

10-11 Ağustos 2021 Batı Karadeniz Taşkınlarının Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi Sistemi (FFGS) İle Analizi

Ali Ümran Kömüşcü¹, Mehmet Aksoy², Ertan Turgu³, Emel Ünal⁴

Öz

Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi meteorolojik ve jeomorfolojik özellikleri taşkın oluşumuna elverişli koşullar içermektedir. Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümünde 10-11 Ağustos 2021 tarihlerinde yaşanan taşkın olayı beklenmedik düzeyde can kaybına ve yerleşim yerlerinde oldukça ciddi zararlara sebep olmuştur. Özellikle Kastamonu'nun Bozkurt ilçesi, Sinop'un Ayancık ilçesi ve Bartın il merkezi taşkınlardan en fazla etkilenen yerleşim yerleri olmuştur. 24 saatte 400 mm'ye yakın yağışların gerçekleştiği bölgede, çeşitli süreler içerisinde 200 yıl ve üzeri tekerrürleri aşan maksimum yağışlar kaydedilmiştir. Bu çalışmada, 10-11 Ağustos 2021 tarihleri arasında Batı Karadeniz Bölümünün Kastamonu, Sinop ve Bartın illerinde meydana gelen taşkın olaylarının Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS) ile değerlendirilmesi yapılmış ve sistemin bir erken uyarı sistemi olarak kullanılabilmesi rolü üzerinde durulmuştur. FFGS Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi kapsamında ECMWF (European Centre for Medium Weather Forecasting) ve WRF (Weather Forecasting Research) modellerine ait yağış tahminleri kullanılarak üretilen ani taşkın tehlike ürünlerinin yaşanan taşkınların gerçekleştiği alanlardaki riski daha önceden ortaya koyduğu tespit edilmiştir. Özellikle ECMWF modeline göre de 10 Ağustos 09:00 UTC itibarı ile taşkın erken uyarıları oluşmuş ve 12:00 UTC'de uyarı seviyesi en üst seviyeye ulaşmıştır. FFGS 10-11 Ağustos 2021 Batı Karadeniz taşkınları ile ilgili olarak gerek lokasyon ve gerekse zaman olarak yüksek doğrulukta erken uyarı ürünleri üretmiştir. Çalışmanın ortaya koyduğu sonuçlar, FFGS'in bir erken uyarı aracı olarak alt havzalardaki taşkın tehlikesini belirlemede tahminlere kılavuz görevi görebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ani Taşkın, Batı Karadeniz, Erken Uyarı Sistemleri

An Analysis of the 10-11 August 2021 Western Black Sea Floods by Flash Flood Guidance System (FFGS)

Abstract

The Black Sea region of Turkey is conducive to flood occurrences due to its meteorological, hydrological and geomorphological features. The flood events that occurred on 10-11 August 2021 in the western parts of the Black Sea Region caused an unprecedented level of casualties and considerable destruction in the settlements. Particularly, Bozkurt, Ayancık and Bartın were affected by the floods most severely. Nearly 400

¹ Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara

Sorumlu Yazar e-posta/Corresponding Author e-mail: ali.komuscu@hbv.edu.tr ORCID No: 0000-0001-9930-2479

² Mühendis, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara

e-posta/e-mail: mehmetaksoy@mgm.gov.tr ORCID No: 0000-0002-0150-9031

³ Mühendis, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara

e-posta/e-mail: erturgu@mgm.gov.tr ORCID No: 0000-0002-6462-2007

⁴ Mühendis, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara

e-posta/e-mail: unal@mgm.gov.tr ORCID No: 0000-0001-6798-4284

Bu makaleye atıf yapmak için / To cite this article

Kömüşcü, A. Ü., Aksoy, M., Turgu, E. ve Ünal, E., (2024). 10-11 Ağustos 2021 Batı Karadeniz Taşkınlarının Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi Sistemi (FFGS) İle Analizi. *Afet ve Risk Dergisi*, 7(3), 587-608.

mm of rainfall was observed in the region in a 24-hour period and the recurrence interval of such rainfall amount was over 200-year in most standard times. In this study, the effectiveness of the Flash Flood Guidance System (FFGS) was investigated to determine the timing and location of the flood-hit areas of the Black Sea region from 10 to 11 August 2021. The study also tried to underline the importance of using the FFGS, as a tool to guide hydrologists and decision-makers before flood events occur. The findings indicated that the FFGS early warning products developed based on the ECMWF and WRF rainfall forecasts located the areas hit by floods with high accuracy. The ECMWF model early warning products provided warnings in the early morning of 10 August 2021 for the majority of the Western Black Sea region. The findings reached in this study demonstrated the potential use of the FFGS as an early warning tool in the detection of flood danger in advance in guiding the forecasters.

Keywords: Flash Flood, Early Warning Systems, Western Black Sea

1. GİRİŞ

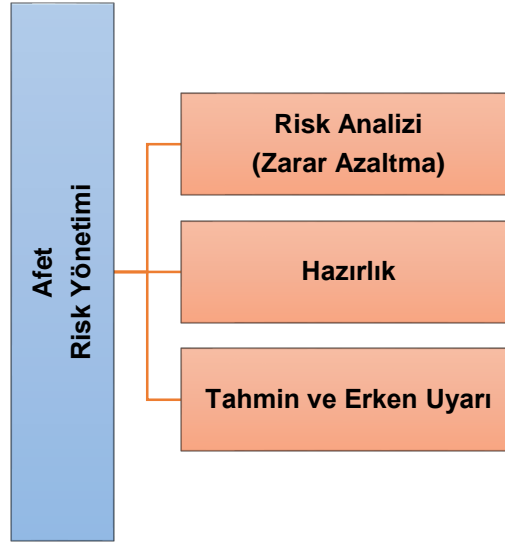
Sel ve taşkınlar, çevreye, yerleşim yerlerine, altyapıya ve tarım alanlarına verdikleri zararlar ile insan hayatını olumsuz yönde etkileyen en yaygın meteorolojik afetler arasında yer almaktadır (Jonkman 2005; Ceylan ve Kömüşçü, 2007). Taşkın, bir akarsuyun, yatağından taşması sonucu başta yerleşim yerleri ve tarım alanları olmak üzere çevreye ve topluma zarar vererek sosyo-ekonomik hayatı kesintiye uğratacak düzeyde bir akış büyüklüğüne ulaşmasıdır (SYGM, 2017). Ani taşkınlar ise, diğer taşkın çeşitlerinden farklı olarak kısa süre içinde gelişen şiddetli yağışlar, toprağın suya doygun olması ve ani kar erimelerine bağlı olarak meydana gelmektedir. Seller ise genelde yukarı havzalarda ve yan derelerde şiddetli ve uzun süreli yağışlara bağlı olarak hızlı bir şekilde oluşan ve beraberinde fazla miktarda katı materyal ve rüsubat taşıyarak drenaj kanallarının tıkanmasına neden olan hidrometeorolojik olaylardır (OSIB, 2005; Çelik ve Öztürk, 2020). Taşkınlar özellikle geçirimsiz yüzeyin fazla olduğu büyük yerleşim yerlerinde kent taşkınları (urban floods) olarak veya şiddetli yağışlar ve topoğrafyanın da etkisi ile ülkemizde Doğu Karadeniz bölümünde olduğu gibi ani taşkınlar (flash floods) şeklinde de görülmektedir (Kadioğlu vd., 2017).

Ülkemizde 2021 yılında meydana gelen meteorolojik afetler dikkate alındığında, fırtına olayları %38.4 ve şiddetli yağış ve sel olayları %27.6 ile en yüksek oranda gerçekleşen afet türleri olmuştur (MGM, 2022). Sel ve taşkınların oluşmasında şiddetli ve uzun süreli yağışlar önemli rol oynamakla birlikte, sel ve taşkın olaylarının meydana geldiği bölgenin topoğrafik yapısı, arazi eğim koşulları, geçirimsiz yüzey oranı ve toprak yapısı gibi faktörlerde yağış sonrası oluşan yüzey akışının hız ve büyüklüğünü önemli ölçüde etkilemektedir (Filiz ve Avcı, 2013; Kadioğlu vd.2017). Diğer taraftan, yanlış arazi kullanımı, hızlı şehirleşme, taşkın alanlarında yapılaşma, taşkın kontrol yapılarının yetersizliği de sel ve taşkınların afet boyutuna dönüşmesine neden olmaktadır (Kömüşçü ve Çelik, 2012; Avcı ve Sunkar 2015). Akarsu kesitinin çeşitli sebeplerle daraltılması ve dere yataklarına insan müdahalesi ülkemizde sel ve taşkınların etkisini önemli ölçüde arttıran diğer etkenlerdir.

Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi meteorolojik, hidrolojik ve jeomorfolojik özellikleri ile taşkın oluşumunun sık yaşandığı bir bölgemizdir (Temiz vd. 2004, Yüksek vd. 2022). Bölgenin Batı Karadeniz Bölümü son yıllarda farklı ölçeklerde taşkınların etkisine maruz kalmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nin kuzey ve kuzey batılı atmosferik akımlarla cephesel yağışlara maruz kalması, kıyıda uzanan dağ sıralarının orografik yağışlara neden olması ve topografik koşulların hızlı yüzey akışına uygun olması farklı ölçeklerde taşkınların meydana gelmesine zemin hazırlamaktadır. Karadeniz Bölgesi'nin genelinde olduğu bini Batı Karadeniz Bölümünde de, orografik ve konvektif yağışlar arazideki yüksek eğim değerlerinin etkisi ile hızlı yüzeysel akışa ve heyelanlara sebep olmaktadır. Son yıllarda Karadeniz deniz suyu sıcaklıklarında gözlemlenen artışlarda şiddetli yağışların oluşumu için gerekli nem koşullarının sağlanmasında önemli bir etken olmuştur. Bölümün özellikle kıyı şeridinde, yanlış arazi kullanımı, akarsu havzalarının

tarımsal ve ticari amaçla yoğun kullanımı ve yerleşim yerlerinin taşkın alanlarında kurulu olması taşkınların afete dönüşmesinde etkili olmaktadır.

Tahmin ve erken uyarı, afetler ile ilgili tehlike ve riskleri öngörerek olası bir afete karşı dirençliliği artırmada oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Bu konuda geliştirilen Erken Uyarı Sistemleri (EUS), afet kaynaklı risklerin azaltılmasında oldukça etkindir (UNISDR, 2015). EUS afet öncesinde tahmin ve erken uyarı bilgileri sağlayarak risk azaltılmasında “Afet Risk Yönetiminin” önemli bir bileşenidir (Şekil 1).



Şekil 1. Afet risk yönetimi ana bileşenleri

EUS, özellikle taşkın olayları ile ilgili tehlike ve risklerin öngörülmesi açısından geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu sistemler taşkın bilgilerinin ilgili kurum ve kuruluşlar ile anlık olarak paylaşılması ile taşkının afete dönüşmeden gerekli tedbirlerin alınması yönünde oldukça etkin araçlardır (Kadıoğlu 2008a; Kadıoğlu 2008b; Anılan vd.2021). Ani taşkınlar için erken uyarı modeli, nehir havzasına bağlı hidrolojik ve jeomorfolojik bir konseptte dayanmaktadır ve ani taşkınların sadece yüksek potansiyel riskin olduğu yerlerde ve yağış eşiğini aştığında meydana geleceği ilkesine dayanmaktadır. Bu tür sistemlerin uygulanması genelde iki şekilde olmaktadır. İlki, işletim kolaylığı ve düşük maliyeti nedeniyle bazı meteorolojik ve parametrelerin ultrasonik sensörle izlenmesini sağlayan gözlem istasyonları kurulması şeklindedir. Buna göre, yağış, toprak nemi ve nehir akım parametreleri anlık olarak izlenerek, daha önceden belirlenen kritik eşik seviyelerin aşılması halinde sistem gerekli uyarıları yayınlamaktadır. 2021 yılında yaşanan Batı Karadeniz taşkınlarından sonra Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından Bartın, Karabük, Kastamonu ve Zonguldak illerinde 69 noktada kurulum işlemlerine başlanan taşkın erken uyarı sistemi bu uygulamaya örnek verilebilir. Bu sistem kapsamında; bu illerde daha önceden belirlenen dere, çay ve nehirlerde su seviyesinin anlık olarak izlenmesi ve kritik seviyelerde uyarı vererek yerleşim yerlerindeki kişilerin hızlı bir şekilde dere yataklarından uzaklaşmasını sağlanarak, can ve mal kaybının önlenmesi amaçlanmaktadır. Diğer bir uygulama ise; şiddetli sayısal yağış tahmini bilgisi sağlayan Sayısal Hava Tahmini (SHT) modelleri, uydu ve radar verileri kullanılarak, bir hidrolojik model yardımı ile yüzey akışı ve akarsu debisi gibi hidrolojik değişkenlere ait tahmin üreten bir sistemin kurulması şeklindedir. Hidrolojik ve hidrodinamik modelleme ile hazırlanan taşkın tehlike ve taşkın risk haritaları “havza taşkın risk yönetim planlarının” önemli bir bileşenini oluşturur. Her iki uygulamanın amacı, taşkın riskinin önceden belirlenerek, taşkın oluşumuna riskli alanlar, taşkın meydana gelme zamanı ve taşkın olması durumunda su derinliği ve su yayılım alanları ile ilgili bilgilerin elde edilmesidir. Elde edilen bilgiler, ilgili kurum ve kuruluşlar ile paylaşılarak, gerekli önlemlerin alınması ve böylece

taşkın başta yerleşim yerleri olmak üzere çevre ve altyapı üzerindeki etkilerinin en aza indirilebilmesi mümkün olabilmektedir.

