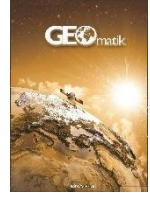




GEOMATİK

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi

Esin Oğuz¹, Kahraman Oğuz^{*2}, Kurtuluş Öztürk¹

¹Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Tahminler Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

²Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Düzce Bölgesi
Taşkın Modellemesi
Taşkın Duyarlılık Alanları
Coğrafi Bilgi Sistemleri
Analitik Hiyerarşi Yöntemi

ÖZ

Son yıllarda ülkemizde sıkça yaşanan taşkın olayları, önemli can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Düzce bölgesi, coğrafi yapısı nedeniyle taşkın olaylarının sıkça yaşandığı bölgelerden birisidir. Bu çalışmada, yağışa bağlı taşkın duyarlılık alanlarındaki değişimi görmek amacıyla iki farklı koşula göre Düzce bölgesinin taşkın duyarlılık alanları modellenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, uzun yıllar yağış ölçüm verilerine göre taşkın duyarlılık alanları modellenmiştir. İkinci aşamada ise, Düzce’de 17-18 Temmuz 2019 tarihinde gerçekleşen taşkına ait yağış verileri ile tekrar modelleme yapılmıştır. Bu yolla, hem uzun yıllar yağış verilerine göre, hem de taşkın olayının gerçekleştiği güne ait yağış verileri ile taşkın duyarlılık haritaları üretilerek aradaki değişim karşılaştırılmıştır. Çalışmada yağış verilerinin dışında eğim, bakı, akarsuya uzaklık, jeoloji, arazi kullanım ve toprak haritaları gibi diğer sayısal haritalardan yararlanılmıştır. Modelleme yapılırken son yıllarda sıkça kullanılan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre öncelikle taşkına duyarlılık durumları göz önünde bulundurularak haritalara ağırlık dereceleri işlenmiştir. Sonrasında haritalar üst üste karşılaştırılarak her iki senaryo için ayrı ayrı modelleme aşaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, ÇKKV-AHY gibi istatistiksel yöntemler, CBS teknikleri ve radar ürünleri ile yapılan tespitlerin gerçekleşen taşkın hadiselerinin analizinde kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Determination of flood susceptibility areas of Düzce region

Keywords

Düzce Region
Flood Modeling
Flood Susceptibility Areas
Geographical Information Systems
Analytical Hierarchy Method

ABSTRACT

Frequent flood events have been causing remarkable loss of life and property in Turkey in recent years. Düzce is one of the regions where flood events are frequently experienced due to its geographical structure. In this study, flood susceptibility areas in Düzce region are modeled with two different conditions in order to investigate the changes in the flood susceptibility areas due to precipitation. In the first stage of the study, flood susceptibility areas are modeled by using long-term records of rainfall data. In the second stage, remodeling is done by employing the rainfall data of the flood event occurred on 17-18 July 2019 in Düzce. Long-term rainfall amount and the rainfall amount measured during the flood event are obtained and the variation between them is investigated. In addition to rainfall data, other digital maps such as slope, aspect, distance to stream, geology, land use and soil maps are used in the study. Analytical Hierarchy Method, which is one of the Multi-Criteria Decision Making Methods that has been used frequently in recent years is selected and the degrees of gravity are recorded on the maps by considering the flood susceptibility. The maps are overlapped and the modeling phase is carried out separately for both scenarios. As a result of the study, it is depicted that the results obtained by means of GIS techniques, weather radar products as well as statistical methods such as Multi-Criteria Decision Making Methods, can be used efficiently in the analysis of flood events.

*Sorumlu Yazar

(esoguz@mgm.gov.tr) ORCID ID 0000-0001-5449-0613

(koguz@mgm.gov.tr) ORCID ID 0000-0001-5305-6145

(kozturnk@mgm.gov.tr) ORCID ID 0000-0002-9395-3040

Kaynak Göster (APA)

Oğuz E, Oğuz K & Öztürk K (2022). Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi. *Geomatik*, 7(3), 220-234

1. Giriş

Taşkınlar; uzun süreli şiddetli yağışlar, heyelanlar, kar erimesi, barajlar ve/veya depolanma tesislerinden kontrolsüz su bırakılması, nehir yataklarının kontrolsüz kentleşmeye açılması sonucu akarsu yataklarının daralması gibi nedenlerle, yerleşim alanlarına, çevre arazilere, alt yapı tesislerine zarar vererek, taşkın meydana geldiği bölgede sosyal ve ekonomik faaliyetlerin kesintiye uğramasına sebep olan, canlı hayatını olumsuz yönde etkileyen maddi ve manevi kayıplara sebep olan doğal afet çeşitlerinden biridir (Demir ve Keskin, 2021). Son yıllarda ülkemizde sıklıkla görülen taşkınlar, önemli maddi ve manevi kayıplara yol açan doğal afet çeşitlerinden birisidir. Hidro-meteorolojik afetlerin etkisi ve şiddeti son yıllarda giderek artmaktadır. İlerleyen yıllarda da küresel iklim değişikliğinin ve artan çarpık kentleşmenin etkisiyle, hidro-meteorolojik afetlerde daha fazla artışlar beklenmektedir (Kadıoğlu ve Özdamar, 2008). Bu durumun ekonomik kayıpları beraberinde getirmesi de kaçınılmazdır. Türkiye İklim Değişikliği Risk Yönetimi Raporu, iklim değişikliği nedeniyle ülkemizde görülen sellerin sebep olduğu ekonomik kayıpların, depremler sebebiyle gerçekleşen ekonomik kayıplara eşit olduğunu vurgulamaktadır (Kadıoğlu, 2012). Küresel iklim değişikliğinin etkileri, iklim kuşaklarının kayması, hava sıcaklıklarında artışların olması, buzulların erimesi, buzulların erimesine bağlı deniz seviyelerinde yükselme olarak bilinse de, bu etkenlerin beraberinde getirdiği şiddetli fırtınalar ve yağışlar gibi meteorolojik hadiseler sonucu taşkın ve sel hadiselerinin şiddeti ve sıklığında artış görülmektedir. Atmosferdeki nem, yağışı etkileyen bir parametredir ve hava sıcaklıklarındaki artış ile birlikte atmosferdeki nem miktarı da artar. Özalp (2009) tarafından belirtildiği üzere, Karadeniz ve Akdeniz sahillerinde olduğu gibi nemli hava akışına dik yüksek rakımlı alanlarda şiddetli yağışlar ve büyük taşkınlar oluşur. Yağış parametresi taşkını etkileyen önemli bir etken olmasına rağmen, hatalı arazi kullanımı, akarsu yataklarının ve havza özelliklerinin tahribatı gibi olaylar da yaşanabilecek taşkınların büyüklüğünü etkilemektedir. Bunun yanında akarsular üzerine inşa edilen bazı yapılar, riskli olmayan özelliklerin riskli olarak analiz edilmesine sebep olmaktadır. Bu ise, akarsu yataklarında arazi kullanımı açısından yapılacak risk yönetimi çalışmalarında bazı yeni planların dikkate alınmasına neden olmaktadır (Özdemir, 2007).

Tüm dünyada taşkın risk ve duyarlılık analizi amacıyla bazı yöntem ve araçlar geliştirilmiştir. Risk yönetimi sistematik bir süreç olup, riskin belirlenmesi, çözümlenmesi ve büyüklüğünün tespit aşamalarından oluşur. Taşkın bölgelerinde risk yönetimi altında gerçekleştirilecek çalışmalar, özellikle taşkın sebep olacağı olumsuzlukları en aza indirmek, can ve mal kayıplarını önlemek için önemlidir. Taşkın risk yönetimi çalışmaları içerisinde, taşkın açısından riskler tespit edilmekte, senaryolar hazırlanmakta, zarar azaltma önlemleri seçilmekte, elde edilen analizler harita ve grafiklerle gözler önüne serilmekte, kullanılması muhtemel imkanlar tespit edilmekte ve sonrasında afet müdahalesi açısından optimum seçenekler hakkında

karar alınıp uygulamaya konulmaktadır (Özcan ve ark., 2009). Duyarlılık analizi de riski belirleme yöntemlerinden birisidir.

Dünyada taşkın analizi amacıyla geliştirilen en önemli araçlardan bir tanesi Coğrafi Bilgi Sistemleridir (CBS). CBS, son yıllarda özellikle risk ve duyarlılık analizlerinde sıkça kullanılmaktadır. Bu araç cazip kılan en önemli etkenlerden bir tanesi, uzaktan algılama ve CBS teknolojilerinin bir arada ve büyük bir coğrafyada kullanılabilir olmasıdır.

Uzun yıllardan beri taşkın risk ve duyarlılığına yönelik olarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak, Düzce bölgesi için yapılmış bir taşkın duyarlılık çalışması bulunmamaktadır. Bu çalışmada, Düzce ilinin farklı yağış koşulları göz önünde bulundurularak taşkın duyarlılık alanlarını belirlemek amacıyla; yer gözlemleri, meteorolojik radar ürünleri ve CBS teknolojisi ile havzaya ait morfolojik özellikler belirlenmiş ve havza karakteristik özelliklerine göre farklı senaryolar göz önüne alınarak çeşitli taşkın duyarlılık haritaları oluşturulmuştur.

2. Yöntem

2.1. Çalışma alanı ve başlıca özellikleri

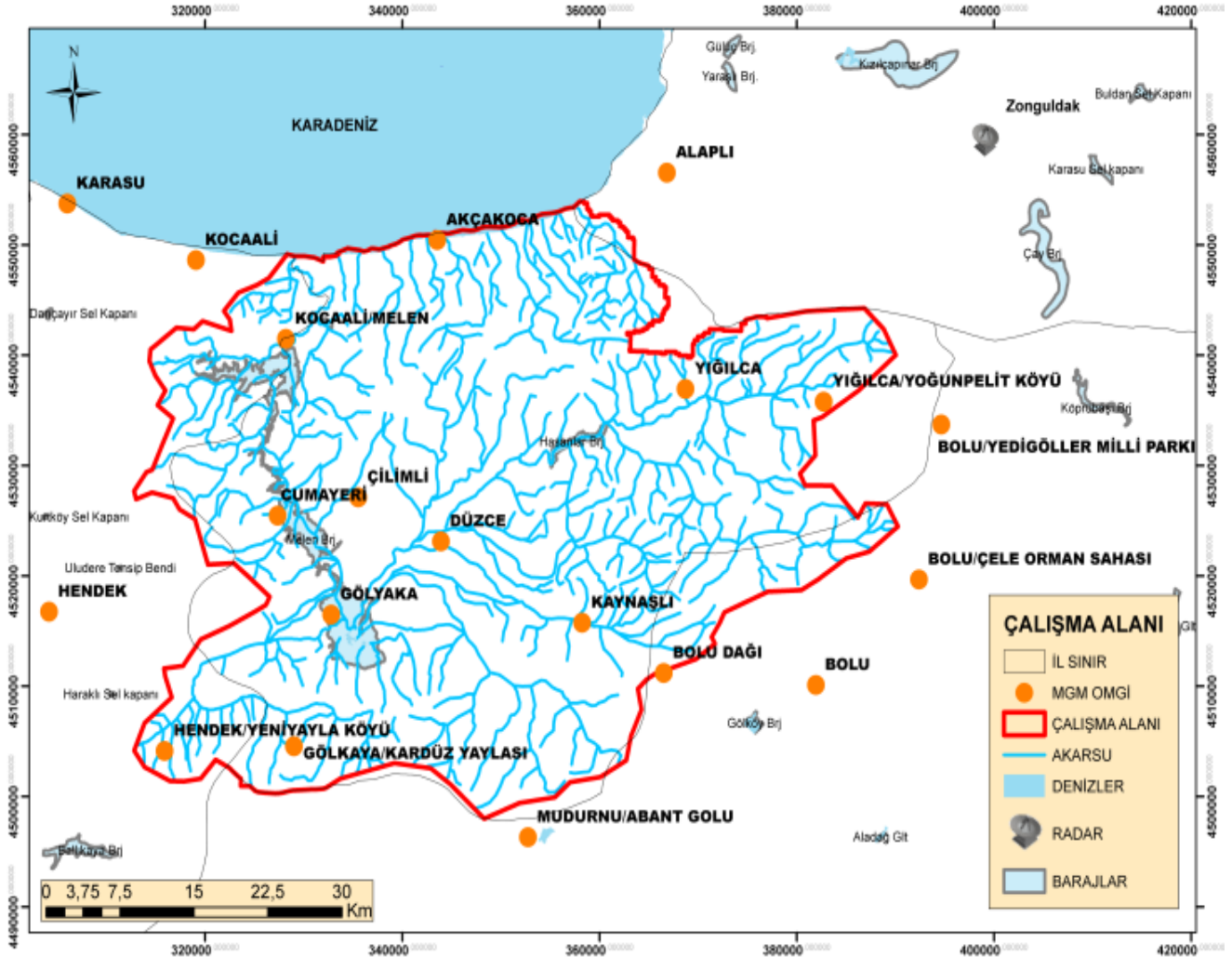
Çalışma alanını içeren Düzce ili, Karadeniz Bölgesi'nin batısında yer almaktadır. Düzce havzasının ortasında 360 km² genişliğinde Düzce Ovası, doğusunda Bolu Dağları, batısında Sakarya, kuzeyinde Orhan Dağları ve Karadeniz, güneyinde ise Abant dağları bulunmaktadır (Özaslan ve ark., 2001). Düzce ilinde çoğunlukla Karadeniz iklimi hâkim olmaktadır. Coğrafi yapısı nedeniyle yoğun yağış almaktadır. Bölgede en fazla yağış, sonbahar ve kış aylarında görülmektedir. Yaz ayları ise sıcak ve az yağışlı geçmektedir. Düzce ilinin yıllık sıcaklık ortalaması 13-14°C, yıllık toplam yağış ortalaması ise 830 mm civarındadır. Yılın ortalama 144 günü yağışlı geçmektedir (MGM, 2021a).

