



Ege Coğrafya Dergisi 29 (2), 2020, 161-177, İzmir-TÜRKİYE
Aegean Geographical Journal, 29 (2), 2020, 161-177, İzmir-TURKEY
Dergi Ana Sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd>

Araştırma Makalesi / Research Article

1D TAŞKIN MODELLEMELERİ AÇISINDAN TOPO SYM VE ALOS SAM VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI: ALARA ÇAYI ÖRNEĞİ (ANTALYA)

*Comparison of topo DEM and ALOS DSM in terms of 1D flood modeling: A case study
from Alara River (Antalya-Turkey)*

Mustafa UTLU¹

Bingöl Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü
mutlu@bingol.edu.tr

ORCID: 0000-0002-7508-4478

Mesut Şimşek

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bl.

m_simsek_@hotmail.com

ORCID: 0000-0002-4678-4336

Muhammed Zeynel ÖZTÜRK

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bl.

muhammed.zeynel@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9834-7680

(Teslim: 28 Temmuz 2020; Son Düzeltme: 22 Eylül 2020; Kabul: 24 Eylül 2020)
(Received: July 28, 2020; Last Revised: September 22, 2020; Accepted: September 24, 2020)

Abstract

Digital Elevation Models (DEM) and digital surface models (DSM) data are widely used in natural disasters, and they have an important to understand flood dynamics at present. Also, these DEM and DSM data have great importance in hazard and risk management studies and they are widely used for understanding the hydrodynamic of the floods. In this study, Alos DSM 30m and Topo DEM 10m data were evaluated within the scope of one dimensional (1D) flood modeling in the Alara River catchment. Extent, depth and velocity characteristics of floods are discussed over the DEM and DSM data obtained before and after the flood reclamation period, respectively. Maximum flow amounts are tested based on different return periods such as 10-50-100-1000 yrs via the hydraulic model created by Topo DEM and Alos DSM models. As a result, the flood extent in the study area did not change many indifferent return periods. DEM and DSM data have different results in terms of inundation-depth and velocity characteristics. Also, models show that the embankments have prevented the spread of water to the environment. It is seen that the water spreading over wide areas in Topo DEM data, does not spread much around the Alos DSM data except for certain points. Due to Topo DEM data was produced before the flood rehabilitation period and did not represent the present topography, it led to the existence of differences in flood modeling, especially in the spread areas. While the maximum spreading area is 3.60 km² in Topo DEM, it is 3.24 km² in Alos DSM. Both models carry similar results of the flood spreading area except for a few points show that in non-updated topography the surface Alos DSM 30m data can be used in flood studies.

Keywords: 1D Flood modeling, Topo DEM, Alos-DSM, Alara river catchment.

Öz

Günümüzde doğal afet çalışmalarında yaygın olarak kullanılan sayısal yükselti modelleri (SYM) ve sayısal arazi modelleri (SAM) taşkın dinamiklerinin anlaşılmasında önemli bir yer tutmaktadır. Taşkınların hidrodinamik açıdan anlaşılmasında ve analiz edilmesinde kullanılan bu veriler aynı zamanda tehlike ve risk çalışmalarında da büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada Alara Çayı havzasına ait 10m çözünürlükte Topo SYM ve 30m çözünürlükte Alos SAM verileri bir boyutlu (1D) taşkın modeli kapsamında değerlendirilmiştir. Çalışma sahasındaki 1D hidrolik taşkın model sonucunda yayılış-hız-derinlik özellikleri taşkın ıslah öncesi dönemde elde edilen SYM ve taşkın ıslah dönemi sonrası elde edilen SAM verileri üzerinden ele alınmıştır. Topo SYM ve Alos SAM verilerinden oluşturulan hidrolik modellemede, 10-50-100-1000 yıllık farklı tekrarlama sıklığına bağlı olarak maksimum akım değerleri test edilmiştir. Topo SYM verisinin taşkın ıslah döneminden önce üretilmiş olması ve güncel topografyayı temsil etmemesi nedeniyle taşkın modellemesinde özellikle yayılış alanlarında farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Maksimum yayılış alanı Topo SYM verisinde 3.60 km² iken Alos SAM verisinde 3.24 km²'dir. Her iki modelde de taşkın yayılış alanının birkaç nokta dışında benzer sonuçlar elde edilmesi Alos SAM 30m verisinin güncel olmayan topografyalarda yapılacak taşkın çalışmalarında kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: 1D Taşkın modelleme, Topo SYM, Alos SAM, Alara çayı havzası.

¹ Sorumlu Yazar/ Corresponding author

1. Giriş

Taşkınlar, ölüm ve yaralanmalarla birlikte büyük ekonomik hasarlara neden olan hidrometeorolojik afetler olup dünya ölçeğinde birçok bölgeyi etkilemektedir (Zhou vd., 2002; Van der Sande vd., 2003; Llasat vd., 2005). FEMA'nın (Amerika Birleşik Devletleri Federal Acil Durum Yönetim Ajansı) belirttiği üzere taşkınlar, dünyada en yaygın doğal afetler içinde ikinci sırada yer almaktadır (Noman vd., 2001). Son 20 yılda, gelişen teknolojiye bağlı olarak ciddi ilerlemeler kaydeden mühendislik uygulamaları, ileri teknolojiye rağmen taşkınların önüne geçememiştir. Böylelikle taşkınlar gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde büyük bir risk oluşturmaya devam etmiştir (Treby vd., 2006). Hükümetlerarası iklim Değişikliği Paneli'nde (IPCC, 2007) 21 yy. boyunca hava olaylarının sıklık ve şiddetinde ekstrem durumların yaşanacağını, bu durumda küresel taşkınların daha da artan bir trend yakalayacağı belirtilmiştir (Kay vd., 2006). Neredeyse son 10 yılda (Brázdil vd., 2006; Petrow ve Merz 2009) Avrupa ülkelerinde tahmin edilen ve beklenenden daha büyük şiddette ve sıklıkta taşkın olayları gerçekleşmiştir (Sheffer vd., 2008). Benzer şekilde Türkiye'de de taşkın sıklığı ve şiddeti her geçen gün giderek artmaktadır (Onuşluoğlu 2013). Türkiye'nin sahip olduğu topografik ve iklimik özellikler, taşkınların meydana gelmesindeki önemli faktörlerin başında gelmektedir (Turoğlu ve Özdemir, 2005; Keskin, 2012). Tüm bunların yanında, taşkın ovalarının yerleşime açılmaya devam etmesi (Taş vd., 2013), plansız arazi kullanım özellikleri, yanlış ve yetersiz inşa edilen köprüler, ormansızlaşma gibi durumlar taşkınların meydana gelmesinde etkili olan antropojenik faktörlerin arasında yer almaktadır (Gürer ve Uçar 2009; Şenol Balaban, 2016; Ertek, 2017; Fural vd., 2019).

Türkiye'de 1959-2009 yılları arasında 2089 taşkın olayı meydana gelmiştir. Bu olaylar sonucu 1360 kişi ölmüş ve 3 milyar dolarlık bir zarar ortaya çıkmıştır (Gürer ve Uçar, 2009). Taşkınların bölgesel dağılımına baktığımızda Türkiye'nin birçok bölgesinin taşkın riski altında olduğu görülmektedir (Şenol Balaban, 2016). Fakat Karadeniz, Doğu Anadolu, Akdeniz ve Marmara bölgeleri taşkınların en sık gerçekleştiği bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır (Özcan, 2006; Gürer ve Uçar 2009). Taşkınların oluşmasında fırtınaların büyük bir rol oynadığı Akdeniz Bölgesi'nde farklı akarsu havzalarında her 10-15 yılda çok şiddetli taşkınlar

meydana gelmektedir (Vinet, 2008; De Waele vd., 2010). Artan nüfus ve şehirleşme oranına bağlı olarak (Boyraz vd., 2014) geçirimsizlik oranı azalmış ve yüzeysel akış miktarı artmıştır (Hsu vd., 2000; Brown vd., 2007). Taşkın olaylarının meydana geldiği Akdeniz kıyılarında, bu durum özellikle son 10 yılda sosyal-ekonomik problemlerin artmasına neden olmuştur (Thorndycraft vd., 2005).

Taşkınların neden olduğu zararların minimuma indirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması amacıyla taşkın tahminleri ve modellemeleri büyük önem taşımaktadır (Akıncı ve Erdoğan 2014). Bu taşkın modellemeleri çoğunlukla havza temelli olarak gerçekleştirilmektedir. Havza temelli taşkınların modellenmesinde ve yorumlanmasında, birçok yöntem bulunmakta olup bunların başında havza morfolometri-taşkın ilişkisi gelmektedir. Havza morfolometri çalışmalarında alansal, çizgisel ve relief morfolometrisine bağlı olarak bir takım indisler ile havza üzerinde taşkın üretme potansiyeline sahip ana akarsu veya yan kolların durumu belirlenmektedir (Özdemir 2011; Utlı ve Özdemir 2018). Bunlara ek olarak taşkın çalışmalarında analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) (Yılmaz vd., 2017; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Özcan, 2017), çok kriterli karar verme yöntemi (ÇKK) (Özcan ve Musaoğlu, 2009; Saral ve Musaoğlu, 2011; Özcan, 2017; Uludağ ve Doğan, 2016), hidrolik modellemeler (Horritt ve Bates 2002; Sanders 2007; Gallegos vd., 2009; Demir ve Kisi, 2016; Samela vd., 2016) ve hidrolojik modeller aktif olarak kullanılmakta ve tercih edilmektedir (Yucel ve Keskin 2011).