Taşkınlar sadece Türkiye'nin de içinde bulunduğu coğrafi bölgede değil, Dünyanın diğer bölgelerinde de en çok ekonomik ve fiziksel kayıplara neden olan meteorolojik karakterli doğal afetler arasında yer almaktadır. Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) Dünyada meydana gelen taşkınların %85'inin ani taşkınlar, %15'nin ise nehir taşkını şeklinde olduğunu ve küresel olarak ani taşkınların her yıl 5.000'den fazla can kaybına yol açtığını ifade etmektedir (URL-1). Taşkınlarla mücadele konusundaki uluslararası çabalardan biride Avrupa Birliği (AB) üye ülkeleri için Copernicus Acil Durum Yönetim Sisteminin bir parçası olarak geliştirilen EFAS - Taşkın Farkındalık Sistemi'dir. EFAS, Avrupa çapında selleri izleyen ve tahmin eden ilk operasyonel erken uyarı sistemidir. EFAS'ın amacı Avrupa'daki büyük nehir havzalarında ve genel olarak Avrupa genelinde büyük taşkın olayları meydana gelmeden önce erken uyarı bilgileri sağlayarak hazırlık tedbirlerini desteklemektir. EFAS sistemi, sayısal hava tahmin modellerinden gelen meteorolojik tahminleri deterministik bir hidrolojik modeli aracılığıyla basamaklandırarak tahminler üretir (Thielen vd. 2009). Sistem ani taşkınlar ve nehir taşkınlarına ait potansiyel taşkın tehlikesini ve 2-10 gün aralığında oluşabilecek taşkın riskini ortaya koyar. Avrupa ölçeğinde havza tabanlı taşkınların tahminlerine ve su kaynakları yönetiminde yaygın olarak kullanılan diğer bir uygulama JRC (European Joint Research Centre) tarafından geliştirilen LISFLOOD sistemidir. LISFLOOD bir havzada meydana gelen hidrolojik süreçleri simüle edebilen grid tabanlı bir hidrolojik yağış-akış modeline dayalıdır (Burek vd. 2013). LISFLOOD yüzey ve yüzey altı süreçlerini grid ölçeğinde simüle eden ve suyun toprak boyunca yatay ve dikey yönlerde taşınmasını düzenleyen çeşitli modüllerden oluşan karmaşık bir modeldir. Model aynı zamanda gölleri, rezervuarları ve yeraltı suyu depolamasını da dikkate alır. Copernicus Acil Durum Yönetim Hizmetinin (CEMS) bir bileşeni olarak geliştirilen Küresel Taşkın Farkındalık Sistemi (GloFAS) ise daha geniş coğrafik alanlarda küresel ölçekte taşkın erken uyarılar üretmeyi amaçlayan bir sistemdir (Alfieri vd. 2013). GloFAS, hem yaklaşan hem de devam eden taşkın olayları hakkında bilgi sağlamak için uydulardan, modellerden ve yerinde ölçümlerden elde edilen bilgileri birleştirerek, orta vadeli taşkın tahminleri, mevsimsel tahminler ve hızlı risk değerlendirmesine ait bilgiler sağlar (Emerton vd.2018). GloFAS tahmin ürünleri; meteorolojik tahminler, hidrolojik modelleme ve taşkın risk haritaları kataloğundan oluşmaktadır. Günümüzde, Sayısal Hava Tahmin modellerinden alınan yağış tahminlerinin, yer gözlemleri, uydu ve radar verileri ile birleştirilerek oluşturulan yağış tahminlerinin hidrolojik modellerde kullanılması ile daha başarılı taşkın erken uyarı ürünleri elde edilmeye başlanmıştır. İklim değişikliği faktörü ile taşkınların şiddet ve sıklığında artışlar öngörülmesi, bu konuda çalışan bilim adamlarını gerek hidrolojik modelleme ve gerekse yağış tahmini konusunda ilerleme sağlamak için veri madenciliği, makine öğrenimi, yapay zekâ ve yapay sinir ağları (YSA) gibi daha yenilikçi metotları kullanmaya yönlendirmektedir (Jain vd.2018).

2. 10-11 AĞUSTOS 2021 BATI KARADENİZ TAŞKINI

10-11 Ağustos 2021 tarihlerinde Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölümünde şiddetli yağışlar sonucu meydana gelen taşkın olayı sonucu 109 can kaybına neden olurken, yerleşim yerleri, ticari alanlar ve altyapı oldukça ciddi zarar görmüştür. Özellikle Kastamonu'nun Bozkurt ilçesi, Sinop'un Ayancık ilçesi ve Bartın il merkezi taşkınlardan en fazla etkilenen yerleşim yerleri olmuştur. Bu illerde 24-saat yağış miktarları bazı lokasyonlarda 300-400 mm arasında gerçekleşirken, 120-dakika ve üzeri standart zamanlarda 200-yıl tekerrürleri aşan maksimum yağışlar kaydedilmiştir. Atmosferik koşullar açısından bakıldığında; Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimlerinde etkili olan şiddetli yağışlar daha çok cephesel ve orografik kökenlidir. Kıydan uzak alanlarda konvektif yağışlara bağlı olarak da şiddetli yağışlar oluşabilmektedir (Turgut, 2004). Yaz aylarında kuzeydoğu Avrupa üzerinden Karadeniz'e inen siklonlar soğuk cephe ile birlikte özellikle Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nde etkili yağışlara neden olmaktadır. 10-11 Ağustos 2021 tarihlerinde Batı Karadeniz bölgesinde kaydedilen şiddetli yağışlar Bartın'ın Ulus, Kastamonu'nun Azdavay,

İnebolu, Bozkurt, Küre ve Pınarbaşı ve Sinop ilinin Ayancık ilçelerinde ani taşkın ve sellerin meydana gelmesine sebep olmuştur (Şekil 2).

AFAD (2021) tarafından taşkın olayının hemen akabinde yapılan basın açıklamasında; Kastamonu'nun Bozkurt ilçesinin şiddetli yağış ile birlikte Ezine çayının birkaç noktada taşması sonucu taşkından en fazla etkilenen yerleşim yeri olduğu, ilçede çayın etrafındaki konut alanları başta olmak üzere ticari alanların, altyapısının ciddi ölçüde zarar gördüğü ve 70'in üzerinde can kaybı meydana geldiğini ifade edilmiştir (Şekil 3). Taşkının afete dönüşmesinde üç temel etken büyük rol oynamıştır. Bunlardan ilki Ezine çayı üst havzasında yaklaşık 1400-1500 metre yükseklikte yer alan Mamatlar ve Kuz köylerine düşen büyük miktardaki yağışlardır. İkinci etken ise, Ezine çayı üst havzasından taşınan tomruk ve rüsubatların Ezine çayı üzerinde yer alan köprüleri tıkayarak taşkın sularının farklı yollardan Bozkurt ilçe merkezine ulaşmasıdır. Diğer taraftan, Bozkurt ilçesinin yer aldığı yerleşim alanı zemininin taşkından bir gün önce (10 Ağustos) meydana gelen yağışlarla suya doymun hale gelmiş ve 11 Ağustos günü düşen yağışların neredeyse tamamı yüzeysel akışa geçerek Ezine çayındaki su seviyesini hızlı bir şekilde yükseltmiştir. Su seviyesinin yükselmesi ile çay seddini aşan sular çevresindeki konut ve ticari alanları işgal ederek ve araçları sürükleyerek bu felakete zemin hazırlamıştır. Benzer bir durum Sinop'un Ayancık ilçesinde görülmesine rağmen yağışın daha az olması ve taşkın yatağının ilçe merkezinden biraz daha uzak konumda olması ve daha geniş olması gibi sebeplerle gerek yerleşim yerleri ve gerekse altyapı üzerindeki etkileri daha düşük seviyede gerçekleşmiştir.



Şekil 2. 10-11 Ağustos 2021 tarihlerinde selden etkilenen Bartın, Kastamonu ve Sinop illerini kapsayan Batı Karadeniz Bölgesi



Şekil 3. Bozkurt ilçesinde taşkının meydana getirdiği tahribat ve rüsubat birikimi

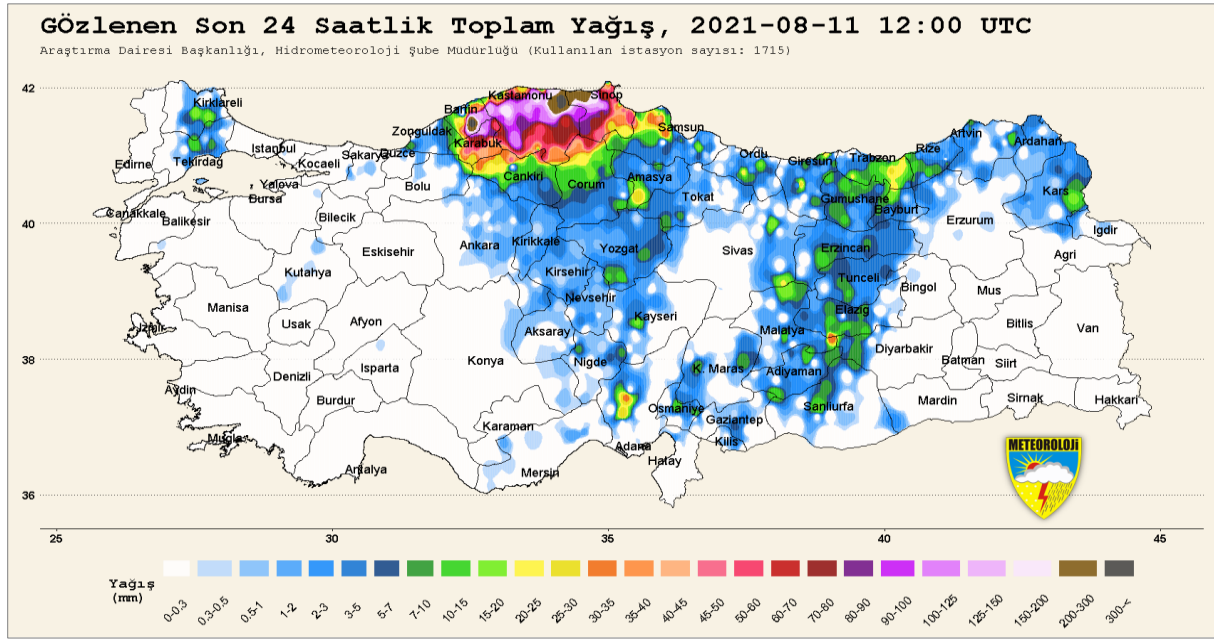
2019 yılında Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından hazırlanan Batı Karadeniz Taşkın Yönetimi Planı raporunda; Ezine Çayı taşkın yatağı ile ilgili önceki yıllarda meydana gelen taşkınlara ait verileri esas alındığında, yüksek debilerde oluşacak akış hızı ve su derinliğinin Bozkurt ve Abana ilçeleri için sorun olabileceği yönünde tespitlere yer verilmiştir (SYGM, 2019). Aynı raporda Ezine çayının etrafındaki alanların gelecekte yüksek taşkın tehlike riskine maruz kalabileceği ifade edilerek, çayın taşkın yatağında yapısal problemler olduğunu, taşkın seddinin Q_{500} debisini geçirecek şekilde yükseltilmesi gerektiği ve Ezine çayı boyunca kanal duvarlarında farklı yükseklikler ve bozukluklar olduğuna vurgu yapılmıştır. Bilgen vd. (2022) tarafından Bozkurt ilçe merkezinde taşkın sonrası sahada yapılan bir çalışmada; taşkının afete dönüşmesinde yüksek yağış miktarının öncelikli neden olması ile birlikte; Ezine Çayı yatağının insan müdahalesi ile daraltıldığı ve yerleşim biriminin çayın taşkın yatağına kurulduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışma, Ezine Çayı üzerindeki köprülerin alçak olması nedeniyle dağlık bölgeden gelen tomruk ve rüsubatların köprü ve menfezleri tıkayarak su akışını engellediği ve akışı yerleşim birimlerine yönlendirilmesine sebep olduğunu ortaya koymuştur (Deniz vd. 2021).

