

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ
VE
TÜRKİYE İKLİM ÖLÇÜM AĞI**

**CLIMATE CHANGE AND CLIMATE OBSERVATION
SYSTEMS OF TÜRKİYE**

Hikmet EROĞLU

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TÜRKİYE İKLİM ÖLÇÜM AĞI

Hikmet EROĞLU

Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Özet

İklim; yeryüzünde uzun yıllar süresince gözlemlenen hava olaylarının ortalama durumudur. İklimde zaman içerisinde doğal veya yapay (insan) etki ile değişimler meydana gelmektedir. İklimde doğal faktörler nedeniyle meydana gelen değişimler iklim değişikliği olarak tanımlanmaktadır. İklim değişkenliğinin doğal nedenleri arasında güneşteki patlamalar, dünyanın yörünge parametrelerindeki değişim ve volkanizma gibi durumlar yer almaktadır. İklimde insan kaynaklı değişime yol açan nedenler ise karbon içerikli fosil yakıtların kullanımı, plansız şehirleşme, sera gazı yutak alanı olan orman alanlarının giderek azalması olarak ifade edilmektedir. İklim değişikliği insan kaynaklı iklimde meydana gelen değişikliklerle doğal nedenlerle iklimde meydana gelen değişikliğin bileşkesi olarak ifade edilebilir. Dünyada iklim değişikliği üzerine ilk çalışmalar 19. Yüzyılın ikinci yarısı itibari ile sera gazlarının yer kürenin ısınmasına etkileri üzerine yapılan çalışmalar ile başlamış, 1988 yılında, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından başlatılan girişim sonucu Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuş ve bu panelle birlikte iklim değişikliği konusunda hızlı bir ilerleme kaydedilmiştir. 1997 yılında Kyoto Protokolünün kabulü ve 2015 yılında Paris Anlaşması ile iklim değişikliğine karşı uluslararası bir mücadele planlanmıştır. Ulusal olarak 2022 yılında Birinci İklim Şurası, iklim değişikliğiyle mücadele ve yeşil kalkınma hedefleri doğrultusunda yapılmıştır. Kurumsal olarak İklim değişikliğine karşı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) bünyesinde İklim Değişikliği ve Değişebilirliği Birimi 1991 yılında kurulmuştur. 1992 yılında ise Atmosferin Korunması ve İklim Değişikliği raporu yayımlanmıştır. Bu raporun Türkiye’de iklim değişikliği ile ilgili hazırlanan ilk rapor olması önem arz etmektedir. 2008 yılında TÜBİTAK projesi çerçevesinde, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) iş birliği ile Türkiye çapında ilk geniş kapsamlı projeksiyon çalışması yapılmıştır. 2012 yılında ise Türkiye Kamu Kurumları arasında ilk kez Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından geniş ölçekli iklim projeksiyonları çalıştırılmıştır. Çalışma kapsamında, 3 farklı küresel iklim modelinin çıktıları kullanılarak dinamik ölçek küçültme yöntemiyle 20 km yatay çözünürlükte 2 farklı senaryo (RCP4.5 ve RCP8.5) için bölgesel iklim modeli ile simüle edilmiştir. Çalıştırılan iklim projeksiyon verilerinin altlığı oluşturulan iklim verileri, MGM’nin ülkemiz genelinde yer alan 2054 adet gözlem sisteminden elde edilen meteorolojik verilerdir.

Anahtar Kelimeler

İklim, İklim değişikliği, Meteoroloji, Gözlem sistemleri

CLIMATE CHANGE AND CLIMATE OBSERVATION SYSTEMS OF TÜRKİYE

Hikmet EROĞLU

Turkish State Meteorological Service

Abstract

Climate is the average state of weather events observed on earth over many years. Changes occur in climate over time with natural or antropological (human) effects. Shifts in climate due to natural factors are defined as climate variability. Natural causes of climate change include solar eruptions, changes in the earth's orbital parameters, and volcanism. The use of carbon-containing fossil fuels, unplanned urbanization, and the steady disappearance of forested areas that act as greenhouse gas sinks are the causes of human-induced changes in the climate. The term "climate change" refers to both driven on by human activity and the change in the climate carried on by natural factors. During the latter half of the 19th century, researches on the impact of greenhouse gases on global warming provided the basis for the first studies on climate change. The studies gained momentum following the establishment of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in 1988, which was initiated by the World Meteorological Organization (WMO) and the United Nations Environment Programme (UNEP). With the 1997 approval of the Kyoto Protocol and the 2015 adoption of the Paris Agreement, an international struggle against climate change has been planned. Nationally, the First Climate Council in 2022 was held in line in an effort to fight climate change and promoting green development. Institutionally, the Climate Change and Changeability Unit was established in 1991 under the Turkish State Meteorological Service (TSMS) against climate change. In 1992, the Atmospheric Conservation and Climate Change report was published. The importance of this report is that it is the first report on climate change published in Türkiye. In 2008 for the first time, a comprehensive projection analysis was conducted as a TUBITAK project with the cooperation of TSMS - ITU. In 2012, for the first time as a public institution, the TSMS runned large-scale climate projections in Türkiye. Within the scope of projection studies, 3 global climate models outputs were simulated with a regional climate model using 2 different scenarios (RCP4.5 and RCP8.5) at 20 km horizontal resolution with the dynamic downscaling method. The climate data, which form the basis of the climate projection data operated, are the data contributed to the global climate models from 2054 observation systems of TSMS located throughout Türkiye.