Hidrolik taşkın modellemelerinde ortaya çıkan sonuçların gözlemlenen taşkın sonuçları ile uyumlu olması için sayısal yükselti modeli (SYM) verilerinin topografyayı doğru ve hassas bir şekilde temsil etmesi gerekmektedir. Doğal afet çalışmalarında, yüksek çözünürlükte SYM verileri, daha az hata oranı ile gelişmiş ülkelerde daha aktif kullanılırken (Watson et al. 2015), ücretsiz olarak ulaşılabilen yüksek hata oranına ve düşük çözünürlüğe sahip SYM verileri gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Mason et al. 2016). Bu hata oranları arazi yapısından kaynaklandığı gibi SYM verisini elde eden sensör tiplerinin veri elde etme yöntemlerinden de kaynaklanmaktadır (Yamazaki vd., 2017). Buna rağmen küresel ölçekte kullanıma açık olan açık kaynaklı SYM verileri uzaktan algılama tekniklerine bağlı olarak hata payları azaltılmıştır. SYM verileri ücretsiz veri sağlayıcı hizmetlerinin sunmuş olduğu uydu görüntülerinden

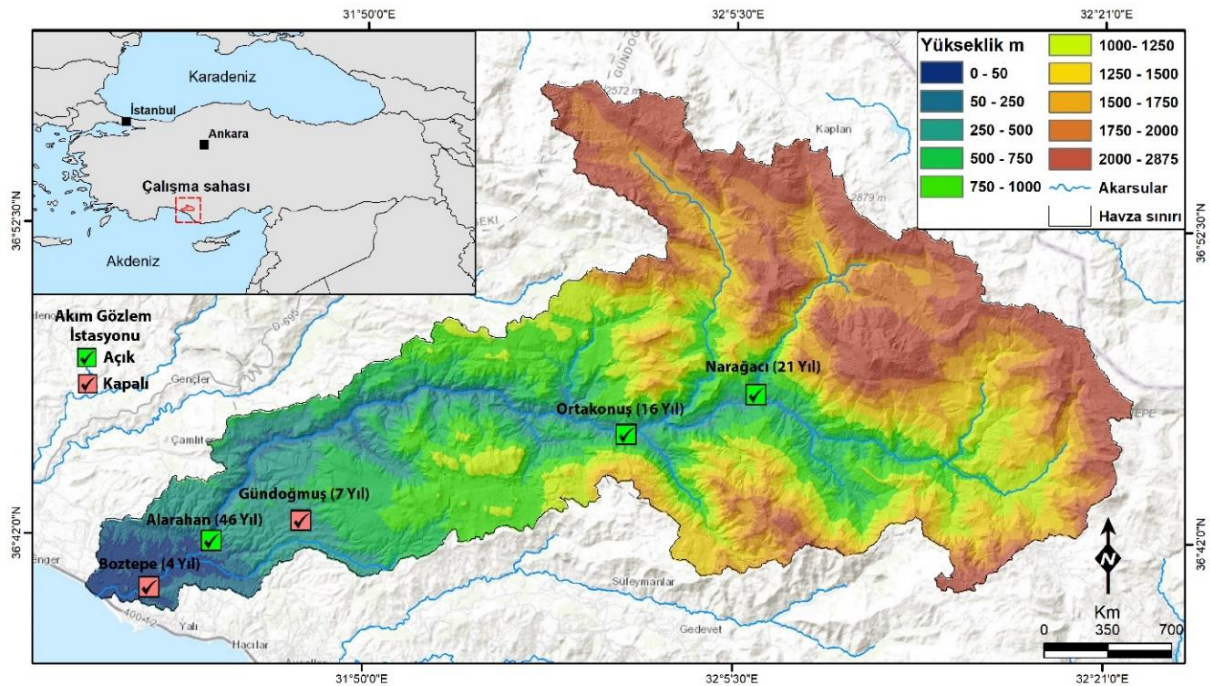
üretilen SRTM, Aster SYM, Alos Jaxa (Alos World 3D), Merit (Multi-Error-Removed Improved-Terrain DEM) gibi kaynakların yanı sıra 1/25.000 veya farklı ölçekte topografya haritalarından elde edilmektedir. Bu farklı veri kaynaklarından elde edilen farklı çözünürlükteki SYM verileri kullanılarak yapılan taşkın modelleri farklı sonuç ve senaryoların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Md Ali vd., 2015b).

Bu çalışmada Alara Çayı Havzası'nda meydana gelen taşkın olaylarının bir boyutlu (1D) hidrolik taşkın modeli kapsamında taşkın yayılım-hız ve derinlik özelliklerinin, farklı SYM verileri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda taşkın ıslah öncesi topografik özellikleri yansıtan Topo SYM verisi ve taşkın ıslah sonrası güncel topografyayı temsil eden ve ücretsiz olarak elde edilen Alos SAM verisine bağlı olarak elde edilen taşkın dinamikleri karşılaştırılmıştır. Böylece güncel ve güncel olmayan topografik verilerin taşkın çalışmalarında ne gibi sonuçlar ortaya çıkardığı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Çalışma Alanı

Alara Çayı, Orta Akdeniz Havzası'nda bulunan, kaynağını Orta Toroslar'dan (Geyik

Dağları'ndan) alan akarsu havzalarından biridir (Şimşek vd., 2019). Alara Çayı Havzası, yaklaşık olarak 32°22'21"-31°38'6" D boylamları 36°39'9"-36°57'45" K enlemleri arasında yer almaktadır ve 1001 km²'lik bir alan kaplamaktadır (Şekil 1). Havzanın KD-GB doğrultusunda yaklaşık uzunluğu 78 km'dir. Çalışma sahasının en önemli yükseltilerini Geyik Dağı (2875 m), Karaçal Dağı (2424,8 m), Akdağ (2318 m), Yelek Dağı (2171 m) Dernek Dağı (1670 m) oluşturmaktadır. Alara Çayı Havzası'nda DSİ tarafından ölçümü yapılan, ana akarsu ve yan kollar üzerinde 3'ü açık 2'si kapalı olmak üzere toplamda 5 akım gözlem istasyonu (AGİ) bulunmaktadır (Şekil 1). Havzada zaman zaman taşkın meydana geldiği bilinmesine rağmen bunlara ait bir envanter bulunmamaktadır. Ancak, yerel gazetelerde ve yerel halk ile görüşmeler doğrultusunda 17-18 Aralık 1982, 05 Mart 2004, 13 Aralık 2010, 02 Aralık 2003, 13 ve 18 Aralık 2012 tarihlerinde taşkın olayları meydana geldiği tespit edilmiştir. 2012 Aralık ayında meydana gelen taşkında Alara ve Karakaya köyleri arasında kalan seralar ve tarım alanlarının etkilenmiş, 10 ev ve 70 sera zarar görmüş ve 20 köy yolu ulaşıma kapanmıştır (OSİB, 2016, Şekil 2).



Şekil 1- Çalışma sahasının konumu, yükselti koşulları ve akım gözlem istasyonlarının lokasyonları
Figure 1- Location and digital elevation model of the study area and location of stream gauging stations.



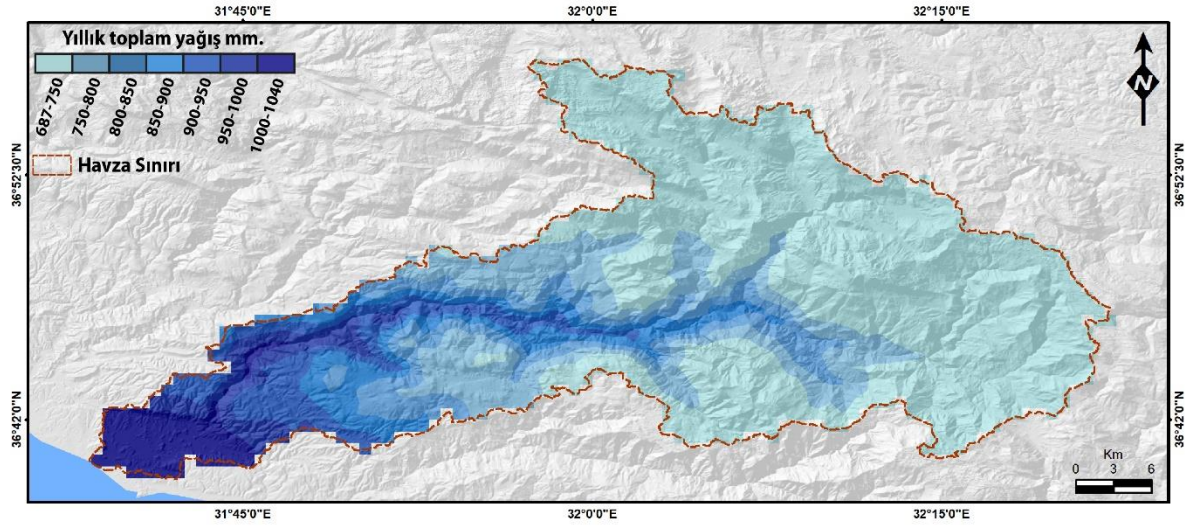
Şekil 2- Alara Çayı Havzası'nda Aralık 2012 tarihinde meydana gelen taşkın afetinin neden olduğu zararlar (Url:1,2,3,4)

Figure 2- Flood disaster occurred in December 2012 in the study area (Url-1, 2, 3, 4)