Düzce havzası dik yamaçlı ve çevre kaynakları düze yakın ova tabanı topoğrafyası nedeniyle, hemen hemen bütün havza kenarlarında alüvyon yelpazesi olmuştur. Havzadaki akarsular ise fazlaca bükümlü ve menderesli kanallıdır. Akarsular alüvyon yelpazelerinin dış kısımlarının ortalama yatak eğimleri ile Efteni Gölü arasında düşük kot farkı bulunması, akarsu yataklarının çok sığ kalmasına sebep olmaktadır. Bu drenaj özellikleri Düzce havzası için taşkın-sellenme riski oluşturur (Özaslan ve ark., 2001).

Batı Karadeniz havzasında yer alan Düzce bölgesinde, özellikle Düzce il merkezi, Gümüşova, Çilimli, Cumayeri, Gölyaka ilçelerinin bulunduğu alanda yüksekliğin deniz seviyesine kadar indiği ve eğimin azaldığı, çalışma alanının diğer alanlarında ise yükseklikle birlikte eğimin arttığı görülmektedir. Şehirleşmenin yoğun görüldüğü Düzce merkezi ve çevre ilçelerinin çevresindeki yüksek dağların varlığı ile birlikte yerleşim yerlerinin deniz seviyesi yüksekliğinde ve eğimin düşük olması, zemin ve arazi kullanım özellikleri nedenleriyle birlikte şehirleşmenin büyük ölçüde havza su toplama alanında olması, yağış ile beraberinde bölgede taşkın olaylarına sebep olmaktadır.

Çalışma alanı, Düzce il merkezi ve ile bağlı Akçakoca, Kocaali/Melen, Çilimli, Cumayeri, Gölyaka, Yığılca, Kaynaşlı ve Hendek ilçelerinin bulunduğu havzayı kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı, seçili il ve ilçeler ve dahil olduğu havzalar dikkate alınarak, CBS teknolojilerinden biri olan ArcGIS 10.3 programında ile

Arazi Verilerini Ön İşleme (ArcHydro Terrain Preprocessing), Su Toplama Alanını Poligonlama (Catchment Polygon Processing) yöntemiyle çizdirilerek belirlenmiştir. Havza alanı belirlenirken 10m Sayısal Yükseklik Modeli (Digital Elevation Model- DEM) verisi kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı

2.2. Araştırmanın modeli

Çalışmada Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi kullanılmıştır. ÇKKV, birden çok ve uyum içerisinde olmayan kriterleri barındıran ve bu duruma modelleme yaklaşımıyla bir çözüm sağlayan süreci tanımlar. ÇKKV hayatın pek çok alanında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Baysal ve Tecim, 2006). ÇKKV yönteminin temel amacı, fazla sayıda kriterlerin varlığı durumunda, tüm seçenekleri göz önünde bulundurarak süreci kontrol altında tutmak ve hızlı bir şekilde çözüme ulaşmaktır (Öztürk, 2009). CBS ortamında kullanılabilen birçok ÇKKV yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışmada, en sık kullanılan yöntemlerden birisi olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılmıştır. AHY, fazla sayıda alternatifin ve karar vericilerin varlığı durumunda, ele alınan kriterlere göre karar verme amacıyla kullanılır. Kriter seviyeleri ve hiyerarşik seçenekler içeren AHY, karar üzerinde etkisi bulunan parametreler açısından kararların yüzde dağılımlarını

göz önüne alan bir karar verme ve modelleme yöntemidir (Özcan, 2017).

AHY'nin ilk aşaması, problemin hiyerarşik yapılandırmasını içermektedir. Bu aşamanın temel amacı, karar verme problemini alt öğelere ayırmak ve bu öğelerin birbiriyle ilişkilerini göz önüne seren bir modelleme yapmaktır. Sonrasında bu öğeler gruplandırılarak hiyerarşik bir yapı tasarlanır. AHY'nin ikinci aşamasında; bir karşılaştırmanın yapılabilmesi amacıyla tercih matrisleri oluşturulur. Bu matris n x n boyutundadır. Matrisin köşegen bileşenleri i=j olması durumunda, 1 değerini alır. Parametreler arası karşılaştırma işlemi, aralarındaki önem durumlarına göre karşılıklı olarak yapılır (Özcan, 2017; Yaralıoğlu, 2004). İkili karşılaştırma yöntemi, çoklu grupların birbirleri ile olan ilişkilerini değerlendirdiğinden, karar verme konusundaki karışıklığın azaltılmasını sağlamaktadır (Erten ve Coşkun, 2010). Son aşama olarak ise, faktörlerin önem dereceleri belirlenir,

ağırlıklı çakıştırma analizi ile katmanlar toplanır ve sonuç dağılımları bulunur.

Çalışmada, CBS araçlarından biri olan ArcGIS 10.3 yazılımı kullanılmıştır. Veri seti olarak, 1/25000'lik ölçekli Topografya haritalarından üretilen sayısal yükseklik modeli, eğim, bakı, yağış, jeoloji, toprak, arazi kullanım ve akarsuya olan uzaklık haritaları; yöntem

olarak ise ÇKKV Yöntemlerinden biri olan AHY kullanılmıştır. Tüm bu harita katmanları, CBS ortamında alt sınıflara ayrılarak, taşkın gerçeğindeki etki durumlarına göre ağırlık dereceleri verilmiş ve sonrasında bu katmanlar üst üste getirilerek (toplanarak) taşkın duyarlılık alanları tespit edilmiştir.

Tablo 1. Taşkın Duyarlılığına İlişkin Parametrelerin Önem ve Hiyerarşik Yapısı

JEOLOJİ (A.D: 5)	⇒	PALEOSEN (GRAİNOYİDLER)	A.D: 8
		EOSEN (KIRINTILAR, YER YER KARASAL)	A.D: 9
		PALEOSEN-EOSEN (GRAİNOYİDLER)	A.D: 5
		VOLKANİTLER VE SEDİMENTER KAYALAR	A.D: 9
		ÜST KRETASE (DASİT, RİYOLİT, RİYODASİT)	A.D: 4
		ÜST KRETASE-EOSEN (NETRİT KİREÇ TAŞLARI, KIRINTILAR VE KARBONATLAR)	A.D: 2
		ÜST PALEOSEN-EOSEN (KIRINTILAR VE KARBONATLAR)	A.D: 2
ARAZİ KULLANIM (A.D: 5)	⇒	SU YOLLARI, DENİZ VE OKYANUS	A.D: 2
		LİMANLAR, MİNERAL ÇIKARIM SAHALARI, İNŞAAT SAHALARI	A.D: 7
		GENİŞ YAPRAKLI ORMANLAR, KARIŞIK ORMAN, KESİKLİ ŞEHİR, İĞNE YAPRAKLI ORMANLAR	A.D: 1
		ÇIPLAK KAYA	A.D: 7
		SULANMAYAN KARIŞIK TARIM	A.D: 2
		DOĞAL BİTKİ ÖRTÜSÜ İLE BİRLİKTE TARIM ALANLARI	A.D: 2
		BİTKİ DEĞİŞİM ALANLARI, DOĞAL ÇAYIRLIKLAR, SEYREK BİTKİ ALANLARI	A.D: 3
EĞİM (A.D: 8)	⇒	0° - 3°	A.D: 9
		3° - 10°	A.D: 7
		10° - 20°	A.D: 5
		20° - 30°	A.D: 3
		30° >	A.D: 1
TOPRAK (A.D: 6)	⇒	YERLEŞİM (YR)	A.D: 8
		ALÜVYAL TOPRAKLAR (A)	A.D: 9
		KAHVERENGİ ORMAN TOPRAKLARI (M)	A.D: 5
		KOLÜVYAL TOPRAK (K)	A.D: 9
		KIRMIZI SARI PODZOLİK TOPRAK (Y)	A.D: 4
		YÜKSEK DAĞ ÇAYIR TOPRAK (Y)	A.D: 2
		KİREÇSİZ KAHVERENGİ ORMAN TOPRAKLARI(N)	A.D: 2
BAKİ (A.D: 7)	⇒	GÜNEY-GÜNEYDOĞU-GÜNEYBATI	A.D: 1
		DOĞU-BATI	A.D: 4
		DÜZ	A.D: 9
		KUZEY	A.D: 7
		KUZEYDOĞU-KUZEYBATI	A.D: 5
AKARSUYA OLAN UZAKLIK (A.D: 7)	⇒	0 - 208 m	A.D: 9
		208 - 430 m	A.D: 8
		430 - 665 m	A.D: 7
		665 - 927 m	A.D: 6
		927 - 1234 m	A.D: 5
		1234 - 1602 m	A.D: 4
		1602 - 2032 m	A.D: 3
		2032 - 2051 m	A.D: 2
2051 - 3000 m	A.D: 1		
YAĞIŞ (A.D: 7)	⇒	0 - 40 mm	A.D: 1
		40 - 60 mm	A.D: 2
		60 - 80 mm	A.D: 3
		80 - 90 mm	A.D: 4
		90 - 110 mm	A.D: 5
		110 - 140 mm	A.D: 6
		140 - 170 mm	A.D: 7
		170 - 200 mm	A.D: 8
200 >	A.D: 9		

