

Taşkın Alanlarının Belirlenmesi, MapBOX Ortamında Sunumu ve Mobil Uygulama Geliştirilmesi

(The Determination of Floodplains, Presentation with MapBOX of Floodplains and Mobile Application Development)

Gülten KARA , İrem TURAN , Muharrem CEVHER , Çetin CÖMERT 

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon
gispir@ktu.edu.tr, irturan@gmail.com, muharremcevher93@gmail.com, ccomert@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 06.02.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 17.12.2019

ÖZ

En büyük doğal afetlerden birisi olan taşkınlar, çok sayıda can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Taşkınlarla neden olan en önemli etkenlerin başında plansız yapılaşma ve gerekli tedbirlerin alınmaması gelir. Taşkınların önceden tahmin edilmesi ve taşkın alanında yaşayanların tahliye edilmesi zararların en aza indirilmesinde önemli katkı sağlayacaktır. Taşkın modellemede kullanılan en önemli yöntemlerden birisi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamalarıdır. Bu çalışmada, arazi modelleme ve konumsal analizler ArcGIS yazılımı ile hidrolik analizler ise HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında arazi modelinin oluşturulması ve gerekli hidrolik analizler sonucunda üretilen haritanın MapBOX ortamında sunumunun nasıl gerçekleştirildiği ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Oluşturulan arazi modeli ArcGIS üzerinden HEC-GeoRAS modülü ile HEC-RAS'a aktarılmıştır. Gerekli analizler yapılarak sonuçlar ArcGIS ortamına aktararak taşkın haritaları oluşturulmuştur. Sonrasında belirlenen taşkın alanlarının açık kaynak kodlu web haritalama platformu olan MapBOX ile sunumu gerçekleştirilmiştir. Taşkın haritasını mobil cihazlarda paylaşarak taşkın bölgesinde yaşayanları bilgilendirmek amacıyla Taşkınsell adlı mobil uygulama geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşkın analizi, SYM, CBS, HEC-RAS, MapBOX.

ABSTRACT

Floods, one of the biggest natural disasters, can cause loss of life and property. The most important factors causing floods are unplanned construction and failure to take necessary measures. Prediction of floods and evacuation of the inhabitants will contribute significantly to the minimization of damages. One of the most important methods used in modeling is Geographic Information Systems (GIS) applications. In this study, terrain modeling and spatial analyses are performed with ArcGIS software and hydraulic analyses with HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) 4.0 software. Within the scope of the study, the creation of the terrain model and the generated map, produced with necessary hydraulic analyses and how it is presented in MapBOX Platform are explained in detail. The terrain model is transferred to HEC-RAS via ArcGIS with HEC-GeoRAS module. After the necessary analyses, the results are transferred

to ArcGIS software and flood maps are created. Then, the floodplains are presented with MapBOX, an open source web mapping platform. By sharing the flood map on mobile devices, a mobile application called as Taşkınsell is developed to inform the inhabitants of the flood area.

Keywords: Flood analysis, DEM, GIS, HEC-RAS, MapBOX.

1. GİRİŞ

Taşkın genel olarak, bir akarsu yatağına beklenenden fazla su gelmesi ile birlikte akarsu debisinin farklı sebeplerle artması sonucunda oluşan su baskınlarıdır. Geçmişte ciddi maddi ve manevi zararlara yol açmış olan taşkınların temel sebepleri, jeomorfolojik özellikler, arazi kullanımı/örtüsü özellikleri, şiddetli ve sürekli yağmurların yağması, ani kar erimeleri sonucu toprak su doygunluğunun artması ve yüzeysel akışın hızlanması olarak görülebilir. Özellikle arazi eğiminin düşük olduğu yerlerde taşkınların çevreye verdiği zararlar daha da fazladır. Bu zararlar, can ve mal kayıplarının yanı sıra günlük yaşamı etkileyen karayolu, demiryolu, havaalanı, su iletim dağıtım hatları, yüksek gerilim hatları gibi mühendislik yapılarının ve diğer tesislerin bozulması şeklinde sıralanabilir. Taşkın olaylarını önlemek mümkün değildir ancak taşkın riskinin önceden belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması taşkın nedeniyle oluşacak can ve mal kayıplarının azalmasını sağlayacaktır.

Taşkın risklerinin önceden tahmin edilmesi ve ön uyarı sistemlerinin oluşturulması, ulusal düzeyde konumsal veri altyapısının kullanılması gereken sistematik bir süreç gerektirir. Yapılacak çalışmaların hassasiyeti ve uygulama ölçeğine göre farklı yöntemlerle veriler elde edilmektedir. Elde edilen verilerin CBS ile değerlendirilmesi, sorgulanması, analiz edilmesi ile karar vericilere veya son kullanıcılara üretilen sonuçların sunulması mümkündür. CBS ile üretilen sonuç haritaların anlık ve hızlı bir şekilde paylaşımı taşkın risklerinin en aza indirgenmesini sağlayacaktır.

Ülkemizde bugüne kadar yapılan afet çalışmalarına bakıldığında yapılan çalışmaların çoğunun afetlerden sonraki müdahale etme aşamasını içerdiği görülmektedir. Ancak afet yönetimi kapsamında, bu çalışmaların aksine insanları olası tehlikelerden uzak tutmak ve afetler olmadan önce olası risklerin minimuma indirilmesine yönelik çalışmalar yapılması gerekir (Kadioğlu, 2008). Taşkınların daha önceden tahmin edilmesi ve gerekli önlemlerin alınmasında ulusal konumsal veri altyapısının yanı sıra CBS ve hidrolik/hidrolojik analiz yazılımları büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda CBS ve hidrolik/hidrolojik analizlerin birlikte kullanıldığı akademik çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

U.S. Army Corps of Engineers (USACE) tarafından geliştirilen HEC-RAS, çoğunlukla hidrolik modellerin gerçekleştirilmesi için kullanılır. 1964'te başlayan gelişim süreci 1995'te HEC-RAS 1.0 ile hız kazanmış ve yeni özellikler eklenerek HEC-RAS 5.0.5 sürümü kullanıma sunulmuştur. Ülkemizde, ilk kez Yazıcılar ve Önder (1998) tarafından, Bartın nehrinde taşkın anında oluşabilecek su yüzü seviyelerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Hesaplanan su yüzü seviyelerine göre belirlenen taşkın alanı, 1998'de Bartın Merkez'de yaşanan taşkın anında oluşan ve haritalanan gerçek alanlarına oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Azagra, Olivera ve Maidment (1999) Düzensiz Üçgenler Ağı (Triangulated Irregular Network: TIN) ve hava fotoğrafı verilerini kullanarak Texas Waller Nehir Havzası taşkın haritasını oluşturmuştur. Doğanoğlu (2000), geçmişte taşkınlara maruz kalan Fethiye Çayboğazı Havzası için taşkın haritası oluşturmuştur. Oluşturulan harita, görselleştirmenin yanı sıra taşkın alanlarının alansal değişiminin belirlenmesini de sağlar. Mclin, Springer ve Lane (2001), ArcView GIS-HEC modelleme uygulamasını kullanarak taşkın öncesi ve sonrası analizlerin yapılabilmesi için taşkın haritası oluşturmuşlardır. Sinnakaudan, Ghani, Kiat, Ahmad ve Zakaria (2002), Malezya'da Kinta Nehri'nin bir alt havzası olan Pari Kolu için taşkın risk haritası oluşturmuştur. Turan (2002), Bartın Havzası'nın alt havzalarından olan Ulus Havzası'nda MKE 11 GIS ve MKE 11 HD modüllerinin entegrasyonu ile 10, 25, 50 ve 100 yıllık taşkın olayları için taşkın haritası oluşturmuştur. Tate, Maidment, Olivera ve Anderson (2002), Texas Waller Nehri'nde HEC-RAS ve Arcview kullanarak taşkın risk haritası oluşturmuşlardır. Aynı zamanda CBS ve HEC-RAS entegrasyonu ile birlikte sayısal arazi modeli üretmek için bir yaklaşım önermişlerdir.

