



Basılı ISSN 1302-5856

Türk Coğrafya Dergisi

Turkish Geographical Review

www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



Finike ve Kumluca ovalarında yaşanan su hortumlarının oluşum süreçleri ve etkileri

The formation process and effects of waterspouts in the plains of Finike and Kumluca

Ergin Canpolat *^a  Ferhat Keserci ^b  Mehmet Fatih Döker ^c 

^a Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Hatay, Türkiye.

^b Ardahan Üniversitesi, Ardahan İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ardahan, Türkiye.

^c Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sakarya, Türkiye.

ORCID: E.C. 0000-0003-2123-3551; F.K. 0000-0002-8653-6177; M.F.D. 0000-0002-0414-0428

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 18.11.2020

Kabul/Accepted: 26.12.2020

Anahtar Kelimeler:

Hortum
Su hortumu
Finike
Kumluca
Hortum oluşumu

Keywords:

Tornado
Waterspout
Finike
Kumluca
Formation of waterspouts

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(E. Canpolat) ergincanpolat@gmail.com

DOI: 10.17211/tcd.827607

Atf/Citation:

Canpolat, E., Keserci, F., & Döker, M. F. (2021). Finike ve Kumluca Ovalarında yaşanan su hortumlarının oluşum süreçleri ve etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 19-36.
<https://doi.org/10.17211/tcd.827607>

ÖZ / ABSTRACT

İnsanoğlunun artan nüfusuyla birlikte genişleyen yerleşim ve yaşam alanları, artan görüntüleme sistemleri ve ağ paylaşımları hortumlara ilişkin daha fazla haberin gündem olmasını sağlamaktadır. Oluşum mekanizmaları kasırgalara benzetilmekle beraber henüz tam olarak açıklanamamış olan hortumların dar alanlarda, kısa mesafeli koridorlar içerisinde oluşturdukları yıkım, tahribat güçleri ve verdikleri zararlar onların haber konusu olmalarında etkili hususlardır. Kara ve su hortumlarının oluşum özelliklerinin ve dağılımlarının ele alındığı bu çalışmada, özellikle Antalya ili Finike ve Kumluca ilçe sınırları içerisinde hortum olaylarının gerçekleştiği dört farklı gün seçilerek, hortum oluşum süreçleri sinoptik ve yerel meteorolojik verilerle açıklanmaya çalışılmıştır. Kumluca ve Finike ilçe tarım müdürlüklerinin hasar tespit çalışmaları kapsamında düzenledikleri, 2010-2020 yılları arasında yaşanan afetlere ilişkin verilerden yararlanılmıştır. Hortumların oluşturduğu hasarlara örnek oluşturması bakımından 24.01.2019 tarihinde yaşanan hortumun etkileri incelenmiştir. Yapılan araştırma ile; Finike ve Kumluca'da yaşanan hortum hadislerinin çoğunlukla su hortumları olduğu, hortumların kış mevsiminde özellikle ocak ayında daha fazla yaşandığı, su hortumlarının oluşumunda, yöreye yaklaşan siklonik sistemlerin ve frontal özellikleri ile kara ve deniz dağılışı ile yüksek reliefin etkili olduğu, buna karşılık deniz suyu sıcaklığının etkisinin fazla olmadığı elde edilen sonuçlardır. Hortumların, farklı günlerde fakat birbirine benzeyen meteorolojik koşullarda oluşmaları, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Erken uyarı sistemlerinin, hortumların oluşturacağı can kayıplarının önlenmesinde etkili olacağı, ulaşılan sonuçlar arasındadır.

With the increasing population of humankind, expanding settlements and living areas, increasing imaging systems and network sharing make more news about tornadoes to be on the agenda. Although the mechanisms of their formation are likened to hurricanes, tornadoes mechanisms have not yet been fully explained. Tornadoes make destruction, destructive forces, damages in narrow and short-distance corridors, and these are effective factors for them to be in the news. In this study, in which the formation characteristics and distribution of land and waterspouts are discussed, four different days in which tornado events took place within the borders of Antalya Province Finike and Kumluca were selected, and the process of tornadoes formation was tried to be explained with synoptic and local meteorological data. Data on disasters between 2010 and 2020, organized by Kumluca and Finike district agriculture directorates within the scope of damage assessment studies, were also used. To set an example for the damages caused by the waterspouts, the waterspout was experienced on 24.01.2019 and its effects were examined. With the research done; The tornadoes that occurred in Finike and Kumluca are mostly waterspouts, the tornadoes are more common in winter, especially in January, the formation of the waterspouts, the cyclonic systems approaching the region and the frontal features, land and sea distribution and high relief are effective, whereas the seawater temperature These are the results obtained with not much affect. The formation of tornadoes on different days but in similar meteorological conditions makes it possible to develop early warning systems. It is among the results that early warning systems will be effective for preventing the loss of life caused by tornadoes.

Extended Abstract

Introduction

Tornadoes are the fastest, short-term but most destructive mechanism among the other meteorological events. In the recent years, there has been an increase in the number of tornadoes in Turkey and these tornadoes cause loss of life and property. Within the scope of this study, the tornadoes which occurred in the West of Antalya Bay in Finike and Kumluca were investigated. In the plains of Finike and Kumluca greenhouse agricultural activities are carried out intensively, and the tornadoes that occurs in the area cause significant financial losses, especially in agricultural areas. Also, some tornadoes, unfortunately, cause the loss of lives.

Finike and Kumluca plains starting from the Mediterranean coast and the plains are surrounded by high mountainous areas from the North and East to the West. Especially within 20-30 km, altitudes are reached from 0 meters to 3,000 meters. The landscapes show high relief differences within short distances. Besides, deeply split valleys, formed by streams that descend from the mountains to the plains and generally extend in the north-south direction, give the topography a rugged appearance. Even if the plains are a little, they extend towards the mountains along these river valleys. These topographic conditions inevitably have climatic effects.

The Mediterranean climate is experienced in the study area, and the climate is represented by the letters "Csa" according to the Köppen climate classification. This corresponds to very hot and dry summers, warm and rainy winters. According to Kumluca data, the annual average temperature is 18.6 °C. While the lowest average temperatures are around 6.5 °C in January and February, it is around 21 °C in July and August. While the maximum average temperature is around 16-17 °C in the winter, it is around 33-34 °C in the summer.

Data and Method

In this study, the formation mechanisms of tornadoes were examined and the properties of tornadoes and waterspouts were explained. The distribution and characteristics of tornadoes that occur in Turkey have been described. To make the list of the tornado incidents in Finike and Kumluca plains, internet search was made, local and national media news were examined, and the data of public institutions were used. Financial losses caused by the tornadoes experienced in the period 2010-2020 were listed.

The tornado events dated 06.01.2015, 07.01.2016, 13.11.2017, 24-26.01.2019, which effectively caused the loss of life and property in Finike and Kumluca were selected for meteorological examination. Internet resources of different international institutions that present synoptic data were used to explain the mechanisms of occurrence of tornado events on these dates. Air distribution maps at air pressure levels such as 500 hPa, 300 hPa belonging to selected days of the tornadoes were produced from the data of the Global Forecast System (GFS). Sea level air pressure distribution maps and wind directions and orientation maps were produced using Era5 satellite data from the European Center for Medium-Term Weather Forecasts (ECMWF). HYSPLIT (The Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) model was produ-

ced using the Global Data Assimilation System (GDAS) archive data of NOAA (American National Oceanic and Atmospheric Administration), which shows the airflow trends according to the altitude levels of the atmosphere. The hourly air temperatures, pressure, precipitation, seawater temperatures data for the dates that the tornadoes were realized and selected were obtained from the General Directorate of Meteorology Affairs. Using all these data, weather conditions, and characteristics of the periods in which the tornadoes formed were interpreted. Also, after the waterspout disaster on January 24, 2019, images were obtained by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) at the study area. With the images taken, the spatial spreading area of the destructive effect of the tornado on the greenhouses and gardens was determined. Through verbal interviews about tornadoes with the victims, the movement mechanism, the effects, and the damages that tornado caused were evaluated.

Results and Discussion

Considering the synoptic dynamic conditions, it was concluded that waterspouts developed due to the cumulonimbus (supercell) formations on the cold front formed by low-pressure centers approaching the region from the west, especially in winter. It is important in the formation mechanism of the waterspouts that the cold air descending from high mountains such as Beydağları and Tahtalı Mountain approaches the Finike Bay and encounters the partially warmed and humid air on the sea moving from south to north in this section and forced this air to rise. Convergence areas created by the physical geography characteristics of areas such as Finike Bay and Antalya Bay are another important factor in the development of the tornado. As a matter of fact, on the dates in question, it is especially from the south to the center, ie to the bay. It is known that change occurs slowly in seawater temperatures. The fact that the seawater temperatures are very close to the average values on the days when the waterspout is experienced, and seawater temperatures even lower than the monthly average temperature values indicate that the effect of seawater temperatures on the formation of the waterspouts is weak. However, the presence of a large body of water is effective in the formation of the waterspout in terms of being slightly warmer than the environment and the potential to create moisture in the air.

It has been observed that the tornadoes that occurred in the region cause significant damages in energy transmission lines, houses, and greenhouses where they pass 50-100 meters wide and for 4-5 km and even render greenhouses unusable. Particularly, glass breaks that occur in some greenhouses during the waterspouts require soil replacement. It is one of the results obtained that this situation causes more cost and time loss. Tornadoes occur on days when the low-pressure center's approach and strong storms are experienced. On the days of the tornado the dominant wind direction is mostly WSW, SSW, WSW. Because of these features, early warning systems can be developed. The public should avoid outdoor activities as much as possible on days when meteorology warns of strong storms and rainfall, especially in winter. It is also recommended to prefer PVC material instead of glass cover material for greenhouse areas and to prefer structures with high strength and tightly attached to the ground instead of makeshift structures.

1. Giriş

Hortumlar, Türkiye’de son yıllarda daha fazla duyulan ve etkilerinden dolayı hakkında daha fazla haber yapılmaya başlanan doğal afetlerdendir. Hortum, bir kümülönimbüs bulutundan ve nadir olarak da güçlenmiş bir kümülüs bulutundan sarkarak, yerden kaldırdığı toz ve enkazla burgaç halinde dönen, ortalama 100 m çapında olan, dar hava sütunu veya enkaz bulutu olarak tanımlanır (Jones vd., 2001). Alfred Wegener 1917’de hortumları kümülönimbüs bulutundan yere uzanan yoğunlaşmış su buharı konisi, dönen hava sütunları olarak tanımlamıştır (Wegener, 1917). Hortumların çoğu süperhücre fırtınaları gibi şiddetli orajlardan kaynaklanmakla birlikte özellikle oraj çizgileri ve soğuk cephe orajları gibi diğer gökgürültülü fırtınalarda da oluşur. Ayrıca hava kütlesi orajları da ender olarak hortum oluşturabilir (Türkeş, 2016).

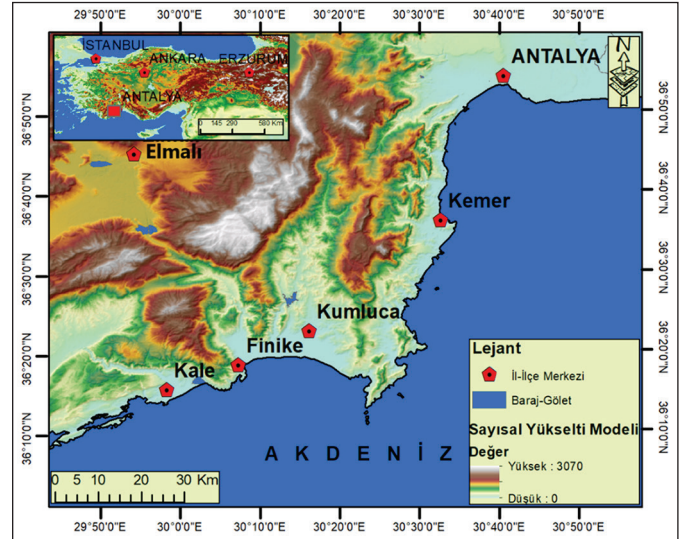
Hortum, atmosferik fırtınaların en şiddetli olanıdır (Diaz & Joseph, 2019). Çoğunlukla birkaç dakika sürse de burgaç hareketi olan hortumdaki rüzgâr hızı saatte 450 km’yi aşabilir. Bu rüzgarlar, çok düşük bir alçak basınç merkezi etrafında o kadar yeryüzüne yakın döner ki, hortum bir binanın tepesinden geçerse bina, dışarıya doğru patlayabilir. Hortumların çok fazla yıkıcı sonuçları olabilmekte, maddi ve manevi kayıplar oluşturabilmektedir. Hortumlar, otomobilleri, tren vagonlarını metrelerce uzağa fırlatılabilir, evleri tahrip edebilir ve bunlara ait enkaz metrelerce taşınabilir, ormanları tahrip edebilir (Anthes vd., 1978).

Okyanus, deniz ve göl gibi büyük su kütleleri üzerinde oluşan hortumlara su hortumu denilmektedir (Wegener, 1917). Su hortumları, huni benzeri su bulutlarının deniz yüzeyine düşmüş hallerini andırırlar ve yapı olarak hortumlara çok fazla benzerler. Şiddetli ve büyük bazı su hortumları, kıtasal soğuk cephe nitelikli havanın tropikal sular boyunca ilerlemesi ile oluşmaktadır. Daha yaygın olarak ise, su hortumları, havanın konvektif hareketleriyle ilişkili türbülanslı girdaplar tarafından üretilen küçük burgaçlardır. Genellikle gök gürültülü fırtınalarla ilişkili ani fırtınalar sırasında oluşurlar (Strahler, 1963). Hortumlardan farklı olarak daha az yoğun ve hızı daha düşük kümülönimbüs bulutları tarafından da oluşturulabildikleri için oluşma sayıları hortumlardan daha fazladır. Özellikle ABD’nin Florida Keys Adaları çevresindeki gibi derinliği az sıcak su kütleleri üzerinde daha sık oluşurlar (Anthes vd., 1978). Su hortumlarının çoğu mezosiklonik olmayan yapılarla meydana gelir. Dolayısıyla daha düşük yoğunlukları vardır (Dotzek vd., 2005). Bu şartlar gereği su hortumları karalarda meydana gelen süperhücre mekanizmasına sahip hortumlardan rüzgâr şiddeti olarak daha az etkilidir. Rüzgâr hızları 150 km aşmazken, çapları ise nadiren 50 m’yi geçer (Anthes vd., 1978). Tropikal denizler su hortumlarının oluşması için uygun koşulların sıklıkla meydana geldiği denizlerdir. Buralarda kuvvetli hava kararsızlığı da hortum oluşumunu tetiklemektedir (Gordon, 1951; Anthes vd., 1978). Son yıllarda özellikle ilkbahar sonu ve yaz aylarında Türkiye’nin Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz’in batı kıyılarında daha fazla oluştuklarına ilişkin, fotoğraf ve video gibi materyallere dayanan haberler olmaktadır (Türkeş, 2016).

Antalya Körfezi ve yakın çevresinde yaşanan hortum olayları ise özellikle örtü altı tarımsal alanları üzerinde hasarlar oluşturmakta, zaman zaman da can kayıplarına yol açmaktadır. Bu çalışma kapsamında hortum hadiselerinin yaşandığı dönemler ve bu dönemlerdeki hava özelliklerinin açıklanması ile hortumların oluşturdukları can ve mal kayıplarının açıklanması amaçlanmıştır. Çalışmanın kapsamını ise 2010-2020 yılları arasında Finike ve Kumluca ilçelerinde oluşan hortum olayları oluşturmaktadır.