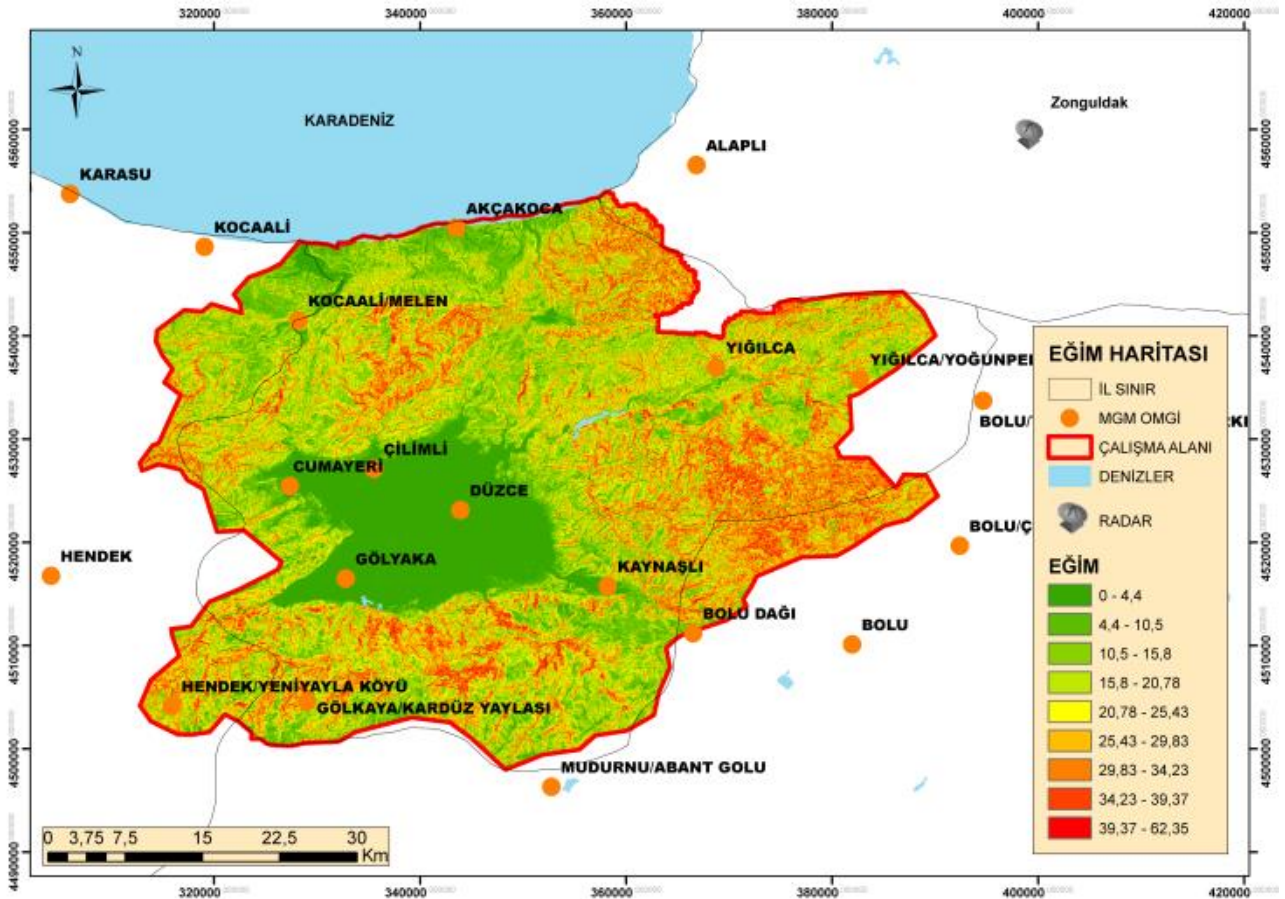
Uygulanan yöntemde taşkın duyarlılıkları belirlenirken ele alınan her bir parametre ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Taşkın duyarlılığına ilişkin parametreler, önem derecesine göre 1 ile 9 arasında değişen ölçeğe göre ele alınmış ve bu kriterlere göre her birine ağırlık dereceleri verilmiştir. Ağırlık dereceleri verilirken (Özcan ve ark., 2009, Özcan, 2017, Sunkar ve Tonbul, 2010, Özşahin, 2013 ve Oğuz ve ark., 2016) tarafından yapılan çalışmalarda derecelendirmeler göz önüne alınmıştır. Analiz aşamasında ele alınan haritalar, farklı katmanlar olarak gösterilmiştir. Devamında, haritaların toplama işlemine tabi tutulması amacıyla, bu haritalar raster formatına dönüştürülmüştür. Sonrasında haritalar, Tablo 1’de gösterilen ağırlık oranlarına göre CBS ortamında işleme tabi tutulmuştur.

2.3. Eğim ve bakı faktörleri

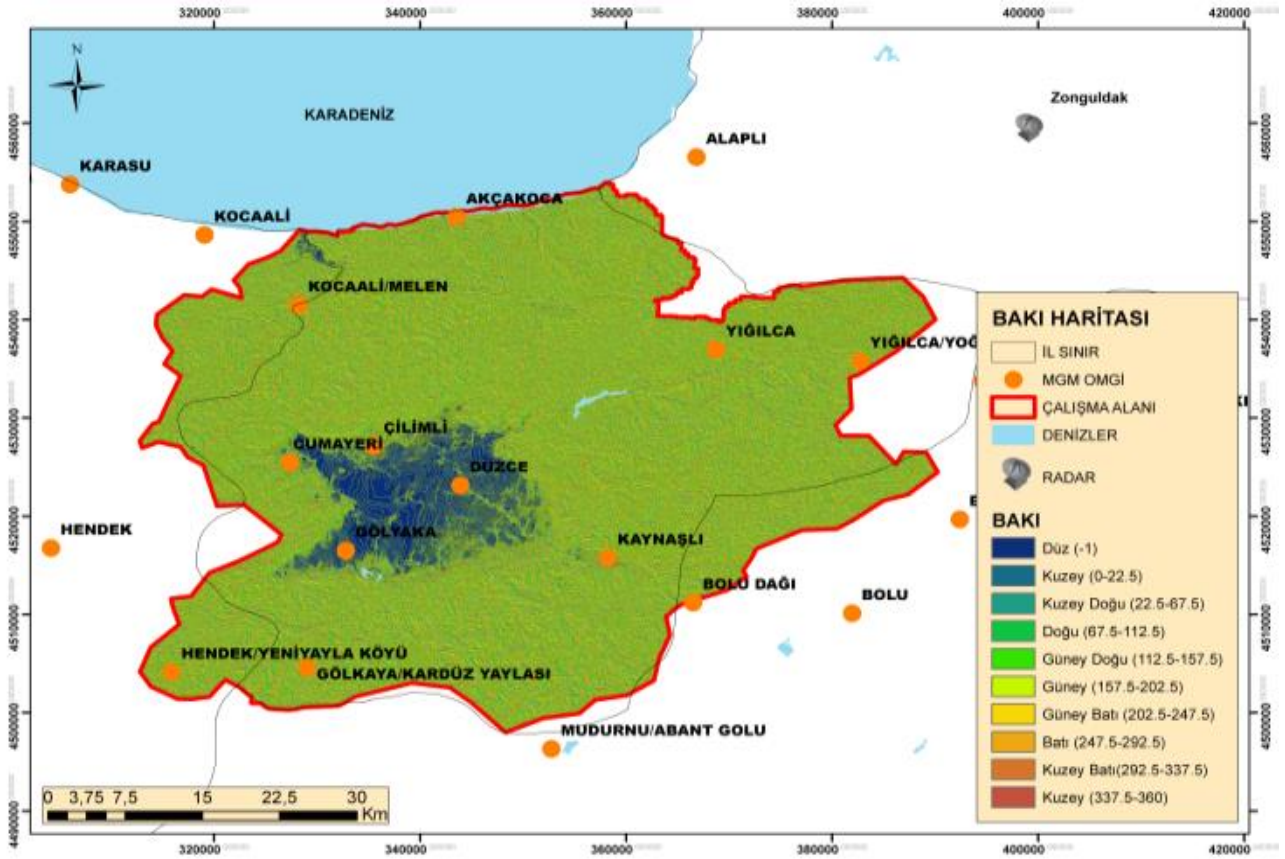
Eğim faktörü, taşkın meydana gelmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Eğimin fazla olduğu yerlerde toprağın suyu tutma kabiliyeti daha azdır. Bu nedenle de yağışla birlikte akışa geçen su miktarı eğimin fazla

olduğu alanlarda daha fazla olur (Özcan, 2008). Eğimin az olduğu yerlerde, suyun akış hızının yavaşlaması ve suyun daha hızlı birikmesi sebebiyle taşkın duyarlılığı yüksektir. Çalışma alanının eğim haritası incelendiğinde, Düzce ovasında eğimin deniz seviyesine kadar düştüğü, ova çevresinde ise eğimin arttığı ($30^\circ >$), kıyı kesimlere gidildikçe eğim oranının tekrar azaldığı görülmektedir (Şekil 2).

Bakı haritası, taşkın duyarlılığı için dolaylı etkiye sahiptir. Kuzeye bakan yamaçlar daha nemli ve su tutma kapasitesi daha düşük toprak alanları içerdiğinden, taşkın açısından daha fazla duyarlı alanlardır. Çalışmada kullanılan bakı haritası Şekil 3’de görülmektedir. Topoğrafyanın kuzey bakılı yanları, güney bakılı yanlara göre güneşi daha fazla görmekteyler. Ayrıca, doğu bakılıları sabahları daha fazla, batı bakılıları ise akşamları daha fazla güneşi görmekteyler (Özcan, 2008). Çalışma alanına bakıldığında, Çilimli, Cumayeri ve Gölyaka ilçeleri ve Düzce merkezi arasında kalan alanın düzlük yapıda olduğu, geriye kalan alanların bakısının kuzey yönlerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Eğim Haritası



Şekil 3. Baki Haritası

2.4. Arazi kullanım ve toprak faktörleri

Arazi örtüsü yer yüzeyini kaplayan bitki örtüsü, toprak, suyla kaplı alanlar ve yapay yüzeyler vb; arazi kullanımı ise araziye ilişkin insan aktivitelerini ifade eder (Öztürk, 2009; Ferreira ve ark., 2020; Jansen ve Gregorio, 2004; Li ve Yeh, 2004; Öztürk ve Batuk, 2011). Bu çalışmada kullanılan arazi kullanım ve toprak haritaları sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5’de görülmektedir. ArcGIS 10.3 programı yardımıyla görüntülenen Corine 2006 Arazi kullanım haritasına bakıldığında, çoğunluk alanın “geniş yapraklı ormanlar” ve “sulanan ve sulanmayan tarım” bölgelerinden oluştuğu görülmektedir. Bunu ise “karışık ormanlar” ile birlikte “sulanan meyve” takip etmektedir.