Usul (2004), Bartın ili Ulus ilçesi sınırlarında yer alan Ulus Deresi'ne ait örnek taşkın çalışmasında ArcGIS bileşenlerinden ArcView yardımıyla havzaya ait Sayısal Yükseklik Modellerini oluşturarak kesitler oluşturmuştur. Bu kesitler üzerinden HEC-RAS kullanılarak taşkın alanlarını belirlemiştir.

Onuşluel (2005), çalışmasında İzmir Bostanlı Havzası'nda CBS kullanarak HEC-RAS modelleme sistemine dayalı taşkın tahmini ve taşkın alanının belirlenmesinde çok karmaşık olmasının yanı sıra doğru ve hızlı bir teknik olan ve selin oluşabileceği yeri ve zamanı doğru bir şekilde belirleyebilen "otomatik taşkın alanı belirleme tekniğini" kullanmıştır. HEC-RAS hidrolik modeli İzmir Bostanlı Havzası'ndaki kritik yerlere kararlı ve kararsız akım simülasyonlarının oluşturulması amacıyla uygulanmıştır. Taşkın pik değerleri ve taşkın hidrografları HEC-HMS hidrolojik modeli ile elde edilmiş ve bu model çıktıları HEC-RAS modelinde girdi olarak kullanılmıştır. HEC-RAS modelinden elde edilen su derinlikleri daha sonra ArcView sistemine uygun ArcView yardımcı programları ile aktarılmış ve böylece taşkın altında kalabilecek olan alanlar belirlenerek görsel hala getirilmiştir.

Özdemir (2007), Balıkesir Havran Çayı Havzası'nın CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizini gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada Havran İlçe merkezi ve ovası için taşkın risk haritaları oluşturulurken CBS, HECRAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarından yararlanılmıştır. 1/25000 ölçekli topografik verilerin yanı sıra Havran Çayı yatağındaki GPS verileri ve uydu görüntüleri, ArcGIS, ArcGIS'in bir uzantısı olarak çalışan ve HEC-RAS'a girilecek geometrik verilerin hazırlandığı Hec-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları kullanarak, farklı senaryolara bağlı taşkın haritaları yapılmıştır.

Kara (2009), çalışmasında HEC-RAS paket programına veri giriş yöntemi ve köprü modeli oluşturmak için gerekli tasarım özellikleri ve programda ele alınan kanal düzeneği ve akım şartları hakkında bilgiler vermiştir. Bahsedilen kanal ve akım şartları programda tanımlanarak, seçilmiş olan beş farklı debi için dört farklı dikdörtgen kesitli köprü modelindeki su yüzü profilleri belirlenmiştir. Kanal sistemi üzerinde oluşturulan kararlı akım durumunda seçilen beş farklı debi ile dört farklı dikdörtgen köprü açıklığı için HEC-RAS paket programıyla elde edilen su yüzü profilleri ile deneysel çalışmalarla daha önce elde edilmiş olan profiller karşılaştırılarak sonuçlar irdelenmiştir. Program sonuçları ile ölçüm değerlerinin uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Düden (2010), çalışmasında Darıdere Barajı'nın yıkılma analizlerini HEC-RAS ve DAMBRK programları kullanarak incelemiştir. Darıdere barajı yıkıldığı zaman mansapta en büyük zarar görecektir kısımların, pik taşkın debilerinin ve pik taşkın dalgası kotlarının en yüksek değerlere ulaştığı baraja en yakın bölgeler olduğu görülmüş ve hangi kesitlerde hangi kotlara kadar, yerleşim bölgelerinin su altında kalacakları tespit edilmiştir ve alınacak önlemler konusunda önerilerde bulunulmuştur.

Uçar (2010), çalışmasında Trabzon Değirmendere Havzası'nda taşkın risk haritalarını oluşturmuştur. Arazi modellemeleri ArcGIS 9.3, hidrolik analizler ise HEC-RAS 4.0 ile gerçekleştirilmiştir. Özellikle Maçka ilçe merkezinde; yapılaşmanın dere yatağının tam kenarında olması ve mevcut köprülerin dar olan dere yatağını daha da küçültmesinden dolayı, olası maksimum taşkın anlarında yapıların çok zarar göreceği tespit edilmiştir. Çalışmada yerleşim yerlerinin modellenmesi için kullanılan 1/2000 ölçekli haritadaki eksik veriler, arazi çalışmalarında belirlenmiş ve sayısallaştırılarak analizlere dâhil edilmiştir. Bu sayede arazinin 3 boyutlu modeli, ArcGIS ile oluşturulmuştur. Bu modelden alınan tüm topografik veriler, ArcGIS üzerinde çalışan HEC-GeoRAS modülü yardımıyla hidrolik analiz yapılabilen HEC-RAS yazılımına aktarılmıştır. İstatistiksel yöntemlerle bulunan yinelemeli sahip debi değerleri de hidrolik modele girilerek su seviyeleri tespit edilmiştir. Sonuçlar HEC-GeoRAS yardımıyla ArcGIS yazılımına aktararak taşkın risk haritaları elde edilmiştir. Risk taşıyan birçok yerleşim yeri tespit edilmiş, çeşitli yapısal ve yapısal olmayan çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