Keywords

Climate, Climate change, Meteorology, Observation systems

1. İklim Değişikliği Safahatı

İklim; uzun yıllar süresince gözlemlenen hava olaylarının ortalama durumu olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde hemen her sektörün en önemli çalışma konularından biri olan iklim değişikliği çalışmalarının geçmişı 1800'lü yılların ikinci yarısına dayanmaktadır. İklim değişikliği ile ilgili ilk çalışmalar sera gazlarının yer kürenin ısınmasına etkileri üzerine yapılan araştırmalar ile başlamıştır. 19. Yüzyılın sonlarında sera gazları emisyonlarının iklimde değişikliklere neden olabileceği tezinin ortaya atılması sera etkisinin keşfi olarak değerlendirilmiştir. Dünya çapında iklim üzerinde yapılan ilk çalışmalar 1896'da İsveçli bilim adamı Svante Arrhenius tarafından sera gazı etkisinin yeryüzü sıcaklığına etkileri üzerine hesaplamaları ile yapılmıştır. İklim değişikliğinin ana nedenlerinden olan CO₂ konsantrasyonlarının gözlemleri ise 1958 yılında Amerikalı bilim adamı David Keeling tarafından Hawai'de bulunan Mauna Loa gözlemevinde başlatılmıştır (Keeling, 1961). Uluslararası alanda iklim değişikliği konusunda çalışmalar yapan ilk kuruluş NASA'dır. NASA, 1969 yılında asit yağmurları ve sera gazları üzerine konuyla ilgili ilk araştırmaları başlatmıştır. 1979 yılında Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) öncülüğünde Birinci İklim Kongresi İsviçre'nin Cenevre kentinde düzenlenmiş ve iklim değişikliği ile ilgili küresel alanda ortak çalışmaların yapılması gerektiğine dair kararlar alınmıştır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 1988 yılında, WMO ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından başlatılan girişimler sonucu, iklim değişikliği ile ilgili çalışmalar yapmak ve hükümetlere tarafsız ve güvenilir bilgi sağlamak amacıyla kurulmuştur. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS), 1992 yılında gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma konferansında imzaya açılmış ve 1994 yılında yürürlüğe girmiştir (UN, 1994). BMİDÇS'nin 1994 yılında yürürlüğe girmesi ile birlikte sözleşmeye taraf olan tüm ülkelerin katıldığı 1995 yılında Birinci Taraflar Konferansı (COP 1), sözleşmenin uygulanması ve gerekli yasal düzenlemelerin yapılması amacıyla Almanya'nın Berlin kentinde düzenlenmiştir. 1997 yılında Japonya Kyoto'da 3. Taraflar Kongresi (COP 3) düzenlenmiş ve ülkelerin 2000 yılı sonrası sera gazı salınımlarının düzenlendiği Kyoto Protokolü imzaya açılmıştır. Protokol gelişmiş ülkelere bağlayıcı hükümler getirmesi nedeniyle ancak 2005 yılında yeterli imza sayısına ulaşarak yürürlüğe girmiştir. Protokol, 2008-2012 birinci yükümlülük dönemi ve 2013-2020 ikinci yükümlülük dönemi olmak üzere iki safhadan oluşmuştur. 2015 yılında ise Paris'te düzenlenen COP 21 konferansında 2020 yılında ikinci yükümlülük dönemi bitecek olan Kyoto Protokolü sonrası yürürlüğe girmesi için Paris Anlaşması imzaya açılmış ve 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Türkiye, 2004 yılında BMİDÇS'ne, 2009 yılında Kyoto Protokolüne ve 2021 yılında Paris Anlaşmasına taraf olmuştur (MFA, 2022).

2. Türkiye’de İklim Değişikliği Çalışmaları Safahatı

İklim değişikliği konusunda ülkemizde ilk kurumsal çalışmalar 1991 yılında Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nde oluşturulan İklim Değişikliği ve Değişebilirliği Birimi tarafından başlatılmıştır. 1992 yılında Brezilya’nın Rio de Janeiro kentinde düzenlenen çevre ve kalkınma konferansına yönelik çalışmaların yürütülmesi amacıyla MGM’nin sekreteryasını üstlendiği Ulusal İklim Koordinasyon Grubu tarafından Türkiye’de iklim değişikliği konusunda hazırlanan “Atmosferin Korunması ve İklim Değişikliği” adıyla ilk rapor yayınlanmıştır (MGM, 1992). İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK), 2001 yılında 2021/2 sayılı Başbakanlık Genelgesi ile kurulmuş ve iklim değişikliği ile ilgili politikaların, önlemlerin ve çalışmaların belirlenmesi için oluşturulmuştur. İDKK içerisinde sekreteryaya görevini Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) üstlenmiştir. 2011 yılında MGM’nin Orman ve Su İşleri Bakanlığı’na bağlanması ve İDKK’nın Çevre Bakanlığı altında görev yapmasına karar verilmesi sonucunda MGM’nin kurul içerisindeki sekreteryaya görevi son bulmuştur. 2013 yılında, 2013/11 sayılı Başbakanlık Genelgesi yeniden yapılandırılmış ve İDKK, İklim Değişikliği ve Hava Yönetimi Koordinasyon Kurulu (İDHYKK) olarak adlandırılmıştır. 2021 yılında ise bu kurul 85 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile İklim Değişikliği ve Uyum Koordinasyon Kurulu ismiyle yeniden düzenlenmiştir. MGM, İDHYKK’da Uyum Grubu üyesi olarak görevine devam etmiştir.

