III. METEOROLOJİK UZAKTAN ALGILAMA SEMPOZYUMU

UZALMET 2017

BİLDİRİ KİTAPÇIĞI

ISBN: 978-605-9550-12-3

UZALMET

uzalmet.mgm.gov.tr

BİLDİRİ BAŞLIĞI	YAZARLAR	SAYFA NO
Türkiye Radar Görünürlük Analizi İnteraktif Uygulaması	Alper ÇUBUK, Kurtuluş ÖZTÜRK, Yusuf ÇALIK, Canberk KARADAVUT	1-4
Hidrolojik Model Çıktılarının Uzaktan Algılama Verileri İle Karşılaştırılması: Manyas Gölü Yukarı Havzası Örneği	Alper UĞURLUOĞLU, A.Arda ŞORMAN	5-16
X ve C Bant Radarların Yağış Tahminlerinin Yer Gözlemleriyle Karşılaştırılması	Burak BOZKURT, Aysel YILMAZ	17-27
2017 Yılı İstanbul Uç Yağışlarının Süre-Şiddet Yapıları ve Radar Destekli Yorumları	Ahmet KÖSE, Yavuz Selim GÜÇLÜ, Selçuk TÜTÜNCÜ, Cihad ER, Zekai ŞEN	28-40
Monterey Körfezinde Yerel Rüzgarlar ve HF Radarlarından Elde Edilen Akıntılar Arasındaki İlişki	Emre TÜKENMEZ, Jeffrey D.PADUAN	41-48
Ayvalık'ta 14 Ocak 2017 Tarihinde Meydana Gelen Sel Afetinin Sinoptik ve Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS) Ürünleri ile Analizi	Ertan TURGU, Seyfullah ÇELİK, Ali Ümran KÖMÜŞÇÜ	49-62
Yıldırım Tespit ve Takip Sisteminde (YTTS) Hata Şüphesi	Yusuf ALTUNÇ Fatih TUNCER	63-69
Uzaktan Algılama Ürünlerinde İnteraktif Harita Kullanımı ve Mobil Uygulamalardaki Etkinliği	Hüseyin BULUT, Hüdaverdi GÜRKAN	70-77
Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Çoklu Uydu Gözlemlerinden Elde Edilen Veriler İle Yağış Tahmini	Hüseyin İLHAN, Hasan Hüseyin KAYAN	78-84
İstanbul'da 27 Temmuz 2017'de Gerçekleşen Dolu Fırtınası İle Şiddetli Yağışın Durum Değerlendirmesi	İbrahim TÜRK, Savaş KUŞÇU	85-97
26 Kasım 2010 Günü Muğla'nın Çallı Köyünde Meydana Gelen Hortum Olayının İncelenmesi	İlker KOÇ, Mehmet ÜNLÜER	98-106
Uydu Yağış Ürünleri İle Orografik Koşulların Konvektif Yağış Olayları İçin Değerlendirilmesi	Alper ÖNEN, İsmail YÜCEL	107-119
Orta Ölçekli Konvektif Hadiselerde Meteoroloji Radarlarının Yağış Tahminlerinin Analizi	Kurtuluş ÖZTÜRK, Alper ÇUBUK	120-126
Rüzgar Türbinleri ve Gökdelenlerin İstanbul Radar Verisine Etkileri	Kurtuluş ÖZTÜRK, Alper ÇUBUK	127-142
18.10.2016 Günü Alanya Çevrelerinde Gerçekleşen İri Taneli Dolu ve Hortum Olayının Uzaktan Algılama Verileriyle İncelenmesi	Mehmet SUR, Özer SOYBAKIŞ, Melik Ahmet TAŞTAN, Sabri GEDELİ	143-152

Nowcasting Saf MSG Ürünlerinden Olan Yağış Bulutları (PC1) İle İlgili Case Çalışması	M. Şefik YILDIZ, Murat BARAN	153-162
25 Mayıs 2015 OR-Gİ Havalimanı'nda Meydana gelen Sis ve Oraj Hadiselerinin Takibi ve Meteorolojik Uyarıların Önemi	Metehan BÜYÜKKAYA, Akın KOLCA	163-170
2007-2016 Periyodunda OMİ ve GOME2/METOP-A Uyduları Türkiye Ozon Verileri ve Ankara Brewer Spektrofotometre Ozon Verilerinin Karşılaştırması	Mihat EKİCİ, Osman ESKİOĞLU, Serpil YAĞAN, Yılmaz ACAR, Ali Ümran KÖMÜŞÇÜ, Mustafa COŞKUN, Yusuf ÇALIK	171-181
ECMWF Verisi İle Üretilen Görüş Mesafesi (Sis) Ürünlerinin Uydu SAF Görüntüleri ile Karşılaştırılması	Muhammet Ali PEKİN, Kahraman OĞUZ, Cihan DÜNDAR	182-193
28 Şubat - 1 Mart 2017 Tarihlerinde İstanbul'da Meydana Gelen Sis Hadisesinin Sabiha Gökçen Havalimanında İncelenmesi	Mustafa Kemal KAYMAK, Zekiye GÜNERİ	194-204
Meteorolojik Uydu Ürünleri Kullanılarak Bulut Kapalılığı Tespiti	Nurullah BİLGİN, Kemal DOKUYUCU	205-209
30-31 Ocak 2017 Tarihinde Yaşanan Karadeniz Etkisi Kar Yağışlarının Olay İncelemesi	Oğuzhan KOLAY, Batuhan Ateş YILMAZ, Muhammed ŞİMŞEK	210-221
2017 Yılı 16-17-18 Temmuz ve 27 Temmuz Hava Olaylarının YTTS ve Diğer Uzaktan Algılama Ürünleri Kullanılarak İncelenmesi	Ömer Faruk CIBA, Ali Murat YAVUZ	222-235
26 Mart 2017 ve 20 Nisan 2017 Tarihlerinde İstanbul Atatürk Havalimanı'nda Meydana Gelen Yıldırım Aktivitelerinin Analizi	Seher Nilay COŞKUN, Nur GÖKTEPE, Merve ACAR, Ayşe Hilal MERT	236-248
Dual Polarizasyon Özellikli Radar Ölçümleri Kullanılarak 7 Haziran 2016 Tarihinde İngiltere'nin Güneyinde Görülen Gök Gürültülü Fırtınalar Sonucunda Gerçekleşen Yağmur ve Dolu Yağışının Analizi	Sema ÇiL KEYDAL	249-259
Antalya Yüzey Isı Adası Özelliklerinin Uydu Verileri İle Analizi	Serhat ŞENSOY, Laila SHAHIN, Yrd.Doc.Dr. Erkan YILMAZ, Necla TÜRKOĞLU, İhsan ÇİÇEK, Volkan DARENDE, Başak YAZICI	260-276
SEVIRI Radyans Gözlemlerinin ALARO Modelinde Asimilasyonu	Yelis CENGİZ, Tayfun DALKILIÇ	277-289
Türkiye'deki Yıldırım ve Şimşeklerin Akım Düzeyleri ve Sayıları Hakkında Bir İnceleme	Yusuf Salih EROĞLU, Dr. Levent YALÇIN, Hanifi GÖKTAŞ	290-300

Antalya Kaleiçi Mevkiinde 03.09.2016 Tarihinde Meydana Gelen Yağış ve Fırtına Hadisesinin Sinoptik Analizi Ve Uydu-Radar Ürünleri ve Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi Gözlem Verileri Kullanılarak İncelenmesi	Sultan ÇİÇEKGİL, Murat GÜLER, Murat IŞTIN, Ömer Faruk KAYA	301-315
Konvetif Fazların Evrimi: 27 Temmuz 2017 Marmara Vakası	Abdullah KAHRAMAN	316
Türkiye'deki Karla Kaplı Alan İhtimallerindeki Değişimler	Ahmet Emre TEKELİ, Erdem ERDİ, Senayi DÖNMEZ	317-318
Akdeniz Bölgesi'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin uydu Verileriyle İncelenmesi	Fatma Gül YURTSEVER, Ahmet ÖZTOPAL	319
Marmara Bölgesi Yıldırım ve Şimşek Dağılımının Belirlenmesi	Fatma Sümeyye KEŞ, Ahmet ÖZTOPAL	320-321
Ülkemizdeki Uluslararası Havaalanlarının Yıldırım-Şimşek Potansiyellerinin Belirlenmesi	Aslıhan AKSOY, Ahmet ÖZTOPAL	322
HSAF Yağış Ürünlerinin Ülkemiz Üzerindeki Validasyon Çalışmaları	Ahmet ÖZTOPAL	323
Bingöl Çapakçur Yağiş Havzasında Meydana Gelen Taşkının CBS Ve BSMEFFG Kullanımı Ile Tahmin Ve Analizi	Prof.Dr. Alaaddin YÜKSEL, Ali Osman GÜLSEREN	324
Türkiye Meteorolojik Hava Radarı Ağında, Toplam Yağış Miktarının Reflektivitte Cinsinden Eldesindeki Korelasyon Katsayılarının Yüksek Korelasyon Faktörleri İle Sağlanması	Nurullah KARA, Aytaç HAZER	325-326
Orman Yangınlarının MSG 4 Nolu Kanal Ve Görüntü İyileştirmeleri İle İncelenmesi	Barış ÖZGÜN, Abdullah Metin ÇAKIROĞLU	327-328
EUMETSAT SEVIRI Ürünleri Yardımı İle Sis Gözlem ve Tahmini	Barış UZUN, Oğuzhan KOLAY	329
30-31 Ocak 2017 Tarihinde Yaşanan Karadeniz Etkisi Kar Yağışlarının Olay İncelemesi	Oğuzhan KOLAY, Batuhan Ateş YILMAZ, Muhammet ŞİMŞEK	330
Meteoroloji radarlarında Frekans Karışması ve Giderme Yöntemleri	İsmail TEMİR, Birol KAPLAN	331
Uydu Çözünürlüklerinde Uzaysal Çözünürlük Etkisi	Celil KAPLAN, Volkan Hüseyin FIRAT	332
Nicel Yağış Tahminlerinde Kısmi Işın Engellenmesi Etkisinin Hatay ve Gaziantep Radarları Kullanılarak Analizi	Cüneyt GEÇER, Serkan TEPE	333-334

GNSS/ZTD Gözlemlerinin AROME Modeli ile Asimilasyonu	Duygu AKTAŞ, Duygu ÜSTÜNER	335
10 Mart 2017 İstanbul Helikopter Kazasının Analizi	Emrah Tuncer ÖZDEMİR, Mahmut MÜSLÜM, Murat KÜTAHYA	336
İstanbul İçin Deniz Etkili Kar Yağışının Araştırılması	Emrah Tuncer ÖZDEMİR, Mahmut MÜSLÜM	337
Trabzon İlinin Yomra İlçesinde Meydana Gelen Dolu Yağışının Analizi, 31 Ağustos 2017	Emrah Tuncer ÖZDEMİR	338
Atatürk Uluslararası Havalimanı'nda Meydana gelen Downbrust Hadisesinin İncelenmesi	Emrah Tuncer ÖZDEMİR, Veli YAVUZ, Mahmut MÜSLÜM	339-340
Su Bütçesinin Hesaplanmasında Uzaktan Algılamanın Sağladığı Yeni İmkanlar: Büyük Menderes Örneği	Hakan AKSU, Alpaslan ARIKAN	341
Türkiye'de Mart 20016 Döneminde Meydana Gelen Sahra Kaynaklı Toz Olaylarının Mekansal ve Zamansal Olarak İncelenmesi	Hakkı BALTACI	342
Adana PM_{10} Seviyeleri ve 07-15 Eylül 2015 Kum Fırtınası İncelemesi	İsmail SEZEN, Metin BAYKARA, Erhan ARSLAN, Alper ÜNAL, Ali DENİZ	343-344
Günlük Güneşlenme Süresinin Destek Vektör Makineleri İle Tahmin Edilmesi	Dr. Kazım KABA, Doç.Dr. A.Emre TEKELİ, Prof.Dr. H.Mustafa KANDIRMAZ	345
Kocaeli-Gebze-Eskihisar'da Meydana Gelen İri Taneli Dolu Fırtınasının Uzaktan Algılama Ürünleri İle İncelenmesi	Köksal KÖKSOY, Hakan DORUK	346
Uzaktan algılama Ürünlerinin teknolojik Altyapısı ve Arşivlenmesi	Mehmet KILIÇ, Ersin ŞİMŞEK	347
Radarlarda Deniz Kaynaklı Ekoların Tespiti, Analizi ve Elemine Edilmesi	Melik Akmet TAŞTAN, Gazi YILDIRIM	348
Aralık 2015 Etna Patlamasının Volkanik Kül Takibi	Gökhan KESKİN, Nihal AKTAŞ	349
22 Ağustos 2017 Tarihinde Balıkesir'de Yaşanan Kuvvetli Hadisenin İncelenmesi	Oğuzhan KOLAY, Hasan Sedat TEPE	350
Kuş ve Böcek Kaynaklı Biyolojik Hedeflerin Dual Polarize Meteoroloji Radarlarından Tespiti	Abdullah MACİT, Sabri GEDELİ, Melik Ahmet TAŞTAN	351
OMGİ'ler için Kapalılık Bilgisinin Tespit Edilmesi, Verilerin Analizi	Seyfullah ÇELİK, Ali İhsan AKBAŞ	352-353

TRMM ve GPM Uzaktan Algılama ve ECMWF Numerik Model Kaynaklı Yağış Verilerinin Doğrulanması	M. Turğrul YILMAZ, Muhammed AMİAD, İsmail YÜCEL	354-355
HELIOSAT Model Kullanılarak Türkiye içim Global Güneş Radyasyonu Tahmini	Yasemin ÖZDEMİR, Bülent AKSOY	356
METCUO PLUS Programında Uzaktan Algılama Ürünleri İle Meteorolojik Olayların İncelenmesi: 26 Mayıs 2017 Ankara Dolu Yağışı	M. Kuddusi SARI, Yasin ER	357

TÜRKİYE RADAR GÖRÜNÜRLÜK ANALİZİ İNTERAKTİF UYGULAMASI

Alper ÇUBUK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
acubuk@mgm.gov.tr

Kurtuluş ÖZTÜRK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
kozturk@mgm.gov.tr

Yusuf ÇALIK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Bilgi İşlem Şube Müdürlüğü
Ankara
ycalik@mgm.gov.tr

Canberk KARADAVUT
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğü
Ankara
ckaradavut@mgm.gov.tr

ÖZET

Meteoroloji radarları nicel yağı tahmininde kullanılan en önemli enstrümanlardır. Ancak yazılımsal, donanımsal ve fiziksel pek çok sebepten ötürü gerçekleşen yağışın tahmin edilmesi yönünde eksikleri bulunmaktadır. Ülkemiz gibi topoğrafik açıdan radar işletilmesi zor olan coğrafyalarda özellikle kısmi ya da tam ışın engellenmesi problemi önemli hata kaynaklarından biridir. Bu çalışmada ülkemizin herhangi bir noktasının Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletin 18 adet radara göre ışın engellenmesi diyagramlarını elde etmek amacıyla açık kaynak kodlu (open source) olarak geliştirilen WradLib programı modifiye edilmiş ve web

üzerinde çalışacak hale getirilmiştir. Bu uygulama sayesinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından işletilen tüm otomatik istasyonların önceden hesaplanmış diyagramlarına veya ülkemiz üzerindeki herhangi bir noktanın diyagramına interaktif olarak erişilebilmektedir. Bu uygulamanın gerek tahminciler gerekse araştırmacılar için oldukça faydalı olacağı düşünülmektedir.

1. GİRİŞ

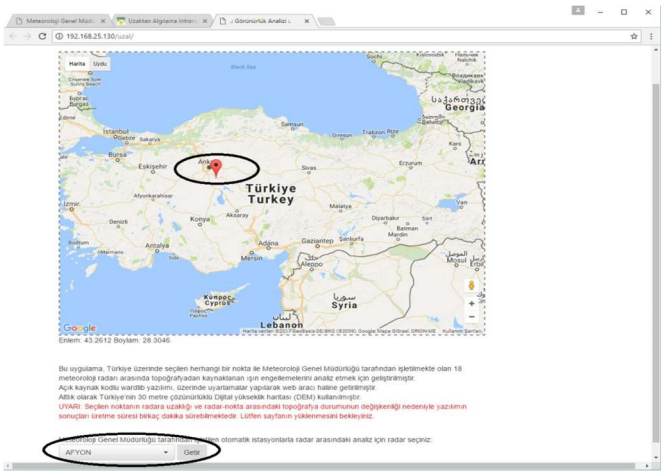
2000 yılında Ankara Radarının kurulumuyla başlayan ve yıllar için genişleyerek ve yenilenerek günümüzde toplamda 17 tane C band ve 1 tane X band olmak üzere toplamda 18 sayısına ulaşan Türkiye radar ağı hemen hemen tüm ülkemizi kaplayacak şekilde konumlandırılmaya çalışılmıştır, ülkemizin engebeli coğrafyası, meteorolojik, sosyolojik ve lojistik gereklilikler arasında bir denge tutturulması gerekmiştir. Oldukça engebeli olan coğrafyamızda uzun menzilli ölçümler yapılabilmesi için radarlar nispeten yüksek yerlere kurulmuş fakat meteorolojik olayları kaçırmamak adına bazen kapsama alanlarında kör nokta kalması kaçınılmaz olmuştur. Öte yandan ülkemizde meteorolojik amaçlı 1700'den fazla noktada gözlemler yapılmaktadır. Radar meteorolojistleri kısa vadeli tahmin yaparken veya hidrolojistler nicel yağış üzerine çalışmalar yaparken, radardan ilgilendikleri herhangi bir noktanın (veya yağış ölçerin bulunduğu noktanın) radar tarafından görülüp görülmediği veya yüzde kaçının görülebildiği, radar ışınının ilgili nokta üzerinde ulaştığı yükseklik, radarla istasyon arasındaki mesafe, radar ışının genişliği gibi soruların cevaplarını bilmesi önemlidir. Bu çalışmada geliştirilen web uygulaması sayesinde bu değerlerin hepsi interaktif olarak üretilebilmektedir.

2. YÖNTEM

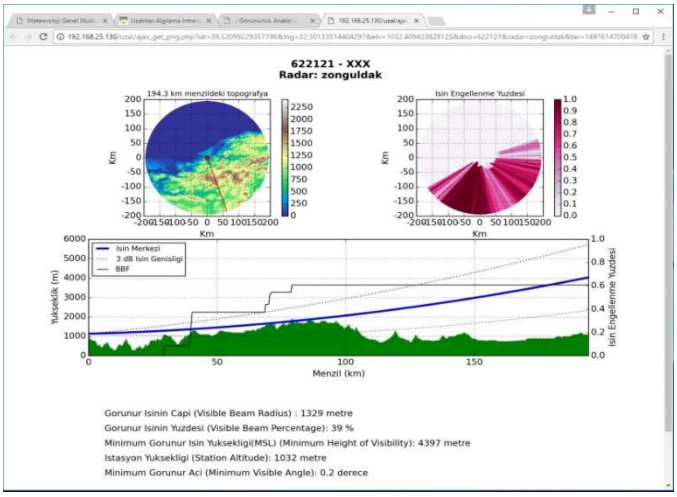
Türkiye radar görünürlük analizi program, açık kaynak kodlu olarak yayınlanan Python dilinde yazılmış WradLib programının ülkemiz radar ağına ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre modifiye edilerek gerçek zamanlı olarak çalışan bir web arayüzüne çevrilmesi ile geliştirilmiştir.

Uygulama harita üzerinde seçilen herhangi bir nokta ile radar arasındaki görünürlük analizini yapmaktadır. Altlık olarak kullanılan sayısal yükseklik modeli Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından Harita Genel Komutanlığından sağlanmıştır. Çözünürlüğü 30 metredir.

Uygulama radar ile istasyon arasındaki mesafe ve ufuk (azimut) açısını hesaplayarak radarın ilk tarama açısı ve ışın genişliği bilgisine göre analiz yapmaktır. Eğer ışının tamamı radar ile seçilen nokta arasındaki yol üzerinde herhangi bir engel tarafından engellendiyse ilgili radarın görevinde tanımlı olan bir sonraki tarama açısına geçilerek aynı işlem tekrarlanmaktadır. Bu işlem kısmi de olsa engellemesinin olmadığı açı bulununcaya kadar devam ettirilir. Uygulama web üzerinde çalışacak şekilde tasarlanmış olup şu an için MGM intranet sayfasında sunulmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Görünürlük Analizi uygulaması genel görünümü



Şekil 2. Seçilen herhangi bir nokta ile radar arasındaki engellenme durumunu gösteren uygulama çıktısı

Yapılan analiz, 3 grafik ve bazı sayısal sonuçlar içermektedir. Şekil 2'de sol üstteki grafikte radar ile seçilen nokta arasındaki mesafenin yarıçap olacağı bir daire çizilerek, radardan seçilen noktanın

arası kırmızı bir çizgi ile belirtilmiştir. Sağ üstte bulunan grafik ise bu alan içindeki radar ışının engellenme yüzdesini göstermektedir. Grafiğin skalası 0-1 arasındadır. 0.0 ışının tamamen geçtiğini 1.0 ise ışının tamamen engellendiğini ifade etmektedir. Alttaki grafik ise radar ile seçilen nokta arasındaki topografyanın dikey bir kesitidir. Bu grafikte ışın yüksekliği, genişliği ve engellenme yüzdesi bilgileri verilmektedir. En alttaki sayısal bilgilerdeki görünür ışının çapı; radar ışınının seçilen nokta üzerine ulaştığındaki metre cinsinden gerçek çapıdır. Görünür ışın yüzdesi; ışının nokta üzerine toplamda yüzde kaçının ulaştığıdır. Minimum görünür ışın yüksekliği; ışının nokta üzerine ulaştığında tabanının deniz seviyesine göre yüksekliğidir. İstasyon yüksekliği seçilen noktanın deniz seviyesine gore yüksekliğidir. Minimum görünür açı ise radarın yaptığı hacim taraması içinden hangi minimum açı seviyesi ile seçilen noktaya ulaşabileceği bilgisidir.

Uygulamada ayrıca her bir radardan en fazla 250 km uzaklıktaki alan içerisinde kalan ve MGM tarafından işletilen otomatik istasyonlar seçilerek daha önceden hesaplatılmış grafiklere ulaşılabiilir. Bu istasyonlara ulaşmak için anasayfadaki kayar menüden istenilen radar seçildikten sonra “Getir” tuşuna basılmalı ve alt taraftaki menü üzerinden istenilen istasyon seçimi yapılmalıdır.

3. SONUÇLAR

Bu uygulama sayesinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen tüm otomatik istasyonların önceden hesaplanmış görünürlük diyagramlarına veya ülkemiz üzerindeki herhangi bir noktanın görünürlük diyagramlarına interaktif olarak erişilebilmektedir. Bu uygulamanın gerek tahminciler gerekse araştırmacılar için oldukça faydalı olacağı düşünülmektedir. Çünkü radar tahmincisinin, tahmin yapacağı bölgenin radar tarafından görünürlük durumunu bilmesi oldukça önemlidir. Bu bilgiler ışığında radar ile yapacağı kısa vadeli tahminini daha gerçekçi olarak değerlendirebilir. Özellikle hidroloji konusunda çalışan araştırmacıların radarı kullanarak yapacağı nicel yağış tahmini çalışmalarında, minimum ışın yüksekliği ve radar ile yağış ölçerler arasındaki mesafe önem arzetmektedir. Bu uygulama sayesinde bu bilgilere çok hızlı bir şekilde erişilebilir.

KAYNAKLAR

[1] wradlib.org, Beam Blockage Calculation using DEM

HİDROLOJİK MODEL ÇIKTILARININ UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI: MANYAS GÖLÜ YUKARI HAVZASI ÖRNEĞİ

Alper UĞURLUOĞLU
Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
Su Bilgi Sistemi Şube Müdürlüğü
Ankara
augurluoglu@ormansu.gov.tr

A. Arda ŞORMAN
Anadolu Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Eskişehir
asorman@anadolu.edu.tr

ÖZET

Su yönetiminin sağlanması; hidrolojik, ekolojik, ekonomik açıdan birlikte ve uyum içerisinde değerlendirilmesiyle havza bazında sürdürülebilir olarak gerçekleştirilebilmektedir. Su yönetimi uygulamaları çerçevesinde tüm bileşenlerin temelinde yer alan hidrolojik modelleme çalışmaları, karar destek sistemlerinin ayrı düşünülmez bir parçasıdır. Karar vericilere karar alma süreçlerinde bilimsel bir destek sunan hidrolojik modeller, senaryo bazlı tahminlemeler yoluyla yatırımların, problemlerin çözümünün mevcut durumlarının korunması ve iyileştirilmesine yönelik tedbirlerin alınmasında önemli yer tutmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin ekosistem açısından önemli sulak alanlarından olan Manyas Gölü'nün Yukarı Havzası'nda HBV modeli ile gerçekleştirilen hidrolojik modelleme çalışması çıktılarından olan toprak nemi ve karla kaplı alan verilerinin uzaktan algılama yöntemleriyle karşılaştırmasını içermektedir. Toprak nemi olarak Avrupa Orta Ölçekli Hava Tahminleri Merkezi'nin (ECMWF) ve karla kaplı alan için Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi'nin (NOAA) ürettiği uydu görüntülerinden faydalanılarak çalışma havzasında 2012-2015 su yıllarını kapsayan doğrulama analizleri yapılmıştır. Sonuçlara göre hidrolojik model

çıktıları ve uydu verileri arasında başarılı bir uyum olduğu, bu durumun da güvenilir model parametreleri seçildiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler : uzaktan algılama, toprak nemi, kar kaplı alan, hidrolojik modelleme

1. GİRİŞ

Suyun öneminin arttığı günümüzde hidrolojik bileşenlerin dağılımının ortaya konması, bir çalışma alanı içerisinde suyun miktarına yönelik belirli bir sorunun çözülmesi veya durum tespitinin yapılması, günden güne artan hidrolojik modelleme çalışmaları aracılığıyla yapılabilmektedir.

Yirminci yüzyılın son çeyreğiyle birlikte havza ölçeğinde su yönetimi ön plana çıkarak bütüncül bir yaklaşımla mevcut durum ortaya konulmakta ve problemlere çözüm aranmaktadır. 1900'lü yıllardan bu yana geliştirilmekte olan metotlar, günümüzde gerek paket ürün yazılımlar gerekse açık kaynak kodlu hidrolojik modeller halinde geliştirilmiş olarak kullanılmaktadır. Hidrolojik sistemlerin karmaşıklığı, detaylarıyla anlaşılamaması ve sistem davranışı tepkileri modeller aracılığıyla çözümlenebilmektedir. (Xiong & Guo, 1999)

Havza bazlı hidrolojik modellemenin iki temel amacı bulunmaktadır. Birincisi, sistemin işleyişi ve sistemdeki değişikliklerin etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesidir. İkincisi ise tahmin ve tasarımlar için zaman serileri üretilmesidir. Bununla birlikte, hidrolojik modellemenin uygulamadaki amaçları suyun yönetimine dair gerçekleştirilen çalışmaların uhdesinde aşağıdaki gibi detaylandırılabilmektedir (Chong-yu, 2006).

- Su kaynaklarının kullanılabilirliğin arttırılması amacıyla yapılan barajların, tesislerin planlanması, işletilmesi, geliştirilmesi gibi konularda ihtiyaç duyulan verinin geleceğe yönelik tahmin edilmesi,
- Ölçüm verisi bulunmayan havzalarda hidrolojik verinin üretilmesi,
- Havzalardaki arazi kullanımı değişikliği, iklim değişikliği gibi değişimlerin havzaya etkisinin ortaya konulması,
- Su tahsisinin sektörel bazda sağlanması amacıyla su bütçelerinin hesaplanması ile miktarın yönetilmesi ve tahminlenmesi,

- Yerüstü sularında su kalitesinin değerlendirilmesine yönelik kütle dengesi çalışmalarında kullanılacak akımların belirlenmesi ve tahminlenmesi,
- Doğal afet olarak sayılan kuraklık ve taşkın gibi hidrolojik olayların tahminlenmesi gibi amaçlarla hidrolojik modelleme çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

Bu bağlamda, bu çalışma 2012-2015 yılları arasında Manyas Gölü Yukarı Havzası'nda gerçekleştirilen hidrolojik modelleme çalışmasından elde edilen toprak nemi ve karla kaplı alan verilerini uzaktan algılama yöntemleriyle karşılaştırmakta olup, hidrolojik modellerin doğrulanması ve güvenilirliğine ilişkin uzaktan algılama verilerinin önemini ortaya koymaktadır.

2. MODEL ÇALIŞMALARI

Hidrolojik Modelleme çalışmaları 20. Yüzyılın başlarından günümüze kadar pek çok alanda gerçekleştirilerek literatürde yerini almıştır.

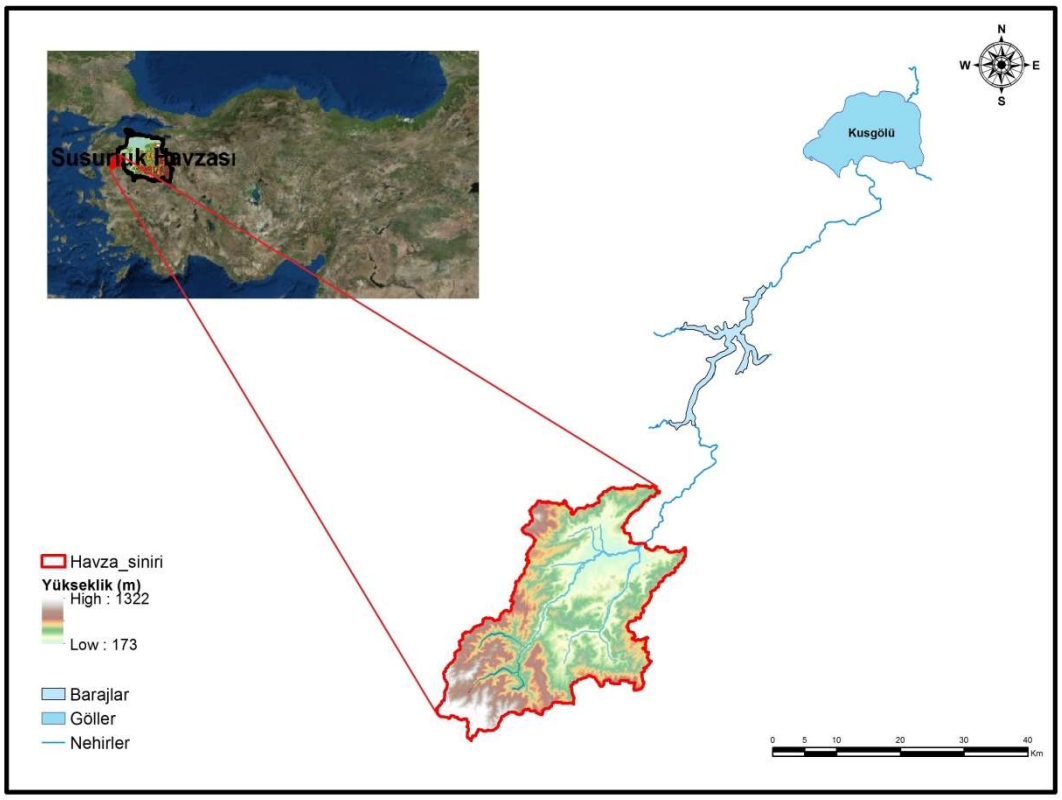
Slovenya'nın en büyük nehirlerinden olan Sava Nehri'nin havzası Primožič ve Ark. (2008) tarafından İsveç menşeili HBV model ile modellenmiştir. 10.700 km^2 havza alanına sahip Sava Nehir Havzası, Danube Nehri'nin de önemli kollarındandır. Model, 26 alt havza oluşturularak günlük kalibrasyona göre yapılandırılmıştır. 1990-2006 yıllarında koşturulan model 1990-1999 yılları arasında kalibre edilmiştir. 2000-2006 yılları validasyon amaçlı kullanılmıştır. Ortalama 0.86-0.90 model verimi elde edilmiştir.

Normand ve ark. (2010) tarafından HBV modeli, Doğu Nepal'deki Tamor havzasında 1987-1996 yılları arasında çalıştırılıp GAP (genetic algorithm package) optimizasyon yöntemi ile kalibre edilmiştir. %69 oranında model verimi elde edilen çalışmada düşük akışların iyi simüle edildiği ortaya konmuştur. Pik akışların yakalanmasında model verimi %62'lere düşmüş olup düşük akışlara göre daha az bir uyum söz konusu olmaktadır.

4.1.Çalışma Alanı

Bu çalışma kapsamında, hidrolojik modelleme uygulamasının sağlıklı ve doğru bir yaklaşım içerisinde gerçekleştirilebilmesi amacıyla antropojenik etkinin olmadığı veya çok az görüldüğü bir havza olarak Manyas Baraj Gölü Yukarı Havzası seçilmiştir.

Çalışma alanı olarak belirlenen Manyas Gölü Yukarı Havzası, idari olarak Balıkesir ilinin Bandırma ve Manyas sınırları içerisinde bulunan Manyas Gölü'ne drene olan akarsuların oluşturduğu ve coğrafi koordinatları 40°10′ Kuzey, 28°00′ Doğu arasında kalan alanı kapsamaktadır. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası Şekil 2-1.'de verilmektedir.

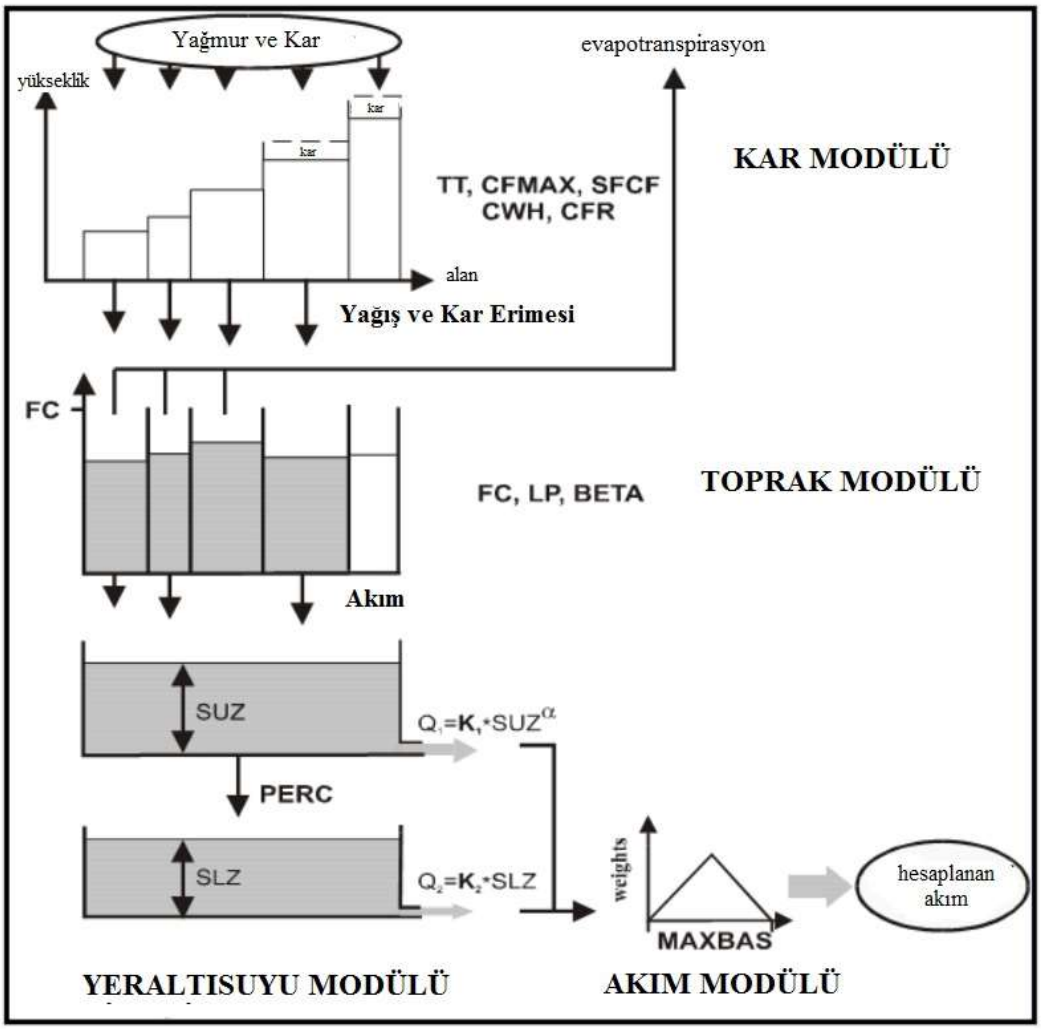


Şekil 2-1. Çalışma Alanı Yer Bulduru Haritası

4.2.HBV Modeli

Bu çalışmada kullanılan HBV modeli (Bergström, 1976) ilk olarak 1970'lerde İsveç Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü (SMHI)'nde yer alan "Hydrologiska Byrans Vattenavdelning" biriminde havzadaki akışın modellenmesi amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Geçen yıllar boyunca HBV modeli İsveç Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü (SMHI) tarafından geliştirilmekte olup (Bergström, 1992) akış simülasyonu amaçlı yaygınca kullanılmaktadır. Bununla birlikte, HBV ve modifiye versiyonları yaklaşık 45 ülkede uygulanmaktadır (Bergström, 1992).

HBV modeli içindeki çalışma akış diyagramı sırasıyla kar modülü, toprak modülü, yeraltı suyu modülü ve akım modülü olarak Şekil 2-2'de yer alan akış diyagramında görülmektedir.



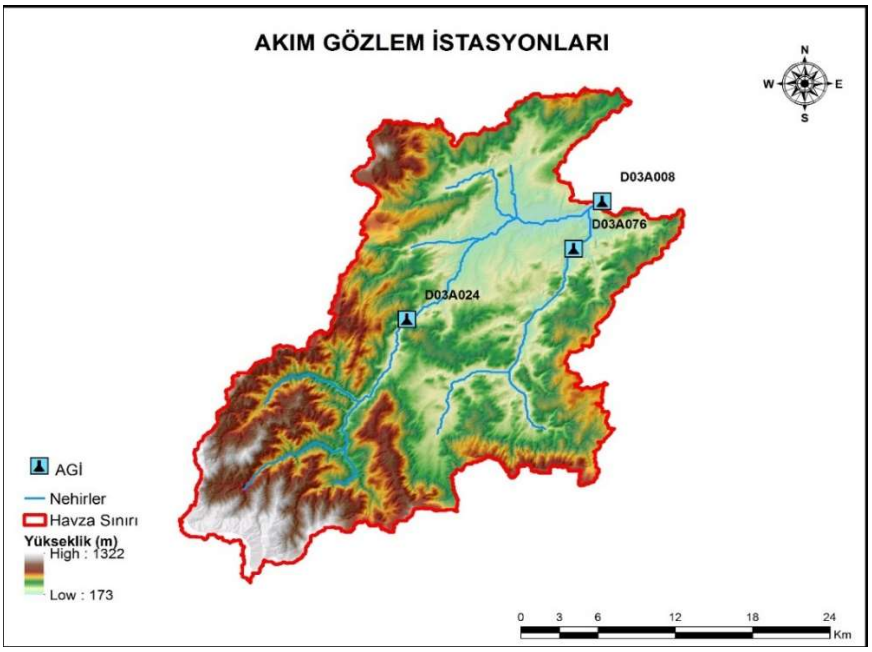
Şekil 2-2. HBV akış diyagramı

4.3.Model Girdileri

HBV modeli, yağış [mm/Δt], sıcaklık [ºC] ve akım değerlerini [mm/Δt] içeren tarihsel verileri, buharlaşma verisi ise [mm/Δt] uzun dönemli aylık ortalama değerlere ihtiyaç duymaktadır. Farklı zaman serileri (saatlik, günlük, mevsimlik…) gibi zaman adımlarında veri kabul edilen model ile gerçekleştirilen bu çalışmada günlük veriler kullanılmıştır.

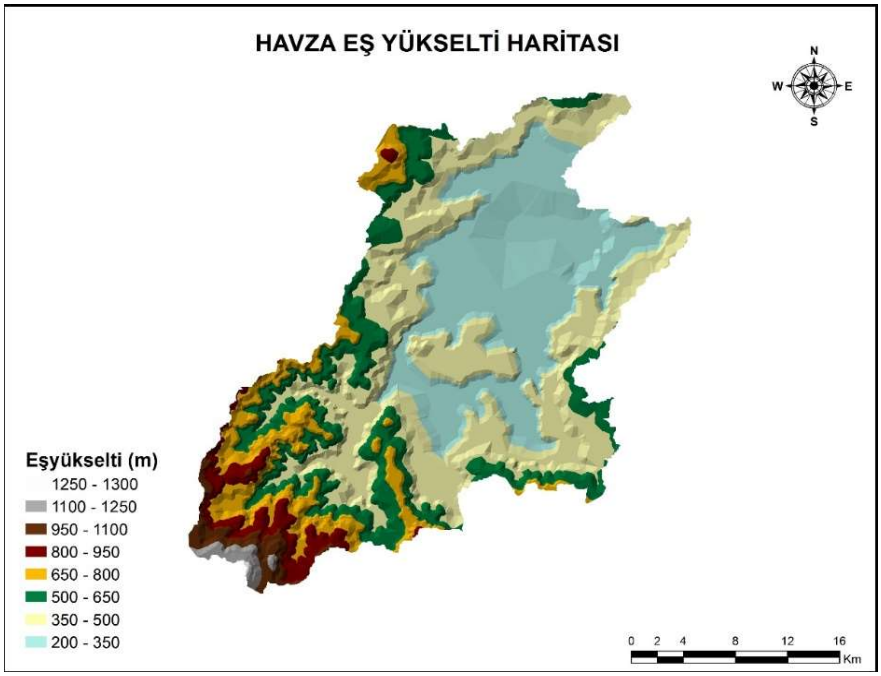
Türkiye'de hidrometeorolojik verilerinden sorumlu olan kurumlar Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'dür. Bu çalışma kapsamında gerekli olan veriler söz konusu kurumlardan temin edilmiştir. Çalışma alanı olan Manyas Gölü Yukarı Havzası'nın konumu göz önüne alınarak MGM veri tabanlarında, veri temin edilebilecek 9 adet gözlem istasyonu tespit edilmiştir (Şekil 2-3). DSİ tarafından işletilen Akım Gözlem İstasyonlarında (AGİ) toplanan günlük akım verileri, havza içerisinde yer alan, hali hazırda açık olan ve veri bulunan AGİ'ler araştırılarak 3 adet istasyondan elde edilmiştir.(Şekil 2-4).

Şekil 2-3 Çalışma Alanına Ait Meteorolojik Gözlem İstasyonları



Şekil 2-4. Akım Gözlem İstasyonları

Bu çalışma kapsamında, Manyas Gölü Yukarı Havzası Eş Yükselti haritası (Şekil 2-5) oluşturularak CBS ortamında alana ait veriler hesaplanarak modelin yarı dağılımlı olarak kullanılması sağlanmıştır.



Şekil 2-5. Havza Eşyükselti Haritası

Bu çalışma kapsamında, verilerin havzaya etkisi ölçeğinde incelenmesi sonucunda Şekil 2-3.'de tespit edilen meteorolojik istasyonların, havzayı en iyi temsil edeceği kabul edilen güneyde Bergama, batıda Burhaniye ve doğuda Balıkesir Havalimanı istasyonları kullanılmıştır.

4.4.Kalibrasyon ve Validasyon

Kalibrasyon; girdilerin matematiksel eşitlikler kullanılarak çıktılara dönüştürülmesiyle, girdi-çıktı uyumunun matematiksel eşitlikleri oluşturan ve model parametreleri adı verilen parametrelerin üzerinde değişiklikler yapılarak uyumun optimize edilmesini ifade etmektedir. Bir hidrolojik modelin kalibrasyonu genellikle deneme yanılma metoduyla gerçekleştirilmektedir (Bergström, 1992).

Validasyon; uygunluğu kabul edilmiş parametrelerin, kalibrasyon dışında kalan zaman aralığındaki girdiler ile kullanılarak elde edilen çıktılar üzerinde uygulanması işlemidir. Validasyon bir anlamda parametrelerin, dolayısı ile modelin doğrulanmasıdır.

Bu çalışma kapsamında, Manyas Gölü Yukarı Havzası'nda 5 farklı amaç fonksiyonu (R_{eff}, $LogR_{eff}$, $PeakR_{eff}$, $0.5R_{eff}$ + 0.5 $PeakR_{eff}$ ve $0.5R_{eff}$ + 0.5 $LogR_{eff}$) kullanılarak modelin kalibrasyonu yapılmıştır.

Uygulamada, 2003-2015 hidrolojik yılları baz alınmış olup, bu aralığın farklı hidrolojik dönemleri (kurak, yağışlı, normal) içermesi ve ön çalışmayla birlikte en verimli sonuçları veren periyod olması maksadıyla 2007-2011 yılları arasında kalibrasyon dönemi seçilmiştir. 2003-2006 ve 2012-2015 yılları arasında modelin validasyonu gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen optimum amaç fonksiyonu ve bu diğer amaç fonksiyonlarına göre verim değerleri Tablo 1.'de verilmektedir.

Tablo 1. Optimum olarak belirlenen Amaç Fonksiyonu Sonuçları

Amaç Fonksiyonu	Yıl	Ağırlıklı R_{eff}	R^2	R_{eff}	R_{eff} Peak	Log R_{eff}
$0.5R_{eff}$ + 0.5 $LogR_{eff}$	**2003-2006**	0.68	0.63	0.62	0.31	0.73
	2007-2011	0.66	0.70	0.60	0.55	0.72
	2012-2015	0.57	0.67	0.39	0.32	0.76

Kalibrasyon sonucu elde edilen parametrelerin doğrulanmasının yanında bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen 2012-2015 dönemleri arasında üretilen model sonuçlarının, uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak elde edilen toprak nemi ve karla kaplı alan verileri ile doğrulanması işlemi gerçekleştirilmiştir.

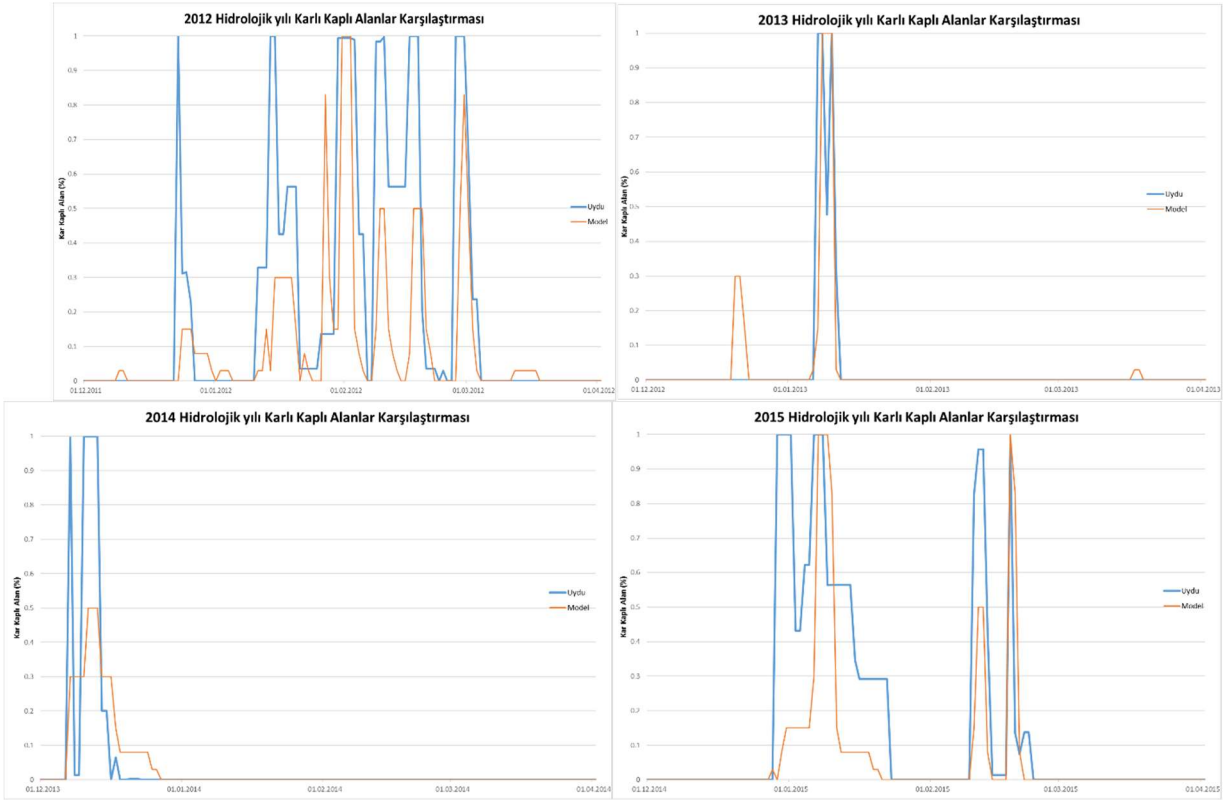
4.5.Uydu Verileri

Dünyada uydu görüntülerinin işlenerek birçok çalışmada kullanılması günümüzde oldukça yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte su kaynakları ve bileşenlerine dair verileri toplanması kapsamında da önemli hava merkezleri ve kuruluşlar uydu görüntüleri verileri sağlamaktadır. Bu kapsamda, bu çalışmada yer alan karla kaplı alan verisi, Dünya'daki hava ve deniz olaylarını araştırması amacıyla Amerika Birleşik Devletleri'nin bir kurumu olan *Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi* (NOAA)'nden temin edilmiştir. 2013-2015 hidrolojik yıllarına ait toprak nemi verisi ise *Orta Ölçekli Hava Tahminleri için Avrupa Merkezi* (ECMWF) uydu görüntülerinden elde edilerek 4 farklı yüksekliğe ait katman olarak kullanılmıştır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma ile Manyas Gölü Yukarı Havzası'nda gerçekleştirilen hidrolojik modelleme uygulamasından elde edilen toprak nemi ve karla kaplı alan verileri, uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak uydu görüntülerinden elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır.

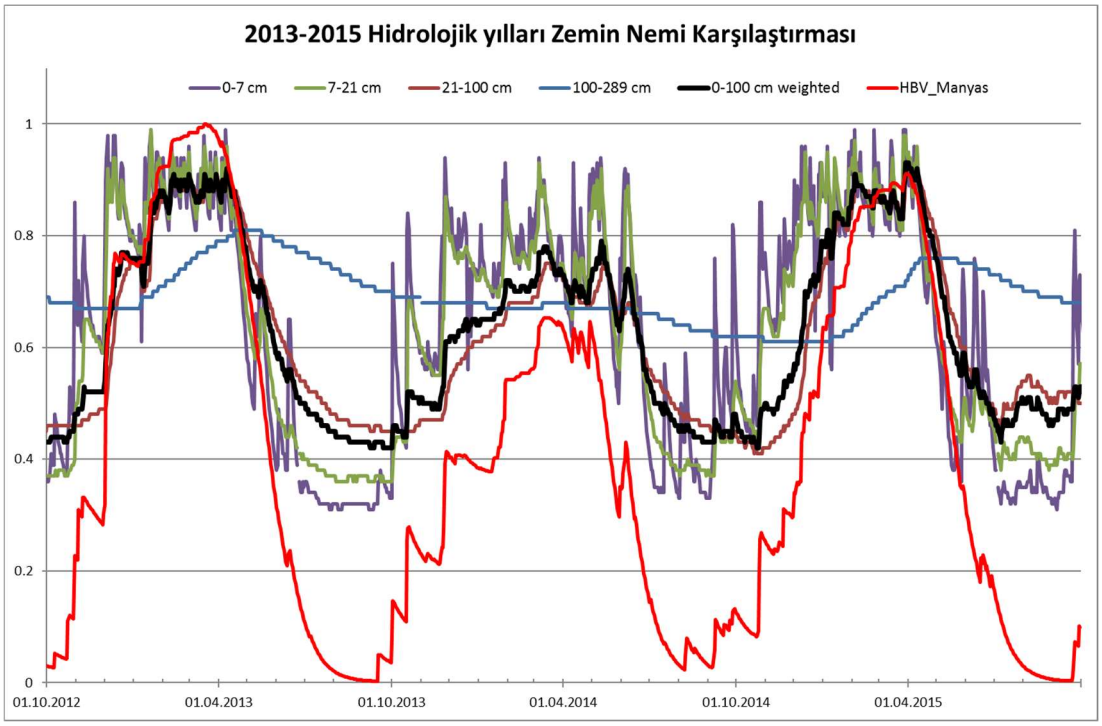
Model ve gözlem sonuçları arasında karla kaplı gün sayıları dikkate alınarak yapılan değerlendirme kapsamında Şekil.3.1.'de 2012-2015 hidrolojik yılları kış aylarındaki karlı kaplı alan karşılaştırılmaları görülmektedir.



Şekil 3.1 2012-2015 Hidrolojik yılları Karlı Kaplı Alanlar Karşılaştırması

Mertebe ve genel eğilim açısından model sonuçları ile gözlem değerleri uyuşmaktadır. Bununla birlikte, gözlem ve model sonuçlarında yer alan karla kaplı gün sayıları arasındaki yüzdesel ilişki kar bulunması muhtemel olan 01 Aralık-01 Haziran ayları (184 gün) göz önüne alınarak 2012, 2013, 2014, 2015 yılları için sırasıyla **%93**, **%98**, **%98**, **%97** olarak bulunmuştur. Bu değerler, modelin kar modülünün yüksek doğrulukla çalıştığını göstermektedir.

2013-2015 hidrolojik yılları toprak nemi verisine ilişkin model ve uydu görüntü karşılaştırma sonuçları Şekil 3.2'de verilmektedir.



Şekil 3.2. 2013-2015 Hidrolojik yılları Toprak Nemi Karşılaştırması

Şekil 3.2'de verilen grafikten de görüleceği üzere, bir metreye kadar gözlemlenen ortalama toprak nemi ve model sonuçları mertebe ve eğilim bakımından, özellikle kış ve bahar aylarında birbirine uyum göstermektedir. Yaz aylarında toprak modülünün, toprak nemi değerlerini 0'a yaklaştırdığını göstermektedir. Bu durumun modelin toprak nemine etkiyen parametrelerinden kaynaklandığı düşünülmekte olup etkilerinin gözlenmesi için ayrı bir çalışma yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte, toprak nemi atımlarının ortak eğilimde olması, toprak modülünün doğru çalıştığını göstermektedir. Çalışma alanı için gözlem değerlerinin toprak neminin %40'ın altına düşmediğini göstermektedir. Bu durum modelin toprak nemini eşik bir değer parametresi ile sınırlandırması gerektirdiği düşüncesini ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

Bergström, S. (1976). *Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments.* İsveç: Swedish Meteorological and Hydrological Institute.

Bergström, S. (1992). The HBV Model: Its Structure and Applications. *Hydrology* (s. 35). Norrkoping: Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI).

Chong-yu, X. (2006). Chapter 1 Modellıng In Hydrology. X. Chong-yu içinde, *Hydrologıc Models* (s. 1-1, 1-11). UPPSALA: Uppsala University Department of Earth Sciences Air and Water Sciences.

Mulvany, T. (1850). *On the use of self-registering rain and flood gauges in making observations of the relations of rain fall and of flood discharges in a given catchment* (s. 18-33). Dublin: Proceedings of the Institution of Civil Engineers of Ireland.

Normand, S., Konz, M., & Merz, J. (2010). An application of the HBV model to the Tamor Basin in Eastern Nepal. *Journal of Hydrology and Meteorology*, 49-58.

Primožič, M., Kobold, M., & Brilly, M. (2008). The Implementatıon Of The Hbv Model On The Sava Rıver Basın. *IOP Conference Series: Earth and environmental science*.

Xiong, L., & Guo, S. (1999). Two-parameter monthly water balance model and its application. *Journal of Hydrology*, 111-123.

X VE C BANT RADARLARIN YAĞIŞ TAHMİNLERİNİN YER GÖZLEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

Burak Bozkurt
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
bbozkurt@mgm.gov.tr

Aysel Yılmaz
Gaziantep Meydan Meteoroloji Müdürlüğü
Gaziantep
ayselyilmaz@mgm.gov.tr

ÖZET

Meteorolojik radarlar kısa zamanlı hava tahminlerinde önemli bir yer tutar. Bu sebeple, toplam yağış miktarı, reflektivite, hız gibi değerlerin farklı tip radarlarda değişik sonuçlar vermesinin nedenleri, tahminciler için üzerinde durulması gereken bir hususdur. Bu çalışmada Atatürk Hava Limanı'ndaki çift (dual) polarizasyon özellikli Mobile X Bant radar ile yine çift (dual) polarizasyon özellikli C Bant Bursa radarı ve tek (single) polarizasyon özellikli C Bant İstanbul-Çatalca radarlarında hesaplanan toplam yağış miktarları İstanbul, Yalova ve Tekirdağ'da bulunan üç yağış otomatik istasyon verileriyle karşılaştırılmıştır. Üç radar için de reflektivite ve spesifik diferansiyel faz değerlerinden yararlanılarak toplam yağış miktarları hesaplanmıştır. Burada amaç topografya, atmosferik şartlar (kırınım, atenüasyon) ve radar sinyal özellikleri (dalga boyu, frekans) gibi etkenlerin radarda hesaplanan yağış miktarları üzerindeki değişiminin gözlemlenmesidir. Elde edilen sonuçlara göre stratiform yağışlarda, Marshall-Palmer, reflektivite-yağış bağıntısına göre hesaplanan değerler yer seviyesinde ölçülenlere göre çok düşük olup bunun yerine yatay ve dikey sinyallerin yayılma hızlarındaki değişim baz alınarak hesaplanan miktarlar yağış ölçer verileriyle daha tutarlıdır. Mobil radarda ise ışın engellemesi, atenüasyon gibi nedenlerden ötürü reflektivite değerleri çok düşüktür. Ayrıca İstanbul-Çatalca radarı tek (single) polarizasyon özellikli olduğundan, atenüasyon düzeltilememektedir. Bu

nedenle Marshall-Palmer yağış değerleri çok düşüktür. Konvektif yağışlarda atmosferde dikey yönlü büyük bir hareket vardır. Bu durum atmosferde kararsız bir yapıya sebebiyet verir. Homojen bir hücreden bahsedilemediği için elektro-manyetik dalgaların meteorlar içindeki yayılma hızlarındaki değişim daha azdır. Bunun aksine konvektif hücrelerdeki yansıma daha güçlüdür. Bu durum ölçülen reflektivitenin yüksek olmasına yol açar.

Anahtar Kelimeler: reflektivite, spesifik diferansiyel faz, atenüasyon, Marshall-Palmer dağılımı

1. GİRİŞ

Meteorolojik radarlar elektro manyetik dalgaların atmosferdeki çeşitli objeler ile etkileşimi prensibine göre çalışırlar. Bu etkileşim, yansıma, saçılım veya yayılma şeklinde olur. Burada yayınlanan elektro-manyetik sinyallerin dalga boyu önemli bir yer tutar. Meteorolojide kullanılan radarlar için en uygun bant aralığı, atmosferdeki parçacıklar arasındaki etkileşimden kaynaklanan atenüasyonu minimize etmek için, X,C ve S bant'tır. Ülkemizde S bant meteoroloji radarı bulunmamaktadır. Aşağıdaki tabloda ülkemizdeki meteorolojik radarların frekans ve dalga boyları verilmiştir.

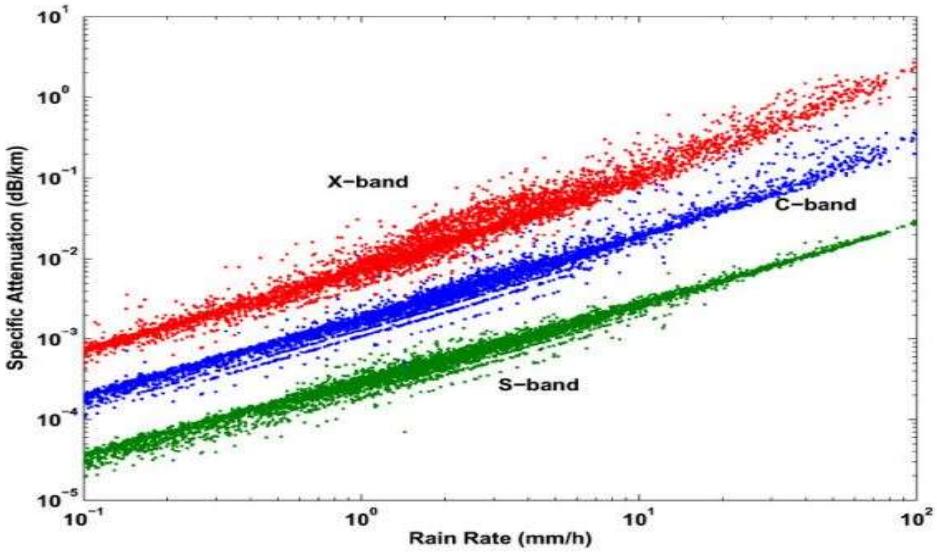
Tablo 1. Radar Bantları

Bant	Frekans	Dalga Boyu
C	4-8 GHz	8-4 cm
X	8-12 GHz	4-2,5 cm

X bant radarların dalga boyu en küçük olduğundan atmosferdeki etkileşim diğer radarlara göre daha fazladır. Bu, yayınlanan sinyallerde atenüasyona yol açar. Bu tip radarlarda en uygun menzil yaklaşık 50 km'dir. C bant radarlarda ise bu menzil yaklaşık 120 km'dir. Bununla beraber X bant radarların kurulumu ve olası bir durumda taşınması daha kolaydır.

Tek polarizasyon özellikli radarlar sadece yatay; çift polarizasyon radarlar ise hem yatay hem de dikey yönlü elektromanyetik dalga yayınlayarak atmosferden yansıyan gücü ölçerler. Buna reflektivite denir. Çift polarizasyon radarlarda yatay ve dikeydeki reflektivite oranları ve aralarındaki korelasyona bakılarak hidro meteorların tipi, büyüklüğü hakkında bilgi edinilebilir.

Radar sinyalleri coğrafik şartlardan ötürü kısmen ya da tamamen absorbe edilebilir. Bunun sonucu olarak radardan çok uzaktaki hedeflerden daha zayıf yansıma meydana gelir. Böylece söz konusu yerlerde yağışlar daha az hesaplanmış olur. Bununla beraber radardan yayınlanan sinyallerin gücünde atmosferik gazlar, yağış partikülleri, bulutlar, diğer nesneler v.b objelerden saçılma, emilim gibi nedenlerden dolayı atenüasyon meydana gelir. Bant aralıklarına göre oluşan atenüasyon şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Radar Bant-Atenüasyon Grafiği

Grafiğe göre X bant radarlar, dalga boyu daha küçük olduğundan, atmosferde daha çok saçılma, yansımaya maruz kalırlar. Bu sebeple atenüasyon C bant radarlara göre daha fazladır. Radarın hesapladığı yağış miktarları da bu durumdan etkilenir.

Radar ölçümlerini etkileyen diğer bir faktör ise "clutter" olarak sınıflandırılan istenmeyen ekolardır. Bunlar radar ışınlarının etraftaki kuş, böcek, hava taşıtları, gemi, deniz dalgası, bina gibi nesnelerden yansımasıyla oluşur. Clutter'ları ayırt edebilmek için Doppler radarları kullanılmalıdır. Bu tip radarlarda piksel olarak hız parametresine bakılıp hareketsiz nesneler belirlenir. Doppler radarlar bu tür ekoları gerçek yağış hücrelerinden ayırır. Hareketli, dönen cisimler için ise bu yöntem geçerli değildir.

Çift polarizasyon radarlarda gönderilen ışınların hidro meteorlar içerisinde yayılma hızları damlacığın simetrisine göre yatay ve dikeyde farklılık gösterir. Oluşan faz farkı Φ_{DP} olarak adlandırılır. İzotropik partiküllerde Φ_{DP} düşüktür. Φ_{DP}'in her birim mesafedeki değişimi spesifik

diferansiyel faz (K_{DP}) değerini verir. K_{DP}, reflektiviteye göre yağış miktarlarının belirlenmesinde daha kesin sonuçlar verir. K_{DP}, clutter, atenüasyon gibi durumlardan etkilenmez. Özellikle X bant radarlarda reflektiviteden ziyade K_{DP}'ye bakmak daha doğru olacaktır. K_{DP}'in dezavantajı ise yağışın düşük olduğu zamanlarda radar sinyallerinin gürültüden daha fazla etkilenmesidir. Bu sebeple K_{DP}, yoğun yağışlarda (özellikle 50 mm/h ve daha büyük) daha doğru sonuçlar verir.

2. DATA VE METOTLAR

Meteoroloji radarları yağış hesaplarında "quantitative precipitation estimation"(QPE) ilkesine dayalı çalışırlar. Ölçülen reflektivite ve K_{DP} değerleri için yağış miktarları hesaplanır. Bu çalışmada "Marshall-Palmer" reflektivite-yağış bağlantısı ile "Pruppacher-Beard" ve "Ryzhkov-Zrnic" K_{DP}-yağış algoritmalarından yararlanılmıştır. İlgili bağıntılar aşağıda gösterilmiştir. [1]

1) $Z=200*R^{1,6}$ (Marshall-Palmer Bağıntısı)

2) $R=18,87*(K_{DP})^{0,835}$ (C Bant Pruppacher-Beard Bağıntısı)

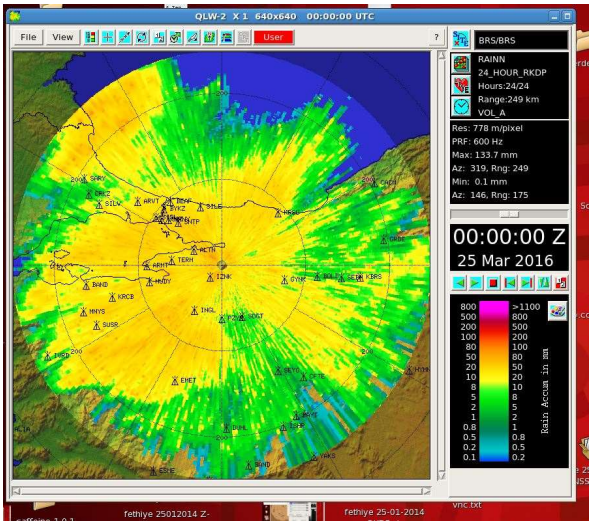
3) $R=17,38*(K_{DP})^{0,79}$ (X Bant Ryzhkov-Zrnic Bağıntısı)

Stratiform bir yağışın 24 saatlik yağışölçer - radar kıyaslaması aşağıda sunulmuştur.

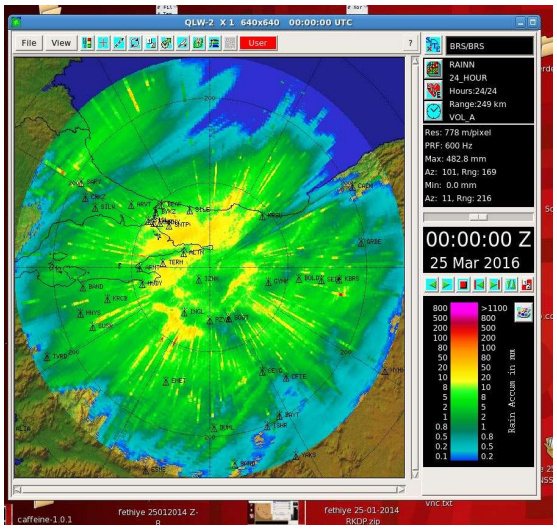
Tablo 2. OMGİ-Radar Tablosu

24.03.2016								
OMGİ				Bursa Radar		Mobil Radar		İstanbul Radar
İstasyon	Tip 1	Tip 2	Tip 3	R-KDP	Z-R	R-KDP	Z-R	Z-R
Şişli	32,60	27,42	29,20	33,99	7,62	29,16	1,53	13,03
Arnavutköy	12,00	11,67	12,40	17,69	3,60	8,86	1,12	4,82
Üsküdar	37,40	36,12	39,20	27,72	11,64	17,41	1,41	8,57
Ümraniye	19,00	18,56	20,00	26,46	13,79	6,65	1,64	8,68
Sancaktepe	16,20	14,21	15,10	26,66	10,29	6,16	1,76	6,25
Beykoz	16,50	14,8	14,70	31,22	7,18	7,51	1,13	5,45
Anadolu Feneri	27,60	25,34	27,20	18,60	6,07	2,99	1,59	5,34
Termal	16,90	16,18	16,80	32,47	11,31	13,28	5,13	9,51
Silivri	14,20	13,9	15,00	14,22	1,58	0,00	0,00	4,02

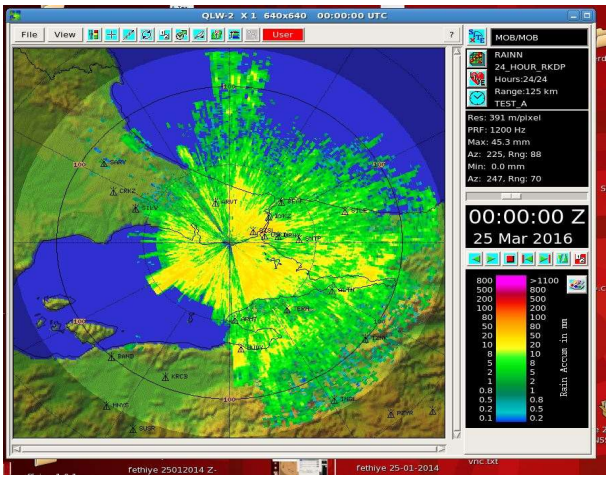
[1] Reflektivite Z ile yağış miktarı ise R ile sembolize edilir.



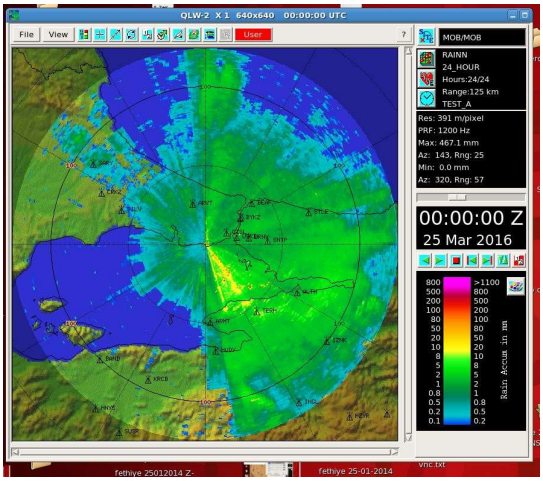
Şekil 2. Bursa Radar R-K_{DP} 24



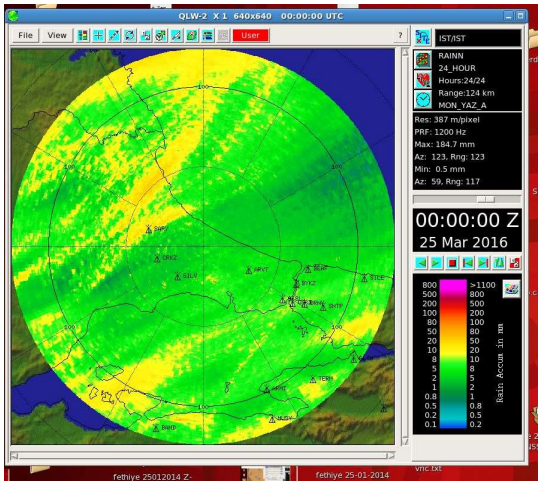
Şekil 3. Bursa Radar R-Z 24



Şekil 4. Mobil Radar R-K_{DP} 24

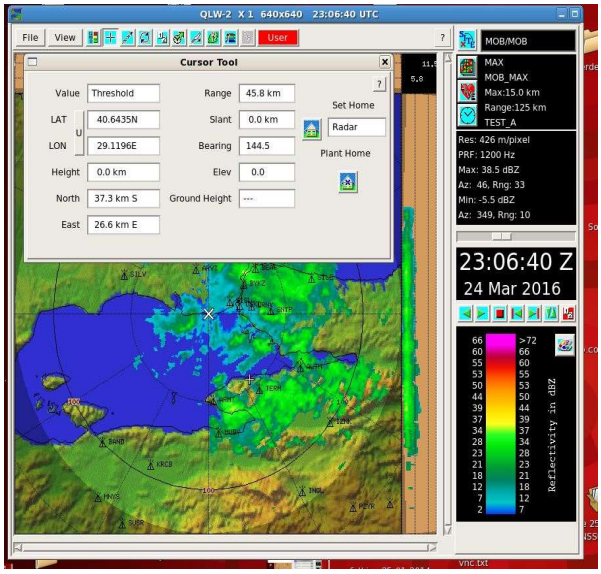


Şekil 5. Mobil Radar R-Z 24

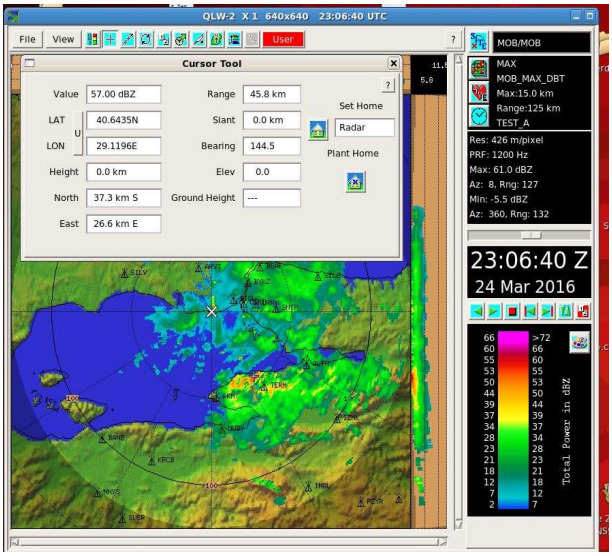


Şekil 6. İstanbul Radar R-Z 24

Burada en dikkat çekici hususlardan biri Yalova, Termal civarlarında mobil radarda görülen aşırı değerlerdir. (Şekil 5) MAX ve CAPPI görüntülerine bakılarak bölgedeki clutter'lar görülebilir. [2]



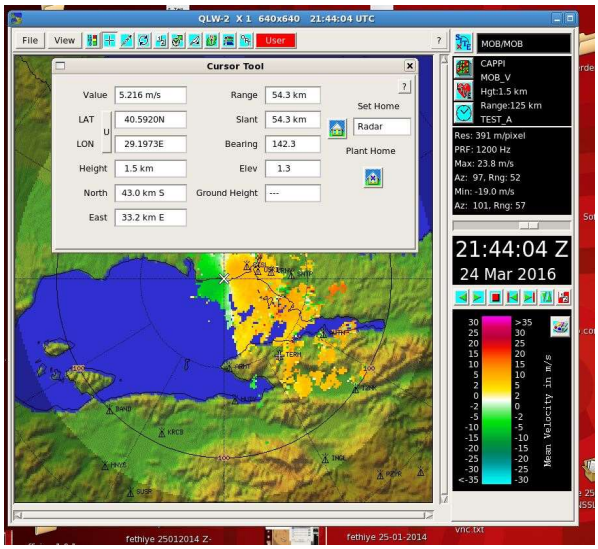
Şekil 7. Mobil-MAX. DBZ



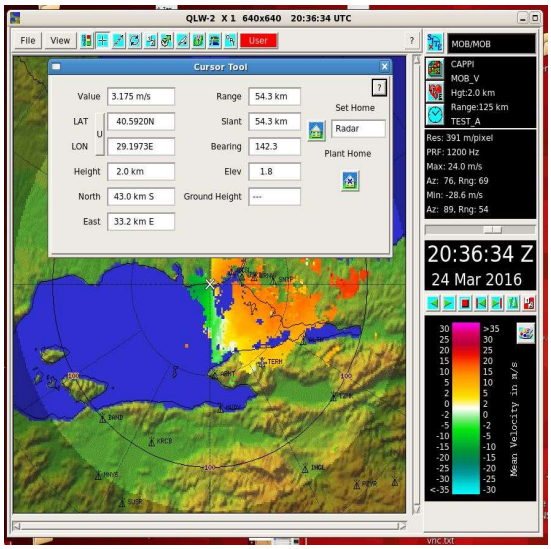
Şekil 8. Mobil-MAX. DBT

Şekil 7 ve şekil 8'deki reflektiviteler arasındaki farklar göz önüne alınınca Güney Marmara'daki clutter'lar görülecektir. Ayrıca hızların sıfırdan farklı olması radarların bu ekoları clutter olarak filtrelemesini önler. CAPPI hız ürünleri şekil 9 ve şekil 10'da gösterilmiştir.

[2] Clutter filtrenmiş reflektivite DBZ; filtrelenmemiş toplam reflektivite ise DBT olarak adlandırılır.

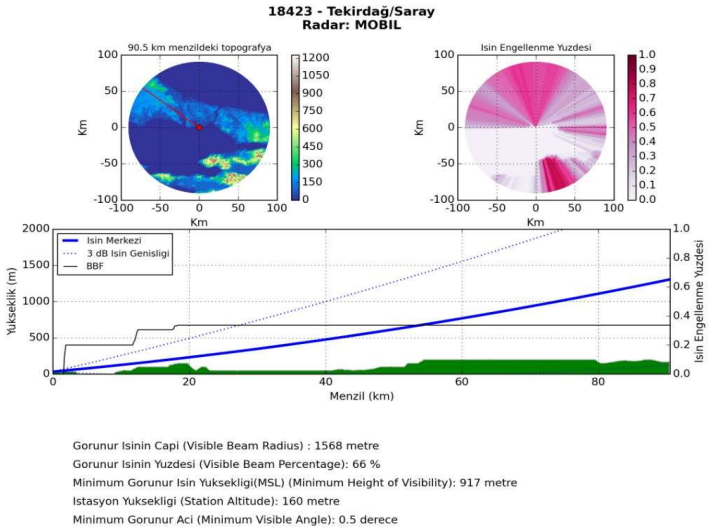


Şekil 9. Mobil CAPPI-1,5 km



Şekil 10. Mobil CAPPI 2,0 km

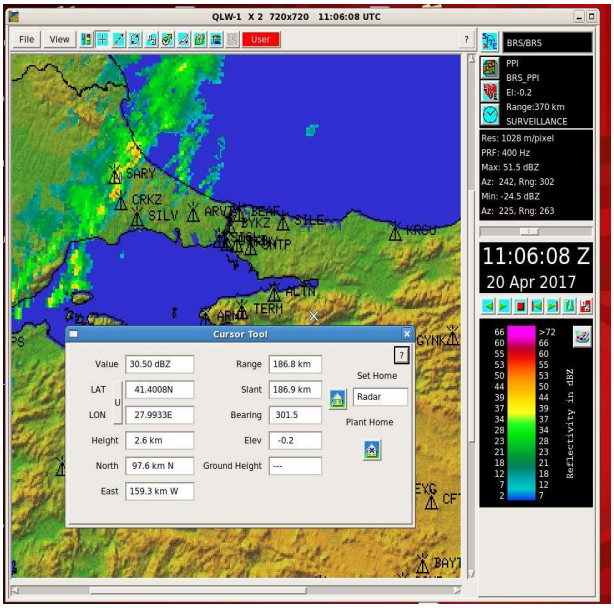
Diğer bir husus ise, özellikle mobil radarda görülen Tekirdağ, Silivri civarlarında hesaplanan düşük yağışlardır. Burada en önemli etken ışın engellenmesidir. (beam blockage)



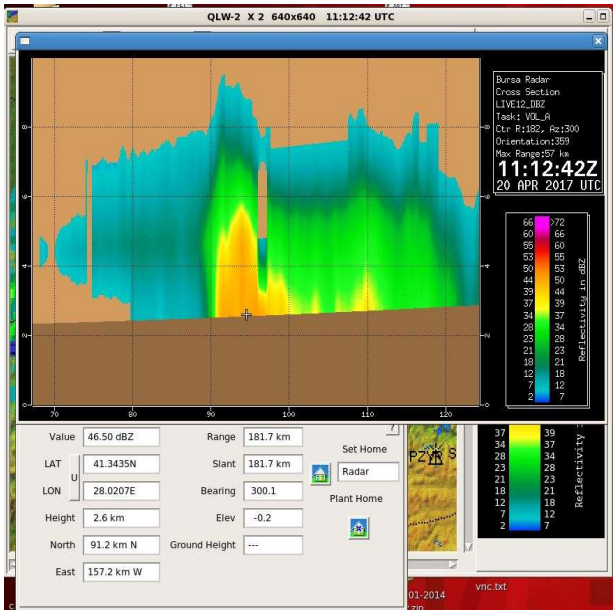
Şekil 11. Mobil-Tekirdağ Işın Engellenmesi

Buna göre mobil radardan gönderilen sinyallerin yaklaşık %34'ü Saray istasyonuna ulaşamamaktadır. Radar bu istasyonda 917 m'den daha az seviyeleri görememektedir.

Gök gürültülü sağanak yağış veya dolu gibi konvektif yağışlar atmosfer tabanından büyük bir dikey hareketlilik sonucu oluşur. Dolu, yapısında buz kristalleri ve su bulunduran heterojen bir yapıdadır. Radar ışınlarının doludan yansıması sonucu ölçülen reflektivite yağmura göre çok yüksektir. Ayrıca dolu, buz kristali gibi yapılarda K_{DP} sıfıra yakın değerler alır. 20.04.2017'de Tekirdağ-Saray yakınlarındaki 1 saatlik yağışlar incelendiğinde R-K_{DP}, Marshall-Palmer'a göre daha düşüktür. Bursa radarı bölgeye yaklaşık 190 km uzaktadır. Bursa PPI görüntülerinden, o bölgede Bursa radarının gördüğü en düşük yüksekliğin yaklaşık 2,6 km olduğu anlaşılır.



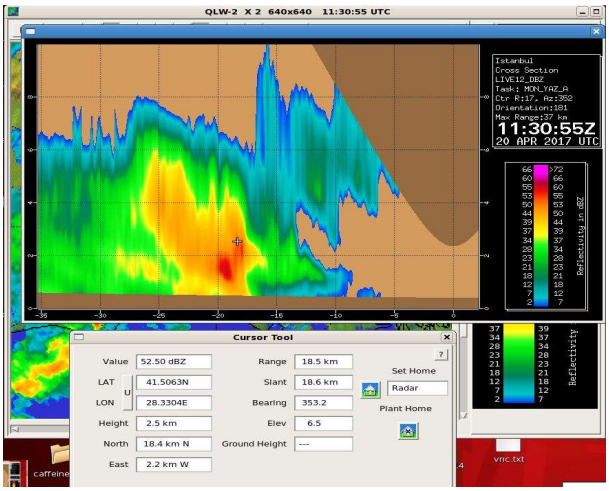
Şekil 12. Bursa- PPI



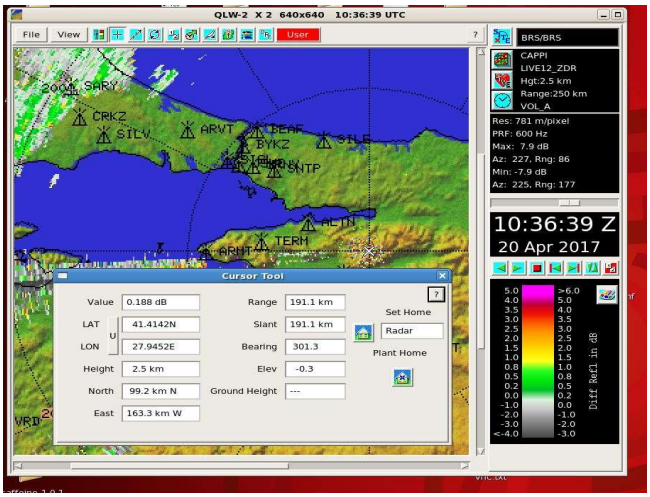
Şekil 13. Bursa Cross Section

İstanbul MAX ürününden alınan aşağıdaki kesitte ise konvektif yapı bariz bir şekilde görülebilir. Reflektivite göz önüne alınınca Marshall-Palmer yağış miktarının R-K_{DP}'den yüksek olduğu görülür.

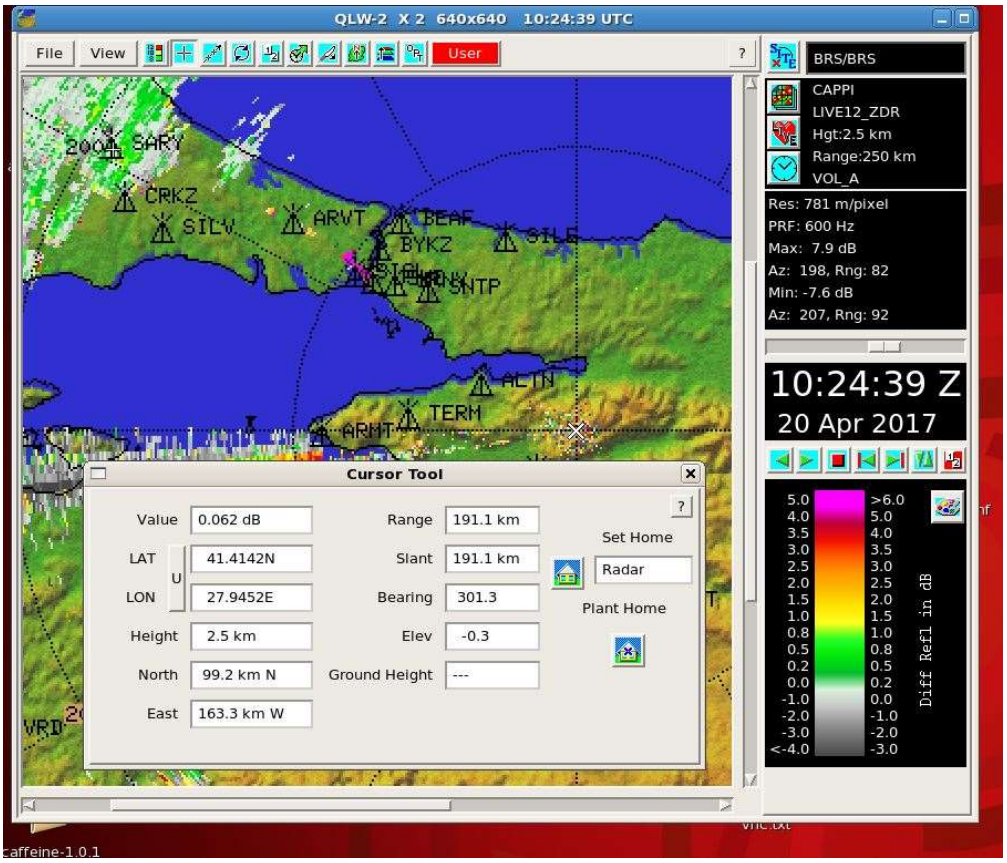
Çift polarizasyon özellikli radarlarda yatay ve dikey reflektiviteler arasındaki oran diferansiyel reflektiviteyi verir. Z_{DR} olarak adlandırılan bu parametre yağış tipinin belirlenmesinde çok etkilidir. Dolu, kar gibi küre biçimindeki yağış tiplerinde Z_{DR} sıfıra yakındır.



Şekil 14. İstanbul Cross Section



Şekil 15. Bursa Z_{DR}-1



Şekil 16. Bursa Z_{DR}-2

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Bursa, İstanbul ve mobil radarda hesaplanan toplam yağış miktarları yer seviyesinde ölçülen yağışlar ile karşılaştırılmıştır. Stratiform yağışlarda 24 saatlik; konvektif hadiselerde ise saatlik ve 5 saatlik yağış miktarları, reflektivite ve faz farklarındaki değişim temel alınarak üç farklı tip yağışölçerin bulunduğu otomatik istasyon verileriyle kıyaslanmıştır. Üç radarın ve istasyonların konumları ve yükseltilerinin birbirinden farklı olması, bu etkenlerin ölçümler üzerindeki etkilerini görmek açısından yararlı olacaktır.

Yapılan analizlere göre; çift polarizasyon radarların, tek polarizasyon özellikli radarlara oranla yağış hesaplamalarında daha doğru sonuçlar verdiği anlaşılır. Çünkü çift polarizasyon radarlarda hem yatay ve dikey reflektivite hem de yayınlanan sinyallerin yayılma hızına bağlı olarak oluşan faz farkları ölçülür. Reflektivite, yağış cinsi, damlacık büyüklüğü gibi durumlara K_{DP}'ye göre daha bağımlıdır. Ayrıca atenüasyon, ışın engellemesi reflektiviteyi etkiler. Tablo 2'ye göre K_{DP}, istasyon yağışlarına daha yakın sonuç vermiştir. Özellikle X bant radarlarda atenüasyon daha fazla olduğundan sadece reflektiviteye bakmak doğru olmaz. Bununla beraber X bant mobil radar yer seviyesinde olduğundan büyük bir ışın engellemesine (beam blockage) maruz kalır. Yukarıdaki görüntülere göre özellikle Trakya civarında mobil radar çok faydalı değildir. Mobil radar için diğer bir dezavantaj da özellikle alçak seviyelerdeki hareket halindeki clutter'ları filtreleyememesidir. Bu durum da reflektivitenin fazla ölçülmesine neden olur.

Radar ışınları doğrusal değil; huzme şeklinde yayılırlar. Bu nedenle radara uzak mesafelerde, sinyallere maruz kalan minimum yükseklik artar. Trakya yöresindeki yağış miktarlarının Bursa radarında daha düşük hesaplanması bu nedenledir. Konvektif yağışlarda bulut tabanından yukarıya doğru hareketlenme söz konusudur. Yükseklerdeki buz kristallerinin erimesi sonucu bu seviyelerde reflektivitede aşırı değerler görülür. Buralarda Marshall-Palmer reflektivite-yağış miktarı R-K_{DP}'ye göre fazladır. Radarlarda bu durumu görmenin en iyi yolu buluttan dikey kesit almaktır.

KAYNAKLAR

[1] **Ch. Mo Prof. MARIO ARISTIDE LENZI, Prof. MARCO BORGA** RADAR ESTIMATION OF PRECIPITATION SPACE-TIME VARIABILITY IN MOUNTAINOUS BASINS UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA

[2] **R. CIFELLI, V.CHANDRASEKAR AND S. LIM, P. C. KENNEDY, Y. WANG, S. A. RUTLEDGE** APPLICATION IN COLORADO PRECIPITATION EVENTS 8 NOVEMBER 2010

[3] **MARIOS N. ANAGNOSTOU, JOHN KALOGİROS, EMMANOUIL N. ANAGNOSTOU, MICHELE TAROLLI, ANASTASIOS PAPADOPOULOS, MARCO BORGA** PERFORMANCE EVALUATION OF HIGH-RESOLUTION RAINFALL ESTIMATION BY X-BAND DUAL-POLARIZATION RADAR FOR FLASH FLOOD APPLICATIONS IN MOUNTAINOUS BASINS

2017 YILI İSTANBUL UÇ YAĞIŞLARININ SÜRE-ŞİDDET YAPILARI VE RADAR DESTEKLİ YORUMLARI

Ahmet Köse
İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Afet Koordinasyon Merkezi Müdürlüğü
Istanbul
a.kose@ibb.gov.tr

Yavuz Selim Güçlü
İstanbul Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı
İstanbul
gucluya@itu.edu.tr

Selçuk Tütüncü
İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Afet Koordinasyon Merkezi Müdürlüğü
İstanbul
selcuk.tutuncu@ibb.gov.tr

Cihad Er
İstanbul Büyükşehir Belediyesi
Afet Koordinasyon Merkezi Müdürlüğü
İstanbul
cihad.er@ibb.gov.tr

Zekai Şen
İstanbul Medipol Üniversitesi
İstanbul
zekaisensu@gmail.com

ÖZET

Hidrometeorolojik olayların doğada zaman zaman önceki kayıtların dışında rekor kırdıkları gözlenmektedir. Böyle bir durum 2017 yılının Temmuz ayında yağışlar ve onların ortaya çıkardığı meskun bölge yüzey akışları için ortaya çıkmıştır. İstanbul meskûn bölgesi 2017 yılının yaz aylarında iki defa uç (ekstrem) yağışlara maruz kalmış ve birçok yerde alt ve üst yapı tesdislerini su basmıştır. Bunlardan ilki 18 Temmuz 2017 Salı günü sabah saat 07.00 sıralarında

diğeri de 27 Temmuz günü ortaya çıkarak kısa zaman sürelerinde önceden pek misli görülmemiş su basmalarına, maddi zararlara ve toplumun günlük hayatında aksamalara sebebiyet vermiştir. Her iki yağış olayının öncelikle süre-şiddet yapılarının eldeki dakikalık kayıtlardan ortaya çıkarıldıktan sonra bunların kıyaslanması ve radar verileri ile beraberce yorumlanması gelecekte ortaya çıkabilecek bu tür olaylar için şimdiden gerekli tedbirlerin alınması konusunda yardımcı olacakları muhakkaktır. Mesela, bundan sonraki yağış etkisine maruz kalabilecek alt ve üst yapı tesislerinin planlanması, boyutlandırılması, yönetimi ile halihazırda olanların ne şekilde tadilatlarla takviye edilerek daha güvenli ve aksamadan işlevlerini sürdürebilmelerinin sağlanması konusunda tavsiyelerin ortaya çıkarılarak uygulamaya konulması ivedilikle gerekmektedir. Bu yazının esas hedefleri arasında yukarıda sözü edilen konularda yer ve radar kayıtlarından gerekli olabilecek bilgilerin ortaya çıkarılması bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler — Yağış, süre, şiddet, radar, meskun bölge, alt ve üst yapı.

1. GİRİŞ

Geçmişte kurulmuş şehir ve medeniyetler çoğunlukla su kaynaklarını merkeze almak suretiyle gelişerek içme ve sulama suyu temini gibi temel ihtiyaçlarını gidermeye çalışmışlardır. Ancak tarihte ve günümüzde canlılar için son derece gerekli suyun faydalı yönlerinin yanı sıra zararlı yönleri de vardır ki bunların en önemli ikisi özellikle şiddetli yağışlar sonrası ortaya çıkan taşkın ve yağışların azlığını gösteren kuraklık zararlarıdır.

Taşkınlar, depremler gibi doğal afetlerden sayılmaktadır. Ancak bu afetlerin zarar boyutlarını büyüten en önemli etken maalesef insan faaliyetleri yani yapay etkiler ve kural tanımazlıktır. Ülkemizde deprem için söylenen önemli bir cümle vardır ki o da "deprem öldürmez bina öldürür" cümlesidir. Aynı mantıkla taşkın felaketi için de benzer şeyi düşünebiliriz. Dolayısıyla taşkın tehlikesi bulunan sahalarda önceden tedbir alınmaksızın süregelen denetimsiz şehirleşme faaliyetleri dünyanın her köşesinde meydana geldiği gibi ülkemizde de taşkının en önemli sebeplerinden biridir. Sonuçta dünyanın birçok bölgesinde aşırı yağış ve kar erimeleri sebebiyle gelişen taşkınlar günlük hayatı, mali ve ticari faaliyetleri olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle, son yıllarda sık tekrar eden taşkınların yol açtığı can ve mal kayıpları giderek önemli boyutlara ulaşmıştır. Dünyada taşkınlar sebebiyle ortaya çıkan can ve mal kayıpları deprem felaketinden sonraki kayıplar göz önüne alındığında bile en fazladır [1]. Dünyada taşkından korunmak adına taşkın tahmin yöntemleri 19. Yüzyılın ortalarından beri geliştirilmektedir. Taşkın tahmin çalışmaları yeni ve çağdaş yöntemler kullanılarak taşkın erken uyarı sistemleri (TEUS) başlığı altında gelişimini sürdürmektedir.

Doğadaki olaylar dengeli bir şekilde yaratıldığından insan elinin değmesine ihtiyacı yoktur. Diğer bir deyişle, el değmemiş bir doğal ortamda hiçbir sorun ortaya çıkmamaktadır. Ancak, artan nüfus ve şahısların maddiyatçı yaklaşımları sebebiyle doğanın hareket alanı kısıtlanmakta ve önüne engel çıkarılmaktadır. Özellikle, plan ve programsız şehirleşme, sanayileşme ve ulaşım ağının özensiz örülmesi gibi nedenlerden ötürü doğanın asgari alanlarına dahi müdahale edilmesi sonucunda su afetlerinin ortaya çıkması kaçınılmaz hale gelmiştir. Belli bir büyüklüğe sahip bir evde yaşamakta olan insana, muadil veya daha büyük bir başka ev verilmeksizin yerinden edilmesi durumunda çeşitli huzursuzluklar belirecek ve taraflar arasında önemli anlaşmazlıklar ortaya çıkacaktır. Doğal yatağında akmakta olan suyun yatağının daraltılması, kısıtlanması veya değiştirilmesi yerinden edilen insana yapılandan farksızdır. Burada, yatağına müdahale edilen su ilk aşamada sessiz olsa da başka bir zaman kendisinden alınanı tekrar elde etmek için ansızın büyük bir afet şeklinde sesini çıkaracaktır.

Uzun vadede düşünüldüğünde, bir yere ne kadar yağış düşeceği geçmiş veriler ışığında tahmin edilmeye çalışılan rastgele bir olaydır. Bu yağış tahmini birçok çalışmada oldukça önemli rol oynamaktadır. Taşkın debisi tahmini, baraj hazne hesabı, sigorta risk hesaplamaları, kentsel drenaj tasarım hesapları, ulaşım ağı planlamaları, su basman haritalarının hazırlanması, tarım arazilerinin yağış sonrası durumunun değerlendirilmesi, yer altı suyunun beslenmesi gibi birçok olay için girdi görevi görmektedir. Ayrıca, kamuoyunu ‘‘son yağışın şu kadar yılda düşen bir yağış olduğu söylenmiştir’’ gibi bilgilendirme amaçlı da kullanılmaktadır. Uzun vadeli ve istatistiksel yağış tahmini için 1930’ların başlarından beri şiddet-süre-tekerrür eğrileri kullanılmaktadır [2]. Bu çalışmada ilk olarak İstanbul’un farklı noktalarındaki ölçüm noktasında elde edilmiş verilerin şiddet-süre-tekerrür analizleri yapılacaktır ve 18-27 Temmuz yağış olaylarının tekerrür bilgilerine değinilecektir.

Kısa vadede bir tahminden bahsedildiğinde ise meteoroloji radarları sözkonusudur. Meteoroloji radarlarından en kısa ve erken şekilde alınan bilgilerin yaygın bir şekilde bir ülkede kullanılması meteoroloji kaynaklı zararlı olayların özellikle erken uyarıları için gün gittikçe önemi daha da artmaktadır. Meteoroloji radarlarının teknolojik olarak satın alınarak kurulması ekonomik bir külfet getirir ama buradan alınacak verilerin ülke şartlarına göre ayarlanmış olarak işlenmemesi sonucunda mali zararlar yığışımlı bir şekilde büyür. Özellikle otomatik meteoroloji istasyonlarından alınan (AWOS=OMGİ gibi) yersel verilerin tahminlerde kullanılması için radar verileri ile eşgüdümlü hale getirilmesi ve doğru yöntemlerle çalışılması gerekmektedir. Bu çalışmada ikinci adımda ise 18-27 Temmuz olaylarının radar görüntülerine yer verilecektir ve kıyaslamalı yorumlar sunulacaktır.

2. METEOROLOJİ RADARLARI

Radar yansıma değerleri (dbZ), (Z) yer yüzeyi yağış miktarını (R) tahmin etmekte kullanılan en önemli ürünlerden biridir. 1947'lerin başlarından itibaren [3,4] bu iki parametre arasındaki ilişkiyi birçok farklı yöntem kullanılarak tespit edilmeye çalışılmış ve bu konuda birçok bildiri ve makale yayınlanmıştır. Z–R ilişkisini tanımlamaya yönelik olarak 69 tecrübeye dayalı (ampirik) formül tanımlanmıştır [5]. Fırtına kaynaklı afet yönetimi, taşkın tahmini, erken uyarı gibi konular meteorolojik radar sistemlerinin operasyonel kullanım alanlarına girmektedir [6].

Meteorolojik radarlar (Şekil 1) özellikle yağış ölçüm istasyonlarının bulunmadığı bölgelerde olası bir taşkın tahminine yönelik olarak yüksek çözünürlüğe sahip uzaysal ve zamansal yağış verisi sağlamaları açısından önemlidir [7].

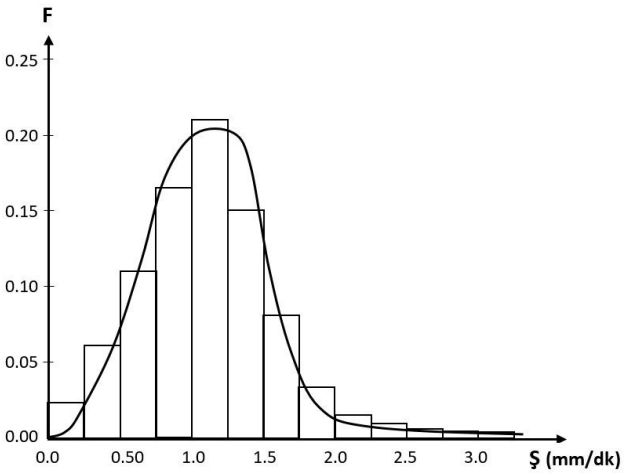
Genelleştirilmiş Z-R denklemleri kullanılarak zamansal ve uzaysal bir çalışma alanı üzerindeki Yağmur taneciğinin iki boyutlu dağılım modeli çıkarılmıştır [8]. Radar ürünlerinden yağış tahminine yönelik olarak yapılan benzer bir çalışmada [9] radar yansıma değerleri (Z) ve yer yüzeyi yağış miktarını (R) arasındaki dinamik mikro fiziksel aşamalar karakterize edilmiştir. NOAA'nın Tropikal siklonlardaki mikrodalga boyu emisyon ölçümlerinde kullanılan WP-3D uçağında ki alt gövde radarından, burun radarından ve gövde kısmında bulunan mikrodalga frekans radyometresinden eş zamanlı ölçümler yapılarak yağış tahminlerini doğrulamaya yönelik çalışma yapılmıştır [10]. Atmosferik radyasyon ölçümleri programı kapsamında yapılan bir çalışmada yağış miktarı tahmini ve yağış tipinin belirlenmesine yönelik olarak yeni ölçümler yapılmıştır [11].

Şekil 1: Meteoroloji radarı.

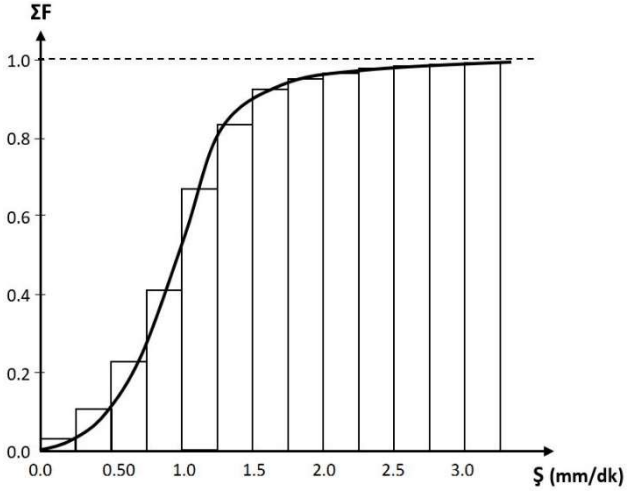
3. YÖNTEM

Geleceğe yönelik yağış öngörüsü veya ortaya çıkmış bir yağışın tekerrür bilgisi için ilk aşamada uzun süreli ölçümlerin elde edilmesi gerekmektedir. Ölçülmüş verilerle öncelikle histogramlar elde edilir ve bu histogramlara uygun olasılık veya yığışımlı olasılık dağılım fonksiyonları (ODF ve YDF) ayarlanır. Şekil 2 ve 3'te örnek bir histogram üzerinde sırasıyla ODF ve YDF'den elde edilmiş eğriler görülmektedir.

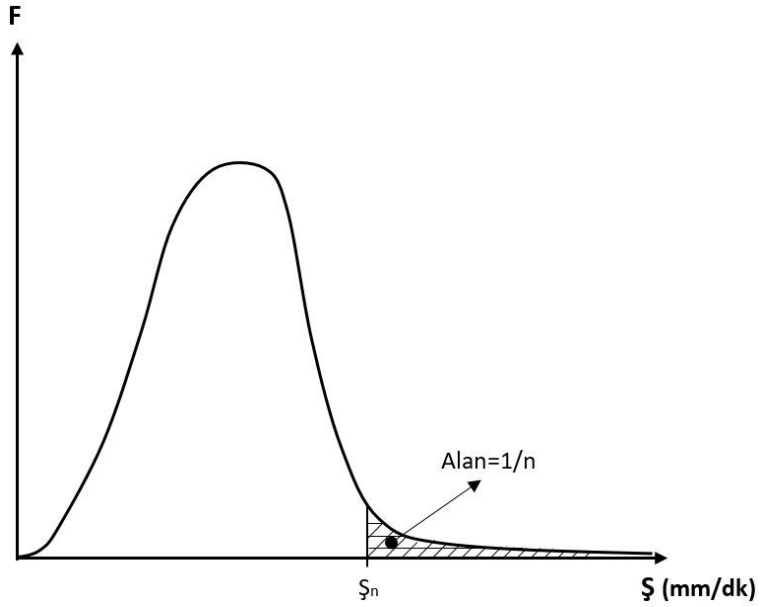
Bu aşamadan sonra seçilen tekerrür esas alınarak şiddet değerleri belirlenir. Mesela, n yıllık tekerrür (frekans) için F=1/n denklemi kullanılarak ODF'nun sağ kuyruğu göz önünde tutularak yağış şiddeti değerleri elde edilir (Şekil 4). Diğer taraftan YDF üzerinde 1-1/n'ye karşılık gelen sonuç aynı yağış şiddeti değerini ifade etmektedir (Şekil 5).



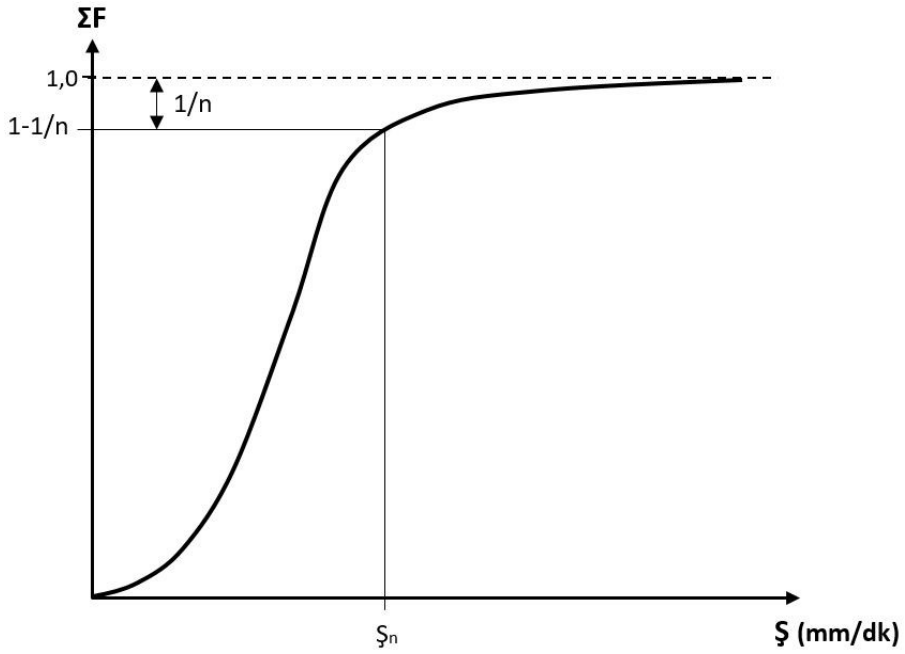
Şekil 2: Örnek histogram ve ODF.



Şekil 3: Örnek histogram ve YDF.



Şekil 4: Örnek ODF ile n yıllık tekerrüre sahip yağış şiddeti (Ş) değerinin hesaplanması.



Şekil 5: Örnek ODF ile n yıllık tekerrüre sahip yağış şiddeti (Ş) değerinin hesaplanması.

ODF ve YDF'ları için onlarca denklem çeşidi bulunmaktadır. Olasılık kuramı ve istatistik bilim dallarında üç parametreli Log-Pearson (LP) 3 dağılımı sahip olduğu parametreler sayesinde normal dağılıma göre esnek ve çarpık şekiller alabilmektedir. Bu parametrelerden ölçek parametresi θ, şekil parametresi k ve konum parametresi γ'dır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) LP3 dağılımını kullanarak geçmiş yıllarda ölçülen toplam yağış ve sürelerine karşılık tekerrür değerlerini hesaplamıştır. Bu çalışmada ilgili tekerrür değerlerine göre yorumlara yer verilecektir.

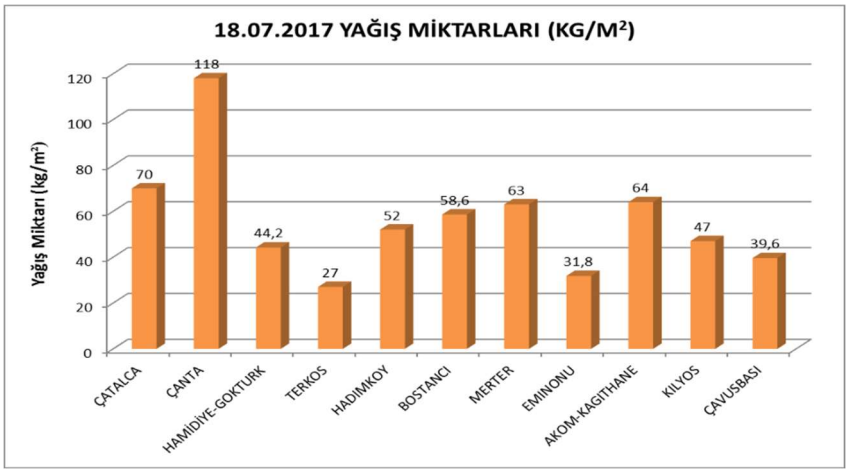
4. 18 VE 27 TEMMUZ YAĞIŞ OLAYLARI

İstanbul 7 tepeden meydana gelen, doğudan batıya yaklaşık 200 km, güneyden kuzeye 60 km uzunluğunda, 647 km kıyı uzunluğu ile 5.343 km^2'lik alana sahip, 247 derenin bulunduğu çok büyük bir şehirdir. Derelerin bir bölümü hızlı şehirleşme neticesinde yerleşim alanı içerisinde kalan İstanbul'da, tekerrür aralığı 25 yılı aşan yağış bile görüldüğünde, derelerde irili ufaklı taşkınlar meydana gelerek yerleşim alanları sular altında kalmaktadır. Bu çalışmada uygulama alanı 18 ve 27 Temmuz olaylarının vuku bulduğu İstanbul seçilirken AKOM (Afet Koordinasyon Merkezi) ve MGM tarafından farklı noktalarda konumlandırılan yağış ölçüm istasyonu (Şekil 6) verilerine ve radar görüntülerine yer verilecektir.

Şekil 6: İstanbul MGM ve AKOM yağış istasyonları.

8.1. 18 Temmuz

18 Temmuz 2017 Salı günü sabah 07.00 sıralarında başlayan kuvvetli yağış İstanbul'u etkisi altına almıştır. Yağış, il genelinde sabah 7.30-9.30 saatleri arasında 45-55 dakikalık sürelerde farklı bölgelerde etkili olmuştur. Meteoroloji istasyonlarında kaydedilen yağış miktarları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 7: 18 Temmuz 2017 toplam yağış miktarları.

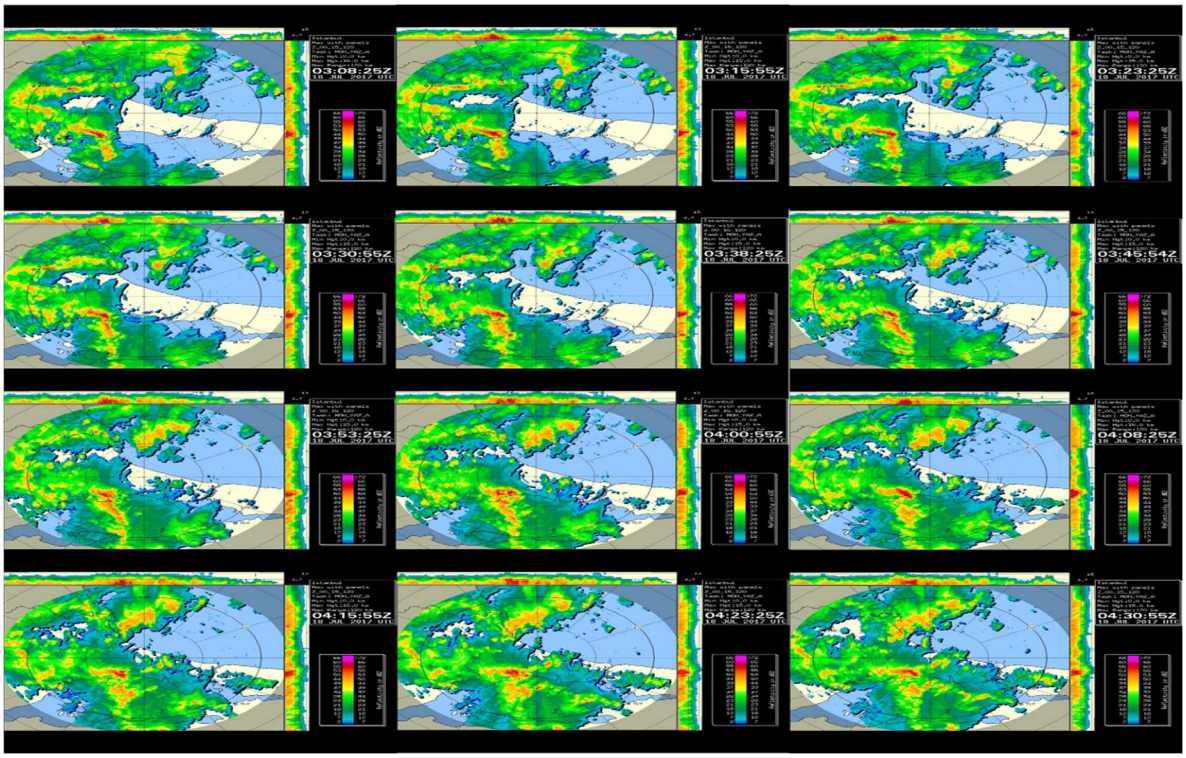
Şiddetli yağış esnasında dakikada 73 şimşek ve yıldırım hadisesi ile yağış boyunca toplam 2.563 adet şimşek ve yıldırım hadisesi gözlemlenmiştir. Yıldırım düşmesi nedeniyle meydana gelen 15 yangın olayına büyümeden müdahale edilmiştir.

Yağışla birlikte poyraz yönünden kuvvetlice, aralıklarla fırtına şeklinde esen rüzgâr (30-80km/s) hava sıcaklıklarının da hissedilir derecelerde azalmasına ve mevsim normalleri altına gerilemesine neden olmuştur. Yağışlar Silivri, Büyükçekmece ve Kınalı'nın yanı sıra Başakşehir, Üsküdar, Şişli, Fatih, Bakırköy ilçelerinde etkili olmuştur.

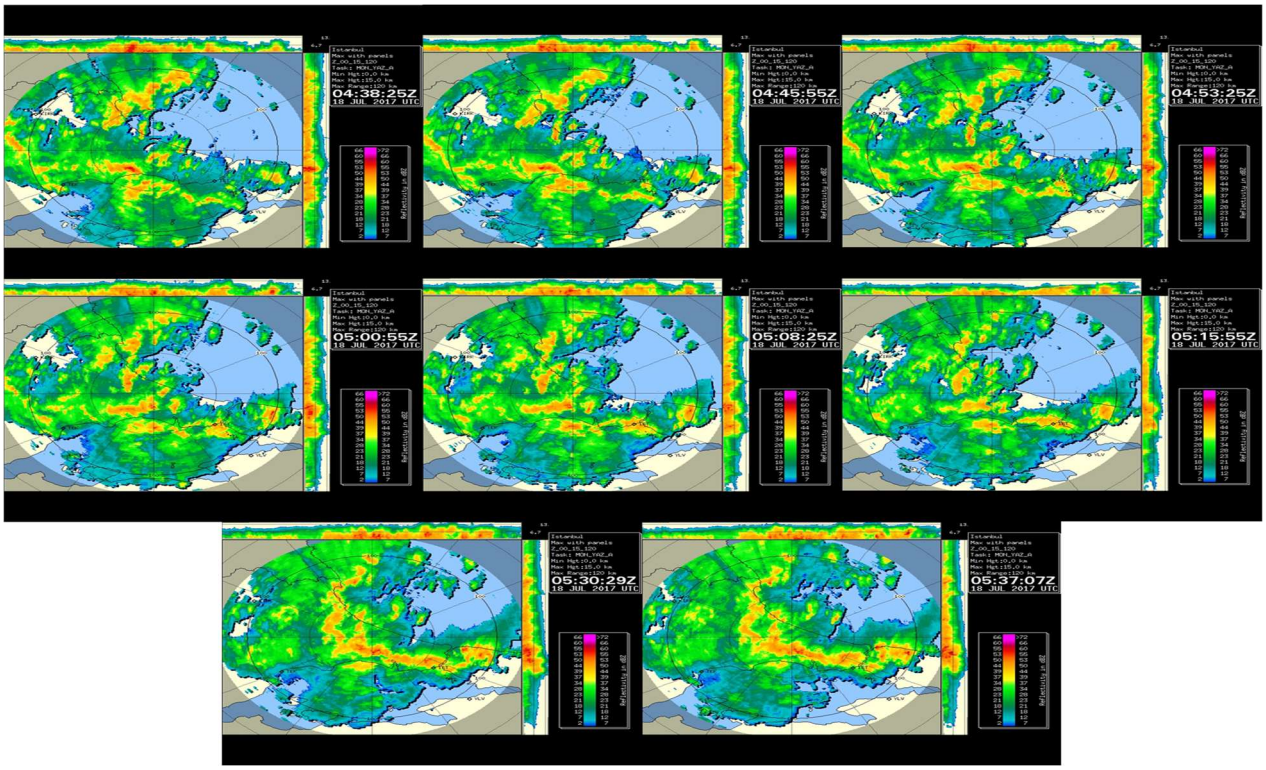
İstanbul'u etkisi altına alan yağmur en çok Gümüşyaka, Silivri ve Kınalı arasında etkili olurken metrekareye bu bölgede 118 kg, şehir merkezine ise ortalama 65 kg yağış düşmüştür.

Şiddetli yağış nedeniyle karayolu ulaşımı etkilenmiş ve trafikte önemli aksamalar yaşanmıştır. Metro hatlarında bazı istasyonlar su baskınından etkilenmiş, metro seferlerinde M1 hattı Otogar-Yenikapı ile M2 hattı Haliç Metro köprüsü – Yenikapı arası seferler bir süre yapılamamıştır.

Şekil 7'de yağışları ifade edilen istasyonlara ait geçmiş veriler henüz düzenlenmediğinden bu olay için tekerrür analizi yapılmamıştır. Bu olayı yedi dakika aralıklarla gösteren radar görselleri (Şekil 8) olayın gelişimine dair önemli fikirler sunmaktadır. Radar görüntülerindeki saat TSİ 3 saat geriden seyretmektedir.



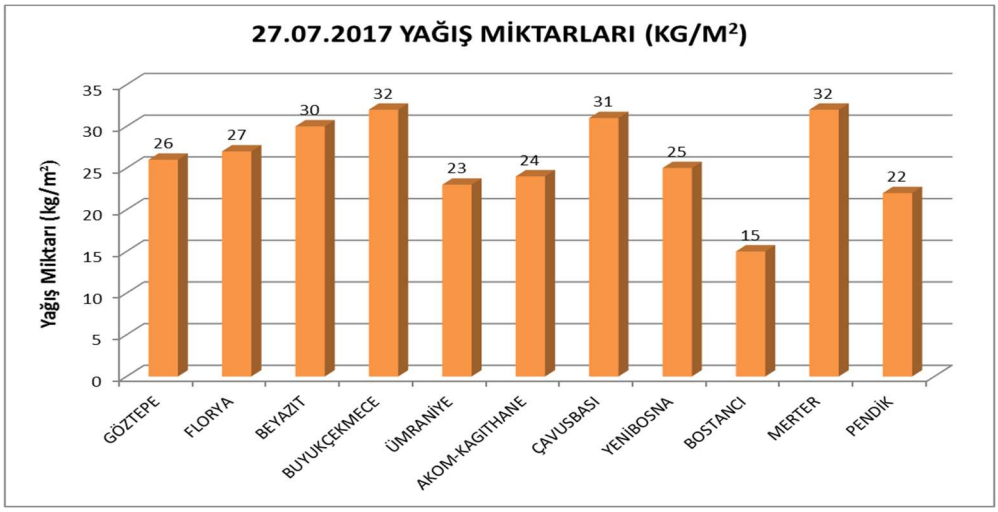
Şekil 8: 18 Temmuz 2017 radar görüntüleri.



Şekil 8(Devam): 18 Temmuz 2017 radar görüntüleri.

8.2. 27 Temmuz

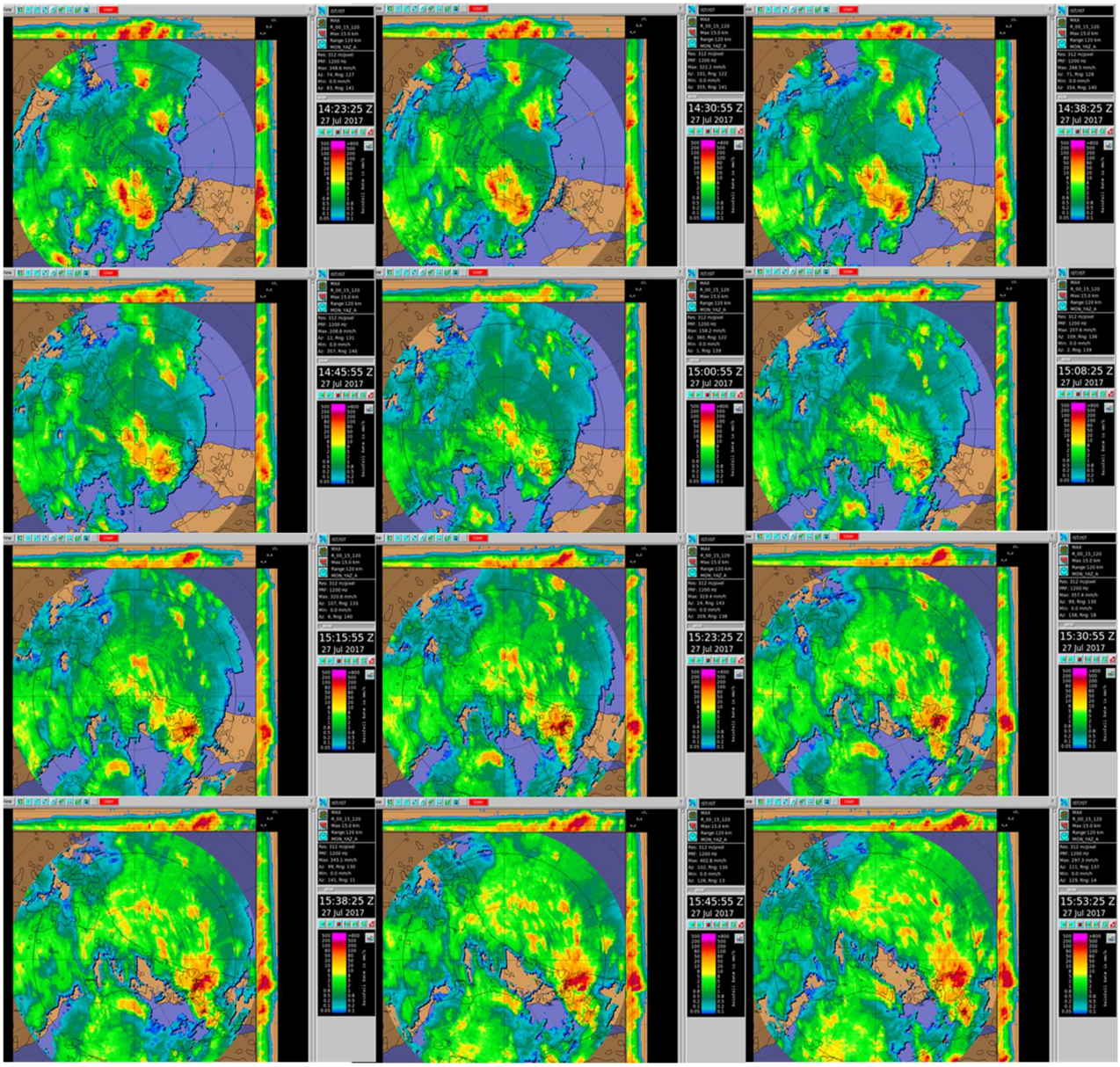
27 Temmuz 2017 Perşembe günü akşam 17.00 sıralarında başlayan kuvvetli gök gürültülü yağış yer yer dolu şeklinde yağarak İstanbul'u etkisi altına almıştır. Yağış, il genelinde farklı bölgelerde 20-25 dakikalık sürelerde etkili olmuştur. Meteoroloji istasyonlarında kaydedilen yağış miktarları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 9: 27 Temmuz 2017 toplam yağış miktarları.

Yağışla birlikte lodos yönünden kuvvetlice, aralıklarla fırtına şeklinde esen rüzgâr (AKSARAY-80km/s) hava sıcaklıklarının da 10°C derecelerde azalmasına ve mevsim normalleri altına gerilemesine neden olmuştur. Şiddetli yağış esnasında dakikada ortalama 18 şimşek ve yıldırım hadisesi ile yağış boyunca toplam 372 adet şimşek ve yıldırım hadisesi gözlemlenmiştir. Yıldırım düşmesi nedeniyle meydana gelen 1 adet yangın olayına büyümeden müdahale edilmiştir.

Şekil 9'da ifade edilen yağış istasyonlarının geçmiş verileri dikkate alınarak yapılan istatistik hesaplar ve tekerrür analizleri neticesinde 27 Temmuz günü gerçekleşen yağışın 25 yılda bir düşmesi beklenen yağış değerlerine karşılık gelmektedir. Bu olayı yedi dakika aralıklarla gösteren radar görselleri (Şekil 10) olayın gelişimine dair önemli fikirler sunmaktadır.



Şekil 10: 27 Temmuz 2017 radar görüntüleri.

9. SONUÇLAR

Sanayi devriminin ardından kırsal alanlardan şehir merkezlerine toplu göçler dünyanın dört bir yanında düzensiz şehirleşmeye ve çarpık yapılaşmaya neden olmuştur. Sınırlı imkânlarla yapılan altyapılar megakent haline gelen ve dört bir yanı beton ve asfaltla kaplı şehirlerin yükünü kaldıramaz hale gelmiştir. Yere düşen yağış geçirimsiz asfalt ve beton yüzey nedeniyle direkt akışa geçtiği için dere ve havzalarda su toplanma süreleri geçmiş yıllara göre ciddi oranda azalmıştır. Bu nedenle her

yağış sonrası su baskınları, yollarda göllenme ve dere taşkınları meydana gelmektedir. Küresel iklim değişikliği ve meteorolojik hadiselerin şiddetindeki artışların da etkisiyle her geçen yıl bu ve benzeri hadiseler katlanarak artış gösterecektir.

Erken uyarı sistemleri kullanımı can ve mal kayıplarının azalmasına neden olsa da kriz yönetimi sürecidir. Afetlerle başa çıkmada en etkili ve kalıcı çözüm risk azaltmadır. İstanbul sel ve taşkınlarda risk azaltmak için altyapı, üstyapı vb. faaliyetlerde en eski istasyonlar olan MGM'ye ait Göztepe ve Florya istasyon verileri kullanılmaktadır. Son 10 yılda gerek MGM gerekse İBB AKOM tarafından kurulan meteoroloji istasyonları ile her ilçeyi temsil eden ağ kurulmuştur. Bu nedenle hangi ilçede iş yapılacaksa o ilçeyi temsil eden istasyon verisinin kullanılmasını tavsiye ediyoruz.

Şehirleşmenin etkisiyle ani akışlar mevcut kesitlerden geçememekte buda sel ve taşkınlara neden olmaktadır. Bunu önlemek için yağmursuyu hattı olmayan kesimlere yapılmasını, bina üzerine düşen yağışın caddeye bırakılmaması ve sonrasında kullanılması için kaldırım, cadde ve sokaklarda uygun yerlerde yağmursuyu depolama alanlarının yapılmasını hatta mümkünse bu suların açılacak kuyular ile yer altına verilmesini öneriyoruz.

Kısa süreli ve şiddetli fırtınalı yağışların etkisini en az zararla atlatmak için MGM ve AKOM bünyesinde başlatılan Taşkın Erken Uyarı Sistemlerinin (TEUS) geliştirilmesi ve özellikle küçük havzaları da kapsayacak şekilde nüfusun fazlaca yaşadığı alanlara yaygınlaştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Şen, Z.,** 2009. İklim Değişikliği İçerikli Taşkın Afet ve Modern Hesaplama Yöntemleri. Su Vakfı, İstanbul

[2] **Bernard, M. M.**, 1932. Formulas for rainfall intensities of long duration. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 96(1), 592-606.

[3] **Marshall, J. S. and Palmer, W. McK.,** "The Distribution of Raindrops with Size," J. Meteor., Vol. 5, 1948, pp. 165-166.

[4] **Smith, J.A. and Krajewski, W.F.,** 1993. A modeling study of rainfall rate – reflectivity relationships. Water Resour. Res., 29, 2505–2514

[5] **Battan, L.J.,** 1973. Radar observation of the atmosphere. The University of Chicago Press, Chicago, 324 pp.

[6] **Collier, C.G.,** 1989. Applications of weather radar systems: a guide to uses of radar data in meteorology and hydrology. Ellis Horwood, Chichester, UK. 294 pp.

[7] **Ayman Mohammed Hashem Albar, Abdulrahman Khalaf AL-Khalaf, Heshmat Abdel-Basset Mohamed,** 2015 Radar Rainfall Estimation of a Severe Thunderstorm over Jeddah. Atmospheric and Climate Sciences 05, 302-316.

[8] **Toshiaki Kozu, Toshio Iguchi, Toyoshi Shimomai, Nobuhisa Kashiwagi,** 2010 Raindrop Size Distribution Modeling from a Statistical Rain Parameter Relation and Its Application to the TRMM Precipitation Radar Rain Retrieval Algorithm. Journal of Applied Meteorology and Climatology 48:4, 716-724.

[9] **Olivier P. Prat, Ana P. Barros,** 2010. Exploring the Transient Behavior of Z–R Relationships: Implications for Radar Rainfall Estimation. Journal of Applied Meteorology and Climatology 48:10, 2127-2143.

[10] **Haiyan Jiang, Peter G. Black, Edward J. Zipser, Frank D. Marks Jr., Eric W. Uhlhorn,** 2010 Validation of Rain-Rate Estimation in Hurricanes from the Stepped Frequency Microwave Radiometer: Algorithm Correction and Error Analysis.Journal of the Atmospheric Sciences 63:1, 252-267.

[11] **Min Deng, Pavlos Kollias, Zhe Feng, Chidong Zhang, Charles N. Long, Heike Kalesse, Arunchandra Chandra, Vickal V. Kumar, Alain Protat**, 2014. Stratiform and Convective Precipitation Observed by Multiple Radars during the DYNAMO/AMIE Experiment. Journal of Applied Meteorology and Climatology 53:11, 2503-2523. Online publication date: 1-Nov-2014.

MONTEREY KÖRFEZİNDE YEREL RÜZGARLAR VE HF RADARLARDAN ELDE EDİLEN AKINTILAR ARASINDAKİ İLİŞKİ

Emre TÜKENMEZ
Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı
İstanbul
etukenmez@shodb.gov.tr

Jeffrey D.Paduan
Naval Postgraduate School
Monterey/CA

ÖZET

Yerel rüzgarların önemine rağmen Hendrickson ve MacMahan'in Monterey Körfezi'ndeki yerel rüzgarların etkilerini belirleme çalışmaları dışında yeterli araştırma yapılmamıştır. Bu tezde Monterey Körfezi'ndeki akıntıları haritalandırmak için CODAR tipi HF Radarlar kullanılmıştır. Monterey Körfezi'ndeki yerel rüzgarların etkin olduğu günleri belirleyebilmek için beş farklı mevkiden elde edilen hava sıcaklığı, rüzgar hızı, rüzgar yönü verileri analiz edilmiştir. Akıntı ve yerel rüzgarlar arasındaki ilişkinin tespiti için Harmonik Analiz metodu kullanılmıştır. Harmonik analizde yerel rüzgar genlik değerlerindeki yükseklikleri ve alçaklıkların nedenini açıklayabilmek için sahil jetlerinin etkisi, atmosfer sınır tabakası değişimi, sıcaklık değişimi ve bulutluluk verileri incelenmiştir. Akıntı paterni, sahil jetlerinin tam olarak geliştiği güçlü genlik değerine sahip yerel rüzgarlara açık bir şekilde tepki verdiği görülmüştür. Yerel rüzgarlara ait harmonik analiz genlik değerlerinin ani olarak artış gösterdiği günlerde bölgede güçlü sinoptik etkilerden açık bir şekilde görüldüğü anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler — HF Radar, Yerel Rüzgar, Yüzey Akıntısı

1. GİRİŞ

Okyanusun yüzeyi oldukça önemlidir. Söz konusu alanlarda yüzey akıntılarını etkileyen deniz-hava etkileşimleri meydana gelmektedir. Akıntının yönünü ve şiddetini etkileyen yoğunluk, sinoptik etkiler, okyanusun derinliği ve rüzgar gibi birçok faktör vardır. Yerel rüzgarlar özellikle sahil bölgelerinde önemli bir etkendir. Rüzgarın davranışına yönelik birçok araştırma yapılmıştır. Fakat yerel rüzgarlar ile akıntılar arası ilişkinin tespititine yönelik çok fazla bir araştırma yapılmamıştır. Bir gün için akıntının rüzgara karşı vereceği tepkinin incelenmesi daha uzun sureli rüzgar etkilerinin anlaşılmasına göre zordur.

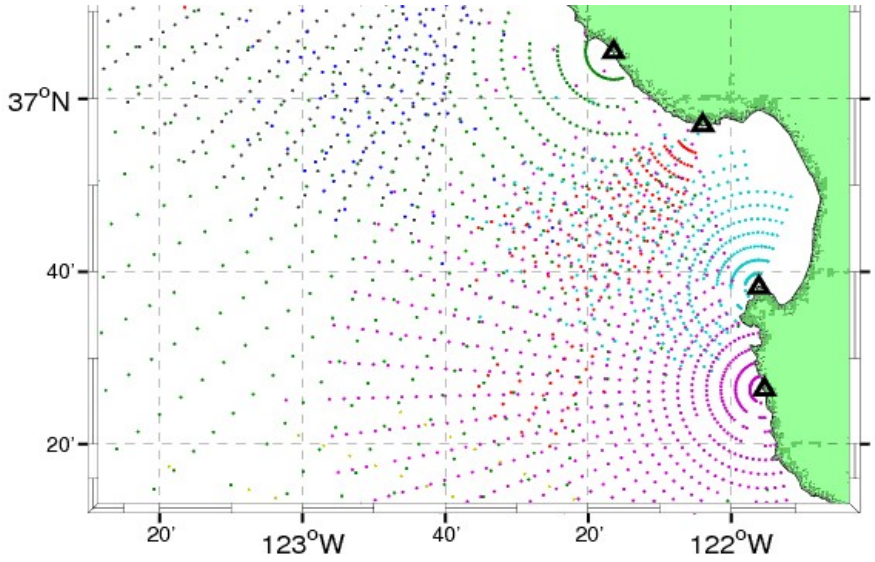
Bu tezde yerel rüzgarlar ile HF Radarlardan elde edilen akıntılar arasındaki ilişkinin tespit edilmesine odaklanılmaktadır. Bir veya birkaç günlük değişimlerin incelenmesi temel ilgi odağımızdır. 24 saatlik periyotta anılan ilişkinin tespiti amacıyla hem akıntı hem rüzgar için saatlik veri kullanıldı. HF Radardan elde edilen akıntı değerleri Coastal Ocean Dynamics Application Radar (CODAR) tipi radarlardan, acoustic doppler current profiler (ADCP) akıntı değerleri Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI)'dan ve rüzgar değerleri ise Monterey Körfez boyunca uzanan farklı mevkilerdeki 915 MHz wind profiler'lardan elde edilmiştir. Sahil jetlerinin etkilerini anlayabilmek için Climate Forecast System Reanalysis Modeli kullanılmıştır.

İki farklı zaman serisine sahip verinin karşılaştırılması zor olduğun hem zamana göre hemde frekansa göre karşılaştırılma yapılmıştır. Akıntı ve yerel rüzgarlar arası ilişkinin tespiti için kompleks korelasyon, power spectra, harmonik analiz ve rotary spectra analizleri kullanılmıştır.
Bu çalışmada en zorlayıcı husus önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi yerel rüzgarlar ve onu etkileyen parametreler(topografya, bulutluluk, sinoptik rüzgarlar vs.) arasında direkt ve net bir ilişkinin olmayışıydı.