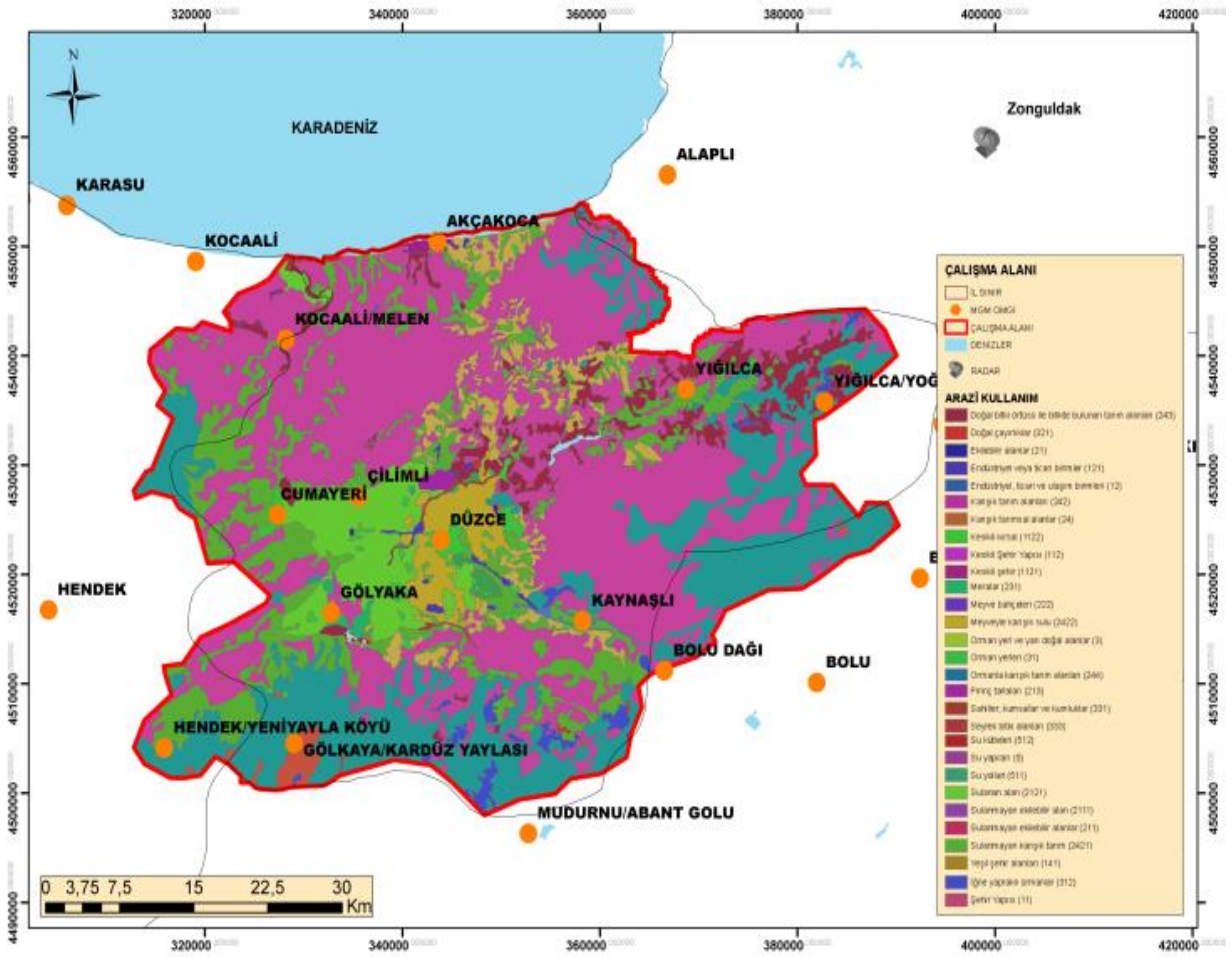
Bir toprağın ya da toprak grubunun hidrolojik özellikleri, su toplama havzasının hidrolojik analizinde temel faktördür (Özer, 1990). Toprak grupları, sızmayı farklı şekilde etkileyebilen ve dolayısıyla taşkın duyarlılığı üzerinde önemi olan bir faktördür. Çalışılan alanı toprak haritasına bakıldığında, alüvyal toprak (A), kireçsiz kahverengi toprak (N), kolüvyal toprak (K), kırmızı-sarı podzolik topraklar (P), gri-kahverengi podzolik topraklar (G) ile kaplı alanların yaygın olduğu görülmektedir. Alüvyal topraklar, akarsuların taşıdığı malzemelerden meydana gelmektedirler. Taşınır toprak olarak da bilinen alüvyal topraklar, taşkın ve sel gibi afetlere uğrayan ova gibi alanlarda sıkça görünürler. Kolüvyal toprak, dağ yamaçlarında çözünen malzemenin sel veya taşkın sularıyla dağ yamaçlarına birikmesiyle oluşan toprak türüdür. Kireçsiz kahverengi topraklar üst yüzeyi yumuşak topraklardır. Gri-Kahverengi podzolik topraklar tarım açısından verimliliği yüksek,

üst yüzeyinde organik ve alt yüzeyinde minerallerin olduğu toprak türüdür. Kırmızı-Sarı podzolik topraklar ise ormanlık alanlarda görülen toprak türüdür. Çalışma alanına bakıldığında, Düzce ovasında ve denize yakın kıyı kesimlerde “A” tipi toprak miktarının fazla olduğu, kıyı kesimlerde çoğunlukla “P” tipi toprak türü alanların olduğu ve Melen, Cumayeri, Hendek, Gökya ve Kaynaşlı ilçelerinin bulunduğu alanlarda ise “K” tipi toprakların yoğun olduğu görülmektedir.

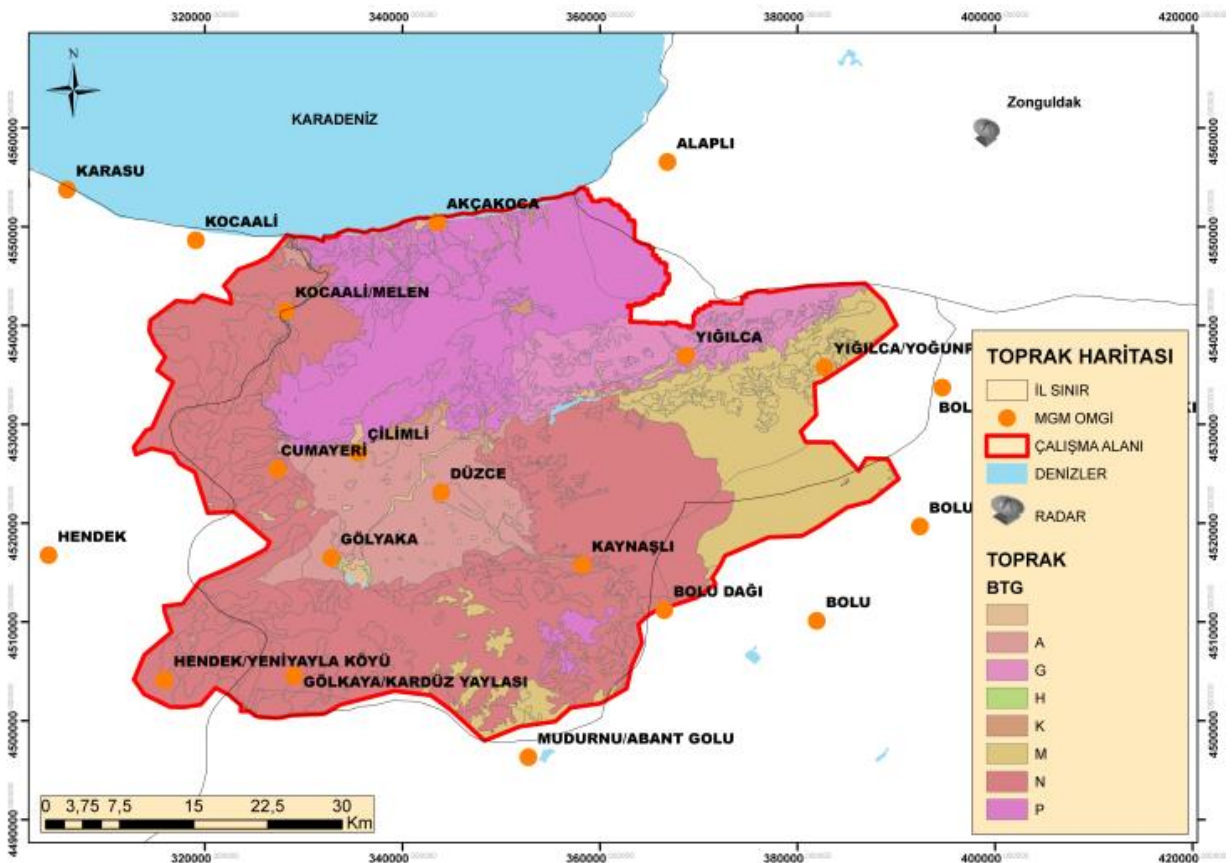
2.5. Jeoloji ve akarsuya uzaklık faktörleri

Jeolojik özellikler, topografya ve yeraltı yapıları bakımından bölgeyi tanımamıza yardımcı olur ve dolaylı olarak taşkın üzerinde etkileri bulunmaktadır. Çalışma alanının ArcGIS 10.3 programı yardımıyla MTA verisinden elde edilen jeoloji haritasına bakıldığında, jeolojik özelliklerin çoğunlukla “kuvarterner”, “eosen” ve “kretase-eosen” tiplerinden oluştuğu görülmektedir (Şekil 6). Kuzeydoğu ve doğu bölgelerin bazı kesimlerinde ise “ordovisiyen” ve “prekambriyen” jeolojik yapılarının bulunduğu görülmektedir.

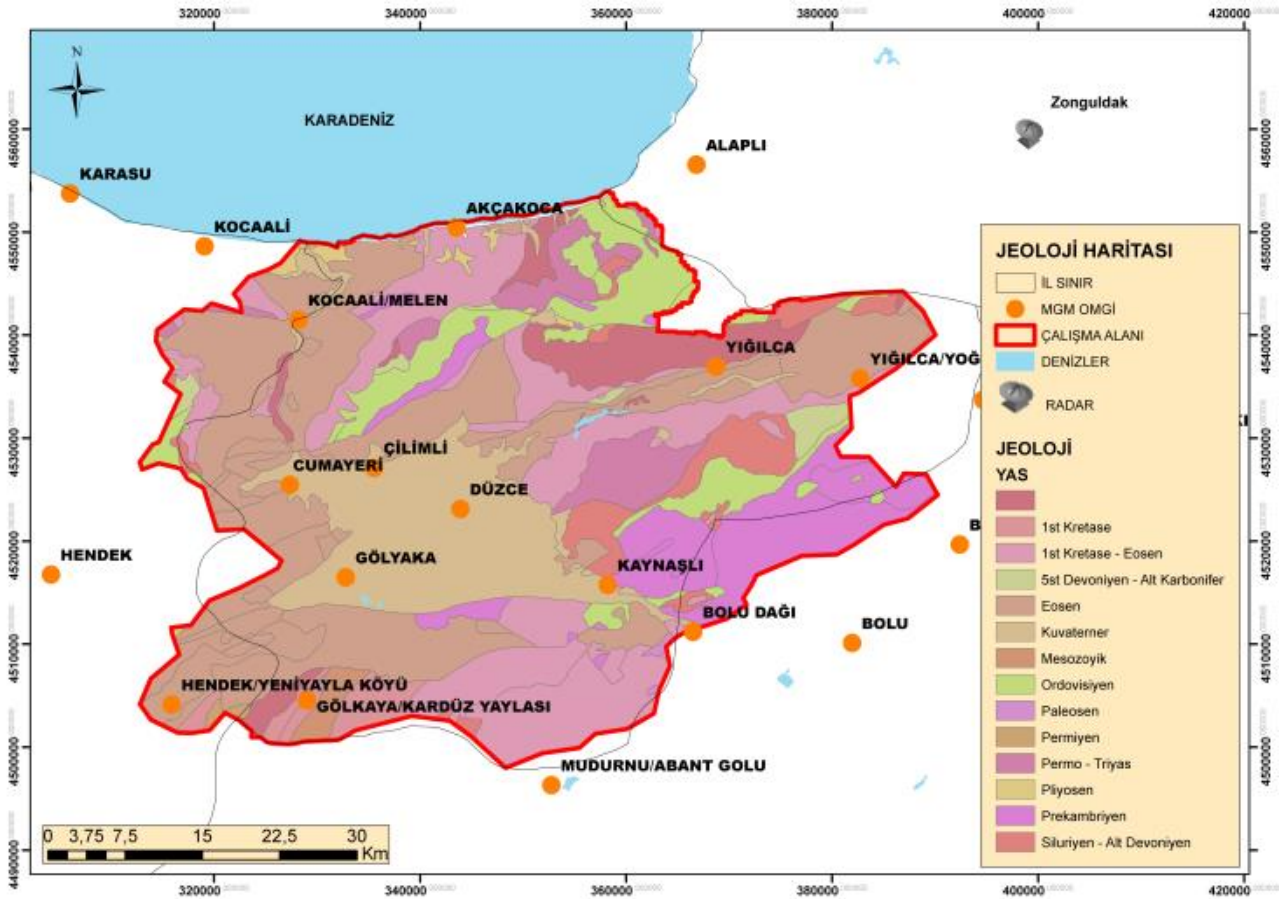
Akarsuya uzaklık faktörü de taşkın açısından diğer önemli bir faktördür (Şen, 2009). Akarsuya yakın olan yerler, taşkın duyarlılığı açısından yüksek olan yerlerdir. Çalışmada, akarsuya olan uzaklık faktörü CBS ortamında hesaplanmış ve duyarlılık sınıfları işlenmiştir. Akarsuya uzaklık faktörü haritasına; akarsuya olan 0 – 208 m uzaklık çok duyarlı, 2050 m’den fazla olan uzaklıklar ise az duyarlı olacak şekilde işlenmiştir (Şekil 7). Akarsu uzaklık faktörü belirlenirken çalışılan alandaki akarsu sıklığı ve bu akarsuların yerleşim yerlerine olan uzaklıkları dikkate alınarak belirlenmiştir.