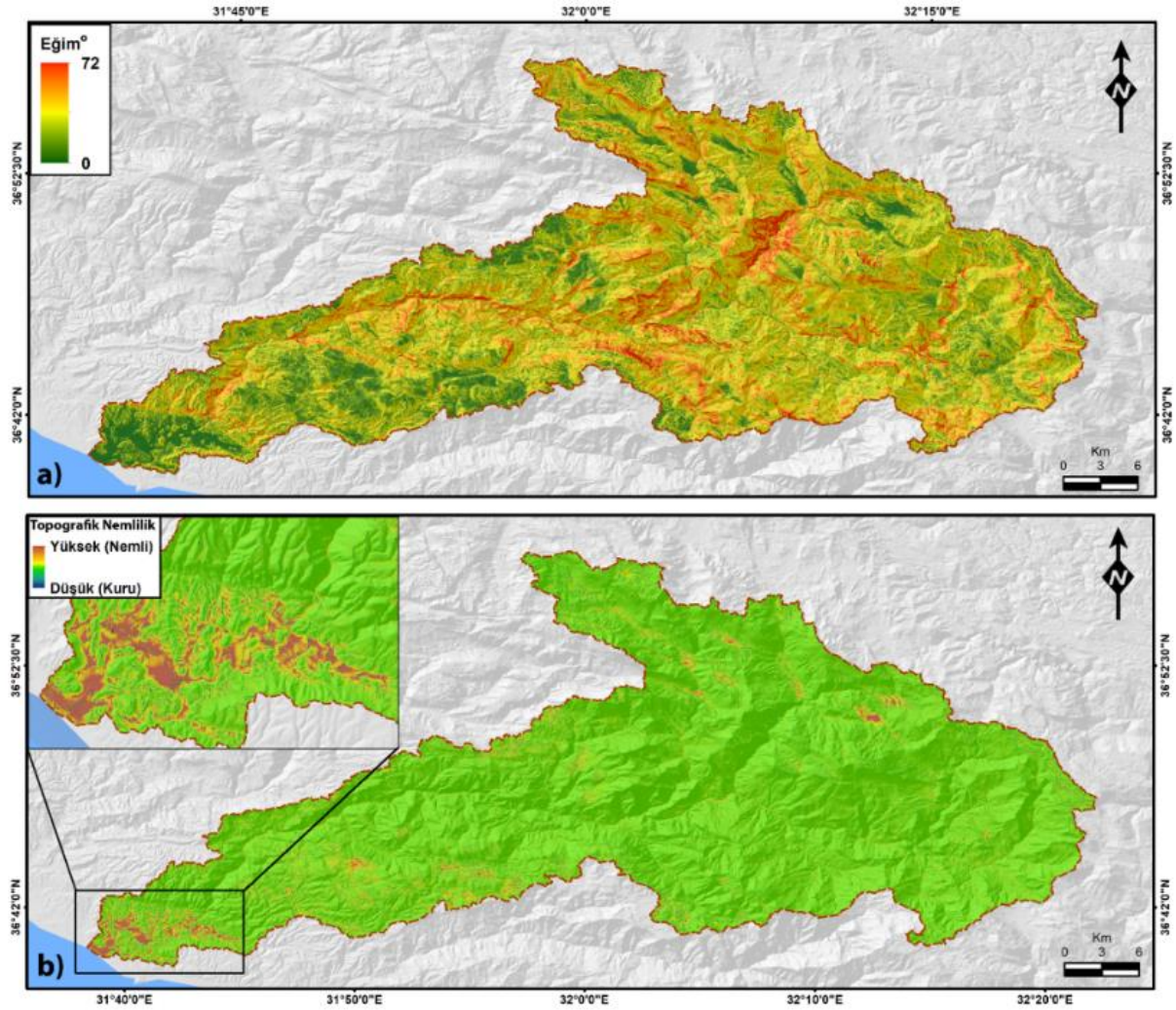
Çalışma sahası, kış aylarında yağış alan, yazları ise kurak dönem yaşayan tipik ılıman Akdeniz iklimi ile karakterize olur (Erinç, 1996). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre havza Csa harfleriyle temsil edilen kışları ılıman ve yazları sıcak geçen, nemli orta enlem, başka bir ifade ile tipik Akdeniz iklim tipine karşılık gelmektedir (Öztürk vd., 2017). Bu bölgede yıl içerisinde özellikle de kış aylarında Akdeniz siklonları ve polar hava kütleleri ile ilişkili gezici orta enlem siklonlarının oluşturduğu cephesel yağışlar görülür ve bu yağışlar sırasında sık sık taşkınlar meydana gelmektedir. Yaz ayında Azor yüksek basıncının alanını genişletmesi ve yanı sıra Muson alçak basınç sisteminin de Basra körfezinden bu alana sokulmasıyla oluşturduğu birleşik anomali sonucunda, Akdeniz Bölgesi Alanya ve yakın çevresinde yüksek yaz sıcaklıkları yaşanır (Erinç, 1996; Karaca vd., 2000; Aydın vd., 2019). Ekim ayı sonundan itibaren Mayıs ayına gelinceye dek farklı hava kütleleri etkisi altında kalan Akdeniz Havzası'nda, yağışlar cephe sistemleri ve alçak basınç etkisi altında kalarak (Sür, 1977; Koçman, 1993), çoğunlukla sağanak yağmur ve dolu şeklinde düşmektedir. Havzanın doğusunda yer alan Alanya Meteoroloji İstasyonu'nun (7m) 1952-2018 yılları arasındaki verilerine göre yıllık ortalama sıcaklığı 19,3 °C olup, yıllık toplam yağış miktarı ise 1098

mm'dir. Çalışma sahasının toplam yağış özelliklerinin haritalandırılmasında ArcGIS 10.5 programı, Spatial Analyst aracı kullanılmış olup, yaklaşık 1 km² raster (grid) tabanlı küresel yağış verisinden faydalanılmıştır (Fick and Hijmans 2017). Buna göre havza toplam yağış miktarı 687-1044 mm arasında değişmektedir (Şekil 3). Taşkınların en yoğun meydana geldiği ve yıllık toplam yağışın büyük bölümünü oluşturan kış dönemi yağış miktarı ise 291-591 mm arasında değişmektedir.

Çalışma sahası genel eğim değerleri 0°-72° arasındadır (Şekil 4a). Eğim derecesinin yüksek olması, yağışla birlikte yüzeysel akış oranının artmasını ve yağışın doğrudan akarsuların debisine katılmasını sağlamaktadır (Şensoy ve Palta 2009). Ayrıca, sığ yeraltı suyunun ve toprak nemliliğinin tespitinde kullanılan topografik nemlilik indisi değerleri incelendiğinde (Beven ve Kirkby, 1979; Grabs vd., 2009), en yüksek değerler, yani suyun tutulma kapasitesinin en yüksek olduğu ve yeraltı suyu seviyesinin en sığ olduğu alanlara karşılık gelen alanların, havza eğim değerlerinin az olduğu ve taşkın olaylarının meydana geldiği Alara Ovası olduğu görülmüştür (Şekil 4b). Bu açıdan suya doymuş Alara Ovası'nda su kolaylıkla yüzeysel akışa geçerek taşkın koşulları üzerinde artırıcı bir etki yapmaktadır.



Şekil 3- Alara Çayı Havzası'nda yıllık toplam yağışın dağılışı
Figure 3- Annual total precipitation of Alara River Catchment



Şekil 4- Alara Çayı Havzası'nın (a) eğim ve (b) topografik nemlilik indisi özellikleri
Figure 4- a) Slope and b) topographic wetness index characteristics of the Alara River Catchment

3. Veri ve Yöntem

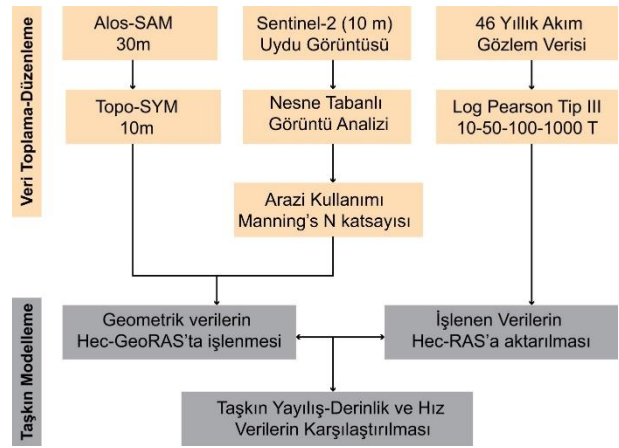
Taşkın çalışmalarında temel hedef, taşkınların karakteristiğini, fiziksel ve istatistiksel perspektifte belirlemek ve meydana gelme olasılıklarını tehlike ve risk açısından tespit etmektir (Daniels, 2007). Taşkın olaylarının ve şiddetinin dinamik olarak anlaşılmasında hidrolik modeller büyük rol oynamakta ve gerekli önlemlerin alınması bakımından büyük önem taşımaktadır (Boyras vd., 2014; Nguyen vd., 2015). Hidrolik taşkın modelleri bir boyutlu (1D) ve iki boyutlu (2D) olarak modellenmekte olup (Fijko ve Zelenáková 2016), 1D modelleme kısa sürede modelleme kabiliyeti ve uygulanabilirliği nedeniyle daha fazla tercih edilirken (Marks ve Bates 2000; Gharbi vd., 2016; Büchele vd., 2006; Schumann vd., 2007; Alaghmand vd., 2010; Brandimarte ve Di Baldassarre 2012), 2D model karmaşık şehir taşkınlarının ve topografik olarak kompleks taşkın sahalarının modellenmesinde kullanılmaktadır (Yan vd., 2013). Çünkü kompleks topografik koşullara sahip sahalarda taşkın modelleri için çok geniş ve uzun süreli veri setlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Akıncı ve Erdoğan 2014). 2D modelleri düzey bilgisayar işlemcilerine ihtiyaç duyarken, 1D modellerde ileri seviyede işlemciye ihtiyaç duymamakta olup modelleme süresi oldukça kısadır ve doğruluk oranı oldukça yüksektir (Gharbi vd., 2016). Bu çalışmada Alara Çayı Havzası'ndaki taşkınlar 1D modeller aracılığıyla analiz edilmiştir.

3.1. Veri Toplama ve Düzenleme

Alara Çayı Havzası'nda taşkın yayılış, derinlik ve hız özelliklerinin 1D taşkın hidrolik modelleme yönünden ortaya konulması için; (a) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DSİ) temin edilen Alarahan (1969-2014) Akım Gözlem İstasyonu'na (AGİ) ait 46 yıllık maksimum akım verisi, (b) 1/25.000 ölçekli Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiş topografya haritalarının sayısallaştırılması sonucu elde edilen ± 10 m çözünürlükte Topo SYM verisi (c) 30m çözünürlükte Alos SAM (URL-5) ve (d) Sentinel-2 10 m uydu görüntüsüne bağlı olarak oluşturulan güncel arazi kullanım türüne belirlenen Manning's N pürüzlülük katsayısı kullanılmıştır. Çalışmanın gerçekleştirilmesinde Şekil 5'te verilen iş akışı takip edilmiştir.