Batur (2011), çalışmasında 16 Şubat 2010 yılında Meriç Nehri'nde meydana gelen taşkın öncesi, taşkın dönemi ve sonrasını kapsayan çok zamanlı Landsat 5 TM görüntüleri kullanılarak taşkın etkilediği alanlar belirlenmiştir. Bu görüntüler yardımıyla arazi örtüsü ve taşkın haritaları oluşturulmuş ve çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. Taşkın öncesi, taşkın dönemi ve sonrasına ait uydu görüntülerine kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır. Elde edilen tarım alanı verileri ile DSİ XI. Bölge Müdürlüğü-Edirne'nin yersel çalışmaları sonrasında bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kontrollü sınıflandırma yöntemiyle bulunan taşkından etkilenen tarım alanının, DSİ XI. Bölge Müdürlüğü-Edirne verileri ile karşılaştırılması sonucunda %91 gibi yüksek bir doğruluk oranına sahip olduğu belirlenmiş ve optik uydu

görüntülerinin taşkın çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Nas ve Nas (2015), Gümüşhane sınırındaki Harşit Çayı Havzası'nda 2, 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yinelemeli debilerin oluşturacağı taşkın alanlarını tespit etmişlerdir. Analizlerin gerçekleştirildiği topografik veriler 1/25000 ve 1/5000 ölçekli uydu fotoğrafları ve arazi gözlemlerinden oluşmaktadır. Topografik verilerden elde edilen arazi modelinden kesitler çıkarılmış ve HEC-GeoRAS alt programıyla hidrolik analizlerin gerçekleştirilmesi için HEC-RAS yazılımına aktarılmıştır. Hidrolik model ile tespit edilen su yüzü profilleri tekrar CBS'ye aktarılmış ve IKONOS uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanım haritasıyla karşılaştırılıp, nerelerin sular altında kalabileceği farklı senaryo için gösterilmiştir. Bu çalışma sonunda Harşit Çayı Havzası'nda yaklaşık 10 km'lik çay kolunun taşkın haritaları üretilmiştir.

Taş, İçağa ve Zorluer (2016), çalışmalarında Akarçay Afyon Alt Havzasının değişik dönüş aralıkları için hesaplanan taşkın debilerinde su seviyeleri ve su altında kalacak yerlerin HEC-RAS yazılımı ile belirleyerek taşkın zarar tahmini yapmıştır. Karaca, Birdal ve Türk (2016), Kelkit Çayı için taşkın risk haritasını oluşturmuştur. Üretilen taşkın modellerine göre Kelkit Çayı vadisi yerleşim alanlarının, tarım arazilerinin, şehirlerarası yolların taşkın potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Özcan (2017), çalışmasında taşkın analizinde kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemi, analitik hiyerarşi yöntemi, hidrolik modelleme yöntemi, bilgi difüzyon teorisi ve scs-cn yöntemi kullanılarak Ayamama Deresi için elde edilen sonuçları irdelemiştir. Kullanılan yöntemler avantaj ve dezavantajları yönünden karşılaştırılmıştır.

Hu, Cheng, Zhou ve Zhang (2017), Çin'in Pekin kentindeki Fangshan Bölgesinin taşkın risk haritalarını CBS kullanarak oluşturmuştur. Gerçek taşkın olayıyla yapılan karşılaştırmada yöntemin etkili ve pratik olduğu gösterilmiştir. Yöntem, Çin'deki çoğu banliyö bölgesinin arazi kullanım planlaması ve taşkın risk yönetimi için kolayca uygulanabilir.

Tokgozlu ve Özkan (2018), Aksu Çayı Alt Havzası için taşkın olmasında etkili olan faktörlerin (yağış, eğim, arazi kullanımı-bitki örtüsü, toprak, akarsu ağlarına yakınlık ve litoloji) kendi aralarında önem sıralaması yapılmıştır. Bunlar Analitik Hiyerarşi Süreci'nde çıkan katsayılara göre de tekrar sınıflandırılarak Coğrafi

Bilgi Sistemleri ortamında taşkın risk haritası oluşturulmuştur.

Stoleriu, Urzica ve Mihiu-Pintilie (2019), kuzey Romanya'da taşkın alanlarının modellenmesi ve çalışma alanındaki 30 yerleşim yerinde (Başeu Nehri havzası) meydana gelebilecek olası hasarların karşılaştırmalı değerlendirilmesi için u test (T1, T2 ve T3) yapmıştır. Resmi hidrolojik tehlike haritalarının (T1) doğruluğu, yüksek yoğunluklu LiDAR verileri ve HEC - RAS yazılımı (T3) kullanılarak geliştirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, CBS ile yüksek yoğunluklu LiDAR verilerini ve çeşitli hidrolik modelleme yöntemlerini kullanarak taşkın risk haritalarının doğruluğunu arttırmaktır.

Ülkemizde taşkın yönetimi ile ilgili çalışmalar başta Tarım ve Orman Bakanlığı olmak üzere; bakanlıklar, bakanlıklara bağlı alt birimler ve yerel yönetimler tarafından yapılmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, DSİ, AFAD, Belediyeler ve ilgili valilikler taşkın yönetiminde rol alan kurumlardan bazılarıdır. Taşkın yönetim planlarında sırasıyla; havzadaki muhtemel riskli alanların tespiti için taşkın riski n değerlendirmesi yapılmakta, taşkın yayılım alanları, su derinlikleri ve hızlarını gösteren taşkın tehlike haritaları hazırlanmakta ve taşkın yerleşim alanlarında oluşturabileceği muhtemel riskleri gösteren taşkın risk haritaları hazırlanmaktadır. Ardından belirlenen bu risklerin yönetilmesi için uygun hedefler konulmakta ve bu hedeflere ulaşılması için alınması gereken tedbirler belirlenmektedir. Böylelikle taşkın tehlikesini azaltmaya veya ortadan kaldırmaya yönelik gerekli tedbirler alınarak havzadaki taşkınların insan sağlığı, evre, kültürel miras ve sosyo-ekonomik faaliyetler üzerindeki olumsuz etkileri azaltılmakta mümkün olan durumlardaysa tamamen ortadan kaldırılabilmektedir. Bu kapsamda Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Taşkın Direktifi'nin uygulanması için çok sayıda proje gerçekleştirilmiştir ve bu yönde çalışmalar hızla devam etmektedir. Yeşilirmak, Sakarya, Ceyhan, Susurluk, vb. havzalarda, Taşkın Yönetim Planları hazırlanmıştır. 2021 yılı sonuna kadar ülkemizdeki tüm havzaların taşkın yönetim planlarının hazırlanması öngörülmektedir. ("Su Yönetimi Genel Müdürlüğü", 2019).

Mevcut literatür incelendiğinde; taşkın alanlarının belirlenmesinde CBS ile birlikte kullanılan yöntemlerle taşkın haritaları oluşturulmuştur. Yapılan alışmalar çoğunlukla taşkın sonrası dönemde gerçekleştirilmiştir. Taşkın sonrasında meydana gelen can ve mal kayıpları düşünüldüğünde erken taşkın uyarı sistemlerinin oluşturulması kaçınılmazdır. Bu

kapsamda meteorolojik ve hidrolojik bilgilerin kullanılmasıyla taşkın öncesinde oluşturulan taşkın simülasyonlarına göre taşkın öncesi önlemler alınması gerekir. Bu çalışmada, bu amaca hizmet edecek taşkın alanlarının belirlenmesinin ardından farklı taşkın debileri için risk haritalarının oluşturulması ve oluşturulan haritanın MapBOX ortamında sunumu gerçekleştirilmiştir. Taşkın haritasına göre taşkın bölgesinde yaşayanların bilgilendirilmesi ya da kurtarılması gibi çalışmaların hızlandırılması için Taşkınsell mobil uygulaması geliştirilmiştir.