MGM; 1994 yılında yürürlüğe giren ve Türkiye’nin 2004 yılında taraf olduğu BMİDÇS gereği Ulusal Bildirim Raporları hazırlanmasına katkı sunmuştur. Birinci Ulusal Bildirim 2007 yılında yayınlanmış olup, 2022 Ekim itibariyle Sekizinci Ulusal Bildirim için hazırlıklar devam etmektedir. 2008 yılında Ulusal ölçekte ilk geniş kapsamlı iklim değişikliği projeksiyon çalışması İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü – MGM tarafından ortaklaşa yürütülen TÜBİTAK projesi ile yapılmıştır. 2012 yılında başlatılan iklim projeksiyonları çalışması ile; 2013 yılında bir küresel iklim modeline ait iklim projeksiyonlarının yer aldığı “Yeni Senaryolarla Türkiye İçin İklim Projeksiyonları” raporu hazırlanmıştır. 2015 yılında ise 3 Küresel İklim Modeli ve 2 senaryo (RCP 4.5, 8.5) temelinde hazırlanan rapor yayınlanmıştır (Akçakaya vd., 2015). 11 Aralık 2019 tarihinde Avrupa Birliği (AB) tarafından açıklanan Avrupa Yeşil Mutabakatının ardından Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021/15 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi ile yayınlanmıştır (TB, 2021). 2022 yılında ise iklim değişikliğiyle mücadele ve yeşil kalkınma hedefleri doğrultusunda Birinci İklim Şûrası düzenlenmiştir. Diğer yandan COP 27, 7-18 Kasım 2022 tarihleri arasında Mısır’da düzenlenmiştir. Ayrıca MGM; WMO koordinasyonunda Doğu Akdeniz İklim Merkezi (EMCC) yürütücüsü sıfatıyla bölge ülkelerine aylık-mevsimlik sıcaklık ve yağış tahminleri, iklim analiz verisi ve iklim izleme uyarı hizmetlerini sunmaktadır. Ayrıca MGM tarafından iklim değişikliği alanında sektörel çalışmalara katkı sağlayabilmek amacıyla-Türkiye genelinde ve coğrafi bölgeler özelinde şehircilik, tarım, su, sağlık, turizm ve enerji sektörleriyle ilgili 11 iklim indisinin geçmişten geleceğe frekans ve eğilimleri hesaplanarak rapor haline getirilmiştir.

3. İklim Modelleme ve Projeksiyon Çalışmaları

İnsanoğlu ilk çağlardan günümüze kadar karşılaştığı problemlere çözüm bulmak, evreni anlamak, doğayı kontrol etmek ve güvenli bir yaşam için soyut/somut modellerle deneyler yapma arzusu hissetmiştir. İklim, insanoğlunun tüm faaliyetlerini doğrudan etkilemekte ve şekillendirmektedir. Son yüzyıl boyunca insan faaliyetlerinin doğaya verdiği zararlar nedeniyle toprak, hava ve suyun bileşimi önemli ölçüde değişmiştir. (Kadioğlu, 2009). Elektrik tüketimi, ısıtma ve endüstriyel yakıt kullanımı, kara ulaşımı, enerji kullanımı, su tüketimi, atık üretimi, ekonomik aktivite ve nüfus artışı gibi parametrelerle iklim arasında korelasyonlar kurulmuştur (Kennedy vd., 2015).

Modelleme, gerçeğe benzer simülasyonlar üretmektir. İklim modeli; atmosfer, yeryüzü, okyanus, kara ve buz kütleleri gibi iklim bileşenleri arasındaki ilişkiyi nicel metotlarla göstermeye çalışan model türüdür. Küresel iklim modeli tüm yerküreyi düşük çözünürlükte simüle eden iklim modeli tipidir. Küresel İklim Modellerinde (GCMs) yağış sistemleri veya cephe sistemleri gibi yerel ölçekli hava durumları ve atmosfer prosesleri tahmin edilememekte ya da çok temel düzeyde yer almaktadır. Sınırlı alanlarda elde bulunan hesaplama kapasitesini optimum düzeyde kullanmak ve bahsedilen eksikliklerdeki hataları azaltmak amacıyla Bölgesel İklim Modellerinden (RCMs) yararlanılmaktadır. RCM'ler düşük çözünürlüklü gridlenmiş GCM verilerini, girdi verisi olarak kullanarak GCM'lere göre daha küçük alanlar için daha yüksek çözünürlüklü çıktılar üretilmesini sağlayan modeller olarak tanımlanmaktadır. 2012 yılında MGM'nin başlattığı iklim projeksiyonları çalışmasında 14 farklı GCM Türkiye özelinde karşılaştırılmış ve Türkiye için 3 GCM (MPI-ESM-MR - Almanya, HadGEM2-ES - İngiltere ve GFDL-ESM2M - ABD) seçilmiştir. RCM olarak İtalya Uluslararası Abdüsselam Teorik Fizik Merkezi (ICTP) tarafından geliştirilen RegCM Bölgesel İklim Modeli seçilmiştir. RegCM ile Türkiye ölçeğinde 20 km çözünürlüklü projeksiyonlar üretilmiştir. Türkiye özelinde her 3 GCM için yapılan parametrisasyon işlemi sonucunda modelin doğruluğunun sınanması için CRU – (Climater Resaerch Unit – ABD Doğu Anglia Üniversitesi) ve UDEL (University of Delaware – ABD) (Harris vd., 2013; Trenberth vd., 2014) Küresel Gridlenmiş Gözlem Verileri ile model sonuçları karşılaştırılarak Türkiye özelinde en uygun parametrisasyon şeması hazırlanmıştır. Çalışmada 1971 -2000 dönemi referans, 2015 – 2098 dönemi ise gelecek projeksiyon dönemi olarak seçilmiştir. 2015 yılında tamamlanan projeksiyon çalışmaları tüm paydaşların kullanımına sunulmuştur (Akçakaya vd., 2015; Gürkan vd., 2016; Demircan vd., 2017).

4. İklimde Mevcut Durum

Küresel ortalama sıcaklıklar WMO Küresel 2021 yılı iklim raporu kayıtlarına göre endüstri öncesi dönem (1850-1900) ortalamalarının 1.11°C üzerinde ölçülmüştür. Deniz seviyesi yükselme hızı 2013-2021 döneminde 4.5 mm/yıl değeri ile en yüksek değerine ulaşmıştır. Küresel deniz seviyesi 1993 yılından günümüze 100 mm'den fazla yükselmiştir. Ekstrem sıcaklık, kuvvetli fırtına, taşkın ve sel başta olmak üzere meteorolojik afetler tüm dünyada can ve mal kayıplarına sebep olmuştur. Okyanus sıcaklık verilerine göre ise 1955 yılından 1995'e kadar önemli bir ısınma yaşanmıştır (Kadioğlu, 2007). Kuraklık dünyada Türkiye'nin de içinde olduğu farklı bölgelerde tarımsal üretimde ciddi kayıplara yol açmıştır (WMO, 2022).