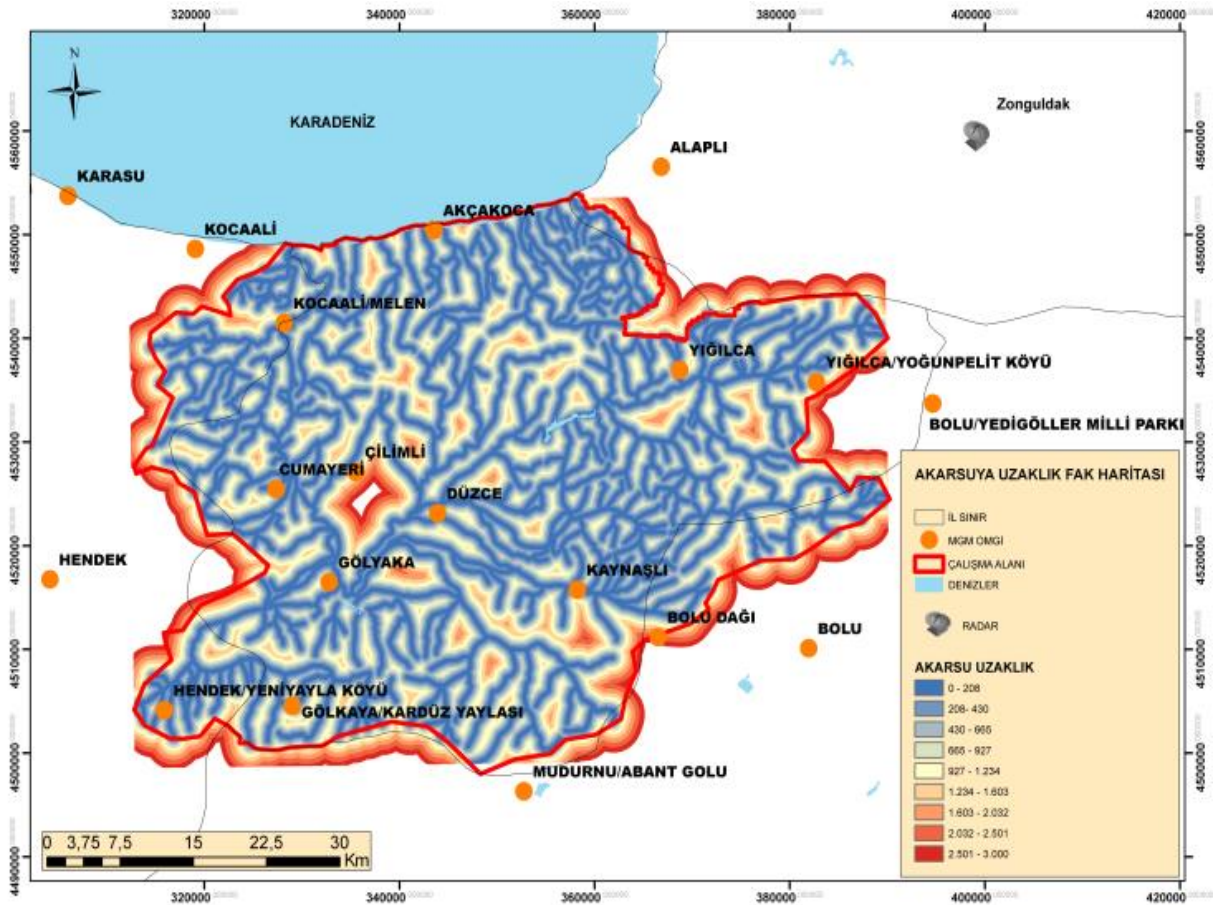
Şekil 4. Arazi Kullanım Haritası



Şekil 5. Toprak Haritası



Şekil 6. Jeoloji Haritası



Şekil 7. Akarsuya Uzaklık Faktörü Haritası

2.6. Yağış faktörleri

Taşkın duyarlılığı açısından en önemli faktörlerden birisi yağış miktarıdır. Taşkın gerçekleşmesi ve büyüklüğü, direkt olarak yağışa bağlıdır. Çalışmada, 2 farklı yağış ürünü kullanılmıştır. Bunlar:

- Meteoroloji Genel Müdürlüğü ölçüm verilerinden elde edilen maksimum yağışların maksimumu,
- 17-18 Temmuz 2019 tarihli MGM Zonguldak (ZNG) radarı SRI (Surface Rainfall Intensity) ürünleri kullanılarak elde edilmiş “n” saatlik toplam yağış değeri Radar RNN (RAINNN) ürünüdür.

Yağış ürünleri ayrı ayrı çalışma alanında enterpole edilerek raster formatına dönüştürülmüştür.

2.6.1. Otomatik meteoroloji gözlem istasyonu (OMGI)

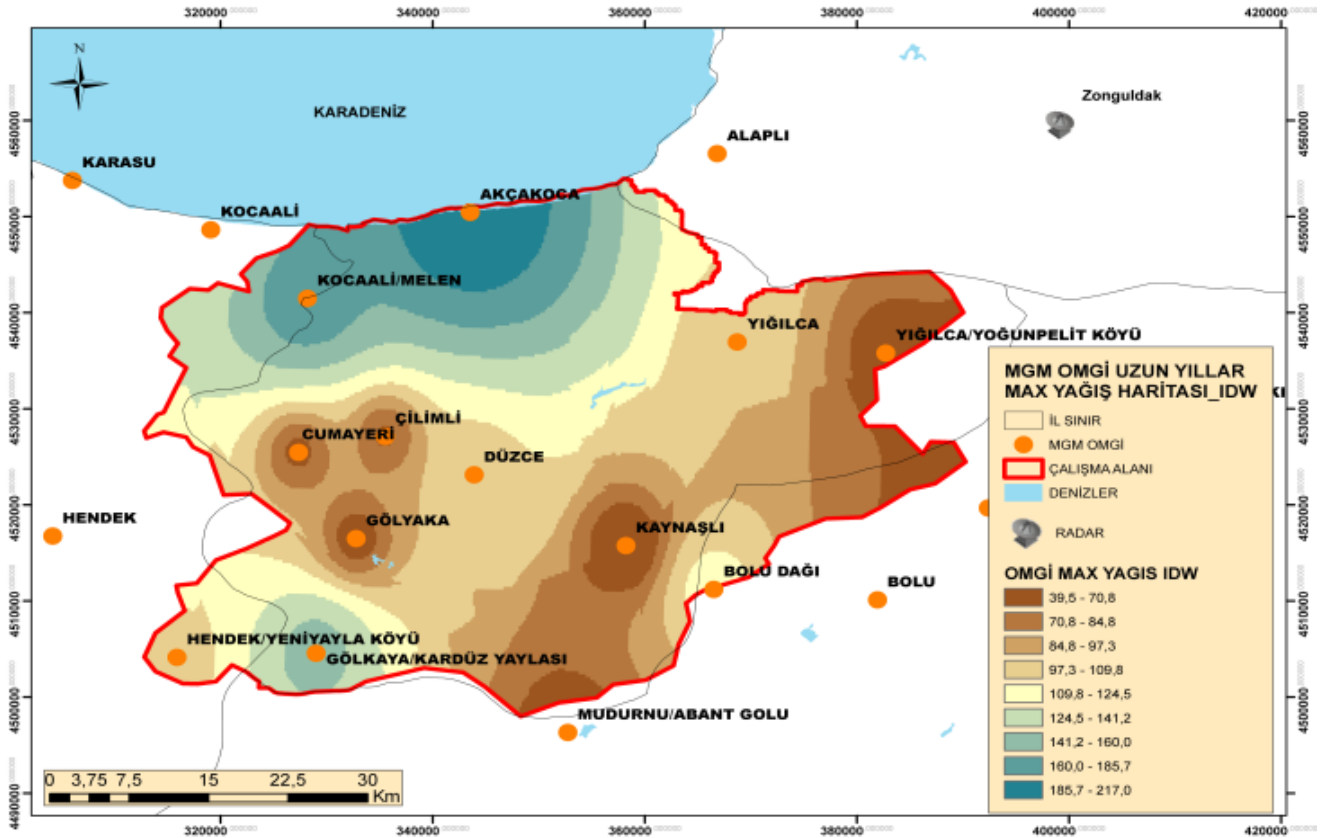
Sakarya ve Batı Karadeniz havzalarının birleşiminde yer alan çalışma alanı, Düzce iline bağlı Akçakoca, Kocaali/Melen, Çilimli, Cumayeri, Gölyaka, Yiğilca,

Kaynaşlı ve Hendek ilçelerini kapsamaktadır. Belirlenen çalışma alanı ve çevresinde iklim özelliklerini oluşturan atmosferik bileşenler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü ölçüm istasyonları tarafından ölçülmektedir. Çalışmada, Tablo 2’de bilgileri verilen MGM OMGİ istasyon verileri göz önüne alınmıştır. Bu istasyonlara ait maksimumların maksimum değeri baz alınarak, ArcGIS 10.3’de IDW (Inverse Distance Weighting) enterpolasyon yöntemi ile noktasal veriden alana yayılmış veri haline getirilmiştir.

Şekil 8’deki yağış dağılım haritası incelendiğinde, uzun yıllar maksimum yağış miktarının Düzce merkez, Cumayeri, Kaynaşlı ve Yiğilca kesimlerinde ise 40-100 mm civarlarında olduğu görülmektedir. Kocaali/Melen ve Akçakoca çevresinde uzun yıllar maksimum yağış miktarının ise 140 mm’den fazla olduğu, özellikle Akçakoca kesimlerinde bu değerlerin 200 mm’den fazla olduğu görülmektedir. Bu değerler taşkın duyarlılığı açısından oldukça yüksektir. Şekil 8’de ayrıca Meteoroloji gözlem istasyonlarının konumları (turuncu renkli noktalar) olarak görülmektedir.

