

Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi

Hayreddin Bacanlı¹, Yusuf Ulupınar², Ayhan Sayın³, Ali İhsan Akbaş⁴, Mehmet Aksoy⁵

Anahtar Kelimeler: Ani taşkın erken uyarı sistemi, alt havza, toprak nemi modeli, SNOW-17 modeli, yüzey akış.

Özet: Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ile işbirliği kapsamında, küresel ani taşkın erken uyarı sisteminin bir parçası olarak 2010 yılında, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün bölgesel merkez olduğu Karadeniz ve Ortadoğu Ani Taşkın Erken Uyarı Projesi başlatılmış olup sistem 2013 yılında işletmeye alınmıştır.

GİRİŞ

Ani taşkınlar dünyada ve ülkemizde önemli miktarda can ve mal kaybına neden olmaktadır. Dünyada yılda ani taşkınlardan dolayı hayatını kaybedenlerin sayısı beş bin kişinin üzerinde iken (Jonkman, 2005). Ülkemizde ise taşkın ve sel felaketi yüzünden ölenlerin sayısı ise yüzün üzerindedir. Diğer yandan ani taşkınların değişik sektörlere verdiği ekonomik zararlar milyarlarca liranın üzerindedir. Bu kadar zarara neden olan ani taşkınların tahmin edilmesi ve uyarıları konusunda hem ülkemizde hem de dünyada yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Sorunun bölgesel bazda çözülmesi için Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) bir proje başlatmıştır. Bu bölgesel merkezlerden biri olan Karadeniz ve Ortadoğu Bölgesel Ani Taşkın Erken Uyarı projesi 2010 yılında başlatılmış olup, Meteoroloji Genel Müdürlüğü bölgesel merkez ve Bulgaristan, Azerbaycan, Gürcistan, Ermenistan ile Suriye projenin paydaşlarıdır. Projenin teknik bazda uygulamasını Hidrolojik Araştırma Merkezi (HRC) yapmaktadır. Ani Taşkın Erken Uyarı projesinde kar modeli, toprak nemi modeli, yüzey akış eşik modeli ve ani taşkın erken uyarı (FFG) modelleri kullanılmaktadır. Model genel konsepti alt havzalardaki belirli bir süre için akış eşik değerini bulduktan sonra bu değeri verecek yağış değerinin hesaplanması prensibine dayanmaktadır (Georgakakos,2004; Georgakakos, 2005). Projenin ilk aşamasında topografya verileri kullanılarak Türkiye için 11.000 üzerinde alt havza oluşturulmuştur. Model kalibrasyonu ve model parametrelerinin oluşturulması için geçmiş hidrometeorolojik verilerin yanında mevcut toprak ve bitki örtüsü verileri kullanılmıştır (Shamir ve diğ ,2010). Model test çalışmaları gerçek zamanlı meteorolojik veriler kullanılarak devam etmektedir. Modellerde yağış verisi olarak yer gözlemleri, uydu kızıl ötesi ve mikrodalga verileri, ALADIN sınırlı alan model çıktıları ve RADAR yağış verileri kullanılmaktadır. Alt havza bazında bazı model çıktıları ve erken uyarı ürünleri şunlardır; toprak nemi, karla kaplı alanlar, hata düzeltmesi yapılmış RADAR ve Uydu yağış verileri,

¹ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Daire Başkanı, hbacanlı@mgm.gov.tr

² Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Müdür V., yulupinar@mgm.gov.tr

³ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Mühendis., asayin@mgm.gov.tr

⁴ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Mühendis., aiakbas@mgm.gov.tr

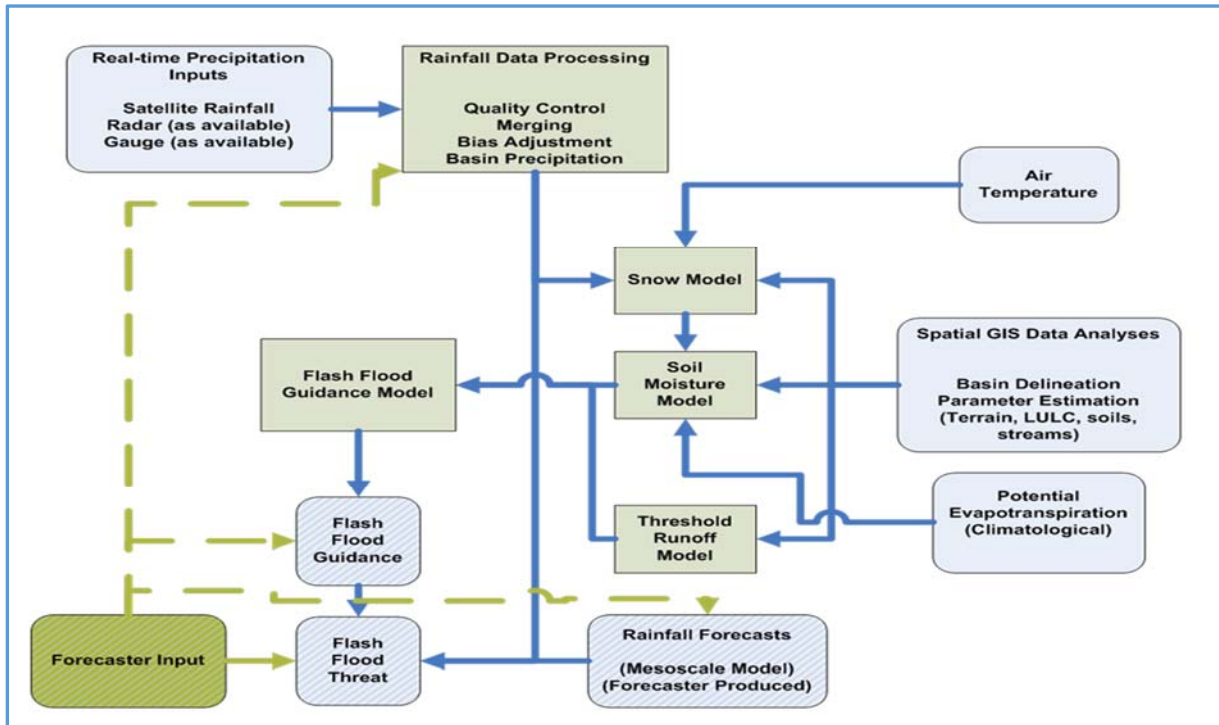
⁵ Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, Mühendis., mehmetaksoy@mgm.gov.tr