Çalışma sahasında taşkın önlemeye yönelik bir ıslah çalışması yapılmış olması (Şekil 6a-b) nedeniyle ıslah öncesi ve sonrası taşkın modellemesi kapsamında bu farklılıkların tespiti için iki farklı

SYM verisi çalışmada tercih edilmiştir. Topo SYM verisi 1/25.000 ölçekli topografya haritasının sayısallaştırılması ile elde edilmiş 10 m çözünürlüğe sahiptir. Topo SYM verisi havza morfometrisi, taşkın modelleme gibi doğal afet çalışmalarında yüksek çözünürlüklü SYM verilerinin bulunmadığı sahalarda yoğun olarak kullanılmaktadır (Cürebal vd., 2015; Karabulut ve Özdemir, 2019). Alos SAM verisi havza morfometrisi analizlerinde yoğun olarak kullanılmasının (Boulton ve Stokes 2018) yanısıra taşkın çalışmalarında kullanılan (Azizian ve Brocca 2020) optik sensörler ile 82° Kuzey- 82° Güney arasındaki yer alan alanlarda 4.4 metre düşey hataya sahip, ücretsiz olarak elde edilebilen bir yüzey verisidir (Santillan ve Makinano-Santillan, 2016; Tadono vd., 2016). Alos SAM 30m verisi 2016 yılından itibaren Japon Uzay Ajansı (JAXA) tarafından ALOS AW3D 5 m SAM verisinden üretilmektedir (Tadono vd., 2016).



Şekil 5- 1D hidrolik taşkın modelinin oluşturulmasına ait genel iş akışı

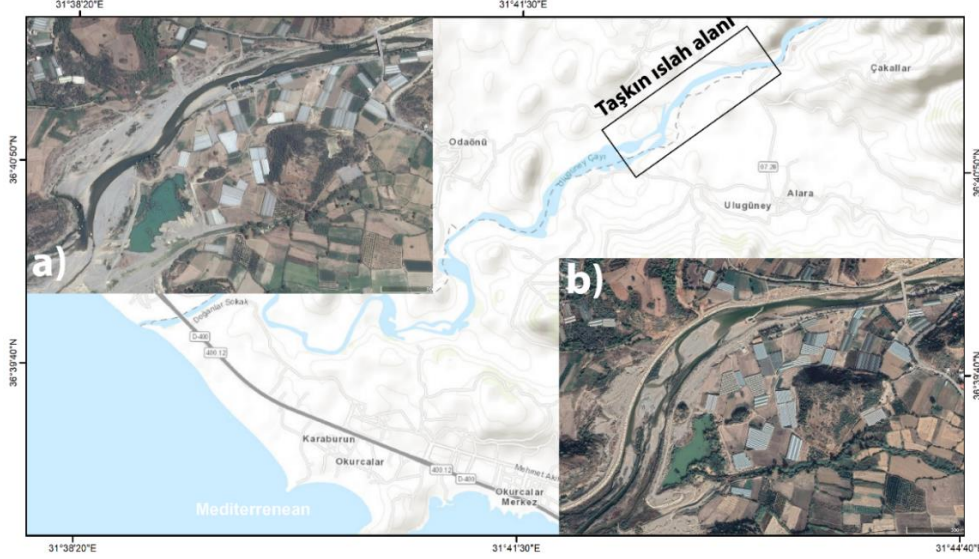
Figure 5- General flowchart of the 1D flood modeling

46 yıllık maksimum akım verisi değerlendirilmesinde Log-Pearson Tip III (LPT-III) dağılım yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle bağlı olarak 10-50-100-1000 yıllık akım değerleri elde edilmiş ve modelleme kapsamında kullanılmıştır.

Taşkın modeli için akarsu yatağı ve yakın çevresinde bir takım geometrik verilerin oluşturulması gerekmektedir. Bunlar; akış yönü, akarsu kıyısı, en kesitler, etkisiz alanlar, depolanma alanları, engelleyici yapılar gibi geometrik verilerdir. Özellikle en kesit verileri akarsu yatağı üzerinde taşkın yayılış alanları boyunca akış yönüne dik olarak SYM verisine bağlı olarak elde edilmektedir. SYM

verisinin çözünürlüğü, en kesit verileri ile oluşturulacak yatak profili için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle en kesit verileri suyun yatağın çevresine çıkarak yayılması ve yatak içerisindeki hareketinin anlaşılması bakımından

önem taşımaktadır (Md Ali vd., 2015a). Topografya yükselti özelliklerinin en kesitlere aktarılması, suyun farklı yüzeyler ve yükselti kademeleri üzerinde ilerlemesi özellikle suyun yayılışının belirlenmesi bakımından önemlidir (Tate, 1999).



Şekil 6- Taşkın ıslah alanının a) ıslahı öncesi, b) ıslahı sonrası uydu görüntüleri (Google Earth 2013 ve 2020)

Figure 6- Satellite images of flood reclamation area. a) before and b) after reclamation (Google Earth 2013 and 2020)

Farklı arazi kullanım türleri üzerinde, suyun ilerleyişi sırasında sürtünme özellikleri önem taşımaktadır. Manning's N katsayısı taşkın modellerinin oluşturulmasında en önemli faktörlerden biridir. (Yang, 2016). Arazi kullanım türlerinin tespit edilmesinde Nesne Tabanlı Görüntü Analizi (OBIA) sınıflandırma yöntemiyle analiz edilen 17/03/2020 tarihli Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır (Shamaoma, 2005; Zhang vd., 2017;; Utlü, 2019). Elde edilen arazi kullanım özellikleri üzerinden Manning's N pürüzlülük değerlerinin oluşturulmasında Chow 1959'dan yararlanılmıştır (Şekil 7a).

Çalışma sahasında farklı tekrarlar aralıklarına bağlı olarak yapılan modellemede normal derinlik (Eğim: % 0.036) tercih edilmiştir. Alarahan AGİ'den itibaren 12 km uzunluğa sahip menderesli bir morfolojiye sahip akarsu yatağında 129 adet en kesit alınmıştır (Şekil 7b). Çalışma sahasının hidrolik olarak modellenmesinde Hec-RAS 1D taşkın yazılımı kullanılmıştır. Hec-RAS 1D taşkın modellerinde en çok tercih edilen yazılımlardan birisidir (Schumann vd., 2007; Alaghmand vd., 2010). 1D taşkın modellemesinde en kesitler arasında suyun hareketine bağlı olarak oluşturulan enerji

denklemleri (1) bulunmaktadır (USACE, 2016). Bu denklemler;

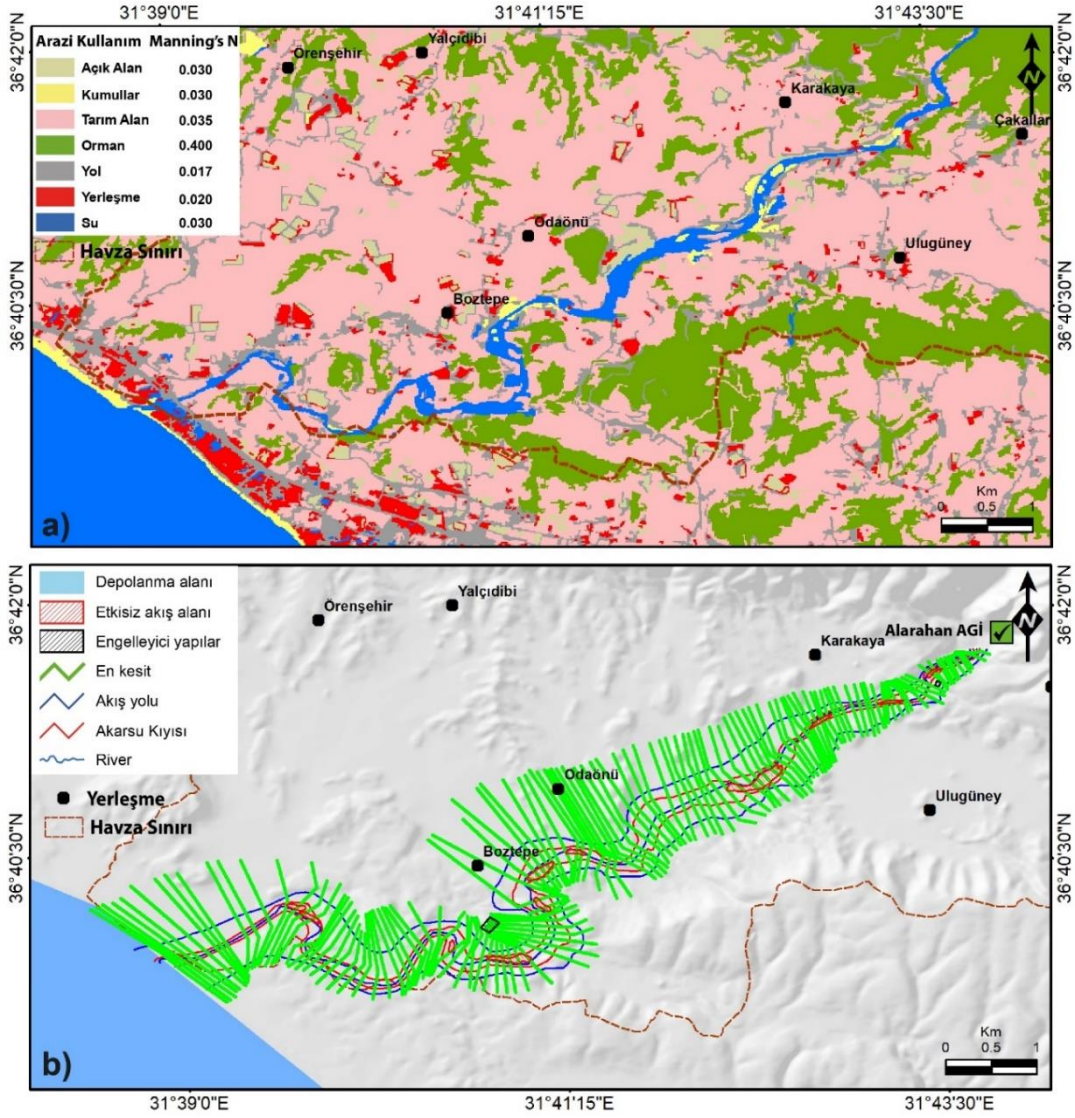
$$Z_2 + Y_2 + a_2 \frac{v_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 \frac{v_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

olarak ifade edilmektedir. Z_1 ve Z_2 akarsuya yatak özelliklerine ait yükselti değerlerini (m); Y_1 ve Y_2 ; her bir en kesite ait su derinliğini (m); V_1 ve V_2 : her bir en kesite ait ortalama su hızını ($m s^{-1}$ toplam akım), a_1 ve a_2 hızın ağırlıklı katsayısı; g : yer çekim hızı ($m s^{-2}$) ve h_e : her bir en kesite ait enerji kaybı (m) ifade etmektedir.