Bu çalışmada, 10-11 Ağustos 2021 tarihlerinde Batı Karadeniz Bölümünün Kastamonu, Sinop ve Bartın illerinde meydana gelen taşkın olaylarının “Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi Sistemi” (FFGS) ürünleri ile değerlendirilmesi yapılarak, sistemin sunduğu taşkın öngörülerine göre bir erken uyarı aracı olarak kullanılabileceği rolü üzerinde durularak sistemin performansı değerlendirilmiştir.

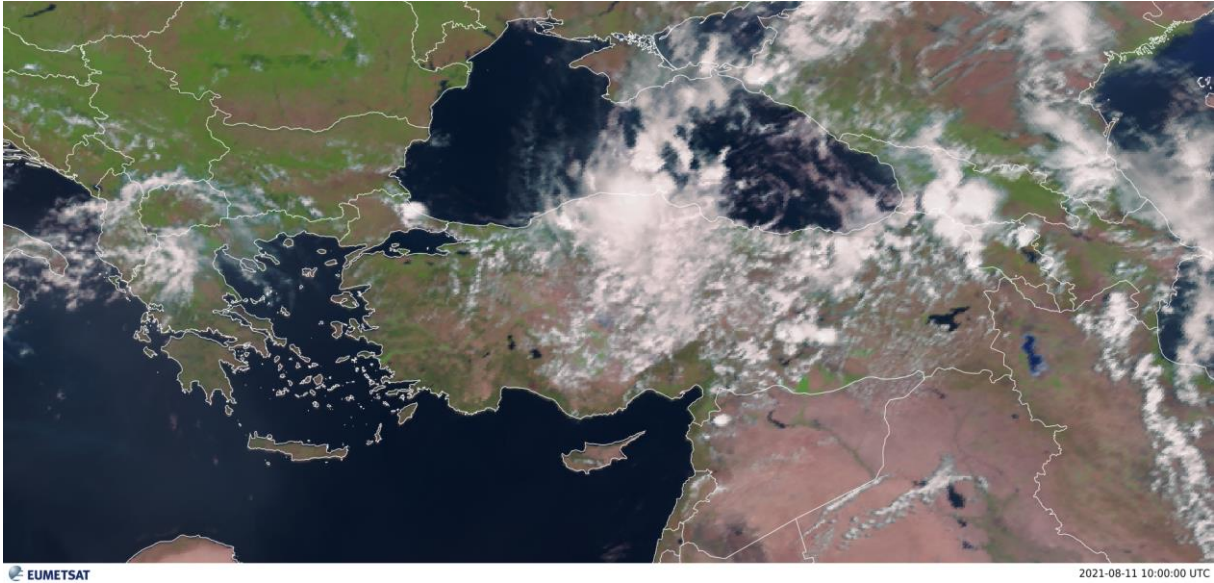
3. 10-11 AĞUSTOS YAĞIŞ ANALİZİ

10-11 Ağustos 2021 tarihlerinde Batı Karadeniz Bölgesinde Bartın ile Sinop arasındaki sahil kesimi boyunca 200 mm'nin üzerinde yağışlar kaydedilmiştir. Özellikle Kastamonu ilçelerinde (Bozkurt ve Devrekani) yağışlar en büyük değerlerine ulaşmıştır (Şekil 4). 24 saatlik yağış miktarı Kastamonu Bozkurt ilçesi Mamatlar Köyü'nde 399 mm, Devrekâni ilçesi Kuz Köyü'nde 333 mm, Bartın ili Ulus ilçesi Ceyüpler Köyü'nde 319 mm ve Sinop ili Ayancık ilçesinde 280 mm olarak ölçülmüştür (MGM, 2021).

11 Ağustos 2021 tarihi için taşkın olayının meydana geldiği saatlerde EUMETSAT MSG Seviri sensöründen elde edilen RGB görüntüsü konvektif faaliyete bağlı bulut yoğunluğunun Batı Karadeniz Bölümü üzerinde ve özellikle Bartın-Sinop arasındaki alanda etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 5).



Şekil 4. 10-11 Ağustos 2021 24-saatlik toplam yağışların alansal dağılımı



Şekil 5. Yağışın maksimum olduğu saatlerde (11 Ağustos 12:00 UTC) EUMETSAT MSG Seviri doğal renk RGB uydu görüntüsü (URL-2)

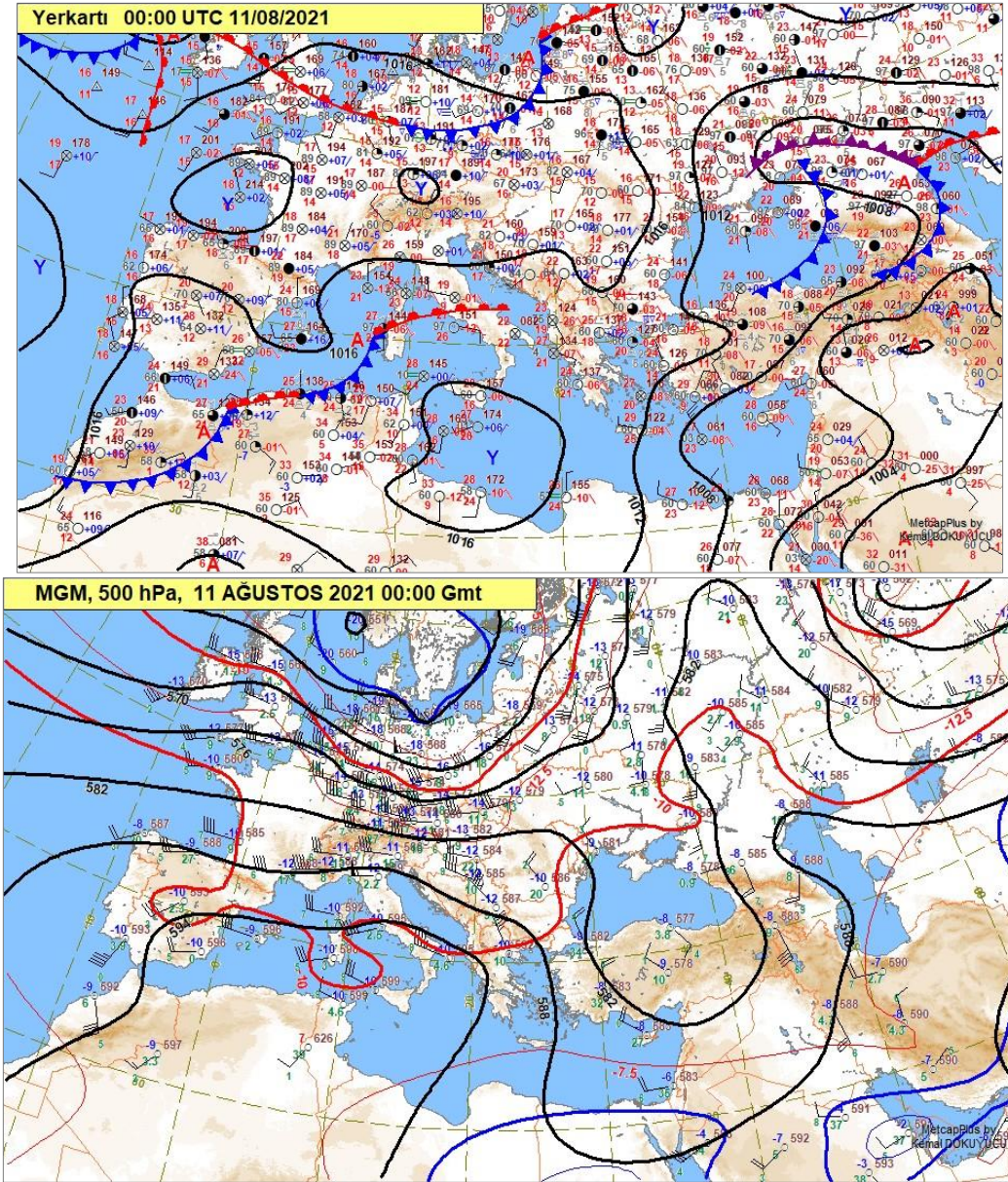
3.1. Sinoptik Analiz

10-11 Ağustos 2021 tarihlerinde Batı Karadeniz Bölümü'nde gerçekleşen kuvvetli yağışlar birkaç temel etki altında meydana gelmiştir. Bunların arasında; 10 ve 11 Ağustos tarihlerinde yurdun kuzeyini etkileyen alçak basınç sistemi ve buna bağlı cephe sisteminin bulunması en önemli etkendir (Şekil 6). 500 hPa jeopotansiyel haritasında da görüldüğü gibi İtalya üzerinde yükselen sırt ve sıcak hava Doğu Karadeniz üzerine çöken alçak basınç merkezinin kuvvetlenmesine neden olmuştur. Karadeniz'deki deniz suyu sıcaklıkları 2021 ilkbahar aylarından itibaren artış eğilimi göstererek Karadeniz'in hemen üzerindeki havanın ısınmasını ve bunun sonucu olarak daha fazla nem tutulmasına zemin hazırlamıştır. Diğer bir etki de, Ülkemizi kuzey batı ve kuzey kesimlerden

10-11 Ağustos 2021 Batı Karadeniz Taşkınlarının Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi Sistemi (FFGS) ile Analizi

etkileyen sinoptik ölçekli (250-750 km genişliğinde) alçak basınç sistemlerinin Karadeniz'in üzerindeki atmosferin üst seviyelerine (özellikle orta troposfere) soğuk havayı taşımıştır (üst seviye soğuk hava adveksiyonu). Bu iki etkinin sonucunda, deniz seviyesindeki sıcaklıklarla orta troposfer arasındaki sıcaklıkların arasındaki fark artmış, nemli havanın da etkisiyle Karadeniz üzerinde kuvvetli kararsızlık alanları oluşmuştur.

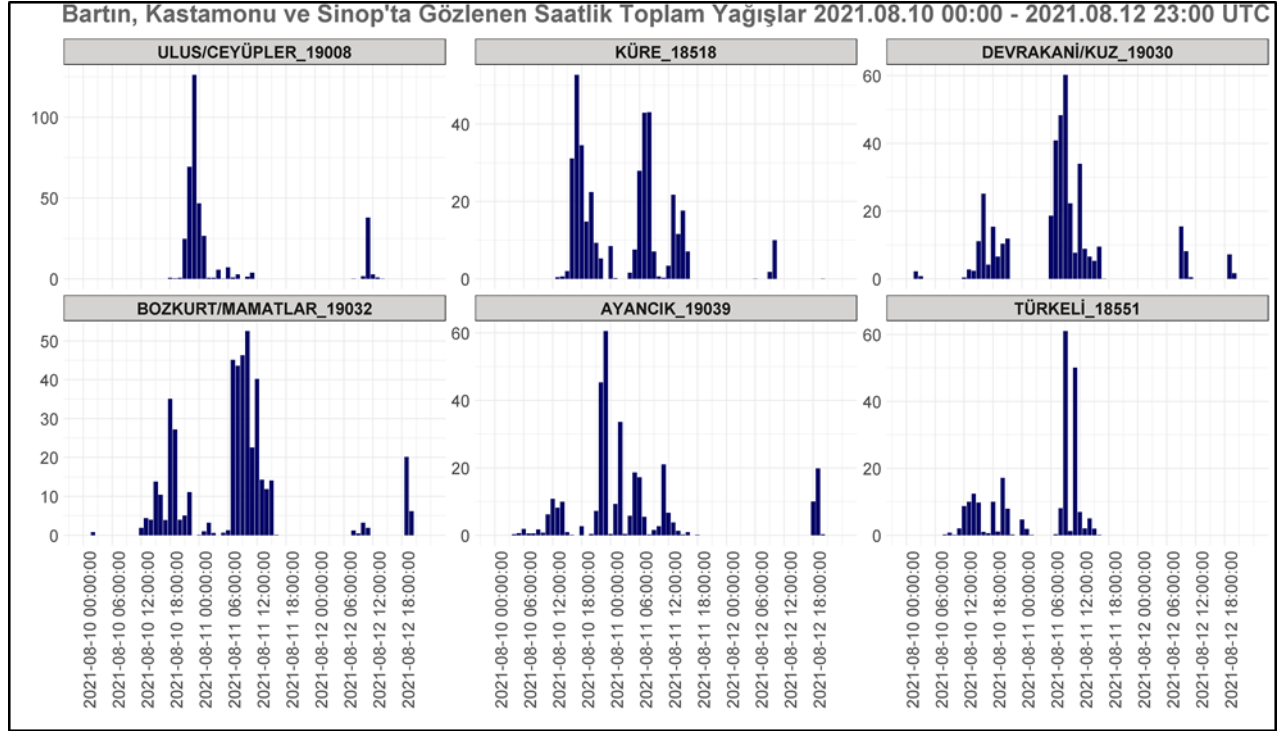
Sonuç olarak; Karadeniz'de artan deniz suyu sıcaklıkları ve buharlaşmaya bağlı olarak atmosferin nem kapasitesinin artması ve Doğu Karadeniz üzerinde oluşan alçak basınç merkezi ile Orta Avrupa üzerinde oluşan yüksek basınç alanına bağlı olarak gelişen kuzeyli akışlar, Batı Karadeniz Bölümü üzerinde şiddetli yağışların oluşması için gerekli atmosferik koşulları sağlamıştır. Diğer taraftan, oluşan cephe sistemi doğuya hareket etmek yerine kara üzerinde Bartın, Kastamonu ve Sinop illerinin iç bölgelerine nüfuz etmiştir. Kıyıda Küre sıra dağları ve diğer dağ silsilesi ile karşılaşan nemli hava kütesinin geniş bir alan boyunca orografik yağışlara neden olması da yağış miktarını ve şiddetini artıran diğer faktörler olarak ön plana çıkmaktadır.