Günümüzde taşkınların yaşanmasına sebep olan en büyük engellerden biri düzensiz yapılaşmadır. Özellikle taşkına duyarlı alanlarda yapılaşmanın önüne geçebilmek için özellikle yerel yönetimlere büyük görevler düşmektedir. Bunu sağlamının tek yolu da, gelişen teknolojiyen yararlanarak taşkın bilgi sisteminin kurulması, tek bir elden risk yönetiminin gerçekleştirilmesi ve bu yolla mevcut hukuksal karmaşanın da önüne geçilmesidir. Bu konuda gerekli teknolojik altyapı oluşmaya başlamıştır. Ancak Türkiye'de gerek hidrometeorolojik gerekse topografik veriler yeterli miktarda değildir. Eğer taşkın sahalarının önceden belirlenebilmesi, gerekli analizlerin gerçekleştirilmesiyle taşkın modellemesi yapılmak isteniyorsa öncelikle veri alt yapısının iyileştirilmesi gerekmektedir. Risk yönetiminin sağlanabilmesi için, çeşitli yinelenme dönemlerine sahip debilerin oluşturacağı taşkınların etkilerinin en kolay Şekilde ifade edilmesini sağlayan taşkın risk haritalarının oluşturulduğu bir model geliştirilebilir. Verilerin depolandığı ve arazi modelinin oluşturulduğu CBS ve su yüzü profillerinin tespit edileceği hidrolik modellerin bir arada kullanımıyla meydana getirilecek taşkın risk haritaları görsel anlamdaki boşluğu dolduracak çalışmalar olacaktır (Uçar, 2010).

2. YÖNTEM

Taşkın Yönetimi yağış, akış, su baskını gibi bilimsel ve mühendislik sorunları yanı sıra insan ve sosyo-ekonomik konularda planlama, yönetim ve geliştirme içeren bütüncül bir yaklaşımdır. Taşkın Yönetiminde; Taşkın Riski n Değerlendirmesi, Taşkın Tehlike Haritaları ve Taşkın Risk Haritaları 3 aşamalı Taşkın Yönetim Planını oluşturur (Taşkın Yönetimi, 2017). Taşkın riski n değerlendirmesi kapsamında geçmişte yaşanan 5, 10, 50, 100, 500 1000 gibi yinelenme dönemlerine sahip taşkınlar belirlenerek gelecekte olması muhtemel taşkın sonrasında sular altında kalacak alanlar tahmin edilmektedir. Taşkın riski n değerlendirmesi için gerçekleştirilen işlemler; Veri temini ve değerlendirme, Ciddi tarihi

taşkınların değerlendirilmesi, Gelecekte meydana gelmesi muhtemel taşkınların modellenmesi, Taşkın riski altında olan alanların belirlenmesi olarak sıralanır. Taşkın tehlike haritası belirli bir debiye göre taşkın olması durumunda su altında kalacak olan alanları, su seviyesi ve derinlik vb. bilgileri gösteren haritalardır. Taşkın tehlike haritasının oluşturulması için hidrolojik/hidrolik modelleme çalışmalarının yapılması gerekir. Hidrolik modellemenin amacı incelenen nehir için belirli yinleme dönemlerinde taşkın olasılığı alanını belirlemektir. Bu kapsamda bir boyutlu ve 2 boyutlu hidrolik modeller oluşturulur. Taşkın risk haritası ise ilgili debiye göre taşkın olumsuz etkilerinin, taşkından etkilenmesi muhtemel nüfusun, ekonomik faaliyetin/faaliyetlerin cinsinin, kirliliğe sebep olabilecek tesislerin ve etkilenmesi muhtemel korunan alanların gösterildiği haritadır (Taşkın Yönetimi, 2017).

Taşkın risk haritasının oluşturulması için izlenen yöntem sırasında ArcGIS, HEC-RAS, HEC-GeoRAS ve MapBOX yazılımları kullanılmıştır. ARCGIS, ESRI tarafından geliştirilmiş olup haritalama, coğrafi analizler, veri güncelleme, veri yönetimi ve görüntüleme işlemlerinin gerçekleştirilebildiği bütünleşik bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır (ARCGIS, 2018). HEC-RAS ise çok kollu ve prizmatik olmayan en kesitli akarsularda, tek boyutlu hidrodinamik hesapları yapmak için geliştirilmiştir (HEC-RAS, 2018). HEC-GeoRAS; ArcGIS ve HEC-RAS yazılımları arasında köprü görevi görür. HEC-GeoRAS, HEC-RAS'ta hidrolik analiz yapmak için gerekli verilerin ArcGIS ile elde edilip HEC-RAS yazılımına aktarılmasını sağlar. Ayrıca hidrolik analiz sonrası sonuçların görselleştirilmesi için su yüzü verilerinin ArcGIS yazılımına aktarılıp haritalanmasını sağlar (HEC-RAS, 2011). Açık kaynak kodlu web haritalama platformu olan MapBOX, 2010 yılında Eric Gundersen tarafından kurulmuş olup Openstreetmap harita verilerini kullanan çevrimiçi ve çevrimdışı harita sağlayıcısıdır. MapBOX; OpenStreetMap, Dijital Globe gibi verileri kullanarak farklı harita altlıkları tasarlayıp sunmaktadır. Belirtilen yazılımların kullanılarak taşkın haritalarının oluşturulması, yayınlanması ve mobil aygıtlarda paylaşılması için gerekli işlem adımları aşağıda genel olarak verilmiştir:

- Topografik haritaların temini,
- Sayısal Yükseklik Modeli'nin oluşturulması,
- Havzanın çeşitli hidrolojik özelliklerinin (drenaj ağı, eğim, baki, vb.) tespiti,

- Debi değerlerinin istatistikî yöntemlerle bulunması,
- Arazi kullanımı dikkate alınarak arazi etüdü ile tespit edilen çeşitli katmanların (evler, taşkın seddeleri, farklı pürüzlülüğe sahip bölgeler, vb.) harita üzerinde sayısallaştırılması,
- Hidrolik analizler için ara program yardımıyla tüm topografik bilgilerin hidrolik analiz yazılımına otomatik olarak aktarılması ve debi değerleri de girilerek analizlerin yapıp, su yüzü kotlarının bulunması,
- CBS yazılımına su yüzü seviyelerinin gönderilmesi, taşkın risk haritalarının oluşturulması,
- Oluşturulan taşkın risk haritasının çevrimiçi harita platformuna aktarılması ve yayınlanması,
- Taşkın haritasının mobil aygıtlarda paylaşılması için mobil uygulama geliştirilmesi.