1.1. Araştırma Alanının Yeri ve Genel Coğrafi Özellikleri

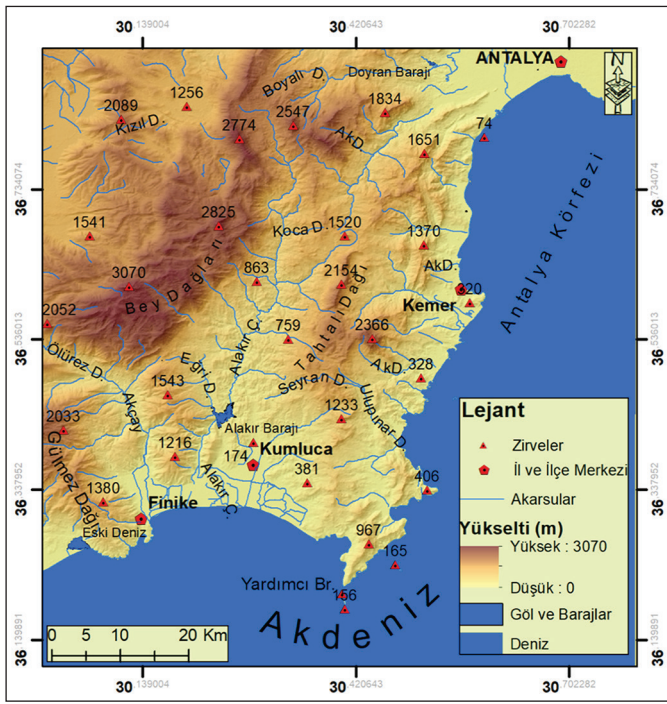
Bu çalışma kapsamında, örtü altı tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı, Finike ve Kumluca ovalarında meydana gelen hortumlar ve etkileri açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışma sahası konum olarak; Antalya Körfezi güneybatısında yer alan Finike Körfezi kuzeyinde yer alan Finike ve Kumluca ovaları ve yakın çevresidir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma sahası lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of study area.

Araştırma sahası, Teke Yarımadası üzerinde yer almaktadır. Finike ve Kumluca ovaları batıda Alacadağ, kuzeyden Beydağları, doğudan Tahtalı Dağları ve güneyden Akdeniz ile çevrilidir. Batıdaki Gülmez Dağı 2033 m, kuzeyde yer alan Beydağları 3070 m yükselti değerlerine ulaşmaktadır. Doğudaki Tahtalı Dağlarında ise zirve yükseltisi 2366 m’yi bulmaktadır (Şekil 2). Saha bu özelliği ile kısa mesafeler içerisinde yüksek relief farklarının olduğu topoğrafik özellikler göstermektedir. Finike ve Kumluca ovaları ise bu dağlık alanlardan beslenen Akçay ve Alakır Çayı’nın taşıdıkları alüvyonlarla oluşturduğu delta ve taşkın ovaları niteliğindedir (Öner & Vardar, 2018). Dağların hemen kıyının gerisinde kıyı çizgisine paralel bir şekilde yükselmeleri, akarsular tarafından oluşturulan kıyı ovalarının dar şeritler halinde oluşmasına neden olmaktadır. Ancak dağlardan ovalara doğru inen genelde yaklaşık kuzey-güney yönde uzanan akarsuların meydana getirdiği ve derin yarılmış vadiler topoğrafyaya oldukça engebeli bir görünüm kazandırmaktadır. Ovalar az da olsa bu akarsu vadileri boyunca dağlara doğru uzamaktadır.



Şekil 2. Çalışma sahası fiziki haritası.

Figure 2. Physical map of the study area.

Deniz kıyısında olan Finike ve Kumluca ovalarında kurulu olan Finike ve Kumluca meteoroloji istasyon verileri arasındaki fark çok azdır. Sahada, Akdeniz iklimi yaşanmaktadır. Yöre iklimi Köppen iklim sınıflandırmasına göre Csa harfleri ile temsil edilmektedir. Bu ise yazları çok sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı iklime karşılık gelmektedir. Kumluca verilerine göre yıllık sıcaklık ortalaması 18,6 °C'dir. En düşük sıcaklık ortalamaları ocak ve şubat aylarında 6,5 °C civarında olurken, temmuz ve ağustos aylarında 21 °C civarında olmaktadır. Maksimum sıcaklık ortalamaları kış aylarında 16-17 °C civarında olurken yaz aylarında 33-34 °C civarında olmaktadır. Yağış durumları incelendiğinde yıllık yağış toplamı ortalaması ise 951 mm olduğu görülmektedir. Kumluca ve çevresinin ortalama basınç değeri 1012,6 mb'dir. Ekim-mart aralığında basınç 1012 mb'den yüksek olurken mart-ekim aralığında ortalama 1009 mb dolaylarındadır. Sahada hâkim rüzgâr yönü NNW (Kuzey ve Kuzeybatı) olmakla birlikte WSW (Batı ve Güneybatı) ve SW(Güneybatı) yönde esen rüzgâr da fazladır. Ortalama rüzgâr hızı düşük olup 1,4 m/sn'dir. (Tablo 1). Yörede yaz çok kurak geçerken, ekim-mart ayları arası oldukça yağışlı geçmektedir ve toplam yağışın 3/4'ü bu periyotta düşmektedir. Çalışma sahasının olduğu kesim kış aylarında Sicilya üzerinden doğuya doğru ilerleyen ve sahaya yerleşen alçak basınç merkezinin hakimiyetine girmektedir. Sahada bu dönemde

Tablo 1. Finike Meteoroloji İstasyonu'na ait veriler (2005-2019).

Table 1. Finike Meteorologic Station's data (2005-2019).

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ortalama
Ort, Sıcaklık (° C)	11	11	13	16	20	24	27	27	25	20	16	13	18,6
Min, Sıcaklık (° C)	6,6	6,5	8	11	14	18	21	21	18	15	11	8,3	13,1
Maks, Sıcaklık (°C)	16	16	18	21	25	30	33	34	31	26	21	17	24,1
Yağış / Yağış (mm)	230	158	93	43	18	9	4	2	10	60	112	212	951,0
Basınç (mbar)	1016,6	1015,3	1013,9	1012,5	1010,9	1008,2	1005,2	1005,8	1009,8	1014,1	1016,7	1017,8	1012,2
Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı (°C)	17,41	16,63	17,26	18,58	20,78	24,01	27,38	29,10	28,15	25,56	22,47	19,71	22,30

cephye yağışları oldukça sık görülür. İlkbahar mevsiminde ise Asor yüksek basıncı, Kuzey Afrika, İzlanda ve Grönland üzerindeki antisislon ile birleşir veya genişler. Bunun neticesinde sahada yağışlarda bir azalma başlamaktadır. Yaz döneminde Basra Alçak Basınç Merkezi Sahra ve Arabistan üzerinden Akdenize doğru ilerler, hatta Türkiye geneli kontinental tropikal (cT) hava kütlelerinin etkisinde kalır. Bu hava kütlesi nedeniyle yağış değerlerinde azalma meydana gelir (Yiğitbaşıoğlu, 2000).

Finike meteoroloji istasyonu rasatlarına göre deniz suyu sıcaklık ortalaması 22,30 °C'dir. Kış aylarında deniz suyu sıcaklığı ortalama 17 °C civarında olurken en düşük deniz suyu sıcaklığı 16,63 °C ile şubat ayında olmaktadır. Yaz aylarında deniz suyu sıcaklığı ortalama 26,83 °C olurken en yüksek su sıcaklığı 29,10 °C ile ağustos ayında ölçülmektedir (Tablo 1).

Finike ve Kumluca turizm ve tarım faaliyetlerinin önem kazandığı ve bu faaliyetler nedeniyle büyüme gösteren şehirlerdir. Tarımsal ürünlere olan talebin artması ve ihracat nedeniyle, kıyı ovalarının özellikle 1980 yılı sonrasında beyaz bir örtüye (plastik sera) bürünmesine neden olmuştur. Tarım faaliyetleri yöre ve Türkiye ekonomisi açısından önemlidir. Tarımsal üretim değeri ülkemizdeki 872 ilçe sıralaması bakımından değerlendirildiğinde; Kumluca 22. sırada, Finike 75. sırada yer almaktadır (Yaman Kocadağlı, 2012). Bu açıdan Kumluca, Finike önemli ziraat şehirleridir ve buralarda yaşanan hortum hadiseleri önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

2. Materyal ve Metod

Çalışma kapsamında ilk olarak, hortumların oluşma mekanizmaları irdelenmiş, kara hortumları ve su hortumlarının özellikleri açıklanmaya çalışılmıştır. Hortumların Avrupa ve Türkiye'deki oluşum ve dağılışı özellikleri üzerinde durulmuştur.

Finike ve Kumluca ovalarında olan hortum hadiselerinin tespiti için internet taraması yapılmış, yerel ve ulusal medya haberleri incelenmiştir. İlçe Tarım Müdürlükleri, Ziraat Odaları ve Tarım Kooperatifleri ile görüşülerek, afetler sonrası zarar tespit çalışmaları göz önünde bulundurularak afetlerin oluş tarihleri ve etkileri listelenmiştir. Finike ve Kumluca'da etkili olarak maddi ve manevi kayıpları oluşturan 06.01.2015, 07.01.2016, 13.11.2017, 24-26.01.2019 tarihli hortum hadiseleri meteorolojik olarak incelenmek üzere seçilmiştir. Bu tarihlere hortum olaylarının oluşum mekanizmalarının açıklanması amacıyla sinoptik veriler sunan uluslararası farklı kurumlara ait internet kaynaklarından yararlanılmıştır.

Hortum yaşanan günlere ait 500 hPa, 300 hPa gibi hava basıncı düzeylerinde hava dağılışı haritaları, Küresel Tahmin Sistemi (Global Forecast System (GFS) verilerinden üretilmiştir. Üretilen modellerden hava yönelimleri hakkında bilgiler sağlanmıştır. Bu sistemden ayrıca 6 saatlik yağış tahmin haritaları da üretilmiştir. Avrupa Birliği tarafından finanse edilen Kopernik İklim Değişikliği Servisi'nin (Copernicus Climate Change Service, C3S) bir bölümü olan Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF) tarafından kullanılan ve 1979 yılından beri veri üreten ERA5 Uyduyu verileri arşiv kartları, kurumun web sitesinden temin edilmiştir. Atmosfer fiziği ile ilgili birçok verinin paylaşıldığı sitede Era 5 uydu verilerinden deniz seviyesi hava basıncı dağılışı haritaları üretilmiştir. Yine Era 5 uydu verilerinden yararlanılarak rüzgâr yönleri ve yönelimleri haritaları oluşturulmuştur. Yine Era 5 uydu verilerinden Relative Vortisite haritaları üretilerek hava burgaçlarının fazla olduğu lokasyonlar saptanmıştır. Atmosferin yükselti seviyelerine göre hava akım yönelimlerini gösteren, NOAA (Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi)'nin Global Veri Asimilasyon Sistemi (GDAS) arşiv verilerinden yararlanılarak HYSPLIT (The Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) modeli üretilmiştir. Hortumların gerçekleştiği ve seçilmiş olan tarihlere ait saatlik hava sıcaklıkları, basınç, yağış, deniz suyu sıcaklıkları verileri ise Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bütün bu veriler kullanılarak, hortumların oluştuğu dönemlerin hava koşulları ve özellikleri yorumlanmıştır.

Çalışma sahasına ait 1/25000 ölçekli topoğrafya harita paftalarında elde edilen SYM (Sayısal Yükselti Modeli) ile sahanın topoğrafik nitelikleri irdelenmiştir.

24 Ocak 2019 tarihindeki hortum felaketinin ardından, çalışma sahasında İnsansız Hava Aracı (İHA) ile görüntüler temin edilmiştir. Çekilen görüntüler ile hortumun sera ve bahçeler üzerinde yaptığı yıkıcı etkinin mekânsal yayılış alanı tespit edilmiştir. Afetzedeler ile yapılan sözlü görüşmeler ile hortumun hareket mekanizması ve etkileri ile oluşturduğu zararlar değerlendirilmeye çalışılmıştır.

3. Hortumlar ve Genel Özellikleri

3.1. Kara Hortumları

Her ne kadar başka bölgelerde kayıt altına alınsalar da hiçbir yerde Amerika Birleşik Devletleri gibi sık görülmezler. Bu

yüzden hortumlar Amerika Birleşik Devletleri'nin tipik hava olaylarıdır (Strahler, 1963). Normal bir yılda, Amerika Birleşik Devletleri, bir milyar dolar civarında hasarı olan yüzlerce hortum yaşar (Diaz & Joseph, 2019). Yine her yıl ABD'de 1000 civarında insan hortumlardan dolayı yaralanmakta ve bir kısmı hayatını kaybetmektedir (Frikner ve Elsner, 2019). Hortumların verdikleri zarar büyüklükleri ve rüzgâr hızları ile doğru orantılıdır. Fujita (1971), hortumların rüzgâr hızları ile çevrelerine verdikleri zarar üzerinden değerlendirmiştir. Bunun sonucunda bir hortum sınıflama cetveli oluşturmuştur (Tablo 2).

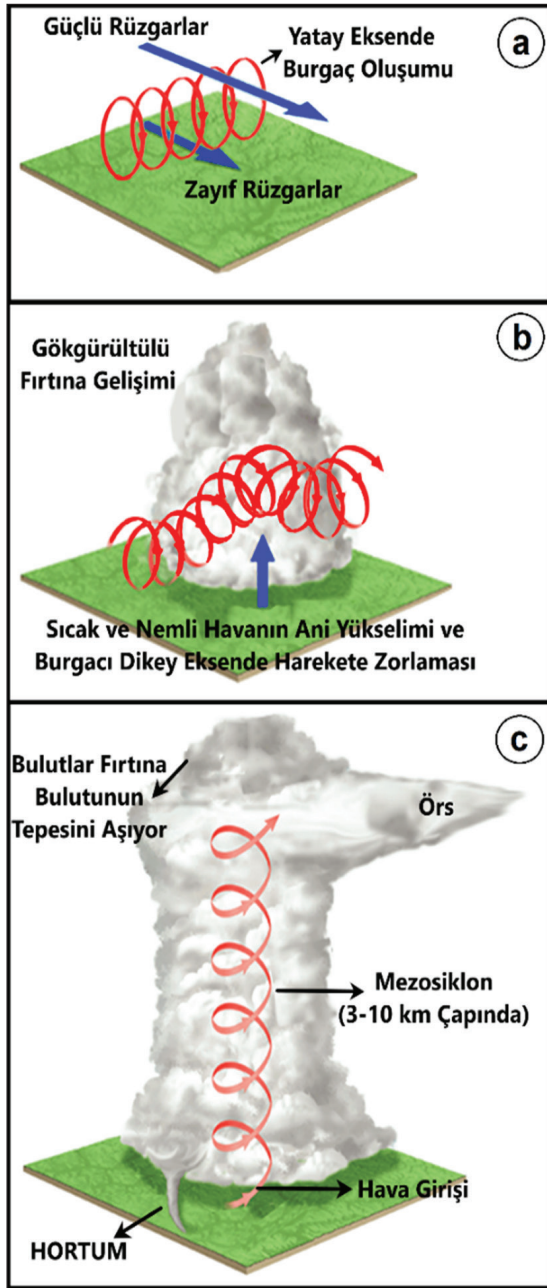
Hortumlar, atmosferik kararsızlığı meydana getiren farklı yapılarıdaki hava kütlelerinin etkileşimi sonucunda gelişim imkânı bulur. Başka bir ifade ile iki farklı hava akımının kesiştiği cephe hatlarında ortaya çıkarlar (Nalivkin, 1969). Houze (1993) ve Doswell'e (2001) göre hortum oluşumu büyük ölçüde şu koşullara bağlıdır: 1. Kararsız havanın üzerinde ve bu havanın kararlı hale gelmesini önleyen kuru ve soğuk hava kütlelerinin (potansiyel) kararsızlığı; 2. Alçak bulut taban seviyesine yol açan sınır tabakasının alt seviyesinde yüksek bir nem varlığı; 3. Güçlü dikey rüzgâr şiri; 4. Sınır tabakalarında önceden var olan dikey girdap. Bu koşullar, havada fazlaca kararsız bir nitelik oluşturarak hem süper hücrenin gelişmesine hem de onunla birlikte yer yer hortum oluşumuna zemin oluşturur.