Tablo 2. Çalışma Alanı ve Çevresindeki Bazı Meteoroloji İstasyonlarına Ait Karakteristik Bilgileri

Enlem	Boylam	İstasyon No	İstasyon Adı	Rakım (m)	MAK. YAĞIŞ (mm)
40,8203	31,742	19012	BOLU/ÇELE ORMAN SAHASI	1048	38,8
40,7799	31,32007	19214	KAYNAŞLI	296	39,5
40,9472	31,74871	19209	BOLU/YEDİGÖLLER MİLLİ PARKI	717	46,8
40,7817	31,0186	18259	GÖLYAKA	118	56,8
40,9642	31,6067	19017	YIĞILCA/YOĞUNPELİT KÖYÜ	741	58,8
40,7329	31,6022	17070	BOLU	743	61,5
40,8613	30,95177	19212	CUMAYERİ	140	65,6
40,878	31,0483	19213	ÇİLİMLİ	158	68,4
41,0219	30,55348	19119	FERİZLİ/GÖLKENT BELDESİ	48	76,8
40,8437	31,1488	17072	DÜZCE	146	100,1
41,1113	30,6901	17644	KARASU	4	101,6
40,9725	31,44	18260	YIĞILCA	501	102,5
40,7778	30,6797	18105	HENDEK	65	103,2
40,6669	30,38222	18595	HENDEK/YENİYAYLA KÖYÜ	1080	104,2
41,1486	31,4133	18265	ALAPLI	20	108,3
40,7402	31,4191	17637	BOLU DAĞI	948	116
41,0681	30,8469	18419	KOCAALİ	10	124,4
40,6736	30,9772	18669	GÖLYAKA/KARDÜZ YAYLASI	1707	149,1
41,0058	30,9572	18738	KOCAALİ/MELEN	126	176,4
40,9339	30,4856	18416	FERİZLİ	45	196,7
41,0895	31,1374	17015	AKÇAKOCA	10	217,1
40,6039	31,25972	18695	MUDURNU/ABANT GÖLÜ	1367	55
40,4978	31,20444	18158	MUDURNU	785	47,2



Şekil 8. MGM OMGİ Uzun Yıllar Maksimum Yağışların Maksimum Haritası

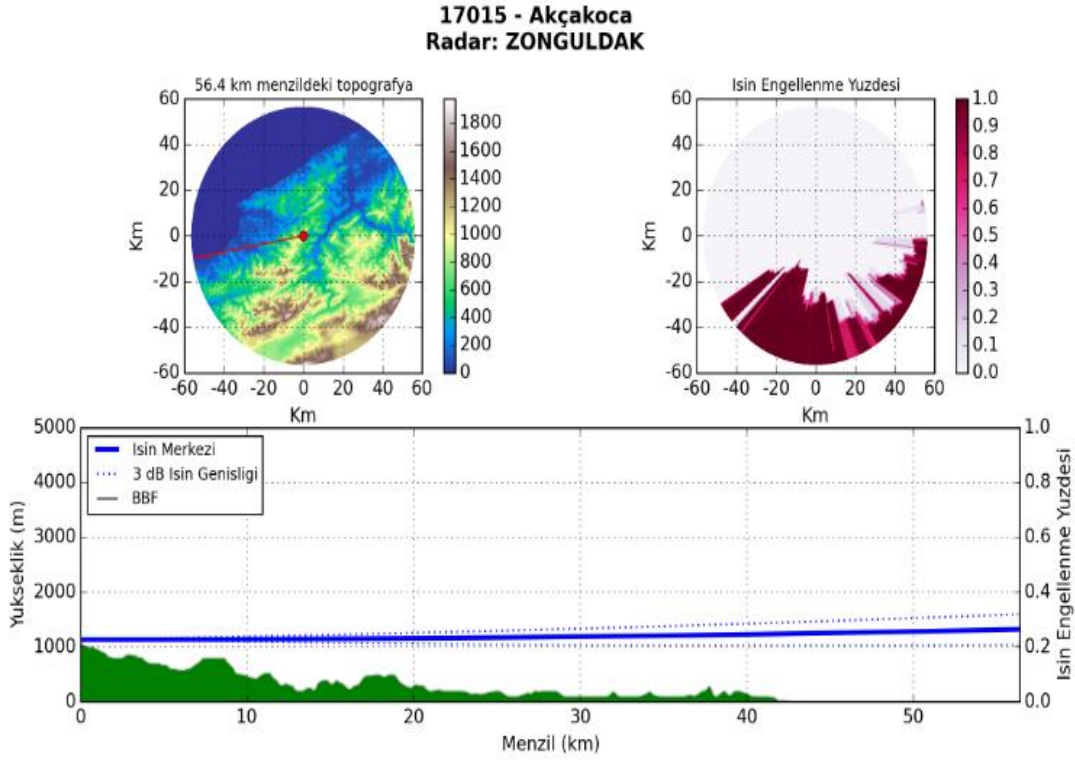
2.6.2. Meteorolojik Radar

Çalışmada, ölçüm verilerinin dışında, ikinci senaryonun modellenmesinde kullanılmak üzere 17-18 Temmuz 2019 tarihleri için meteoroloji radarı verileri kullanılmıştır. Meteoroloji radarları atmosfere belli frekansta elektromanyetik dalga gönderir ve bu dalgalar atmosferdeki hedeflerle etkileşerek saçılırlar. Meteoroloji radarları yağışı direkt olarak ölçmezler. Radar kapsama alanı içerisindeki hedefle etkileşen elektromanyetik dalganın saçılması ile radara geri dönen enerji (reflektivite) işlenerek yağmur, dolu, kar, rüzgar, micro-macrobust, wind shear, türbülans gibi bir takım meteorolojik hadiselerle ait bilgilere dönüştürülür. Reflektivite değerleri ampirik bağıntılar vasıtasıyla yağış miktarı bilgisine çevrilirler. Ülkemizde sel ve taşkın açısından yüksek riskli bölgeler bulunmaktadır. Bu bölgelere düşen yağış; bölgenin eğimi, arazi kullanımı, topografik özellikleri, toprak yapısı, bölgede gerçekleşen yağış sıklığı ve miktarı gibi nedenlerle, yere düşen yağışın hızla akışa dönüşmesiyle sel ve taşkınlara sebep olabilmektedir. Bu nedenle özellikle ülkemizde sel ve taşkın konusunda risk içeren bu bölgelerde yağış miktarının önceden tespit edilebilmesi, mevcut önlemlerin alınabilmesi için önem arz etmektedir. Meteoroloji radarları riskli bölgelere düşebilecek yağış miktarını önceden tespit ederek, bu yağışlar sonucu oluşabilecek sel ve taşkın gibi hadiselerin tahmininde kullanılan erken uyarı sistemlerinde de kullanılmak amacıyla dünyanın birçok yerinde olduğu gibi ülkemizde de kullanılmaktadır (MGM, 2021b).

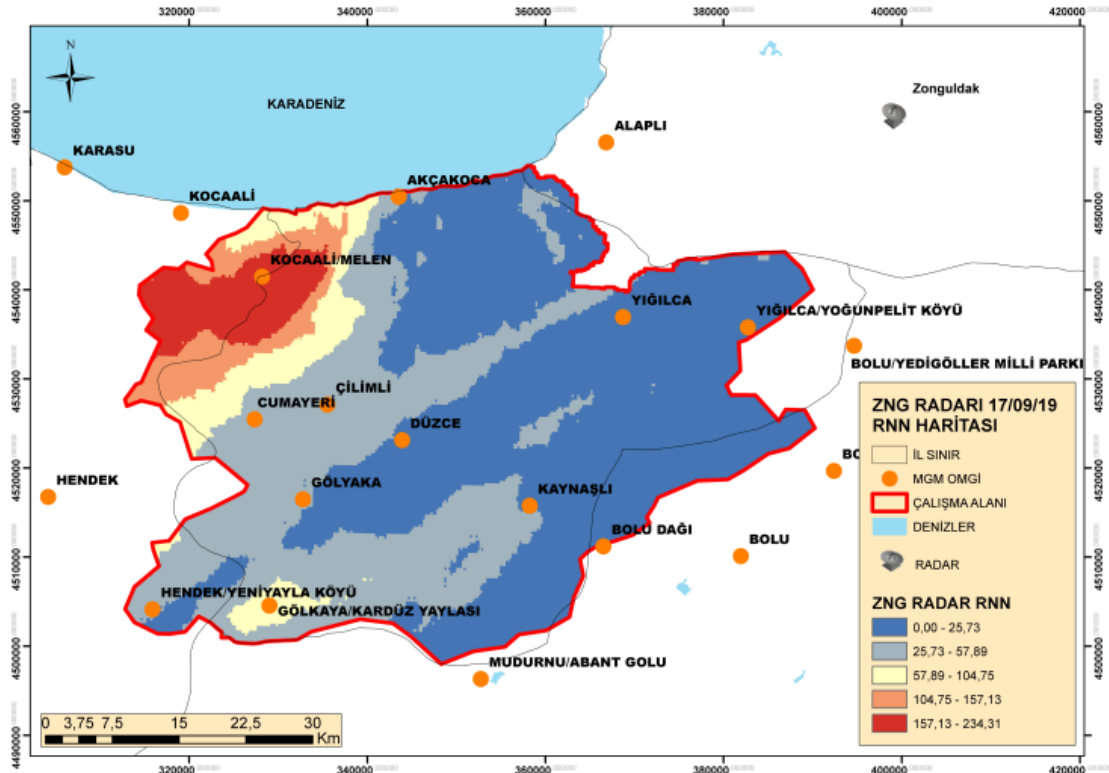
Yapılan bu çalışmada ÇKKV-AHY'de kullanılmak için, 17-18 Temmuz 2019 tarihli MGM Zonguldak (ZNG) radarı SRI ürünleri kullanılarak elde edilmiş RNN (N

saatlik toplam yağış) ürünleri kullanılmıştır. Zonguldak radarı 1108 rakım, 25m kule yüksekliğinde sahip tekli polarizasyon özellikli C band bir radardır. ZNG Radarının çalışma alanına göre konumu Şekil 10'da gösterilmiştir. 17-18 Temmuz tarihleri arasında Düzce ili ve ilçelerinde şiddetli yağış sonucu sel ve heyelan olayı gerçekleşmiştir. Sel hadisesinin şiddetinin en yoğun görüldüğü ilçe olan Akçakoca ilçesi ile ZNG radarı arasındaki görünürlük analizine bakıldığında, radar sinyalinin bölgeyi en alt tarama açısı olan 0° ile herhangi bir ışın engellenmesine maruz kalmadan sorunsuz bir şekilde gördüğü, Akçakoca ile ZNG radarı arasındaki uzaklığın 56.4 km olduğu ve minimum görülebilir ışın yüksekliğinin ise 1044 m olduğu görülmüştür. Akçakoca-ZNG radarı görünürlük analizi sonuçları Şekil 9'da ayrıntılı olarak görülmektedir.