dere yatağının dolması için gerekli olan yağış miktarı (FFG), ani taşkın tehlike haritaları (FFT), kar su eşdeğeri ve kar erime miktarıdır.. Her bir ürün alt havza bazlı olarak kullanıcı ara yüzünde görüntülenmektedir. Model çıktılarının ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından erken uyarılar için kullanılması can ve mal kayıplarını önemli ölçüde azaltacaktır.

MODEL KONSEPTİ

Ani taşkın herhangi bir havzada, belirli bir süre içinde drenaj kanalı çıkışında dere ve nehir yataklarının dolu olarak akmasını sağlayan yağış miktarı olarak tanımlanmaktadır. Ani Taşkın Erken Uyarı Modellerinin (FFG) amacı herhangi bir alt havzadaki ani taşkın olasılığını hesaplamak ve uyarı ürünleri elde etmektir. Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi ile Nehir Taşkın Tahmini ve Erken Uyarı Sisteminin birbirinden ayırt edilmesi önem arz etmektedir. Ani Taşkınlar yağış başladıktan sonra 6 saat içinde meydana gelen taşkınlardır. Bu taşkınlar, genelde meteorolojide oraj olarak adlandırılan hadiselerin sonucunda meydana gelmektedir. Nehir taşkınları ise 6 saat ve daha fazla süre içinde büyük nehirlerin seviyelerinin yükselmesi ile meydana gelmekte olup, hatta bazen günlerce süre sonunda meydana gelmektedir. Ani Taşkın modelinin bazı özellikleri aşağıda verilmiştir. Bunlardan birincisi dağıtılmış model olup, bu modelde her bir alt havza için toprak nemi ve kar modeli hesaplamalar yapılmaktadır. Bir diğer model ise Sacramento Toprak Nemi (SAC-SMA) modeli olup, fiziksel modeldir.

Şekil 1’de FFG modeli çalışma konsepti verilmiştir. Modelin ilk kurulumu ve parametrelerinin belirlenmesi için geçmiş meteorolojik ve hidrolojik veriler ile topografya verileri kullanılmaktadır. Modelin operasyonel çalışması için gerekli olan meteorolojik veriler yağış, sıcaklık, buharlaşma ve toprak nemidir. Modelde kullanılan yağış verileri Uydu, RADAR ve yer gözlemleri olmak üzere üç ana kaynaktan elde edilmektedir (Georgakakos, K.P., 1987; Georgakakos,K.P., 2002)