Süperhücre formunda hava oldukça kararsızlaşır. Farklı yükseltilerdeki hava farklı hızlarda ve yönlerde hareket eder. Bu özelliğe rüzgâr şiri adı verilmektedir. Rüzgâr şiri'ne bağlı olarak yatay yönde hava burgacı gelişir (Şekil 3 a). Zaman içerisinde bu yatay yöndeki hava burgacı veya döngüsü alt seviyelerden gelen sıcak ve nemli hava akımı ile dönerek yükselmeye zorlanır (Şekil 3 b). Yükselmeye maruz kalan yatay yönlü hava kolonunda basınç ve sıcaklık aniden düşmeye başlar ve hava içerisindeki su buharı yoğunlaşır. Yoğunlaşma ile havanın içerisindeki gizil ısı açığa çıkar ve ısı ile birlikte hava daha da yükselmeye zorlanır. Hava'nın içerisindeki yoğunlaşan su buharı, daha üst yükseltelerde aşağıya doğru sarkan ve mezosiklon adı verilen huniye benzer bir görüntü kazanır. Yükselme neticesinde soğuma ve yoğunlaşan havanın oluşturduğu spiral benzeri bulut, şartlar devam ettiği takdirde konveksiyon ile oluşmuş kümülönimbus bulutunun taban seviyesinden yer yüzeyine doğru uzanmaya başlar. Böylece hortum meydana gelir (Tarbuck ve Lutgens, 2015) (Şekil 3 c).

Tablo 2. Fujita (1971)'tarafından Geliştirilmiş Hortum Sınıflama Cetveli.

Table 2. Tornado Classification Chart from Fujita (1971).

F	Rüzgar Hızı	Zarar Ölçüsü
F0	18-32 m/sn (64-116 km/sa) <73 MPH	Hafif: Ağaçların dalları kırılır, binaların bacaları zarar görür. Kökleri sığ olan ağaçlar itilir.
F1	33-49 m/sn (117-180 km/sa) 73-112 MPH	Orta: Hurricane'in başlangıcında hızlı rüzgâr belirir, çatı katları parça parça olur, mobil evler temelden koparılır veya devrilir.
F2	50-69 m/sn (181-253 km/sa) 113-157 MPH	Önemli: Çatılar evlerden ayrılır, iri ağaçlar köklerinden sökülürler, otomobiller alt-üst olurlar, havaya fırlatılırlar, küçük hafif cisimler birer mermi gibi etrafa savrulurlar.
F3	70-92 m/sn (254-332 km/sa) 158-206 MPH	Şiddetli: Sağlam yapılan evlerin çatıları ayrılır, trenler ters döner, ağaçlar köklerinden sökülürler, otomobiller fırlatılır.
F4	93-116 m/sn (333-419 km/sa) 207-260 MPH	Yok Edici: İyi inşaa edilmiş evler yıkılır, iyi inşaa edilmemiş yapılar uzağa fırlatılır. otomobiller fırlatılır, büyük cisimler mermi gibi etrafa savrulur.
F5	117-142 m/sn (420-512 km/sa) 261-318 MPH	Olağanüstü: Evler temelden kaldırılır ve taşınır, otomobiller mermi gibi 100 m.'den uzağa uçar, ağaçların kabukları soyulur.



Şekil 3. Hortum oluşum mekanizması (Turbuck ve Lutgens, 2015).
Figure 3. Tornado formation mechanism.

3.2. Su Hortumları

Gordon (1951) çalışmasında; su hortumlarının oluşma mekanizmalarını 2 başlık altında değerlendirmiştir. Bunlardan ilki Mezosiklonik su hortumlarıdır. Bunların oluşumu kara yüzeyinde oluşan hortumlar ile aynıdır. Mezosiklonik su hortumları, deniz üzerinde gelişebileceği gibi çoğunlukla kara üzerinde gelişip deniz veya okyanus üzerine ilerlemesi sureti ile meydana gelir. Diğer su hortumları içerisinde rüzgâr şiddeti ve zarar verebilirliği açısından en şiddetli olanıdır. İkincisi ise Sakin Hava Su Hortumlarıdır. Rüzgâr hızı ile yönlerinde değişim oluşturabilen kıyı kuşağını çevreleyen dağ sırtları ve engebeli topoğrafya gibi bölgesel konverjans alanları dolayısıyla oluşan su hortumlarıdır. Buralarda çevresine göre daha sıcak bir yapıda bulunan su yüzeyleri, rüzgârın aynı yönden fakat farklı hızlarda esmesinden kaynaklı bir anaför yapısı meydana getirir. Bu süreci destekleyen şartlar devam ettiği takdirde, hava spiral

olarak yükselmeye başlayarak deniz ve okyanuslar üzerinde su hortumları geliştirir (Fotoğraf 1).

Bu koşullar doğrultusunda, tropikal okyanuslarla ilgili birçok tarihi raporun yanı sıra, Florida, (ABD) (Golden, 1974), Akdeniz (Sioutas, 2003; Keul vd., 2009; Gaya vd., 2011; Kuzmic vd., 2013; Siousta vd., 2014) ve Japonya (Niino vd., 1991,1993'a-b,1994,1997,2007; Sugawara & Kobayashi, 2008), gibi ülke ve bölgelerde de su hortumlarının görüldüğü ortaya konulmuştur. Fakat su hortumları aynı zamanda, Avrupa'daki Kuzey ve Baltık Denizi gibi daha serince sularda da düzenli olarak oluşabildikleri Dotzek vd. (2010) tarafından gösterilmiştir. Kuzey ve Baltık denizi gibi kutup ve kutba yakın bölgelerde su hortumlarının oluşumunu ortaya çıkaran temel sebep, su sıcaklıklarının orta enlem ve tropiklere göre daha soğuk olmasına karşın üst atmosfer sıcaklıklarının, düşük enlemlerdeki bölgelerden daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

İspanya'dan İtalya'ya Yunanistan'dan Karadeniz'e, İon Denizi'nden Ege Denizi'ne çok sayıda değişik büyüklükte ada ve yarımadalar çok kompleks topoğrafyalar oluşturarak su hortumlarının gelişmesine zemin hazırlarlar. Bu alanlarda, soğuk hava kütleleri kuzeyden ve kuzeybatıdan hatta kuzeydoğudan ilerleyerek sıcak ve nemli havayla karşılaşır ve karşılaşma bölgesinde hortum oluşmasını sağlarlar. Özellikle yaz sonları ve sonbaharda ifade edilen durumlar ile daha çok karşılaşmaktadır. İlk olarak 2000 yılından itibaren su hortumlarıyla ilgili sistematik bir şekilde veri toplama ve gözlem yapma olanaklarının gerçekleştiği Ege Denizi'nde yıllık ortalama olarak beş su hortumu tespit edilmiştir. Ancak gözlenemeyen hortum hadiseleri düşünülürse vaka sayısının iki katı olduğu ifade edilebilir (Sioutas, 2002a, 2003).

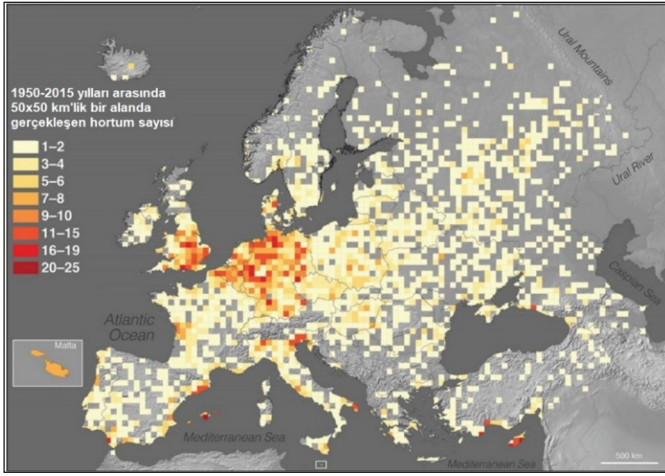


Fotoğraf 1. 24 Aralık 2011 tarihinde Antalya ilinin Manavgat ilçesi açıklarında meydana gelmiş bir su hortumu (Kaynak: <https://www.haberler.com/gazipasa-da-hortum-dehseti-3214438-haberi/>).

Photo 1. A waterspout occurred on December 24, 2011, off the Manavgat district of Antalya province.

3.3. Türkiye’de Hortumların Alansal Dağılımı

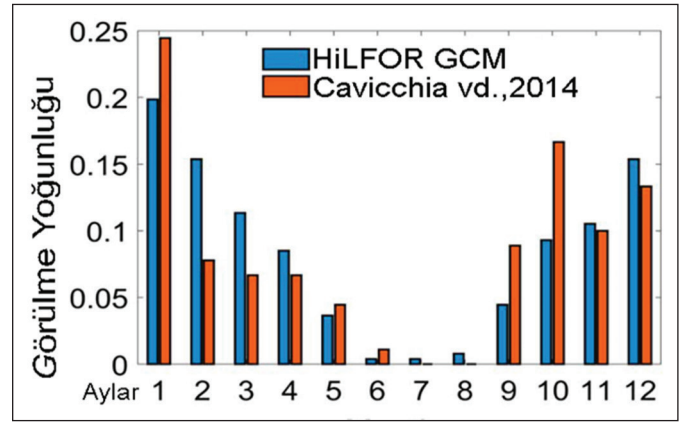
Şiddetli fırtınalar ve dolayısıyla hortumlar, çoğunlukla orta enlem siklonlarının soğuk cephe hattı boyunca ortaya çıkarlar (Tarbuck & Lutgen, 2015). Başka bir ifade ile kuzeyin soğuk hava şartları ve güneyli Stropikal sıcak hava koşullarının birbiri ile karşılaştığı kesimlerde meydana gelirler. Avrupa ve Türkiye bu iki farklı hava kütesinin karşılaşma alanlarına uygun bir coğrafi konuma sahiptir. Buna bağlı olarak hortum hadiselerinin bu kesimlerde meydana gelmesi olağandır (Şekil 4). Bunun yanında daha önce de belirtildiği gibi su hortumların karalarda gelişen hortumlara (tornado) benzer mekanizma ile gelişebileceği gibi daha farklı şartlar altında da gelişebileceği söylenebilir.



Şekil 4. 1950 ile 2015 yılları arasında Avrupa’da kasırga raporlarının (10.000 km² başına kasırga) 50 km x 50 km’lik bir ızgara şekli üzerinde, ölçeğe göre gölgelendirilmiş mekansal dağılımı (Antonescu vd., 2017).

Figure 4. Spatial distribution of hurricane reports (hurricanes per 10,000 km²) in Europe between 1950 and 2015 on a grid of 50 km x 50 km, shaded to scale.

Akdeniz’de oluşan ve tropikal siklon benzeri fırtınalar “Mediterranean hurricanes” Akdeniz Kasırgaları “Medicane” olarak tanımlanmaktadır (Emanuel, 2005). Küresel iklim salınımlarının ülkemizin farklı bölgelerinde etkisini hissettirdiği son yıllarda, Akdeniz Havzası’nda yaşanan bu şiddetli fırtınalar dönem dönem ülkemizi de etkilemektedir. Özellikle deniz suyu sıcaklıklarının yükselmesi ile ilişkili olan Akdeniz Kasırgası (Medicane), ağırlıklı olarak sonbahardan ilkbahara kadar, baroklinik siklonların üst düzey siklonlar tarafından itilmeye zorlanarak Akdeniz üzerinde güneye doğru kaymasıyla oluşurlar. Akdeniz kasırgaları, aşırı rüzgarlar ve yağışlar oluşturan tropikal özellikleri olan yoğun siklonlardır. Bu nedenle Akdeniz kıyıları boyunca yerleşim bölgeleri için ciddi bir doğal tehlike oluştururlar. (Tous & Romero, 2013; González-Alemán vd., 2019). Şiddetli fırtınalar veya Akdeniz kasırgaları, hortum oluşumu için gerekli koşulları hazırlamaktadır (Miglietta vd., 2013; Pytharoulis, 2018).Cavichia vd. (2014) yaptıkları çalışmaya göre Akdeniz’de her yıl ortalama 1,6 Akdeniz kasırgası oluşumu gerçekleşmektedir. Gonzalez-Aleman vd., 2019 çalışmasına göre bu sayı $1,9 \pm 1,3$ şeklindedir (Şekil 5). Çalışmalar bu sayıların küresel ısınmaya bağlı olarak son yıllarda daha da arttığına işaret etmektedir (González-Alemán vd., 2019). Kasırga görülme yoğunluğu ile çalışma sahasında oluşan ve zarar verici hortumların dağılışı arasında paralellik bulunmaktadır.

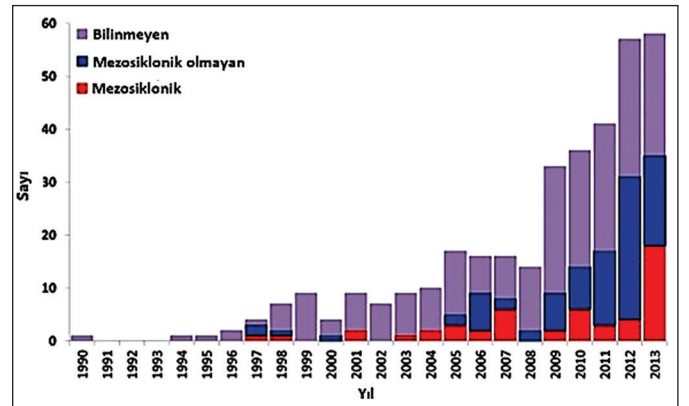


Şekil 5. Akdeniz kasırgalarının aylık dağılımı. HiFLOR = Yüksek Çözünürlüklü, Tahmin Odaklı, Düşük Okyanus Çözünürlüğüne Yönelik; GCM = Küresel İklim Modeli (Cavichia vd., 2014; González-Alemán vd., 2019).

Figure 5. Monthly distribution of Medicanes. HiFLOR = High Resolution, Prediction Focused, Low Ocean Resolution Toward; GCM = Global Climate Model (Cavichia et al., 2014; González - Alemán et al., 2019).