Her bir en kesite ait enerji kaybı (h_e) (2) ise

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left[a_2 \frac{v_2^2}{2g} - a_1 \frac{v_1^2}{2g} \right] \quad (2)$$

olarak ifade edilmektedir. Burada L : toplam akım değeri; \bar{S}_f : her bir en kesit arasında ortalama eğime bağlı sürtünme C : daralma ve genişleme kaybı katsayısını ifade etmektedir.



Şekil 7- a) Arazi kullanım özelliklerine göre elde edilen Manning's N pürüzlülük değeri (Chow 1959)
b) geometrik verilerin Hec-GeoRAS'ta düzenlenmesi

Figure 7- a) Manning's N values obtained from landuse characteristics (Chow 1959)
b) editing of geometric data in Hec-GeoRAS

3.2. Taşkın Sıklık Analizi

Geçmiş dönemlerde meydana gelen taşkın olaylarında tehlike ve risk çalışmaları için uzun süreli ölçüm yapan akım istasyonu verileri önemlidir. Bu nedenle ekstrem taşkın olayları karşısında tasarım, gerekli risk ve tehlike çalışmalarına bağlı olarak, arazi kullanım planlamasının sürdürülebilir bir şekilde tamamlanması ve gerekli önlemlerin alınması nedeniyle kritik bir rol oynamaktadır (Norbiato vd., 2007). Bu amaçla, maksimum akım değerlerinin tahmin edilmesi, mühendislik uygulamaları açısından, özellikle taşkınların engellenmesine

yönelik çalışmalar için büyük önem taşımaktadır (Merz ve Blöschl 2005). Akım verisinin yeterli ölçüm miktarına sahip olduğu durumlarda doğrudan taşkın sıklık analizi yapılarak maksimum akım tahmini yapılabilmektedir (Rahman vd., 2002). Maksimum akım değerlerinin tespit edildiği, farklı senaryoların da kullanıldığı (Özdemir, 2008) taşkın sıklık analizi istatistiksel temelli olup, minimum 10 yıllık maksimum akım verisine ihtiyaç duymaktadır (Saf, 2011).

Maksimum akım miktarlarının tahmininde kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlar arasında en çok tercih edilen yöntem Log Normal,

Gumbel EV-I (Gumbel, 1958) ve LPT-III yöntemleridir (Kidson vd., 2005). Türkiye’de yer alan 23 büyük akarsu havzasında, düzensiz akıma sahip 112 farklı akım istasyonu verilerini kullanılarak 21 yıldan daha uzun maksimum akım verileri üzerinden gerçekleştirilen farklı istatistiksel analizlere göre en uygun metodun Log-logistic ve LPT-III yönteminin en iyi eşleşmeye sahip olduğunu tespit edilmiştir (Haktanir 1991). Bu nedenle bu çalışmada da LPT-III yöntemi kullanılmıştır. LPT-III yönteminde, Alarahan AGİ (1969-2014) 46 yıllık maksimum akım gözlem verisi çalışmada kullanılmıştır. LPT- III yönteminde (3) tercih edilen formül;

$$Q_T = \overline{\text{Log}x} + K(C_s, T) * \sigma_{\text{Log}x} \quad (3)$$

olarak ifade edilmektedir (IACWD 1982; USACE 1993; Hamed ve Rao 1999; Özdemir 2008). Kısaca, Q_T : Farklı tekrarlar aralıklarına sahip maksimum akım miktarı, $\overline{\text{Log}x}$: Her bir yıla ait maksimum akımlara ait logaritmaların ortalamaları, K : C_{skew} oranı T : tekrarlar periyodu, $\sigma_{\text{Log}x}$: Ölçüm yılına ait maksimum akım değerlerinin logaritmasının standart sapması olarak tanımlanmaktadır (Özdemir 2008; Curebal vd., 2015).

4. Bulgular

LPT III metodu ile oluşturulan farklı tekrarlar aralıklarına göre 233 – 1082 m³/sn arasında değişen maksimum akım değerleri elde edilmiştir (Tablo 1). 2012 Aralık ayında meydana gelen taşkında Alarahan AGİ ‘de 165 m³/sn bir akım gözlemlenmiştir. 2 yıllık tekrarlar periyoduna göre elde edilen maksimum akım değeri 233 m³/sn olup 2012 yılı taşkın akım değeri ile kıyasladığımızda, bu akım değerinin taşkın olayının gerçekleşmesi için oldukça yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

Analiz sonuçlarına göre Topo SYM ve Alos SAM verisinin kullanılarak oluşturulduğu 1D taşkın modelinde farklı yayılım, hız ve derinlik özellikleri ortaya çıkmıştır. Güncel topoğrafya özelliklerinin yansıtıldığı Alos SAM verisinde elde edilen sonuçlar, özellikle taşkın ıslah çalışmasının yapıldığı Karakaya ve Ulugüney (Alara) köylerinin arasında yer alan sahada suların taşkın setlerine bağlı olarak çevreye yayılmadığı görülmektedir (Şekil 8). Topo SYM verisi ile elde edilen modellemede taşkın alanının taşkın ıslah sahasında daha geniş alanlara yayıldığı, Alos SAM verisi sonucunda görülen sınırlı yayılımın aksine çevreye geniş alanlara yayıldığı görülmektedir (Şekil 8). Bunun nedeni Alos SAM verisinin 5m

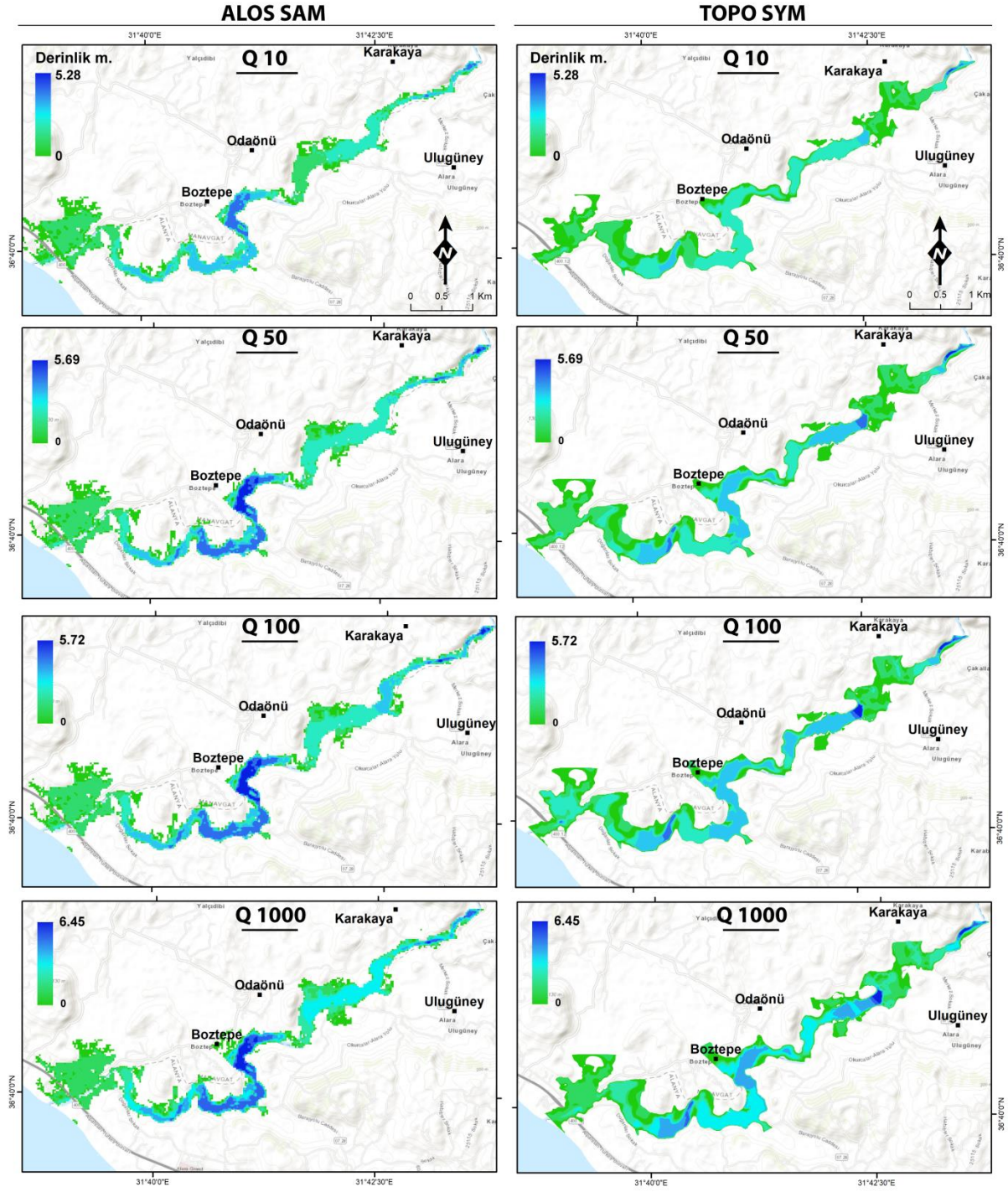
AW3D verisinden enterpole edilerek oluşturulması nedeniyle yüzey verisinin topografyayı iyi derecede temsil etmesidir. Alos SAM yüzey verisinin kullanılması ile oluşturulan 1D hidrolik taşkın modellemesine göre farklı tekrarlar periyodları arasında ciddi farklar oluşmamaktadır. Alarahan AGİ’den itibaren elde edilen taşkın modellemesinde maksimum derinlik Alarahan AGİ’nin bulunduğu lokasyonda ve Boztepe Köyü yakınlarında menderesli akışa sahip alanda ulaşmaktadır. Maksimum derinlik değerleri her iki SYM verisinde benzer lokasyonlarda görülmektedir. Bu değerler Q1000 yıllık maksimum tekrarlar periyodunda Alos SAM verisinde maksimum 6.45 m iken Topo SYM verisinde 6 m’dir. Hız özellikleri, Alos SAM verisinde Q10-Q50-Q100-Q1000 periyodlarında 5.97-13.1 m/s arasında, Topo SYM verisinde 5.5-7.32 m/s arasında değişmektedir (Şekil 9). Maksimum hız, Alos SAM verisinde Alarahan AGİ ve Odaönü köyü arasında ve Boztepe köyü mevkiinde yer alan sahada oluşurken Topo SYM verisinde Odaönü civarı ve kıyıda meydana gelmektedir. Alara Çayı’nın ovada geniş menderesli bir yatağa sahip olmasının yanısıra taşkın döneminde akarsuyun çevreye yayılmasını engelleyecek topografik yükseklikler bulunmaktadır (Şekil 10). Bu nedenle farklı tekrarlar periyoduna göre oluşturulan taşkın modelinde, taşkın alansal yayılışında yüksek farklılıklar oluşmamıştır.