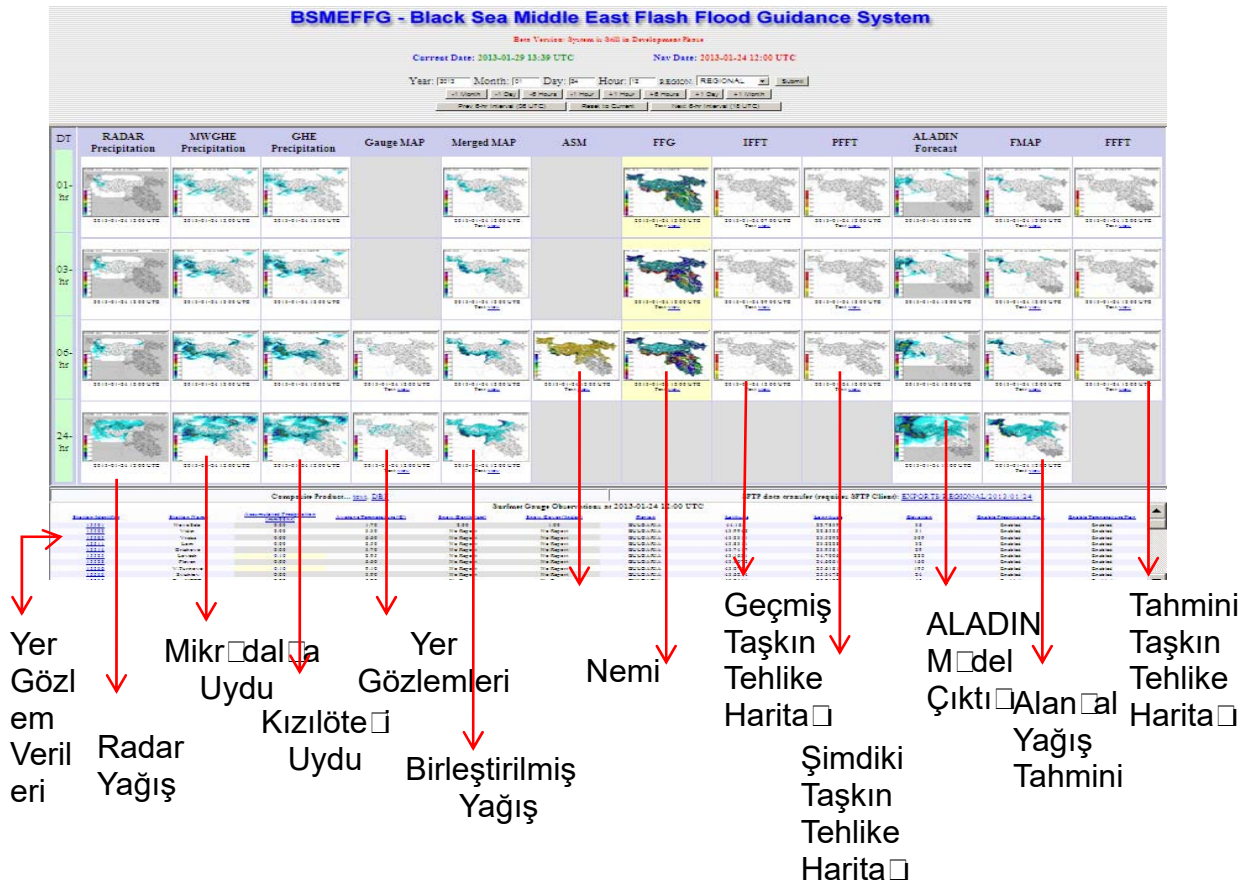


Şekil 1. BSMEFFG Sistemi Model Konsepti

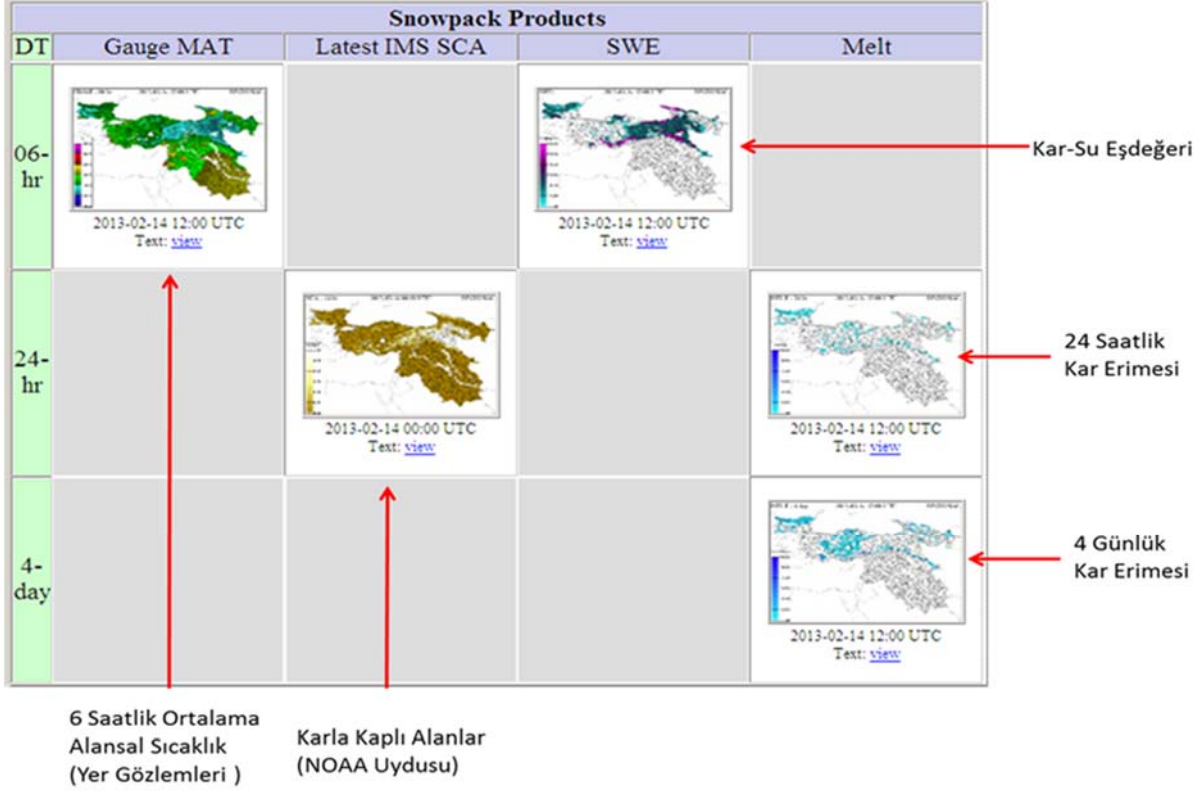
Proje kapsamında Türkiye için on bir binden fazla den fazla alt havza belirlenmiştir. Türkiye için oluşturulan alt hav-zaların büyüklüğü ortalama elli kilometre kare iken diğer katılımcı ülkeler için oluşturulan alt havzanın büyüklüğü yaklaşık 200 km² dir (Carpenter, T.M., ve diğ., 1999). Model kalibrasyonu için geçmiş 30 yıllık meteorolojik veriler ve DSİ'den alınan bazı akım verileri kullanılmıştır. DSİ'den akım verileri yanında nehir, baraj ve gölet verileri de alınarak modelde kullanılmıştır

ÜRÜNLER

BSMEFFG sistemi kapsamında üretilen ürünler i ani taşkın erken uyarı ve kar ürünleri olmak üzere iki grupta toplanmıştır (Şekil 2a ve 2b).



Şekil 2a. Ani Taşkın Erken Uyarı Ürünleri



Şekil 2b. Kar Ürünleri

Radar Yağış Ürünü

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Radar verilerinden üretilen yağış verilerinin GRID bazlı gösterimi. Radar saatlik yağış ürünü (RAIN1) mm/saat kullanılarak 1,3, 6 ve 24 saatlik toplam yağış verilerini göstermektedir. Ürün güncelle-me zamanı ürünün altında belirtilen zamandır. Örneğin, bir saatlik toplam yağış miktarı ürün güncelleme zamanındaki son bir saatlik toplam yağış miktarıdır (Villarini,G., ve diğ, 2010; Carpenter, T. M., Georgakakos K. P, 2004).