Şekil 6. 11 Ağustos 2021 00:00 UTC Yer Seviyesi (üstte) ve 500 hPa Jeopotansiyel haritaları

3.2. Şiddetli Yağış Analizi

Daha öncede ifade edildiği üzere; özellikle Bozkurt ilçesinde afete neden olan yağışların, Ezine çayı üst havzasında yer alan Mamatlar ve Kuz köylerine düşen büyük miktardaki yağışlar olduğu ortaya konmuştur. Bu iki merkezin yağış analizi incelendiğinde yağışların 10 Ağustos 2021 tarihine 10:00-23:00 saatleri arası ile 11 Ağustos 06:00-16:00 saatleri arasında gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 7). Her iki merkezde de 3-saatlik yağış miktarı 150 mm iken, 6 saatlik yağış miktarı ise 220-250 mm civarında gerçekleşmiştir. Yağışların büyük bölümü ilk 6 saat içinde gerçekleşmiştir (MGM, 2021).



Şekil 7. 10-12 Ağustos 2021 tarihlerinde Bartın, Kastamonu ve Sinop'da bazı lokasyonlara ait saatlik toplam yağışlar

Kastamonu İli Bozkurt İlçesi Mamatlar Köyü için 10 Ağustos 15:31 ile 11 Ağustos 15:30 arasında gerçekleşen şiddetli yağışın analizi yapılmıştır (MGM, 2021). Mamatlar Köyü İstasyonu'nda 11 Ağustos 15:30 itibariyle son 24 saatte ölçülen 399,9 mm'lik yağışın tekerrür periyodu 200 yıldan fazladır (Tablo 1). İstasyonda gözlenen yağış miktarlarının, 2 saatten 24 saate kadar olan tüm zaman adımlarında da tekerrür periyotları 200 yıldan fazladır. Mamatlar Köyü'nde devam eden şiddetli yağışlar nedeniyle 11 Ağustos 06:00 ile 12 Ağustos 05:59 arasında yapılan analizde de son 24 saatte ölçülen 294,2 mm'lik yağışın tekerrür periyodunun 200 yıldan fazla olduğu belirlenmiştir.

Taşkınlardan en fazla etkilenen diğer bir yerleşim yeri Sinop'un Ayancık ilçesi olmuştur. Ayancık ilçesinde bulunan meteorolojik gözlem istasyonu için 10 Ağustos 12:12 ile 11 Ağustos 12:11 arasında gerçekleşen şiddetli yağışın analizi yapılmıştır (Tablo 2). Ayancık istasyonunda 11 Ağustos 12:11 itibariyle son 24 saatte ölçülen 279,7 mm'lik yağışın tekerrür periyodu 200 yıldan fazladır (MGM, 2021). İstasyonda gözlemlenen yağış miktarlarının, 2 saatten 24 saate kadar olan tüm sürelerde de tekerrür periyotları 200 yıldan fazladır.

Diğer taraftan, taşkın afetinin en fazla etkilediği Ayancık ve Bozkurt ilçeleri için 1-11 Ağustos ve 1-31 Ağustos tarihleri arasındaki yağışlar dikkate alındığında, yağışların hem 2020 ve hem de 1991-2020 normallerinin oldukça üstünde gerçekleştiği görülmektedir (Tablo 3 ve 4). Bu

10-11 Ağustos 2021 Batı Karadeniz Taşkınlarının Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi Sistemi (FFGS) ile Analizi

dönemler için hem Bozkurt ve hem de Ayancık ilçelerinde 1-11 Ağustos 2021 ve Ağustos ayı yağışları %100'den fazla artışlarla göze çarpmaktadır (MGM, 2021). 2020 yılı Ağustos ayının ilk 11 gününde sadece 0.5 mm yağış alan Bozkurt, 2021 yılı aynı döneminde 121 mm yağış almıştır. Benzer bir duruma Ayancık yağış verilerinde karşılaşmıştır. 2020 yılı 1-11 Ağustos yağışı 6.4 mm olan Ayancık'ta, 2021 yılının aynı tarihlerinde 242.6 mm yağış kaydedilmiştir.

Tablo 1. Kastamonu/Bozkurt/Mamatlar Köyü 24-saat Şiddetli Yağış ve Tekerrür Analizi

Başlama Tarihi	Başlama Saati	Bitiş Tarihi	Bitiş Saati	Süre (dak)	Miktar (mm)	Şiddet (mm/sa)	Tekerrür (yıl)
11.08.2021	07:46	11.08.2021	07:50	5	11.3	135.0	6
11.08.2021	10:18	11.08.2021	10:27	10	18.1	108.5	9
11.08.2021	10:14	11.08.2021	10:28	15	26.0	104.0	19
11.08.2021	07:45	11.08.2021	08:14	30	40.1	80.3	24
11.08.2021	09:45	11.08.2021	10:44	60	63.6	63.6	57
11.08.2021	08:29	11.08.2021	10:28	120	105.3	52.7	≥ 200
11.08.2021	07:37	11.08.2021	10:36	180	158.7	52.9	≥ 200
11.08.2021	07:00	11.08.2021	10:59	240	187.6	46.9	≥ 200
11.08.2021	07:41	11.08.2021	12:40	300	226.3	45.3	≥ 200
11.08.2021	07:02	11.08.2021	13:01	360	252.8	42.1	≥ 200
11.08.2021	07:01	11.08.2021	15:00	480	276.9	34.6	≥ 200
11.08.2021	04:00	11.08.2021	15:59	720	292.7	24.4	≥ 200
10.08.2021	18:38	11.08.2021	12:37	1080	320.5	17.8	≥ 200
10.08.2021	15:31	11.08.2021	13:00	1440	399.9	16.7	≥ 200

Tablo 2. Sinop/Ayancık ilçesi 24-saat Şiddetli Yağış ve Tekerrür Analizi

Başlama Tarihi	Başlama Saati	Bitiş Tarihi	Bitiş Saati	Süre (dak)	Miktar (mm)	Şiddet (mm/sa)	Tekerrür (yıl)
10.08.2021	23:05	10.08.2021	23:09	5	13.6	162.7	15
10.08.2021	23:01	10.08.2021	23:10	10	25.0	150.2	33
10.08.2021	22:56	10.08.2021	23:10	15	36.3	145.2	101
10.08.2021	22:54	10.08.2021	23:23	30	67.5	134.9	≥ 200
10.08.2021	22:48	10.08.2021	23:47	60	88.2	88.24	191
10.08.2021	21:55	10.08.2021	23:54	120	122.7	61.3	≥ 200
10.08.2021	21:28	11.08.2021	00:27	180	127.8	42.6	≥ 200
10.08.2021	22:28	11.08.2021	02:27	240	137.1	34.3	≥ 200
10.08.2021	21:31	11.08.2021	02:30	300	170.9	34.3	≥ 200
10.08.2021	20:31	11.08.2021	02:30	360	171.4	28.6	≥ 200
10.08.2021	21:53	11.08.2021	05:52	480	191.3	23.9	≥ 200
10.08.2021	21:31	11.08.2021	09:30	720	219.2	18.3	≥ 200
10.08.2021	20:30	11.08.2021	14:29	1080	256.0	14.2	≥ 200
10.08.2021	12:12	11.08.2021	12:11	1440	279.7	11.7	≥ 200

Tablo 3. 1.08.2021 – 11.08.2021 tarihleri için Bozkurt ve Ayancık ilçelerinin yağış durumu

1 Ağustos 2021-11 Ağustos 2021 İlçelerin Yağış Durumu					
İlçe	Yağış (mm)	1991-2020 Ortalaması (mm)	2020 yılı yağışı (mm)	Ortalamaya göre değişim (%)	2020 yılına göre değişim (%)
Bozkurt	121.1	14.4	0.5	>100 artış	>100 artış
Ayancık	242.6	10.2	6.4	>100 artış	>100 artış

Tablo 4. 1.08.2021 – 31.08.2021 tarihleri için Bozkurt ve Ayancık ilçelerinin yağış durumu

1 Ağustos 2021-31 Ağustos 2021 İlçelerin Yağış Durumu					
İlçe	Yağış (mm)	1991-2020 Ortalaması (mm)	2020 yılı yağışı (mm)	Ortalamaya göre değişim (%)	2020 yılına göre değişim (%)
Bozkurt	245.9	50.2	3.4	>100 artış	>100 artış
Ayancık	337.7	38.4	12.5	>100 artış	>100 artış

4. ANİ TAŞKIN ERKEN UYARI REHBERİ SİSTEMİ (FFGS) İLE TAŞKIN ANALİZİ

4.1. FFGS Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi Sistemi

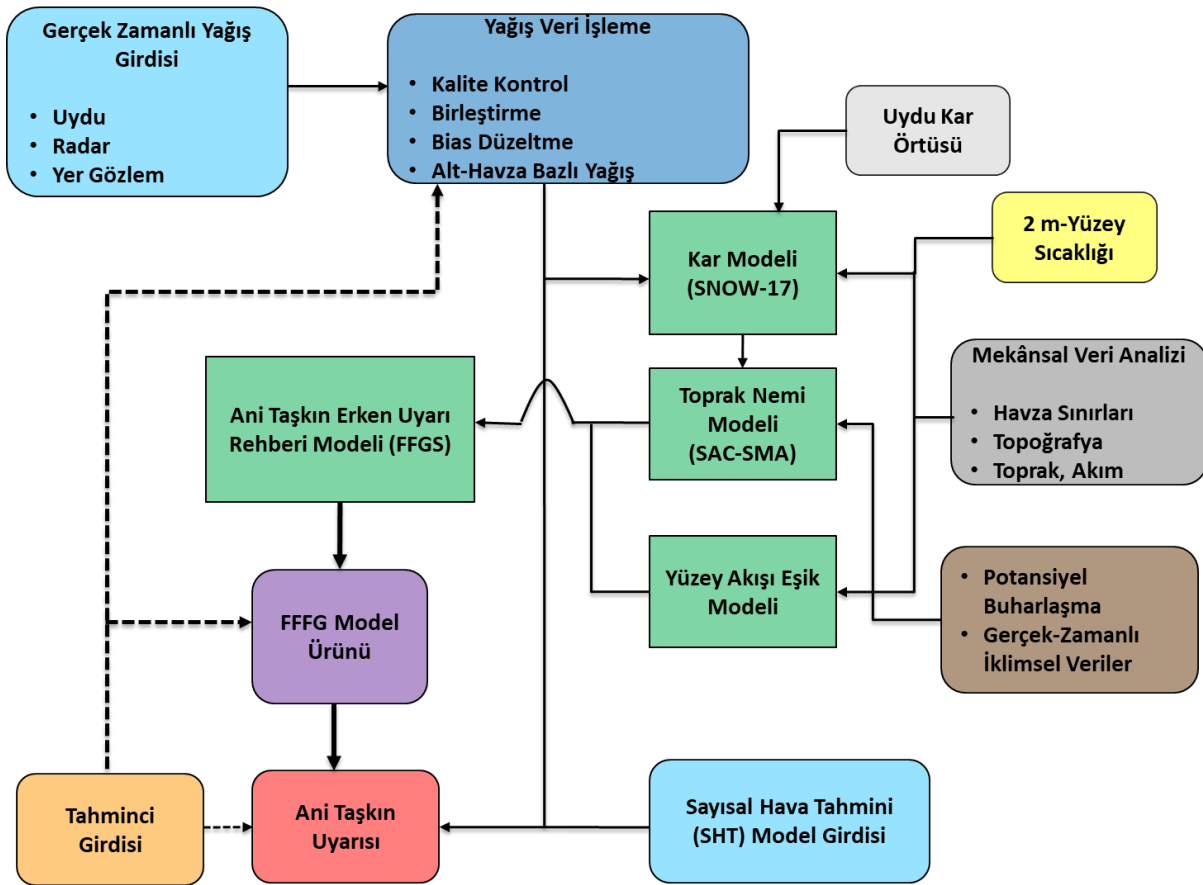
FFGS, Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) tarafından üye ülkelerin ani taşkın uyarıları konusundaki kapasite eksikliğini gidermek amacı ile uluslararası iş birliği ile geliştirilmiş bir taşkın erken uyarı rehberi sistemidir (WMO, 2007). Türkiye FFGS kapsamında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün koordinasyonunda Karadeniz ve Ortadoğu Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (BSMEFFGS) ve Güneydoğu Avrupa Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (SEEFFGS) modülleri için bölgesel merkezi olarak hizmet vermektedir (Ünal vd.2022). BSMEFFGS'in mevcut yapısına ilave olarak, Nehir Öteleme ve Şehir Selleri Erken Uyarı Sistemi modülleri Türkiye için uygulanmıştır. BSMEFFGS'nin bölgesel merkezi olan Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) her iki modülün entegrasyonu için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Afet Koordinasyon Merkezi (AKOM) ile koordineli bir şekilde çalışmaktadır. MGM aynı zamanda, FFGS'in operasyonel sürdürülebilirliğinin sağlanması amacı ile veri akışı, taşkın uyarı ürünlerinin üretilmesi ve ürünlerin internet arayüzünde gösterimi konularından sorumludur (Ünal vd.2022).