Tablo 1- Log-Pearson Tip III yöntemine göre 46 yıllık Alarahan AGİ verilerinin farklı tekrarlar periyoduna göre sonuçları

Table 1- Based on Log-Pearson Type III method, return period results of Alarahan Stream Gauging Station data (46 years)

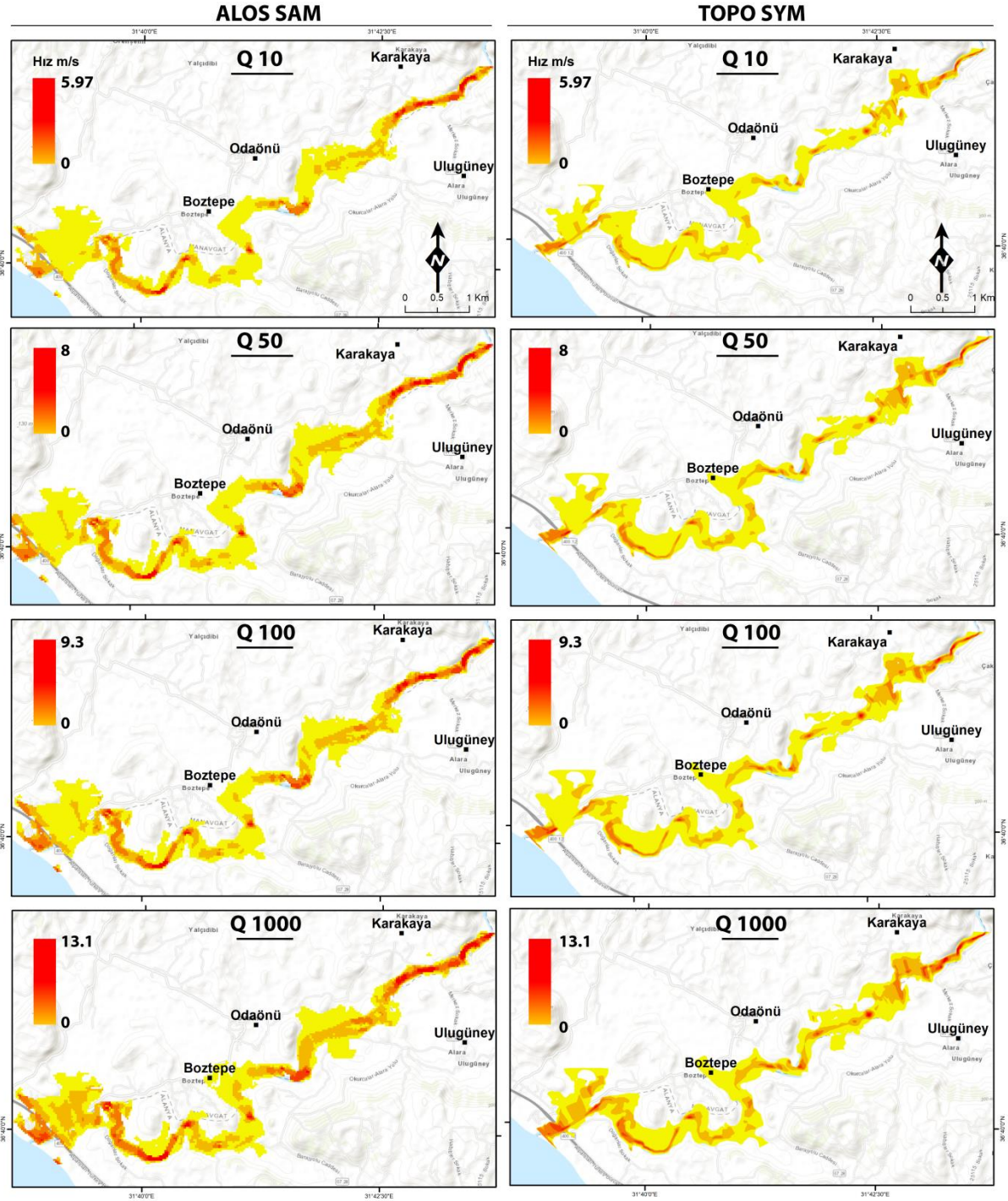
T	σ	C_{skew}	K_z	Z_t	Q m ³ /sn
2	0.24	-0.28	0.033	2.37	233
10	0.24	-0.28	1.258	2.66	459
25	0.24	-0.28	1.680	2.76	579
50	0.24	-0.28	1.945	2.83	671
100	0.24	-0.28	2.178	2.88	763
200	0.24	-0.28	2.388	2.93	857
1000	0.24	-0.28	2.810	3.03	1082

Özellikle taşkın yayılım alanları Topo SYM verisinde Karakaya köyü, D400 karayolunun gerisinde Boztepe köyüne ait yerleşimlerin bir kısmını sular altında bırakmaktadır. Farklı tekrarlar periyodlarına göre elde edilen taşkın yayılım alanları Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 8- Farklı tekrarlama periyoduna göre Alos SAM ve Topo SYM yüzey verisi ile oluşturulmuş 1D taşkın yayılış alanı ve derinlik modeli

Figure 8- 1D flood extent area and depth results based on different return periods using Alos DSM and Topo DEM data



Şekil 9- Farklı tekrarlama periyoduna göre Alos SAM ve Topo SYM yüzey verisi ile oluşturulmuş 1D taşkın hız özellikleri

Figure 9- 1D flood velocity results based on different return periods using Alos DSM and Topo DEM data



Şekil 10- Taşkın düzlüğü üzerinde bulunan yerleşim ve tarım alanları (Alarahan Kalesi'nden görünüm)

Figure 10- Agricultural and settlement areas on the floodplain (from Alarahan Castle)

Tablo 2- Topo SYM ve Alos SAM verisi sonuçlarına göre taşkın yayılış alanlarının karşılaştırılması

Table 2- Comparison of total flood area according to results Topo DEM and Alos DSM data

Tekrarlama Periyodu	Topo SYM km ²	Alos SAM km ²
Q10	2.93	2.64
Q50	3.26	2.86
Q100	3.37	2.93
Q1000	3.60	3.24

Sonuç

Bu çalışmada, Alara Çayı havzası üzerinde Topo SYM ve Alos SAM yüzey verileri 1D taşkın modellemesi kapsamında test edilmiştir. Alarahan AGİ'den itibaren 12 km'lik akarsu yatağında yapılan modellemede, Topo SYM verisinde geniş alanlara yayılan suyun Alos SAM verisinde belirli noktalar dışında çok fazla çevresine yayılmadığı görülmektedir. Topo SYM verisinde, Q10 tekraralama periyoduna göre 2.93 km² olan yayılış alanı Q1000 tekraralama periyodunda 3.60 km²'dir. Yayılış alanı Alos SAM verisinde Q10 tekraralama periyodunda 2.64 km², Q1000 tekraralama periyodunda 3.24 km²'dir.

Topo SYM verisinin taşkın ıslah döneminden önce üretilmiş olması güncel topografyayı temsil etmemesi nedeniyle taşkın modellemesinde özellikle yayılış alanlarında farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Alara Çayı maksimum derinlik değerlerinin Topo SYM verisinde Q10 tekraralama periyodunda 5.28 m iken bu değerler Q1000

tekrarlama periyodunda 6 m'dir. Alos SAM verisinde ise Q10 tekraralama periyoduna göre maksimum derinlik 4.68 m iken bu değerler Q1000 tekraralama periyodunda 6.45 m'dir. Elde edilen değerlerin farklı olmasına rağmen derinlik dağılım alanlarında maksimum ve minimum değerler benzer alanlarda yayılış göstermektedir. Q1000 tekraralama periyodundan elde edilen derinlik değerlerinin her iki SYM verisinde de yakın olduğunu söylemek mümkündür. Her iki modelde de taşkın yayılış alanının birkaç nokta dışında benzer sonuçlar taşınması Alos SAM 30m yüzey verisinin güncel olmayan topografyalarda yapılacak taşkın çalışmalarında kullanılabilirliğini göstermektedir. Q10-Q50-Q100-Q1000 tekraralama periyodlarında maksimum hız değerleri Topo SYM verisinde 5.5 – 7.32 m/s arasında olup, Alos SAM verisinde ise 5.97 – 13.1 m/s arasında değiştiği görülmektedir. Maksimum hız değerleri Alos SAM verisinde, Alarahan AGİ ve Odaönü köyünde görülmesinin yanısıra Boztepe Köyü'nden itibaren menderesli akışa sahip alanlarda görülmektedir. Maksimum hız değerleri Topo SYM verisinde ise yine Alarahan AGİ'den başlayarak devam ettiği fakat güncel taşkın setlerinin topografyada yansıtılmadığı noktada akarsuyun çevreye yayılması nedeniyle hızın minimum seviyelere indiği tekrar yatak içine drene olması ile yüksek hızlara çıktığı görülmektedir.