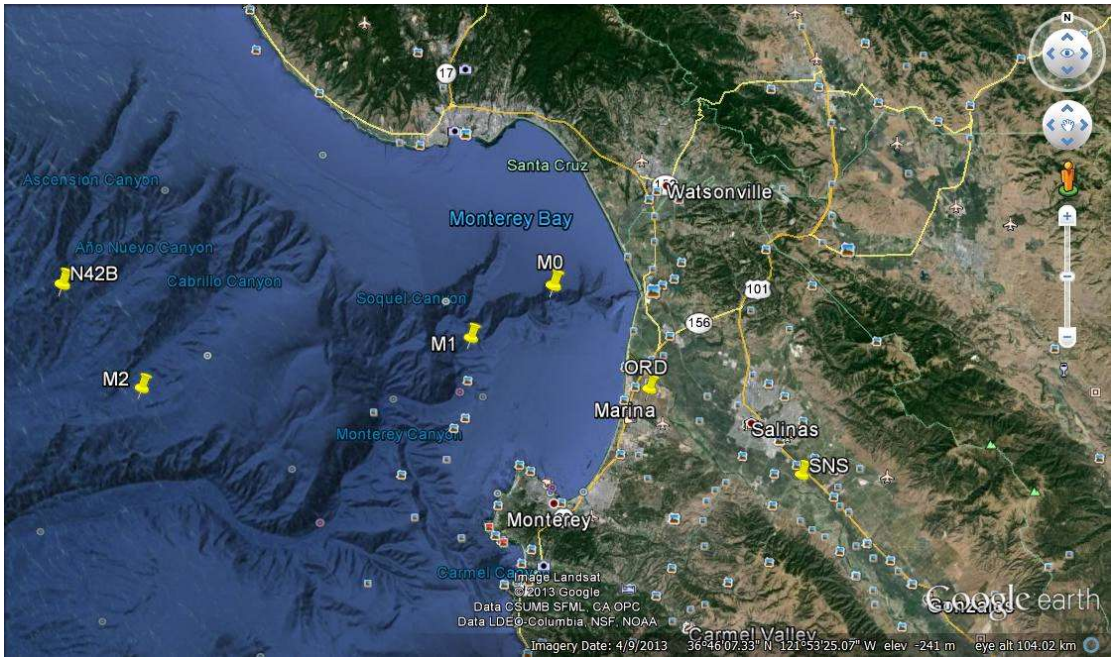
2. VERİLERİN VE SONUCLARIN ANALİZİ

2.1 Veri

Dört CODAR istasyonu Monterey Korfezi'ndeki akintilari haritalandirmak icin kullanildi. CODAR verileri mevki, u ve v hiz bileşenlerini icermektedir. Veriler arasındaki boşlukları giderebilmek için enterpolasyon yöntemi kullanıldı. Yerel rüzgarların tespiti için şamandıralardan ve karadaki wind profiler istasyonlarindan faydalanıldı. Veri boşluklarının azlığı nedeniyle Temmuz-Agustos-Eylul 2009 yılı verileri kullanıldı. Şekil 1-2'de HF radar istasyonu ile şamandıraların mevkileri gösterilmiştir.



Şekil 1. CODAR HF Radar antenlerinin mevkileri (from http://cencalcurrents.org).



Şekil 2. M0, M1, M2, N42B Şamandıraları ve ORD and Salinas (SNS) Gözlem istasyonu mevkileri (Google Earth'den alınmıştır)

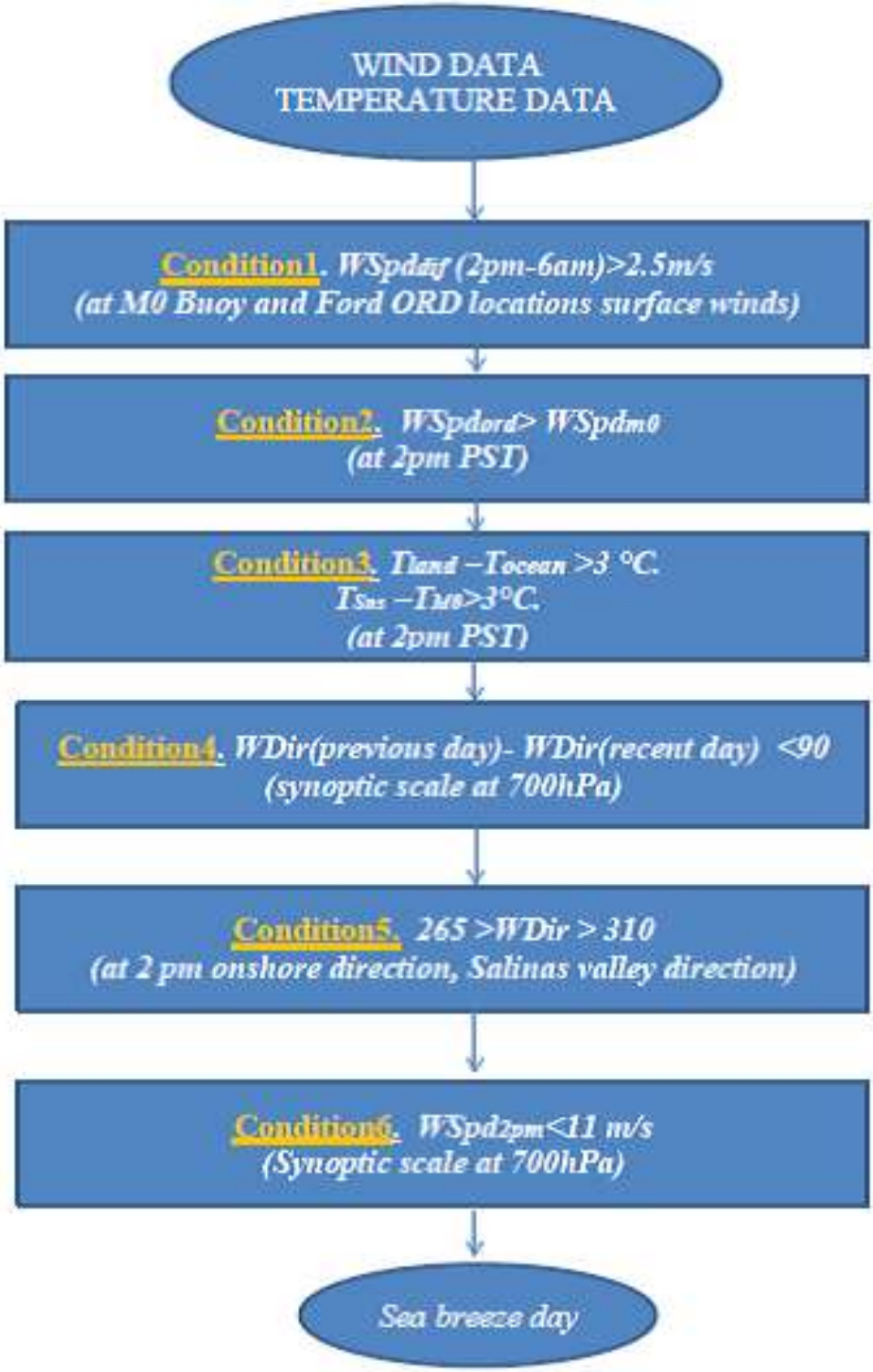
Sahil jetlerinin etkisini anlayabilmek maksadiyla 0.5 cozunurluk degerine sahip Climate Forecast System Reanalysis Model verileri kullanıldı.

2.2 Yerel Ruzgarin Etkin Oldugu Gunlerin Tespiti

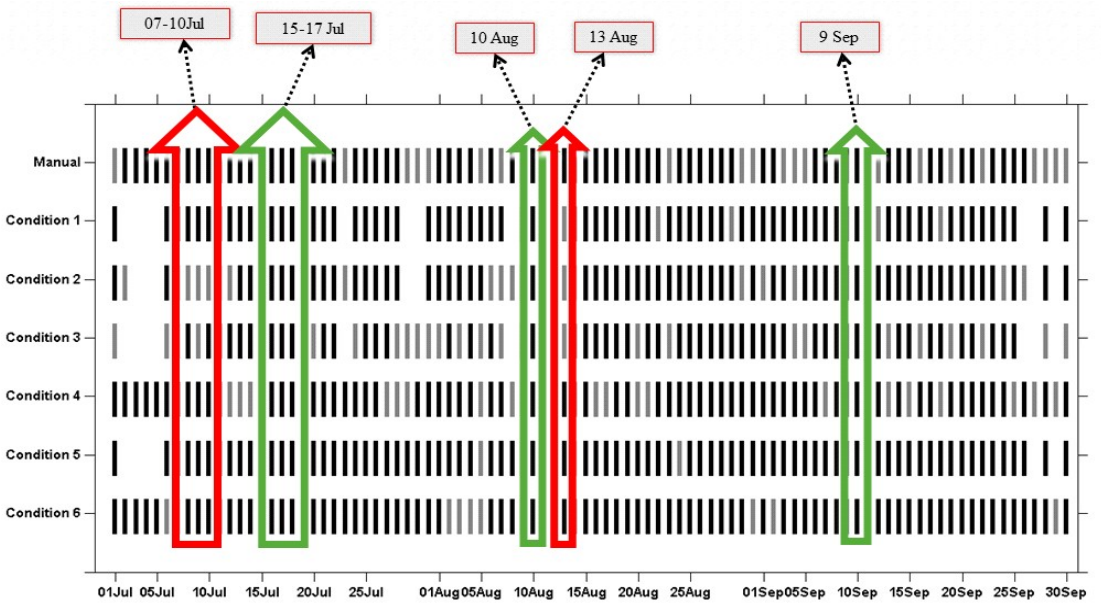
Günümüzde yerel rüzgarların doğru olarak tahmini zordur. Yerel rüzgar son derece karmaşık bir olay olsa da, söz konusu günlerin tespiti için bu çalışmada bir algoritma geliştirildi. Yaklaşımımız sıcaklık, rüzgar şiddeti/yönü değişimi, sinoptik ölçekte meydana gelen değişikliklerine dayanmaktadır. Şekil 3'de altı filtre uygulanması neticesinde yerel rüzgarların olduğu günler tespit

edildi. Şekil 4'de ise Monterey Körfezi Temmuz-Ağustos 2009 yılı verilerine söz konusu algoritmanın uygulamasından elde edilen sonuçlar gösterilmektedir.

Yerel rüzgar algoritmasında sabah ve öğleden sonra elde edilen rüzgar hızı değişimi en kritik filtredir. Rüzgar yönü değişimi sinoptik etkilerden dolayı tüm bölgeler için uygulanamaz.



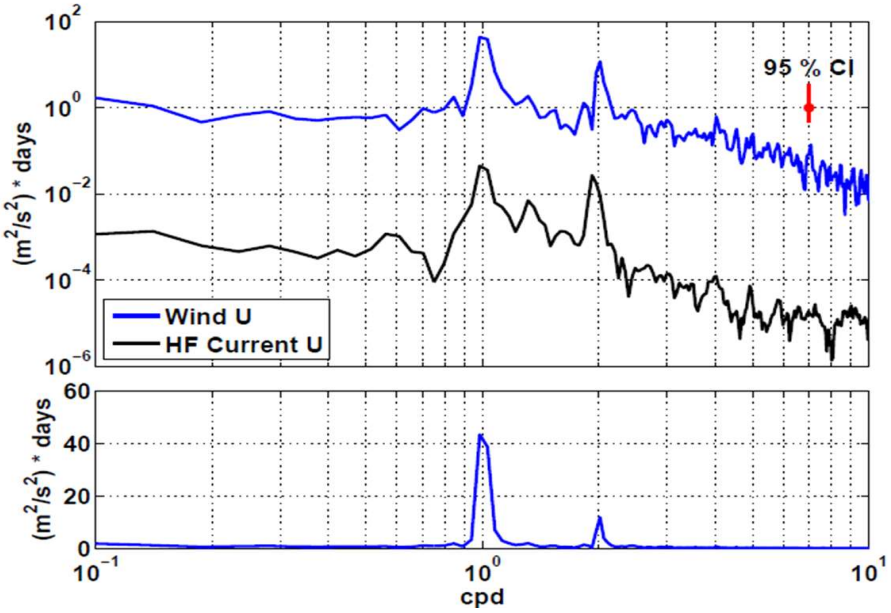
Şekil 3.Yerel Rüzgar Algoritması



Şekil 4. Yerel Rüzgarlı olduğu tespit edilen günler (Algoritma ile kendimiz tarafından (manual))

2.3 Analiz

Güç Spectrum Analizi (Power Spectra) enerjinin zaman serisinin frekansa ile nasıl dağılım gösterdiğini anlatmak için kullanılmaktadır. Akıntı ve rüzgar güç analizi grafikleri Şekil 5'de gösterilmiştir. Rüzgar analizinde günlük saykılda yüksek değer elde edildiği gözlenmiştir. Bunun nedeninin söz konusu bölgedeki yerel rüzgarların etkisi olduğu değerlendirilmeketdir. Akıntı için ise günlük ve yarım günlük saykıl değerlerinin yakın olduğu ve rüzgarlara nazaran daha az enerjiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

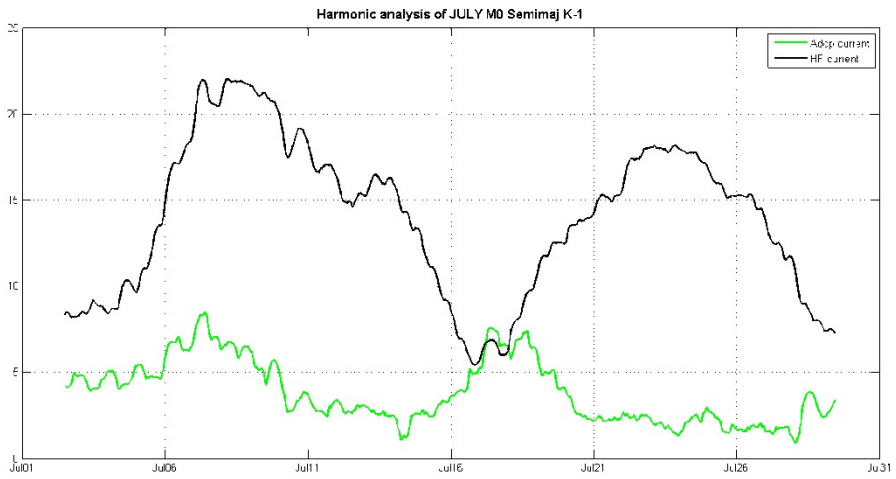


Şekil 5. Güç Spektrumu Analizi (Rüzgar ve Akıntı Temmuz-Eylül 2009)

Yerel rüzgarların genlik değerlerinin rüzgar ve akıntı için zamana istinaden elde edilebilmesi ve veri eksikliğini %50'ye kadar tolere edebilmesi nedeniyle harmonik analiz yöntemi ile analizler/karşılaştırmalar yapıldı. tercih edildi. Karşılaştırmada referans olarak K1 bileşeni kullanıldı. K1'in periyodu 23.98 saat, yerel rügarların günlük saykılına en yakın değer olması nedeniyle tercih edildi. Pencere genişliği (window size) olarak 72 saat kullanıldı.

Yapılan analizlere örnek olarak Haziran 2009 yılına ait rüzgar ve CODAR tipi HF Radar verileri analizi Şekil 6'da gösterilmiştir. Söz konusu analizde M0 şamandırasının olduğu mevkide rüzgar ve akıntı değerleri arasında güçlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. M0'ın seçilme sebebi karaya en yakın ve yerel rüzgarın en güçlü hissedildiği deniz üzerindeki son nokta olmasından kaynakjlanmaktadır.

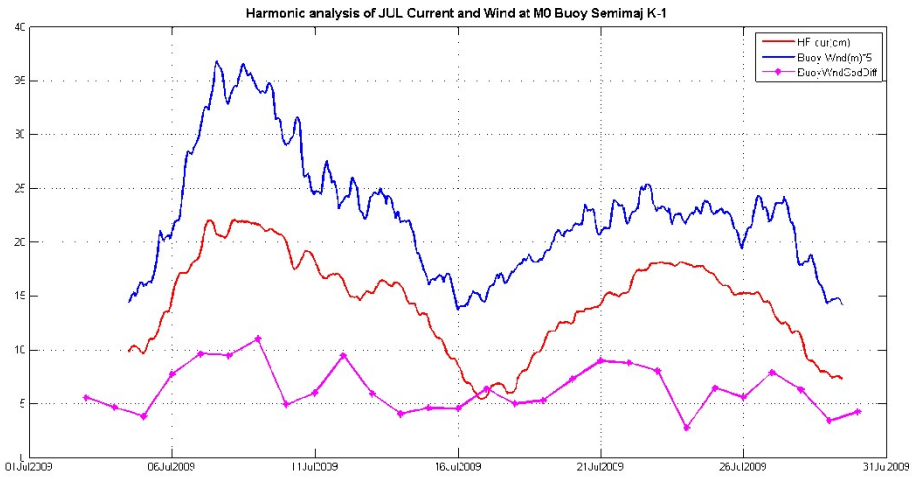
Şekil'de gösterildiği üzere ADCP (6m derinlikteki) verileri ile yüzeyden elde edilen HF radar verileri arasında ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Korelasyon katsayısı hesaplandığında -0.0319 elde edilmiştir. "0" değeri korelasyon olmadığını ifade etmektedir. Vesecky (1997)'nin ifade ettiği gibi derin sularda gelgit ve upwelling akıntıları domine etmektedir, yüzey akıntıları değil.



Şekil 6. 6m derinlikteki ADCP akıntı ve HF Radar yüzey akıntı verileri karşılaştırılması..

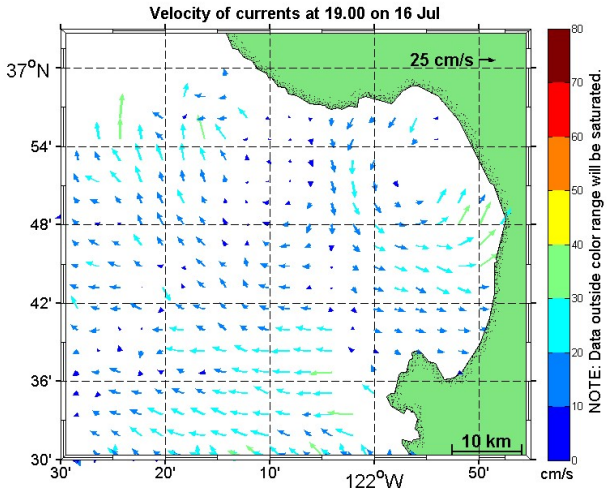
Harmonik Analiz sonuçlarında keskin düşüşün olduğu günlerin yerel rüzgarlı günler, keskin yükselişin olduğu günlerin ise domine eden sinoptik etkilerin olduğu günler olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yüksek genlik değerinin olduğu günlerin de sahil jetleri/sinoptik etkilerin olduğu günler olduğu söylenebilir. Diğer sinoptik etkilerin zayıf olduğu günlerde düşük genlik değerlerine sahip olsalarda yerel rüzgarların etkin olduğu bilinmektedir.

Şekil 7'de gösterildiği üzere 8 Temmuz'da güçlü sinoptik etkiler, 16 Temmuz'da ise zayıf ssnoptik etkiler olduğu ifade edilebilir.



Şekil 7: M0 istasyonundaki rüzgar ve HF Radar akıntı verilerinin Harmonik Analizi (Temmuz 2009)

Şekil 8'de gösterilen Monterey Körfezine ait HF Radardan elde edilen yüzey akıntı verilerine göre 16 Temmuz 2009 sinotik etkilerin güçlü olmadığı tipik bir yerel rüzgarlı gündür. Söz konusu gün incelendiğinde yüzey akıntılarının sinoptik etkilerin olduğu günler kadar güçlü olmadığı ancak yerel rüzgarların etkisi olduğu ve akıntıların sahile doğru gittiği görülmektedir. HF Radarlar bize geniş bir sahada analiz yapma şansı vermektedir.



Şekil 8. 16 Temmuz 2017 saat 1900'daki yüzey akıntı değerleri

3. SONUÇLAR

Yüzey akıntılarının HF Radar ile haritalanması oldukça kullanışlı olduğu görülmüştür. Gerek çözünürlüğü gerekse kapsadığı saha açısından oşinografi bilim insanlarına avantaj sağlamaktadır.

Harmonik analizin rüzgarlar için kullanılması genel bir fikirdir. Ancak akıntılar içinde kullanıldığında anlamlı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada yerel rüzgarlar ile yüzey akıntısı arasında güçlü ilişki olduğu tespit edildi. Ancak yönsel olarak bir paralellik söz konusu değildir ve böyle olması beklenmektedir (Ekman etkisi) .

Güç analizinde sahile en yakın istasyon olan M0'da günlük saykıla ait değerlerin daha yüksek olduğu, diğer taraftan akıntı verileri için günlük ve yarım günlük saykıl değerlerinin ise birbirine yakın değerler aldığı tespit edilmiştir. Yarım günlük saykılda elde edilen değer gelgit etkisini ifad etmektedir. Söz konusu sonuçlar Monterey Körfezinde yerel rüzgarlar ile gelgidin etkili olduğunu göstermektedir.

6m derinlikten elde edilen ADCP akıntı verilerinin yüzeydeki atmosferik değişimlerden etkilenmediğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

[1] Hendrickson J., MAcMahan J *Diurnal sea breeze effects on inner-shelf cross-shore exchange, Continental Shelf Research,2195-2206, 2009.*

[2] Vesecky J. F., C. C. Teague, R. G. Onstott, J. M. Daida, P. Hansen, D. Fernandez, N. Schnepf and K. Fischer, *Surface Current Response to Land-Sea Breeze Circulation in Monterey Bay, California as Observed by a New Multifrequency HF Radar,, Oceans' 97.MTS/IEEE Conference Proceedings, (1019-1023), 1997.*

AYVALIK'TA 14 OCAK 2017 TARİHİNDE MEYDANA GELEN SEL AFETİNİN SİNOPTİK VE ANİ TAŞKIN ERKEN UYARI SİSTEMİ (FFGS) ÜRÜNLERİ İLE ANALİZİ

Ertan TURGU
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Hidrometeoroloji Şube Müdürlüğü
Ankara
eturgu@mgm.gov.tr

Seyfullah ÇELİK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Hidrometeoroloji Şube Müdürlüğü
Ankara
scelik@mgm.gov.tr

Ali Ümran KÖMÜŞCÜ
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Klimatoloji Şube Müdürlüğü
Ankara
aukomuscu@mgm.gov.tr

ÖZET

Ani taşkın olayları ülkemizde en fazla can ve mal kaybına sebep olan doğal afetler arasında yer almaktadır. Bu olayların analizi, erken uyarısı ve izlenmesi başta meteoroloji, hidroloji ve uzaktan algılama olmak üzere disiplinler arası çalışma gerektirmektedir. Taşkın öncesi ve sonrası olayların araştırılması ve incelenmesi doğal afetler konusunda tecrübelerin arttırılmasında önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada 14 Ocak 2017 tarihinde Balıkesir ili Ayvalık ilçesinde meydana gelen taşkın olayının meydana gelişiyle ilgili olarak, uydu, radar, sayısal hava tahmin modeli, yıldırım tespit ve takip sistemi ve kararsızlık ürünleriyle birlikte FFGS ürünleri analiz edilerek olayın meteorolojik ve hidrolojik incelemesi yapılmıştır. 13 Ocak 2017 09:21UTC ile 14 Ocak 2017 09:21UTC arasındaki 24 saatte 62.7 mm'lik yağış kaydedilmiştir. 14 Ocak 2017 21:17UTC ile 21:27UTC arasındaki 10 dakika içinde yağan 19.7 mm'lik yağışın tekerrür süresi ise 10 yıldır. 14 Ocak 2017 00:00UTC yer haritasında alçak basınç merkezi Kuzey Ege denizi üzerindedir ve Ayvalık üzerinde soğuk cephe önünde

dar oraj bandı (squall hattı) şiddetli yağışların devam etmesi bu taşkın olayının meydana gelmesinde önemli rol oynamıştır. Balıkesir Radarına ait 14 Ocak 2017 saat 21:00UTC den sonraki görüntülerde squall hattı açıkça görülmektedir. Ayrıca yer ve 500 hPa seviyesindeki sıcaklık farkları kararsız atmosfer koşullarına işaret etmektedir. Bu çalışma sonucunda taşkın erken uyarısı verilmesinde RADAR ve FFGS ürünlerinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ani taşkın erken uyarı sistemi (FFGS), Ayvalık, ani taşkın, sel

1.GİRİŞ

Ani taşkınlar dünyanın bir çok yerinde olduğu gibi Türkiye'de de önemli ekonomik, sosyal zararlara ve can kaybına neden olmaktadır. Ani taşkınların oluşmasında doğal nedenler olarak yavaş hareket eden oraja bağlı şiddetli yağışlar, dik eğimli arazilerde orografik yağışlar, suya doygun toprak üzerine veya geçirimsiz toprak yüzeyi üzerine yağışlar ve dere veya kanalın yetersiz hidrolik özellikleri rol oynamaktadır.

Ani taşkın, Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) tarafından "nispeten yüksek pik debi nedeniyle kısa sürede oluşan taşkın" şeklinde tanımlanmıştır [1]. Amerikan Meteoroloji Cemiyeti (AMS)'nin ani taşkın tanımında ise "şiddetli yağış sonucunda nispi olarak küçük alanlarda meydana gelen, çok kısa bir sürede gerçekleşen ve önceden uyarı verilme şansı az olan derelerde debinin aniden yükselmesi ve alçalmasıdır" [2] şeklindedir. FFG değeri, belirli bir süre içinde (1, 3, 6 saat) herhangi bir alt havza çıkışında drenaj kanalının banket seviyesine kadar dolması için gerekli aktüel yağış miktarıdır (mm)[3] [4]. FFG değeri FFG modelinden elde edilmektedir. FFG modeline girdi olarak yüzey akış eşik değeri (Threshold Runoff) ve toprak nemi su açığı girmektedir. Her bir alt havza için yüzey akış eşik değerleri sadece bir kez hesaplanmaktadır [5].

Türkiye, atmosfer kökenli doğal afetlerin çok sık ve yaygın olarak görüldüğü bir orta kuşak ülkesidir. Hava kütlelerinin oluşum ve hareket alanlarına göre Türkiye'nin konumu ve topografik koşulları bu tür afetlerin oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Türkiye sıcak ve soğuk karalar ve denizler arasında yer aldığından çok farklı hava kütlelerinin etkisi altındadır. Orta kuşak fırtınalarına kaynak oluşturan Akdeniz havzasında bulunduğundan buradan kaynaklanan fırtına sistemlerinin yolu üzerindedir. Türkiye yüksek (ortalama 1132m) ve engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Bu nedenle şiddetli yağış, yağmur, kar, dolu, tipi, çığ, sel, sis, don, orman yangınları, tarımsal zararlılar, kuraklık, çölleşme, kuvvetli rüzgâr, fırtına, yıldırım gibi şiddetli

meteorolojik olaylara bağlı doğal afetlerin yoğun olarak görüldüğü ülkedir [6]. 14 Ocak 2017 tarihinde Ayvalık'ta etkili olan şiddetli yağmur hayatı olumsuz etkilemiştir. (Şekil 1).

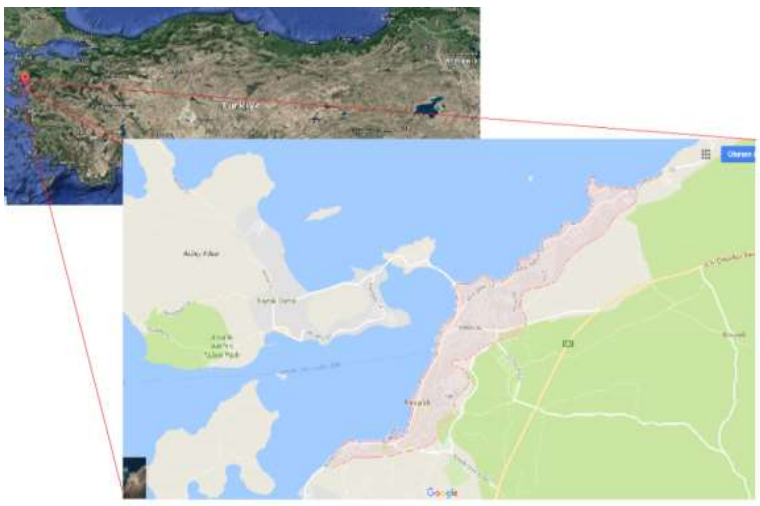
Şekil 1:Ayvalık'ta yaşanan sel felaketi
Kaynak:http://www.sabah.com.tr/fotohaber/yasam/ayvalik-sel-sularina-teslim-oldu/2

Bu çalışmanın öncelikli amacı, 14 Ocak 2017 tarihinde Ayvalık'ta meydana gelen ani taşkının oluşumuna neden olan meteorolojik şartları (yağış şiddeti, sinoptik analizler, uydu, radar,temp diyagramı, yıldırım tespit ve takip sistemi analizlerine göre) incelemektir. Diğer bir amaç ise, olay etraflıca incelendikten sonra sel olayını destekleyecek bilgilerin FFGS sisteminden elde edilen ürünlerle (örneğin toprağın neme doygunluk derecesi, yağışın gittikçe güçlenme durumlarını da hesaba katarak) birlikte yorumlamak; ve son olarak ta tüm bu incelemelerin sonunda kullanılan veriler ve modellerden kaynaklanan belirsizlikleri de göz önüne alarak FFGS sisteminin ani taşkın erken uyarısı verme kabiliyetini ortaya koymaktır.

2.MATERYAL ve METOT

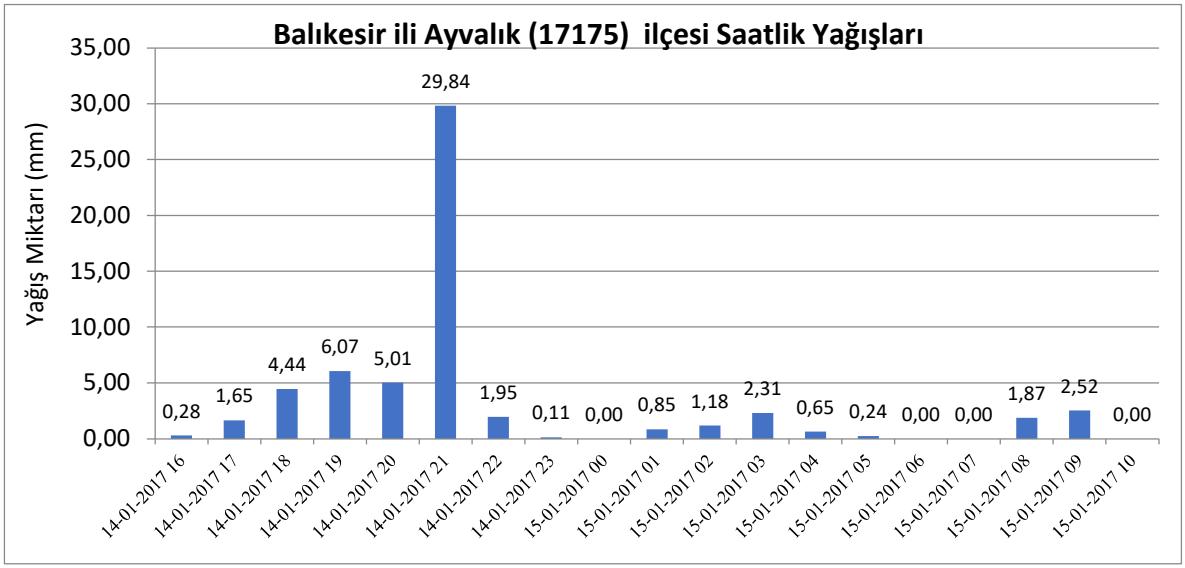
2.1.Veri

Çalışma alanı (Şekil 2) olarak, Ayvalık (WMO Synoptic Station No:17175, ICAO name: AYVL, Rakım:4m, Enlem:39.3113, Boylam:26.6861) ele alınmıştır.



Şekil 2: Çalışma Alanının Konumu (Ayvalık)

Çalışmada veri olarak, ani taşkın öncesinde MGM'de mevcut lokal bilgiler, AWOS bilgileri, uydu, radar, sayısal hava tahmin modeli (ALARO), yıldırım tespit ve takip sistemi, kararsızlık ürünleri ve FFGS ürünleri kullanılmış ve çıktıları değerlendirilmiştir. Şekil 3'de Ayvalık AWOS kayıtlarına göre 17:00 UTC den itibaren 22:00 UTC'ye kadar giderek artan yağış miktarları bulunmaktadır. Yağışın intensitesi saat 21:00-22:00 UTC arasında 29.84 mm/saat ile maksimuma ulaşmış ve saat 22:00 UTC'den sonra azalmaktadır.



Şekil 3: Ayvalık AWOS (Otomatik Meteoroloji İstasyonu) Değerleri

Taşkının meydana geldiği güne ait standart zamanlardaki maksimum yağışlar bulunmuş ve tekerrür analizi (Tablo 1) yapılmıştır. Bu amaçla standart zamanlardaki (5, 10, 15, 30 dk, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 ve 24 saat) maksimum yağış değerleri tespit edilmiştir. Yağış-Şiddet-Süre Tekerrür analizleri yapılarak 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür periyotlarında olması muhtemel yağış miktarı hesaplanmaktadır. Yağışların çeşitli büyüklükleri ve bunların frekansları arasındaki ilişkiyi veren yağış frekans değerlerine göre olasılık dağılım fonksiyonlarının Khi Kare ve Kolmogrov-Simirnov uygunluk sınamalarından geçirilerek diziye en iyi uyan Uygun Dağılım Fonksiyonu (UDF) olarak Ayvalık verisi için Log-Pearson 3 bulunmuştur.

Tablo 1: Ayvalık yağış-şiddet-süre-tekerrür analizi

Tarih	Başlama	Bitiş	Devam (dak)	Miktar (mm)	Şiddet mm/sa	UDF:LP3 Tekerrür(yıl)
14 Ocak	21:14	21:19	5	11.7	140.4	7
14 Ocak	21:17	21:27	10	19.7	118.2	10
14 Ocak	21.20	21:35	15	23.0	92.0	8
14 Ocak	21:30	22:00	30	27.5	55.0	5

14 Ocak	21:55	22:55	60	30.2	30.2	3
14 Ocak	21:42	23:42	120	36.0	18.0	3
14 Ocak	22:00	01:00	180	41.8	13.9	3
14 Ocak	22:00	02:00	240	46.6	11.7	3
14 Ocak	22:52	03:52	300	48.9	9.8	3
14 Ocak	22:52	04:52	360	50.4	8.4	3
Ocak	13/ 04:54	14/ 10:52	720	55.9	4.7	3
Ocak	13/ 09:21	14/ 09:21	1440	62.7	2.6	2

14 Ocak 2017 tarihinde 09:21 GMT ye kadar son 24 saatte 62.7 mm'lik yağış (Tablo 1) ölçülmüştür. Ayvalık'ın 1981-2010 periyodunda geçmiş kayıtlarına bakıldığında Ocak ayı yağış normali 91.5 mm, uzun yıllar yağış normali ise 632.4 mm dir.

2.2.Yöntem

Çalışma yöntemi olarak, 14 Ocak 2017 tarihinde Ayvalık'ta meydana gelen ani taşkın hadisesine neden olan meteorolojik şartlar incelenmiş ve FFGS model sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu amaçla sinoptik ölçekli hava sistemlerinin yapısını araştırmak için MGM'de kullanılan METCAP programından faydalanılarak sinoptik analizler (yer kartı, 850 hPa, 500 hPa ve 300 hPa) yapılmıştır. Uydu analizleri için ECMWF Operasyonel Analiz ve Tahmin Sistemi ürünü kullanılmıştır. Radar analizleri için Türkiye'de kurulu İzmir radarına ait ürün çıktılarından yararlanılmıştır. Temp diagramı analizinde Wyoming Üniversitesi tarafından hazırlanan İzmir 17220'ye ait Skew-T Log-P diyagramı değerlendirilmiştir. Her hangi bir alt havzada ani taşkın olabilirliğini hesaplamak ve erken uyarı ürünleri elde etmek için Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi (FFGS) ürünleri (özellikle toprak nem durumu haritaları, tehlike haritaları, yağış ürünleri) kullanılmıştır.

3.SİNOPTİK ANALİZLER

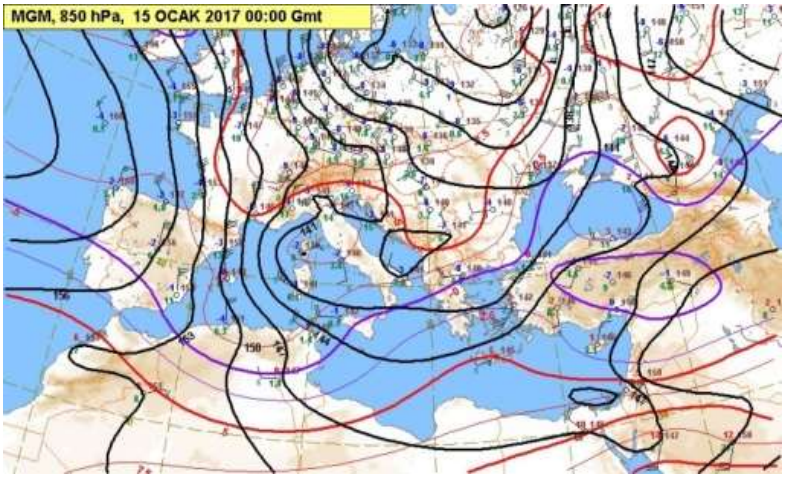
3.1.Yer Sinoptik Haritası

14 Ocak 2017 18:00 UTC yer kartında (Şekil 4) Ayvalık'ta sel'e yol açan olayda rol oynayan cephe sistemi, 1005 hPa değerindeki Kuzey Ege'de alçak basınç merkeziyle ilişkili soğuk cephedir.

Şekil 4: 14 Ocak 2017 18:00 UTC Yer Kartı, Kaynak:Metcap

3.2.850 hPa Sabit Basınç Seviye Haritası

14 Ocak 2017 00:00 UTC 850 hPa haritasında (Şekil 5) cephe önü ve gerisinde rüzgarlar shift yapmaktadır. Soğuk cephe soğuk adveksiyonların başlama noktasındadır. Genelde soğuk adveksiyonlar soğuk cephenin gerisine düşmektedir. Çünkü soğuk kütle soğuk cephenin gerisindedir. Kuzey Ege'den aşağı doğru uzanan soğuk cephe, 850 hPa haritasında izotermlere paralel olarak en fazla izoterm gradyanının (sıkışmasının) bulunduğu bölgede bulunmaktadır.

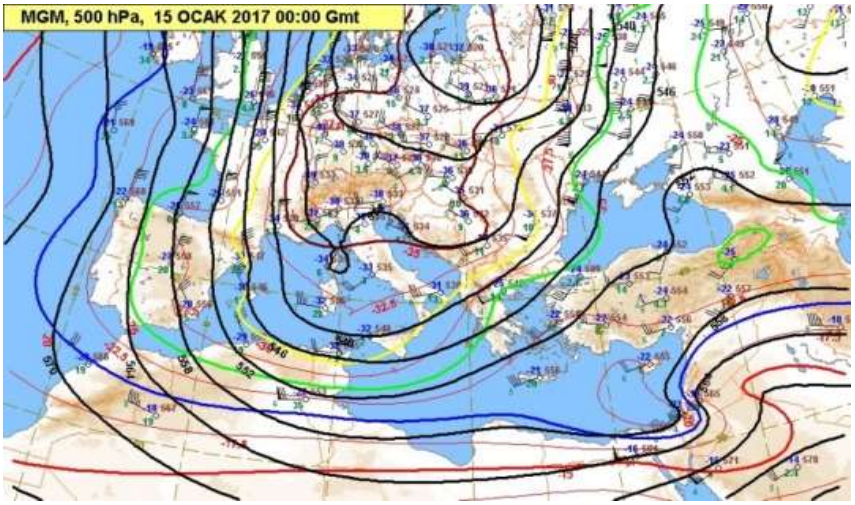


Şekil 5: 14 Ocak 2017 00:00 UTC 850 hPa, Kaynak:Metcap

3.3.500 hPa Yüksek Seviye Haritası

Şekil 6'de Baltık denizi üzerinde görülen alçak merkezden (L) dışa doğru oluşan yayvan U şeklinde trof vardır. Bu trof'da rüzgar şifti azdır ve geniş bir alana yayılmıştır. Sicilya adasının sol tarafında (trof gerisinde) izoterm trofu (soğuk hava) görünmektedir. Bu trofların önünde

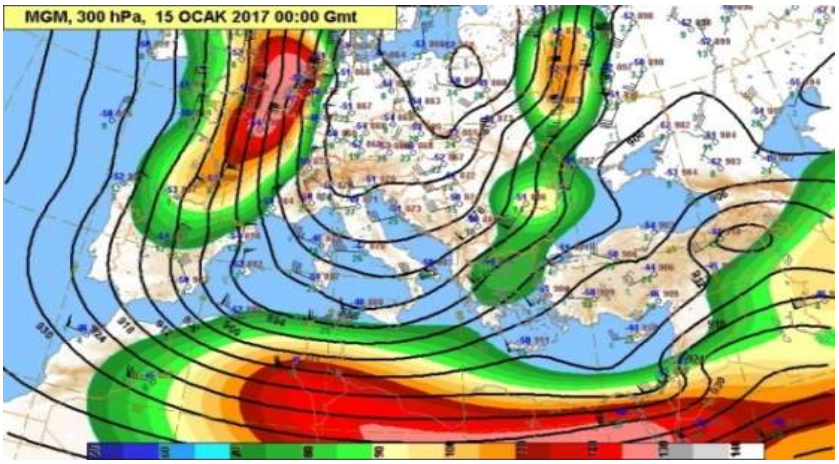
güney-batılı, arkalarında kuzey-batılı, tam üzerlerinde ise batılı (270 derece) rüzgar akışları görülmektedir. Bu trofların kaybolmamaları için soğuk havayla beslenmeleri gerekmektedir. Trof gerisinde kuzey ve kuzey-batılı rüzgar akışları bulunduğundan çökme (sübsidans) ve konverjans alanlarıdır. Aşağı doğru çöküşten dolayı dikine faaliyet olmadığından trof gerisinde faaliyet yoktur. Trof önünde atmosferik dikey hareketler (güney-batılı rüzgarlar) vardır. Bu suretle etkili ve sürekli yağışlar meydana gelmiştir. Ayvalık için yer kartında okunan sıcaklık 12 ºC iken 500 hPa seviyesinde sıcaklık -23 ºC dir. Bu sıcaklık farkı 35 ºC olup kararsız atmosferik şartları belirtmektedir.



Şekil 6: 15 Ocak 2017 00:00 UTC 500 hPa Haritası, Kaynak:Metcap

3.4.300 hPa Yüksek Seviye Haritası

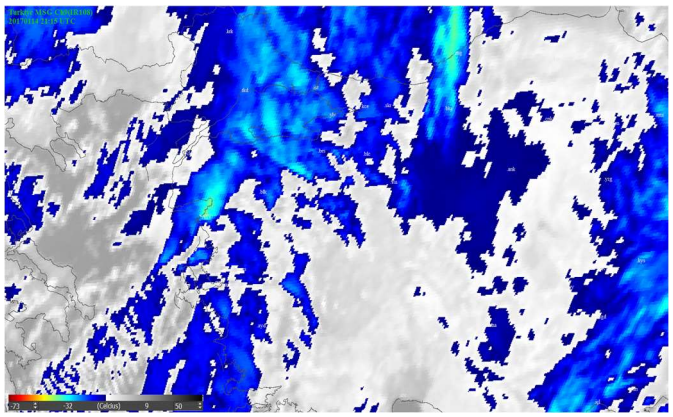
Şekil 7'de Jet akımları Ayvalık üzerinde 70-80 knot hızla devam etmektedir.



Şekil 7: 300 hPa Yüksek Seviye Haritasında 14 Ocak 2017 00:00 UTC.

4.UYDU ANALİZ

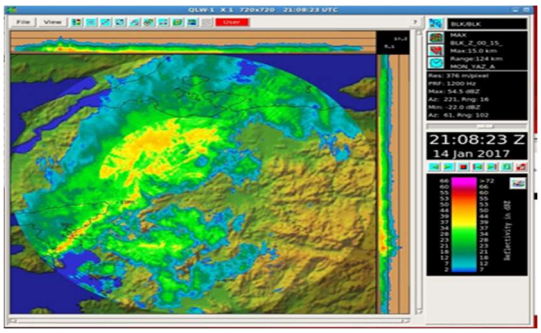
Uydu görüntülerinde cephe şekli ile bulutluluğun benzerlikleri incelenir. Şekil 8'da termal IR dalga boylarında (10-12 mikron) yer ve atmosferin emisyonlarından elde edilen görüntü, radyasyon yayan yüzeylerin () sıcaklığını göstermektedir. 14 Ocak 2017 21:15 UTC'de EUMETSAT MSG IR görüntüsünde bulut tepesi sıcaklığı Ayvalık üzerinde -45 ˚C görülmektedir.

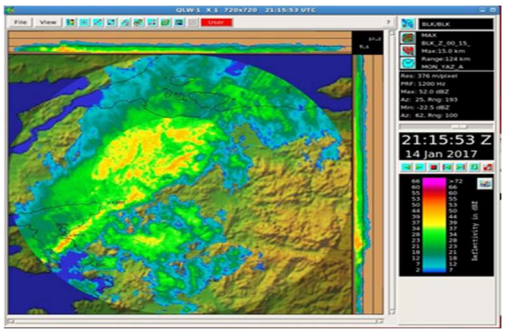


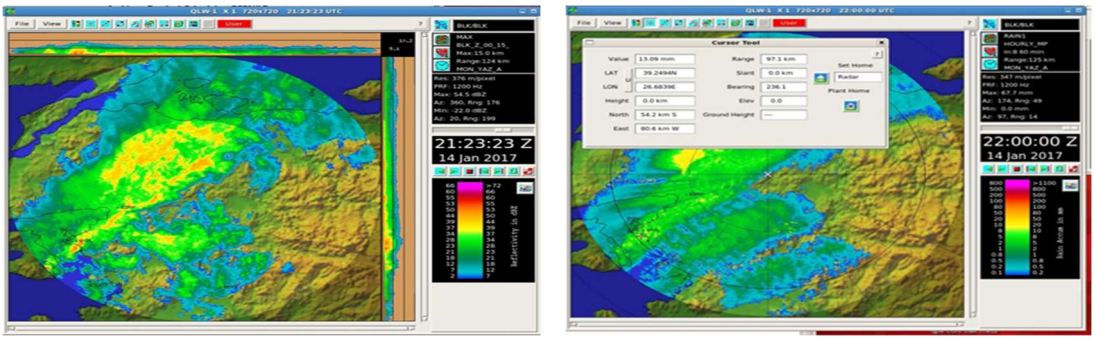
Şekil 8: 14 Ocak 2017 21:15 UTC de EUMETSAT MSG IR (Kanal 9) görüntüsü

5.RADAR ANALİZ

Şekil 9 sol-üstteki görüntüde Balıkesir radarında 22:00UTC'de saatlik toplam yağış (Rain1 Accumulation in mm) 13.09 mm gözükmektedir. Şekil 9 sağ-üst, sol-alt ve sağ-alttaki görüntülerde Squall hattı bariz olarak görülmektedir. Aslında squall hattı özellik olarak soğuk cephe özelliklerine benzerler; ancak soğuk cepheyle bir bağlantısı yoktur. Squall hattı aktif ve dar oraj (thunderstorm, Kümülonimbus) bandıdır. Squall hatları, kümülonimbus ve iyi gelişmiş kümülüs bulutlarının yarattığı gök gürültüsü, şimşek, hamleli yer rüzgarı, türbülans, kuvvetli yağmur sağanağı, kuvvetli dikey hareket ile karakterize edilirler. Rüzgar yönü, squall hatlarının önünde güneyli (güneyden esen) iken hattın hemen üzerinde batılı, hattın gerisinde ise kuzeyli esecek şekilde keskince yön değiştirmektedir.



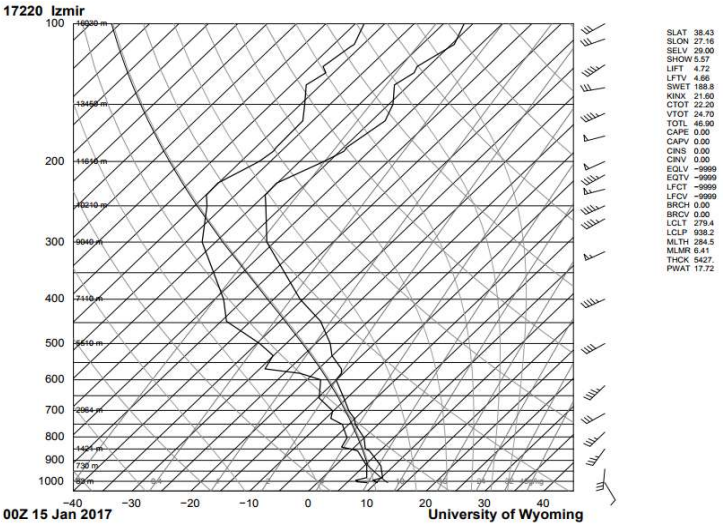




Şekil 9:Balıkesir Radarı 14 Ocak 2017 Görüntüsü, sol-üstte:RAIN1 22:00UTC; sağ-üst:21:08UTC, sol-alt:21:15UTC ve sağ-alt:21:23UTC dBZ olarak Yağış Yansıma Oranı

6.TEMP DİYAGRAMI ANALİZİ

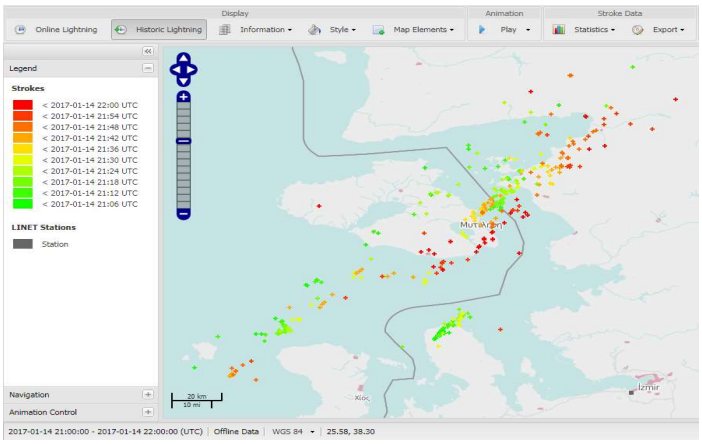
Bu bölümde Temp analizinde Wyoming Üniversitesinin web sayfasından alınan İzmir (istno:17220) istasyonunun 15 Ocak 2017, 00:00UTC tarihine ait Skew-T Log-P diagramı analiz edilmiştir. İzmir için gözlemlenen radiosonde değerlerine göre yerden 10 kilometreye kadar uzanan troposfer tabakasının alt kısımlarında jeopotansiyel olarak 4237 metrede veya yer seviyesinden 600 hPa'lik basınca ulaşıncaya kadar sıcaklığın (sıcaklık ve işba sıcaklığı) atmosfer sütunu boyunca durumunu ifade eden çizgiler dikey atmosfer boyunca durumunu ifade eden çizgiler birbirlerine çok yakınlaşmışlardır. Bunun anlamı yerden itibaren 600 hPa'ya kadar çok nemli hava olduğunu göstermektedir. Yer seviyesinden jeopotansiyel olarak 600 hPa'lik basınca kadar rüzgarların güneyli ve batılı olduğu görülmektedir. Ayvalık'ta ani taşkına yol açan olayda atmosferin dikey profilindeki kararsızlıkları belirlemek amacıyla Şekil 10'nin sağ tarafında da görülen kararsızlık indeksleri incelenmiştir. Skew-T Log-P diyagramında indeks değerlerine göre Lifted indeks değeri 4.72 dir. Bu değer kararlı havayı temsil etmektedir. K indeks değeri 21.60 olup oraj ihtimali yok demektir. SWEAT indeks değeri 188.8 dir. Kısmen şiddetli oraj oluşabilir demektir. CINS indeksi (Konvektiviteyi Engelleyen Enerji) 0.0 dır. Bunun anlamı zayıf düşey hareket var veya bulut oluşumu yok demektir. Showalter Stability Indeks değeri 5.57 dir. Bunun anlamı oraj ihtimali yoktur.



Şekil 10: İzmir 17220 Radyosonde İstasyonu için Skew-T Log P diagramı. Kaynak: University of Wyoming.

7.YILDIRIM TESPİT ve TAKİP SİSTEMİYLE ANALİZİ

Şekil 11'de Ayvalık'ta 14 Ocak 2017 21:00-22:00 UTC arasında şiddetli yağış neticesinde sel olayı meydana gelirken yıldırım ve şimşeğin oluşturduğu elektriksel hücrenin belirli aralıklarla yeri, hareket yönü ve hızı görülmektedir.

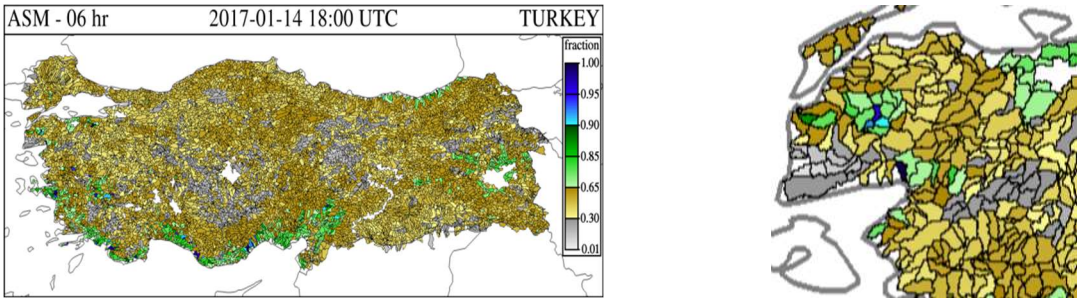


Şekil-11:Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi Görüntüsü: 14 Ocak 2017 21:00-22:00UTC Kaynak: http:////192.168.23.195/linetview/pages/index.html

8.FFGS ÜRÜN ANALİZLERİ

8.1.Toprak Nemi Haritası (Average Soil Moisture)

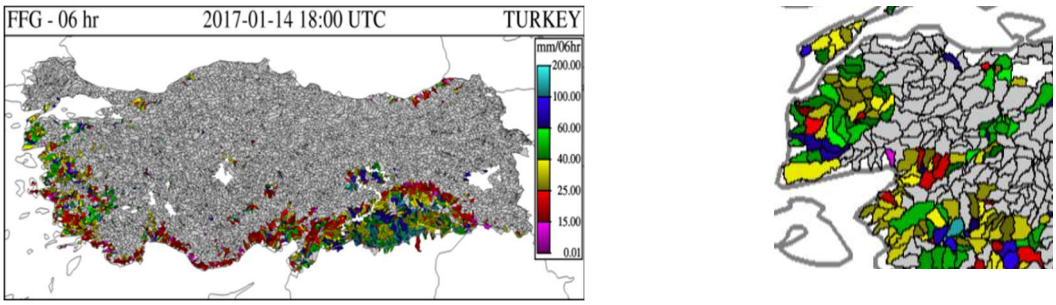
Şekil 12-b'de Ayvalık'ta 14 Ocak 2017 18:00 UTC itibarıyla son 6 saatte toprak nemi açısından doygun (0.74) olduğu gözükmektedir.



Şekil 12: Toprak Nemi Haritası,ASM-6hr (a) ve çalışma alanı büyütülmüş(b) Kaynak:[7]

8.2.Ani Taşkın Kılavuz Değeri (FFG)

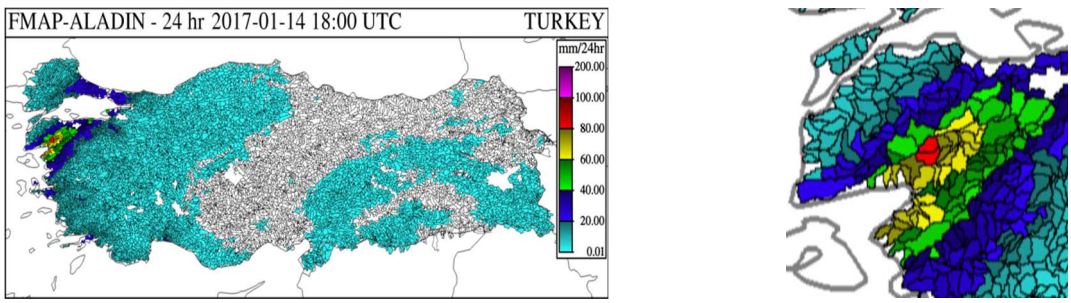
Şekil 12-b'de Ayvalık'ta toprak nemi 0.74 iken, aynı küçük havzada Şekil 13-b'de FFG-06 hr haritasında sarı renkli (29.20 mm) kodlanmıştır.



Şekil 13: FFG-06hr Haritası(a) ve çalışma alanı büyütülmüş(b) Kaynak:[7]

8.3.Tahmini Alansal Yağış Değeri (FMAP)

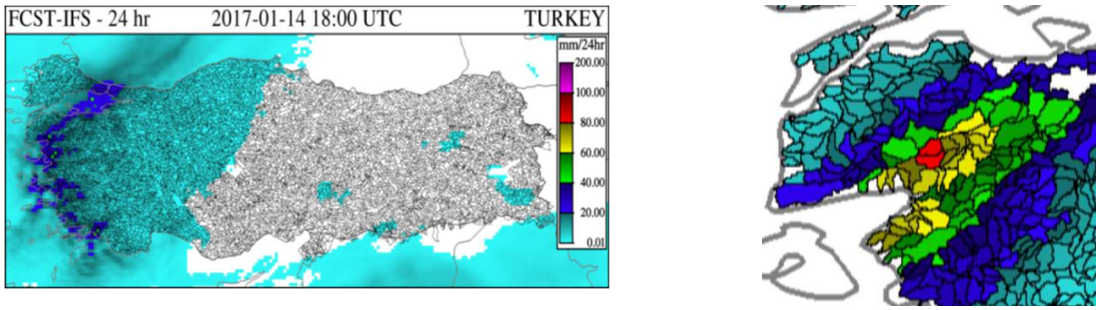
8.3.1.ALADIN-ALARO FMAP-24hr



Şekil 14:ALADIN-ALARO FMAP-24hr Haritası(a) çalışma alanı büyütülmüş(b)Kaynak:[7]

Şekil 14-b'de Ayvalık'ta ALADIN-ALARO FMAP-24 hr haritasında 14 Ocak 2017 18:00 UTC'den itibaren koyu mavi renkte 24 saatte 74.60 mm yağış olacağını tahmin etmiştir.

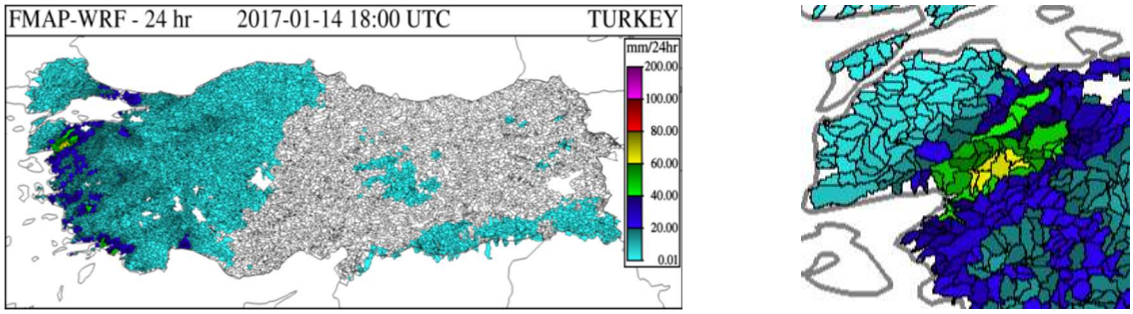
8.3.2.ECMWF-IFS FMAP-24hr



Şekil 15: ECMWF-IFS FMAP-24hr Haritası(a) ve çalışma alanı büyütülmüş(b) Kaynak:[7]

Şekil 15-b'de Ayvalık'ta ECMWF-IFS FMAP-24 hr haritasında 14 Ocak 2017 18:00 UTC'den itibaren koyu mavi renkte 24 saatte 21.16 mm yağış olacağını tahmin etmiştir.

8.3.3.WRF FMAP-24hr



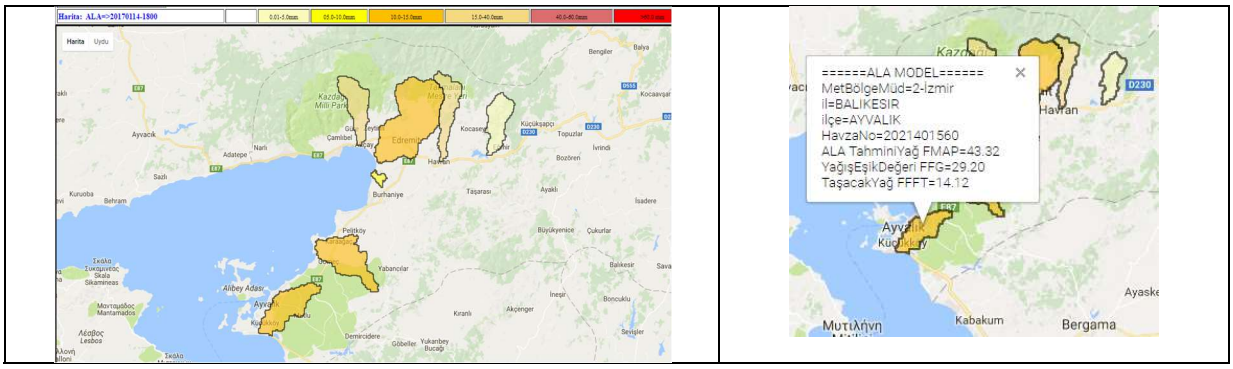
Şekil 16: WRF FMAP-24hr Haritası(a) ve çalışma alanı büyütülmüş(b) Kaynak:[7]

Şekil 16-b'de Ayvalık'ta WRF FMAP-24 hr haritasında 14 Ocak 2017 18:00 UTC'den itibaren koyu mavi renkte 24 saatte 31.07 mm yağış olacağını tahmin etmiştir.

8.4.Ani Taşkın Erken Uyarısı Veren Tehlike Haritaları (FFT)

Ani taşkın tehlikesi (**FFT**) tanım olarak, su banket seviyesini aştıktan sonra taşkına neden olan yağış miktarıdır (mm).

8.4.1.Tahmini Taşkın Tehlike Haritası (FFFT)



Şekil 17: ALA-FFFT-06hr Haritası,14 Ocak 2017 18:00 (a) ve çalışma alanı büyütülmüş(b)
Kaynak: https://212.175.180.79/ERTFFT/

Şekil 17-b'de Ayvalık'ta ALADIN FFFT-06 hr haritasında FMAP değeri: 43.32mm, Yağış kayıplarıyla birlikte Yağış Eşik Değeri (FFG):29.20mm ve aradaki fark: Taşkın Tehlike miktarı FFFT:14.12mm dir.

9.SONUÇLAR

- 14 Ocak 2017 tarihinde Ayvalık'ta meydana gelen sel taşkın öncesinde FFGS modeli uyarı vermiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Ayvalık için FFGS uyarısı

UYARI Tarih&Saati:20170114-1800					FFFT(mm/6sa)			FFT(mm/6sa)		FMAP Yağış Tahmini(mm/6sa ve mm/24sa)						GaugeMAP	MERGED	ASM	FFG
MODEL	BÖLGE	İL	İLÇE	HavzaNo	ALAD	ECMWF	WRF	PFFT	IFFT	ALAD (06)	ALAD (24)	ECMWF (06)	ECMWF (24)	WRF (06)	WRF (24)	mm/6sa	mm/6sa	%	mm/6sa
ALA	2-İzmir	BALIKESIR	EDREMIT	2021401529	33.12	19.92	32.53	3.81	0.00	46.90(3)	73.63(4)	33.70(<-2)	38.80(<-2)	46.31(3)	49.54(<-2)	1.27	17.59	1.00	13.78
ALA	2-İzmir	BALIKESIR	EDREMIT	2021401533	10.28	0.00	11.91	0.00	0.00	44.21(2)	65.78(2)	25.09(<-2)	36.26(<-2)	46.00(3)	51.72(<-2)	1.57	7.79	0.67	29.91
ALA	2-İzmir	BALIKESIR	BURHANIYE	2021401535	6.00	0.00	2.70	0.00	0.00	36.98(<-2)	54.41(<-2)	17.92(<-2)	33.80(<-2)	33.68(<-2)	38.55(<-2)	2.00	1.00	0.52	30.95
ALA	2-İzmir	BALIKESIR	HAVRAN	2021401537	18.74	0.00	33.54	0.00	0.00	41.03(<-2)	63.68(<-2)	17.71(<-2)	30.00(<-2)	55.83(<-2)	61.56(<-2)	1.03	7.52	0.76	22.29
ALA	2-İzmir	BALIKESIR	HAVRAN	2021401542	3.52	0.00	20.41	0.00	0.00	23.49(<-2)	58.87(<-2)	11.20(<-2)	24.52(<-2)	40.09(<-2)	45.31(<-2)	0.17	3.62	0.81	19.67
ALA	2-İzmir	BALIKESIR	GOMEC	2021401556	10.68	0.00	10.14	0.00	0.00	32.42(<-2)	67.35(<-2)	11.46(<-2)	22.71(<-2)	31.88(<-2)	38.60(<-2)	2.00	6.00	0.68	21.74
ALA	2-İzmir	BALIKESIR	AYVALIK	2021401560	14.12	0.00	0.72	0.00	0.00	43.32(<-2)	74.60(4)	13.92(<-2)	21.16(<-2)	29.92(<-2)	31.07(<-2)	3.56	11.37	0.74	29.20
ALA	2-İzmir	İZMIR	KARABURUN	2021402013	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	19.78(<-2)	26.62(4)	18.20(<-2)	20.54(<-2)	10.62(<-2)	15.51(<-2)	0.79	3.80	0.73	19.43

- 14 Ocak 2017 tarihinde Ayvalık'ta meydana gelen ani taşkın olayı ile ilgili olarak olay öncesinde MGM'de mevcut olanaklarla buna neden olan meteorolojik şartlar (yağış intensitesi, sinoptik analizler, uydu, radar, sounding analizlerine göre) incelenmiştir. 14 Ocak 2017 21:00-22:00 UTC arasında Ayvalık'ta yaşanan ani taşkın olayına Kuzey Ege denizi üzerindeki alçak basınç merkezi ve Ayvalık üzerinde soğuk cephe önünde dar oraj bandı (squall hattı) yol açmıştır. Bu çalışmada ani taşkının meydana gelmesiyle ilgili bilgiler, FFGS sisteminden elde edilen ürünlerle (ASM ile toprağın neme doygunluk derecesi, FFG, tehlike haritaları ve FMAP ile yağışın güçlenme veya azalma durumlarını da hesaba katarak) birlikte yorumlamıştır.

- Türkiye'de cephesel yağış sistemleri ve/veya konvektif yağış şeklinde meydana gelen şiddetli yağışlar sonucu oluşan sel ve taşkınlarda ana unsur yağış olmakla beraber aynı zamanda jeomorfolojik yapı, çarpık şehirleşme, dere üzerinde sonradan yapılan yollar için derenin daraltılması, dere ıslahı gibi uygulamaların önemli rol oynadığı unutulmamalıdır. Gelecekte bu tür sorunlar halledilmeden ani taşkınları sadece uydu, radar, numeric model ve benzeri gelişmiş teknolojik ürünlerle tahmin etmek kolay olmayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] **Seyfried, M. S., and B. P. Wilcox**, Scale and the Nature of Spatial Variability: Field Examples Having Implications for Hydrologic Modeling, Water Resour. Res., 31(1), 173–184, doi:10.1029/94WR02025, 1995.

[2] **American Meteorological Society (AMS),** Glickman, T.S (Ed.), Glossary of Meteorology. , 2nd Ed. American Meteoro-logical Society, Boston, 855 pp., 2000a.

[3] Georgakakos Konstantine P., Realtime Flash Flood Predictions, Journal of Geophysical Research, 1987.

[4] **Georgakakos Konstantine P.,** Hydrometeorological Models for Realtime Rainfall and Flow Forecasting, Water Resources Publications, 2002.

[5] **T.M.Carpenter, J.A.Sperfslage, K.P.Georgekakos, T.Sweeney, D.L.Fread**, National Threshold Estimation Utilizing GIS in Support of Operational Flash Flood Warning Systems, Journal of Hydrology, 1999.

[6] **C.Şahin, S. Sipahioğlu**., Doğal Afetler ve Türkiye, Ankara, 2002.

[7] **BSMEFFG Real-Time Product Console** v.1.0, HRC, Release Date: June 2013: BSMEFFG Real-Time Product Console Operational Output Product Descriptions.

[8] https://212.175.180.79/CONSOLE/page_reference_product_definitions.php

YILDIRIM TESPİT VE TAKİP SİSTEMİNDE (YTTS) HATA ŞÜPHESİ

Yusuf ALTUNÇ
15.Meteoroloji Bölge Müdürlüğü
Meydan Meteoroloji Müdürlüğü
Diyarbakır
yaltunc@mgm.gov.tr

Fatih TUNCER
15.Meteoroloji Bölge Müdürlüğü
Meydan Meteoroloji Müdürlüğü
Diyarbakır
ftuncer@mgm.gov.tr

ÖZET

12.08.2017 tarihinde (daha sonra benzer şekilde 22.08.2017 tarihinde) YTTS de meydan ihbar alanında yıldırım tespit edilmiştir. Sistemin uyarı vermesinden itibaren inceleme başlatılmıştır. Tahmin ve ölçümler, Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğünden de yardım alınarak irdelenmiş olup; Sayısal Model Verileri, Meydan Tahminleri, Uydu ve radarlar arşivi, Silyometre datası ve meydan metar rasatları taramaları sonucu ilgili bölgede bulut dahi tespit edilmemiştir. YTTS de görülen yıldırımların sebebi net olarak anlaşılmamıştır. Bu çalışmada amaç yukarıda bahsedilen durum bir sistem hatası ise bu hatanın tespit edilip hataya sebep olan faktörlerin araştırılması ve hatayı düzeltecek birimlere bilgi paylaşımında bulunulmasıdır.

Anahtar Kelimeler — Yıldırım, Şimşek, SHT, Hata, Yıldırım Tespit Sistemi, Uydu, Radar

1. GİRİŞ

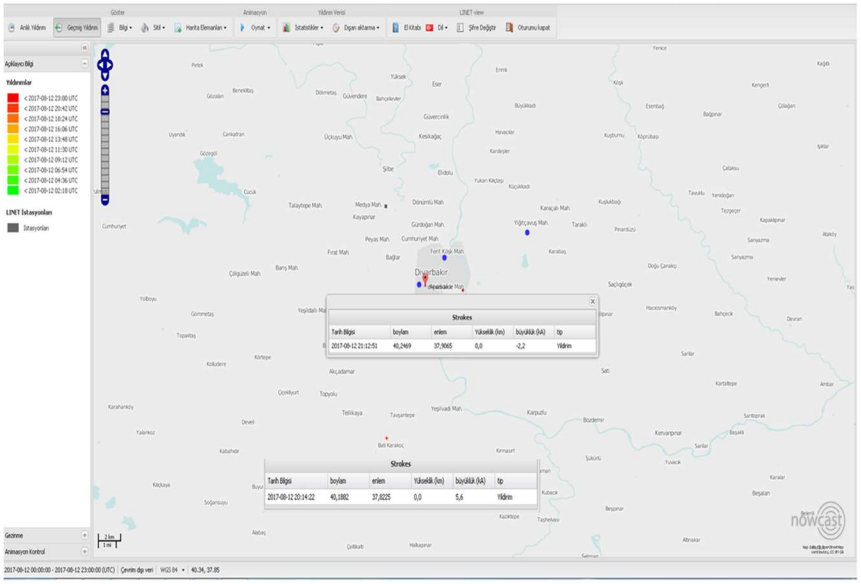
Yıldırım, bulutla yer arasında olan şimşek boşalımı için kullanılan bir terimdir. Havadaki herhangi bir boşalıma gelirsek, bir yıldırım kanalı tepe sıcaklığı genellikle 30,000 °K olan(Güneşin yüzeyindeki sıcaklığın yaklaşık 5 katı) plazmanın iyonize gazından oluşur. Bu boşalım **canlıların bulunduğu yerlerde ölümlere, ormanlık alanlarda orman yangınlarına, korunmasız yerlerde maddi kayıplara, uçaklarda hasara ve elektrik hatları arızalarına** sebep olmaktadır.

Bu kadar etkiye sahip bir meteorolojik olayın hatasız bir şekilde ölçümü kuşkusuz çok önem arz etmektedir. Yıldırım ve şimşek tespitleri uzun yıllar boyunca rasatçı gözlemleriyle yapılmış olup kurumumuz tarafından faaliyete sokulan Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi(YTTS) ile çok önemli bir aşama kaydetmiştir. Bu sistem Türkiye genelinde kurulu bulunan algılayıcılarla elde edilen verilerin online olarak kurum personeli ve diğer kullanıcılara sunulmasıdır. DHMİ, TSK vb kurumlar diğer kullanıcılara örnek verilebilir. Hem kullandığımız hem de paylaştığımız bu verilerin sağlıklı olması, doğru ölçüm ve tahminlerin yanı sıra kurum güvenirliliği açısından da çok önem arz etmektedir.

Bu çalışma bu sistemdeki olası hatalı verilerin tespitini ve hatanın tekrarlanmaması için gerekli adımların başlatılmasına ön ayak olmayı amaçlamaktadır.

2. YÖNTEM

YTTS ile üretilen veriler uzaktan algılama yöntemleri , diğer uzaktan algılama ürünleri, rasatçı gözlemleri, otomatik gözlemler, sayısal hava tahmini ve meydan tahminleri (taf) ile karşılaştırılarak doğruluk testine tabi tutulmuşlardır. Bu çalışmanın tetiklenmesi 12 Ağustos 2017 günü saat 20:14 GMT saatindeki yıldırım uyarısı ile olmuştur.(Şekil-1)



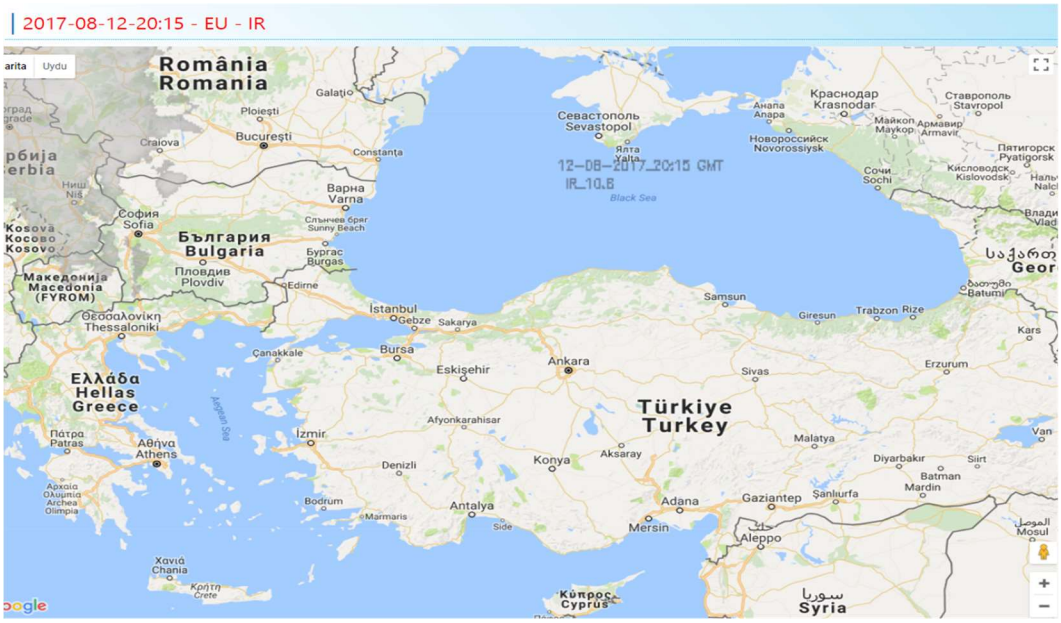
Şekil 1: 12 Ağustos 2017 tarihli yıldırım kayıtları.

Yıldırım uyarısı sms olarak geldiğinde şaşkınlıkla karşılanmıştır zira o anda hava tamamen açıktır. Diyarbakır Meydan Meteoroloji nöbetçi ekibiyle de bu konuda mutabakat sağlanmıştır. Meydan Metar kayıtları da havanın açık olduğunu göstermektedir.(Şekil 2)

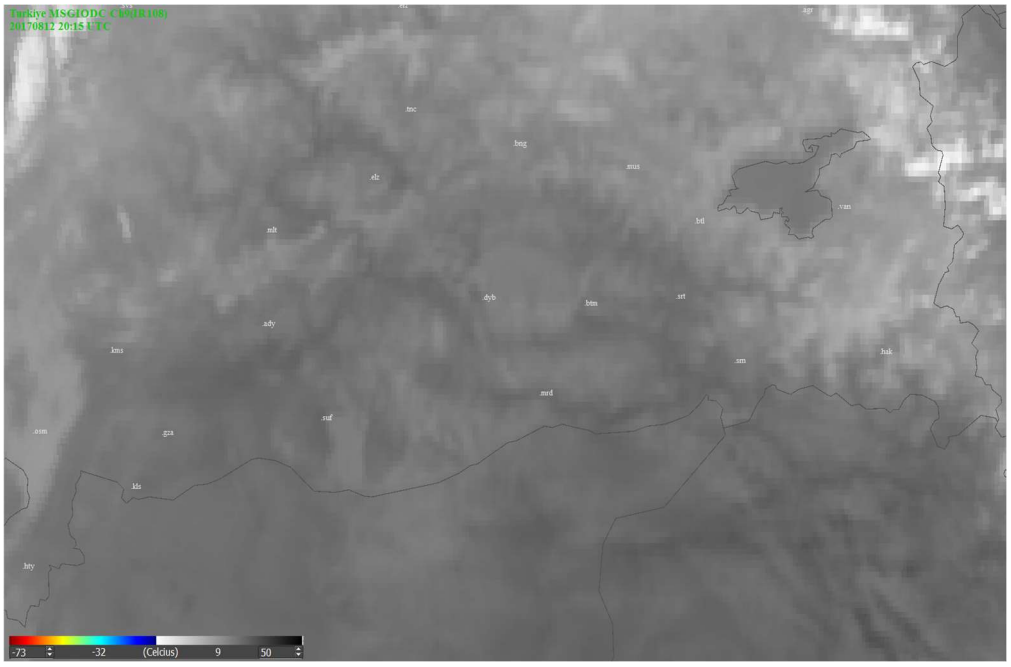
Metar	3075	17280	1708121120	1708121120	SATT70 LTCC 121120 LTCC 121120Z 18011KT 150V220 CAVOK 41/M01 Q1004 NOSIG RMK RWY16 18014G24KT 150V230 =
Metar	3075	17280	1708121150	1708121150	SATT70 LTCC 121150 LTCC 121150Z 18013KT 150V230 CAVOK 41/M03 Q1004 NOSIG RMK RWY16 18012G22KT 140V220 =
Metar	3075	17280	1708121219	1708121220	SATT70 LTCC 121220 LTCC 121220Z 19012KT 130V230 CAVOK 41/M03 Q1004 NOSIG RMK RWY16 17009KT 110V210 =
Metar	3075	17280	1708121249	1708121250	SATT70 LTCC 121250 LTCC 121250Z 17011KT 140V200 CAVOK 41/M03 Q1004 NOSIG RMK RWY16 17010KT 130V220 =
Metar	1208	17280	1708121320	1708121320	SATT70 LTCC 121320 LTCC 121320Z 18013G24KT 150V210 CAVOK 41/M03 Q1003 NOSIG RMK RWY16 17011KT 140V230 =
Metar	1208	17280	1708121351	1708121350	SATT70 LTCC 121350 LTCC 121350Z 20013KT 170V240 CAVOK 41/M01 Q1003 NOSIG RMK RWY16 21010KT 170V240 =
Metar	1208	17280	1708121421	1708121420	SATT70 LTCC 121420 LTCC 121420Z 19014KT 160V230 CAVOK 39/M00 Q1003 NOSIG RMK RWY16 20014KT =
Metar	1208	17280	1708121451	1708121450	SATT70 LTCC 121450 LTCC 121450Z 19015KT CAVOK 39/01 Q1003 NOSIG RMK RWY16 19015KT =
Metar	1208	17280	1708121520	1708121520	SATT70 LTCC 121520 LTCC 121520Z 20015KT CAVOK 38/00 Q1003 NOSIG RMK RWY16 20015KT =
Metar	1208	17280	1708121550	1708121550	SATT70 LTCC 121550 LTCC 121550Z 19010KT CAVOK 37/03 Q1004 NOSIG RMK RWY16 20010KT =
Metar	1208	17280	1708121619	1708121620	SATT70 LTCC 121620 LTCC 121620Z 18008KT CAVOK 35/05 Q1004 NOSIG RMK RWY16 19009KT =
Metar	1208	17280	1708121654	1708121650	SATT70 LTCC 121650 LTCC 121650Z 19007KT CAVOK 34/05 Q1004 NOSIG RMK RWY16 20006KT =
Metar	1208	17280	1708121719	1708121720	SATT70 LTCC 121720 LTCC 121720Z 22004KT 190V260 CAVOK 32/05 Q1004 NOSIG RMK RWY16 23006KT =
Metar	1208	17280	1708121749	1708121750	SATT70 LTCC 121750 LTCC 121750Z 24005KT CAVOK 31/04 Q1005 NOSIG RMK RWY16 24004KT =
Metar	1208	17280	1708121820	1708121820	SATT70 LTCC 121820 LTCC 121820Z 24006KT CAVOK 30/04 Q1005 NOSIG RMK RWY16 26006KT =
Metar	1208	17280	1708121850	1708121850	SATT70 LTCC 121850 LTCC 121850Z 25006KT CAVOK 29/03 Q1005 NOSIG RMK RWY16 26008KT =
Metar	1208	17280	1708121920	1708121920	SATT70 LTCC 121920 LTCC 121920Z 26007KT CAVOK 28/05 Q1005 NOSIG RMK RWY16 24006KT =
Metar	1208	17280	1708121950	1708121950	SATT70 LTCC 121950 LTCC 121950Z 26008KT CAVOK 29/06 Q1005 NOSIG RMK RWY16 26008KT =
Metar	1208	17280	1708122020	1708122020	SATT70 LTCC 122020 LTCC 122020Z 25008KT CAVOK 27/05 Q1005 NOSIG RMK RWY16 26007KT =
Metar	1208	17280	1708122049	1708122050	SATT70 LTCC 122050 LTCC 122050Z 25006KT CAVOK 27/05 Q1005 NOSIG RMK RWY16 25007KT =
Metar	1208	17280	1708122120	1708122120	SATT70 LTCC 122120 LTCC 122120Z 14003KT 100V170 CAVOK 26/05 Q1005 NOSIG RMK RWY16 19003KT 120V270 =
Metar	1208	17280	1708122150	1708122150	SATT70 LTCC 122150 LTCC 122150Z VRB01KT CAVOK 27/05 Q1005 NOSIG RMK RWY16 VRB01KT =
Metar	1208	17280	1708122219	1708122220	SATT70 LTCC 122220 LTCC 122220Z VRB02KT CAVOK 26/05 Q1005 NOSIG RMK RWY16 VRB01KT =
Metar	1208	17280	1708122249	1708122250	SATT70 LTCC 122250 LTCC 122250Z 02002KT CAVOK 26/05 Q1005 NOSIG RMK RWY16 VRB01KT =
Metar	1208	17280	1708122319	1708122320	SATT70 LTCC 122320 LTCC 122320Z 09002KT CAVOK 23/05 Q1005 NOSIG RMK RWY16 00000KT =
Metar	1208	17280	1708122349	1708122350	SATT70 LTCC 122350 LTCC 122350Z 09003KT CAVOK 23/07 Q1005 NOSIG RMK RWY16 00000KT =

Şekil 2: 12 Ağustos 2017 tarihli metar rasatları.

Daha ayrıntılı bir çalışma için uydu görüntüleri incelenmiştir(Şekil 3, Şekil 4). Görüleceği üzere farklı uydu kanallarından olayın gerçekleştiği saatle ilgili taramalar yapılmıştır. Bu taramalar neticesinde uyduda herhangi bir hareketlilik veya bulut oluşumu gözlenmediği açıkça görülmektedir.

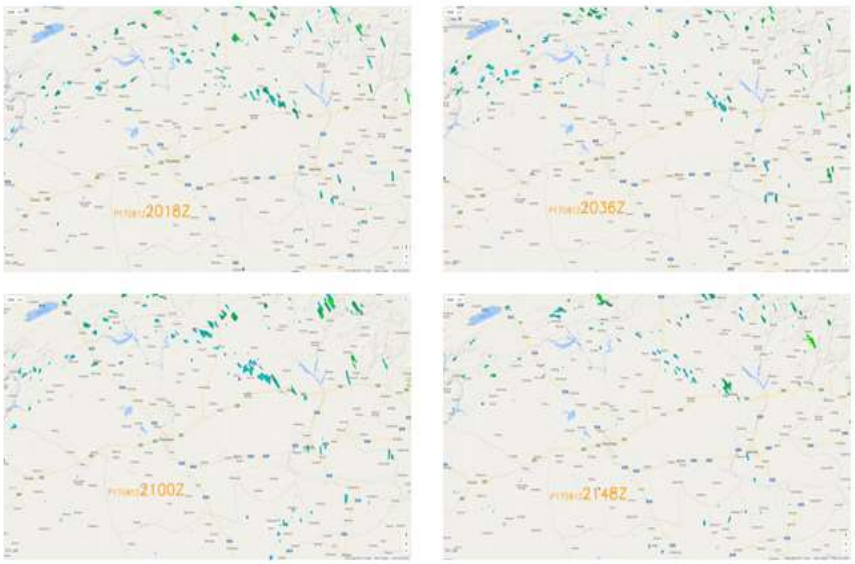


Şekil 3: 12 Ağustos 2017 20:15 GMT uydu görüntüsü.



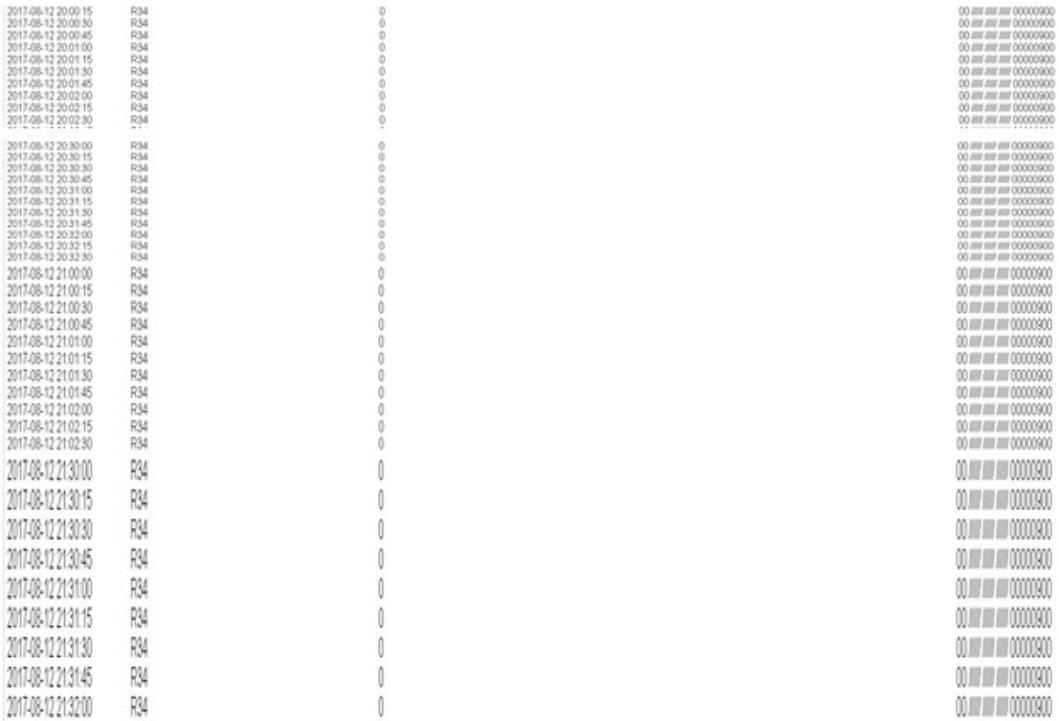
Şekil 4: 12 Ağustos 2017 20:15GMT Yakınlaştırılmış uydu görüntüsü.

Radar görüntüleri incelenmiştir(Şekil 5). İhbar vermekle sorumlu olduğumuz alan içerisinde bir aktivite görülmemektedir. Silvan,Hazro çevrelerinde çok ince bir tabaka bulutluluk görülmektedir.



Şekil 5: 12 Ağustos 2017 Şanlıurfa radar görüntüleri.

Diyarbakır Meydan Meteoroloji Müdürlüğü Siliyometre kayıtları incelenmiştir(Şekil 6).



Şekil 6: 12 Ağustos 2017 Siliyometre kayıtları.

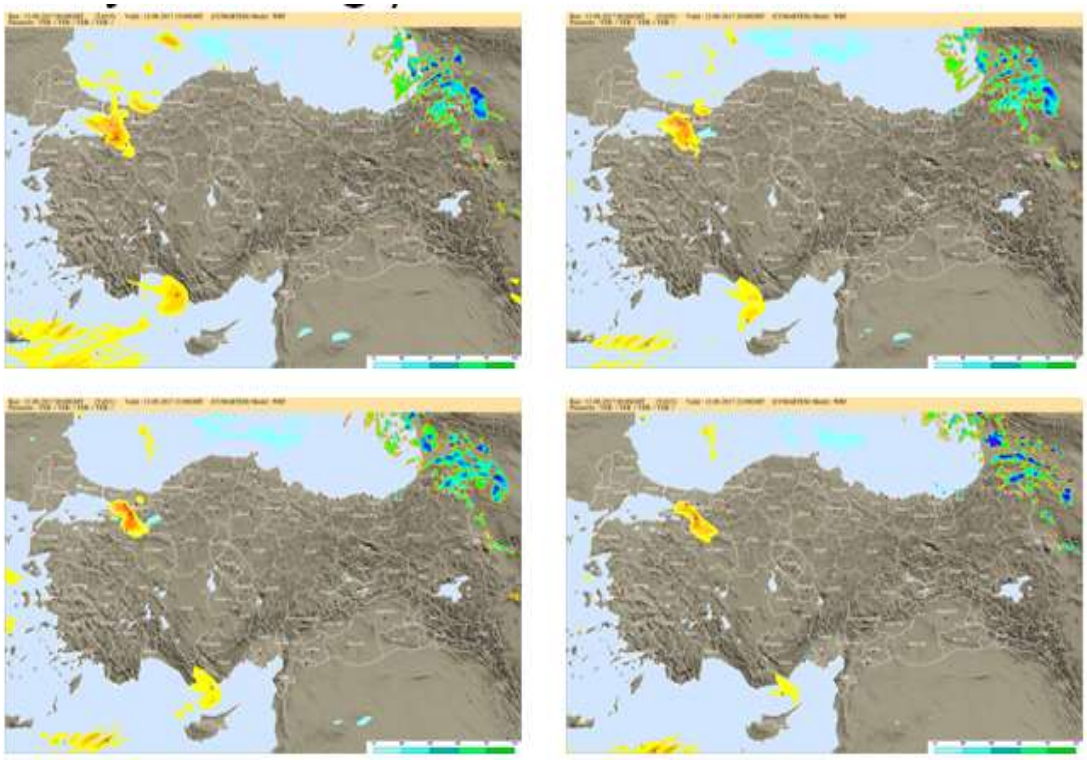
Diyarbakır Meydan Meteoroloji Müdürlüğü Taf kayıtları incelenmiştir(Şekil 7).

Veri Sayısı=23 — 12 Ağustos 2017 Cumartesi

Türü	Kull.	Gönd.	KayıtTar.	RasatTar.	Bülten
Taf	1971	17280	1708120154	1708120140	FCTT70 LTCC 120140 LTCR 120140Z 1203/1212 VRB02KT CAVOK BECMG 1209/1211 21012KT =
Taf	1971	17280	1708120157	1708120140	FCTT70 LTCC 120140 LTCL 120140Z 1203/1212 VRB02KT CAVOK BECMG 1207/1209 18012KT =
Taf	1971	17280	1708120159	1708120140	FCTT70 LTCC 120140 LTCV 120140Z 1203/1212 VRB02KT CAVOK BECMG 1210/1212 18012KT =
Taf	1971	17280	1708120446	1708120440	FCTT70 LTCC 120440 LTCR 120440Z 1206/1215 VRB02KT CAVOK BECMG 1209/1211 21012KT =
Taf	1971	17280	1708120448	1708120440	FCTT70 LTCC 120440 LTCL 120440Z 1206/1215 VRB02KT CAVOK BECMG 1207/1209 18012KT =
Taf	1971	17280	1708120450	1708120440	FCTT70 LTCC 120440 LTCV 120440Z 1206/1215 17008KT CAVOK =
Taf	1971	17280	1708120452	1708120440	FTTT70 LTCC 120440 LTCC 120440Z 1206/1306 VRB02KT CAVOK BECMG 1208/1211 19012KT =
Taf	1971	17280	1708120455	1708120440	FTTT70 LTCC 120440 LTCJ 120440Z 1206/1306 VRB02KT CAVOK BECMG 1208/1211 20012KT BECMG 1219/1221 VRB02KT =
Taf	3075	17280	1708120732	1708120740	FCTT70 LTCC 120740 LTCL 120740Z 1209/1218 18012KT CAVOK =
Taf	3075	17280	1708120733	1708120740	FCTT70 LTCC 120740 LTCR 120740Z 1209/1218 21012KT CAVOK =
Taf	3075	17280	1708120733	1708120740	FCTT70 LTCC 120740 LTCV 120740Z 1209/1218 18012KT CAVOK =
Taf	3075	17280	1708121029	1708121040	FTTT70 LTCC 121040 LTCC 121040Z 1212/1312 18009KT CAVOK =
Taf	3075	17280	1708121029	1708121040	FTTT70 LTCC 121040 LTCJ 121040Z 1212/1312 22009KT CAVOK =
Taf	3075	17280	1708121029	1708121040	FCTT70 LTCC 121040 LTCR 121040Z 1212/1221 21012KT CAVOK =
Taf	3075	17280	1708121030	1708121040	FCTT70 LTCC 121040 LTCL 121040Z 1212/1221 18012KT CAVOK =
Taf	3075	17280	1708121030	1708121040	FCTT70 LTCC 121040 LTCV 121040Z 1212/1221 18012KT CAVOK =
Taf	1208	17280	1708121334	1708121340	FCTT70 LTCC 121340 LTCR 121340Z 1215/1224 27012KT CAVOK BECMG 1220/1222 VRB02KT =
Taf	1208	17280	1708121337	1708121340	FCTT70 LTCC 121340 LTCL 121340Z 1215/1224 21012KT CAVOK BECMG 1217/1219 06008KT =
Taf	1208	17280	1708121339	1708121340	FCTT70 LTCC 121340 LTCV 121340Z 1215/1224 30009KT CAVOK =
Taf	1208	17280	1708121645	1708121640	FTTT70 LTCC 121640 LTCC 121640Z 1218/1318 VRB02KT CAVOK =
Taf	1208	17280	1708121646	1708121640	FTTT70 LTCC 121640 LTCJ 121640Z 1218/1318 VRB02KT CAVOK BECMG 1309/1311 21012KT =
Taf	1208	17280	1708122232	1708122240	FTTT70 LTCC 122240 LTCC 122240Z 1300/1324 VRB02KT CAVOK =
Taf	1208	17280	1708122232	1708122240	FTTT70 LTCC 122240 LTCJ 122240Z 1300/1324 VRB02KT CAVOK =

Şekil 7: 12 Ağustos 2017 Taf kayıtları.

Son olarak sayısal modeller incelenmiştir(Şekil 8).



Şekil 8: 12 Ağustos 2017 SHT verileri(Cape, radar reflectivity, Storm Relative, Bulut Tepe Yüksekliği)

3. SONUÇ

Yukarıdaki veriler ışığında, YTTS'nin hatalı yıldırım ve şimşek uyarısı verdiği kanaatine varılmıştır. Sebebi anlaşılmamıştır. Konu ilgili birimlere aktarılmış olup çalışmalar devam etmektedir.

Mevsim itibari ile havanın açık olduğu zamanlarda görülen bu kayıtlar göz ardı edilerek çalışmalar sorunsuz devam ettirilmiştir. Ancak bulutlu bir ortamda benzer yıldırım ve şimşek uyarısı hatalı ölçüm ve tahmin yapmamıza sebep olacaktır.

4. KAYNAKLAR

[1] Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi Verileri.

[2] Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi Eğitimi Notları, Ankara, 2015.

[3] Meteoroloji Genel Müdürlüğü Uydu Verileri.

[4] Meteoroloji Genel Müdürlüğü Radar Verileri.

[5] Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kardelen Verileri.

[6] Meteoroloji Genel Müdürlüğü Sayısal Hava Tahmini Verileri.

UZAKTAN ALGILAMA ÜRÜNLERİNDE İNTERAKTİF HARİTA KULLANIMI VE MOBİL UYGULAMALARDAKİ ETKİNLİĞİ

Hüseyin BULUT
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Yazılım ve Donanım Şube Müdürlüğü
Ankara
hbulut@mgm.gov.tr

Hüdaverdi GÜRKAN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Klimatoloji Şube Müdürlüğü
Ankara
hgurkan@mgm.gov.tr

ÖZET

İlk yapay uydu olan SPUTNIK-1'in 4 Ekim 1957 yılında uzaya fırlatılması ile haritacılık anlayışı tamamen değişmiş ve bu süreç 1980'li yıllarda Amerika'nın küresel konumlama sistemi olan GPS'in, ardından diğer ülkelerin katılımı ile küresel uydu seyrüsefer sistemi olan GNSS'in ortaya çıkması ile günümüze kadar çok önemli gelişmeler kaydetmiştir. Günümüzde akıllı telefonlar harita ve navigasyon uygulamalarında bulunan GNSS ile konum bulmanın yanında, konumsal veri tabanlarına erişme gibi pek çok uygulamayı cihazlar üzerinde bulunan GPS, GPRS/3G/4G, INS, pusula ve jiroskop gibi sensörler yardımıyla kullanıcılara sunmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri, konumsal verinin işlenmesi için bir araçtır ve aynı zamanda veri analizi ve sonuçlarının sunumunu da içerir. Meteorolojik uydu ve radar ürünlerinin iletişim aracı olarak mobil uygulamalar üzerinde, interaktif haritalar yardımıyla kullanıcılara ulaştırılması; konumsal verinin görselleştirilmesini, sorgulanmasını ve konumsal ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Görselleştirme konumsal bilginin iletişiminde, herkes tarafından

kolayca anlaşılabilecek şekilde tasarlanmış haritalar aracılığı ile uygulanmalıdır. Bu çalışmada; kullanıcısı en fazla olan mobil işletim sistemlerinden Android ve IOS üzerinde geliştirilen Meteoroloji uygulamalarında yer alan uydu ve radar ürünlerinin birçok disiplinin ortak noktası olan interaktif harita üzerinde gösteriminin önemi vurgulanarak geliştirilen meteorolojik uygulamalar hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler — uydu ve radar ürünleri; interaktif haritalar; mobil uygulamalar.

1. GİRİŞ

Navigasyonun tarihi insanlık tarihi kadar eskidir. İlk zamanlardan bu yana insanoğlu "neredeyim?" ve "nereye gidiyorum?" sorularına yanıt bulmaya çalışmış ve bu sorulara doğru yanıt verebilmek için birçok sistem geliştirmiştir. Ancak, bugüne kadar bulunan sistemlerin tamamında sorunlarla karşılaşılmıştır. Örneğin, ilk insanlar yaşadıkları yerlerden uzağa giderken, geri dönebilmek amacıyla, yürüdükleri yolları taşlar koyarak işaretlemişler ve bu taşları izleyerek tekrar köylerine dönebilmişlerdir. Ancak, kar ve yağmur yağdığında bu taşlar kaybolmuş ve geri dönüş yolunda sorunlar yaşanmıştır. Zaman içerisinde, insanoğlu denizleri keşfetmiş, böylece sorunları daha da büyümüştür. Denize taş koyarak işaretleme olanaksız olduğu için, taşlar yerine gök cisimlerinden (güneş, ay ve yıldızlar) yararlanma yoluna gidilmiştir. İlk yapay uydu olan Sputnik-1'in 04 Ekim 1957 tarihinde uzaya fırlatılmasıyla uydularla konum belirleme ve navigasyonun fiili gelişimi başlamıştır. Bilgisayar sistemleri ve uzay çalışmalarındaki gelişmeler uydularla konum belirleme ve navigasyon sistemlerinin günlük yaşantımıza girmesini sağlamıştır. Günümüzde uydularla konum belirleme ve navigasyon (GNSS:Global Navigation Satellite Systems) sistemlerinde ana servis sağlayıcı olarak üç ülke faaliyet göstermekte olup bunlar ABD (GPS), Rusya (GLONASS) ve AB (GALILEO)'dir [1].

Konuma dayalı bilgilere genel olarak coğrafi veriler adı verilmekte olup, bu verilerin toplanması, arşivlenmesi, işlenmesi ve kullanıcılara sunulması faaliyetleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olarak tanımlanmaktadır. Sonuç olarak CBS kavramının altyapısını zamana ve konuma dayalı (mekansal/uzaysal) veriler oluşturmaktadır. Bilgi teknolojilerinin günümüzde büyük önem kazanmasıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) de tüm dünyada popüler bir konu haline gelmiştir. CBS karar verme ve çeşitli karmaşık bilgi kümelerini birleştirerek yapılan iletişimde verimliliği artırmak için kullanılır. Bu sistemler analiz ve coğrafi bilgininin gösterimi için bir çatı sağlar [2]. Gelişen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'ne paralel olarak akıllı telefonlar da harita ve navigasyon

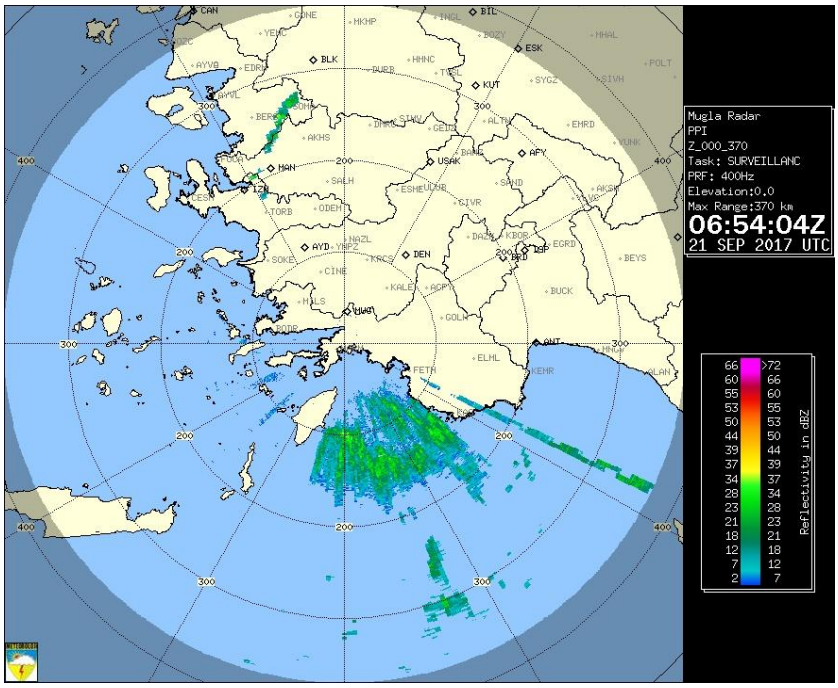
uygulamalarında bulunan GNSS ile konum bulmanın yanında, konumsal veri tabanlarına erişme gibi pek çok uygulamayı cihazlar üzerinde bulunan GPS, GPRS/3G/4G, INS, pusula ve jiroskop gibi sensörler yardımıyla kullanıcılara sunmaktadır.

2. MOBİL UYGULAMALAR VE HARİTA SERVİSLERİ

Yaşadığımız çağda anlık bilgi o kadar önemlidir ki artık insanların ihtiyacı bir fare tıklamasında veya parmak hareketinde kendilerine gerekli olan veriye ulaşmak olmuştur. Akıllı telefon ve tablet gibi akıllı mobil cihazların kullanımının artması ve günlük hayatımızın vazgeçilmezi sonucu, mobil uygulamalar da aynı oranda hayatımızda önem kazanmıştır. Diğer taraftan milyonlarca internet kullanıcısının internete çoğunlukla mobil cihazlardan ulaşması, mobil uygulamalarının öneminin artmasında aktif rol oynamaktadır. Mobil uygulama kullanıcısı bilgisayarından alışık olduğu, sevdiği programların mobil versiyonlarını cihazına indirerek, alışkanlıklarını ve eğlencesini her zaman yanında taşıma olanağı bulabilir. Buna hem Android hem de IOS telefonlarda bulunan Meteoroloji mobil uygulamaları da dahildir. Meteoroloji mobil uygulamaları Meteoroloji Genel Müdürlüğü Web sayfasının içerğindeki pek çok bilgiyi son kullanıcıya ulaştıran etkili kitle iletişim araçlarıdır. 2017 yılı Eylül itibariyle bir milyona yakın aktif kullanıcısı olan bir uygulama olmuştur. Hava durumu yaşamımızda gıda üretiminden enerji üretimine, halk güvenliğinden, ulaşıma kadar her alana etki eder. Bu yüzden etkileri çok geniş bir alanda olabilir. Meteorolojik bilgi insanlar için günün her dakikası için bile önemlidir. İnsanlar bulundukları bölgeye, ülkeye, iklime, araziye bağlı olarak hızlı ve kolay şekilde meteoroloji bilgisine ihtiyaç duyarlar. Meteorolojik koşulların şiddetli olduğu durumlarda insanların can ve mallarının büyük zarara uğraması çok rastlanan bir olaydır. Fakat gerçek zamanlı meteorolojik hava gözlemleri ve CBS ile ortaklaşa çalışan karar destek sistemleri sayesinde önceden uyarı, planlama ve tedbir alma önemli ölçüde artırılabilmektedir [3]. Meteoroloji mobil uygulamalarında insanlar bulundukları yerin veya görmek istedikleri merkezlerin son durum ve tahmin bilgilerinin yanında bulunduğu bölgedeki Meteorolojik uydu ve radar ürünlerini dinamik haritalar üzerinde görebilmektedir.

İnsanlar için en güncel meteorolojik bilgiye ulaşmanın en kolay yolu web tabanlı bir bilgi sistemleridir. Bu sistemlerin içerisinde Web sayfaları ve mobil uygulamalar son kullanıcıya veriyi ulaştıran ara yüzleri içermektedirler. Fakat her iki sistem de Web Servisler aracılığı ile beslenmektedir. Bu doğrultuda yapılmış birçok ara yüz mevcut olup interaktif harita özelliklerinden yoksun statik resim gösterimi şeklinde çalışmaktadır. Mevcut sistemlerin dezavantajı kullanıcı ile etkileşimli ve kullanıcıyla çift yönlü olarak haberleşebilen sistemler olmamalarıdır. Sadece çıktı

üreten sistemlerin kullanıcıların isteklerini tam olarak karşılayabildikleri söylenemez. Kullanıcıları sadece belirli veriler, haritalar ve analiz sonuçları ile sınırlandırırlar. Fakat her kullanıcı farklı bilgilere ihtiyaç duyar. Geçmişteki verileri sorgulamak ve analizini yapmak ve haritalarını görmek ister ki mevcut durumu ile karşılaştırma yapabilsin. Çift yönlü (İnteraktif) çalışabilecek yani kullanıcıdan girdi alabilen, bunları işleyen ve sonuçlarını çıktı olarak döndürebilen bir sistem sayesinde kullanıcıların özelleşmiş ihtiyaçlarına cevap verilebilir. Kullanıcılar yalnızca güncel verilerin analizlerini görmekle yetinmez, geçmiş verilerin analizlerini de yapabilirler. Mevcut sistemin bir diğer dezavantajlarından biri de analiz ve haritaları yalnızca yayınlanmış sabit resim olarak kullanıcılarına sunabilmeleridir. Çalışan bilgi sistemleri analiz sonuçlarını belirli zaman aralığında jpg, png, vb. gibi formatlarda oluşturur ve oluşan bu dosyayı sunucuya resim olarak kaydeder. Bu da birçok dezavantajı beraberinde getirir. Sabit resim üzerinde yakınlaştırma, uzaklaştırma gibi işlemlerde görüntü bozulur, katmanlı veri gösterimine, bu katmanların açılıp-kapatılmasına izin vermez. Analiz sonuçlarını anlamlı kılan bileşenlerden biri de bu analizin dünya üzerindeki coğrafi konumu ve altlık olarak kullanılan haritadır. Bu sayede kullanıcı bu analiz sonucunun tam olarak nereye ait olduğunu kavrayabilir. Bu sorunların önüne geçmek için analizler interaktif bir harita üzerinde gösterilmelidir. Bu yapı kullanıcılara daha doğru ve kullanılabilir sonuçlar vermektedir.



Şekil 1: Web sayfasındaki statik radar görüntüsü [4]

Şekil 2: Mobil uygulamadaki yakınlaştırılabilen dinamik radar görüntüsü [4]

Günümüzde en yaygın mobil işletim sistemleri Google'ın geliştirdiği Android ve Apple'ın geliştirdiği IOS'tur. Buna bağlı olarak her iki şirket geliştirdiği işletim sistemleri için harita servislerini kendileri sağlamaktadır. Konum servisleri ve haritalar birçok mobil uygulamanın önemli ve ayırt edici özelliklerinden biridir. Google, konum servisleri ile birlikte Android için uygulama geliştirenlere, kullanıcıya bulunduğu yeri ya da aradığı bir mekânı harita üzerinde göstermek gibi işlemler için Google Maps Android API'yi sağlamaktadır. Aynı şekilde Apple da kendi harita servisi olan Apple Maps'i mobil uygulamalarda kullanılmak üzere tahsis etmektedir. Mobil uygulamalar geliştirilirken bu haritaların tasarımında değişikliğe gidilebilmektedir. Bu noktada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin önemi ön plana çıkmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), meteorolojik verilerin konumsal veri kaynakları ile entegrasyonu, analizi ve görselleştirilmesi için uygun bir çalışma ortamı sunmaktadır. Konuma bağlı olarak değişen meteorolojik parametrelerin alansal dağılımlarını tespit etmek, CBS ile mümkün olmaktadır.

2.1 Harita Tasarımı

Haritaların tasarımında, görsel (grafik) değişkenler (biçim, büyüklük, yön, beyazlık değeri, renk, dolgu) kullanılarak oluşturulan işaretler ile verinin doğası iletilmeye çalışılmaktadır. Her görsel değişkenin ayrı bir algılanış özelliği bulunmaktadır. Gösterimi yapılacak veri/bilginin

sınıflandırılmasına bağlı olarak kullanılan harita tipleri ve tasarımlarında dikkat edilecek noktalar aşağıda özetlenmiştir [5].

2.1.1 Noktasal Veri Haritaları: Her bir noktanın, belirli bir coğrafyada ölçülmüş bir mutlak değeri ifade ettiği haritalardır.

*2.1.2 Çizgisel Veri Haritaları:*Uygun karakterdeki verilerin çizgisel olarak ifade edildiği haritalardır.Göç ve trafik yoğunluğu haritaları bu gruba örnek olarak verilebilir.

2.1.3 Alansal Veri Haritaları: Belirli bir alana ait verilerin yine bu alan üzerinde renk ya da doku değişkenleri uygulanarak görselleştirilmesiyle elde edilen haritalardır.

2.1.4 Hacimsel Veri Haritaları: İstatistiksel ölçmeler, metrekareye düşen yağış miktarı veya nüfus yoğunluğu gibi mekana ilişkin verilerin sunulduğu haritalardır.

2.1.5 Zamansal Veri Haritaları: Verinin/bilginin belli periyotlardaki halinin ardışık haritalar veya dinamik (animasyonlu) olarak haritalarda kullanılması ile elde edilen haritalardır. Animasyonlu haritalar hem mekan hem de öznitelik değişikliğini zaman faktörüne göre vermektedir.

2.2 Web Harita Tasarımının Gerekliliği

Web haritaları temelde statik ve dinamik haritalar olarak sınıflandırılırlar ve kendi içlerinde de yalnızca bakılabilen ve etkileşimli olanlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Ancak herhangi bir klasik atlastan veya kağıt ortamdan taranarak elde edilen statik haritalar web ortamında sunulmak üzere tasarlanmadıkları için okunaksızlık, bilgi yoğunluğu, renk kalitesi vb. problemleri içerirler. Günümüzde webde statik haritaların kullanımı fazla etkili olmamakla birlikte ihtiyaç duyulduğu zaman da bu tür haritalara internetten kolayca ulaşılabilmesi bir çok kolaylık sağlamaktadır. Animasyonlu GIF (Graphic Interchange Format) dosyaları olarak düzenlenen dinamik haritalar ise yalnızca web tarayıcıları tarafından kullanılabilen ve görsel olarak oldukça zengin olmasına karşın diğer formatlara görece daha küçük boyutlarda olan dosyalardır. Oldukça karmaşık olan gerçek dünya veri tabanı ilişkileri 3. boyut olmadan açıklanamaz. Web, bu tür haritaların sunulması için uygun bir ortamdır [5].

2.3 Web Haritalarının Tasarımı

Web haritaları geniş katılımlı paylaşım amacıyla yapılan haritalardır ve tasarımlarında etkileşim, animasyon ve multimedya (ses, resim, video, yazı) gibi özel olanaklar kullanılabilmektedir. Ancak kullanılan ortam özellikleri nedeni ile bazı kısıtlamalar oluşmaktadır. Teknolojik gelişmeler

kullanılan donanımları küçülttükçe, tasarım yapılacak alanın daralması yeni bir problemi ortaya çıkarmaktadır. Tasarım yapılacak ekran alanının darlığı, üzerinden ölçü alınamaması problemleri, büyütme ve küçültme fonksiyonlarının yardımı ile giderilmeye çalışılsa da ekran ve renk çözünürlüğü hala sınırlı sayıda detayın görülmesine olanak tanımaktadır [5].

2.4 Web Harita Görüntüsü

Harita üzerindeki bilgi dağınık olmamalı, haritanın görüntüsü çekici, eğlenceli, kullanışlı ve güzel olmalıdır. Harita dengeli olmalı, amacı tamamıyla içermeli ve kullanıcı isteklerini karşılamalıdır. Etkili iletişim için anlaşılır olmalıdır. Çizgi objelerde çizgi tipleri ile, yazılarda harflerin tipleri ve büyüklükleriyle sunulacak bilginin önemi renkler kullanılanarak vurgulanmalıdır. İşaretler doğru seçilmeli ve belirsizlik yaratmamalı ve özellikle yazı boyutu konusunda son kullanıcı dikkate alınmalıdır. Üzerinde açıklama yazıları olmayan bir harita düşünülemez. En azından coğrafi yer isimleri, yükseklik değerleri vb. yazılı bilgiler diğer grafik işaretlerin yanında yer almalıdır veya imleç yardımı ile tanımlanmalıdır [5]. İletişimi iyi bir harita oluşturmak demek bol bol renk kullanmak demek değildir, bu aşamada "kontrast"a da dikkat etmek gerekir. Renk tonlu haritaların açık zemin üzerindeki sunumu koyu zemindeki sunumundan daha iyidir. Gölgelendirilmiş zemin, yüksekliklerin gösteriminde daha hızlı yorumlama yapılmasını sağlar. Zemin rengi olarak mavi, sarı ve yeşil ortada, kırmızı önde ve vurgulayıcı bir renk olarak kullanılabilir. Renk tonları kullanıldığı zaman, bir arada olduklarında fark edilebilen ton (beyazlık değeri) değişimleri farklı yerlerde algılanmayabilir bu nedenle renk seçimi yapılırken haritanın tümü göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca renklerin dilinin olduğu ve kültürlere göre anlam değiştirdiği unutulmamalıdır. Renk seçiminde, doymuş renklerin kullanımının gözün yorulmasına neden olduğuna, yazı renklerinin okunaklılığı etkilemeyecek şekilde olması gerektiğine, zemin rengi ile yazının uyum içinde olmasına ve zemin değişmesi durumlarında yazı okunaklılığına dikkat edilmelidir [5].

3. SONUÇLAR

Görselleştirme konumsal bilginin iletişiminde, herkes tarafından kolayca anlaşılabilecek şekilde tasarlanmış haritalar aracılığı ile uygulanmalıdır. Meteorolojik uydu ve radar ürünlerinin iletişim aracı olarak mobil uygulamalar üzerinde, interaktif haritalar yardımıyla kullanıcılara ulaştırılması; konumsal verinin görselleştirilmesini, sorgulanmasını ve konumsal ilişkilerin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Meteorolojik uydu ve radar ürünlerini anlamlı kılan bileşenlerden biri de bu ürünlerin dünya üzerindeki coğrafi konumu ve altlık olarak kullanılan haritadır. Bu sayede kullanıcı bu analiz sonucunun tam olarak nereye ait olduğunu kavrayabilir. Bu ürünlerin interaktif bir harita

üzerinde gösterimi kullanıcılara daha doğru ve kullanılabilir sonuçlar vermektedir. Kullanıcı harita üzerinde bulunduğu konumu görebilmekte bunun yanında katmanlı yapı sayesinde üzerindeki hava kütlesinin içeriği ve hareket yönü gibi özelliklerini Meteorolojik uydu ve radar ürünlerinin dinamik haritalar üzerinde konumlandırılmasıyla daha kolay anlayabilmektedir. İnsanlar bulundukları bölgeye ve iklime bağlı olarak hızlı ve kolay şekilde meteoroloji bilgisine ihtiyaç duyarlar. Buna en kolay ulaşabildikleri araçlar mobil uygulamalardır. Bu durum her geçen gün Meteoroloji mobil uygulamalarına olan ilgiyi artırmaktadır. Meteorolojik koşulların şiddetli olduğu durumlarda insanların can ve mallarının büyük zarara uğraması iklim değişikliklerine bağlı olarak son yıllarda çok rastlanan bir olay olmuştur. Gerçek zamanlı meteorolojik hava gözlemleri ve CBS ile ortaklaşa çalışan karar destek sistemleri sayesinde önceden uyarı mobil uygulamalar ile de sağlanabilir.

KAYNAKLAR

[1] Kahveci, M. Konum Belirleme Uyduları (GPS, GNSS) ve Bunların Verilerinin Kullanımına İlişkin Yasal Sorunlar, 4. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı, İstanbul, 2012.

[2] Harding, M.P. GIS Representation and Assessment of Water Distribution System for Mae La Temporary Shelteri Thailand, MIT Civil Engineering Yüksek Lisans Tezi, USA, 2007.

[3] Tural, S. Gerçek Zamanlı Meteoroloji Verilerinin Toplanması, Analizi ve Haritalanması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2011.

[4] https://www.mgm.gov.tr/sondurum/radar.aspx?rG=img&rR=48&rU=ppi#sfB , Muğla Radar Görüntüsü, Son Kontrol: 21.09.2017.

[5] http://www.beyaz.net/tr/yazilim/internet-uygulamalari/interaktif-harita-tasarimi.html , İnteraktif Harita Tasarımı, Son Kontrol: 20.09.2017.

YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANARAK ÇOKLU UYDU GÖZLEMLERİNDEN ELDE EDiLEN VERiLER İLE YAĞIŞ TAHMİNİ

Hüseyin İlhan
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
3. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü
Yenişehir Meydan Meteoroloji Müdürlüğü
BURSA
hilhan@mgm.gov.tr

Hasan Hüseyin Kayan
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
3. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü
Yenişehir Meydan Meteoroloji Müdürlüğü
BURSA
hhkayan@mgm.gov.tr

ÖZET

İklimde meydana gelen değişimleri ve eğilimleri belirlemek için yapılacak klimatolojik çalışmalarda uzun dönemli yağış kayıtları önemli bir rol oynamaktadır. Bir bölgenin yağış karakteristiğini belirlemede noktasal ölçüm yapan klasik yağış ölçüm aletleri yetersiz kalabilmektedir. Günümüzde, uzaktan algılama verileri sağlayan meteoroloji radarları ve uydular da yağış tahmininde kullanılmaktadır. Kızılötesi, görünür ve su buharı kanallarına sahip meteoroloji uyduları, kapsama alanlarının büyüklüğü ve radarlara göre fiziki engellerden daha az etkilenmesi bakımından, yağış tahmini yapmada önemli bir avantaja sahiptir.

Bu çalışmada, yağış ölçüm aletlerinin olmadığı bölgelerde, hidrolojik ve klimatolojik çalışmalar için, uydu tabanlı, geriye dönük yağış tahmini yapma amaçlanmıştır. Amaç doğrultusunda, NOAA'nın iklimsel veri kaydı programlarından, "Yapay Sinir Ağları Kullanarak Uzaktan Algılama Verilerinden Yağış Hesaplama-İklimsel Veri Kaydı (PERSIANN-CDR)" programı dâhilinde kullandığı kızılötesi, görünür ve kızılötesi su buharı kanallarına sahip GridSat-B1 uydu verilerinden yararlanılmıştır. PERSIANN-CDR programı ile 1 Ocak 1983'den günümüze kadar

0,25° çözünürlükte, 60 kuzey ve 60 güney enlemleri arasında yağış tahmini kayıtları tutulmaktadır.

Güney Marmara Bölgesi'nde Balıkesir, Bursa ve Çanakkale meteoroloji istasyonunlarına ait 1983-2013/2014 yılları arası aylık yağış miktarları, uydu verilerilerinden elde edilen yağış miktarları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ölçülen ve tahmin edilen veriler arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiş olup korelasyon ve regresyon katsayısı Balıkesir için 0,895 ve 0,800, Bursa için 0,860 ve 0,740, Çanakkale için ise 0,900 ve 0,810 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler — yağış tahmini; PERSIANN-CDR; yapay sinir ağları; uzaktan algılama; iklim

1. GİRİŞ

Uzun dönemli küresel yağış ölçümleri klimatolojik çalışmalar için birinci derecede önemli bir yere sahip olmasına rağmen yapılan ölçümlerin doğruluğu ve temsil ettiği alan da bir o kadar önemlidir. İklim çalışmaları için alansal ve zamansal boyutta yağışlardaki değişiklikleri ve eğilimleri, küresel ölçekte izlemek için doğru ve sürdürülebilir gözlemlere ihtiyaç duyulmaktadır [1,2]. Klasik yağış ölçerler (plüviometre) dünya genelinde en yaygın kullanılan ölçüm yöntemi olup en eski yağış ölçümleri de bu yöntem ile yapılmıştır [3]. Klimatolojik çalışmalar için yağış ölçümleri son derece önemli bir yere sahip olmasına rağmen noktasal, çok geniş olmayan bir ağa sahip olması ve sadece yere düşen yağışları ölçebildiği için yüksek çözünürlükte bir yağış verisi elde etmek için yetersizdir. Yüksek çözünürlükte yağış tahmini için radarlar elverişli olmasına rağmen [4] kapsama alanlarının darlığı ve fiziki engellerden dolayı yetersiz kalmaktadır [5,6]. Uydu gözlemleri, geniş kapsama alanları bakımından özellikle okyanus üzerlerini, yüksek rakımlı ve ölçüm aletlerinin yerleştirilmesinde güçlük yaşanan bölgeler için büyük avantaj sağlamaktadır.

Hidrometeorolojik alanda son yıllarda yapay zeka yöntemlerinin tüm dünyada kullanımı giderek artmaktadır. Doğrusal olmayan sistemlerin davranışında başarıyla kullanılabilen bir kara kutu modeli olan Yapay Sinir Ağları (YSA) özellikle aralarındaki ilişki tam olarak belirlenemeyen değişkenlerin modellenmesinde başarıyla uygulanmaktadır. Dolayısıyla yağışın tahmin edilmesinde yapay sinir ağları, sayısal hava tahmin modellerine alternatif bir yaklaşım sunmaktadır.

Bu çalışma ile klimatolojik ve hidrolojik çalışmalar için PERSIANN-CDR programının kullanılabilirliğini ortaya koymak ve Bursa ve çevresi için programın tutarlılığının değerlendirilmesi yapılmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Çalışma alanı olarak Güney Marmara Bölgesi'nden Balıkesir, Bursa ve Çanakkale illeri seçilmiştir. Bazı özellikleri Tablo: 1'de verilen bu illere ait meteorolojik veriler MGM'den elde edilmiştir. Meteorolojik veri olarak; Bursa için 1983-2014, Balıkesir ve Çanakkale için 1983-2013 dönemi aylık toplam yağış miktarları kullanılmıştır.

Uydu verisi olarak PERSIANN-CDR (*The Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks for Climate Data Record-Yapay Sinir Ağları Kullanarak Uzaktan Algılama Verilerinden Yağış Hesaplama-İklimsel Veri Kaydı*) programı dahilinde aynı dönemler için *Gridsat-B1* uydusuna ait kızılötesi ve kızılötesi subuharı kanallarına ait gözlemlerden elde edilen yağış tahmin verileri kullanılmıştır.

PERSIANN-CDR programı ile *Gridsat-B1* uydusundan 60° Kuzey ve 60° Güney enlemleri ile 0-360° boylamlar arasında 0,25°*0,25° çözünürlükte veri elde edilmektedir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları

İstasyon adı	**İstasyon numarası**	**Enlem (K) (ondalıklı derece)**	**Boylam (D) (ondalıklı derece)**	**Rakım (m)**
Balıkesir	17150	39,63	27,92	102
Bursa	17116	40,23	29,01	100
Çanakkale	17112	40,14	26,40	6

2.2 Yöntem

Yüksek çözünürlüklü, uydu temelli, yağış tahmin algoritmalarında, PERSIANN, 1979 yılına dayanan kızılötesi, görünür ve su buharı kızılötesi kanal bilgilerini kullanması nedeniyle, geçmiş otuz yıllık yağış miktarını tahmin etmede kullanılabilmektedir. PERSIANN, kalibrasyon için Ulusal Çevresel Tahmin Merkezleri (NCEP-National Centers for Environmental Prediction) "evre IV" saatlik radar yağış verilerini ve 2,5° alansal çözünürlüklü aylık GPCP (Global Precipitation Climatology Project) yağış verilerini kullanarak sınanmıştır. Bu aşamadan sonra model, parametreleri sabit tutulurak ve IR verilerinin geçmişe yönelik kaydı tutularak çalıştırılmıştır. PERSIANN tahmininde, modelin yüksek çözünürlükte alansal ve zamansal yapısını koruyarak, sapma (bias) oranını azaltmak için, ölçülmüş yağış verileri kullanıldı. Sapma oranı düzeltilmiş PERSIANN yağış tahminleri, aylık GPCP ürünüyle tutarlı bir şekilde aylık toplam kayıdı tutmaktadır. PERSIANN-CDR olarak adlandırılan nihai ürün, 0,25° alansal çözünürlükte en az 30 yıllık günlük yağış verisinin kaydını içermektedir. Modelleme süreci boyunca (30 yıllık kayıtlar) PERSIANN-CDR yağış verisinin tutarlılığı sağlanmıştır. Bütün bu özellikler, PERSIANN-CDR'yi aşırı hava olaylarıyla alakalı bir ölçekte küresel iklim çalışmaları için yararlı ve kullanılabilir bir ürün haline getirmiştir.

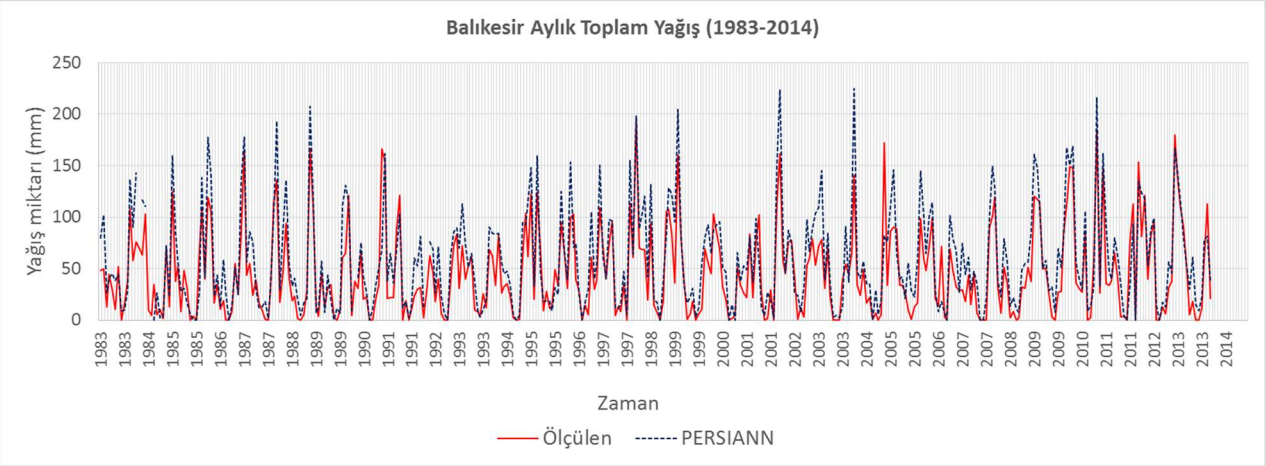
PERSIANN-CDR yağış tahmin algoritması; Mevcut PERSIANN algoritması, çoklu GEO (Geostationary Earth Orbiting) ve LEO (Low Earth Orbit) uydusundan alınan IR ve PMW (passive/active microwave) bilgilerini bir araya getirerek küresel yağış tahminleri sağlamaktadır. Algoritma, GEO uzun dalga kızıl ötesi görüntülerden (10.2-11.2 μm) soğuk-bulut ve benzer özellikli pikselleri çıkarmak için *Yapay Sinir Ağı* (YSA) modelini kullanır ve her pikselin yüzey yağış oranını tahmin etmek için piksel parlaklık sıcaklığındaki değişimleri ilişkilendirir [7,8,9]. LEO uydularından gelen PMW bilgileri ve TBM, GEO uydularından tam çözünürlüklü IR verileri [10] ile küresel olarak birleştirilerek, PERSIANN modeli kullanılarak yağış hesabı için 0.25 ° × 0.25 ° enlem / boylam alansal çözünürlüğe dönüştürülmektedir.

3. SONUÇLAR

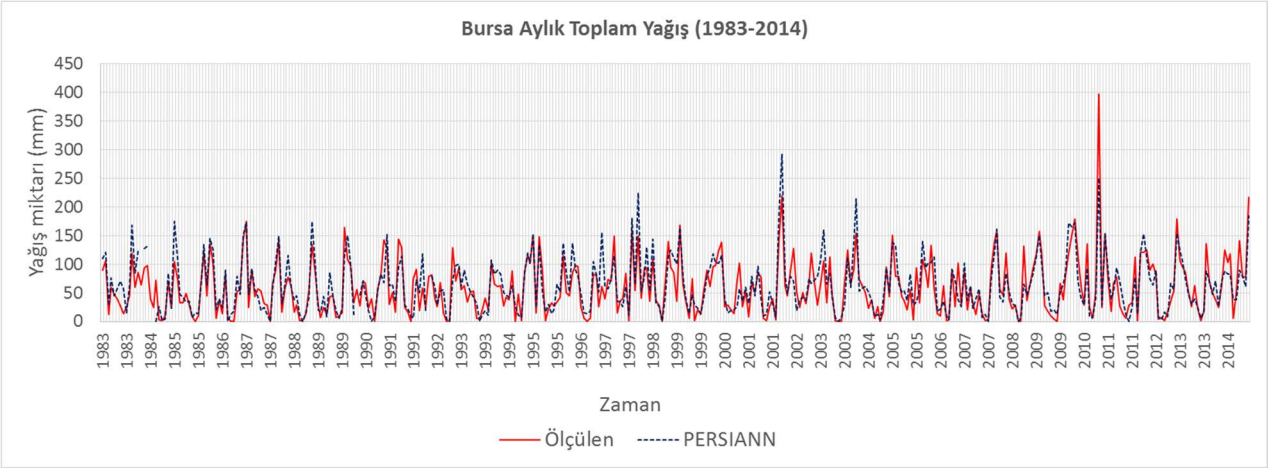
Çalışmanın sonucunda PERSIANN-CDR programı dahilinde uydu gözlemleri ile elde edilen yağışlar, Balıkesir, Bursa ve Çanakkale meteoroloji istasyonlarında ölçülen yağışlar ile karşılaştırılmıştır. Bu meteoroloji istasyonları için 1983-2013 (Bursa için 1983-2014) yılları arası aylık toplam yağış grafiği Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde PERSIANN-CDR ile tahmin edilen yağışların, ölçülen yağış değerleri ile güçlü bir korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Ölçülen ve hesaplanan yağış değerlerinin istatiksel olarak karşılaştırılması

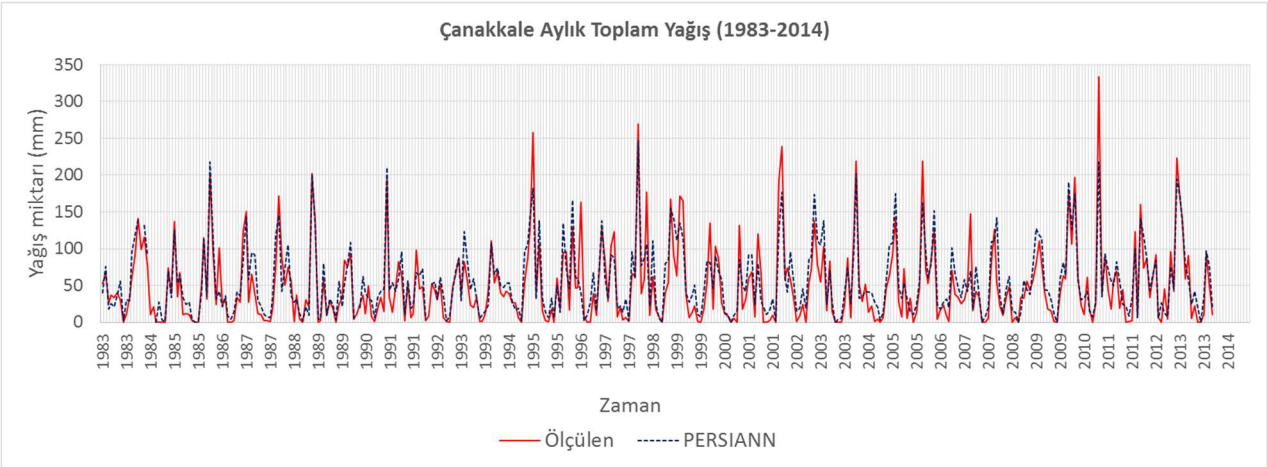
İstasyon	***Korelasyon (R)***	***Regresyon (R^2)***	***Dönem***
Balıkesir	0.895	0.80	1983-2013
Bursa	0.860	0.74	1983-2014
Çanakkale	0.900	0.81	1983-2013



Şekil 1: Balıkesir aylık toplam yağış grafiği (1983-2013)



Şekil 2: Bursa aylık toplam yağış grafiği (1983-2014)



Şekil 3: Çanakkale aylık toplam yağış grafiği (1983-2013)

Bu çalışma ile dünyanın bir çok yerinde başarılı bir şekilde sınanmış olan PERSIANN-CDR ile yağış ölçümüne ihtiyaç duyulan noktasal veya alansal olarak koordinatı verilen bir bölgenin, yağış verilerinin geriye dönük olarak 1983 yılından günümüze kadar alınabileceği ortaya konulmuştur. Özellikle klimatolojik, hidrolojik çalışmalarda bir bölgenin geriye yönelik günlük, aylık, mevsimlik ve yıllık yağış verilerinin elde edilmesinde, yağış ölçümünün yapılamadığı veya yetersiz kaldığı bölgelerde PERSIANN-CDR programı ile verilerin elde edilmesinin kullanıcıya önemli katkılar sağlayacağı anlaşılmaktadır. Ayrıca bir bölgenin yağış haritalarının çözünürlüğünü yükseltmek amacı ile yağış verilerinin eksik kaldığı ara bölgeler için de PERSIANN-CDR programından yararlanılabileceği ve bu konuda bu çalışmanın referans olması amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Beven K. J., Hornberger. G. M., *Assessing the Effect of Spatial Pattern of Precipitation in Modeling Stream Flow Hydrographs*, Water Resour. Bull., (823-829), Boston, **1989**.

[2] Wentz, F. J., L. Ricciardulli, K. Hilburn ve C. Mears., *How much more rain will global warming bring?* Science, 317, 233–235. **2007**

[3] Solomon, S., D. Qin, M. Manning., Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tigora, ve H. L. Miller, Eds., 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, 996 pp. **2007**.