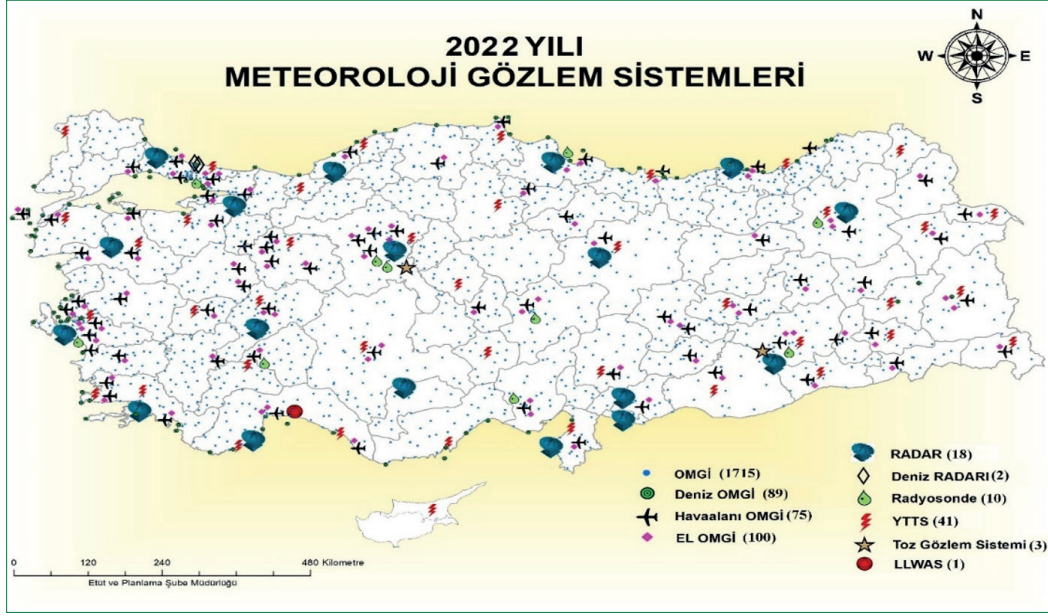
Türkiye’de en sık rastlanan meteorolojik doğal afetler arasında yıldırım, kar, sel, taşkın, dolu, çığ, orman yangınları, kuraklık, şiddetli yağış, don, şiddetli rüzgâr ve fırtınalar yer almaktadır (Kadioğlu, 2008). Türkiye iklim şartlarına bakıldığında, coğrafi konumu itibari ile Hadley hücrelerinin çöken kolunun bulunduğu enlem ile polar cephenin etkili olduğu enlemler arasında, batılı rüzgarların hâkim olduğu ve Kuzey Atlantik salınımlarının aktif olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Türkiye ve çevresini etkileyen farklı atmosferik durumların Türkiye’nin yüksek topoğrafyası ile etkileşimi nedeniyle bölge bazında büyük iklimsel farklılıklar yaşanmaktadır (Kadioğlu vd., 2017). Ülkemizde ise MGM değerlendirmelerine göre 2021 yılı Türkiye ortalama sıcaklığı 14.9°C olarak gerçekleşmiş olup bu değer 1991–2020 iklim ortalamasının 1.0°C üzerindedir. 2010 yılı ise 15.5°C sıcaklık ortalaması ile en sıcak yıl olmuştur. 2021 yılı en sıcak 4. yıl olmuştur. 2021 yılı ülkemiz alansal yağış toplamı 524.8 mm olarak ölçülmüş olup 1991-2020 iklim normaline (573.4) göre kıyaslandığında %9 altında gerçekleşmiştir. 2021 yılı, 1024 toplam ekstrem olay ile en fazla ekstrem olayın gerçekleştiği yıl olmuştur. Ekstrem hadise trendleri incelendiğinde özellikle 2000 yılı sonrasındaki artış eğimi göze çarpmaktadır. 2021’de kaydedilen başlıca ekstrem olaylar;

- %40 fırtına/hortum,
- %28 şiddetli yağış/sel,
- %13 dolu ve
- %7 şiddetli kar şeklinde olmuştur (MGM, 2022a).

5. Türkiye İklim Ölçüm Ağı

MGM 2022 yılı Ekim ayı itibariyle Türkiye genelinde 2054 adet gözlem sisteminden ölçülen meteorolojik verilerle atmosferi 7/24 izlemekte, hazırladığı tahmin ve erken uyarılar ile kamuoyunu bilgilendirmektedir. MGM bünyesinde 2022 yılı Ekim ayı itibariyle;

- 1715 Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGİ),
- 89 Deniz Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (D-OMGİ) (79 Deniz Feneri, 10 Şamandıra),
- 75 Havaalanı Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (H-OMGİ),
- 100 Elde Taşınabilir Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (EL-OMGİ),
- 20 Meteoroloji Radarı (17 C-Band Meteoroloji Radarları, 1 X-Band Meteoroloji Radarı ve 2 Yüksek Frekanslı (HF) Deniz Radarı),
- 10 Yüksek Atmosfer Gözlem İstasyonu (Radyosonde),
- 41 Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi (YTTS),
- 1 Alçak Seviye Rüzgâr Kırılımı Uyarı Sistemi (LLWAS),
- 3 Toz Gözlem Sistemi (TGS) bulunmaktadır (Şekil 1) (MGM, 2022b).