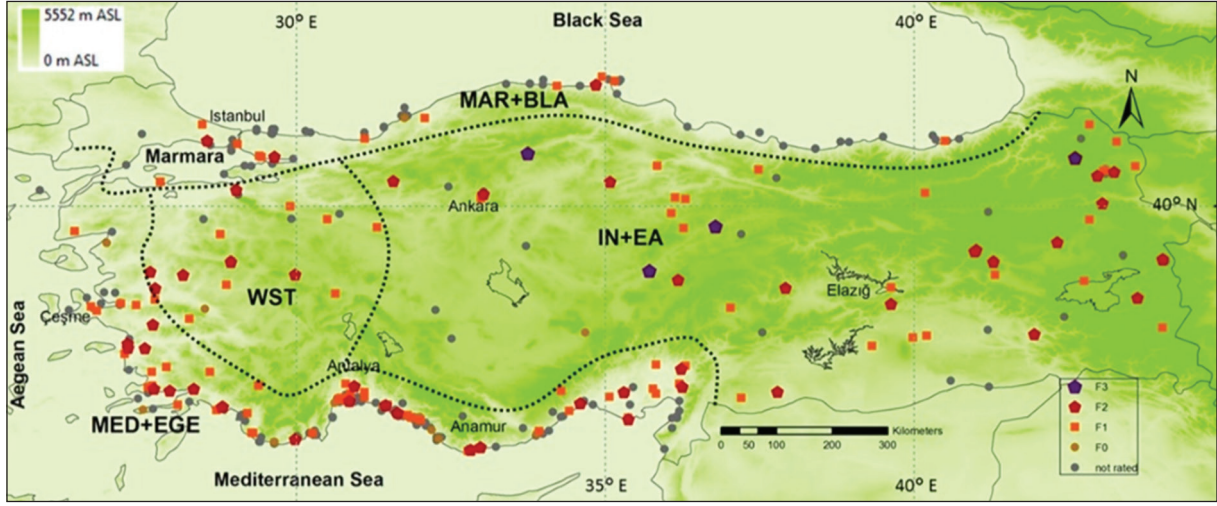
Yakın geçmişte, Eylül 1969’da Cezayir ve Tunus’u vuran kasırga 300’den fazla kişinin ölümüne sebep olmuştur (Gaume vd, 2016). 1995 yılı ocak ayında Celeno Kasırgası 135 km/saat hıza ulaşmıştır. 1996’da Tiren Denizinde oluşan Cornelia Kasırgası, Eolian adalarında önemli hasar oluşturmuştur. 2017’de Numa Kasırgası, heyelen ve taşkınlara sebep olmuştur. Numa tipik bir kasırga şeklinde bir oluşum gerçekleştirmiştir. 2018 Yılı Eylül ayında İon Denizi’nde oluşan Kırbaç adı verilen Akdeniz kasırgası, ülkemizde tedirginliğe yol açmış ancak, Türkiye’ye yaklaştıkça etkisi azalmıştır (<https://www.haberturk.com/kirbac-kasirgasi-almi-ege-kiyilarinda-kasirga-almi-2159128>).

Türkiye’de 1880-2013 yılları arasında toplam 385 hortum vakası meydana gelmiştir. Bu hadiselerin yarısından fazlası (225) ise son 5 yıl içerisinde rapor edilmiştir (Şekil 6). Kısa zaman içerisindeki böylesine büyük bir artışın iklimdeki ani değişimden ziyade, Türkiye’deki hortum olayları ile farkındalığın artması, Türk araştırmacıların hortum verilerini inceleyip ortaya koyması ve iletişimde teknolojik gelişmelerin (akıllı telefonlar, internet, sosyal medya vb.) etkisi önemlidir (Kahraman ve Markowski, 2014). Türkiye’de özellikle Akdeniz Bölgesi (İskenderun ve Antalya körfezi) olmak üzere Ege kıyıları, Batı Karadeniz kıyıları ve Marmara Bölgesi kıyılarında su hortumları giderek artan sayıda kaydedilmektedir (Türkeş, 2015).



Şekil 6. Türkiye’de 1990-2013 arası yıllık toplam hortum (Kara ve su hortumu) hadisesi sayısı (Kahraman ve Markowski,2014).

Figure 6. Total number of tornadoes and waterspouts events per year between 1990-2013 in Turkey (Kahraman & Markowski, 2014).



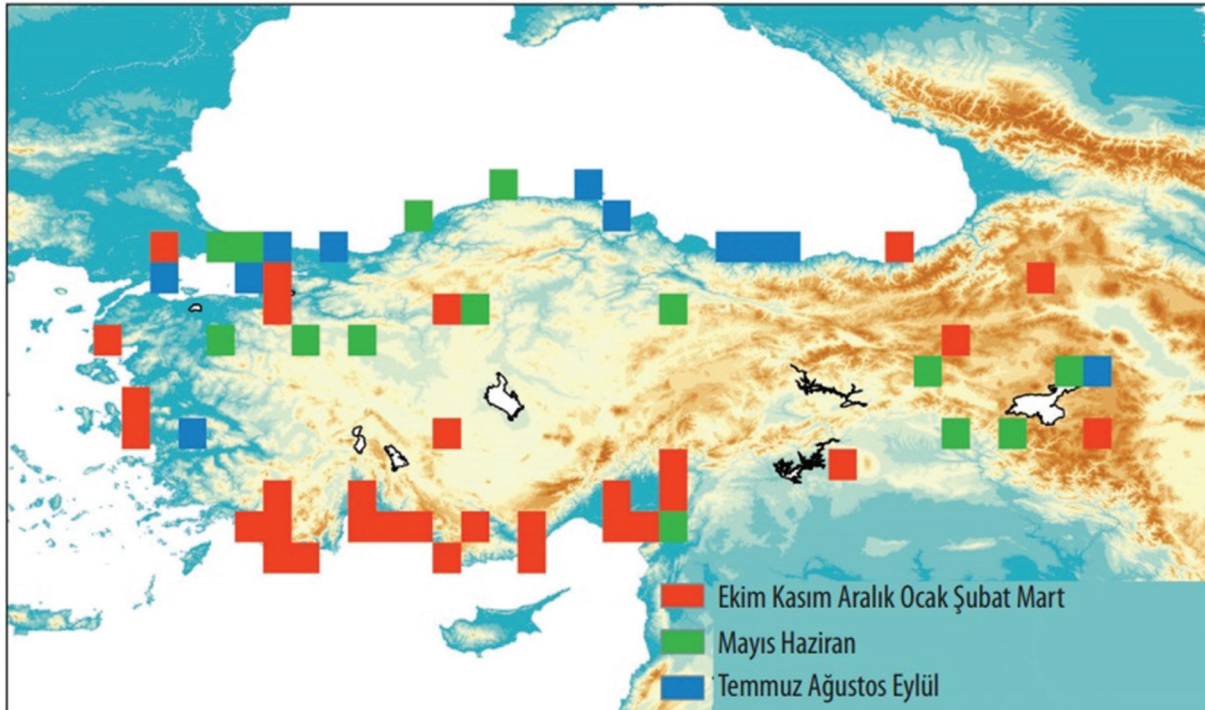
Şekil 7. Türkiye'de hortum vakalarının coğrafi dağılımı. "MAR+BLA" ve "MED+EGE", sırasıyla Marmara ve Karadeniz, Akdeniz ve Ege Denizleri çevresindeki kıyı bölgelerini ifade eder. Anadolu Yarımadası'nın orta ve doğu iç kısımları "IN+EA", olarak ifade edilirken ve batı iç kısımları "WST" olarak belirtilir (Kahraman ve Markowski, 2014).

Figure 7. The geographical distribution of cases in Turkey hoses. "MAR + BLA" and "MED + EGE" refer to the coastal regions around the Marmara and Black Sea, Mediterranean and Aegean Seas, respectively. Central and eastern inner parts of the Anatolian Peninsula are denoted as "IN + EA" and western inner parts are indicated as "WST" (Kahraman & Markowski, 2014).

Türkiye'de rapor edilen hortumların mekansal dağılımı son derece heterojendir (Şekil 7). Öyle ki, Türkiye kıyıları boyunca çok daha yüksek bir hortum yoğunluğu göze çarpar ve nüfus yoğunluğunun nispeten daha düşük olduğu iç kesimlerde ise belirgin bir şekilde daha az bir hortum yoğunluğu vardır (Kahraman & Markowski, 2014). Hortumların, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde, kamera ve fotoğraf makinaları gibi araçlarla kaydedilmesi ve çeşitli medya araçlarında paylaşılması böylelikle daha fazla kayıt altına alınması bu durumun temel sebebidir.

Haritada görüldüğü üzere, Türkiye özelinde uzun yıllar hortum vakalarına bakılacak olursa; büyük bir kısmının kıyılarda yoğunlaştığını ve buna istinaden bunların çoğunluğunun su hor-

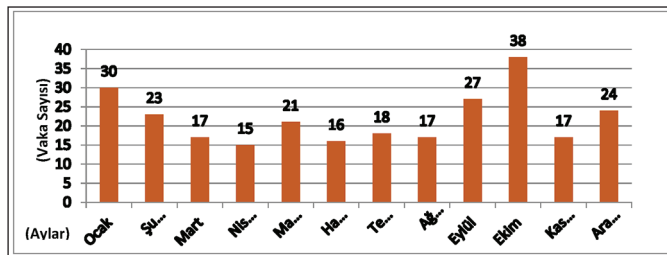
tumlarından meydana geldiği belirtilebilir. Burada ki önemli husus Dünya'nın başka noktalarında olduğu gibi genel itibari ile Anadolu Yarımada'sında gezici orta enlem siklonlarının neden olduğu gök gürültülü fırtına olaylarına bağlı olarak oluşan hortumlar için uygun atmosfer koşulları, Türkiye'de de gelişme imkânı bulabilmektedir (Türkeş, 2015). Hortum hadiselerinin coğrafi dağılımı, mevsimlere bağlı olarak değişmektedir (Şekil 8). Türkiye kıyıları boyunca hortum yoğunluğunun fazla olmasında; kıyılardaki yerleşim yerlerinde, neredeyse yaşanan her hortum hadisesinin raporlanması haricinde, Türkiye'nin fiziki coğrafi yapısı, deniz suyu sıcaklığı ve genel atmosfer dolaşımının mevsimlik dağılımının da göz önünde bulundurulması gerekir.



Şekil 8. Türkiye'de görülen Hortumların mevsimsel dağılım haritası (Bozkurt, 2011).

Figure 8. Seasonal distribution map of tornadoes seen in Turkey (Bozkurt, 2011).

Akdeniz ve Ege kıyılarında kış, Karadeniz kıyılarında yaz aylarında, iç kesimlerde ise bahar aylarında hortum vakaları yoğunluk kazanır. Bu tür bir dağılımın altında fiziki coğrafya faktörleri ve gezici siklonların hareket güzergahları oldukça önemlidir. Örneğin Türkiye’de hortum vakalarının sıkça görüldüğü Akdeniz kıyılarında, kış ayları boyunca güneybatıdan gelen cephe sistemleri ve genel yapısı itibari ile saatin tersi istikamet de yapmış olduğu dönüş hareketi ile kuzeyden çekmiş olduğu soğuk hava, Akdeniz’in sıcak suları ile etkileşime girerek büyük kararsızlık koşulları oluşturur ve zıt karakterli hava kütleleri arasında cephe sistemleri gelişir (Erinç, 1996). Tüm bunların yanında Antalya körfezini çevreleyen dağlar güneyden gelen nemli havayı konverjansa, dolayısıyla yükselmeye zorlar (Şen & Göktürk, 2006). Antalya Körfezinde güneyli hava akımlarının körfezi çevreleyen yüksek dağlık alanlar arasında yön değişikliğine yol açıp bir yakınsama zonu oluşturmaktadır. Bu faktörde halihazırda hortum için yükselici hava hareketlerinin ve rüzgâr şiri’nin ortaya çıkmasında destekleyici bir rol oynar. Bu faktörler özellikle Akdeniz kıyılarında hortum şartlarını sağlayan önemli parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu özelliğinden dolayı Kahraman ve Markowski (2014), yaptıkları çalışmada Türkiye de hortum olaylarının en sık yaşandığı yer olarak Antalya ve Anamur arasındaki kıyı kesimi görülmektedir. Bunun yanında Karadeniz bölgesinde su sıcaklığının arttığı bahar ve yaz aylarında kuzeyden sarkan soğuk hava kaçaıklarına tepki olarak büyük kararsızlık koşulları yaratılır ve bu mevsimde hortum vakaları artar (Bozkurt, 2011). İç kesimlerde ise karasal yapısı nedeniyle güneş ışınlarının açısız olarak artması, yüzeyde büyük ısınma yaratır. Bunun yanında alt seviyelerde bahar yağışları ve dağlardan ve/veya yüzeyde var olan kar örtüsünün erimesi neticesinde akarsular ve toprak içerisindeki nemliliği arttırarak yüzeyde olası bir nem kaynağı yaratır (Bozkurt, 2011). Buna bağlı olarak üst seviyedeki soğuk havalar ile karşılaştıklarında güçlü konveksiyonel hareketlerle hortum oluşum ihtimalini kuvvetlendirir. Türkiye’de bölgeler arası iklimatik farklılıklara da ve atmosferik koşullara bağlı olarak her mevsimde hortum oluşumları görülmekte, fakat özellikle kış ve ilkbahar aylarının hortum sayıları açısından bir üstünlüğü bulunmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. 1997-2015 yılları arasında Türkiye’de meydana gelen hortum vakalarının aylık analizi (Yavuz vd., 2015).

Figure 9. Between the years 1997-2015 monthly analysis of tornado cases occurred in Turkey (Yavuz et al., 2015).

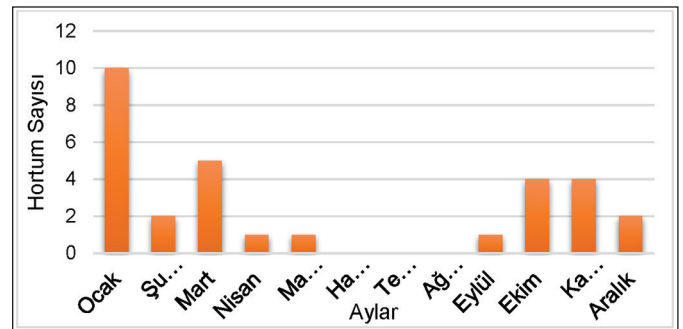
Son yıllarda ülkemizde yaşanan bazı hortumlar can kayıplarına yol açmıştır. 09.04.2012 tarihinde Elâzığ’ın Maden ilçesinde gerçekleşen hortum, 6 kişinin ölümüne yol açmıştır (NTV, 2012). 19.06.2004 tarihinde Ankara’nın Çubuk ilçesinin Sönlü köyünde meydana gelen hortum, 3 kişinin ölümüne yol açmıştır (Hürriyet, 2004). 12.10.2011 tarihinde Balıkesir İli Dursunbey ilçesi’nin Hondular ve Göğü köylerinde yaşanan hortumda 1 kişi yaşamını yitirmiştir (Hürriyet, 2011). 12.05.2013 tarihinde, Mardin’in Kızıltepe ilçesinde yaşanan hortum olayında Çat

talca Köyü’nde 1 kişi yaşamını yitirmiştir (Beyazgazete, 2013). Bütün bu hortum olaylarında çok sayıda yaralanmalar olmuş, çok sayıda konut iş yeri zarar görmüş ve ağaçlar devrilmiştir. 24-01.2019 tarihinde Antalya’nın Kumluca İlçesi’nde yaşanan hortum neticesinde Karşıyaka mahallesinde 1 kişi yaşamını yitirmiştir.