[4] Lin, Y., and K. E. Mitchell., The NCEP stage II/IV hourly precipitation analyses: Development and applications. *Extended Abstracts, 19th Conf. on Hydrology*, San Diego, CA, Amer. Meteor. Soc., 1.2. **2005**

[5] Westrick, K. J., C. F. Mass, and B. A. Colle,: The limitations of the WSR-88D radar network for quantitative precipitation measurement over the coastal western United States. Bull. Amer. Meteor. Soc., 80, 2289–2298.**1999**

[6] Xie, P., J. E. Janowiak, P. A. Arkin, R. Adler, A. Gruber, R. Ferraro, G. J. Huffman, and S. Curtis., *GPCP pentad precipitation analyses: An experimental dataset based on gauge observations and satellite estimates.* J. Climate, 16, 2197–2214. **2003.**

[7] Hsu, K. , X. Gao, S. Sorooshian ve HV Gupta : Yapay sinir ağlarını kullanarak uzaktan algılanan bilgilerden yağış tahminleri . *J. Appl. Meteor. Climatol.* , **36** , 1176 – 1190. **1997.**

[8] Hsu, K. , HV Gupta, X. Gao ve S. Sorooshian., Bir sinir ağı kullanarak çok kanallı uzaktan algılanmış görüntülerden fiziksel değişkenlerin tahmini: Yağış tahminine uygulama . *Su Kaynağı. Res.*, 35, 1605 – 1618. **1999**.

[9] Sorooshian, S., K.-L. Hsu, X Gao, HV Gupta, B. Imam ve D. Braithwaite., Tropikal yağmurların uydu tabanlı PERSIANN sistemi ile belirlenmesinin değerlendirilmesi . *Boğa. Amer. Meteor. Soc.* , **81** ,2035 – 2046. **2000.**

[10] Janowiak, JE , RJ Joyce ve Y. Yarosh., Gerçek zamanlı bir yarım saatlik piksel çözünürlüğü olan IR veri seti ve uygulamaları . *Boğa. Amer. Meteor. Soc.* , **82** , 205 – 217. **2001**.

İSTANBUL'DA 27 TEMMUZ 2017'DE GERÇEKLEŞEN DOLU FIRTINASI İLE ŞiDDETLİ YAĞIŞIN DURUM DEĞERLENDİRMESİ

İbrahim TÜRK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
Ankara
iturk@mgm.gov.tr

Savaş KUŞÇU
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
Ankara
skuscu@mgm.gov.tr

ÖZET

En az 2 kişinin hayatını kaybettiği ve çok sayıda kişinin yaralandığı bu şiddetli hava olayında ayrıca çok fazla sayıda çatı uçması, ağaç ve direk devrilmesi, araçların ve hatta bazı uçakların dahi zarar gördüğü gözlemlenmiştir. Sinoptik ölçekte bakıldığında nispeten derin sayılabilecek bir siklon ve buna bağlı trofun, üst seviyelerdeki kuvvetli rüzgarların ve özellikle 300 hpa seviyesindeki kuvvetli jet akımının etkisiyle oldukça hızlı bir hareketi olduğu görülmüştür. Bu derin siklonun hızlı hareketini tetikleyen bir diğer sinoptik etkenin o hat boyunca keskin bir sıcaklık gradyanının olmasıdır. Yani, güneydoğu bölgelerimizden uzanan oldukça sıcak ve kuru havanın, kuzeybatıdan inen serin ve nemli bir havayla çarpışmasıdır. Daha geniş ölçekte (Mesosacle) baktığımızda, bu bölgedeki yer rüzgarlarının kuzeyli oluşu ve deniz suyu sıcaklıkları ile 850 hpa sıcaklık farkının limit değerlere yakın olması siklonun ve dolayısıyla dolu fırtınasının aktivitesini, enerjisini sürekli takviye ederek beslenmesine yardımcı olmuştur. Radar görüntüleri ve olayın sonuçlarına dair fotoğraflar yapının meteorlojik açıdan süpercell olduğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler — dolu; radar; süperhücre; reflektivite; temp; CAPE.

1. GİRİŞ

Dolu zararlı etkileri olan bir yağış şeklidir. Dolu taneleri yeryüzüne büyük hızlarla düşebilir. Kuvvetli rüzgârla birlikte dolu tanelerinin verebileceği zarar daha da artabilir. Dolunun en büyük zararı tarım alanlarında olanıdır. Dünyada her yıl binlerce hektarlık alan dolu yağışının etkisinde kalmaktadır. Bunun sonucunda milyonlarca liralık ürün ve emek kaybı meydana gelmektedir. Ayrıca inşaat, sanayi, spor gibi sektörler dolu yağışından olumsuz olarak en çok etkilenen sektörlerdir.

Bu bağlamda bizim bu örneğimizde 27 Temmuz 2017 günü İstanbul'da öğleden sonra ve akşamın ilk saatlerinde kuvvetli rüzgârla birlikte gerçekleşen dolu yağışı ele alınmıştır ki özellikle kısa bir zaman periyodu içerisinde çok ciddi zararlara sebep olmuştur.

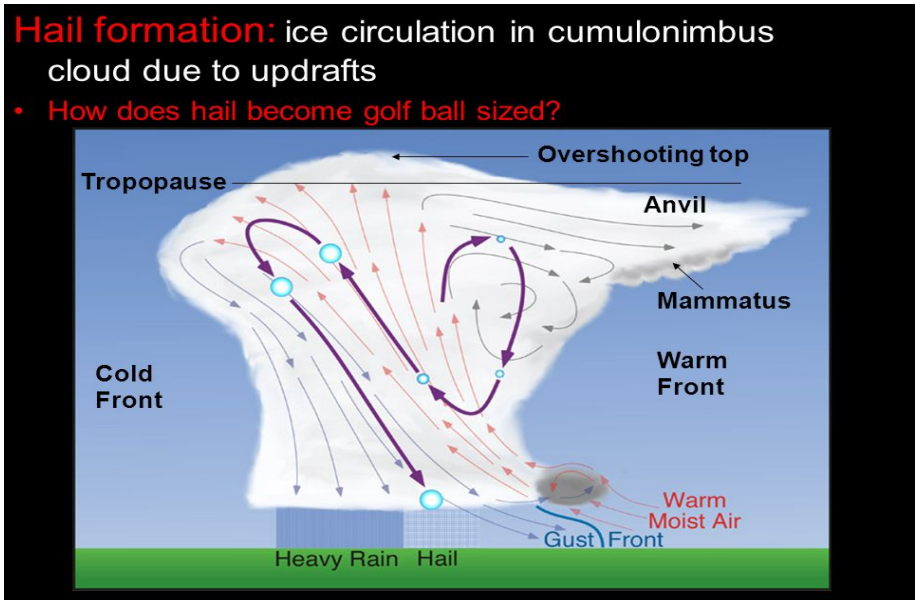
2. DOLU FIRTINASI, ÖZELLİĞİ VE 27 TEMMUZ 2017 TARİHİNDE İSTANBUL'DA GERÇEKLEŞEN ŞİDDETLİ DOLU YAĞIŞININ ANALİZİ

Dolu, yer ile orta troposfer (Dünya ortalaması 500 hpa'dır) arasında meydana gelen kuvvetli kararsızlık ve bu kararsızlığa bağlı olarak gelişen, topa benzer veya düzensiz parçalar şeklinde yağan, sert buz şeklindeki yağış türüdür. Yağışın dolu olarak adlandırılabilmesi için, dolu tanesinin çapının 5 mm veya daha fazla olması gerekir. 5 mm'den daha küçük çapa sahip olan taneler buz veya kar paletleri olarak adlandırılır. Dolu yağışının meydana gelmesinde belirleyici faktör, yukarıya doğru olan kuvvetli hava hareketleridir. Bu hareketlilik, düşey kararsızlığın bir sonucudur. Bununla birlikte bulut tipi, bulut içerisindeki sıvı su miktarı, donma seviyesi gibi faktörler de dolu oluşumunda önemli rol oynar. Buluttaki sıvı su miktarı radar yardımıyla izlenir. Dolu yağışına, oluşum mekanizması nedeniyle yer ve yüksek seviye sıcaklık farkının daha fazla olduğu ilkbahar ve yaz mevsiminde rastlanır. Ancak kuvvetli kararsızlığın görüldüğü kış mevsiminde de dolu yağışını görmek mümkündür.

Dolu insanlık tarihinin her aşamasında önem arz etmiştir. Meydana gelen kuvvetli dolu olayı meteorolojik bir afettir. Dolu, tanesinin büyüklüğü ve düşme hızı nedeniyle büyük zararlar verebilir. Dolu tanesi düşme hızı bakımından 45 m/sn'ye kadar ulaşabilir. Greyfurttan daha büyük dolu tanesine rastlanılmıştır.

Dolu, içerisinde çok güçlü dikey alçalıcı ve yükselici hava hareketlerinin olduğu Cumulonimbus (Cb) bulutundan düşer. Kısa sürede dolu sağanağı şeklinde yağar ve fazla su bırakır. Ancak kararsızlık çok fazla değilse dolu sağanağı görülmez veya şiddeti azdır. Dolu, soğuk hava kütlesinin sıcak havanın yerini almaya çalıştığı anda, genellikle sağanak hattı boyunca meydana

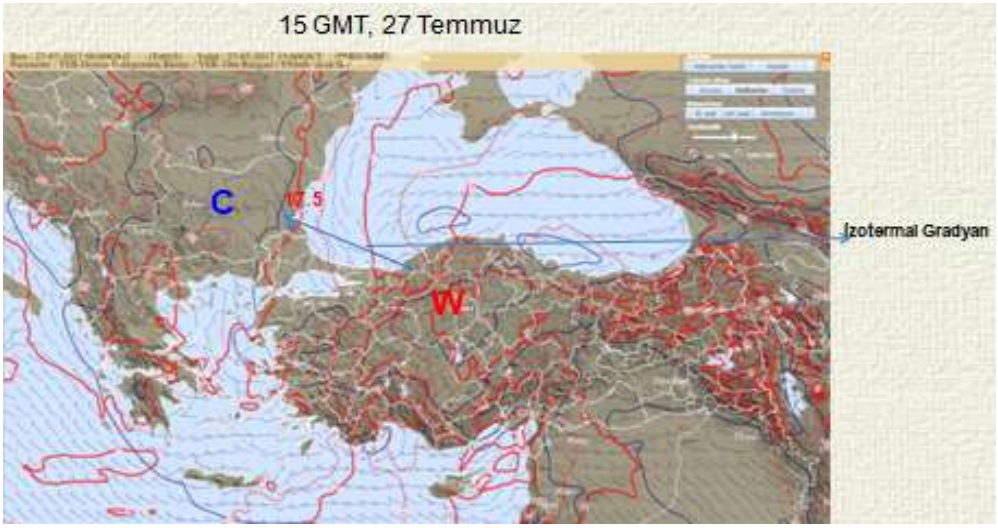
gelir ve atmosferin sıcaklığı ile Cb bulutunun gelişmesine bağlı olarak bazı bölgelerde oldukça etkilidir. Dolunun yeryüzünde görüldüğü yerlerle Cb bulutunun dağılışı arasında yakından ilişki vardır.



Şekil 1: Dolu Oluşum Mekanizması

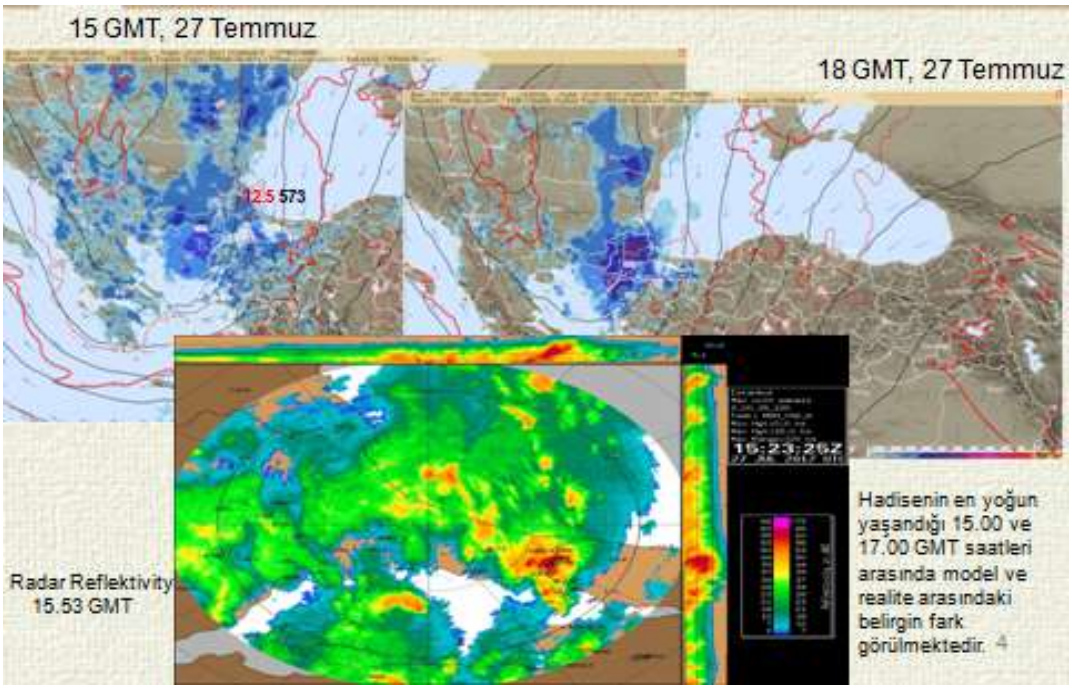
2.1 Sayısal Hava Tahmin Ürünlerinin Değrlendirilmesi ve Radar Görüntüleri ile Karşılaştırılması

Yer seviyesinde merkezi 1000 mb olan nispeten derin bir siklonun genişçe bir alanda etkili olduğu, kuzeybatı kesimlerde Balkanlar üzerinden inen ve merkezinde 12.5 derece izoterm değeriyle serin havanın etkili olduğu görülüyor. İç ve doğu bölgelerde ise kuru ve sıcak nüveli Basra alçak basınç merkezinin oldukça kuvvetli olduğu, 30 derece izoterm değerinin Ankara'yı da içine alacak şekilde uzanım yaptığını görüyoruz ki Marmara'nın doğusu ile İç Anadolu'nun kuzeybatısı arasındaki dar bir alanda oldukça keskin bir sıcaklık gradyanı göze çarpıyor. Bir diğer önemli nokta ise; deniz suyu sıcaklıklarının İstanbul'un kuzey kıyılarında 23 ila 24 derece olduğunu dikkate alacak olursak, yerdeki kuzey ve kuzeybatılı rüzgârlarla sıcak havanın üzerine sürekli nemli ve daha üst seviyelerdeki (orta troposfer) güneybatılı akışlarla da serin havanın taşınımı söz konusu ki bu karışım sahasının enerji ve aktivitesinin beslenmesini tetikleyen en önemli faktör olarak bunu görebiliriz.



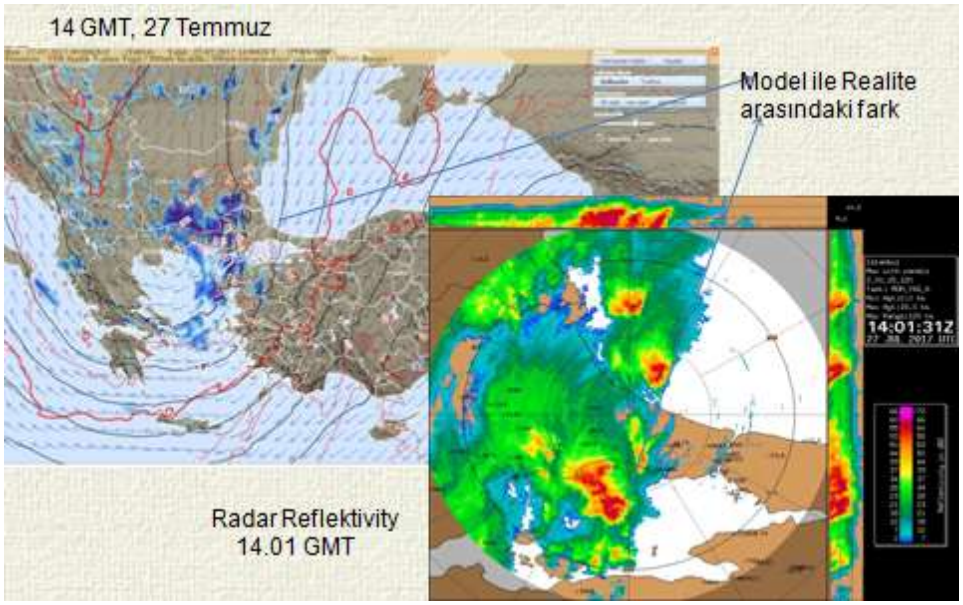
Şekil 2: ECMWF Denize indirgenmiş basıç, 10m. Rüzgâr, 850 hpa sıcaklık (15.00 GMT)

ECMWF 500 hpa haritasında İstanbul üzerinde 573 dam kontur ve -12,5 derece izoterm eğrisinin hakim olduğunu, yağış alanının V şekil trof önü ve pozitif vortisiti sahası olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Ancak modelin bu yağış ürünlerini realite ile yani aşağıdaki 15.23 Z maximum radar görüntüsü ile karşılaştırdığımızda ikisi arsındaki derin çelişki kolaylıkla görülebilmektedir. Çünkü modelin hem 15.00 Z hem de 18.00 Z yağış öngörüsünde İstanbul üzerinde herhangi bir yağış miktarı görünmezken, hadisenin en yoğun yaşandığı saatler 15.00 Z ile 17.00 Z arası ki 15.23 Z radar görüntüsünde Boğaz çevresinde yaklaşık 15 km.ye kadar tepe yapmış ve 55 ila 60 dBZ arasında dolu yağışına sebep olan çok yoğun ekoyu görmek mümkündür.

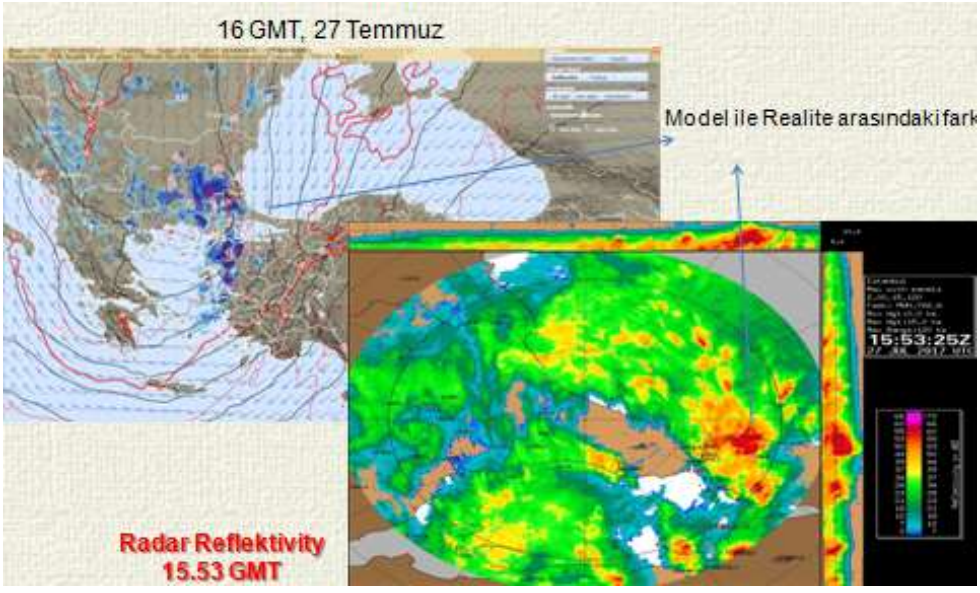


Şekil 3: ECMWF 500 hpa model verileriyle radar görüntüsünün karşılaştırması

Yine aşağıdaki şekillerde ALORO modelinin 14.00 Z ve 16.00 Z itibariyle yağış öngörüsünü ve bunun 14.01 Z ve 15.53 Z radar maksimum görüntüsüyle karşılaştırılması görülmektedir ki yine model ile realite arasındaki açık fark dikkat çekicidir.

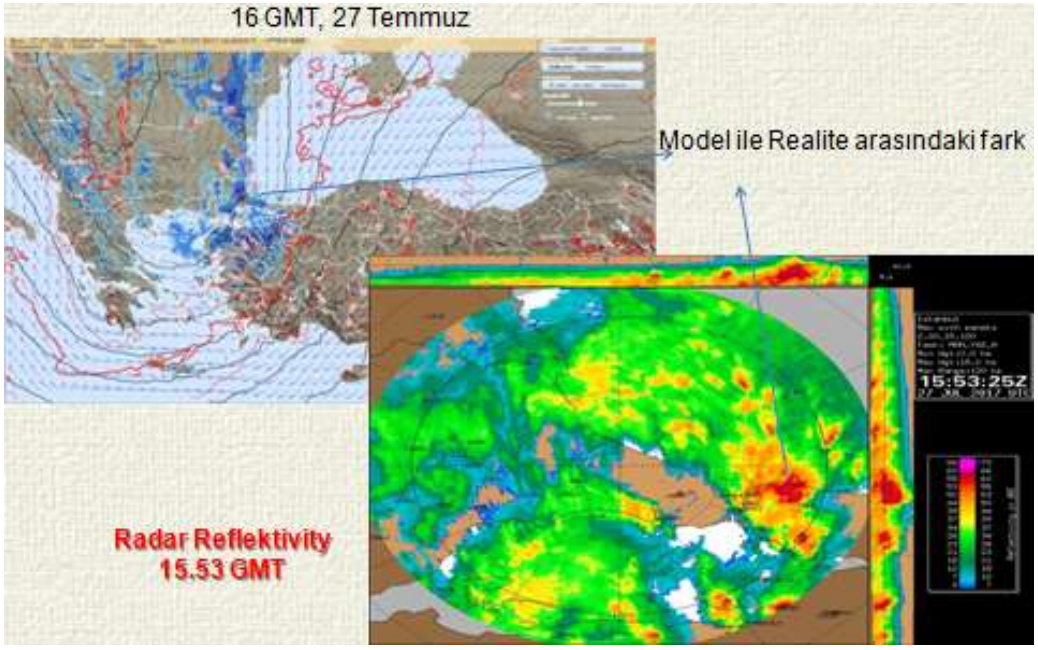


Şekil 4: ALORO 500 hpa 14.00 GMT verileriyle radar görüntüsünün karşılaştırması



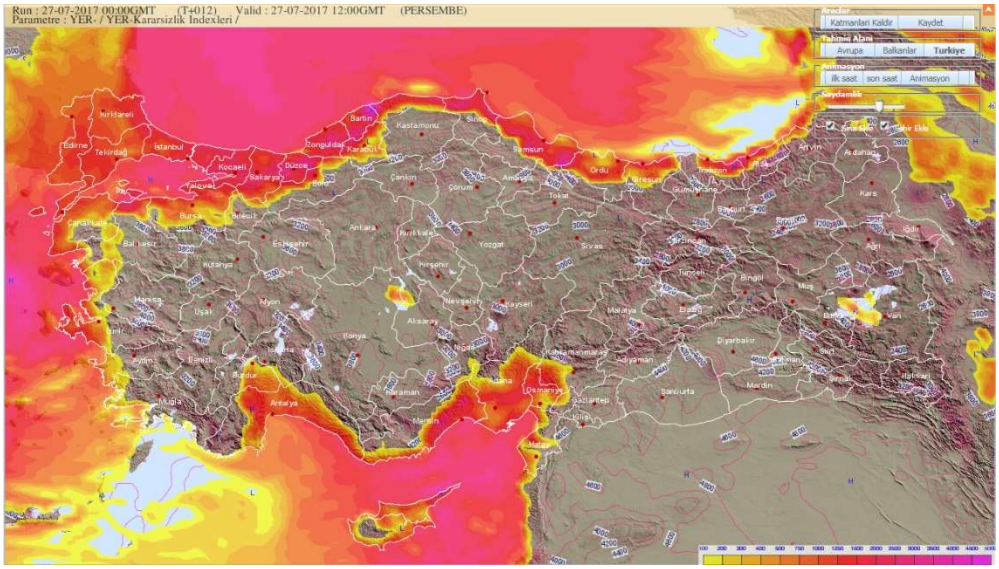
Şekil 5: ALORO 500 hpa 16.00 GMT verileriyle radar görüntüsünün karşılaştırması

Bir diğer sınırlı alan modeli olan WRF'in 16.00 Z çıktısında yükseklik, sıcaklık, alçak merkezin ve trofun konumunun diğer modellerle benzerliğini görüyoruz, ancak ne varki yağış bakımından bunun da diğerleri gibi çok tutarlı olmadığını ve 15.53 Z maksimum reflektivite görüntüsü ile karşılaştırdığımızda realite ile arasındaki belirgin farkı farkediyoruz. Çünkü model yağışı İstanbul üzerine henüz getirmişken, radarda ise Şile'den neredeyse terkettiği görülüyor.



Şekil 6: WRF 500 hpa 16.00 GMT verileriyle radar görüntüsünün karşılaştırması

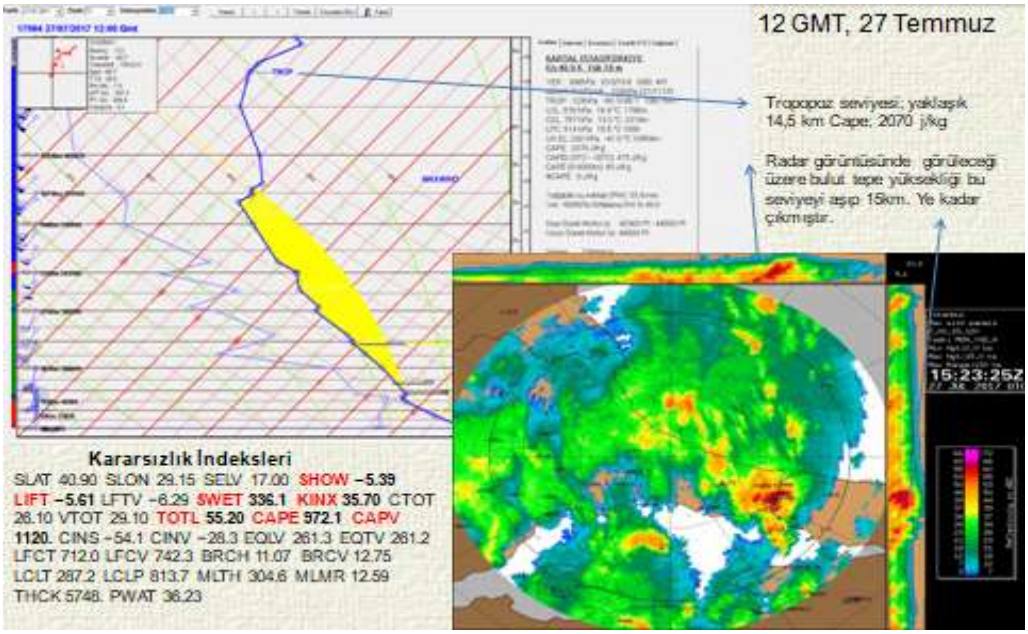
ECMWF Cape haritalarında Marmara bölge geneli üzerinde ve özellikle kuzeyinde Batı Karadeniz'de 1500-2000 j/kg değerinde oldukça yüksek cape değerinin mevcut olduğunu görüyoruz. Bu değer, aktüel temp rasadındaki cape değeri ile karşılaştırıldığında gerçeğe yakın bir değer olduğunu görüyoruz ki buda şu anlama geliyor; sadece modelin yağış verilerini esas alarak bu bölgeyi kuvvetli yağış ve risk sahası bakımından ayırt etmenin mümkün olmadığı, karasızlık şartlarını bir bütün olarak değerlendirmek gerektiğidir.



Şekil 7: ECMWF Cape değeri (12.00 GMT)

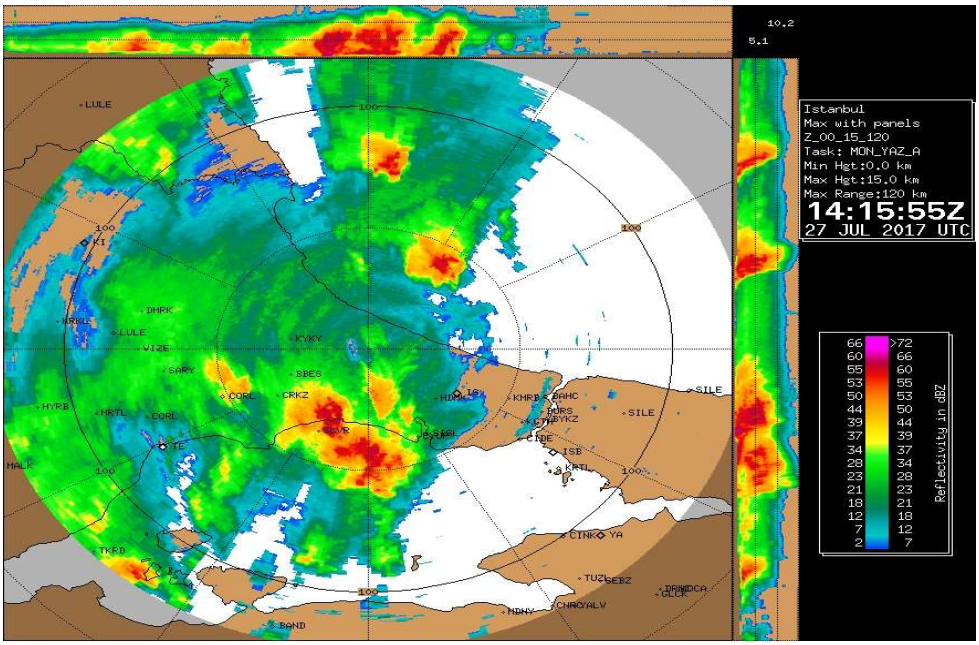
2.2 Aktüel Radio Sounding (Temp Diyagramı) Analizi

Aşağıda o güne dair 12.00 Z temp diyagramında da görüldüğü gibi gayet olumlu karasızlık profili mevcut olup, başta 2070 j/kg CAPE değeri olmak üzere hadisenin başlangıcından hemen önceki diğer kararsızlık indeksleri de (K indeksi: 35.70, Showalter indeks (SI): -5.39, Lifted indeks (LI): -5.61, Total Totals (TT): 55.20, vb.) kuvvetli ve ekstrem kararsızlığa işaret ederek böyle bir şiddetli meteorolojik hadisenin olacağını destekler niteliktedir. Ayrıca bir diğer önemli nokta ise; Tropopoz seviyesinin temp diyagramında yaklaşık 14.5 km civarında olduğu; Radar eko görüntüsünde ise kuvvetli yağışa sebep olan bulutların bu seviyeyi aşıp 15 km.ye kadar ulaşarak tepe yaptığı görülüyor. Bu şu anlama geliyor; bulut içerisindeki dikine yükselici ve hızlı hareketlerin (updraft) çok kuvvetli olduğu, çevresindeki havadan daha az yoğun ve dolayısıyla daha hareketli olduğu müddetçe bu yükselmenin devam ettiği ve nihayetinde kararlı bir seviye olan tropopozu aşarak "overshooting top" oluşumuna sebep olduğu anlaşılıyor. Bu oluşum ise yapının süper hücre olduğunun göstergesidir.



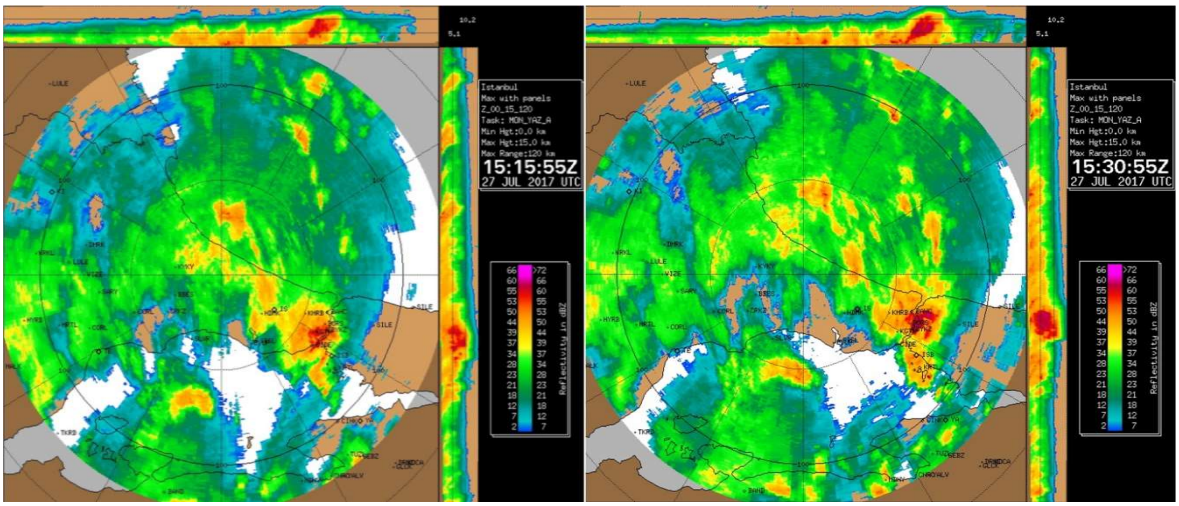
Şekil 8: 12.00 GMT Aktüel Temp rasadının 15.23 GMT radar görüntüsü ile karşılaştırılması

2.3 Radar Görüntüleri

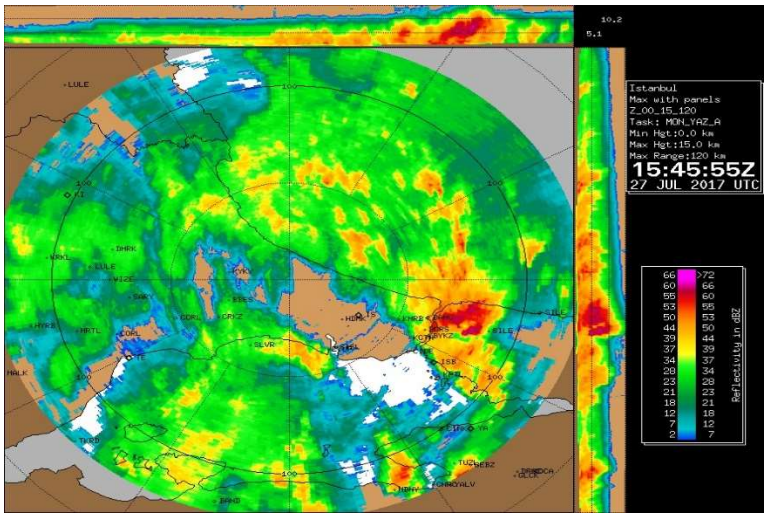


Şekil 9: 14.15 GMT Maksimum radar reflektivite görüntüsü

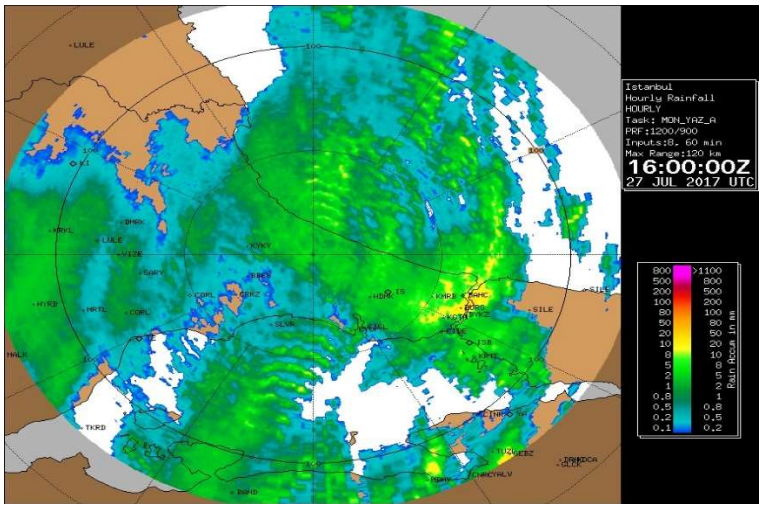
Radar görüntülerine baktığımızda temel olarak İstanbul'u 3 farklı oraj fırtına hücresinin etkilediğini görüyoruz. Bunlardan birincisinin 14.00 L civarı Kırklareli'nin batısında oluşan squall hattının doğuya doğru hareketi ile İstanbul'un kuzeybatı ilçelerini taraması ile gerçekleşen ve 16.45 L den sonra deniz üzerinde zayıflayarak aktivitesinin kaybeden hücredir. İkincisinin, 17.00 L de İstanbul'un güneybatısında Silivri açıklarında Marmara denizi üzerinde oluşup, 17.50 L'e kadar güneybatı ilçelerinde etkili olan, ancak Boğaza yaklaştığında zayıflayan hücredir. Üçüncüsü ve en kuvvetlisi ki; 18.10 L gibi güneyden Boğaza gelen ve hemen hemen Boğaz çevresini dikey olarak tarayıp 19.15 L de Şileden İstanbul'u terk eden süper hücredir.



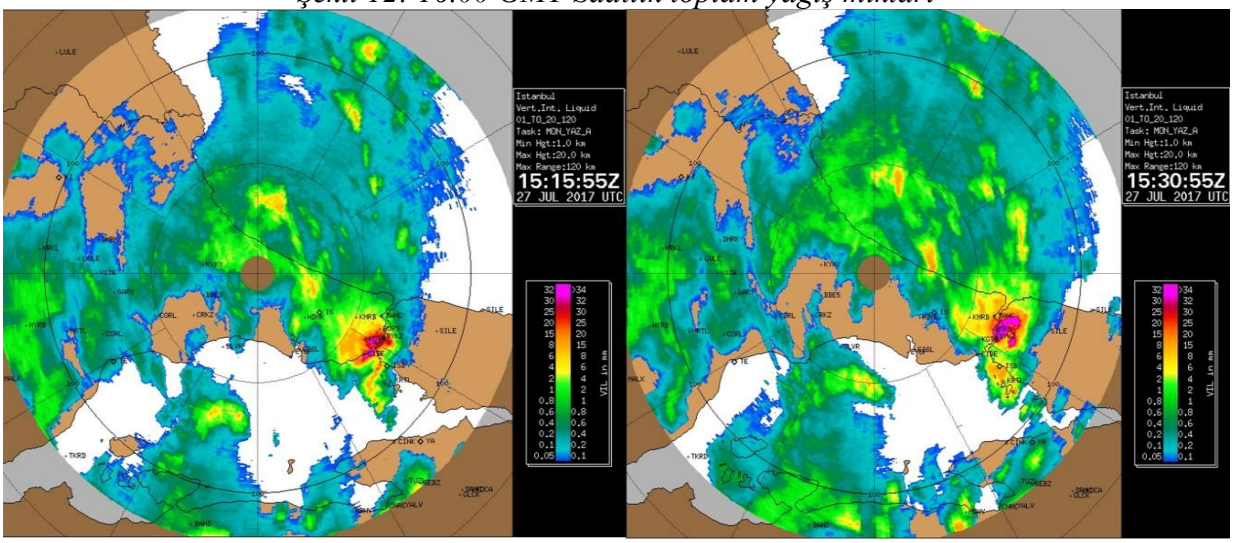
Şekil 10: 15.15 ve 15.30 GMT Maksimum radar reflektivite görüntüsü



Şekil 11: 15.45 GMT Maksimum radar reflektivite görüntüsü

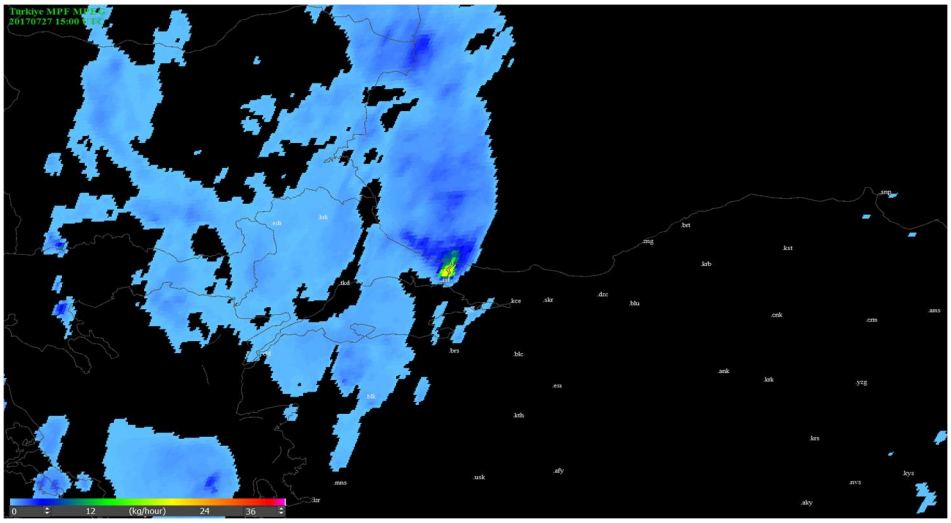


Şekil 12: 16.00 GMT Saatlik toplam yağış miktarı

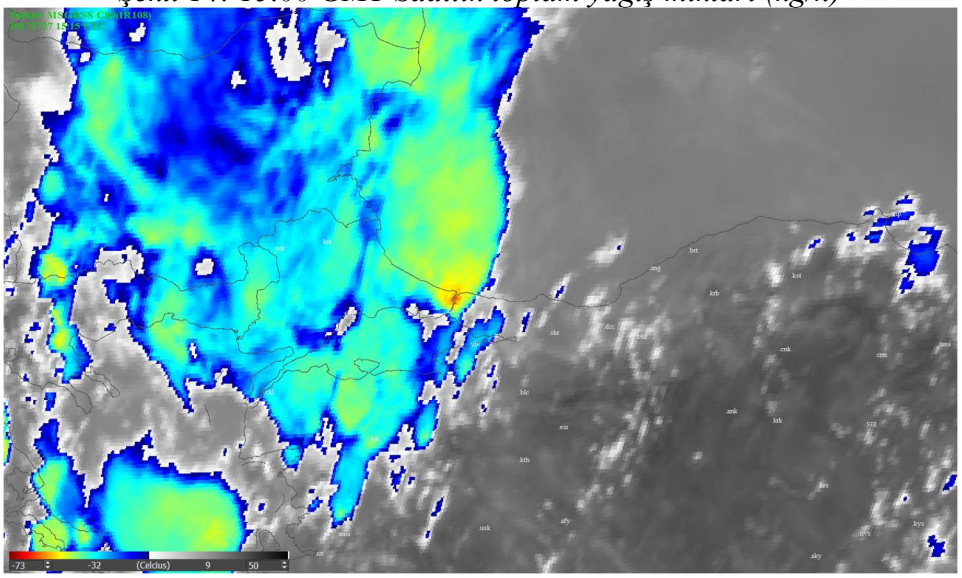


Şekil 13: 15.15 ve 15.30 GMT Boğaz çevresindeki VIL değeri

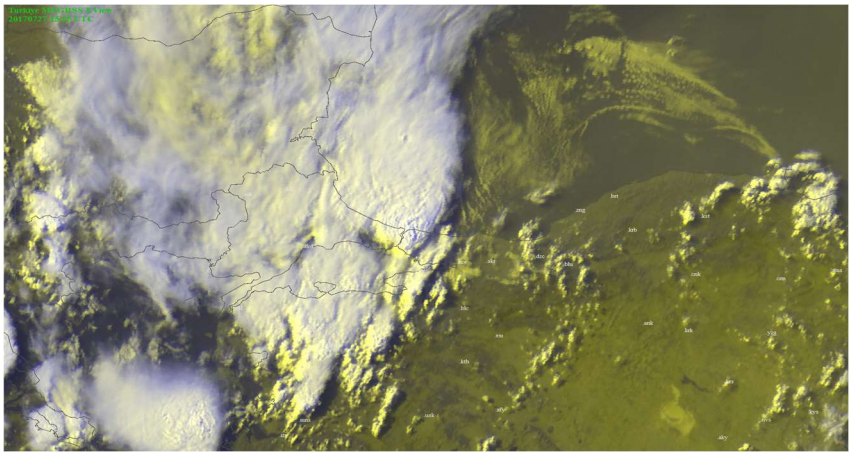
2.4 Uydu Görüntüleri



Şekil 14: 15.00 GMT Saatlik toplam yağış miktarı (kg/h)



Şekil 15: 15.15 GMT İnfrared 10.8 kanal görüntüsü



Şekil 16: 15.25 GMT geliştirilmiş görüntü

Her ne kadar doğrudan uydu görüntülerine bakarak konveksiyona dair oraj fırtına hücresinin "overshooting top" yaptığını yani süper hücre olup olmadığını söylemek pek mümkün olmasa da yukarıda yaptığımız radar ve temp karşılaştırmalı analizin ışığı altında vardığımız bu yargının sonucunda geliştirilmiş uydu görüntülerinde bu yapıya işaret edebiliriz.

2.5 Hazırlanan Erken Uyarı Raporu

T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Tarih : 27.07.2017	Saat : 10:45	Uyarı No : 0168	Uyarı Kodu: Normal

Uyarı Yapan Merkez	Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
Genel Başlık	Bugün Öğleden Sonra ve Akşam Saatlerinde Marmara Bölgesinin Batısındaki Kuvvetli Gök Gürültülü Sağanak Yağışlara Dikkat !
Beklenen Hadise	Gökgürültülü Sağanak Yağış
Hadisenin Şiddeti	Çok Kuvvetli Yağış
Beklendiği Yer	Bugün (27.07.2017 Perşembe) öğleden sonra ve akşam saatlerinde Marmara bölgesi başta olmak üzere yurdun kuzeybatı kesimlerinde görülecek gök gürültülü sağanak yağışların; Edirne ve Kırklareli çevrelerinde çok kuvvetli (metrekareye 51-75 kg) , Çanakkale, Tekirdağ ve İstanbul'un batı çevrelerinde kuvvetli (metrekareye 21-50 kg) olması beklendiğinden, yaşanabilecek olumsuz şartlara karşı (ani sel, lokal su baskını, yerel dolu yağışı ve yıldırım düşmesi) dikkatli ve tedbirli olunmalıdır.
Geçerlilik Periyodu	27.07.2017 15:00-27.07.2017 23:59
Oluşması Muhtemel Riskler	Ani Sel - Su Baskını - Yıldırım - Ulaşımda Aksamalar

Yağış Şiddeti Sınıflandırması

Hafif Yağış	1 - 5 mm
Orta Kuvvette Yağış	6 - 20 mm
Kuvvetli Yağış	21 - 50 mm
Çok Kuvvetli Yağış	51 - 75 mm
Şiddetli Yağış	76 - 100 mm
Aşırı yağış	100 mm üzeri

Not: 12 Saatlik periyotta miktara bağlı değerlendirme yapılmış ve bölgeler arası topografik farklılıklar dikkate alınmadan sınıflandırılmıştır.

Şekil 17: Meteorolojik Erken Uyarı

2.6 Basında Yeralan Haberler ve Hasar Görüntüleri

Şekil 18: Basında yeralan fotoğraflar

3. SONUÇLAR

Dolu tanesi, bulut içerisindeki donma seviyesinin altında, aşırı soğumuş su damlacıklarının ve buz kristallerinin kuvvetli yukarı doğru hareketleri (aşırı kararsızlık) durumunda meydana gelen bir hidrometeordur. Bulut içerisindeki aşırı soğumuş su damlacıkları ve buz kristalleri dolu çekirdeği görevi görür ki dolu tanesinin oluşabilmesi için bulut oluşumu (kritik nemlilik olan %70'in üzeri), kritik sıcaklık (0°C'nin altı) ve kuvvetli kararsızlık genel koşullarının olması gerekir. Dolunun hayatı olumsuz yönde etkileyen meteorolojik hadiselerin başında geldiği herkes tarafından bilinen bir gerçektir. Bu örnek çalışmamızda olduğu gibi böyle şiddetli hava olaylarının önceden tahmini büyük önem arz etmektedir. Elbette bunu yaparken çok kısa süreli hava tahmini (Nowcasting) ve erken uyarı bağlamında radar ve uydu ürünlerini etkin bir şekilde kullanmanın gerekliliğinin yanı sıra, sadece model yağış ürünlerine bağlı kalmadan sinoptik şartları bir bütün halinde değerlendirerek temp analizinin de gerek aktüel gerekse interaktif model çıktılarıyla yapılması kararsızlığın şiddetini daha iyi anlamak bakımından bu tür hadiselerin daha erken tahmininde biz tahmincilere kolaylık sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

[1] **Serpil Yağan, Yüksel Yağan,** *Dolu Tahmini, Analizi, Dolu Durumu ve Yüksek Atmosfer Klimatolojisi,*(1-3), Ankara, Nisan 2014.

[2] **http://www.severe-weather.eu,** Severe hailstorm, downburst and flash flooding in Istanbul, Turkey-July 27, 2017

[3] www.theweatherprediction.com**,** Severe Storm Structure: Overshooting Top, Meteorologıst Jeff HABY.

[4] Hava Analiz ve Tahmin Teknikleri, (113-114), Ankara, Nisan 2014.

[5] University of Wyoming/file:///I:/İstanbul%20dolu/sounding.pdf

26 KASIM 2010 GÜNÜ MUĞLA'NIN ÇALLI KÖYÜNDE MEYDANA GELEN HORTUM OLAYININ İNCELENMESI

İlker Koç
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
Ankara
ikoc@mgm.gov.tr

Mehmet Ünlüer
Meteoroloji 3. Bölge Müdürlüğü
Eskişehir
munluer@mgm.gov.tr

ÖZET

Güçlü hava akımlarıyla oluşan şiddetli rüzgarların neden olduğu siklonal girdap olarak tanımlanan hortum hadisesi, dar bir alandaki ani basınç değişikliğiyle meydana gelmektedir. Çoğunlukla kümülonimbüs faliyetleri ile birlikte görülen hortum esnasında saatte yüzlerce kilometre hıza ulaşabilen şiddetli rüzgarlar nedeniyle can ve mal kayıpları olabilmektedir. Asıl oluşum yerleri tropikal bölge içerisindeki geniş kara alanları olsada bu bölgeye yakın yerler ile denizler üzerinde de görülebilir. Okyanus kıyısı ülkelerde görüldüğü sıklık ve şiddette olmasa da ülkemizde de zaman zaman hortum hadisesi yaşanmaktadır. 26.11.2010 günü Muğla'nın Milas ilçesi Çallı Köyünde meydana gelen ve 8 evin çatısını uçurup, yaklaşık 300 ağacı kökünden söken hadise bunlara tipik bir örnektir. Bu çalışmada Çallı köyünde gözlemlenen hortum olayı; yer kartı, 500 mb üst seviye haritası, kararsızlık indeksleri ile radar ve uydu görüntüleri yardımıyla değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Hortum; tornado; Muğla; Çallı.

1. GİRİŞ

Güçlü hava akımlarıyla oluşan şiddetli rüzgarların neden olduğu siklonal girdap olarak tanımlanan hortum (tornado), dar bir alandaki ani basınç değişikliğiyle meydana gelmektedir. Çoğunlukla kümülonimbus faaliyetleri ile birlikte görülen bu hadisenin oluşumu için ideal şartlar soğuk cephe önüdür ve sıcak bir hava kütlesinin, serin ve çok nemli bir hava kütlesi veya kutup bölgelerinin kuru hava kütlesiyle çarpışması sonucu oluşur. Hava kütlelerinin sınırı boyunca ekstrem türbülans meydana gelir ve bazen yukarıya doğru kaçan sıcak hava içerisinde güçlü burgaçlar gelişir. Eğer hava oldukça kararsız ise, konverjans şiddetlenerek fırtına oluşur. Tornado oluşabilmesi için gerekli koşullar [1] ;

- Yer yüzeyinde oldukça sıcak ve nemli bir hava olmalı,
- Karasız dikey sıcaklık yapısı bulunmalı,
- Dönmeyi başlatacak bir mekanizmanın olması gerekir.

Tornadoların asıl oluşum yerleri tropikal bölge içerisindeki geniş kara alanları ise de, bu bölgeye yakın yerler ile denizler üzerinde de görülebilir. Tornadoların Dünya'da en sık görüldüğü yerler, ABD'nin merkezî kısmı ile Batı Afrika'nın Tropiklere sınır bölgeleridir. Amerika'da her yıl 800 ila 1000 arasında gözlemlenen hortum milyarlarca dolar hasara ve daha çok uçan cisimler ve kırılan enkaz parçalarından dolayı da yaklaşık 60 kişinin ölümüne neden olmaktadır. Son yıllarda ülkemizde meydana gelen önemli hortum olayları Tablo 1'de verilmiştir. 2004 yılında Ankara Çubuk Sünlü'de 4 kişi, 2009 yılında İzmir Menemen'de 1 kişi, 2001 yılında Manisa Gördes'te 2 kişi, 2012 yılında Elazığ Maden'de 6 kişi, 2013 yılında Mardin Kızıltepe'de 1 kişi ve aynı yıl Tarsus'da 2 kişi meydana gelen hortumlara bağlı olarak hayatlarını kaybetmişlerdir.

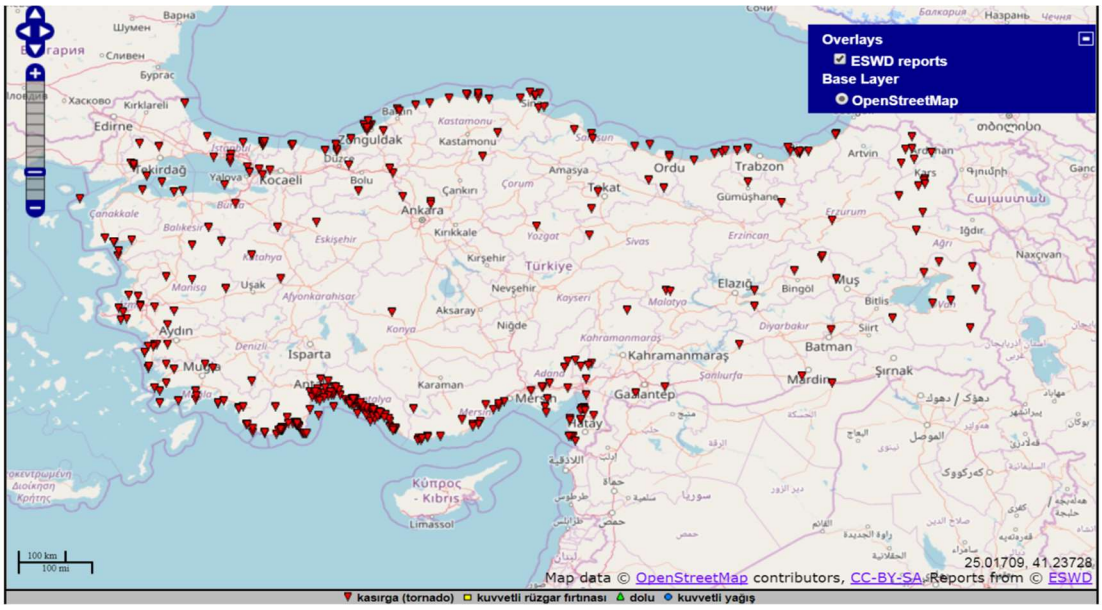
Tablo 1: Ülkemizde meydana gelen önemli hortum olayları

Tarih	İlçe	İl	Meydana Gelen Zarar
15.02.2001	Gazipaşa	Antalya	Mesken, zirai alan ve seralarda maddi hasar
02.02.2003	Dalaman	Muğla	Dalaman istasyonunda büyük maddi zarar
12.02.2004	Gazipaşa	Antalya	Mesken, zirai alan ve seralarda maddi hasar
19.06.2004	Esenboğa	Ankara	4 kişi hayatını kaybetti, 14 yaralı
11.08.2004	Zonguldak	Zonguldak	İnsan, hayvan, ulaşım ve yerleşim yerleri zarar gördü
26.01.2005	Çanakkale	Çanakkale	İnsan, hayvan, ulaşım ve yerleşim yerleri zarar gördü
16.02.2005	Kale	Antalya	Seralarda zarar
02.10.2006	Ardahan	Ardahan	Balçeşme köyünde 80 evin çatısı zarar gördü
23.01.2009	Finike	Antalya	Seralarda zarar
23.01.2009	Kale	Antalya	Seralarda zarar
25.01.2009	Antalya	Antalya	Yerleşim yerleri zarar gördü

18.12.2009	Menemen	İzmir	1 kişi hayatını kaybetti
28.12.2009	Milas	Muğla	Ağaçlar yerinden söküldü, 8 ev zarar gördü
20.01.2010	Alanya	Antalya	Yerleşim yerleri zarar gördü
09.03.2010	Kale	Antalya	Örtü altında yetiştirilen sebzeler zarar gördü
21.04.2010	Manavgat	Antalya	Yerleşim yerleri zarar gördü
07.10.2010	Alanya	Antalya	Yerleşim yerleri zarar gördü
26.11.2010	Milas	Muğla	Çallı köyünde 8 evin çatısı uçtu, Ağaçlar yerinden söküldü
11.12.2010	Karataş	Adana	Yerleşim yerleri zarar gördü
10.10.2011	Gördes/Akhisar	Manisa	2 kişi hayatını kaybetti, 4 kişi yaralandı
09.04.2012	Maden	Elazığ	6 kişi hayatını kaybetti, 6 kişi yaralandı
12.05.2013	Kızıltepe	Mardin	1 kişi hayatını kaybetti
14.05.2013	Tarsus	Mersin	2 kişi hayatını kaybetti, 19 kişi yaralandı
08.02.2015	Marmaris	Muğla	Ovacık köyünde 8 evin çatısı uçtu
01.12.2016	Derik	Mardin	Koçyiğit köyünde 20 ev hasar gördü

ESSL (European Severe Storms Laboratory) verilerine göre 2000-2017 yılları arasında ülkemizde meydana gelen hortumlar Şekil 1'de verilmiştir. Bu veriler doğrultusunda meydana gelen hadiselerin sahil kesimlerinde yoğunlaştığını, özellikle de Antalya çevrelerinde çok sayıda hortum kaydının olduğunu söyleyebiliriz.

Kaynak: *European Severe Storms Laboratory*

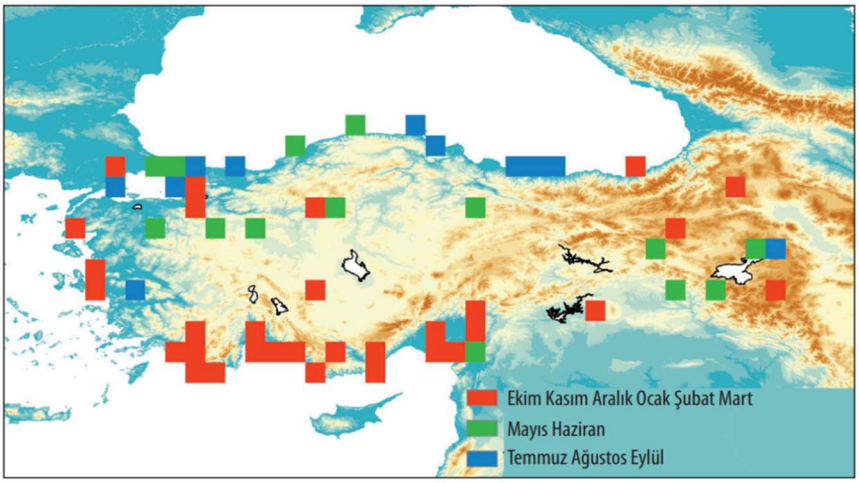


Şekil 1: 2000-2017 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen hortumların coğrafi dağılımı

Şekil 2'de ülkemizde meydana gelen hortumların aylara göre dağılımı verilmiştir. Buna göre Akdeniz kıyısında hortumların Ekim-Mart arası soğuk dönemde, Kuzey ve İç Bölgelerimiz de ise

Mayıs-Eylül arasındaki sıcak dönemde yoğunlaştığı görülmektedir. Soğuk dönemde çok sayıda siklon Akdeniz Bölgesini etkilemektedir. Bu siklonlarla taşınan atmosferin üst seviyelerindeki soğuk hava ile nispeten daha sıcak olan deniz yüzeyinin karşılaşması yükseltici hareketleri dolayısıyla da hortum oluşumunu tetiklemektedir. Karadeniz kıyılarında ise deniz yüzey sıcaklığının en yüksek olduğu Ağustos ve Eylül aylarında riskin daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Bu aylarda başlayan siklonik aktiviteler ile yukarı enlemlerden taşınan soğuk hava akımlarının sıcak denizlerle buluşması sonucu özellikle kıyı kesimlerde daha çok su hortumu (waterspout) şeklindeki oluşumlar artmaktadır.

Kaynak: *European Severe Storms Laboratory*



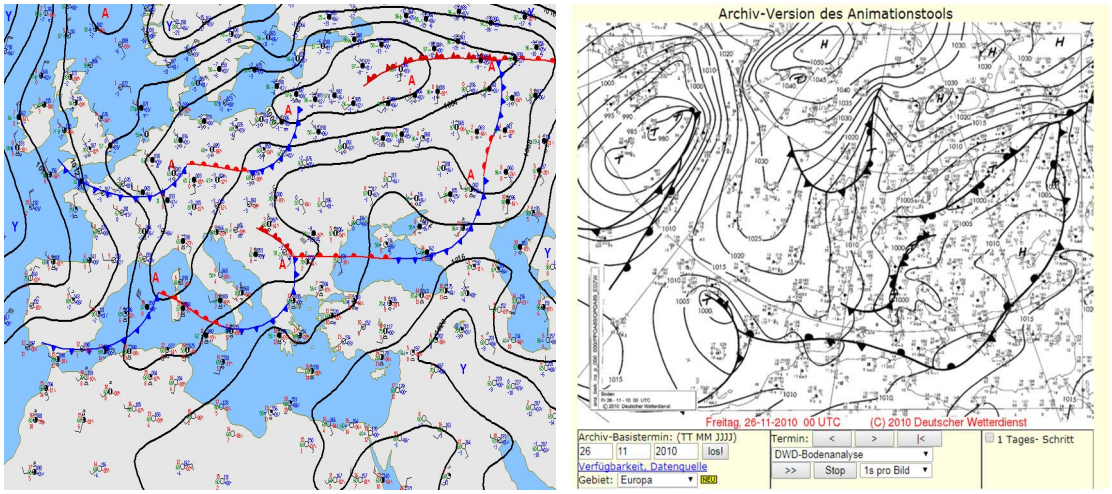
Şekil 2: 2000-2010 yılları arasında ülkemizde meydana gelen hortumların aylara göre dağılımı

26.11.2010 günü Muğla'nın Milas ilçesi Çallı Köyünde meydana gelen hortum hadisesi de soğuk dönemde yaşanmıştır. Kasım ayında Güney Ege çevrelerinde deniz suyu sıcaklığı 20 ˚C civarında seyretmektedir. 500 mb sıcaklığı arasındaki farkın yüksek oluşu bu olaya zemin hazırlamıştır. Bu çalışmada Çallı köyünde gözlemlenen hortum olayı; yer kartı, 500 mb üst seviye haritası, kararsızlık indeksleri ile radar ve uydu görüntüleri yardımıyla değerlendirilmiştir.

2. ÇALLI KÖYÜ HORTUMUNUN İNCELENMESİ

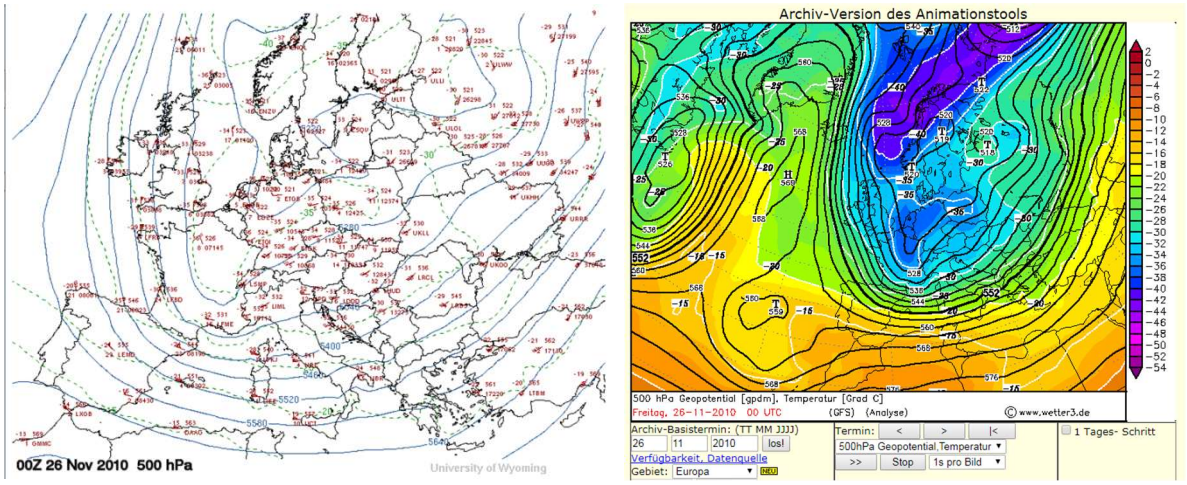
Şekil 3'de 26 Kasım 2010 tarihine ait 00:00 GMT yer kartı haritası verilmiştir. Avrupa'nın büyük bölümü ile ülkemizin kuzey ve batı kesimlerinin alçak basınç merkezi ve buna bağlı cepsehel sistemlerin etkisinde olduğu görülmektedir. Balkanlardan başlayıp Yunanistan üzerinden İtalya'ya

doğru uzanan soğuk cephenin Ege kıyılarımıza hareketi bölgede ideal koşulların oluşmasını sağlamıştır.



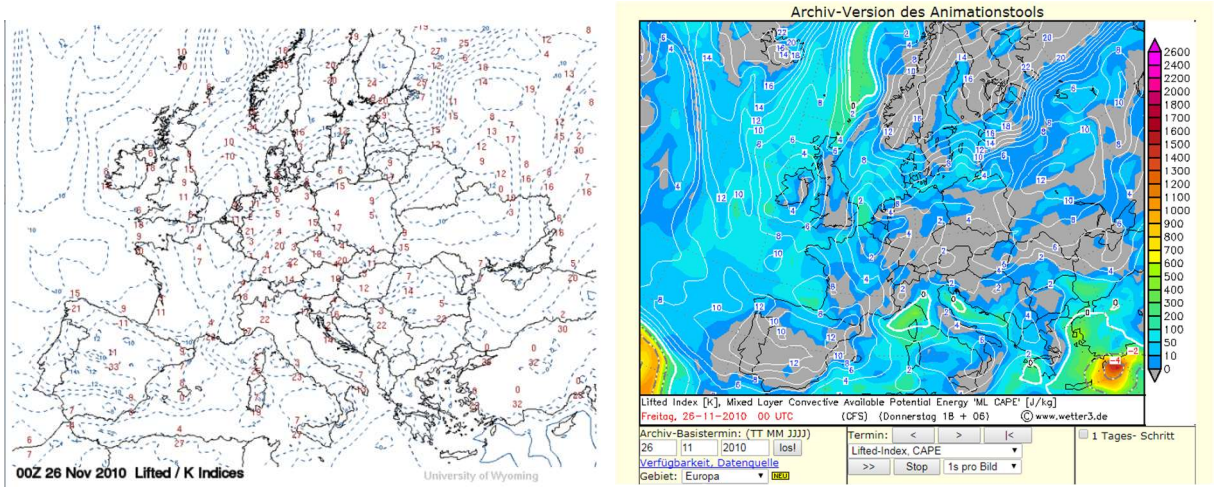
Şekil 3: 26.11.2010 tarihinde 00:00 GMT yerkartı haritası [3]

Elverişli kararsızlık koşulları ; aşağı atmosferin daha sıcak ve nemli, üst atmosferin daha serin ve kuru olması durumu ve buna ek olarak rüzgar şiri en iyi soğuk cephe önünde sağlanmaktadır. Şekil 4'de 26 Kasım 2010 tarihine ait 00:00 GMT 500 mb yüksek seviye haritası verilmiştir. Avrupa'nın büyük bölümü ile ülkemizin özellikle batı kesimlerinin alçak merkez ve soğuk havanın etkisinde olduğu görülmektedir. Jeopotansiyel yükseklik eğrisi Trakya'da 552, Marmara'nın güneyinde 558 ve Güney Ege-İç Anadolu-Orta Karadeniz hattında 564 dekametredir. -20 ˚C'lik eşdeğer sıcaklık eğrisi ise Muğla-Isparta-Ankara-Samsun boyunca uzanmaktadır. Muğla'ya en yakın 500 mb ölçümleri İzmir'de 561, Isparta'da 565 dekametre sıcaklık ölçümleri ise İzmir'de -22 ˚C, Isparta'da -20 ˚C'dir.



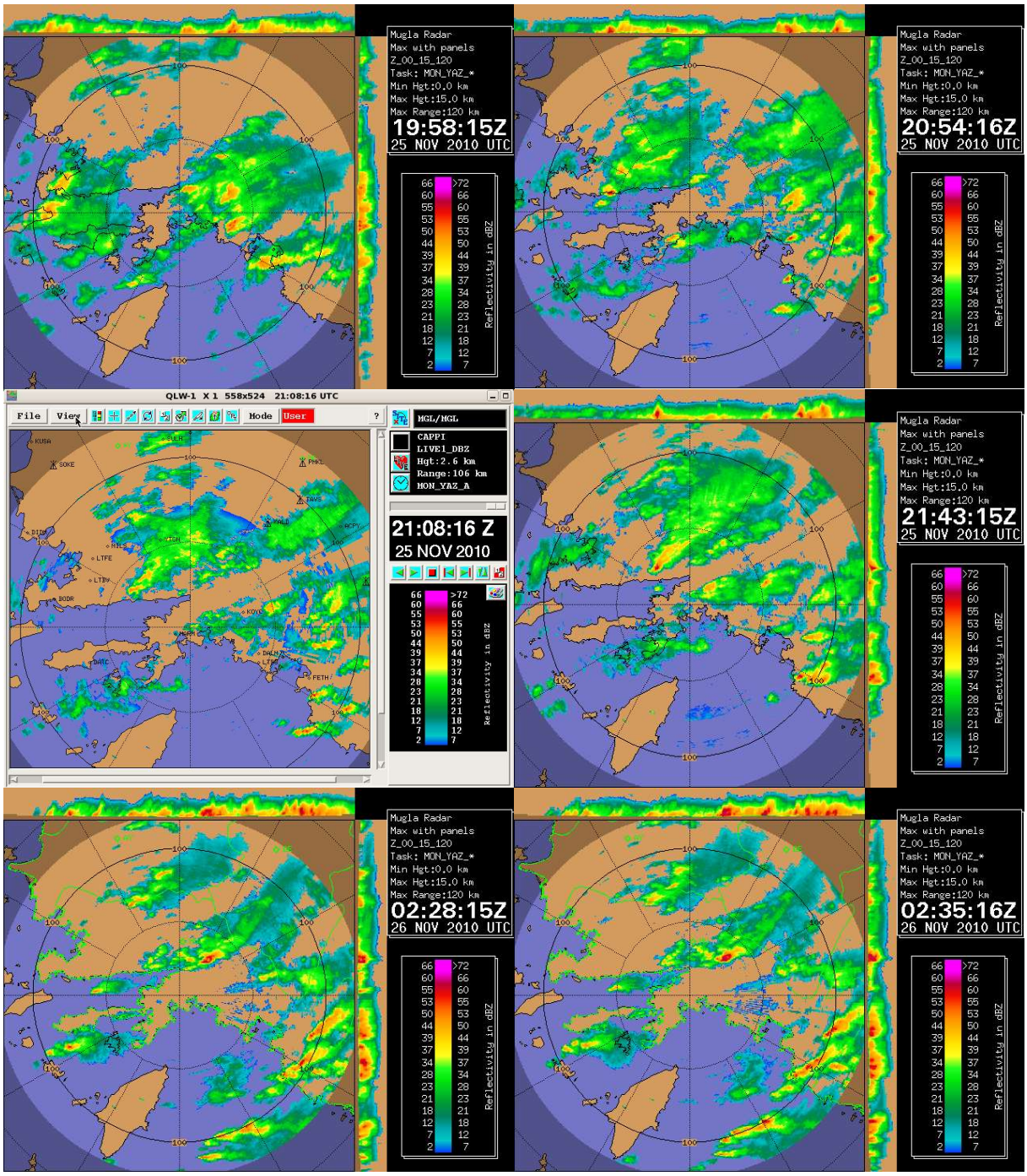
Şekil 4: 26.11.2010 tarihinde 00:00 GMT 500 mb yüksek seviye haritası [3] [4]

Şekil 5a'da 26 Kasım 2010 tarihine ait 00:00 GMT K indeks ve Lifted kararsızlık haritası verilmiştir. Muğla'ya en yakın istasyonlardan İzmir'de Lifted indeks değeri 0, K indeks değeri 28, Isparta'da sırasıyla 0 ve 32 olmasına karşın ülkemizin hemen güneybatısında Muğla ve Rodos arasında -4 Lifted ile yüksek CAPE değerine sahip alan (Şekil 5b) göze çarpmaktadır.



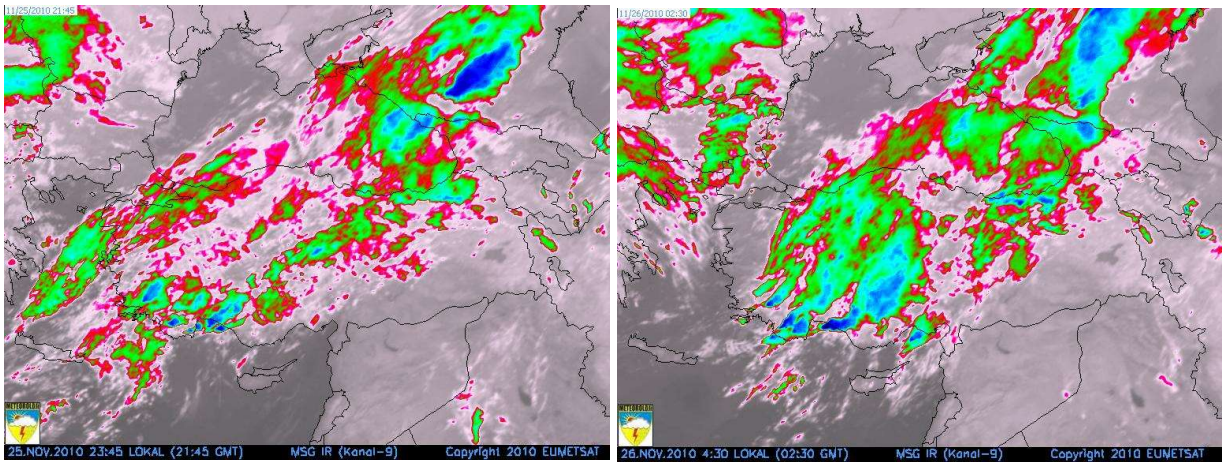
Şekil 5: 26.11.2010 tarihinde 00:00 GMT CAPE, Lifted ve K indeks kararsızlık haritası[3] [4]

25 Kasım 2010 Perşembe gece saatleri ile 26 Kasım 2010 Cuma ilk saatlere ait Muğla Radar görüntüleri Şekil 6'da verilmiştir. Akşam saatlerinden sonra Muğla çevrelerinin yağışlı sistemin etkisine girdiği ve yer yer kuvvetli yapıların oluştuğu görülmektedir.



Şekil 6: 25.11.2010 gece saatleri ile 26.11.2010 ilk saatlere ait Muğla radar görüntüleri

Çallı Köyünde yaşanan hortum, 26 Kasım Cuma günü saat 04:30 civarında gerçekleşmiştir. Bu saatlere yakın 02:28Z ve 02:35Z radar görüntülerine bakıldığında Muğla çevrelerinde çengel ekonun oluştuğu görülmektedir. Bu tür oluşumlar ve yüksek reflektivite değerleri hortumu diğer meteorolojik parametrelerden ayıran temel özelliklerindendir.



Şekil 7: 25.11.2010 ile 26.11.2010 tarihinde uydu görüntüleri

Olay saatine ait uydu görüntüleri yukarıda (Şekil 7) verilmiştir. Özellikle ülkemizin güneybatısındaki konvektif bulutluluk net olarak görülmektedir. Bulut tepe yüksekliği kararsızlığın fazla olduğu kuvvetli yapılarda artmaktadır. Muğla ve Antalya çevrelerindeki koyu mavi alanlar bulut tepe yüksekliğinin fazla olduğu dolayısıyla fırtınanın en aktif ve tehlikeli bölümünü göstermektedir.

3. SONUÇLAR

Çallı köyünde meydana gelen hortum 8 evin çatısını uçurmuş, 300 civarı çam ve zeytin ağacını kökünden sökmüştür. Hortumun çok kısa süre devam etmesi ve gece saatlerinde meydana gelmesi daha büyük zararlara neden olmasını engellemiştir. Hortum gibi çok hızlı gelişen hadiselerin takip edilmesi ve uyarı verilebilmesi için başta radar olmak üzere uzaktan algılama ürünlerinin en iyi şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Radar ürünlerinde yüksek reflektivite ve çengel eko, uydu verilerinden elde edilen bulut tepe sıcaklık ve yüksekliği, soğuk halka ile soğuk U veya V harfi şeklinde görüntüler kuvvetli yapıların dolayısıyla da hortumun habercisi niteliğinde olup tahmincilere önemli ip uçları vermektedir. Bunun dışında kuvvetli kararsızlık, güçlü aşağı seviye jeti, rüzgarın alt seviyeden yukarı doğru saat yönünde dönmesi (*veering)*, rüzgar şirinin varlığı, LFC seviyesinin yere yakın olması gibi koşullar oraj hücrelerinin tornado oluşturma potansiyelini arttırmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] **Oliver J.E., Hidore J.J.,** *Climatology An Atmospheric Science, Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, US, 2002.*

[2] http://www.eswd.eu, Son Kontrol: 26.09.2017.

[3] http://www1.wetter3.de, Son Kontrol: 25.09.2017.

[4] http://www.weather.uwyo.edu, Son Kontrol: 27.09.2017.

UYDU YAĞIŞ ÜRÜNLERİ İLE OROGRAFİK KOŞULLARIN KONVEKTİF YAĞIŞ OLAYLARI İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Alper Önen
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Ankara
alper.onen@metu.edu.tr

İsmail Yücel
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Ankara
iyucel@metu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, meteorolojik olarak belirgin orografik değişimler gözlenen Batı Karadeniz Bölgesi üzerindeki yağış değişim ve eğilimlerin incelenmesi amaçlanarak farklı modellerin performansları değerlendirilmiştir. WRF Atmosferik Modeli çıktıları, EUMETSAT Çoklu Sensör Yağış Tahminleri (Multi Sensor Precipitation Estimates - MPE) ve MGM Zonguldak C-Band Radar ürünleri kullanılan çalışmada bölgede bulunan 17 MGM istasyonu ölçümleri, 2007 – 2011 yılları arası bölgede meydana gelen 16 konvektif yağış ve bunlara bağlı taşkın olayları için karşılaştırılmıştır. Yükseklikleri deniz seviyesinden 0 ve 1270 m arası değişen 17 istasyona ait veriler, topoğrafya, denizden uzaklık ve karasallık kriterlerine göre gruplandırılarak seçilen olaylar için modeller arası performanslar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler —uydu, uzaktan algılama, konvektif yağış, hidroloji, model

1. GİRİŞ

Küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin etkileri, dünya çapında gözlenen daha sık gerçekleşen katastrofik olaylarla daha baskın hale gelmektedir. Küresel ısınma ile yağmur ve su döngülerinde büyük değişiklikler gözlenmekte ve şiddetli yağışlar gibi meteorolojik felaketlerin sıklığı sürekli olarak artmaktadır [1].

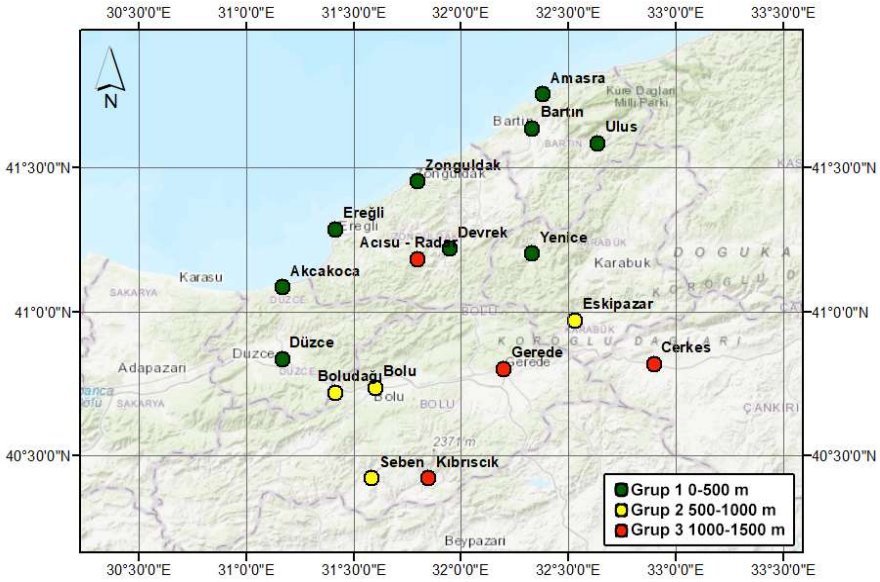
Yeryüzündeki birçok coğrafi bölgede meydana geldiği ve kanıtlandığı gibi, bu tür aşırı olaylar da Türkiye'de de sıklaşmaktadır. Türkiye gibi karmaşık topografyaya sahip bölgelerde, konvektif ve aşırı olaylar önemli zamansal ve mekânsal varyasyonlar göstermekte ve kısa sürelerde çok miktarda yağış üretmektedir [2]. Bu araştırma kapsamında Türkiye'nin önemli taşkın bölgelerinden olan Batı Karadeniz Bölgesi incelenmiş olup 2007 – 2011 yılları arasında gerçekleşen 16 konvektif yağış olayında havzanın farklı topografik zonlarında yağış tepki performansları karşılaştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE YÖNTEM

Bu bölümde bu çalışma kapsamında kullanılan veriler açıklanmış ve tanımları sunulmuştur.

2.1 Çalışma Bölgesi

Bu çalışma Batı Karadeniz Bölgesi odaklı olup havzada bulunan 17 meteoroloji gözlem istasyonuna ait yağış verilerinin orografik etkisi incelenmiştir. Seçilen 17 istasyon, 0 – 500 m, 500 – 1000 m, ve 1000 – 1500 m aralıklarında olmak üzere yüksekliklerine göre 3 farklı grupta sınıflandırılarak bu çalışmada kullanılmıştır. Kullanılan istasyonlar harita üzerinde Şekil 2.1'de; bilgileri ise Tablo 2.1'de sunulmuştur.



Şekil 2.1 Çalışma Kapsamında Kullanılan İstasyonlar

Tablo 2.1 Çalışma Kapsamında Kullanılan İstasyon Bilgileri ve Grupları

	İstasyon No	İstasyon Adı	Yükseklik (m)	Enlem (°)	Boylam (°)
GRUP 1 (0-500 m)	17015	Akçakoca	10.00	41.083	31.167
	17020	Bartın	32.52	41.633	32.333
	17022	Zonguldak	135.35	41.450	31.800
	17072	Düzce	145.67	40.833	31.167
	17602	Amasra	73.00	41.750	32.383
	17611	Ereğli	191.00	41.283	31.417
	17613	Devrek	100.00	41.217	31.950
	17615	Ulus	162.00	41.582	32.637
	17617	Yenice	140.00	41.200	32.333
GRUP 2 (500-1000 m)	17070	Bolu	742.92	40.733	31.600
	17693	Seben	757.00	40.417	31.583
	17637	Boludağı	948.00	40.717	31.417
	17641	Eskipazar	757.00	40.967	32.533
GRUP 3 (1000-1500 m)	17646	Çerkes	1126.00	40.817	32.900
	17608	Acısu-Radar	1112.00	41.181	31.799
	17642	Gerede	1270.00	40.800	32.200
	17694	Kıbrıscık	1025.00	40.417	31.850

2.2 İncelenen Dönemler

Bu çalışma kapsamında 2007 – 2011 yılları arasında Batı Karadeniz Bölgesi'nde gözlenen 16 önemli konvektif yağış olayı seçilmiş olup seçilen bu olaylar aşağıda Tablo 2.2'de sunulmuştur.

Tablo 2.2 İncelenen Konvektif Yağış Dönemleri

Olay No	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	Şiddetli Olay Gözlem Bölgesi
1	5.06.2007	15.06.2007	Kastamonu, Cide, Zonguldak, Devrek
2	30.07.2007	4.08.2007	Zonguldak
3	20.09.2007	25.09.2007	Zonguldak, Akçakoca
4	27.09.2008	2.10.2008	İnebolu, Bozkurt, Daray, Devrekani
5	12.07.2009	17.07.2009	Bartın, Kastamonu, Devrekani
6	26.07.2009	29.07.2009	Cide, İnebolu
7	6.09.2009	12.09.2009	Sakarya, Bolu
8	19.09.2009	25.09.2009	Bartın
9	25.06.2010	2.07.2010	Bartın, Bolu, Devrekani
10	6.07.2010	11.07.2010	Çankırı, Bolu, Ilgaz
11	31.08.2010	4.09.2010	Bartın
12	13.09.2010	16.09.2010	Bartın
13	1.10.2010	4.10.2010	Bozkurt
14	7.10.2010	12.10.2010	Bartın, Bozkurt
15	25.05.2011	5.06.2011	Devrekani, Tosya, Yenice
16	9.06.2011	14.06.2011	Bartın, Ereğli, Devrek

2.3 Çalışma Kapsamında Kullanılan Veriler

Bu çalışmada 5 adet ana veri kaynağı kullanılmıştır.

i. Gözlem Verileri : Bu veriler MGM istasyonları yağış ölçümleri olmakta olup veriler saatlik ve günlük olarak incelenmiştir. Sonraki bölümlerde bu veri seti "Gözlem" olarak adlandırılmıştır.

ii. WRF AS Verileri : WRF (Weather Research and Forecasting Model – Hava Araştırma ve Tahmin Modeli), hem meteorolojik araştırma hem de sayısal hava tahmini için tasarlanmış atmosferik modelleme sistemidir. Bu çalışma kapsamında "WRF AS" olarak adlandırılan veri seti 3 boyutlu asimilasyon uygulanmış (3DVAR) WRF modeli çıktıları olup bu model alansal olarak çalıştırılmış olup seçilen istasyonlar üzerinde kalan piksel değerlerinin ayıklanması ile saatlik ve günlük olarak kullanılmıştır.

iii. WRF NOAS Verileri : Bu çalışma kapsamında "WRF NOAS" olarak adlandırılan veri seti asimilasyon uygulanmamış WRF modeli çıktılarıdır. Bu model alansal olarak çalıştırılmış olup seçilen istasyonlar üzerinde kalan piksel değerlerinin ayıklanması ile saatlik ve günlük olarak kullanılmıştır.

iv. MPE Verileri : Bu veriler EUMETSAT Çoklu Sensör Yağış Tahminleri (Multi Sensor Precipitation Estimates - MPE) bölgesel ve zamansal verileri olup bu çalışmada "MPE" olarak adlandırılmıştır. Bu alansal uydu verileri seçilen istasyonlar üzerinde kalan piksel değerlerinin ayıklanması ile saatlik ve günlük olarak kullanılmıştır.

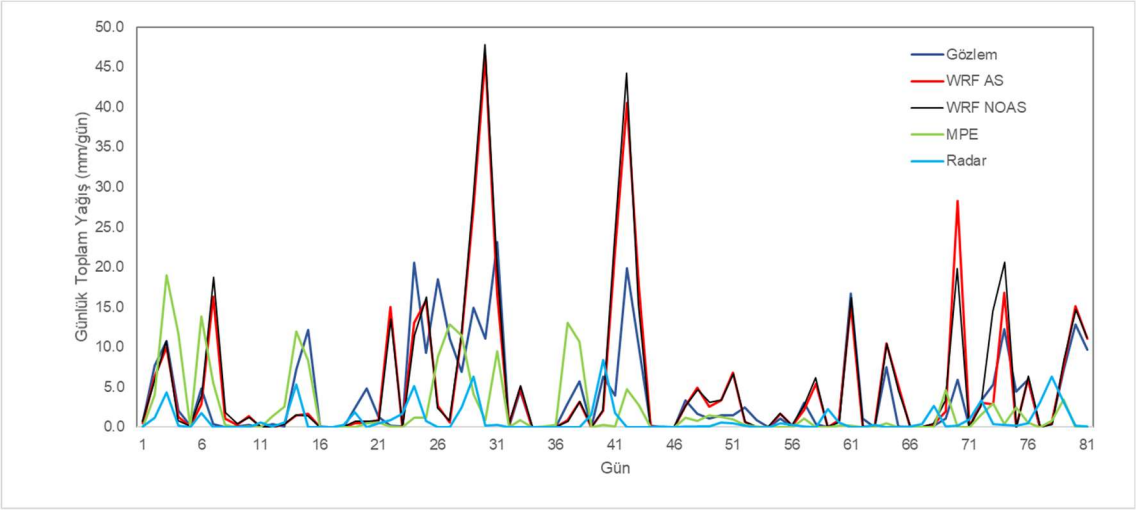
v. Radar Verileri : Bu veriler MGM Zonguldak C-Band Radarı verileri olup bu çalışmada "Radar" olarak adlandırılmıştır. Bu model alansal olarak çalıştırılmış olup seçilen istasyonlar üzerinde kalan piksellerin değerlerinin ayıklanması ile saatlik ve günlük olarak kullanılmıştır.

3. ANALİZLER

Bu bölümde ilk olarak günlük zaman serileri karşılaştırılmış ve 5 farklı veri setinin birbirleriyle olan korelasyonları karşılaştırılmıştır. Daha sonra veri setlerinin günlük kümülatif dağılımları hesaplanarak seçilen dönemler için yağış miktarı tepkileri ölçülmüş, en son olarak da saatlik veriler incelenerek veri setlerinin topografyaya göre saatlik döngüleri ve frekansları incelenmiştir.

3.1 Zaman Serileri ve Korelasyonlar

Şekil 3.1 üzerinde bu çalışma kapsamında kullanılan 5 farklı veri seti için günlük toplam yağış zaman serileri seçilen 17 istasyonun ortalaması olarak sunulmuştur. Seriler incelendiğinde gözlem verilerinin genel olarak yağış skalasında ortalama değerler verdiği serilerde asimilasyonlu ve asimilasyonsuz WRF serileri belirgin şekilde en yüksek değerler vermekte olup çoğu gözlem piklerinin yakaladığı görülmektedir. Uydu verisi olan MPE zaman serileri genel olarak gözleme göre daha düşük günlük yağış değerleri vermiş olup bazı pikleri yakaladığı ancak genel olarak düşük yakalama oranı olduğu gözlenmektedir. Radar zaman serilerinde de MPE ile benzer davranışta düşük miktarda bazı pikleri yakalamakta olduğu görülmektedir. Ayrıca radar verilerinde diğer veri setlerine göre daha çok zamansal kayma gözlenerek tutarsızlığının arttığı da belirlenmiştir.



Şekil 3.1 Karşılaştırmalı Günlük Ortalama Yağış Zaman Serileri

Zaman serilerine ek olarak da günlük veriler ile hesaplanan korelasyonlar Tablo 3.1'de sunulmuştur. Zaman serilerinde görülen farklılıkları doğrular nitelikte gözlem verilerine göre en yüksek korelasyonları WRF çıktıları vermiş olup, ardından MPE ve Radar verilerinin sıralandığı belirlenmiştir. Tüm veri setleri kullanılarak oluşturulan genel korelasyon değerlerinde WRF 0.63 – 0.64 mertebesinde belirgin bir korelasyon vermişken MPE 0.41 ile orta-düşük seviyede kalmış, Radar korelasyon değeri ise yukarıda bahsedilen nedenler kaynaklı 0.20 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca gözlem dışı veri setleri arasındaki korelasyonlar da bilgilendirme amaçlı hesaplanmış olup tabloda sunulmuş olup genel olarak sıfıra yakın değerler hesaplanmıştır.

Tablo 3.1 Kullanılan Veriler Arası Günlük Korelasyon Değerleri

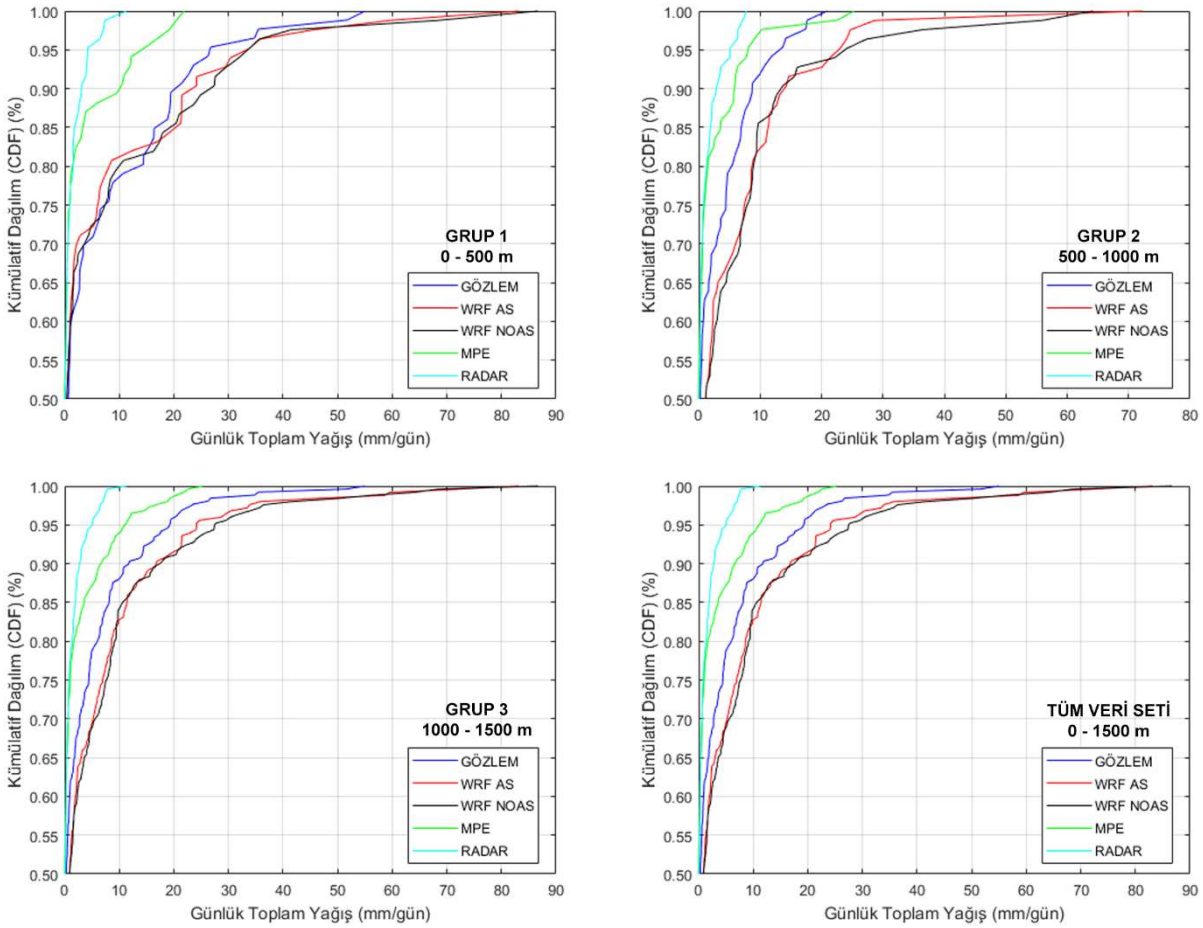
R GENEL	GÖZLEM	WRF AS	WRF NOAS	MPE	RADAR
GÖZLEM	1.00				
WRF AS	0.63	1.00			
WRF NOAS	0.64	0.98	1.00		
MPE	0.41	0.09	0.11	1.00	
RADAR	0.20	0.07	0.06	0.18	1.00
R GRUP 1	GÖZLEM	WRF AS	WRF NOAS	MPE	RADAR
GÖZLEM	1.00				
WRF AS	0.63	1.00			
WRF NOAS	0.64	0.96	1.00		
MPE	0.53	0.06	0.05	1.00	
RADAR	0.13	-0.01	-0.01	0.19	1.00
R GRUP 2	GÖZLEM	WRF AS	WRF NOAS	MPE	RADAR
GÖZLEM	1.00				
WRF AS	0.37	1.00			
WRF NOAS	0.44	0.92	1.00		
MPE	0.32	0.04	0.15	1.00	
RADAR	0.16	0.03	0.00	0.07	1.00
R GRUP 3	GÖZLEM	WRF AS	WRF NOAS	MPE	RADAR
GÖZLEM	1.00				
WRF AS	0.28	1.00			
WRF NOAS	0.28	0.96	1.00		
MPE	0.36	0.06	0.07	1.00	
RADAR	0.11	0.04	0.07	0.03	1.00

Orografik gruplara göre korelasyonlar incelendiğinde ise WRF için düşük kotlardan yüksek kotlara çıkıldıkça korelasyonun azaldığı (0 – 500 m için ~0.64; 500 – 1000 m için ~0.40; 1000 – 1500 m için ~0.28) dolayısıyla WRF'in seçilen olaylar için düşük kotlarda daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. MPE 0 – 500 m aralığında 0.53 korelasyon değeri verirken ara 500 – 1000 m

bölgesinde 0.32'ye düşmüş ancak 1000 – 1500 m bölgesinde biraz artarak 0.36 mertebesinde korelasyon göstermiştir. Bu şekilde MPE'nin yükseklik değişimine daha düzensiz tepki verdiği görülmektedir. MPE ile benzer şekilde Radar verileri de orografik olarak düzensiz tepki vermiş (0 – 500 m için 0.13; 500 – 1000 m için 0.16; 1000 – 1500 m için 0.11) ve diğer karşılaştırılan verilere göre çok düşük korelasyonlar verdiği genel serilerde de olduğu gibi açık şekilde görülmektedir.

3.2 Kümülatif Dağılımlar

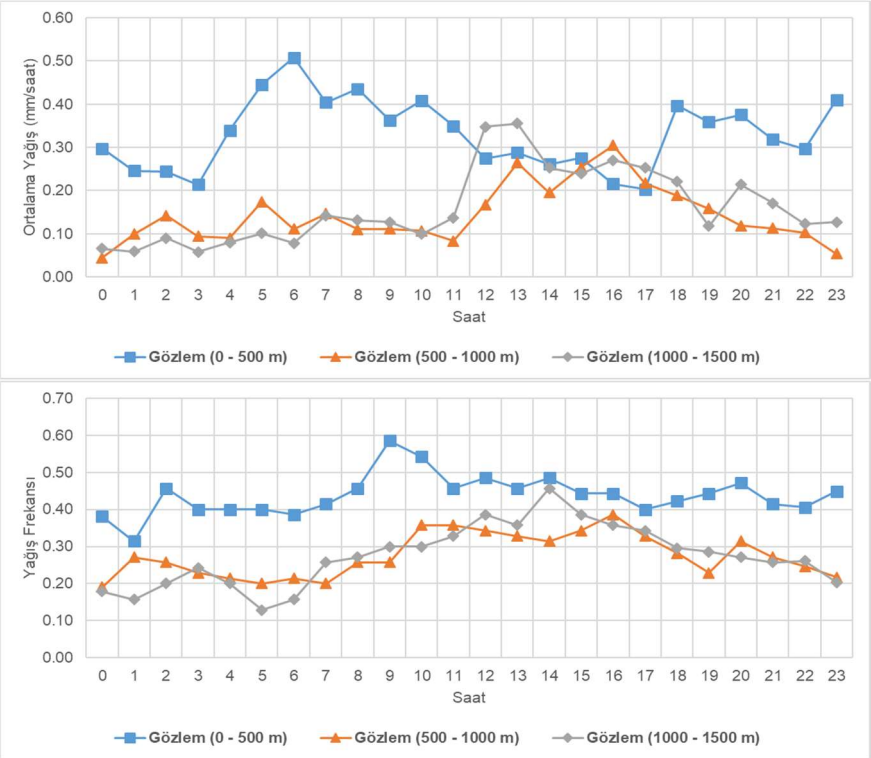
Bu çalışma kapsamında belirlenen istasyon grupları için kullanılan farklı veri setleri günlük kümülatif dağılımları (CDF – Cumulative Distribution Function) hesaplanmış olup bu dağılımlar aşağıda Şekil 3.2'de sunulmuştur. Grup 1 (0 – 500 m) için gözlem ile WRF verileri benzer dağılım göstermiş olup zaman serilerinde de görüldüğü gibi en düşük Radar olarak belirlenmiştir. MPE ise Radar ile Gözlem arası bir dağılım göstermiştir. Ayrıca pik değerleri de aynı şekilde WRF ve Gözlem için yüksek, Radar ve MPE için düşük kalmıştır. Grup 2 (500 – 1000 m) için gözlem WRF değerlerinden biraz azalarak uzaklaşmış, MPE ve Radar değerlerine daha yakın bir dağılım göstermiştir. Grup 3 (1000 – 1500 m) için ise Grup 2 dağılımlarına benzer bir sıralama görülmektedir. Tüm veri seti dağılımları incelendiğinde de zaman serilerinde görülen yağış miktarlarındaki şiddet farklılıkları görülmektedir.



Şekil 3.2 Orografik Kümülatif Dağılım (CDF) Grafikleri

3.3 Yağış Ürünlerine ait Saatlik Döngüler ve Frekansları

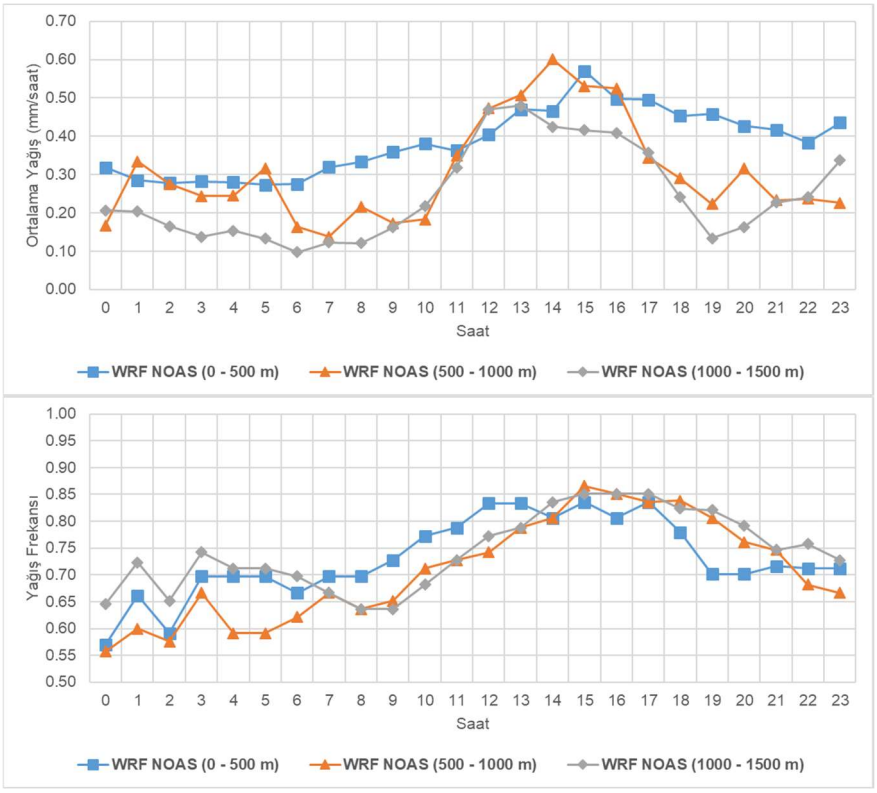
Gözlem saatlik yağış döngüleri ve frekansları Şekil 3.3'te sunulmuştur. İstasyon gruplarına ait döngü değişimleri incelendiğimde 0 – 500 m arasında bulunan istasyonlarda gün içi daha soğuk devre olan gece 3 – gündüz 12 saatleri arası belirgin yükselme ve pik değerler belirlenmiş olup, 500 – 1000 m ve 1000 – 1500 m zonlarında pik ve yükselen değerlerin gün içi yüksek sıcaklık değerleri gösteren gündüz 11 – akşam 19 saatleri arasında kaldığı görülmüştür. Bu şekilde gözlem yağışı kıyı kesimlerde soğuk saatlerde yoğun olduğu; gündüz yükselen hava sıcaklığıyla ısınan havanın yüksek kesimlerde daha çok yağış yarattığı görülmektedir. Yağış frekansları da benzer şekilde 0 – 500 m aralığında gözlem için geç gece – sabah döneminde yükseldiği, yüksek kesimlerde ise yine öğleden sonra – akşam döneminde daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3.3 Gözlem Verileri Saatlik Yağış Döngüsü ve Frekans Grafikleri

Benzer dağılımlar gösteren WRF AS ve WRF NOAS saatlik yağış döngüleri ve frekansları sırasıyla Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te sunulmuştur. İstasyon gruplarına ait döngü değişimleri incelendiğimde bütün zonların pik yağış şiddetlerinin öğleden sonra – akşam periyodunda yoğunlaştığı görülmekte olup bu bölgeler arası pik zamanların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Frekanslarda 0 – 500 m içerisinde kalan istasyonların pik noktaları öğlen – öğleden sonra periyodunda (10 – 16 saatleri arası) hesaplanırken 500 – 1500 m aralığında frekans pik noktaları biraz daha akşam saatlerine (14 – 19 saatleri arası) kaydığı görülmektedir.

Şekil 3.4 WRF AS Saatlik Yağış Döngüsü ve Frekans Grafikleri

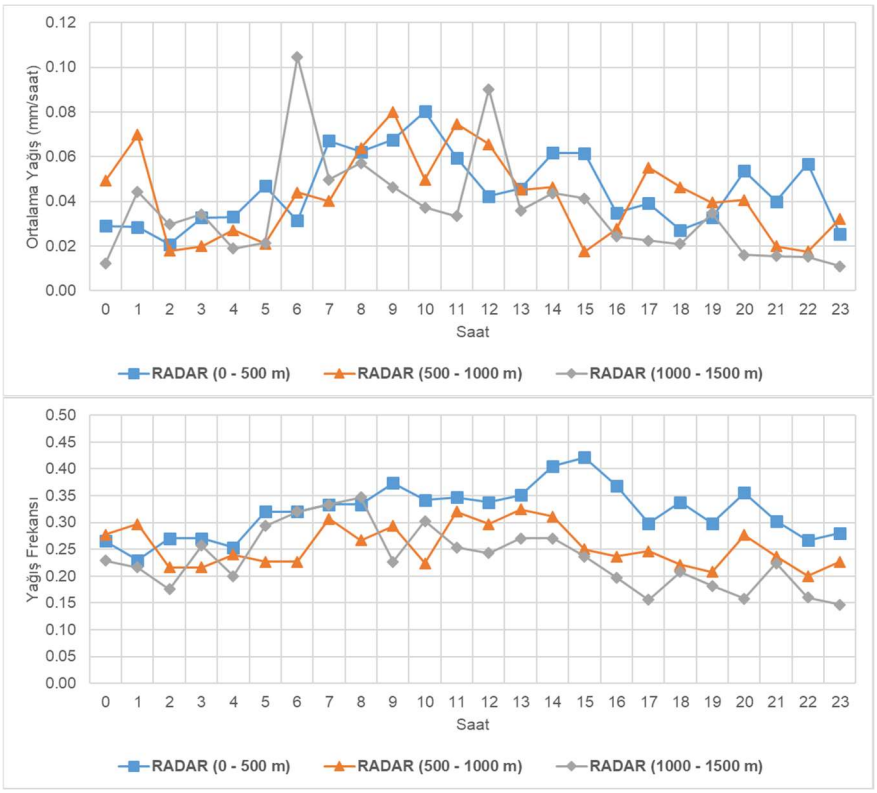


Şekil 3.5 WRF NOAS Saatlik Yağış Döngüsü ve Frekans Grafikleri

MPE saatlik yağış döngüleri ve frekansları Şekil 3.6'da sunulmuştur. İstasyon gruplarına ait döngü değişimleri incelendiğimde bütün zonların pik yağış şiddetlerinin öğleden sonra – akşam periyodunda yoğunlaştığı görülmekte olup bu bölgeler arası pik zamanların 500 – 1000 m aralığı dışında birbirine yakın olduğu görülmektedir. Frekanslarda daha benzer eğilimler çizen MPE döngüleri için öğleden sonra periyodu (13 – 18 saatleri arası) belirgin yüksek frekanslı zaman dilimi olarak belirlenmiştir.

Şekil 3.6 MPE Saatlik Yağış Döngüsü ve Frekans Grafikleri

Son olarak Radar için incelenen saatlik yağış döngüleri ve frekansları Şekil 3.7'de sunulmuştur. Diğer veri setlerinin aksine genel olarak devamlı dalgalanan eğilimlere sahip olan döngüler genel olarak sabah – öğlen periyodunda (6 – 12 saatleri arası) en yüksek şiddet ortalaması değerlerini vermiştir. Yağış şiddetine göre daha az dalgalanan ve daha sabit olan frekans değişimlerinde ise 0 – 500 m aralığı diğer aralıklara göre daha yüksek frekans gösterirken genel olarak gündüz saatlerinde (6 – 16 saatleri arası) daha yüksek frekanslar hesaplanmıştır



Şekil 3.7 Radar Saatlik Yağış Döngüsü ve Frekans Grafikleri

4. SONUÇLAR

Uydu verisi olan MPE ürünleri genel olarak gözleme göre daha düşük günlük yağış değerleri vermiş olup bazı pikleri yakaladığı ancak genel olarak düşük yakalama oranı göstermiştir. Radar yağış değerleri ise MPE ile benzer davranış göstermiş ve düşük miktarda bazı pikleri yakaladığı gözlemlenmiştir. Ayrıca radar verilerinde diğer veri setlerine göre daha çok zamansal kayma gözlenerek tutarsızlığının arttığı da belirlenmiştir. Dağlık bölgenin yağışlara etkisinin kısmen incelendiği bu çalışmada gözlem istasyonları 3 farklı yükselti zonunda konvektif olay bazlı orografik etkiyi göstermiştir. Fakat, tahmin yağış ürünleri yağıştaki topoğrafya etkisini ortaya çıkarmada zayıf bir performans göstermişlerdir. Özellikle, Radar ürünleri dağınık bir etki göstermiştir. Radar yağışlarının daha fazla veri kümesi içinde farklı meteorolojik koşullar altında da değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda hem radar hemde uydu (MPE) yağış değerlerine analizler sonucu elde edilecek yağış düzeltmelerinin yapılması kaçınılmazdır. Erken uyarıda önemli olan bu yağış ürünlerinin hidrolojik model uygulamalarında kullanılmadan önce kalibrasyon ve düzeltmelerinin yapılması kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

[1] **Yucel, I.,** *Assessment of a flash flood event using different precipitation datasets, Natural Hazards*, 79:1889-1911, 2015.

[2] **Yucel, I,. A. Onen, K. Yilmaz, and D. J. Gochis,** *Calibration and Evaluation of a Flood Forecasting System: Utility of Numerical Weather Prediction Model, Data Assimilation and Satellite-based Rainfall*, Journal of Hydrology, 523, 49-66, 2015.

ORTA ÖLÇEKLİ KONVEKTİF HADİSELERDE METEOROLOJİ RADARLARININ YAĞIŞ TAHMİNLERİNİN ANALİZi

Kurtuluş ÖZTÜRK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
kozturk@mgm.gov.tr

Alper ÇUBUK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
acubuk@mgm.gov.tr

ÖZET

Meteoroloji radarları nicel yağış tahmini için bilinen en iyi cihazlar olmalarına rağmen mükemmel değildirler. Özellikle orta ölçekli konvektif fırtınalarda yağışın küçük alanlardaki değişimi başta olmak üzere birçok hata kaynağından etkilenirler. Bu hatalar radar yağış tahminlerinin yerde gözlemlenen yağıştan çok farklı olabilmesine sebebiyet verir. Ayrıca yer gözlemleri de kalibrasyon, donanımsal ve çevresel hatalar nedeniyle doğru olmayabilirler. Bu çalışmada, radarlarda yağış ölçümü için kullanılan Marshall-Palmer (MP) bağıntısı ve polarimetrik R(K_{DP}) bağıntısından elde edilen sonuçlar ile İzmir radarının 120 km'lik kapsama alanı içerisinde bulunan 11 adet yağış ölçer istasyonunda yapılan ölçümler 3 ayrı orta ölçekli konvektif yağış hadisesi için karşılaştırılmıştır. Bu 11 yağış ölçer istasyonunun her birinde yan yana 3 adet yağış ölçer konuşlandırarak üç yıllık güvenilir ve eksiksiz bir veri seti elde edilmiştir. Radar ve yağış ölçer yağışı arasındaki oranı veren Değerlendirme Faktörü (AF) üç olay için ayrı ayrı analiz edilmiş ve hata sebepleri açıklanmıştır. Radar yağış tahminlerinin genellikle gerçekleşen yağışın altında çıkmasına rağmen, bu çalışmada bazı noktalarda üstünde çıktığı gözlenmiştir. Bu çalışma, negatif ve pozitif hataların, konvektif yağışın küçük alanlardaki

değişkenliği, kısmi veya tam ışın engellenmesi ve parlak bant etkisi gibi hata kaynakları sebebiyle gerçekleştiğini açıklamıştır. Ayrıca, özellikle konvektif hadiselerde Değerlendirme Faktörü'nün benzer meteorolojik karakterli farklı konvektif hadiselerde bile istikrarsız olması ve bu yüzden hataların sistematik olmaması nedeniyle, radar yağış tahminlerine istatistiksel iyileştirme yapabilmenin oldukça zor olduğunu belirtilmiştir. Bütün bu hatalara rağmen polarimetrik $R(K_{DP})$ bağıntısı ile elde edilen tahminlerin nispeten başarılı olduğu ve radarların diğer nicel yağış tahmin cihazlarına göre halen zamansal ve uzaysal çözünürlük bakımından en iyi cihazlar olduğu belirtilmiştir.

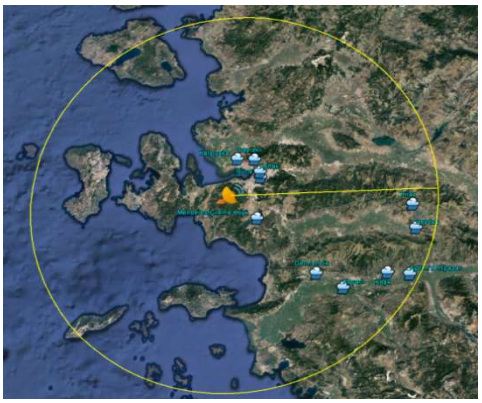
Anahtar Kelimeler - *Radar, Yağış Ölçer, Z-R Bağıntısı, Değerlendirme Faktörü, Parlak Bant, Işın Engelenmesi*

1. GİRİŞ

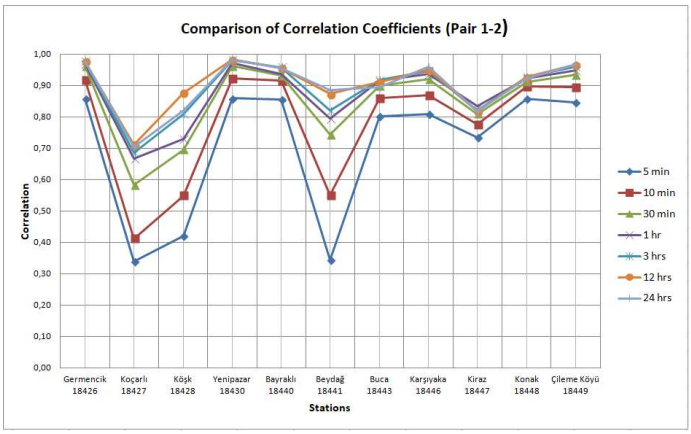
Meteoroloji radarları yağışı direk ölçmeyip ampirik reflektivite-yağış bağıntısıyla (Z-R bağıntısı) hesaplarlar. Eğer radar polarimetrik bir radarsa yağış polarimetrik bağıntılar ya da algoritmalar vasutasıyla hesaplanır. Fakat bu hesaplamalar, radarın yazılımsal, donanımsal hatalarından ışın engellenmesi, ışın geometrisi, çevresel ve atmosferik şartlar ve özellikle konvektif yağışlarda yağışın küçük alanlarlardaki değişiminden etkilenirler. Bu nedenle yerde ölçülen yağış değerlerinden farklılık gösterebilirler. Diğer taraftan yağış ölçerlerin doğru ölçüm yapıp yapmadıkları da ayrı bir problemdir. Çünkü bu cihazlar da kalibrasyon hataları, donanımsal problemler, veri iletim problemleri ve yüksek yağışlarda hatalı ölçüm gibi pek çok probleme sahiptirler. Bu sorunu çözebilmek için Meteoroloji Genel Müdürlüğü 50 ayrı noktaya yan yana 3 adet yağış ölçer yerleştirmiş olup bu noktalardan 2014 yılı başından beri dakikalık yağış verisi toplamaktadır. Yoğun yağış ölçer şebekeleri kurmak, yağışın radar pikseli ve uydu ayak izleri gibi küçük alanlardaki değişimini anlamaya yardımcı olur (Tokay ve Öztürk 2012). 5 dakikalık toplam yağış, güvenilir yağış için en kısa zaman dilimi olduğundan (Habib ve Krajewski 2002), en az bir yağış ölçerin yağış verdiği satırlar için 5 dakikadan 24 saate kadar olan toplam yağışlar elde edilmiştir. Bu çalışmada Eylül 2015 ve 2016 tarihlerinde seçilmiş 3 farklı orta ölçekli konvektif hadise süresince Marshall-Palmer (MP) bağıntısı and C bant radarlar için polarimetrik $R(K_{DP})$ bağıntısından (Denklem 2) hesaplanan İzmir radarı 24 saatlik toplam yağışları ile İzmir radarının kapsama alanı içerisinde kalan güvenilir yağış ölçer gözlemleri karşılaştırılmış ve sonuç bölümünde hataların nedenleriyle ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

2. YÖNTEM

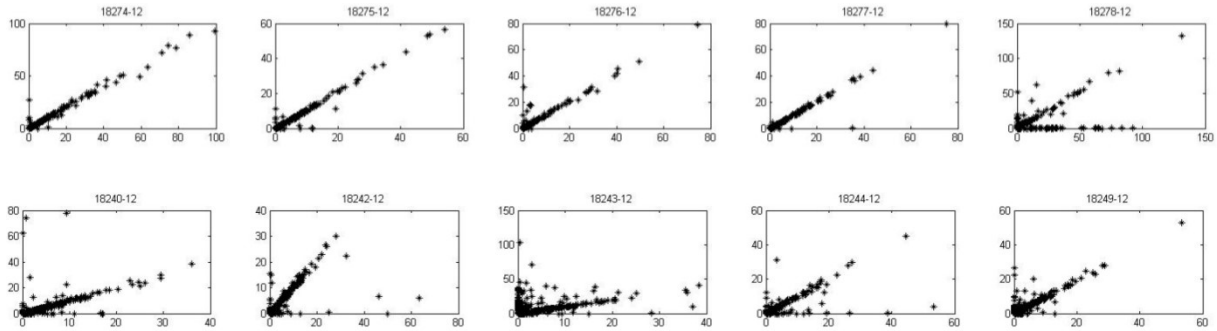
Bu çalışmada İzmir radarının 120 km'lik kapsama alanı içerisinde bulunan 11 yağış ölçer sahası kullanılmıştır (Şekil 1). Bu 11 sahanın her birinde ikisi kefeli tip biri ağırlıklı olmak üzere 3 yağış ölçer vardır. 2014 yılı başından beri minimum 22876, maksimum 31228 adet dakikalık yağış verisi elde edilmiştir. 5 dakikadan 24 saate kadar 7 farklı zaman toplamında 3 yağış ölçer için 9 farklı istatistik çıkarılmış, bunların arasından korelasyon katsayısı Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 3 ise örnek olarak 1 ve 2 nolu yağış ölçerler arasındaki saçılma diyagramlarını göstermektedir. Radar yağış tahminlerinin istatistik yöntemlerle iyileştirebilmesi için farklı hadiselerde radar ve yağış ölçer yağışı arasındaki oranı veren Değerlendirme Faktörü'nün (AF) mümkün olduğunca istikrarlı olması yani hataların bir sistematiğinin olması beklenmektedir. Yağış ölçerin koordinatına denk gelen radar pikseli ile 24 komşu piksel arasında (toplam 25 piksel), benzer karakterli üç orta ölçekli konvektif yağış hadisesinde MP (Denklem 1) ve R(K_{DP}) (Denklem 2) ile elde edilen yağışlar için değerlendirme faktörleri karşılaştırılmıştır. AF-C (yağış ölçerin olduğu noktanın radardaki pikseli), AF-M (merkez piksel ve komşularıyla birlikte toplam 25 pikselin ortalaması), AF-N (25 piksel arasında yağış ölçer verisine en yakın olan değer) ve AF-C için Varyasyon Katsayısı (CV) grafikleri Şekil 4'de verilmiştir. 30 m çözünürlüklü dijital harita altlığı kullanan açık kaynak kodlu wradlib yazılımı üzerinde üzerinde uyarlamalar yapılarak geliştirilen bir uygulama vasıtasıyla, yağış ölçer sahaları ve İzmir radarı arasındaki topoğrafya kaynaklı kısmi ışın engelenme diyagramları çıkarılmış ve yağışlar üzerinde kısmi engellemelerin etkisi incelenmiştir. Şekil 5, Yenipazar ile İzmir radarı arasındaki engellenme durumunu gösteren örnek bir diyagramdır. Ayrıca parlak bant etkisi de incelenmiş olup Şekil 6'da parlak bant durumunu gösteren Vaisala Hydroclass ürünü verilmiştir.



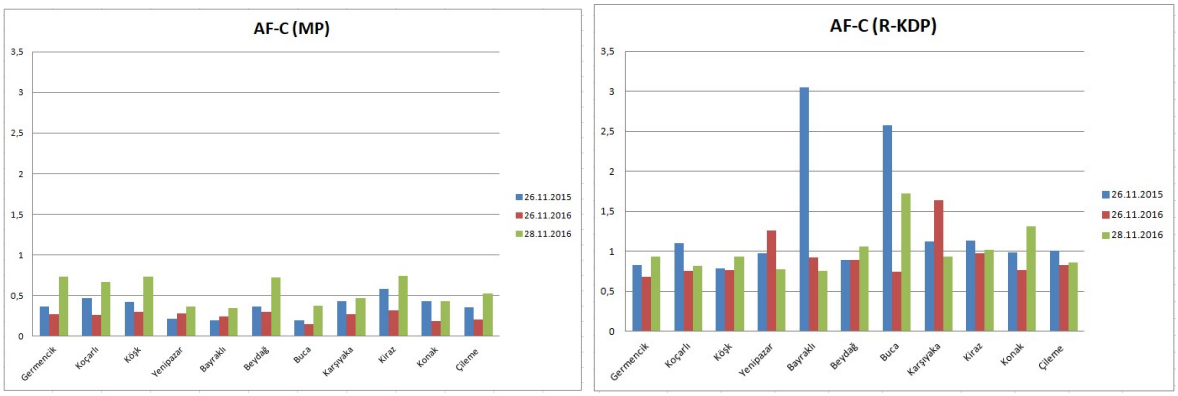
Şekil 1. İzmir radarı kapsamı alanı içerisindeki 11 yağış ölçer sahası coverage (menzil: 120 km)

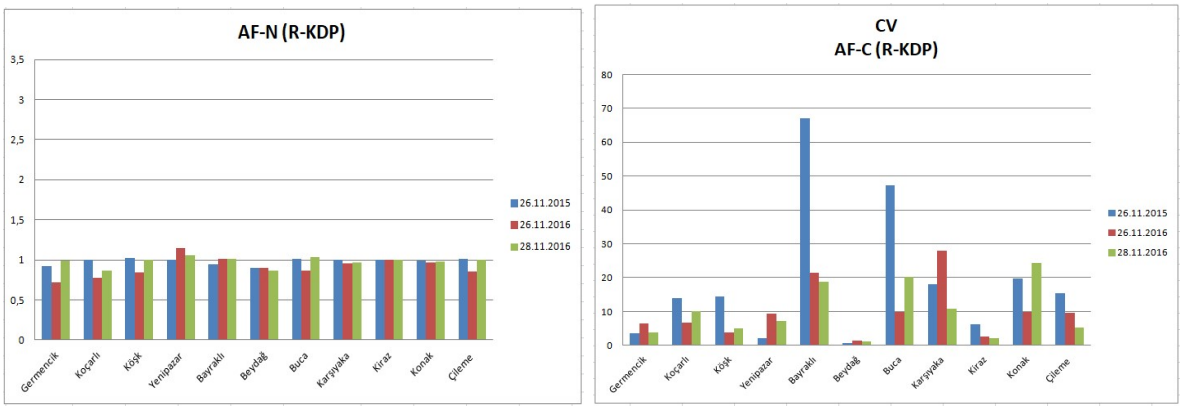


Şekil 2. Korelasyon katsayılarının farklı yağış toplamları için karşılaştırılması (Çift 1-2)

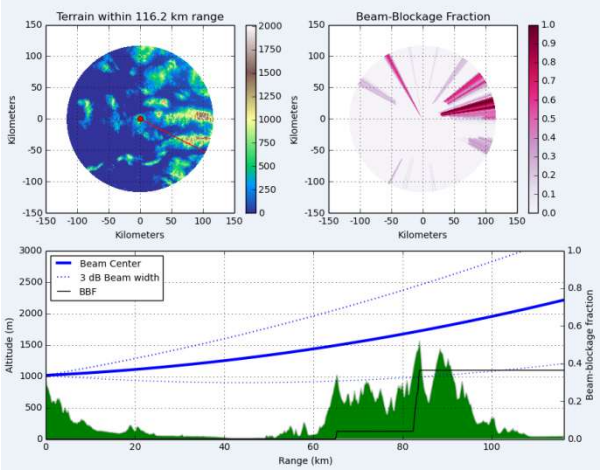


Şekil 3. Bazı yağış ölçer çiftleri için saçılma diyagramları (1-2)

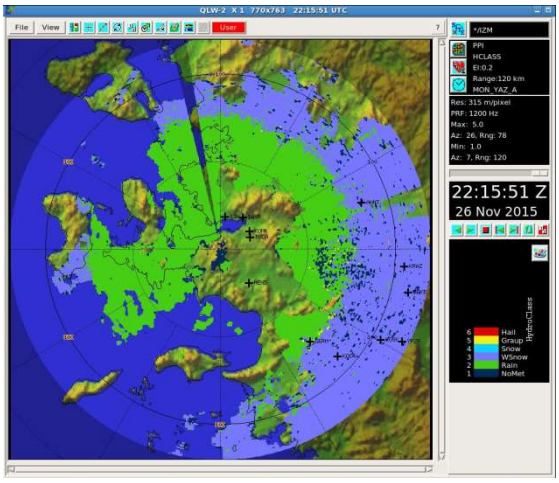




Şekil 4. 3 farklı konvektif hadise için Değerlendirme Faktörü karşılaştırması



Şekil 5. Yenipazar sahası ile İzmir radarı arasındaki kısmi ışın engellenme diyagramı



Şekil 6. 26.11.2015 tarihine ait parlak bant etkisini gösteren Vaisala Hydroclass ürünü

$R = 0.036463 * Z^{0.625}$ (Marshall&Palmer, 1948) (1)

$R = 18.87 * KDP^{0.835}$ (Pruppacher&Beard, 1970) (2)

3. SONUÇ

Yağış ölçer çiftleri (1-2, 1-3, 2-3) arasındaki korelasyon katsayıları 5 dakikalık yağış toplamı için örneğin Beydağ sahasında 0.34 ile 0.63 arasında, 1 saatlik toplam için ise 0.75 ile 0.81 arasında değişmektedir. Bu istatistiklerin ve saçılma diyagramlarının yardımı ile hatalı yağış ölçer belirlenip veri setinden çıkarılmış ve güvenilir ve eksiksiz bir veri seti elde edilmiştir. En iyi AF değeri $R(K_{DP})$ bağıntısından elde edilirken MP bağıntısı her 3 hadisede de yer gözlemlerinin oldukça altında değerler vermiştir (Şekil 4). $R(K_{DP})$ genel olarak yağış ölçer değerlerine daha yakın olmasına ve genellikle yağış ölçerlerin altında değer vermesine rağmen bazı sahalarda (Bayraklı, Buca, Karşıyaka, Konak) yer gözlemlerinden yüksek değerler vermiştir. Bu dört sahada 25 piksel arasındaki standart sapma ve varyasyon katsayının yüksek çıkması, konvektif fırtınalarda yağışın küçük alanlardaki (25 piksel = 2.77 km^2) değişkenliğinin göstergesidir. Diğer taraftan, İzmir radarı ile Yenipazar sahası arasındaki kısmi engelleme analizi, ilk radar ışınının (0.2 derece) %30'unun topoğrafya tarafından engellendiğini göstermiştir. Fakat buna rağmen $R(K_{DP})$ Yenipazar sahasında yağış ölçerlerin üzerinde değer vermiştir. Bu $R(K_{DP})$ bağıntısının kısmi ışın engellenmesinden etkilenmediğini göstermektedir. Ancak kısmi ışın engellenmesinden etkilenen MP bağıntısı, beklendiği gibi Yenipazar sahasında yağış ölçerlerin oldukça altında değerler vermiştir. MP tahminleri, Vaisala IRIS yazılımının parlak bant düzeltme algoritması ile düzeltilmektedir. Ancak $R(K_{DP})$ için böyle bir düzeltme söz konusu değildir. Yüksek atmosfer gözlemleri, radar dual polarizasyon ürünleri ve Vaisala Hydroclass ürünleri incelendiğinde Yenipazar, Koçarlı, Beydağ ve Kiraz sahaları üzerinde parlak bant etkisi olduğu görülmüştür. Bu durum bu bölgelerde $R(K_{DP})$ ölçümlerinin yağış ölçerlerden az da olsa yüksek çıkmasını açıklayabilir. AF-N değerleri her 3 hadise için de oldukça istikrarlı ve 1'e yakınken AF-C ve AF-M değerleri benzer meteorolojik karakterli farklı hadiselerde dahi salınım göstermektedir. Bu sonuçlar, konvektif yağışın küçük alanlarda değişim göstermesi, parlak bant ve kısmi ışın engellenmesi gibi hata kaynakları nedeniyle konvektif yağışlarda radar yağış tahminlerine gerçek zamanlı bir istatistiksel iyileştirme yapmanın oldukça zor olduğunu göstermiştir. Bütün bu hata kaynaklarına rağmen $R(K_{DP})$ değerleri yer

gözlemlerine en yakın değerler olup, nicel olarak küçük alanlarda 2.77 km^2 (~1.66 x 1.67 km) bilinen diğer nicel yağış tahmin cihazlarına oranla zamansal ve uzaysal olarak başarılı sayılabilecek tahminlerdir.

KAYNAKLAR

[1] Habib, E., and Krajewski, W. F., 2002: Uncertainty analysis of the TRMM ground-validation radar-rainfall products: Application to the TEFLUN-B field campaign.J.Appl.Meteor.,41, 558–572.

[2] Marshall, J.-S. and Palmer W. MC., 1948. The distribution of raindrop with size. J. Meteorol., 5, 165-166.

[3] Pruppacher, H. R., and Beard, K. V., 1970. A wind tunnel investigation of the internal circulation and shape of water drops falling at terminal velocity in air, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 96, 247–256.

[4] Tokay, A., and Ozturk, K., 2012: An experimental study of the small-scale variability of rainfall. J. Hydrometeor., 13, 351–365.

RÜZGÂR TÜRBİNLERİ VE GÖKDELENLERİN İSTANBUL RADAR VERİSİNE ETKİLERİ

Kurtuluş ÖZTÜRK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
kozturk@mgm.gov.tr

Alper ÇUBUK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
acubuk@mgm.gov.tr

ÖZET

Meteoroloji radarlarının kurulacağı yer, veri kalitesi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu yüzden yerin belirlenmesi için detaylı fizibilite çalışmaları yapılmaktadır. Bu fizibilite çalışmalarında özellikle topografik ışın engellenmesi ile ilgili kapsama analizleri yapılmakta ve enterferans kaynakları belirlenmektedir. Bu hata kaynakları ile beraber çevresel şartlar, ulaşım ve altyapı durumu birlikte değerlendirilerek radarın kurulacağı yere karar verilmektedir. Ancak radar kurulumundan sonra kapsama alanı içerisinde çevresel şartlar değişiklik gösterebilmektedir. Bu çalışmada, yenilenebilir enerji ihtiyaçlarının her geçen gün artması sonucu kurulan rüzgâr türbinleri veya kalabalık metropollerde sayıları her geçen gün yükselen gökdelenlerin İstanbul radar verisi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İstanbul tek polarizayonlu Doppler radarının gökdelen ve dağ gibi sabit hedeflerin neden olduğu hatalı yansımaları filtreleyebildiği ancak rüzgâr türbinlerinin dönen kanatları nedeniyle bu yansımaları filtreleyemediği gözlemlenmiştir. Bu durum, tahminciler ve hidrolojistler için hatalı veriye neden olabilir. Kısmi Işın Engellenmesi (PBB) ve zayıflama (atenüasyon) ise bu çalışmada incelenen diğer hata kaynaklarıdır. Nicel yağış tahminleri (QPE) ve sayısal hava tahmini radar veri

asimilasyonlarının bu hata kaynaklarından olumsuz yönde etkilenebilmektedir. PBB diyagramları ve ışın engellenme yüzdeleri, 30 m çözünürlüklü sayısal yükseklik haritası ve modifiye edilmiş açık kaynaklı wradlib kodu kullanılarak elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, süper kırılmanın düşük seviyeli enverziyon nedeniyle oluşabileceği belirtilmiş ve bu nedenle radar ışınının standart atmosferik kırılma ile teorik olarak hesaplanan PBB diyagramlarında görülmese bile yeryüzüne doğru daha fazla eğilebileceği görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar radar ürünleri, Google haritaları ve PBB diyagramlarını içeren görsel örnekler ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler - *Radar, Işın Engellenmesi, Rüzgar Türbini, Atenüsayon, Reflektivite*

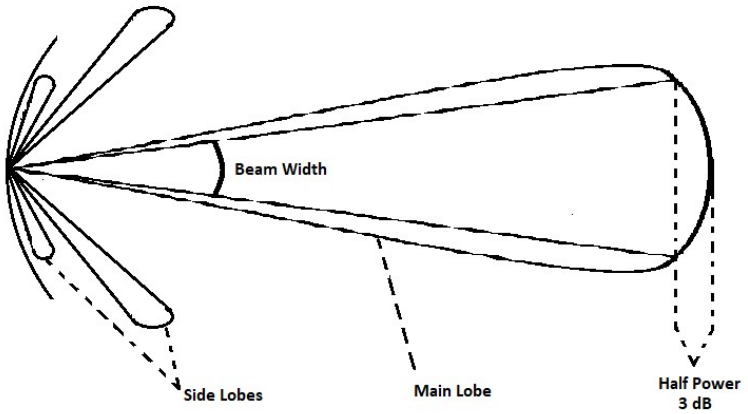
1. GİRİŞ

Meteoroloji radarının kurulduğu yer veri kalitesi açısından oldukça önemlidir ve bazı çevresel hata kaynaklarını önlemek için dikkatlice seçilmelidir. Radar yerini belirlemeden önce, radar kapsama alanında ışın engellenme haritaları ve muhtemel enterferans kaynakları belirlenmelidir. Maliyet ve veri kalitesini etkileyen birçok faktörü değerlendirerek, en iyi yer, aday konumlar arasından seçilmelidir. Bununla birlikte, radar kurulumundan sonra bölgedeki rüzgar türbinleri ve gökdelenler gibi yeni yapıların inşasını kontrol etmek mümkün olmayabilir. Kalabalık metropollerde gökdelenlerin sayıları her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji için artan ihtiyaçların bir sonucu olarak da, rüzgâr türbinleri kurulmaktadır. Öte yandan, meteoroloji radarları bu yapıların sebep olduğu yansımalardan ve kısmi ışın engellenmesinden (PBB) olumsuz olarak etkilenmektedir. Tek polarizasyonlu Doppler radarlar sabit hedeflerden (gökdelen ve dağ gibi) geri dönen yansımaları (reflektivite) bazı filtreleme teknikleri ile filtreleyebilirler. Ancak, hareket eden kanatları nedeniyle rüzgâr türbinlerinden gelen yansımaları elimine edemeyebilirler.

Bu çalışmada, tek polarizasyonlu İstanbul radarının 2003 yılında kurulumundan sonra inşa edilen rüzgâr türbinleri ve gökdelenlerin radar verisine etkisi; radar ürünleri, Google haritaları ve PBB diyagramları yardımıyla incelenmiştir. Anormal yayılımın etkisini incelemek için Skew-T diyagramları incelenmiş ve sonuçlar son bölümde verilmiştir.

4. YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan PBB diyagramları ve ışın engellenme yüzdeleri, 30 m. çözünürlüklü sayısal yükseklik haritaları ve modifiye edilmiş açık kaynaklı wradlib kodu kullanılarak üretilmiştir. Teorik PBB'yi hesaplamak için, radar ve ilgili noktanın koordinatları, radar tarama açısı (veya açıları), ışın genişliği (Bkz. Şekil 1) ve menzil çözünürlüğünün bilinmesi gerekir.



Şekil 1. Radar anteninin 3-dB ışın genişliği

Radar ışınının maksimum yüksekliği, standart atmosferik kırılma uygulandığında aşağıdaki denklemle verilir (Rinehart, 2000).

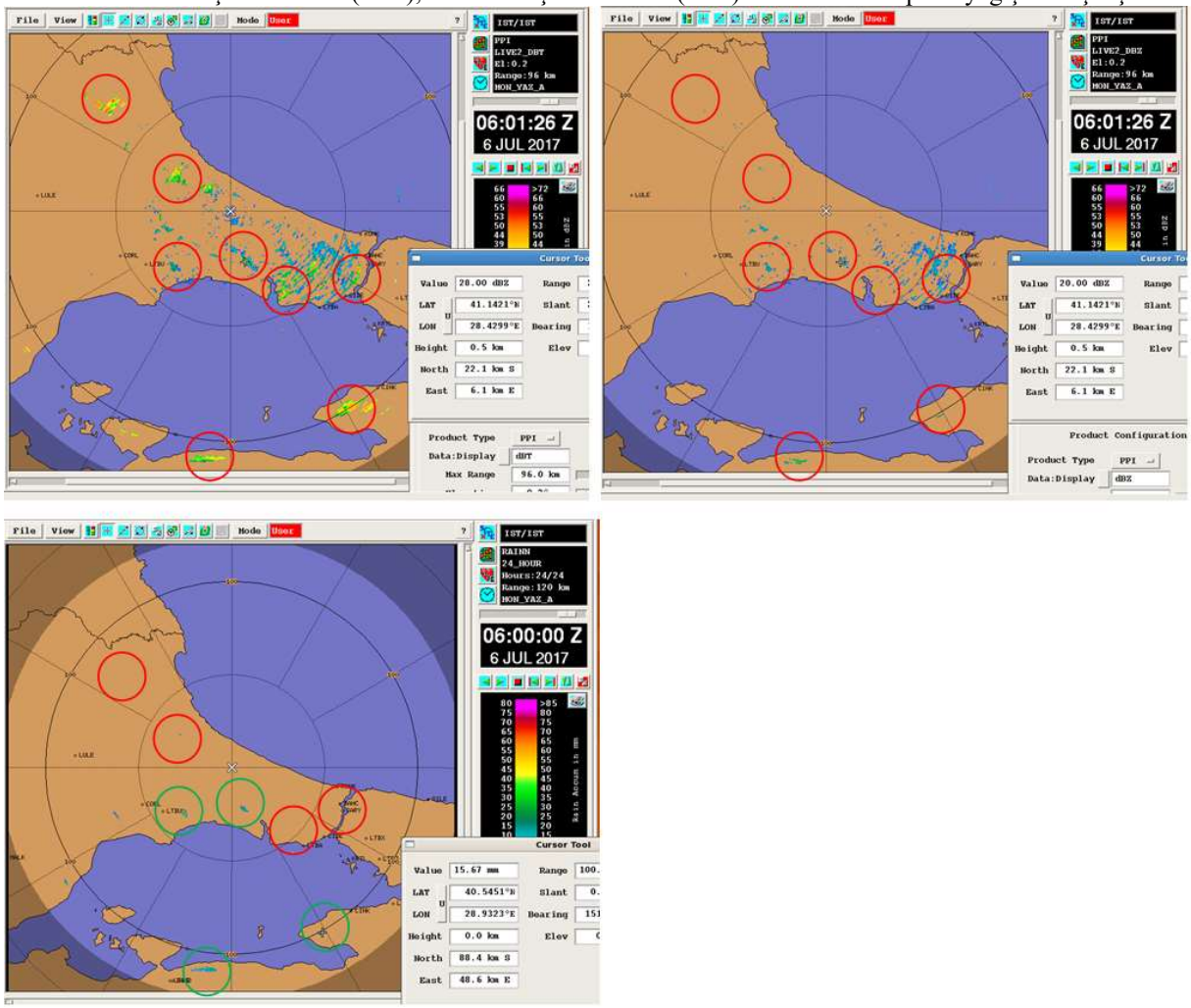
$$H = \sqrt{r^2 + R'^2 + 2rR'\sin\phi} - R' + H_0 \qquad (1)$$

Bu denklemde r, radar ile ilgili nokta arasındaki mesafe, ϕ, radarın yükseklik açısı (elevation angle), H_0, ortalama deniz seviyesine göre radar anteninin yüksekliğidir. $R' = 4R/3$ olup R, yeryüzünün yarıçapıdır.

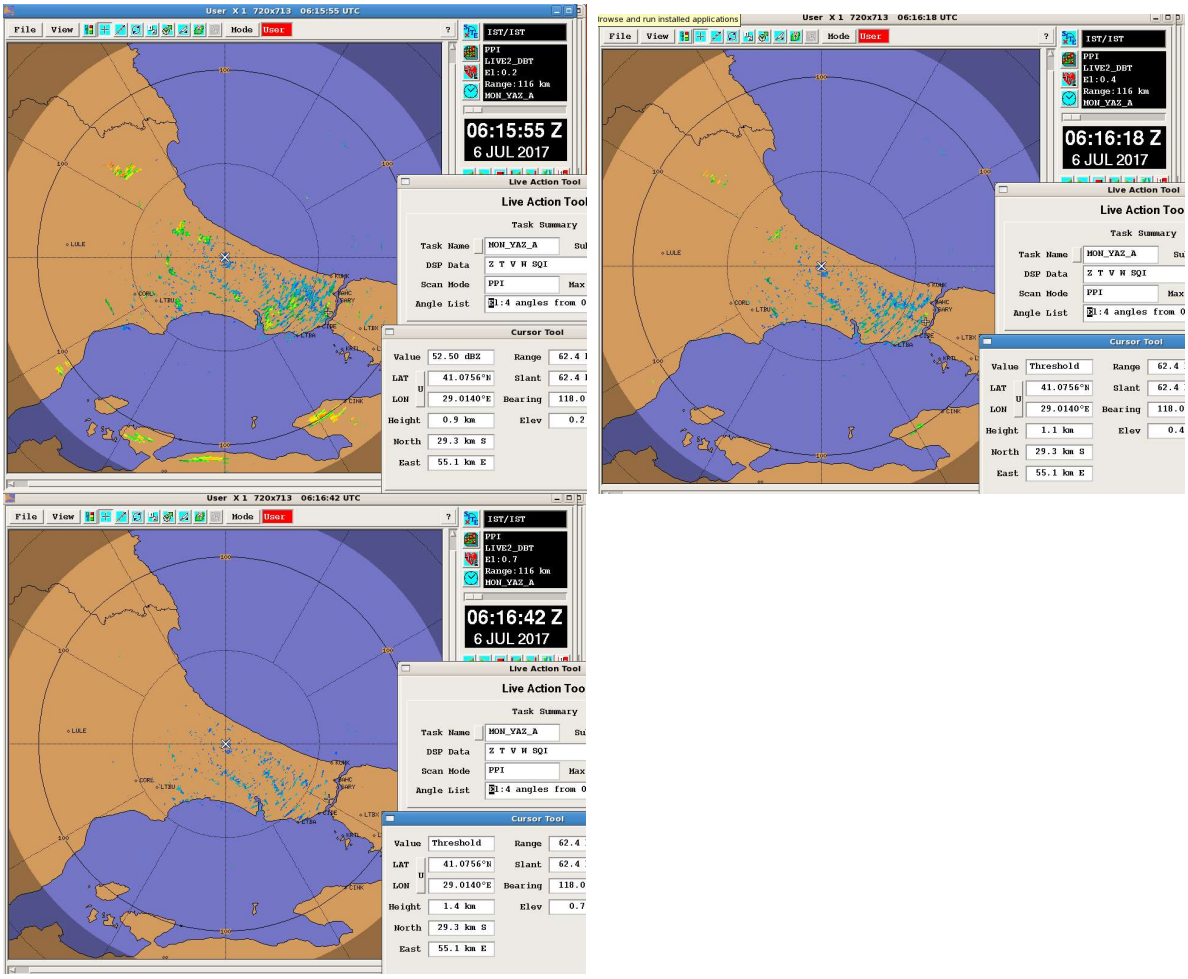
İstanbul radarı 2003'ten beri işletilmekte olan C-bant tek polarizayonlu bir Doppler radardır. C-bant çift polarizasyonlu bir Doppler radar olan Bursa radarı ise 2015'ten beri faal durumdadır. Test sahalarında işletilen yoğun yağmur ölçeri ağları, bir radar pikseli ve uydu ayak izi ölçeğinde yağış değişkenliğini belirlemeye yardımcı olur (Tokay ve Öztürk 2012). (Tokay ve Öztürk 2012). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, yer gözlemlerinin güvenilir bir şekilde yapılabilmesi için, 2014

yılından bu yana aynı bölgede konuşlandırılan 3 adet yağış ölçerden oluşan 50 ayrı bölgeden veri toplamaktadır.

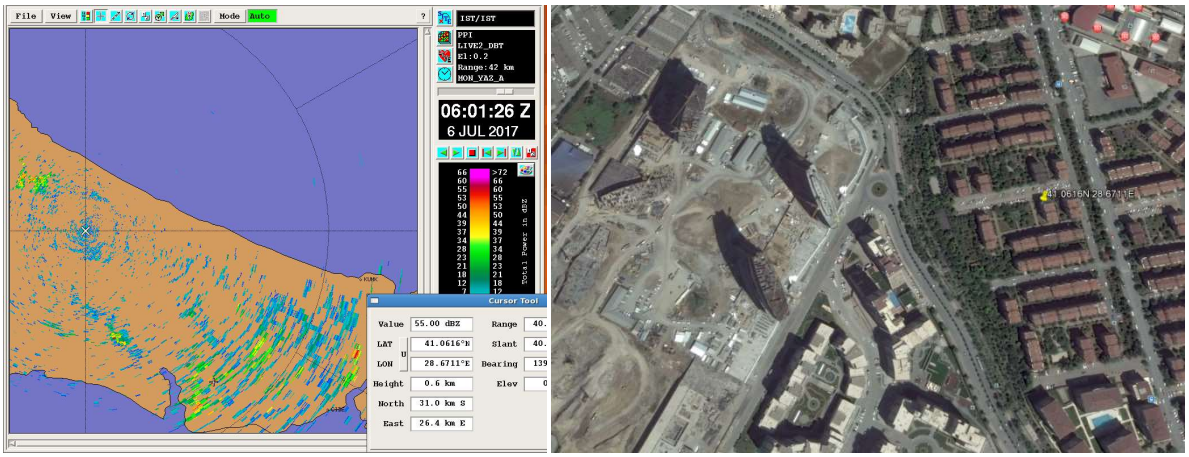
Şekil 2. Filtrelenmemiş reflektivite (dBT), filtrelenmiş reflektivite (dBZ) ve 24 saatlik toplam yağışın karşılaştırılması



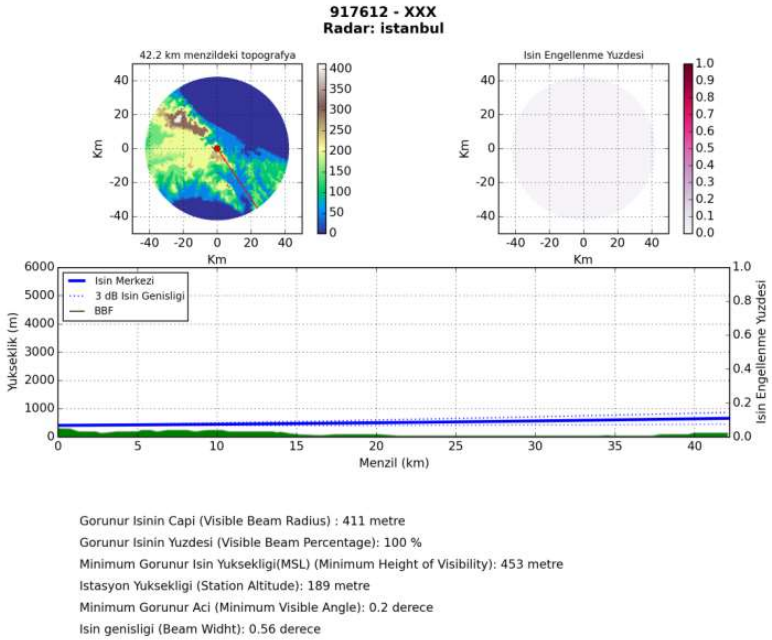
Şekil 3. PPI dBT 0.2, dBT 0.4 ve dBT 0.7 derece reflektivite değerlerinin karşılaştırılması



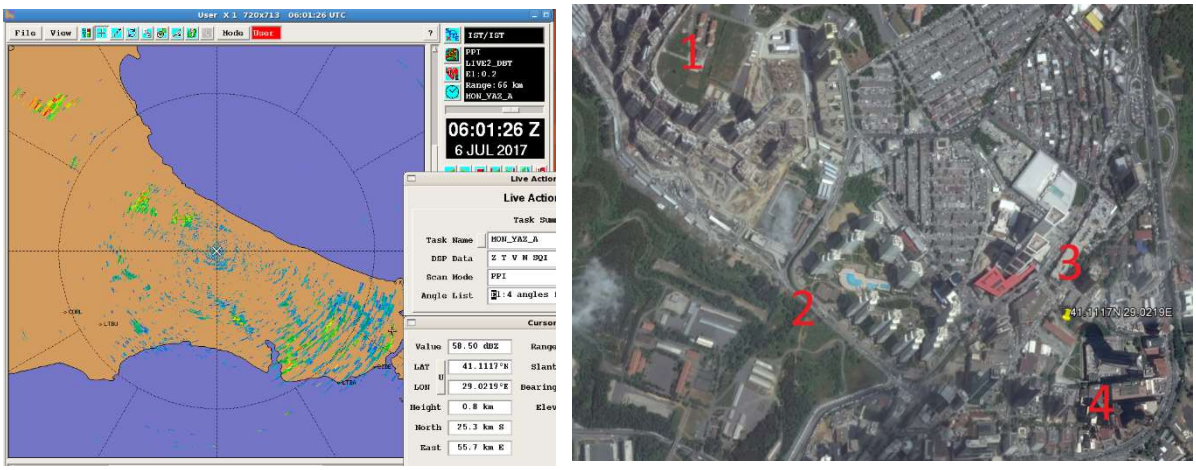
***Şekil 4**. PPI dBT ürünündeki yüksek reflektivite değeri ve bu noktaya Google Earth uygulamasından bakıldığında görülen Kozapark gökdelenleri*



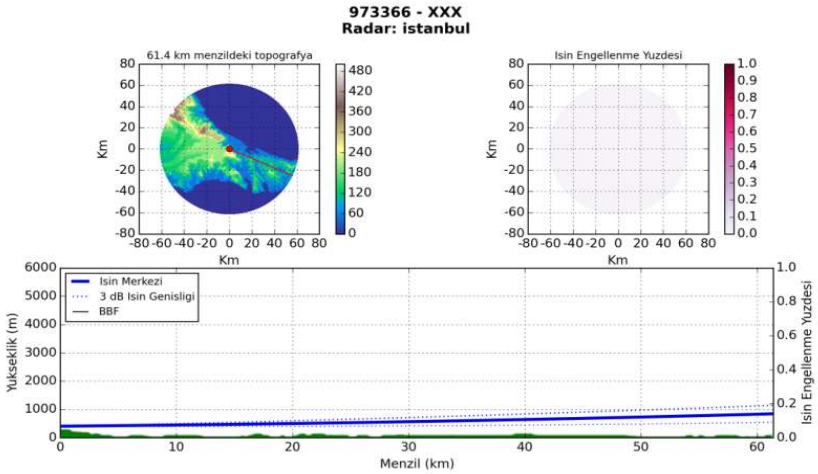
***Şekil 5**. Kozapark gökdelenleri ve İstanbul radarı arasındaki kısmi ışın engellenme diyagramı*



***Şekil 6**. PPI dBT ürünündeki yüksek reflektivite değerleri ve bu noktalara Google Earth uygulamasından bakıldığında görülen Maslak 1453 (1), Mashattan (2), Doğus Center (3) ve Spine Tower (4) gökdelenleri*

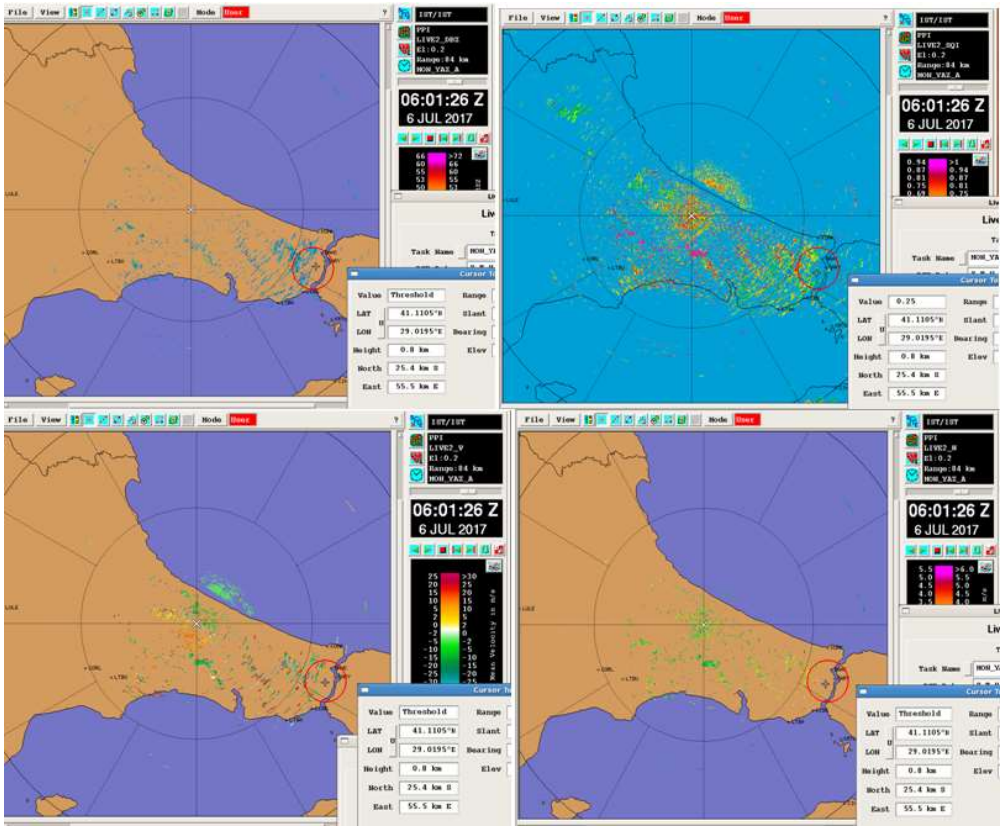


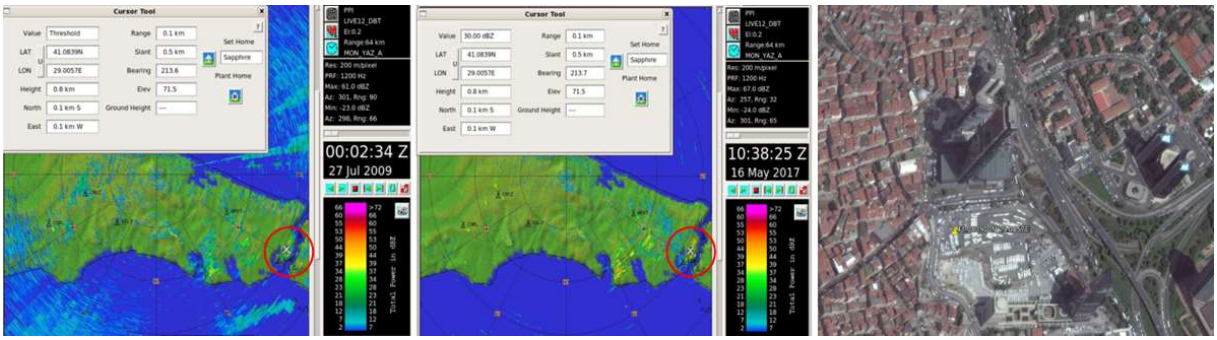
Şekil 7. Spine Tower ve İstanbul radarı arasındaki kısmi ışın engellenme diyagramı



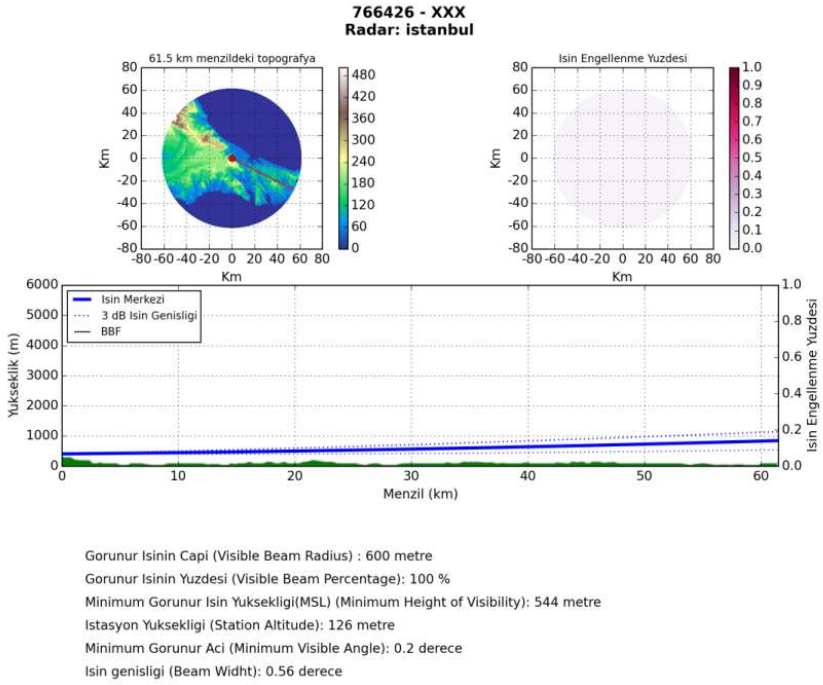
Gorunur Isinin Capi (Visible Beam Radius) : 599 metre
Gorunur Isinin Yuzdesi (Visible Beam Percentage): 100 %
Minimum Gorunur Isin Yuksekligi(MSL) (Minimum Height of Visibility): 544 metre
Istasyon Yuksekligi (Station Altitude): 113 metre
Minimum Gorunur Aci (Minimum Visible Angle): 0.2 derece
Isin genisligi (Beam Widht): 0.56 derece

Şekil 8. Spine Tower bölgesinde PPI dBZ, SQI, Hız ve Spektral Genişlik ürünlerinin karşılaştırılması

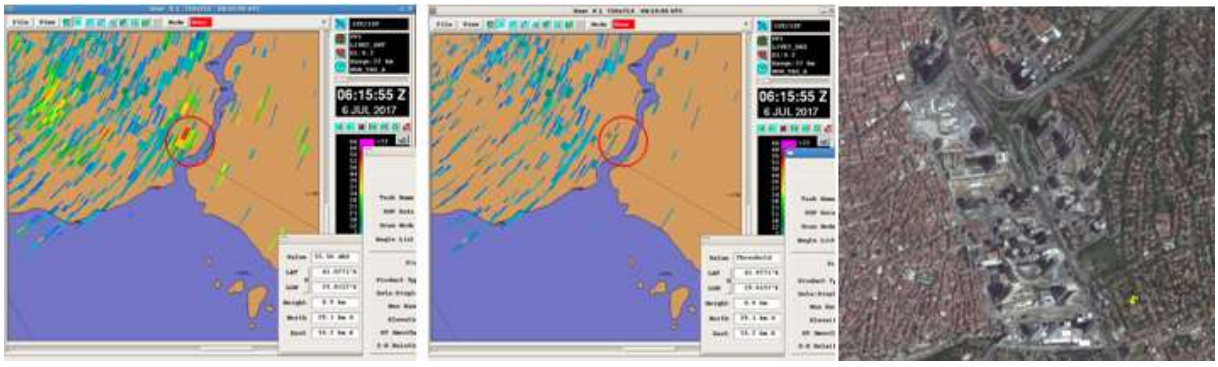




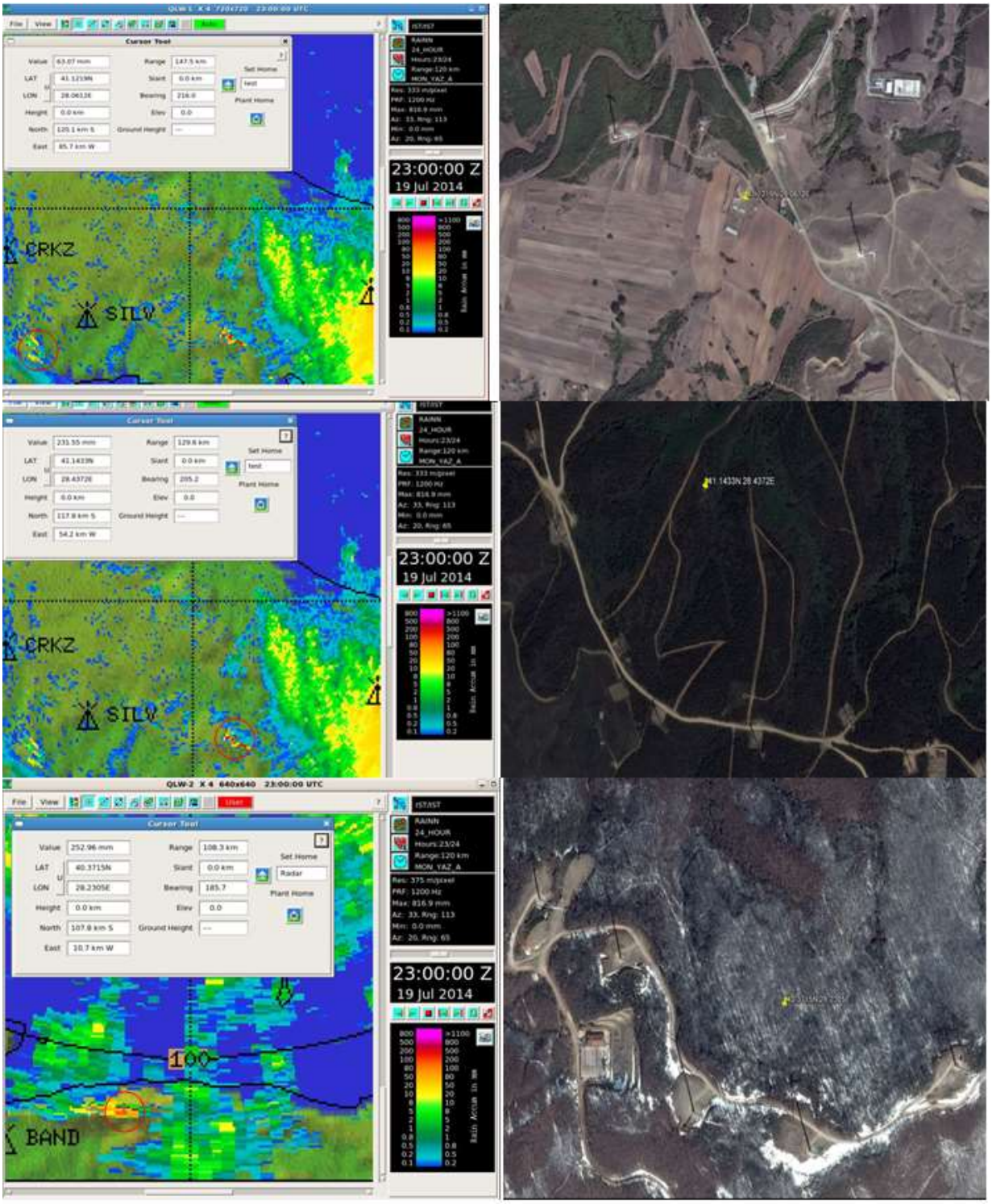
Şekil 9. Sapphire Gökdeleni noktasında 2009 ve 2017 yıllarına ait PPI dBT ürünlerinin karşılaştırılması.



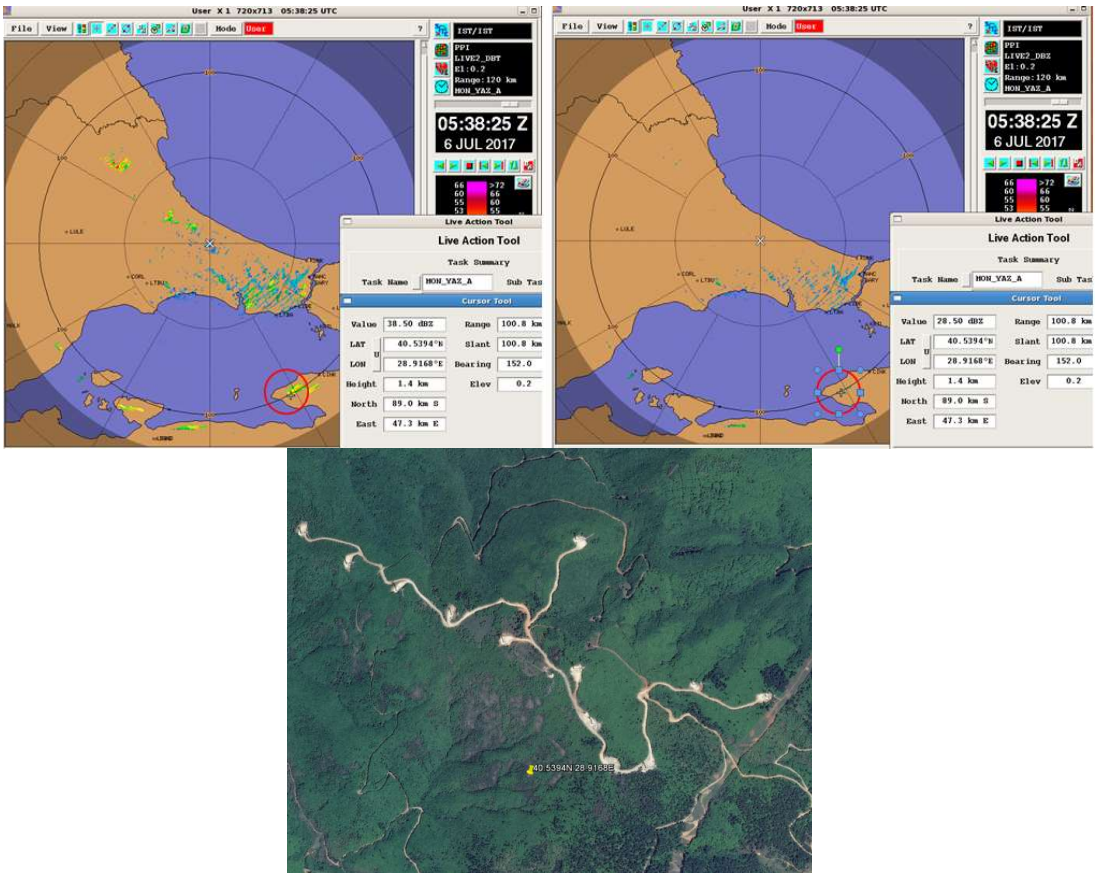
Şekil 10. Sapphire gökdeleni ve İstanbul radarı arasındaki kısmi ışın engellenme diyagramı



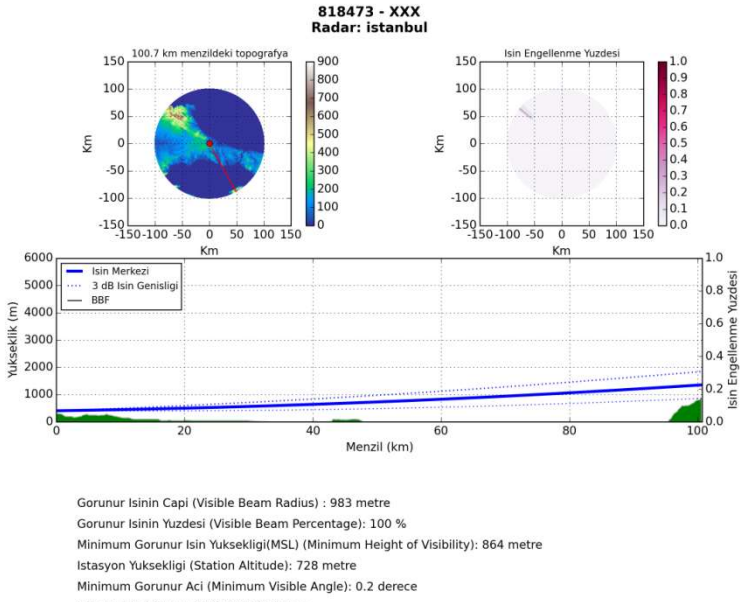
Şekil 11. İstanbul şehir merkezinde olan Maslak bölgesindeki Sapphire gökdeleni ve diğer gökdelenlerin bulunduğu bölgeye ait PPI dBT ve dBZ ürünlerinin karşılaştırılması.



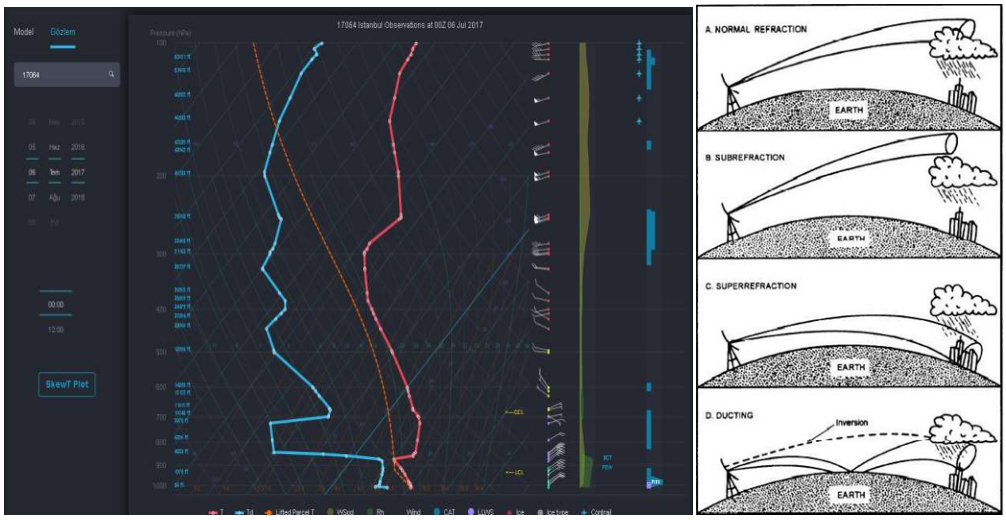
Şekil 12. Vaisala RAIN ürününde gerçekçi olmayan yağış miktarları ve Google Earth'de bu noktalarda gözlenen rüzgar türbinleri



Şekil 13. Yalova bölgesinde bulunan rüzgar türbinlerine ait PPI dBT ve dBZ ürünlerinin karşılaştırılması.



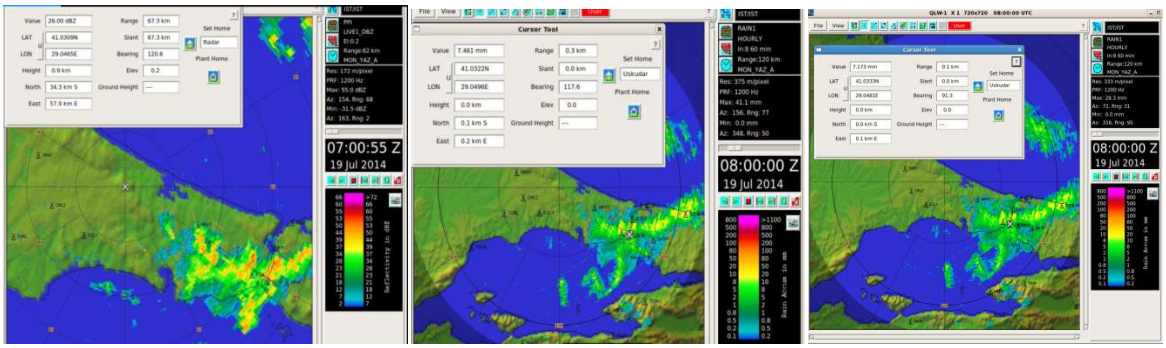
Şekil 14. Yalova bölgesindeki bir rüzgar türbini ve İstanbul radarı arasındaki kısmi ışın engellenme diyagramı



Şekil 15. Anormal yayılma ve enverziyon durumunu gösteren 6 Haziran 2017 tarihli Skew-T Diyagramı.

2014	7	15	20	0.10	0.00	0.10
2014	7	16	13	0.00	0.06	0.00
2014	7	17	9	0.00	0.07	0.00
2014	7	18	8	0.00	0.06	0.00
2014	7	19	6	8.00	6.68	8.90
2014	7	19	7	46.70	45.99	47.20
2014	7	19	8	0.70	0.73	0.70
2014	7	19	10	0.60	1.11	1.20
2014	7	19	11	0.00	0.00	0.10

Table 1. Aynı noktada 3 adet yağışölçer içeren Üsküdar'da 1 saatlik yağış toplamı (19.07.2017, 08:00Z).

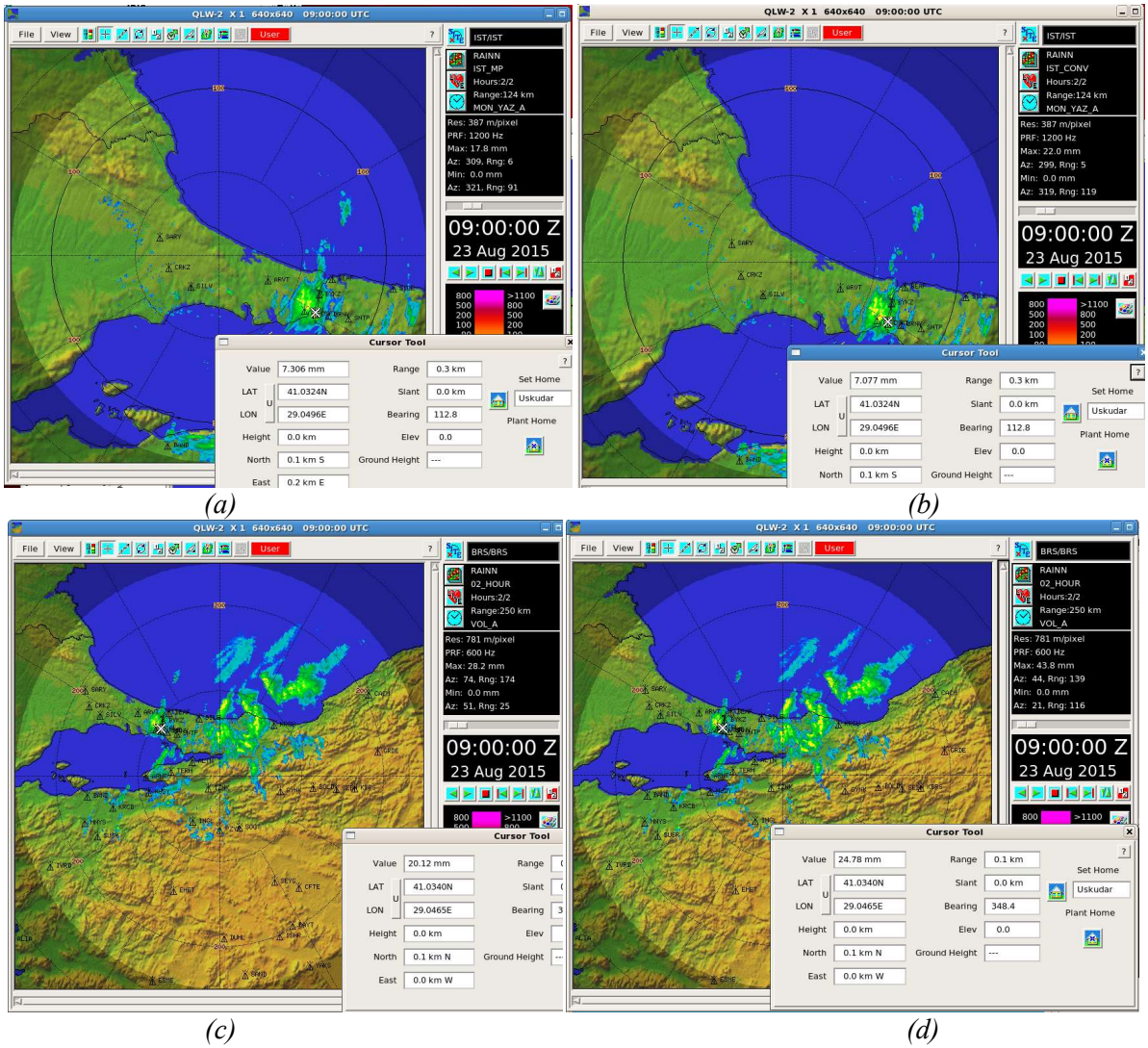


(a) *(b)* *(c)*

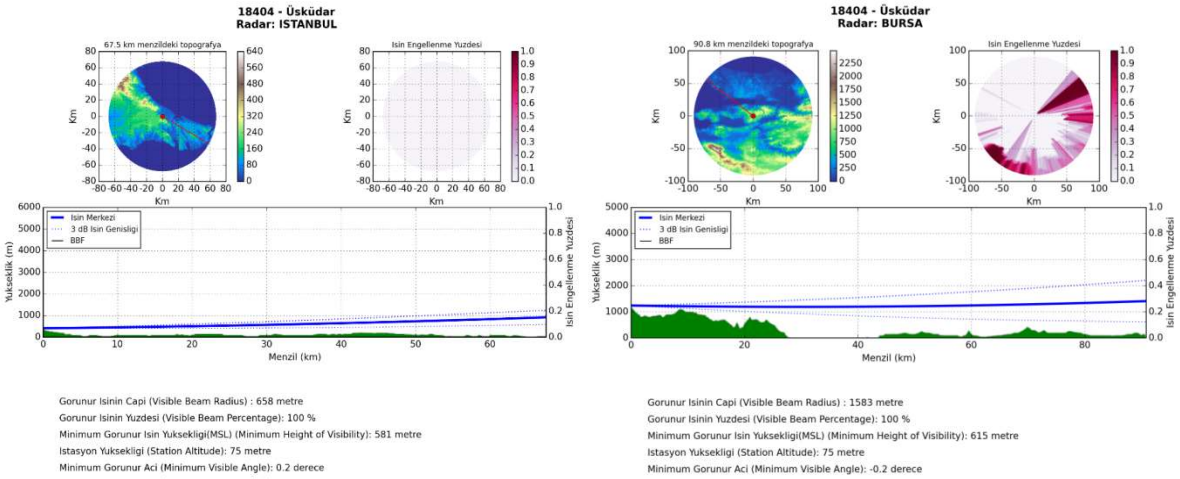
Şekil 16. a-PPI Reflektivite, b-1 saatlik toplam yağış ürünü (Marshall-Palmer), c-1 saatlik toplam yağış ürünü ($300R^{1.4}$)

2015	8	23	2	10.50	10.74	10.50
2015	8	23	3	0.10	0.15	0.10
2015	8	23	4	0.80	0.68	0.70
2015	8	23	7	18.70	16.86	18.50
2015	8	23	8	10.20	10.05	10.30
2015	8	23	9	1.90	2.05	2.10
2015	8	23	10	0.10	0.14	0.20

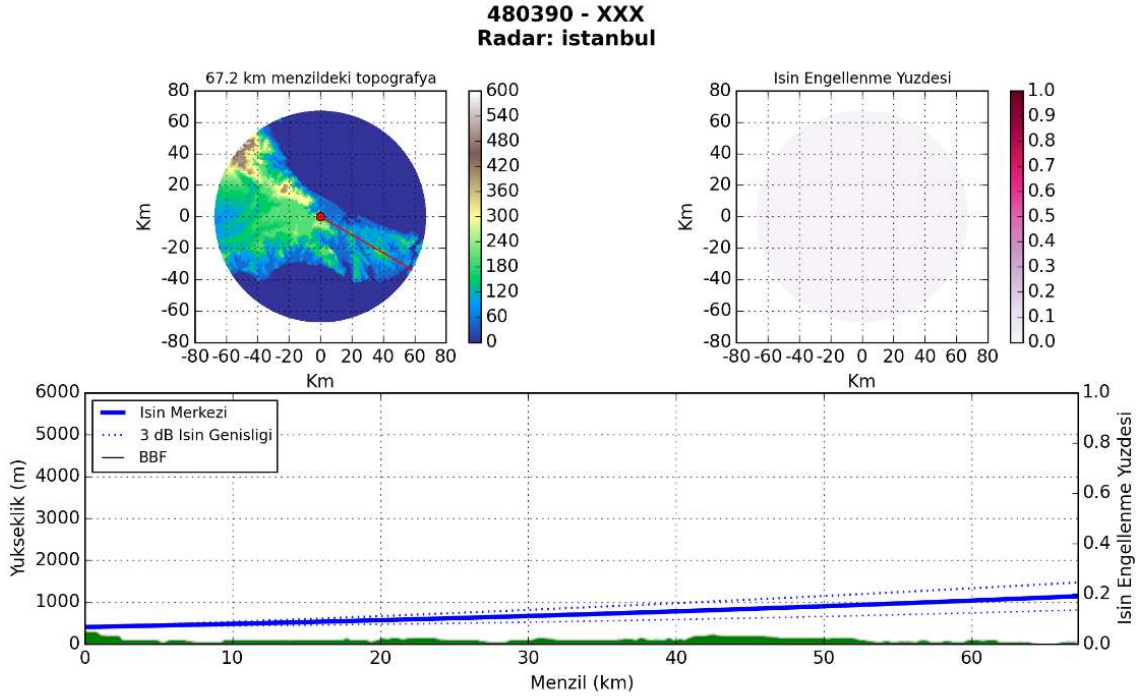
Table 2. Aynı noktada 3 adet yağışölçer içeren Üsküdar'da 2 saatlik yağış toplamı gages (23.08.2015, 09:00Z).



Şekil 17. Üsküdar'da 2 saatlik yağış toplamı (23.08.2015, 09:00Z) , a) Istanbul radarı ile (Marshall-Palmer), b) İstanbul radarı ile ($300R^{1.4}$), c) Bursa radarı ile (Marshall-Palmer), d) Bursa radarı ile (R-KDP)



Şekil 18. Üsküdar ile İstanbul (0,2 derece) radarı ve Üsküdar ile Bursa radarı (-0,2 derece) arasındaki kısmi ışın engellenme diyagramları



Şekil 19. Üsküdar ve İstanbul radarı arasındaki kısmi ışın engellenme diyagramı (0,4 derece)

5. SONUÇ

Toplam reflektivite (dBT), filtrelenmiş reflektivite (dBZ) ve 24 saatlik toplam yağışın (Bkz. Şekil 2) karşılaştırılması, bazı hatalı reflektivitelerin filtrelenebildiğini ancak filtrelenemeyen hatalı verilerin de olduğunu göstermektedir. Yükselme açılarını değiştirerek veya filtrelenmiş reflektivite değerleri, hız ve spektral genişlik ürünlerine bakarak hatalı verileri görsel anlamda ayırt etmek mümkündür (Şekil 3 ve Şekil 8). Ancak bu hatalı veriler, QPE çalışmaları için gerçekçi olmayan yağış tahminlerine ve sayısal hava tahmin modellerinin veri asimilasyonları için yanlış girdilere neden olabilir.

Sapphire gökdelenin yapımından önce ve sonra İstanbul radarında filtrelenmemiş iki reflektivite ürününün karşılaştırması yapıldığında, Sapphire gökdeleninin inşaatından önce herhangi bir reflektivitenin olmadığı açık bir şekilde görülmektedir. PBB diyagramları ve ışın engellenme yüzdeleri, 30 m. çözünürlüklü sayısal yükseklik haritaları ve modifiye edilmiş açık kaynaklı wradlib kodu kullanılarak üretilmiştir. Bu kod 3 dB yarım güç ışın genişliğini (Şekil 1) ve normal atmosfer kırılma koşulları altında belirli bir mesafedeki radar ışınının yüksekliğini bulmak için Denklem 1'i kullanır. Bununla birlikte, gerçek atmosfer teoriden farklı olabilir ve sayısal yükseklik haritalarında gökdelenler ve rüzgar türbinleri bulunmaz. Kozapark binaları deniz seviyesinden 189 m yükseklikte olup binaların yükseklikleri 150 m civarındadır (toplam yükseklik deniz seviyesinden 339 m). PBB diyagramları, minimum görünür ışın yüksekliğinin deniz seviyesinden 453 m olduğu sonucunu vermektedir. (Bkz. Şekil 4). Spine Tower gökdeleni deniz seviyesinden 113 m yükseklikte olup binanın yüksekliği 211 m civarındadır (toplam yükseklik deniz seviyesinden 324 m). PBB diyagramları ,minimum görünür ışın yüksekliğinin deniz seviyesinden 544 m üstünde olduğu sonucunu vermektedir (Şekil 6 ve 7). Sapphire Gökdeleni İstanbul'un en yüksek binası olup 2011 yılında inşa edilmiştir. Bu gökdelenin 261 m olan bina yüksekliği dahil toplam yüksekliği deniz seviyesinden 387 m'dir. Bu nokta için PBB diyagramları, minimum görünür ışın yüksekliğinin deniz seviyesinden 544 m olduğu sonucunu vermektedir (Şekil 9, 10 ve 11). Bütün bu sonuçlar ve teorik hesaplamalara göre radar ışınının bu gökdelenlere çarpmaması gerekmesine rağmen, radar ürünlerinde bu noktalarda reflektivite olduğu gözlemlenmektedir.

Atmosferin sıcaklığı yükseklik arttıkça artar ve(veya) su buharı içeriği yükseklikle birlikte hızla azalırsa, ışın standarttan fazla kırılır. Bu durum süper kırılma olarak adlandırılır ve düşük seviyeli sıcaklık terselmesi (enverziyon), yeryüzüne doğru ışının daha fazla bükülmesine neden olabilir (Bkz. Şekil 15). İstanbul radarı gibi tek polarizasyonlu Doppler radarlar, gökdelenler veya dağlar gibi sabit hedeflerden dönen reflektiviteyi filtreleyebilir; ancak, kısmi veya tam engellemelerin bu bölgelerin arkasında kalan bölgelere olan etkisini ortadan kaldıramazlar.

Meteoroloji radarları, rüzgar türbinlerinin dönen kanatları nedeniyle bu hedeflerden gelen reflektiviteyi tamamen ortadan kaldıramazlar. Yalova bölgesinde kurulu bir rüzgar türbininin toplam yüksekliği deniz seviyesinden 875 m yüksekliktedir (kanatlar 147 m). PBB diyagramları, minimum görünür ışın yüksekliğinin deniz seviyesinin 864 m üzerinde olduğunu göstermektedir. Bu durum İstanbul radarından 100 km uzaktaki Yalova rüzgâr türbine ve 108 km uzaklıktaki Bandırma rüzgar türbininden dahi reflektivite alınmasına sebep olmaktadır (Bkz. Şekil 13 ve 14).

Üsküdar ile İstanbul radarı (ilk yükseklik açısı: 0,2 derece) ve Üsküdar ile Bursa radarı (ilk yükseklik açısı: -0,2 derece) arasındaki kısmi ışın engellenme diyagramları (Bkz. Şekil 18) oldukça benzer görünmektedir. Sayısal yükseklik haritaları, gökdelenler ve rüzgar türbinlerini içermediğinden ve wradlib kodu standart kırılma modelini kullandığından, Üsküdar, wradlib PBB hesaplamalarına göre her iki radardan da %100 görülebilmektedir. Ancak bu durum gerçekte böyle değildir. İstanbul radar ışını özellikle Maslak bölgesindeki gökdelenlere çarpmaktadır (Bkz. Şekil 4, 5, 6, 9 ve 11). Bunun sebep olduğu kısmi ışın engellenmesi Üsküdar üzerinde gerçekten az bir reflektivite alınmasına sebep olabilir. Bu da gerçekleşenin altında bir yağış tahminine sebebiyet verebilir. Işının normalden fazla kırılmasına sebebiyet verebilecek enverziyonun olup olmadığını anlamak için ilgili tarihler için Skew-T diyagramları incelenmiştir (Bkz. Şekil 15). Standart atmosferik kırılma modelini kullanan teorik PBB diyagramlarında görülemese bile, enverziyon durumunda radar ışının yeryüzüne doğru standarttan daha fazla bükülmesi mümkündür.

Bu çalışma aynı zamanda, nicel yağış tahminlerinin (QPE), PBB ve atenüasyondan olumsuz etkilendiğini göstermektedir. Şekil 2 ve Şekil 12'de, bazı radar ürünlerinde gerçek dışı yağış miktarları olduğu görülmektedir. 19.07.2014 saat 08:00 Z'de konvektif bir fırtına meydana gelmiştir. Üsküdar mevkiinde bulunan ve yan yana konuşlandırılmış 3 yağış ölçer, 1 saat içinde birbirine çok

yakın yağışlar kaydetmiştir (Bkz. Tablo 1). 23.08.2015 saat 09:00 Z'da bir başka konvektif fırtına meydana gelmiş ve 2 saatlik yağış süresince 3 yağış ölçerin de gözlemlerinin tutarlı olduğu görülmüştür (Bkz. Tablo 2). İstanbul radar yağış tahminlerinin bu güvenilir yer gözlemleriyle karşılaştırılması sonucunda İstanbul radarının yağış miktarının gerçekleşen yağışın oldukça altında olduğunu görülmektedir (Bkz. Şekil 16b ve 16c). Bunun sebeplerinden birinin radar ve Üsküdar arasındaki yoğun hücreler nedeniyle oluşan atenüasyon olduğu Şekil 16a'da anlaşılmaktadır. Diğer nedenler kısmi ışın engellenmesi veya ampirik Z-R bağıntısı da olabilir. Bu sebeplerin hepsinin birden etkisi de olabilir. Bursa radarı, polarimetrik bir radardır ve polarimetrik radarlar kısmi ışın engellenmesinden etkilenmez. 23.08.2015'de gerçekleşen hadise sırasında Bursa radarı ile Üsküdar bölgesi arasında atenüasyon olmadığı görülmektedir. Bursa radarı, R-KDP gibi yağış hesaplamalarında daha başarılı olan polarimetrik yağış ilişkilerini kullanarak yağış miktarını daha tutarlı tahmin edebilir. KDP parametresi, faz ölçümlerine dayandığından ışın engellenmesinden etkilenmez. Şekil 17, Bursa radarının Üsküdar'daki yağışı İstanbul radarından daha iyi tahmin ettiğini ve polarimetrik tahminin gerçekleşen değere en yakın tahmin olduğunu göstermektedir. Gökdelenlerin ve rüzgar türbinlerinin sebep olduğu ve tahminlere ve araştırmalara olumsuz etki eden reflektiviteleri temizlemek için radarın ilk yükseltme açısı 0,2 derece'den 0,4 dereceye kadar yükseltilebilir (Şekil 3). Ancak bu durumda minimum görünür ışın yüksekliği 581 m.'den 814 m.'ye yükselmektedir (Bkz. Şekil 19).

KAYNAKLAR

[1] Rinehart, R. 2000. Radar for meteorologists, Rinehart Publications, Columbia, 62-63.

Tokay, A., and Ozturk, K., 2012: An experimental study of the small-scale variability of rainfall. J. Hydrometeor., 13, 351–365.

18.10.2016 GÜNÜ ALANYA ÇEVRELERİNDE GERÇEKLEŞEN İRİ TANELİ DOLU VE HORTUM OLAYININ UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİYLE İNCELENMESİ

Mehmet SUR
2.Meteoroloji Bölge Müdürlüğü
İzmir
msur@mgm.gov.tr

Özer SOYBAKIŞ
2.Meteoroloji Bölge Müdürlüğü
İzmir
osoybakis@mgm.gov.tr

Melik Ahmet Taştan
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
Ankara
matastan@mgm.gov.tr

Sabri Gedeli
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
Ankara
sgedeli@mgm.gov.tr

ÖZET

18.10.2016 sabah saatlerinde Alanya'nın Avsallar beldesinde iri çaplı dolu yağışıyla birlikte deniz üzerinde su hortumu (waterspout) meydana gelmiştir. Özellikle dolu hadisesi maddi zararlara yol açarken herhangi bir can kaybı ve yaralanma yaşanmamıştır. Konvektif fırtına hücresi Alanya'dan sonra Gazipaşa'yı da etkilemiş, o bölgede de kısa süreli kuvvetli sağanak yağışla birlikte kuvvetli rüzgar ve dolu hadisesi meydana gelmiş, Gazipaşa havaalanında uçuşlarda aksamalar yaşanmıştır. Çalışmamızda; kuvvetli yağış, dolu ve hortuma neden olan

bu konvektif fırtına hücresinin uzaktan algılama ürünleri kullanılarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler — Mesocyclonic waterspout, meteoroloji radarı, Convective tornado

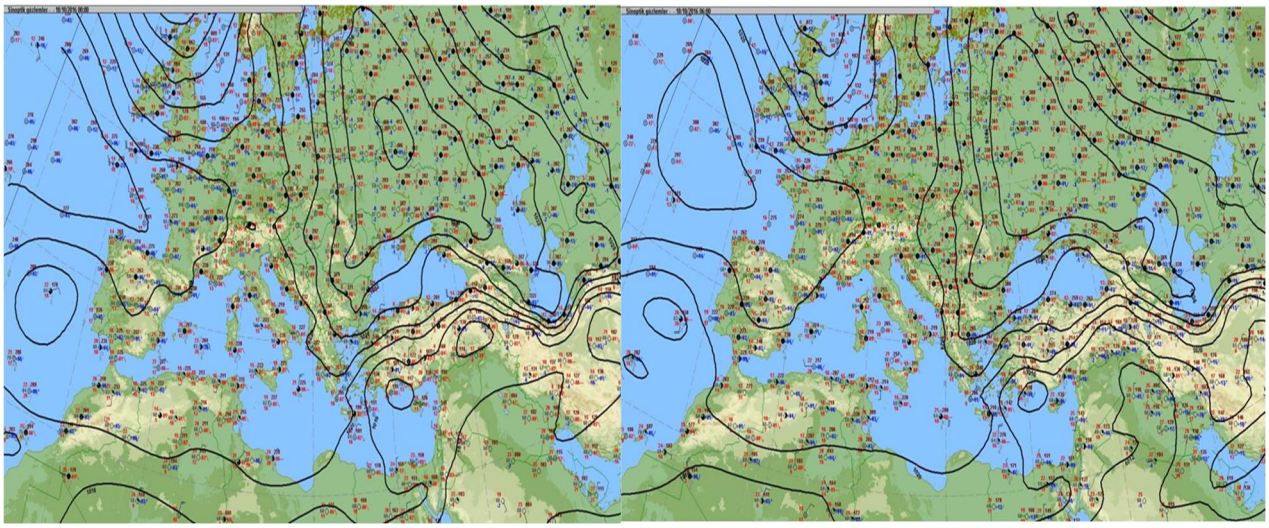
1. GİRİŞ

Ülkemizde meydana gelen kuvvetli meteorolojik olaylar arasında hortum ve dolu hadisesi zamanla daha çok görülür hale gelmiştir ve bu hadiseler can ve mal kaybına sebep olabilmektedir. Bu çalışmada 18.10.2016 tarihinde Alanya'nın Avsallar beldesinde meydana gelen iri çaplı dolu yağışıyla birlikte deniz üzerindeki su hortumunu meteorolojik uydu ve radar görüntüleri ve sayısal hava tahmini modelleriyle inceledik.

Şekil 1: Alanya'da 18.10.2016 tarihinde meydana gelen dolu ve hortuma ait görüntüler

2. SİNOPTİK GÖRÜNÜM

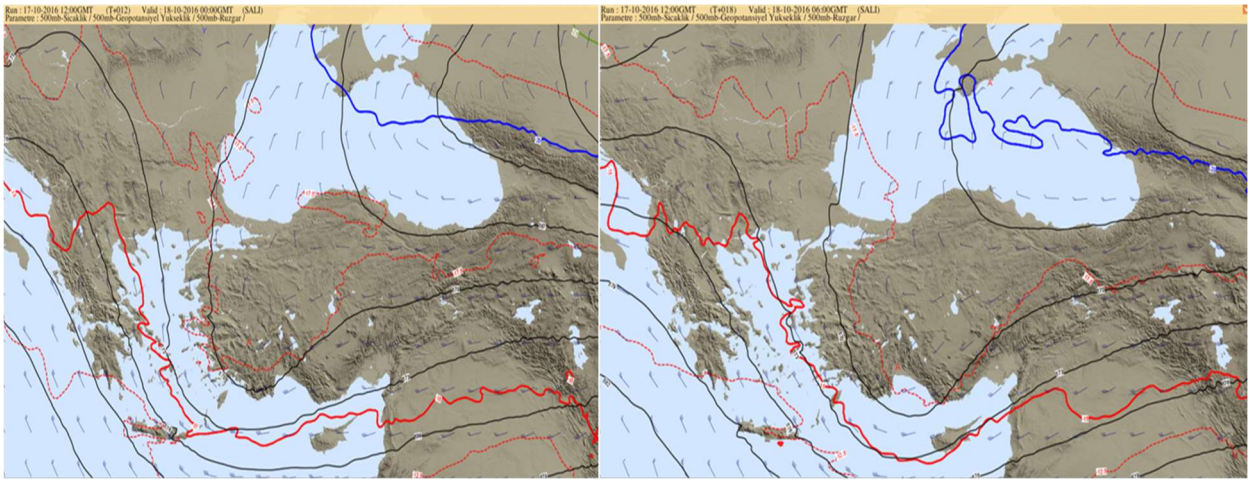
18.10.2016 tarihinde 00 ve 06 GMT yer kartlarında Antalya körfezi üzerinde 1012 hPa lık alçak basınç merkezi bulunmaktadır. Bu alçak basıncın siklonik hareketiyle Antalya'nın doğusuna doğru nem taşınımı meydana gelmiştir. Yer rüzgar modeli ürününde de aynı şekilde Alanya açıklarında konverjans alanı ve güneydoğulu rüzgarlarla nem taşınımı görülmektedir.



Şekil 2: 18.10.2016 *00 ve 06 GMT yer kartı*.

Şekil 3: 18.10.2016 *06 GMT ECMWF-IFS MODELİ 10 metre rüzgar verisi*

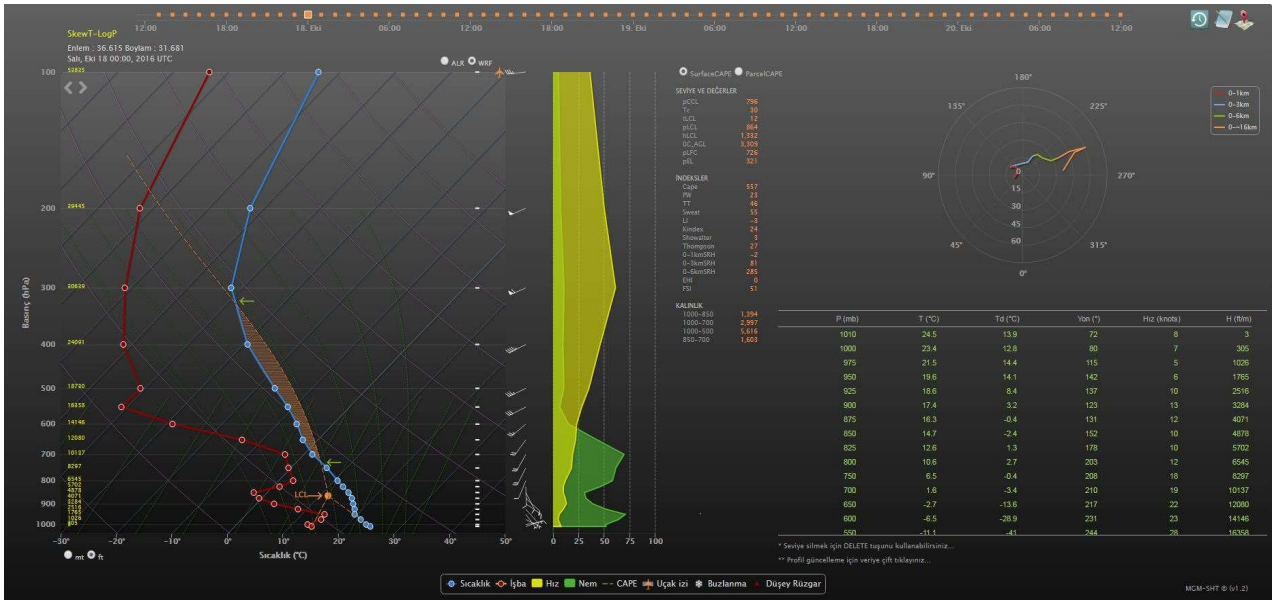
18.10.2016 00 GMT 500 hPa haritası incelendiğinde Akdeniz bölgesinin batısında trof hattıyla birlikte -17,5 C'lik soğuk hava görülmektedir. 06 GMT de -17,5 derecelik soğuk havanın Antalya körfezine hareketiyle birlikte Alanya çevrelerinde kararsızlık şartlarının arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4: *ECMWF 18.10.2016 00 ve 06 GMT 500 hPa haritaları*

a. 18.10.2017 Skew_t inceleme

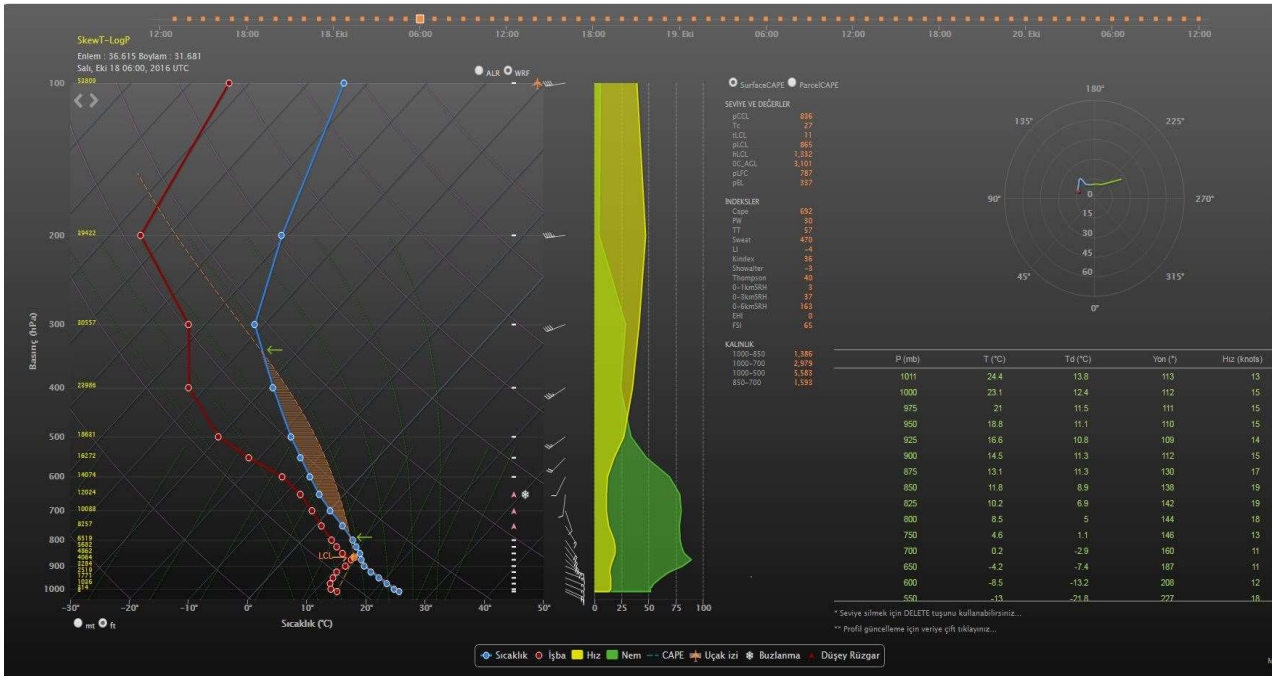
MGM tarafından geliştirilen ve sınırlı alan modelleri üzerinden çalıştırılan Skew_t verilerine göre; 00 GMT de Avsallar açıklarında Potansiyel konvektif enerji (CAPE) alanı olmasına rağmen, aşağı seviyelerde havanın yükselmesini önleyici konvektiviteyi engelleyici enerji (CIN) alanı görülmektedir ki bu saatte herhangi bir konvektif hücre oluşumu meydana gelmemiştir.



Şekil 5: *18.10.2016 00 GMT WRF modelinin Skew_t verisi*

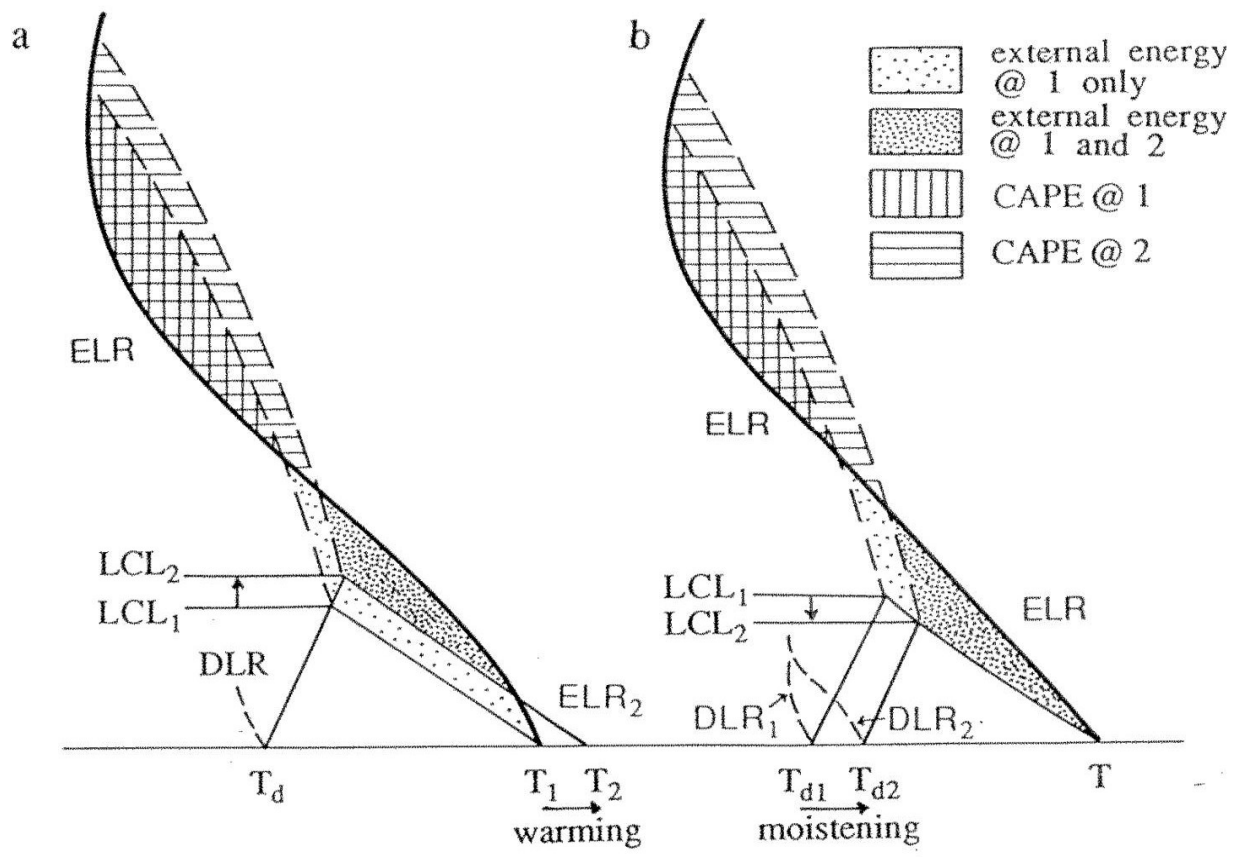
06 GMT skew_t verileri incelendiğinde ise yukarı atmosferdeki soğumaya bağlı olarak kararsızlığın arttığı görülmektedir. Atmosferin alt bölümlerinde güneydoğulu olan rüzgar, 650 hPa seviyesinden itibaren güneybatıya dönmüştür. Konvektif fırtınanın hareketinin batı-doğu istikametinde olduğu düşünüldüğünde fırtınaya doğru esmekte olan güneydoğulu rüzgarların, dönüş hareketi sağlayarak bulut içerinde mezosiklona, dolayısıyla hortum gelişimine neden olduğu değerlendirilmektedir.

Dolu yağışı için yüksek CAPE, kuvvetli rüzgar kayması (wind shear) , 650 hPa 'nın altında sıfır derece seviyesi gibi şartlar ideal koşullar olarak kabul edilmektedir. Bu örnekte, 0-6 km rüzgar kayması 20 m/sn civarı, sıfır derece seviyesi 700 hPa civarında olduğu görülmüştür ki bu şartlar dolu yağışı için uygundur. Yalnız CAPE değerleri model tarafından 700 Joule civarı hesaplanmıştır ki bu değerin gerçekte olduğundan daha düşük hesaplandığı radar ve uydu verileri incelendiğinde net olarak anlaşılmaktadır. Modelin CAPE değerini düşük hesaplamasının nedeninin yer sıcaklığı ve nemliliğini olduğundan daha düşük tahmin etmesi olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 6: *18.10.2016 06 GMT WRF Modelinin Skew_t verisi*

Konvektif potansiyel enerji alanı (CAPE) değerleri, yer sıcaklığının veya yer neminin artmasıyla artış gösterir.



Şekil 7: *Cape değerlerinin yer sıcaklığı ve nemine göre değişimi*

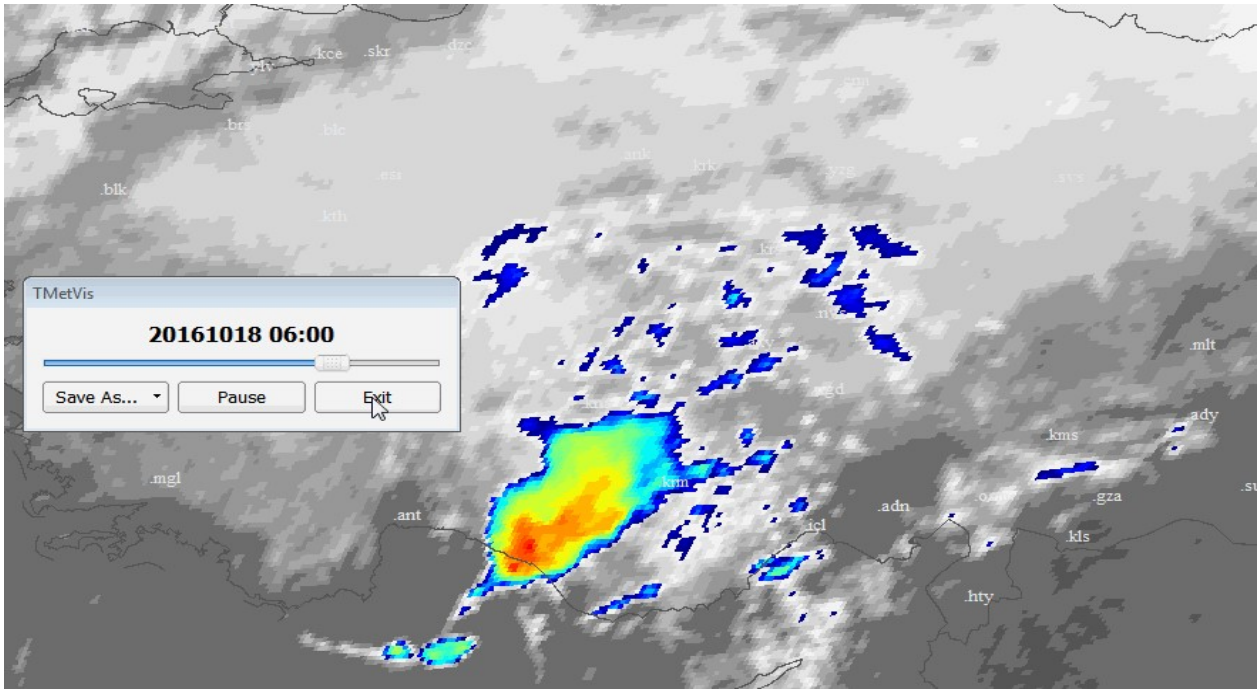
3. 18.10.2016 UYDU GÖRÜNTÜLERİ

Olay gününe ait uydu verileri incelendiğinde bölge üzerinde -50 derece civarında tepe sıcaklığına sahip gelişmiş konvektif fırtınalar gözlemlenmiştir. Özellikle süper hücre göstergesi olan soğuk halka (cold ring) ve soğuk U veya V (cold U-V) yapıları net olarak görülememekle birlikte, kuvvetli yapıların göstergesi olan arka kanat hattı (flanking line) gözlemlenmiştir

Uydu görüntülerinin genellikle bulut tavanına duyarlı olması nedeniyle yere yakın seviyelere ait bilgi edinilmesi zordur. Ayrıca paralax hatası nedeniyle konvektif fırtınanın yerinin gerçekte olduğundan daha farklı yerde görüntülenebilmesi durumu göz önünde bulundurulmalıdır.

Uydu görüntülerinden temel olarak kuvvetli yapılara ilişkin işaretler görülebilir ama sadece bu verilere bakarak bunların doğrudan hortum olarak yorumlanması sağlıklı bir yaklaşım değildir.

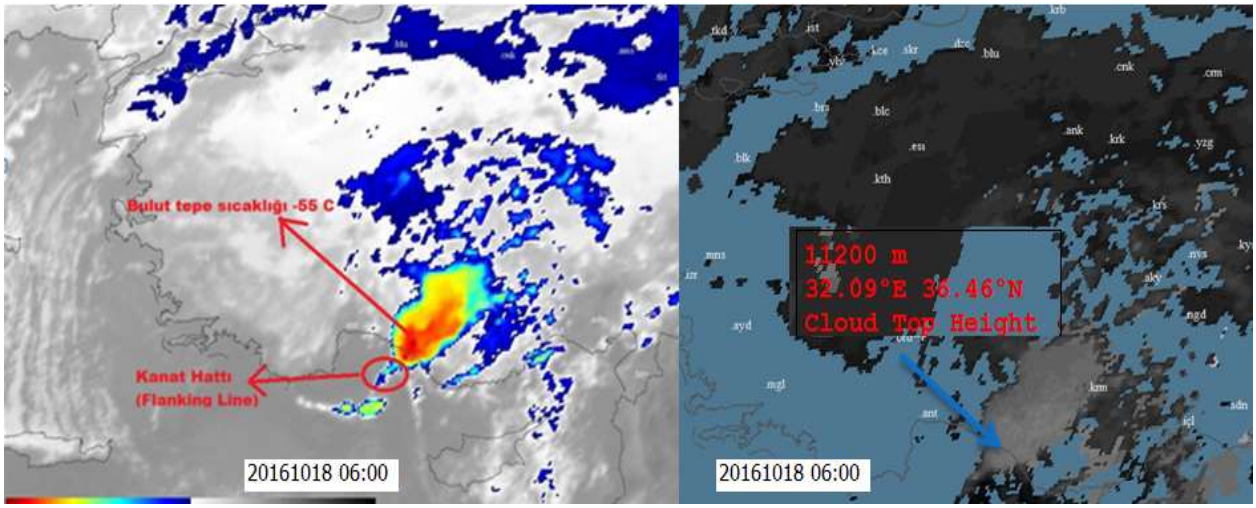
MSG IR 10,8 kanalı bulut tepe sıcaklığına duyarlı olup, konvektif fırtınaların takibinde kullanılan en önemli ürünlerdendir. 18.10.2016 06 GMT de bölge üzerinde gelişmiş bir konvektif yapıyla birlikte bulut tepe sıcaklığının -55 derece olduğu görülmektedir.



Şekil 8: *18.10.2016 06:00 GMT Eumetsat 9.kanal (IR 10,8) uydu görüntüsü*

NWC SAF bulut tepe yüksekliği ürünü bölgedeki yapının 11200 metreye kadar ulaştığını hesaplamıştır.

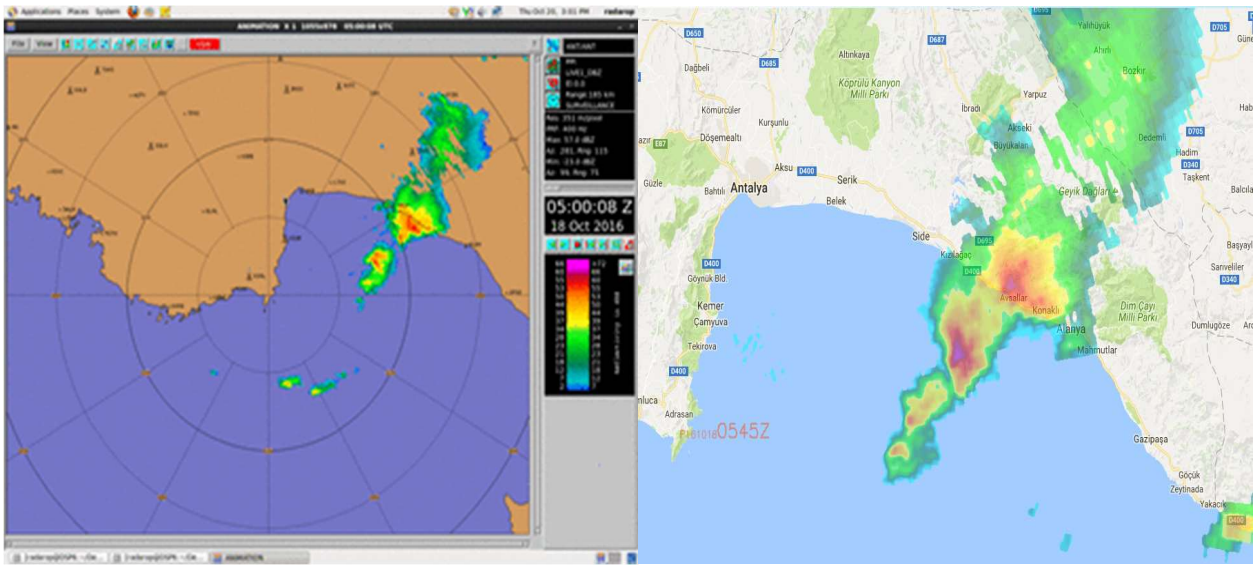
Uydu verilerine göre bulut tepesi modellerin beklentilerinin üzerine çıkmış ve beklenilenden daha kuvvetli bir yapıyı tespit etmiştir.



Şekil 9*:* 18.10.2016 06:00 GMT Eumetsat 9.kanal (IR 10,8) ile Nowcasting SAF CTH uydu görüntüsü

4. 18.10.2016 RADAR GÖRÜNTÜLERİ

Olay gününe ait Antalya radarı ürünleri incelendiğinde saat 05 GMT de Belek açıklarında etkili olan konvektif fırtına, saat 05:45 GMT de Alanya Avsallar bölgesine ulaşmıştır. Bu bölgede 60 dBZ e kadar Radar eko değerleri ölçülmüştür.

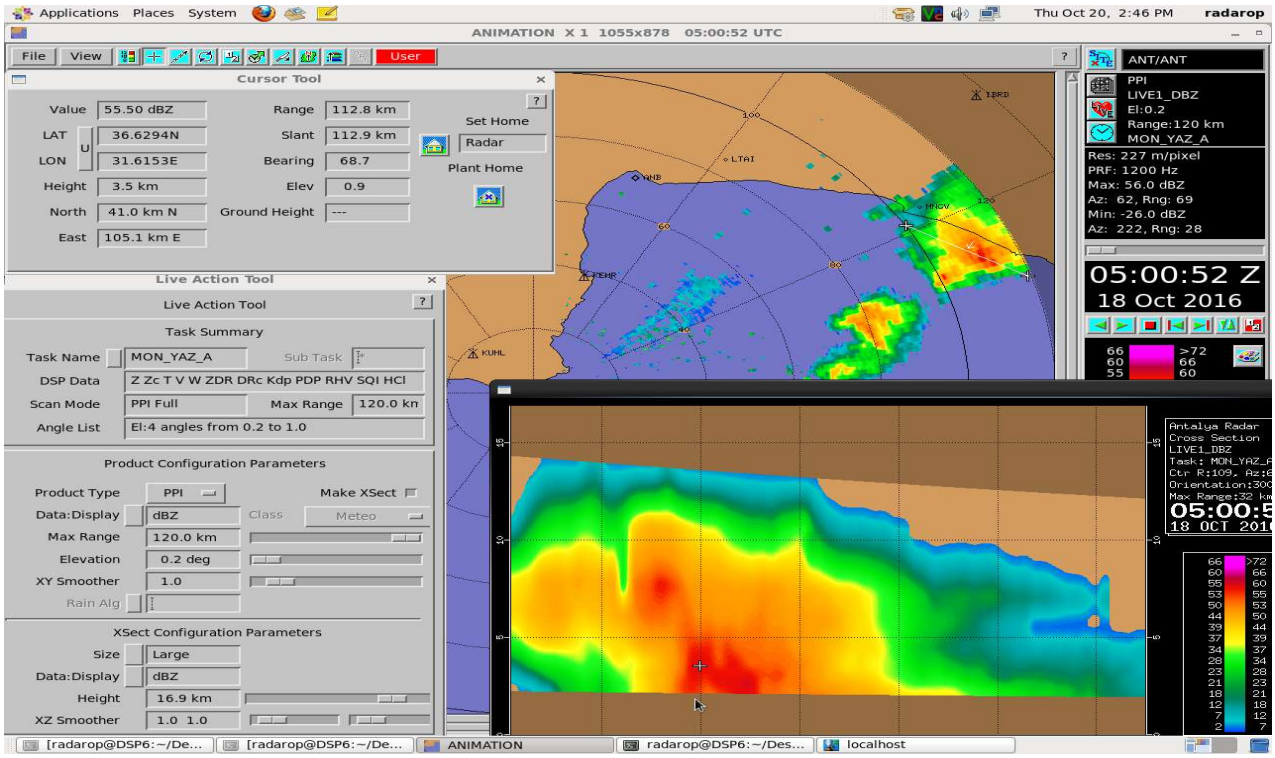


Şekil 10: *18.10.2016 05:00 ve 05:45 GMT radar görüntüsü*

Alanya Avsallar bölgesi, Antalya radarının 120 km olan hacim tarama alanının dışında kalmaktadır. Tam bu bölge üzerinde ayrıntılı inceleme yapmak mümkün olmamıştır. Yalnız fırtına hücresi batı-doğu istikametinde hareket ettiğinden bölgeye ulaşmadan önceki hareketleri detaylı olarak incelenebilmiştir.

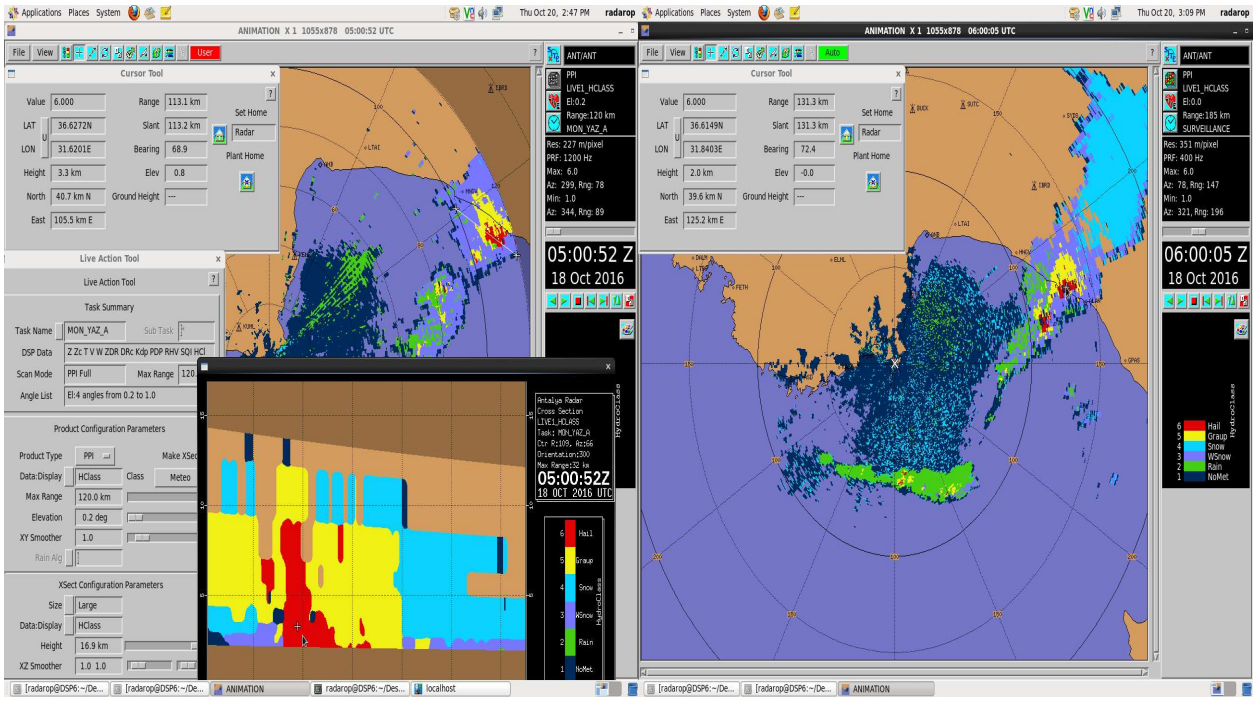
18.10.2016 05:00 GMT de bulut tepesinin 13 km ye kadar ulaştığı, eko değerlerinin ise 55,5 dBZ olduğu görülmüştür. Özellikle bulut tepesinin bu kadar yükselmiş olması, bölge üzerinde modeller tarafından tam olarak tahmin edilemeyen çok kuvvetli bir kararsızlık olduğunu göstermektedir.

Radarda sıfır derece seviyesinin üzerinde 50 dBZ üzeri eko değerleri dolu göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu örnekte de 8 km ye kadar ulaşan 50 dbz üzeri ekolar gözlemlenmiştir.



Şekil 11: *18.10.2016 05:00 GMT radar kesit görüntüsü*

Dual özelliklere sahip Antalya radarında yağış sınıflandırma ürünü olan Hydroclass mevcuttur. Bu ürün bulanık mantık algoritmaları kullanarak yağış cinsini tespit edebilmektedir.



Şekil 12: *18.10.2016 05:00 ve 06:00 GMT Hydroclass ürünü*

5.SONUÇLAR

Bir konvektif fırtınanın gelişimi için temel olarak üç şart gerekir: Kararsızlık, nem ve yükseltme mekanizması (soğuk cephe, trof, konverjans hattı vb). 18.10.2016 sabah saatlerinde trof ve soğuk hava ile birlikte konverjans alanı yükseltme mekanizması görevi görmektedir. Deniz suyu sıcaklığının 26 derece, 500 hPa sıcaklığının -17,5 derece olduğu düşünüldüğünde kararsızlık şartlarının konvektif gelişim için gereken temel şartları sağladığı görülmektedir.

Olay günü sayısal modellerin karasızlık indekslerinin konvektif fırtınayı olduğundan zayıf tahmin ettiği görülmüştür. Bunun nedeninin modellerin, deniz suyu sıcaklığı ve nemlilik değerlerini gerçekleşenden daha düşük tahmin etmesi olarak değerlendirilmektedir.

Meydana getirdiği iri çaplı dolu ve hortum gibi hadiseler düşünüldüğünde konvektif fırtına hücresinin süper hücre olduğu, Avsallar açıklarında gözlemlenen hortumun da süper hücrenin oluşturduğu mezosiklonik su hortumu (mesocyclonic waterspout) olduğu değerlendirilmektedir.

Ülkemizde hortum klimatolojisi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde; Antalya ile Anamur arasındaki sahil şeridi en fazla hortum görülen bölgedir (Tornado Climatology of Turkey, 2013, A.Kahraman, P.Markovski). Genellikle zayıf su hortumları (nonmesocyclonic) görülen bölgede uygun atmosfer şartları oluştuğunda süper hücrelerin oluşturduğu hortumlar da görülebilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Chanthavong V., Holmes J. , Keränen R., Doug Paris , Selzler J. , Siggia A. , Stordell T. , 30th June 2010: Mitigation of sea clutter and other non-stationary echoes based on general purpose polarimetric echo identification, ERAD 2010

[2] Chandrasekar V., , Keränen R., Lim S. , Moisseev D. 2010: Recent advances in classification of observations from dual polarization weather radars, Atmospheric Research

[3] Dual polarization radar training for nws partners, http://www.wdtb.noaa.gov/courses/dualpol/Outreach/ Retrieved October 5, 2016.

[4] Setvak.M. Valachová, Satellite Monitoring of the convective storms . M. EUMETSAT Workshop at ECMWF User Meeting Reading, 13 June 2017

[5] A.Kahraman, P.Markovski, Tornado Climatology of Turkey, 2013

NOWCASTİNG SAF MSG ÜRÜNLERİNDEN OLAN YAĞIŞ BULUTLARI (PC1) İLE İLGİLİ CASE ÇALIŞMASI

M.Şefik YILDIZ
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Meydan Meteoroloji Müdürlüğü
Batman
msyildiz@mgm.gov.tr

Murat BARAN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Meydan Meteoroloji Müdürlüğü
Batman
mbaran@mgm.gov.tr

ÖZET

Meteorolojide, gözlem noktalarındaki bulut takibinin gözle yapılmasının yanında uydu görüntülerinden de faydalanılarak yapılması büyük önem taşımaktadır. Bulut takibi yapılırken, bulutların hangi oluşum (cephesel , orografik ..vs) ürünü olduğu , hareket yönleri, kapladıkları alan, içerdikleri su buharı miktarı vb özelliklerinin iyi bilinmesi , gözleme ve daha çok kısa süreli tahmine büyük katkı sağlayacaktır. Çünkü bulutlar , eğer özelliklerine hakim değilseniz , görüntü itibariyle yanıltıcı olabilirler. Bazen iyi gelişmiş olarak gördüğünüz cumulus bulutları tek damla yağış bırakmazken, orta seviye yüksekliğe sahip altocumulus bulutları hafif yağışa neden olabilirler.

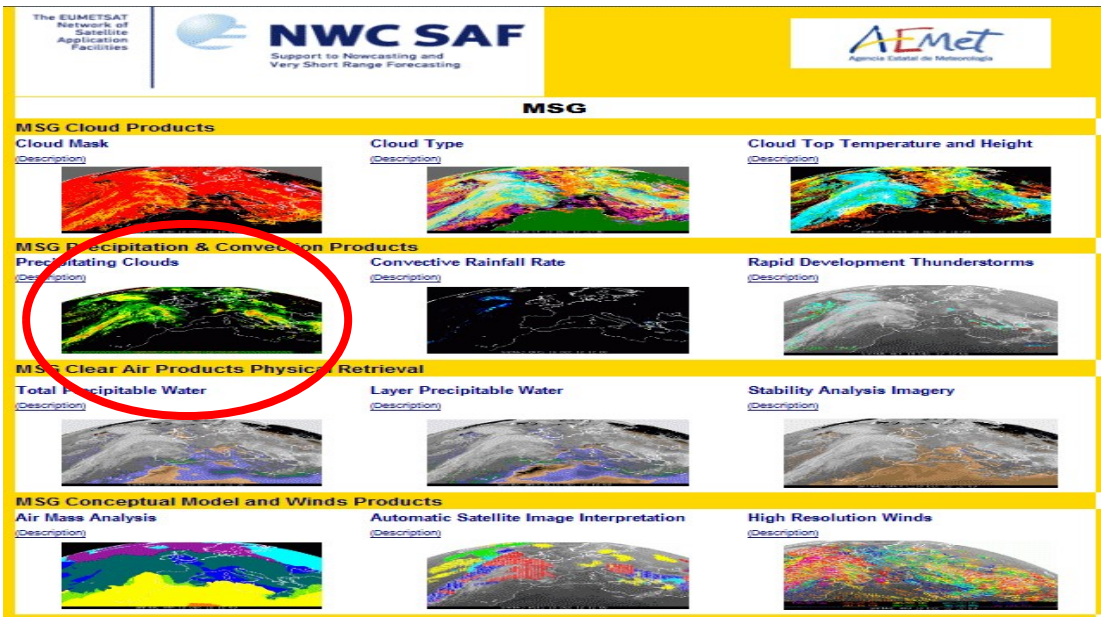
Bu aşamada nowcasting saf msg ürünlerinden olan yağış bulutları (PC1) görüntülerinden yola çıkılarak , bu ürünlerin tutarlılık oranları ve kullanışlı olup olmadıkları hakkında fikir elde etmek amacıyla bir çalışma yapılması hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler - Bulutlar ; yağış ; nowcasting saf msg .

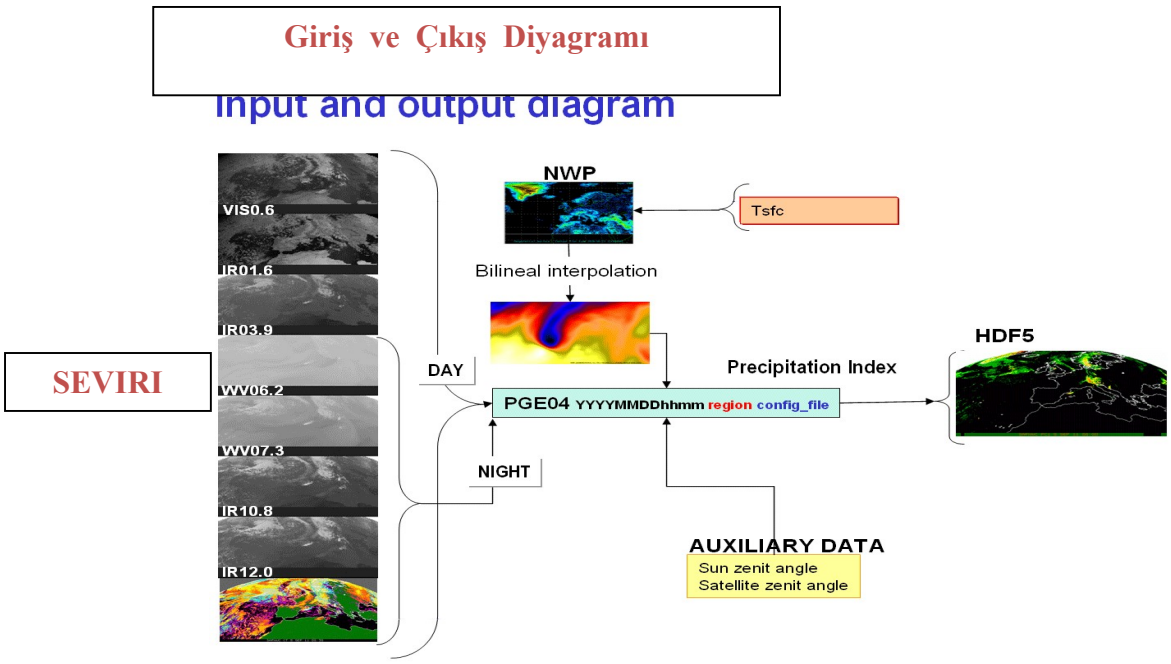
1. GİRİŞ

Görünür/kızılötesi dalga boyundaki kanalların spektral özellikleri ve yağış arasındaki göreceli zayıf ilişki, kuvvetli yağış hadisesi dışındaki diğer durumlar için sadece SEVIRI verisine

dayanarak yapılan yağış miktarı tahminini çoğu durumda şüpheli kılmaktadır. Bununla beraber, SEVIRI verisindeki spektrumun görünür ve kızılötesi karakteristiklere dayalı yöntemlerin kullanılmasıyla hafif, orta ve şiddetli yağış ihtimalini belirlemek mümkündür. **Yağış bulutları ürünü (PC) özellikle radar verisinin olmadığı bölgeler için kısa vadeli yağış tahmini için kullanılabilecek bir araçtır**. Bununla beraber, bilinmelidir ki girdi olarak kullanılan verinin özelliğinden dolayı bu ürünün yağışlı bölgeyi daha büyük gösterme gibi bir özelliği vardır. [1]

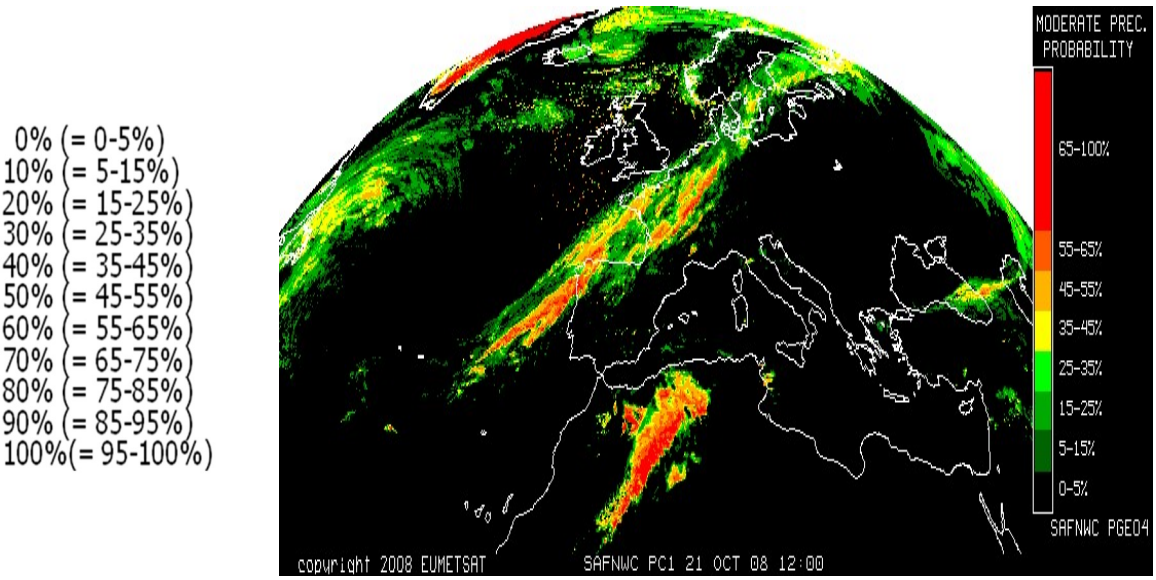


Şekil 1 : Yağış bulutları ürününün (PC1), EUMETSAT NWC SAF ürünleri arasındaki



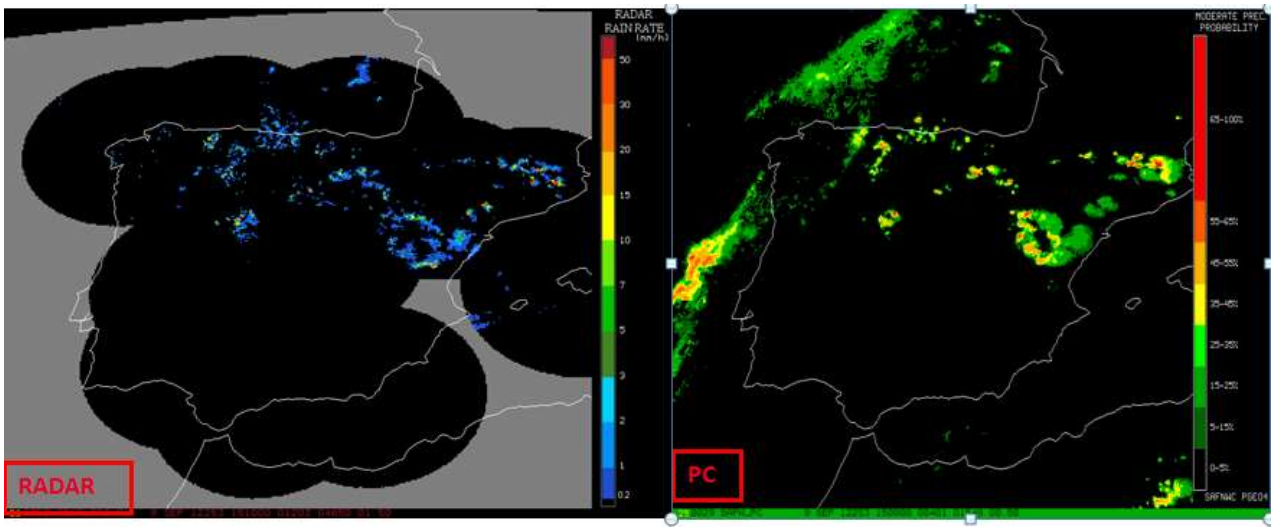
Şekil 2 : Yağış bulutları ürününün (PC1) elde edilmesi aşaması [3]

PC1 ürünü belirlenmiş renk ve yüzdelik dilimlerine göre yağış ihtimali olan bulut görüntülerini sunmaktadır.



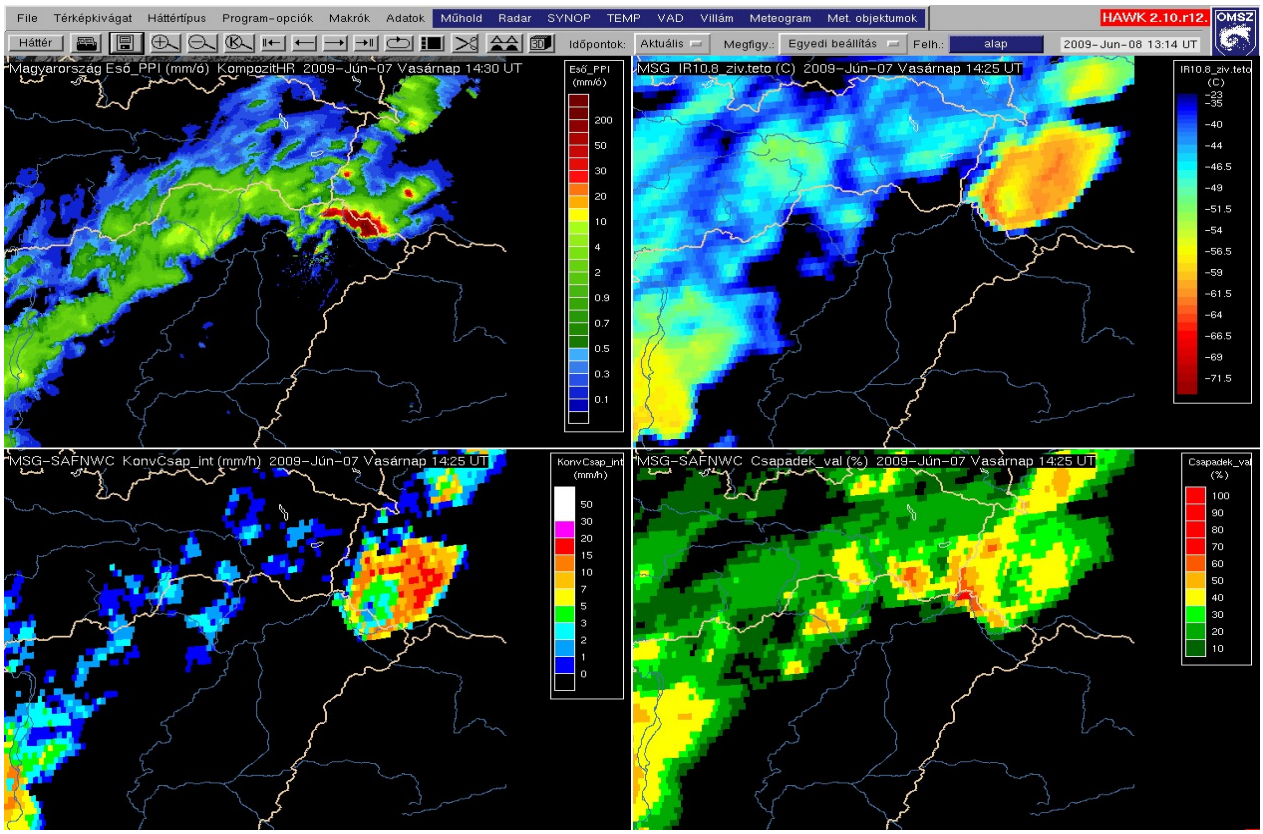
Şekil 3 : Yağış bulutları ürününün (PC1) çıktısı üzerine genel bakış [4]

Aşağıdaki uygulamada radarın görüntü aldığı alanlar ile PC1 'in aldığı görüntünün büyük benzerlikler taşıdığı , aynı zamanda radarın kapsama alanı dışında olan kuzey ve batı kesimlerindeki yağış bulutlarının PC1 tarafından alındığı görülmektedir.



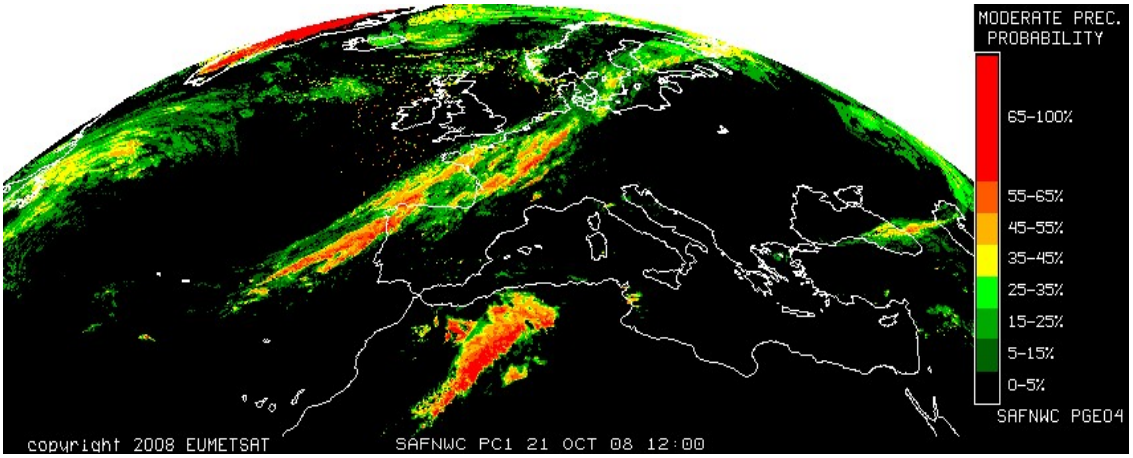
Şekil 4 : 9 Eylül 2012 – 15.00 UTC tarihine ait bir bölgenin radar ve PC1 görüntüleri [5]

Bu örnekte ise aynı tarihe ait hem radar hem de PC1 görüntüleri üzerinden bir karşılaştırma yapılacak olursa , görüntülerin birbirine çok yakın olduğu , sadece PC1 'in yağış alanını daha fazla gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5: Bir bölgenin aynı tarih ve saate ait radar ve PC1 görüntüleri [6]

Sonuç olarak PC1 ürünlerinin, radar verisinin olmadığı (radar bozulduğunda – veri alınamadığında, radarsız bölgede ve okyanus – çöl gibi yerleşim alanının olmadığı geniş alanlarda) kullanışlı olduğu söylenebilir.



Şekil 6 : PC1 ürününün örnek görünümü [7]

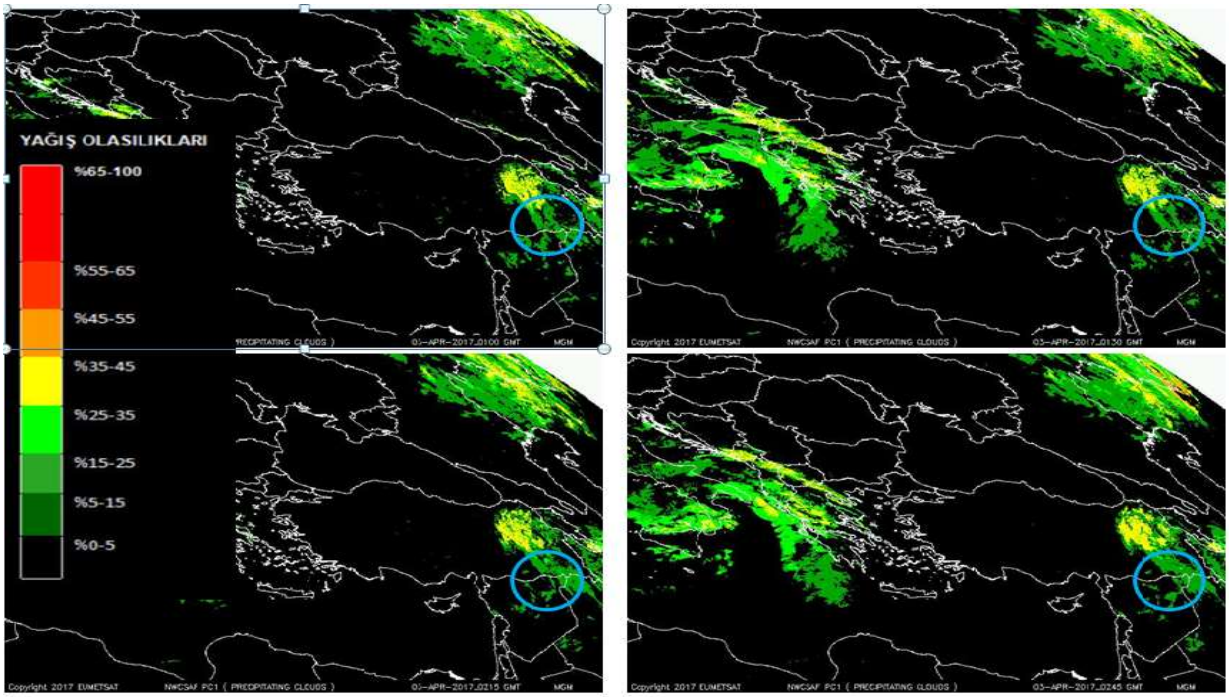
2 . YÖNTEM

Bu ürünün kışın meydana gelen uzun süreli ve geniş alanları kapsayan (kararlı atmosfer havası) yağış zamanlarından ziyade , kısa süreli ve daha dar alanları kapsayan sağanak ve gökgürültülü sağanak (oraj) yağış zamanlarında kullanımının sağlayacağı faydalar amaçlandığından , seçilen örneklerin özellikle bahar aylarına ait sağanak türü hadiselerin meydana geldiği zaman dilimlerine denk gelmesine dikkat edilmiştir. Bundan dolayı 2017 yılı Nisan ayına ait bazı yağışlı günlerin PC1 arşiv görüntüleri ile 24 saat gözlem yapan Batman ve Diyarbakır Havalimanları Meteoroloji Ofislerinin havacılık gözlem kayıtları derlenmiştir.

3. UYGULAMA

03-14-18 Nisan 2017 tarihlerinde Batman ve Diyarbakır çevrelerinde meydana gelen yağışların gözlem zamanları dikkate alınarak, aynı zamana ait PC1 görüntülerine bakılmıştır. Renk skalasında düşük ve orta olasılık oranları ile verilen bulutlardan yağış meydana gelmediği ya da hafif yağışların gözlemlendiği , ancak olasılık oranı nispeten yüksek olan bulutlardan ise orta kuvvette , zaman zaman da kuvvetli yağışların meydana geldiği görülmüştür.

3.1. 03.04.2017 tarihindeki yağış çalışması



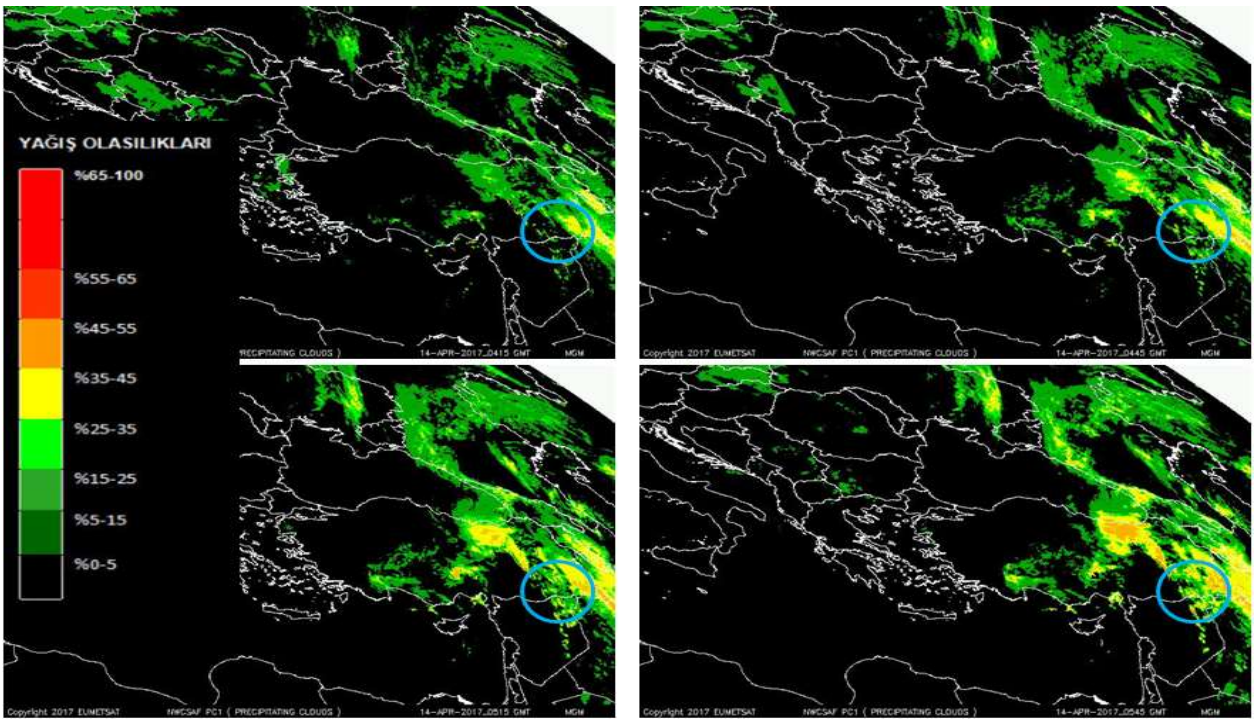
Şekil 7 : 03.04.2017 tarih ve 01.00-02.45 UTC arası zaman dilimine ait 4 adet PC1 ürün görüntüsü

Tablo 1: 03.04.2017 tarih ve 00.20 – 03.20 UTC zaman dilimine ait Batman ve Diyarbakır Havalimanları Meteoroloji Ofislerinin hazırladıkları havacılık gözlemleri

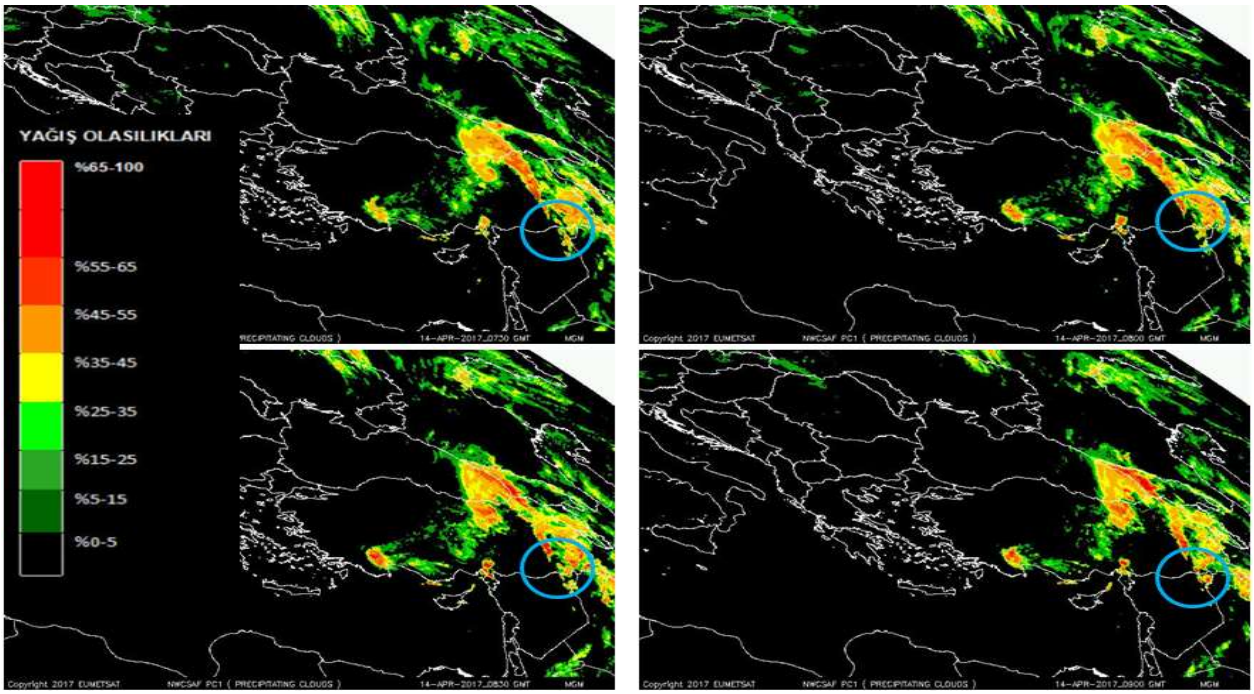
LTCJ 030020Z 15004KT 9999 -SHRA SCT035 BKN090 10/09 Q1013 RMK RWY20 16004KT =
LTCJ 030050Z 18005KT 9999 -SHRA SCT035 BKN090 10/09 Q1013 RMK RWY20 16004KT =
LTCJ 030120Z VRB02KT9999 -SHRA SCT033 BKN090 10/09 Q1013 RMK RWY20 22003KT =
LTCJ 030150Z 24003KT 9999 -SHRA SCT035 BKN090 10/09 Q1013 RMK RWY20 25004KT =
LTCJ 030220Z 26003KT 9999 -SHRA SCT035 BKN090 10/09 Q1013 RMK RWY20 26003KT
LTCJ 030250Z 01004KT 9999 -SHRA SCT035 BKN090 09/08 Q1013 RMK RWY20 01005KT =
LTCJ 030320Z 03004KT 9999 SCT035 BKN090 09/08 Q1014 RESHRA RMK RWY20 04006KT =

LTCC 030020Z 29004KT CAVOK 07/05 Q1013 NOSIG RMK RWY16 31007KT =
LTCC 030050Z VRB01KT CAVOK 06/05 Q1013 NOSIG RMK RWY16 31006KT =
LTCC 030120Z 29004KT 260V320 CAVOK 06/05 Q1013 NOSIG RMK RWY16 30008KT =
LTCC 030150Z 31006KT 9999 FEW040 SCT100 07/05 Q1013 NOSIG RMK RWY16 31009KT =
LTCC 030220Z 30009KT 9999 FEW040 SCT100 07/05 Q1013 NOSIG RMK RWY16 31009KT =
LTCC 030250Z 30009KT 9999 FEW040 BKN100 07/04 Q1013 NOSIG RMK RWY16 31009KT =
LTCC 030320Z 31008KT 9999 FEW040 BKN100 06/04 Q1014 NOSIG RMK RWY16 32008KT =

3.2. 14.04.2017 tarihindeki yağış çalışması



Şekil 8 : 14.04.2017 tarih ve 04.15-05.45 UTC arası zaman dilimine ait 4 adet PC1 ürün görüntüsü



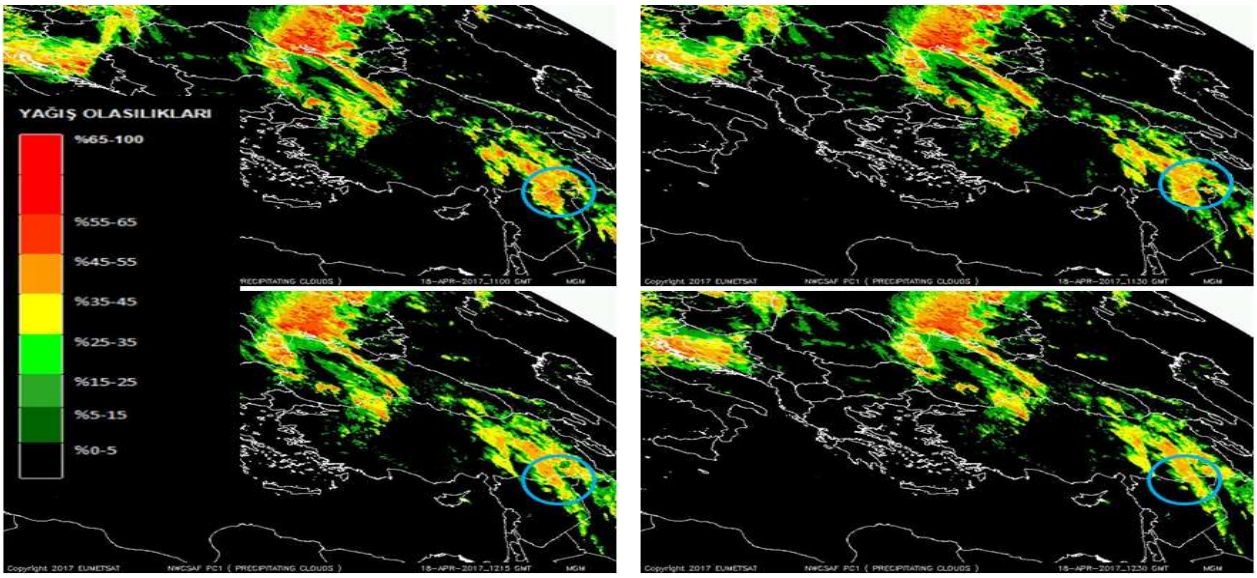
Şekil 9 : 14.04.2017 tarih ve 07.30-09.00 UTC arası zaman dilimine ait 4 adet PC1 ürün görüntüsü

Tablo 2: 14.04.2017 tarih ve 04.20 – 09.20 UTC zaman dilimine ait Batman ve Diyarbakır Havalimanları Meteoroloji Ofislerinin hazırladıkları havacılık gözlemleri

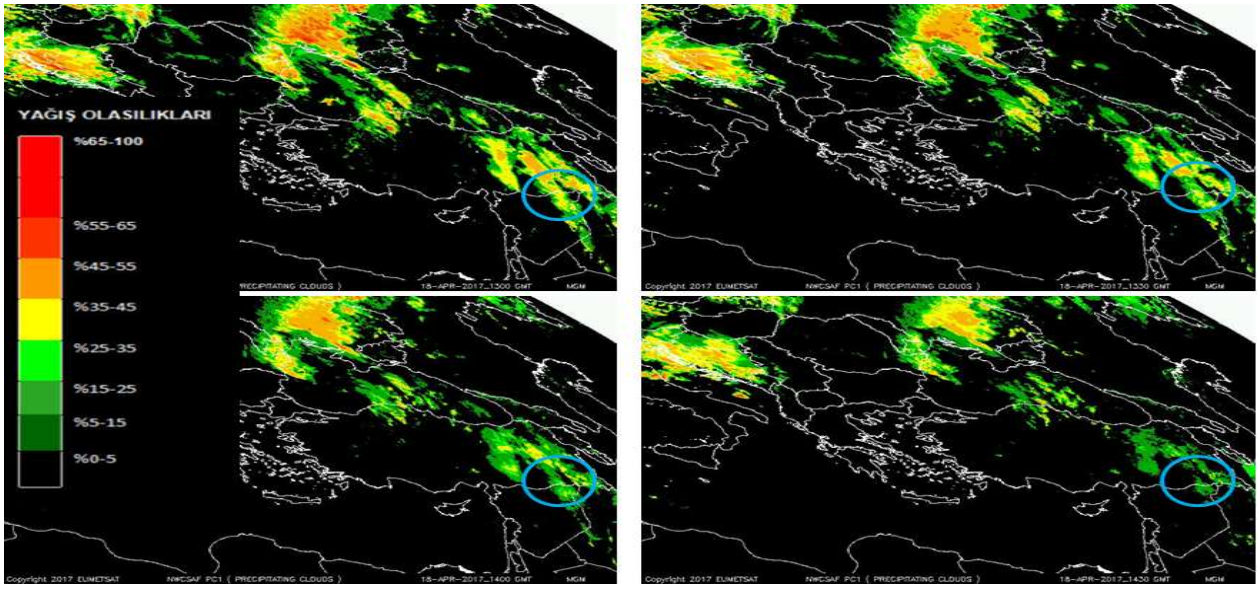
LTCJ 140420Z 11009KT 3000 -SHRA BR BKN020 BKN090 16/14 Q1008 RMK RWY20 13010KT =
LTCJ 140450Z 17008KT 6000 -SHRA BKN035 BKN080 16/14 Q1009 RMK RWY20 18007KT 150V220
LTCJ 140520Z 15009KT 7000 -SHRA BKN035 BKN080 16/13 Q1009 RMK RWY20 16010KT =
LTCJ 140531Z 14007KT 110V170 3500 SHRA BKN025 BKN070 16/13 Q1009 RMK RWY20 17010KT
LTCJ 140550Z 15007KT 120V200 9999 -SHRA BKN027 BKN080 16/13 Q1009 RESHRA RMK RWY20
LTCJ 140620Z 13007KT 9999 BKN030 BKN080 16/14 Q1009 RESHRA RMK RWY20 16009KT =
LTCJ 140650Z 14005KT 110V170 7000 -SHRA BKN026 BKN080 17/14 Q1009 RMK RWY20 16007KT
LTCJ 140720Z 15008KT 9999 -SHRA BKN035 BKN090 17/14 Q1008 RMK RWY20 15008KT =
LTCJ 140750Z 24011KT 2500 SHRA FEW020CB BKN025 16/13 Q1009 RMK RWY20 26012KT =
LTCJ 140820Z 23010KT 2000 +SHRA FEW020CB BKN027 15/14 Q1009 RMK RWY20 24011KT =
LTCJ 140836Z 22012KT 200V260 3000 SHRA FEW025CB BKN030 14/14 Q1009 RESHRA RMK
LTCJ 140850Z 21011KT 7000 -SHRA BKN030 BKN080 16/15 Q1009 RESHRA RMK RWY20 21011KT
LTCJ 140920Z 22010KT 9999 SCT030 BKN090 18/15 Q1009 RESHRA RMK RWY20 22010KT =

LTCC 140420Z 12006KT 9999 -SHRA BKN035 BKN090 15/13 Q1007 NOSIG RMK RWY16
LTCC 140450Z 11005KT 060V160 9999 -SHRA BKN035 BKN100 15/14 Q1007 NOSIG RMK
LTCC 140520Z 18013KT 9999 -SHRA BKN035 BKN090 16/14 Q1008 NOSIG RMK RWY16
LTCC 140550Z 19015KT 9999 FEW025CB BKN040 16/14 Q1008 RESHRA NOSIG RMK
LTCC 140620Z 28011KT 9999 FEW025CB BKN040 15/11 Q1009 NOSIG RMK RWY16
LTCC 140650Z 26016KT 9999 SCT040 BKN100 17/12 Q1009 NOSIG RMK RWY16 25016KT
LTCC 140720Z 27010KT 9999 SCT040 BKN100 17/11 Q1009 NOSIG RMK RWY16 26010KT
LTCC 140750Z 25017KT 9999 SCT040 BKN100 18/11 Q1009 NOSIG RMK RWY16 25018KT

3.3. 18.04.2017 tarihindeki yağış çalışması



Şekil 10 : 18.04.2017 tarih ve 11.00-12.30 UTC arası zaman dilimine ait 4 adet PC1 ürün görüntüsü



Şekil 11 : 18.04.2017 tarih ve 13.00-14.30 UTC arası zaman dilimine ait 4 adet PC1 ürün görüntüsü

Tablo 3: 18.04.2017 tarih ve 10.50 – 15.20 UTC zaman dilimine ait Batman ve Diyarbakır Havalimanları Meteoroloji Ofislerinin hazırladıkları havacılık gözlemleri

LTCJ 181050Z 11008KT 7000 -SHRA BKN035 BKN080 14/10 Q1017 RMK RWY20 VRB04KT
LTCJ 181120Z 11006KT 7000 -SHRA BKN035 BKN080 14/10 Q1018 RMK RWY20 14005KT
LTCJ 181150Z 12003KT 3500 SHRA BKN035 BKN070 13/11 Q1017 RMK RWY20 VRB02KT
LTCJ 181220Z 07005KT 050V110 3500 SHRA BKN030 BKN070 12/11 Q1017 RMK RWY20
LTCJ 181250Z 04006KT 7000 -SHRA BKN030 BKN080 12/11 Q1017 RESHRA RMK RWY20
LTCJ 181320Z 08007KT 8000 -SHRA BKN030 BKN080 12/11 Q1017 RMK RWY20 08007KT =
LTCJ 181350Z 10004KT 4000 SHRA BKN030 BKN070 12/11 Q1017 RMK RWY20 10007KT =
LTCJ 181420Z 11008KT 4400 SHRA BKN030 BKN070 12/11 Q1017 RMK RWY20 13009KT
LTCJ 181450Z 09023KT 6000 -SHRA BKN030 BKN070 12/10 Q1013 RESHRA RMK RWY20
LTCJ 181510Z 10016KT 9999 SCT035 BKN090 12/10 Q1015 RESHRA RMK RWY20 11022KT

LTCC 181050Z 11008KT 9999 SCT040 BKN100 15/10 Q1016 NOSIG RMK RWY16 11009KT
LTCC 181112Z 12008KT 9999 -SHRA BKN035 BKN090 14/11 Q1016 NOSIG RMK RWY16
LTCC 181120Z 13008KT 3000 -SHRA BKN035 BKN090 14/11 Q1016 NOSIG RMK RWY16
LTCC 181150Z 10009KT 6000 -SHRA BKN035 BKN090 13/12 Q1016 NOSIG RMK RWY16
LTCC 181220Z 08010KT 9999 SCT040 BKN100 13/11 Q1015 RESHRA NOSIG RMK RWY16
LTCC 181250Z 09008KT 9999 SCT040 BKN100 13/11 Q1015 NOSIG RMK RWY16 10010KT
LTCC 181320Z 10012KT 9999 SCT040 BKN100 13/11 Q1015 NOSIG RMK RWY16 11010KT
LTCC 181350Z 09011KT 9999 SCT040 BKN100 13/11 Q1014 NOSIG RMK RWY16 09010KT
LTCC 181420Z 09010KT 9999 SCT040 BKN100 13/11 Q1015 NOSIG RMK RWY16 09010KT

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada incelenen yağış bulutları (PC1) ürününün, gözlem ve nowcasting uygulamalarında tek başına büyük bir anlam ifade etmediği, uydu ve radar ürünleri ile beraber tamamlayıcı bir unsur olduğu unutulmamalıdır. Ancak, özellikle radar kapsamı alanına girmeyen bölgeler için ya da radar verisinin elde edilemediği durumlarda kullanışlı olabileceği sonucuna varılmıştır. Çünkü meteorolojistler, gözlem ya da tahmin anında, eldeki bütün verilerden azami şekilde faydalanmak isterler. Bu ürünün de bu faydayı sağlayacağı açıktır.