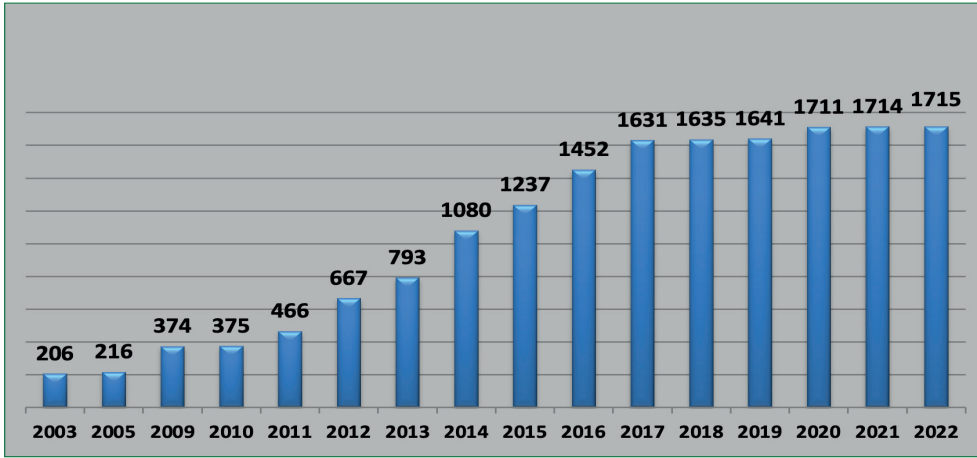
Şekil 1. Meteoroloji Genel Müdürlüğü gözlem sistemleri

6. Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGİ)

Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonları (OMGİ) havanın sıcaklığı, nem oranı, rüzgâr hızı ve yönü, atmosfer basıncı, yağış miktarı, görüş mesafesi gibi meteorolojik özellikleri ölçmek için kullanılan cihazlardır. OMGİ'ler meteorolojik ölçümlerde meydana gelen değişimlere duyarlı olan ve bu değişimleri ölçebilen algılayıcıları, veri toplama, işleme ve arşivleme üniteleri, iletişim, görüntüleme ve enerji ünitelerini içeren cihazlardır. OMGİ içerisinde bulunan sensörlerin ölçümleri, ürettiği elektriksel ölçümleri ve mühendislik birimlerini (voltaj, akım, direnç vb.) meteorolojik bilgilere ve birimlere dönüştürmek için ana işlem ünitesi tarafından hesaplanır ve dönüştürülür. Bu bilgiler, görüntüleme birimleri tarafından gösterilir ve meteorolojik bilgi ve mesajların ilgili merkezlere iletilmesini sağlayan haberleşme birimleriyle sistemin çalışması için gerekli enerjiyi sağlayan güç birimleriyle birlikte yer alır (Şekil 2). OMGİ'lerde meteorolojik parametre olarak hava sıcaklığı, nisbi nem, rüzgâr hızı ve yönü, halihazır hava durumu, yağış miktarı ve cinsi, hava basıncı, kar kalınlığı, güneş radyasyonu, güneşlenme süresi, toprak sıcaklığı, toprak nemi ve buharlaşma parametreleri ölçülmektedir. OMGİ'ler değişik tip ve özellikleri ile farklı amaçlar için kullanılmaktadır. OMGİ'ler, vatandaşlara anlık hava durumu bilgilerinin aktarılması, tahminlerin hazırlanması ve tutarlılıklarının artırılması, iklim ve iklim değişikliğiyle ilgili araştırmaların yapılması, farklı sektörlerle yönelik meteorolojik ürün ve hizmetlerin hazırlanması gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. MGM'de 2022 yılı Ekim ayı itibarıyla 1715 adet OMGİ'den dakikalık veri üretilmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Ankara Bölge Müdürlüğü OMGI istasyonu



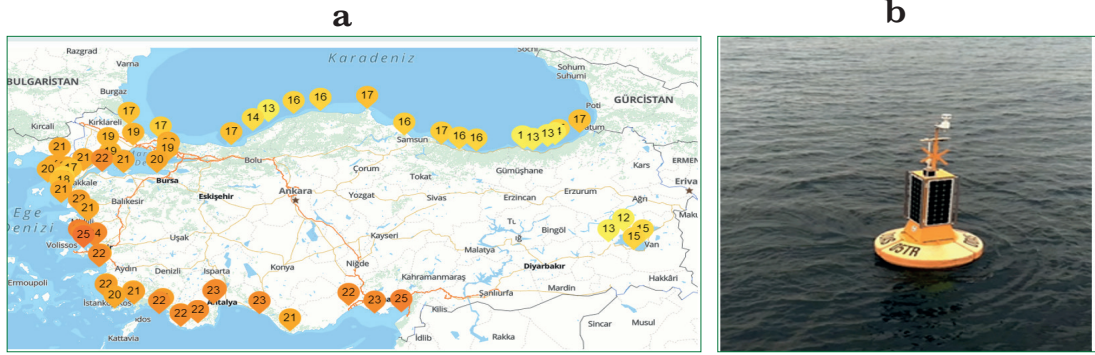
Şekil 3. 2002-2022 Yılları arasındaki MGM bünyesinde bulunan OMGI sayısı gelişimi

7. Deniz Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (D-OMGİ)

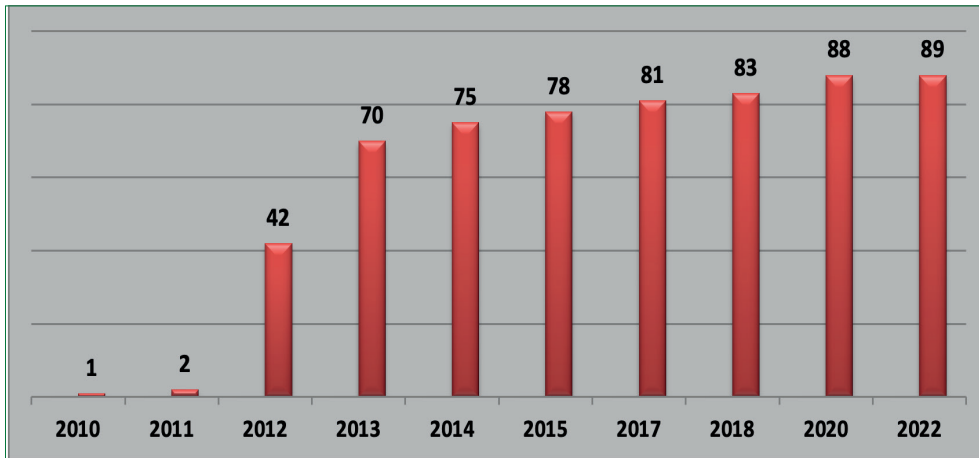
Türkiye denizcilik sektörüne hizmet etmek amacıyla deniz fenerleri ve şamandıralar üzerine 89 adet D-OMGİ sistemi yerleştirilmiştir. Bu sistemler aracılığıyla sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve yönü, atmosfer basıncı ve deniz suyu sıcaklığı gibi meteorolojik parametreler ölçülerek denizcilik faaliyetlerine yönelik meteorolojik ürün ve hizmetler de hazırlanmaktadır (Şekil 4,5). 10 adet şamandıra, meteorolojik parametrelerin yanı sıra dalga ölçer, akıntı ölçer, tuzluluk ve iletkenlik algılayıcılarını da içermektedir.