FFGS, 2017 yılında Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde kurulan ve MGM, DSİ ve SYGM uzmanlarından oluşan Taşkın Tahmini ve Erken Uyarı Merkezi (TATUM) tarafından operasyonel olarak kullanılmakta ve sistem uyarıları farklı kamu kurumlarının da içinde bulunduğu "Acil Durum Yönetim Merkezi" grubuna ait bir sosyal medya platformu üzerinden paylaşılmaktadır. TATUM tarafından çalışmaların etkinliğinin artırılması, sürekliliğinin sağlanması ve sistemli bir şekilde tahmin ve uyarı bilgilerinin paylaşılması amacıyla "Taşkın Tahmini ve Erken Uyarı Sistemi (TATUS)"nin kurulması çalışmalarına 2023 yılında 6 havzada başlanmış olup, 2028 yılında ülke genelinde tamamlanması planlanmaktadır (URL-3). TATUS ile 72 saat öncesinden tahmin edilen yağışların ne kadarlık bir akış meydana getireceği belirlenerek taşkın öngörülmesi durumunda ilgili kurum ve kuruluşlara gerekli uyarıların yapılması hedeflenmektedir.

Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi Sistemi (FFGS); şiddetli yağışlara, toprak nemi ve kar erimesi faktörlerine bağlı olarak meydana gelebilecek ani taşkın olayları ile ilgili tahmin ve erken uyarılar sağlayan bir sistemdir (Ünal vd.2022). Sisteminin ana işlevi herhangi meteorolojik ve hidrolojik koşullara bağlı olarak bir alt havzadaki ani taşkın öngörüsünü ortaya koymak ve tahmincilere ani taşkın uyarıları hazırlamada rehber görevi görmektir. Sistemin genel konsepti alt havzalardaki belirli bir süre (1, 3 ve 6 saat) için yağış eşik değerini bulduktan sonra hesaplanan (uydu-radar- yer gözlemi) ve ya tahmin (sayısal hava tahmin modelleri) edilen yağış miktarlarını karşılaştırmaktır (Georgakakos, 2006) FFGS yarı-dağıtılmış (semi-distributed) bir hidrometeorolojik model yapısına sahip olup, sistem içinde kar modeli (SNOW-17), toprak nemi modeli (SAC-SMA), yüzey akış eşik modeli ve ani taşkın erken uyarı modelleri olmak üzere toplamda 4 alt model yer almaktadır (Şekil 8). Tüm bu modellerin kullanılma amacı yağış eşik değerlerini hesaplayabilmektir. Sistem içerisinde bu modellerin çıktıları, havza tabanlı hesaplanan/tahmin edilen yağış miktarları ve oluşturulan uyarılar sistem ürünleri olarak sunulmaktadır. FFGS kapsamında Türkiye 11800 civarında alt havza (her biri 50-150 km² aralığında) ile temsil edilmektedir.

Sistem radar ve uydu tabanlı yağış tahminlerinin hidrolojik modellerde girdi olarak kullanılmasına dayalı olarak ani taşkın uyarı ürünleri sağlamak potansiyeline sahiptir. Alt havzalarda 3,6 ve 12 saat gibi belli zaman aralıklarındaki yüzey akış eşik değeri ve bu değeri verecek yağış eşik değerinin hesaplanması FFG Sisteminin temelini oluşturur. Alt havzada ani taşkın oluşması için gerekli yağış miktarı eşiği sistemde "Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi (FFG)" olarak tanımlanır (Carpenter vd., 1999).

FFGS'in taşkın tehlike ve risk öngörülerini için ortaya koyduğu performans geçmişte Türkiye'de yaşanan bazı taşkın olayları için incelenmiş ve başarılı sonuçlar verdiği ortaya konmuştur (Turgu vd.2019, Kömüşcü vd. 2021, Kömüşcü vd. 2022).

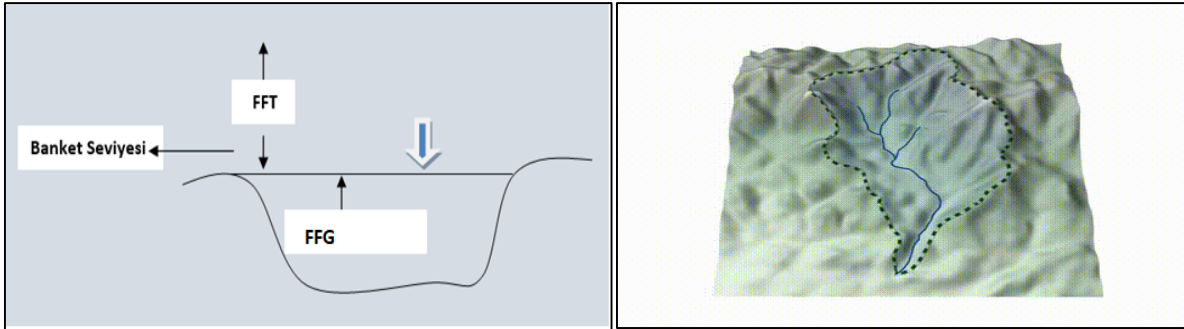


Şekil 8. FFGS Model Yapısı (Georgakos, 2019)

4.2. FFGS Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi Sistemi Ürünleri

FFGS taşkın erken uyarı ürünleri üretilmesinde yağış verileri en temel girdiyi teşkil eder. Sistem, Birleştirilmiş Ortalama Alansal Yağış (MAP) ve Tahmini Ortalama Alansal Yağış (FMAP) verilerini kullanırken, bu ürünlerin üretilmesi için sırasıyla gerçek zamanlı yağış girdileri ve sayısal hava tahmin modeli çıktıları kullanılır. Uydu, radar ve yer gözlemleri birleştirilerek MAP ürünü elde edilir ve bu ürün Snow-17 ile SAC-SMA modellerinde girdi olarak kullanılır. 1, 3, 6 ve 24 saatlik tahmini ortalama alansal yağış (FMAP) için ise ECMWF, ALADIN ve WRF sayısal hava tahmin modelleri kullanılmaktadır. MAP değerlerinin ve istasyonlarda ölçülen sıcaklık değerlerinin SAC-SMA modelinde girdi olarak kullanılmasıyla, altışar saatlik aralıklarla toprak nemi ürünü (ASM) elde edilir. ASM değerleri 0-1 arasında değişir ve toprağın üst kısmının (20-30 cm) toprak nemine olan doygunluğunu gösterir. FFG değeri ASM oranlarına bağlı olarak değişir ve değerler 1'e yaklaştıkça ani taşkın oluşma riski artmaktadır.

Yüzey Akış Eşik Modelinde havza çıkışındaki kanal kesiti seviyesi "Banket Seviyesi" olarak adlandırılır (Şekil 9). Bu seviyenin dolmasına neden olacak debi ve bu debiye karşılık gelen efektif yağış hesaplanmaktadır. FFG kısaca banket seviyesine kadar dere yatağının dolması için gerekli olan yağış miktarı olarak ifade edilir. Sacramento Toprak Nemi Modeli (SAC-SMA) ile yağış miktarı ve toprak türlerine bağlı olarak toprak nemi ve toprağın suya doygunluğu hesaplanır. Toprak nemi ve elde edilen yüzey akış değerleri kullanılarak; her bir alt havzada ani taşkın gerçekleşmesi için gereken efektif yağışı ifade eden "FFG" değerleri hesaplanmaktadır. Her havza için MAP ve FMAP yağış ürünleri hesaplanan FFG eşik değerleri ile karşılaştırılır ve eğer hesaplanan yağış ya da tahmin edilen yağış herhangi bir havzada FFG eşik değerinden daha büyükse, o havza için ani taşkın uyarısı oluşur (Georgakakos, 2006).



Şekil 9. Banket Seviyesi (solda) ve FFG Değeri (MGM, 2013)

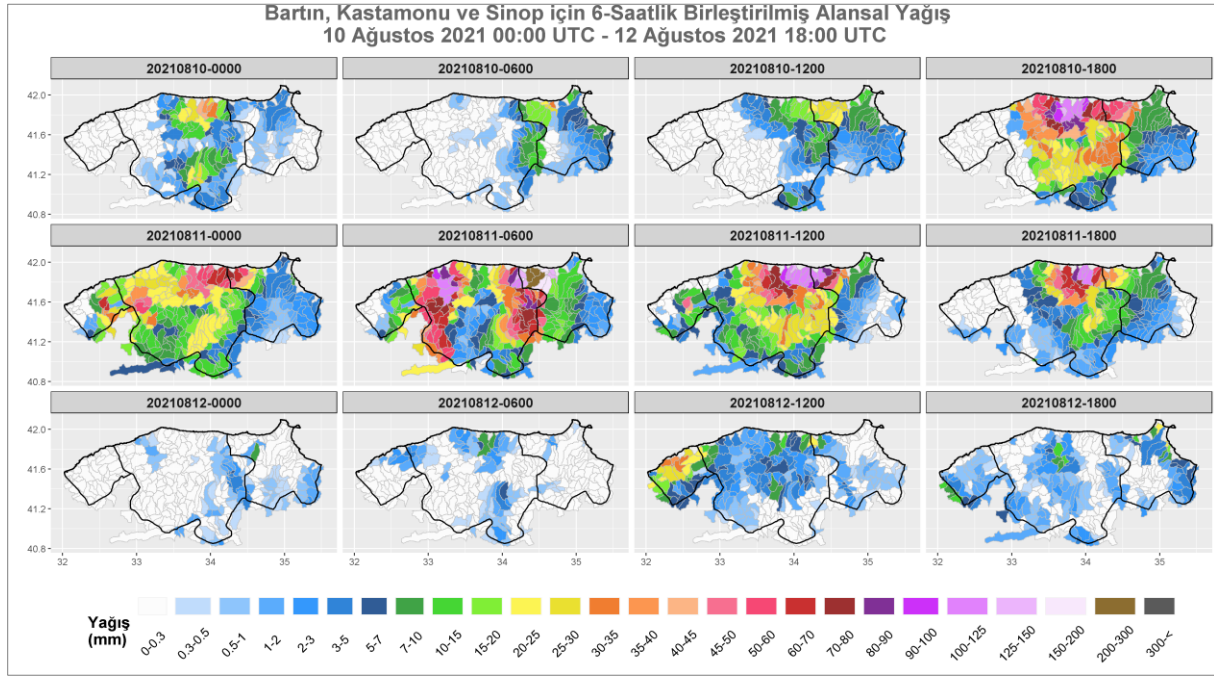
Gerçekleşmesi beklenen yağış tahmininin (FMAP) FFG yağış eşik değerinden daha fazla olması durumunda "Tahmini Ani Taşkın Tehlike Ürünü" (FFFT) üretilmektedir (MGM, 2013). FFFT ürünü ALARO, ECMWF ve WRF modellerinden elde edilen alansal yağış verileri (FMAP) ile FFG değerlerinin farkını ifade eder. FFFT tarafından ortaya konan yağış miktarı, herhangi bir alt havzada su akışının banket seviyesine kadar ulaştıktan sonraki artık yağış miktarıdır. Birleştirilmiş yağışın (merged MAP) FFG yağış eşik değerini aşması durumunda ise "Mevcut/Olası Ani Taşkın Tehlike" (IFFT/PFFT) ürünleri üretilmektedir (MGM, 2013).