KAYNAKLAR

[1] **Erdem Erdi , Meral Leman Çukurçayır , Hakan Koçak , Serkan Eminoğlu , Ahmet Emre Tekeli ve İbrahim Sönmez ,** *NWCSAF PPS VE MSG YAZILIMLARINDAN ELDE EDİLEN ÜRÜNLER VE BU ÜRÜNLERİN BİR ÖRNEK OLAYDA İNCELENMESİ*

[2] , [3] , [4] , [5] **Cecilia Marcos , Antonio Rodríguez ,** *Nowcasting SAF: Precipitating Clouds (PC) and Convective Rainfall Rate (CRR) products*

[6] **maria 2011 , Çeviren : celil kaplan ,mgm uzaktan algılama şubesi ,** *nowcasting uygulamaları*

[7] http://www.nwcsaf.org/pc

25 MAYIS 2015 OR-Gi HAVALİMANI'NDA MEYDANA GELEN SİS VE ORAJ HADİSELERİNİN TAKİBİ VE METEOROLOJİK UYARILARIN ÖNEMİ

Metehan BÜYÜKKAYA
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Or-Gi Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
Giresun
mbuyukkaya@mgm.gov.tr

Akın KOLCA
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Batman Meteoroloji Müdürlüğü
Batman
akolca@mgm.gov.tr

ÖZET

Havacılık sektörünün gün geçtikçe gelişmesine paralel olarak ülkemizde de hava yolu ulaşımına olan talep gün gittikçe artmaktadır. 1970'li yıllardan beri yapılması planlanan, bürokratik sebeplerle yapımı bir türlü başlatılamayan Or-Gi Havalimanı, 2011 yılı itibari ile yaklaşık 3.5 yıl sonunda tamamlanmıştır. Ordu/Gülyalı – Giresun/Piraziz ilçeleri arasında denize dolgu yöntemi ile inşa edilerek Ülkemiz ve Avrupa'da ki ilk havalimanı olup, 22/05/2015 tarihinde hizmete verilmiştir. Bu çalışmada, NWCSAF programı kullanılarak elde edilen MSG/SEVIRI sis ve alçak bulut ürünü ile Samsun ve Trabzon Radarlarından MAX ve PPI ürünleri kullanılarak; Or-Gi havalimanında gün içinde meydana gelen sis ve oraj hadiselerinin takibi yapılmış ve meteorolojik uyarıların önemi vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler — Or-Gi Havalimanı, Uydu ve Radar Ürünleri, Meteorolojik Uyarılarım önemi

1. GİRİŞ

Ordu-Giresun Havalimanı sahip olduğu statüye göre; havacılık açısından gerekli ölçümleri,sahadaki sensör ve cihazlar vasıtasıyla otomatik olarak yapan, ölçülen değerlerin direkt ya da gerekli hesaplama işlemlerinden sonra Meteoroloji Ofisi,Kule ve Yaklaşma Ofisinde görüntülenmesini sağlayan cihaz, sensör ve bilgisayarlar bütününe sahiptir. 2 adet pist başı vardır. Pist uzunluğu 3000m metredir, 10 ve 28 Pist başlarından aktif pist başı 28 'dir. DHMİ tarafından işletilen havalimanı B sınıfında olup havacılık amaçlı rutin hava raporu METAR (AVIATION ROUTINE WEATHER REPORT), havacılık amaçlı seçilmiş özel hava raporu SPECI (AVIATION SELECTED SPECIAL WEATHER REPORT), ihbar ve benzeri hizmetler veren sivil havalimanıdır. Uçakların iniş ve kalkışlarını yapmalarını en çok etkileyen meteorolojik olayların başında sis ve oraj gelir. Avrupa Meteorolojik İşletme Teşkilatı (EUMETSAT) bünyesinde kurulan Uydu Verisi Uygulama Merkezleri (SAF) arasında yer alan NWC-SAF, kısa vadeli hava tahminine yönelik ürünler üretmek amacıyla kurulmuştur. Sis, yeryüzünde ve yakınında, havada asılı haldeki su damlacıkları veya buz kristalleri tabakası olup görüş mesafesini daraltan meteorolojik bir olaydır. Yerel şartlara göre önemli bir derecede değişkenlik göstermesi nedeniyle tahmin edilebilirliği diğer hava olaylarına göre daha zordur. Havacılık taşımacılığı üzerinde oraj gibi büyük bir etkisi vardır ve havacılık güvenliğinde önemli rol oynar. Lokal yağış fırtınaları olarak meydana gelen orajların oluşumunda; kararsızlık, dikey hareketi oluşturacak mekanizma ile aşağı ve orta seviyede nem gibi 3 temel meteorolojik faktöre ihtiyaç vardır. Meteoroloji radarları ile bulutun içinde yağmur damlaları, buz tanecikleri, dolu, kar tanecikleri gibi hidrometeorlardan yansıtılan enerjiden reflektivite değerleri hesaplanmaktadır. Bu reflektivite değerlerinni birimi desibel (dbz)' dir. Meteoroloji radarları, geniş alanlarda yağışın ne kadar şiddetli olduğun dair kullanıcılara önemli bilgiler sağlar. Radar reflektivitesinin en en yoğun olduğu alanlar, hücrelerin olgunlaşma safhasında olduğunun işaretidir. PPI ürünü radardan havanın genel durumu hakkında bilgi alınmasına kolaylık sağlarken, MAX ürününde tek bir görüntü üzerinde eko yüksekliği, yoğunluğu görebilme imkanı sağlamaktadır. Çalışma kapsamında OR-Gi Meteoroloji Ofisi tarafından hazırlanan Metar ve Speci rasatları da değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, NWCSAF programı kullanılarak elde edilen MSG/SEVIRI sis ve alçak bulut ürünü ile Samsun ve Trabzon Radarlarından MAX ve PPI ürünleri kullanılarak; Or-Gi havalimanında gün içinde meydana gelen sis ve oraj hadiselerinin takibi yapılmış ve meteorolojik uyarıların önemi vurgulanmıştır.

Fotoğraf 1: Ordu-Giresun Havalimanı Görünüm

2. DATA

-Uydu Ürünleri
-Radar Ürünleri
-Metar ve Speci Rasatları

3. METODOLOJİ

Bu Çalışmada, NWCSAF programı kullanılarak elde edilen MSG/SEVIRI sis ve alçak bulut ürünü ile Samsun-Trabzon radarlarından Max ve PPI ürünleri kullanılarak; OR-Gi Havalimanında meydana gelen sis ve oraj hadiselerinin takibi yapılmış ve meteorolojik uyarıların önemi vurgulanmıştır.

4. METAR VE SPECI RASATLARI

LTCB 250530Z 33003KT 0350 R28////// FG VV003 17/17 Q1009 =

LTCB 250550Z 33003KT 0250 R28////// FG VV002 17/17 Q1009 =

LTCB 250650Z 30003KT 0750 R28////// FG VV003 17/17 Q1010 =

LTCB 250705Z 32003KT 0900 R28////// FG VV003 17/17 Q1010 =

LTCB 250750Z 35004KT 1000 R28////// BCFG OVC005 17/17 Q1010 =

LTCB 250818Z 34003KT 1600 R28////// BCFG OVC005 17/17 Q1010 =

LTCB 250850Z 02003KT 1600 R28////// BCFC OVC005 17/17 Q1010 =

LTCB 250950Z 04003KT 1600 R28////// BCFG OVC005 18/17 Q1009 =

LTCB 251050Z 29005KT 260V320 4000 BR BKN007 18/17 Q1010 =

LTCB 251104Z VRB03KT 3500 RA BR BKN008 BKN025TCU 18/17 Q1010 =

LTCB 251113Z VRB03KT 3500 -TSRA BR BKN008 FEW027CB 18/18 Q1010 RERA =

LTCB 251150Z 16009KT 120V190 4500 -TSRA BR SCT010 FEW027CB 18/18 Q1010 RERA =

LTCB 251202Z 17006KT 130V250 6000 -TSRA FEW012 SCT027CB BKN030 20/18 Q1019 =

LTCB 251250Z 22007KT 150V250 7000 -TSRA FEW015 SCT027CB BKN030 23/13 Q1019 =

LTCB 251308Z 10012KT 060V140 6000 2800E R28////// -SHRA BR FEW015 SCT027CB BKN030 20/17 Q1009 RETSRA =

LTCB 251325Z 09013KT 3500 -SHRA BR SCT012 FEW027CB BKN030 18/18 Q1008 =

LTCB 251350Z 09014KT 4000 BR FEW012 FEW027CB BKN030 18/18 Q1008 RESHRA =

LTCB 251403Z 09010KT 6000 2900E R28////// BR FEW012 FEW027CB BKN030 19/19 Q1008 =

LTCB 251421Z 09008KT 6000 FEW012 FEW027CB BKN030 20/19 Q1008 =

LTCB 251450Z 00000KT 8000 FEW012 FEW027CB BKN030 21/19 Q1007 =

LTCB 251536Z 30008KT 4000 BR FEW012 FEW030CB BKN033 BKN080 19/18 Q1007 =

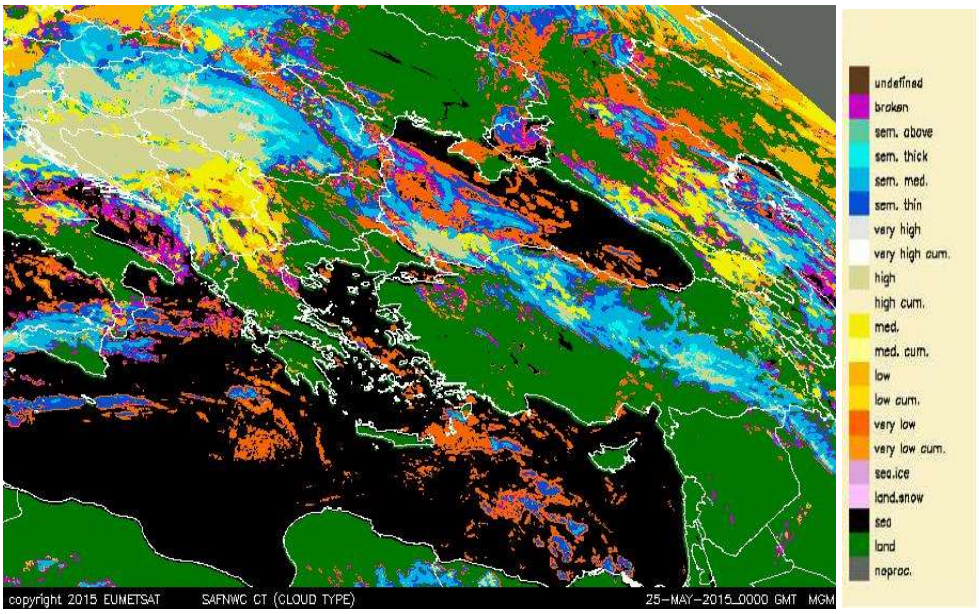
LTCB 251550Z 30008KT 3500 BR FEW012 FEW030CB BKN033 BKN080 19/19 Q1007 =

25 Mayıs 0530Z speci rasadı ile başlayan yoğun sis hadisesi 0750Z metar rasadında yerini parçalı sise bırakmış ve rüyet 1000 metreye kadar çıkmıştır. Hava sıcaklığının 0950Z itibariyle arttığını ve görüş mesafesinin de yükseldiği görülmektedir. 1104Z speci rasatında 2500 feette TCU bulutu da kodlanmıştır ve speci rasatı ile başlayan yağmur ile pus hadisesi yerini 1113Z speci rasadında gökgürültüsü ve pus hadisesine bırakmıştır. Basınç eğilimlerinin -TSRA hadisesinden sonra düştüğü ve rüzgarların ise doğu yönünden estiği anlaşılmaktadır.

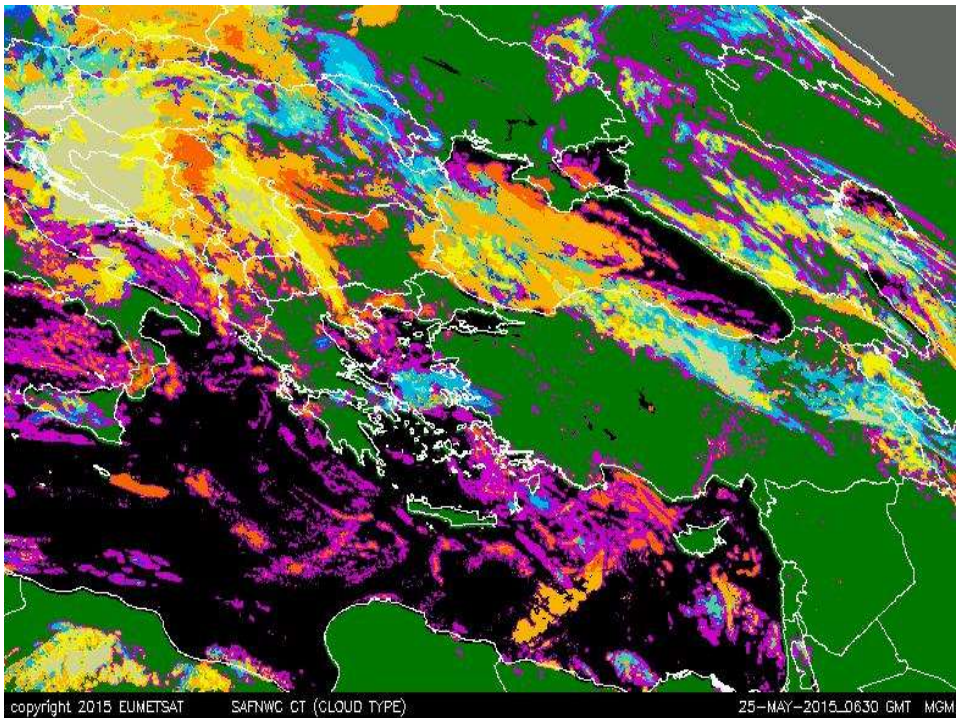
4.1. UYDU VE RADAR ÜRÜNLERİ

Sadece uydu verilerini kullanarak sis olayını saptayabileceğimizi iddia etmiş olmak gerçekçi olmazdı. Çünkü uydu görüntüsünde saptadığımız bir bulutun yüzeye kadar ulaşıp ulaşmadığını kesin olarak bilemeyiz. MSG/SEVIRI alçak bulut ve sis ürününde, renk skalasına göre çok alçak bulutluluğun 0000 UTC'den 0630 UTC'ye kadar Orta ve Doğu Karadeniz kıyılarında hakim olduğu görülmektedir. Şiddetli meteorolojik şartlar, uçuş faaliyetlerinde gecikme veya iptallere neden

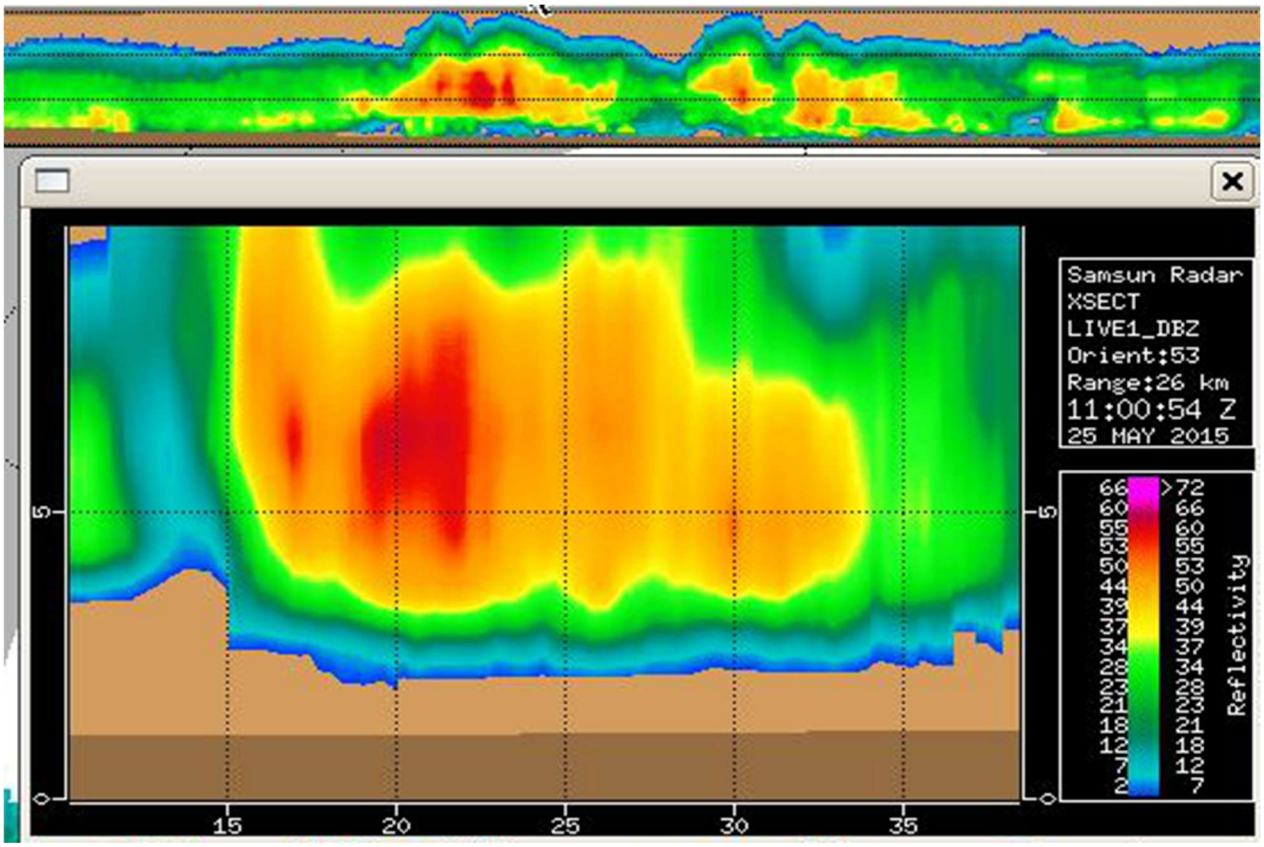
olmakta, ekonomik ve zamansal kayıplara yol açmakta, hatta kaza ve kırımlara neden olabilmektedir. Genellikle lokal yağış fırtınaları olarak meydana gelen orajlar, çoğu kez alıştığımız ve sıradan diyebileceğimiz gök gürültülü sağanak yağışlar bazen çok şiddetli olabilmektedir. MGM'den elde edilen Trabzon Meteoroloji Radarı'na ait 1100 UTC Max ürününde 50-55dBZ reflektivite değeri aralığındaki oraj hücresi, Trabzon Meteoroloji Radarı'na ait 1200 UTC PPI ürününde 44-49dBZ değerleri arasında Ordu ve Giresun kıyı şeridinde görülmektedir.



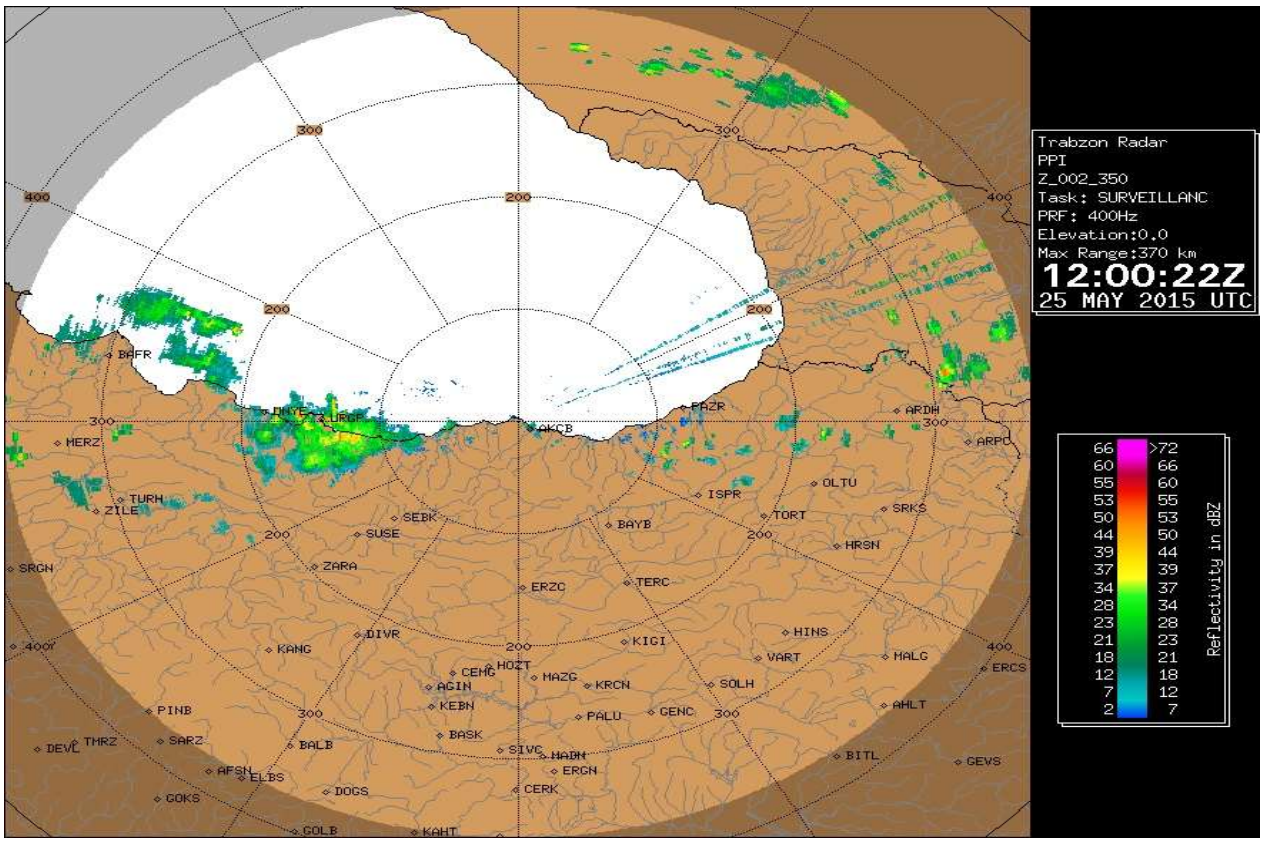
Şekil 1. 25 Mayıs 2015 0000 UTC NWCSAF Bulut Tipi



Şekil 2. 25 Mayıs 2015 0630 UTC NWCSAF BulutTipi



Şekil 3. 25 Mayıs 2015 1100 UTC Samsun Radarı MAX kesiti



Şekil 4. 25 Mayıs 2015 1200 UTC Trabzon Radarı PPI ürünü

5. METEOROLOJİK UYARILARIN ÖNEMİ

Son yıllarda artan kuvvetli meteorolojik hadiseler, meydana getirdiği zararlar açısından önemli bir etmen haline gelmiştir. Ekonomik ve sosyal açıdan önlem alınması ve zararların en aza indirilmesi için bu hadiselerin önceden tahmini, uyarıların hazırlanması ve gerekli yerlerin uyarılması önem arz etmektedir. Dolayısıyla uyarıların zamanlamasında, mümkün olduğu kadar erken hazırlanıp yayınlanması gerekmektedir. Yapılan meteorolojik analizler ve sayısal hava tahmin modelleri, kuvvetli meteorolojik hadiselerin tahmini konusunda hava tahmincilerine önemli katkı sağlamaktadır. Hava tahmin uzmanları; tahmin ve uyarılarını, önlemlerin alınmasında fırsat tanıyacak şekilde hızlı ve zamanında ulaştırmaya çalışmaktadırlar. Meteorolojik uyarılar, 1-2 gün öncesinden hazırlanabildiği gibi birkaç saat öncesinden hazırlanan ‘’ NOWCASTING ‘’ diye adlandırılan kısa süreleri uyarıları da kapsamaktadır. Bu uyarılarda, hadisenin şiddeti, etki süresi, oluşum ve etki alanı önem kazanmaktadır. Radar kullanıcılarının görevi, yağışa neden olan ve olmayan bulutları birbirinden ayırt etmek ve ayrıca oraja neden olan Cb (Cumulunibus) bulutlarını belirleyerek bu yağış ekoların hareket ve gelişimlerini izleyerek , geniş alanlarda yağışın ne kadar şiddetli olduğuna dair kullanıcılara önemli bilgi sağlamaktır.

6. SONUÇLAR

Toplum hayatını ve sektörel faaliyetleri etkileyecek nitelikteki kuvvetli hadiseler ve bu hadiselerin önceden tahmin edilebilirliliği kısa süreli hava tahmini sistematiği temeline dayanmaktadır. Sis ve oraj nedeniyle hava, kara ve deniz ulaşımındaki aksamalar ekonomik kayıplara neden olurken,meydana gelen kazalar yaralanma ve can kayıplarına yol açmaktadır. MSG ürünleri sis tabakasının belirlenmesinde tahmincilere fikir verebilmektedir.Atmosferde kararsızlık ve nemliliğie göre farklı oluşum ve etkiler gösterebilen orajların en etkin izlenme yolu meteorolojik radar görüntülerinin kullanılmasıdır. Uzaktan Algılama kullanıcılarının düzenli meteorolojik takip ve analizlerin yapması tecrübe ve bilgi seviyesini artıracaktır.

KAYNAKLAR

[1] Sözmez İ.,Erdem E.,Türkiye İçin Uydu Kaynaklı Atmosfer Ürünleri Veri Tabanının Tanıtılması, UzalMet, Antalya-2015

[2] Özgün B., Yıldırım M. ***U.****,Kuvvetli Yağış Uyarılarının Zamanlanmasında Radar Gözlemlerinin Önemi, UzalMet, Antalya-2013*

[3] Geçer C., Uluyazı M., Radar Görüntülerinde Oraj Hücrelerinin Analizi Ve İzlenmesi, UzalMet, Antalya-2013

[4] **Kolay O., Büyükkaya M.**, Sis Olaylarının Meteorolojik Uydu Ürünleri ile Tespiti ve Analizi, UzalMet, Antalya- 2015

[5] **Avşar E.**, İzmir Adnan Menderes Havalimanı'nın Kümülonimbüs (Cb), Oraj ve Sis Analizi, Atmos'15, İstanbul-2015

[6] **Hava Tahmin Analiz Tekniği,** DMİ, Yayınları:2006-1, Ankara-2007

[7] **Havacılık Meteorolojisi**, DMİ, Yayınları:2000-6,Ankara-2000

[8] **H-Omgi Teknik Bakım,** MGM, Gözlem Sistemleri Dairesi Başkanlığı,Ankara-2016

[9] **Uzaktan Algılama**, MGM, Hava Tahminleri Dairesi Başkanlığı,Ankara-2017

[10] **http://www.ordugiresun.dhmi.gov.tr/**Fotograf Galerisi

2007-2016 PERİYODUNDA OMI VE GOME2/METOP-A UYDULARI TÜRKİYE OZON VERİLERİ VE ANKARA BREWER SPEKTROFOTOMETRE OZON VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mithat EKİCİ
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara
mekici@mgm.gov.tr

Osman ESKİOĞLU
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara
oeskioglu@mgm.gov.tr

Serpil YAĞAN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara
syagan@mgm.gov.tr

Yılmaz AÇAR
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara
yacar@mgm.gov.tr

Ali Ümran KÖMÜŞÇÜ
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara
aukomuscu@mgm.gov.tr

Mustafa COŞKUN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara
mustafacoskun@mgm.gov.tr

Yusuf ÇALIK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Meteorolojik Veri İşlem Dairesi Başkanlığı
Ankara
yusufcalik@mgm.gov.tr

ÖZET

Ozon, atmosferimizde doğal olarak bulunan bir gazdır. Her ozon molekülü üç oksijen atomu içerir ve kimyasal olarak O3 olarak gösterilir. Atmosferdeki ozonun yaklaşık %10'u troposferde bulunur. Ozonun diğer kısmı ise (yaklaşık %90) troposferin üstü ile stratosferin arasında bulunur (yaklaşık 50 km.) ve "ozon tabakası" olarak anılır.

Aura uydusu üzerine konulan OMI (Ozone Monitoring Instrument) ozon ölçüm cihazı ile 2004 yılı Temmuz ayında ozon ölçümü başlamış ve halen devam etmektedir. Toplam ozon sütun değerleri Dobson Birimi (DU) olarak verilir. OMI sensörü duman, toz ve sülfatlar gibi aerosol tiplerini ayırt edebilir ve troposferik ozon türetmek için veri sağlayan bulut basıncını ve kapsamını ölçebilir. Bu çalışmada, http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/ web sitesinde yayınlanan OMI küresel uydu toplam sütun ozon verisi bir kod ile indirilmiştir. Küresel veri seti içerisinden 2004-2016 (13 yıl) periyoduna ait Türkiye verileri ayrıştırılarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu veriler 0,25° x 0.25° çözünürlüğünde ve Türkiye'yi kapsayan 82 adet grid'den oluşmaktadır.

GOME-2 / Metop-A arşivi toplam ozon sütunu değerleri, atmosferdeki toplam ozonun dikey sütun değerleri hakkında bilgi sağlar. Toplam ozon sütun değerleri Dobson Birimi (DU) olarak verilir. GOME-2 / Metop-A, 40 km x 40 km nominal çözünürlüğe sahip 24 ileri tarama pikseline ve nominal çözünürlüğü 120 km x 40 km olan 8 arka piksel taramasına sahiptir. GOME-2 / Metop-A uydusundan elde edilen Türkiye ozon verileri OMI çözünürlüğüne uyarlanmıştır.

Bu veriler yardımıyla Türkiye'ye ait aylık, mevsimlik ile yıllık toplam ozon eğilim grafikleri ve Türkiye toplam ozon değerleri analiz edilmiştir. GOME-2 / Metop-A ve OMI uydu verileri birbiriyle, ayrıca, her iki uydu verisi ise de Ankara'da kurulu olan yer temelli Brewer Spektrofotometre cihazı toplam ozon verileri (2007-2016) ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelime: *OMI/Aura Uydu Ozon, Toplam Ozon, Dobson Birimi, GOME2/Meteop-A Uydu Ozon, Brewer Spektrofotometre*

1.GİRİŞ

Ozon, atmosferimizde doğal olarak bulunan bir gazdır. Ozon kimyasal formülü O3'tür çünkü bir ozon molekül üç oksijen atomu içerir. Atmosferdeki ozon varlığı, ozon laboratuvar deneylerinde, 1800'lü yılların ortalarında kimyasal ve optik ölçüm yöntemleri kullanılarak keşfedildi. Ozon kelimesi, "koklamak" anlamına gelen Yunanca "όζειν" kelimesinden türemiştir. Ozonun, çok düşük miktarlarda dahi bile tespit edilebilmesini sağlayan keskin bir kokusu vardır. Ozon birçok kimyasal bileşikle hızlı reaksiyon gösterir (1). Ozon, ekvator kuşağı üzerindeki stratosfer tabakasında bütün bir yıl boyunca üretilmekte ve hava hareketleri ile buradan kutuplara doğru taşınmaktadır. Ozonun en çok bulunduğu stratosfer tabakasının alt kısımları ise tropopoz yüksekliği ile belirlenebilmektedir. Toplam sütun ozonunun dünya ortalaması 300 Dobson birimi (Dobson Unit, DU) civarında olup, coğrafyaya bağlı olarak 230 ile 500 Dobson birimi arasında değişmektedir. Toplam ozon ortalaması, ekvator kuşağı üzerinde 240 DU ile en düşük değere sahipken ekvatordan kutuplara doğru gidildikçe 400 DU'e kadar artış göstermektedir (2). Bir Dobson birimi, ozon hacminin yaklaşık milyarda bir kısmının (1 ppbv), ortalama atmosferik konsantrasyonunu ifade eder. 1 DU = 10^{-3} atm-cm = 0.01mm = 10^{-5}m'dir **(**3)**.** Stratosferik ozon, orta enlem bölgelerinde son birkaç on yıl için belli oranda düşüş trendine girmiştir (4). 2006-2009 ortalama toplam ozon değerleri; 1964-1980 ortalamalarına göre son on yıldır aynı düzeyde kalırken, 90°S - 90°N için yaklaşık %3,5 ve 60°S-60°N için %2,5 altında gerçekleşmiştir (5). Kuzey yarımküre orta enlemlerindeki (35° N-60° N) 2006-2009 dönemi yıllık toplam sütun ozon miktarı, 1998-2005 döneminde gözlemlenen miktarla aynı kalırken ve 1964-1980 ortalamasına göre yaklaşık % 3,5 azalmıştır. En düşük miktar, 1964-1980 ortalamasına göre, % 5,5 azalma ile 1990'ların ortalarında görülmüştür (5).

TOMS uydu gözlemleri ile yapılan toplam ozon ölçümlerine dayalı çok sayıda çalışmada, orta enlemlerde yaz mevsimine göre kış ve ilkbahar aylarında, toplam ozon miktarında daha büyük düşüş eğilimleri görülmüştür (6).

OMI Parameters (10)

Visible: 350 - 500 nm

UV: UV-1, 270 to 314 nm, UV-2 , 306 to 380 nm

Spectral resolution: 1.0 - 0.45 nm FWHM

Spectral sampling: 2-3 for FWHM

GOME-2 Parameters (12)

Spectral band (nm): 240 nm – 790 nm

Spectral resolution (nm) : 0.26 - 0.51

Spatial resolution : Metop-A (km2) before 15 July 2013, *40 × 80* (main channels) *40 × 10* (PMD)

Telescope FOV: 114 (2600 km on ground)

IFOV: 3 km, binned to 13 x 24 km

Detector: CCD: 780 x 576 (spectral x spatial) pixels

Mass: 65kg

Duty cycle: 60 minutes on daylight side

Power: 66 watts

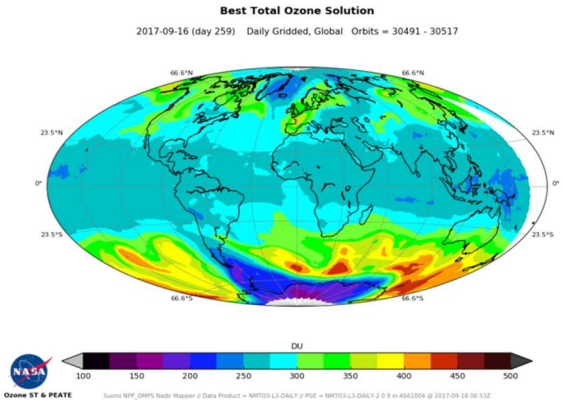
Data rate: 0.8 Mbps (average)

Spatial resolution : Metop-A (km2) after 15 July 2013 40 × 40 (main channels) 40 × 5 (PMD) after 15 July 2013

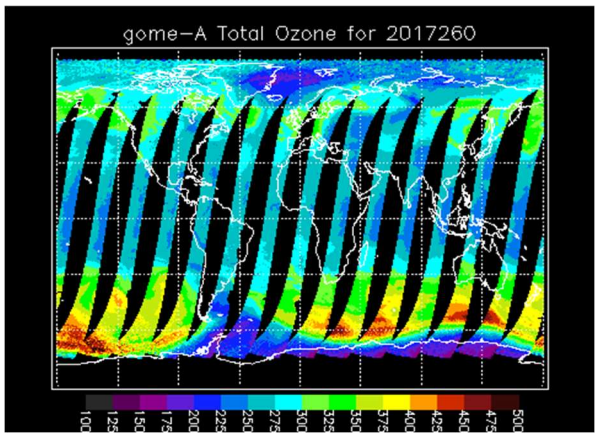
Swath width Metop-A (km) after 15 July 2013: 960

Spectral channels: 4096

Polarization channels : 30



Şekil 1: Küresel OMI Uydu Ozon Günlük Gösterimi (11)



Şekil 2: Küresel Metop-A/GOME-2 Uydu Ozon Günlük Gösterimi (13)

2.YÖNTEM

TOMS programıyla yapılan geçerli ölçümler, 1978 yılı Kasım ayında başlamıştır. TOMS cihazının görevi Mayıs 1993 yılında sona ermiştir. Yerine kullanılan Meteor-3 TOMS ise Ağustos 1991'de veri göndermeye başlamış ve Aralık 1994 yılında faaliyetini durdurmuştur (7). OMI, NASA'nın Yeryüzü Gözlem Sistemi Aura Uydu güvertesindeki UV/Görünür CCD Spektrometre ile birlikte NADIR görüntüleme sistemidir. Aura, 15 Temmuz 2004 tarihinde uzaya fırlatılmış ve 9 Ağustos 2004 yılından bu yana da veri toplamaktadır (8).

Metop, EUMETSAT Kutup Sisteminin (EPS) uzay segment bileşeninine sahip üç kutup yörüngeli meteorolojik uydularıdır. Metop-A (19 Ekim 2006'da başlatılmıştır) ve Metop-B (17 Eylül 2012'de başlatılmıştır), küresel atmosferi, okyanusları ve kıtaları 817 kilometre yüksekliğinde daha düşük bir kutup yörüngesi ile daha ayrıntılı gözlemlemek için yerleştirilmiştir.

Metop-A'nın mevcut kapasitesi kullanıcılara yarar sağladığı sürece, iki uydu paralel olarak çalışacaktır. Metop-C'nin 2018 yılında faaliyete geçmesi planlanmaktadır (9).

Tablo 1: Eumetsat Metop Ozon Uyduları Başlangıç Tarihleri ve Servis Şekilleri (9)

UYDU	ZAMAN	POZİSYON	
Metop-A	19/10/2006	Düşük Yer Yörüngeli	Küresel Veri Servisi. Bölgesel Veri Servisi Doğrudan Okuma Servisi. Anlık Görüntü
Metop-B	17/09/2012	Düşük Yer Yörüngeli	Küresel Veri Servisi. Bölgesel Veri Servisi Doğrudan Okuma Servisi. Anlık Görüntü
Metop-C	Ekim 2018 tarihinde Yerleştirilecek	Düşük Yer Yörüngel	-
Metop Uyduları			

Bu çalışmada, OMI/Aura Uydusunun 2007-2016 (10 yıl) periyodu ve 34°-44° K, 24°- 46°D (3526 grid) koordinatlarındaki ozon verisi kullanılmıştır. Bu veriler 0,25°x0.25° çözünürlüğünde ve Türkiye içine alan geniş bir bölgeyi kapsayan 3526 grid'den oluşmaktadır. GOME-2/Metop-A HDF5 formatındaki ozon uydu verileri EUMETSAT sayfasından çekilmiş ve hazırlanan bir program ile decode edilip OMI Türkiye ozon verileri gridlerine taşınmıştır. Bu sayede iki ayrı uydu verisi de birbiri ile daha doğru şekilde karşılaştırılabilecektir.

2.1.Brewer Spektrofotometre Cihazı

Ankara'da (39° 58' N; 32° 52' E) 2006 yılı Kasım ayından beri Brewer MKIII cihazı ile düzenli olarak ozon ölçümü yapılmaktadır. Brewer #188 MKIII cihazı double monocromator tip bir cihazdır. Cihaz Toplam Ozonu, UV Radyasyonun 306.3, 310.1, 313.5, 316.8 ve 320.1 nm dalga boylarını esas alarak hesap etmektedir. MKIII Brewer Spektorofotometre cihazı UV Radyasyonu 286.5 – 363 nm aralığında ölçmektedir (286.5 – 325 UV-B).

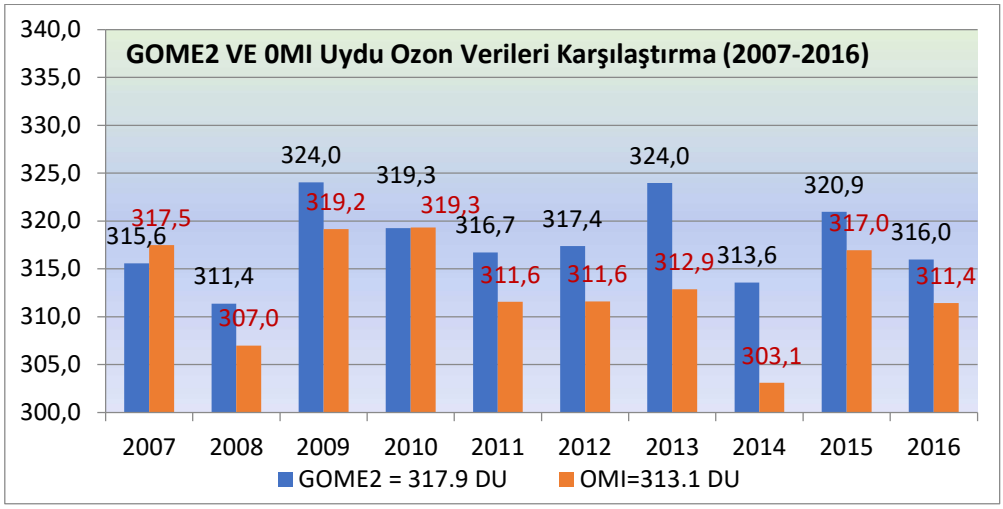
Ankara'da 2006 Kasım ayından beri çalışmakta olan Brewer Spektrofotometre cihazından elde edilen aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama ozon verileri ile aynı periyodu kapsayan OMI ve GOME-2 Uydu Ozon verilerinin aynı koordinata denk gelen grid değerlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Bu sayede Ankara'ya ait yer temelli ozon ölçüm verisi referans kabul edilerek uydu ozon verilerinin doğrulamasına bakılmıştır.

3. TÜRKİYE UYDU (OMI ve GOME2) OZON TABAKASI UZUN YILLAR ANALİZİ (2007-2016)

OMI/Aura Uydusu için 10 yıllık veri setinde; tüm periyodun ortalama değeri 313.1 DU'dır. En düşük yıllık ortalama ozon değeri 303.1 DU ile 2014 yılında; en yüksek yıllık ortalama ozon değeri ise 319,3 DU ile 2010 yılında gerçekleşmiştir.

GOME2/MetopA Uydusu için 10 yıllık veri setinde; tüm periyodun ortalama değeri 317.9 DU'dır. En düşük yıllık ortalama ozon değeri 311.4 DU ile 2008 yılında; en yüksek yıllık ortalama ozon değeri ise 324.0 DU ile 2009 ve 2013 yıllarında gerçekleşmiştir.

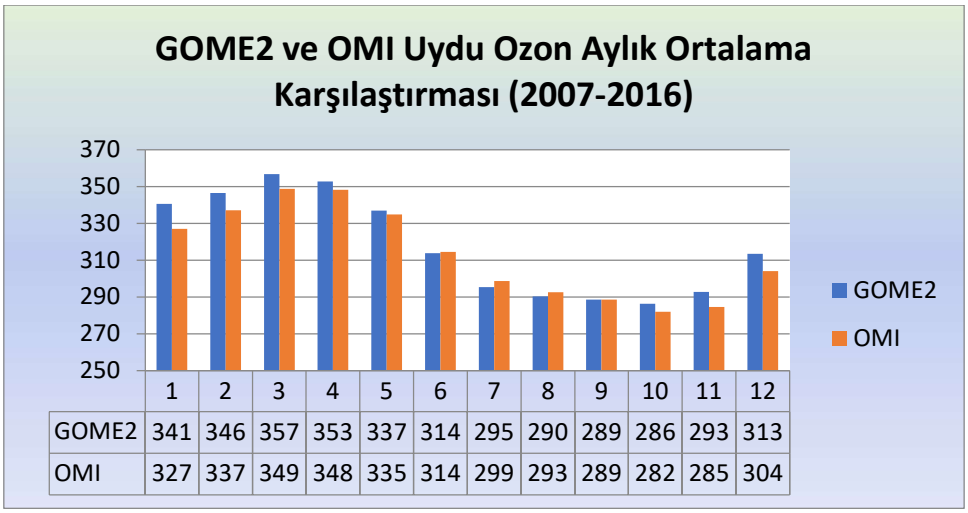
Ortalama toplam ozon değerleri 10 yıllık periyotta karşılaştırıldığında OMI (317.5 DU) Uydu değerleri yalnızca 2007 yılında GOME2 (315.6 DU) uydu ozon değerlerinden yüksek çıkmıştır. Geriye kalan diğer dokuz yılın sekizinde GOME2 ozon uydu değerleri OMI uydu değerlerinden yüksek olmuştur. 2010 yılı uydu değerleri her iki uydu içinde eşit çıkmıştır ve ortalama 319.3 DU olarak gerçekleşmiştir. GOME2 ve OMI uydu ozon ortalama değerleri arasındaki en büyük ortalama değerin oluştuğu yıl 2014 yılında, GOME2 için 313.6 DU olurken, OMI için ise 303.1 DU olarak gerçekleşmiştir. 2014 yılında iki uydu arasındaki ortalama ozon değerleri arasındaki fark 10.5 DU fark gerçekleşmiştir. GOME2 uydu ortalama değeri (317.9 DU) ile OMI uydu ortalama değeri (313.1 DU) arasındaki fark ise 4.8 DU olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 3: Türkiye GOME2 ve OMI Uydu Ortalama Toplam Ozon Karşılaştırması (OMI ve GOME2Uydu, 2007-2016)

WMO- Dünya Meteoroloji Örgütü, 2010 yılı ozon değerlendirmesinde; Kuzey yarımküre orta enlemlerindeki (35° N-60° N) 2006-2009 dönemi yıllık toplam sütun ozon miktarı, 1998-2005 döneminde gözlemlenen miktarla aynı kalmış ve 1964-1980 ortalamasına göre yaklaşık % 3,5 altındadır (6).

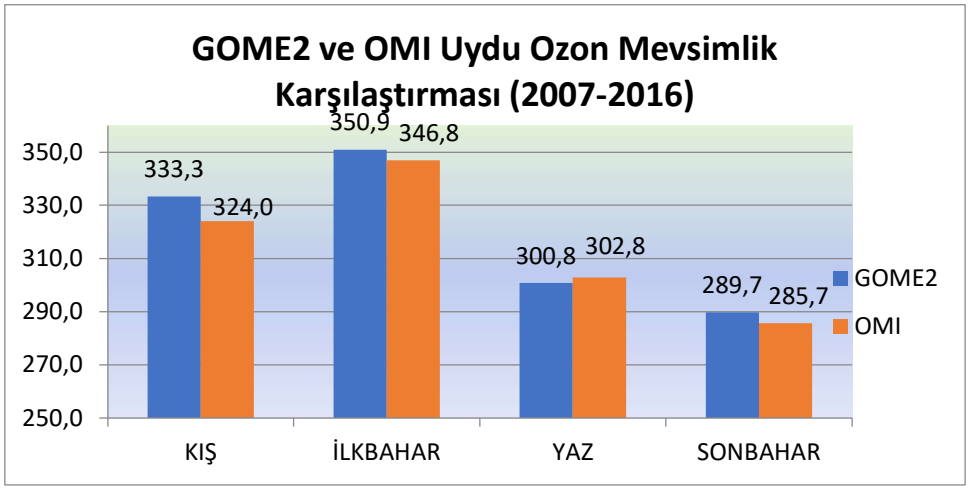
4. TOMS ve OMI UYDU VERİLERİNE GÖRE TÜRKİYE MEVSİMLİK ve AYLIK OZON ANALİZİ (1979-2014)



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GOME2	341	346	357	353	337	314	295	290	289	286	293	313
OMI	327	337	349	348	335	314	299	293	289	282	285	304

Şekil 6: GOME2 ve OMI Uydu Türkiye 10 Yıllık Aylık Ortalama Ozon Karşılaştırması (2007-2016).

Şekil 6'da GOME2 ve OMI Uydu Türkiye 10 Yıllık Aylık Ortalama Ozon değerleri görülmekte. Bu değerlerin Türkiye'nin bulunduğu kuzey yarımküre orta enlemlerdeki ozon tabakası ortalama değerleri ile uyumludur. Kuzey yarımküre orta enlemlerin genel eğilimine uygun olarak mevsimsel salınım, kış sonu ilkbahar başında en yüksek değerlerine ulaşırken, yaz sonu sonbahar boyunca da en düşük değerlerini görmektedir. Bu durum her iki uydu verileri için de geçerlidir. GOME2 uydusu en yüksek aylık ortalama toplam ozon değeri 357 DU ile Mart ayında ve en düşük değer ise 286 DU ile Ekim ayında görülmektedir. En düşük ve en yüksek değerler arasındaki fark 71 DU'dir. OMI uydusu en yüksek aylık ortalama toplam ozon değeri 349 DU ile Mart ayında ve en düşük değer ise 282 DU ile Ekim ayında görülmektedir. En düşük ve en yüksek değerler arasındaki fark 67 DU'dir.

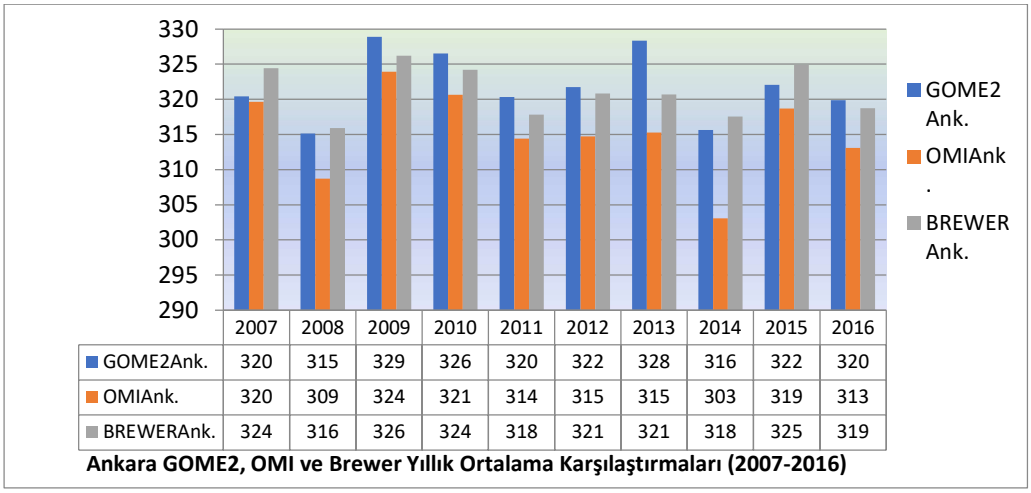


Şekil 7: GOME2 ve OMI Uydu Türkiye 10 Yıllık Mevsimlik Ortalama Ozon Karşılaştırması (2007-2016).

Şekil 7'de ki mevsimsel değerler de aylık değerler gibi kuzey yarımküre eğilimlerine uygun şekilde ilkbaharda en yüksek değere ve sonbaharda en düşük değere ulaşmıştır.. Buna göre; GOME2 uydusu için Türkiye'de en yüksek mevsimsel ozon değeri 350.9 DU ortalama ile ilkbahar mevsiminde, en düşük değer ise 289.7 DU ortalama ile sonbahar mevsiminde görülmektedir. Bu iki mevsim arasındaki fark 61 DU olmuştur. OMI uydusu için ise Türkiye'de en yüksek mevsimsel ozon değeri 346.8 DU ortalama ile yine ilkbahar mevsiminde, en düşük değer ise 285.7 DU ortalama ile sonbahar mevsiminde görülmektedir. Bu iki mevsim arasındaki fark aynı şekilde 61 DU olmuştur.

GOME2 ve OMI uyduları 10 yıllık mevsimsel ortalamalar arasındaki en büyük fark kış mevsiminde 9 DU fark ile oluşmuştur. En uyumlu ay ise 2 DU fark ile yaz ve sonbahar mevsimlerinde gerçekleşmiştir.

5. ANKARA GOME2, OMI ve BREWER SPEKTROFOTOMETRE TOPLAM OZON ORTALAMA VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI (2007-2016)



	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
GOME2Ank.	320	315	329	326	320	322	328	316	322	320
OMIAnk.	320	309	324	321	314	315	315	303	319	313
BREWERAnk.	324	316	326	324	318	321	321	318	325	319

Şekil 8: Ankara GOME2, OMI ve Brewer Spektrofotometre Toplam Ozon Ortalama Verilerinin Karşılaştırması (2007-2016)

Şekil 8'de, Ankara üzerinde 2007-2016 yılları arası Brewer cihazı, GOME2 ve OMI Uydu yıllık ortalama toplam ozon verilerindeki değişim görülmektedir. Şekilde, periyot süresince GOME2 ve Brewer verilerinin OMI uydu verilerinden daha yüksek ortalamaya sahip oldukları görülmektedir. Yıllık ortalama ozonun, 10 yıllık periyotta (2007-2016), GOME2 uydu verilerinde 315-329 DU arasında, OMI uydu verilerinde 303-324 DU arasında ve Brewer verilerinde ise 316-326 DU arasında değiştiği gözlemlenmiştir. GOME' ve Brewer için en düşük ortalamanın görüldüğü yıl 2008 olurken, OMI için ise 2014 yılı olmuştur.

Ankara için her üç ölçüm sisteminin ortalamaları ise GOME2 uydusunda 321,9 DU, OMI uydusunda 315,2 DU ve Brewer Spektrofotometre yer ölçümünde ise 321,1 DU olarak gerçekleşmiştir. Ortalama değerlerde GOME2 ve Brewer cihaz değerleri birbirine yakın iken OMI uydu 10 yıllık ortalama değeri her ikisinden de yaklaşık 6 DU düşük gerçekleşmiştir.

6. SONUÇLAR

- 36 yıllık (1979-2014) Türkiye ortalama toplam ozon değeri 318 DU olarak bulunmuştur. En düşük yıllık ortalama ozon değeri 299 DU ile 1993 yılında ölçülmüştür. En yüksek yıllık ortalama ozon değeri ise 333 DU ile 1982 ve 1991 yıllarında tespit edilmiştir.

- 36 yıllık (1979-2014) ve 82 grid noktasının ortalaması bir düşüş eğilimi göstermektedir. Bu eğilim, y = -0,41x+325,37 formülü ile gösterilmiştir. Regresyon Katsayısı (R^2) =0,3225 istatistiksel olarak anlamlı değildir.
- Mevsimlik değerlendirmeye göre; Türkiye'nin en yüksek ozon mevsimi olan ilkbahar mevsimi ortalama ozon değeri 350 DU, en düşük ozon mevsimi olan sonbahar için 287 DU, en yüksek ikinci mevsim olan kış değeri 345 DU ve en düşük ikinci mevsim yaz değeri 304 DU olmuştur. En düşük ortalama değere sahip mevsim sonbahar ile en yüksek ortalamaya sahip mevsim ilkbahar arasındaki ortalama ozon farkı 63 DU olmuştur.
- 1979-2014 periyodu için aylık ortalama toplam ozon değerleri, Türkiye'nin de bulunduğu orta enlemlerin ozon değerlerine uygun bir sonuç ortaya koymuştur. Bu sonuca göre; en yüksek ortalama toplam ozon değeri Mart (358 DU) ayında, takiben Nisan (354 DU) ve Şubat (348 DU) aylarında görülmüştür. Ekim (285 DU), Eylül (289 DU) ve Kasım (289 DU) ayları en düşük ozon değerlerine ulaşılan aylar olmuştur. Aralık (309 DU) ayı yeniden yükseliş eğiliminin başladığı ay olarak dikkat çekmektedir. En düşük ve en yüksek değerler arasında 73 DU fark vardır.
- 1979-2014 periyodunu 3 eşit parçaya bölerek yapılan değerlendirmede; ilk 12 yıllık (1979-1990) periyotta 323 DU olan toplam ozon ortalaması, ikinci (1991-2002) periyotta 315 DU ve üçüncü (2003-2014) periyotta ise 314 DU olarak hesaplanmıştır. Bu durum, kuzey yarımküre orta enlemlerde ozon tabakasının kendisini yakın zamanda onarmaya başlayacağı tezinin takip edilmesi açısından önemli bir parametredir.

KAYNAKLAR

[1]. https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2010/twentyquestions/Q1.pdf, What is ozone and where is it in the atmosphere?, 29.09.2017.

[2]. https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/atmosferinyapisi.pdf , 29.09.2017.

[3] Kahya, C., Aksoy, B., Demirhan, D., Topcu, S., Incecik, S., Acar, Y., Ekici, M., Ozunlu, M., *"Ozone variability over Ankara, Turkey"* Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 06756, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-06756, 2007.

[4] Acar, Y. ve ark., *"Atmosfer ve Ozon",* Teknik Rapor, DMİ Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2004.

[5] A. Douglass, V. Fioletov ve ark., "*Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010 "Stratospheric Ozone and Surface, Ultraviolet Radiation*" , World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 52Chapter 2.1 p. ve 2.2 p, 2010.

[6] http://daac.gsfc.nasa.gov/upperatm/image_index.html, 29.09.2017.

[7] http://space.jpl.nasa.gov/msl/QuickLooks/tomsQL.html, 29.09.2017.

[8] https://aura.gsfc.nasa.gov/omi.html, 29.09.2017.

[9]. https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Metop/index.html, 29.09.2017

[10]. https://aura.gsfc.nasa.gov/omi.html, 29.09.2017.

[11]. https://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/media/images/daily/OMPS-NPP_NMTO3-L3-DAILY-Ozone- Image_v2.1_2017m0916_2017m0918t025357.png, 29.09.2017.

[12]. file:///C:/Users/mekici/Downloads/PDF_GOME_FACTSHEET.pdf, 29.09.2017.

[13]. http://www.ospo.noaa.gov/data/atmosphere/ozone/gome-A/images/gome-A_ozone_toz_20170917.gif, 29.09.2017.

ECMWF VERİSİ İLE ÜRETİLEN GÖRÜŞ MESAFESİ (SIS) ÜRÜNLERİNİN UYDU SAF GÖRÜNTÜLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Muhammet Ali PEKİN

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü

Ankara

mapekin@mgm.gov.tr

Kahraman OĞUZ

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü

Ankara

koguz@mgm.gov.tr

Cihan DÜNDAR

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü

Ankara

cdundar@mgm.gov.tr

ÖZET

Genel tanımı ile sis, yere yakın seviyede su damlacıkları ve buz kristallerinin havada asılı kalması sonucunda görüş mesafesinin 1 km'nin altına düşmesi olayıdır. Sis hadisesi, havanın nem ve sıcaklığı ile doğrudan ilişkilidir. Görüş mesafesini ciddi oranda düşürdüğü için, hava, deniz ve kara ulaşımı açısından kritik öneme sahiptir. Sis olayı uydu verileri ile gözlemlenebilmektedir. Ancak, sis olayının sayısal hava tahmin model ürünleri ile tahmin edilebilirliği büyük önem taşımaktadır. Dünya çapında çeşitli metotlarla bazı çalışmalar yapılmasına karşın, sisin tahmin

edilebilirliğine yönelik etkin bir metot geliştirilememiştir. Bu çalışmada, Türkiye'de gerçekleşen bazı sisli günler örnek olay olarak seçilmiştir. Sıcaklık (T), işba sıcaklığı (Td) ve bağıl nem (RH)'in bir fonksiyonu olan FSL metodu ECMWF modeli ürünlerine uygulanmıştır. Sonrasında elde edilen ürünler uydu SAF ürünleri ile karşılaştırılmıştır.
Anahtar Kelimeler : Sis tahmini; FSL metodou; Uydu SAF görüntüsü

1. GİRİŞ

Genel tanımı ile sis, yere yakın seviyede su damlacıkları ve buz kristallerinin havada asılı kalması sonucunda görüş mesafesinin 1 km'nin altına düşmesi olayıdır. Sis hadisesi, havanın nem ve sıcaklığı ile doğrudan ilişkilidir. Görüş mesafesini ciddi oranda düşürdüğü için, hava, deniz ve kara ulaşımı açısından kritik öneme sahiptir.

Sis olayı uydu verileri ile gözlemlenebilmektedir. Ancak, sis olayının sayısal hava tahmin model ürünleri ile tahmin edilebilirliği büyük önem taşımaktadır. Sisin tahmin edilebilirliğine yönelik olarak etkin ve tutarlılığı yüksek bir metot geliştirilememiştir. Bundaki en önemli etkenlerin başında, sis tahmini için kullanılan değişgenlerin sayısının fazla olması sebebiyledir. Türetilen formülasyonlarda var olan hata payının, model tahminlerindeki hata payları ile birleşmesi ile de sis tahmininin tutarlılığı daha da düşmektedir. Fakat, tüm bunlara karşın dünya çapında çeşitli metotlarla bazı çalışmalar yapılmakta ve tutarlılıkları incelenmektedir. FSL metodu da, sis (görüş mesafesi) tahminine yönelik olarak kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu yöntem sıcaklık (T), işba sıcaklığı (Td) ve bağıl nem (RH)'in bir fonksiyonu olarak üretilmektedir[1].

Bu çalışmada, ECMWF tarafında üretilen IFS[2] model ürünlerine FSL formülasyonu uygulanmış ve sis görüş mesafesi tahmin edilmiştir. Sonrasında 2015 yılı Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat ayları için tutarlılıkları incelenmiştir. Bununla birlikte Türkiyede gerçekleişmiş seçili sis olayları için, uydu[3] tarafından elde edilen alçak bulutları gösteren ürünler ile model ürün görselleri karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

2. MATERYAL YÖNTEM

Çalışmada materyal olarak ECMWF-IFS modeli 6 Ocak, 7 Ocak, 10 Şubat ve 28 Şubat 2017 günleri verileri ile aynı günlerin uydu görüntüleri verileri kullanılmıştır. ECMWF-IFS modeli çıktılarından FSL ürünleri üretilmiş ve uydu görüntüleri ile karşılaştırılmıştır. FSL denklemi aşağıda gösterilmiştir[1].

FSL(mil)=6000*(T-TD)/RH^1.75

"…Burada T; sıcaklığı, TD; çiğ noktası sıcaklığını, RH; bağıl nemi göstermektedir…"

Ayrıca 2015 yılının sis hadisesinin en çok görüldüğü ocak, şubat, kasım, aralık aylarının Esenboğa, Atatürk, Sabiha Gökçen, Erzurum, Merzifon Havalimanları görüş mesafesi(FSL) hesaplatılmış ve yer gözlem verileri ile verifikasyonu yapılmıştır. FSL ve gözlem değerleri Tablo 1'da belirtildiği şekilde sınıflara ayrılmıştır. Bu verifikasyon işlemi Türkiye'deki tüm meydanları beraberce kapsayacak şekilde aynı yıl ve aylar için tekrar yapılmıştır.

Tablo 1: Görüş mesafesi tahmin ve gözlemlerinin sınıflandırılma şekli,

		GÖZLEM		
TAHMİN		EVET	HAYIR	TOPLAM
	EVET	A	B	A+B
	HAYIR	C	D	C+D
	TOPLAM	A+C	B+D	A+B+C+D

"…Burada A; hit, B; false alarm, C; miss, D;non-event sayısını göstermektedir…"

Sınıflandırma her havalimanı için ve Türkiye meydanlarının tamamı için 1500 m. altı ve 5000 m. altı için yapılmıştır.

Bu tablo yardımıyla BIAS, PC, POD, FAR, CSI değerleri ve korelasyon ve rmse değerleri hesaplatılmıştır. Formülleri aşağıda gösterilmiştir[4].

BIAS=(A+B)/(C+D)

PC=(A+D)/(A+B+C+D)

POD=A/(A+C)

FAR=B/(A+B)

CSI=A/(A+B+C)

$$r = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum y_i^2}}$$

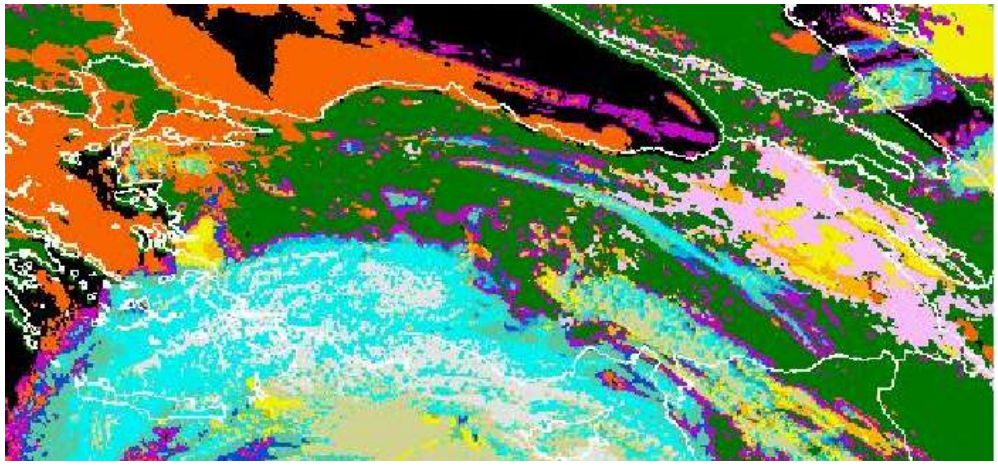
$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(y_j - \hat{y}_j)^2}$$

3. SONUÇLAR

3.1 Uydu Görüntüleri ve FSL Ürünleri Karşılaştırılması

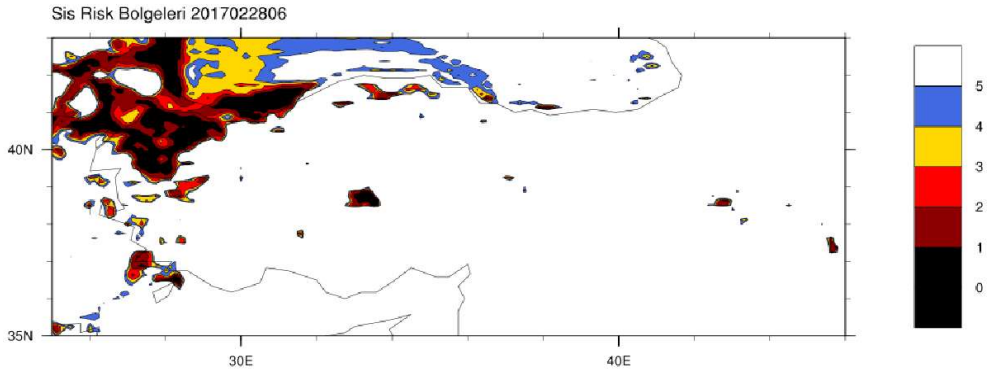
3.1.1 28 Şubat 2017 Örneği

BU tarihde uydu görüntüsüne göre; Marmara, Ege denizi ve Karadeniz üzerinde sisi ifade eden alçak bulutlar görülmektedir. Diğer bölgelerde ise sise sebebiyet vermeyen orta ve yüksek seviye bulutları görülmektedir.



Şekil 1: *Uydu grüntüsü*.

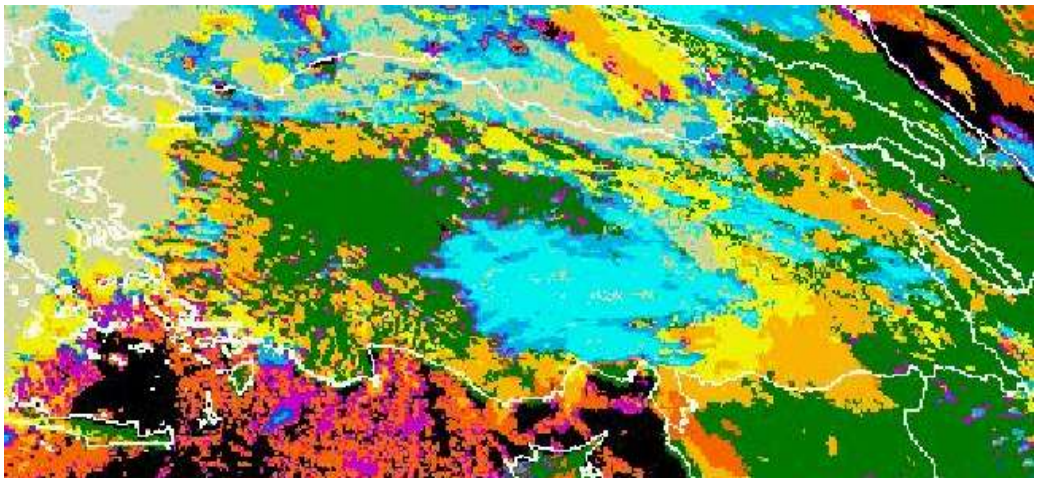
Elde edilen sis tahmini(FSL) haritasına göre; Marmara bölgesi, Karadenizin bazı kesimleri ve trakyada düşük görüş mesafesi ile birlikte yoğun sislilik tahmin edilmiştir.



Şekil 2: *FSL haritası*.

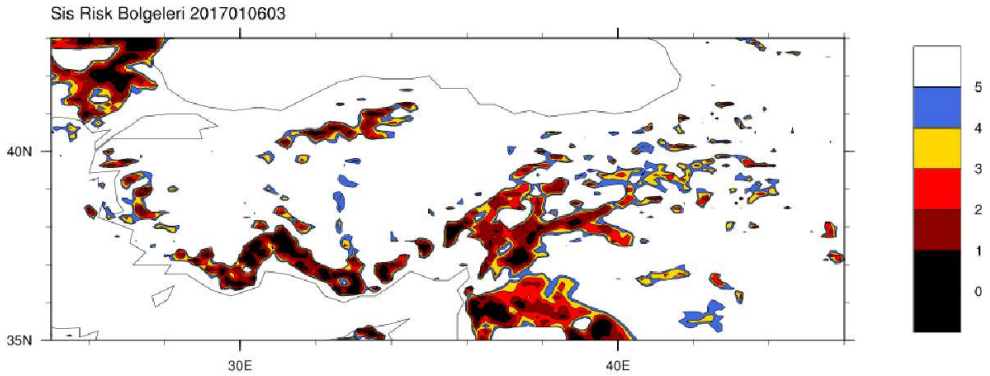
3.1.2 6 Ocak 2017 Örneği

Bu tarihte uydu görüntüsüne göre; Türkiye'nin iç kesimleri hariç diğer kesimlerinde parça parça sis görülmektedir.



Şekil 3: *Uydu grüntüsü*.

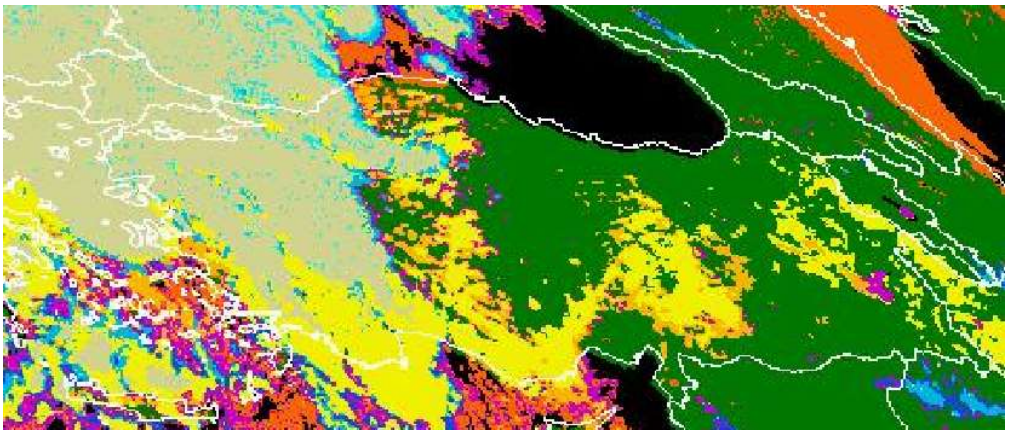
Tahmin ürününe göre; Trakya, Ege bölgesinin bazı kesimleri, Akdeniz bölgesi, Güneydoğu Anadolu'nun bazı kesimleri ve Orta Karadeniz ve Doğu Karadeniz'de parça parça sis görülmektedir.



Şekil 4: *FSL haritası*.

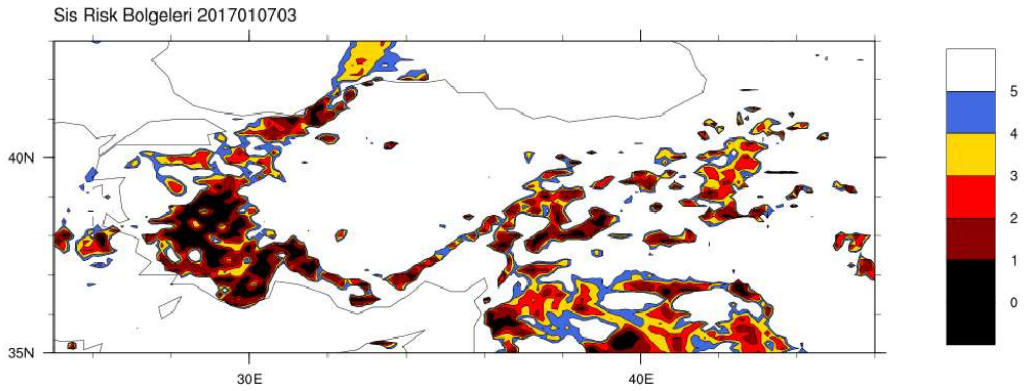
3.1.3 7 Ocak 2017 Örneği

Bu tarihte uydu ürününe göre; Ege, Akdeniz, İç Anadolu'nun batısı ve Doğu Anadolu bölgesinde parçalı olmak üzere sislilik görülmektedir.



Şekil 5: *Uydu grüntüsü*.

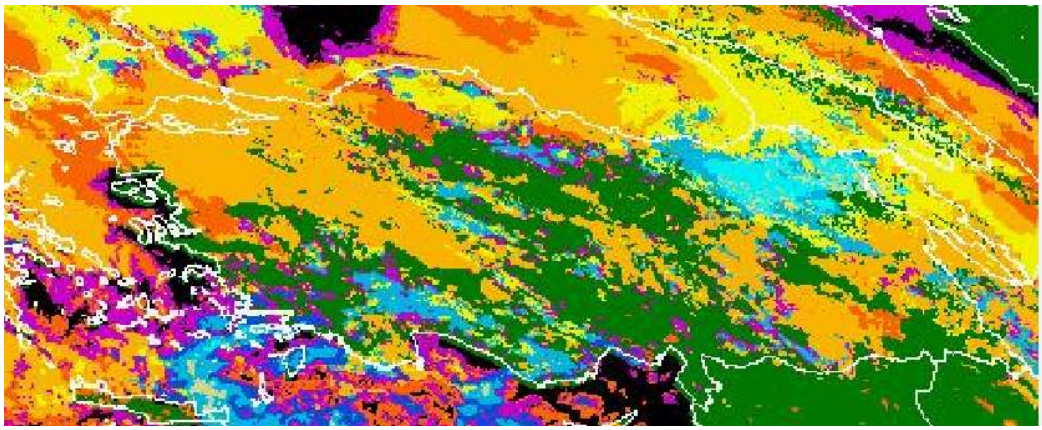
Bu tarihte sis tahmin (FSL) ürününe göre; Ege, Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgesinde parçalı olmak üzere sislilik görülmektedir.



Şekil 6: *FSL haritası*.

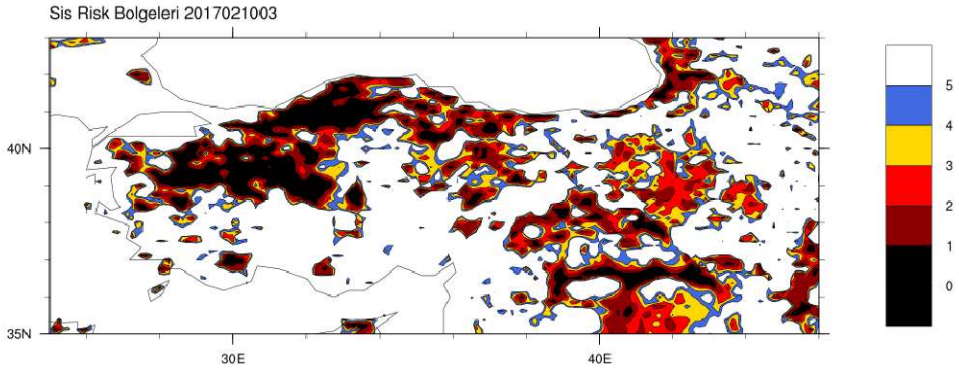
3.1.4 10 Şubat 2017 Örneği

Bu tarihte uydu ürününe göre; Marmara ve kuzey Ege'de yoğun bir şekilde diğer bölgelerde is parçalı biçimde sis görülmektedir.



Şekil 7: *Uydu grüntüsü*.

Bu tarihte sis tahmin(FSL) ürününe göre; yurdumuzun büyük bölümünde parça parça sis hadisesi görülmektedir.



Şekil 8: *FSL haritası*.

3.2 Verifikasyon Sonuçları

3.2.1 Esenboğa

Esenboğa havalimanı 2015 yılı 4 aylık periyodu için; r=0,73 ve rmse 1758 m bulunmuştur. 1500 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 2'de ve verifikasyon sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2: <1500 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	133	228	361
	HAYIR	168	16878	17046
	TOPLAM	301	17106	17407

Tablo 3: verifikasyon sonuçları.

BIAS	1,19
PC	0,98
POD	0,44
FAR	0,63
CSI	0,25

5000 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 4' de ve verifikasyon sonuçları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4: <5000 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	1068	980	2048
	HAYIR	177	15182	15359
	TOPLAM	1245	16162	17407

Tablo 5: verifikasyon sonuçları.

BIAS	1,64
PC	0,93
POD	0,85
FAR	0,48
CSI	0,48

3.2.2 Atatürk

Atatürk havalimanı 2015 yılı 4 aylık periyodu için; r=0,61 ve rmse 2010 m bulunmuştur. 1500 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 6'da ve verifikasyon sonuçları Tablo 7'da verilmiştir.

Tablo 6: <1500 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	2	13	15
	HAYIR	97	5787	5884
	TOPLAM	99	5800	5899

Tablo 7: verifikasyon sonuçları.

BIAS	0,15
PC	0,98
POD	0,02
FAR	0,87
CSI	0,02

5000 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 8' de ve verifikasyon sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 8: <5000 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	207	88	295
	HAYIR	449	5155	5604
	TOPLAM	656	5243	5899

Tablo 9: verifikasyon sonuçları.

BIAS	0,44
PC	0,91
POD	0,31
FAR	0,29
CSI	0,28

3.2.3 Sabiha Gökçen

Sabiha Gökçen havalimanı 2015 yılı 4 aylık periyodu için; r=0,53 ve rmse 2742 m bulunmuştur. 1500 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 10'da ve verifikasyon sonuçları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 10: <1500 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	75	99	174
	HAYIR	97	5757	5854
	TOPLAM	172	5856	6028

Tablo 11: verifikasyon sonuçları.

BIAS	1,01
PC	0,97
POD	0,44
FAR	0,57
CSI	0,28

5000 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 12' de ve verifikasyon sonuçları Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 12: <5000 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	445	775	1220
	HAYIR	271	4537	4808
	TOPLAM	716	5312	6028

Tablo 13: verifikasyon sonuçları.

BIAS	1,70
PC	0,83
POD	0,62
FAR	0,64
CSI	0,29

3.2.4 Erzurum

Erzurum havalimanı 2015 yılı 4 aylık periyodu için; r=0,56 ve rmse 3310 m bulunmuştur. 1500 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 14'de ve verifikasyon sonuçları Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 14: <1500 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	89	316	405
	HAYIR	635	5094	5729
	TOPLAM	724	5410	6134

Tablo 15: verifikasyon sonuçları.

BIAS	0,56
PC	0,84
POD	0,12
FAR	0,78
CSI	0,08

5000nin altı için sınıflandırma Tablo 16' da ve verifikasyon sonuçları Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 16: <5000 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	1161	1217	2378
	HAYIR	556	3200	3756
	TOPLAM	1717	4417	6134

Tablo 17: verifikasyon sonuçları.

BIAS	1,38
PC	0,71
POD	0,67
FAR	0,51
CSI	0,39

Merzifon

Merzifon havalimanı 2015 yılı 4 aylık periyodu için; r=0,60 ve rmse 2909 m bulunmuştur. 1500 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 18'de ve verifikasyon sonuçları Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 18: <1500 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	110	209	319
	HAYIR	23	5562	5585
	TOPLAM	133	5771	5904

Tablo 19: verifikasyon sonuçları.

BIAS	2,39
PC	0,96
POD	0,83
FAR	0,66
CSI	0,32

5000 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 20' de ve verifikasyon sonuçları Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 20: <5000 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	459	1018	1477
	HAYIR	49	4378	4427
	TOPLAM	508	5396	5904

Tablo 21: verifikasyon sonuçları.

BIAS	2,91
PC	0,82
POD	0,9
FAR	0,69
CSI	0,3

i. Türkiye Havalimanlarının Tamamı İçin

Türkiye Havalimanlarının tamamı 2015 yılı 4 aylık periyodu için; için r=0,59 ve rmse 2754 m bulunmuştur. 1500 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 22' de ve verifikasyon sonuçları Tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 22: <1500 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	4437	10608	15045
	HAYIR	4343	207127	211470
	TOPLAM	8780	217735	226515

Tablo 23: verifikasyon sonuçları.

BIAS	1,71
PC	0,93
POD	0,5
FAR	0,7
CSI	0,22

5000 m.'nin altı için sınıflandırma Tablo 24'de ve verifikasyon sonuçları Tablo 25'de verilmiştir.

Tablo 24: <5000 için sınıflandırma.

		GÖZLEM		
		EVET	HAYIR	TOPLAM
TAHMİN	EVET	22110	26912	49022
	HAYIR	10615	166878	177493
	TOPLAM	37725	193790	226515

Tablo 25: verifikasyon sonuçları.

BIAS	1,49
PC	0,83
POD	0,68
FAR	0,54
CSI	0,37

4. DEĞERLENDİRME

FSL haritaları ve uydu görüntüleri karşılaştırıldığında 28 Şubat tarihi için Marmara bölgesi ve Batıkaradenizde uyuşma görülmektedir. Doğu ve Güneydoğu Anadoludaki alçak bulutlar ise FSL haritalarında sisli bölge olarak görülmemektedir.6 Ocak tarihi için uydu görüntülerindeki alçak bulut kapalılığı(sarı rankli alanlar) ile aynı tarihli FSL haritası uyuşmaktadır. Ankara ve Konya çevresindeki sisli tahmin edilen bölgeler uydu görüntülerinde görülmemektedir. 7 Ocak tarihi içinde FSL haritasının sis tahmin ettiği bölgelerin tamamında uydu görüntüleride alçak bulutlar vermektedir. 10 Şubat tarihi için yurdumuz üzerindeki sis tahmin edilen bölglerde uydu görüntülerinde alçak bulutlar görülmektedir. Suriye üzerindeki alçak bulutlar ise FSL haritasında görülmemektedir.

Verifikasyon sonuçlarına gore en yüksek korelasyon 0,73 ile Esenboğa'da, en düşük korelasyon 0,53 ile Sabiha Gökçen'de görülmüştür. Rmse ise en yüksek 3310 m. ile Erzurum'da, en düşük 1758 m. ile Esenboğa'da görülmüştür. POD değerleri 5000 m. altı için daha yüksektir. FAR değerleri ise 5000 m. altı içib daha düşüktür.

Bu bilgiler ışığında FSL metodu sis risk tahmini için nisbeten kullanışlı bir metod olduğu değerlendirilmektedir. Yurdumuzun iç kesimleri için tutarlılığı kıyı ve doğu bölgelerine gore daha yüksektir.

FSL hesaplamalarında küresel ECMWF-IFS model ürünleri(0,125° çözünürlüklü) kullanılması sebebiyle bazı lokal siler görülemeyebilir. İleriki aşamada WRF gibi bölgesel modeller kullanılarak benzer çalışmaların yapılması daha tutarlı sonuçlar sağlayabilir. Diğer tarafatan FSL formülasyonu yer parametrelerinin bir fonksiyonudur ve yüksek atmosfer parametrelerini ihmal etmektedir.Buda tutarlığı düşüren diğer önemli bir etmendir.

KAYNAKLAR

[1] **Bang C. H., Lee. J. W.,** *Predictability Experiments of Fog and Visibility in Local Airports over Korea using the WRF Model*, Journal of Korean Society for Atmospheric Environment ., (VOL. 24, No. E2(2008)pp. 92~101), Korea, 2008.

[2] https://www.ecmwf.int/, *Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi*, Son Kontrol: 03.10.2017.

[3] https://www.eumetsat.int/website/home/index.html/, *Avrupa Meteorolojik Uydular Merkezi*, Son Kontrol: 03.10.2017.

[4] **Schalkwyk L. V.,** *Fog forecasting at Cape Town International Airport: A climatological approach*, University of Pretoria, 2011.

28 ŞUBAT - 1 MART 2017 TARİHLERİNDE İSTANBUL'DA MEYDANA GELEN SİS HADİSESİNİN SABİHA GÖKÇEN HAVALİMANINDA İNCELENMESİ

Mustafa Kemal KAYMAK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Sabiha Gökçen Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
İstanbul
mkaymak@mgm.gov.tr

Zekiye GÜNERİ
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Sabiha Gökçen Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
İstanbul
zguneri@mgm.gov.tr

ÖZET

Havalimanlarında meydana gelen sis hadisesi, seferlerin iptal edilmesine veya divertlerin yaşanmasına neden olmaktadır. Her ne kadar günümüzde meteorolojik tahminlerin tutarlılığında artış olsa da, sefer sayılarının çok olduğu havalimanlarında sisin yoğunlaşacağı ve kalkacağı zamanları hassas bir şekilde tahmin etmekte çeşitli zorluklar yaşanmaktadır. Sis tahmininde Skew-T- Log-P diyagramı ve model çıktılarının değerlendirilmesi kadar sisin çökme ve dağılma zamanlarının tespitinde de uydu görüntülerinin kullanılması elzemdir.

Bu çalışmada; 28 Şubat – 1 Mart 2017 tarihinde İstanbul'da meydana gelen sis hadisesi Sabiha Gökçen Havalimanı özelinde incelenmiştir. Sis hadisesinin yaşandığı tarihlerde 300 civarı olan geliş sefer sayısı 192'ye kadar düşmüştür. Bu esnada 158 adet sefer iptal edilmiştir. Çalışmada sayısal hava tahmin modellerinin çıktıları, çeşitli uydu kanallarının çıktıları, METAR (Aviation Routine Weather Report), SPECI (Aviation Selected Special Weather Report) rasatları, TAF (Terminal Aerodrome Forecast) tahminleri ve Skew-T - Log-P diyagramı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler — Sis, RGB, MSG, Metar, Taf, Speci.

1. GİRİŞ

Sabiha Gökçen Havaalanı İstanbul Anadolu yakası Pendik ilçesinde Kurtköy mevkiinde 2001 yılında açılmıştır. Sabiha Gökçen Havalimanı'nın güney batısında Marmara Denizi, kuzeyinde Ömerli Barajı, batısında Aydos Tepesi bulunmaktadır. 40.53 doğu enlemi, 29.18 kuzey boylamında yer almaktadır. 99,3 metre rakımında kurulan meydan bulunduğu konum nedeniyle görüş mesafesini kısıtlayan sis, pus gibi meteorolojik hadiselere maruz kalmaktadır.

Şekil 8: Sabiha Gökçen Havalimanı konumu

Şekil 9: Sabiha gökçen Havaalanı uydu görüntüsü

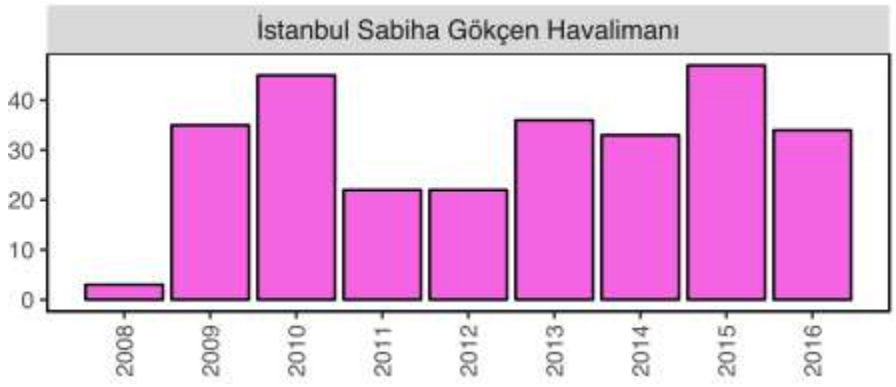
Sis yatay ve dikey görüş mesafesinde azalmaya neden olarak karayolu ve özellikle hava ve denizyolu ulaşımının sağlık bir şekilde yapılmasında engel teşkil eden önemli bir meteorolojik

hadisedir. Çok küçük sıvı su damlacıklarının veya buz kristallerinin yer yüzeyine çok yakın bir tabakada asılı olarak kalmaları sonucu görüş mesafesinin 1000 metrenin altına düşmesi durumunda oluşan hava hadisesine sis denir [1]. Büyük havaalanlarında, hava şartları nedeniyle olabilecek aksamalarda dikkate alınan sınır değerler aşıldığında, büyük problemler ve karışıklıklar ortaya çıkar. Bu durumda tüm uçuşların yeniden düzenlenmesi, gündeme gelir. Pistlerdeki sis oluşumlarına bağlı olarak hava yolu şirketleri her yıl milyonlarca dolar kaybetmekle karşı karşıya kalmaktadır. Çamalan ve arkadaşlarının Esenboğa Havalimanı için yaptıkları çalışmada zamansal ve oluşum nedenlerine göre sisi sınıflandırmışlardır. 2000-2009 yılları arasını kapsayan çalışmalarında sislerin % 77 soğuk sis, % 23 sıcak sis oluşturmaktadır. Oluşan sisin %50'sinin aralık ve ocak aylarında meydana geldiği tespit edilmiştir [2]. Bununla beraber sis oluşumu bitkilerin donmasını engelleyerek tarımsal açıdan faydalı da olmaktadır [3].

2. DATA VE ANALİZ

Çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) havalimanları Meteoroloji Müdürlüğünde havacılık amaçlı yapılan METAR (Aviation Routine Weather Report), SPECİ (Aviation Selected Special Weather Report) gözlemlerinin 27 Şubat-1 Mart arası verisi kullanılmıştır. İstanbul bölge müdürlüğünün radyozonde verileri ile enverziyon durumu incelenmiştir. Bunlara ilaveten MSG (Meteosat Second Generation) ürünleri ve yer kartı analizleri de kullanılmıştır.

Sabiha Göçen Havalimanının 2008-2016 yılları arasındaki sis dağılımına bakıldığında en çok sisli gün sayısının 2010 ve 2015 yıllarında olduğu görülmektedir (Şekil 3).

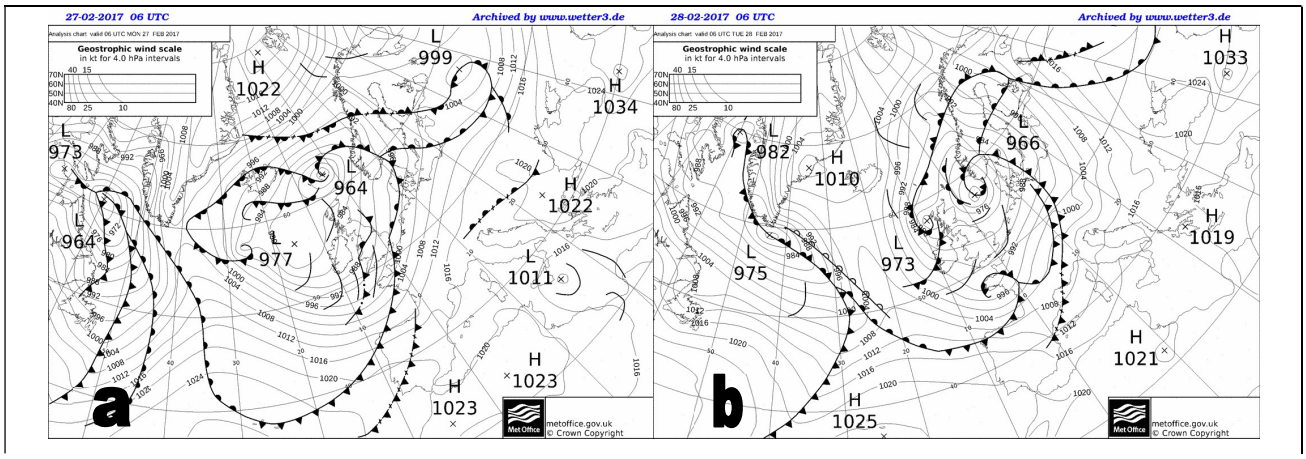


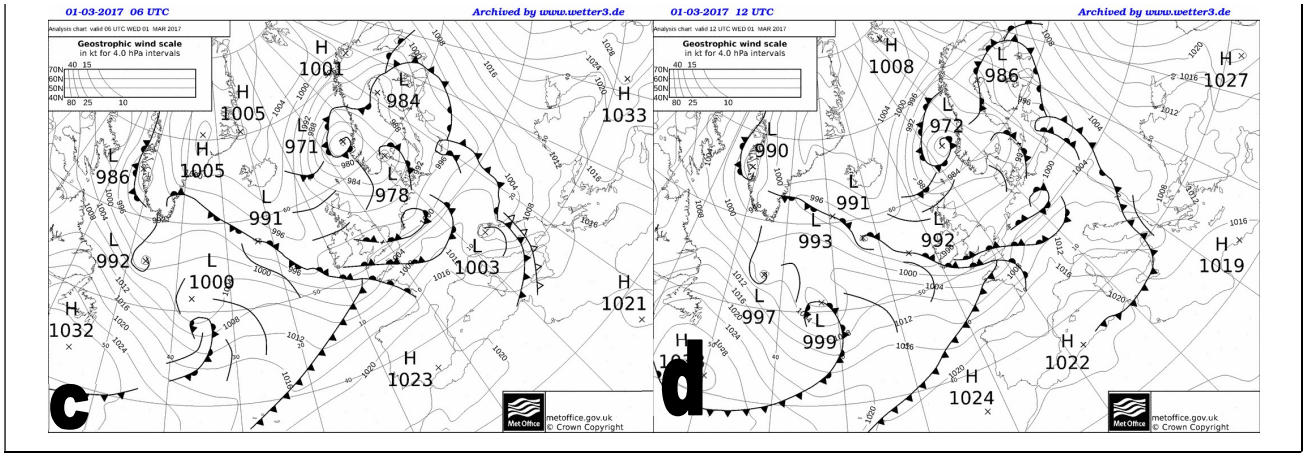
Şekil 10: Sabiha Gökçen Havalimanı Yıllara Bağlı Sisli Gün Sayısı

Sisli günlerin aylık dağılımına bakıldığında ise en sisli günlerin kasım ayında en az sisli günün ise mart ayında gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4).

Şekil 11: Sabiha Gökçen Havalimanı Aylık Sisli Gün Sayısı

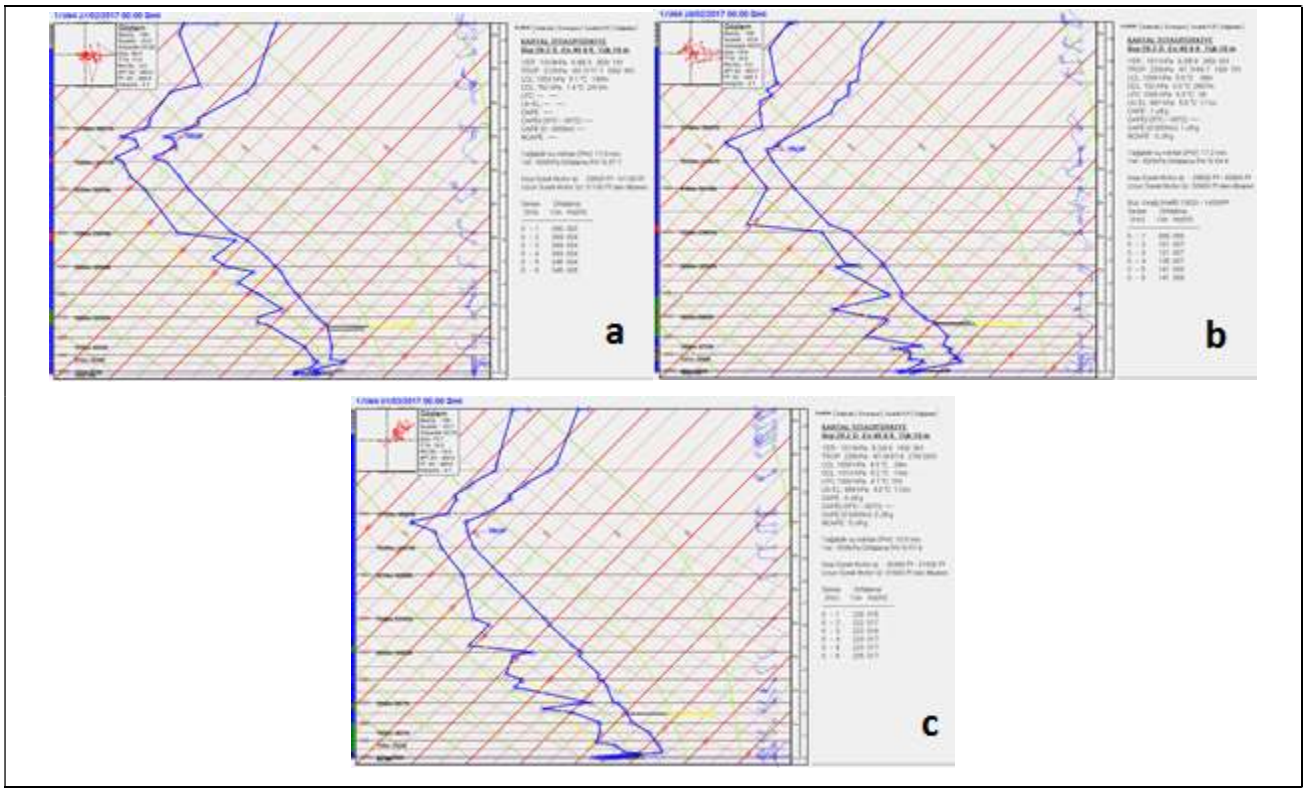
Sinoptik ölçekte atmosfer incelendiğinde; Rusya üzerinde 1034 hPa değerli yüksek basınç merkezi görülmektedir. Bu yüksek basıncın 1022 hPa değerli uzantısı Ege kıyılarında görülmektedir (Şekil 5.a). Yüksek basınç alanı 1 Mart'a kadar Türkiye üzerinde kalmaktadır (Şekil 5.b, 5.c). Daha sonra 971 hPa değerli İzlanda (İngiltere üzerindeki) alçak basıncının Türkiye üzerine etkisiyle 1 Mart saat 09:00 UTC'den itibaren sis dağılmaktadır (Şekil 5.d).





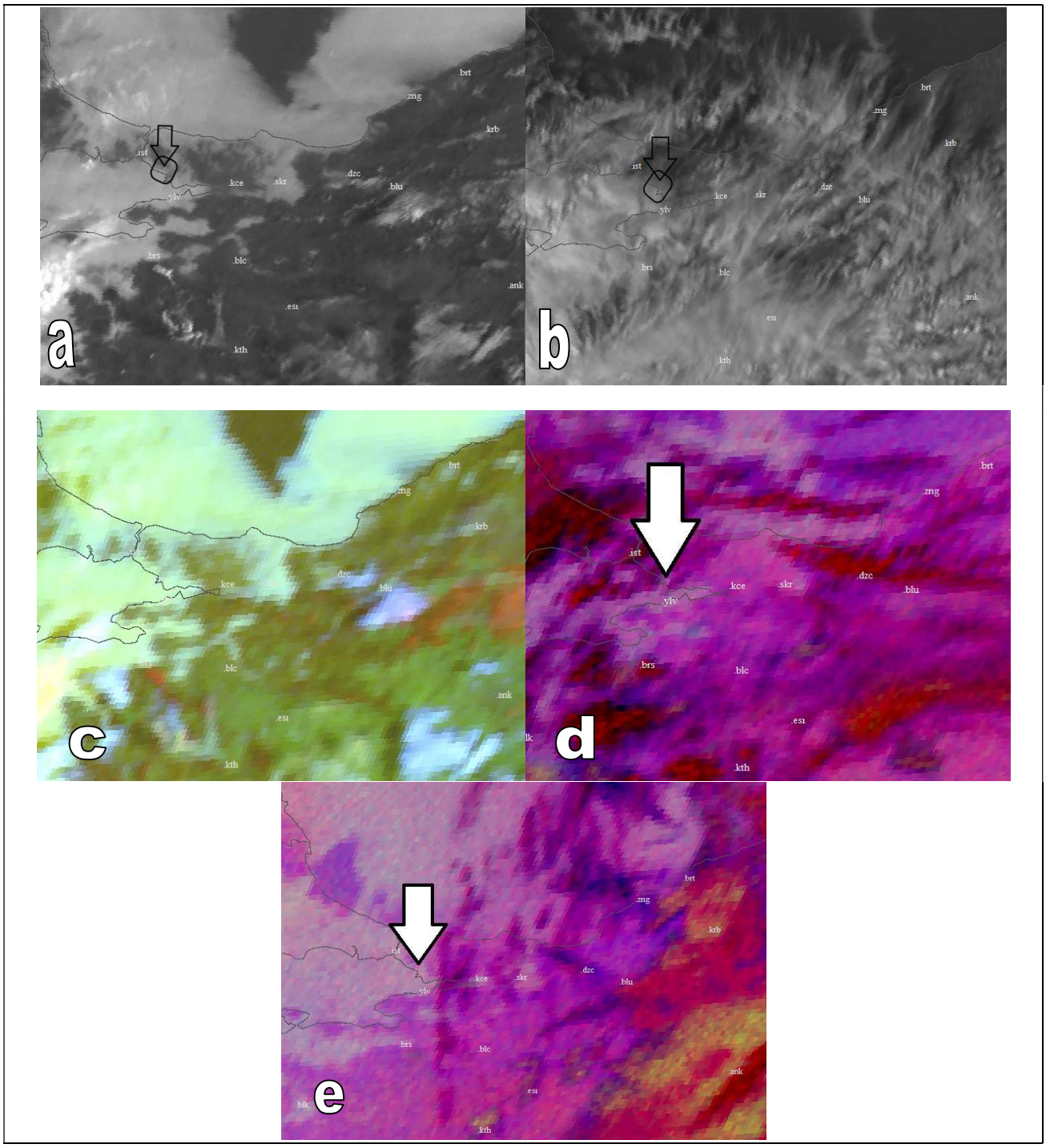
Şekil 12: a: 27 Şubat 2017 06:00 UTC'ye ait yer kartı, b: 28 Şubat 2017 06:00 UTC'ye ait yer kartı, c: 1 Mart 2017 06:00 UTC'ye ait yer kartı, d: 1 Mart 2017 12:00 UTC'ye ait yer kartı

27 Şubat 00 UTC'deki skew-T log-P diyagramı incelendiğinde yer seviyesinde sıcaklık 6.4^{O}C, basınç 1019 hPa, 448 metrede sıcaklık 8^{O}C, basınç 968 hPa, 722 metrede sıcalık 10.4^{O}C, basınç ise 935 hPa ölçülmüştür, bu tabakada 4^{O}C'lik enverziyon gözlemlenmiştir (Şekil 6.a). 28 Şubat 00 UTC'deki skew-T log-P diyagramında, yer seviyesinde sıcaklık 6.4^{O}C, basınç 1011 hPa, 446 metrede sıcaklık 10.3^{O}C, basınç 960 hPa, 670 metrede sıcaklık 11.4^{O}C, basınç ise 934 hPa ölçülmüştür, bu tabakada 5.2^{O}C'lik enverziyon gözlemlenmiştir (Şekil 6.b). 1 Mart 00 UTC'deki skew-T log-P diyagramında ise yer seviyesinde sıcaklık 5.2^{O}C, basınç 1013 hPa, 259 metrede sıcaklık 10.6^{O}C, basınç 984 hPa, 423 metrede sıcaklık 14.4^{O}C, basınç ise 965 hPa ölçülmüştür, bu tabakada 9.2^{O}C'lik kuvvetli bir enverziyon gözlemlenmiştir (Şekil 6.c).



Şekil 13: a: 27 Şubat 2017 00:00 UTC'ye ait skew-T log-P diyagramı, b: 28 Şubat 2017 00:00 UTC'ye ait skew-T log-P diyagramı, c: 1 Mart 2017 00:00 UTC'ye ait skew-T log-P diyagramı

Uydu görüntülerinden 27 Şubat 14:00 RGB 12/12/09 HRV görüntüsü incelendiğinde sisin meydana yaklaştığı, pus hadisesinin hali hazırda mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Sisli bölgeler koyu mat renkli iken puslu bölgeler ise daha açık renktedir (Şekil 7.a, 7.b). Sis hadisesinin gerçekleşti saatlere HRV görüntüsüne örnek olması bakımından 28 Şubat 05:45 görüntüsü kullanılmıştır. Meydanın bulunduğu bölge koyu ve mat beyaz kaplı olduğu görülmektedir (Şekil 7.c). Daysnowfog ürünü aynı saat için incelendiğinde Marmara denizi, Karadeniz ve meydanın üzerinde koyu ve yoğun beyaz tabaka dikkat çekmektedir (Şekil 7.c) .



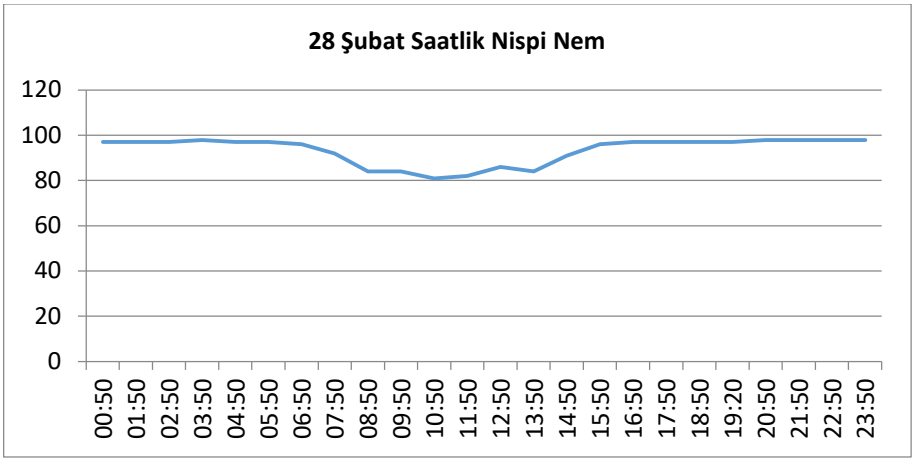
Şekil 14: a. 28 şubat 05:45 (vishrv), b. 27 şubat 14:00(vishrv) pus, sis yaklaşıyor, c. 28 şubat 05:45 (daysnowfog) sis, d.28 şubat 00:30 sisin en yoğun olduğu saat, e.1 mart 04:30 sisin en yoğun olduğu saat (nightmicrophysics)

Sisin en yoğun olduğu zamanlar ki yatay görüş 100 metre, dikine görüş ise 100 metre olarak o günlere ait METAR raporlarında verilmiştir (Tablo 1). Nightmicrophysics ürünü 28 Şubat saat 00:30 ve 1 Mart saat 04:30 için incelendiğinde kirli beyaz-gri şeklinde görülmektedir (Şekil 7.d, 7.e).

Tablo 2: Bazı METAR-SPECI rasatları

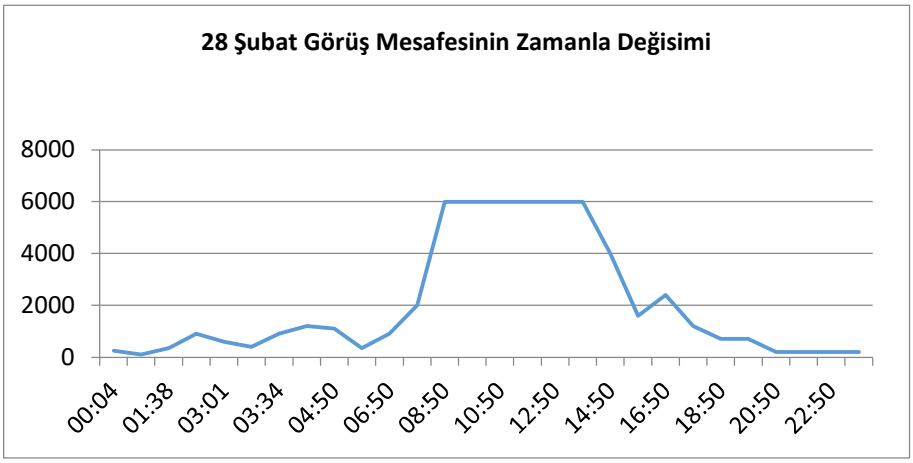
Tipi	GMT	RASAT
M	1350	LTFJ 271350Z 23005KT 6000 FEW016 BKN200 09/07 Q1018 NOSIG RMK RWY24 22004KT =
M	0020	LTFJ 280020Z 00000KT 0100 R06/0325U R24/0250U FG VV001 05/05 Q1017 BECMG 0300 VV003 RMK RWY24 00000KT =
M	0550	LTFJ 280550Z 05004KT 0350 R06/0800N R24/0450D FG VV003 03/03 Q1017 BECMG 1200 BCFG SCT006 RMK RWY24 05004KT =
S	0432	LTFJ 010432Z VRB02KT 0100 R06/0350D R24/0250N FG VV001 05/05 Q1014 NOSIG RMK RWY24 VRB02KT =

Sabiha Gökçen Havaalanı Meteoroloji Müdürlüğü'nün AWOS (Automated Weather Observing System) datalarından alınan 28 Şubat tarihine ait saatlik nispi nem değerlerine göre 07:50-14:50 UTC saatleri arasında yaklaşık % 80 nem varken özellikle akşam ve gece saatlerinde nemin % 95-98 aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 8).



Şekil 15: 28 Şubat 2017 Saatlik Nispi Nem Değişimi

Nispi nemin fazla olduğu saatlerde de görüş mesafesinin 100-1000 metre arasında olduğu ölçülmüştür. (Şekil 9)



Şekil 16: 28 Şubat 2017 Görüş Mesafesinin Zamanla Değişimi

27 ve 28 Şubat ilgili meydan TAF'larına (Tablo 2) bakıldığında pus ve sis hadisesinin tahmin edildiği özellikle 28 Şubat günü görüşün 00:00 Z'den itibaren 300 metre olacağı öngörülmüştür.

Tablo 3: 27-28 Şubat 20174 TAF'ları

Saati	**Geçerlilik Periyodu**	**TAF**
10.40	2712/2812	VRB02KT 4000 BR SCT010 BKN200 TEMPO 2721/2801 2400 PROB30 TEMPO 2801/2805 1200 BCFG BECMG 2806/2809 CAVOK
22.40	2800/28024	VRB02KT 0300 FG VV003 BECMG 2805/2807 1200 BCFG SCT010 BECMG 2807/2810 9999 NSW BECMG 2816/2819 3200 BR
04.40	2806/0106	VRB02KT 1200 BCFG SCT006 BECMG 2806/2809 CAVOK BECMG 2815/2818 3200 BR SCT012 BECMG 2818/2821 1200 BCFG BKN008 PROB40 2822/0101 0700 FG VV001 PROB40 0101/0105 0400 FG VV001
22.40	0100/0124	VRB02KT 0400 FG VV002 TEMPO 0101/0105 0100 BECMG 0106/0109 6000 SCT015

Sis hadisesinin meydan trafiğe olan etkisini ise hadiseden önceki günlerin ve hadisenin olduğu gündeki geliş-gidiş sefer sayılarına bakılarak görülebilir. Havacılığı etkileyen hadiselerin tahmini ve takibinin önemi Tablo 3'den daha iyi anlaşılmaktadır.

Tablo 4: Sabiha Gökçen Trafik Bilgisi

	26 Şubat	27 Şubat	28 Şubat	1 Mart	2 Mart	3 Mart
Geliş	298	279	192	254	281	301
Gidiş	292	277	210	240	282	307

Sis hadisesinden önce 300'e yaklaşan gelen uçak sayısı, sisin olduğu gün 192'ye düşmüştür. Yine 300'e yaklaşan giden uçak sayısı 28 şubat günü 210'da kalmıştır. Hadisenin yaşandığı 28 Şubat günü seferlerde 21 divert ve 77 iptal yaşanırken, 1 Mart tarihinde ise 13 divert ve 81 iptal yaşanmıştır.

3. SONUÇ

Uçak seferlerinin planlanması önemli ve karmaşık bir süreçtir, aynı uçak bir seferin akabinde başka yerlere uçmaktadır yani toplam rotası birkaç bacaktan oluşmaktadır. Rotasındaki bir havalimanında uçuculuğu etkilene bir hadise yaşandığında diğer varış noktaları da etkilenmektedir. Bu yüzden bu hadiselerin tahmini ve takibi elzemdir. Sabiha gökçen Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü tarafından da sisin tahmini ve takibi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Sis hadisesinin yaşandığı günlerde sefer sayıları 300'lerden 192'ye kadar yaklaşık 1/3 oranında düşmüştür.

Tahmin ve takip sürecinde uydu, Skew-T - Log-P ve sayısal model çıktıları yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Bu tahmin ve takip süreci meydan personelinin yetkinliği ve bilgisiyle başarılı bir şekilde yönetilmiştir.

4. TEŞEKKÜR

Yazarlar, verilerin elde edilmesindeki desteklerinden dolayı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğüne teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

[1] Annex, ICAO "Annex3–Meteorological Service for International Air Navigation" Eighteenth Edition, APP 3-12, (2013)

[2] Çamalan G., Yağan S., ve Akgün Z., Esenboğa Havalimanı Sis Etüdü, Uluslararası Katılımlı 1. Meteoroloji Sempozyumu (317-327), Sempozyum Bildiri Kitabı, 2010.

[3] Özdemir, E. T., Sezen, İ., Deniz, A., & Mentes, S., Atatürk Havalimanı'nın Sis Analizi/Analysis of Fog for Ataturk International Airport, 3. Ulusal Havacılıkta İleri Teknolojiler Konferansı (HİTEK 2014), Hava Harp Okulu, İstanbul 2014.

METEOROLOJİK UYDU ÜRÜNLERİ KULLANILARAK BULUT KAPALILIĞI TESPİTİ

Nurullah BİLGİN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Yazılım ve Donanım Şube Müdürlüğü
Ankara
nbilgin@mgm.gov.tr

Kemal DOKUYUCU
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü
Ankara
kdokuyucu@mgm.gov.tr

ÖZET

1 Temmuz 2017 itibari ile Türkiye genelinde 1674 adet Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu(OMGİ) bulunmakta olup, bunlardan 177 adedi insanlı olarak faaliyet göstermektedir. Mevcut gözlem istasyonlarının sadece insanlı olanlardan hâlihazır hava durum ,bulut kapalılığı, bulut cinsi bilgileri alınabilmekte, otomatik istasyonlardan ise halihazır hava durumu ve bulut bilgileri alınamamakta idi. Bu açığı kapatmak amacıyla yakın zamanda kullanımına başlanan 246 adet hâlihazır hava sensörü de, 975 adet ilçe merkezi olduğu düşünüldüğünde ihtiyacı karşılayamamaktadır. Ayrıca kullanımına başlanan bu sensörlerden bulut bilgisi alınamamaktadır. Bu amaçla istasyonların bulunduğu yerlere ait bulutluluk durumlarını tespit etmek amacıyla uydu görüntüleri ve meteorolojik istasyonlara ait bilgiler kullanılarak ihtiyaç duyulan bulutluluk bilgisi elde etme çalışması başlatılmıştır. Çalışmada otomatik istasyonlardan alınan yer sıcaklığı, uydu ürünlerinden 10.8 IR kanalı verileri, Nowcasting SAF ürünlerinden Bulut Maskesi ve Bulut Tipleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler — uydu ürünleri; bulut kapalılığı;gözlem istasyonları.

1. GİRİŞ

Son yıllarda gelişen teknolojiye bağlı olarak ülkemizdeki otomatik ölçüm yapan Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının (OMGİ) sayısı önemli ölçüde artış göstermiştir. Klima istasyonlarının da otomatik ölçüm merkezine dönüşmesi ile insanlı gözlem yapan istasyonların sayısı, havaalanları ve il merkezleri kalmıştır. 1500'den fazla merkezde yapılan otomatik ölçümlerin, hem internet sayfası hem de mobil uygulamaların gösteriminde bulutluluk olmaması büyük eksiklik olarak ortaya çıkmıştır. Bu açığı kapatmak amacıyla yakın zamanda kullanımına başlanan 246 adet hâlihazır hava sensörü de, 975 adet ilçe merkezi olduğu düşünüldüğünde ihtiyacı karşılayamamaktadır. Mevcut halihazır hava sensörleri de bulutluluk tespiti yapamamaktadır. Kurumumuz yetkilileri tarafından oluşturulan bir komisyon, bulutluluk tespit çalışması ile görevlendirilmiştir. Öncelikli olarak uydu ve sayısal hava tahmin verileri incelenmiş, Ecmwf modelinin ürettiği bulutluluk ve uydu bulut tepe sıcaklığının kullanılmasına karar verilmiştir. Bulutluluk verisi uydu ürünleri ve sayısal modelden, her bir merkez için saatlik olarak grid bazlı 9 piksel olarak alınmış, yer sıcaklığı ve sıcaklık ve işba sıcaklığı farkı (T-Td) bilgileri de ölçüm yapılan merkezlerden bu çalışmaya ilave edilmiştir. Bu veriler yaklaşık üç ay boyunca, manuel gözlem yapan yaklaşık 140 istasyonda incelenmeye alınmıştır. Sayısal hava tahmin ürünlerinin sağlıklı sonuçlar vermediği ortaya çıkmış ve bu bilgiler çalışmadan çıkartılmıştır. Çalışmadan elde edilen analiz sonuçlarına göre uydu ürünlerinden IR10.8 kanalından elde edilen bulut tepe sıcaklıklarına ilave olarak NWC-SAF merkezlerince üretilen bulut tipi (CT)'nin birlikte kullanılmasına karar verilmiştir. Veriler analiz edilmiş, izlenmiş ve düzeltmeler yapılmıştır. Sonuç olarak uygulamaya konulmasına karar verilmiştir. 25 Nisan 2017 tarihinden itibaren ölçüm yapılan tüm merkezlere uydu bilgileri kullanılarak bulutluluk verisi ilave edilmiştir.

2. UYDU ÜRÜNLERİNDEN IR 10.8 KANALI VE NWC-SAF MERKEZLERİNCE ÜRETİLEN BULUT TİPİ (CT) İLE BULUTLULUK TESPİTİ

Uydudan bulutluluk tespit yapılabilmesi için öncelikli olarak, gece gündüz bilgi alınacak IR 10.8 kanalına ait uydu görüntülerinin çözümlenmesi, daha sonra bulutluluk verisi olan merkezlerle eşleştirilmeleri yapılmıştır. Burada her merkez için grid bazlı 9 piksel değeri kabul edilmiştir. Başka bir deyişle, uydudan okunan bulutluluk verisi merkezin her yönünde 5 km'lik bir uzaklığı temsil etmektedir.

Şekil-1 Uydudan elde edilen 9 piksel bulutluluk görünümü.

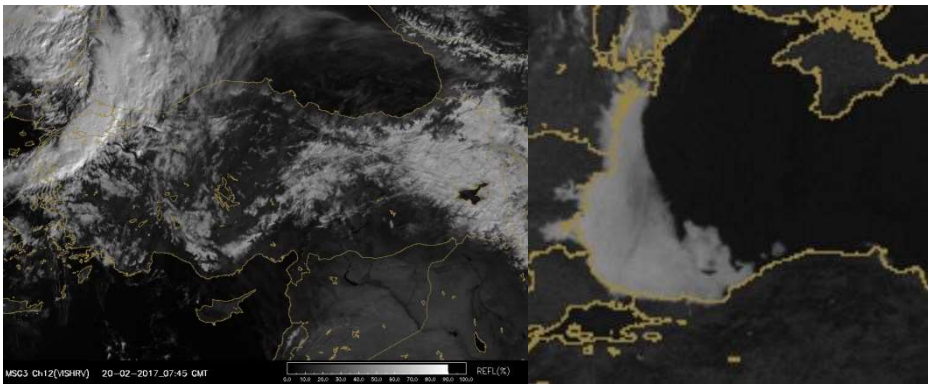
Elde edilen piksel değeri ortalamaları bir bulutluluk değerine tamamlanmıştır. Rasatçılar tarafından yapılan bulut kapalılığı ile mukayese edilmeye başlanmıştır. Bulut tepe sıcaklıkları ortalamaları alınarak bir değer elde edilmiştir. Yer rasatları ile mukayese edildiğinde 5 derecelik sıcaklık farkı dikkate alınarak ilk karşılaştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Ancak özellikle alçak bulutlar ve sisli durumlarda elde edilen değerler yerde ölçülen bulutluluk değerlerine uymamıştır. Bazen de tam tersi durumlar ortaya çıkmıştır. Buradaki temel farklılık; rasatçı genellikle 15-20 km'ye kadar yatayda olan bulutları görürken, uydu dikey olarak 10 km'ye kadar olan bilgileri sisteme dâhil etmektedir. Böyle bir farkı bilerek ilk bilgiler mukayese edilmeye başlanmıştır. Daha sonra mukayese için 5 °C olan eşik değeri 9,2 °C olarak belirlenmiştir.

Tablo-1 Bulut tepe sıcaklığı bilgileri ve yer bilgileri

17022	Zonguldak	44	44	32	30	44	60	22	30	50	AÇIK	0	40	1
17030	Samsun	-134	-140	-128	-128	-142	-120	-142	-128	-128	KAPALI	9	42	6
17033	Ordu	-106	-106	-126	-104	-68	-126	-68	-92	-92	KAPALI	9	43	6
17034	Giresun	-94	-108	-126	-126	-94	-148	-86	-94	-94	KAPALI	9	46	6
17040	Rize	-154	-152	-130	-130	-154	-146	-154	-158	-158	KAPALI	9	29	8
17045	Artvin	-152	-186	-168	-168	-176	-144	-154	-154	-134	KAPALI	9	-27	6
17046	Ardahan	-178	-202	-202	-152	-224	-178	-210	-210	-170	KAPALI	9	-81	3
17050	Edirne	140	126	130	132	140	142	160	148	148	AÇIK	0	71	0
17052	KIrklareli	130	130	130	118	124	116	116	116	114	AÇIK	0	74	0
17056	TekirdaG	140	136	82	48	146	114	140	144	140	AÇIK	0	50	0
17059	Kumköy-Kilyos	50	50	50	64	50	50	24	22	20	AÇIK	0	67	0
17061	Sarıyer	72	82	86	78	76	60	78	78	64	AÇIK	0	89	0
17064	Kartal	70	50	60	72	52	82	88	98	82	AÇIK	0	62	0
17066	Kocaeli	82	78	78	86	82	98	82	82	92	AÇIK	0	58	1
17069	Sakarya	112	100	100	108	96	118	114	114	116	AÇIK	0	68	0
17070	Bolu	6	6	44	44	-8	44	-8	18	18	AÇIK	0	-10	0
17072	DUzce	88	86	74	44	88	70	68	62	40	AÇIK	0	42	0
17077	KarabükKapullu	64	32	86	84	10	64	-16	-8	14	AZ BULUTI	2	44	0
17080	CankIrI	44	44	88	88	36	88	36	52	52	AÇIK	0	11	0

Verilerden gelen bilgilerin çoğunluğu açık ya da kapalı olarak okunmuştur. Az bulutlu ve parçalı bulutlu durumlar son derece az görülmüştür. Sistemin aylık analizinde kullanımın yetersiz olduğu

görülmüş ve sayısal hava tahmin ürünlerinde bulunan kapalılık durumunun sisteme ilave edilmesine karar verilmiştir. ECMWF'den elde edilen sayısal bilgiler bulut değerlerine çevrilerek kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil-2 Uydu görüntüleri ve kapalılık analizleri

Tablo - 2 Bulut tepe sıcaklığı ve ECMWF bulutluluk bilgileri

	108	50	44	-90	108	102	46	122	104	ÇOK BULUTLU	ECMWF	66	8	205
	-54	54	76	86	-54	-6	-4	-38	-38	ÇOK BULUTLU	ECMWF	48	9	210
	192	144	152	162	192	202	206	204	198	AÇIK	ECMWF	31	0	225
	188	144	132	180	188	192	172	198	198	AÇIK	ECMWF	46	1	233
	164	112	82	86	164	164	164	172	160	AZ BULUTLU	ECMWF	62	3	235
	-388	-468	-438	-400	-388	-352	-298	-322	-342	ÇOK BULUTLU	ECMWF	77	9	194
	-550	-540	-538	-534	-550	-540	-550	-554	-550	ÇOK BULUTLU	ECMWF	84	9	123
	-480	-476	-474	-470	-480	-474	-502	-492	-480	ÇOK BULUTLU	ECMWF	91	9	137
	-232	-210	-194	-184	-232	-220	-238	-240	-226	ÇOK BULUTLU	ECMWF	98	9	136
	-72	-106	-96	-94	-72	-80	-70	-86	-102	ÇOK BULUTLU	ECMWF	97	9	134
	-194	-186	-188	-178	-194	-186	-140	-158	-154	ÇOK BULUTLU	ECMWF	97	9	131
	-72	-22	-14	-56	-72	-54	-90	-66	-42	ÇOK BULUTLU	ECMWF	32	9	130
	-108	16	-4	4	-108	-80	-154	-148	-86	ÇOK BULUTLU	ECMWF	33	9	128
	-120	-62	-48	-10	-120	-90	-132	-120	-80	ÇOK BULUTLU	ECMWF	27	9	116
	-150	-128	-152	-130	-150	-146	-148	-128	-134	ÇOK BULUTLU	ECMWF	45	9	115
	-12	-36	10	36	-12	18	-76	-12	24	ÇOK BULUTLU	ECMWF	63	8	121
	-230	-228	-252	-240	-230	-258	-220	-226	-252	ÇOK BULUTLU	ECMWF	81	9	121
	-276	-278	-308	-318	-276	-278	-324	-294	-282	ÇOK BULUTLU	ECMWF	69	9	121
	-250	-248	-244	-248	-250	-250	-238	-242	-256	ÇOK BULUTLU	ECMWF	57	9	121
	-196	-228	-256	-258	-196	-250	-142	-162	-222	ÇOK BULUTLU	ECMWF	45	9	129
	92	124	118	102	92	78	-10	12	-22	AZ BULUTLU	ECMWF	61	3	151
	-162	-154	-180	-194	-162	-174	-90	-100	-118	ÇOK BULUTLU	ECMWF	78	9	158
	92	108	126	110	92	134	76	98	116	AZ BULUTLU	ECMWF	94	3	189

3. SONUÇLAR

Uydu ürünlerinden IR 10.8 kanalından elde edilen bulut tepe sıcaklığı ve NWC-SAF merkezlerince üretilen bulut tipi (CT) sınıflamasına göre yapılan çalışmada, açık ve kapalı durumlar için başarı oranı oldukça yüksek olarak (%80-90) tespit edilmiştir. Çalışmada az bulutlu durumlarda başarı oranının düşük (%25-30) olduğu görülmüştür. Uydudan belirlenen kapalılık grid bazlı olarak her yönden 5 km mesafeden alınmaktadır. Ancak rasatçının yatay görüş mesafesi daha fazla olmaktadır.

Bundan dolayı az bulutlu durumlar rasatçı tarafından daha fazla kaydedilmektedir. Bu durum dikkate alındığında, yapılan çalışmadaki başarının daha yüksek olması beklenmektedir. Çalışmada 137 merkezde yapılan rasatlardaki bulutluluk esas alınmıştır. ECMWF bulutluluk tahmininin başarı oranı %40 civarında değerlendirilmiş ve çalışmadan çıkartılması uygun görülmüştür. Yapılan çalışmada bulutların cinsi, sıcaklığı ve yüksekliği gibi konular üzerinde de analizlerin mümkün olabileceği görülmüştür. Özellikle Cumulonimbus (Cb) alanlarının belirlenmesi gibi önemli konular sonraki aşamalarda değerlendirilebilir. Sis, kar örtüsü ve uydu tarafından yerde ölçülen yüksek sıcaklıklar sistemin ortaya koyduğu belirsizlikler (başarısız durumlar) olarak sayılabilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların WEB uygulamalarında kapalılık bilgisi (açık, az bulutlu, bulutlu, çok bulutlu) olarak kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Uydu Ürünleri IR 10.8 Kanalı Verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2017.

[2] NWC-SAF Merkezlerince Üretilen Bulut Tipi (CT) Verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2017.

[3] Yer Rasat Verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2017.

[4] ECMWF Bulutluluk Tahmini Verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2017.

30-31 OCAK 2017 TARİHLERİNDE YAŞANAN KARADENİZ ETKİSİ KAR YAĞIŞLARININ OLAY İNCELEMESİ

Oğuzhan Kolay
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Milas-Bodrum Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
Muğla
okolay@mgm.gov.tr

Batuhan Ateş Yılmaz
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Trabzon Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
Trabzon
batuhanatesyilmaz@gmail.com

Muhammed Şimşek
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Trabzon Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
Trabzon
msimsek@mgm.gov.tr

ÖZET

Doğu Karadeniz sahil şeridinde, soğuk ve yağışlı bir havanın ardından gelen açık ve kuzeyli rüzgarlı havalar için "kar topluyor" denir. Bu deyim, bölge insanının deniz etkisi ile kar yağışını tanımlama şeklidir. Deniz etkisi kar yağışları Karadeniz sahil şeridinde Kasım ile Şubat ayları arasında görülebilmektedir. Bu yağış biçimi, soğuk cephe geçişini takip eden kuzeyli soğuk havanın, nispeten ılık deniz yüzeyi üzerinden geçişi sonucu oluşur. Kar yağışı miktarını etkileyen temel parametreler, deniz yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve yönüdür.

30-31 Ocak 2017 tarihinde yaşanan kar yağışı sonucunda Trabzon Meydan istasyonunda ölçülen 66cm lik kar yüksekliği 50 yıllık ölçüm rekorunu kırmıştır. Bu çalışmanın amacı, mevcut olayda OMGİ (Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu)'ler ve yüksek seviye gözlemlerinden alınan verileri analiz etmektir. Ayrıca uydu ve radar verileri incelenerek kar bantlarına ait tanımlama yapılmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler — Deniz Etkisi Kar, Karadeniz, Radar, Uydu.

1. GİRİŞ

Trabzon, Doğu Karadeniz bölgesinde, Karadeniz kıyısında yerleşik bir şehirdir. Şehir merkezi yaklaşık olarak deniz seviyesindedir. Şehrin genel bakısı Kuzey-Kuzeydoğu yönündedir. Çalışma alanına ait haritalar şekil 1'de görülmektedir. Doğu Karadeniz sahil şeridi Kasım ile Şubat ayları arasında deniz etkisi kar yağışlarına maruz kalmaktadır. 29 Ocak 12 UTC (Coordinated Universal Time) gözlemlerinde Karadeniz'in doğusunda 1024 hPa'lık alçak basınç merkezinin, Ukrayna'nın kuzeyinde ise 1036 hPa'lık yüksek basınç merkezinin varlığı görülmektedir. Devamında alçak basınç merkezi doğu yönünde hareket etmekte ve merkeze bağlı bir soğuk cephe Karadeniz sahil şeridi üzerinde oluşarak etkili olmaktadır. Kuzeydeki yüksek basınç merkezi ise dolarak 1040 hPa değerine ulaşmaktadır. Sahil şeridi üzerinde yerleşik soğuk cephe ve kuzeyindeki yüksek basınç merkezi 31 Ocak ilk saatlere kadar etkisini sürdürerek Doğu Karadeniz sahil şeridinde etkili kar yağışlarına sebep olmuştur. Trabzon Meydan istasyonunda 29 Ocak 16 UTC civarında başlayan kar yağışı en yüksek şiddete 30 Ocak 18 UTC civarında ulaşmış ve 31 Ocak 05 UTC'ye kadar aynı şiddette devam etmiş ve 1 Şubat akşam saatlerine kadar aralıklarla devam etmiştir. Şiddetli kar yağışı sırasında hakim görüş 400-500m civarında seyretmiştir. 31 Ocak 06 UTC'de Trabzon Meydan istasyonunda ölçülen kar yüksekliği 66cm, Giresun sinoptik istasyonunda 42 cm., Rize sinoptik istasyonunda ise 24 cm.'dir. Şehir merkezinin yükseklerinde, halk gözlemlerine dayalı olarak 2 m.ye yaklaşan kar yükseklikleri olduğu bilgisi edinilmiştir. 30-31 Ocak'ta kar yağışı sonucu Devlet Hava Meydanları İşletmesinden alınan bilgilere göre Trabzon Havalimanı'na diğer illerden yapılması planlanan 19 uçuş ve Trabzon Havalimanı'ndan diğer illere yapılması planlanan 20 uçuş iptal olmuş, birçok trafik kazası gerçekleşmiş, bazı binaların çatıları çökmüş ve maddi hasara sebep olmuştur.

Şekil 1: *Çalışma alanının konumu.*

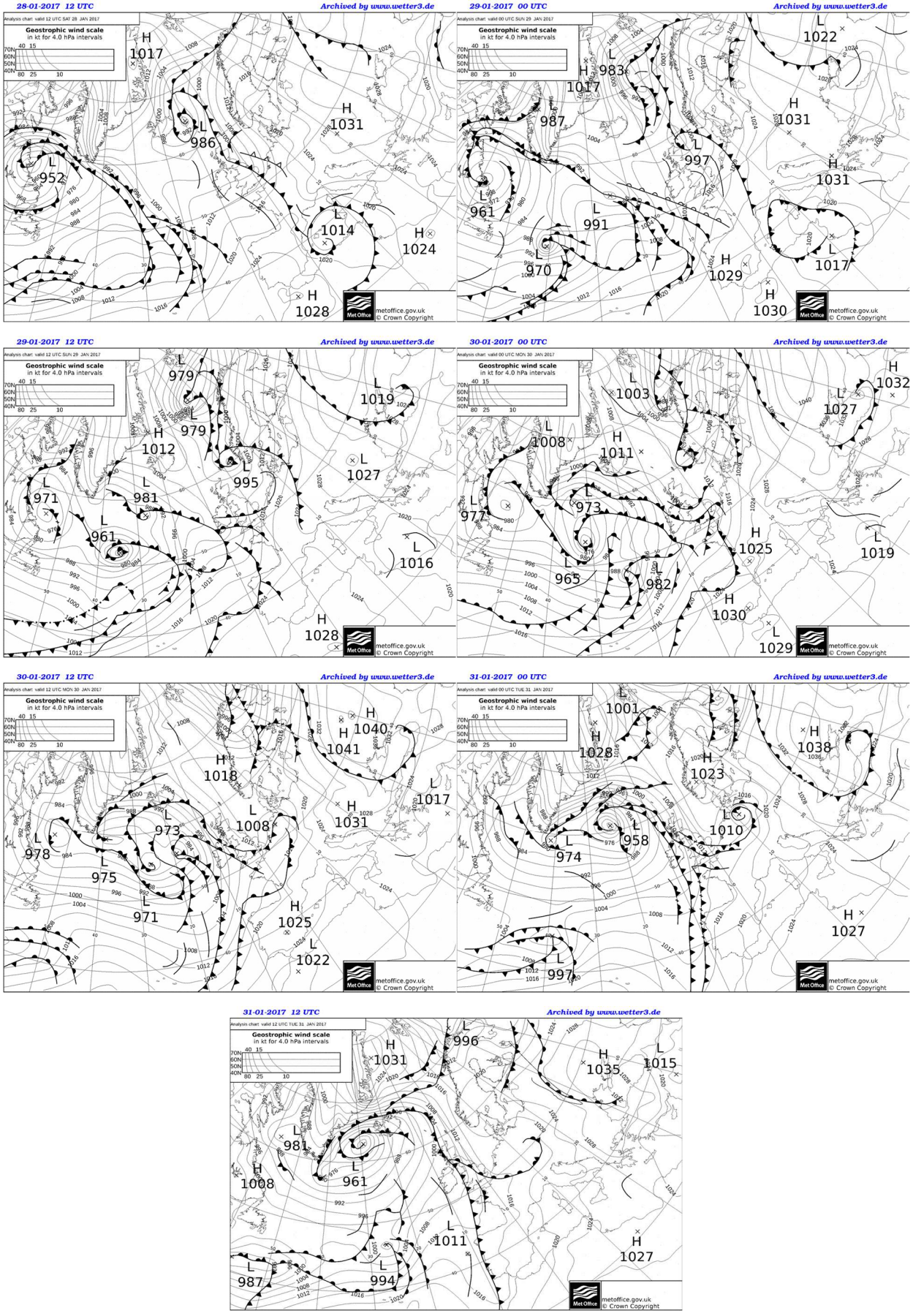
2. VERİ

Çalışma yapılırken Trabzon Havalimanı METAR (METeorological Aerodrome Report) ve SPECI (Aviation Selected Special Report) rasatları, Samsun Radiosonde istasyonuna ait yüksek seviye sondaj bilgileri, MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) Trabzon Radarından alınan PPI (Plan Position Indicator) ve MAX (Maximum Display) ürünleri, EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) MSG (Meteosat Second Generation) ve NASA (National Aeronautics and Space Administration) TERRA uydusundan alınan görüntüler, UK Met Office harita arşivinden alınan yer kartları ve GFS (Global Forecast System) modeli yüksek seviye kartları kullanılmıştır.

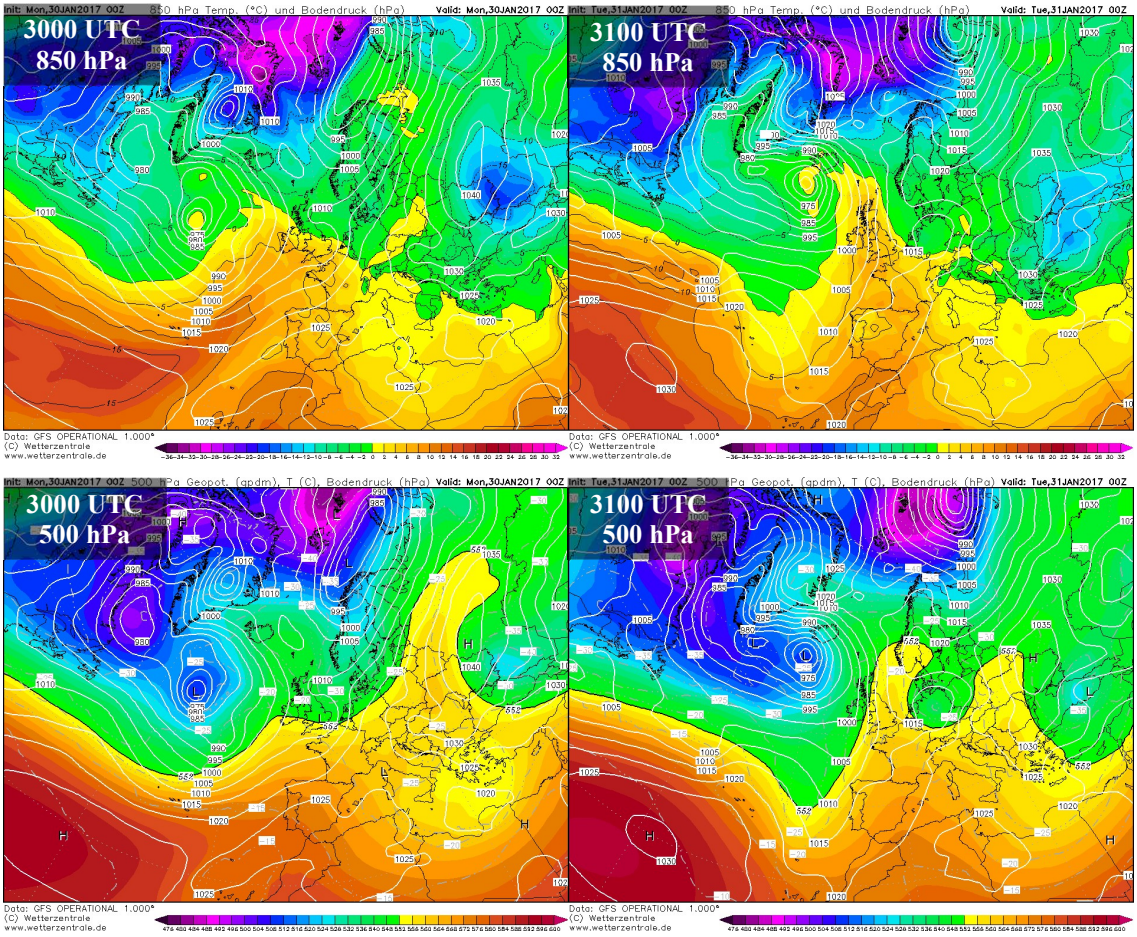
3. ANALİZ

*A.*Sinoptik Analiz

29 Ocak 00 UTC itibariyle Karadeniz'in doğusunda bulunan 1022 hPa'lık alçak basınç merkezi ve Karadeniz'in kuzeybatısında yer alan 1031 hPa'lık yüksek basınç merkezi inceleme bölgesine kuzey-kuzeydoğulu akışların oluşmasına sebep olmuştur. Bu akış ortalama 8,5-9°C civarında bulunan deniz suyu üzerinden geçmekte ve böylece alttan ısınmaktadır. 29 Ocak 00 UTC'de Kırım'ın kuzeyinde 50°N enlemi üzerinde oluşan cephe sistemi hızla güneye hareket ederek ve devamında oklüde olarak doğu karadeniz sahil şeridi üzerinden Ukrayna'nın batısına uzanarak 31 Ocak 12 UTC'ye kadar yaşamını sürdürmüştür. Bu cephe sisteminin kuzeyden güneye seyahati esnasında hareket hızı yaklaşık 27 km/h olarak hesaplanmıştır. Bu süreçte kuzeydeki yüksek basınç sistemi de 1040 hPa seviyesine ulaşarak Batı Karadeniz'e doğru uzanmıştır. Ayrıca kuzeyden güneye hareket eden kutupsal soğuk hava atmosferin üst seviyelerinin hızla soğumasına sebep olmuştur. Bu şekilde çalışmaya başlayan deniz etkisi kar yağışı mekanizması tüm cephe hattı boyunca etkili kar yağışlarına sebep olmauştur. Sinoptik analiz için kullanılan yer ve yüksek seviye kartları ise sırasıyla şekil 2 ve şekil 3'te görülmektedir.