Mikrodalga Uydu Yağış Ürünü (MWGHE)

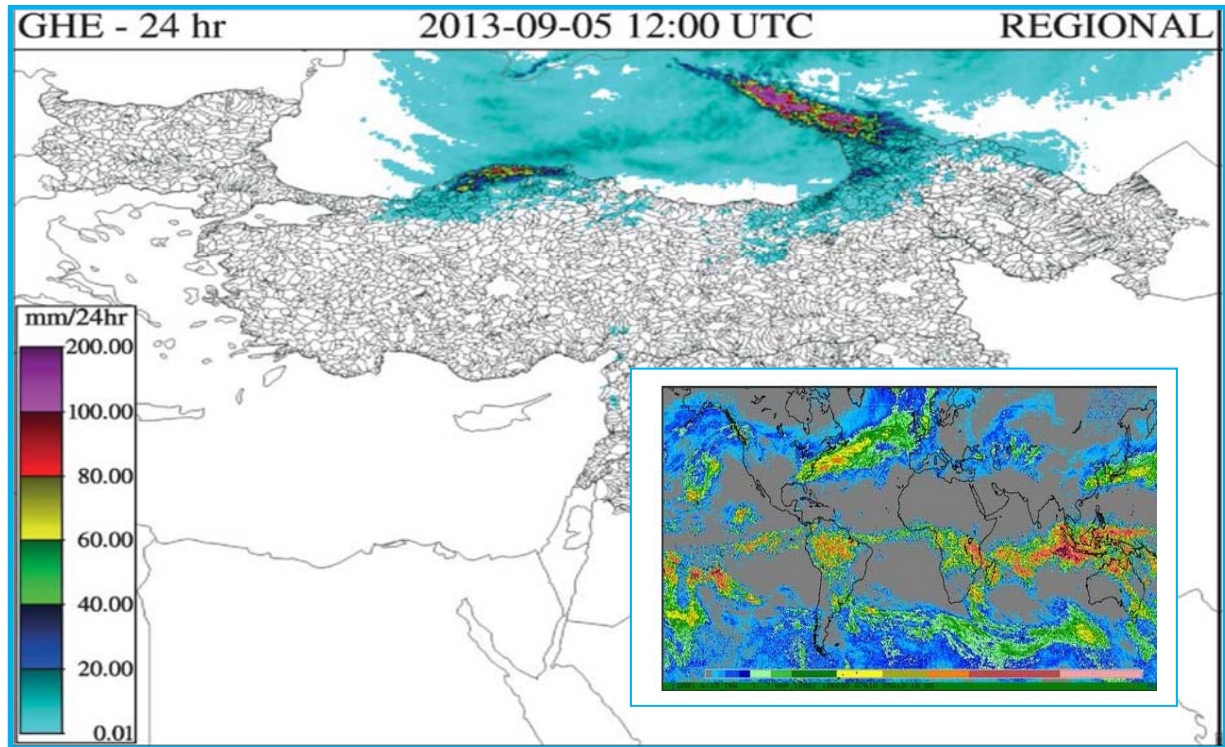
Ani Taşkın Erken Uyarı Siteminde modellere girdi olarak kullanılan yağış verisinin ana kaynağı ya Radar yağış verileridir yada uydu yağış verileridir. Bu proje katılan bir çok ülkede Radar şebekesi bulunmadığından sistem uydu yağış verileri baz alınarak tasarlanmıştır. Yani ürünlerin elde edilmesinde kullanılan modellere yağış verisi olarak uydudan elde edilen yağışlar girilmektedir. Yağış verileri iki değişik meteorolojik uydudan elde edilmektedir. Bunlardan birincisi EUMETSAT MSG sabit yörüngeli uydusunun kızıl ötesi (IR) kanalının atmosferik pencere (10.5 mikrometre) kısmı kullanılarak elde edilen yağış ürünü (GHE Precipitation) diğeri ise kutupsal yörüngeli uyduların mikro dalga kanalları kullanılarak elde edilen yağış ürünleridir. Uydu verilerinin kullanılmasında göz önünde bulundurulması gereken iki önemli nokta vardır. Bunlar uyduların zamansal ve mekansal veri alma özellikleridir. EUMETSAT MSG taraması her on beş dakikada bir yapılırken kutupsal yörüngeli uydular on iki saatte bir aynı bölgeyi taramaktadır. Diğeri yandan ise kutupsal yörüngeli uyduların mekansal çözünürlüğü sabit yörüngeli uydulardan daha iyidir. Dolayısıyla, ani taşkın erken uyarı sistemleri için zamansal çözünürlük çok önemli olduğundan sabit yörüngeli uydudan elde edilen yağış verisi

operasyonel olarak kullanılmaktadır. Fakat kutupsal yörüngeli uyduların mekansal çözünürlüğü ve mikro dalga sensörleri yağışa daha duyarlı olduğundan sabit yörüngeli uydulardan elde edilen yağış verileri kutupsal yörüngeli uyduların yağış verileri ile düzeltilerek kullanılmaktadır. Dolayısıyla, mikrodalga yağış verisi sütununda verilen ürünler sabit yörüngeli uydu verilerinden elde edilen yağış verilerinin mikrodalga yağış verileri ile düzeltilmesi sonunda elde edilen yağış verileridir (Georgakakos, K.P., 2005). 1,3, 6 ve 24 saatlik toplam uydu yağış verilerini göstermektedir. Ürün güncelleme zamanı ürünün altında belirtilen zamandır. Örneğin, bir saatlik toplam yağış miktarı ürün güncelleme zamanındaki son bir saatlik toplam yağış miktarıdır.