3. UYGULAMA

Gelecekte erken uyarı sistemleri tarafından kullanılacak olan çevrimiçi taşkın haritalarının yayınlanması için öncelikle seçilen çalışma bölgesine ait verilerin ve sayısal yükseklik modelinin üretilmesi gerekir. Sayısal yükseklik modeli, HEC-GeoRAS ile gerekli kesitlerin HEC-RAS'a aktarılmasında ve su yüzü seviyeleri elde edildikten sonra tekrar HEC-GeoRAS ile alınıp ArcGIS'te harita oluşturma aşamasında altlık olarak kullanılmıştır. Topografik veriler HEC-RAS yazılımına aktarıldıktan sonra tespit edilen su yüzü profilleri hidrolik modelden alınarak, arazi kullanım katmanı ile birlikte hangi bölgelerin su altında kalacağı belirlenir. Sonrasında ArcGIS ile önce sayısal yükseklik modeli, sonra da HEC-RAS'tan alınan su yüzü kotları verisiyle de taşkın risk haritaları oluşturulur. Oluşturulan risk haritaları MapBox ortamına aktarılır ve yayınlanır.

a. Verilerin Hazırlanması

Çalışma alanı olarak Kastamonu il merkezinden geçen Karaçomak Deresi seçilmiştir (Şekil 1). DSİ tarafından henüz taşkın çalışmaları yürütülmemiş olan kısımla ilgili veriler elde edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma bölgesi.

Çalışma kapsamında iki tür veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar, Sayısal Yükseklik Modelinin oluşturulması için gerekli topografik veriler ve taşkın anındaki su yüzü seviyelerinin tespiti için hidrolik analizlerde kullanılan debi değerleridir. Karacmak Deresi'ne ait en kesit, boy kesit verileri ve kıyı çizgileri, 1:5000 ölçekli SYM ve 1:25000 ölçekli topografik harita verileri kullanılmıştır. Veriler ArcGIS'e aktarılarak HECGeoRAS ile HECRAS programına aktarılmış veriler girildikten sonra analiz sonuçları incelenmiştir. HECRAS ile elde edilen veriler SYM verilerinin TIN dosyasına dönüşümü ile HEC-GeoRAS yardımıyla taşkın haritası üretilmiştir.

b. Verilerin Hidrolik Modelleme Yazılımına Aktarılması

HEC-GeoRAS, HEC-RAS'ta hidrolik analiz yapmak için gerekli verilerin ArcGIS ile elde edilip HEC-RAS yazılımına aktarılmasını sağlar. Ayrıca hidrolik analiz sonrası sonuçların görselleştirilmesi için su yüzü verilerinin ArcGIS yazılımına aktarılıp haritalanmasını sağlar (HEC, 2009). HEC-GeoRAS'ta akarsu kolları, en kesitlerin alınacağı eksenler, seddeler, engelleyici yapılar, farklı bölgelerin Manning pürüzlülük değerleri, köprülerin konumları tanımlanır. Akarsu kolları ve en kesitlerin HEC-GeoRAS'ta tanımlanmaları zorunlu iken; diğer katmanlar HEC-RAS ortamında da girilebilir. Ancak her analizde tekrar topografik bilgilerin HEC-RAS'ta girilmesi zaman kaybına neden olacağından belirlenebilecek tüm detaylar, sayısallaştırmalar HEC-GeoRAS üzerinde gerçekleştirilir (Uçar, 2010).

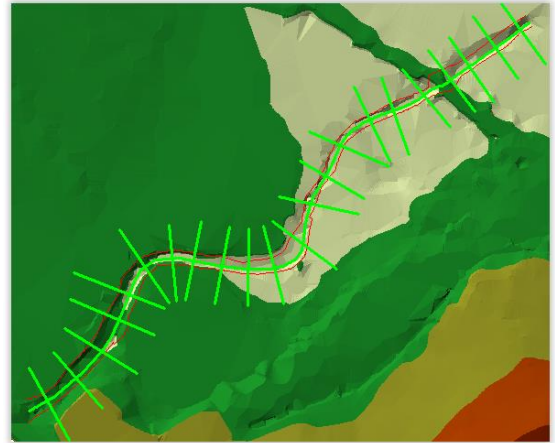
Hidrolik analizler için gerekli debi değerleri 23. DSİ Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Verilerin temininden sonra sayısal yükseklik modeli ile bulunan hidrolojik özellikleri gösteren havza karakteristikleri altlık olarak kullanılarak katmanlar oluşturulur. ArcGIS'te TIN verisi oluşturulur. HEC-GeoRAS ile oluşturulacak bütün vektör veriler "personel geodatabase" e kaydedilir

ve raster veriler ise bir klasör altında toplanır. Dere yatağı katmanı olarak River, dere yamaçları için Banks katmanları oluşturulur. Editör aracılığıyla yatak ve yamaç katmanları Şekil 2'de görüldüğü gibi su akış yönünde sayısallaştırılır.



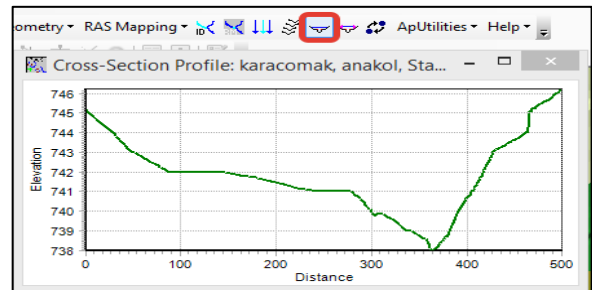
Şekil 2. HEC-GeoRAS'ta sayısallaştırma.

HEC-GeoRAS ile gerekli katmanlar oluşturularak dere yatağı boyunca kesit katmanı oluşturulur. Şekil 3'te görüldüğü gibi en kesit çizgileri nehir yatağına dik olarak konumlandırılır.



Şekil 3. En kesitlerin belirlenmesi.

HEC-GeoRAS ile ilgili kesite ait dere yatağı kesiti görüntülenir (Şekil 4).

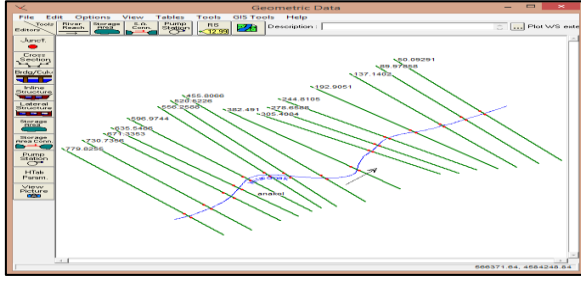


Şekil 4. Kesit görünümü.

Sonrasında dere için topoloji, uzunluk ve yükseklik değerleri belirlenerek dere profili katmanı oluşturulur ve kesit hatlarına ait özellikler 3 boyutlu olarak gösterilir. HEC-GeoRAS'ta üretilen dere yatağı, yamaçlar, akım yolu ve kesitlere ait bilgiler HEC-RAS yazılımına otomatik olarak aktarılır.

c. Su Yüzü Profillerinin Belirlenmesi

Nehir su yüzeyi profillerinin hesaplanabilmesi için kullanılan HEC-RAS, U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center tarafından geliştirilen, bir boyutlu zamanla değişmeyen ve zamanla değişen nehir akım modelleri yapılabilen bir yazılımdır. Çalışma kapsamında HEC-RAS'ta dere, dere adı, akış yönü, kesitler ve kesitlerin derenin bitiş noktasına mesafeleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

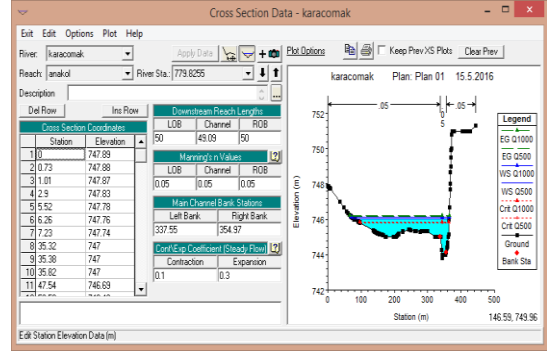


Şekil 5. Kesit bilgileri.