8. Havaalanı Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (H-OMGİ)

Havaalanlarında, havacılık faaliyetleri için önemli olan meteorolojik bilgi ve hizmetlerin hazırlanması için H-OMGİ sensörleri kullanılmaktadır. Bu sensörler genellikle pist ve çevresine konuşlandırılır. Uçuş güvenliği için gereksinim duyulan meteorolojik bilgi ve hizmetler, H-OMGİ sensörleri aracılığıyla sağlanır. Basınç, güneş radyasyonu, nem, sıcaklık ve yağış ölçen sensörleri içeren bir rasat parkı aktif pist başında bulunmaktadır. H-OMGİ sistemlerinde, her iki pist başında yer alan algılayıcılar sayesinde rüzgar hızı ve yönü tespit edilirken, silyometre ile bulut taban yüksekliği ölçülmekte ve transmiyometre cihazları aracılığıyla pist görüş mesafesi (Runway Visual Range - RVR) belirlenmektedir. Ayrıca, H-OMGİ sistemi içinde, halihazır hava parametreleri de ölçülmekte ve bulut taban yüksekliği ile pist görüş mesafesi gibi bilgilerle birlikte havacılık faaliyetleri için gerekli meteorolojik bilgiler ve hizmetler sunulmaktadır (Şekil 6). Aktif pist başında kurulu olan transmiyometre cihazı üzerinde hâlihazır hava sensörü ve pist içine yerleştirilmiş pist sıcaklık sensörleri de mevcuttur.



Şekil 4. a) D-OMGİ İstasyonlarından alınan verilerin harita üzerinde gösterimi b) Şamandıra üzerinde bulunan D-OMGİ istasyonu

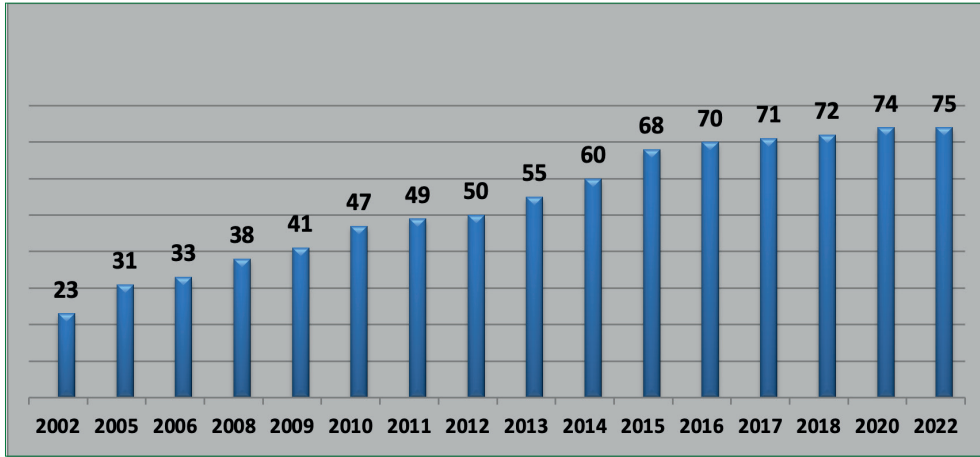


Şekil 5. 2002-2022 Yılları arasındaki MGM bünyesinde bulunan D-OMGİ sayısı gelişimi

2022 yılı Ekim ayı itibariyle, 75 havalimanında H-OMGİ'lerden gözlem verileri toplanmakta ve havacılık sektörüne hizmet sunulmaktadır (Şekil 7). Bu sensörler genellikle pist ve çevresine konuşlandırılır. Uçuş güvenliği için gereksinim duyulan meteorolojik bilgi ve hizmetler, H-OMGİ sensörleri aracılığıyla sağlanır.



Şekil 6. Havaalanı H-OMGİ istasyonu



Şekil 7. 2002-2022 Yılları arasındaki MGM bünyesinde bulunan H-OMGİ sayısı gelişimi

9. Elde Taşınabilir Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (EL-OMGİ)

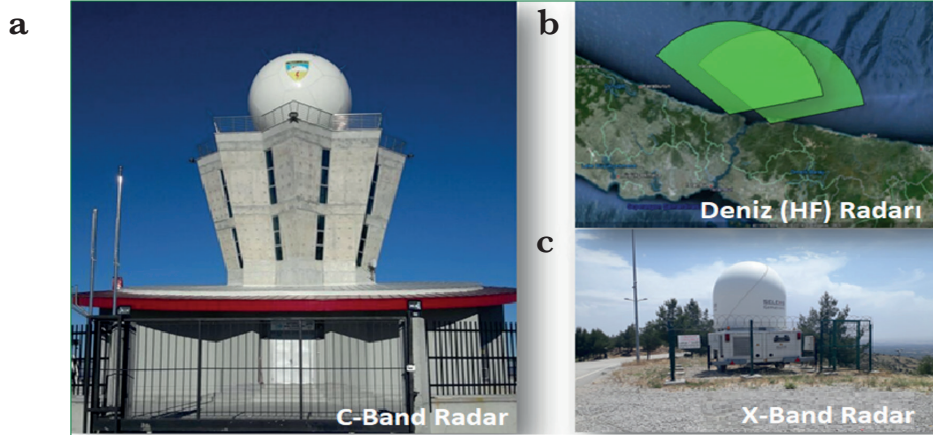
Meteoroloji Bölge Müdürlükleri ve havalimanlarında mevcut sistemlerin arızalanması durumunda kullanılmak üzere 100 adet EL-OMGİ hizmete alınmıştır (Şekil 8). EL-OMGİ'ler, hava sıcaklığı, hava nemi, rüzgâr yönü ve hızı ile basınç parametrelerini ölçmektedir.