Uydu Yağış Ürünü (GHE)

Birleşik Devletler Ulusal Okyanus ve Atmosferik Ajansı (NOAA) tarafından EUMETSAT MSG uyduları verileri kullanılarak elde edilmektedir. MSG uydusunun atmosferik pencere (10.5 mikrometre) kanalı kullanılmaktadır. Yağış verisinin elde edilmesindeki temel prensip bulut tepe sıcaklığı (Brightness Temperature) ile yağış şiddeti arasındaki istatistiksel ilişkidir. Bulut tepe yüksekliğinin artmasıyla yağış şiddetinin artacağı varsayımına dayanmaktadır. 1,3, 6 ve 24 saatlik toplam uydu yağış verilerini göstermektedir. Ürün güncelleme zamanı ürünün altında belirtilen zamandır.

Örneğin, bir saatlik toplam yağış miktarı ürün güncelleme zamanındaki son bir saatlik toplam yağış miktarıdır (Georgakakos, K.P., 2002; Georgakakos, K. P., 2005).



Şekil 3. GHE Yağış Ürünü

Alansal Yer Yağış Gözlemleri Ürünü (Gauge MAP)

Üye ülkelerin GTS ile dağıtımı yapılan sinoptik istasyon verilerinden alınan yağış verileri alt havzanın tamamına dağıtılmıştır. Dolayısıyla, noktasal istasyon verileri ile alansal yağış verileri arasında fark vardır. Alansal yağış verileri noktasal istasyon verilerinden daima daha

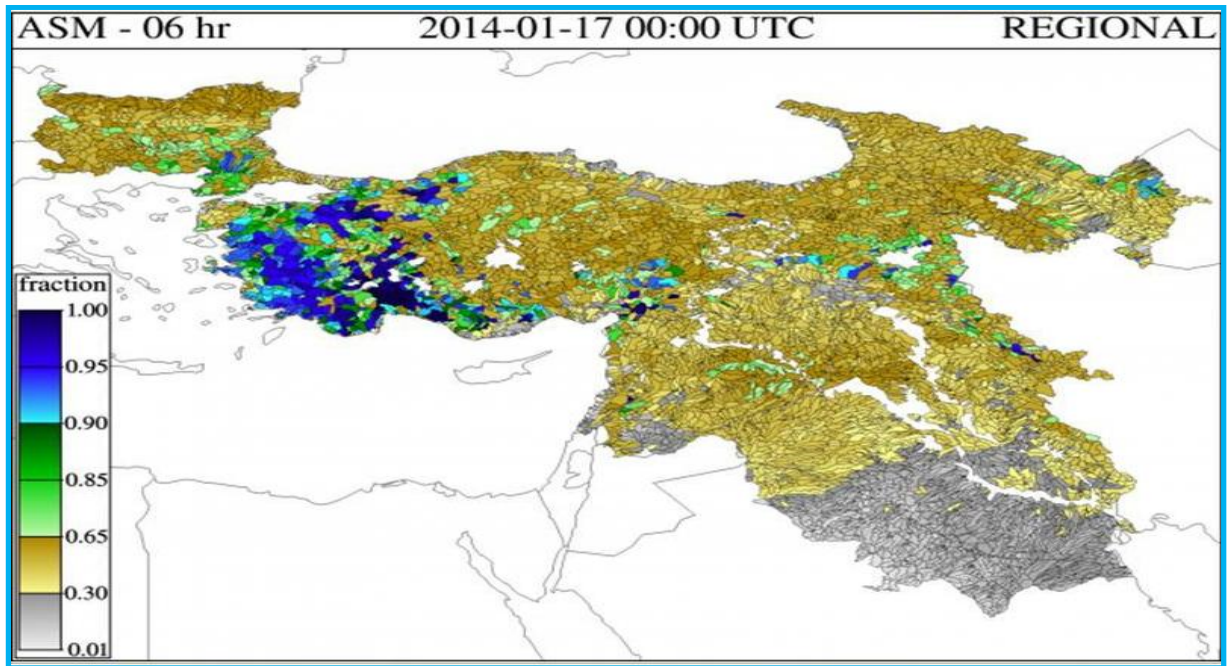
küçüktür. Yer gözlemleri uydu yağış verilerinin düzeltmelerinde kullanılmaktadır. 6 ve 24 saatlik toplam yağış verileri bulunmaktadır. Ürün güncelleme zamanından önceki 6 ve 24 saatlik periyot içindeki toplam alansal yağış miktarını vermektedir. İstasyon numarası üzerine tıkladığında istasyon meta bilgileri ve ölçümler ekrana gelir.

Birleştirilmiş Yağış Ürünü (Merged MAP)

Birleştirilmiş yağış ürünü, uydu verilerinin yer gözlemleri ile gerçek zamanlı hata düzeltmesi yapıldıktan sonra (Bias Correction) elde edilen üründür. Ürün güncelleme zamanından önceki 1,3,6 ve 24 saatlik periyot içindeki toplam alansal yağış miktarını vermektedir. “Birleştirilmiş Yağış” ürünü değerleri sistemde çalışan Snow-17, Sacramento Toprak modeli, yüzey eşik modeli ve FFG modeline yağış verisi olarak girilmektedir.