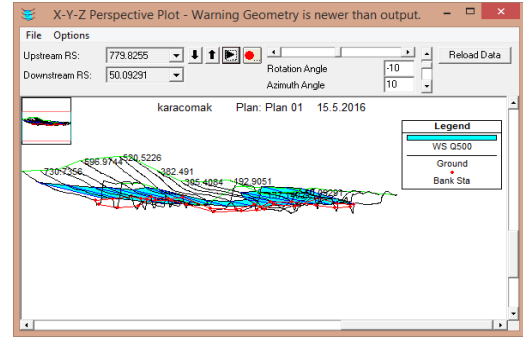
Hidrolojik veriler Devlet Su İşleri 23. Bölge Müdürlüğünden elde edilmiştir. HEC-RAS yazılımına girilmesi gereken veriler; nehir yatağı en kesiti, nehir yatağı boy kesiti, debi ve nehir yatağı pürüzlülük değerleridir. Manning pürüzlülük katsayısı, dere yatağında bulunan rusubattan veya doğal zeminden dolayı suyun akış hızını etkileyebilecek bileşenleri ifade eden katsayıdır. HEC-RAS'TA Manning katsayısı ve akım bilgileri girilir.

Çalışma kapsamında Q500 profilinin debi değeri 311.20 m³/s ve Q1000 profilinin debi değeri 347.20 m³/s alınmıştır.

Çalışmada yatak eğimi, kritik derinlik olarak kabul edilmiştir. Akım verilerine göre su yüzeyi görünümü Şekil 6 a ve Şekil 6 b'de verilmiştir.

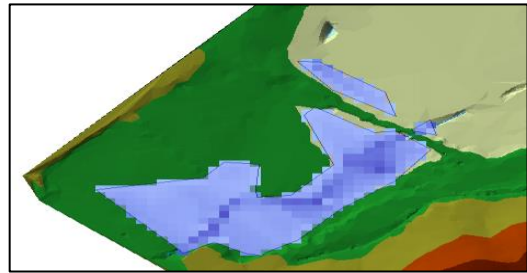


Şekil 6 a. HEC-RAS Su yüzeyi görünümüleri.

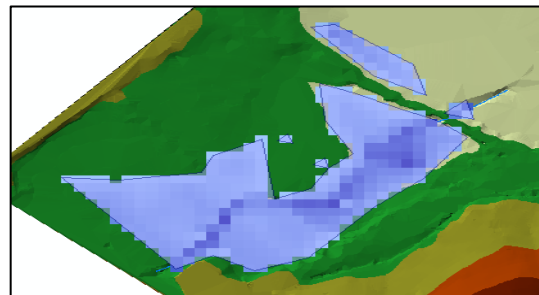


Şekil 6 b. HEC-RAS Su yüzeyi görünümüleri.

Gerekli işlemler yapıldıktan sonra taşkın anında su altında kalabilecek alanları göstermek için Q500 ve Q1000 için taşkın alanları belirlenmiştir. Şekil 7 ve Şekil 8'de sular altında kalacak alanlar mavi ile gösterilmektedir.



Şekil 7. Q500 debi için taşkın alanı.



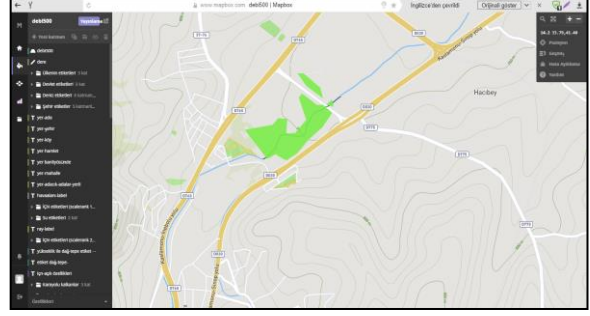
Şekil 8. Q1000 debi için taşkın alanı.

Bulunan su yüzü seviyeleri CBS yazılımına aktarılır ve taşkın debisinin oluşması durumunda hangi yerleşim alanlarının su altında kalacağı 3 boyutlu taşkın haritası üzerinde gösterilir.

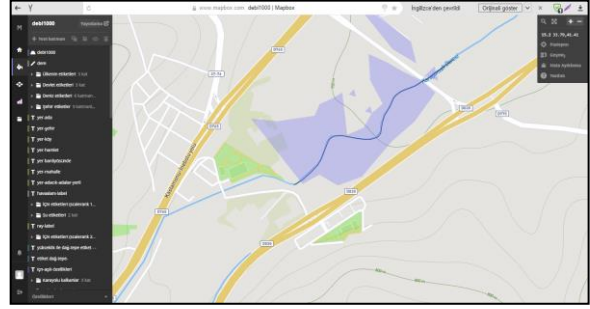
ç. Analiz Verilerinin MapBOX ile Sunulması

ArcGIS, HECRAS, HEC-GeoRAS kullanılarak elde edilen taşkın alanının web üzerinde görselleştirmek için hızla gelişip yaygınlaşan açık kaynak kodlu web haritalama platformu olan MapBOX kullanılmıştır. MapBOX ile web ortamında hazırlanan harita uygulamaları ulaşım, gayrimenkul, doğal kaynaklar, tarım, lojistik vb. gibi alanlarda çeşitlilik göstermektedir. Ayrıca üretilen haritalar kullanılarak CBS verileri ile konumsal analizler yapılabilir. Örneğin ulaşımında en kısa yol analizleri veya etki alanı analizleri gibi. Bu analizler ve tasarım haritalarının yapılmasında Javascript kullanan MapBOX, uygulamalar için gerekli kodları kütüphanesinde paylaşmaktadır. Bu kodlar ve uygulamalar ihtiyaca göre düzenlenebilir ve geliştirilebilir. MapBOX web ortamında hazırlanan tasarım haritaları haricinde sosyal medya uygulamalarına, IOS ve Android ortamlarında kullanılabilecek haritalara ihtiyaç duyulan uygulamalara da altlık oluşturmaktadır.

ArcGIS ve HEC-RAS yazılımları kullanılarak olası debi değerlerine göre yapılan analizde Q500 ve Q1000 debileri için taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan bu haritaları bir web harita platformu olan MapBOX ortamında sunulması amaçlanmıştır. Bunun sebebi kullanıcılara, karar vericilere, bölge halkına veya konuyla ilgili tüm kurumlara elde edilen analizlerin daha hızlı sunulması ve paylaşılmasına olanak sağlamaktır. Aşağıdaki işlem adımları uygulanarak MapBOX ortamına aktarım gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle Web Mercator koordinat dönüşümü yapılmıştır. Oluşturulan haritalar MapBOX ortamına aktarılmıştır. Taşkından etkilenecek alanları gösteren haritalar Şekil 9 ve Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 9. Q500 debi için taşkın alanının MapBOX'ta gösterimi.