IFFT; taşkın tahmini güncelleme zamanındaki "Birleştirilmiş Yağış (Merged MAP)" değeri ile bir önceki FFG değerinin farkının alınması ile hesaplanır ve IFFT değeri arttıkça ani taşkın olma olasılığı da artmaktadır. Mevcut ani taşkın tehlike (IFFT) ürünü, model koşma zamanında (00, 06, 12 ve 18 UTC) üretilir. Model koşma zamanındaki son 1, 3 ve 6 saatlik toplam birleştirilmiş yağış (Merged MAP) ile model koşma zamanında hesaplanan 1, 3 ve 6 saatlik FFG değerleri arasındaki fark PFFT değerlerini vermektedir. Bu ürünün oluşturulmasında, model koşma zamanındaki son 1, 3 ve 6 saatlik birleştirilmiş yağışın devam edeceği varsayılır.

4.3. 10-11 Ağustos 2021 tarihleri için FFG Sistemi Ani Taşkın Erken Uyarı Ürünleri

4.3.1. Birleştirilmiş Alansal Yağış Ürünü (MAP)

Daha öncede ifade edildiği üzere; FFGS'in önemli özelliklerinden birisi sadece taşkın tahmin uyarı ürünleri yanı sıra, şiddetli yağış bilgilerine dayalı olarak olası taşkın tehlikesi taşıyan alanlarında tespitinde önemli girdiler sağlar. Uydu, radar ve yer gözlemleri birlikte kullanılarak Birleştirilmiş Alansal Yağış Ürünü (MAP) elde edilir. Şekil 10'da Bartın, Kastamonu ve Sinop illeri için 10-12 Ağustos 2021 tarihleri arasında 6 saatlik toplam MAP ürününe ait alansal dağılım gösterilmektedir. 11 Ağustos 2021 tarihinde 06:00 UTC ve 12:00 UTC saatlerinde yağışların özellikle bu 3 ilin kıyı alanları boyunca etkili olacağı ve yüksek miktarlara erişeceği FFGS MAP ürünü tarafından tahmin edilmiştir.



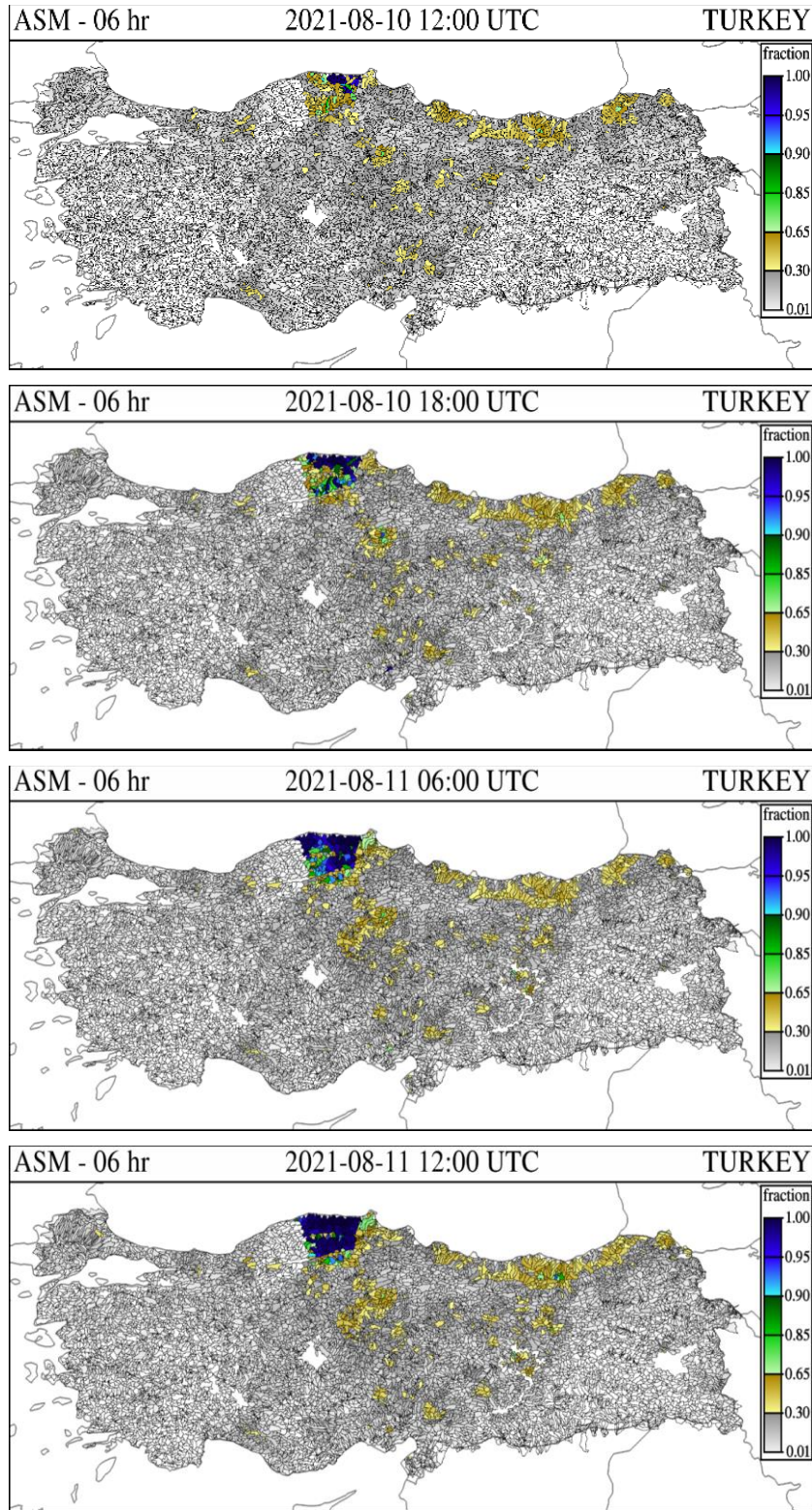
Şekil. 10. Bartın, Kastamonu ve Sinop illeri için 10-12 Ağustos 2021 tarihlerinde FFGS tarafından öngörülen birleştirilmiş alansal yağış

4.3.2. Toprak Nemi (ASM) Ürünleri

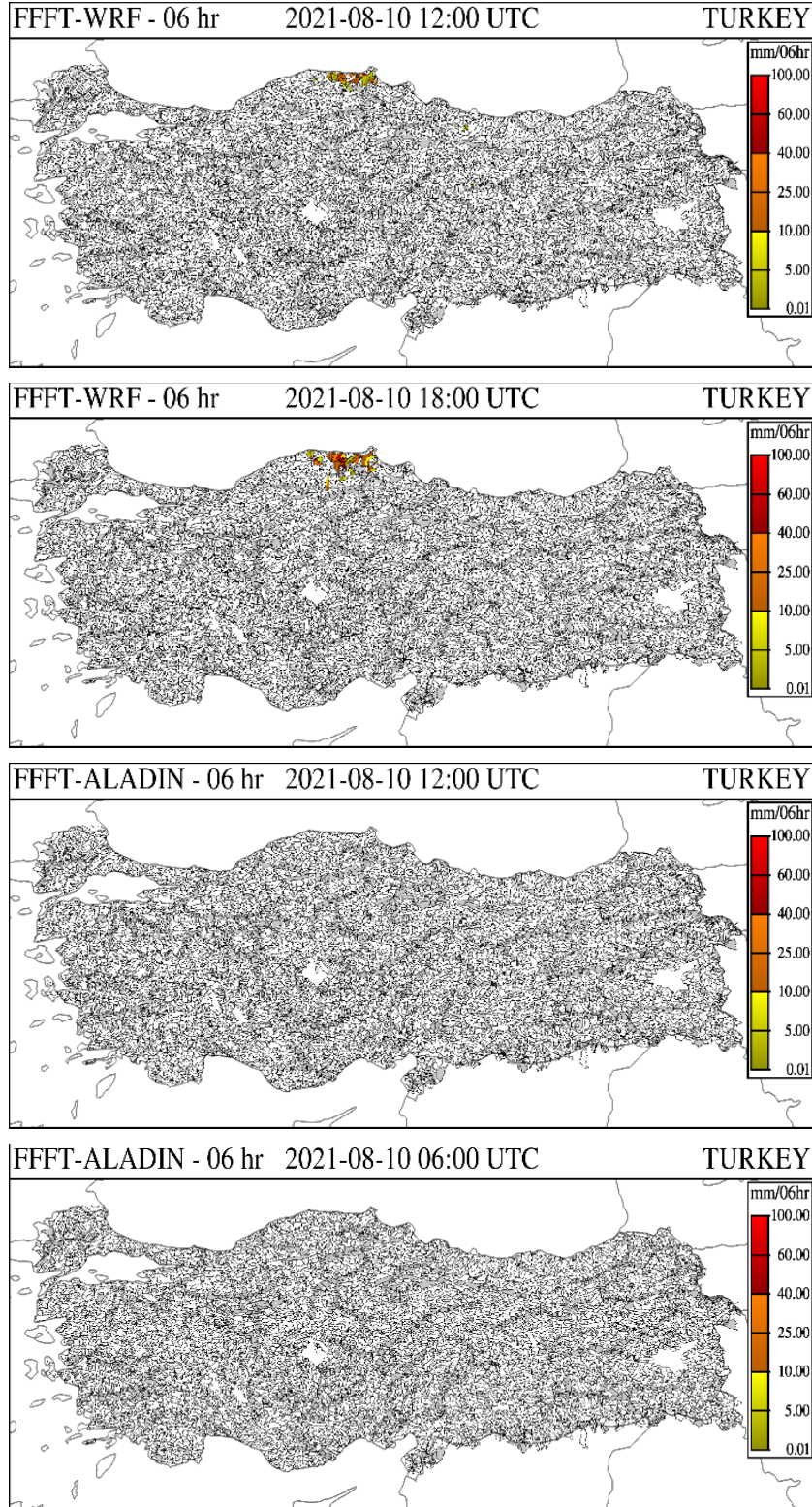
10-11 Ağustos 2021 tarihleri için 6-saat ortalama toprak nemi değişimleri incelendiğinde, özellikle taşkınların meydana geldiği 11 Ağustos 06:00 ve 12:00 UTC toprak nemi değerlerinin %100'e ulaştığı ve toprağın taşkın öncesi yağın yağışlarla suya doymun hale geldiği görülmektedir (Şekil 11). Bu durumda yağıştaki herhangi bir ilave artış hızlı bir şekilde akışa dönüşerek taşkın koşullarının oluşması için gerekli zemini hazırlamıştır.