Taşkın yayılışı, Topo SYM verisinde daha geniş bir yayılış göstermekte iken Alos SAM verisinde daha sınırlı kalmıştır. Özellikle taşkın ıslahının yapıldığı alanda bu fark açıkça görülmektedir. Tehlike ve risk çalışmalarında gerekli tedbirlerin doğru ve eksiksiz bir şekilde alınması bakımından SYM verilerinin topografyayı iyi bir şekilde temsil etmesi gerekmektedir. Böylelikle var olan SYM verilerinin çözünürlüklerinin ne derecede yüksek olursa olsun topografyayı güncel bir şekilde temsil etmesi gerektiği anlaşılmıştır. Gelecekteki taşkın çalışmalarında, güncel olmayan SYM verilerine bağlı olarak gerçekleştirilecek taşkın modellemelerinin, taşkın tehlike ve risk çalışmalarında büyük problemlere yol açacağı kaçınılmazdır. Bu nedenle hali hazır güncel olmayan topografya haritalarından oluşturulan SYM verilerinin, arazi çalışmaları ile desteklenerek yüksek hassasiyete sahip GPS sistemleriyle (DGPS, CORSGPS, GNSS, vb.) veri toplanarak güncelleştirilmeleri gerekmektedir.

REFERANSLAR

- Akıncı H., Erdoğan S. 2014. Designing a flood forecasting and inundation-mapping system integrated with spatial data infrastructures for Turkey. *Nat Hazards*, 71, 895–911.
- Alaghmand, S., Abdullah, R., Abustan, I., Behdokht, V. 2010. GIS-based river flood hazard mapping in urban area (a case study in Kayu Ara river basin, Malaysia). *International Journal of Engineering and Technology*, 2 (6), 488-500.
- Aydın, S., Şimşek, M., Çetinkaya, G., Öztürk, M.Z. 2019. Erinç Yağış Etkinlik İndisi'ne göre belirlenen Türkiye iklim bölgelerinin rejim karakteristikleri. 1. *İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı*, 752-760, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Azizian, A., Brocca, L. 2020. Determining the best remotely sensed DEM for flood inundation mapping in data sparse regions. *International Journal of Remote Sensing*, 41(5), 1884-1906.
- Beven, K. J., Kirkby, M. J. 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. B.*, 24, 43–69.
- Boulton, S. J., Stokes, M. 2018. Which DEM is best for analyzing fluvial landscape development in mountainous terrains?. *Geomorphology*, 310, 168-187.
- Boyras U, Gülbaz S, Kazezyılmaz-Alhan C.M. 2014. A case study: flood analysis of Çayırova Stream in Turkey with a hydrodynamic model. *Word J Int Linguist Assoc* 1–22.
- Brandimarte, L., Di Baldassarre, G. 2012. Uncertainty in design flood profiles derived by hydraulic modelling. *Hydrol Res*, 43, 753–761.
- Brázdil, R., Kundzewicz, Z.W., Benito, G. 2006. Historical hydrology for studying flood risk in Europe. *Hydrol Sci J.*, 51, 739–764.
- Brown, J.D., Spencer, T., Moeller, I. 2007. Modeling storm surge flooding of an urban area with particular reference to modeling uncertainties : A case study of Canvey Island, United Kingdom. *Water Resources Research*, 43, 1–22.
- Büchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thieken, A., Ihringer, J., Oberle, P., Merz, B., and Nestmann, F. 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 6, 485–503, <https://doi.org/10.5194/nhess-6-485-2006>, 2006.
- Chow, V.T. 1959. *Open-Channel Hydraulics*. McGraw Hill Inc. New York.
- Cürebal, I., Efe, R., Özdemir, H., Soykan, A., Sönmez, S. 2015. GIS-based approach for flood analysis: case study of Keçidere flash flood event (Turkey). *Geocarto Int* 31, 355–366.
- Daniels, J.M. 2007. Flood hydrology of the North Platte River headwaters in relation to precipitation variability. *Journal of Hydrology*, 344, 70–81.
- De Waele, J., Martina, M.L.V., Sanna, L. vd. 2010. Flash flood hydrology in karstic terrain: Flumineddu Canyon, central-east Sardinia. *Geomorphology*, 120, 162–173.
- Demir, V., Kisi, O. 2016. Flood hazard mapping by using geographic information system and hydraulic model: Mert River, Samsun, Turkey. *Adv Meteorol*, 2016, 1-9.
- DSİ (Devlet Su İşleri D09A0117 Alarahan). 1969-2014 Akım Verileri.
- Erinç, S. 1996. *Klimatoloji ve Metotları (Genişletilmiş 4. Baskı)*. Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Ertek, T.A. 2017. Antropojenik jeomorfoloji: konusu, kökeni ve amacı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 69, 69–79.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). *Flood hazard mapping*, Washington, D.C.
- Fick, S.E., Hijmans R.J. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol*, 37, 4302–4315.
- Fijko, R., Zelenáková, M. 2016. The HEC RAS model of regulated stream for purposes of flood risk reduction. *Sel Sci Pap - J Civ Eng*, 11, 59–70.
- Fural, Ş., Cürebal, İ., İnan, F. 2019. Elmalı'da (Antalya) yağışın tetiklediği sel, taşkın ve çamur akıntısı afetlerinin jeomorfolojik analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 3, 49–61.

- Gallegos, H.A., Schubert, J.E., Sanders, B.F. 2009. Advances in Water Resources Two-dimensional , high-resolution modeling of urban dam-break flooding : A case study of Baldwin Hills , California. *Adv Water Resour* 32, 1323–1335.
- Gharbi, M., Soualmia, A., Dartus, D., Masbernat, L. 2016. Comparison of 1D and 2D Hydraulic Models for Floods Simulation on the Medjerda River in Tunisia . *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (8), 3017-3026.
- Grabs, T., Seibert, J., Bishop, K., Laudon, H. 2009. Modeling spatial patterns of saturated areas: A comparison of the topographic wetness index and a dynamic distributed model. *Journal of Hydrology* 373, 15-23.
- Gumbel, E.J. 1958. *Statistics of Extremes*. Columbia University Press, New York.
- Gürer, I., Uçar, I. 2009. Flood Disasters' Inventory in Turkey in 2009. *Elev Int Symp Water Manag Hydraul Eng*, 371–380.
- Haktanir, T. 1991. Statistical modelling of annual maximum flows in Turkish rivers. *Hydrol Sci J* 36, 367–389.
- Hamed, K., Rao, R. 1999. *Flood Frequency Analysis*. CRC Press, New York.
- Horritt, M., Bates, P.D. 2002. Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *Journal of Hydrology* 268, 87–99.
- Hsu MH, Chen SH, Chang, T.J. 2000. Inundation simulation for urban drainage basin with storm sewer system. *Journal of Hydrology*, 234, 21–37.
- IACWD (Interagency Advisory Committee on Water Data). 1982. Guidelines for Determining Flood Frequency, Bulletin#17B of Hydrology Subcommittee, Office of Water Data Coordination, US Geological Survey, Reston,
- V.A IPCC 2007. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*. Working Group II, IPCC 4th Assessment Report, <http://www.ipcc.ch>.
- Karabulut, M. S., & Özdemir, H. (2019). Comparison of basin morphometry analyses derived from different DEMs on two drainage basins in Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 78(18), 574.
- Karaca, M., A, Deniz., ve M. Tayanç. 2000. Cyclone Track Variability over Turkey in Association with Regional Climate. *Int. J. of Climatology*, 20, 1225-1236.
- Kay, A.L., Jones, R.G., Reynard, N.S. 2006. RCM rainfall for UK flood frequency estimation. II. Climate change results. *Journal of Hydrology*, 318, 163–172.
- Keskin, F. 2012. *Quantitative Flood Risk Assessment With Application In Turkey*. Ph.D. Thesis, Ortadoğu Teknik Üniversitesi.
- Kidson, R., Richards, K.S., Carling, P.A. 2005. Reconstructing the ca. 100-year flood in Northern Thailand. *Geomorphology* 70, 279–295.
- Koçman, A. 1993. *Türkiye İklimi*. Ege Üniv. Edebiyat Fakültesi Yayınları, No: 72, İzmir.
- Llasat, M.C., Barriendos, M., Barrera, A., Rigo, T. 2005. Floods in Catalonia (NE Spain) since the 14th century. Climatological and meteorological aspects from historical documentary sources and old instrumental records. *Journal of Hydrology* 313, 32–47.
- Marks, K., Bates, P. 2000. Integration of high-resolution topographic data with floodplain flow models. *Hydrol Process* 14, 2109–2122.
- Mason, DC., Trigg, M., Garcia-Pintado, J., Cloke, H.L., Neal, J.C., Bates, P.D. 2016. Improving the TanDEM-X Digital Elevation Model for flood modelling using flood extents from Synthetic Aperture Radar images. *Remote Sens Environ.*, 173, 15–28.
- Md. Ali. A., Di Baldassarre, G., Solomatine, D.P. 2015a. Testing different cross-section spacing in 1D hydraulic modelling: a case study on Johor River, Malaysia. *Hydrol Sci J* 60, 351–360.
- Md. Ali. A., Solomatine, DP., Di Baldassarre, G. 2015b. Assessing the impact of different sources of topographic data on 1-D hydraulic modelling of floods. *Hydrol Earth Syst Sci* 19, 631–643.
- Merz, R., Blöschl, G. 2005. Flood frequency regionalisation - Spatial proximity vs. catchment attributes. *Journal of Hydrology* 302, 283–306.