Şekil 10. Q1000 debi için taşkın alanının MapBOX'ta gösterimi.

d. Mobil Uygulama Geliştirilmesi

Taşkınsell uygulaması Android Studio yazılımı kullanılarak geliştirilmiştir. Uygulama için gerekli altlık harita ve taşkın haritası MapBOX ile sunulan haritalardır. Taşkınsell uygulaması ile herhangi bir taşkın anında veya taşkın öncesinde MapBOX ortamında sunulan taşkın haritalarının kullanıcı konumlarıyla ilişkilendirilerek bir uyarı sisteminin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla uygulama ara yüzünde tanımlanan işlemler Şekil 11'de verildiği gibidir. "Sorgula" işleminin amacı, GPS yardımıyla kişinin konumunu bulma, eğer risk altındaysa belirlenmiş risk bölgesinden uzaklaşarak tehlikeden kurtulmasını sağlamaktır. "Farklı Bölge Bak" işleminin amacı ise, daha çok araştırma amacıyla kullanılması planlanmıştır. Bu işlem; parsel alım-satım, akademik araştırma vb. gibi işlemlerde kullanılabilir. Yetkililerle İletişime Geç" işlemi ise aktif olup, taşkın sırasında tehlikede olan bir kişinin yardım alabileceği kurumların telefon numaralarını içermektedir. Bu sayede hızlı bir şekilde ilgili kurumlar bilgilendirilir ve yardım talebinde bulunulabilir. "Kullanım Kılavuzu" işlemi ise, uygulamanın nasıl kullanılacağını ve farklı durumlarda nasıl hareket edileceğini göstermektedir (Şekil 12).



Şekil 11. Taşkınsell mobil uygulaması.



Şekil 12. Taşkınsell kullanım kılavuzu.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Taşkın riskini azaltmak ya da taşkını kontrol etmek için gerekli önlemlerin alınması ve taşkın sonrası yapılması gereken iyileştirme faaliyetleri ve güvenliğin sağlanması taşkın risk yönetimi olarak adlandırılır. Ancak taşkınların daha

önceden tahmin edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması meydana gelecek zararların etkisini en aza indirecektir. Bu amaçla taşkını etkileyen faktörlerin en iyi şekilde belirlenmesi ve hesaplamaların bu faktörlere göre yapılması gerekir. Bunun için ulusal düzeyde gerekli konumsal veri altyapısının kurulması gerekir. Bu kapsamda yapılacak çalışmaların taşkın bilgi sistemi kurularak taşkın öncesi için yapılması önemlidir.

Bu çalışmada, Karaçomak Deresi akım verileri, 1/5000 ölçekli SYM ve 1/25.000 ölçekli topoğrafik veriler kullanılarak taşkın risk haritası oluşturulmuştur. Taşkın öncesi gerekli önlemlerin alınması için analiz sonucu elde edilen taşkın tahminine ait haritanın MapBOX ile web üzerinde sunumu sağlanmıştır. MapBOX ortamında yayınlanan haritaların risk durumuna göre taşkın alanında yaşayanları bilgilendirmek amacıyla, Web üzerinde sunulan taşkın haritasının veya taşkın öncesi ilgili kurum verilerinin analiz edilerek oluşturulan taşkın haritasının Taşkınsell mobil uygulama ile taşkın alanında yaşayanları bilgilendirerek can ve mal kayıplarının minimuma indirgenmesi amacıyla mobil uygulama geliştirilmiştir. Konuyla ilgili literatür çalışmasında görüldüğü gibi taşkına yönelik çalışmalar taşkın anı ve sonrasında gerçekleştirilmektedir. Taşkın simülasyonlarının yapılarak erken taşkın uyarı sistemlerinin kurulması için öncelikle veri alt yapısının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu durumda anlık olarak taşkın öncesi üst düzey yöneticilerin bilgilendirilmesi ve ilgili alanda yaşayan vatandaşların erken uyarı sistemi ile uyarılması sağlanacaktır. Böylece kullanıcılar ve üst düzey yöneticiler arasında gerekli analiz sonuçları interaktif olarak paylaşılmış olacaktır. İzleyen çalışmalarda taşkın alanındaki insanların taşkın öncesi bilgilendirilmesi amacıyla Android için mobil uygulama geliştirilmiştir. Böylece yapısal olmayan taşkın önlemlerinden en önemlisi olan erken uyarı sistemlerinin kurulması için örnek bir uygulama geliştirilmiştir. Erken uyarı sisteminin kurulabilmesi için taşkına maruz kalacak alanların önceden modellenmesi ve gerekli simülasyonların yapılmış olması gerekir. Taşkınlara karşı alınabilecek önlemler yapısal ve yapısal olmayan önlemler olmak üzere ikiye ayrılır. Bu çalışma, taşkınların önceden tahmin edilerek modellenmesi ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulmasını amaçlayan yapısal olmayan taşkın önlemlerine odaklanmaktadır. Geliştirilen mobil uygulama yazılım aşaması tamamlanmıştır. Sorgula işlemi ile taşkın alanı içinde bulunan kullanıcı bulunduğu konumunu ve riskli/güvenli alanları harita üzerinde görebilecek ve ona göre hareket edecektir. Hâlihazırda uygulama MapBOX ile yayınlanan


taşkın haritalarını temel alarak çalışır. Konum bilgisi için mevcut durumda uygulamanın kullanıldığı mobil telefonun konumu ile ilgili bilgiler elde edilmektedir. Bu uygulamanın aktif olarak kullanımı için taşkın haritalarının anlık üretilmesi ve MapBOX ile yayınlanması gerekmektedir. Ayrıca konum bilgilerine göre mesaj bildirimini veya sesli arama için telekomünikasyon şirketleri ile anlaşma imzalanması gerekir. Geliştirilen mobil uygulamanın ulusal düzeyde tam anlamıyla aktif olarak çalışması, ilgili kurumlardan güncel veri akışının sağlanabilmesi için ulusal düzeyde konumsal veri altyapısının kurulmasına bağlıdır.

Taşkın risk haritalarının oluşturulmasında gerçeğe en yakın sonuçları elde edebilmek için; ilgili bölgeye ait SYM verisi (1/1000-1/5000) büyük ölçekli olmalıdır. Yerleşim alanlarında taşkın haritalarının üretilmesi için SYM'nin 1/5000 leğinden küçük olmaması gerekir. Arazi kullanım verileri, hidrolik ve hidrojeolojik verileri hatasız değerlendirilmelidir. Programın çalışma prensibine göre en kesitlerin sık olarak alınması gerçeğe en yakın sonuçların alınmasında etkilidir.