4.3.3. 10-11 Ağustos 2021 FFGS Tahmini Ani Taşkın Tehlike Ürünü (FFFT)

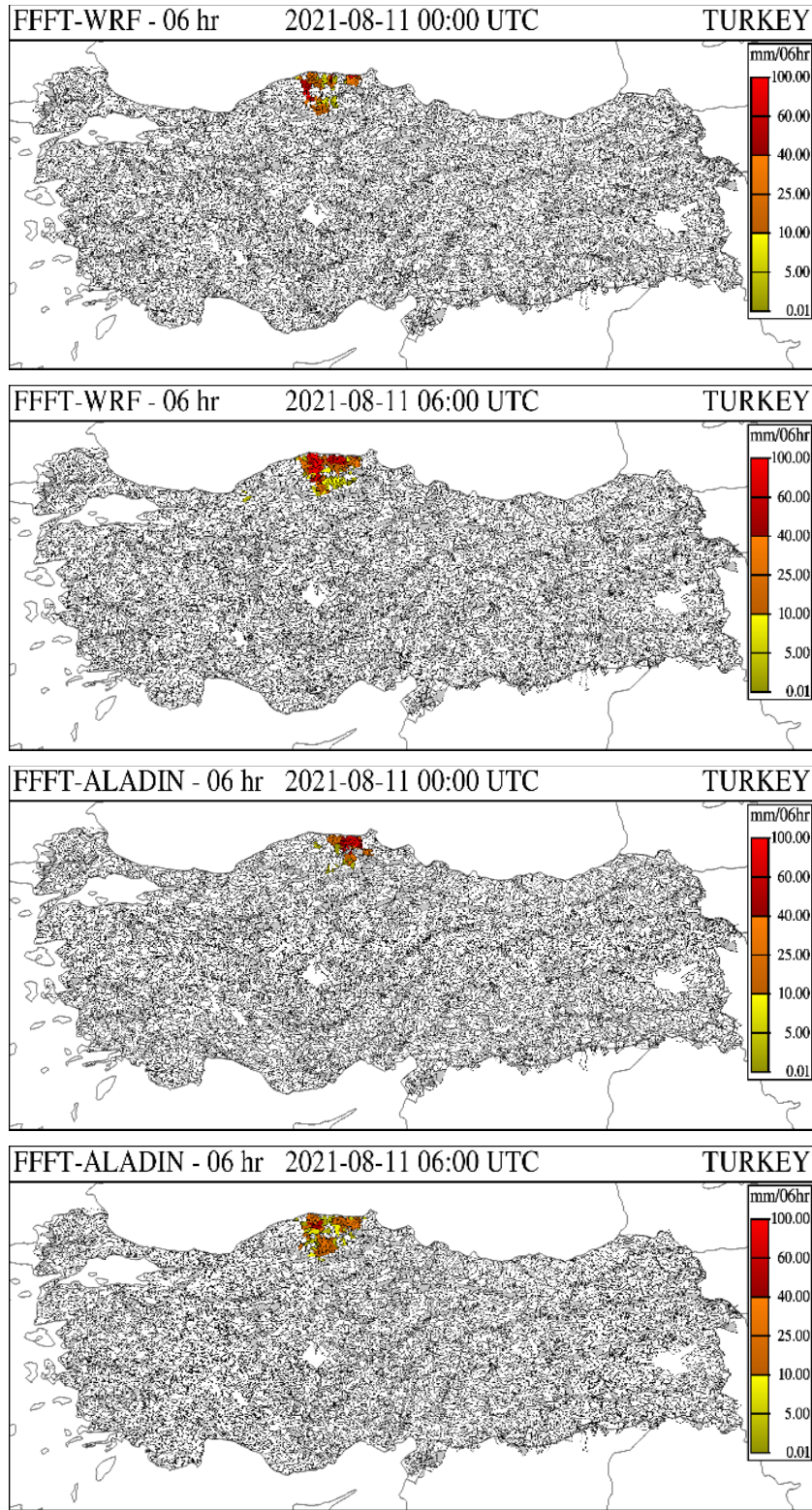
Şekil 12 ve 13'te 10-11 Ağustos 2021 tarihleri için WRF ve ALADIN modellerine dayalı 6-saat FFGS Tahmini Ani Taşkın Tehlike Ürünleri (FFFT) gösterilmektedir. WRF ürünü 10 Ağustos 2021 12:00 ve 18:00 UTC için taşkın tehlike uyarısı üretirken, ALADIN modeli bu konuda herhangi bir uyarı üretmemiştir. 11 Ağustos 2021 tarihi için ise her iki modelde Batı Karadeniz Bölgesinin özellikle Kastamonu ve Sinop illeri için taşkın tehlike uyarısı vermiştir. Birçok noktada sistem 6-saat periyodunda banket seviyesinin 40-100 mm üzerinde uyarı vermiştir.



Şekil 11. 10-11 Ağustos FFGS Toprak Nemi (ASM) ürünleri



Şekil 12. 10 Ağustos 2021 FFGS FFFT ürünleri.



Şekil 13. 11 Ağustos 2021 FFGS FFFT ürünleri

4.3.4. 10-11 Ağustos 2021 FFGS Mevcut Ani Taşkın Tehlike Ürünü (PFFT) ve Olası Ani Taşkın Tehlike Ürünü (IFFT)

PFFT ürünleri 11 Ağustos 2021 tarihi için Şekil 14'te gösterilmiştir. Burada gösterilen 6-saat PFFT değeri, model koşma zamanındaki altı saatlik birleştirilmiş yağış ile altı saatlik FFG değerinin farkına eşittir. PFFT ürünü hem 06:00 ve hem de 12:00 UTC saatleri

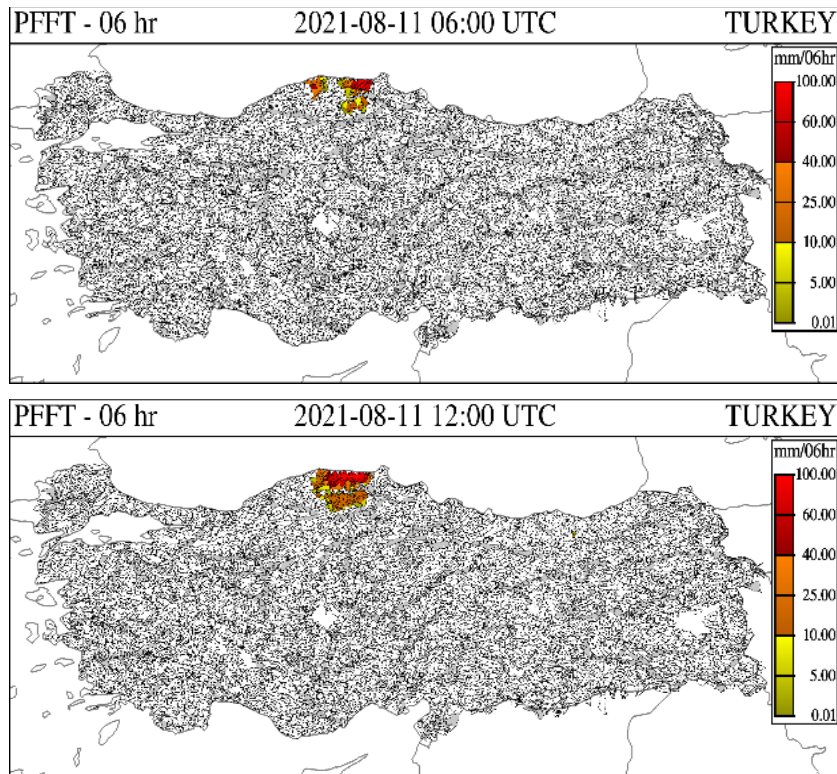
için Kastamonu ve Sinop illerindeki birçok alt havza için tehlike uyarısı üretmiştir. Özellikle 12:00 UTC değerleri taşkın tehlikesinin daha geniş bir alana yayıldığını göstermektedir.

IFFT ürünü daha önceden ifade edildiği gibi model koşma güncelleme zamanındaki "Birleştirilmiş Yağış (Merged MAP)" değeri ile bir önceki FFG değerinin farkını yansıtır. IFFT değeri ani taşkın olma olasılığı ile doğru orantılı olarak artar. 10-11 Ağustos 2021 tarihi 21:00 ve 09:00 UTC saatleri için üretilen IFFT ürünleri Şekil 15'te gösterilmiştir. Her iki IFFT ürünü de özellikle Kastamonu ve Sinop arasındaki kıyı kesimleri alt havzaları için taşkın meydana gelme olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir.

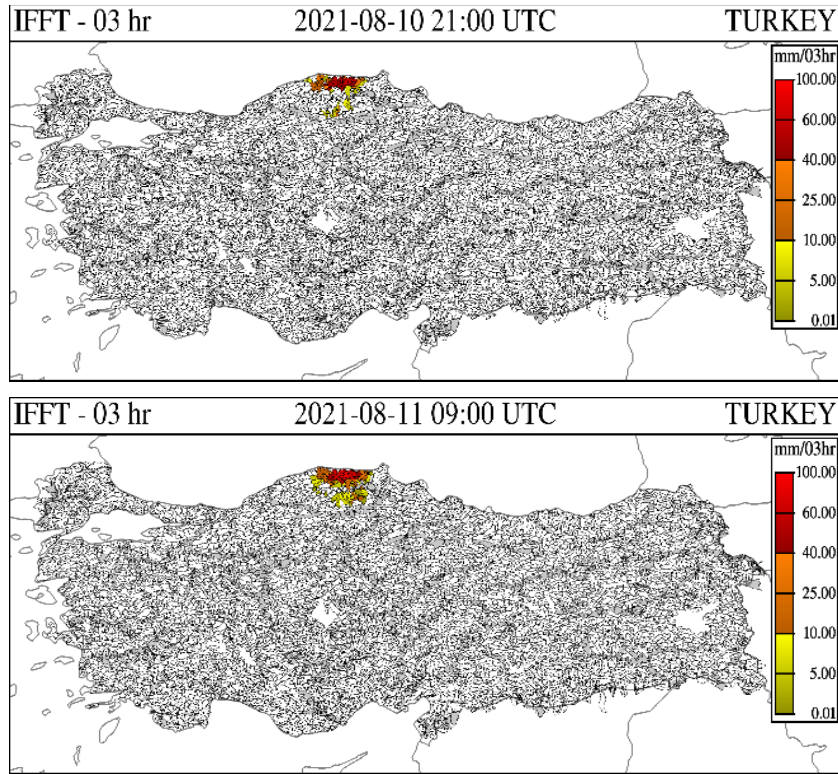
4.3.5. 10-11 Ağustos 2021 için Ani Taşkın Riski Ürünü (FFR)

PFFT ve IFFT uyarı ürünlerinde gerçekleşmiş yağış verisinin kullanıldığından, bu ürünler sadece anlık uyarıların verilebilmesi ve mevcut durumun izlenmesine imkân vermektedir. Diğer taraftan, 6-saat ötesinde daha uzun zaman süreleri için hangi alt havzaların taşkın riski altında olduğu konusunda farklı bir uyarı ürününe ihtiyaç vardır. Bu ihtiyaca yönelik olarak, 6-saat ötesi olası taşkın risklerini göstermek amacı ile FFG ve SHT modellerinin yağış tahminleri kullanılarak ani taşkın risk (FFR) ürünü üretilir. Bu ürüne ait değer 0-1 arasında değişmekte olup, değer 1'e yaklaştıkça taşkın riski artmaktadır.

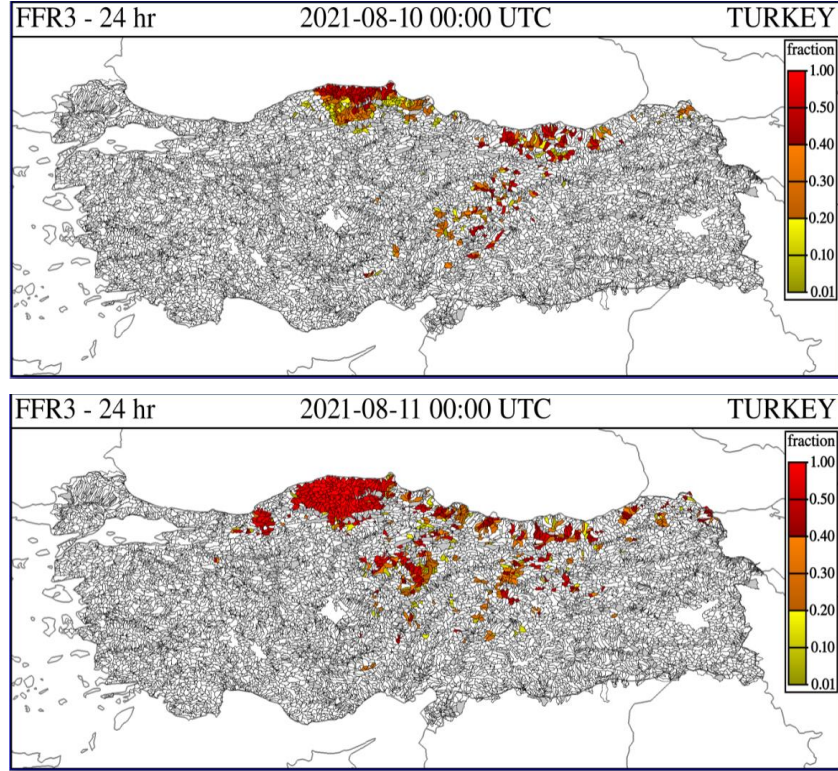
Şekil 16'da 10 Ağustos 2021 00:00 UTC ve 11 Ağustos 00:00 saatleri için FFG sistemi tarafından WRF modeline dayalı üretilen FFR ürünün hangi alt havzalar için uyarı verdiğini görülmektedir. Buna göre özellikle Batı Karadeniz sel afetinin en yoğun yaşandığı 11 Ağustos 2021 tarihi için hemen taşkın olayının öncesinde FFG sistemi Kastamonu, Sinop ve Bartın illeri için geniş bir alanda taşkın riskini ortaya koymaktadır. 10 Ağustos 00:00 UTC itibarı taşkın riski bu illerin kıyı bölümlerinde yoğunlaşırken, 11 Ağustos 00:00 UTC itibarı ile riskli olarak tespit edilen coğrafik alan hem genişlemekte ve hem de riskin seviyesi artmaktadır.