4. Bulgular

4.1. Yaşanan Hortum Olayları ve Meteorolojik Analizler

Çalışma sahasında Ocak 2010-Ocak 2019 dönemleri arasında yaşanan hortum olaylarının tespiti amacıyla, başta yerel ve ulusal çapta internet haber siteleri taraması yapılmıştır. Yerelde ise Finike ve Kumluca İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri, İlçe Kaymakamlıkları Hasar Tespit Komisyonları tarafından yapılmış çalışmalar özetlenerek, hortum hadisesi yaşanan tarih ve lokasyonlar saptanmaya çalışılmıştır. Hasar tespit komisyonu raporlarındaki veriler ile diğer araçlardan toplanan veriler karşılaştırılarak Finike ve Kumluca’da yaşanan hortum hadisesinin tarihleri listesi oluşturulmuştur. Aynı tarihlerde her iki lokasyonda yaşanan hortum hadisesi iki ayrı olay olarak değerlendirilmiş ve sayılmıştır. Yine örnek olarak 24/26.01.2019 gibi periyot ifade eden veri tarihleri 2 hadise olarak sayılmıştır. Buna göre yaşanan toplam hortum sayısı 30’dur. Hortum olaylarının aylara göre dağılışı incelendiğinde hortumun en fazla Ocak ayında 10 hortum olayının gerçekleştiği görülmektedir. Ocak ayını mart, ekim ve kasım ayları izlemektedir (Şekil 10). Mevsimsel açıdan bakıldığında hortum olayı en fazla kış aylarında gerçekleşmektedir. Sonbahar mevsimi ise yaz ve ilkbahara göre daha fazla hortum hadisesinin yaşandığı mevsim olmaktadır. Ancak burada şunu belirtmek gerekir; tespit edilen hortumlar zarar oluşturan ve bir şekilde haber konusu olan hortumlardır.

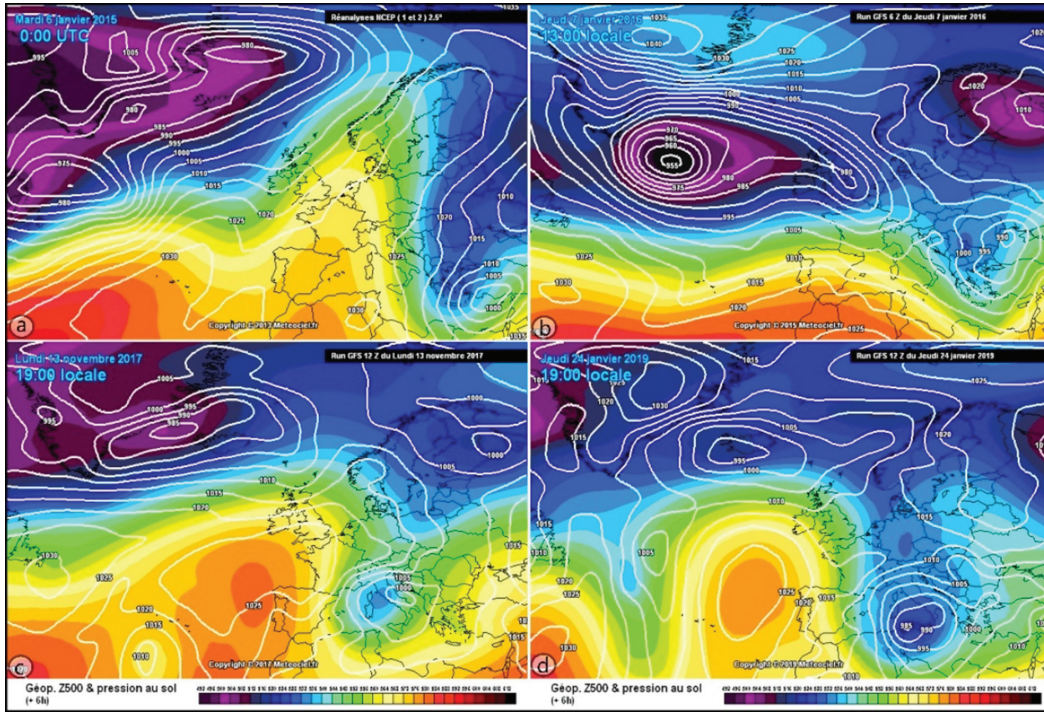


Şekil 10. Finike ve Kumluca’da 2010-2019 Arasında yaşanan hortum olaylarının aylara göre dağılışı.

Figure 10. Distribution of the tornado events in Finike and Kumluca between 2010-2019 by months.

Çalışma sahasında gerçekleşen hortumların oluşum koşullarını değerlendirmek amacıyla, hortum hadisesinin yaşandığı dört farklı tarih, meteorolojik koşullar açısından irdelenmiştir. Bu tarihler; 06.01.2015, 07.01.2016, 13.11.2017, 24.01.2019’dur. Bu tarihlerde vuku bulan hortum olaylarının açıklanabilmesi için öncelikle sinoptik gözlem verileri değerlendirilmiştir.

Antalya Körfezi çevresi yıl boyunca sık sık Akdeniz’in orta kesimlerinden gelen cephelerin etkisinde kalmaktadır. Bu bölgede meydana gelen su hortumları da bu cephe sistemleri ile yakından ilişkilidir. Hortum hadisesinin gerçekleştiği günlere ait Avrupa kıtasının 500 hPa sinoptik haritasına baktığımızda hepsinde ortak olan; özellikle Akdeniz’in doğusunda Ege De-

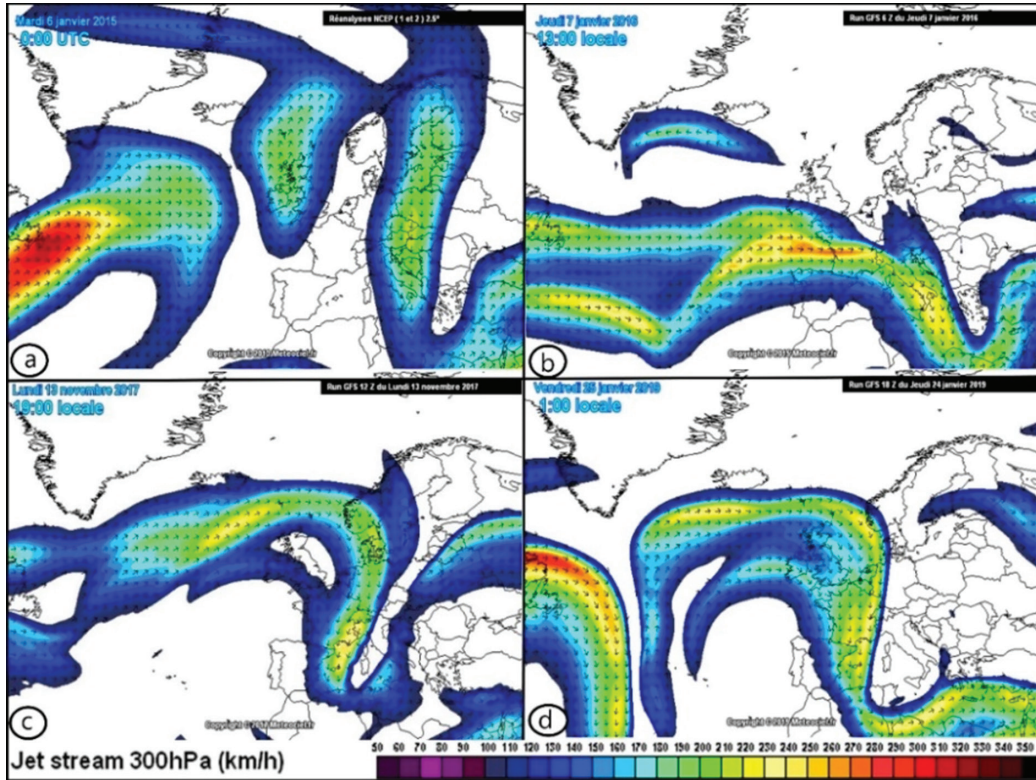


Şekil 11. Küresel Tahmin Sistemi (Global Forecast System(Gfs) Sayısal hava tahmin modeli'nin 500 hpa 6 Saatlik Avrupa Kitası Sinoptik Haritası a:06.01.2015 Saat 00:00 (UTC), b: 07. 01.2016 13:00, c:13.11.2017 Saat 19:00, d. 24.01.2019 Saat 19:00, (Kaynak: <https://www.meteociel.fr/modeles/archives/archives.php?day=13>) (Meteociel.fr, 2020).

Figure 11. Global Forecast System (Gfs) 500 hpa 6-Hour European Continent Synoptic Map of the digital weather forecast model a: 06.01.2015 00:00 (UTC), b: 07.01.2016 13:00, c: 13.11.2017 at 19:00, d.24.01.2019 at 19:00.

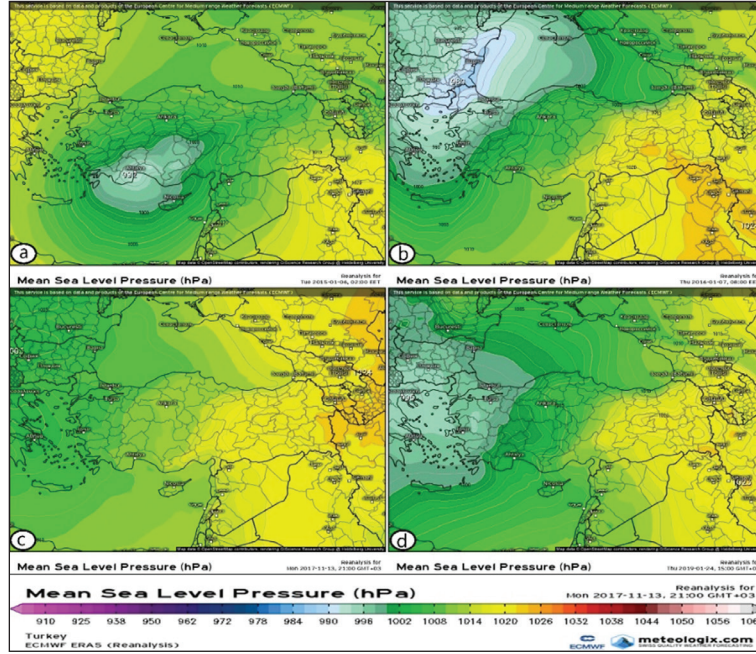
nizi çevresinde alçak basınç sistemlerinin görülmesidir (Şekil 11). Bu alçak basınç sistemlerinin doğuya doğru ilerlemekte olduğu, soğuk cephenin de Türkiye'ye doğru yaklaştığı bir diğer ortak özelliktir.

Küresel Tahmin Sistemi (Gfs) Sayısal Hava Tahmin Modelleri incelendiğinde 300 hPa basınç seviyesinde Batı-Doğu yönlü yüksek hızlı Jet Stream rüzgarlarının Antalya Körfezi çevresinde GB-KD (Güneybatı-Kuzeydoğu) yönelimleri hortum hadiselerinin yaşandığı bütün günlerin ortak özelliğidir (Şekil 12).



Şekil 12. Küresel Tahmin Sistemi (Global Forecast System(Gfs) Sayısal hava tahmin modeli'nin Avrupa Kitası 6 Saatlik 300 hPa Jet Stream Haritası Avrupa Kitası Sinoptik Haritası a: 06.01.2015 Saat (UTC) 00:00, b: 07.01.2016 13:00 2016 13:00, c:13.11.2017 Saat 19:00, d. 25.01.2019 Saat 19:00 (Kaynak: <https://www.meteociel.fr/modeles/archives/archives.php?day=13>) (Meteociel.fr, 2020).

Figure 12. Global Forecast System (Gfs) European Continent 6-Hour 300 hPa Jet Stream Map of the Digital Forecast Model European Continent Synoptic Map a: 06.01.2015 time 00:00 (UTC), b: 07.01.2016 13:00 2016 13:00, c: 13.11.2017 19:00, 25.01.2019 19:00.

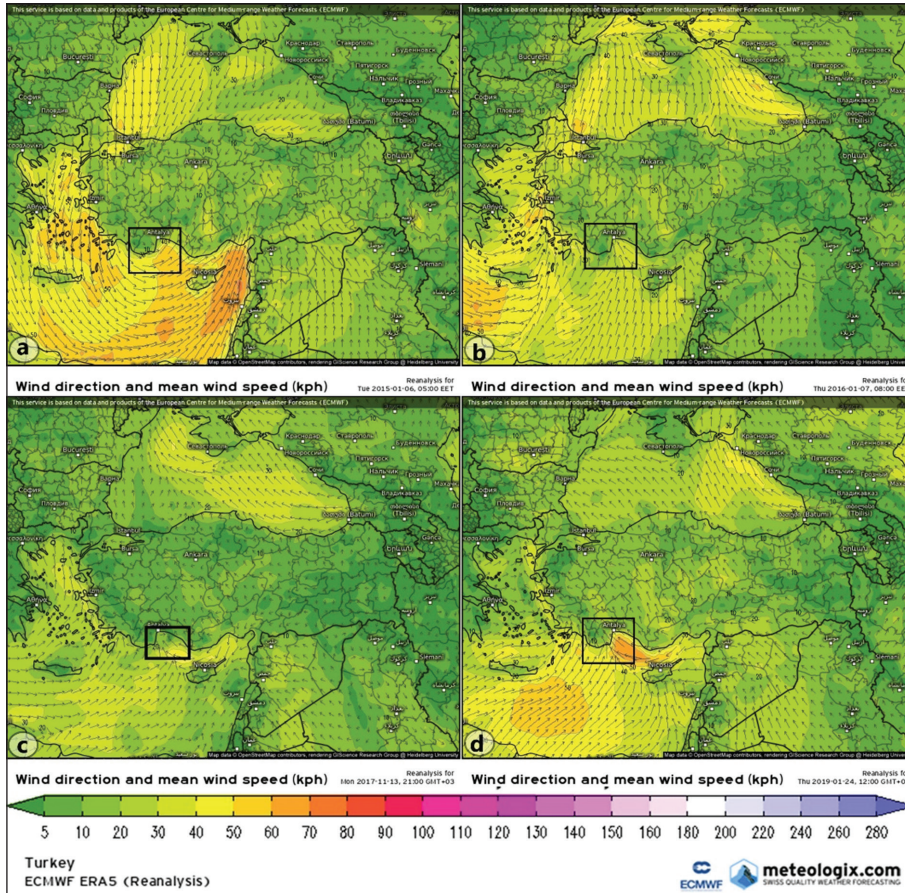


Şekil 13. ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi) Era5 Uydusu modeli Deniz Seviyesi Ortalama Basınç Değerleri Haritaları a:06.01.2015 Saat 02:00 EET, b:07.01.2016 08:00 EET, c:13.11.2017 Saat 21:00 GMT, d. 24.01.2019 Saat 15:00 GMT (<https://meteologix.com/tr/reanalysis/ecmwf-era5/turkey/wind-mean-direction/20171113-1800z.html>).

Figure 13. ECMWF (European Center for Medium Term Weather Forecasts) Era5 Satellite model Sea Level Average Pressure Values Maps a: 06.01.2015 02:00 EET, b: 07.01.2016 08:00 EET, c: 13.11.2017 Time 21: 00 GMT, d. 24.01.2019 at 15:00 GMT.

ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi) Era 5 Uydusu modeli Deniz Seviyesi Ortalama Basınç Değerleri Haritalarında Batı Anadolu ve Ege Denizi çevresinde basınç değerlerinin düştüğü görülmektedir (Şekil 13).