- Nguyen, P., Andrea, T., Soroosh, S., Hsu, K., AghaKuchak, A., Sanders, B., Koren, V., Cui, Z., Smith, M. 2015. A high resolution coupled hydrologic-hydraulic model (HiResFlood-UCI) for flash flood modeling. *Journal of Hydrology*, 541, 401-420.
- Noman, N., Nelson, E., Zundel, A. 2001. Review of Automated Floodplain Delineation From Digital Terrain Models. *J Water Resour Plan Manag*, 127, 6.
- Norbiato, D., Borga, M., Sangati, M., Zanon, F. 2007. Regional frequency analysis of extreme precipitation in the eastern Italian Alps and the August 29, 2003 flash flood. *Journal of Hydrology*, 345, 149-166.
- Onuşluel Gül, G. 2013. Estimating flood exposure potentials in Turkish catchments through index-based flood mapping. *Nat Hazards* 69, 403-423.
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. 2016. *Antalya Havzası Taşkın Yönetim Planı*. Temelsu Uluslararası Mühendislik Hizmetleri AŞ, Antalya.
- Özcan, E. 2006. Sel Olayı ve Türkiye. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 26, 35-50.
- Özcan, O. 2017. Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, (3) 1, 9-27.
- Özcan, O., Musaoğlu, N. 2009. Taşkın risk analizinde hidrolojik modelleme ve çok kriterli karar verme yöntemi. *TUFUAB V. Teknik Sempozyumu*, Ankara.
- Özdemir, H. 2008. Havran Çayı'nın (Balıkesir) taşkın sıklık analizinde Gumbel ve Log Pearson Tip III dağılımlarının karşılaştırılması. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 6, 41-52.
- Özdemir, H. 2011. Havza morfometrisi ve taşkınlar. *Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel (Prof.Dr. Mehmet Yıldız Hoşgören'e armağan kitabı)*, 457-474, İstanbul.
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., Aydın, S. 2017. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27.
- Petrow, T., Merz, B. 2009. Trends in flood magnitude, frequency and seasonality in Germany in the period 1951-2002. *Journal of Hydrology*, 371, 129-141.
- Rahman, A., Weinmann, P.E., Hoang, T.M.T., Laurenson, E.M. 2002. Monte Carlo simulation of flood frequency curves from rainfall. *Journal of Hydrology* 256, 196-210.
- Saf, B. 2011. Batı Akdeniz Bölgesi Taşkın Tahminlerinde Homojenlik İrdelemesi. *İMO Teknik Dergi* 5587-5611.
- Samela, C., Manfreda, S., Paola F., Giugni, M., Sole, A., Fiorentino, M. 2016. DEM-based approaches for the delineation of flood-prone areas in an Ungauged Basin in Africa. *Journal of Hydrologic Engineering* 21(2).
- Sanders, B.F. 2007. Evaluation of on-line DEMs for flood inundation modeling. *Adv Water Resour* 30, 1831-1843.
- Santillan, JR., Makinano-Santillan, M. 2016. Vertical accuracy assessment of 30-M resolution ALOS, ASTER, and SRTM global DEMs over Northeastern Mindanao, Philippines. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci - ISPRS Arch* 41, 149-156.
- Saral, A., Musaoğlu, N. 2011. Çok kriterli karar verme ve bilgi difüzyonu yöntemleri ile taşkın risk analizi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22 Nisan, Ankara.
- Schumann, G., Matgen, P., Hoffmann, L., Hostache, R., Pappenberger, F., Pfister, L. 2007. Deriving distributed roughness values from satellite radar data for flood inundation modelling. *Journal of Hydrology* 344, 96-111.
- H. Shamaoma. 2005 "Extraction of Flood Risk-related Base-Data from Multi-Source Remote Sensing Imagery", Master's Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Netherlands.
- Sheffer, NA., Rico, M., Enzel, Y., Benito, G., Grodek, T. 2008. The Palaeoflood record of the Gardon River, France: A comparison with the extreme 2002 flood event. *Geomorphology* 98, 71-83.
- Şensoy, H., Palta, Ş. 2009. Yamaç şekillerinin toprak erozyonuna etkileri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 11, 95-98
- Şimşek, M., Utlu, M., Poyraz, M. ve Öztürk, M. 2019. Geyik Dağı kütesinin yüzey karstı jeomorfolojisi ve kütle üzerindeki karst-buzul jeomorfolojisi ilişkisi. *Ege Coğrafya Dergisi* 28 (2), 97-110.
- Sür, A. 1977. *Alanya'nın İklimi*. Ankara Üniversitesi DTCF Yayınları No: 270, Ankara.

- Şenol Balaban, M. 2016. An assessment of flood risk factors in riverine cities of Turkey: Lessons for resilience and urban planning. *Metu J Fac Archit* 33, 45–71.
- Tadono, T., Nagai, H., Ishida, H., Oda, F., Naito, S., Minakawa, K., Iwamoto, H. 2016. Generation of the 30 M-MESH global digital surface model by alos prism. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci - ISPRS Arch* 41, 157–162.
- Taş, M., Taş, N., Durak, S., Atanur, G. 2013. Flood disaster vulnerability in informal settlements in Bursa, Turkey. *Environ Urban* 25, 443–463.
- Tate, E.C. 1999. *Floodplain mapping using HEC-RAS and ArcView GIS*. Tech Rep - Univ Texas Austin, Cent Res Water Resour.
- Thorndycraft, VR., Benito, G., Rico, M., Sa´nchez-Moya, Y., Casas, A. 2005. A long-term flood discharge record derived from slackwater flood deposits of the Llobregat River, NE Spain. *Journal of Hydrology* 313, 16–31.
- Tokgözlü, A., Özkan, E. 2018. Taşkın risk haritalarında ahp yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası örneği. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 44, 151-176.
- Treby, E.J., Clark, M.J., Priest, S.J. 2006. Confronting flood risk: Implications for insurance and risk transfer. *J Environ Manage* 81, 351–359.
- Turoğlu, H., Özdemir, H. 2005. *Bartın'da Sel ve Taşkınlar (Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri)*. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Uludağ, A.S., Doğan., H. 2016. Çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılmasına odaklı bir hizmet kalitesi uygulaması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakülte Dergisi*, (6) 2, 17-47.
- USACE, 1993. *Engineering and Desing Hidrologic Frequency Analysis*. 1110–1415
- USACE, 2016. *HEC-RAS River Analysis System 2 D Modelling Users Manual*. Version 5.0. Hydrologic Engineering Center. Davis, California. p.171.
- Utlu, M., Özdemir, H. 2018. The role of basin morphometric features in flood output: a case study of the Biga River Basin. *J Geog* 36, 49–62.
- Utlu, M. 2019. *Farklı Çözünürlüklü Veri Kaynaklarına Bağlı Taşkın Tehlike Analizi: Biga Çayı Havzası Örneği*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- van der Sande, C.J., de Jong, S.M., de Roo, A.P.J. 2003. A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment. *Int J Appl Earth Obs Geoinf* 4, 217–229.
- Vinet, F. 2008. Geographical analysis of damage due to flash floods in southern France: The cases of 12-13 November 1999 and 8-9 September 2002. *Appl Geogr*, 28, 323–336.
- Watson, C.S., Carrivick J, Quincey D 2015. An improved method to represent DEM uncertainty in glacial lake outburst flood propagation using stochastic simulations. *Journal of Hydrology* 529, 1373–1389.
- Yamazaki, D., Ikeshima, D., Tawatari, R., Yamaguchi, T., O'Loughlin, F., Neal, J.C., Sampson, C.C., Kanac, S., Bates, P.D. 2017. A high-accuracy map of global terrain elevations. *Geophys Res Lett* 44, 5844–5853.
- Yan, K., Di Baldassarre, G., Solomatine, D. P. 2013. Exploring the potential of SRTM topographic data for flood inundation modelling under uncertainty. *Journal of hydroinformatics*, 15(3), 849-861.
- Yang, X, Chen, H., Wang, Y., Xu, C.Y. 2016. Evaluation of the effect of land use/cover change on flood characteristics using and integrated approach coupling land and flood analysis. *Hydrology Research*, 47, 1161-1171.
- Yılmaz, İ., Öztürk, D., Kırbaş, U. 2017. Çorum ili taşkın tehlikesinin analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak incelenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 3-6 Mayıs. Ankara.
- Yucel, I., Keskin, F. 2011. Assessment of flash flood events using remote sensing and atmospheric model-derived precipitation in a hydrological model. *IAHS-AISH Publ* 344, 245–251
- Zhang, X., Chen, G., Wang, W., Wang, Q., Dai, F. 2017. Object-based land-cover supervised classification for very-high-resolution uav images using stacked denoising autoencoders. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10, 3373–3385.

Zhou, Y., Ma, Z., Wang, L. 2002. Chaotic dynamics of the flood series in the Huaihe River Basin for the last 500 years. *Journal of Hydrology* 258, 100–110.

Kullanılan İnternet Siteleri

- URL-1 <http://www.haber3.com/alara-cayi-tasti-10-ton-domates-camur-altinda-kaldi-1148259h.htm> Erişim tarihi: 25/03/20, 14:30
- URL-2 <http://www.hurriyet.com.tr/alara-koprusu-taskindan-yikildi-7870430> Erişim tarihi: 25/03/20, 14:30
- URL-3 <https://www.haberler.com/alara-cayi-tasti-tarim-alanlari-su-altinda-kaldi-4180217-haberi/> Erişim tarihi: 25/03/20, 14:30
- URL-4 <http://www.gunhaber.com.tr/haber/Alara-cayi-tasti-tarim-alanlari-su-altinda-kaldi/366589> Erişim tarihi: 24/03/20, 19:00
- URL-5 <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/data/index.htm> Erişim tarihi: 01/04/20, 18:00