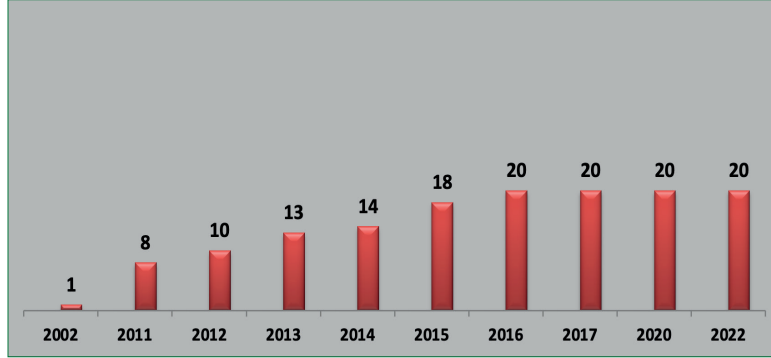
Şekil 8. Elde Taşınabilir EL-OMGİ istasyonu

10. Meteoroloji Radarları

Meteoroloji radarı, hava kütlelerinin yerini, hareket yönünü, hızını ve yoğunluğunu tespit etmek için kullanılan bir aktif uzaktan algılama sistemidir. Bu sayede, bu kütlelere ilişkin tahminler yapmak için gerekli bilgiler sağlanır. Radarlar, özellikle geniş ölçekli, yüksek çözünürlüklü meteorolojik gözlemlerin ve tahminlerin yapılabilmesi, aynı zamanda hava tahmin modellerinin girdi verilerinin elde edilebilmesi için önemli bir meteorolojik gözlem sistemidir. Radarlardan, kısa süreli yüksek başarımlı hava tahminlerinin yanı sıra birçok meteorolojik ihtiyaç için veri sağlamak mümkündür. MGM radar ağında şu anda 17 adet C-Band ve 1 adet X-Band meteoroloji radarı bulunmaktadır. Denizlerimizdeki dalga, rüzgâr ve akıntı gibi parametreleri ölçmek için geniş bir alanda uzaktan algılama yöntemiyle veri toplamak amacıyla, İstanbul Boğazı'nın Karadeniz kıyısına 2 adet Deniz Radarı kurulmuştur. Bu sayede 3 tarafımızı çevreleyen denizlerdeki hava koşulları daha iyi izlenebilmektedir. Bu uzaktan algılama sistemleri aracılığıyla, her yarım saatte bir denizlerimizdeki akıntı hızı ve yönü, dalga yüksekliği ve yönü, rüzgâr hızı ve yönü verileri ölçülebilmektedir (Şekil 9, 10).



Şekil 9. a) C-Band, b) X-Band ve c) Deniz radarları



Şekil 10. 2002-2022 Yılları arasındaki MGM bünyesinde bulunan radar sayısı gelişimi

11. Yüksek Atmosfer Gözlem İstasyonu (Radyosonde)

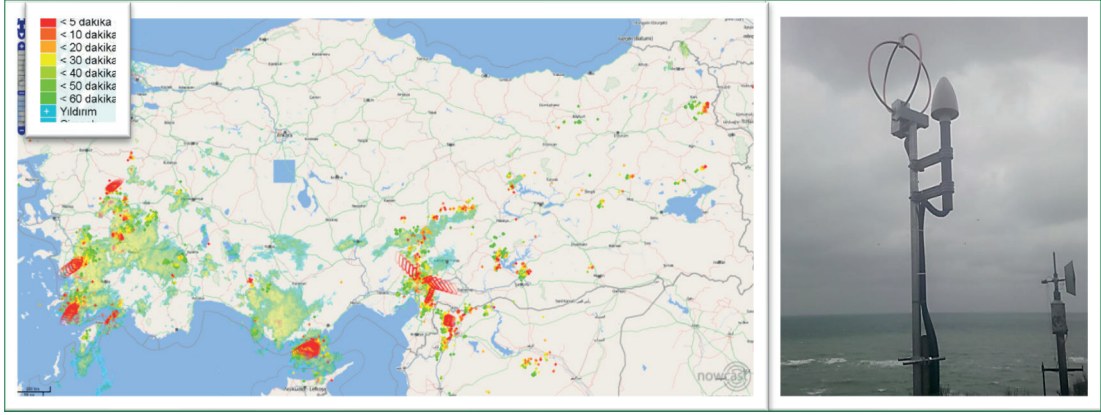
Meteorolojik hava tahmini raporlarının hazırlanması ve uçuş güvenliği için gerekli olan kritik meteorolojik veri ve hizmetlerin sağlanması amacıyla, yüksek atmosfer verilerinin elde edilmesi büyük önem taşır. Bu amaç doğrultusunda, 35 kilometre yüksekliğe kadar olan atmosferdeki sıcaklık, rüzgâr, nem ve basınç seviyelerinin yükseklik bilgilerinin elde edilmesinde yüksek atmosfer gözlem sistemleri kullanılmaktadır. Türkiye’de yüksek atmosfer gözlemleri 2022 yılı Ekim ayı itibarıyla 9 istasyonda yapılmaktadır. (Şekil 11). Gerek olduğunda, 1 adet seyir radyosonde sistemi kullanılarak da yüksek atmosfer gözlemleri yapmak mümkündür.