Çalışma sahası için seçilen ve hortum hadiselerinin yaşandığı günler için oluşturulan ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi) Era 5 Uydusu Prognostik (öngörümse, kestirimsel) modelleri incelendiğinde özellikle Antalya Körfezi

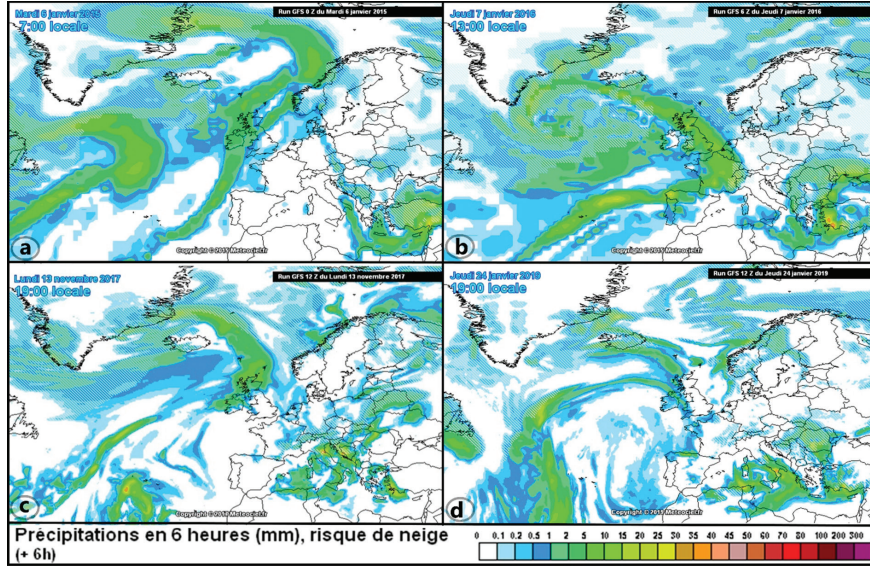


Şekil 14. ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi) Era5 Uydusu Prognostik modeli a:06.01.2015 Saat 05:00 EET, b:07.01.2016 08:00 EET, c:13.11.2017 Saat 21:00 GMT, d. 24.01.2019 Saat 12:00 GMT (<https://meteologix.com/tr/reanalysis/ecmwf-era5/turkey/wind-mean-direction/20171113-1800z.html>) (Meteologix, 2020).

Figure 14. ECMWF (European Center for Medium Term Weather Forecasts) Era5 Satellite Prognostic model a: 06.01.2015 at 05:00 EET, b: 07.01.2016 08:00 EET, c: 13.11.2017 at 21:00 GMT, d. 24.01.2019 at 12:00 GMT.

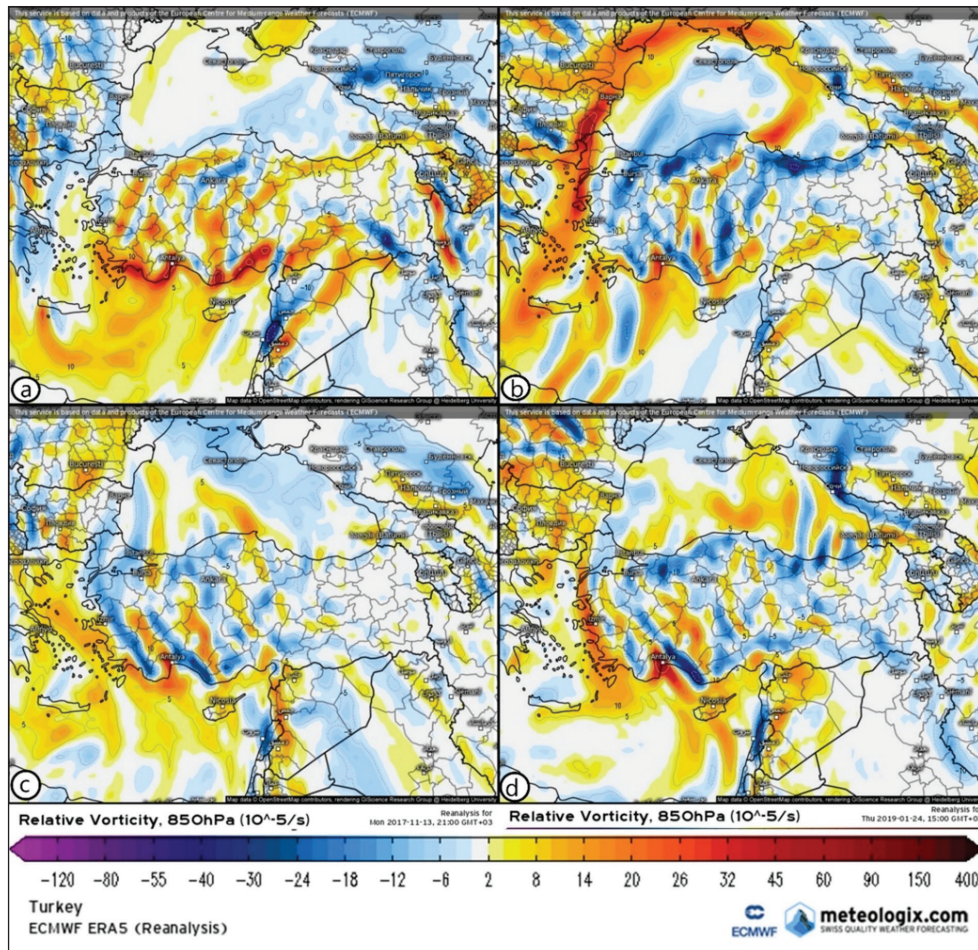
ve yakın çevresinde yer seviyesindeki rüzgârın kavuşum özelliği gösterdiği açıkça görülmektedir (Şekil 14). Körfezin batısında yer alan dağlık sahadan GD (körfeze doğru), güneyden ve güneydoğudan körfeze ilerleyen rüzgârların Kemer açıkları ve Antalya Körfezi'nde karşılaştığı ve konverjans alanı oluşturarak, hava kütlelerini yükselime zorlaması hortum hadisesinin gelişiminde önemli pay sahibi olan etmenlerden biridir.

Hortum oluşumlarının meydana geldiği 06.01.2015, 07.01.2016, 13.11.2017, 24.01.2019 tarihlerinin ortak bir özelliği de yörelin yağışlı hava koşullarına sahip olmasıdır (Şekil 15). Özellikle doğuya doğru ilerleyen soğuk cephe hatlarının yağış oluşumundaki payı yüksektir.



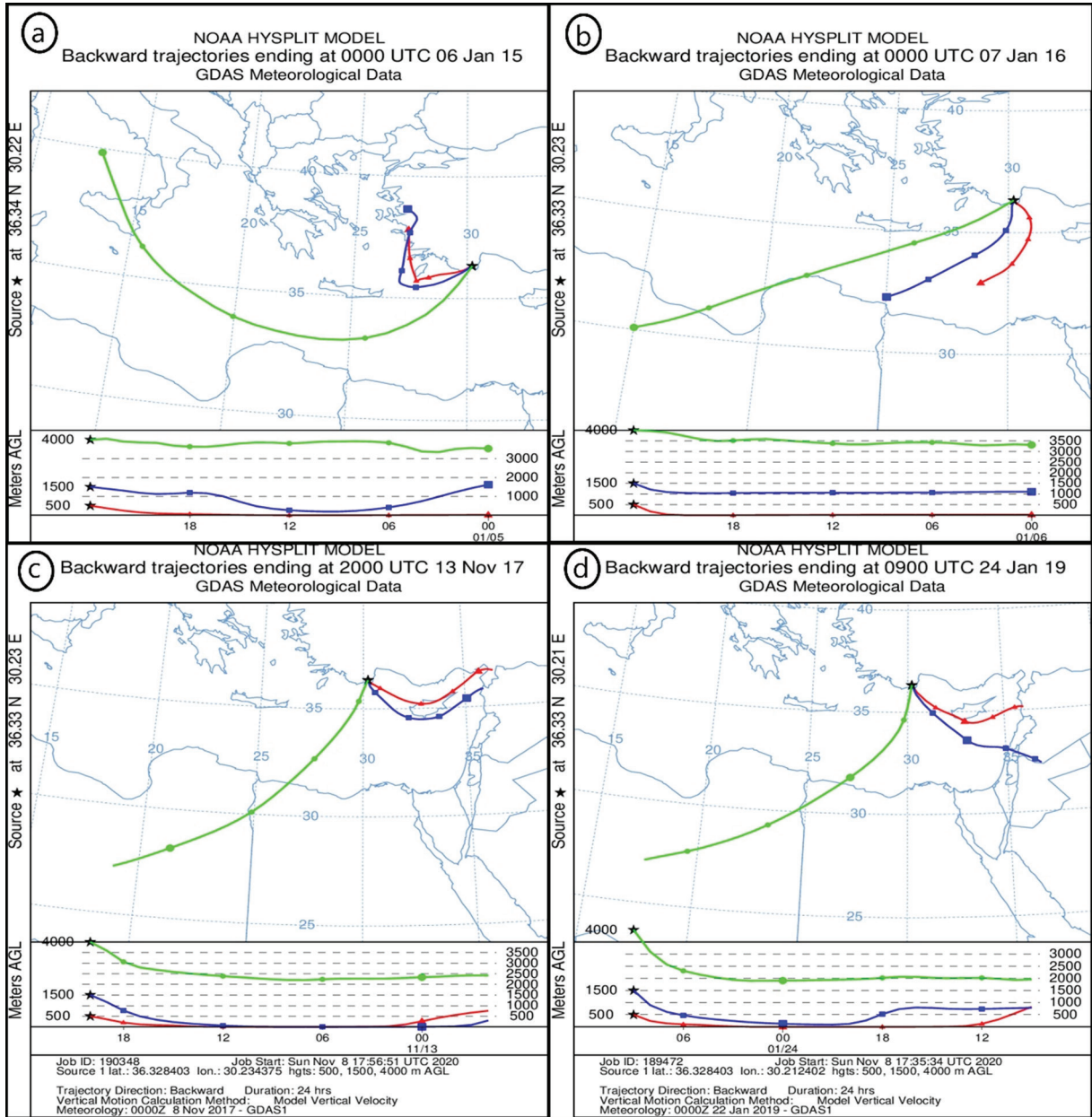
Şekil 15. Global Forecast System (Gfs) Sayısal Hava Tahmin Modeli'nin Avrupa Kıtası 6 Saatlik Yağış Tahmin Haritası. a:06.01.2015 Saat 07:00, b:07.01.2016 13:00, c:13.11.2017 Saat 19:00, d. 24.01.2019 Saat 19:00 (Kaynak: <https://www.meteociel.fr/modeles/archives/archives.php>) (Meteociel.fr, 2020).

Figure 15. European Continent 6-Hour Precipitation Forecast Map of the Global Forecast System (Gfs) Digital Weather Forecast Model. a: 06.01.2015 at 07:00, b: 07.01.2016 at 13:00, c: 13.11.2017 at 19:00, d. 24.01.2019 at 19:00.



Şekil 16. Relative Vorticity Era5 uyudusu Prognostik modeli a:06.01.2015, b:07.01.2016, c:13.11.2017 Saat 21:00, d: 24.01.2019 Saat 15:00 (<https://meteologix.com/tr/reanalysis/ecmwf-era5/turkey/relative-vorticity-850mb/20171113-1800z.html>) (Meteologix, 2020).

Figure 16. Relative Vorticity Era5 sleep Prognostic model a: 06.01.2015, b: 07.01.2016, c: 13.11.2017 at 21:00, d: 24.01.2019 at 15:00.



Şekil 17. Hysplit Trajectory Modeli a:06.01.2015, b:07.01.2016, c:13.11.2017, d:24.01.2019 (Kaynak: <https://www.ready.noaa.gov/hypub-bin/trajtype.pl?runtype=archive>).

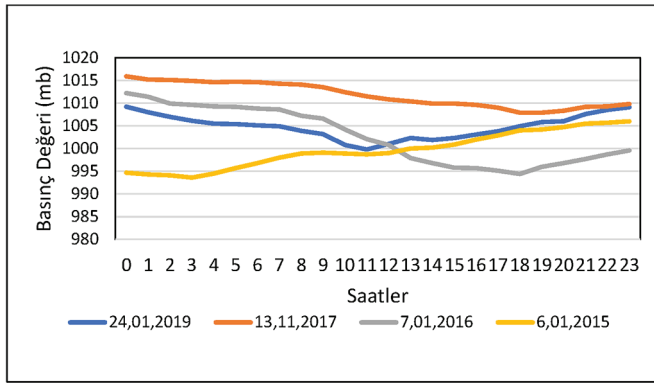
Figure 17. Hysplit Trajectory Model a: 06.01.2015, b: 07.01.2016, c: 13.11.2017, d: 24.01.2019.

Atmosfer katları boyunca rüzgârın yön değiştirmesine yani rüzgâr şir'lerine bağlı olarak Vortisite olarak ifade edilen havanın belli bir eksen boyunca saat yönü veya tersi yönüne burgaç hareketi oluşmaktadır. Hortum yaşanan tarihlere ait Relative Vortisitenin (Nisbi Girdap) modellendiği Şekil-16 incelendiğinde Antalya Körfezinin batı kıyıları boyunca nisbi girdabın oldukça kuvvetli olduğu görülmektedir. Bu durum ise Antalya Körfezi batı kıyılarında hava katmanları boyunca rüzgârın yön değişikliğine uğrayarak girdaplar meydana getirdiği ve bu suretle konverjansın geliştiği ifade edilebilir.

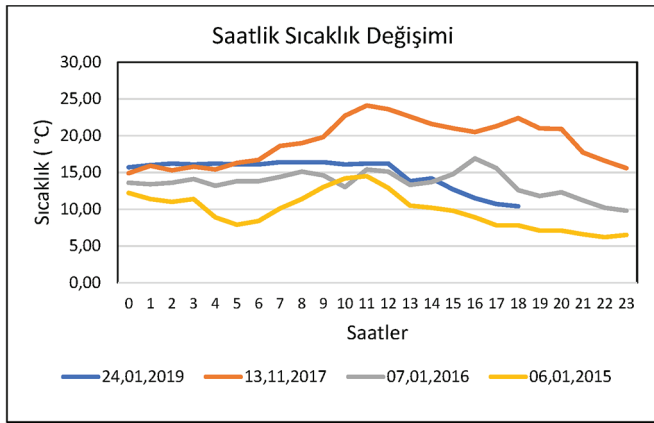
Tespit edilen günler için NOAA (Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi)'nin Global Veri Asimilasyon Sistemi (GDAS) arşiv verilerinden yararlanılarak HYSPLIT (The Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) modeli üretilmiştir (Stein vd. 2020). Bütün günlere ait modellere bakıldığında 500, 1500, 4000 metre seviyelerinde yöreye esen üst atmosfer rüzgârlarının gelişim gösterdiği kaynak noktalarından itibaren özellikle 500 ve 1500 metre seviyelerindeki rüzgâr-

ların Antalya Körfezine kadar deniz yüzeyine paralel ilerlediği görülmektedir (Şekil 17). Üç farklı rüzgâr seviyesinin Antalya Körfezi ve özellikle modelde nihai hedef olarak belirlenen yöre üzerinde yükselim hareketi göstererek 500-1500-4000 metre irtifalarına ulaştığı dikkat çekmektedir. Model, farklı yönlerden körfeze esen rüzgârların bir noktadan itibaren karşılaşıp yükselime zorlandığı ve bir konverjans alanı yarattığı hipotezini de oldukça destekler niteliktedir.

Çalışma sahasında, ocak ayı basınç ortalaması 1016,6 mb olurken, kasım ayı basınç ortalaması 1017 mb'dir. Hortumun yaşandığı günler için Finike Meteoroloji İstasyonu saatlik ölçüm verileri değerlendirildiğinde basınç değerlerinin ilgili aylara ait ortalamaların çok altına düştüğü, görülmektedir (Şekil 18). Sahanın ocak ayı sıcaklık ortalaması 11 °C, kasım ayı sıcaklık ortalaması 17 °C'dir. Hortum yaşanan günlerde, sıcaklık değerlerinin ilgili ay ortalama değerlerine göre yükseldiği anlaşılmaktadır (Şekil 19).