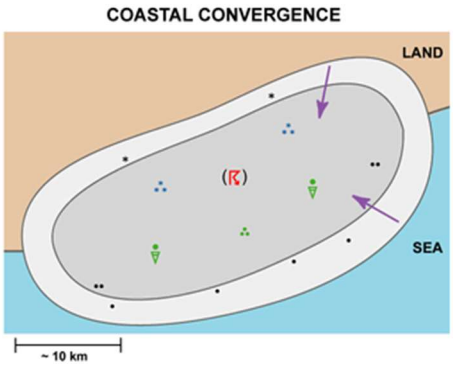


Şekil 2: *Yer kartları [1].*



Şekil 3: *GFS model yüksek seviye kartları [2].*

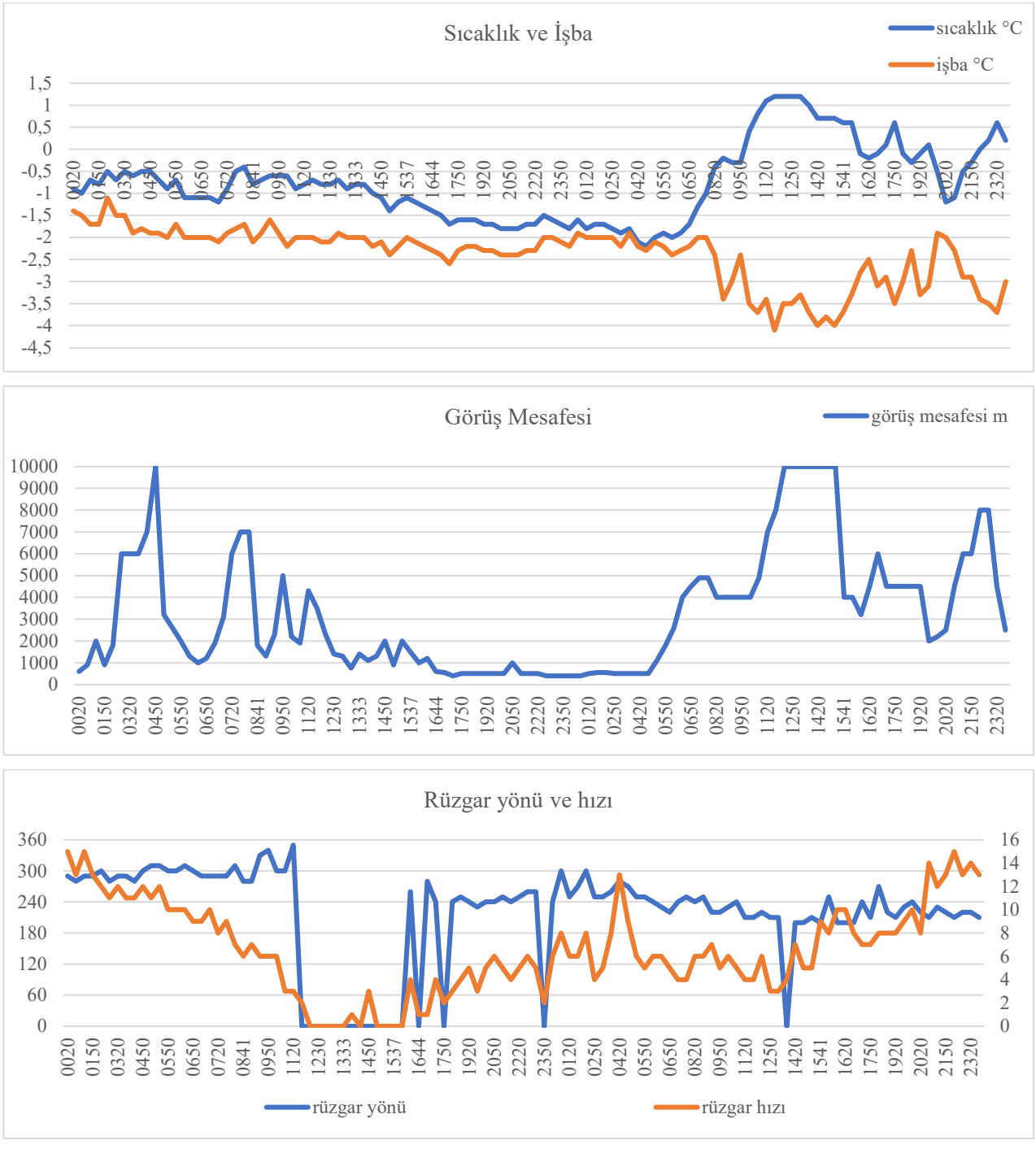
Akşam saatlerinden itibaren kıyıya paralel dağ sırasındaki soğuma sonucu oluşan soğuk dağ rüzgarı kıyı kesimde bulunan ılık deniz yüzeyi tarafından ısıtılan havanın altına girerek konvektiviteyi fiziksel olarak artırmıştır. Böylece, Trabzon meydan istasyonunda 30 Ocak 16 UTC'den itibaren şiddetini artıran kar sağanağı oldukça yoğun biçimde sabahın ilk saatlerine kadar etkili olmuştur. Buradaki yapı **"kıyısal konverjans"** [3] olarak adlandırılabilir ve bu incelemede kar yağışının şiddetinin artmasına sebep oluştur. Bu mekanizmaya ait grafik Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4: Kıyısal konverjans mekanizması.

B. Yer ve Yüksek Seviye Ölçüm Verileri Analizi

İlk olarak Trabzon Meydan istasyonu incelendiğinde sıcaklığın 30 Ocak akşam saatlerinde soğuk dağ rüzgarı sebebiyle düşmeye başladığı, bunu takip eden saatlerde ise kar yağışının şiddetini artırdığı ve görüş mesafesinin 400 m.lere kadar düştüğü, aynı saatlerde rüzgarın güneybatıdan 3-8 kt civarında estiği görülmektedir. Bu durum dağ rüzgarı ile etkisini artıran kar yağışı ve "kıyısal koverjans" görüşünü desteklemektedir. Şekil 5'te 30 Ocak 0020 UTC – 31 Ocak 2350 UTC arası Trabzon Meydan istasyonuna ait ölçümlerin grafikleri görülebilir.



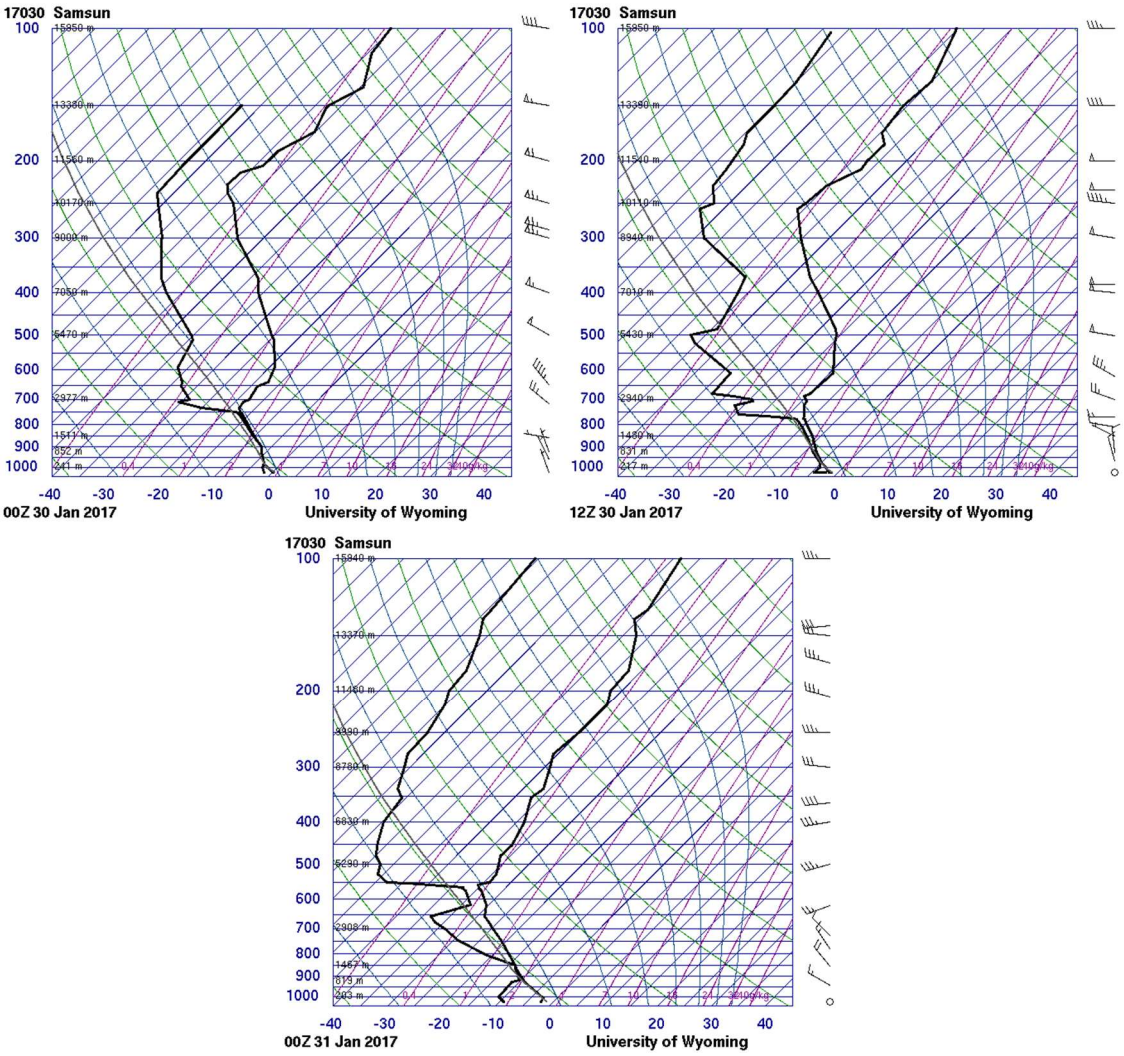
Şekil 5: *Trabzon Meydan İstasyonuna ait sıcaklık, görüş ve rüzgar ölçümleri.*

Samsun radiosonde istasyonunda yapılan ölçüm sonuçlarına bakıldığında ise 30 Ocak 12 UTC'den sonra üst seviye sıcaklıklarının hızla düşmeye başladığı belirgin bir şekilde görülmekte. Aynı saatlerde 850 hPa rüzgarının yönünü kuzeye doğru çevirerek hızını artırdığı, 700 ve 500 hPa seviyelerinde ise rüzgar hızında bir düşüş olduğu dikkat çekmektedir. Sabit basınç yüksekliklerinde en düşük seviyelere 31 Ocak 00 UTC'de ulaşılmış olup, 850 hPa 147 dam, 700 hPa 291 dam, 500 hPa ise 529 dam yüksekliğindedir. Bir diğer değişken olan nispi nem ise 850 hPa seviyesinden yukarı çıkıldıkça hızla azalmaktadır. Ayrıca 918 ve 621 hPa seviyelerindeki enverziyon ve 557 hPa seviyesinde 500 hPa altı soğuk seviye tespit edilmiştir. Tüm bu veriler deniz etkisi kar yağışını şiddetlendiren parametrelerdir. Skew-t diyagramlarında ise 31 Ocak 00 UTC'de 700 hPa seviyesine kadar olan bölümdeki rüzgar dönüşü dikkat çekmektedir. Rüzgar yönündeki yükseklikle veering konvektiviteyi artırıcı etkiye sahiptir. Ölçümlere ait veriler Tablo 1'de, skew-t diyagramları ise Şekil 6'da görülmektedir.

Tablo 1: 850, 700 ve 500 hPa verileri.

Zaman	3000 Z				3012 Z				3100 Z				3112 Z			
	T (°C)	RH (%)	Rüzgar (°kts)	Yükseklik (dam)	T (°C)	RH (%)	Rüzgar (°kts)	Yükseklik (dam)	T (°C)	RH (%)	Rüzgar (°kts)	Yükseklik (dam)	T (°C)	RH (%)	Rüzgar (°kts)	Yükseklik (dam)
850 hPa	-10	98	275/08	151	-12	92	295/05	148	-14	99	320/19	147	-12	89	330/21	148
700 hPa	-18	38	315/31	297	-20	41	290/26	294	-25	43	305/12	291	-23	84	335/22	293
500 hPa	-26	23	300/52	547	-26	6	280/48	543	-36	9	255/33	529	-39	24	005/28	530

Zaman	3000 Z			3012 Z			3100 Z			3112 Z		
	İlk Enverziyon	İkinci Enverziyon	500 hPa' dan soğuk alt tabaka	İlk Enverziyon	İkinci Enverziyon	500 hPa' dan soğuk alt tabaka	İlk Enverziyon	İkinci Enverziyon	500 hPa' dan soğuk alt tabaka	İlk Enverziyon	İkinci Enverziyon	500 hPa' dan soğuk alt tabaka
	700/298	648/355	-	622/382	-	-	**918/88**	**621/377**	**557/454**	515/510	-	535/484

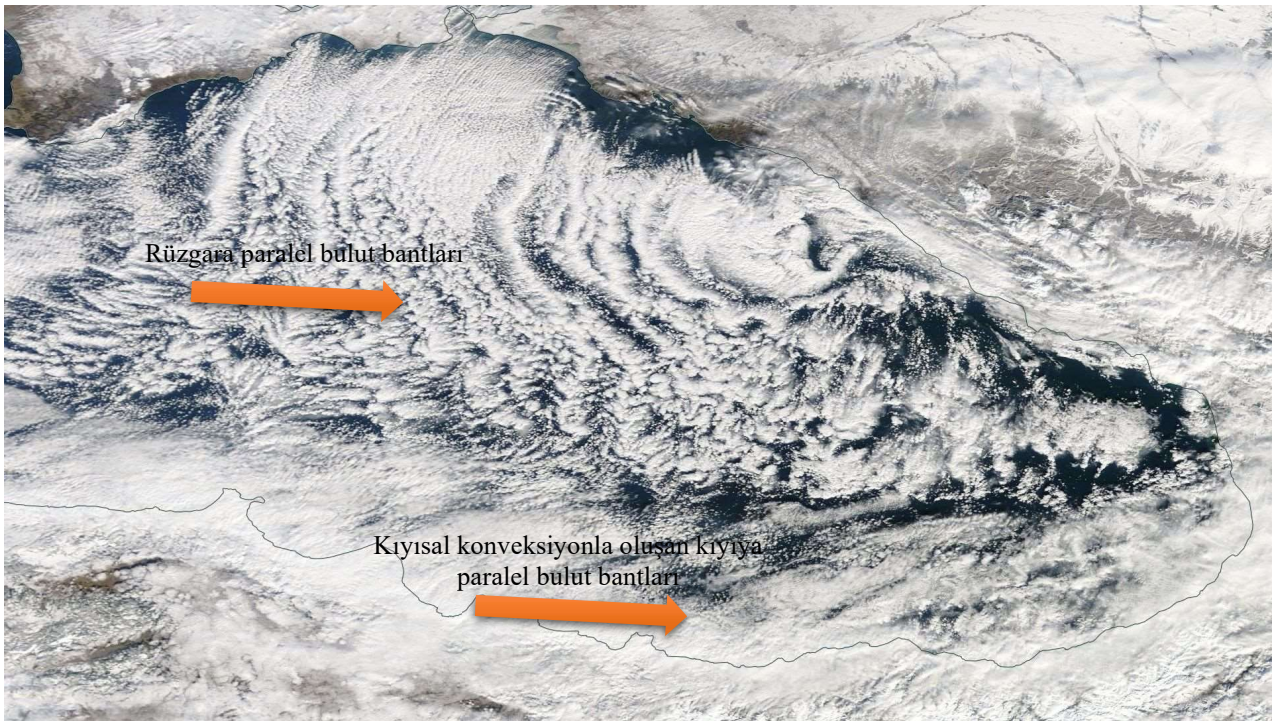


Şekil 6: *Samsun Radiosonde Skew-t diyagramları*.

*C.*Uzaktan Algılama Verileri Analizi

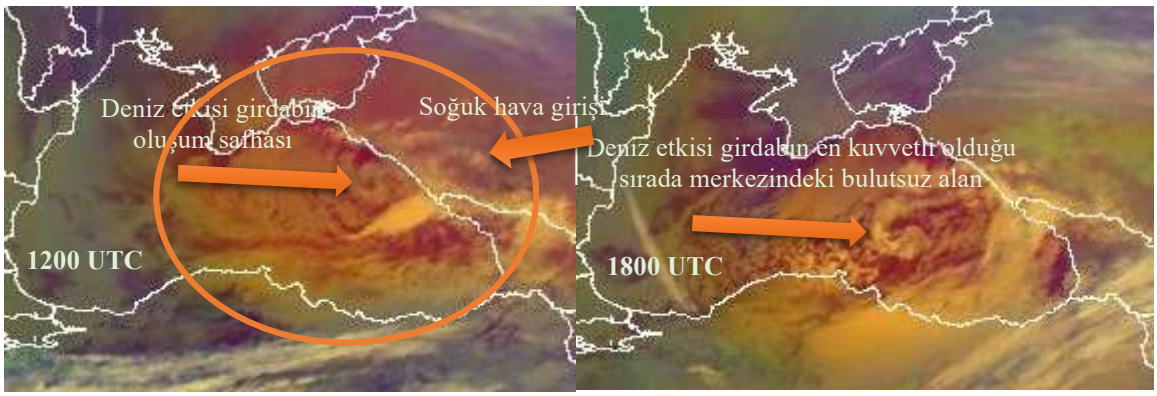
1) Uydu Görüntüleri

Öncelikli olarak geniş ölçekten bakmak için TERRA uydusunun 30 Ocak öğle saatlerinde aldığı görüntü incelendiğinde Karadeniz'in kuzey sahilinden, güney sahilinin yaklaşık 100 km açığına kadar uzanan rüzgar yönüne paralel konvektif bantlar görülmektedir. Kıyı şeridi boyunca ise genel olarak kıyıya paralel ve bölgesel olarak kümelenmiş bantlar dikkat çekmektedir. Bu durum yer seviyesi rüzgarlarının görece düşük hızlı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca deniz yüzey sıcaklığının nispeten yüksek olması sebebiyle üzerindeki havanın ısınması ve yükselişe geçmesi, kara üzerindeki soğuk havanın karadan denize doğru hareket etmesine sebep olmakta ve bu akış, kuzeyden gelen akışla karşılaştığında bir konverjans alanı oluşturarak konvektivitenin artışını desteklemektedir. TERRA uydusunun 30 Ocak tarihinde bölgeden aldığı görüntü Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7: *MODIS/TERRA 30 Ocak 2017 görüntüsü.*

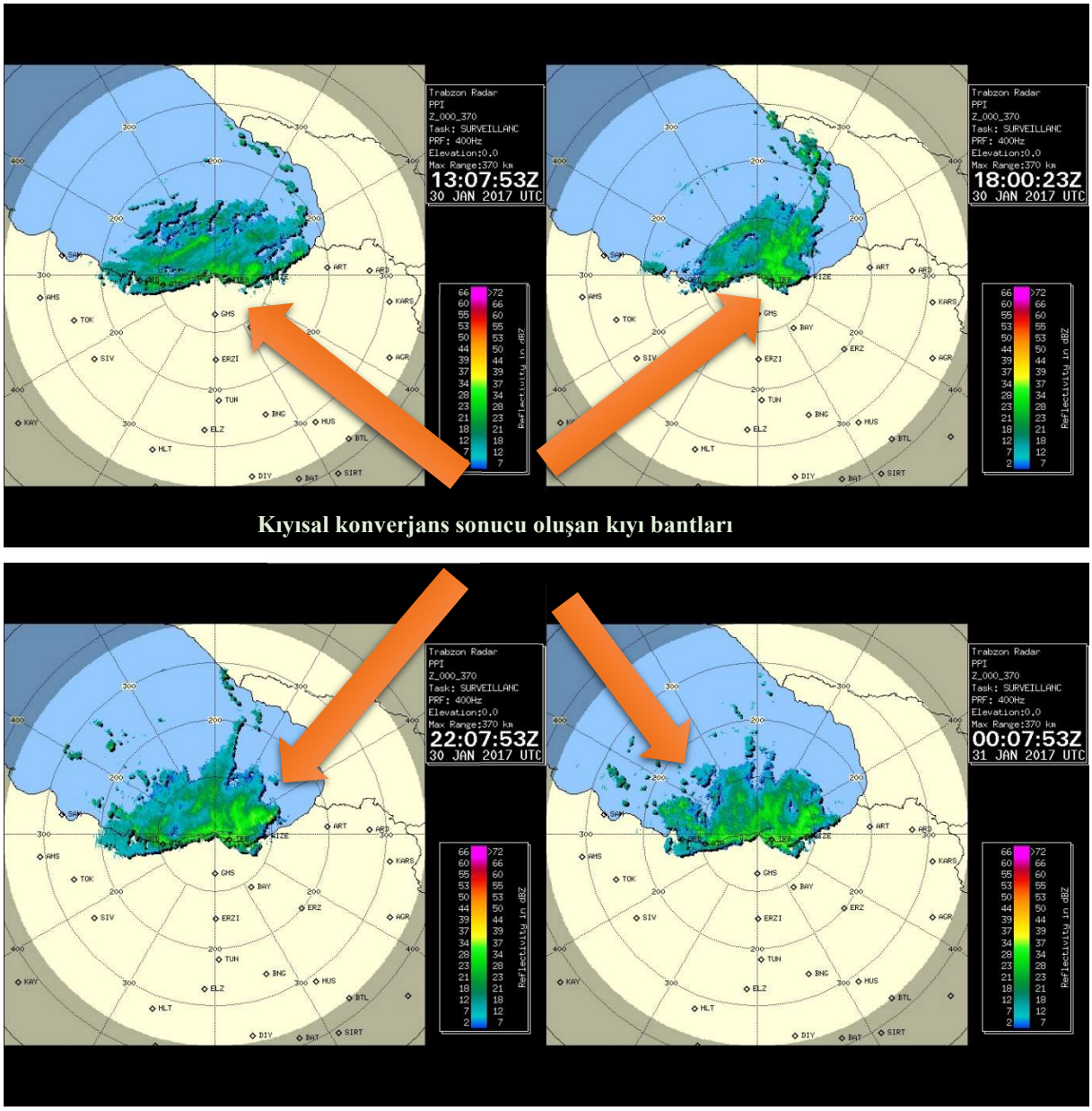
METEOSAT 0° uydusuna ait Airmass ürünleri incelendiğinde ise ilk dikkati çeken nokta Doğu Karadeniz üzerindeki soğuk hava girişi olmaktadır. Fakat görüntülerde asıl dikkat çeken nokta Kırım'ın güneydoğusunda 30 Ocak öğle saatlerinde oluşmaya başlayan ve ilerleyen saatlerle birlikte gelişerek Orta Karadeniz'e doğru hareket eden **"deniz etkisi girdap"**ıdır [4]. Deniz etkisi girdabı zaman zaman büyük göllerde ve Karadeniz gibi kapalı denizlerde oluşur. Genelde ardından gelen akışla oldukça yavaş hareket eder ve saatlerce hayatta kalabilir. Bu örnekte olduğu gibi merkezinde yağışsız ve bulutsuz alanlar oluşabilir. Şekil 8'de METEOSAT 0° uydusu airmass ürününün 30 Ocak 1200 UTC ve 1800 UTC saatlerine ait görüntüleri gözükmektedir.



Şekil 8: *METEOSAT 0° airmass 30 Ocak 2017 1200 UTC ve 1800 UTC görüntüsü.*

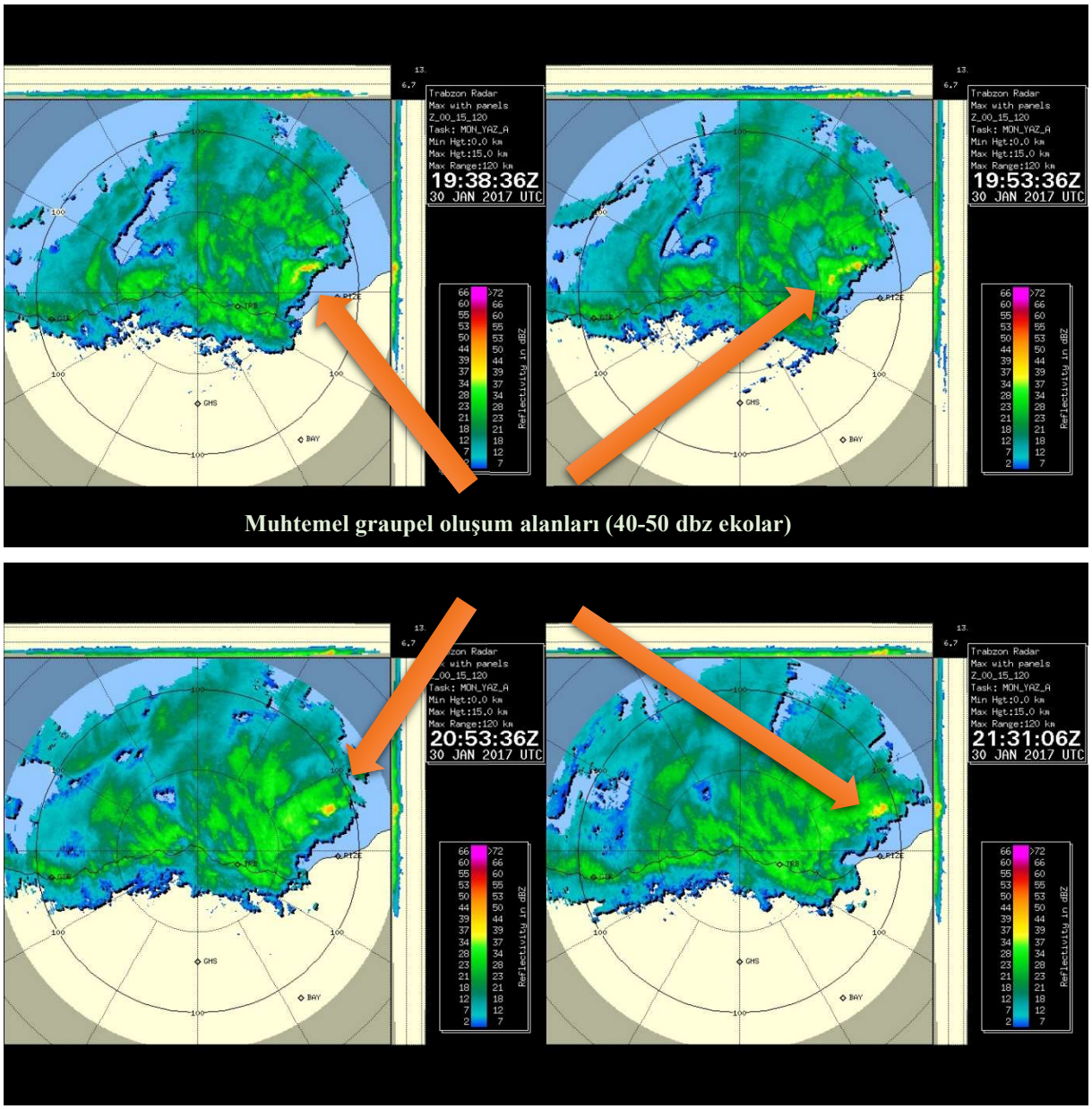
2) Radar Görüntüleri

Trabzon Radarı PPI görüntüleri incelendiğinde açıklarda oluşan 30-35 dbz değerindeki ekoların akşam saatleri ile birlikte kıyı bandında yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Kıyı bandındaki oluşumun yer seviyesi rüzgar yönüne dik olarak hareket etmesi ve akşam soğumayla birlikte yoğunlaşması daha önce bahsedilen **"kıyısal konverjans"** mekanizmasının varlığına işaret etmektedir. Şekil 9'da Trabzon Radarı PPI ürünleri görülmektedir.



Şekil 9: *Trabzon Radarı PPI ürünleri.*

Trabzon Radarı MAX ürünleri incelemesinde ise en çok dikkat çeken durum 19 UTC'den sonra kıyının 30-40 km açığında oluşan 40-50 dbz değerindeki ekolar olmaktadır. Bu ekolar muhtemel graupel oluşumuna işaret etmekte olup kıyıya ulaşmamaktadır. Şekil 10'da bu saatlere ait MAX görüntüleri görülebilir.



Şekil 9: *Trabzon Radarı PPI ürünleri*.

7. SONUÇLAR

Yapılan bu incelemelerin sonucunda daha önceki yağışlardan farklı bazı durumlar tespit edilmiştir. Bu durumların ilki **"kıyısal konverjans"** olarak ifade edilen, kıyı bandında, yer seviyesindeki rüzgarların birbirine dik hareket etmesi sonucu konveksiyonun artması şeklindedir. Kıyısal konveksiyonun varlığı hem ölçümlerle hem de uydu ve radar görüntüleri ile desteklenmiştir. İkinci farklı durum ise açıkta oluşan **"deniz etkisi girdabı"**dır. Bu oluşum uydu görüntülerinde tespit edilmiş olup, daha önce ve sonraki tarihlerde olması muhtemel yapılar incelenerek neden-sonuç ilişkisi içinde literatüre geçirilebilir. Bu inceleme, Karadeniz için yapılan diğer Deniz Etkisi Kar Yağışı incelemeleri ile karşılaştırıldığında, Karadeniz'de birden fazla farklı mekanizmanın varlığına işaret etmektedir. Yapılacak bir çalışma ile mevcut tüm mekanizmaların tespit edilerek literatüre geçirilmesi, bu yapılara ait bölgesel karar ağaçlarının oluşturulması, ilerleyen dönemde tahminciler açısından büyük kolaylık sağlayacaktır.

Bu çalışmadaki desteklerinden dolayı, MGM Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

[1] http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html

[2] http://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php?map=1&model=noaa&var=1

[3] http://rammb.cira.colostate.edu/wmovl/VRL/Tutorials/SatManu-eumetsat/SatManu/CMs/CoConv/index.htmazar

[4] **Yu, Jin-Yi.,** *ESS-124: Weather Analysis, Cahpter 13: Lake Effect Snowstorms*., University of California, Irvine, 2015.

2017 YILI 16-17-18 TEMMUZ VE 27 TEMMUZ HAVA OLAYLARININ YTTS VE DİĞER UZAKTAN ALGILAMA ÜRÜNLERİNİ KULLANARAK İNCELENMESİ

Ömer Faruk CIBA
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü
Trabzon
ociba@mgm.gov.tr

Ali Murat Yavuz
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü
Trabzon
myavuz@mgm.gov.tr

ÖZET

Konvektif hava kütleleri içerisindeki bulut hücreleri, yer ve yukarı seviyelerinde sahip oldukları sıcaklık farkları ve nem nispetinde, yüksek yağışlara, sellere, doluya neden olmakta ve yüksek elektriksel aktivite barındırmaktadır. İçerisindeki yüksek elektriksel aktivite yıldırım (Bulut ve yer arası) ve şimşek (Bulut ve bulut arası veya bulut içi) meydana getirmektedir. Bu çalışmada ki amaç 2017 içerisinde gerçekleşen en önemli hava olaylarından ikisini, 4 günlük dönemde YTTS (Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi) ve diğer uzaktan algılama ürünlerini kullanarak gelecekteki benzer hava olaylarına ışık tutulmasını sağlamak ve en önemlisi uzaktan algılama sistemlerinin meteorolojik çalışmalar açısından önemini göstermektir.

Yapılan bu çalışmada 16 Temmuz tarihinde Yunanistan'ı 17 ve 18 Temmuz tarihinde Trakya'dan giriş yaparak Kuzey Ege ve özellikle Marmara'yı etkileyen Konvektif fırtına ile 27 Temmuz tarihinde yine aynı bölgeyi etkileyen süper hücre incelenmiştir. İki hava kütlesi de etkili oldukları bölgeler içerisinde kısa sürede kuvvetli yağışlara, yıldırım, şimşek ve dolulara neden olmuştur. Hava olaylarını meydana getiren süper hücrenin araştırılması amacıyla 16-18 ve 27 Temmuz tarihlerine ait YTTS verileri kullanılarak meydana gelen

yıldırım ve şimşek hadiselerinin yoğunluk, sayı ve akım büyüklüğü incelenmiştir. Ayrıca aktüel ve yüksek seviye kartları ve Temp diyagramı havanın özelliklerinin anlaşılması sağlanmıştır. Direkt olarak yıldırım kaynaklı ölüm veya maddi hasar kaydedilmemiştir ancak elektriksel aktiviteler, kuvveti ve ani yağışlar ve türleri birbirileri ile ilişkili olduğu bilindiğinden hadise tespiti ve gözleminde, elektriksel aktivite tespitinin de yardımcı olacağı bilinmelidir.

Anahtar Kelimeler — Yıldırım; YTTS; Akım; Dolu; Sel

1. GİRİŞ

Şimşek ve yıldırım gibi çok güçlü ve çoğu zaman yıkıcı olan hava olaylarını açıklayamayan ve anlam veremeyen antik toplumlar bu hava olaylarına mitolojik ve dini anlamlar vermiştir. Günümüzde şimşek ve yıldırım bilimsel olarak açıklansa da oluşum nedenleri ve çevreye verdiği etkiler halen araştırılmaya devam edilmekte ve yeni bilgiler açığa çıkmaktadır. Zararlarının yanı sıra Ozon oluşumu ve Azot döngüsüne katkısı gibi birçok zararı da bilinmektedir. Konvektif bulut içerisinde bulunan farklı yapıdaki hidrometeorlar, donmuş veya sıvı yapıda olması veya büyüklük, küçüklük oranına göre farklı elektriksel yüklerle yüklenmekte ve konvektivitenin büyüklüğü nispetinde buluttaki elektriksel aktivite de artmaktadır [1]. Bulut içerisinde pozitif yüklerin bulutun üstü kısmına, negatif yüklerin bulutun alt kısmına toplandığı düşünülmektedir [6]. Bulut içerisindeki elektriksel yük farkı zıt kutuplar arasında, bulut içi bulutlar arası, yerden buluta veya buluttan yere boşalma eğilimi göstermekte ve bunun sonucunda **yıldırım (buluttan yere veya yerden buluta) – şimşek (bulut içi ve bulutlar arası)** meydana gelmektedir [2]. Gerçekleşen elektriksel boşalmanın şiddeti 70 000 Volt ile 100 milyon volt arasında değişmekte ve 20 000 °C ye kadar (Güneşin yüzey sıcaklığının yaklaşık 4 katı) sıcaklık açığa çıkmaktadır [3].

Teknik olarak şu an bu olayların önüne geçilemese de alınan önlemler çevresel zararı en aza indirmektedir. Yıldırımlar sonucunda 2000 li yıllarda dünya genelinde yılda ortalama 24 bin ölüm ve 240 bin yaralanma meydana gelmiştir [4]. Amerika da yıldırım kaynaklı ölüm oranlarına bakıldığında 1901 yılında ölüm oranı milyonda 6,3 insan iken, 1920 li yıllarda milyonda 0,6 kişi/yıl artmış fakat 1970 yılından sonra 2000 li yıllara kadar bu oran milyonda 0,3 kişi/yıl seviyelerine kadar düşmüştür [5]. 19. yüzyılın ortalarında yıldırım kaynaklı ölümlerin artışına neden olarak sanayileşme ile şehirlere göç gösterilirken, 1970 li yıllardan sonra ölüm oranlarındaki düşüşün sebebi, meteorolojik tahminlerin ve uyarıların artışı,

insanların yıldırım bilinci kazanması ve önlem alması, tıbbi yöntemlerin gelişmesi, iklim değişikliği gibi birçok etmenin sebep olabileceği ortaya atılmıştır [6].

Farklı iklim koşulları ve coğrafik koşullar değişken yıldırım ve şimşek aktivitesine sahip olduğu bilinmektedir. Öyle ki; Güney ve Kuzey Kutup bölgelerinde neredeyse hiç şimşek ve yıldırım hadisesi görülmezken, en fazla yıldırım ekvator bölgesinde kaydedilmektedir [7]. Ülkemizde de farklı iklim ve coğrafik koşullarda yıldırım yoğunluğu ve aktivitesinin araştırılması, sonuçlarının ortaya konulması ve önlem alınması gerekmektedir. Bu noktada ülkemizde yıldırım ve şimşeklere neden olan konvektif hava olaylarının tespiti, takibi ve erken uyarıların yapılabilmesi amacıyla kurulan ve 2014 yılından bu yana hizmet veren Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi (YTTS), hava olaylarının uzaktan algılanması, modellenmesi ve tahmin oluşturulması açısından önemli bir veri kaynağıdır. Bu bağlamda 2017 yılı ortalarında meydana gelen önemli hava olaylarından 16-17-18 Temmuz ve 27 Temmuz meydana gelen iki farklı hava olayı **içerdiği elektriksel akımlar ve oluşturduğu yıldırım (buluttan yere veya yerden buluta) – şimşek (bulut içi ve bulutlar arası) bakımından YTTS verileri kullanılarak incelenmiştir.**

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Çalışmada 2017 yılı 16, 17, 18 ve 27 Temmuz günlerine ait YTTS (Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi) verileri sistem üzerinden alınmıştır. Yer ve yüksek seviye 500 mb haritası, 700 mb nemlilik haritası Meteoroloji Genel Müdürlüğü SHT ürünleri ve wetter3.de sitesinden alınmıştır [8]. 16 Temmuz gününe ait Yunanistan Selanik ve 17, 18, 27 Temmuz gününe ait İstanbul Temp diyagramı Wyoming Üniversitesi arşivinden alınmıştır [9]. Bu günlere ait uydu ve radar görüntüleri MGM arşivinden alınmıştır.

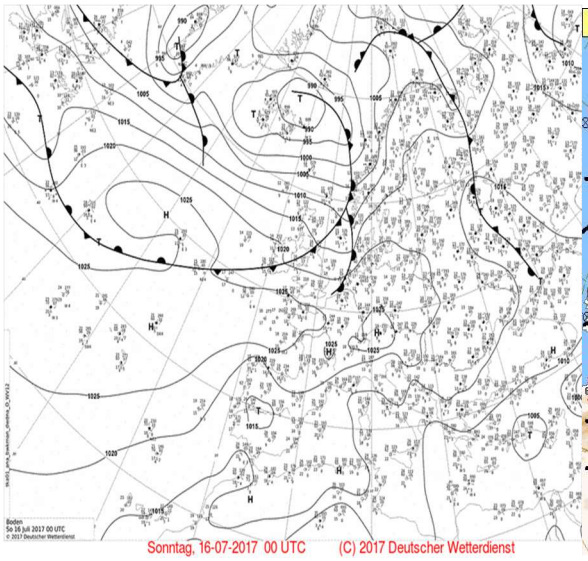
2.2 Yöntem

Konvektif tip bulutları stratiform tipi bir buluttan ayıran en büyük özelliği içerisinde barındırdığı dikey hava hareketleridir. Dikey hava hareketleri bulut tabanı ve üst seviye sıcaklık farkının fazlalığı nispetinde artar. Farklı sıcaklığa sahip hidrometeorlar farklı elektriksel yüklere sahiptir. Dolayısıyla bulutun alt kısmında bulunan sıvı hidrometeorlar, üst kısmında bulunan donmuş hidrometeorlar farklı elektriksel yüke sahip olmaları, ayrıca kuvvetli dikey hareketler yıldırım ve şimşeğin etkisini arttırmaktadır. Bu sebeple bulut oluşumunu tetikleyen yer ve yukarı seviye hava özellikleri bilinirse oraj (yıldırım ve şimşek) hadisesinin daha iyi tahmini ve analizi yapılabilir. Gerçekleşen yıldırım ve şimşek hadiselerini meydana getiren

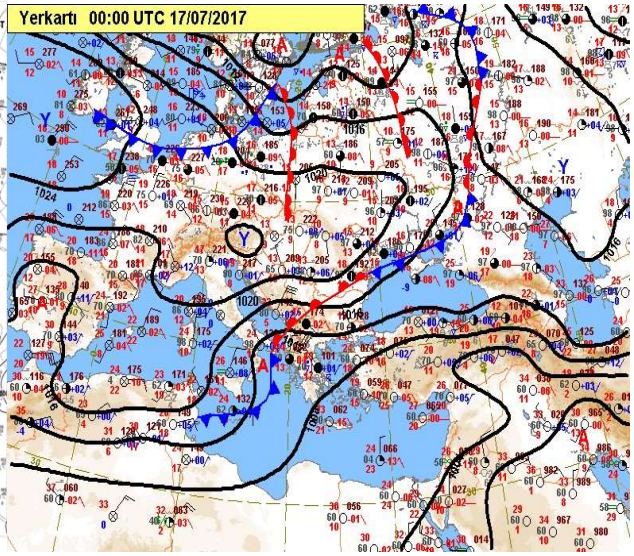
sistemin analizini yapabilmek amacıyla yer kartı, 500 mb haritası ve 700mb nemlilik haritası kullanılmıştır. Ayrıca Temp diyagramı sayesinde yüksek seviye nemliliği, kararsızlığına bakılmıştır. YTTS ile gün içerisinde aktivitenin başladığı, en yüksek seviyeye ulaştığı ve bittiği saatler belirlenmiştir. YTTS'nin en yüksek değeri gösterdiği zamana ait uydu ve radar görüntüleri beraber karşılaştırması yapılmış, ve yakın istasyonlardaki ölçülen maksimum yağış değerleri tablo haline getirilmiştir.

3. ANALİZ VE BULGULAR

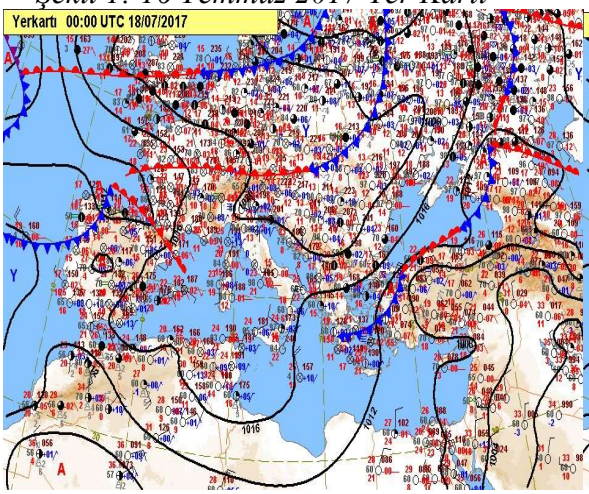
3.1. Yer Kartı



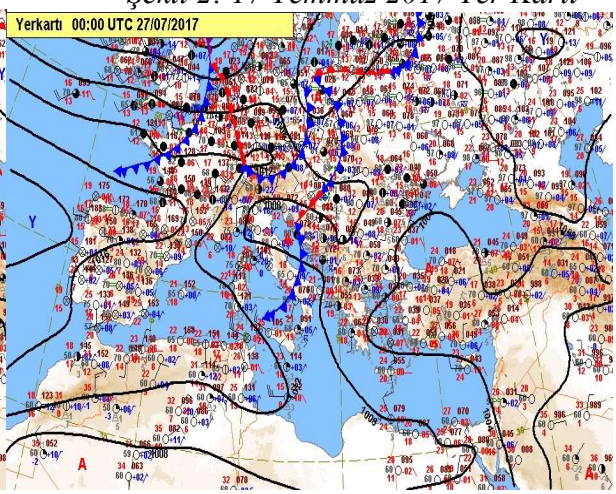
Şekil 1: 16 Temmuz 2017 Yer Kartı



Şekil 2: 17 Temmuz 2017 Yer Kartı

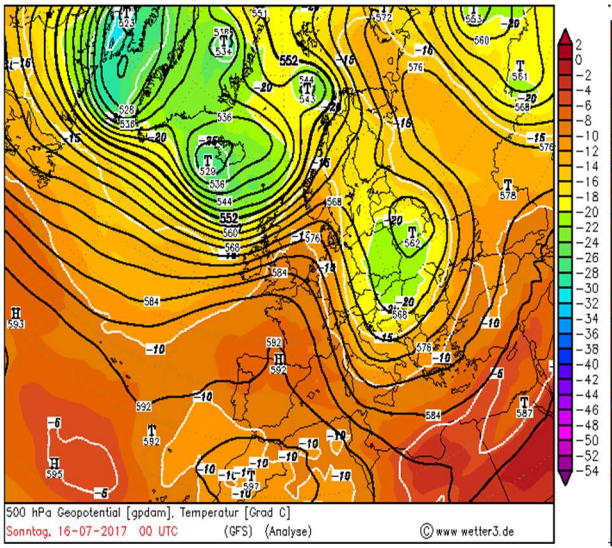


Şekil 3: 18 Temmuz 2017 Yer Kartı

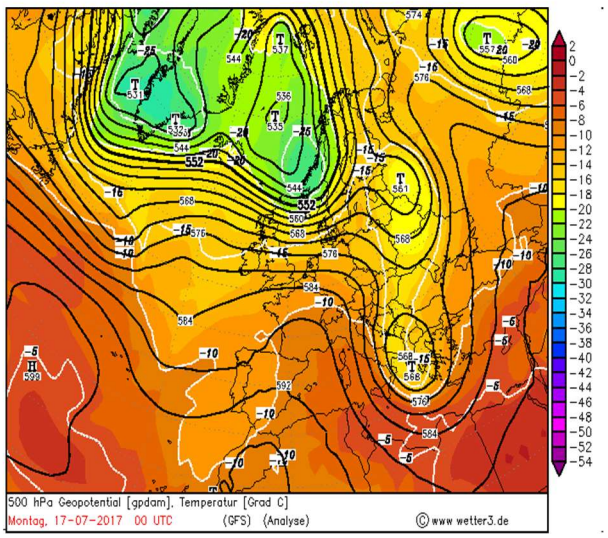


Şekil 4: 27 Temmuz 2017 Yer Kartı

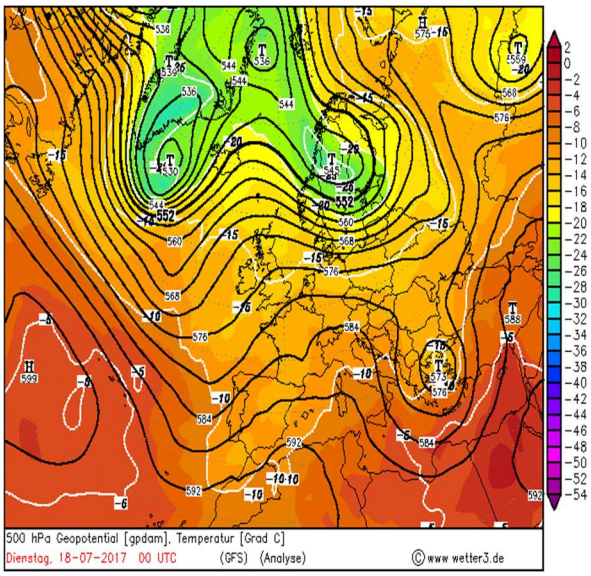
3.2. 500 Mb Seviye Kartı



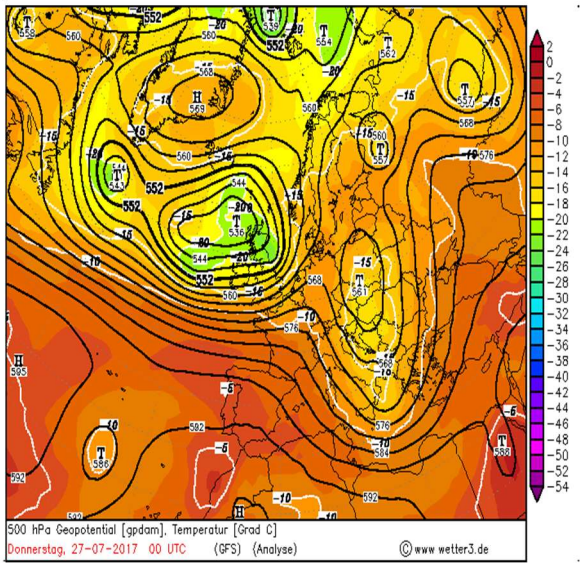
Şekil 5: 16 Temmuz 2017 500 Mb



Şekil 6: 17 Temmuz 2017 500 Mb

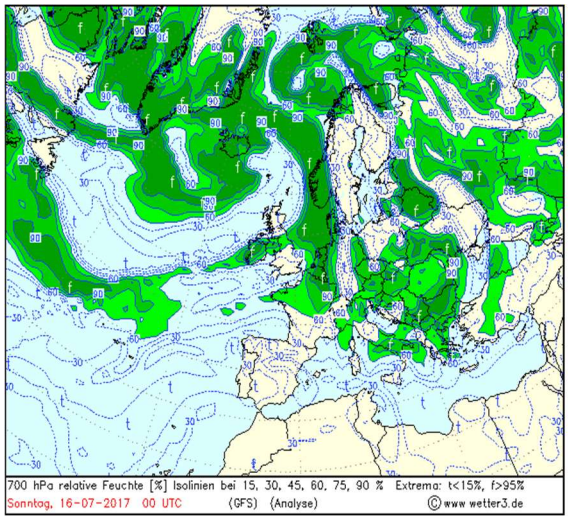


Şekil 7: 18 Temmuz 2017 500 Mb

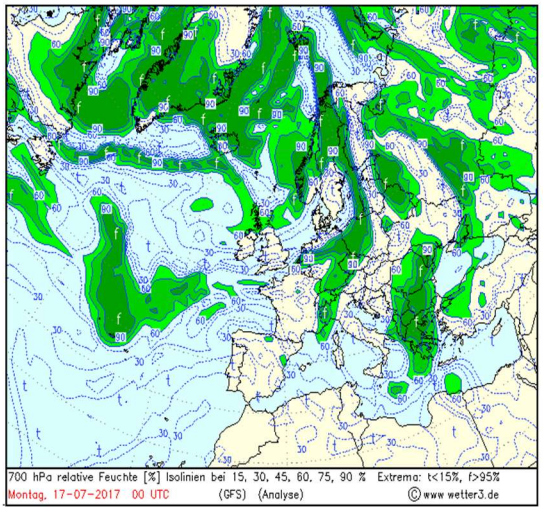


Şekil 8: 27 Temmuz 2017 500 Mb

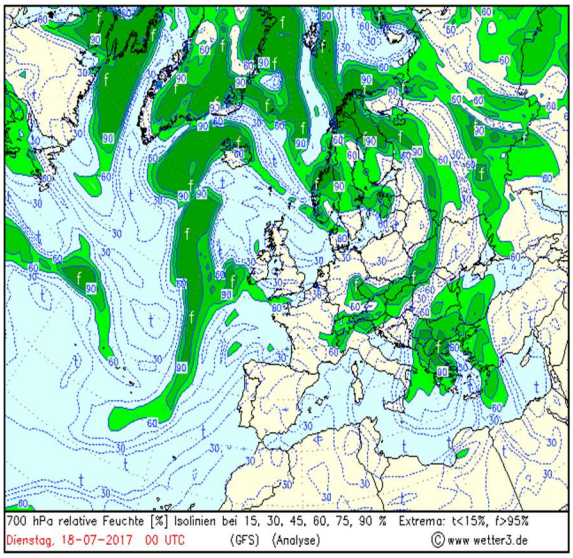
3.3. 700 Mb Nemlilik Analizi



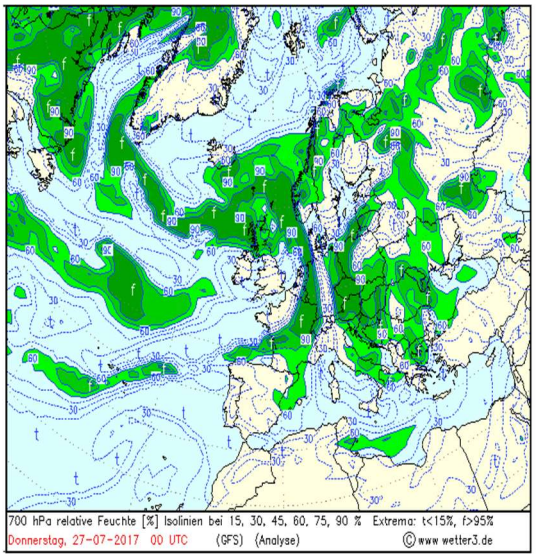
Şekil 9: 16 Temmuz 2017 700 Mb Nem



Şekil 10: 17 Temmuz 2017 700 Mb Nem

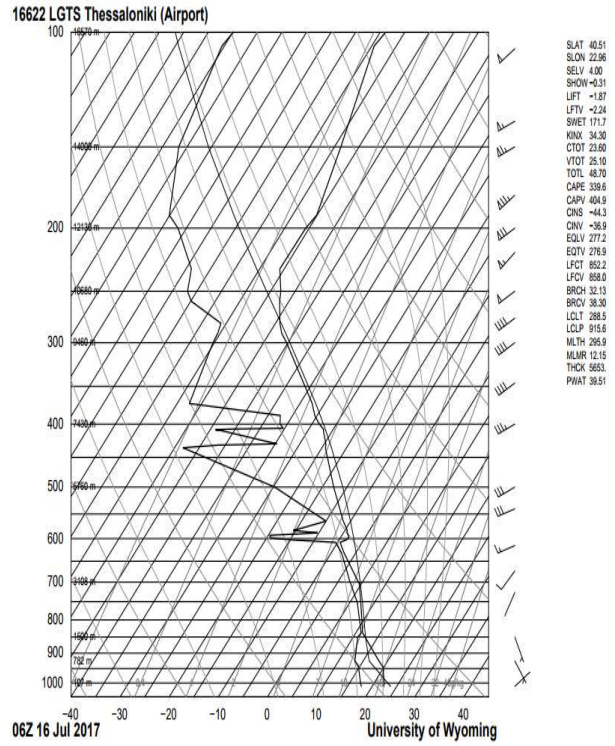


Şekil 11: 18 Temmuz 2017 700 Mb Nem

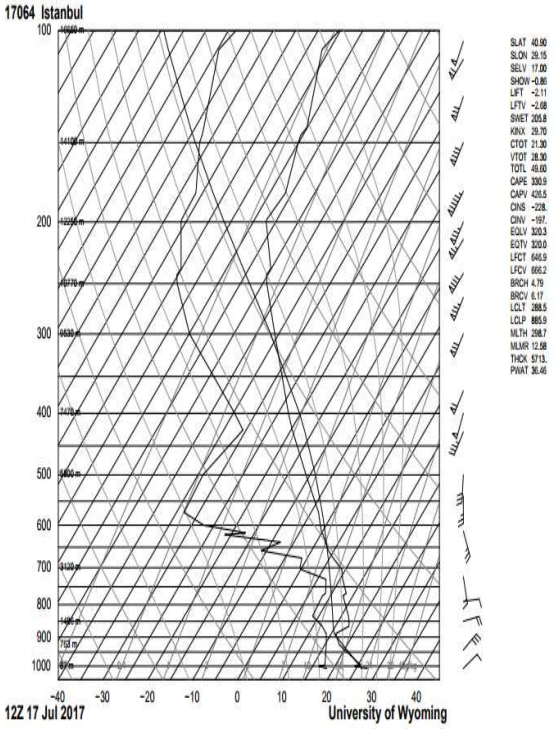


Şekil 12: 27 Temmuz 2017 700 Mb Nem

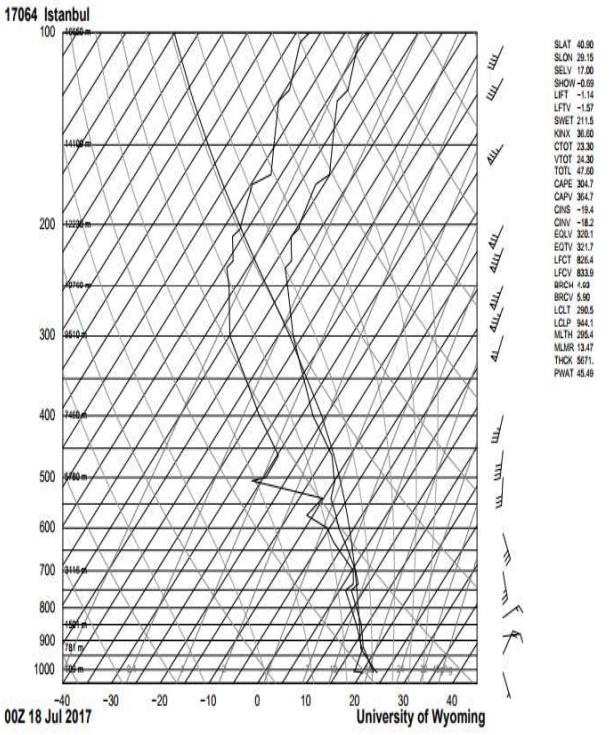
b. Temp Diyagramları



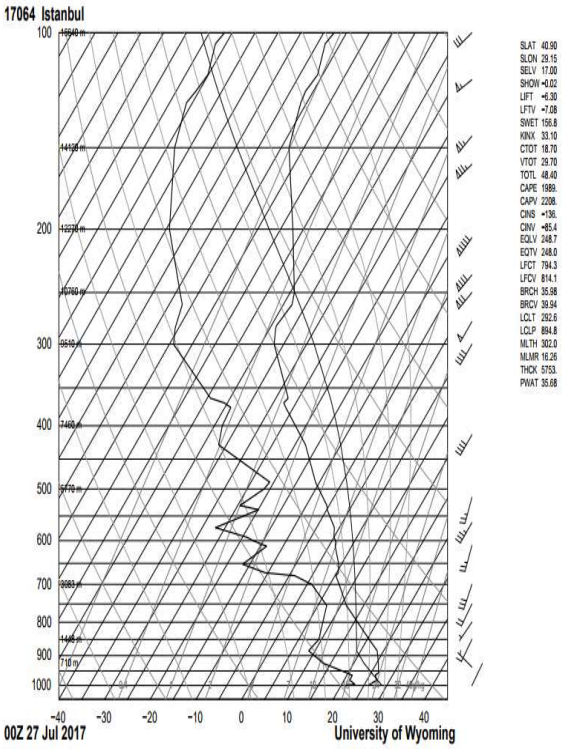
Şekil 13: 16 Temmuz 2017 Selanik Temp



Şekil 14: 17 Temmuz 2017 İstanbul Temp



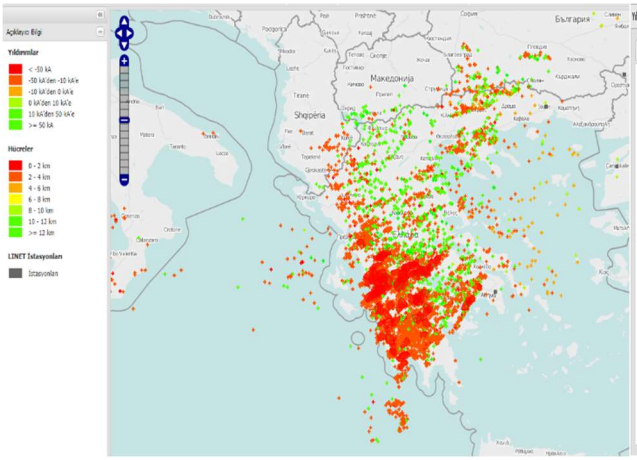
Şekil 15: 18 Temmuz 2017 İstanbul Temp



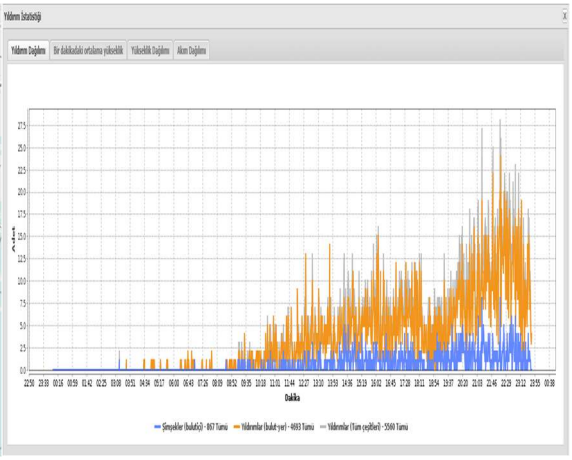
Şekil 16: 27 Temmuz 2017 İstanbul Temp

3.5. YTTS, Uydu ve Radar Verileri

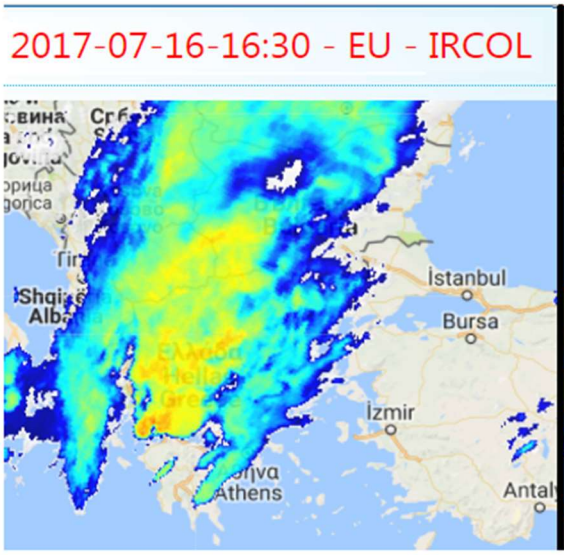
3.5.1. 16 Temmuz 2017 Verileri



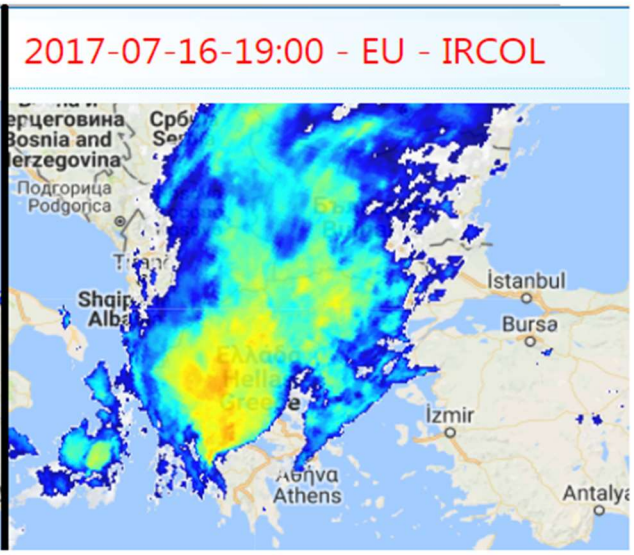
Şekil 17: Günlük Yıldırım- Şimşek Aktivitesi



Şekil 18: Yıldırım- Şimşek Yoğunluğu

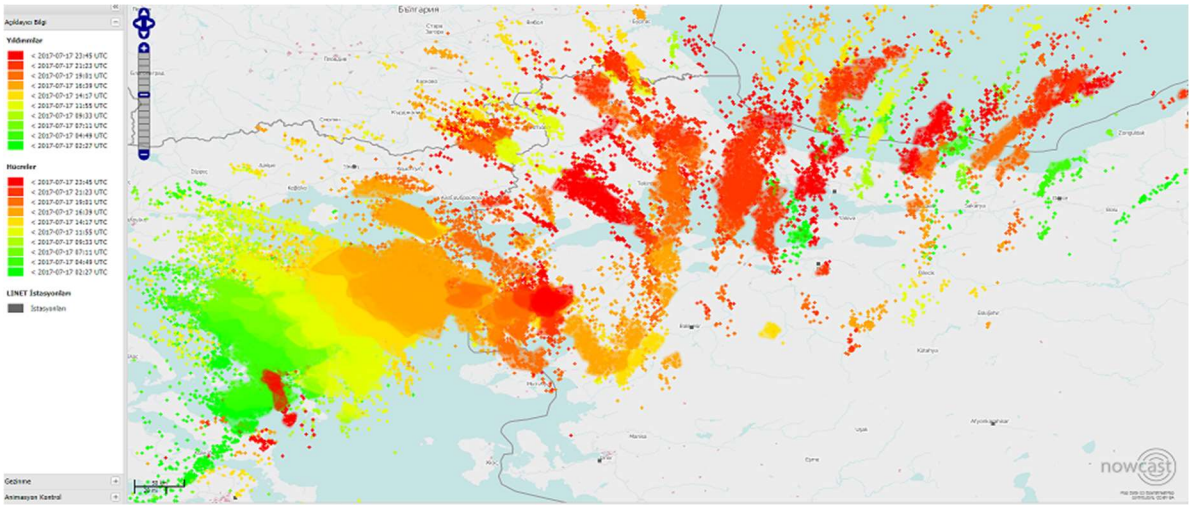


Şekil 19: 16.30 Renkli Kızılötesi Uydu

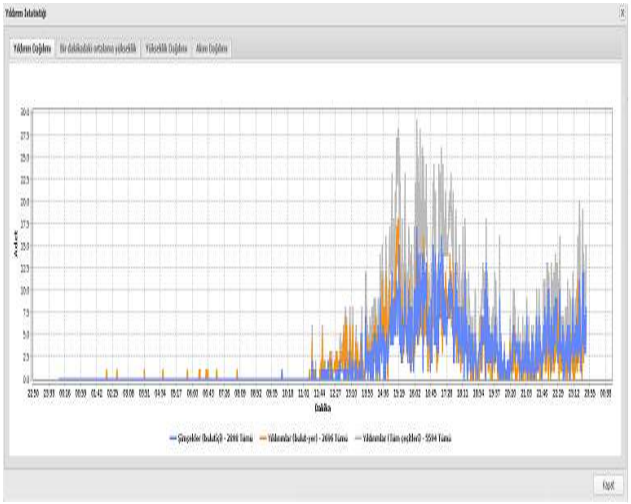


Şekil 20: 19.00 Renkli Kızılötesi Uydu

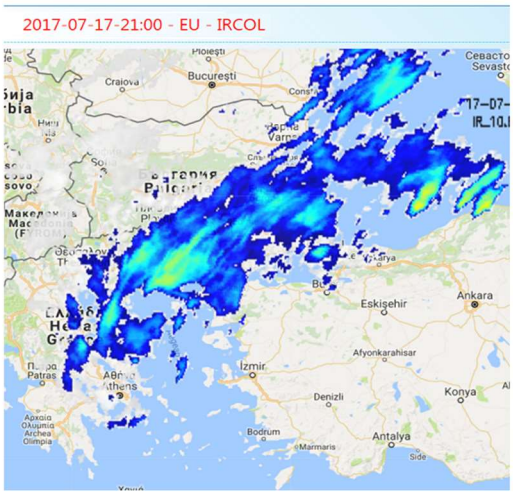
3.5.2. 17 Temmuz 2017 Verileri



Şekil 21: Günlük Yıldırım- Şimşek Aktivitesi



Şekil 22: Yıldırım- Şimşek Yoğunluğu

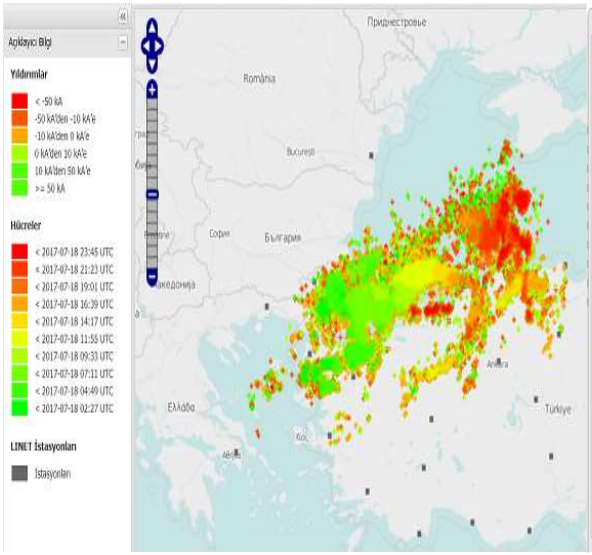


Şekil 23: 21.00 Renkli Kızılötesi Uydu

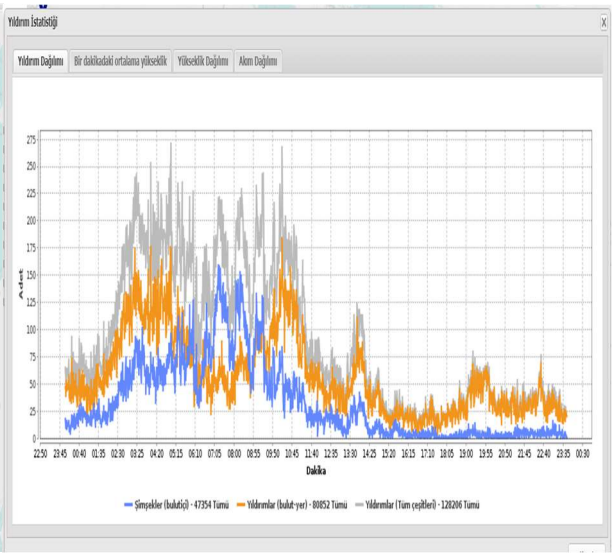
Şekil 24: İstanbul 15.30 Radar PPI

Şekil 25: İstanbul 19.00 Radar Max

3.5.3. 18 Temmuz 2017 Verileri



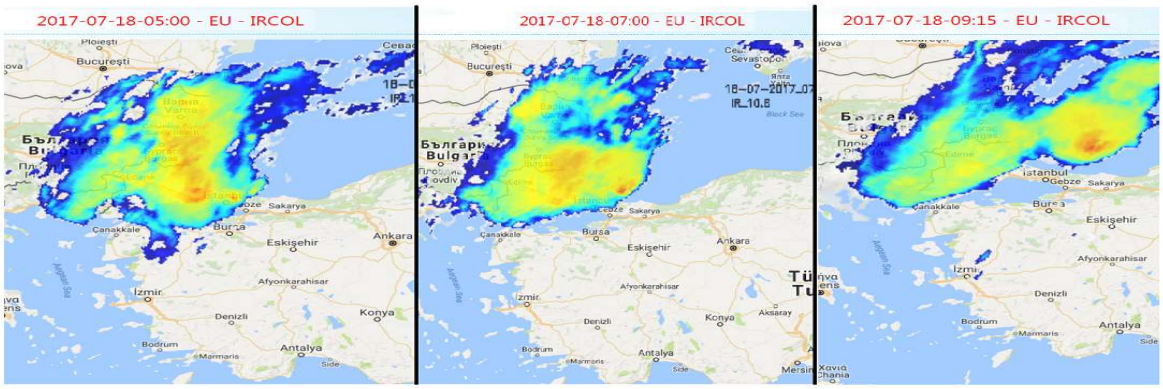
Şekil 26: Günlük Yıldırım- Şimşek Aktivitesi



Şekil 27: Günlük Yıldırım Şimşek Yoğunluğu

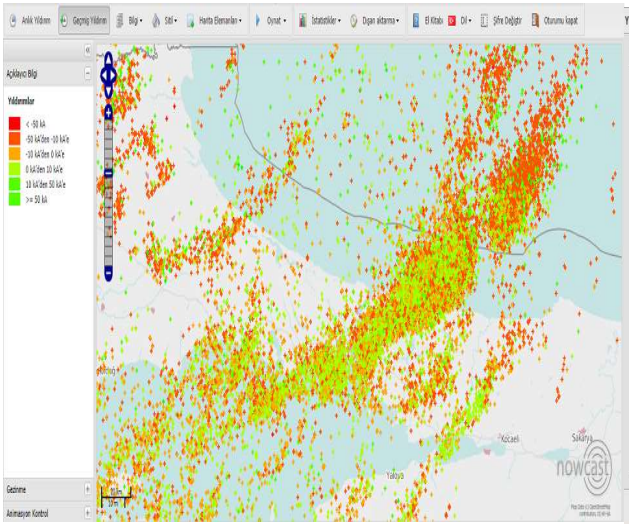
Şekil 28: İstanbul 04.45 Radar Max

Şekil 29: İstanbul 09.53 Radar Max

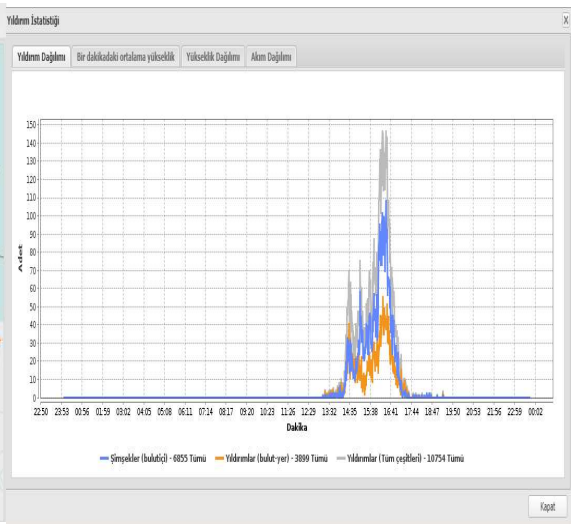


Şekil 30: Renkli Kızılötesi *Şekil 31: Renkli Kızılötesi* *Şekil 32: Renkli Kızılötesi*

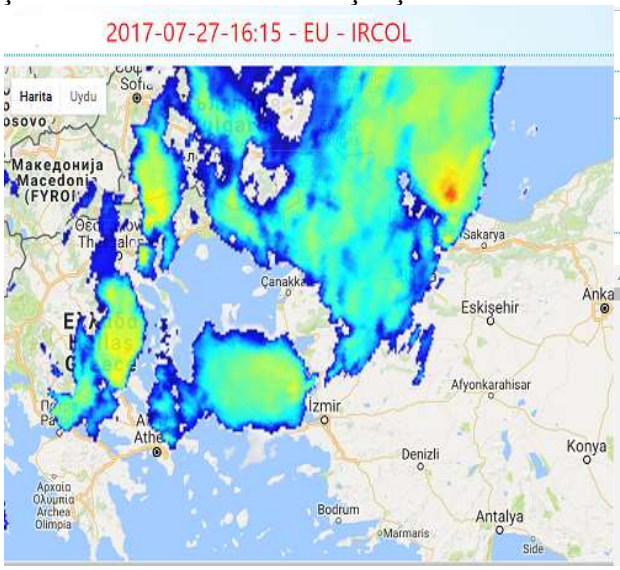
3.5.4. 27 Temmuz 2017 Verileri



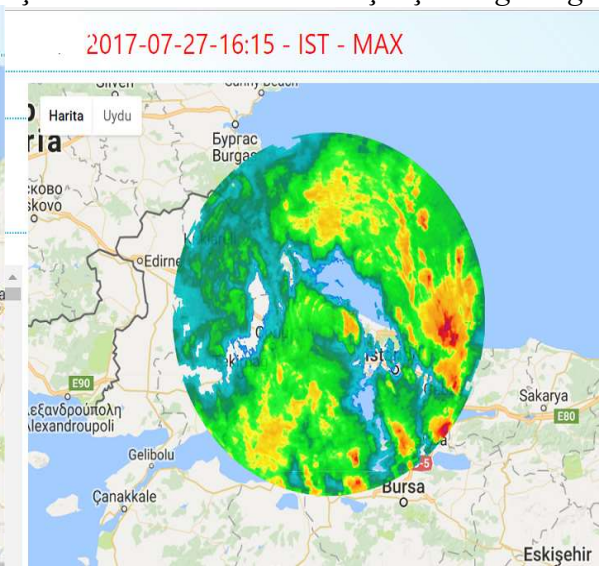
Şekil 33: Günlük Yıldırım- Şimşek Aktivitesi



Şekil 34: Günlük Yıldırım- Şimşek Yoğunluğu



Şekil 35: Renkli Kızılötesi



Şekil 36: 16.15 İstanbul Radar Max

	16 Temmuz	17 Temmuz	18 Temmuz	27 Temmuz
Şimşek (Adet)	1291	17041	47340	24184
Yıldırım	5339	38058	80770	38540
Toplam	6630	55099	128110	62724
Azami Güç (KA)	165 VE 170	175 VE 195	185 VE 230	155 VE 165
En Yüksek Yağış kg/m2	88	103	117	55

Tablo 1: 16-17-18-27 Temmuz Şimşek Yıldırım ve Yağış Verileri

16 Temmuz 2017 tarihinden itibaren Orta Avrupa üzerinden Yunanistan'a 17 Temmuz itibari ile Kuzey Ege ve Marmara üzerinden yurdumuza giriş yapan Trof SHT ürünlerinde önceki

tarihlerde analiz edilmiş ve gerekli uyarılar yapılmıştır. Yer ve yüksek seviye kartları 16 -17 - 18 Temmuz tarihlerindeki yıldırım ve şimşeğe sebep olan sitemi aktüel olarak göstermektedir. Yüksek seviyelerdeki alçak merkez, soğuk izoterm Trof u ve nemlilik, Temp diyagramları ile de desteklenmektedir. Yüksek seviyelerde nemlilik 300 mb seviyesine kadar görülmekte, Cape değerleri konvektivitenin oluşabilmesi için gerekli bütün şartların olduğunu göstermektedir. 27 Temmuz tarihinde de yurdumuzun kuzey batısı üzerinden giriş yapan Trof un tahmini önceden tahmin edilmiş ve gerekli yerlere bildirilmiştir. 27 Temmuz gününe ait aktüel kartlar ve Temp diyagramı yine aynı şekilde konvektivitenin ve nemliliği göstermektedir. Her 4 gün de de YTTS, Uydu ve Radar çıktılarından elde edilen maksimum değerlerin olduğu zaman karşılaştırıldığında hemen hemen saat ve hatta dakikaya denk geldiği görülmektedir. Bu çalışmada elde edilmek istenen çalışmayı kapsayan günlerde uzaktan algılama ürünlerinin aynı değerleri gösterip göstermediğini görmektir. Fakat aktüel haritalar her ne kadar gerçekleşen bu olayı destekleseler de aynı bölge içerisinde yağışı çok az alan hatta hiç etkilenmeyen yerler de bulunmaktadır. Yağış ölçen istasyonun kesin olarak o bölgeyi temsil edemeyeceği de düşünülmelidir. bu sebeple hadisenin yada sistemin kuvvetini tespit ederken tüm meteorolojik birlikte değerlendirilmelidir. Bu günlere ait direkt yıldırım kaynaklı ölüm oranları kaydedilmemiştir. Dolaylı olarak ani su baskını, heyelan gibi sebeplerden ötürü yaralanmalar ve sele kapılmalar kaydedilmiştir.

4. SONUÇ

17, 18 ve 27 Temmuz tarihlerinde gerçekleşen kuvvetli hava olayları, önceden tahmin edilmiş ve ilgili yerlere bildirilmiştir. Çoğu zaman yapılan tahminin geniş alanları etkileyeceğini düşünülmekte ve uyarılar ona göre temkinli yapılmaktadır. Her üç gün gerçekleşen toplam yağışlar, etkilediği alanlar, yağış cinsi, toplam yıldırım sayıları ve aktivitelerine bakıldığında topografya veya başka etmenlerden kısa mesafeler içerisinde yüksek yağış farkları meydana gelmektedir. Konvektif hava kütlelerinin yapıları itibari ile homojen aktiviteye sahip olmadığı bilinmektedir, dolayısıyla erken tahmini yapılan Konvektif yağış sisteminin, kısa mesafelerde etkisini takip etmek için uzaktan algılama ürünlerini kullanmak gerekmektedir. İncelemesi yapılan bu olaylarda yerel olarak dolu, sel ve taşkın, kuvvetli rüzgâr ölçülürken, sistemin etkilediği yakın bölgelerde bazı kesimlerin kuvvetli hava olaylarından etkilenmediği gözlemlenmiştir. Yakın zamana kadar yapılan tahminin çözünürlüğü arttırmak daha dar alanlarda tahmin yapabilmek amacıyla uydu ve radar ürünleri aktif olarak kullanılmaktayken 2014 yılında kurulan YTTS uydu ve radara ek olarak bize hayati bilgiler vermektedir. Öyle ki uydu ve radar ürünlerinin bazı kısıtlamaları olduğu bilinmektedir, coğrafi engeller radar

ürünlerini etkili bir şekilde kullanmamızı engellerken, uydu görüntüleri çözünürlüğü, zamana bağlı ürünler vermesi, pasif algılayıcı olması sebebiyle zayıf ekoları algılamaması bir takım sıkıntılar doğurmaktadır. YTTS pasif algılayıcıları olmasına rağmen çok yüksek çözünürlükte, topografik etmenlerden etkilenmeden bilgiler vermektedir. Bu incelemeden anlaşılacağı üzere, incelenen tarihler için meteorolojik hadiseler en yüksek seviyeye ulaştığı anda, uydu, radar ve YTTS verileri o oranda yüksek değerler vermektedir (*Tablo 1)*. Bu çalışma sonucunda kesin yargıya varılmamakla birlikte YTTS verileri (Akım- Şimşek ve Yıldırım Sayısı) ile Uydu, Radar çıktıları, yağış cinsi ve kuvveti arasında ilişki olduğu görülmektedir. Diğer taraftan hadiselerin başlangıcının 16 Temmuz tarihinde Yunanistan'ın kuzeyinde gerçekleşmesi, dolayısıyla radar kapsama alanımızın dışında olması sebebiyle radar görüntüleri alınamamaktadır fakat YTTS nin algılama veriminin fazla olması sistem bize gelmeden tespitini yapmamızı sağlamaktadır. 16 Temmuz tarihinde gerçekleşen kuvvetli hava olayı yerel ismiyle Medusa, 165 ve 170 Kilo Amperlik yıldırımları tespit etmiş ve sistemin ne kadar güçlü olduğunu bize göstermiştir. Aynı zamanda aktüel yıldırımların yönün tespiti ile yurdumuza geldiğinde hangi bölgelerimizi etkileyeceği takip edilmiştir. Olay sonucunda 9 kişinin sele kapılarak kaybolduğu, birçok bölgede heyelan ve sel meydana geldiği gözlemlenmiştir [10]. Bu araştırmadaki tarihlerde direkt olarak yıldırım kaynaklı ölüm kaydedilmemiştir. Fakat dolaylı olarak konvektif oluşumların bıraktığı kısa sürede kuvvetli yağışlar ve zarar verici türdeki hadiseler beraberinde de elektriksel aktiviteyi getirmektedir. Tüm bu parametreler birbirleriyle ilişkili parametreler olarak görülmekte, araştırma ve tahmin yapılırken daha kesin sonuçlar elde etmek amacıyla hep birlikte kullanılması gerekmektedir. YTTS sisteminin yeni kurulmuş olması sebebiyle bu konuda araştırma sayısı artmaya artmaktadır ve artması da gerekmektedir.

KAYNAKLAR

[1] https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-/home/F_What_Causes_Lightning_Flash.html

[2] www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=simsekyildirim

[3] http://www.pbs.org/wgbh/nova/earth/how-lightning-works.html

[4] **Holle and R.E. López, 2003**: A comparison of current lightning death rates in the U.S. with other locations and times. Intl. Conf. on Lightning and Static Electricity, Blackpool, England, Royal Aeronautical Soc., paper 103-34 KMS, 7 pp.

[5] **López, R.E., and R.L. Holle, 1996**: Fluctuations of lightning casualties in the United States: 1959-1990. Journal of Climate, 9, 608-615. —, and —, 1998: Changes in the number of lightning deaths in the United States during the twentieth century. J. Climate, 11, 2070-2077.

[6] **Ronald L. Holle Holle,2008**: Annual Rates of Lighning Fatalities by Country, 2nd International Lightining Meteorology Conferance

[7] https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/brosurler/yildirim.pdf

[8] http://www1.wetter3.de/Archiv/

[9] http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html

[10] http://floodlist.com/europe/greece-floods-halkidiki-storm-medusa-july-2017

26 MART 2017 VE 20 NİSAN 2017 TARİHLERİNDE İSTANBUL ATATÜRK HAVALİMANI'NDA MEYDANA GELEN YILDIRIM AKTİVİTELERİNİN ANALİZİ

Seher Nilay Coşkun
Meteorolojik Analiz ve Raporlama Birimi
Türk Hava Yolları
İstanbul
nilayc@thy.com

Nur Göktepe
Meteorolojik Analiz ve Raporlama Birimi
Türk Hava Yolları
İstanbul
n.goktepe@thy.com

Merve Acar
Meteorolojik Analiz ve Raporlama Birimi
Türk Hava Yolları
İstanbul
merve.acar@thy.com

Ayşe Hilal Mert
Meteorolojik Analiz ve Raporlama Birimi
Türk Hava Yolları
İstanbul
aysemert@thy.com

ÖZET

Küreselleşmenin bir sonucu olarak artan seyahat ihtiyacı paralelinde havacılık sektörü de hızla gelişmektedir. Buna bağlı olarak havalimanı ve hava sahaları kapasitelerinin maksimumda olması ile beraber ulaşımın emniyeti ve uçuş operasyonlarındaki aksaklıkların minimumda tutulması önem kazanmıştır. Meteoroloji, uçuş operasyonuna ve emniyetine doğrudan etki eden faktörlerin başında gelmekte olup, özellikle oraj gibi konvektif hava aktivitelerinde meydana gelen türbülans, wind shear, buzlanma, dolu ve yıldırım-şimşek ile beraber divert, tehir ve iptaller olabildiği gibi uçaklarda hasarlanmalar da meydana

gelebilmektedir. Bu çalışmada, 26 Mart 2017 ve 20 Nisan 2017 tarihlerinde Atatürk Havalimanı ve İstanbul TMA (Terminal Manoeuvring Area)'da meydana gelen yıldırım aktiviteleri incelenmiştir. Söz konusu günlerde Atatürk Havalimanı'na iniş yapan Türk Hava Yolları'na ait toplam 18 uçak yıldırım hasarına uğramış olup yapılan analizlerle, uçuşun hangi safhasında yıldırıma maruz kalındığı ve yıldırım hasarına karşı alınabilecek tedbirler üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler — oraj, yıldırım tespit ve takip sistemi, yıldırım hasarı.

1. GİRİŞ

Son yıllarda küresel iklim değişikliği ile artış gösteren şiddetli hava olayları ve artan hava trafiğiyle birlikte, havacılık sektöründe meteorolojik olayların tahmin ve takibi önem kazanmıştır. Avrupa hava sahasındaki trafik, 1990 ve 2014 yılları arasında %80 artış göstermiş olup, 2014 ve 2035 yılları arasında ise %45 daha artarak 12,8 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Sürekli artan hava trafiğinin emniyetli ve verimli yönetilebilmesi için, hükümetler ve havayolu şirketlerinin önümüzdeki yüzyıl içerisinde de devam edeceği öngörülen potansiyel meteorolojik riskler için gerekli tedbir planlarını hazırlayarak hayata geçirmesi gerekmektedir [1]. Özellikle kısa süreli olan ve rüzgar kayması, türbülans, buzlanma gibi olumsuz hava hadiselerini beraberinde getiren oraj esnasında, hava trafik kontrol personelleri tarafından uzaktan algılama ve nowcasting sistemleri ile hava aktivitelerinin gerçek zamanlı takibi yapılarak hava trafiğinin bu doğrultuda yönetilmesi, operasyonda meydana gelen olumsuz etkileri azaltabilir [2].

Avrupa'nın en yoğun ilk beş havalimanı içerisinde yer alan İstanbul Atatürk Havalimanı, aynı zamanda hava durumu nedeniyle en fazla operasyonel aksaklık yaşanılan meydanların arasında yer almaktadır [3]. Meydanın iklim özelliklerine göre en fazla aksaklığa neden olan hava şartlarından biri orajdır. İstanbul Atatürk Havalimanı'nda yılda ortalama 22 gün oraj meydana gelmekte olup, Türk Hava Yolları'na (THY) ait hava durumu kaynaklı divert seferlerin %32'si oraj nedeniyledir. Divertlerin yanı sıra aynı zamanda oraj esansında meydana gelen yıldırım/şimşek aktiviteleri ile son bir yılda 467 uçak hasara uğramış ve toplam 5938 saat operasyondan ayrılarak bakıma alınmıştır. Bu nedenle oraj, uçuş emniyetini etkilemesinin yanı sıra havayolu şirketlerinde ekonomik kayıplara da neden olmaktadır.

Her havalimanında tavsiye edildiği gibi, Atatürk Havalimanı'nda oraj esnasında radar ve yıldırım tespit ve takip sistemi (YTTS) ile hava aktiviteleri monitör edilerek, trafiğin emniyetli

bir şekilde yönetilmesi ve hava sahasının verimli kullanılması sayesinde uçuş operasyonunda yaşanılan aksaklıkların minimumda tutulacağı değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul Atatürk Havalimanı'ndaki oraj esnasında meydana gelen yıldırım çarpmalarını inceleyebilmek için oraj meydana gelen iki gün tespit edilmiş ve uçuşun hangi safhasında yıldırıma maruz kalındığı ve yıldırım hasarına karşı alınabilecek tedbirler ortaya konulmuştur. Yıldırıma maruz kalan uçak sayısının fazla olması nedeniyle 26 Mart 2017 ve 20 Nisan 2017 tarihleri seçilmiştir. Bu tarihlerde Atatürk Havalimanı ve İstanbul TMA (Terminal Manoeuvring Area)'da meydana gelen yıldırım aktiviteleri ile Türk Hava Yollarına ait iniş yapan toplam 18 uçak yıldırıma maruz kalmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

26 Mart 2017 ve 20 Nisan 2017 tarihlerinde İstanbul Atatürk Havalimanı ve çevresinde meydana gelen oraja ait atmosferik şartlar, sinoptik haritalar, radar ve yıldırım verileri incelenerek yorumlanmıştır.

YTTS ile yıldırım/şimşek aktivitelerinin pozisyon ve saat bilgileri ve THY'ye ait uçuş takip programı olan OPSEYE ile yaklaşma hattındaki uçakların pozisyon ve saat bilgileri eşleştirilerek, uçakların hangi pozisyonda yıldırıma maruz kaldıkları tespit edilmiştir. Ayrıca ilgili günlerde Marmara Bölgesi'nde meydana gelen yıldırım ve şimşek aktiviteleri, YTTS sistemi ile görüntülenerek, uçuşların iniş esnasında izlediği standart güzergah olan RNAV STAR (Area Navigation Standard Terminal Arrival Route) rotaları koordinatlarına göre sistem üzerinde çizdirilmiş ve rota ve yıldırım/şimşek aktiviteleri üst üste gösterilmiştir.

YTTS sisteminin verimliliğinin %90 ve konum doğruluğunun 100m olması [4] ve OPSEYE konum doğruluğunun ise %85 civarında olması sebebiyle, yıldırıma maruz kalan uçakların pozisyon ve saat hataları düşük olmakla birlikte yaklaşık olarak tespit edilmiştir.

3. VERİ ANALİZİ

3.1. 26 Mart 2017 Tarihine Ait Analizler

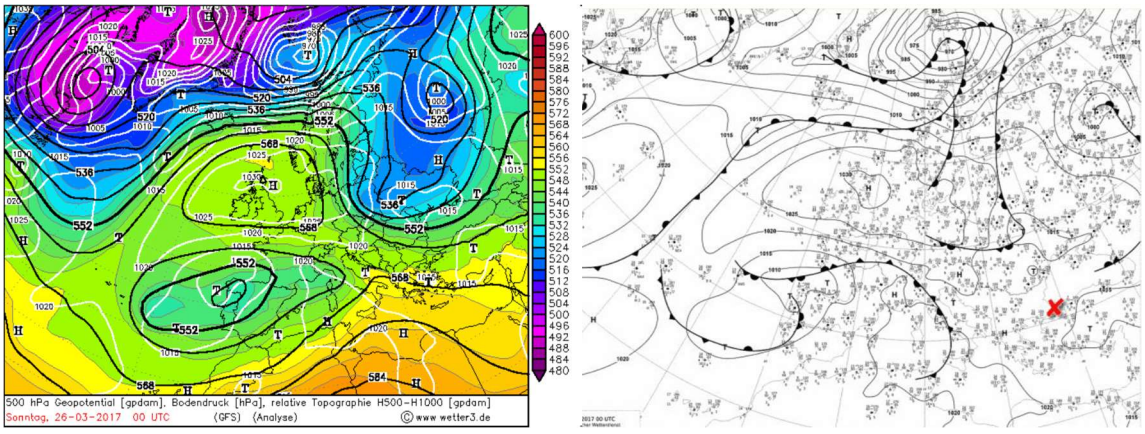
3.1.1. Sinoptik Analiz

İstanbul Atatürk Havalimanı (AHL) ve civarında 11:30-17:00UTC saatleri arasında etkili olan oraj hadisesine ait Şekil 1 ve Şekil 2'de verilen sinoptik haritalar incelendiğinde, kuzeyden

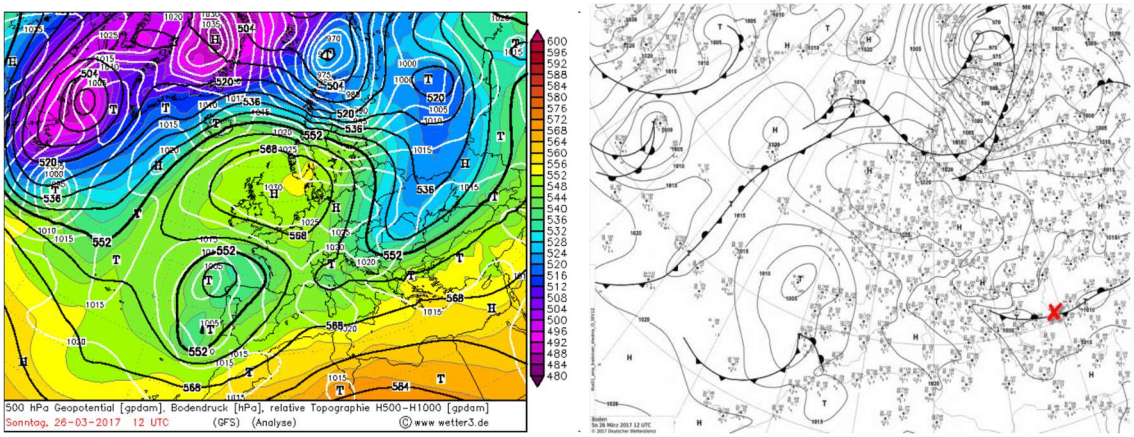
Avrupa'nın doğusuna uzanan oluk hattının Türkiye'yi de etkisi altına aldığı görülmektedir. Kararsız hava koşulları ile Karadeniz'den nem taşınımı sonucunda İstanbul'da gök gürültülü sağanak yağış meydana gelmiştir.

İstanbul C bant meteoroloji radarına ait MAX görüntüleri incelendiğinde ise, kuzeydoğu yönünde hareket eden yağış sistemine ait bulut tavan yüksekliğinin ortalama 7km'ye ulaştığı ve lokal olarak maksimum dBZ değerlerinin Çatalca civarında 50 olduğu Şekil 3'te görülmektedir.

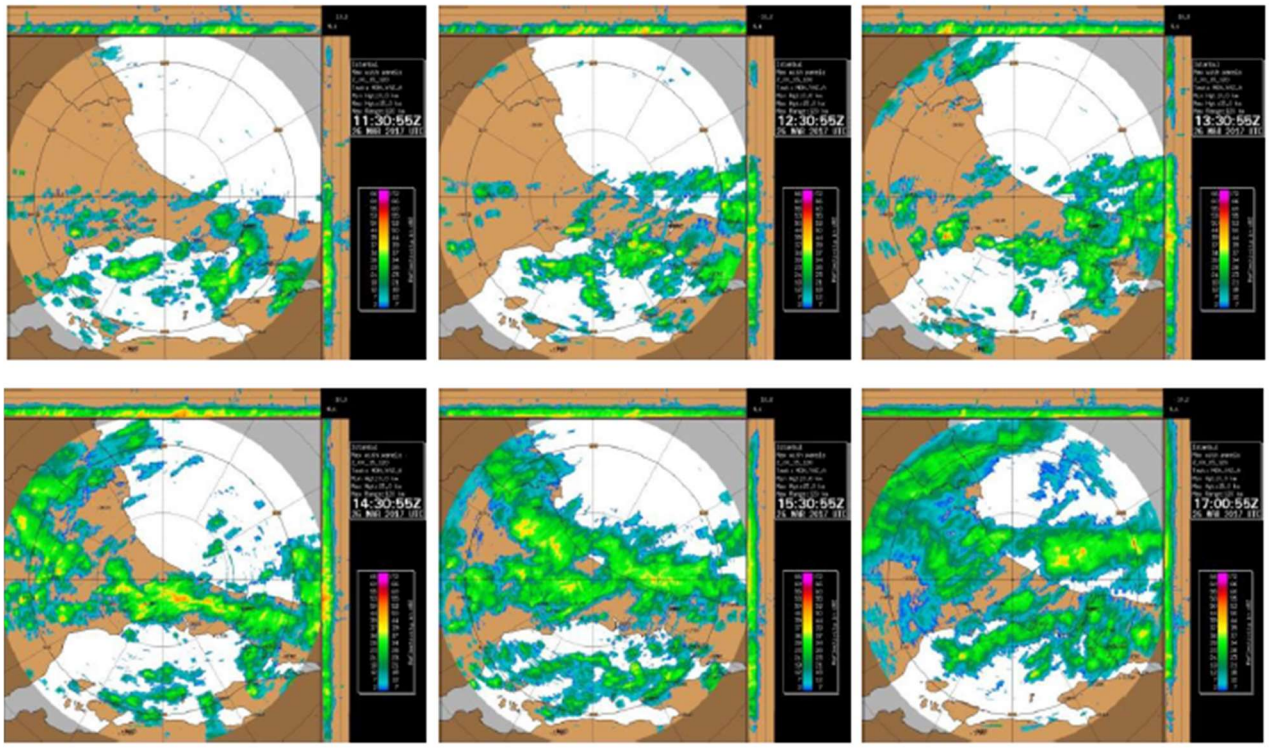
Yıldırım tespit ve takip sisteminde 11:30-18:00UTC saatleri arasındaki veriler Şekil 4'te gösterildiği gibi olup, en fazla yıldırım-şimşek yoğunluğunun İstanbul'un Avrupa yakasında, özellikle 11:00-15:00UTC saatleri arasında Çorlu-Sarıyer hattı boyunca etkili olduğu ve 15:00UTC'den sonra ise Marmara Denizi üzerinde olduğu görülmektedir.



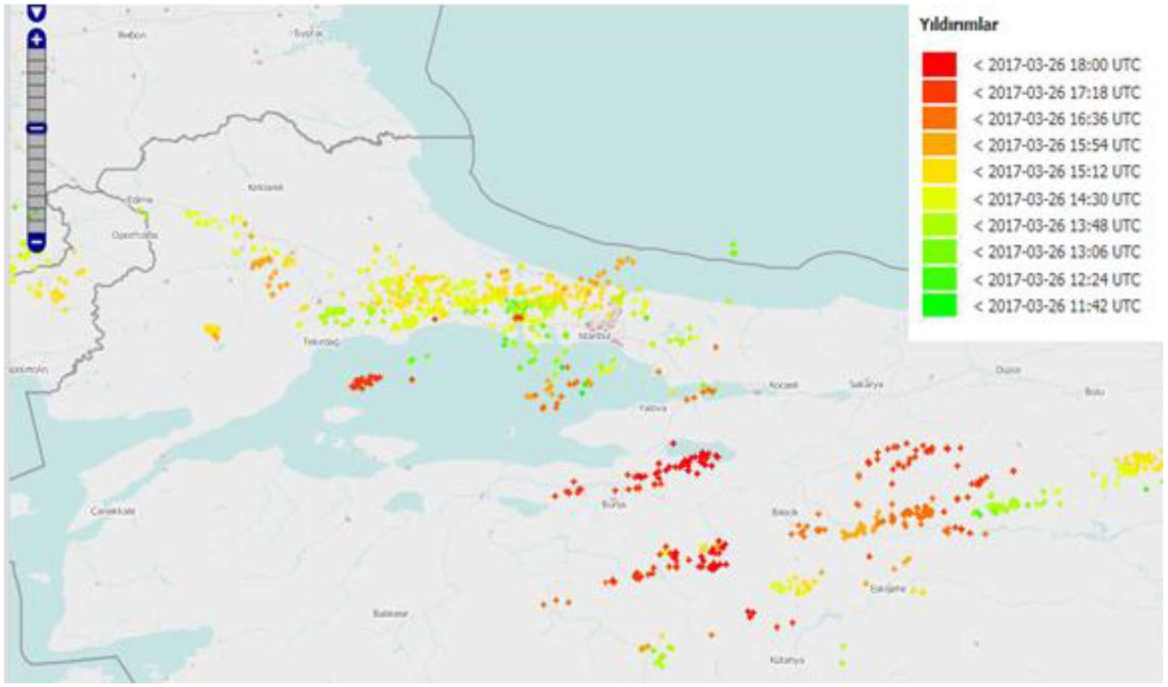
Şekil 1: *26 Mart 2017 00UTC yer ve 500hPa haritaları (kırmızı çarpı AHL'yi göstermektedir).*



Şekil 2: *26 Mart 2017 12UTC yer ve 500hPa haritaları (kırmızı çarpı AHL'yi göstermektedir).*



Şekil 3: İstanbul meteoroloji radarı MAX görüntüleri



Şekil 4: *YTTS görüntüsü*.

3.1.2. Yıldırım Hasarlanmaları Analizi

26 Mart 2017 tarihinde İstanbul Atatürk Havalimanı ve çevresinde meydana gelen oraj ile birlikte Tablo 1'de gösterildiği gibi, 11:41-17:00UTC saatleri arasında iniş yapan Türk Hava Yollarına ait toplam 8 uçak yıldırıma maruz kalmıştır.

Tablo 1: 26 Mart 2017 tarihinde İstanbul Atatürk Havalimanı'na inişte yıldırıma maruz kalan uçaklar

No	Tarih	Kuyruk Adı	Kalkış Meydanı	İniş Meydanı	Kalkış Saati (UTC)	İniş Saati (UTC)	İniş Pisti
1	26.03.2017	JPH	DBV	IST	10:16	11:41	RWY05
2	26.03.2017	JOJ	BOS	IST	03:37	12:59	RWY05
3	26.03.2017	JIR	BCN	IST	10:22	13:04	RWY05
4	26.03.2017	JJN	JFK	IST	03:59	13:24	RWY05
5	26.03.2017	JTM	MAN	IST	10:12	13:59	RWY05
6	26.03.2017	JRO	VIE	IST	12:40	14:24	RWY05
7	26.03.2017	JRJ	SZF	IST	15:30	16:48	RWY05
8	26.03.2017	JFU	TZX	IST	15:24	17:00	RWY05

Söz konusu saatlerde iniş için kullanılan pist RWY05 olup, hadise esnasında rüzgarın genellikle değişik yönlerden 02-08KT civarında estiği Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2: 26 Mart 2017 tarihinde İstanbul Atatürk Havalimanı'nda gözlemlenen rüzgarlar (Metar verilerinden)

Saat (UTC)	11:50	12:20	12:50	13:20	13:50	14:20	14:50	15:20	15:50	16:20	16:50
Rüzgar Yön/ Şiddet (KT)	VRB/02	250/04	VRB/02	VRB/02	050/05	VRB/03	VRB/05	080/04	040/07	060/08	040/07

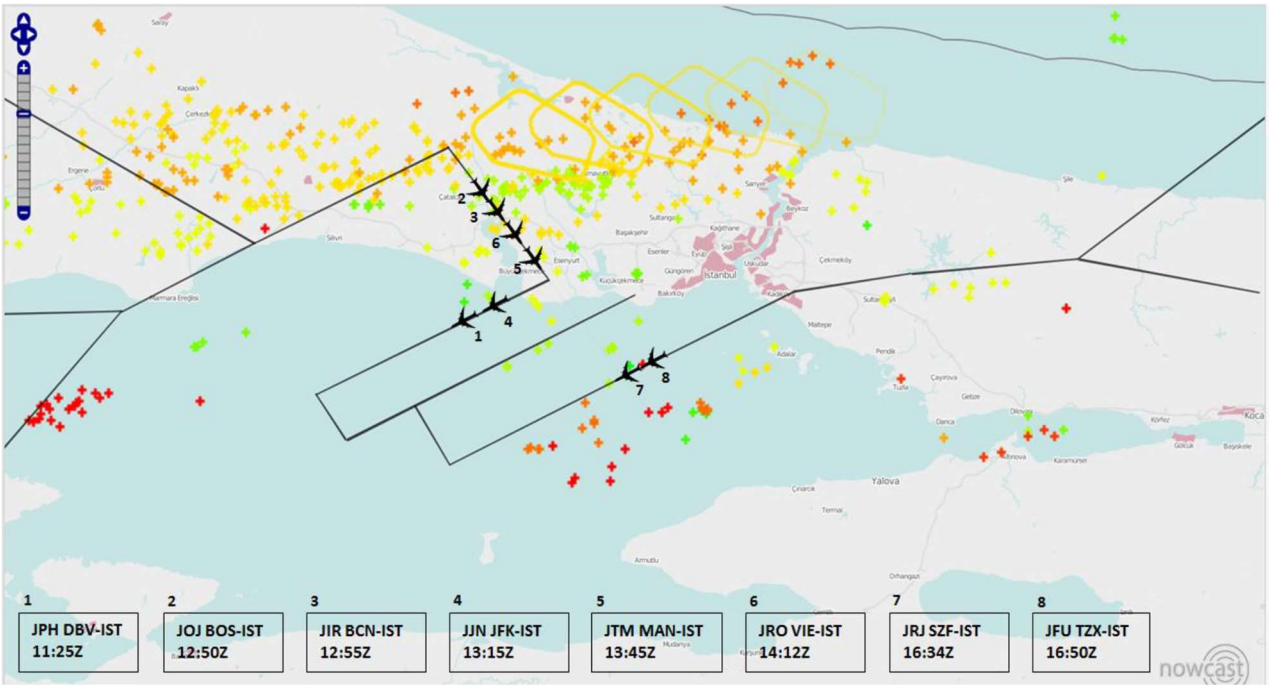
İlgili güne ait 11:00-17:00UTC saatleri arasında Marmara Bölgesi'nde meydana gelen yıldırım verileri YTTS sistemi ile görüntülenerek, yıldırıma maruz kalan uçakların pozisyon ve saat bilgileri yaklaşık olarak Şekil 5'de gösterilmiştir. İniş için kullanılan pistin RWY05 olması nedeniyle, yıldırıma maruz kalan uçaklar RWY05 pistine ait RNAV STAR üzerinde zaman sırasına göre numaralandırılarak belirtilmiştir.

Buna göre Marmara Bölgesi'nde etkili olan sistemin hareket yönü ve saatine göre, Avrupa ve Amerika kıtasından gelen 6 uçak Büyükçekmece ve Çatalca civarında 11:25-14:12UTC saatleri arasında yıldırıma maruz kalırken, Karadeniz Bölgesi'nden gelen iki iç hat uçak ise 16:34-16:50UTC saatleri arasında Marmara Denizi üzerinde yıldırıma maruz kalmıştır. Yaklaşma hattında olan uçakların irtifalarının ise yaklaşık 12.000ft ve altında kaldığı tespit edilmiştir.

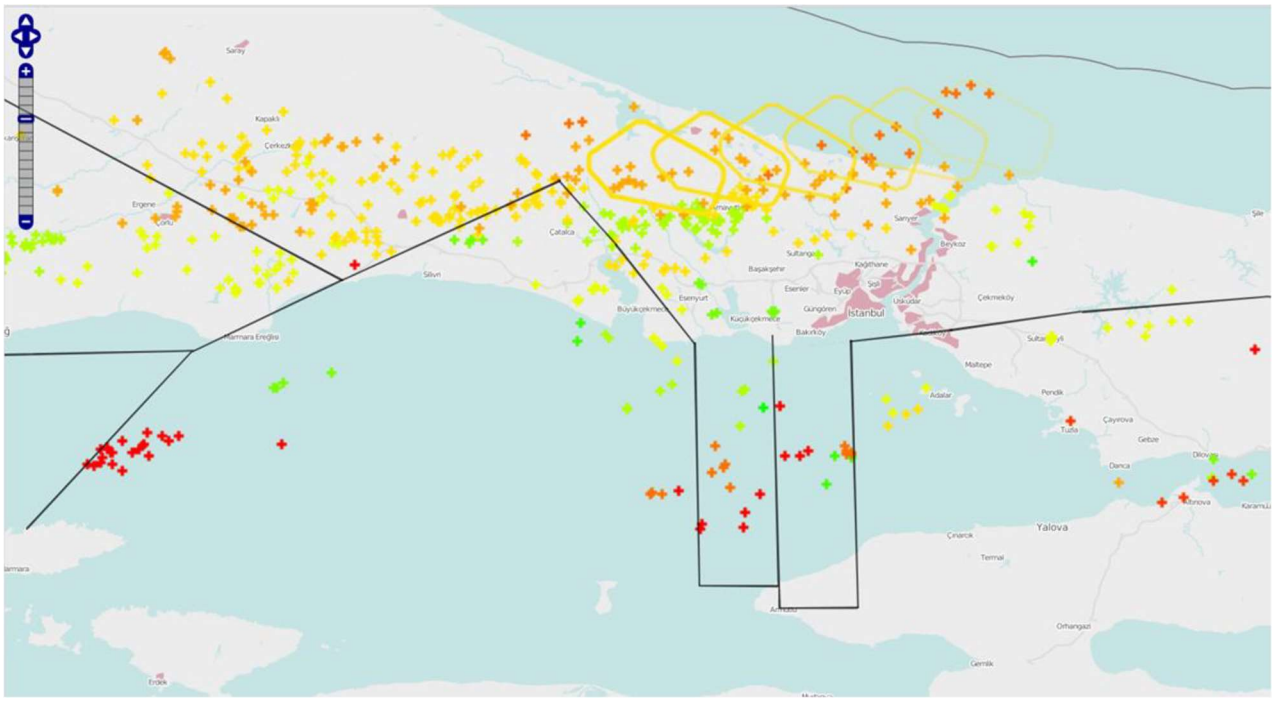
Atatürk Havalimanı'nda esen rüzgara bakıldığında maksimum rüzgar şiddetinin 060 dereceden 8KT olduğu Tablo 2'den görülmekte olup, Türkiye AIP'sinde (Aeronautical Information

Publication) İstanbul Atatürk Havalimanı için belirtildiği üzere ıslak pist şartlarında kuyruk rüzgarının maksimum 5KT olabileceği dikkate alındığında, iniş için kullanılabilecek uygun pistlerin RWY05 ve RWY35 olduğu söylenilebilir.

İlgili gün için YTTS sisteminde RWY35'e ait RNAV STAR rotalar çizildiğinde, iniş güzergahı üzerinde RWY05'e benzer yıldırım yoğunluğu meydana geldiği Şekil 6'da görülmektedir. Bu nedenle söz konusu günde yapılacak pist değişikliği yıldırım hasarları için önlem olmayıp, radar vektör ile standart rotanın dışında anlık yıldırım verileri gözlemlenerek farklı yaklaşma paternlerinin izlenilmesi, daha az uçağın yıldırıma maruz kalmasını sağlayacaktı.



Şekil 5: YTTS görüntüsü ile beraber İstanbul Atatürk Havalimanı RWY05 İçin RNAV STAR üzerinde yıldırıma maruz kalan uçaklar



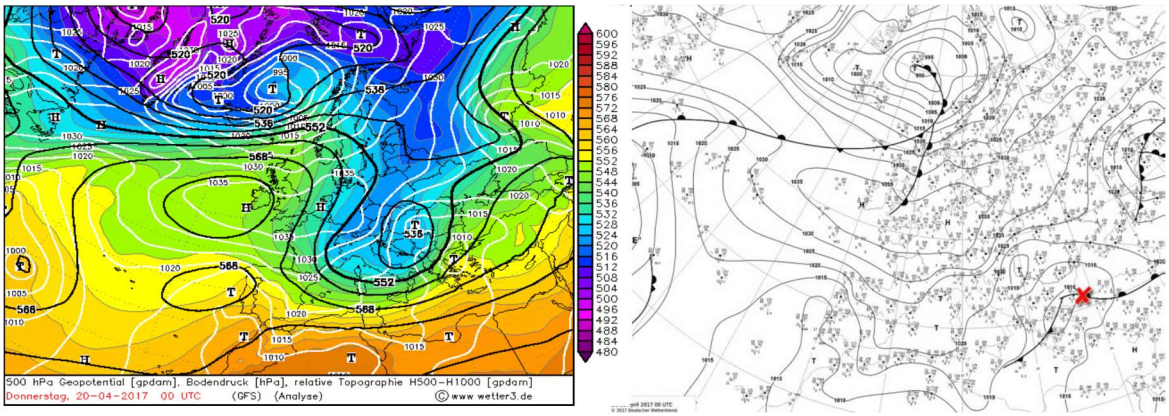
Şekil 6: YTTS görüntüsü ile beraber İstanbul Atatürk Havalimanı RWY35 İçin RNAV STAR üzerindeki yıldırımlar

3.2. 20 Nisan 2017 Tarihine Ait Analizler

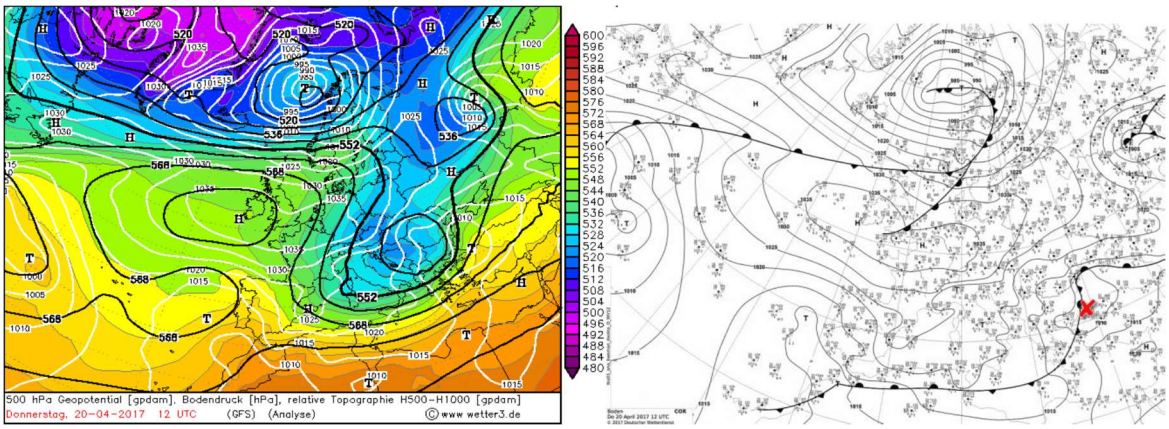
3.2.1. Sinoptik Analiz

İstanbul Atatürk Havalimanı ve civarında 12:00-16:00UTC saatleri arasında etkili olan oraj hadisesine ait Şekil 7 ve Şekil 8'de verilen sinoptik haritalar incelendiğinde, Kuzey Akdeniz'e doğru keskin bir oluk hattının konumlandığı ve soğuk cephe geçişi ile birlikte hadisenin gerçekleştiği görülmektedir. Alçak seviyedeki güneybatılı jetler ile Ege üzerinden Türkiye'ye nem taşınımı gerçekleşmiştir ve kararsız hava koşulları ile birleşmesi sonucunda gök gürültülü sağanak yağış meydana gelmiştir.

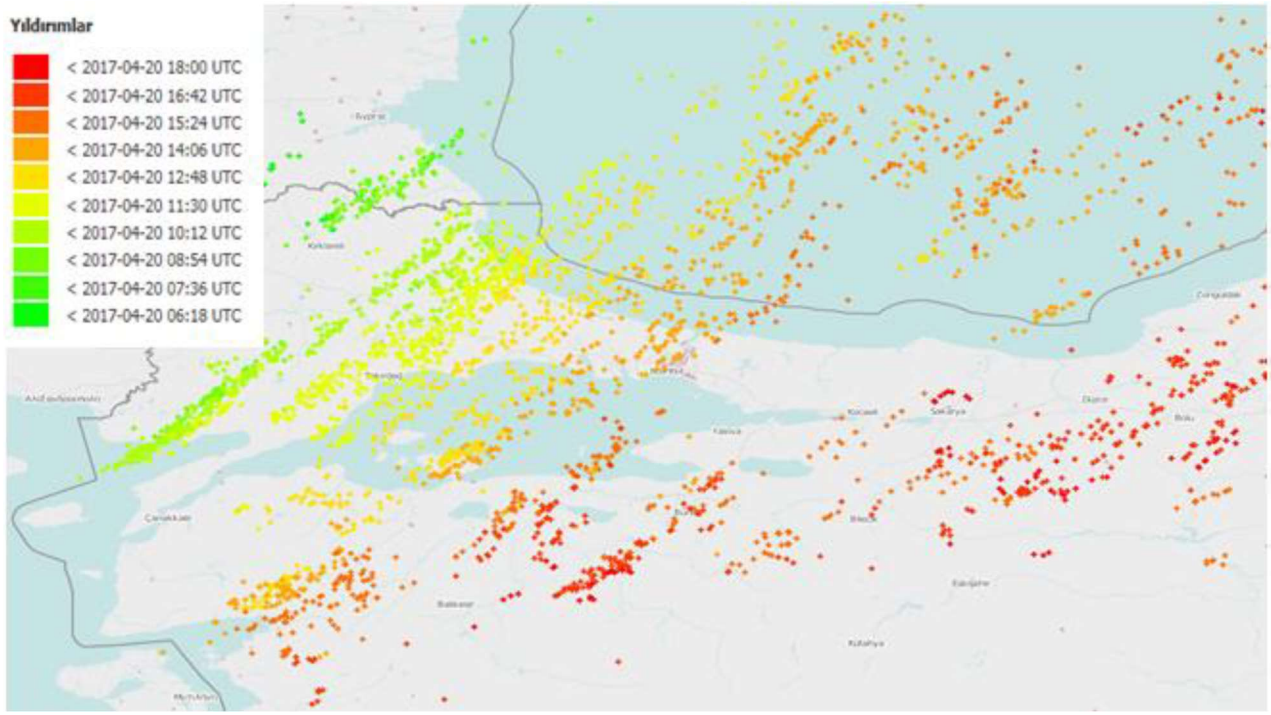
Şekil 9 ve Şekil 10'daki İstanbul C bant meteoroloji radarına ait MAX görüntüleri ve YTTS görüntüleri incelendiğinde, güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanan soğuk cephenin Trakya'dan girerek doğu yönde hareket etmesi ile İstanbul'u terk ettiği ve bulut tavan yüksekliğinin ortalama 8km'ye ulaştığı, Çatalca civarında dBZ değerlerinin 60 olduğu görülmektedir.



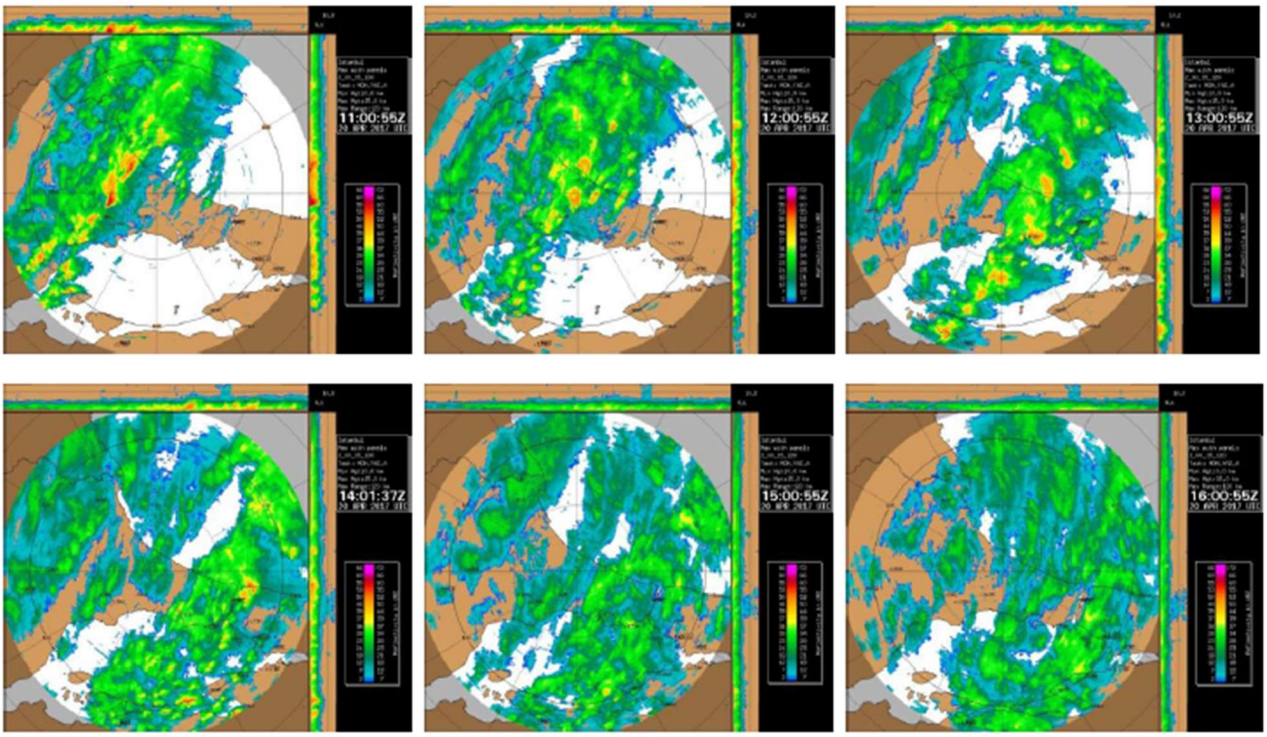
Şekil 7: *20 Nisan 2017 00UTC yer ve 500hPa haritaları (kırmızı çarpı AHL'yi göstermektedir).*



Şekil 8: *20 Nisan 2017 12UTC yer ve 500hPa haritaları (kırmızı çarpı AHL'yi göstermektedir).*



Şekil 9: *YTTS görüntüsü.*



Şekil 10: İstanbul meteoroloji radarı MAX görüntüleri.

3.3.2. Yıldırım Hasarlanmaları Analizi

20 Nisan 2017 tarihinde İstanbul Atatürk Havalimanı ve çevresinde meydana gelen oraj ile birlikte Tablo 3'de gösterildiği gibi, 12:43-15:53UTC saatleri arasında iniş yapan Türk Hava Yollarına ait toplam 10 uçak yıldırıma maruz kalmıştır.

Tablo 3: 20 Nisan 2017 tarihinde İstanbul Atatürk Havalimanı'na inişte yıldırıma maruz kalan uçaklar

No	Tarih	Kuyruk Adı	Kalkış Meydanı	İniş Meydanı	Kalkış Saati (UTC)	İniş Saati (UTC)	İniş Pisti
1	20.04.2017	JIS	FRA	IST	10:01	12:43	RWY05
2	20.04.2017	JST	MRS	IST	10:06	13:14	RWY05
3	20.04.2017	JOL	IAD	IST	03:17	13:58	RWY35
4	20.04.2017	JYI	BUD	IST	12:14	14:33	RWY35
5	20.04.2017	JTE	ATH	IST	12:55	14:46	RWY35
6	20.04.2017	JOK	BEY	IST	13:04	15:02	RWY35
7	20.04.2017	LKA	LHR	IST	11:14	15:09	RWY35
8	20.04.2017	JTR	KWI	IST	11:15	15:12	RWY35
9	20.04.2017	LJC	SFO	IST	02:58	15:14	RWY35
10	20.04.2017	LJE	LAX	IST	03:21	15:53	RWY35

Atatürk Havalimanı'nda rüzgar yönü ve şiddeti incelendiğinde, 12:20UTC'ye kadar güneybatıdan 8-14KT arasında devam eden rüzgarın, cephe geçişi ile beraber şiddetini arttırarak kuzeybatıya ve akabinde kuzeye döndüğü Tablo 4'de görülmektedir. Rüzgar yön değişimine bağlı olarak 03:30- 12:24UTC saatleri arasında iniş için RWY23 pisti kullanılırken, 12:25-13:27UTC saatleri arasında RWY05 ve 13:28-16:00UTC saatleri arasında ise RWY35 pisti sırasıyla iniş için kullanılmıştır.

Tablo 4: 20 Nisan 2017 tarihinde İstanbul Atatürk Havalimanı'nda gözlemlenen rüzgarlar (Metar verilerinden)

Saat (UTC)	10:50	11:20	11:50	12:20	12:50	13:20	13:50	14:20	14:50	15:20	15:50
Rüzgar Yön/ Şiddet (KT)	210/10	220/14	260/08	340/12	350/21	340/25	360/18	350/20	350/20	350/12	350/13

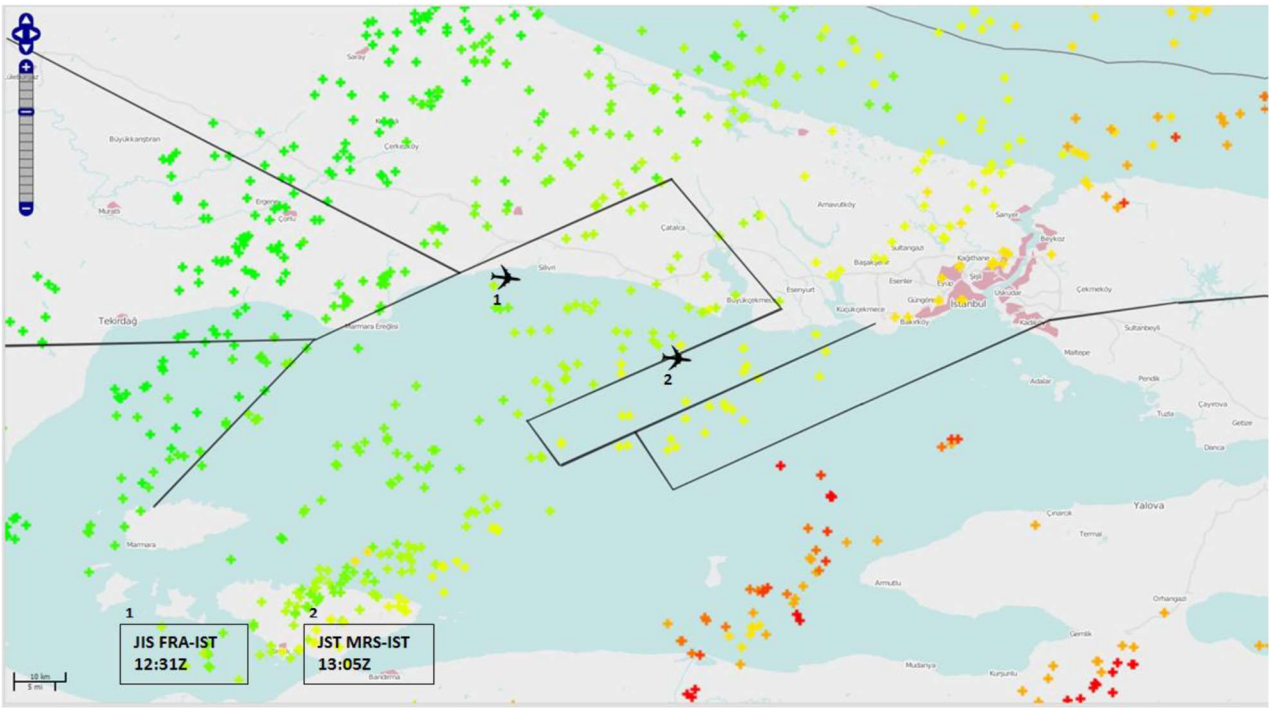
İlgili güne ait 11:00-16:00UTC saatleri arasında Marmara Bölgesi'nde meydana gelen yıldırım verileri YTTS sistemi ile görüntülenerek, yıldırıma maruz kalan uçakların pozisyonları ve saat bilgileri, iniş pisti RWY05 kullanıldığı durumda Şekil 11'de ve RWY35 kullanıldığında ise Şekil 12'de yaklaşık olarak gösterilmiştir. Yıldırıma maruz kalan uçaklar, RWY05 ve RWY35 pistine ait RNAV STAR'lar üzerinde zaman sırasına göre numaralandırılarak belirtilmiştir.

Buna göre Marmara Bölgesi'nde etkili olan sistemin hareket yönü ve saatine göre, 12:31-13:05UTC saatleri arasında Avrupa'dan gelen 2 uçak RWY05 pistine iniş esnasında yıldırıma maruz kalırken, 13:15-15:41UTC saatleri arasında ise 8 uçak RWY35 pistine iniş esnasında yıldırıma maruz kalmıştır. Yaklaşma pozisyonlarına göre uçakların irtifaları ise 12.000ft altında kalmaktadır.

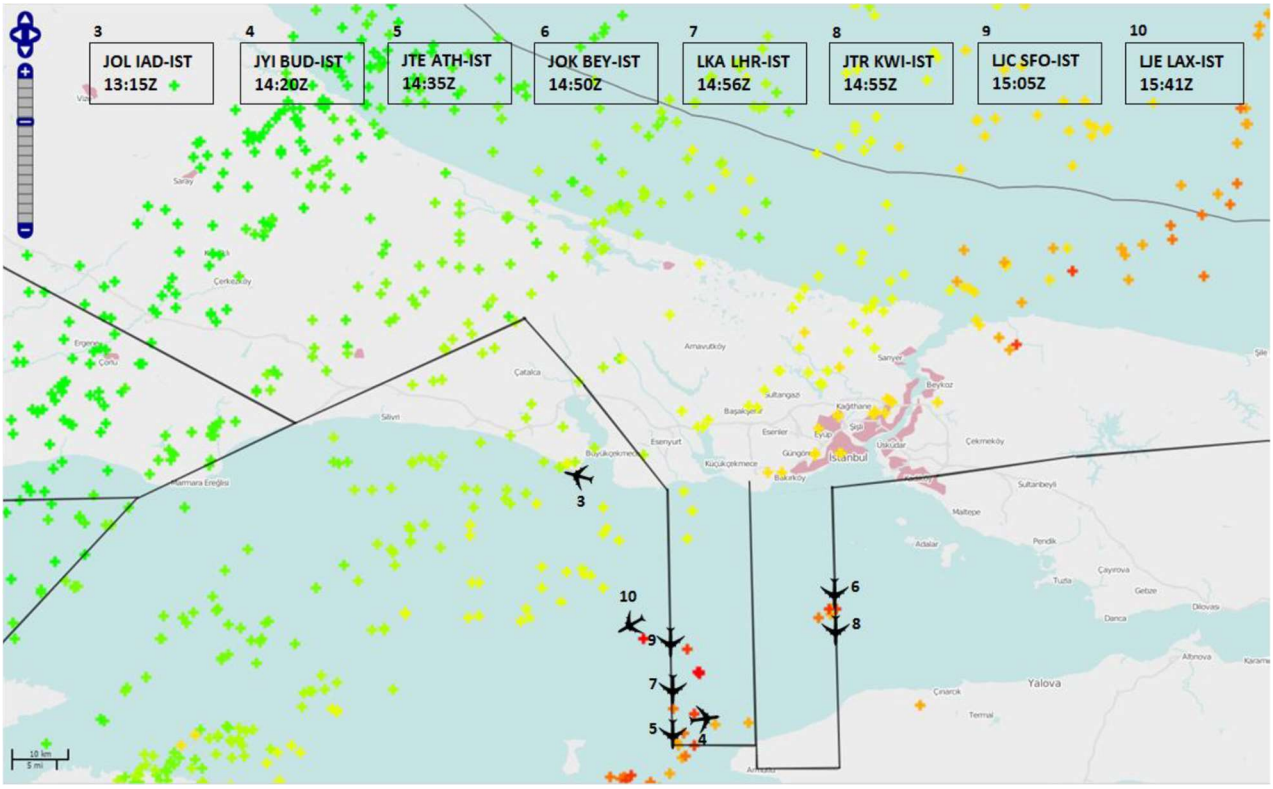
Meydan ve çevresindeki oraj ve pist değişikliği nedeniyle, birçok uçak havada bekleme yapmış ve standart RNAV STAR rotasından farklı yaklaşma paternleri izlemiştir. Bu nedenle Şekil 11 ve Şekil 12 üzerinde yıldırıma maruz kalan uçaklar, pozisyon ve hareket yönüne göre belirtilmiştir.

350 dereceden 20-25KT civarında esen rüzgar nedeniyle iniş pisti 13:28UTC itibariyle RWY35 olarak kullandırılmıştır. Ancak cephenin doğu yönündeki hareketi nedeniyle, 11:30-13:00UTC arasında RWY05 yaklaşma paterninde olan yıldırım aktiviteleri, 13:00UTC'den sonra Marmara Denizi'ne doğru hareket ederek RWY35 yaklaşma paterni üzerine denk gelmiştir. Yan rüzgar

limitleri içerisinde kalmasından dolayı 13:28UTC'den sonra iniş pisti değiştirilmeyip RWY05 olarak kullanılmaya devam edilseydi, daha az uçak yıldırıma maruz kalmış olacaktı.



Şekil 11: YTTS görüntüsü ile beraber İstanbul Atatürk Havalimanı RWY05 İçin RNAV STAR üzerinde yıldırıma maruz kalan uçaklar



Şekil 12: YTTS görüntüsü ile beraber İstanbul Atatürk Havalimanı RWY35 İçin RNAV STAR üzerinde yıldırıma maruz kalan uçaklar

4. SONUÇLAR

İstanbul Atatürk Havalimanı'nda oraj esnasında meydana gelen yıldırım çarpmalarının incelenmesi için seçilen iki tarih olan 26 Mart 2017 ve 20 Nisan 2017'de toplam 18 uçağın yıldırıma maruz kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca İstanbul çevresindeki yıldırım yoğunluğu ve rüzgar gibi diğer meteorolojik şartlar incelendiğinde, 26 Mart 2017 tarihinde yıldırım çarpmalarını önleyebilmek için pist değişikliğinin önlem olmadığı ve 20 Nisan 2017 tarihinde ise iniş pisti değişikliği ile daha az uçağın yıldırıma maruz kalmasının sağlanacağı tespit edilmiştir. Bu nedenle, oraj esnasında hava trafik kontrol personelleri tarafından radar ve yıldırım tespit ve takip sistemleri ile hava aktivitelerinin gerçek zamanlı takibi yapılarak hava trafiğinin bu doğrultuda yönetilmesi ve uygun yaklaşma paternleri verilmesi, yıldırım hasarlanmalarına karşı alınacak en sağlıklı yöntem olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] **EASA, EEA, EUROCONTROL.** *European Aviation Environmental Report, 2016.*

[2] **Li P. W,** *Development of a Thunderstorm Nowcasting System in Support of Air Traffic Management,* Arizona, 2009.

[3] **Eurocontrol**. *Annual Network Operations Report 2016*, (12, 19 ve 31), May 2017.

[4] **Eroğlu Y. S.,** Yıldırım Tespit ve Takip Sistem Eğitimi, 2016

DUAL POLARİZASYON ÖZELLİKLİ RADAR ÖLÇÜMLERİ KULLANILARAK 7 HAZİRAN 2016 TARİHİNDE İNGİLTERE'NİN GÜNEYİNDE GÖRÜLEN GÖK GÜRÜLTÜLÜ FIRTINALAR SONUCUNDA GERÇEKLEŞEN YAĞMUR VE DOLU YAĞIŞININ ANALİZİ

Sema ÇİL KEYDAL
University of Reading
Department of Meteorology
Ankara
s.cilkeydal@student.reading.ac.uk

ÖZET

Radar meteorolojistleri tarafından yapılan araştırmalarda, dual polarizasyon özellikli radar ölçümleri sonucunda elde edilen diferansiyel reflektivite verilerinin sütunsal olarak arttığı bölgeler "ZDR Sütunu" olarak adlandırılmıştır. Bu sütunların konvektif fırtınalarda çarpışma -birleşme prosesinin (collision – coalescence process) anlaşılmasında ve fırtına oluşumu esnasında yükselen havanın kuvvetinin anlaşılabilmesinde önemli rol oynadığı keşfedilmiştir. Önceki akademik çalışmalarda elde edilen bu sonuçlar ışığında, ZDR temelli analiz metotları kullanılarak, ZDR ve diğer dual polarizasyon ölçüm değerleri kullanılarak fırtınada farklı zaman aralıklarındaki yağış cinsi ve boyutları ile yağış miktarları analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Dual-polarizasyon; ZDR sütunu; konvektif fırtınalar.