Toprak Nemi Ürünü (Average Soil Moisture)

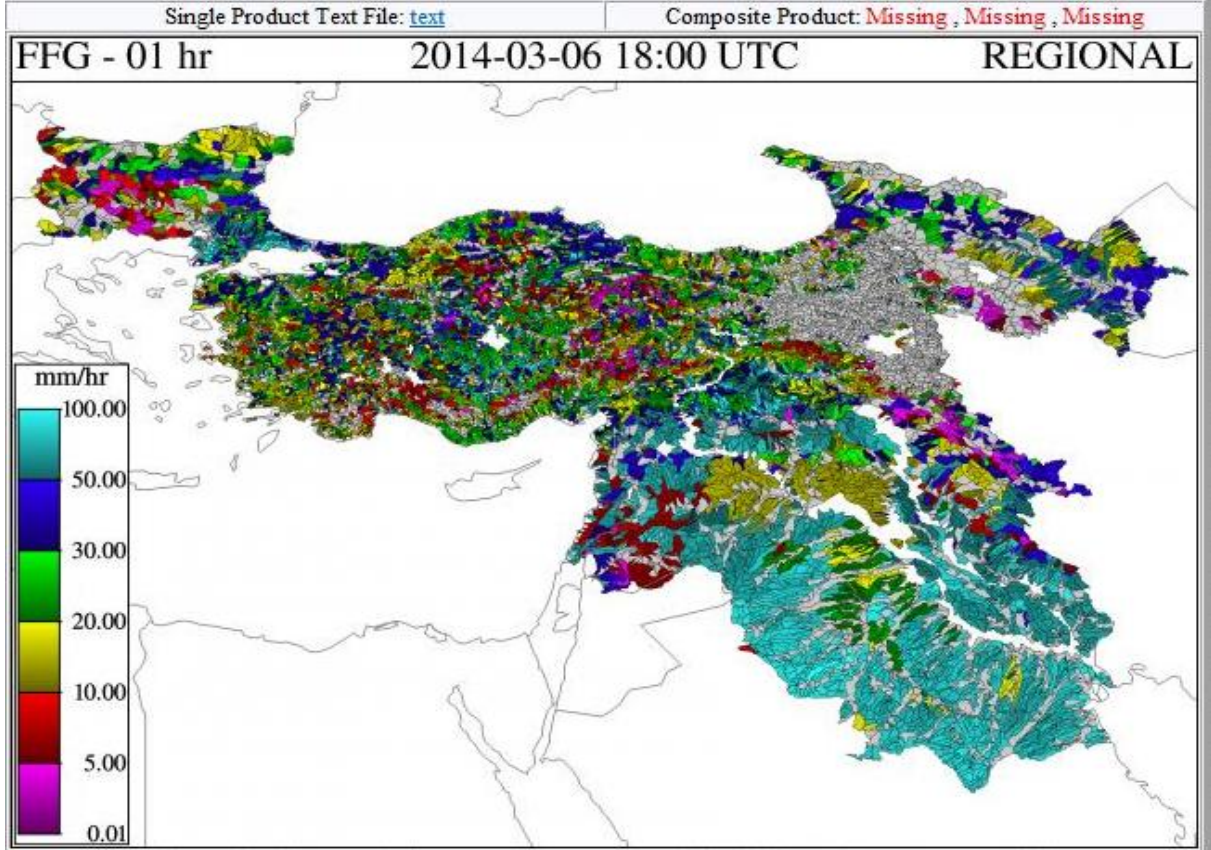
Her bir alt havza için “Sacramento Soil Moisture Accounting “ modelinden (SAC SMA) elde edilen toprak nemi ürünüdür. SAC SMA modeli alt havzalardaki yüzey akışı hesaplamada kullanılan modeldir. Yüzey akışı hesaplarken bitki örtüsü, toprak tipi ve tekstürü, topografya ve jeomorfoloji, vb parametreler modele girdi olarak verilir. Model çıktısı olarak ise yüzey akış, toprak nemi, sızma, taban akışı gibi bir çok ürün üretilir. Ani taşkınlar için toprak üst kısmının doymuş olması önemlidir, çünkü toprak üst kısmı doyduktan sonra meydana gelecek şiddetli yağışın hemen hemen hepsi yüzeyde akışa geçecektir. Toprak nemi haritası (ASM), toprağın üst katmanındaki (20-30 cm) toprak nemi oranını verir (Georgakakos K. P, 2005). Bununla ilgili arayüzde 6 saatlik ürün bulunmaktadır. 00, 06,12 ve 18 UTC model çalışma zamanında güncellenmektedir. Ani taşkın erken uyarı sistemi için toprak neminin bilinmesi çok önem arz etmektedir. Toprağın doymuşluk oranı tahminci tarafından takip edilmelidir. Eğer bir bölgede yağıştan sonra toprak doymuşsa ve tekrar yağış başlamışsa veya mevcut yağış devam ediyorsa bu bölgeler muhtemel ani taşkın alanları olarak görülmeli ve gözlenmelidir. Sonbahar, kış ve ilkbahar aylarında toprak nemi gözlenmeli ve toprak neminin yüksek olduğu alt havzalar riskli alanlar olarak takip edilmelidir. Toprak nemi tarım ve ormancılık sektörleri açısından da çok önemlidir.