Şekil 18. Saatlik basınç değişim grafiği.
Figure 18. Hourly pressure change graph.



Şekil 19. Saatlik sıcaklık değişim grafiği.
Figure 19. Hourly temperature change graph.

Finike ve Kumluca meteoroloji istasyonlarının verileri incelendiğinde, hortum hadiselerinin gerçekleştiği günlerde genellikle rüzgârın da şiddetlendiği ve fırtına karakteri kazandığı görülmektedir. Ortalamaların aksine rüzgarların daha çok Güney ve Batı sektörlü estiği dikkat çeken bir husustur. Deniz suyu sıcaklıklarında ise 06.01.2015 tarihinde ay ortalamasından 1,4 C gibi daha yüksek bir değer kaydedilmiştir. Diğer günlerde aylık ortalamaya yakın fakat aylık ortalamadan daha düşük değerler ölçülmüştür (Tablo 3).

4.2. Hortum Olaylarının Oluşturduğu Etki ve Hasarlar

Çalışma sahasında yaşanan hortum hadiselerinin oluşturduğu can ve mal kayıpları söz konusudur. Finike ve Kumluca'da 24.01.2019 tarihinde, hortum nedeni ile evin çatısından uçan parçanın isabet ettiği 1 kişi yaşamını kaybetmiş, bir kişi ise ağır yaralanmıştır. Özellikle örtü altı tarımın yapıldığı Finike ve Kumluca ovalarında hortum hadiselerinin verdiği zararlar sıklıkla ülke gündeminde de konu olmaktadır. Görgü tanıklarının

ifadesi ve zarar gören tarım alanları değerlendirildiğinde, hortumların çoğunlukla deniz üzerinde meydana geldiği ve karaya doğru ilerleyerek 6-7 km sonra bittikleri veya enerjilerini kaybettikleri anlaşılmaktadır.

Hortum için ortam koşullarının sinoptik ve yerel meteorolojik gözlemler kullanılarak değerlendirildiği tarihler için hasar durumları incelendiğinde; İlçe Hasar Tespit Komisyonu verisine göre, 6.01.2015 tarihinde oluşan hortumda Kumluca İlçesi Beykonak Mahallesi'nde 111,6 da sera alanının zarar gördüğü ve toplam maddi kayıp miktarının 1.664.646 TL olduğu anlaşılmaktadır. 07.01.2016 Tarihinde Kumluca'da Göksu, Haciveliler Salur ve Kavakköy mahallelerinde toplam 50 da tarım alanı zarar görmüş, 768.751 TL zarar oluşmuştur. 13.11.2017 tarihinde Kumluca İlçesi Maviken, Kasapçayırı, Beşikçi, Beykonak, Erentepe, Sarıkavak mahallelerinde toplam 603,16 da sera alanı zarar görmüş, toplam maddi kayıp miktarı ise 21.505.074,997 TL olmuştur. Aynı tarihte Finike İlçe Hasar Tespit Komisyonu 8.737.395,8 TL maddi hasar kaydı yapmıştır. 24.01.2019 tarihinde Kumluca İlçe Hasar Tespit Komisyonu ilçe genelinde 2.282,26 da bahçe, sera, tarla, tesis alanının afetten zarar gördüğünü ve toplam maddi kaybın 53.979.593,72 TL olduğunu tutanak altına almıştır. Finike'de ise Arif, Asarönü, Hasyurt, İskele, Sahilkent, Saklısu, Turunçova, Yalnız, Yeşilköy, Yeşilyurt mahallelerinde dolu, hortum, fırtına ve sel olaylarının toplam 7.106,894 da tarım alanını etkileyerek toplam 17.103.069,39 TL maddi kayıp oluşturduğu olduğu kayda alınmıştır (Tablo 4).

Çalışma kapsamında, Kumluca ve Finike ovalarında 24-26.01.2019 tarihinde yaşanan hortum afetinin etkileri yerinde değerlendirilmiştir. Aynı gün hortum ile birlikte fırtına ve yer yer de dolu yağışı ile bazı noktalarda sel hadiseleri yaşanmıştır. Kumluca'da fırtına ve Hortum 24.01.2019 tarihinde Karşıyaka mahallesinde 1 kişinin ölümüne ve Kum, Karşıyaka, Kasapçayırı, Beykonak mahallelerinde toplam 4 evin çatılarını uçurarak yıkımına sebep olmuştur. Aynı gün öğle saatlerinde denizden gelen hortum 50-100 m eninde yaklaşık 5 km uzunluğunda bir hat boyunca örtü altı tarım alanları üzerindeki PVC sera naylonlarını yırtmak ve uçurmak suretiyle büyük zarar oluşturmuştur (Fotoğraf 2-3). Hortum, çok sayıda seranın ise metal aksamalarını bükme, kısmen yerinden sökmek suretiyle kullanılmaz hale getirmiştir. Üzeri cam ile örtülü tarım alanlarında ise camların kırılmasına ve cam parçalarının etrafa saçılmasına sebep olmuştur. Üzeri cam ile örtülü seralarda camların kırılması hiç kuşkusuz toprağın yeniden kullanılmasında büyük zorluklar oluşturmaktadır. Aynı gün Finike'de de seralarda büyük maddi hasar meydana gelmiştir. Finike Sahilkent'te ayrıca hortum esnasında seyir halinde olan otomobiller kazaya karışarak maddi hasarlı duruma gelmiştir.

Tablo 3. Hortum yaşanan günlerde günlük kuvvetli rüzgar yön ve hızı ile günlük ortalama deniz suyu sıcaklığı verileri.

Table 3. Daily strong wind direction and speed and daily average sea water temperature data.

Tarihler	Finike Günlük Kuvvetli Rüzgâr Yön ve Hızı (m/sn)	Kumluca Günlük Kuvvetli Rüzgâr Yön ve Hızı (m/sn)	Finike Aylık Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)	Finike Günlük Ortalama Deniz Suyu Sıcaklığı	Finike Aylık Deniz Suyu Sıcaklık Ortalaması
6.01.2015	W 13	Rasat Yok	2	18,8	17,41
7.01.2016	SSW 12,9	Rasat Yok	2	17,2	17,41
13.11.2017	SE 9,3	Rasat Yok	1,9	21,4	22,47
24.01.2019	SW 14,9	WSW 31,7	2	17,3	17,41

Tablo 4. İlçe Hasar Tespit Komisyonları çalışmalarına göre yaşanan meteorolojik afetler ve etkileri.**Table 4.** Meteorological disasters and their effects according to the studies of District Damage Assessment Commissions.

Tarih	İlçe	Mevkii	Yaşanan Olay	Etkisi
23.12.2011	Kumluca	Beykonak Köyü ve Beşikçi Köyü	Fırtına ve Hortum	10 da (Dekar) sera alanı, toplam 328.800 TL Zarar
7.01.2012	Kumluca	Beykonak Köyü	Sağanak Yağmur, Fırtına ve Hortum	21,9 da sera alanında hasar
4.03.2014	Kumluca	Salur, Kum ve Beykonak Mahallelerinde	Hortum ve Fırtına	Salur'da 2 da Sera 16.800 tl zarar, Kum'da 9,7 da Sera 50,468 tl zarar, Beykonak'ta 19 da sera 207.048 TL Zarar
11.05.2014	Kumluca		Hortum	
24.10.2014	Kumluca	Mavikent ve Salur Mahalleleri	Hortum ve Fırtına	Mavikent'te 58.5 da sera 1.453.337 TL ZARAR, Salur'da 0,25 da. Sera 7.734 TL Zarar
9.12.2014	Finike	Hasyurt, İskele, Yeşilyurt	Dolu, Yağmur, Hortum	29,4 da sera ve tarım alanında 144.481,25 TL Zarar
6.01.2015	Kumluca	Beykonak	Hortum ve Fırtına	111,6 da sera ve tarım alanında 1.664.646 TL Zarar
14.03.2015	Finike	Hasyurt, Sahilkent	Fırtına, Hortum	57,71 da sera ve tarım alanında 262.718 TL Zarar
21.03.2015	Finike	Yalnız	Fırtına, Hortum	21,18 da sera ve tarım alanında 422.023 TL Zarar
31.03.2015	Kumluca	Adrasan, Beykonak Mahalleleri	Hortum	Adrasan'da 3,5 da sera ve tarım alanında 26.250 tl, Beykonak 7,7 da Sera 186.453 TL Zarar
01/13.01.2016	Finike	Hasyurt, Sahilkent, Yazır	Fırtına, Yağmur, Don, Hortum	47,58 da sera ve tarım alanında 324.534,7 TL Zarar
7.01.2016	Kumluca	Göksu, Haciveliler Salur ve Kavakköy Mahalleleri	Hortum	Göksu'da 1 da 720 tl zarar, Haciveliler'de 40.75 da sera 608.365 tl zarar, Kavakköy'de 8.375 da 159.666 TL Zarar,
17.01.2016	Finike	Arif, Hasyurt, Sahilkent, Yeşilköy	Fırtına, Hortum	47,5 da sera ve tarım alanında 216.721,25 TL Zarar
22.02.2016	Finike	Arif, Yazır, Yeşilköy	Fırtına, Hortum	50,8 da sera ve tarım alanında 75.422,5 TL Zarar
11.04.2016	Kumluca	Mavikent	Hortum	
20.09.2016	Kumluca	Beykonak, Yazır	Hortum ve Fırtına	Beykonak'ta 5.5 da 121.000 tl, Yazır 5.85 da 3.267 TL Zarar
30.11.2016	Finike	Hasyurt, Sahilkent	Fırtına, Hortum	11,3 da sera ve tarım alanında 68.900 TL Zarar
30.11.2016	Kumluca	Salur ve Karşıyaka	Hortum ve Fırtına	Salur'da 9,25 da Sera 315.813 TL, Karşıyaka'da 5 da sera 107.600 TL Zarar
10.01.2017	Kumluca	Haciveliler, Mavikent, Sarıcasu Mahalleleri	Hortum	Haciveliler'de 2 da sera 110.840 TL, Mavikent'te 2.50 da sera 34.250 TL, Sarıcasu'da 4 da sera 19.200 TL Zarar
18.02.2017	Kumluca	Kasapçayırı Mahallesi	Hortum	Kasapçayırı'nda 0,80 da sera ve tarım alanında 8.800 TL Zarar
8.10.2017	Kumluca	Mavikent Mahallesi	Hortum	Mavikent'te 14.10 da sera ve tarım alanında 70.240 TL Zarar
24.10.2017	Kumluca	Mavikent Mahallesi	Hortum	Mavikent'te 4.15 da sera ve tarım alanında 174.300 TL Zarar
13.11.2017	Kumluca	Mavikent, Kasapçayırı, Beşikçi, Beykonak, Eretepe, Sarıkavak Mahalleleri	Hortum ve Dolu	Mavikent'te 545,96 da 21.377.997 TL, Beşikçi'de 37.7 da sera 15,950 TL, Sarıkavak'ta 14 da 12.150 TL, Beykonak 'ta 5,50 da sera 24.750 TL Zarar
13.11.2017	Finike	Asarönü, Sahilkent, Turunçova,		
Yeşilyurt	Hortum, Fırtına, Dolu	1,307,40 da sera ve tarım alanında 8.737.395,8 TL Zarar		
18.01.2018	Kumluca	Salur ve Karacaören Mahalleleri	Hortum ve Fırtına	Salur'da 10.9 da sera 246.065,18 TL, Karacaören'de 5 da sera ve tarım alanında 36.125 TL Zarar
18.01.2018	Finike	Arif, Yalnız, Yeşilköy, Yazır, Dağbaş, Günçalı, Turunçova, Saklısu, Yeşilyurt, Asarönü	Fırtına ve Hortum	579 da sera ve tarım alanında 1.524.876,20 TL Zarar
9.03.2018	Kumluca	Salur Mahallesi	Hortum ve Fırtına	8 da sera ve tarım alanında 79.118,60 TL Zarar
24-26.01.2019	Kumluca	İlçe geneli	Hortum ve Fırtına	2.282,26 da sera ve tarım alanında 53.979.593,72 TL Zarar
24-26.01.2019	Finike	Arif, Asarönü, Hasyurt, İskele, Sahilkent, Saklısu, Turunçova, Yalnız, Yeşilköy, Yeşilyurt	Dolu, Hortum, Fırtına, Sel	7106,894 da sera ve tarım alanında 17.103.069,39 TL Zarar
19.10.2020	Finike,		Fırtına, Dolu, Hortum	

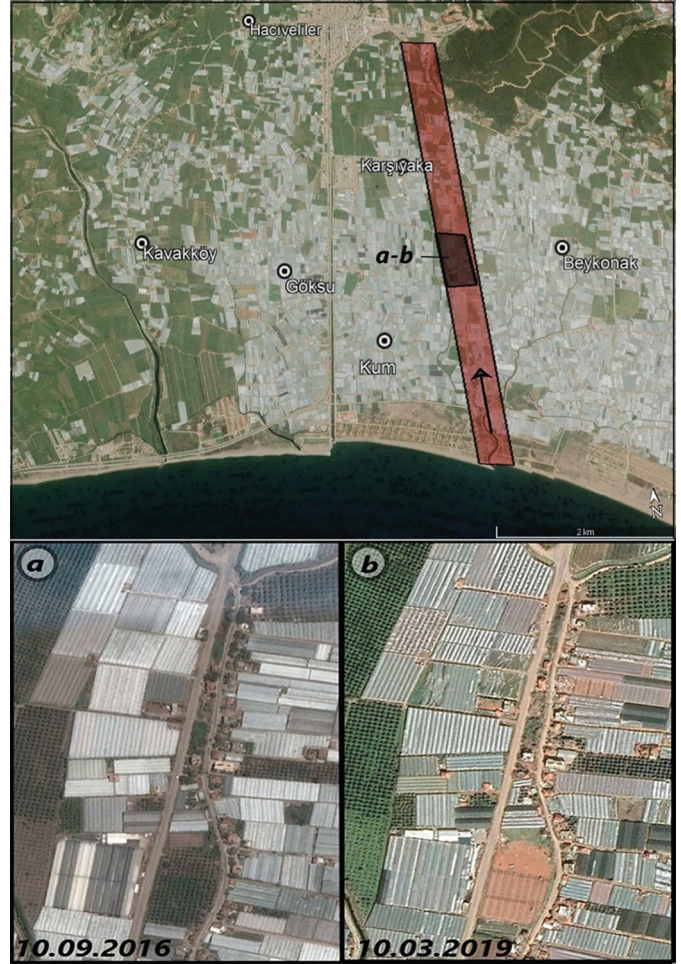


Fotoğraf 2. Kumluca'da hortumdan zarar görmüş seralardan görüntüler.
Photo 2. Images of greenhouses damaged by the tornado in Kumluca.



Fotoğraf 3. Hortumun etki hattından görüntüler.
Photo 3. Views from the tornado's line of influence.

24 Ocak 2019'da Kumluca ilçesi kıyısında veya kıyı açığına meydana gelen su hortumu ilçeye doğru ilerlemiş, kıyı ve hemen gerisindeki hat boyunca etkili olmuş ancak sıcaklık ve nem kaynağından (su yüzeyi) uzaklaşması neticesinde bir müddet sonra etkisini kaybetmiştir. Hortumun etki sahası şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 20. 24.01.2019'da gerçekleşen su hortumunun etki sahası. a: Su hortumunun oluşumundan önceki tarım alanı durumu, b: Su hortumu oluşuktan sonraki tarım alanı durumu.