1. GİRİŞ

Meteorolojik radarlar atmosferin anlık durumunun incelenmesinde ve yakın gelecekteki durumunun tahmininde kullanılan önemli bir hava tahmin aracıdır. Bununla birlikte

meteorolojik radarlar fırtınaların mikrofiziksel süreçlerinin daha iyi anlaşılmasında bir araştırma aracı olarak da kullanılmaktadır.

1.1. Dual Polarizasyon Özellikli Radarlar

Dual-polarizasyon özellikli radarlar ile elde edilen temel ölçü birimleri aynı kutuplu ve karşıt kutuplu sinyal ekolarından üretilmektedir. Bilimsel araştırmalarda en çok kullanılan polarimetrik ölçü birimi diferansiyel reflektivitedir. (ZDR). Bu değişken, aynı kutuplu yatay ve dikey sinyallerin reflektivite değerlerinin oranıdır. Temel olarak hidrometeorun boyutu hakkında bilgi veren ve Seliga ve Bringi (1975) tarafından tanımlanan [1] ve birimi dB olan bu değişkenin formülü ise;

$$Z_{DR} = 10\log(\frac{Z_{HH}}{Z_{VV}}) \quad (1)$$

Bu çalışmada kullanılacak olan bir başka polarimetrik ölçüm birimi ise Lineer Depolarizasyon Oranıdır. (LDR). Aynı kutuplu ve karşıt kutuplu sinyallerin reflektivite değerlerinin birbirine oranıdır. Karışık fazlı veya ergime konumunda bulunan hidrometeorlar (ıslak graupel ya da dolu gibi) yüksek LDR değerleri ölçülmesine sebep olur [2]. Birimi dB olan bu değişkenin de formülü ise,

$$LDR = 10\log(Z_{VH}/Z_{HH}) \quad (2)$$

1.2. ZDR Sütunları

ZDR sütunları, konvektif fırtınaların özelliklerini analiz edebilmeye yardımcı dikkate değer bir polarimetrik radar ölçümüdür. ZDR sütununu ise derin konvektif fırtınalardaki pozitif ZDR değerlerinin 0°C seviyesinden birkaç kilometre daha yukarı çıkmak suretiyle dar bir şekilde oluşturduğu sütunlardır [3].

1980'li yıllardan bu yana yapılan birçok araştırma sonuçları ile birlikte son yıllarda yapıla çalışmalar ile ZDR sütunlarının uzunluğu, şekli ve yatay genişliğinin meteorolojistler için faydalı bilgiler içerdiği görülmüştür. Yağış miktarının yoğunluğunun tahmini ve tekil fırtına hücrelerinin anlık tahminine imkân sağlaması bunlardan bir kaçıdır. Bununla birlikte, yukarı yönlü hava akımlarının yoğunluğu ile ZDR sütununun yüksekliği arasındaki ilişki, konvektif fırtınalar ve ZDR sütunları arasındaki ilişki ile bir korelasyon içerisindedir. Ayrıca 0°C seviyesi üzerindeki yüksekliklere kadar çıkabilen sütunlarda bu seviye üzerindeki pozitif ZDR değerleri

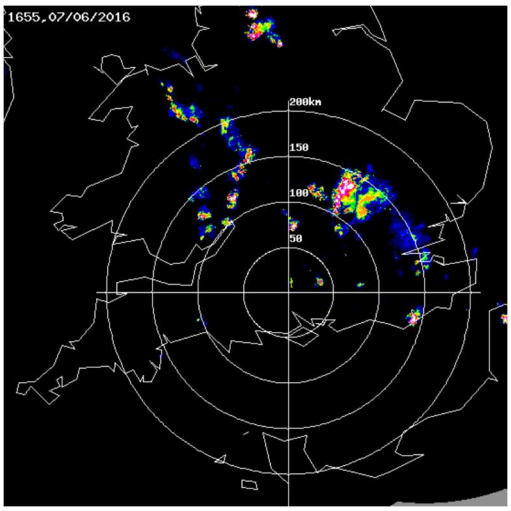
aşırı derecede soğutulmuş sıvı taneciklerini (supercooled liquid drops) varlığının da bir kanıtı olarak kabul ediliyor.

ZDR sütunları birçok çalışmada temel olarak araştırılsa da sütunların oluşumu ile ilgili bazı spesifik detaylar hala belirlenmiş değil. Bu belirsizlikleri gidermek amacıyla bu çalışmada ZDr sütunlarının mikrofizik özellikleri analiz edilmiştir.

2. METODOLOJİ

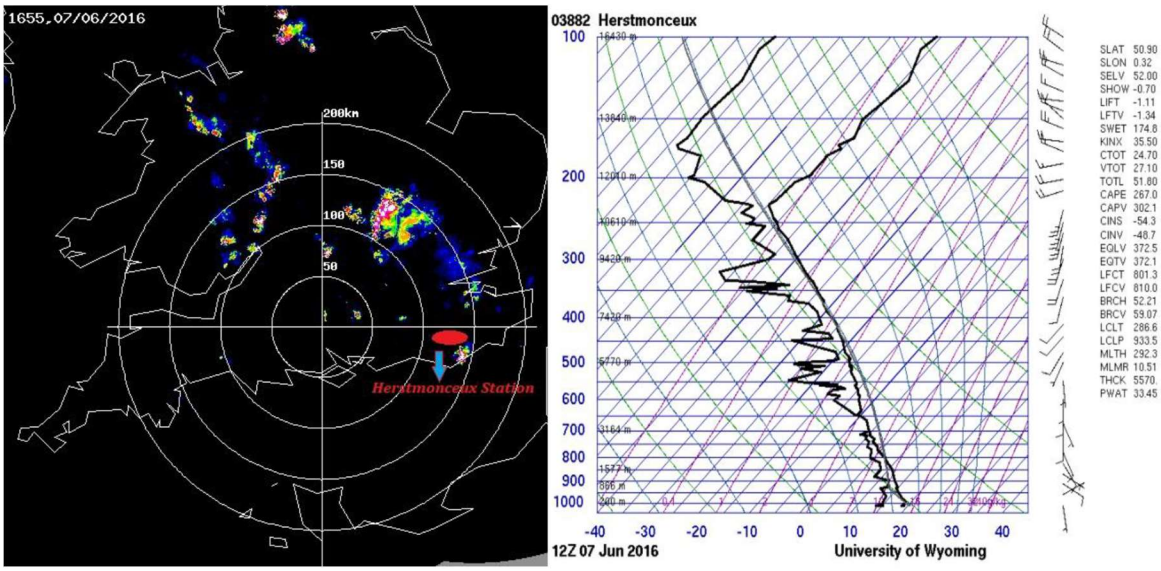
2.1. Analiz Edilen Veriler

Bu çalışmada, 7 Haziran 2016 tarihinde meydana gelen konvektif fırtınanın Chilbolton Gelişmiş Meteorolojik Radarı (CAMRa) ile yapılan dual polarizasyon özellikli ölçümleri analiz edilmiştir. CAMRa tarafından ölçülen bu veriler, 15.43 ile 16.55 arasında antenin yükselme açısının değişmesi ile elde edilen RHI (Range-Height Indicator) taramalarından oluşmaktadır. Bu taramalara ek olarak, Birleşik Krallık Met Office Radar Ağından alınan verilerin Chilbolton Radarı ile birleşim fotoğrafları da kullanılmıştır. Şekil- 1'de görülen örnekte merkezden uzakta eşit daireler halinde gösterilen alanın merkezi CAMRa'nın lokasyonunu göstermektedir.



Şekil 1: CAMRa ve Met Office kompozit radar verisi

Buna ek olarak, ZDR sütunlarındaki tepe noktası sıcaklıklarının ve 0°C seviyesinin referans değerler alınarak belirlenmesi için 7 Haziran 2016, 12Z sounding verisi kullanıldı. Daha geçerli kabuller yapabilmek amacıyla fırtınanın yoğun görüldüğü bölgelere yakın olan İngiltere'nin güneyindeki Herstmonceux istasyonu verileri analiz edildi. (Şekil -2)



Şekil 2: Herstmonceux istasyonu ve 7 Haziran, 12Z tarihindeki Sounding verisi

Farklı evrelerdeki ve farklı çözünürlükteki ZDR Sütunlarını incelemek için 7 farklı RHI taramasından farklı azimuth açılarına sahip 16 sütun seçilmiştir. Tablo -1 ‘de bu sütunların yükseklikleri(km), tepe sıcaklıkları(°C), azimuth açıları (°) ve CAMRa’dan uzaklıkları (km) gösterilmektedir.

Tablo 1: Analizde kulundan ZDR sütunlarına dair bilgiler

Scan time [UTC]		Height of column (from-to) [km]	Azimuth [°]	Top Temperature [°C]	Distance from Chilbolton [km]
15.43.53	1st	0.696km – 3.38km	30°	-2.4°C	102km – 107km
	2nd	0.765km – 4.78km	30°	-10.3°C	110km – 112km
	3rd	0.792km – 3.42km	30°	-2.4°C	113km – 114km
15.54.56	1st	0.785km – 4.95km	29.75°	-11.3°C	108km – 115km
	2nd	0.86km – 4.45km	29.75°	-8.1°C	116km – 117km
16.02.36	1st	0.36km – 3.95km	37.25°	-5.7°C	71km – 73.7km
	2nd	0.388km – 3.38km	37.25°	-2.4°C	74.2km – 75.8km
	3rd	0.705km – 2.37km	37.25°	4.4°C	103km – 106km
16.35.17	1st	0.677km – 3.57km	35.12°	-2.9°C	102km – 105km
16.47.08	1st	0.608km – 3.79km	29.37°	-5.3°C	93.6km – 94.9km
	2nd	0.974km – 3.23km	29.37°	-0.7°C	122km – 132km
16.50.07	1st	0.568km – 4.11km	27.87°	-6.3°C	90.8km – 92.5km
	2nd	0.633km – 5.48km	27.87°	-14.5°C	95km – 99.8km
	3rd	0.673km – 2.63km	27.87°	3.8°C	100km – 105km
16.51.06	1st	0.634km – 4.04km	27.37°	-6.3°C	95.2km – 100km
	2nd	0.785km – 2.72km	27.37°	2.0°C	105km – 108km

2.2. Analiz Metotları

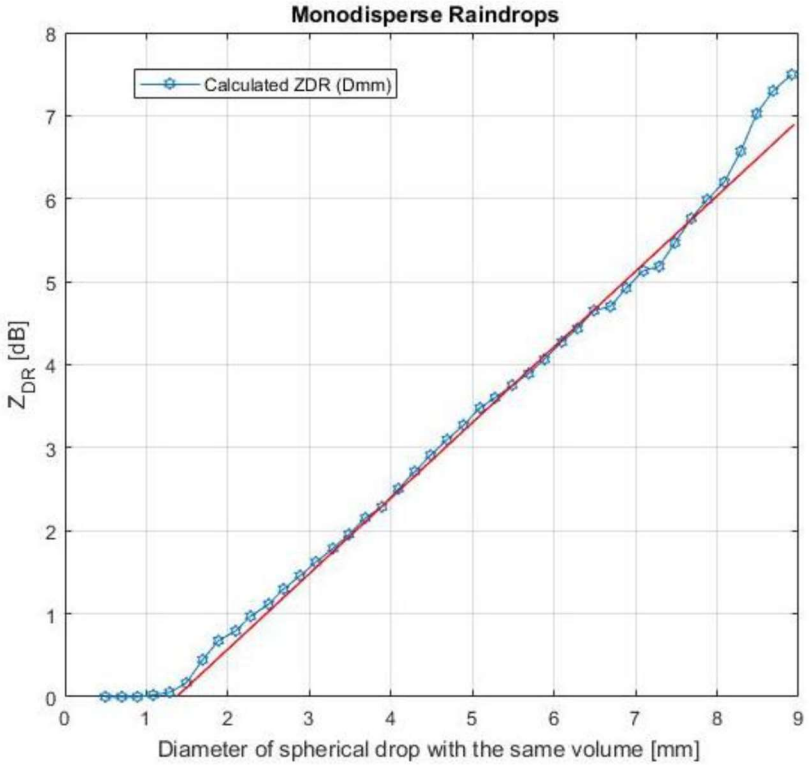
Analizin ilk kısmında, her yükseklikteki maksimum ZDR değerini bulabilmek için 0.25 km lik adımlarla her sütunda veriler taranıp MATLAB kullanılarak grafiğe dökülerek birbiri ile kıyaslandı. Sounding verilerine göre 0°C noktası yaklaşık olarak 3 km civarında olduğundan dolayı tüm sütunlar 3.6km yükseklikten kısa sütunlar ve uzun sütunlar olmak üzere ikiye ayrıldı.

Buna ek olarak, Thurai ve Bringi (2005)'nin çalışmasındaki veriler [4] kullanılarak, Gans teorisi yardımı ile hesaplanan diferansiyel reflektivite verileri ile yağmur damlası yarıçaplarını bir tabloya dökerek, elde edilen verilere en uygun doğrunun çizilmesi ile elde edilen best fit

çizgisinin doğru denklemi yardımıyla yağmur damlası yarıçapı hesaplanması yapılmıştır. (Şekil -3)

$$Z_{dr} = 0.9(D[mm] - 1.4) \quad (3)$$

$$Drop\ Diameter = ((\max Z_{dr})/0.9) + 1.4 \quad (4)$$



Şekil 3: (Thurai and Bringi (2005) te yer alan verilerin hesaplanan ZDR değerleri ve veriler için çizilen best fit çizgisi.

Analizin son kısımda ise, dual-polarizasyon radarları ile dolu yağışının tespit edilebilirliği test edilmiştir. Bu analizde, dolu tahmininde kullanılabilen polarimetrik ölçümlere ek olarak Kültegin Aydin ve arkadaşları (1986) tarafından tanımlanan Diferansiyal Dolu Sinyali, HDR tekniği [5] de kullanılmıştır.

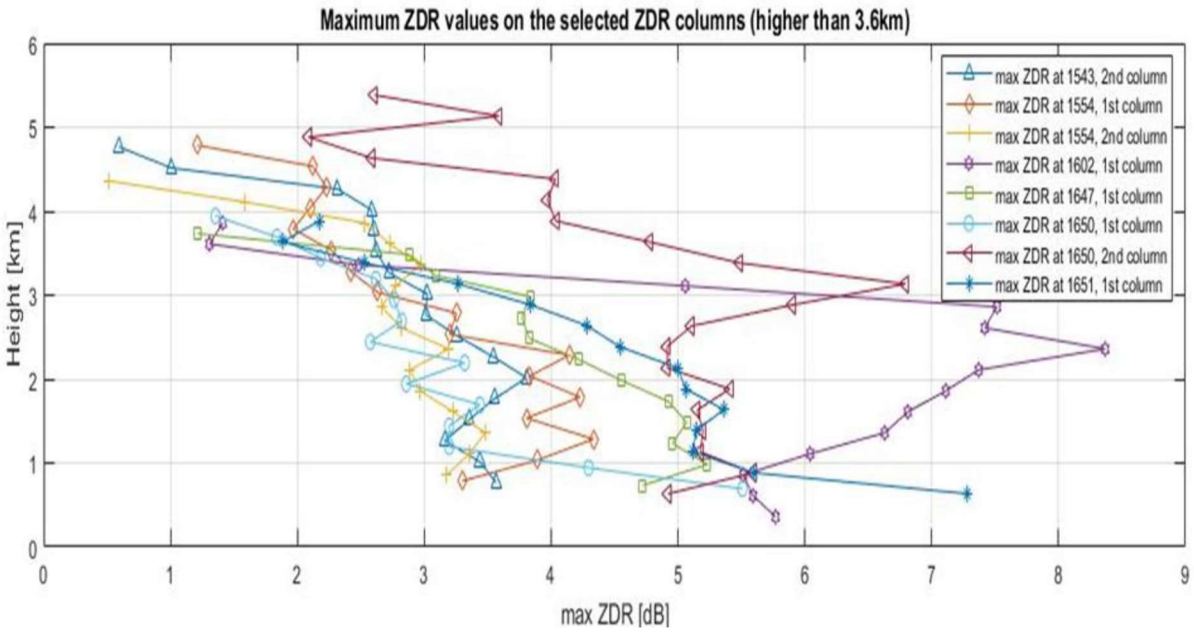
$$H_{dr} = Z_H - f(Z_{dr})dB \quad (7)$$

$$f(Z_{dr}) = \begin{cases} 27, & Z_{dr} \leq 0(dB) \\ 19\ Z_{dr} + 27, & 0 \leq Z_{dr} \leq 1.74(dB) \\ 60, & Z_{dr} > 1.74(dB) \end{cases} \quad (8)$$

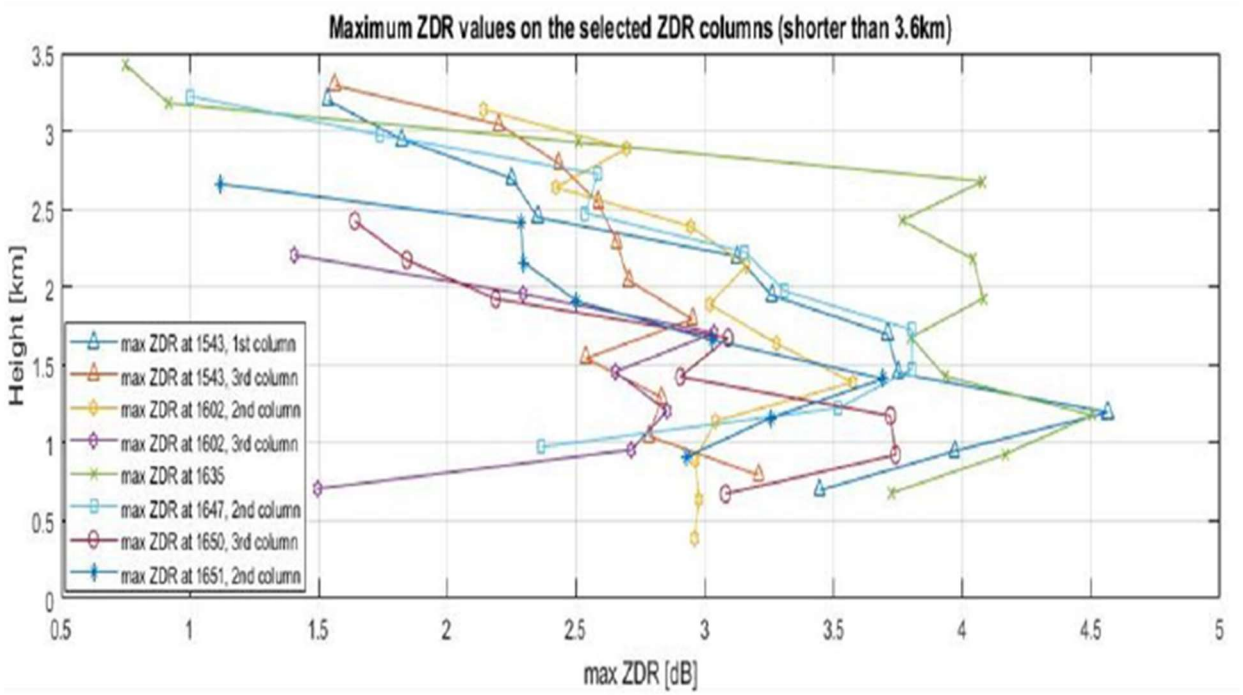
0°C seviyesi altındaki yüksekliklerde dolunun tespitinde etkili olduğu görülen bu teknikte, erime seviyesi altında düşük açılı radar ölçümleri sonucunda HDR değerinin 0'dan büyük olması dolu ihtimalinin yüksek olduğunu göstermektedir.

2.3. Analiz Sonuçları

Yeryüzünden 3.6 km yüksekliğe kadar ulaşan ZDR sütunları ve 3.6 km yükseklikten daha alçağa kadar ulaşabilen ZDR sütunlarında her yükseklikteki maksimum ZDR değerlerinin analizi sonucu Şekil 4 ve Şekil 5'te ki grafikler elde edilmiştir. Her iki grafikte de, erime seviyesi altında (yaklaşık 3km), genel olarak 3-8.5 dB arasındaki değerlere sahip ZDR sütunlarındaki parçacıkların büyük yağmur damlaları tarafından domine edildiği görülmektedir. Bununla birlikte, erime seviyesi üzerine çıkabilen ZDR sütunlarında maksimum ZDR değerlerinin küçülüyor olması yukarı doğru çıkan hava akımı gücünün azalıyor olmakta olduğunun bir kanıtıdır. Bu yüzdendir ki ZDR sütunlarının tepesindeki ZDR değerleri ortasından daha düşüktür. Genel olarak ise konvektif hareketler zayıfladığı zaman hava akımının gücünün azalması dolayısıyla ZDR sütunları da kısalmaktadır.

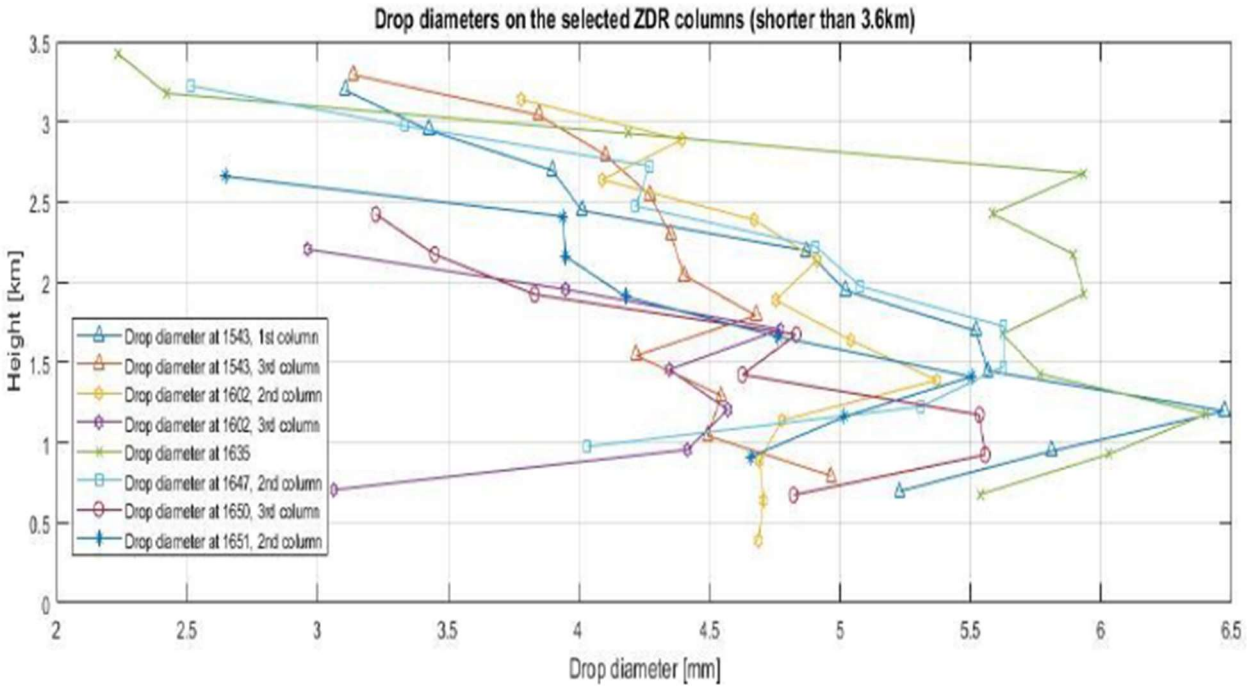


Şekil 4: 3.6km'den yüksek olan sütunlardaki maksimum ZDR değerlerinin grafik ile gösterilmesi

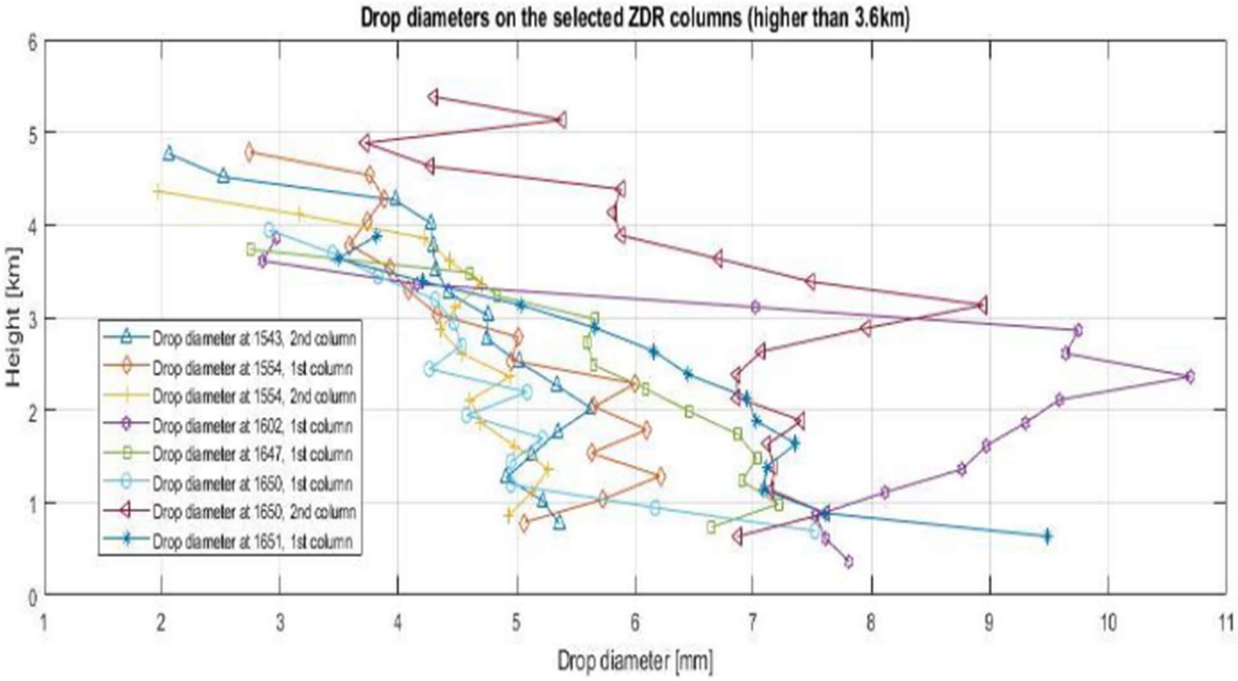


Şekil 5: 3.6km'den alçak olan sütunlardaki maksimum ZDR değerlerinin grafik ile gösterilmesi

Aynı ZDR sütunlarındaki bir önceki analizde bulunun maksimum ZDR değerleri ile yapılan yağış damlası yarı çapı hesaplanmasını sonucu elde edilen veriler Şekil 6 ve Şekil 7 de gösterilmiştir.



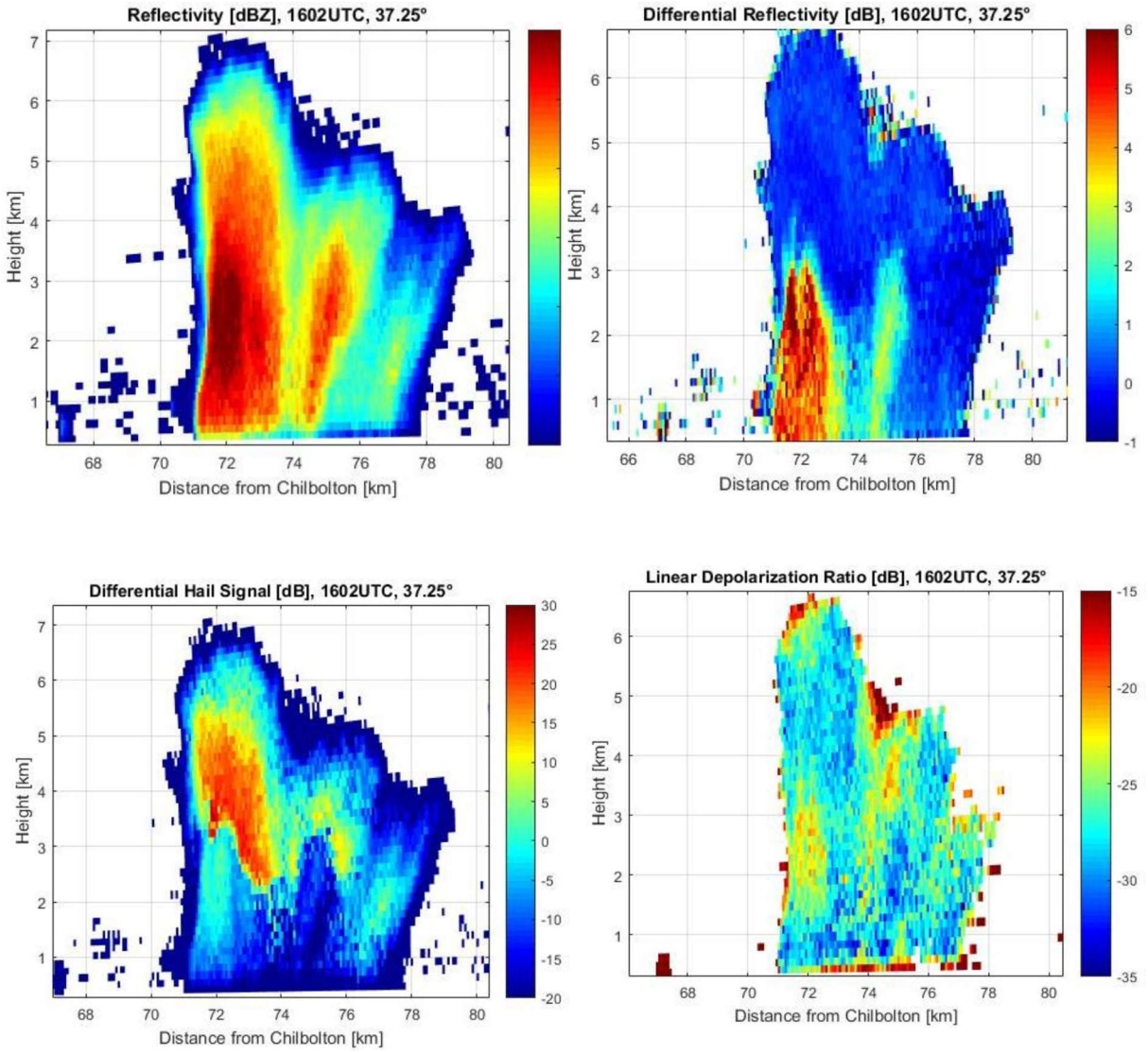
Şekil 6: 3.6km'den alçak olan sütunlardaki yağış damlası yarıçapı değerlerinin grafik ile gösterilmesi



Şekil 7: 3.6km'den yüksek olan sütunlardaki yağış damlası yarıçapı değerlerinin grafik ile gösterilmesi

Yüksek ZDR değerlerinin yüksek yarıçaplı yağış damlalarına işaret ettiği gerçeği göz önünde bulundurularak grafikler incelendiğine, 3.6 dan alçak sütunlarda maksimum yağış damlası yarıçapı 6.5mm iken 3.6 dan yüksek sütunlarda bu değer 10.7mm dir. Pruppacher ve Pitter (1971)' a göre, her bir yağış damlası serbest düşüş esnasında bölünmeden önce maksimum 10mm yarıçaplı boyuta ulaşabilir [6]. Bu konuda yapılan literatür taramaları sonucunda, bugüne kadar ölçülebilen en yüksek yağış damlası yarıçapı değerlerinin 8.8mm ile 10mm arasında olduğu kabul edilmiş ve bu yağış damlaları "süper-büyük yağmur damlası" olarak adlandırılmıştır [7]. 7 Haziran 2016 tarihindeki veriler ile yaptığımız bu analiz sonucunda ise, 1602UTC 'deki birinci ZDR sütununda bulunan 10.7mm 'lik yarıçap, bu alanda ölçülen yeni en yüksek değer olarak tanımlanabilir.

Analizin son kısmında dolu yağışına dair verilerin analizinde ise, yüksek reflektivite (Z) değerine sahip (55 dBZ ve üzeri), LDR'da azalma görülen ve düşük ZDR değerine sahip sütunlardan birisi incelenmiştir. Şekil 8'de, 1602UTC, birinci sütunu incelenmiş, bu sütundaki reflektivite (Z), LDR, ZDR ve diferansiyel dolu sinyali (HDR) taramaları oluşturulmuştur. Bu taramalarda, ZDR sütununda 2.5km yükseklik dolaylarında yüksek reflektivite değerleri (60 dBZ ve üzeri), düşük diferansiyel reflektivite değerleri (2 dB - 5dB), LDR değerlerinde o bölgede azalış ve pozitif HDR değerleri (0 dB – 5 dB) o bölgede dolu yağışının işaretleri olarak görülebilir.



Şekil 8: 1602UTC'deki 1. Sütunun LDR, ZDR, Z ve HDR değerlerinin gösterimi

Bu dolu yağışının varlığını teyit eden analizlere ek olarak, normalde dolu tanelerinin dönerek düşmeye olan eğiliminden dolayı ve yağmur damlasına göre daha düşük kırılma indeksinin olmasından ötürü dolu yağışı için kabul edilen ZDR değerleri 0 dB ve daha az olmasına karşın, bu sütunda 2 dB – 5dB arasındaki değerler ölçülmüştür. Bu sonuçların Smyth et al (1998)'deki analiz sonuçları ile benzerlik göstermesinden dolayı, bu dolu tanelerinin yassı ve ıslak dolu taneleri olduğu kabul edilebilir.

3. SONUÇLAR

7 Haziran 2016 tarihinde İngiltere'nin güneyinde ve Londra'nın güney kısımlarında görülen aşırı miktardaki yağış hayatı olumsuz yönde etkilemiş, Londra'da metro hatlarının ve yolların kapatılmasına neden olacak kadar aşırı miktarda yağış görülmüştür. Bu analizlerin sonucunda

ise ZDR sütunlarının analizlerinin fırtına hücrelerine ve onların gelişimine dair bilgi edinebilmede önemli rol oynadığı belirlenmiştir. ZDR sütunları ve bu sütunlarda diğer dual-polarizasyon ölçüm sonuçlarının analizlerde birlikte kullanımı konvektif fırtınalarda yükselen hava akımlarının atmosferde 0°C seviyesi altı ve üzerindeki gücü hakkında daha efektif bilgiler edinebilmek konusunda önemli rol oynadığı tespit edilmiştir.

Ayrıca ölçülen en büyük yağış damlası yarıçapının literatürde kabul edilenin aksine 10mm'den daha yüksek olabileceğinin de kanıtlanmış olması bu alandaki çalışmaların artması konusunda teşvik edici bir sonuç olmuştur.

KAYNAKLAR

[1] **Seliga, T. A., and V. N. Bringi,** *Potential use of radar differential reflectivity measurements at orthogonal polarizations for measuring precipitation*. J. Appl. Meteor., 15, (69–76), 1976.

[2] **Herzegh, P. H., and A. R. Jameson,** *Observing precipitation through dual-polarization radar measurements.* Bull. Amer. Meteor. Soc., **73,** (1365–1374), 1992.

[3] **Kumjian, M. R., A. P. Khain, N. Benmoshe, E. Ilotoviz, A. V. Ryzhkov, and V.T.J. Philips,** *The anatomy and physics of columns: investigating a polarimetric radar signature with a spectral bin microphysical model.* J. Atmos. Sci., **53, (**1820 – 1843), 2014.

[4] **Thurai, M., and V. N. Bringi,** *Drop axis ratios from a 2D video disdrometer,* J. Atmos. Oceanic Technol., 22, (966–978), 2005.

[5] **Aydin, K., T. A. Seliga, and V. Balaji,** *Remote sensing of hail with a dual linear polarisation radar.* J. Appl. Meteorol., 25, (1475–1484), 1986.

[6] **Pruppacher, H. R., and R. L. Pitter,** *A semi-empirical determination of the shape of cloud and rain drops.* J. Atmos. Sci., 28, (86–94), 1971.

[7] **Hobbs, P. V., and A. L. Rangno,** *Super-large raindrops,* Geophys. Res. Lett., 31**,** L13102, 2004.

ANTALYA YÜZEY ISI ADASI ÖZELLİKLERİNİN UYDU VERİLERİ İLE ANALİZİ

Serhat Şensoy
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara
ssensoy@mgm.gov.tr

Laila Shahin
Jordan Meteorological Department
Amman, Ürdün
laila_n_shahin@yahoo.com

Yrd. Doç. Dr. Erkan Yılmaz
Coğrafya Bölümü
Ankara Üniversitesi, DTCF, Ankara
eryilmaz@ankara.edu.tr

Necla Türkoğlu
Coğrafya Bölümü
Ankara Üniversitesi, DTCF, Ankara
nturkoglu@ankara.edu.tr

İhsan Çiçek
Coğrafya Bölümü
Ankara Üniversitesi, DTCF, Ankara
ihsan.cicek@ankara.edu.tr

Volkan Darende
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Yazılım ve Donanim Şb.Müdürlüğü, Ankara
vdarende@mgm.gov.tr

Başak Yazıcı
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Ankara
byazici@mgm.gov.tr

ÖZET

Sanayi, ticaret, ulaşım, turizm, eğitim ve kültürel faaliyetlerin gelişmiş olması şehirleşmede etkili olan faktörlerdir. Günümüzde şehirler hem yatay hem de dikey yönde gelişmektedirler. Değişen arazi örtüsü ve yapılaşma nedeniyle şehirler çevrelerine göre farklı sıcaklık özellikleri gösterirler. Bu farklı sıcaklık koşulları 2m. hava sıcaklığı ile

ölçüldüğünde "şehir ısı adası (ŞIA)", yüzey sıcaklığı ile belirtildiğinde ise "yüzey ısı adası (YIA)" adını alır. Antalya şehri hem deniz kenarında bulunması hem de içerdiği çok sayıda sera nedeniyle diğer şehirlerden farklı bir arazi örtüsüne sahiptir. Bu çalışmada Antalya ve yakın çevresinde YIA'nın yıl içindeki değişimi araştırılmıştır. Çalışmada, Landsat uydu görüntüleri, meteorolojik veriler ve tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin termal bantlarından yüzey sıcaklık modelleri üretilmiş ve yıl içinde gösterdiği farklılıklar analiz edilmiştir. Kontrollü sınıflandırma yöntemiyle oluşturulan arazi örtüsüne göre yüzey sıcaklıklarındaki farklılıklar belirlenmiştir. Kışın Antalya şehri, yüzey sıcaklığı açısından çevresindeki alanlardan daha düşük YIA; buna karşılık hava sıcaklığı açısından deniz etkisindeki kıyı istasyonu pozitif ŞIA özellikleri göstermektedir. Kışın deniz yüzey sıcaklığı diğer tüm alan yüzeylerinden sıcaktır. Kışın şehrin doğusundaki sera alanları etrafına göre sıcak görülmektedir. Bu da ısıtıldıklarının göstergesidir. İlkbaharda yoğun şehir alanlarında ve havaalanında pozitif YIA belirgindir. Kara yüzeyleri deniz yüzeylerinden sıcaktır. Yaz aylarında Antalya yoğun şehir alanlarında pozitif YIA ve ŞIA değerleri mevcuttur. Deniz yüzeyleri kara yüzeylerinden soğuk olduğundan kıyı kesimlerinde daha düşük YIA değerleri vardır. Sonbaharda şehirde eylülde de devam eden pozitif YIA değerleri ekim ve kasım aylarında zayıflamaktadır. Kasım ayında kara ve deniz yüzeyleri yaklaşık YIA değerlerine sahiptir. Denizin etkisiyle Antalya kıyılarında daha ılıman iklim özellikleri görülürken, yoğun şehir alanlarında ise kışın negatif yazın pozitif YIA özellikleri görülür. Yıl içindeki normalize edilmiş vejetasyon indeksi (NDVI) değerleri analiz edilmiş; buna göre en yüksek NDVI değerlerine nisan ayında rastlanmıştır. Çalışmada yüzey sıcaklıkları ile NDVI değerleri arasındaki ilişkiler de incelenmiş; iki parametre arasında kış aylarında negatif, yaz aylarında ise pozitif korelasyonlar bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Antalya, yüzey sıcaklığı, şehir ısı adası, YIA, ŞİA, NDVI

1. GİRİŞ

Şehir ısı adası (ŞIA), suni bir yapı olan şehirlerin çevrelerindeki yarı doğal-doğal kırsal alanlara göre daha sıcak olma durumu olarak tanımlanmaktadır. Şehirler, değişen yapı malzemesi ve şehir morfolojisine bağlı olarak, güneşten gelen radyasyonu daha fazla tutmakta ve radyasyonu geri yansıtmada da geciktirici rol oynamaktadır. Bu durum şehirde farklı enerji bilançosu oluşmasına, değişen arazi örtüsüne göre ısı ve enerji kapanı meydana gelmesine neden olmaktadır. Şehrin dikey gelişimi, gelen radyasyonun emilme sayısını artırarak şehir

kanyonlarını üretmekte ve şehir ısı adası etkisi büyümektedir. Özellikle şehir kanyonları bu etkileri artırmakta ve şehirleri, çevrelerine göre farklı iklim özellikleri gösteren "mikro ve mezo klima" alanları yapmaktadır.

Çevrelerine göre daha sıcak ve soğuk olabilen şehirler, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarında farklılıklar yaratmakta, sıcaklık streslerine neden olmaktadır [1]. Şehirlerde yaşayan yoğun nüfus ve endüstri faaliyetine bağlı olarak kirlilik artmaktadır. Şehirler çevrelerine göre hem dikey hem de yatay görüş oranının azaldığı bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Şehirlerde hidrolojik döngü kesintiye uğramaktadır. Bunlara bağlı olarak şehirler, insan sağlığını ve yaşam kalitesini etkileyen hava olaylarının görüldüğü yerlerin başında gelmektedir.

ŞIA, sadece sıcaklık açısından farklılıklar yaratmamakta, şehirdeki rüzgar paternini değiştirmekte, yağış şeklinde ve tipinde değişikliklere neden olmakta, gizli ısıyı ortadan kaldırarak su buharı ve nem dağılışında değişiklikler yaratmakta nihayetinde de termal konfor değişiklikleri oluşturmaktadır [2-4]. Şehrin büyümesi bu farklılıkları daha da artırmaktadır.

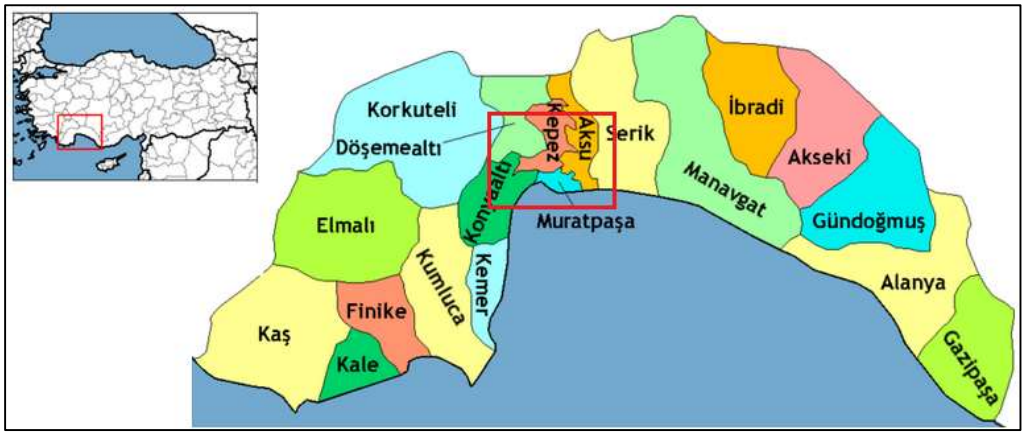
Şehrin çevresi ile olan meteorolojik farkları birçok yöntemle çalışılabilmekte, her yöntem farklı yönlerini göstermektedir. Yersel istasyonlara bağlı çalışıldığında, şehir ve kırsal alan arasındaki meteorolojik değişkenler arasındaki farklar, bu farkların azaldığı ve arttığı dönemleri ortaya çıkarılabilmektedir. Bunun yanında termal kameralar, termal uydu görüntüleri ve kızılötesi hava fotoğrafları ile de şehir sıcaklıkları çalışılabilmektedir. Bu durumda ise hava sıcaklığı değil, şehirden yayılan enerji ölçülmekte yani yüzey sıcaklıkları araştırılmaktadır. Hava sıcaklığının kırsal alanlara göre yüksek olma durumu "şehir ısı adası (ŞIA)" (urban heat island) olarak tanımlanırken, şehrin yüzey sıcaklığı açısından kırsal alanlara göre sıcak olma durumu "yüzey ısı adası (YIA)" (surface urban heat island-SUHI) olarak ifade edilmektedir [5]. Şehirsel alanın dikey yöndeki atmosfer şartları ravinsonde ile yapılan ölçümlerle araştırılabilmekte, bu sayede "şehir domu" incelenebilmektedir. Mobil ölçümlerle de şehir iklimi çalışmaları yapılabilmekte ve şehrin bir hattındaki değişkenler incelenebilmektedir.

Türkiye'de şehir ısı adası çalışması birkaç şehirde yapılmış, yüzey ısı adası ile ilgili çalışmalar ise daha sınırlı kalmıştır. Her şehrin birbirinden farklı arazi kullanımları söz konusudur. Antalya şehri, seraları, tarihi yapıları, denizi, otelleri ve hızlı yapılaşması ile farklı arazi yüzeylerine sahiptir ve bu nedenlerle YIA ve ŞIA açısından incelenmeye değer. Bu çalışmada, Antalya'nın 1970'lerden günümüze gösterdiği değişim incelenmiş, özellikle son döneminde YIA'nın yıl içinde nasıl bir karakterde olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır. Şehir ve çevresinde, uydu

görüntüsünün alındığı dönemde hangi arazi örtüsündeki YIA şiddetinin fazla olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI ÖZELLİKLERİ

Antalya, Akdeniz Bölgesinin batısında yer alır (Şekil 1) ve 2015 yılı nüfusu 2.288.456 ile Türkiye'nin beşinci büyük, 20,909 km^{2}'lik yüzölçümü ile de altıncı büyük şehirdir. Öte yandan tarihi yapıları, sahillerinin güzelliği ve bölgedeki çok sayıda 5 yıldızlı otelleri ile Türkiye turizminin başkenti sayılabilir. Aynı zamanda sera tarımı ile de önemli bir tarımsal potansiyele sahiptir. Torosların ve denizin sınırlandırıcı etkisi nedeniyle şehir doğu-kuzey yönüne doğru gelişmiştir. Şehir nüfusu 1965-1970 yılları arası %19, 1970-1075 yılları arası %16 artmıştır. Bu hızlı büyüme yavaşlamış olarak (%3) bugün halen devam etmektedir. Antalya'da ekonomik hayat büyük oranda ticaret, tarım ve turizme dayalıdır. Antalya Türkiye'de en çok antik kent bulunan ildir. Sırasıyla Likyalılar, Lidyalılar, Pamfilyalılar, Bergamalılar, Romalılar, Bizanslılar, Selçuklular, Osmanlılar ve son olarak da Türkiye Cumhuriyeti hakimiyetinde bulunmuş fakat bu medeniyetlerin hiçbirine başkent olmamıştır. Yükseltisi 0-300m arasında değişen Antalya şehri, tamamı Akdeniz Bölgesi'nin batısında yer alır ve Antalya Körfezi'yle Batı Torosların arasında kurulmuştur. Şehir son dönemlerde kuzeye ve doğuya doğru genişlemiştir.



Şekil 17. Antalya şehri lokasyon haritası.

Antalya, Akdeniz ikliminin tipik olarak görüldüğü bir alandır. Antalya meteoroloji istasyonu verilerine göre (1970-2015) şehir ve çevresi en fazla yağışı kış aylarında almakta, yaz yağışlarının çok az olduğu bu alanda yıllık ortalama toplam yağış 1074 mm'nin üzerine çıkmaktadır. En soğuk ay olan ocak ayı sıcaklık ortalaması 10°C'a yaklaşan Antalya'da yaz aylarındaki sıcaklık ortalaması 25°C'yi geçmekte, şehirde 6 ay yaz günü (Tmax>25°C)

yaşanmaktadır [6]. Şehirde maksimum sıcaklıklar ise 45°C'ye kadar çıkabilmektedir. (Tablo1). Mayıs-eylül arası 10 saati geçen güneşlenme süresi aralık ve ocak aylarında 5 saate kadar düşmektedir.

Antalya, Köppen iklim sınıflanmasına göre (*Csa*) kışı ılık, yazı sıcak ve kurak *Akdeniz iklimine*, Aydeniz ve De Martonne iklim sınıflandırmalarına göre *yarı nemli*, Erinç iklim sınıflandırmalarına göre *nemli*, Thornthwaite sınıflandırmasına göre (*B1,B'3,s2,b'3*) nemli, mezotermal, su noksanı yaz mevsiminde, yaz buharlaşma oranı %53, deniz tesirinde bir iklime sahiptir [7].

Tablo 1. Antalya iklim verileri

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıl
Maks. Sıcaklık °C	23,9	25,9	28,8	36,4	38,0	44,8	45,0	44,6	42,1	37,7	33,0	25,4	45,0
Ort. Maks. sıcaklık, °C	14,9	15,5	18,0	21,3	25,6	30,9	34,2	34,2	31,2	26,6	21,1	16,6	24,1
Ort. sıcaklık, °C	9,9	10,4	12,7	16,2	20,5	25,3	28,4	28,2	24,8	20,0	14,9	11,4	18,5
Ortalama min. sıcaklık, °C	6,0	6,3	8,0	11,2	15,0	19,6	22,7	22,7	19,4	15,2	10,6	7,5	13,6
Min. sıcaklık °C	−3,4	−4,6	−1,6	1,4	6,7	11,1	14,8	15,3	10,6	4,9	0,8	−1,9	−4,6
Ortalama yağış, mm	231,9	150,2	103,2	55,5	31,4	7,7	2,8	3,1	15,8	80,1	135,0	257,9	1.074,6

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

3. VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, her aya ait 1 Landsat uydu görüntüsü kullanılmış, bu görüntülerin tek bir yıla ait olması istenmişse de bulutluluk nedeni ile bu gerçekleşmemiş, görüntüler bir önceki yıllara başvurularak tamamlanmıştır. Elde edilen görüntülerden yüzey sıcaklıkları üretilmiş ve arazi örtüsü oluşturulmuştur. Görüntülerin alındığı günlerde, yersel istasyonlardaki hava sıcaklıkları da değerlendirmiş, yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.

3.1. Uydu Görüntüleri ve Kullanılan Algoritmalar

Çalışmada Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) uydu görüntülülerinin termal bantları kullanılarak yüzey sıcaklık modelleri üretilmiştir (Tablo). Sıcaklık modeli üretimi Landsat 8 görüntülerinin 10. bandı (TIRS sensörü) ile yapılmış, daha sonra her uydu görüntüsüne ait bantların kendi içinde aritmetik ortalamaları alınarak her aya ait tek bir sıcaklık modeli oluşturulmuştur.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin tarihleri, görüntüyü alan uydu ile şehir ve çevresindeki maksimum, minimum ve ortalama yüzey sıcaklıkları.

Görüntü Tarihi	**Uydu ve sensor**	**Y_{max}**	**Y_{min}**	**Y_{ort}**	**Y_{std}**
2015-Ocak-11	Landsat 8 OLI	14,6	-0,6	8,8	2,0
2015-Şubat-12	Landsat 8 OLI	13,8	0,5	8,9	1,7
2014-Mart-13	Landsat 8 OLI	20,7	-8,9	12,6	1,9
2015-Nisan-17	Landsat 8 OLI	36,4	15,6	22,5	3,1
2015-Mayıs-19	Landsat 8 OLI	48,2	21,8	33,8	5,1
2014-Haziran-17	Landsat 8 OLI	44,9	22,2	33,6	5,1
2015-Temmuz-22	Landsat 8 OLI	52,5	27,2	40,5	5,8
2015-Ağustos-07	Landsat 8 OLI	43,5	26,0	33,9	3,7
2015-Eylül-08	Landsat 8 OLI	39,8	24,7	32,0	3,3
2015-Ekim-10	Landsat 8 OLI	34,2	19,3	25,8	2,1
2013-Kasım-21	Landsat 8 OLI	22,1	9,6	16,5	1,1
2015-Aralık-13	Landsat 8 OLI	16,6	5,0	12,7	1,4

Açıklama: Y_{max}-Maksimum yüzey sıcaklığı, Y_{min}-Minimum yüzey sıcaklığı, Y_{ort}-Ortama yüzey sıcaklığı, Y_{std}-Yüzey sıcaklık standart sapmasını ifade etmektedir.

Landsat 8 görüntüleri toplam 12 banttan oluşmaktadır. Bu bantların çeşitli kombinasyonlarına algoritmalar uygulanarak çeşitli indisler üretilmektedir [8]. Landsat 8 uydusunun 10. (10,30-11,30 μ) ve 11. (11,50-12,50 μ) bantları termal bantlar olarak tanımlanmaktadır [9]. Fakat 11. Bantta arıza olduğu bildirildiğinden sıcaklıklar 10. banttan elde edilmiştir. 100 metrelik mekansal çözünürlüğü olan bantlardan yüzey sıcaklık modeli oluşturulması, birkaç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak bantlardaki yansıma değerleri (0-255) spektral radyans (SR) değerine çevrilir (Eşitlik 1). İkinci işlem yansıma değerlerinin yayılan enerjiye çevrimidir (Eşitlik 2). En sonunda ise elde edilen Kelvin enerji yayılma değerleri selsiyus ölçeğine çevrilir (Eşitlik 3) ve bunların aritmetik ortalaması alınarak yüzey sıcaklık modeli oluşturulur.

$$SR_{L8} = M_L * YD + A_L \quad [1]$$

$$T_K = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{SR} + 1)} \quad [2]$$

$$T_C = T_K - 273{,}15 \quad [3]$$

Eşitliklerde SR-spektral radyans değerini; ML-katsayıyı, AL katsayıyı, YD-yansıma değerini (0-255), K1 katsayıyı, K2-katsayıyı, T_K-Kelvin değerini, T_C-selsiyus sıcaklık değerini ifade etmektedir. Katsayılar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: TIRS Thermal Band Kalibrasyon Katsayıları [9]

Uydu ve	K1 Katsavısı	K2 Katsavısı	Aı. Katsavısı	Mı. Katsavısı
Landsat 8-10	774.89	1321.08	0,1	0,0003342

3.2. Arazi Örtüsü Verileri

Antalya şehri ve yakın çevresine ait 2000 ve 2012 yılı Corine arazi kullanım bilgileri bulunmaktadır. Ayrıca Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nce hazırlanmış, 1980 yıllarına ait arazi kullanım sınıflarına ait haritalar da bulunmaktadır. Sözü edilen arazi kullanım haritaları YIA ve ŞİA açısından yeteri kadar ayrıntı içermeyen arazi kullanım bilgilerini sunmaktadır. Yüzey ısı adası ise arazi kullanım türünden çok, arazi örtüsüne göre şekillenen ve daha ayrıntılı tanımlamalara göre karakter kazanan bir olgudur. Çalışmada bu gerekliliklerin sağlanması amaçlanmış, 2015 yılı Temmuz ayına ait Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak kontrollü sınıflandırma yapılmış ve elde edilen arazi örtüsüne göre sıcaklık değerleri incelenmiştir. Yapılan kontrollü sınıflandırma, rastgele alınan 200 nokta ile doğruluk değerlendirmesine tabi tutulmuş ve Genel Klasman Doğruluğu (Overall Classification Accuracy) %70.00, Genel Kappa İstatistikleri (Overall Kappa Statistics) 0.6703 olarak bulunmuştur.

Kontrollü sınıflandırmada Landsat 8 görüntüsünün 12 bandı da kullanılmış, maksimum olabilirlik (maximum likelihood) tahmin edicisi ile örneklere bağlı öngörüler yapılmıştır. Bu şekilde çalışma alanına ait su yüzeyi, sanayi, şehir içi yeşil alan, orman alanı, yoğun şehir alanı, az yoğun şehir alanı, sera alanı ve boş alanlar bilgilerini içeren arazi örtüsü haritası oluşturulmuştur.

3.3. Yersel İstasyon Verileri ve Karşılaştırılması

Çalışmada, yüzey sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiler incelenmiş ve kırsal alan ile şehirsel alandaki istasyonlardaki hava sıcaklıklarının yüzey sıcaklıkları ile ilişkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Antalya, Aksu ve Havaalanı istasyonları kullanılmış, bu istasyonların, uydu görüntülerinin tarihlerine göre saatlik hava ve yüzey sıcaklıkları incelenmiştir. Yersel istasyonlara ait ölçüm bilgileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiş, konumlarına göre istasyon özellikleri belirlenmiştir (Tablo).

Tablo4: Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve özellikleri

İstasyon	İstasyon Özelliği	Koordinat	Yükseklik (m)
Antalya	Kıyı istasyonu (deniz etkisinde)	36°53'06.22"K 30°40'58.38"D	42
Aksu	Yarı Şehirsel	36°56'54.93"K 30°50'50.20"D	18
Havaalanı	Havaalanı (Yarı Şehirsel)	36°54'09.37"K 30°48'03.55"D	52

4. BULGULAR

4.1. Antalya YIA'nın Zamansal Gelişimi

Antalya, sürekli genişleyen ve nüfusu artan bir şehirdir. Bu genişleme ve kalabalıklaşma durumu, YIA'nın da genişlemesine neden olmaktadır. 1975'lerde sadece Muratpaşa ve Konyaaltı ilçeleri ile sınırlı olan Antalya şehri, şu an içerisine Aksu, Kepez, Döşemealtı, Side, Manavgat ilçelerini de almıştır. Batıda Torosların sınırlandırması nedeniyle şehir ilk kurulduğu yerden genel olarak doğuya ve kuzeye doğru gelişmiştir.

4.2. Antalya YIA'nın Mevsimsel Gelişimi

Sıcaklık modellerinden, meteoroloji istasyonları yakın çevresindeki (250m) yüzey sıcaklıkları elde edilmiş, buna göre; Antalya istasyonunda Aksu ve Havaalanına göre aralık-mart aylarında yüksek, nisan-kasım aylarında ise düşük yüzey sıcaklıkları elde edilmiştir (Tablo 5).

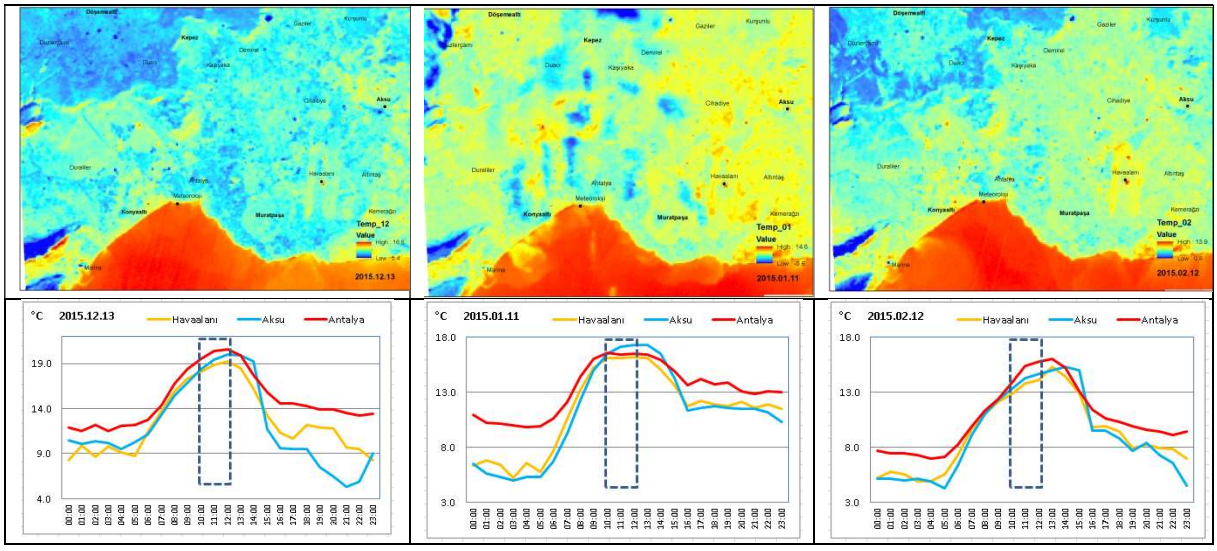
Tablo 5:Meteoroloji istasyonları için uydu görüntülerinden elde edilen yüzey sıcaklıkları (İstasyon noktalarına 250 m tamponlar oluşturularak elde edilen alan için hesaplanmıştır).

İstasyon	Oc.	Şub.	Mar.	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Ağus.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ara.
Antalya Bölge Md.	10,9	11,1	13,6	20,5	26,5	26,6	32,4	28,5	27,3	24,0	16,1	14,9
Aksu	8,5	8,9	9,8	24,3	35,5	35,8	41,5	34,8	32,3	26,3	16,2	12,4
Havaalanı	9,7	10,4	15,9	28,9	41,7	39,8	46,6	386	36,3	29,5	18,7	13,3

İstasyonun bulunduğu Antalya kıyı alanı, yarı şehirsel havaalanı ve Aksu mevkilerine göre kış aylarında pozitif, yaz aylarda ise negatif yüzey ısı adası, özelliği göstermektedir. Bunda denizin büyük etkisi vardır. Fakat yoğun şehir alanındaki veriler bunun tersidir. Aşağıda mevsimlere göre Antalya YIA'nın özellikleri ve meteoroloji istasyonlarının hava sıcaklıkları ile yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkiler verilmiştir.

4.2.1. Kış Mevsimi

Aralık, ocak ve şubat aylarında Antalya şehri, yüzey sıcaklığı açısından çevresindeki alanlardan daha düşük yüzey ısı adası (YIA); buna karşılık hava sıcaklığı açısından pozitif şehir ısı adası (ŞIA) özellikleri göstermektedir (Şekil 2). Her 3 ayda da deniz yüzey sıcaklığı diğer tüm alan yüzeylerinden sıcaktır. Denizin kenarındaki Antalya meteoroloji istasyonu ise yarı şehirsel Aksu ilçesi ile sera alanları ve havaalanına göre yüksek yüzey sıcaklıkları göstermektedir. Bunda kış aylarında karalardan sıcak olan deniz sıcaklığının büyük etkisi vardır. Şehrin doğusundaki sera alanlarının etrafına göre sıcak görünmesi ısıtıldıklarının göstergesidir. (Şekil 2).



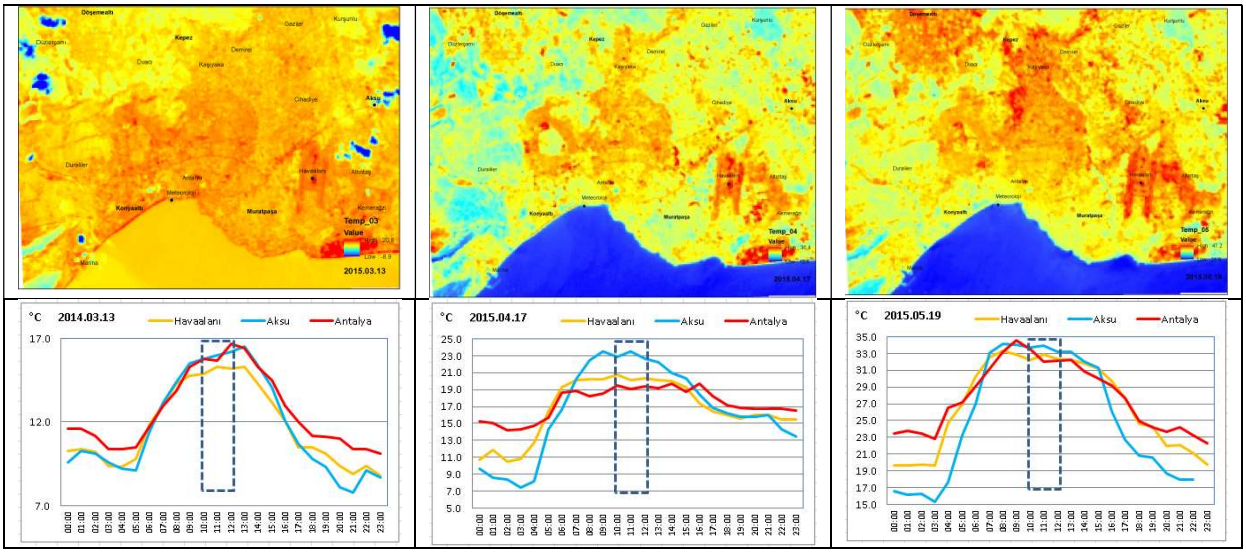
Şekil 2. Aralık (solda), Ocak (ortada) ve Şubat (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir.

Kış aylarında yüzey ısı adası ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiler incelendiğinde görüntünün alındığı saatte (UTC 8:35, Yerel 10:35) aralık, ocak ve şubat aylarında en yüksek yüzey sıcaklığı Antalya istasyonunda, hava sıcaklığı açısından ise ocak ayında Aksu diğer aylarda yine Antalya istasyonunda en yüksek sıcaklıklar görülmüştür (Şekil 3, Tablo 5). Bunda meteoroloji istasyonunun deniz kenarında bulunmasının ve kışın deniz etkisiyle ısınmasının etkileri vardır. İç kesimlerdeki yoğun şehir alanlarında ise kış aylarında negatif YIA söz konusudur.

4.2.2. İlkbahar Mevsimi

Mart, nisan ve mayıs aylarında Antalya yoğun şehir alanlarında ve havaalanında pozitif yüzey ısı adası belirgindir. Mart ayında deniz ve kara yüzey sıcaklıkları yer değiştirmekte ve kara yüzeyleri daha sıcak hale gelmektedir. Nisan-ekim arası ise kara yüzeyi deniz yüzeyinden hep

sıcaktır. (Şekil 3, 4, 5). Nisan ayında Şehrin kuzeybatısında yer alan dağlık bölümlerin şehirden oldukça düşük yüzey sıcaklıklarına sahip oldukları izlenmektedir.

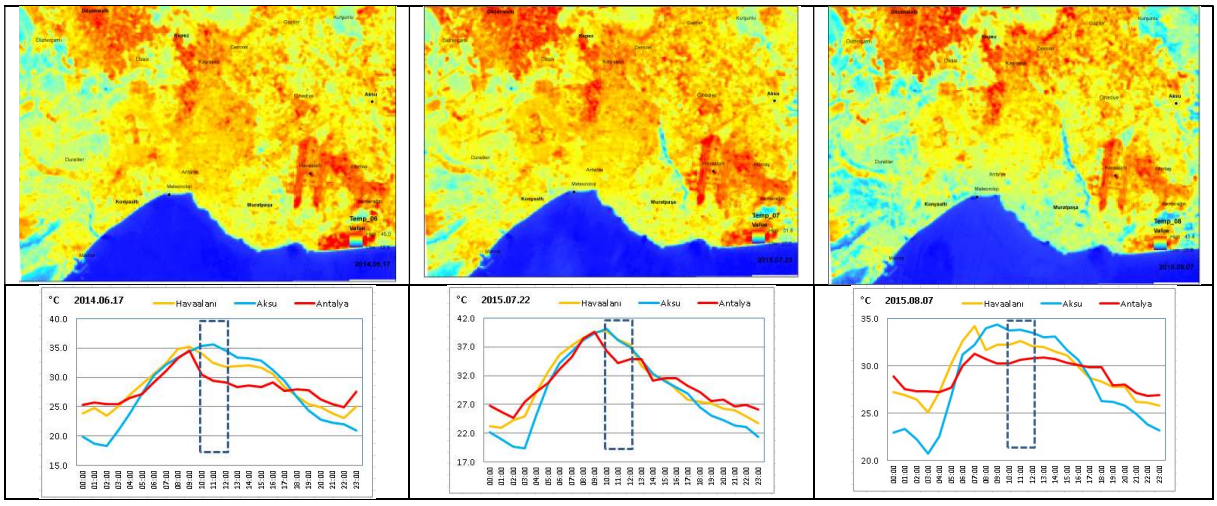


Şekil 3: Mart (solda), nisan (ortada) ve mayıs (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir

Bahar aylarında uydu görüntülerinin alındığı günlerde, meteoroloji istasyonlarındaki hava sıcaklıkları ile uydu görüntülerinden bu istasyon noktaları için elde edilen yüzey sıcaklıkları arasında paralellik vardır. Buna göre Antalya istasyonu sıcaklıkları mart ayında Aksu'dan sıcak fakat Havaalanından düşüktür. Nisan ve mayıs aylarında denizin kenarında olmasından ve meltemlerden dolayı diğer istasyonlardan düşük değerler gösterir (Şekil 3, Tablo 5). Gece sıcaklıkları ise diğer iki istasyondan yüksektir. Bu da şehir ısı adasının (ŞIA) belirgin özelliğidir.

4.2.3. Yaz Mevsimi

Haziran, temmuz ve ağustos aylarında Antalya şehri çevresine göre yüksek yüzey sıcaklıklarına (YIA) sahiptir. Şehrin kuzeybatısında yer alan ve yarı şehirsel sayılabilecek Döşemealtı ilçesi ile doğuda yer alan havaalanı, yaz aylarında en yüksek yüzey sıcaklıklarına sahiptir. Bu dönemde iç kesimler deniz etkisindeki kıyı alanlardan daha sıcak sıcaklıklara sahiptir (Şekil 4).

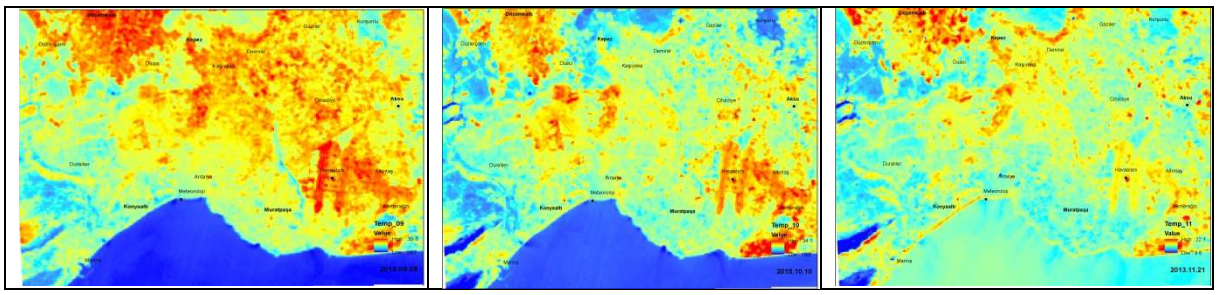


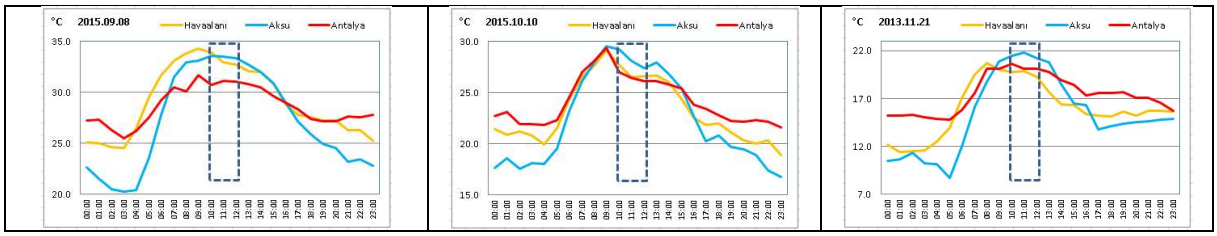
Şekil 4. Haziran (solda), temmuz (ortada) ve ağustos (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir

Haziran, temmuz ve ağustos aylarında Antalya istasyonunun çevresine göre düşük sıcaklıklar gösterme durumu, hava sıcaklıklarında ve görüntülerden elde edilen istasyon yüzey sıcaklıklarında tam olarak görülmektedir. Bunun nedeni şehir içerisindeki meteoroloji istasyonunun deniz kenarında olması ve tüm kıyı alanlarda olduğu gibi denizin soğutucu etkisinden faydalanmasındandır. Bu mevsimde hava sıcaklıkları ile yüzey sıcaklıkları arasında bir uyum görülmekte ve yarı şehir alanları, görüntü zamanında (11:35) Antalya istasyonuna göre daha sıcak yüzey ve hava sıcaklıklarına sahiptir. Fakat iç kesimlerdeki YIA yüksektir. Gece sıcaklıkları ise Antalya'da diğer iki istasyondan yüksektir. Bu da şehir ısı adasının (ŞIA) belirgin özelliğidir.

4.2.4. Sonbahar Mevsimi

Yaz aylarındaki yüzey ısı adası durumu eylül ayında da devam etmekte fakat ekim ve kasım aylarında zayıflamaktadır. Kuzeybatıdaki Döşemealtı ilçesi bu mevsimde de yüksek yüzey ısı adasına sahiptir. Deniz yüzeyinin karaya göre soğuk olma durumu kasım ayında değişmekte, kıyı alanları ile deniz yüzey sıcaklığı 16°C'ler civarında bulunmaktadır. Bundan sonraki kış mevsiminde ise deniz yüzeyi karalardan daha sıcak olacaktır. Kasım ayında Aksu, Cihadiye ve Kemerağzı bölgelerinde seraların yüzey ısılarının yükselmesi, ısıtılmaya başladıklarının göstergesidir (Şekil 5).





Şekil 5: Eylül (solda), ekim (ortada) ve kasım (sağda) aylarında yüzey sıcaklıkları ile aynı günlerin kır ve şehir istasyonlarındaki hava sıcaklığı. Alt satırdaki kesik çizgili dikdörtgenler, görüntünün alınma zamanını gösterir

Sonbahar aylarında görüntülerin alındığı zamanlardaki hava ve yüzey sıcaklıkları incelendiğinde; Antalya Meteoroloji Bölge istasyonunu verilerinin her iki istasyondan düşük olduğu görülmektedir. Gece sıcaklıkları ise diğer iki istasyondan yüksektir. Bu da şehir ısı adasının (ŞIA) belirgin özelliğidir (Şekil 5).

4.3. Antalya YIA'nın Arazi Örtülerine Göre Özellikleri

Antalya çevresinin 2015 yılı temmuz ayında alınan uydu görüntüsünden kontrollü sınıflandırma yöntemiyle oluşturulan arazi örtüsüne göre, çalışma alanının büyük kısmı şehir alanı ile kaplıdır. Yoğun ve az yoğun olarak ayrılan bu şehirsel alanlar içerisinde yeşil alanlar ve sanayi alanları bulunmaktadır. Şehrin doğusunda genel olarak sera tarım alanları ile havaalanı bulunmaktadır. Şehrin kuzeybatısında ise Toros sıradağları bulunmaktadır.

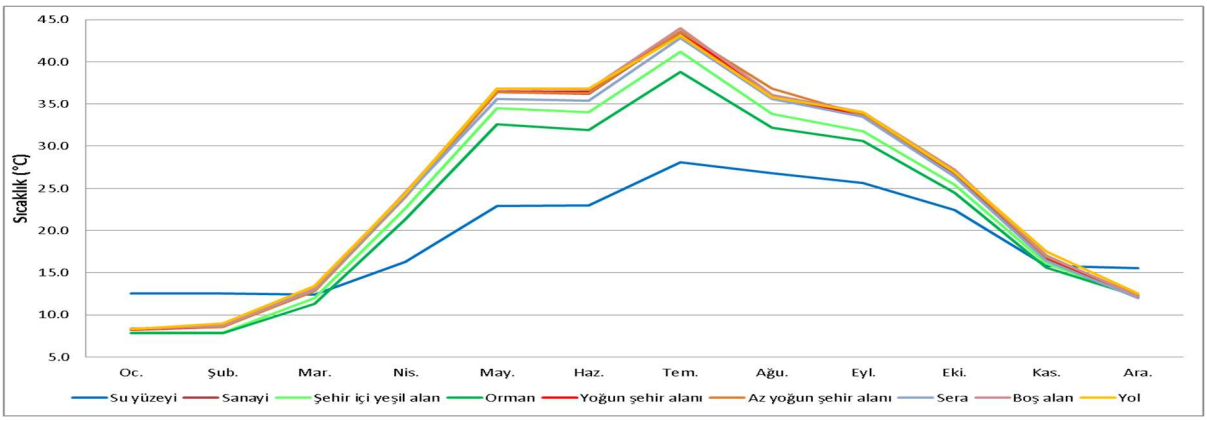
Yüzey sıcaklığı, arazi örtüsüne göre değişir. Antalya çevresindeki arazi örtülerindeki yüzey sıcaklıkları analiz edilmiş ve en düşük sıcaklıkların nisan-ekim arasında su yüzeylerinde olduğu, buna karşın aralık, ocak, şubat aylarında ise su yüzeyi sıcaklıklarının daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Su yüzeylerini orman alanları, şehir içi yeşil alanlar, sera, az yoğun şehir alanı, yoğun şehir alanı, sanayi ve boş alanlar takip etmektedir (Şekil 6).

Yukarıda sayılan yıllık ortalama sıcaklık gidişi, nisan ayında değişmekte ve bu değişim kasım ayına kadar devam etmektedir. Nisan-kasım döneminde en düşük sıcaklıklar su yüzeyinde bulunmaktadır. Kış mevsiminde ise en yüksek sıcaklıklar su yüzeyindedir. Bu durum şehir içerisinde fakat deniz kenarında olan Antalya istasyonunu da çok etkilemekte kış aylarında şehirde negatif YIA varken Antalya istasyonunda pozitif YIA ve ŞİA, nisan-kasım aylarında ise tam tersi şehir içerisinde pozitif YIA varken Antalya istasyonunda negatif YIA fakat gece pozitif ŞİA görülmektedir.

Nisan-kasım arası en düşük sıcaklıklar sırasıyla, su yüzeyi, orman alanları, şehir içi yeşil alan ve diğerleri şeklinde devam etmektedir. Bu da yaz aylarında bu arazi yüzeylerinin diğerlerine göre sıcaklığı daha fazla düşürdüğünü göstermektedir. Yaz aylarında en yüksek yüzey sıcaklıkları sırasıyla az yoğun şehir alanı, yoğun şehir alanı, sanayi ve boş alanlarda

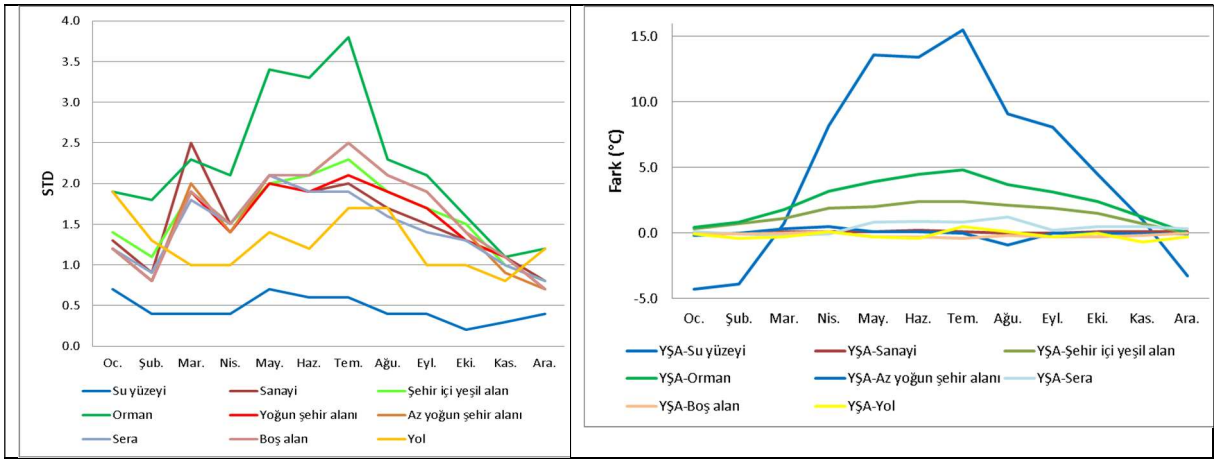
görülmüştür. Fakat değerler birbirine çok yakındır. Orman alanları, yaz ayları haricinde en soğuk yüzeyler olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 6).

Arazi örtülerindeki yüzey sıcaklık değişkenliği, arazi örtülerindeki yüzey sıcaklığı homojenliğini vermekte ve bu çalışmada standart sapma değerleriyle açıklanmaktadır. Buna göre, en değişken standart sapma orman alanlarında görülmekte ve bu değişim yaz aylarında artmakta; bunu boş alanlar, şehir içi yeşil alanlar, yoğun şehir alanı, sanayi, sera, az yoğun şehir alanı, yol ve su yüzeylerinin izlediğini görmekteyiz.



Şekil 6: Arazi örtülerinin aylara göre ortalama yüzey sıcaklıkları

Su yüzeyleri tüm aylarda en homojen yüzey sıcaklıklarını vermektedir. En yüksek sıcaklık değişimi ise orman alanlarında karşımıza çıkmaktadır (Şekil 7a).



a) Arazi örtülerinde aylık yüzey sıcaklık değişimi (Standart sapma değeri).

b)Yoğun Şehir Alanı (YŞA) ile arazi örtüleri arasındaki sıcaklık farklarının aylık değişimi.

Şekil 7: Arazi örtülerine göre çeşitli özelliklerin yıl içindeki gidişi

Yoğun şehir alanı (YŞA) ile diğer arazi örtüleri arasındaki yüzey sıcaklık farkları yıl içinde hem nicelik hem de nitelik yönünden değişmektedir. YŞA ile diğer arazi örtüleri arasındaki en yüksek sıcaklık farkları su yüzeyleri ve orman alanlarında hesaplanmış, bunu şehir içi yeşil alan izlemiştir. Diğer alanlar yoğun şehir alanına çok yakın değerler göstermiştir (Şekil 7b).

5. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Antalya şehri ve yakın çevresindeki şehirsel gelişim ve buna bağlı YIA gelişimi ortaya konulmuştur. Ayrıca şehir ve çevresindeki yüzey sıcaklıklarının aylara göre değişimi incelenmiştir. Normal olarak YIA'lar, şehrin gelişimine bağlı olarak genişlemekte, planlanan alanların kaplama ve yapı malzemesine göre karakter kazanmaktadır. Yüzey sıcaklıkları ile belirlenen YIA'lar soğuk dönemden ziyade sıcak dönemde şiddetini artırmakta ve ana karakteri ortaya çıkmaktadır [10]. Antalya'da da normal YIA olarak tanımlanan pozitif YIA yaz aylarında, kurak dönemde belirlenmiştir.

Arazi örtüsü değişimine bağlı olarak yüzey sıcaklıkları ve hava sıcaklıkları, dolayısıyla da ortam koşulları değişmektedir. Genel olarak arazi örtülerindeki sıcaklık şartları; özgül ısı, ısı kapasitesi, termal iletkenlik ve albedoya bağlı olarak değişmekte bu değerlerin bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Şehirler özgül ısı değeri yüksek yapı malzemeleri ile kaplı olduklarından iklime göre değişiklik gösterse de geç ısınan ve geç soğuyan bir karakterdedir. Bu karakter, şehir ve çevresindeki yüzey sıcaklıklarında da gözlenebilmektedir. Antalya'da sabah saatlerinde negatif YIA oluşması, güneşlenme süresinin kısalığı ve özgül ısı ile ilişkilidir. Bunun benzeri Ankara'da belirlenmiştir [11]. Güneş doğuşuna bağlı olarak özgül ısısı düşük ve gök görüş oranı yüksek olan kırsal alanlar şehirsel alana göre daha fazla ısınmakta ve negatif YIA oluşmaktadır.

Genel olarak yüzey sıcaklığı mevsime göre değişmekle birlikte su yüzeylerinde yazın düşük kışın ise yüksek değerler göstermektedir. Sera alanları ısıtmadan dolayı kış aylarında yüksek YIA değerleri göstermektedir.

Arazi örtüsüne göre yüzey sıcaklık değerleri arazi çeşitliliğine göre değişmektedir. Hem kırsal hem de şehirsel alanın birlikte araştırıldığı çalışmalarda en yüksek sıcaklıklar açık alan ve sanayi ve az yoğun şehir alanları gibi gök görüş oranı yüksek sahalarda belirlenmiştir. Antalya'da yaz aylarında en sıcak yüzeyler şehir yoğun alanlar olurken kış aylarında su yüzeyleri ve seralar en yüksek sıcaklıkların görüldüğü alanlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Uydu görüntüleri ile analiz edilen yüzey ısı adalarında genel olarak görüntünün alındığı saatteki meteorolojik ve yüzeysel yansıma özellikleri etkili olmaktadır. Şehirsel alanların yarı kurak-kurak iklim bölgelerinde çevrelerine göre nispi sıcaklık durumu mevsimsel ve gün içerisindeki ısınma-soğuma özelliklerine göre farklılaşmaktadır. Bu nedenle çevresine göre sıcak karakterli olarak görmemiz gereken şehir alanları bu özelliğini ancak ısınmanın maksimum olduğu dönemden sonra devam ettirebilmekte, soğuma döneminde ve soğuma döneminin maksimum olduğu evreyi geçtiğinde çevresine göre soğuk bir karakter kazanmakta dolayısıyla geç

ısınmaktadır. Bu durum, Landsat uydu görüntüleri kullanılarak yapılan yüzey sıcaklığı çalışmalarında (özellikle yarı kurak-kurak alanlarda) görülmektedir. Antalya çevresinde su yüzeylerinde hem ilişki yönü hem de anlamlılık değeri değişmektedir (kışın pozitif, yazın negatif YIA). Diğer arazi örtülerinde (YŞA, AYŞA) ise ilişki bunun tam tersi (kışın negatif, yazın pozitif YIA) şeklinde kalmaktadır.

6. SONUÇ

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Antalya'da yüzey ısı adası hızlı bir şekilde genişleyerek yaklaşık 949 km^2'ye ulaşmıştır.

- Antalya şehrinde yüzey ısı adası açısından 3 farklı durum söz konusudur. Bunlardan ilki, şehrin soğuk, çevredeki alanların sıcak olduğu kış dönemidir (negatif YIA). Yalnız bu dönemde Antalya istasyon verileri denizin etkisiyle çevresine göre daha sıcaktır. Yaz döneminde görülen ve ikinci durum olarak tanımladığımız durum, şehrin, batısındaki ve kuzeyindeki alanlara göre sıcak, doğusundaki alanlara göre benzer özellikler gösterdiği normal yüzey ısı adası durumudur. Bu dönemde Antalya istasyonu verileri denizin etkisiyle çevresinden daha soğuktur. Üçüncü durum ise, şehrin pozitif YIA olduğu, fakat bu karakterin çok belirgin olmadığı geçiş aylarıdır. Mart ve kasım aylarında deniz ve kara yüzey sıcaklıklarının sıcak olma durumu yer değiştirir. Bu durumlar, görüntülerin alınma saatleri, ısınma süresi ve arazi örtüsü ile ilişkilidir. Uydu görüntüleri sabah 08:35Z, Türkiye saati ile 10:35 (kış) ve 11:35 (yaz) civarında alınmaktadır. Kış döneminde güneş geç doğmakta, dolayısıyla görüntü alınana dek geçen süre kısalmaktadır. Kırsal alanlardaki gök görüş oranı fazla olduğundan hızlı bir ısınma meydana gelmekte ve şehirden daha sıcak görünmektedir. Yaz döneminde, güneşin erken doğuşuna bağlı ısınma süresi uzamakta, şehrin ısınması önceki günden kalan enerji birikimiyle daha da artmakta dolayısıyla kırsal alanlara göre daha sıcak özellikler göstermektedir.

- Kışın şehir alanı yüzey ısı adalarının negatif, sahil kesimlerinin ise pozitif olma durumu, denizin etkisiyle gerçekleşmektedir. Şehir çevresindeki alanların özgül ısıları şehirsel alana göre düşük ise ısınma döneminde şehir negatif YIA özelliğinde olmaktadır. Buna karşın, çevresindeki alanların özgül ısıları şehre göre yüksekse, tam tersi bir durum oluşmaktadır.

- Antalya şehri çevresinde yaz aylarında en yüksek yüzey sıcaklıklarının iç kesimlerde yoğun şehir alanlarında en düşük yüzey sıcaklıklarının su yüzeylerinde ve orman alanlarında olduğu görülmüştür. Kış mevsiminde ise en yüksek yüzey sıcaklıklarının su yüzeylerinde, sahil

kesiminde ve sera tarımı alanlarında, en düşük sıcaklıkların ise şehrin kuzeybatısında Düzlerçamı ve Döşemealtı'da olduğu belirlenmiştir.

- Antalya çevresinde yüzey sıcaklık değişimi denizin geç ısınıp geç soğuması nedeniyle su yüzeylerinde düşük, orman alanlarında ise en yüksek olarak belirlenmiştir.

- Arazi örtüleri ve şehrin sıcaklık durumu yıl içerisinde değişmektedir. Su yüzeyleri, yazın şehirden soğukken, kışın şehirden sıcaktır. Bu durum sahil alanlarının yoğun şehir alanından farklılık göstermesine neden olmaktadır. Seraları ve şehir içi yeşil alanlar yazın şehirden soğuk diğer aylarda şehirden sıcaktır.

- Antalya ve çevresinde su yüzeyi sıcaklıkları açısından mart ve kasım aylarında geçiş dönemi vardır.

- Bu çalışmada şehrin alansal gelişimine bağlı olarak büyüyen YIA ortaya konulmuştur. Bu çalışmalar Şehir Isı Adasındaki (ŞIA) değişimleri inceleyen çalışmalarla desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

[1]Zhang, X., Zhong, T., Wang, K., & Cheng, Z. (2009). "Scaling of impervious surface area and vegetation as indicators to urban land surface temperature using satellite data." *International Journal of Remote Sensing, DOI:* 10.1080/01431160802395219

[2]Çalışkan, O., Çiçek, İ., & Matzarakis, A. (2012). "The climate and bioclimate of Bursa (Turkey) from the perspective of tourism." *Theoretical and Applied Climatology, 107*(3), 417-425.

[3]Çalışkan, O., & Türkoğlu, N. (2011). "Ankara şehrinin insan biyoklimatolojisi açısından analizi." *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, 8*(2), 978-1001

[4] Türkoğlu, N., & Çalışkan, O. (2011). "Nevşehir ve Ürgüp'te Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi." *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 51*(1), 45-63.

[5] Yılmaz, E. (2013). *Ankara Şehrinde Isı Adası Oluşumu.* (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara

[6] Sensoy S., Türkoğlu N., Akçakaya A.,Ulupınar Y., Ekici M., Demircan M., Atay H., Tüvan A., Demirbaş, H., 2013: Trends in Turkey Climate Indices From 1960 to 2010, 6th Atmospheric Science Symposium, 24- 26 April 2013, ITU, Istanbul, Turkey

[7] Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., Balta, İ., 2011, İklim sınıflandırmaları, MGM Url:https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf

[8] Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). "Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery." *International Journal of Remote Sensing, 24*(3), 583-594.

[9] NASA. (2015). *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook.*

[10] Cui, Y. Y., & de Foy, B. (2012). "Seasonal Variations of the Urban Heat Island at the Surface and the Near-Surface and Reductions due to Urban Vegetation in Mexico City." *Journal of Applied Meteorology and Climatology, 51*(5), 855-868.
[11] Çiçek, İ., Yılmaz, E., Türkoğlu, N., & Çalışkan, O. (2013). "Seasonal variation of surface temperature based on land cover in Ankara. Ankara şehrinde yüzey sıcaklıklarının arazi örtüsüne göre mevsimsel değişimi." *2013, 10*(1), 20.

SEVIRI RADYANS GÖZLEMLERİNİN ALARO MODELİNDE ASİMİLASYONU

Yelis Cengiz

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğü

Ankara

ycengiz@mgm.gov.tr

Tayfun Dalkılıç

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğü

Ankara

tdalkilic@mgm.gov.tr

ÖZET

ALADIN/3D-Var (Üç Boyutlu Değişimli) asimilasyon sisteminin ALARO modelinde uygulanması çalışmalarına ilk olarak 2016 yılında başlanmıştır. Asimilasyon sisteminde amaç kalite kontrolünden geçmiş mümkün olduğunca çok sayıdaki gözlemi sisteme dahil ederek, atmosferi en iyi şekilde tanımlayan bir analiz oluşturmaktır. Bu bağlamda yüksek çözünürlüklü uydu gözlemlerinin sayısal hava tahmini modellerinde kullanımı orta ölçekli ve kısa vadeli tahminlerin daha doğru sonuçlar vermesinde önemli rol oynamaktadır. Çalışmada MSG/SEVIRI radyans gözlemleri ALADIN/3D-Var (Üç Boyutlu Değişimli) asimilasyon sistemine dahil edilmiştir. SEVIRI radyans gözlemleri sinoptik, temp ve amdar gözlemlerinin üzerinde farklı sıklıkta asimile edilerek; uydu ve konvansiyonel gözlemlerin tahmine olan ekileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda atmosferik nem tahmininde özellikle de yer seviyesindeki nem tahmininde iyileşme olduğu saptanmıştır. Nem tahminindeki bu iyileşme yağış miktarı tahmininde daha doğru sonuçlar alınmasını sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler — ALARO modeli; data asimilasyonu; SEVIRI gözlemleri.

1. GİRİŞ

1.1 ALADIN/ ALARO Modeli

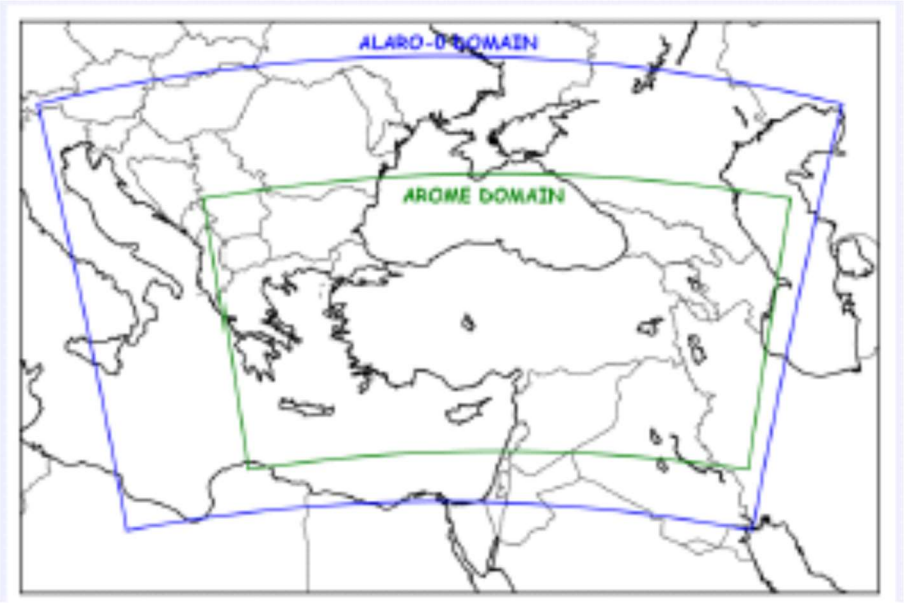
ALADIN (Aire Limitee Adaptation Dynamique Developpement International) sistemi pre-proses, data asimilasyonu, model ve post-proses/verifikasyon yazılım kodlarından oluşmaktadır

[10,17]. ALADIN Konsorsiyumuna üye olan 16 ülke (Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Cezayir, Çek Cumhuriyeti, Fas, Fransa, Hırvatistan, Macaristan, Slovakya, Slovenya, Polonya, Portekiz, Romanya, Tunus, Türkiye) bu yazılım ile yüksek çözünürlüklü sınırlı alan modellerini çalıştırarak operasyonel hava tahminlerini üretmektedirler. Ayrıca bu kod üye ülkelerin beraber yürüttükleri çalışmalar kapsamında geliştirilmektedir. ALADIN modeli [8], Meteo-France tarafından geliştirilen global model ARPEGE'in (Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle) [3,4] sınırlı alana uyarlanmış bir versiyonudur. ALADIN ve ARPEGE modellerinde kullanılan fizik paketleri temel olarak aynı birincil termodinamik eşitlikleri kullanır.

ALADIN konsorsiyumuna bağlı 16 ülkede operasyonel olarak çalıştırılan 2 farklı ALADIN model konfigürasyonu bulunmaktadır. Bunlar ALARO (ALadin-AROme) ve AROME (Application of Research to Operations at Mesoscale) [15] konfigürasyonlarıdır (Şekil 1). Bu modeller sayesinde 1-5 km yatay çözünürlükte oluşan küçük ölçekli hava olayları (convection permitting scales) daha doğru bir şekilde tahmin edilmektedir.

Şekil 1: *ALADIN Sistemindeki farklı konfigürasyonlar ve çözünürlükleri (Kaynak: Termonia et al., 2017).*

Operasyonel ALARO Türkiye modeli 4.5 km yatay çözünürlükte ve 60 düşey seviyede hidrostatik olarak çalıştırılmaktadır. ALARO Türkiye modeli başlangıç ve sınır koşullarını (3 saatlik aralıklarla) global ARPEGE modelinden alır. Model günde 4 defa 00, 06, 12 ve 18 UTC de çalıştırılarak 72 saate kadar tahminler üretmektedir. Model integrasyona başlamadan önce digital filter initialization (dfi) [13] uygulanarak, global modelden sınırlı alana yatay interpolasyon yapıldığı sırada yapay yer çekimi dalgalarının salınımından kaynaklı parazitlerin kaldırılması ve daha doğru tahmin elde edilmesi sağlanır. ALARO modelinin çalıştırıldığı tahmin alanı Şekil 2'de belirtilmiştir.



Şekil 2. Operasyonel ALARO ve AROME model domainleri.

1.2 Data Asimilasyonu

Data asimilasyonunda temel amaç model tarafından atmosferi en iyi şekilde temsil eden bir analiz elde ederek bu analizi tahmin prosesinde başlangıç koşulu olarak kullanmaktır. Analizi oluşturmak için kullanılabilecek en temel kaynak gözlemlerdir. Ancak gözlemlerin zamansal ve alansal çözünürlükleri yeteri kadar iyi olmadığı gibi gözlem parametreleri model değişkenleri ile dolaylı olarak bağlantılıdır. Bu nedenle problemi daha iyi tanımlamak ve güvenilir bir analiz oluşturmak için tahmin anında geçerli bir *background bilgisi* de kullanılmalıdır.

Model çözünürlüğü gerçek atmosfer ile karşılaştırıldığında çok düşüktür. Mümkün olan en iyi analiz bile hiçbir zaman tam anlamıyla gerçekçi olamaz. Çünkü gözlemlerin hata barındırmadığı kabulü olsa dahi, analizin modelden kaynaklanan temsil hataları içermesi kaçınılmazdır.

En temel lineer data analizi eşitliği şu şekildedir:

$$x_a = x_b + K(y - H[x_b]) \quad (1)$$

$$K = BH^T(HBH^T + R)^{-1} \quad (2)$$

$\mathbf{x_t}$ model durumu, model tarafından tanımlanmış atmosferik durum (n boyutlu)

$\mathbf{x_b}$ background, analiz zamanında geçerli olan kısa vadeli tahmin (n boyutlu)

$\mathbf{x_a}$ analiz, atmosferin gerçek durumunun tahmin başlayacağı anda geçerli olan tahmini (n boyutlu)

y gözlem vektörü (p boyutlu)

H gözlem operatörü (n boyutludan p boyutluya geçiş)

K *gain* matrisi, lineer operatör

B background hatalarının kovaryans matrisi (x_b-x_t)

R gözlem hatalarının kovaryans matrisi (y-H[x_t])

K matrisinin (10^5*10^5) hesaplanması oldukça zordur. Bu matrisin hesaplanmasında kullanılabilecek iki yöntem vardır: *optimal intepolasyon* yöntemi ve *değişimli* (*variational) yaklaşım* yöntemi. Sayısal hava tahmininde olduğu gibi çok büyük boyutlu matrislerin kullanıldığı durumlarda istatistiksel analiz problemi değişimli yaklaşım kullanılarak çözülür ve bu yaklaşımda *cost* fonksiyonu J(x) (Eşitlik3,4) ve analiz x_a (Eşitlik 5) şu şekilde tanımlanır [5,12,9,2]:

$$J(\mathbf{x}) = J_o(\mathbf{x}) + J_b(\mathbf{x}) \quad (3)$$

$$= \frac{1}{2}(\mathbf{x}-\mathbf{x}_b)^T\mathbf{B}^{-1}(\mathbf{x}-\mathbf{x}_b) + \frac{1}{2}(\mathbf{y}-H\mathbf{x})^T\mathbf{R}^{-1}(\mathbf{y}-H\mathbf{x}) \quad (4)$$

$$\mathbf{x}_a = arg\ min\ J(\mathbf{x}) \quad (5)$$

J_b background terimi

J_o gözlem terimi

Değişimli yaklaşımda background ve gözlem hata olasılığı yoğunluğu fonksiyonlarının Gaussian dağılımına sahip olduğu ve analizin gerçek durumu en yüksek olasılıkla tahmin ettiği kabul edilir. Bu yaklaşımda analiz, cost fonksiyonun tekrar eden minimizasyonu ile elde edilir.

1.3 SEVIRI radyans verisi

SEVIRI (The Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) [14] Meteosat II. Nesil Uydularının (Meteosat Second Generation) en önemli parçasıdır. SEVIRI enstrümanı dünyanın her 15 dakikada 3 km çözünürlükte (yüksek çözünürlüklü kanal 1 km çözünürlüğe sahiptir) tam kaplama şeklinde gözlemlenmesini sağlar. SEVIRI enstrümanında 12 spektral kanal bulunmaktadır [11]. Bu kanallardan 8 tanesi infrared bölgede; 1 tanesi yakın-infrared (near-infrared) bölgede ve 3 tanesi de elektromanyetik spektrumun görünür kısmında yer alır.

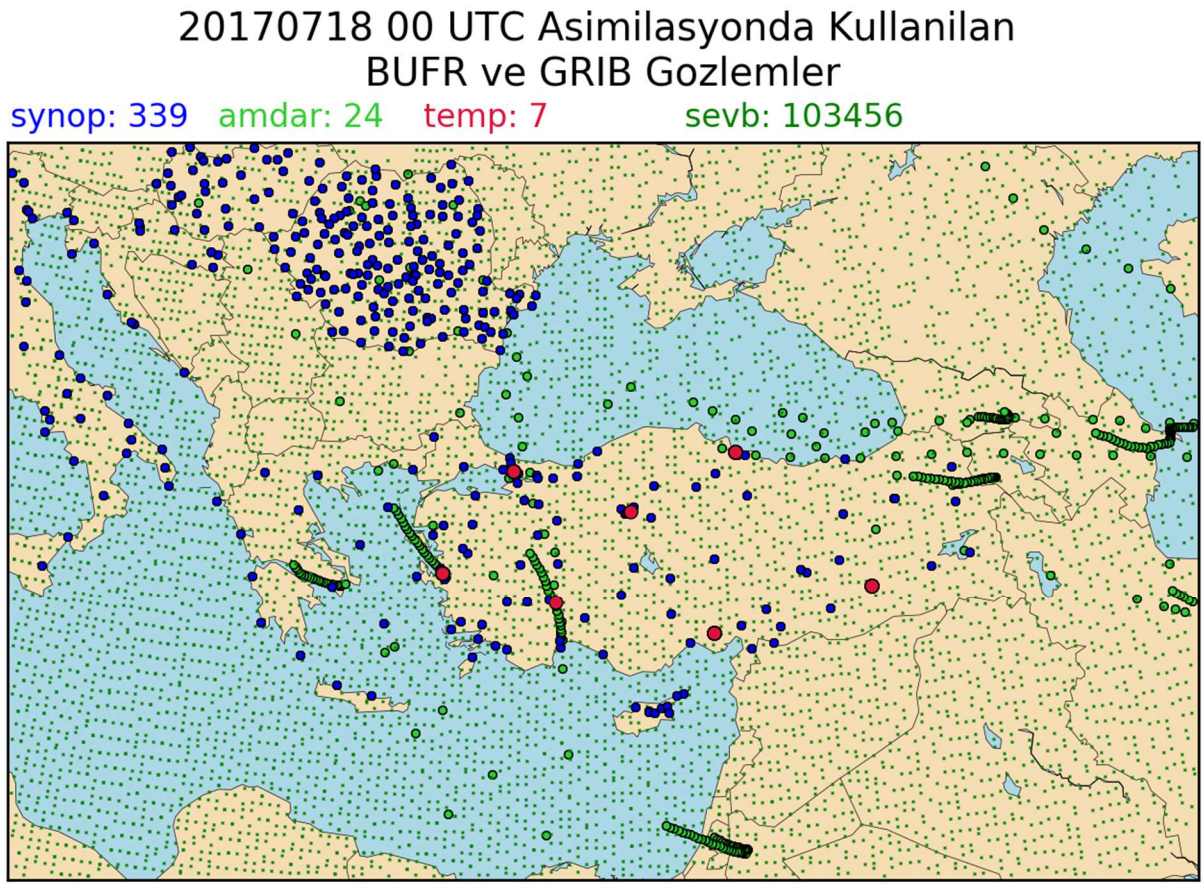
Görünür bölgede yer alan kanalların merkez dalga boyları 0.635 µm ve 0.81 µm'dir. Yüksek çözünürlüklü görünür kanal olan üçüncü kanala ait dalga boyları 0.4 µm ve 1.1 µm arasında değişmektedir. Enstrümana ait yakın infrared bölgede yer alan spektral kanalın merkez dalga boyu da 1.6 µm'dir. Infrared kanallara ait merkez dalga boyları ise şöyledir: 3.9 µm, 6.25 µm, 7.35 µm, 8.70 µm, 9.66 µm, 10.8 µm, 12.0 µm ve 13.4 µm.

2.MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada üç farklı test yapılmıştır (CONV, SEV70, SEV35). Bu üç test de 20170718-20170801 periyodunu kapsamaktadır. Testlere ait özellikler aşağıda belirtilmiştir:

- CONV: Sadece konvansiyonel gözlemler (sinoptik, temp, amdar) asimilasyon sistemine dahil edildi.
- SEV70: Konvansiyonel gözlemler ve 70 km seyrekleştirilmiş SEVIRI verisi asimilasyon sistemine dahil edildi.
- SEV35: Konvansiyonel gözlemler ve 35 km seyrekleştirilmiş SEVIRI verisi asimilasyon sistemine dahil edildi.

Konvansiyonel gözlemler; yer istasyonlarından elde edilen sinoptik gözlemleri, atmosferin düşey profilini inceleyen temp gözlemlerini ve uçaklardan sağlanan amdar gözlemlerini içermektedir. Bu gözlemler (Şekil 3) asimilasyon sistemi tarafından BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data) formatında kullanılırken, SEVIRI verisi ise GRIB (GRIdded Binary) formatında kullanılmaktadır.



Şekil 3. 20170718 00UTC'de asimilasyon sisteminde kullanılan gözlemler.

Asimilasyon sistemine dahil edilen parametreler gözlem türüne bağlı olarak değişmektedir. Sisteme dahil olan parametreler şöyledir: sinoptik gözlemlerden 2 metre nemi, jeopotansiyel ve 2 metre sıcaklığı; temp gözlemlerinden rüzgar hızı, sıcaklık, jeopotansiyel ve spesifik nem; amdar gözlemlerinden rüzgar hızı ve sıcaklık; seviri uydu gözlemlerinden ise radyans verisi asimile edilir.

SEVIRI radyans verisi asimile edilirken sadece su buharı kanallarından (WV6.2, WV7.3) gelen veriler kullanılmıştır. Diğer kanallar ise blacklist "*karaliste*" edilmiş böylece bu kanallardan gelen verinin analize etki etmemesi sağlanmıştır. Bunun sebebi su buharı kanallarının orta ve yukarı troposferdeki sıcaklık ve su buharını gözlemlemesi ve yüzey emisivitesinden çok fazla etkilenmemesidir.

Ayrıca test çalışmalarında komşu iki SEVIRI radyans gözlemi arasındaki hata korelasyonunu da azaltmak amacıyla *veri seyrekleştirme* uygulaması yapılmıştır. Bu amaçla SEV70 testindeki iki SEVIRI radyans gözlemi arasındaki mesafe 70 km (modelin varsayılan değeri) olarak kullanılmıştır. SEV35 testinde ise iki gözlem arasındaki mesafe 35 km'ye düşürülmüştür.

Sınırlı alan modelleri zamansal ve alansal olarak genellikle yüksek çözünürlüğe sahiptirler. Bu bakımdan asimile edilecek SEVIRI radyans verisinden gerekli ve doğru bilgiyi alabilmek için hata düzeltemesi yapılmalıdır. Yapılan çalışmada hata düzeltme yöntemi olarak VarBC (Variational Bias Correction) yöntemi [7,6,1] kullanılmıştır.

Yer analizi için CANARI (Code d'Analyse Necessaire a ARPEGE) optimal interpolasyon [16] yöntemi kullanılmıştır ve bu sisteme sadece sinoptik ve temp gözlemleri dahil edilmiştir. Yukarı atmosfer analizi için ise ve 3D-Var (üç boyutlu değişimli) yöntemi kullanılarak tüm gözlemler asimile edilmiştir.

Yapılan testlerde asimilasyon döngüsü her 6 saatte (00 UTC, 06 UTC, 12 UTC, 18 UTC) tekrarlanıp, bulunan zamanla uyumlu gözlemler sisteme verilmiştir. Sinoptik gözlemler +/-0 saat, temp gözlemleri +/- 0 saat, amdar gözlemleri +/- 1.5 saat ve SEVIRI gözlemleri +/- 0 saat olacak şekilde sisteme verilmiştir. 00 ve 12 UTC asimilasyon döngüsünden elde edilen analizlerden 48 saatlik tahminler üretilmiştir.

3.SONUÇLAR

Yapılan çalışmanın verifikasyonu tahmin parametrelerinin gözlemlere karşı RMSE (root mean square error) ve BIAS değerleri (Eşitlik 4) hesaplanarak elde edilmiştir. Testlerin sonucu incelendiğinde konvansiyonel gözlem verisinin üzerinde SEVIRI verisinin de asimile edilmesiyle üretilen tahminlerin özellikle yere yakın seviye nem parametresinde operasyonel çalışan modelden ve CONV testinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

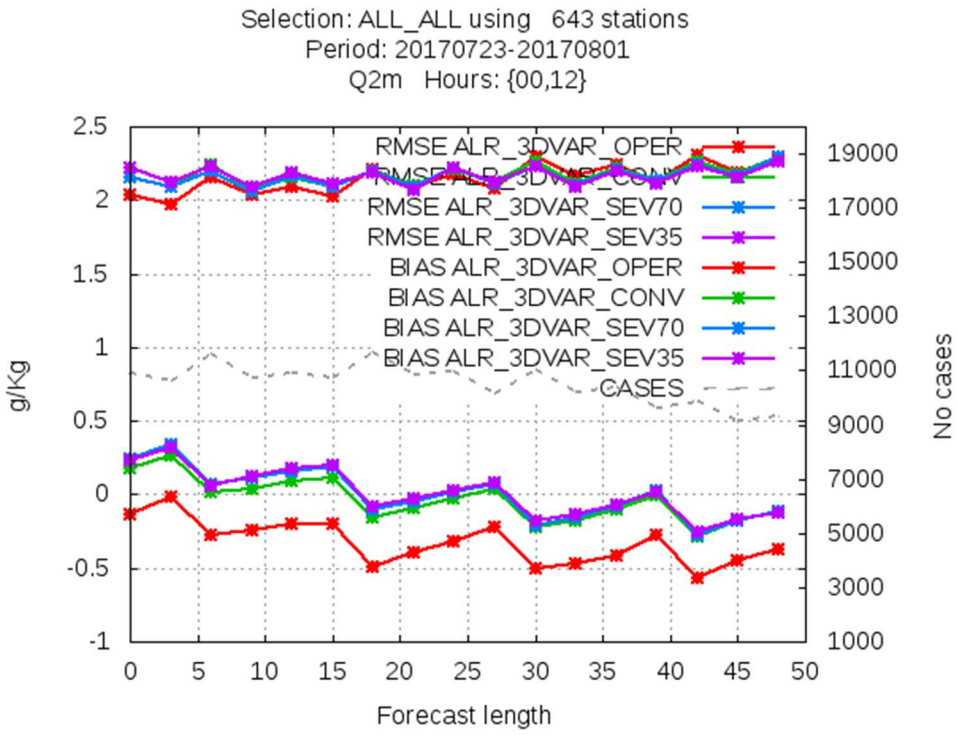
Çiğ noktası sıcaklığı ve nem parametrelerinde elde edilen başarılı sonuçlar yağış parametresinin de daha doğru tahmin edilmesini sağlamıştır. Şekillerde OPER ile operasyonel çalışan ALARO modeli tahminleri ifade edilmektedir.

Eşitlik 6'da N gözlemlerin sayısını, F modelin gözlem noktasındaki değerini ve O gözlemleri ifade etmektedir.

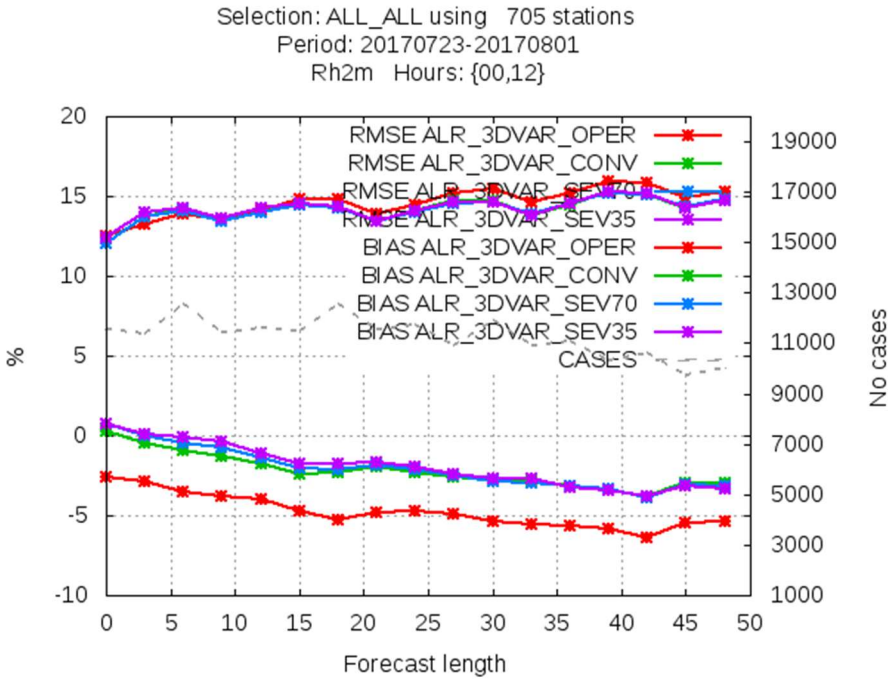
$$BIAS = N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(F_i - O_i)$$

$$RMSE = \left(N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(F_i - O_i)^2 \right)^{0.5}$$

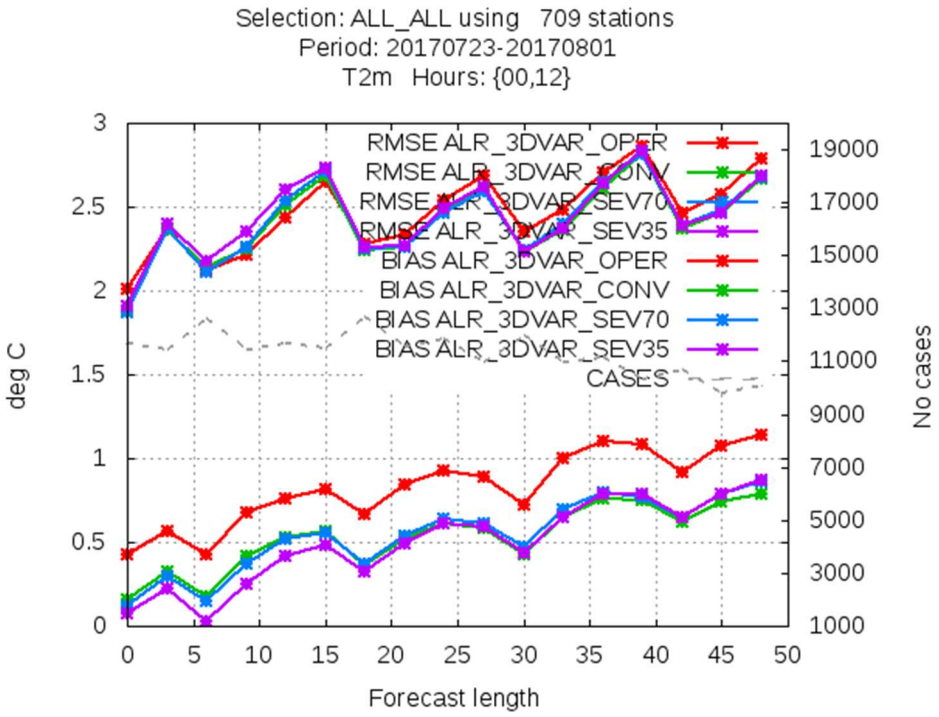
(6)



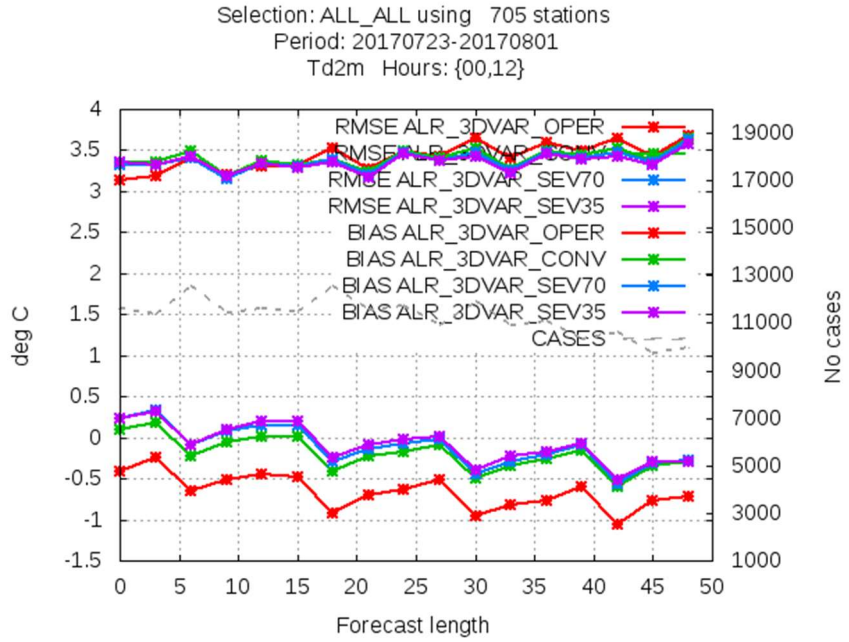
Şekil 4. 2 metre spesifik nemi verifikasyon sonucu



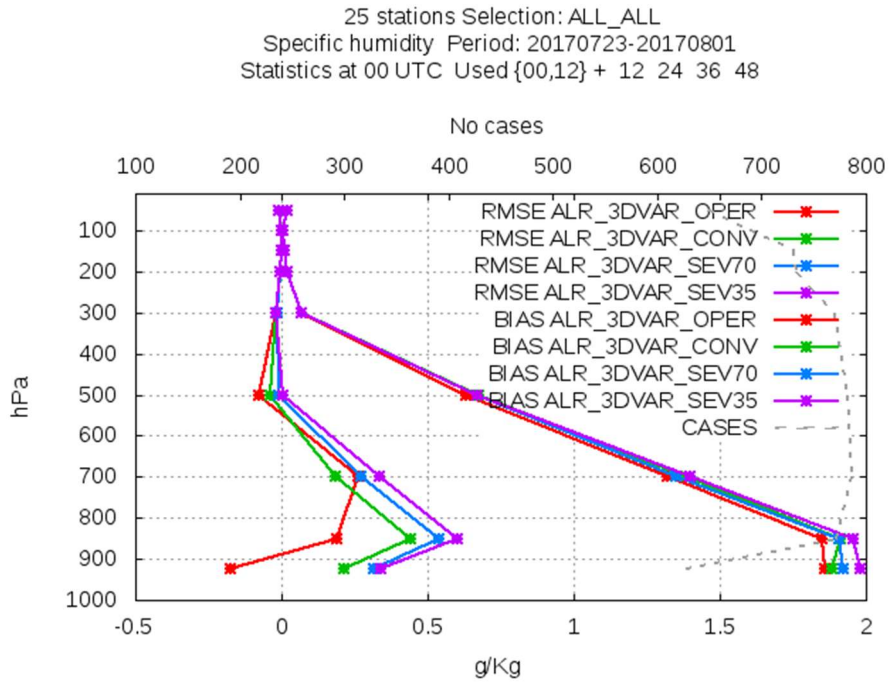
Şekil 5. 2 metre bağıl nem verifikasyon sonucu



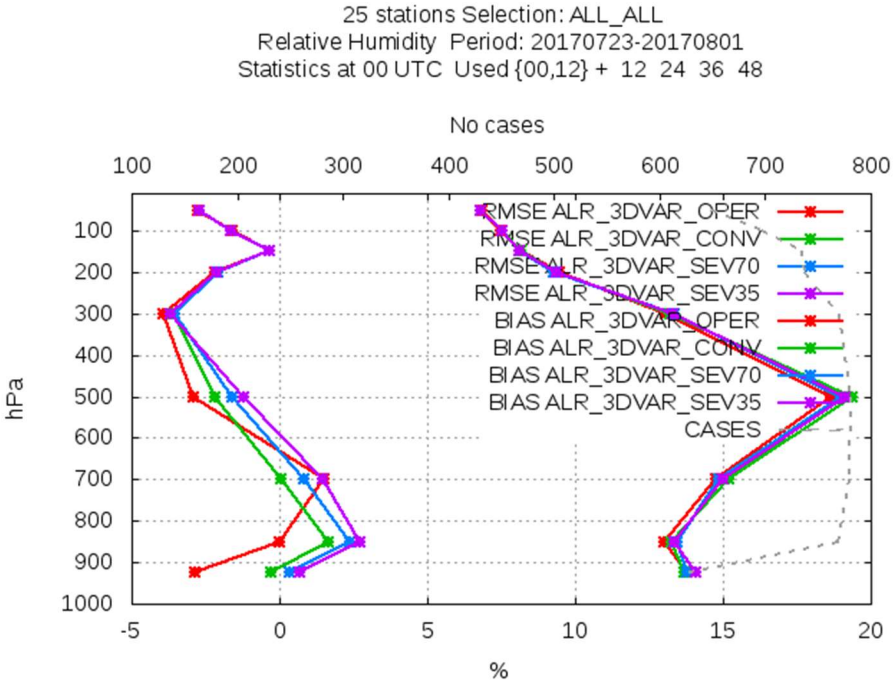
Şekil 6. 2 metre sıcaklık verifikasyon sonucu



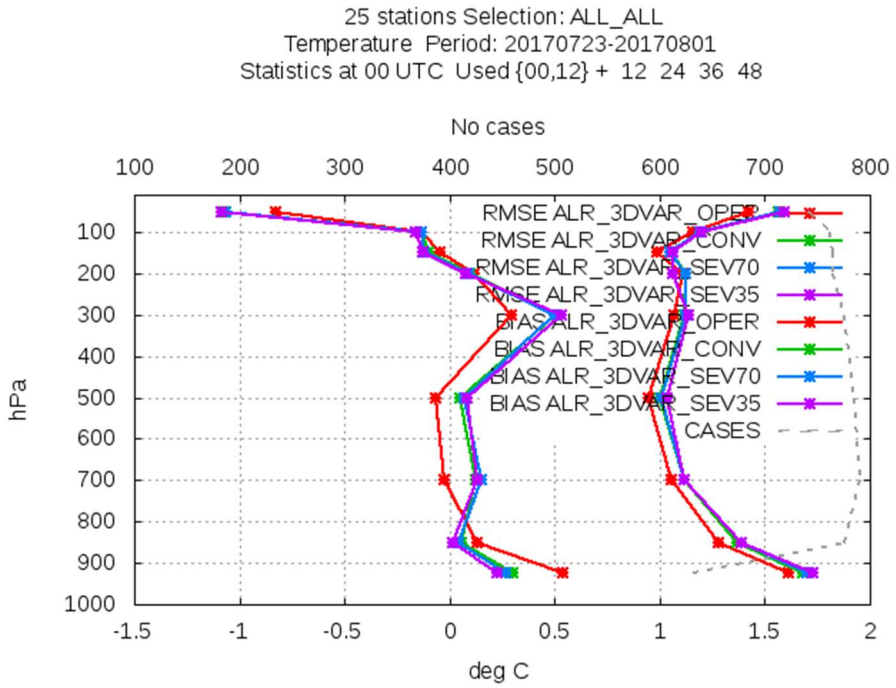
Şekil 7. 2 metre çiğ noktası sıcaklığı verifikasyon sonucu



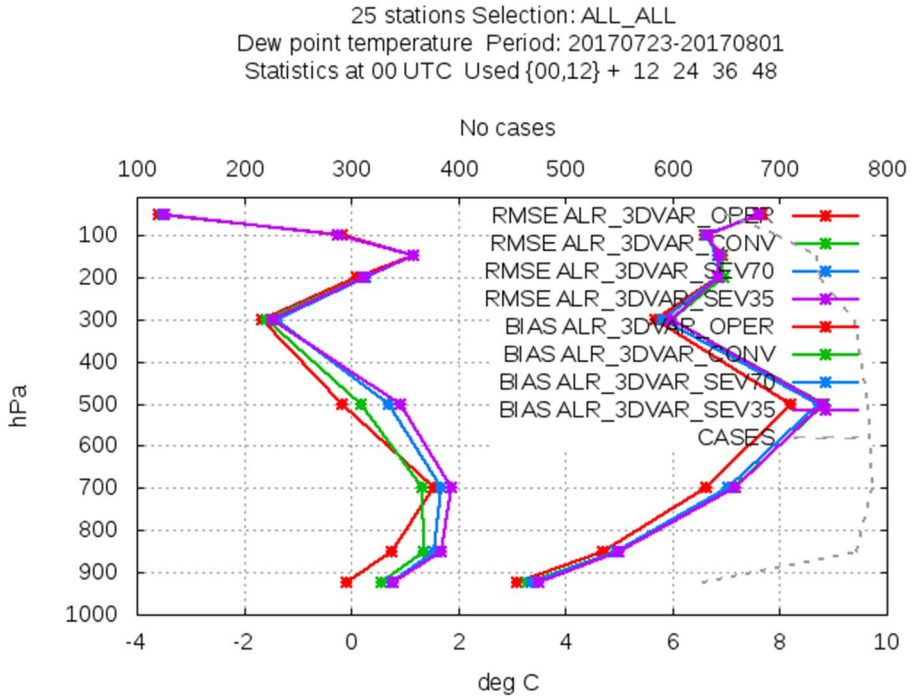
Şekil 8. Spesifik nem düşey profil verifikasyon sonucu



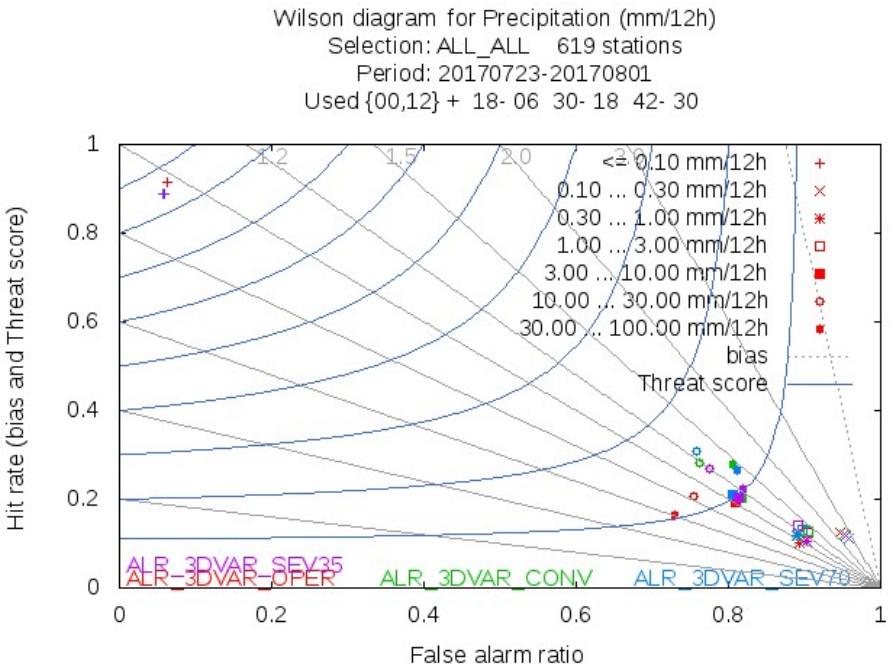
Şekil 9. Bağıl nem düşey profil verifikasyon sonucu



Şekil 10. Sıcaklık düşey profil verifikasyon sonucu



Şekil 11. Çiğ noktası sıcaklığı düşey profil verifikasyon sonucu



Şekil 12. Yağış verifikasyon sonucu

KAYNAKLAR

[1] Auligné T., Mc Nally A. P. and Dee D. (2007): Adaptive bias correction for satellite data in a numerical weather prediction system. Q.J.R.M.S., 133, 631-642.

[2] [Bouttier, F. and P. Courtier, 1999: Data assimilation concepts and methods, ECMWF lecture notes, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Reading, England, 59 pp.

[3] Courtier, P. and Geleyn, J.-F.: A global numerical weather prediction model with variable resolution: Application to the shallow model equations, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 114**,** 1321 – 1346, 1988.

[4] Courtier, P., Freydier, C., Geleyn, J.-F., Rabier., F., and Rochas, M.: The ARPEGE project at Météo-France.,Proceedings of 1991 ECMWF Seminar on Numerical Methods in Atmospheric Models, ECMWF, Reading, United Kingdom, pp. 193–231, 1991.

[5] Daley, R., 1991: Atmospheric Data Analysis. Cambridge Atmospheric and Space Science Series, Cambridge University Press. ISBN 0-521-38215-7, 457 pages.

[6] Dee D. (2004): Variational bias correction of radiance data in the ECMWF system. In Proc of ECMWF Workshop on Assimilation of high spectral resolution sounders in NWP, july 2004.

[7] Derber J.C. and Wu W. (1998): The use of TOVS cloud-cleared radiances in the NCEP SSI analysis system. Monthly Weather Review, 126, 2287-2299.

[8] G. Radnoti, R. Ajjaji, Bubnova R., M. Caian, E. Cordoneanu, K. von der Emde, J.-D. Gril, J. Hoffman, A. Horanyi, S. Issara, V. Ivanovici, M. Janousek, A. Joly, P. LeMoigne, and S. Malardel. The spectral limited area model ARPEGE-ALADIN. In WMO, editor, PWPR report series n. 7-WMO TD n. 699, pages 111–118, 1995.

[9] Ghil, M., 1989: Meteorological Data Assimilation for Oceanographers. Part I: Description and Theoretical Framework. Dyn. of Atmos. Oceans, 13, 171-218.

[10] http://www.umr-cnrm.fr/aladin/, Son Kontrol: 12.09.2017.

[11] https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html , Son Kontrol: 12.09.2017.

[12] Lorenc, A.C., 1986: Analysis methods for numerical weather prediction. Q J Roy Meteor Soc, 112, 1177-1194.

[13] Lynch, P.: Initialization using a digital filter, Research Activities in Atmospheric and Ocean Modeling, CAS/JSC Work- ing Group on Numerical Experimentation, Rep. 14, WMO Secretariat, Geneva, Switzerland, 1.5-1.6.,1990.

[14] Schmetz J, Pili P, Tjemkes S, Just D, Kerkmann J, Rota S, Ratier A. 2002. An introduction to Meteosat Second Generation (MSG). Bull. Amer. Meteorol. Soc. 83(7): 977–992

[15] Seity Y, Brousseau P, Malardel S, Hello G, Benard P, Bouttier F, Lac C, Masson V (2011), The AROME-France Convective-Scale Operational Model, Mon. Wea. Rev.,139, 976–991.

[16] Taillefer, F., 2002: CANARI - Technical Documentation -Based on ARPEGE cycle CY25T1 (AL25T1 for ALADIN), available at http://www.cnrm.meteo.fr/aladin/

[17] Termonia, P., Fischer, C., Bazile, E., Bouyssel, F., Brožková, R., Bénard, P., Bochenek, B., Degrauwe, D., Derkova, M., El Khatib, R., Hamdi, R., Mašek, J., Pottier, P., Pristov, N., Seity, Y., Smolíková, P., Spaniel, O., Tudor, M., Wang, Y., Wittmann, C., and Joly, A.: The ALADIN System and its Canonical Model Configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1, Geosci. Model Dev. Discuss., https://doi.org/10.5194/gmd-2017-103, in review, 2017.

TÜRKİYE'DEKİ YILDIRIM VE ŞİMŞEKLERİN AKIM DÜZEYLERİ VE SAYILARI HAKKINDA BİR İNCELEME

Yusuf Salih EROĞLU
İşletme ve Bakım Şb. Md.
Ankara
yeroglu@mgm.gov.tr

Dr. Levent YALÇIN
Tahminler Dairesi Başkanlığı
Ankara
lyalcin@mgm.gov.tr

Hanifi GÖKTAŞ
Bilgi İşlem Şb. Md.
Ankara
hgoktas@mgm.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'de ilk kez 2014 yılında çalıştırılmaya başlanan Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi incelenmiştir. Ülkede konvektif hareketli hava olayları daha çok bahar ve yaz aylarında gerçekleşmektedir. Bu tip hava oluşumları kısa sürede çok miktarlı yağmur ile beraber dolu oluştururken aynı zamanda yıldırım ve şimşek oluşumu için de ortam hazırlar. Can ve mal kaybına sebebiyet verebilen bu meteorolojik hadisenin izlenmesi, tespit ve olabildiğince erken tahmin edilmesi YTTS'nin ana işlevidir. Bu dayanak ile ülke genelinde gerçekleşen yıldırım ve şimşek hadiselerinin zamansal ve mekansal analizi yapılmıştır. YTTS'nin Nisan 2015 ile Temmuz 2017 ayları arasındaki 2 yıllık dönemde ülke geneline dağılmış 41 noktada tespit etmiş olduğu yıldırım ve şimşek verileri incelenmiştir. Sistem sayesinde yıldırımın yerden buluta ve buluttan yere veya buluttan buluta yönü; akım şiddeti, konumu, yüksekliği, haritaya aktarımı 10 dakika aralıkla edinilmekte ve 60 dakikaya kadar seyir yönü ve hızı tahmin edilmektedir. Bu haliyle yer ölçüm istasyonları ve diğer uzaktan algılama yöntemleriyle entegrasyonu ve yağış miktarı tahmini de tartışılmıştır. Makalenin içeriğinin zenginleştirilmesinde yazarların işletme, veri işleme ve tahmin konularındaki

uzmanlıkları etkili olmuştur. Çalışma bu şekliyle gelecek dönemler için yapılacak benzer çalışmalara da altlık niteliğindedir.

1.GİRİŞ

Ülkemizde T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Aralık 2014'te Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi (YTTS) projesinin kurulumu tamamlandı. YTTS, yıldırım ve şimşek olaylarının belirlenmesi, izlenmesi ve kısa vadeli hava tahmini için, gerçek zamanlı ve yüksek çözünürlüklü meteorolojik bilgi sağlayan pasif bir uzaktan algılama sistemidir. Bu sistem ile yıldırım ve şimşeğin koordinatları ve yüksekliği ile yeri; yıldırım veya şimşek olarak türü, pozitif veya negatif olarak akımın kutbu (polaritesi) ve akımın tepe değer olarak genliği elde edilebilmektedir [1]. Uzaktan algılama temeline dayanan ve İngiltere Meteoroloji Ofisi tarafından işletilen Arrival Time Differencing NETwork (ATDnet) isimli gözlem sisteminin verisi kullanılarak, 2010 – 2014 yıllarını kapsayan 5 yıllık bir zaman aralığında, ülkemiz için ilk defa yıldırım ve şimşek olaylarının uzaktan algılamaya dayalı mevsimsel ve yıllık değişimleri alansal olarak ortaya konulmuştur [2]. Avrupa üzerinden geniş alanlara yayılmış, sürekli veri akışı olan ATDnet ağından toplanan veriler, yıldırım ve şimşek yoğunluğuna dair veri setlerine dönüştürülmüştür. Bu verilerin aylık ve yıllık olarak incelenmesiyle yorumlamaya müsait istatistiki ve gelecek öngörüsüne yönelik yorumlamalar ve analizler elde edilebilmekte böylece bölgesel ve etkinlik bazında sonuçlar elde edilebilmektedir [3]. YTTS, Türkiye geneline yayılmış 40 adet ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde kurulu 1 adet olmak üzere toplam 41 adet pasif algılayıcıdan ibarettir (Şekil 1).