Şekil 4. Toprak Nemi Haritası

Ani Taşkın Erken Uyarı Kılavuzu Ürünü (FFG)

FFG değeri belirli bir süre içinde (1,3 ve 6 saat) herhangi bir alt havza çıkışında drenaj kanalının banket seviyesine kadar dolması için gerekli olan yağış miktarını vermektedir. Her model koşma zamanında hesaplanmaktadır (00, 06,12, 18 UTC). Toprağı doymuş havzada yüzey akış fazla olacağından dolayı FFG değerine ulaşmakta o kadar hızlı olacaktır. FFG değerinin hesaplanmasında kullanılan en önemli parametreler alt havzanın çıkışındaki enine kesit, toprak tipi, tekstürü, derinliği ve birim hidrograftır. Bu parametreler ne kadar gerçeğe yakın modele girilirse o kadar doğru sonuç elde edilir (Georgakakos K. P, 2005; Carpenter T M, ve diğ, 1999)



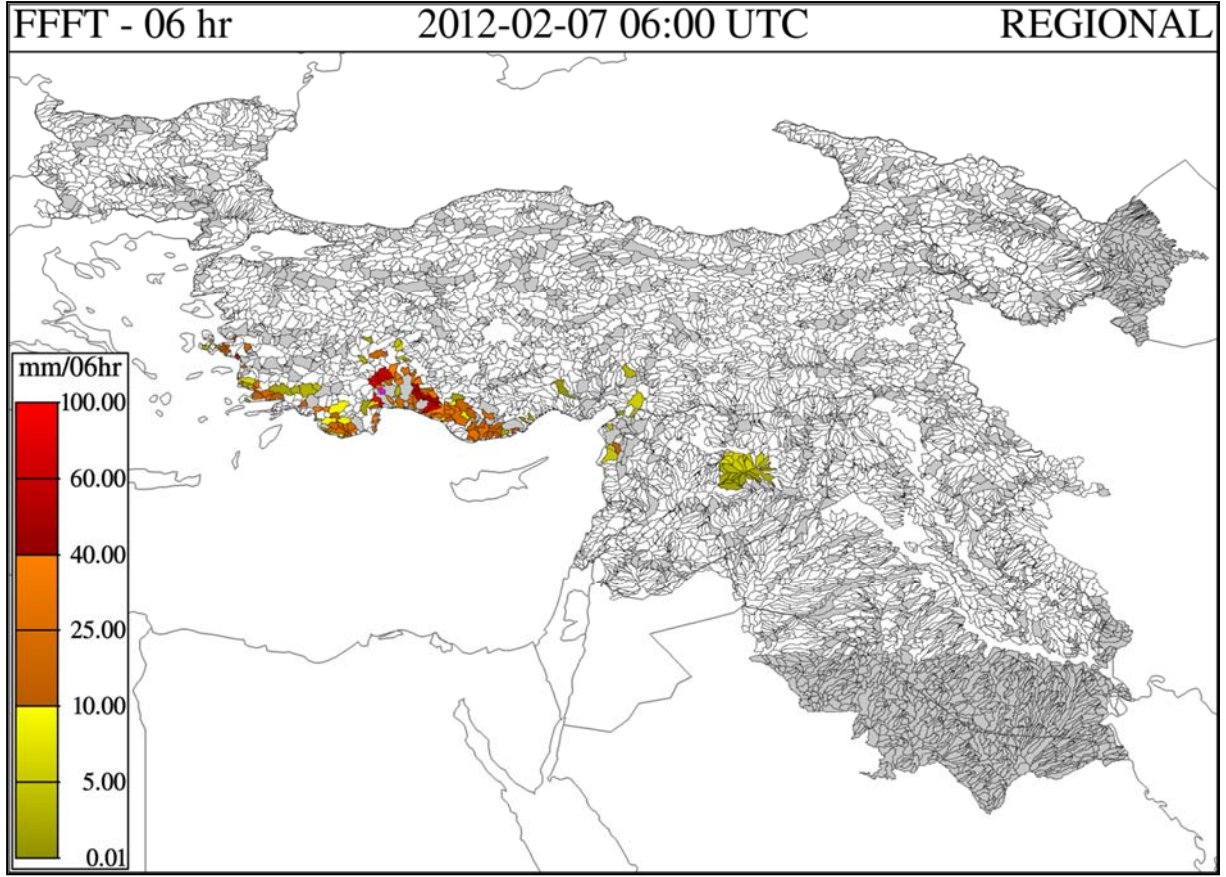
Şekil 5. 1-Saatlik FFG Değerleri

Tahmini Alansal Yağış Ürünü (FMAP)

FMAP (Alt havzaya dağıtılmış tahmini yağış miktarı) ALADIN yağış tahmin verileri kullanılarak elde edilmektedir. 1-3-6-24 saatlik model çıktıları olarak verilen yağış miktarları o alt havzaya düşecek yağış miktarı konusunda önemli bilgiler vermektedir. Tahmincinin yerel şartları da dikkate alarak FMAP haritası üzerinden yaptığı uyarılar doğru sonuçlar vermektedir.

Ani Taşkın Tehlike Ürünleri

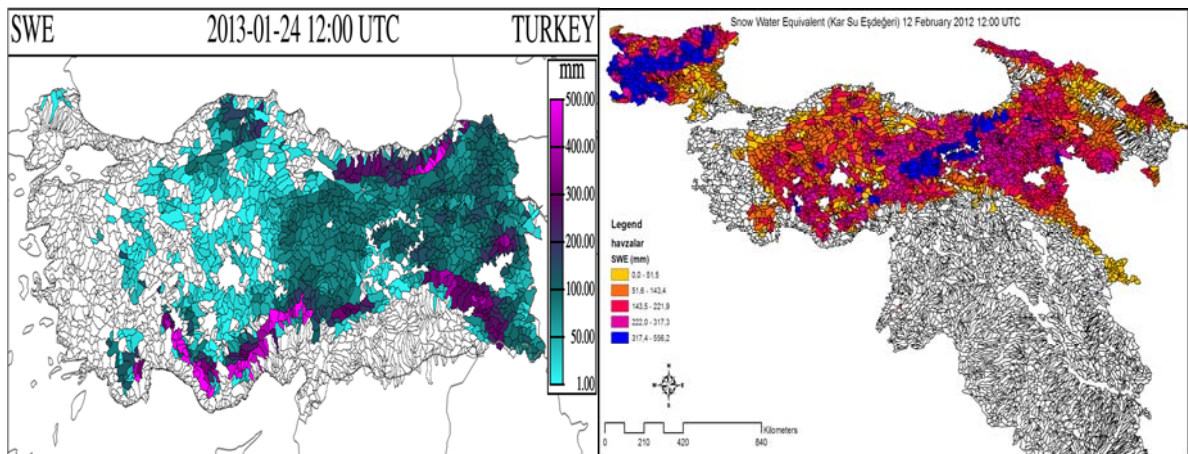
Model tarafından üç adet tehlike haritası üretilmektedir. Bunlar, olası Taşkın Tehlike Haritası (IFFT), mevcut Ani Taşkın Tehlike Haritası (PFFT) ve tahmini Ani Taşkın Tehlike Haritası (FFFT). IFFT ve PFFT birleştirilmiş yağış ürünü ile FFG değerinin farkından elde edilmektedir. FFFT is ALADIN modelinden elde edilen alansal yağış verisi ile FFG değerinin farkına eşittir.