Taşkın alanlarının belirlenmesi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmasına rağmen gerek alınan önlemler gerekse akademik çalışmalar taşkın anı ve sonrası durum üzerinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle lkemizde günümüze kadar yaşanan taşkınlara ait istatistiksel bilgiler dikkate alındığında can ve mal kayıplarının çok fazla olduğu görülmektedir. Bu kayıpların en aza indirilmesi için yapılacak çalışmaların başında veri altyapısının oluşturulması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gelir. Sonrasında taşkın alanlarındaki yapılaşmanın planlanmasında yerel yönetimlere büyük görevler düşmektedir. Yerel yönetimlerin çalışmalarını yürütebilmesi için ilgili mevzuatta gerekli yükümlülüklerin net bir Şekilde belirlenmesi ve denetimlerin zamanında yapılması çok önemlidir. Ayrıca taşkına maruz kalan ve kalacak olan alanlarda yapılaşmanın önüne geçebilmek için yeterli hukuki önlemlerin de alınması gerekir. Toplanan hidrolojik ve topolojik verilerle CBS uygulamaları kullanılarak belirli dönemler için taşkın riskinin olduğu alanların belirlenmesi mümkündür. Bu taşkın alanlarının modellenmesi ile elde edilebilecek bilgilerin verimli olarak kullanılabilmesi için bu verilerin konu hakkında çalışan paydaşlarla etkin olarak paylaşılması gerekmektedir. Ayrıca taşkın risk yönetimi çalışmalarının sürdürülebilir bir Şekilde devam ettirilmesi gerekir. Bu nedenle günümüzde gelişmekte olan web harita uygulamaları kullanılarak, haritalarının ve veri tabanlarının "Açık Veri (Open Data)" olarak sunulması gerekir.

ORCID

Gülten KARA  <https://orcid.org/0000-0002-8340-6019>

İrem TURAN  <https://orcid.org/0000-0002-6591-9793>

Muharrem CEVHER  <https://orcid.org/0000-0002-7852-2330>

Çetin CÖMERT  <https://orcid.org/0000-0002-2019-6990>

KAYNAKLAR

- Azagra, E., Olivera, F. ve Maidment, D. R. (1999). Abstract Floodplain Visualization on TINs, Doctoral dissertation, Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin.
- ARCGIS. (2018). ArcGIS hakkında. Erişim adresi: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview>
- Batur, E. (2011). *Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Meriç Nehri rneği*. (Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu, Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Yeşilyurt-İstanbul). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Doğanoğlu, V. İ. (2000). *Coupling of GIS with a hydraulic model for flood inundation mapping*. (Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnaşat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Dden, İ. (2010). *Darıdere Barajının Tedrici Yıkılması Ve Yarıktan Çıkan Taşkının Hec-Ras Ve Dambrk Programlarında İncelenmesi*. (Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnaşat Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- HEC-RAS. (2018). Hydrologic Engineering Center. Erişim adresi: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>

- HEC-RAS. (2011). HEC-GeoRAS GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS, U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, User's Manual 4.3.93. Erişim adresi: https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-georas/documentation/HECGeoRAS_43_Users_Manual.pdf
- Hu, S., Cheng, X., Zhou, D. ve Zhang, H. (2017). GIS-based Flood Risk Assessment in Suburban Areas: A case study of the Fangshan District, Beijing, *Natural Hazards*, 87:3, 1525-1543.
- Kadioğlu, M. (2008). Sel ve heyelan risk yönetimi. H. Koçaker, M. R. Çıtır, M. Özlü & M. Uzun (Ed.), *5. Dünya su forumu Türkiye bölgesel su toplantıları içinde* (s. 101-129). Trabzon: Analiz Copy Center.
- Kara, Ö. (2009). *Su yüzü profillerinin Hec-Ras paket programıyla incelenmesi*. (Yüksek Lisans, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Karaca, C., Birdal, A. ve Türk, T. (2016). Kelkit Çayı taşkın risk haritalarının CBS kullanılarak oluşturulması ve CBS ile taşkın risk analizi, 6. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Adana.
- McLin, S. G., Springer, E. P. ve Lane, L. J. (2001). Predicting floodplain boundary changes following the Cerro Grande wildfire. *Hydrological Processes*: 15, 2967-2980. Erişim adresi: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/hyp.385>
- Nas, S. ve Nas, E. (2015). Olası taşkınların altyapı tesislerine etkileri: Harşit Çayı-Gümüşhane. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31(1), 56-67.
- Onuşluel, G. (2005). *Floodplain management based on the Hec-Ras modeling system*. (Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Özcan O. (2017). Taşkın Tespitinin Farklı Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Ayamama Deresi Örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3:1, 9-27.
- Özdemir, H. (2007). *Havran Çayı Havzası'nın (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi*, (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Sinnakaudan, S. K., Ghani, A. A., Kiat, C. C., Ahmad, M. S. S. ve Zakaria, N. A. (2002). Integrated triangular irregular network (ITIN) model for flood risk analysis case study: Pari River, Ipoh, Malaysia. In J. J. Guo, S.Y. Liong, P. Lin, N. J. Shankar, H. F. Cheong & S. Yang (Eds.), *Advances in hydraulics and water engineering: Volumes I & II* (pp. 656-660). Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Stoleriu, C. C., Urzica, A. ve Mişu-Pintilie, A. (2019). Improving Flood Risk Map Accuracy Using High-density LiDAR Data and the HEC-RAS River Analysis System: A Case Study from North-eastern Romania. *Journal of Flood Risk Management*.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, (2019, 5 Mayıs). Taşkın Yönetimi. Erişim adresi: <http://taskinyonetimi.ormansu.gov.tr>
- Taş, E., İçağa, 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*, 16:3, 711-721.
- Taşkın Yönetimi. (2017). Ankara: T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Tate E.C., Maidment D.R., Olivera F. ve Anderson D.J. (2002). Creating a Terrain Model for Floodplain Mapping. *Journal of Hydrologic Engineering*, 7, 100-108. Doi: 10.1061/(ASCE)1084-0699(2002)7:2(100)
- Tokgözlü, A. ve Özkan, E. (2018). Taşkın risk haritalarında AHP yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi *Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 44, 151-176.
- Turan, B. (2002). *Obtaining inundation maps by integration of GIS and Hydrologic and Hydrologic-Hydraulic model*, (Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>

- Uçar, İ. (2010). *Trabzon Değirmendere Havzası'nda coğrafi bilgi sistemleri ve bir hidrolik model yardımıyla taşkın analizi yapılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnaşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara). Erişim adresi:
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Usul, N. (2008). *Mühendislik Hidrolojisi*. Ankara: ODTÜ Basımevi.
- Usul, N. (2004). Taşkın çalışmalarında coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması. Suya Bağlı Afetlerin Etkilerinin Azaltılmasında Yaşanan Sorunlar ve zm Yolları Paneli'nde sunulmuştur. Ankara, Türkiye. Erişim adresi:
<http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/3933.pdf>
- Yazıcılar, F. ve nder, H. (1998). *Taşkın yatakları planlamasında HEC-RAS bilgisayar programı ile su yüzü profili hesaplanması-Bartın Nehri'nde bir Uygulama*. Su Mühendisliği Problemleri Seminerinde sunulan bildiri, Fethiye, Muğla.