Şekil 14. 11 Ağustos 2021 FFGS PFFT ürünleri.



Şekil 15. 11 Ağustos 2021 FFGS IFFT ürünleri



Şekil 16. 10-11 Ağustos FFR Taşkın Risk ürünleri

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

10-11 Ağustos 2021 tarihleri arasında Batı Karadeniz Bölgesi'nin Sinop, Kastamonu ve Bartın illerinde meydana gelen taşkın afetinde 100'den fazla insan hayatının kaybetmiş, altyapı, yerleşim alanları ve tarım alanları büyük ölçüde zarar görmüştür. Bu çalışmaya konu olan Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS), 10-11 Ağustos 2021 Batı Karadeniz taşkınları ile ilgili olarak gerek lokasyon ve gerekse taşkın gerçeğe zamanı açısından kabul edilebilir doğrulukta erken uyarı ürünleri üretmiştir.

FFGS tahminciler ve karar alıcılara iki farklı ürün grubu sunmaktadır. İlk grupta, FFGS kapsamında kullanılan meteorolojik gözlemler, uydu ve radar görüntüleri ve sayısal hava tahmin modelleri, tahminciler şiddetli yağışın nerelerde ve ne zaman etkili olacağı konusunda yol gösterir. İkinci grupta ise, FFGS tarafından üretilen toprak nemi, yağış eşik değerleri, ani taşkın erken uyarı ürünleri ve ani taşkın risk ürünü ise taşkın tehlikesine maruz kalabilecek alt havzalar için gerek lokasyon ve gerekse zaman konusunda karar alıcılara önemli bilgiler sunmaktadır. Bu çalışma ve daha önce yapılan çalışmalar; FFGS'in bir erken uyarı rehber sistemi olarak alt havzalardaki taşkın tehlikesini ortaya koymak açısından tahminciler kılavuz görevi görebileceğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte; FFGS ile ilgili iyileştirmeler özellikle FFG eşik değerleri, alt havzalara ait jeomorfolojik yapı ve kanal geometrisi açısından gerekli gözükmetedir. Bu konularda yapılacak iyileştirmeler model tahmin tutarlılığını artıracaktır. Diğer taraftan; sayısal hava tahmin modellerinden gelen yağış girdileri dikkate alındığında, ECMWF IFS (Integrated Forecast System) Modeli çıktılarına göre üretilen taşkın erken uyarı ürünleri diğer iki model tahminlerine göre (WRF – Weather & Research Forecasting ve ALADIN - (Aire Limitée Adaptation dynamique Développement International) daha az tutarlıdır. WRF en tutarlı tahmini taşkın erken uyarı ürünleri üretmiştir. Merged MAP (Birleştirilmiş Alansal Yağış) ürünü SHT tahminlerine göre daha tutarlı uyarılar üretmiştir. Dolayısı ile uydu, radar ve yer gözlemleri ile desteklenen SHT modeli yağış girdileri sadece SHT'ye dayalı yağış girdilerine göre daha başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır. İleriye dönük olarak FFGS ile ilgili iyileştirmeler özellikle sistemin daha fazla taşkın olayı için test edilmesi ve validasyonunun yapılması yönünde olmalıdır. Ayrıca, SHT modeli yağış tahminlerinin iyileştirilmesi ile uyarı ürünlerinin tutarlığı da artacaktır.

Sonuç olarak FFGS; ani taşkınlar meydana gelmeden önce yağış, toprak nemi ve yüzey akışı verilerine dayalı olarak taşkın tehlikesi bulunan alt havzaların önceden tespit edilmesine önemli ölçüde imkân sağlamaktadır. FFGS, risk yönetimi açısından gerek yerel yöneticilere ve gerekse diğer karar alıcılara gerekli tedbirlerin alınması ve meydana gelebilecek can ve mal kayıplarının engellenmesi yönünde önemli ölçüde katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Tahmin ve erken uyarı ürünlerinden elde edilecek bilgilerin topoğrafya ve arazi kullanımına ait veriler ile desteklenerek taşkın afet riskinin öngörülmesi ve gerekli önlemlerin alınması, toplumun taşkın afetine karşı olan dirençliliğini önemli ölçüde artırılmış olacaktır. Bundan sonraki süreçte, FFGS taşkın risk yönetimi kapsamında afet erken uyarı sistemlerinin önemli bir bileşeni olarak değerlendirilmeli ve havza tabanlı taşkın tehlikesini ve riskini belirlemede operasyonel olarak daha fazla kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) <https://www.afad.gov.tr/bartın-kastamonu-ve-sinopta-meydana-gelen-yagislar-hakkinda-26-0030> (Alıntılama tarihi: 01.09.2021).

Alfieri, L., Burek, P., Dutra, E., Krzeminski, B., Muraro, D., Thielen, J. and Pappenberger, F. (2013). GloFAS – global ensemble streamflow forecasting and flood forecasting, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17(3), 1161–1175, doi:10.5194/hess-17-1161-2013.

Anılan, T., Durmuş, H., Akçalı, E., Yüksek, Ö. (2021). Taşkın Farkındalık ve Erken Uyarı Sistemleri Değerlendirmesi: Trabzon Beşikdüzü Örneği. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 7(1), 110-123. <https://doi.org/10.21324/dacd.722798>

- Arslan, A., & Çetinel, S. (2013). Bozkurt İlçe Analizi. Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı Yayınları, s.54
- Avcı, V., & Sunkar, M. (2015). Giresun'da sel ve taşkın oluşumuna neden olan Aksu çayı ve Batlama deresi havzalarının morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, (30), 91-119.
- Bilgen, G., Balcı, E., & Kalça, M. (2022). Kastamonu Bozkurt İlçesinde 11.08.2021 Tarihinde Meydana Gelen Sel Felaketinin Yerinde İncelenmesi. *DAE Tasarım Mimarlık ve Mühendislik Dergisi*, 21(1), 20-35.
- Burek P, Van Der Knijff J, De Roo A.(2013). LISFLOOD - Distributed Water Balance and Flood Simulation Model - Revised User Manual. EUR EUR 26162. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2013. JRC78917
- Ceylan, A., & Kömüşçü, A. Ü. (2007). Meteorolojik karakterli doğal afetlerin uzun yıllar ve mevsimsel dağılımları. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 1-10.
- Çelik, İ.H., & Öztürk, H. (2020). Sel Afetleri Hakkında Genel Bir Derleme, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 13 Sayı: 72 Ağustos 2020.
- Deniz, A., Şahin, A. D., Tezer, A., & Dabanlı, İ. (2021). Bozkurt Sel Afeti Sebepler ve Tespitler Raporu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Ağustos 2021, s.38.
- Emerton R., E. Zsoter, L. Arnal, H. Cloke, D. Muraro, C. Prudhomme, E. Stephens, P. Salamon, and F. Pappenberger (2018). Developing a global operational seasonal hydro-meteorological forecasting system: GloFAS-Seasonal v1.0, *Geosci. Model Dev.*, 11, 3327-3346, <https://doi.org/10.5194/gmd-11-3327-2018>.
- Filiz, M., & Avcı, H. (2013). Trabzon İlinde meydana gelen heyelanlar ve heyelanların bölgeye etkileri. *SDÜ International Technologic Science*, 5(3), 31-38.
- Georgakakos, K. P. (2006). Analytical results for operational flash flood guidance. *Journal of Hydrology*, 317(1-2), 81-103.
- Jain, S. K., Mani, P., Jain, S. K., Prakash, P., Singh, V. P., Tullos, D., ... Dimri, A. P. (2018). A Brief review of flood forecasting techniques and their applications. *International Journal of River Basin Management*, 16(3), 329-344. <https://doi.org/10.1080/15715124.2017.1411920>
- Jonkman, S. N. (2005). Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural Hazards*, 34 (2), 151-175.
- Kadioğlu, M. (2008a). Modern, Bütünleşik Afet Yönetiminin Temel İlkeleri. Mikdat Kadioğlu, Emin Özdamar (Ed.), *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*, Ankara: JICA Türkiye Ofisi Yayınları, s: 1-34.
- Kadioğlu, M. (2008b). Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi. Mikdat Kadioğlu, Emin Özdamar (Ed.), *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*, Ankara: JICA Türkiye Ofisi Yayınları, s: 251-276.
- Kadioğlu, Y., Bağcı, H., & Yılmaz, C. (2017). Doğu Karadeniz Kıyı Kuşağındaki Doğal Afetlere Bir Örnek: 21 Eylül 2016 Tarihli Beşikdüzü Seli Ve Heyelanları. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 0 (36), 232-242.
- Kömüşçü, A.Ü., & Çelik, S. (2012). Analysis of the Marmara flood in Turkey, 7-10 September 2009: an assessment from hydrometeorological perspective. *Natural Hazards* 66, 781-808.
- Kömüşçü, A.Ü., Aksoy, M., Çelik, S., Ciba, Ö. F., Uğurlu, A., Turgu, E., Ünal, E. (2021) 22 Ağustos 2020 Tarihinde Giresun ve İlçelerinde Meydana Gelen Şiddetli Yağış ve Sel Olayının Meteorolojik ve Hidrometeorolojik Analizi, *Su Kaynakları*, (6) 1-14.
- Kömüşçü, A. Ü. , Aksoy, M., Turgu, E. & Ünal, E. (2022). Ani Taşkınlara Karşı Dirençliliği Artırmada Erken Uyarı Sistemlerini Rolü: FFG Sistemi ile 13-15 Temmuz 2021 Doğu Karadeniz Seline Yönelik Bir Uygulama, *Resilience*, 6 (1) , 93-109.

10-11 Ağustos 2021 Batı Karadeniz Taşkınlarının Ani Taşkın Erken Uyarı Rehberi Sistemi (FFGS) ile Analizi

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2013). Karadeniz ve Ortadoğu Bölgesel Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi Kullanıcı Kılavuzu, MGM Matbaası, Ankara.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2023). 2022 Türkiye Meteorolojik Afetler Değerlendirmesi. MGM Yayınları, Ankara.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2021). Ağustos 2021 Batı Karadeniz'de Meydana Gelen Şiddetli Yağış Ve Sel Olaylarının Meteorolojik ve Coğrafi Koşullarının Analizi. Yayınlanmamış Teknik Rapor.

OSİB. (2015). Ulusal Taşkın Yönetimi Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2017-2023). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, s.33.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2017). Taşkın Yönetimi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, 248 sayfa.
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2019). Batı Karadeniz Havzası Taşkın Yönetim Planı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Temiz, N., Aksoy H., & Ercanoğlu, M. (2004). Batı Karadeniz Bölgesi'nde Potansiyel Taşkın Alanlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma. Türkiye Jeoloji Bülteni, 47 (2), 41-48.

Thielen, J., J. Bartholmes, M.-H. Ramos, A. de Roo. (2009). The European Flood Alert System – Part 1: Concept and development, Hydrol. Earth System Sci, 13, 125-140.

Turgu, E., Kömüşçü, A.Ü., Yavuz, Z.Y. (2019) "A Case Study: Analysis of Flash Flood Using FFGS Products on 27 May 2018 in İzmit District of Kocaeli". 9th International Atmospheric Sciences Symposium, ATMOS 2019 Proceedings, 157-170, İstanbul, Turkey.

Turgut, Ü. (2004). Doğu Karadeniz Bölgesinde Sel Felaketine Neden Olan Sinoptik Modellerin Tahmin Tekniği Açısından İncelenmesine Dönük Karşılaştırmalı Bir Araştırma, TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sayfa 33-44.

UNISDR- United Nations International Strategy for Disaster Reduction. (2015). Sendai Framework For

URL-1, <https://wmo.int/projects/ffgs> (Son erişim: 08.04.2024)

URL-2, <https://view.eumetsat.int/productviewer?v=default> (Son erişim: 12.02.2024)

URL-3:<https://supolitikalaridernegi.org/2023/03/17/taskin-tahmini-ve-erken-uyari-merkezi-tatum-calisiyorerken-uyari-sistemi-kuruluyor> Disaster Risk Reduction 2015–2030. UNISDR, Geneva.

Ünal, E., Aksoy, M., Kömüşçü, A.Ü., Turgu, E. (2022). Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS). Meteoroloji ve Sektörel Yansımaları. Sonçağ Yayıncılık Matbaacılık, Ankara, ISBN: 978-625-7333-71-9.

Yüksek, Ö., Babacan, H. T., & Yüksek, O. (2022). Doğu Karadeniz Havzası'nda Taşkın Sebepleri, Zararları ve Taşkın Yönetimi Çalışmaları. Türk Hidrolik Dergisi, 6(2), 36-46.