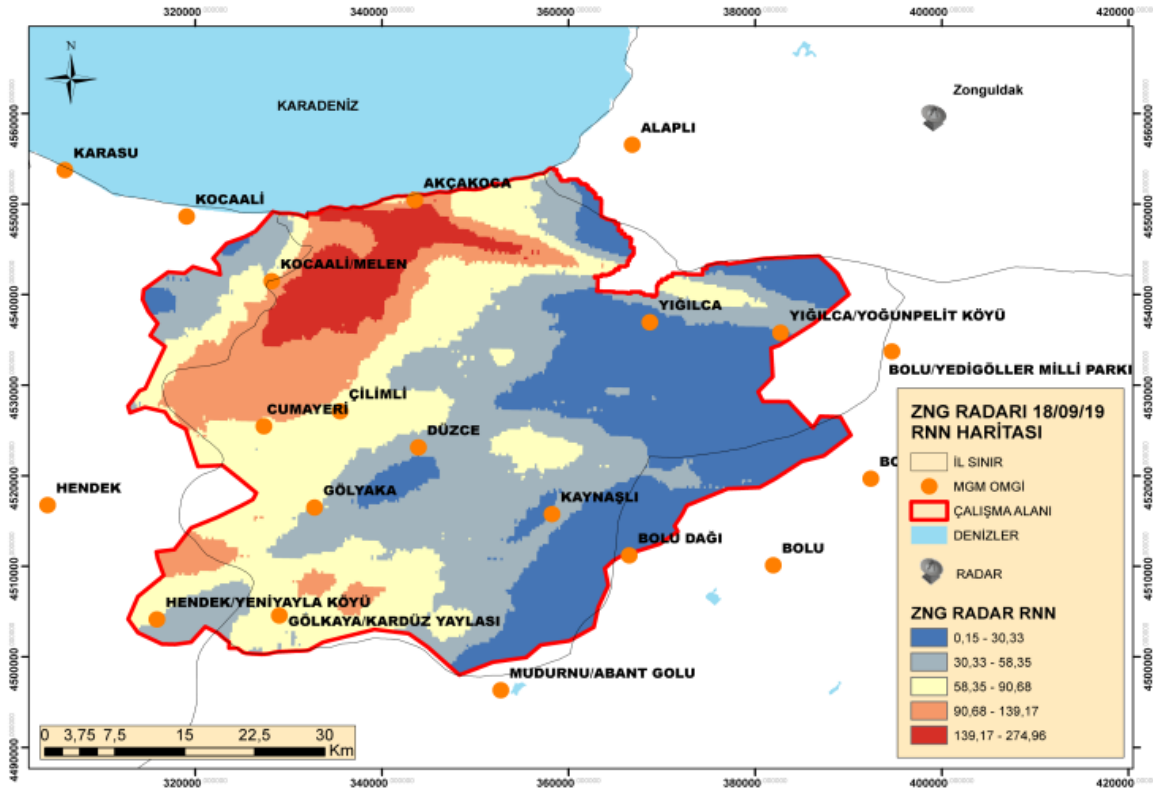
17 Temmuz 2019 tarihi ZNG radarına ait 24 saatlik toplam yağış (RN24) ürünü haritaları Şekil 10'da, 18 Temmuz 2019 tarihi ZNG radarına ait 24 saatlik toplam yağış (RN24) ürünü haritaları ise Şekil 11'de gösterilmiştir. Şekil 10'a bakıldığında 17 Temmuz tarihinde Kocaali/Melen civarında radardan elde edilen 24 saatlik maksimum toplam yağış 234 mm'dir. Şekil 11'deki RN24 ürünü haritasına bakıldığında ise; ayın 18'inde yağışın doğu yönünde ve etkisini artırarak ilerlediği, özellikle Akçakoca ve Melen bölgelerinin yağıştan daha şiddetli etkilendiği, 24 saatlik maksimum toplam yağış 274 mm civarında olduğu gözlemlenmektedir. Melen'den Cumayeri'ne doğru uzanan bölgedeki maksimum 24 saatlik toplam yağış değerinin ise 90-139 mm arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 9. Akçakoca-ZNG Radarı Görünürlük Analizi



Şekil 10. Şekil 10. 17 Temmuz 2019 ZNG Radarı RN24 Ürünü Haritası



Şekil 11. Şekil 11. 18 Temmuz 2019 ZNG Radarı RN24 Ürünü Haritası

3. Bulgular

Çalışmada, Düzce bölgesinde taşkın duyarlılığı üzerinde etkili olan faktörler (eğim, arazi kullanım, toprak, bakı, jeoloji, akarsuya olan uzaklık, uzun yıllar maksimum yağış ve Radar RN24 yağış) ele alınarak ÇKKV-AHY yöntemi ile bölgede taşkın duyarlılık alanları iki farklı senaryoya göre tespit edilmiştir. Çalışmada öncelikle, yağış verisi olarak uzun yıllar yağış ölçüm verileri kullanılarak modelleme yapılmıştır. Sonrasında, 17-18 Temmuz 2019 tarihinde Düzce’de yaşanan taşkın döneminde meteorolojik radar ile elde edilen yağış değerlerine göre tekrar modelleme yapılarak, yağışa bağlı taşkın duyarlılık alanlarındaki gelişim izlenmiştir.

MGM OMGI uzun yıllar maksimum yağış verileri ile oluşturulan taşkın duyarlılık haritasına göre, “Çok Yüksek” ve “Yüksek” taşkın duyarlılığına sahip alanların yerleşim bölgesi üzerinde kaldığı ve bu alanlar olası bir taşkında ve taşkın anında zarar görme olasılığı en yüksek yerler olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının denize yakın kesimleri, Çilimli, Cumayeri, Golyaka ve Düzce il merkezi çevresi, eğimin düşük ve tarım alanlarının yaygın olduğu bölgelerdir. Çilimli, Cumayeri, Golyaka ve Düzce il merkezi’ne ek olarak, Akçakoca ve Yığılca ilçeleri civarının taşkın duyarlılığı açısından “Çok Yüksek” sınıfına girdiği görülmektedir (Şekil 12).

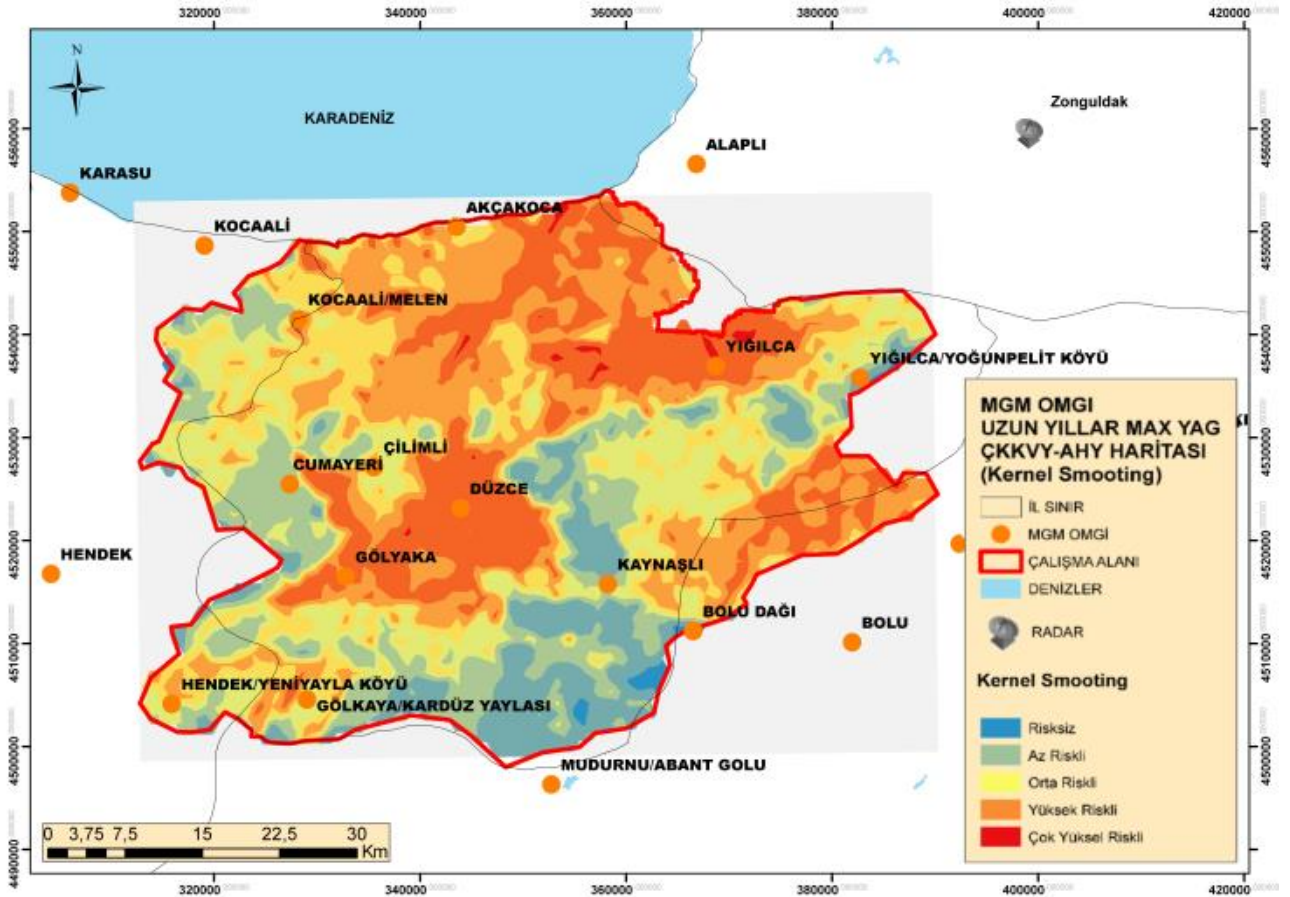
Düzce taşkınının yaşandığı 17 Temmuz 2019 ve 18 Temmuz 2019 tarihlerinde meteorolojik radar verileri ile oluşturulan taşkın duyarlılık haritaları sırasıyla Şekil 13 ve Şekil 14’de gösterilmiştir. Buna göre; yağışın yoğun olduğu 17 Temmuz 2019 tarihinde Kocaeli/Melen bölgesinin taşkın duyarlılığının Şekil 12’e göre artış gösterdiği gözlemlenmiştir. 18 Temmuz 2019 tarihi radar yağışları göz önüne alınarak elde edilen harita (Şekil 14) incelendiğinde ise, 18 Temmuz 2019

tarihinde yağış hücrelerinin şiddetini artırarak doğu yönünde ilerlemesi sebebiyle, Kocaeli/Melen, Akçakoca ve Cumayeri bölgelerinde taşkın duyarlılık alanlarında Şekil 12 ve Şekil 13’e göre artış olduğu gözlemlenmiştir.

