli Piyango Anadolu Lisesinde tamamladı. 2003 yılında girdiği Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden 2007 yılında mezun oldu. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde başladığı Yüksek Lisans öğrenimini 2013 yılında tamamladı. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde doktora öğrenimine başladı. 2009 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Kemaliye Hacı Ali Akın Meslek Yüksekokulunda Mimari Restorasyon Bölümüne uzman olarak atandı. Göreve başladığı ilk iki yıl Yapı İşleri Daire Başkanlığında inşaat mühendisi olarak görev yaptı. 2011-2013 yılları arasında Kemaliye Hacı Ali Akın Meslek Yüksekokulunda çalıştı. 2013 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde görevlendirildi. 2014 yılında Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne araştırma görevlisi olarak atandı ve burada görevine devam etmektedir. Yabancı dili İngilizce olup, C seviyesidir.