Figure 20. Impact area of the tornado that took place on 24.01.2019. a: The agricultural field condition before the waterspout is formed, b: The agricultural field condition after the waterspout is formed.

5. Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışmalar sonucunda sinoptik dinamik şartlar değerlendirildiğinde su hortumlarının, özellikle kış aylarında yöreye batıdan yaklaşan alçak basınç merkezlerinin oluşturduğu soğuk cepheye kümülönümbüs (süperhücre) oluşumlarına bağlı olarak geliştiği fikrine ulaşılmıştır. Finike ve Kumluca ovalarının bulunduğu kesimin topografik yapısı incelendiğinde kısa mesafeler içerisinde büyük yükselti farkları görülmektedir. Beydağları, Tahtalı Dağı gibi yüksek kütlelerden alçalan soğuk havanın, Finike Körfezine doğru yaklaşması ve bu kesimde güneyden kuzeye doğru hareket eden, deniz üzerinde kısmen ılımanlaşmış ve nemlenmiş hava ile karşılaşması ve bu havayı yükseltmeye zorlaması su hortumlarının oluşum mekanizmasında önemli rol oynar.

Finike Ovası'ndaki Akçay ve Kumluca Ovası'ndaki Alakır Çayları denizden yani güneyden gelen hava kütlelerinin kısmen kuzeye doğru ilerleyebilecekleri bir koridor özelliği oluşturmaktadır. Bunun sonucunda bu oluğa giren şiddetli rüzgârların ilk etapta hızlanmasına karşılık, dağdan alçalan soğuk havanın meydana getirdiği rüzgâr makaslarının (wind shear) hortumlara neden olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Neticede Finike Körfezi ve Antalya Körfezi gibi sahaların fiziki coğrafya

özelliklerinin meydana getirdiği konverjans alanları hortumun gelişmesinde önemli faktörlerden biri olmaktadır. Nitekim Antalya Körfezi merkez kabul edilecek olursa; rüzgâr yönlerinin söz konusu tarihlerde özellikle güney kesimden merkeze yani körfeze doğrudur. Ayrıca Finike ve Kumluca ovalarında normal şartlarda mevsime ait hâkim rüzgâr yönü NNW olurken hortum yaşanan günlerde rüzgarların çoğunlukla S ve W sektöründen gerçekleşmesi de dikkati çeken benzer bir durumdur. Deniz suyu sıcaklarında değişim yavaş gerçekleştiği bilinmektedir. Finike ve Kumluca'da hortum yaşanan günlerde deniz suyu sıcaklıklarının ortalama değerlere çok yakın olması, hatta aylık ortalama sıcaklık değerlerinden düşük olması, söz konusu günlerde deniz suyu sıcaklık değerlerinin hortum oluşumundaki etkisinin zayıf olduğunu göstermektedir. Ancak genel olarak, denizin çevreye göre kısmen daha sıcak olması ve havada nem oluşturma potansiyeli, yükselici hava hareketlerini tetikler. Bu özellik su hortumlarının oluşmasında etkilidir.

Hortumların can, mal ve geri kazılması mümkün olmayan doğal kaynak kayıplarına yol açtığı, oluşturdukları ani yağışların derelerde sel ve taşkınlar oluşturduğu, elde edilen bulgulardır. Yörede yaşanan hortumların 50-100 metre eninde ve 4-5 km boyunca geçtikleri yerlerde, enerji nakil hatlarında, konutlarda ve seralarda önemli hasarlar oluşturdukları hatta seraları kullanılamaz hale getirdikleri gözlenmiştir. Özellikle, hortum esnasında bazı seralarda oluşan cam kırılmaları, toprak değiştirme zorunluluğunu gerektirmektedir. Bu durumun daha fazla maliyet ve zaman kaybına sebebiyet verdiği elde edilen sonuçlardandır. Özetle sonuç ve öneriler olarak şunlar söylenebilir:

- Hortumlar alçak basınç merkezlerinin yaklaştığı ve kuvvetli fırtınaların yaşandığı günlerde olmaktadır. Bu günlerde hâkim rüzgâr yönü çoğunlukla WSW, SSW, SW olmaktadır.
- Fırtına ve hortum oluşumunu engelleyici bir mekanizma bulunmamaktadır. Bu nedenle meteorolojik tahminlerde yöredeki hava gözlem radarlarından da etkili bir şekilde yararlanılması ve bahsedilen meteorolojik koşulların öngörülmesi durumunda uyarı sistemlerinin geliştirilmesi önerilir. Bu durum hortumların oluşturacağı maddi kayıplardan önce can kayıplarının önüne geçmesinde etkili olabilir.
- Halkın, meteorolojinin özellikle kış aylarında kuvvetli fırtına ve yağış uyarısı verdiği günlerde mümkün olduğu kadar açık hava aktivitelerinden kaçınması gerekmektedir.
- Örtü altı tarımı için yetkililerin yaptığı düşük sıcaklık ve donma ile ilgili uyarılarında olduğu kadar fırtına ve aşırı yağış uyarıları da dikkate alınmalıdır.
- Hortumların tekrarlanma sıklığı düşünüldüğünde, risk oluşturan cam sera yerine daha çok şeffaf naylon örtüler tercih edilmesi önerilir.
- Derme çatma yapılar yerine mukavemeti yüksek ve zemine sıkıca tutturulmuş yapıların tercih edilmesi de önerilen hususlar arasındadır.

Kaynakça

- Anthes, R., Panofsky, H., Cahir, J., & Rango, A. (1978). *The atmosphere (Second Edition)*. Columbus, Ohio, USA: Charles E. Merrill Publishing Company; A Bell & Howell Company.
- Antonescu, B., Schultz, D.M., Holzer, A., & Groenemeijer, P. (2017). Tornadoes in Europe, an underestimated threat. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98 (4), 713-728. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0171.1>
- Bozkurt, D. (2011). Türkiye'de hortumlar artıyor mu? *Bilim ve Teknik*, (526), 68-71. <https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?dergiKodu=4&cilt=44&sayi=526&sayfa=6&yil=2011&ay=9&yaziid=32237>
- Diaz, J., & Joseph, M. B. (2019). Predicting property damage from tornadoes with zero-inflated neural networks. *Weather and Climate Extremes*, 25(September), 100216. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2019.100216>
- Doswell III, C.A., (Ed.) (2001). *Severe convective storms*. – American Meteorological Society, Meteorological Monographs. Volume 28. ISBN-13: 978-1878220417
- Dotzek, N., Emeis, S., Lefebvre, C., & Gerpott, J. (2010). Waterspouts over the North and Baltic Seas: Observations and climatology, prediction and reporting. *Meteorologische Zeitschrift*, 19, 115-129.
- Dotzek, N., M.V. Kurgansky, J. Grieser, B. Feuerstein., & P. N'evir. (2005). Observational evidence for exponential tornado intensity distributions over specific kinetic energy. – *Geophys. Res. Lett.* 32, L24813, <https://doi.org/10.1029/2005GL024583>
- Emanuel, K. (2005). Genesis and maintenance of "Mediterranean hurricanes". *Adv. Geosci*, 2, 217-220. <https://doi.org/10.5194/adgeo-2-217-2005>
- Eriç, S. (1996) *Klimatoloji ve metodları*. Genişletilmiş 4. Baskı, Alfa Basım Yayın ve Dağıtım.
- Fricker, T., & Elsner, J. B. (2019). Unusually devastating tornadoes in the United States: 1995-2016. *Annals Of The American Association Of Geographers*, 0(0), 1-15. <https://doi.org/10.1080/24694452.2019.1638753>
- Fujita, T. T. (1971). Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity. *University of Chicago SMRP Research Paper 91*, 42 pp.
- Gayà, M. (2011). Tornadoes and severe storms in Spain. *Atmospheric Research*, 100(4), 334-343. <https://doi.org/10.1016/j.atmos-res.2010.10.019>
- Gaume, E., Borga, M., Llassat, M.C., Maouche, S., & Diakakis, M.L.y. M. (2016). Mediterranean extreme floods and flash floods. *The Mediterranean Region under Climate Change. A Scientific Update*, IRD Editions, pp.133-144, 2016, Coll. Synthèses, 978-2-7099-2219-7. DOI : 10.4000/books.irdeditions.22908, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01465740v2>
- Golden, J. H. (1974). The life cycle of Florida keys' waterspouts. *Journal Of Applied Meteorology*, 13, 676-692.
- González-Alemán, J. J., Pascale, S., Gutierrez-Fernandez, J., Murakami, H., Gaertner, M. A., & Vecchi, G. A. (2019). Potential increase in hazard from Mediterranean hurricane activity with global warming. *Geophysical Research Letters*, 46(3), 1754-1764. <https://doi.org/10.1029/2018GL081253>
- Gordon, A.H. (1951). Waterspouts. *Weather* 6, 364-371.
- Houze, R.A., Jr. 1993. *Cloud dynamics*. San Diego, CA: Academic Press. 573 p
- Jones, Robert D., Trapp, R. J., & Bluestein, H. B., (2001). Tornadoes and Tornadic Storms. *Meteorological Monographs*, 50 (September 2014), 167-222. <https://doi.org/10.1175/0065-9401-28.50.167>

- Kahraman, A., & P. M. Markowski., (2014). Tornado climatology of Turkey. *Mon. Wea. Rev.*, 142, 2345–2352, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-13-00364.1>
- Keul, A.G., M.V. Sioutas & W. Szilagyi., (2009). Prognosis of Central-Eastern Mediterranean Waterspouts. *Atmos. Res.* 93, 426–436, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2008.10.028>
- Kuzmić, J., Renko, T. & Mahović, N. S., (2013). Synoptic and mesoscale analysis of waterspouts in the Adriatic (2001-2011 preliminary climatology). Challenges in meteorology 3: Extreme weather and impact on society 21-22 November 2013, Zagreb.
- Miglietta, M.M.; Laviola, S.; Malvaldi, A.; Conte, D.; Levizzani, V.; & Price, C., (2013). Analysis of tropical-like cyclones over the Mediterranean Sea through a combined modelling and satellite approach. *Geophys. Res. Lett.*, 40, 2400–2405.
- Nalivkin, D., (1969). "Diffuse" Tornadoes and Their Recording. *Meteor. Hidro. No.1*, 93-95.
- Niino, H., Fujitani, T. Yamaguchi, Y. & Murota, T., (1991), On the characteristics of the Mobarata tornado, December 11, 1990 (in Japanese). *J. Wind. Eng.*, 48, 15-25.
- Niino, H, Takayabu, I., Suzuki, O., & Nirasawa, H., (1993 a): Mesoscale analysis of the tornadoes in Chiba Prefecture (in Japanese). *Japan Meteor. Agency Tech. Rep.* 113, 76-91.
- Niino, H, Suzuki, O., Nirasawa, H., Fujitani, T., Ohno, H., Takayabu, I., & Kinoshita, N. (1993 b). Tornadoes in Chiba Prefecture on 11 December 1990. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 3001–3018.
- Niino, H, Fujitani, T., & Watanabe, N. (1994). Characteristics of tornadoes in Japan in recent 33 years (in Japanese). *Preprints, Spring Meeting of Meteor. Soc. of Japan*, Tokyo, Japan, Meteor. Soc. Japan, 240.
- Niino, H. Fujitani, T., (2007). A Statistical Study of Tornadoes and Waterspouts in Japan from 1961 to 1993. *American Meteorological Society Sayı.*, 10, 1730-1752.
- Öner, E., & Vardar, S. (2018). Finike Ovasının Holosen Jeomorfolojisi ve Limyra'nın Jeoarkeolojisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD) Eurasian Journal of Researches in Social and Economics (EJRSE)*, 5(5), 1–23. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/591507>
- Pytharoulis, I. (2018). Analysis of a Mediterranean tropical-like cyclone and its sensitivity to the sea surface temperatures. *Atmos. Res.*, 208, 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.08.009>
- Sioutas, M.V., & Flocas, H.A., (2003). Hailstorms in northern Greece: synoptic and thermodynamic environment. *Theor. Appl. Climatol.* 75, 189–202.
- Sioutas, M.V., Renko, T., & Keul, A., (2014). Waterspout climatology over the Central-Eastern Mediterranean. COMECAP 2014 e-book of proceedings ISBN: 978-960-524-430-9 3, 154-158.
- Stein, A.F., Draxler, R.R, Rolph, G.D., Stunder, B.J.B., Cohen, M.D., & Ngan, F., (2015). NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 96(12), 2059-2077. <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00110.1>
- Strahler, A. N., (1963). *The earth sciences*. Harper & Row, Publishers, Incorporated.
- Sugawara, Y., & F. Kobayashi, (2008). Structure of a Waterspout Occurred over Tokyo Bay on May 31, 2007. – *Sci. Online Lett. Atmos.* 4, 1–4. <https://doi.org/10.2151/sola.2008-001>
- Şen, Ö, M., & Göktürk, O. M. (2006). *Antalya'da Meydana Gelen Şiddetli Yağış Olaylarına Topoğrafyanın Etkisinin Bir Bölgesel İklim Modeli ile Araştırılması*. Proje no: 104Y182.
- Tarback, E.J., & Lutgens, F.K., (2015). *Earth Science*, by Pearson Education, Illustrated by Dennis Tasa. – 14th ed. Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Tous, M. & Romero, R., (2013). Meteorological environments associated with medicane development. *Int. J. Climatol.*, 33, 1–14.
- Türkeş, M. (2015). Hortumlar ve Oluşum Düzenekleri. *Bilim ve Gerçek*, 132 (Şubat), 80–83. <https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2015/02/02/hortumlar-ve-olusum-duzenekleri/>
- Türkeş, M. (2016). *Genel klimatoloji, atmosfer, hava ve iklimin temelleri*. Kriter Yayınevi.
- Wakimoto RM, & Lew JK., (1993). Observations of a Florida waterspout during Cape. *Weather Forecast.* 8(4): 412–423.
- Wegener, A., (1917). Wind- und Wasserhosen in Europa (Tornado sin Europe). – Verlag Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 301., in German, available at essl.org.
- Yaman Kocadağlı, A. (2012). Kalkan-Kumluca Arasında Kıyı Alanları Kullanımı ve Sorunları (Yayın no 314892) [Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi] Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi.
- Yavuz, V., Çavuş, P.C., & Özen, C. (2015). Türkiye'de Hortum Vaka-larının Zamansal Ve Mekansal Analizi, VII. Atmospheric Science Symposium, İstanbul, Turkey; 28-30/04/2015.
- Yiğitbaşıoğlu, H. (2000). Finike ve Yakın Çevresinin İklim Özellikleri. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 1-2, 108-135.
- NTV (2012, Nisan 9). NTV Son Dakika: <https://www.ntv.com.tr/turkiye/elazigda-hortum-6-olu,uSK4FeCJGEWCaMMit-YwwQ>
- Hürriyet (2004, Haziran 19), <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/ankarada-hortum-3-olu-14-yarali-234940>
- Hürriyet (2011, Ekim 11). <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/bir-kisinin-daha-cesedine-ulasildi-18952568>
- Beyazgazete (2013, Mayıs 12). Hortum Kızıltepe'de can aldı. <http://beyazgazete.com/video/anahaber/tv8-74/2013/05/12/hortum-kiziltepe-de-can-aldi-409718.html>
- Meteociel.fr (2020, Kasım 8). Modèles - Archives des réanalyses du NCEP: <https://www.meteociel.fr/modeles/archives/archives.php>
- Meteologix (2020, Ağustos 20). Tr. ECMWF ERA5 Reanalysis: <https://meteologix.com/tr/reanalysis/ecmwf-era5/turkey/wind-mean-direction/20171113-1800z.html>