Şekil 6. 07.02.2012 06 UTC Altı Saatlik Tahmini Ani Taşkın Tehlike Haritası

Kar Su Eşdeğeri (SWE) ve Kar Erimesi Ürünleri

Kar su eşdeğeri her bir alt havzada son 6 saatlik ortalama değerdir. SNOW-17 modelinden elde edilmektedir. SNOW-17 modelinin genel akış şeması aşağıda Verilmiştir. Her bir alt havzada son 24 ve 96 saatlik kümülatif kar erime miktarıdır. Kar modelinin (SNOW 17) koşulduğu her 6 saatte bir güncellenir. Yüzey akışı ile karıştırılmamalıdır, bu ürün sadece karın erimesinden dolayı oluşan miktardır ve birimi mm dir (Anderson, E. A.,1973).



Şekil 7. Kar Su Eşdeğeri (sol) ve Kar Erime (sağ) haritaları

DOĞRULAMA

Doğrulama yöntemi olarak WMO (2010) 'da belirtilen kategorik yöntem seçilmiştir. Ani taşkın erken uyarı ürünleri ile yapılan Bültenlerin doğrulaması MGM FEVK rasatları, DSİ taşkın raporları ve basın haberleri yapılmıştır. 21 Mayıs 2012-17 Temmuz 2013 tarihleri arasında yapılan doğrulama çalışmaları Tablo 1'de doğrulama tablosunda verilmiştir. Tablodan hit rate (POD) ($a/a+c$) 0.70 elde edilmiştir.

Tablo 1. Doğrulama Tablosu

		Gözlemler		
		E	H	Σ
Bülten (21 Mayıs 2012-17 Haziran 2013)	E	43 (a)	25 (b)	68
	H	18 (c)	306 (d)	324
Σ		61	331	392

TEŞEKKÜR

Karadeniz ve Ortadoğu ani Taşkın Erken Uyarı sisteminin MGM de kurulmasında büyük destek veren sistemin Güneydoğu Avrupa'ya genişletilmesinde büyük desteği olan sayın Genel Müdürüm İsmail GÜNEŞ ve Sayın Genel Müdür yardımcım Mustafa YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKÇA

- [1] Anderson, E. A. (1973). National Weather Service River Forecast System — Snow accumulation and ablation model. Silver Spring, MD: NOAA Technical Memorandum NWS HYDRO-17, NOAA, NWS-Office of Hydrologic Development
- [2] Carpenter T M, Sperfslage J. A, Georgakakosa K.P, Sweeneyc T, Fread D.L, National Threshold Runoff Estimation Utilizing GIS in Support of Operational Flash Flood Warning Systems, 1999, Journal of Hydrology.
- [3] Carpenter, Theresa M., Georgakakos Konstantine P., Impacts of Parametric and Radar Rainfall Uncertainty on the Ensemble Streamflow Simulations of a Distributed Hydrologic Model, 2004, Journal of Hydrology.
- [4] Carpenter, Theresa M., Georgakakos Konstantine P., Continuous Streamflow Simulation with the HRCDHM Distributed Hydrologic Model 2006 , Journal of Hydrology.
- [5] Georgakakos Konstantine P., Realtime Flash Flood Predictions,1987, Journal of Geophysical Research.
- [6] Georgakakos Konstantine P., Hydrometeorological Models for Realtime Rainfall and Flow Forecasting, 2002, Water Resources Publications.

- [7] Georgakakos Konstantine P , Seob Dong-Jun, Guptac Hoshin, Schaake John, Butts Michael B., Towards the Characterization of Streamflow Simulation Uncertainty Through Multimodel Ensembles, 2004, Journal of Hydrology.
- [8] Georgakakos Konstantine P ., Analytical results for operational flash flood guidance, 2005, Journal of hydrology.
- [9] Jonkman, S.N., Global perspectives on loss of human life caused by floods, 2005, Natural Hazards 34.
- [10] Shamir Eylon, Lee Byong-Ju, Bao Deg-Hyo, M.ASCE and Georgakakos Konstantine P., M.ASCE4, Flood Forecasting in Regulated Basins Using the Ensemble Extended Kalman Filter with the Storage Function Method, 2010, Journal of Hydrologic Engineering.
- [11] Villarini Gabriel, Krajewski Witold F., Ntelekos Alexandros A, Georgakakos Konstantine P, Smith James A., Towards Probabilistic Forecasting of Flash Floods: The Combined Effects of Uncertainty in Radar-rainfall and Flash Flood Guidance, 2010, Journal of Hydrology.
- [12] WMO (2010). Joint Working Group on Forecast Verification Research (JWGFVR) Website (www.cawcr.gov.au/projects/verification).