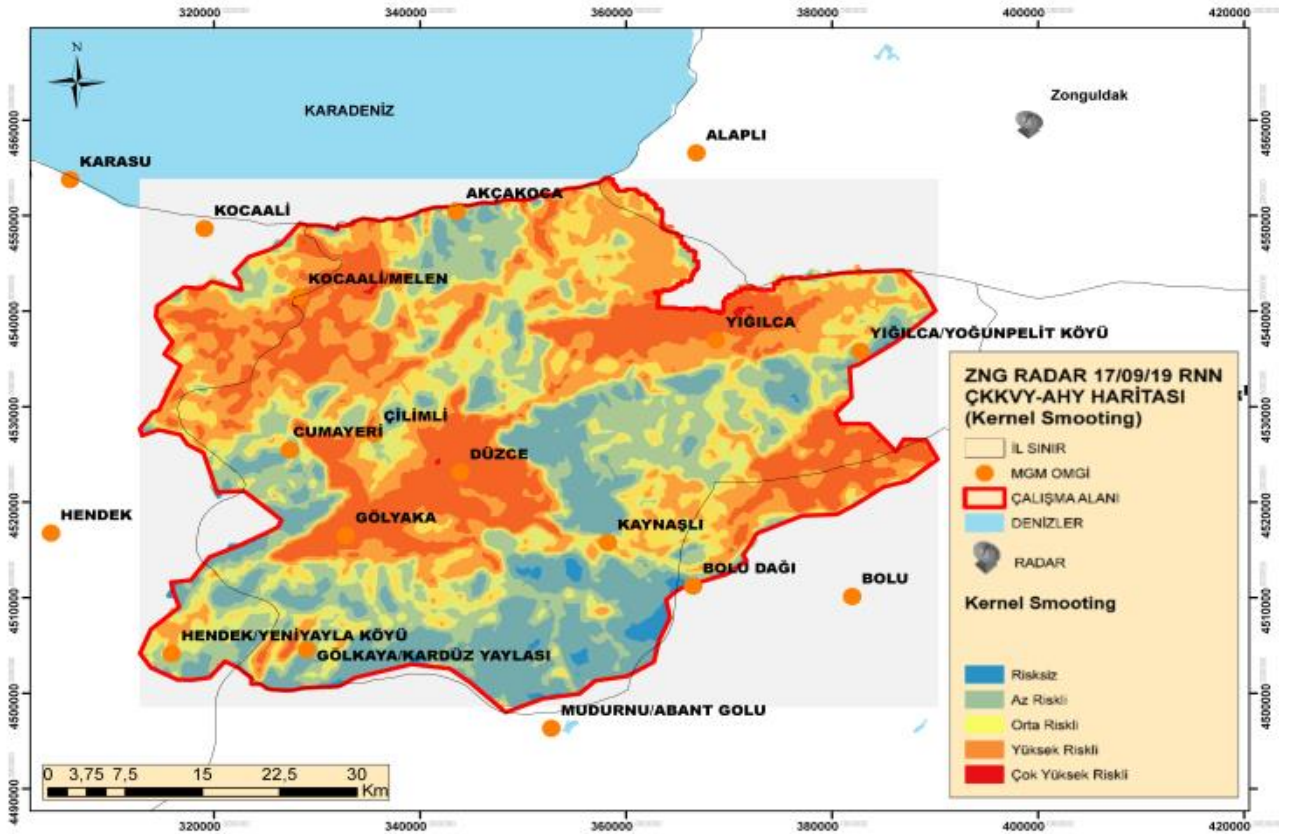
4. Sonuç

Sonuç olarak bu çalışmada öncelikle, MGM OMGI verileri kullanılarak uzun yıllar yılda anlık maksimum yağışların maksimumu hesaplanmış ve diğer faktörler de göz önüne alınarak ÇKKV-AHY yöntemi ile Düzce bölgesinde taşkın duyarlılık alanları tespit edilmiştir. Bunun yanında, 17-18 Temmuz 2019 tarihinde Golyaka, Kocaeli/Melen, Cumayeri ve Akçakoca ilçelerinde taşkın hadisesi meydana gelmiştir. Bu tarihlere ait meteorolojik radar yağış verileri ile tekrar modelleme yapılarak, taşkın duyarlılık alanlarının yağışa göre gelişimi izlenmiştir.

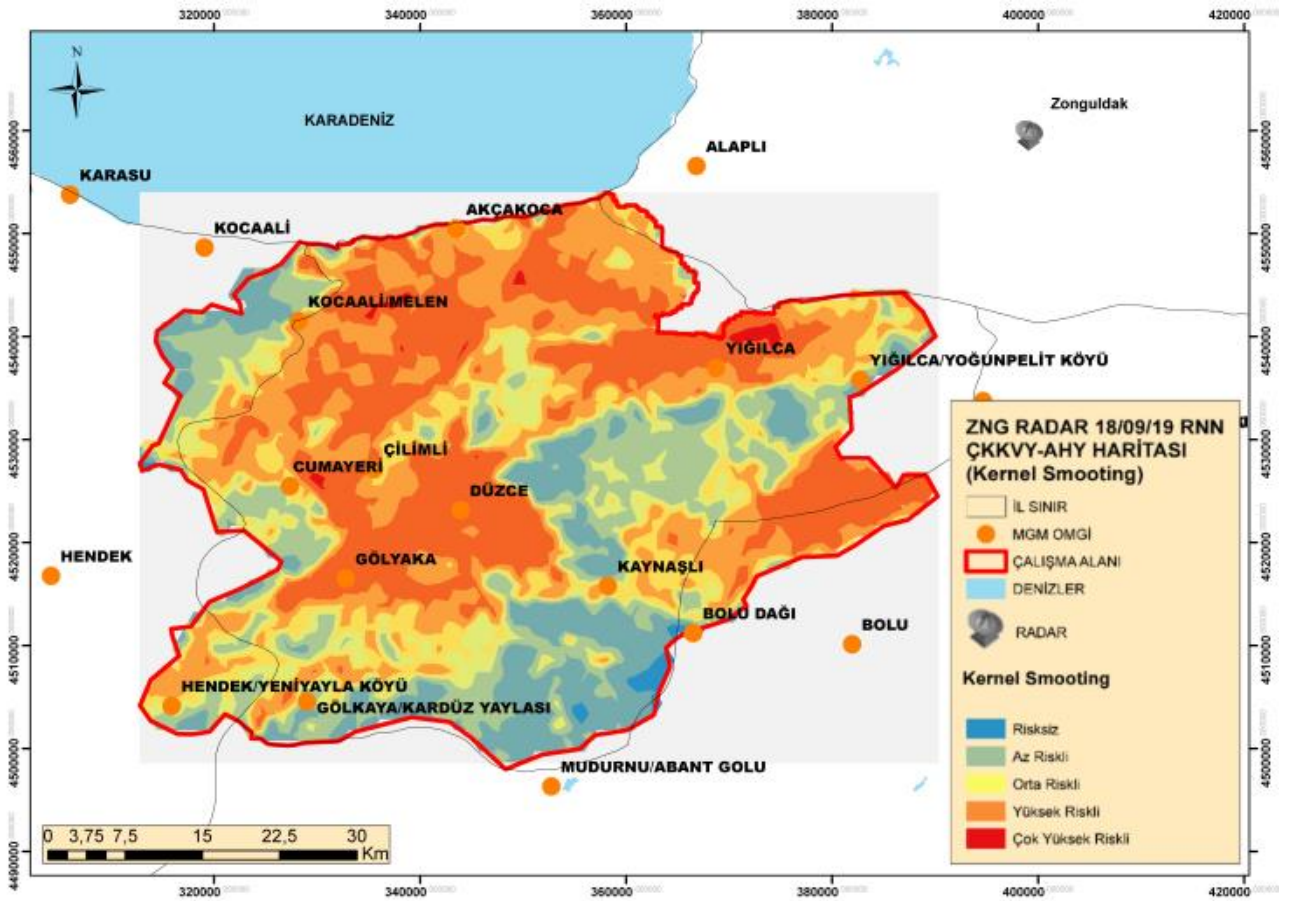
Sonuçta, uzun yıllar yağış verileri göz önüne alınarak oluşturulan haritaya göre Çilimli, Cumayeri, Golyaka, Düzce il merkezi, Akçakoca ve Yığılca ilçeleri civarının taşkın duyarlılığı açısından “Çok Yüksek” sınıfına girdiği görülmüştür. Taşkın olayının gerçekleştiği 17-18 Temmuz 2019 tarihine ait meteoroloji radar verileri göz önüne alınarak oluşturulan taşkın duyarlılık haritasına bakıldığında, taşkın duyarlılık alanlarının yağış şiddetine göre önemli değişiklik gösterdiği ve modelleme sonucu elde edilen taşkın duyarlılık haritasının taşkının yaşandığı bölgeleri işaret ettiği görülmüştür. Çalışmanın sonucunda, ÇKKV-AHY gibi istatistiksel yöntemler, CBS teknikleri ve radar ürünleri ile yapılan tespitlerin gerçekleşen taşkın hadiselerinin analizinde kullanılabilir olduğu görülmüştür. Bu çalışma aynı zamanda, meteorolojik radar ürünlerinin taşkın analizinde kullanılabilirliğinin yaygınlaştırılması açısından da önemli bir çalışmadır.



Şekil 12. MGM OMGI Uzun Yıllar Maksimum Yağış Verileri ile Modellenmiş Taşkın Duyarlılık Haritası



Şekil 13. 17 Temmuz 2019 Meteoroloji Radarı Yağış Verileri ile Modellenmiş Taşkın Duyarlılık Haritası



Şekil 14. 18 Temmuz 2019 Meteoroloji Radarı Yağış Verileri ile Modellenmiş Taşkın Duyarlılık Haritası

Araştırmacıların katkı oranı

Esin Oğuz: Literatür taraması, CBS Modelleme, Makale yazımı; **Kahraman Oğuz:** Literatür taraması, CBS Modelleme, Makale yazımı; **Kurtuluş Öztürk:** Radar verilerinin analizi, Makale yazımı

Çatışma beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

Baysal G & Tecim V (2009). Katı Atık Depolama Sahası Uygunluk Analizin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Yöntemleri ile Uygulaması. 4.Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul.

Demir V & Keskin A Ü (2022). Yeterince akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın debisinin hesaplanması ve taşkın modellemesi (Samsun, Mert Irmağı örneği). Geomatik, 7(2), 149-162.

Erten T & Coşkun M Z (2010). Acil Durum Servislerinin Yer Seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve CBS Entegrasyonu. İtüdergisi/d Mühendislik, 9(6), 37-50.

Ferreira F, Sevenhuysen P & Treurnich J (1999). Satelliteearthobservationtodetect urban landusechange. 5 Ocak 2020 tarihinde

<http://www.ngo.grida.no/soesa/nsoer/issues/land/inform.htm> adresinden edinilmiştir.

- Jansen L J M & de Gregorio A (2004). Obtaining Land-useinformation from a remotely sensed land cover map: Results from a case study in Lebanon. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 5(2), 141-157.
- Kadıoğlu M & Özdamar E (2008). Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri. Ankara: JICA Türkiye Ofisi Yayını (no:2).
- Kadıoğlu M (2012). Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi, Türkiye Ulusal Bildirimi. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayını.
- Li X & Yeh A G (2004). Analyzing spatial restructuring of land-use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS, Landscape and Urban Planning, 69(4), 335-354.
- Lillesand M T & Kiefer W R (2000). Remote Sensing and Image Interpretation, New York: John Wiley&SonsPublication.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 2021a. İllere Ait Mevsim Normalleri (1981-2010). 12 Temmuz 2021 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=DUZCE> adresinden edinilmiştir.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 2021b. Meteoroloji Radarı Nedir? 13 Temmuz 2021 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiradarlar.i.aspx?s=alanlar> adresinden edinilmiştir.

- Oğuz K, Oğuz E & Coşkun M (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği. 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 23-25 Kasım 2016, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Özaslan M, Erşahin G, Akkahve D & Sabuncu A (2001). Düzce İl Raporu, Düzce: Devlet Planlama Teşkilatı Yayını.
- Özcan Ö (2008). Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Riski Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, Bilişim Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Özalp D (2009). Dere Taşkın Risk Haritalarının CBS Kullanılarak Oluşturulması ve CBS İle Taşkın Risk Analizi, Doktora Tezi, Geomatik Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Özcan Ö, Musaoğlu N & Şeker D Z (2009). Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yöntemi: Sakarya Havzası Örneği. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11 - 15 Mayıs 2009, Ankara.
- Özcan O (2017). Taşkın Tespitinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 3(1), 9-27.
- Özdemir H (2007). Farklı Senaryolara Göre Taşkın Risk Analizi: Havran Çayı Örneği (Balıkesir). TMMOB Afet Sempozyumu, 5-7 Aralık 2007, Ankara.
- Özer Z (1990). Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar (Teknik Rehber), Ankara.
- Özşahin E (2013). Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi. Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi, 4(12), 91-109.
- Öztürk D (2009). CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri ile Sel ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Öztürk D & Batuk F (2011). SCS yüzey akış eğri numarasının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. TUFUAB V. Teknik Sempozyumu, 23-25 Şubat 2011, Antalya.
- Sunkar M & Tonbul S (2010). İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri. e-Journal of New World Sciences Academy, 5(4), 255-273.
- Şen Z (2009). İklim Değişikliği İçerikli Taşkın Afet ve Modern Hesaplama Yöntemleri, Su Vakfı Yayınları.
- Yaraloğlu K (2004). Analitik Hiyerarşi Proses, Uygulamada Karar Destek Yöntemleri, İlkem Ofset, İzmir, 2004.



© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>