Şekil 1*: Türkiye YTTS ağı.*

Yıldırım, bulut ile yer arasındaki elektrik boşalmasıdır. Negatif yüklü bulut ile pozitif yüklü yer arasındaki oluşan yüksek bir elektrik atlamasıdır. Bu elektrik atlamasının yönü genelde yerden buluta doğru olur. Şimşek ise pozitif yüklü bulut ile negatif yüklü bulut arasında oluşan yüksek bir elektrik atlaması veya boşalmasıdır. Bu elektrik atlaması bulutlar arasında olur.

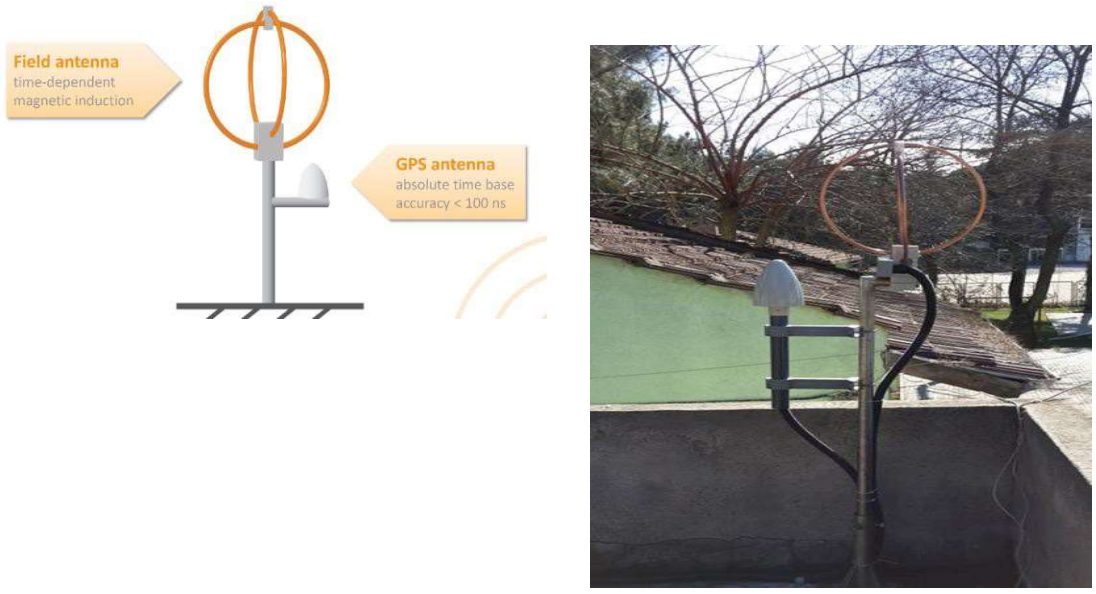
Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi sayesinde:

- Yıldırımın (buluttan yere veya yerden buluta olan elektriksel aktivitesinin) 300 m doğrulukla yerini, akım şiddetini ve akım yönünü,
- Şimşeğin (buluttan buluta, bulut içerisinde oluşan elektriksel aktivitesinin) yerini, yerden yüksekliği ile akım şiddetini ve akımın yönünü,
- Yıldırım ve şimşeğin oluşturduğu elektriksel hücrenin (kuvvetli hava olayının) harita üzerinde gösterimi, 10'ar dakikalık periyotlarla 60 dakikalık tahmini hareket yönü ve hızını,
- Alarm alanları tanımlama ve ilgililerin cep telefonu veya e-posta adreslerine uyarılar gönderilmesi,
- YTTS verilerinin, uydu ve radar görüntüleri ile Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu verileriyle aynı ekranda bütünleşik görüntüyle sunulması,
- Yıldırım hücresinin (bulutunun) oluşturabileceği yağış miktarının tahminini dolayısıyla oluşabilecek ani kuvvetli yağışlar için uyarılar düzenlenebilmesini,
- En son aşamada kazanılan deneyimlerle, dolu yağışı oluşabilecek alanların belirlenmesinin sağlanabilmesi ve kayıtların tutulmasını,
- Can ve mal kaybına neden olan yıldırım olayını, belirlenen bir alana önceden erken uyarı yapılmasıyla, kritik tesislerin uyarılması ve gerekli önlemlerin önceden alınması,
- Havacılık sektöründe uçuş güzergâhları için yıldırım ve şimşek alanlarının bildirilerek hava trafiğinin güvenli olarak yapılmasının sağlanması,
- Hava alanlarında ve uçuş bölgelerinde, uçakların kalkış ve inişlerinde önem taşıyan elektriksel hava olaylarının alan ve zaman olarak tespit edilmesiyle güvenli iniş-kalkış yapılabilmesi,
- Sigorta şirketlerine daha doğru ve güvenilir bilgiler sunulması
- Meteoroloji radarlarının görüş alanın dışında kalan bölgeler için yıldırım ve şimşek kaynaklı tahmini yağış miktarı verisi sağlanması, gibi yararlı hizmetler sunulmaktadır.

Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi üç kısımdan oluşur:

a. Yıldırım Tespit İstasyonları (YTİ)

Toplam sayısı 41 adet olup biri KKTC'de olmak üzere tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde ülke geneline yayılmışlardır. Yıldırım Tespit İstasyonları dış ünite ve iç ünite olmak üzere iki kısımdan oluşur (Şekil 2, Şekil 3)



(*a*) (*b*)

Şekil 2: Bir YTTS anteni: a) Açıklamalı şekil; b) Sahada kurulu istasyon

Şekil 3: YTTS iç ünite

b. Merkezi İşlem Ünitesi (MİÜ)

Sahalarda kurulu bulunan Yıldırım Tespit İstasyonlarından gelen yıldırım ve şimşek verilerini depolar, hesaplamalar yapar ve son kullanıcılara yıldırım verilerini sunar.

c. İşleme ve Görüntüleme Yazılımı (İGY)

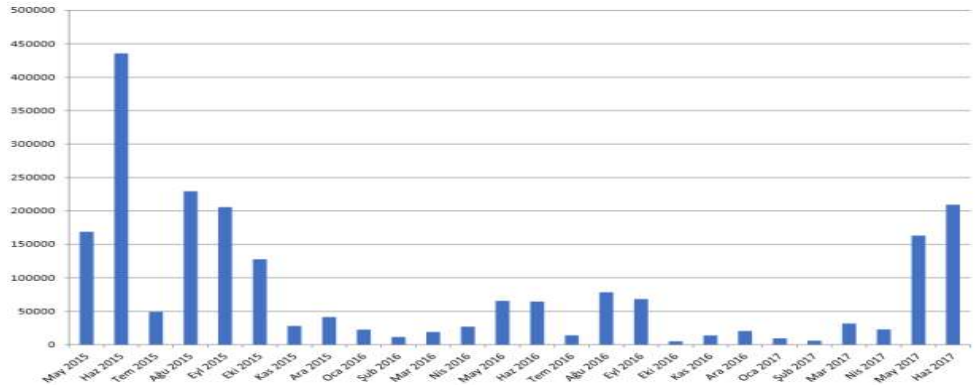
Birçok kullanıcının aynı anda bağlanabileceği web ara yüzü olup Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi ile ilgili verilerin görüntülendiği bir platformdur.

2. İKİ YILLIK YTTS VERİLERİ

Bu çalışmada, Türkiye'de YTTS ile 1 Mayıs 2015 - 30 Haziran 2017 tarihleri arasında kaydedilen yıldırım ve şimşek verileri derlenmiştir. Verilerin ülke sathına olabildiğince homojen yayılmasına özen gösterilmiştir (Şekil 3).

Şekil 3: Türkiye için yıldırım verilerinin incelendiği bölge

Öncelikle Türkiye genelinde YTTS ile 2 yıl süreyle kaydedilen yıldırım ve şimşeklerin, aylık toplam sayıları hesaplanmıştır. Görüleceği üzere kuzey yarım kürede sıcaklığın düşük olduğu ekim-nisan aralıklarında sayı oldukça düşerken, mayıs-eylül arasında en yüksek sayılara ulaşmaktadır (Şekil 4).



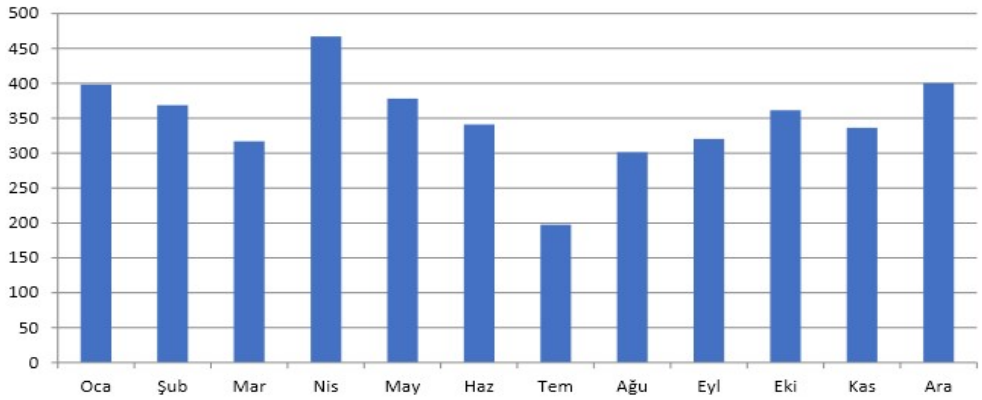
Şekil 4: YTTS aylık toplam yıldırım ve şimşek sayıları (1 Mayıs 2015 - 30 Haziran 2017)

İkinci olarak bu sürede YTTS ile kaydedilen buluttan toprağa (cloud to ground, c2g) ve topraktan buluta (ground to cloud, g2c) yıldırımların aylık maksimum (I_c2g_max, I_g2c_max) ve mutlak değerce maksimum (I_abs_max) akım değerleri ve toplam sayıları belirlenmiştir. Burada I, akım; max, maksimum; abs, absolute yani mutlak anlamındadır. Tutarlar incelendiğin aylık bir düzenden ziyade, mevsimlik bir düzen veya kendini tekrar tanımlaması yapılması doğru olacaktır (Çizelge 1).

Çizelge 1: *Buluttan toprağa* (*c2g*) *ve topraktan buluta* (*g2c*) *yıldırımların aylık maksimum ve mutlak değerce maksimum akım değerleri ve toplam sayıları*

tarih	c2g_max	g2c_max	abs_max	adet
May 2015	377,9	-376,9	377,9	168951
Haz 2015	308,3	-341,2	341,2	435634
Tem 2015	197,8	-183,8	197,8	49089
Ağu 2015	301,3	-278,4	301,3	229602
Eyl 2015	320,6	-269,8	320,6	205736
Eki 2015	361,6	-304,3	361,6	127748
Kas 2015	336,4	-299,1	336,4	28059
Ara 2015	400,3	-350,9	400,3	41402
Oca 2016	330,7	-398,3	398,3	22581
Şub 2016	368,7	-316,8	368,7	11654
Mar 2016	289,7	-317,1	317,1	19021
Nis 2016	330,8	-467,2	467,2	27045
May 2016	344,8	-355,5	355,5	65478
Haz 2016	265,6	-214,6	265,6	64519
Tem 2016	172,2	-179,3	179,3	14056
Ağu 2016	289,5	-190,9	289,5	78510
Eyl 2016	199,2	-214,2	214,2	68443
Eki 2016	239,3	-242,9	242,9	5063
Kas 2016	292,9	-241,8	292,9	13971
Ara 2016	319,2	-340,4	340,4	20567
Oca 2017	323,4	-259	323,4	9485
Şub 2017	326,9	-233,8	326,9	5889
Mar 2017	308,3	-308,7	308,7	31645
Nis 2017	282,4	-243,2	282,4	22831
May 2017	361,2	-295,1	361,2	163080
Haz 2017	338,7	-215,5	338,7	209428

Türkiye genelinde YTTS ile 2 yıl süreyle kaydedilen kA cinsinden mutlak değerce aylık ortalama yıldırım (veya şimşek) akım tepe değerleri süzülmüştür. Temmuz ayındaki denkleşme dikkat çekicidir (Şekil 5).



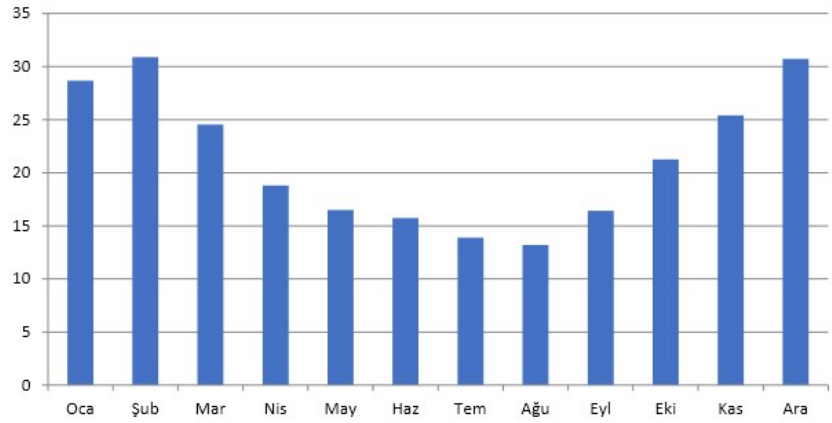
Şekil 5: kA cinsinden mutlak değerce aylık ortalama yıldırım ve şimşek akım tepe değerleri, 2016-2017

En sağdaki sütunda mutlak değerce her bir ay içinde ölçülen yıldırım akımı tepe değerlerinin ortalamaları verilmiştir. Yıldırım tepe akımının en düşük olduğu temmuz ayında mutlak değerce maksimum akım değerleri de düşük çıkmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2: 2016 *yılı için yıldırım verileri*

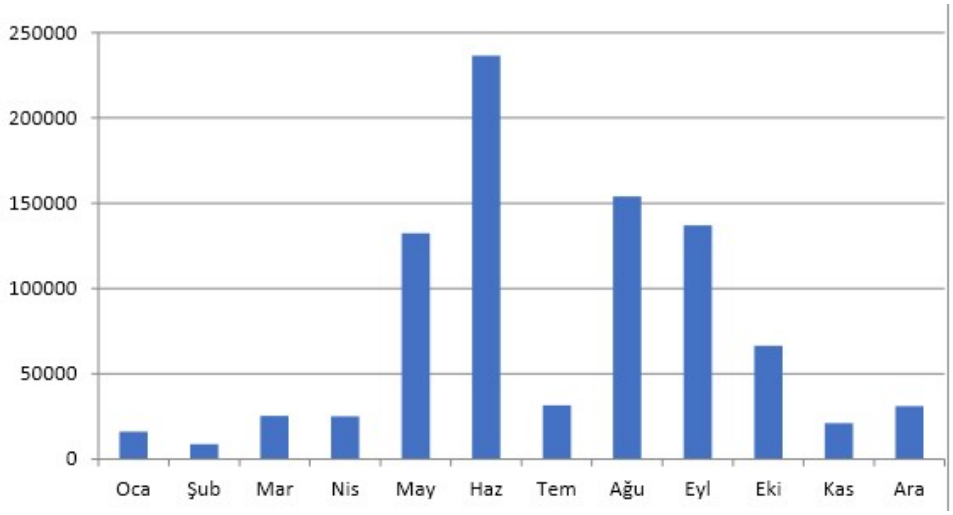
ay	c2g_max	g2c_max	abs_max	adet	yildirim_tepe_akimi
Oca	330,7	-398,3	398,3	16033	28,66779455
Şub	368,7	-316,8	368,7	8771,5	30,89700735
Mar	308,3	-317,1	317,1	25333	24,52818656
Nis	330,8	-467,2	467,2	24938	18,79663165
May	377,9	-376,9	377,9	132503	16,50812309
Haz	338,7	-341,2	341,2	236527	15,74470864
Tem	197,8	-183,8	197,8	31572,5	13,90433447
Ağu	301,3	-278,4	301,3	154056	13,18359428
Eyl	320,6	-269,8	320,6	137089,5	16,42625438
Eki	361,6	-304,3	361,6	66405,5	21,25669184
Kas	336,4	-299,1	336,4	21015	25,39827505
Ara	400,3	-350,9	400,3	30984,5	30,7195259

Türkiye'de 2016 yılı için YTTS ile kaydedilen kA cinsinden mutlak değerce aylık ortalama yıldırım akımı tepe değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Çizelge 2'deki verilerin grafik olarak gösterimi yaz ve kış aylarındaki farklılığı ortaya koymaktadır (Şekil 6).



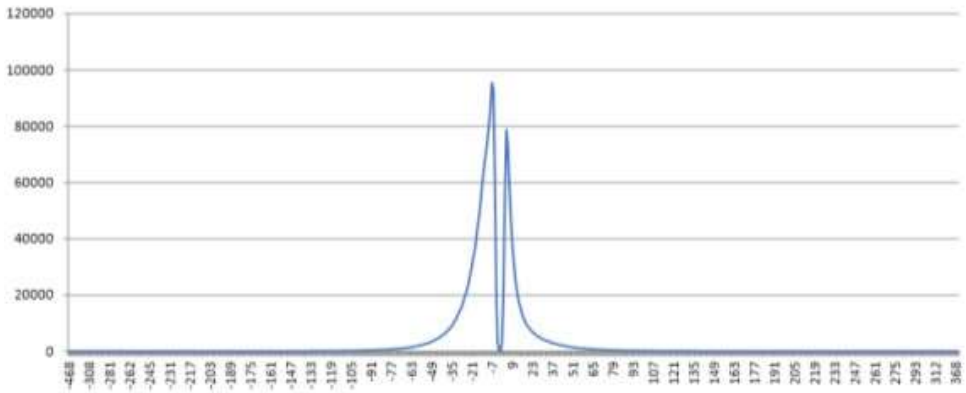
Şekil 6: *kA cinsinden mutlak değerce aylık ortalama yıldırım akımı tepe değerleri, 2016*

Türkiye'de 2016 yılında YTTS ile kaydedilen aylık toplam yıldırım sayıları gösterilmiştir. Yerin ısınmasının doygunluk seviyesine geldiği haziran ayında bariz bir şekilde sayının yükseldiği dikkat çekmektedir (Şekil 7).



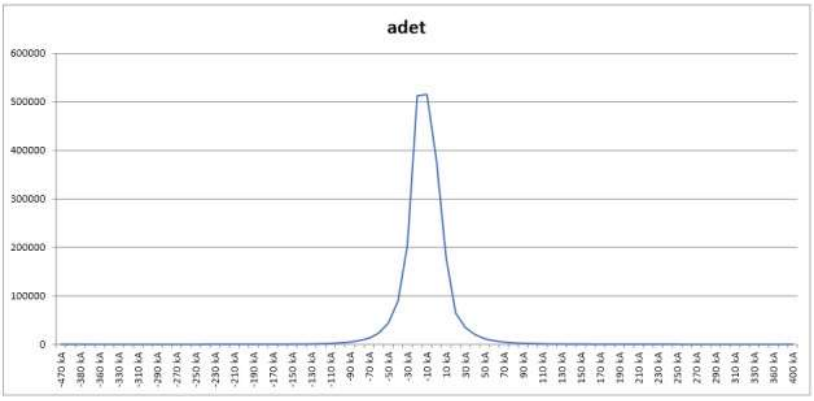
Şekil 7*: Türkiye'de* 2016 *yılı için aylık toplam yıldırım sayısı*

Türkiye'de 1 Mayıs 2015 – 30 Haziran 2017 arasında YTTS ile kaydedilen kA cinsinden maksimum yıldırım veya şimşek akımlarının oluşma sayısının dağılımı yani maksimum akım yoğunluğu dağılımı Şekil 8'de gösterilmiştir. Negatif ve pozitif yüklerde uçlara gidildikçe yoğunluk azalırken, denkleşme bölgesinde yoğunluk belirgin şekilde yükselmektedir.



Şekil 8: *kA cinsinden maksimum yıldırım veya şimşek akımlarına göre sayılarının*

Türkiye'de Mayıs 2015 - Haziran 2017 arasında YTTS ile kaydedilen kA cinsinden ortalama yıldırım akımlarının sayısal dağılımı yani ortalama akım yoğunluğu dağılımı Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 8'de olduğu gibi burada da denkleşme bölgesinde yoğunluk diğer tüm bölgelerden daha güçlüdür.



Şekil 9: *kA cinsinden ortalama yıldırım akımlarına göre sayılarının dağılımı*

3. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada YTTS tanıtılmış ve çıktılarından örnekler sunulmuştur. Sistemi halkın kullanımına sunmak adına Meteoroloji Genel Müdürlüğü yıldırım ve şimşek tespitlerini internet sitesinden paylaşmaktadır (Şekil 10).

Şekil 10: MGM internet sitesi YTTS son durum [4]

24 aylık akım, adet, maksimum ve mutlak değerlemelerin incelenmesinde elde edilen en önemli sonuç mevsimsel olarak benzerlik toplanmalarıdır. Aynı toplanma aylık bazda düzenli bir şekilde fark edilmemiştir. Yine elektrik atlamasının yönündeki değişim ve dağılım için düzenli, belirgin, gelecek çalışmalara ışık tutacak bir ipucu yakalanamamıştır. Belli aylarda yüksekliği fark edilmiş değerlerin farklı sektörler için ne anlama geldiği ayrıca değerlendirilmelidir. Nitekim yıldırım ve şimşek hadisesi elektriksel ve manyetik bir olay olduğundan diğer meteorolojik parametrelerin yorumlanma ve yansıma biçimlerinden farklılık göstermektedirler.

4. SONUÇ

Yıldırım ve şimşek hadisesinin meteorolojik olarak elektronik algılayıcılarla tespit ve kayıt edilmesi oldukça yeni bir konudur. Uzun yıllar rasatçı vasıtasıyla gözlemlenerek temel eğitim ve tecrübenin bir çıktısı olarak oraj (thunderstorm) hadisesi tespit edilmiştir. Orajın bir parçası olan yıldırım ve şimşek hadisesi ise var olup olmadığı baz alınarak işlenmiştir. Dolayısıyla sayıları, türleri, yönleri, kuvvetleri kayıt altına alınmamıştır. Bu sebeple yeni oluşmaya başlayan veri setlerinin belli bir eğilim ortaya koyması henüz mümkün değildir. Ayrıca mevcut YTTS'nin havacılık, sanayi, iş sağlığı ve güvenliği, enerji altyapısı ile sayısal tahmin modelleri ve doğrudan ölçüm sistemleriyle tümleşik olarak yorumlanması zaman boyutunda olabilecektir. Piyasa koşulları ve alışkanlıklar açısından da sistemin kendisini kabul ettirmesi ardından daha sağlıklı yorumlamalar gelecektir.

KAYNAKLAR

[1] Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi (YTTS),

https://www.mgm.gov.tr/files/haberler/2015/y ildirim.pdf
[2] A. Öztopal, Türkiye'nin Yıldırım ve Şimşek Gözlemlerinin İncelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 19, Sayı 56, s. 304-313, Mayıs 2017.
[3] G. Anderson and D. Klugmann, A European lightning density analysis using 5 years of ATDnet data, Natural Hazards and Earth System Sciences, No. 14, pp. 815–829, 2014.
[4] https://www.mgm.gov.tr/sondurum/yildiri m-takip.aspx

ANTALYA KALEİÇİ MEVKİİNDE 03.09.2016 TARİHİNDE MEYDANA GELEN YAĞIŞ VE FIRTINA HADİSESİNİN SİNOPTİK ANALİZİ VE UYDU-RADAR ÜRÜNLERİ VE YILDIRIM TESPİT VE TAKİP SİSTEMİ GÖZLEM VERİLERİ KULLANILARAK İNCELENMESİ

Sultan ÇİÇEKGİL
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
4. Bölge Müdürlüğü
scicekgil@mgm.gov.tr

Murat GÜLER
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
4. Bölge Müdürlüğü
mguler@mgm.gov.tr

Murat IŞTIN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
4. Bölge Müdürlüğü
muratistin@mgm.gov.tr

Ömer Faruk KAYA
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
4. Bölge Müdürlüğü
ofarukkaya@mgm.gov.tr

ÖZET

Antalya Kaleiçi açıklarında 03 Eylül 2016 tarihinde bir fırtına meydana geldi.Şiddetli yağışlar sırasında meydana gelen fırtına nedeniyle bir tekne battı.Bir kişi hayatını kaybetti ve büyük miktarda maddi hasar oluştu.Yukarıda belirtilen fırtına olayının

analizi için, sayısal hava tahmin?? (SHT) ürünleri, uydu görüntüleri, radar görüntüleri ve Yıldırım Tespit ve Takip Sistemin (YTTS) verileri incelenmiş olup konvektif gelişme sonunda, rüzgar, nemli ve sıcak havanın desteği ile gerçekleşen şiddetli hadise (hortum) genelikle çok lokal olarak oluşmaktadır.Öncelikle radar ve uydu görüntüleri ile konvektif bulutlar takip edilmiştir.Fırtına, hortum ya da downburst olayının lokal olması, doğal olarak uzaktan algılama sistemleri ile takibini gerekli kılmaktadır.Uydu ve radar görüntüleri takip edildiğinde Antalya'nın kuzeyinde oluşan yoğun bulut hareketleri beklenenin aksine güneye hareket ettiği görülmektedir. Dolayısıyla, söz konusu hadisenin güneye doğru hareket eden bulut hareketinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

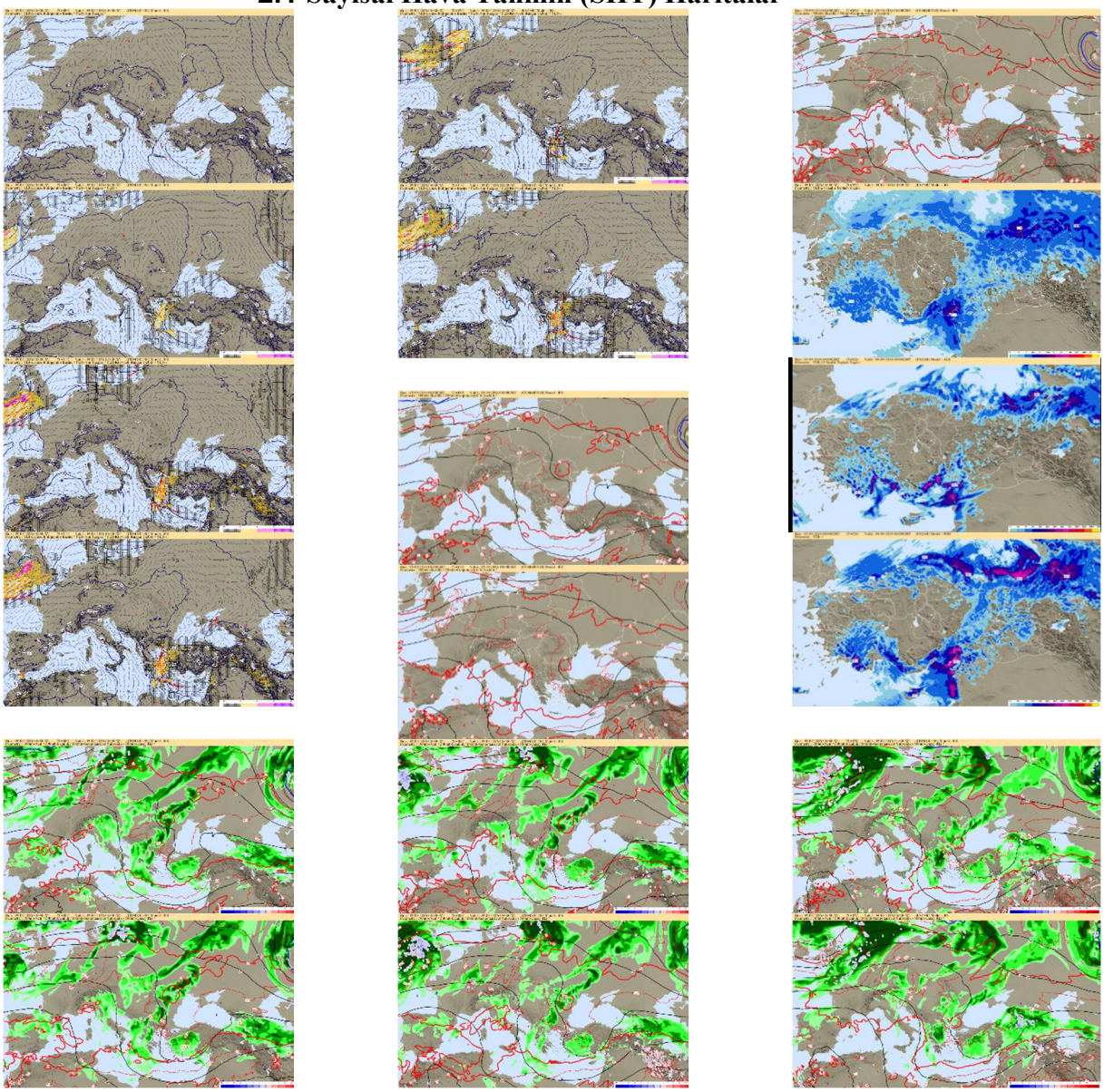
Anahtar Kelimeler : radar; uydu; hortum

1.GİRİŞ

Antalya Bölgesel Uyarı ve Tahmin Merkezi (BTUM)'nin sorumluluk sahası Antalya, Isparta, Burdur ve Muğla illerini kapsar. Bölge için kısa vadeli tahminler ve çok kısa vadeli tahminler üretir. Bu amaçla sayısal model ürünlerini, subjektif analiz yöntemlerini, uydu görüntülerini, Muğla ve Antalya radarlarını kullanır. Bu çalışmada 3 Eylül 2016 tarihinde meydana gelen sayısal tahmin ürünlerinde belirlenemeyen kuvvetli hava olayı radar ürünleri, uydu görüntüleri ve Yıldırım Tespit ve Takip Sistemin (YTTS) ürünleri kullanılarak incelenmiştir.

2. VERİ ANALİZİ

2.1 Sayısal Hava Tahmin (SHT) Haritalar

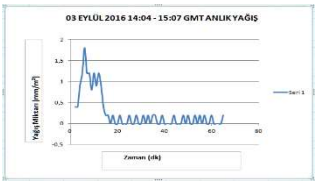


Şekil 1: 03 Eylül 00:00 GMT ile 24:00 GMT arası SHT haritaları

2.1.2 Yer kartı ve Yüksek Seviye Kartlarının Analizi

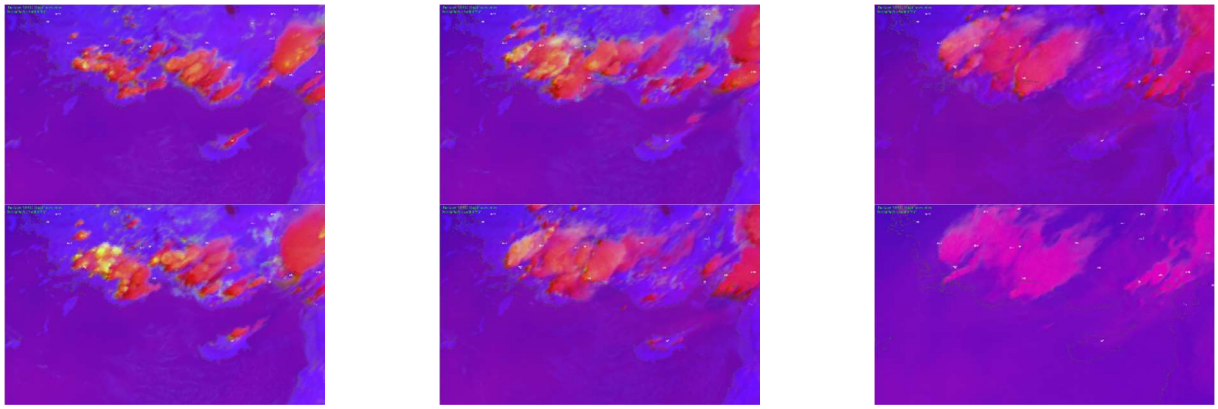
Olayın olduğu güne ait SHT haritaları Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde, 03 Eylül 2016 tarihinde, 00:00 GMT'de Antalya Körfezinde 1008'lik alçak basınç merkezi 03:00 GMT'de ise 1004 görülmekte ve 06:00 GMT' den itibaren de 1004 yerini 1008'lik alçak basınç merkezine bırakmaktadır. 850 mb eş sıcaklık eğrilerine bakıldığında Basra üzerinden gelen 20 °C'lik sıcak dil şeklinde tüm bölgemizi etkisi altına alıyor. 00.00GMT 3 saatlik 10 m rüzgârlar incelendiğinde olay yerinde kuzey yönlerden 5 knot, güney yönlerden 10 knot rüzgârlar görülmektedir. IFS yağış görüntülerine bakıldığında bölgemiz 12.00GMT-18.00GMT arası yağışlı görülmektedir. 700mb haritaları incelendiğinde yağışı destekleyen yeteri miktarda nem görülmektedir. 500mb haritaları incelendiğinde 576 dam kontur değeri içerisinde olduğumuz, – 12,5 °C lik eş sıcaklık eğrisi içinde bulunduğumuz ve Ege bölgesi üzerinden geçen yayvan bir trof hattı önünde olduğumuz görülmektedir. SHT ürünleri analizi sonucunda yer sıcaklığının maksimum seviyeye çıktığı öğle saatlerinde sağanak ve gök gürültülü sağanak yağış tüm bölgemiz için öngörülmüştür. İncelenen kartların sonucunda 500mb'daki trof hattının önünde bulunduğumuzu, yüksek seviye trofu, yükseklikle artan rüzgar hızları, üst seviyelerde nemliliğin yeterli olduğu, yer seviyesi ile 500 mb arasında 40 °C aşan sıcaklık farkının olması, potansiyel kararsızlığa sahip subtropikal hava yaz aylarına uygun konvektif faaliyetlerin oluşabileceği şiddetli hava olaylarında aranan özellikler olarak değerlendirmek mümkündür. Kuvvetli yağış oluşumunu destekleyen kararsızlık parametreleri arasında sıcaklık, nem ve rüzgârın öne çıktığı görülmektedir. Kararsızlık indekslerinin çoğunda temel değişkenler sıcaklık ve nemdir.

Fırtına gerçekleşmeden önceki tüm sayısal model ürünleri incelenmiş olup 3 Eylül 2016 tarihindeki yağış olayını öngörmüş ancak kuvvetli hava olaylarının konumunu ve şiddetini öngörememiştir.

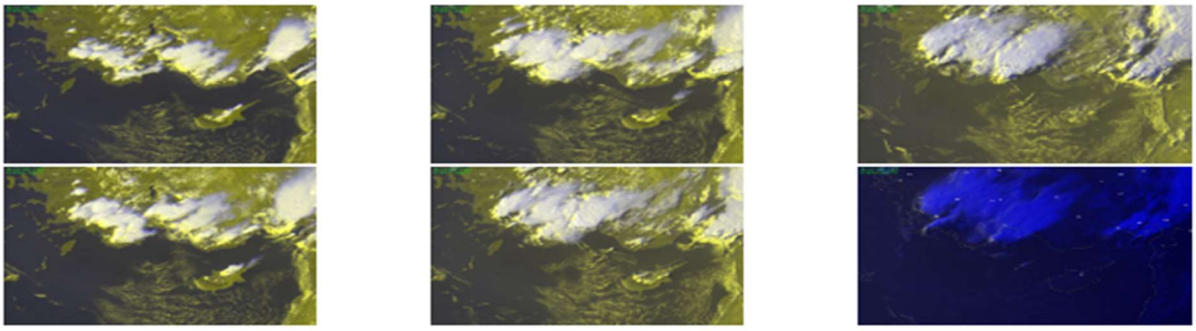


Şekil 2: Anlık yağış grafiği

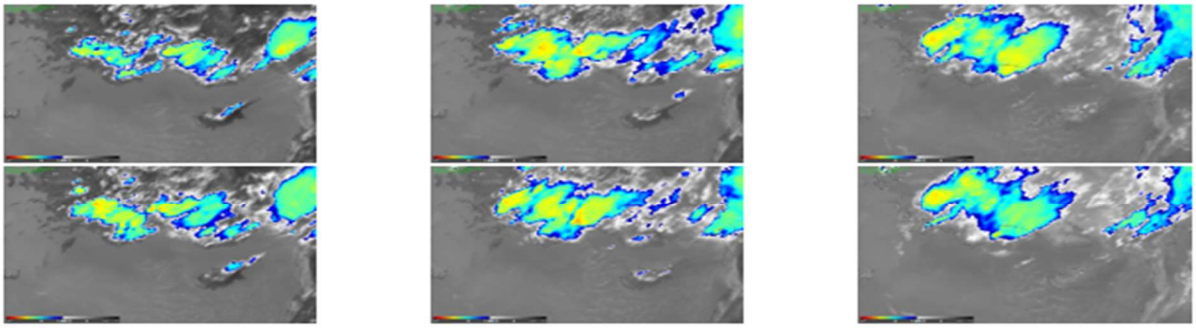
2.2.1 Uydu Görüntüleri



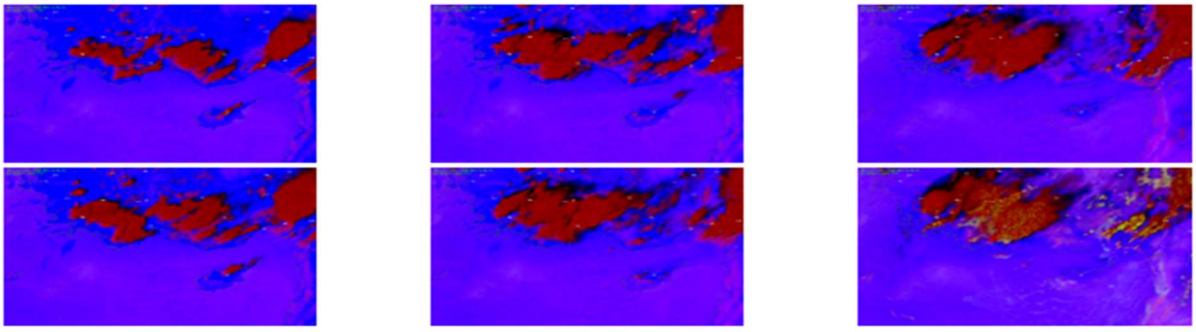
Şekil 3: 03 Eylül 11:00 UTC ile 16:00 UTC arasındaki uydu "Gündüz Konvektif Fırtına" görüntüsüdür.



Şekil 4: 03 Eylül 11:00 UTC ile 16:00 UTC arasındaki uydu "E-View" görüntüsüdür.



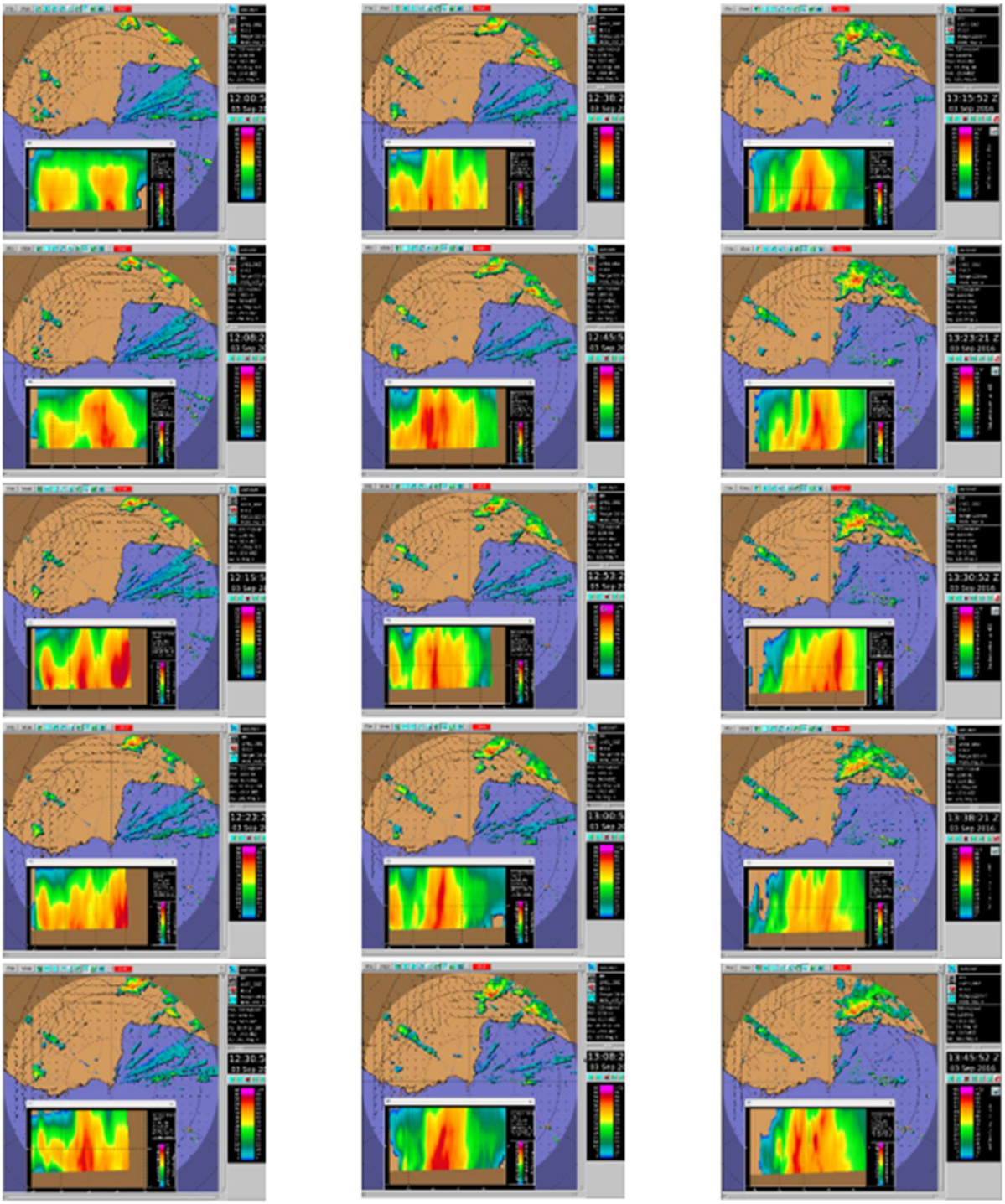
Şekil 5: 03 Eylül 11:00 UTC ile 16:00 UTC arasındaki uydu "Kanal 9" görüntüsüdür.

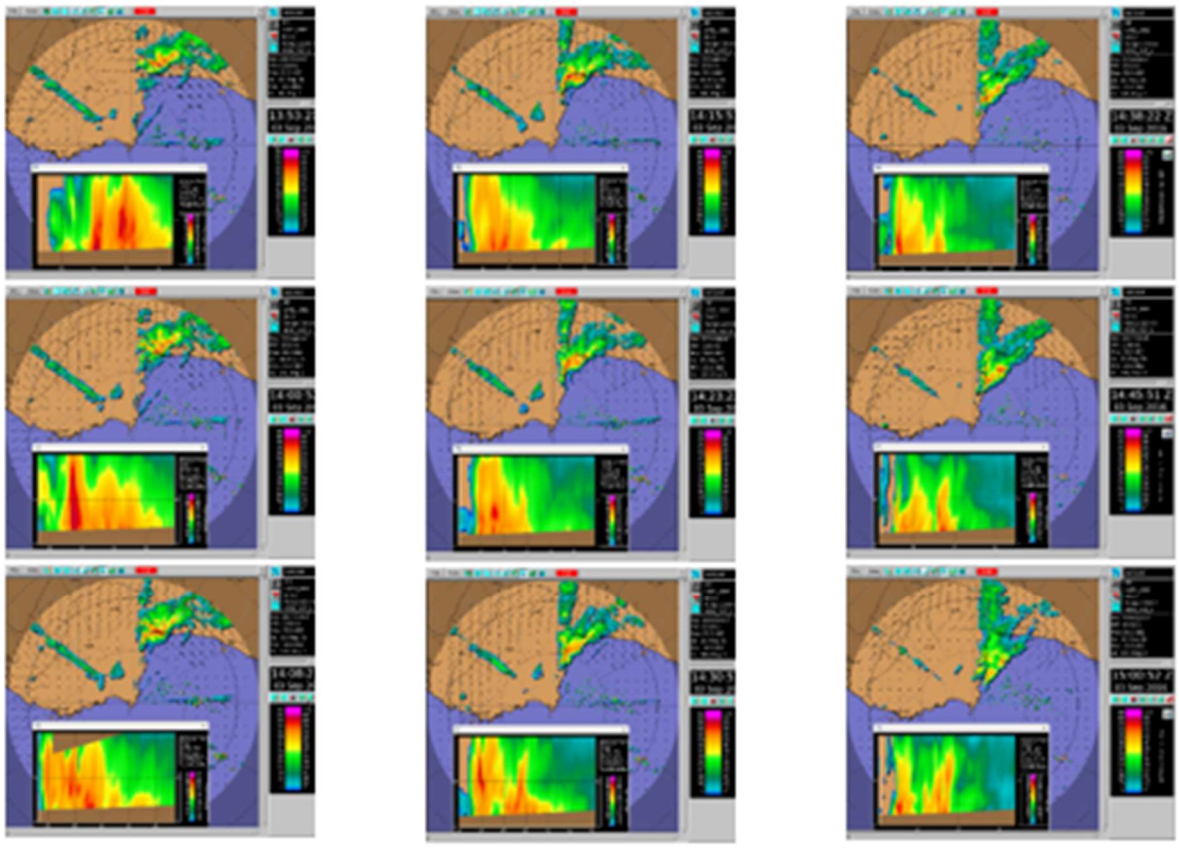


Şekil 6: 03 Eylül 11:00 UTC ile 16:00 UTC arasındaki "Gündüz Bulut Mikrofiziği" görüntüsüdür.

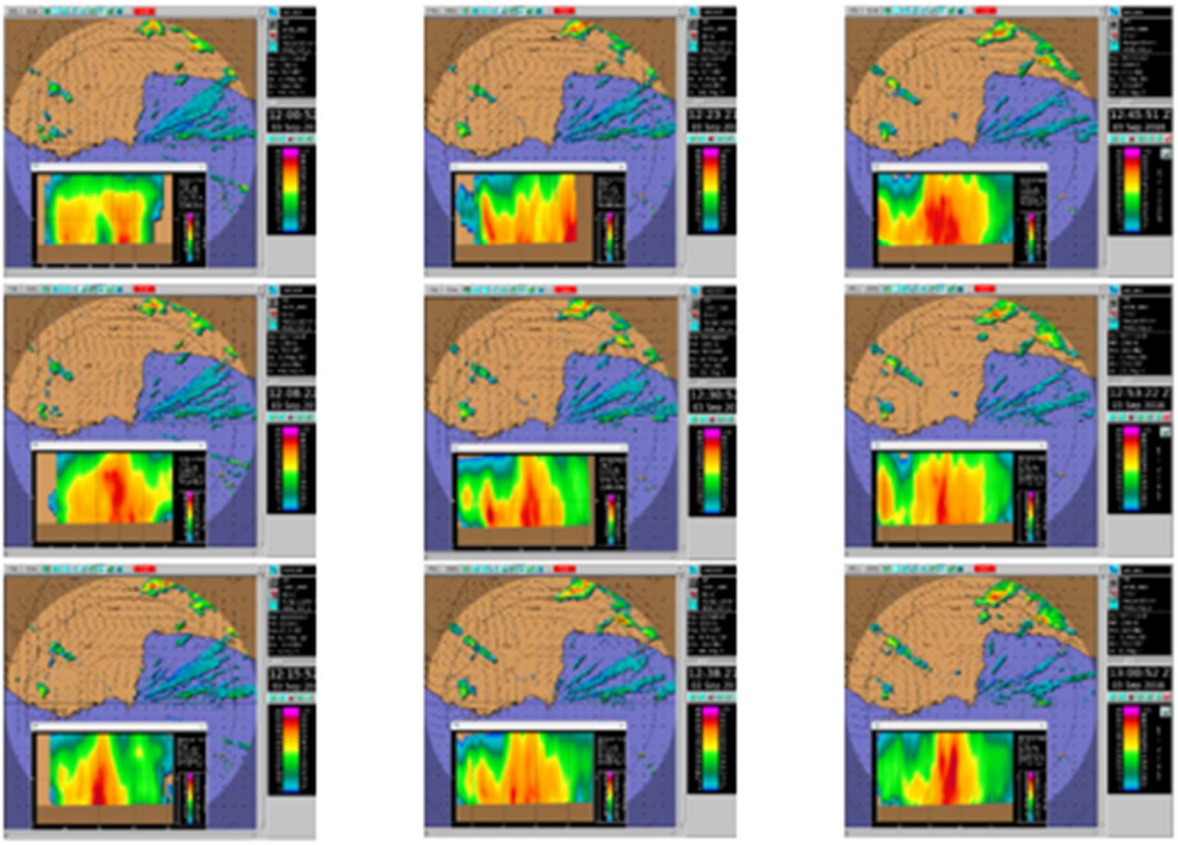
Antalya Körfezin'de MSG Gündüz Konvektif Fırtına görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir. Şekilde sarı tonundaki renkler gelişmekte olan genç Cb bulutlarını ifade ederken pembeye yakın renk tonları gelişimini tamamlamış Cb bulutlarını göstermektedir ve 11.00GMT de genç Cb oluşumu başlamış olup 14.00 GMT'de gelişimini sağlamıştır. Olayın meydana geldiği bölgeye ait MSG Gündüz Bulut Mikrofiziği görüntüleri Şekil 6'da verilmiştir. Şekilde kırmızıya yakın tondaki renkler büyük kristal yapılı kalın konvektif bulutları belirtirken sarıya çalan koyu renk tonları ise küçük kristalli güçlü yukarı akımlı Cb bulutlarını göstermektedir. 10:00 GMT de konvektif oluşumun başladığı 13:00 GMT de yukarı akımlı Cb oluşumlarının güçlendiği 16:00 GMT de tüm bölgeyi kapladığı görülmektedir. Şekil 4'de parlak beyaz kısımlar konvektif yapının yukarı akımlı Cb bulutlarını göstermektedir. Kanal 9 görüntülerinde mavi renkli alanlar daha yüksekteki daha soğuk oraj yapılarını göstermektedir (Şekil 5). Buradaki görüntüler özetle konvektif akımların beraberinde getirdiği bulut yapıları Antalya üzerinde belirgin şekilde görülebilmektedir.

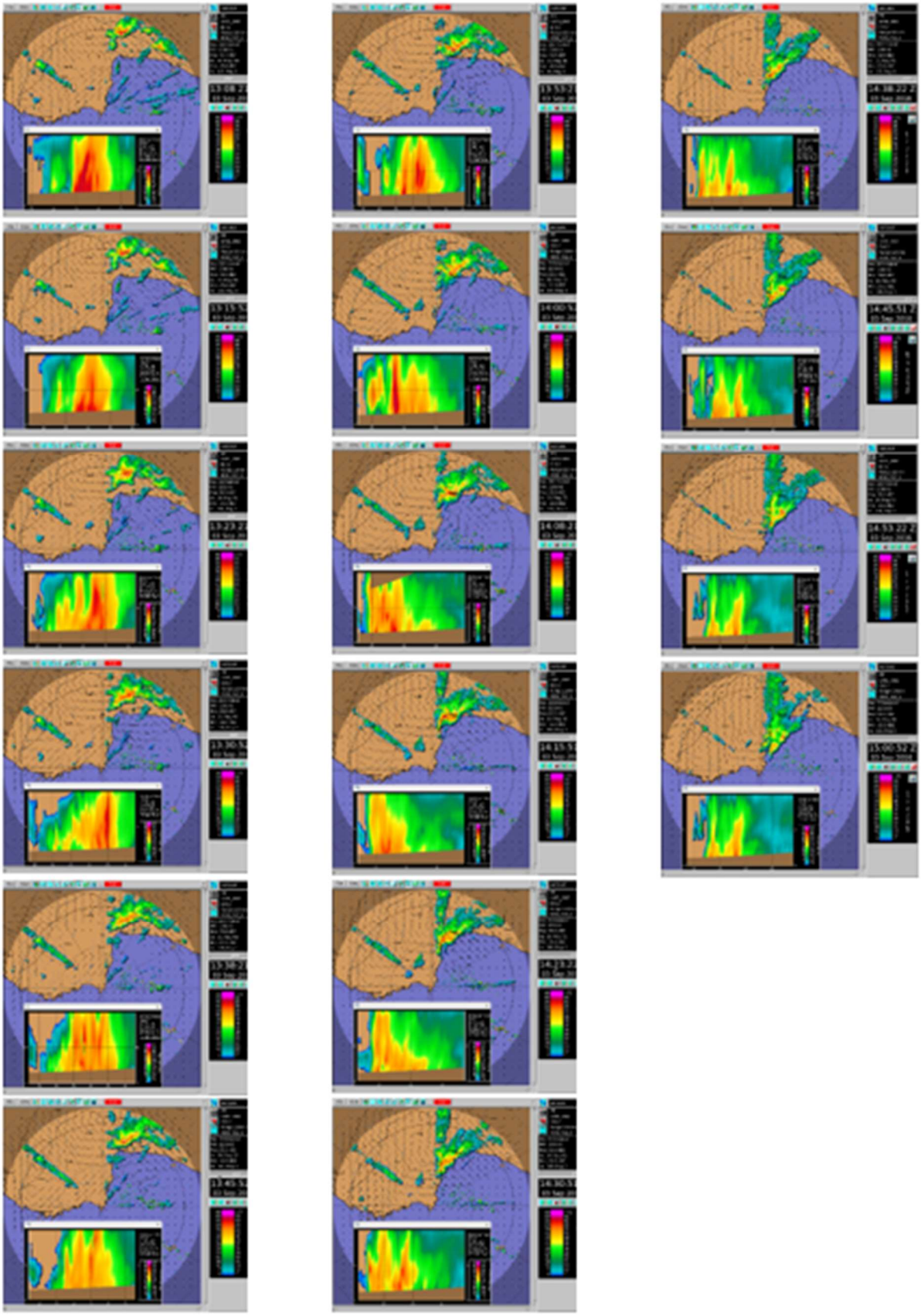
2.2.2 Radar Görüntüleri



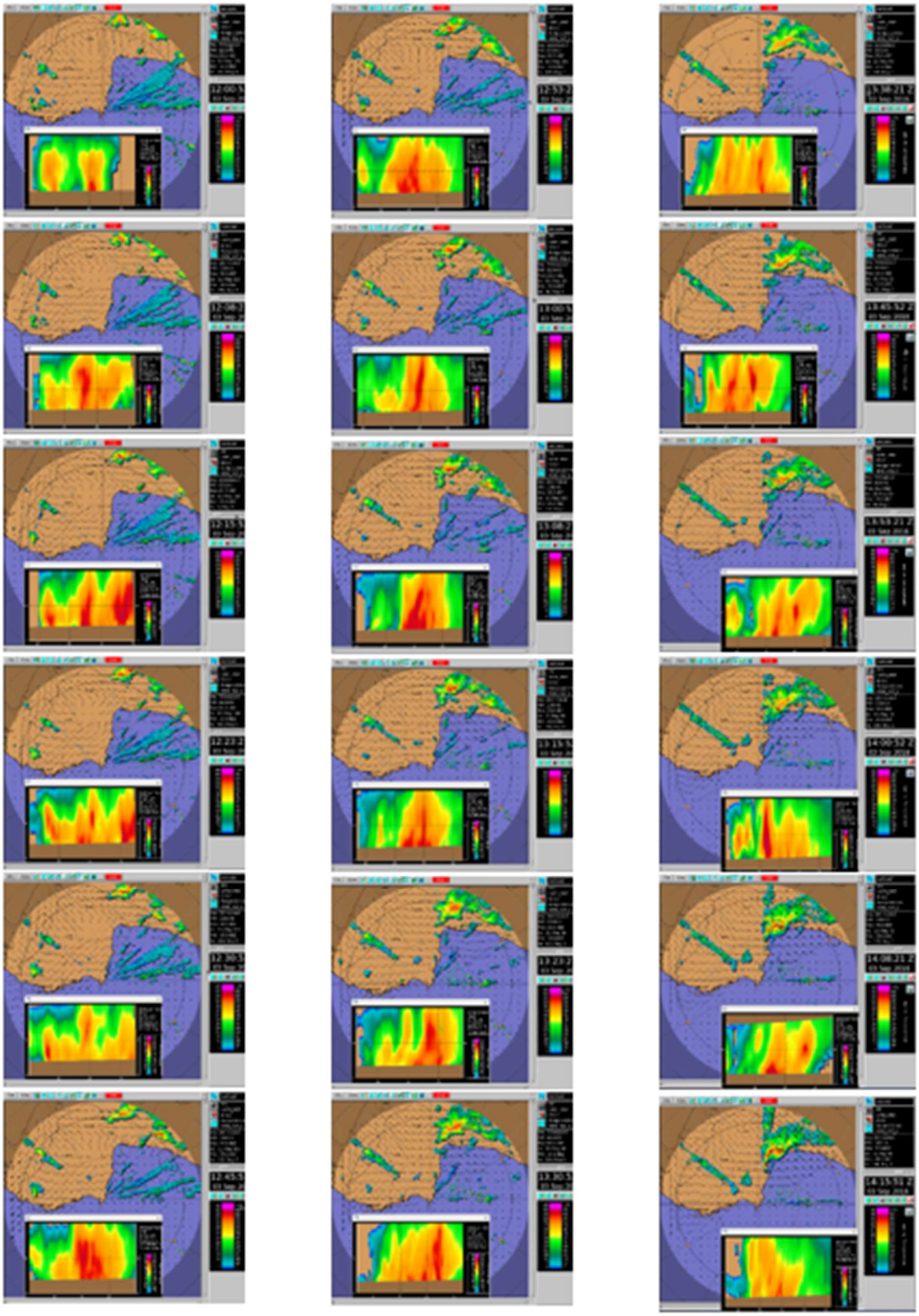


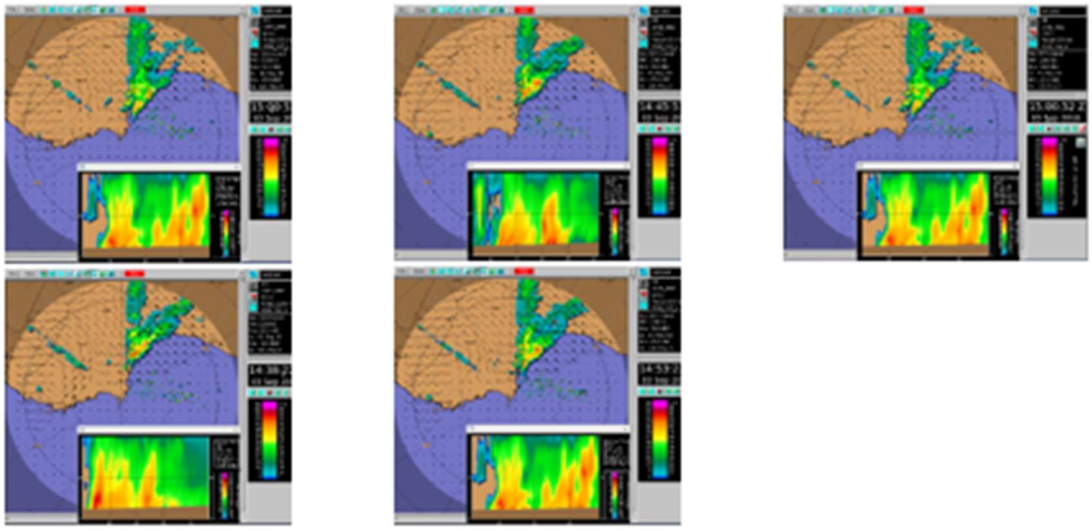
Şekil 7: 03 Eylül 12:45 UTC ile 15:00 UTC Antalya Radar PPI üzeri 2 km WIND-Cross Section Görüntüsüdür.





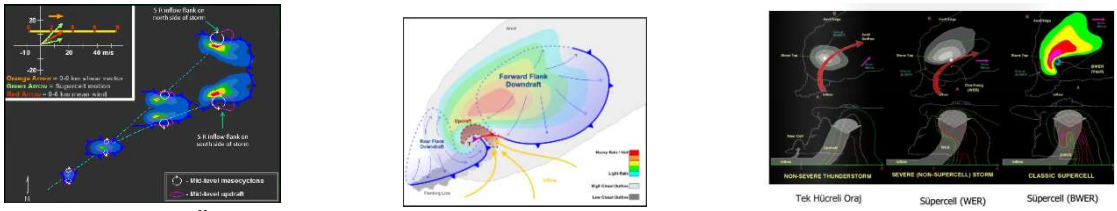
Şekil 8: 03 Eylül 12:00 UTC ile 15:00 UTC Antalya Radar PPI üzeri 3 km WIND-Cross Section Görüntüsüdür.





Şekil 9: 03 Eylül 12:00 UTC ile 15:00 UTC Antalya Radar PPI üzeri 5 km WIND-Cross Section Görüntüsüdür.

2.2.3 Radar Görüntüleri İncelemesi



Şekil 10: Supercell Özellikleri Şekil 10-a: Supercell üstten görünüm Şekil 10-b: Supercell yapıları

Orajlar: Fırtına yaratan şiddetli orajlarda çok kuvvetli dikey hareket ve bu hareket nedeniyle etkilenen bir çevre söz konusudur. Radar ekranında bu şiddetli fırtınalar tek veya birkaç hücre şeklinde görülür. Reflektivitenin yoğun olduğu alanlar ve civarında dolu ve kuvvetli yağmur sağanakları tespit edilir.

4 süper hücreli oraj sınıfı vardır:

1. Klasik süper hücreli orajlar
2. Kuvvetli yağış (HP) süper hücreli orajlar
3. Az yağışlı (LP) süper hücreli orajlar
4. Sığ (Mini veya düşük-tepeli) süper hücreli orajlar

Süper hücre yapılarından CS (Klasik Süperhücreler) ve HP (Kuvvetli Yağışlı Süperhücreler) hortum oluşumuna daha meyilli yapılardır. Bol Yağışlı Süper Hücre hava kütlesinin taşıdığı su miktarı olduğu koşullarda meydana gelir. Çok yoğun lokal yağışlara

sebep oldukları için görüş mesafesi oldukça düşer, bu yüzden bu fırtınaların hortumları çoğunlukla fark edilemediği için hortumlara bağlı ölümler en çok bu tip fırtınalarda görülür.

Süper hücreli fırtınalar çok kuvvetli yukarı yönlü hava akımlarıyla ilişkili olduğundan yukarıda pek çok yağış parçacığı havada asılı halde kalır. Bu şekilde oluşan girinti radarda gözlendiğinde bir zayıf sinyal bölgesi yani WER olarak ortaya çıkar. Bu kuvvetli yukarı yönlü hava akımlarının varlığını sürdürmesi WER yapısında değişikliğe yol açar. Orta seviyedeki bu girinti zaman zaman bir boşluk oluşturur, oluşan bu boşluk BWER olarak adlandırılan sınırlanmış zayıf sinyal bölgesidir. Hava gelişmiş Cb'lerle kaplıdır. Bunların kalınlığı coğrafik konuma göre değişmekle beraber orajın meydana gelebilmesi için, bulut kalınlığının 3 km'yi geçmesi gerekmektedir. Kalınlık güney enlemlerde ve yer ile yüksek seviye arasındaki sıcaklık farkının artmasına bağlı olarak fazla olabilir ve kalınlığın fazla olması, orajın etkisini artırır. Orajlar hava olaylarının en ilgi çekici oluşumlarındandır. Gök gürültülü sağanak yağış, gök gürültüsü-şimşek-yıldırım ve bazen de dolu yapabileceği gibi nadir de olsa hortumlar meydana getirirler. Rüzgâr hızı ve yönündeki, yatayda ve düşeyde meydana gelen değişimleri gösteren SHEAR ürünleri incelendiğinde; rüzgar kesmesinin yüksek olduğu ve zıt işaretli değerlerin birbirine yakın olduğu bölgeler PPI hız ürünlerini destekler niteliktedir. Şekil 8'de verilen, PPI taraması yardımıyla üretilen 3 km hız ürünleri incelendiğinde; Doppler radarlarda mezosiklon yapılarının özelliği hızlar toplamı 50-75 knot hıza sahip olacak şekilde siklonik dönüşü gösteren ve birbirine yakın konumdaki ters işaretli hızlar görülmektedir. Radar ürünlerinin bütününe bakıldığında hortum hadisesini destekleyecek türden gelişimlerin mevcut olduğu ve hadisenin tespit edilebilmesi açısından kolaylık sağladığı söylenebilir. Şekil 8, 9 ve 10' daki görüntüler incelendiğinden yer sıcaklığının da yükseldiği 12:00 UTC de Antalya'nın kuzeyinde radar reflektivite değerleri 56,5 dBZ sarı çizgi ile gösterilmiş olan supercell hücre oluşumu görülmektedir. Kuzey ve kuzeybatılı rüzgârlar görülmektedir. Bulunduğumuz bölgede genel olarak oluşan hücrelerin batıdan doğuya ya da güneybatıdan kuzeydoğuya doğru hareket etmesi beklenir. Ancak, 13:00 UTC de bu hücre bilinen olağan durumların aksine güney yönünde hareket ederek hem etkinlik alanını hem de reflektivite değerini artırdığı gözlenmektedir. 13:53:21 UTC de 60 dBZ ve üzeri reflektiviteyi barındıran kuvvetli oraj yapısı ve hücre en etkin durumuna ulaşarak tüm Antalya Körfezini kaplamış olduğu görülmektedir. En etkin olduğu bu saatte Antalya Bölge istasyon ölçümlerinde 1 saatte düşen yağış 15,0 kg/m^2 kaydedilmiştir. Antalya Havalimanındaki ölçüm istasyon verilerinde sıcaklığın 13:50 GMT ile 14:50 GMT arasındaki metar rasatlarından alınan sıcaklık, rüzgâr yön ve hız değerleri aşağıdaki gibidir.

13: 50 GMT sıcaklık 29 °C den 14:20 GMT de 21 C ye ani düşüş göstermiştir.

Rüzgâr verileri;

13:45 GMT de 100 dereceden 6 knot,

13:50 GMT de 340 dereceden 10 knot hamlesi 26 knot,

14:20 GMT de 330 dereceden 24 knot hamlesi 38 knot,

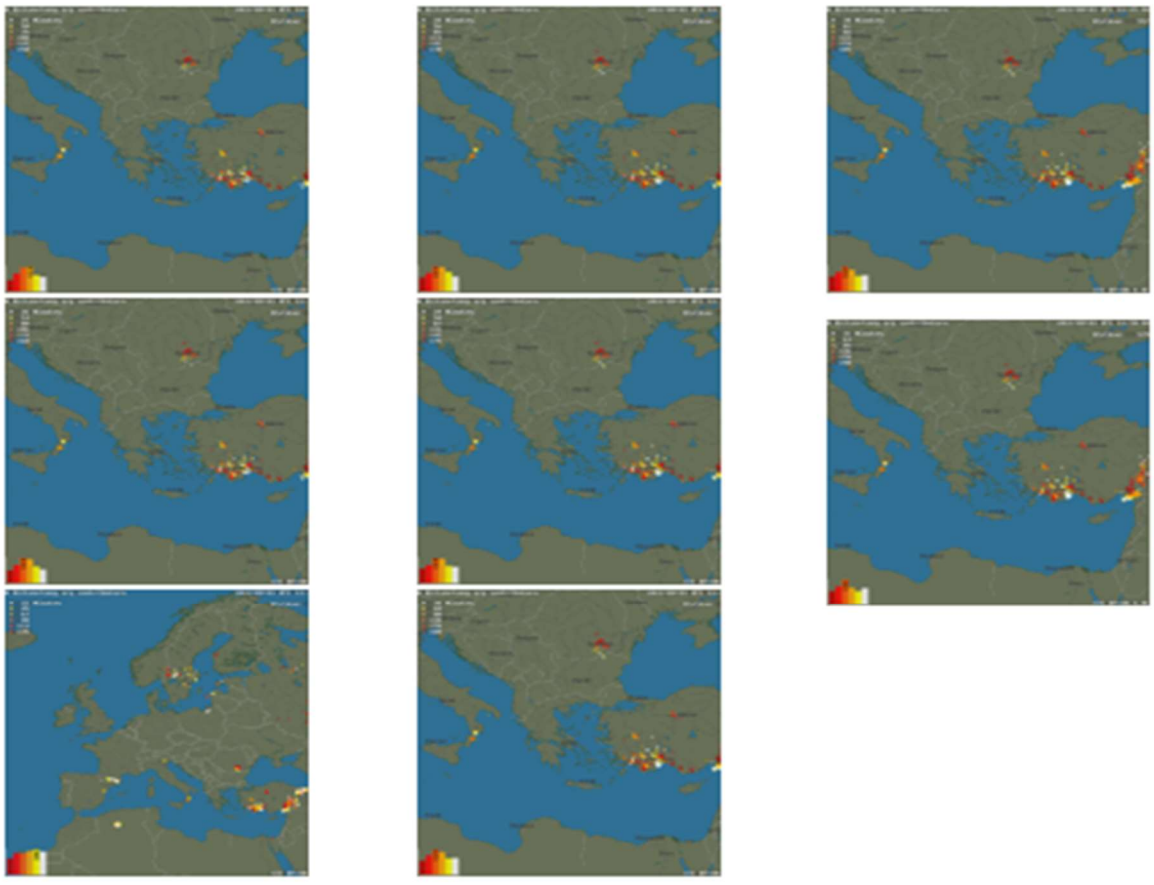
14:50 GMT de 250 dereceden 8 knot olduğu görülmektedir.

Bu bilgiler ışığında 14:00 GMT ile 15:00 GMT arasında Antalya Körfezinde downburst ya da microburst olayının meydana geldiği ve o gün Körfez de bulunan yat teknesinin batmasına neden olmuştur.

dBZ	Yağış Şiddeti
< 30	Hafif
30-40	Orta
40-45	Kuvvetli
45-50	çok kuvvetli
50-57	Şiddetli
> 57	Aşırı

Tablo 1: Radar Reflektivite Faktörü ve yağış şiddeti arasındaki ilişki.

3.1 YTTS VERİLER



Şekil 11: 03 Eylül 14:10 UTC ile 14:45 UTC arası 5 dk'lık YTTS görüntüsüdür.

Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi (YTTS), yıldırım ve şimşek hadiselerinin tespiti, takibi ve kısa vadeli hava tahmini (Nowcasting) için; gerçek zamanlı ve yüksek çözünürlüklü meteorolojik bilgi sağlayan pasif bir uzaktan algılama sistemidir. Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi (YTTS) ile yıldırım ve şimşeğin yeri, tipi, polaritesi ve sinyal büyüklüğü ile şimşek yüksekliği verileri elde edilebilmektedir. Şekil 11de 24 saatlik birleştirilmiş hücre görüntülerinden 03 Eylül 2016 tarihinde gerçekleşen kuvvetli hava hadiselerinin olduğu saatlerdeki yıldırım ve şimşeklere ait mekânsal, zamansal ve şiddet bilgileri incelenmiştir. Yıldırım Tespit ve Takip Sistemin (YTTS) de tespit edilin yıldırımın oluştuğu koordinat ve oluşma zamanı, radar ve uydu ürünlerini karşılaştırıldığında gerçekleşen kuvvetli hadiseyi desteklemektedir.

4. SONUÇ

Antalya Kaleiçi açıklarında 03 Eylül 2016 tarihinde 14:00 GMT de gerçekleşen ekstrem meteorolojik hadiseler(kısa süreli aşırı yağış ve hortum hadisesi) SHT haritaları, radar ve uydu görüntüleri ile Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi (YTTS) verilerinden incelenmiştir.

Antalya'nın kuzeyinde 12 GMT 'de oluşan tek hücreli oraj hem etkinliğini artırarak hem de olağanın aksi yönünde güney-güneybatı yönünde ilerleyerek Antalya Körfezine kadar inmiş şehir merkezi ve körfezde supercell bir oraj hücresinin meydana getirebileceği kısa süreli kuvvetli yağış, değişik yönlerden hamleli kuvvetli rüzgar, downburst v.b. meteorolojik ekstrem olaylara sebep olarak hayatı olumsuz yönde etkilemiştir.

Şehirleşme etkisi, karbon salınımı gibi bir çok faktör, küresel ölçekte başta sıcaklık değerlerinin artışı gibi bir çok hızlı ve etkili değişimlere neden olmaktadır.

Bu bağlamda zaman zaman extrem meteorolojik hadiselerin yaşandığı ülkemizde, yerleşim yeri planları, etkinlik ve faaliyeler hazırlanırken, Meteorolojik faktörler de hesaba katılarak özel planlar geliştirilmelidir.

Radar ve uydu verileri gibi nowcasting ürünlerini daha etkin kullanılarak meydana gelebilecek ekstrem meteorolojik hadiseler, mümkün olan en kısa sürede kullanıcılara ulaştırılması bu doğal olayların yıkıcılığını en aza indirmektedir.

Bu anlamda hazırlanan tahmin ve uyarıların ehemmiyeti konusunda, hizmet verilen kurum ve kuruluşlarla zaman zaman toplantılar yapılmalı ve seminerler düzenlenmelidir.

KAYNAKLAR

https://www.mgm.gov.tr/

https://www.ess.uci.edu/~yu/class/ess124/Lecture.18.thunderstorm.all.pdf

(bow eko)

http://www.eswd.eu/

http://tr.blitzortung.org/archive_data.php?map=14&stations_users=1&selected_numbers=t%C3%BCrkiye&end_date=1472860800&end_time=54000&start_date=1472860800&start_time=43200&north=90&west=-180&east=180&south=-90&rawdata_image=1&map=14&width_orig=640&width_result=640&png_gif=0&agespan=60&frames=12&delay=100&last_delay=1000&show_result=1

http://thevane.gawker.com/what-is-a-supercell-thunderstorm-1564133584

http://www.ustornadoes.com/2013/02/14/understanding-basic-tornadic-radar-signatures/

KONVEKTİF FAZLARIN EVRİMİ: 27 TEMMUZ 2017 MARMARA VAKASI

Abdullah Kahraman

Ondokuz Mayıs Üniversitesi,

Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi,

Meteoroloji Mühendisliği Bölümü,

Samsun

ÖZET

Atmosferde derin konveksiyon, büyük ve orta ölçekteki çevre koşullarıyla ilişkili olarak çeşitli şekillerde organize olabilmektedir. Adi gökgürültülü fırtınalardan squall hatlarına, orta ölçekli konvektif komplekslerden süper hücreli fırtınalara farklı konvektif fazlar, belirgin olarak farklı zarar verici meteorolojik hadiselerle ilişkilendirilirler. Bunların organizasyonunun (ve daha ötesi, konveksiyonun tetiklenip tetiklenmeyeceğinin) orta ve kısa vadede tahmini halen önemli ölçüde belirsizlik içermektedir. Bu nedenle ancak fırtına oluştuğunda ve uzaktan algılama araçları ile takibi mümkün olduğunda (çok kısa vadede) daha güvenilir mertebede analiz ve tahmini (ve pek çok zaman uyarısı) yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, 27 Temmuz 2017'de Istanbul başta olmak üzere Marmara'nın belli kesimlerinde çok iri taneli dolu, şiddetli rüzgar, yıldırım ve sel gibi zararlara yol açan konvektif fırtınaların organizasyonu, uzaktan algılama ürünleriyle analiz edilmiştir. Radar ve uydu ürünlerinde farklı konvektif fazlar ve kompleks dönüşümler gözlenmiş, bunlar orta ölçekli modelle sınırlı biçimde simüle edilebilmiştir. Olgun termodinamik ve kinematik çevre koşullarında gelişen lineer organize olmuş orta ölçekli konvektif fırtınalarda bazı hücreler, mezosiklonik karakter göstererek süper hücreye evrilmiştir. Istanbul'da 8+ cm büyüklüğünde dolu ve 40 m/sec'e varan rüzgar hamlesi kaydedilmiş, 3 yaralı, 311 ağaç, 2 minare, 4 vinç devrilmesi, 162 çatı uçması, binlerce araç ve bina hasar görmüştür.

TÜRKİYE'DEKİ KARLA KAPLI ALAN İHTİMALLERİNDEKİ DEĞİŞİMLER

Ahmet Emre Tekeli
Çankırı Karatekin Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Çankırı, Türkiye
ahmetemretekeli@karatekin.edu.tr

Erdem Erdi
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara, Türkiye
eerdi@mgm.gov.tr

Senayi Dönmez
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara, Türkiye
sdonmez@karatekin.edu.tr

ÖZET

Dağlık bölgelerde ilkbahar ve yaz mevsimlerinde kar erimesinden kaynaklanan akımlar, düşük kotlardaki evsel ve tarımsal su kullanımları için ihtiyaç duyulan suyu sağlamakta, yeraltı sularını beslemekte ve yüzey sularının menbaları olmaları noktalarından su döngüsünde önem arz etmektedir. Su döngüleri, yöresel hidrolojik ve iklimsel özelliklerden etkilenmekte ve değişmektedirler. Ülkemizinde içinde bulunduğu Akdeniz Bölgesi, iklim değişikliklerinden en çok etkilenecek yerler olarak tanımlanmaktadır. Bununla beraber atmosferik ısınmanın yükseklik ile de arttığı düşünüldüğünde, iklim değişikliğinin ülkemizde karla beslenen havzalardaki etkisinin daha fazla olacağı beklenmektedir.

Bu çalışmada, ülkemizin karla kaplı alanlarındaki değişmeler 2004 yılından günümüze kadar günlük olarak elde edilen uydu verilerinin analizleri ile incelenmiştir.14 yılı içeren çalışmada hergün için uydu verilerinden elde edilen karla kaplı alanlar ülke sınırlarımız dahilindeki yerleri kapsayacak şekilde kesilmiş ve günlük olarak karla kaplı olma ihtimalleri (KAKİ) hesaplanmıştır. Havzadaki kar yüklerinin en yüksek seviyede olduğu düşünülen 1 Mart tarihinden itibaren 15 er günlük periyotlarda arazinin karla kaplı olma ihtimallerindeki değişiklikler 30 Haziran tarihine kadar incelenmiştir.

KAKİ'lerin sabit kaldığı, azaldığı ve arttığı yerlerin yükseklik analizleri yapıldığında, KAKİ'lerin aynı kaldığı, azaldığı ve arttığı yerlerin sırası ile, 780-1080 m, 1078-2451 m ve 1511-2680m yükseklik bant aralıklarında olduğu bulunmuştur. KAKİ'lerin sabit kaldığı, azaldığı ve arttığı

yerlerin ortalama yüksekliklerinin Mart ayından Haziran sonuna doğru gelirken arttığı tespit edilmiştir. KAKİ'lerin azalan ve artan grupları içerisindeki yükseklik farklılıklarının kar erime mevsimi boyunca azalırken, KAKİ'lerin sabit kaldığı yerler içerisindeki yükseklik farklılıklarının arttığı görülmüştür. Yapılan ilk analizlerde, ülkemizdeki karla kaplı alanlardaki değişimin iklim değişikliklerinden en çok etkilenmesi beklenilen, 2000-2800m yükseklik kuşağının içerisinde olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Karla Kaplı Alan, İklim değişikliği

AKDENİZ BÖLGESİ'NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN UYDU VERİLERİYLE İNCELENMESİ

Fatma Gül Yurtsever
İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Meteoroloji Müh. Bölümü
İstanbul
fgyurtsever@gmail.com

Ahmet Öztopal
İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Meteoroloji Müh. Bölümü
İstanbul
oztopal@itu.edu.tr

ÖZET

Yapılan bu çalışmanın amacı, uydu verileri yardımıyla güneş enerjisi potansiyeli araştırmalarında ve bunun sonucunda güneş yatırımlarının oluşturulmasında doğru analizler sağlanması ve yatırımlardan maksimum verim elde edilerek enerji üretiminde faydalar sağlanmasıdır. Bu amaçla, Akdeniz Bölgesi'ndeki potansiyele bakılarak gelecekte yapılacak olan yatırımlara doğru alanların seçilmesi yönünde kılavuzluk etmek hedeflenmiştir.

MARMARA BÖLGESİ YILDIRIM VE ŞİMŞEK DAĞILIMININ BELİRLENMESİ

Fatma Sümeyye Keş
İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Meteoroloji Müh. Bölümü
İstanbul
f.sumeyye@hotmail.com

Ahmet Öztopal
İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Meteoroloji Müh. Bölümü
İstanbul
oztopal@itu.edu.tr

ÖZET

İklim değişikliği ile birlikte meteorolojik kaynaklı doğal afetlerde artışlar görülmektedir. Bu doğal afetlerden birisi olan, dünya genelinde belirli bir anda yaklaşık olarak 2000 civarında meydana gelen; yıldırım, şimşek ve gökgürültüsü ile ortaya çıkan sağanak yağışlı hava olayları yani boranların sayısında da artış görülmektedir. Çoğunlukla boranlar meydana gelen ve çakma sayılarında artış görülen yıldırım ve şimşekler, elektriksel hareketliliğin ifadesidir. Türkiye'nin de içinde yer aldığı orta enlemlerde insan ve doğa yaşamı üzerinde oldukça tehlikeli ve büyük hasarlara yol açan yıldırım ve şimşekler, kuvvetli konvektif hareketler sonucunda etkisini göstermektedir. Kuvvetli konvektif faaliyetler sonucu oluşan yıldırım ve şimşekleri insan gözlemleri ile takip etmek en eski gözlem şekli olup bu gözlem türü gözlemci ile sistem arasındaki mesafenin artması ve insanoğlunun işitme kapasitesine bağlı olarak oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu yetersiz raporlamalarda, yıldırım ve şimşek hadiseleri yerden gözlemci tarafından yapılan gözlemde birbirinden ayırt edilemeden yer almaktadır. Uzaktan algılama teknolojisi ile birlikte, yer gözlemlerinden elde edilen ölçümlere kıyasla daha güvenilir ve kesin sonuçlar elde edilebilmektedir. 1980'li yıllardan itibaren, uzaktan algılama sistemi ile çalışan cihazlar sayesinde küresel olarak, hangi alanda ne kadarlık bir yıldırım ve şimşek faaliyeti olduğu analizleri yapılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, Türkiye'nin 7 coğrafi bölge içerisinde en gelişmiş bölgesi olan Marmara Bölgesi'nin yıldırım ve şimşek dağılımı mevsimsel olarak incelenmiştir. Veri olarak İngiltere Meteroloji Ofisi (UK MetOffice) tarafından, 2007 yılından itibaren operasyonel olarak düşük frekanslı sinyaller ile yıldırım ve şimşek takibi yapılan Arrival Time Differencing NETwork isimli ATDnet sisteminin verileri kullanılmıştır. Veriler 2008-2014 yılları arasındaki 7 yıllık zaman aralığındaki yıldırım ve şimşek çakma sayılarını içermekte olup, çalışma alanı 38,75-42,25 enlemleri ve 24,75-32,25 boylamları arasında kalan alanı içermektedir

Kış mevsimine ait yıldırım ve şimşek yoğunluğu maksimum olarak 1.0 lightning/(km2yıl) üzerinde olduğu ve karalardan daha çok denizler üzerinde yer aldığı görülmüştür. İlkbahar mevsiminde ise Marmara Bölgesi üzerindeki dağılımın, Trakyanın kuzey batısında, Çanakkale civarında 1,1 lightning/(km2yıl)'ın üzerinde değerler görülmektedir. Yaz mevsiminde ise kuvvetli ısınmadan kaynaklanan Trakya Bölgesinde, Çanakkale üzerinde, Marmara Bölgesi'nin Karadeniz Bölgesi'ne yakın olan kısımlarında ve Bursa üzerinde 2,0 lightning/(km2yıl)'den fazla değerler gözlenmektedir. Sonbahar mevsiminde ise yıldırım ve şimşek yoğunluğunun Karadeniz'in üzerinde maksimum olarak 1,4 lightning/(km2yıl), daha sonrada Marmara Denizi ve Ege Denizi üzerinde ortalama olarak 1,1 lightning/(km2yıl) değerleri tespit edilmiştir.

ÜLKEMİZDEKİ ULUSLARARASI HAVAALANLARININ YILDIRIM – ŞİMŞEK POTANSİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Aslıhan Aksoy
İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Meteoroloji Müh. Bölümü
İstanbul
aslihanaksoy.itu@gmail.com

Ahmet Öztopal
İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Meteoroloji Müh. Bölümü
İstanbul
oztopal@itu.edu.tr

ÖZET

En sık rastlanan ekstrem hava olaylarından bir tanesi yıldırım-şimşeklerdir. Birçok açıdan incelenmesi gereken bu doğa olayı, birçok sektörü yakından ilgilendirmektedir. Sanılanın aksine havayolu en güvenilir ulaşım türü olarak ifade edilmektedir. Ancak yine de sert hava koşulları gibi bazı olumsuzluklar, diğer ulaşım türlerinde de olduğu gibi havacılıkta da büyük tehlike arz etmektedir. Yıldırım ve şimşekler bu sert hava koşulları içinde yer alır. Her ne kadar uçaklar şimşeklerin yüzeyden akıp gitmesini sağlayacak dizayna sahip olsalar da tarihte dolaylı olarak şimşeklerin etkilediği kazalar olmuştur. Şimşek ve yıldırımlar, uçakların uçuş seviyelerinde de, yerde de gerçekleşebildiği için havacılığı büyük ölçüde etkilemekte, mali ve hayati açıdan tehlike arz etmektedir.

Bu çalışmada, UKMetOffice'ten satın alınarak temin edilen 2008-2014 yılları arasındaki yıldırım-güçlü şimşek verileri Türkiye'deki 14 havalimanı için kullanılarak, güçlü şimşek ve yıldırımların havaalanlarında en yoğun gerçekleştiği saatler belirlenmiş, havaalanları arasındaki elektriksel aktivite farklılıkları tespit edilmiştir.

HSAF YAĞIŞ ÜRÜNLERİNİN ÜLKEMİZ ÜZERİNDEKİ VALİDASYON ÇALIŞMALARI

Ahmet Öztopal
İTÜ, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
Meteoroloji Müh. Bölümü
İstanbul
oztopal@itu.edu.tr

ÖZET

İTÜ Meteoroloji Mühendisliği, EUMETSAT - HSAF Projesi kapsamında İtalya tarafından geliştirilen yağış ürünlerinin ülkemiz üzerindeki validasyon çalışmaları ile bu ürünler yardımıyla yapılan hidrolojik uygulamalarından sorumludur. Bu çalışmada, bu projenin validasyon çalışmalarından bahsedilerek ülkemiz üzerindeki sonuçları sunulacaktır.

BİNGÖL ÇAPAKÇUR YAĞIŞ HAVZASINDA MEYDANA GELEN TAŞKININ CBS VE BSMEFFG KULLANIMI İLE TAHMİN VE ANALİZİ

Prof. Dr. Alaaddin YÜKSEL

Bingöl Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Bölümü
Bingöl
ayuksel@bingol.edu.tr

Ali Osman GÜLSEREN

13. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü
Tulga Meydan Meteoroloji Ofisi
Malatya
agulseren@mgm.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada, 13 Nisan 2017 tarihinde Bingöl, Çapakçur deresi yağış havzasında meydana gelen sel ve taşkın olayının CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), Uzaktan Algılama (UA) ve BSMEFFG -Black Sea Middle East Flash Flood Guidance System (Karadeniz ve Ortadoğu Ülkeleri Ani Taşkın Erken Uyarı Modeli) verileri kullanılarak incelenmiştir.

CBS ve UA Kullanımı ile sel ve taşkının meydana geldiği yağış havzasının topoğrafik ve fizyoğrafik analizleri yapılarak sel ve taşkın üzerinde etkili olan etmenler incelenmiştir. Ayrıca yağış havzasında mevcut olan yağış ölçerden ve Bingöl meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile yağış öncesi ve taşkın dönemini kapsayan model verileri kullanılarak yağış miktarı analizi gibi çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler ; Bingöl, Çapakçur Yağış Havzası, Coğrafi Bilgi Sistemi, Uzaktan Algılama, Black Sea Middle East Flash Flood Guidance System,

TÜRKİYE METEOROLOJİK HAVA RADARI AĞINDA, TOPLAM YAĞIŞ MİKTARININ REFLEKTİVİTE CİNSİNDEN ELDESİNDEKİ KORELASYON KATSAYILARININ YÜKSEK KORELASYON FAKTÖRLERİ İLE SAĞLANMASI

Nurullah KARA
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Tahminler Dairesi Başkanlığı
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
nkara@mgm.gov.tr

Aytaç HAZER
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Gözlem Sistemleri Dairesi Başkanlığı
İşletme ve Bakım Şube Müdürlüğü
Ankara
ahazer@mgm.gov.tr

ÖZET

Bilindiği gibi meteorolojik hava radarları yardımı ile kısa vadeli olarak yağış tahmini yapılabilmektedir. Son yıllarda, yağış var veya yok olduğunun tahmininden ziyade miktarının tahmini daha fazla ehemmiyet kazanmaktadır. Bunun üzerine bu çalışmanın faydalı olacağı düşünülmüştür.

Bu çalışmada, ilk önce 16 adet disdrometrenin verileri incelenmiş, hem PHP programlama dilinde yazılan bir program hem de Excel programı yardımı ile hatalı veriler ayıklanmıştır. Sonuç olarak, 12 adet disdrometrenin 4 yıllık yağış miktarı ve reflektivite verisi analiz edilerek A ve B katsayıları elde edilmiştir.

Bu değerler sisteme girilmiş, radardan ve disdrometreden elde edilen yağış miktarları karşılaştırılmıştır. Daha doğru değerlerin elde edilebilmesi için çok fazla sapmış değerlerin

elimine edilmesini müteakip elde edilen değerlerin sisteme tekrar girilmesi sağlanmış ve daha doğru katsayılar edilmiştir.

Sonuç olarak, farklı topoğrafya ve rejimlerine göre farklı A ve B katsayıları elde edilmiştir.

ORMAN YANGINLARININ MSG 4 NOLU KANAL VE GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRMELERİ İLE İNCELEMELERİ

Barış ÖZGÜN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Tahminler Dairesi Başkanlığı
Ankara
bozgun@mgm.gov.tr

Abdullah Metin ÇAKIROĞLU
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
1 Bölge Müdürlüğü
İstanbul
abcakiroglu@mgm.gov.tr

ÖZET

Orman yangınlarının oluşum ve gelişimine etki eden en önemli faktörlerden biri hava şartlarıdır. Düşük nem ve yüksek sıcaklık gibi koşullar orman yangınını tetikleyen mekanizmalar içerisinde bulunmaktadır. Bu şartların oluştuğu durumlarda orman yangını riski katlanarak artmaktadır. Dolayısı ile önceden tahmin edilen bu şartlar gerçekleştikçe durumu takip etmek daha da önem kazanmaktadır. Hava durumunun kaynağı güneşten gelen radyasyon etkisidir. Meteorolojik uydular Görünür ve Kızılötesi olarak temelde iki ölçme kriterine göre ayrılır. Görünür kanallar Albedo değerlerine göre, Kızılötesi kanallar ise Parlama Sıcaklık değerine göre ölçüm yaparlar. Ancak tekli kanallarda 4. kanal olarak bulunan 3.9µm kanalı hem gündüz hem de gece yayılan termal radyasyona, aynı zamanda gündüz yansıyan solar radyasyona duyarlıdır. Temel olarak tekli kanallar Orman Yangınlarını en iyi gözlemleyebildiğimiz kanal olarak kabul edilir. Fakat gece ve gündüz radyasyonu ile aynı zamanda solar radyasyonu da ölçmesi sebebiyle daha iyi görüntüleme yapılabilmesi için bu kanal da görüntü iyileştirmesi yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda yangın nedeniyle yayılan CO_2 konsantrasyonu da görüntüde bozulmalara neden olabilir. Bu nedenle CO_2 düzeltmesinin de 11. kanal olan CO_2 konsantrasyonunu ölçtüğümüz kanal bilgileri ile yapılması daha iyi görüntü almamıza olanak sağlar. Çalışmamızda son dönemlerde ülkemizde yaşanmış ve uydu üzerinden görüntüleme olanağı bulduğumuz Orman

Yangınlarının 4. kanal görüntüleri ve düzeltmeleri yapıldıktan sonraki görüntülerini incelemeyi amaçlamıştır. Görüntü düzeltmeleri yapılarak daha iyi sonuç alabileceğimiz görüntüler ile Orman Yangınlarının ilerleme yönleri ve ortam sıcaklıklarının daha doğru takip edilebileceği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler; Solar radyasyon, Görüntü Düzeltmesi, Orman Yangınları

EUMETSAT SEVIRI ÜRÜNLERI YARDIMI İLE SİS GÖZLEM VE TAHMİNİ

Barış Uzun
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Bölgesel Tahmin ve Erken Uyarı Merkezi
İzmir
buzun@mgm.gov.tr

Oğuzhan Kolay
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Milas-Bodrum Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
Muğla
okolay@mgm.gov.tr

ÖZET

Ulaşım güvenliği ve ekonomisi üzerindeki etkileri bakımından sis, en önemli meteorolojik olayların başında gelmektedir. Her yıl sis sebebiyle sayısız kazalar gerçekleşmekte, birçok can ve mal kaybı yaşanmakta ve yaşanan gecikmeler sonucu oluşan maddi kayıplar ulaşım ekonomisini kötü yönde etkilemektedir. Genel olarak sis olaylarının gözlemlenmesi, etki sürelerinin ve şiddetinin tahmini oldukça zorlu bir süreçtir. Bu süreçte en yüksek öneme sahip vasıtalardan biri meteorolojik uydulardır. Bu çalışmada sayısal uydu verilerinden ve yer gözlemlerinden yararlanarak sisin gelişim ve dağılma aşamaları hakkında bir veya daha fazla yaklaşım geliştirilmeye çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler — Sis, Alçak Seviye Stratus, SEVIRI, EUMETSAT

30-31 OCAK 2017 TARİHLERİNDE YAŞANAN KARADENĞİZ ETKİSİ KAR YAĞIŞLARININ OLAY İNCELEMESİ

Oğuzhan Kolay
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Milas-Bodrum Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
Muğla
okolay@mgm.gov.tr

Batuhan Ateş Yılmaz
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Trabzon Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
Trabzon
batuhanatesyilmaz@gmail.com

Muhammet Şimşek
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Trabzon Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
Trabzon
msimsek@mgm.gov.tr

ÖZET

Doğu Karadeniz sahil şeridinde, soğuk ve yağışlı bir havanın ardından gelen açık ve kuzeyli rüzgarlı havalar için "kar topluyor" denir. Bu deyim, bölge insanının deniz etkisi ile kar yağışını tanımlama şeklidir. Deniz etkisi kar yağışları Karadeniz sahil şeridinde Kasım ile Şubat ayları arasında görülebilmektedir. Bu yağış biçimi, soğuk cephe geçişini takip eden kuzeyli soğuk havanın, nispeten ılık deniz yüzeyi üzerinden geçişi sonucu oluşur. Kar yağışı miktarını etkileyen temel parametreler, deniz yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı, rüzgar hızı ve yönüdür.

30-31 Ocak 2017 tarihinde yaşanan kar yağışı sonucunda Trabzon Meydan istasyonunda ölçülen 66cm lik kar yüksekliği 50 yıllık ölçüm rekorunu kırmıştır. Bu çalışmanın amacı, mevcut olayda OMGİ'lerden ve yüksek seviye gözlemlerinden alınan verileri analiz etmektir. Ayrıca uydu ve radar verileri incelenerek kar bantlarına ait tanımlama yapılmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler — Deniz Etkisi Kar, Karadeniz, Radar, Uydu.

METEOROLOJI RADARLARINDA FREKANS KARIŞMASI VE GİDERME YÖNTEMLERİ

İsmail Temir
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
İşletme ve Bakım Şube Müdürlüğü
Ankara
itemir@mgm.gov.tr

Birol Kaplan
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
İşletme ve Bakım Şube Müdürlüğü
Ankara
bkaplan@mgm.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü gözlem ağında bulunan radar frekanslarının birbirleriyle ve diğer radar frekanslarıyla etkileşimi ile oluşan radar frekans karışmalarının (enterferance) yorumlanması, etkilerinin azaltılması ve bu karışmaların yok edilmesi için yapılması gerekenler değerlendirilmiştir. Meteoroloji radar ağında birbirine frekans etkileşimi yapan radarlar tespit edilmiş, radar etkileşiminin azaltılması veya yok edilmesi için; yazılımsal olarak filtrelemeler uygulamak veya fiziksel olarak frekansı değiştirme gibi yöntemler kullanılmıştır. Yazılımsal filtrelemeler uygulanarak bu etkileşimleri azaltma yoluna gidildiğinde yağış ekolarında kayıplar meydana gelmiştir. Fiziksel olarak etkileşimleri yok etme yoluna gidildiğinde radar ağında birbirine frekans etkileşimi yapan kaynaklar tespit edilerek, söz konusu radar frekanslarının değiştirilmesi için bir plan hazırlanmıştır. Bu plan hazırlanırken radar için uygun çalışma frekansına, BTK tarafından tahsis edilen frekans aralığına ve çevresel telekomünikasyon frekanslarına dikkat edilmiştir. Sonuç olarak elimizde Meteoroloji radar ağı frekans haritası oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler — radar; enterferance; karışma; eko; etkileşim.

UYDU GÖRÜNTÜLERİNDE UZAYSAL ÇÖZÜNÜRLÜK ETKİSİ

Celil KAPLAN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Tahminler Dairesi Başkanlığı
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
celilkaplan@mgm.gov.tr

Volkan Hüseyin FIRAT
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Tahminler Dairesi Başkanlığı
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
vhfirat@mgm.gov.tr

ÖZET

Uydu Görüntüleri kullanılarak yapılan meteorolojik gözlemlerde uzaysal çözünürlük her daim önem teşkil etmiştir. Halen kullandığımız EUMETSAT (Avrupa Meteorolojik Uyduları İşletme Teşkilatı) MSG (Meteosat İkinci Nesil) uyduları bazı gözlemlerimizde uzaysal çözünürlüğünden dolayı kullanılamamaktadır. EUMETSAT'ın gelecek nesil uydu programı olan MTG (Meteosat Üçüncü Nesil) misyonu, MSG uydularının devamı olup daha iyi uzaysal ve zamansal çözünürlüğe sahip olacaklardır. Bu çalışmada günümüzde kullandığımız MSG 0 derece uydusu ile 42 derece IODC (Hint Okyanusu Veri Kaplama Servisi) verileri Türkiye ve çevresi için farklı olaylar üzerinden karşılaştırılmıştır. Ayrıca; daha yüksek uzaysal çözünürlüklü olan kutupsal yörüngeli Sentinel uyduları görüntülerinden türetilen MTG benzeri bir veri seti oluşturulmuş ve bu set ile MSG verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışma bize uzaysal çözünürlüğün uydu görüntüsü yorumlama açısından ne kadar önemli olduğuna bir kanıt teşkil eder. Ayrıca bu çalışma MTG uydularının MSG uyduları ile karşılaştırıldığında uzaysal çözünürlük konusunda ne kadar gelişmiş olacakları konusunda da bilgiler verir.

NİCEL YAĞIŞ TAHMİNLERİNE KISMI IŞIN ENGELLEMESİ ETKİSİNİN HATAY VE GAZİANTEP RADARLARI KULLANILARAK ANALİZİ

Cüneyt Geçer
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
cgecer@mgm.gov.tr

Serkan Tepe
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü
Ankara
stepe@mgm.gov.tr

ÖZET

Radar, şiddetli havanın tespiti ve takibinde kullanılan çok etkili bir gözlem sistemidir. Kısa süreli tahminlerde çok önemli veri sağlar ve erken uyarılarda oldukça faydalıdır. Her ne kadar radar ile yağışın yoğun olduğu alanlar tespit ve takip edilse de, yer yağış gözlemleri ile radar yağış tahminleri arasında topoğrafyadan kaynaklanan ışın engellemeleri nedeniyle farklılıklar olabilmektedir. Radar sinyallerinin topoğrafik yükseltiler nedeniyle tamamen veya kısmen engellenmesi, bazı bölgelerde yağışın şiddeti konusunda tahmincileri yanıltabilmektedir. Bu çalışmada, 20 Mayıs 2017 tarihinde Hatay ve Gaziantep bölgesinde meydana gelen konvektif yağışlar incelenmiştir. C Band polarimetrik Hatay ve Gaziantep radarlarının reflektivite (Z) ve spesifik diferansiyel faz parametresi (K_{DP}) kullanılarak Marshall-Palmer Z-R ilişkisi ve polarimetrik R(K_{DP}) ilişkisi ile elde edilen yağış tahminleri ile bölgede kurulu olan 3 yağış yer gözlem verileri mukayese edilmiş, ayrıca bu mukayese yapılırken Uzaktan Algılama Şube Müdürlüğü tarafından geliştirilen Görünürlük Analizi uygulaması kullanılarak topoğrafyadan kaynaklanan ışın engellemeleri de değerlendirilmiştir. Kuvvetli kararsızlık şartlarında meydana gelen konvektif yağışlarda, Marshall-Palmer Z-R ilişkisine göre hesaplanan radar yağış tahminlerinin, yer yağış gözlemlerine göre oldukça düşük olduğu görülmüştür. Bunun aksine,

spesifik diferansiyel faz parametresi (K_{DP}) kullanılarak elde edilen radar yağış tahminlerinin yer yağış gözlem verileri ile daha tutarlı olduğu görülmüştür. Özellikle kısmi ışın engellemesi görülen bölgelerde R(K_{DP}) ilişkisi ile elde edilen radar yağış verilerinin yer gözlem yağış verilerine daha yakın olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — radar; ışın; engelleme; 3 yağış; görünürlük.

GNSS/ZTD GÖZLEMLERİNİN AROME MODELİ İLE ASİMİLASYONU

Duygu Aktaş
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğü
Ankara
daktas@mgm.gov.tr

Duygu Üstüner
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Sayısal Hava Tahmini Şube Müdürlüğü
Ankara
dustuner@mgm.gov.tr

ÖZET

Doğrudan su buharı ölçümlerinin olmadığı bölgeler üzerindeki gözlem eksikliklerini gidermek için son yıllarda GPS Zenith Total Delay (ZTD) verisi kullanılmaya başlanmıştır. Sınırlı alan hava tahmin modellerinin coğrafik domainleri büyük ölçüde karasal yüzeyleri kapsamaktadır. Bu nedenle de GPS ZTD gözlemleri model alanı için en etkili gözlemlerden birisi haline gelmiştir. Özellikle yağış ve nem üzerindeki etkileri göz önüne alındığında bu gözlemlerin en etkili şekilde veri asimilasyon sürecine dahil edilmesi tahminlerde iyileşme sağlayacaktır. Bu çalışmada Macaristan domaini üzerinde farklı hata düzeltme metodları (Static ve Variational Bias Correction) kullanılarak GPS ZTD verisi asimile edilmiştir. Genel olarak bakıldığında GPS ZTD gözlemlerinin asimilasyonu ile yağış ve nem parametrelerinin tahmininde gelişmeler saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler — GPS ZTD, veri asimilasyonu, AROME, Sayısal Hava Tahmini

10 MART 2017 İSTANBUL HELİKOPTER KAZASININ ANALİZİ

Emrah Tuncay ÖZDEMİR
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi
İstanbul, Türkiye

Mahmut MÜSLÜM
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi
İstanbul, Türkiye

Murat KÜTAHYA
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi
İstanbul, Türkiye

ÖZET

10 Mart 2017 günü Atatürk Havalimanı'ndan havalanan özel bir şirkete ait helikopter, İstanbul Büyükçekmece'de 217 metre yüksekliğe sahip televizyon kulesine (tepesinde restoran bulunan) çarparak E5 karayolu üzerine saat 08:21 UTC'de düştü. Bu kazada helikopterde bulunan 2 pilotta dahil olmak üzere toplam 7 kişi hayatını kaybetti. Kazadan dolayı E5 karayolu iki yönlü olarak trafiğe kapatıldı. Kazaya alçak seviye stratus bulutlarının ve lokal olarak yer seviyesinde meydana gelen sis hadisesinin yol açtığı, düşük meteorolojik görüş nedeni sebep olmuştur. Bu çalışmada olay gününe ait Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi tarafından hazırlanan Meteorological Terminal Air Report (Metar) ve Aviation Selected Special Weather Report (Speci) rasatları, sinoptik ve yüksek seviye haritaları ile skew-T log-P diyagramı analiz edilmiştir. Ayrıca Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den elde edilen 15 dakika aralıklı uydu görüntülerinin analizleri de yapılmıştır. Bunlara ek olarak olay yerinin meteorolojik şartlarının analizi için de Weather Research and Forecasting (WRF) Modeli 3'lü nesting (yuva) yapılarak yüksek çözünürlüklü model çıktıları elde edilerek değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler:Atatürk Havalimanı, Helikopter Kazası, Stratus, Sis, Uydu Görüntüsü

İSTANBUL İÇİN DENİZ ETKİLİ KAR YAĞIŞININ ARAŞTIRILMASI

Emrah Tuncay ÖZDEMİR
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi
İstanbul, Türkiye

Mahmut MÜSLÜM
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, İstanbul' da bulunan Atatürk Havalimanı ve Sabiha Gökçen Havalimanı'na ait Meteorological Terminal Air Report (Metar) ve Aviation Selected Special Weather Report (Speci) rasatları 2007 ile 2017 yılları arasındaki 10 yıllık periyotta kar yağışları için incelenmiştir. Kar yağışlarının olduğu günler için Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den elde edilen airmass rgb ve modis uydu görüntüleri ile İstanbul Çatalca radarına ait ppi, max ve yatay rüzgar ürünleri değerlendirilerek deniz etkili kar yağışlarının olduğu günler tespit edilmiştir. Türkiye'de ilk defa uygulanacak yöntemle, deniz etkili kar yağışı esnasında Atatürk Havalimanı üzerinden kar yağışına neden olan bulut bantlarının geçişi sırasında meydana gelen konverjans ve vortisiti değerleri hesaplanarak, bunlardaki değişim tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler:Atatürk Havalimanı,Sabiha Gökçen Havalimanı, Deniz Etkili Kar Yağış Uydu Görüntüsü, Radar Görüntüsü.

TRABZON İLİNİN YOMRA İLÇESİNDE MEYDANA GELEN DOLU YAĞIŞININ ANALİZİ, 31 AĞUSTOS 2017

Emrah Tuncay ÖZDEMİR
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi
İstanbul, Türkiye

ÖZET

31 Ağustos 2017 tarihinde Trabzon Şehrinin Yomra ilçesinde dolu yağışı meydana gelmiştir. Fındık toplama zamanında meydana gelen dolu yağışı fındıkların olgunlaşmış olması nedeniyle fındıklara çok büyük zarar vermemiştir. Yomra'da meydana gelen dolu yağışı videoya kaydedilmiş ve yağıştan sonra da yerde biriken dolular yer yer fotoğraflanmıştır. Meydana gelen dolunun çapı yaklaşık 1.5 cm'dir. Dolu yağışı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den elde edilen uydu görüntüleri ile analiz edilmiştir. Ayrıca, Trabzon radarına ait radar görüntüleri de değerlendirilmiştir. Oraj hücresinin "Süpercell" olup olmadığı tartışmaya açılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Trabzon,Yomra, Dolu Yağışı, Uydu Görüntüsü, Radar Görüntüsü.

ATATÜRK ULUSLARARASI HAVALİMANI'NDA MEYDANA GELEN DOWNBURST HADİSESİNİN İNCELENMESİ

Emrah Tuncay ÖZDEMİR,
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi
İstanbul, Türkiye

Veli YAVUZ,
İstanbul Teknik Üniversitesi
Meteoroloji Mühendisliği
İstanbul, Türkiye

Mahmut MÜSLÜM
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atatürk Havalimanı Meteoroloji Ofisi
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Son 47 yıllık zaman periyodunda İstanbul'da bulunan meteoroloji istasyonlarının maksimum rüzgar verilerini incelediğimizde 27 Temmuz 2017 tarihinde Atatürk Uluslararası Havalimanı'nda meydana gelen 72 Knots'lık maksimum rüzgar gerçekten şaşırtıcı bir değer olarak 47 yıllık zaman aralığının en yüksek değeridir. İstanbul İli'nin bundan önceki maksimum rüzgarı 1974 yılında bir kez, 1976 yılında ise iki kez olmak üzere Şile Meteoroloji İstasyonu'nda ölçülen 64 Knots'lık rüzgardır. 27 Temmuz 2017 tarihinde fırtınayla birlikte meydana gelen dolu yağışları İstanbul'da bir çok maddi hasara neden olmuştur. Bu çalışmada, İstanbul' da bulunan Atatürk Uluslararası Havalimanı'na ait Meteorological Terminal Air Report (Metar) ve Aviation Selected Special Weather Report (Speci) rasatları değerlendirilmiştir. 72 Knots'lık maksimum rüzgara neden olan "Süpercell" oraj hücresinin Atatürk Uluslarası Havalimanı üzerinden geçerken oluşturduğu "Downburst" hadisesi Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den elde edilen İstanbul Çatalca radarına (C bant) ve Atatürk Uluslarası Havalimanı'na ait radar (X bant) görüntüleri analiz edilerek, değerlendirilmiştir. Ayrıca RGB uydu görüntüleri de değerlendirilmiştir. Atatürk Uluslararası Havalimanı üzerinde meydana gelen "Downburst"

hadisesi zamanında pistler üzerinde meydana gelen konverjans ve vortisiti değerleri hesaplanarak, zamansal değişim incelenmiştir.
Anahtar Kelimeler:Atatürk Uluslararası Havalimanı,Downburts, Radar Görüntüsü,Konverjans, Vortisiti.

SU BÜTÇESİNİN HESAPLANMASINDA UZAKTAN ALGILAMANIN SAĞLADIĞI YENI İMKANLAR: BÜYÜK MENDERES ÖRNEĞİ

Hakan Aksu
Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı
Ankara
hakana@dsi.gov.tr

Alparslan Arıkan
Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı
Ankara

ÖZET

Buharlaşma-terleme hidrolojik çevrimin en önemli parametresidir, ancak havza ölçeğinde belirlenmesi en güç olanıdır. Geleneksel yöntemlerle meteoroloji gözlem istasyonlarında noktasal olarak lizimetre aletleri ile ölçümü mümkün olmakla birlikte, noktasal verinin alansal temsiliyeti sınırlı olmaktadır. Bu çalışmada METRIC (mapping evapotranspiration at high resolution with internalized calibration) algoritması vasıtasıyla, Aşağı Büyük Menderes havzasında MODIS uydu verileri ve yersel meteorolojik veriler kullanılarak 1 Nisan ve 30 Eylül tarihleri arasında enerji akıları ve Buharlaşma-terleme haritaları günlük ve aylık olarak üretilmiştir. Çalışma sonuçları zeytinlikler için hesaplanan Penman–Monteith Aktüel Buharlaşma-terleme değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma periyodunda işlenen 11 uydu görüntüsü için tahmin edilen Buharlaşma-terleme ile yersel olarak hesaplanan Buharlaşma-terlemeler arasında % 16 ortalama standart hata ve %27 standart sapma tespit edilmiştir. Tarımsal sulama yönetimi ve su bütçesi hesaplamalarında kullanılabilir veri üretimi sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Buharlaşma-terleme, METRIC, MODIS, Remote sensing

TÜRKİYE'DE MART 2016 DÖNEMİNDE MEYDANA GELEN SAHRA KAYNAKLI TOZ OLAYININ MEKANSAL VE ZAMANSAL OLARAK İNCELENMESİ

Hakkı Baltacı
Meteoroloji Genel Müdürlüğü,
Bölgesel Hava Tahmin Merkezi,
İstanbul, Türkiye
baltacihakki@gmail.com

ÖZET

Çalışmamızda, 23-24 Mart 2016 tarihlerinde Sahra Bölgesinden taşınan toz parçacıklarının Türkiye'ye etkisi ve bu olayı tetikleyen atmosferik mekanizmalar detaylı şekilde incelenmiştir. Bu amaçla, 97 hava kalitesi istasyonlarının PM_{10} ölçüm değerleri, 64 havaalanındaki Metar gözlemleri, yukarı seviyedeki meteorolojik ölçüm değerleri ve uydu ürünleri çalışmada kullanılmıştır. Yüzey ve yukarı seviyelerdeki atmosferik sirkülasyonu belirlemek için, NCEP/NCAR Reanalysis verisinden yararlanılmıştır. 23 Mart 2016'da, İtalya üzerindeki alçak basınç merkezi ve Doğu Akdeniz havzasındaki yüksek basınç merkezlerinin etkileşimleri sonucunda kuvvetli güneybatılı rüzgarlar yoğun toz bulutlarını Libya üzerinden Türkiye'ye taşımıştır. Sonucunda, 43 istasyondaki günlük PM_{10} ölçümleri (özellikle kuzey ve batı istasyonlar) uzun dönem ilkbahar ortalamalarını aşmıştır. Sonraki günde, alçak basınç merkezinin İtalya'dan Balkan Yarımadasına doğru boylamsal hareketi sonucu, daha kuvvetli güney ve güneybatılı rüzgarlar ülkenin iç kesimlerine kadar toz parçacıklarını taşımış ve Marmara, İç Anadolu, Ege ve Karadeniz bölgesindeki istasyonların sırasıyla %100, %90, %88 ve %87'sinde ortalama değerlerinden oldukça fazla PM_{10} konsantrasyon değerleri ölçülmüştür. Sinoptik koşullara ek olarak, atmosferin aşağı seviyelerindeki güçlü sübsidans Karadeniz'de yüksek partikül konsantrasyonlarına neden olurken, kuru atmosferik şartlar ve kalın enverziyon tabakası Marmara bölgesindeki ekstrem PM_{10} değerlerini görmemize neden olmuştur.

Anahtar Sözcükler: Sahra, hava kalitesi, sinoptik analiz, metar, Türkiye

ADANA PM_{10} SEVİYELERİ VE 07-15 EYLÜL 2015 KUM FIRTINASI İNCELEMESİ

İsmail SEZEN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atatürk Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
İstanbul
isezen@mgm.gov.tr

Metin BAYKARA
Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü
İstanbul Teknik Üniversitesi
İstanbul
metbaykara@gmail.com

Erhan ARSLAN
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
İstanbul
Erhana1985@gmail.com

Alper ÜNAL
Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü
İstanbul Teknik Üniversitesi
İstanbul
alper.unal@itu.edu.tr

Ali DENİZ
Meteoroloji Mühendisliği
İstanbul Teknik Üniversitesi
İstanbul
denizali@itu.edu.tr

ÖZET

Özellikle şehirleşmiş alanlarda partikül hava kirleticileri sağlığı negatif yönde etkiler ve solunum sorunlarına yol açar. Türkiye de şehirleşme ve coğrafik konumu sebebiyle Sahra çölü ile doğu ve güneydoğusunda bulunan çöl arazilerinden kaynaklı toz taşınımından

etkilenmektedir. Bu çalışmada, Adana iline ait 9 yıllık PM_{10} konsantrasyonları incelenmiş; yüksek değerlere sebep olan etkiler tartışılmıştır. Adana'nın aylık ortalama PM_{10} konsantrasyonunun en yüksek olduğu Eylül ayında meydana gelmiş 07-15 Eylül 2015 toz fırtınası AQUA/TERRA MODIS uydu görüntüleri ve yeni geliştirilen yüksek çözünürlüklü DEBRA DUST ürünü ile incelenmiş; toz fırtınası esnasındaki sinoptik durum WRF modeli çalıştırılarak değerlendirilmiştir. HYSPLIT modeli ile olay zamanı taşınım yörüngeleri ve DREAM toz modeli başarımı tartışılmıştır. Kış dönemi ve ısınma kaynaklı etkilerin henüz başlamadığı Eylül ayında azami aylık PM_{10} ortalamasına sebep olan etkilerin, şehir etrafındaki tarım arazilerinde yapılan anız yakımı ve 07-15 Eylül 2015 toz fırtınasını meydana getiren sisteme benzeyen fakat daha küçük ölçekli ve süreklilik arz eden sistemlerin sebep olduğu taşınımlardan kaynaklanabileceği fikri ortaya atılmıştır. Bu etkilerin geçerliliği konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİNİN DESTEK VEKTÖR MAKİNELERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Dr Kazım KABA
.Çukurova Üniversitesi
Fizik Bölümü
Adana
kkaba46@gmail.com

Doç.Dr A. Emre Tekeli
Çankırı Karatekin Üniversitesi
İnşaatMühendisliği
Çankırı
ahmetemretekeli@karatekin.edu.tr

Prof.Dr. H. Mustafa KANDIRMAZ
Çukurova Üniversitesi
Fizik Bölümü
Adana
h.mustafakandirmaz@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, destek vektör makineleri (DVM) yöntemiyle uydu görüntüleri ve coğrafik veriler kullanılarak Türkiye için günlük güneşlenme süresi (GS) tahmin edilmiştir. Çalışmada ilk olarak GS'ni etkileyen atmosferik ve coğrafik parametrelerin günlük veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti, Meteosat uydusuna ait SEVIRI sensörünün termal kanalları, Suomi-NPP VIIRS sensörünün solar kanalları ile atmosfer dışı güneş ışınımı, gün uzunluğu, güneş saat açısı, deklinasyon açısı, julien günü, konum (enlem, boylam, yükseklik) ve zaman (yıl, ay, gün) olmak üzere 27 farklı parametreyi içermektedir. Bu değişkenler arasından en uygun seçimler yapılarak modelin girdileri tespit edilmiştir. DVM için en uygun fonksiyon ve parametreleri kullanılarak Türkiye'yi 600 m yersel çözünürlükteki pikseller ile kapsayacak şekilde her piksel için GS tahminleri yapılarak GS haritaları oluşturulmuştur. Modelin eğitim ve test sonuçları için hata hesaplamaları yer gözlemleri kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada modelin eğitim sonuçları için R^2 0.8059 ve MAE 1.0801 ve test sonuçları için R^2 0.7572 ve MAE 1.3427 olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Destek vektör makineleri, Güneşlenme süresi, Meteosat SEVIRI, Suomi NPP VIIRS, Türkiye

KOCAELİ-GEBZE-ESKİHİSAR'DA MEYDANA GELEN İRİ TANELİ DOLU FIRTINASININ UZAKTAN ALGILAMA ÜRÜNLERİ İLE İNCELENMESİ

Köksal KÖKSOY
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
2. Bölge (İzmir) Tahmin ve Uyarı Merkezi
kkoksoy@mgm.gov.tr

Hakan DORUK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
2. Bölge (İzmir) Tahmin ve Uyarı Merkezi
hakandoruk@gmail.com

ÖZET

Bu çalışma, Kocaeli-Gebze-Eskihisar'da meydana gelen dolu fırtınası olayının incelemesidir. Alınan bu örnek olaya bir sosyal paylaşım sitesinde rastlanılmıştır. Uzaktan algılama ürünleri incelendiğinde olayın paylaşım tarihi ile meydana gelme tarihinin eşleşmediği tespit edilmiştir. Basındaki haberlerde ise ya "olayın tarihi ile ilgili bilgiye ulaşılamadığı" yorumlarına rastlanılmış ya da olayla ilgili olduğu belirtilenler, uzaktan algılama ürünleri incelendiğinde, o tarihlerde bu olaya neden olabilecek kuvvetli konvektif yapılara rastlanmamıştır. Yapılan ön çalışmada ilgili ay ve dönemdeki olay yerini temsilen İstanbul – Kartal (17064) istasyonuna ait ravinsonde rasatları incelenmiş, bulunan konvektif kararsızlık günleri uydu ve radar ürünleri incelenerek olayın meydana gelme tarihi netleştirilmeye çalışılmıştır. Daha sonra dolu fırtınasına sebep olduğu düşünülen yapı bulunan ilgili radar ve uydu ürünleri ile incelenmiştir. İri taneli dolu fırtınası olarak sınıflandırılan bu olayın radar ürünlerindeki analizleri yapılırken, daha küçük taneli dolu yağışları ya da yüksek yansıma (echo) değerleri veren şiddetli gökgürültülü sağanak yağışların radar ürünlerindeki yansıma (echo) farklılıkları değerlendirilmiş ve tespitler sunulmuştur.

UZAKTAN ALGILAMA ÜRÜNLERİNİN TEKNOLOJİK ALTYAPISI VE ARŞİVLENMESİ

Mehmet KILIÇ
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Bilgi İşlem Şube Müdürlüğü
Ankara
mekilic@mgm.gov.tr

Ersin ŞİMŞEK
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Bilgi İşlem Şube Müdürlüğü
Ankara
esimsek@mgm.gov.tr

ÖZET

İlk olarak askeri amaçlı herhangi bir nesnenin yerini tespit etmek için kullanılan uzaktan algılama teknolojileri 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren Meteoroloji alanında da kullanılmaya başlanmıştır. Meteorolojik amaçlı kullanılan radar ve uydular; kısa vadeli hava tahmin ve uyarı ile hava olaylarının küresel olarak incelenmesi faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü mevcutta 19 adet olan radar istasyonu ve kurucu üyesi olduğumuz EUMETSAT(Avrupa Meteorolojik Uydu Teşkilatı) vasıtasıyla elde edilen Meteorolojik uydu ürünleriyle uzaktan algılama teknolojilerini ülkemiz havası için en verimli şekilde kullanmaktadır. Uydu ve radar ürünleri Bilgi İşlem Şube Müdürlüğü bünyesinde 2007'den günümüze kadar arşivlemekte gerektiğinde sunumu yapılmaktadır. Bu çalışmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesindeki Meteorolojik amaçlı uydu ve radar verilerinin arşivleme teknolojileri, arşiv envanteri ve periyodu, formatlar, yöntem ve prosedürleri, süreçler, arşivlemedeki yeni teknolojiler ve projeksiyonlar üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler — radar ve uydu ürünleri; arşiv; format, altyapı.

RADARLARDA DENİZ KAYNAKLI EKOLARIN TESPİTİ, ANALİZİ VE ELEMİNE EDİLMESİ

Melik Ahmet Taştan
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü, Ankara
matastan@mgm.gov.tr

Gazi Yıldırım
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü, Ankara
gyildirim@mgm.gov.tr

ÖZET

Radar ekoları yorumlanırken karşılaşılan önemli sorunlardan birisi de deniz kaynaklı istenmeyen ekolar (sea clutter) dır. Bu ekolar, genelllikle enverziyon kaynaklı anormal yayılım koşullarında radar ışının aşağı yönlü kırılarak deniz üzerinden eko yansıtmasıyla oluşur. Enverziyonla birlikte deniz üzerinde dalga olması da bu ekoların şiddetini arttıran önemli bir faktördür.

Türkiye'de düşük rakımda kurulu olan İstanbul ve Hatay radarlarında daha sık görülmekle birlikte , dağ radarları olarak tanımlanabilcek yüksek rakımlarda kurulu olan Antalya, Muğla, İzmir, Samsun Trabzon ve Bursa radarlarında da gözlemlenmektedir.

Bu çalışmamızda; Single ve Dual polarize radarlarda bu ekoların tespiti, hangi meteorolojik koşullarda meydana geldiğinin analizi ve Dual Polarize radarlarda filtre kullanılarak elemine edilmesi konuları işlenmiştir.

ARALIK 2015 ETNA PATLAMASININ VOLKANİK KÜL TAKİBİ

Gökhan Keskin

Gaziantep Meydan Meteoroloji Müdürlüğü,
Gaziantep
gkeskin@mgm.gov.tr

Nihal Aktaş
THY
Uçuş Eğitim Başkanlığı
Yer Eğitim Müdürlüğü
İstanbul
naktas@thy.com

ÖZET

Tarih boyunca doğa ile iç içe olan insanlık, doğanın birçok parçasından olduğu gibi, volkanlardan da etkilenerek yaşamıştır. Kimi zaman verimli topraklarıyla insanları çevrelerinde toplarken, kimi zaman da şiddetli patlamalarıyla yıkıcı etkiler bırakmışlardır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte volkanların etkilediği alanların arasına havayolu ulaşımı da eklenmiştir: Havayolu ulaşımının patlamadan nasıl etkileneceğini ön görebilmek adına, volkanik kül bulutlarının takibi büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Aralık 2015'te patlayan Etna Volkanı'nın kül bulutları izlenmiştir. Bunun için meteorolojik haritalardan, uydu verilerinden ve havacılık kodlarından faydalanılmıştır. Volkanik kül bulutlarının izlediği yolu takip etmek için ayrıca, ilgili uydu kanallarından elde edilen RGB görüntüler kullanılmıştır. Bu görüntüler ile meteorolojik haritaların karşılaştırılması sonucunda, kül bulutlarının izlediği yol ile meteorolojik haritaların uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Etna, meteorolojik haritalar, uydu görüntüleri, volkan.

22 AĞUSTOS 2017 TARİHİNDE BALIKESİR'DE YAŞANAN KUVVETLİ HADİSENİN İNCELENMESİ

Oğuzhan Kolay
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Milas-Bodrum Havalimanı Meteoroloji Müdürlüğü
Muğla
okolay@mgm.gov.tr

Hasan Sedat Tepe
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Balıkesir Meydan Meteoroloji Müdürlüğü
Balıkesir
hstepe@mgm.gov.tr

ÖZET

22 Ağustos 2017 07Z-09Z saatleri arasında Balıkesir ve çevresinde etkili olan gök gürültülü sağanak yağışın, basında yer alan haberler incelendiğinde oldukça büyük hasara sebep olduğu görülmektedir. İl merkezinde birçok yerde su baskını oluşmuş ve 20 civarında ağaç büyük miktarda zarar görmüştür. Balıkesir il merkezi yakınında bulunan Balıkesir OMGİ ve Balıkesir Meydan istasyonunun kayıtlarına bakıldığında etkinin çapını anlamak çok da mümkün olmamaktadır. Bu sebeple, bu olay incelemesinde hasarın boyutları basın kaynaklarından temin edilecek ve mevcut uydu ürünleri ile Balıkesir Radar verileri analiz edilerek olayın boyutları anlaşılmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler — Balıkesir, Microburst, Fırtına, Radar, Uydu.

KUŞ VE BÖCEK KAYNAKLI BİYOLOJİK HEDEFLERİN DUAL POLARİZE METEOROLOJİ RADARLARINDAN TESPİTİ

Abdullah Macit
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
Ankara
amacit@mgm.gov.tr

Sabri Gedeli
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
Ankara
sgedeli@mgm.gov.tr

Melik Ahmet Taştan
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Analiz ve Tahminler Şube Müdürlüğü
Ankara
matastan@mgm.gov.tr

ÖZET

Meteoroloji radarlarının ana kullanım amacı, yağışların yerinin, cinsinin, şiddetinin ve hareketinin takip edilmesidir. Bunun yanında ; Meteoroloji radarlarında, kara ve deniz kaynaklı ekolar, kuş ve böcek kaynaklı ekolar, savaş uçaklardan atılan chaff adı verilen materyallerden kaynaklı ekolar da görülebilir. Kuş ve böcek gibi biyoloijk hedefler, meteoroloji radarlarında daha çok sıcak sezonda sıkça gözlemlenmektedir. Genellikle düşük ekolara sahip biyoloijk hedefler, Dual polarize radarlarda Zdr ve Rho ürünleri kullanılarak ayırt edilebilmektedir. Ayrıca bulanık mantık algoritması ile üretilen Hidrometeor Sınıflandırma ürünü de bu tarz ekoların ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmamızda; Türkiye'de bulunan Dual Polarize radarlardan kuş ve böcek ekolarının nasıl tespit edildiği açıklanmaktadır.

Anahtar Kelimeler — Biyolojik hedefler, meteoroloji radarı,

OMGİ'LER İÇİN KAPALILIK BİLGİSİNİN TESPİT EDİLMESİ, VERİLERİN ANALİZİ

Seyfullah Çelik
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara
scelik@mgm.gov.tr

Ali İhsan Akbaş
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Araştırma Dairesi Başkanlığı
Ankara
aiakbas@mgm.gov.tr

ÖZET

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) 19 Şubat 1937 yılında kurulmuş olup tüm meteorolojik faaliyetlerin yürütülmesinden sorumludur. Tarım, Ulaştırma, Çevre, Ormancılık, Turizm, Enerji, Spor, Sigorta ve birçok değişik sektörlere hizmet vermektedir. Ayrıca yapılan meteorolojik gözlemler ve tahminler halka açık internet sayfaları üzerinden paylaşılmaktadır. MGM tarafından kurulmuş ve işletilmekte olan 1500 civarındaki Meteoroloji İstasyonu bulunmaktadır. Mevcut durumda hâlihazır hava sensörünün bulunduğu 200 civarındaki istasyondan bulutluluk durumu hakkında veri elde edilmektedir. Meteoroloji istasyonlarının anlık rüzgâr yönü ve şiddeti, kapalılık durumu, yağış bilgileri internet üzerinden vatandaş tarafından görülebilmektedir. Bu çalışmanın gayesi hâlihazır hava sensörünün bulunmadığı 1300 civarındaki istasyon için uydu ve/veya sayısal hava tahmin ürünleri ile hava kapalılık durumunun tamamlanmasıdır. Hiç ölçüm yapılamayan yerlerde bulutluk durumu hakkında uydu ve/veya sayısal hava tahmin ürünleri kullanılarak bilgi elde edilmesinin çok daha ekonomik olduğu düşünülmektedir. Eumetsat IR (10.9) Ch 9 kanalı ve sayısal hava tahmin ürünleri kullanılarak çalışmaya başlanmış, sonradan bulut tipi (CT) ürünler çalışmaya dahil edilmiştir. Üç ay süresince yapılan çalışmalar sonucunda, bulut tepe sıcaklığı ile yer sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkının 9,2 °C olduğu durumlarda tutarlılık oranının en yüksek olduğu görülmüştür. Çalışma sonunda olumlu sonuçların elde edilmesi ile daha doyurucu hava durumu bilgisi sunulmasına katkı sağlanmıştır.

Bulut tepe sıcaklığının yetersiz olduğu durumlarda, bulut tipi (CT) bilgileri, aynı şekilde 9 piksel olarak çalışmaya dâhil edilmiş ve birlikte kullanımına karar verilmiştir. Özellikle sisli ve alçak bulutların bulunduğu durumlarda bulut tipi bilgileri son derece başarılı sonuçlar vermiştir.

Bu çalışmada bulut tepe sıcaklığı, bulut tipi ve manuel ölçülen insanlı bulutluluk bilgileri ortaklaşa analiz edilmiş ve bulut tipi bilgilerinin bulutluluk tespitinde daha uygun olduğu sonucuna varılmış ve 25 Nisan 2017 tarihinden itibaren internet sayfaları üzerinden paylaşılmaya başlanmıştır.

Anahtar kelimeler- uydu, bulutluluk, yer gözlemleri, otomatik bulutluluk tespiti

TRMM ve GPM UZAKTAN ALGILAMA VE ECMWF NUMERİK MODEL KAYNAKLI YAĞIŞ VERİLERİNİN DOĞRULANMASI

M. Tuğrul Yılmaz
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Ankara
tuyilmaz@metu.edu.tr

Muhammad Amjad
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Ankara
amj.mani@gmail.com

İsmail Yücel
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Ankara
iyucel@metu.edu.tr

ÖZET

Kuraklık ve taşkın gibi afetlerin analizi ve tahmini, havza su bütçesi elemanlarının hesaplanması ve hidrolojik modelleme gibi birçok çalışmada doğru yağış verilerinin kullanılması mutlak suretle gereklidir. İstasyonlarda gözlemlenen veriler birçok çalışmada gerçek veriler olarak değerlendirilmekte olmasına karşın yakın mesafede gözlem istasyonu bulunmayan bölgelerde yağış verilerinin elde edilmesi için başta uzaktan algılama ve iklim modelleri kaynaklı veriler yaygınlıkla kullanılmaktadır. Öte yandan bu yağış verilerinin ülkemiz üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılmasından önce mutlak suretle doğruluk analizlerinin gerçekleştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada 25km çözünürlüğünde Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) v7 3B42, 10km çözünürlüğünde Global Precipitation Measurement (GPM) ve 1km

çözünürlüğünde 1-günlük European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) tahmin verilerinin doğrulama analizleri tüm Türkiye üzerinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından gözlemlenmekte olan otomatik meteoroloji gözlem istasyonlarından (OMGİ) elde edilen gözlemler ile gerçekleştirilmiştir. Yağış verileri istasyonlara en yakın hücreden elde edilen TRMM, GPM ve ECMWF yağış verilerinin günlük ve aylık verilere dönüştürülmesi ile günlük ve aylık olarak gerçekleştirilmiştir. TRMM ve ECMWF verilerin mevcut bulunduğu zaman peryotları gözönünde bulunduğunda bu analizler 2007 ve 2017 yılları arasında ve GPM ile ilgili analizler ise 2014 ve 2017 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Analizler yağış verilerinin ve hatalarının istatistiksel olarak incelenmesini içermektedir. Günlük verilerin ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda GPM verileri istasyon verilerine göre %3 oranında daha kuru iken TRMM ve ECMWF verileri ise %10 ve %20 oranında daha ıslaktır. Uydu verilerinin istasyonlar ile olan korelasyonları ECMWF verilerinin korelasyonlarından genel itibariyle daha düşüktür. Öte yandan geniş alanlar üzerinde elde edilen TRMM ve ECMWF verilerinin birbirleri ile olan korelasyonları noktasal istasyon verileri ile olan korelasyonlarından daha yüksek bulunmuştur.

HELİOSAT MODEL KULLANARAK TÜRKİYE İÇİN GLOBAL GÜNEŞ RADYASYONU TAHMİNİ

Yasemin ÖZDEMİR
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü
Ankara
yozdemir@mgm.gov.tr

Bülent AKSOY
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Atmosfer Modelleri Şube Müdürlüğü
Ankara
baksoy@mgm.gov.tr

ÖZET

Güneş radyasyonu gözlem istasyonlarının olmadığı yerlerde, uydu tabanlı radyasyon kestirim modellerinin kullanımı oldukça kabul gören bir yaklaşımdır. Son zamanlarda güneş radyasyonu tahmin verisi elde etmek için en çok kabul gören yaklaşımlardan birisi Heliosat modeldir. Bu model melez bir model olup; bir radyasyon transfer denkleminin çözümlemesine ve basit istatistiksel ilişkilere dayanmaktadır. Bu çalışmada, Heliosat model kullanılarak Türkiye için 3610 grid noktasında 0,2°x 0,2° (enlem x boylam) çözünürlükle günlük toplam, aylık ve yıllık ortalama global güneş radyasyonu dağılımı hesaplanmıştır. Çalışmada MSG-2 uydusu VIS 0.6 kanalından alınan görüntüler kullanılmış, çalışma periyodu olarak ise 2012 yılı seçilmiştir. Modelin performansını değerlendirmek için farklı iklim özelliklerine sahip, her coğrafi bölgeden bir il seçilerek yedi yer gözlem istasyonundan (Ankara, İzmir, Tekirdağ, Sinop, Antalya, Van, Kilis) alınan ölçüm verileri ile model çıktıları karşılaştırılmıştır. Yıllık ortalama değerlendirme sonuçlarına bakıldığında, rMBE değerleri % - 0,82 ile % 5,49 aralığında değişmektedir. Yıllık ortalama rMBE % 2,59 olarak hesaplanmıştır. Mevsimlik bazda bakıldığında ise kış mevsimi için rMBE değerleri % -0,53 ile % 8,27 aralığında, ilkbahar mevsimi için % -0,52 ile % 5,63 aralığında, yaz mevsimi için % -0,02 ile % 6,39 aralığında ve sonbahar mevsimi için ise % 0,11 ile % - 6,06 aralığında değişmektedir.

Anahtar Kelimeler — Güneş Radyasyonu, Heliosat Model, MSG, Türkiye

METCAPPLUS PROGRAMINDA UZAKTAN ALGILAMA ÜRÜNLERİ İLE METEOROLOJİK OLAYLARIN İNCELENMESİ: 26 MAYIS 2017 ANKARA DOLU YAĞIŞI

M.Kuddusi SARI
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü
Ankara
mksari@mgm.gov.tr

Yasin ER
Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü
Ankara
yasiner@mgm.gov.tr

ÖZET

Hava tahmini yapmak, meydana gelen özel bir hava olayını belirli bir zaman aralığında incelemek veya değişik amaçlı meteorolojik araştırmalar yapmak için değişik görüntüleme yazılımları kullanılmaktadır. MGM personelince geliştirilen MetcapPlus yazılımı; aktüel gözlemlerin ve değişik kaynaklardan alınan sayısal ürünlerin kullanıcı tarafından istenilen şekilde gösterilmesi, uydu ve radar ürünlerinin hazırlanması, hareketli gösterimi, belirlenen zaman aralığına ait verilerin depolanması ve daha sonra kullanılması gibi pek çok özelliğe sahiptir. Bu çalışmada 26 Mayıs 2017 tarihinde Ankara'da meydana gelen dolu olayının uzaktan algılama ürünleri ile MetcapPlus paketi kullanılarak nasıl incelenebileceği gösterilmiştir. Meydana gelen dolu yağışının neden ve nasıl oluştuğu ayrıca çalışılabilir.

Anahtar Kelimeler — Meteorolojik Görüntüleme yazılımı, MSG Ürünleri, Radar ürünleri, Sayısal Tahmin Ürünleri, Aktüel Gözlemler, Ankara Dolu Yağışı