Şekil 11. Yüksek Atmosfer Gözlemi (Radyosonde) yapılan lokasyonlar

12. Yıldırım Tespit Ve Takip Sistemi (YTTS)

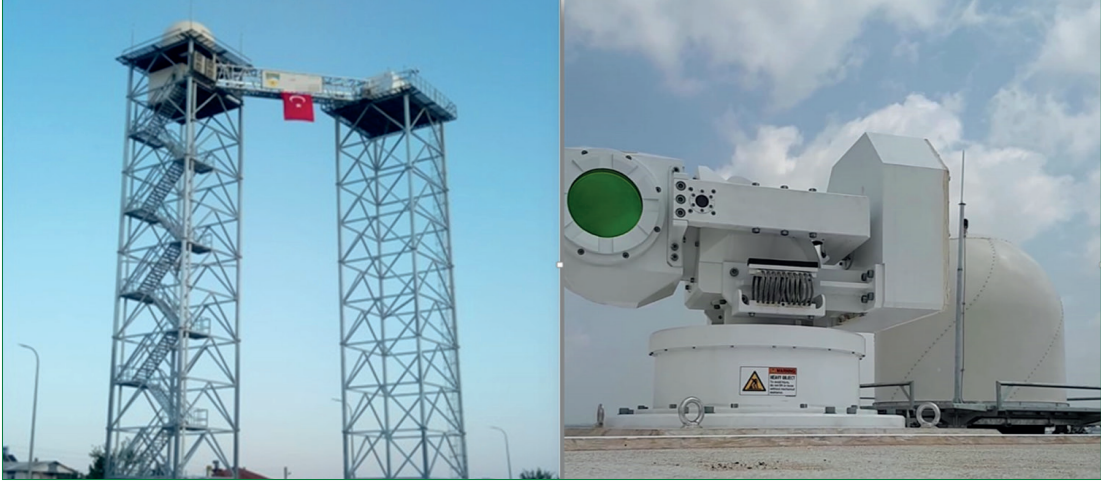
MGM tarafından kullanılan yıldırım tespit ve takip sistemi, hava tahmini ve özellikle kısa süreli hava tahmini üretimi (Nowcasting) ile birlikte yıldırım ve şimşek olaylarının tespiti ve izlenmesi için kullanılan, gerçek zamanlı ve yüksek çözünürlüklü meteorolojik verileri elde etmek amacıyla kurulmuş bir pasif uzaktan algılama sistemidir. Bu sistem sayesinde yıldırım ve şimşegin lokasyonu, türü, sinyal şiddeti, polaritesi ve şimşek yüksekliği bilgileri gerçek zamanlı ve yüksek çözünürlüklü olarak elde edilebilmektedir. Şu an 41 farklı yerde kurulu olan YTTS sensörleri tarafından sağlanan sonuçlar tarım, havacılık, milli savunma, enerji, sigortacılık ve ulaştırma gibi birçok farklı sektöre yönelik hizmetler için kullanılmaktadır. (Şekil 12).



Şekil 12. a) Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi Harita üzerinde gösterimi b) Yıldırım Tespit ve Takip Sistemi Sensörü

13. Alçak Seviye Rüzgâr Kırılımı Uyarı Sistemi (LLWAS)

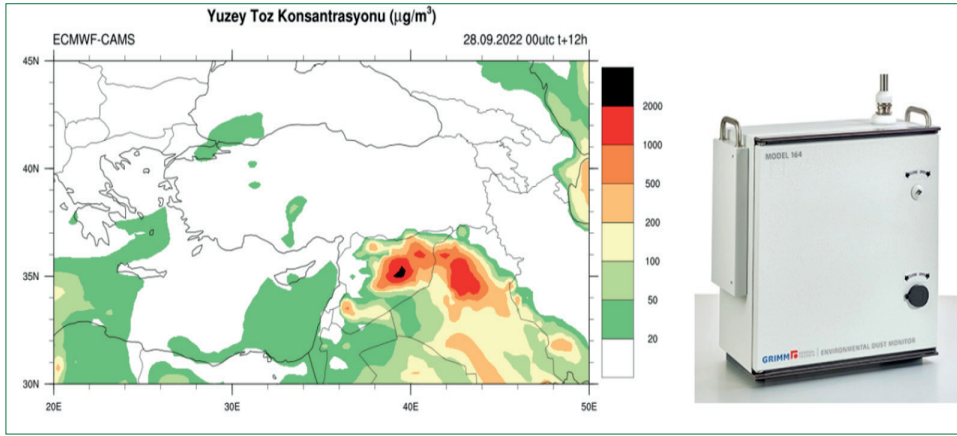
Uçakların iniş ve kalkışlarında önemli olan, alçak irtifada meydana gelen rüzgâr kırılmalarının uçuş güvenliği için raporlanması ve uyarı verilmesi amacıyla 2019 yılında Antalya Havalimanında bir adet LLWAS sistemi kurulmuştur (Şekil 13).



Şekil 13. Alçak seviye rüzgâr kırılımı uyarı sistemi LLWAS cihazı

14. Toz Gözlem Sistemi (TGS)

Çöl kaynaklı tozlar atmosferdeki üst tabakalara meteorolojik koşullar etkisiyle taşınmakta ve yatay olarak uzun mesafeler katetebilmektedir. Bu nedenle Orta Doğu ve Afrika kaynaklı çöl tozlarının takibine yönelik Ankara, Şanlıurfa ve Muğla illerimizde 3 adet TGS kurulmuştur (Şekil 14).



Şekil 14. a) Toz Gözlem Sistemi harita üzerinde gösterimi b) Toz Gözlem Sistemi cihazı

15. Antarktika Ulusal Bilim Seferi

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı sorumluluğu ve İTÜ koordinesinde 3. Ulusal Antarktika Bilim Seferi'ne MGM tarafından katılım sağlanarak 1 adet OMGİ kurulumu yapılmıştır (Şekil 15).

Şekil 15. a) Antarktika seferinde kurulan OMGİ istasyonu b) OMGİ istasyonundan alınan anlık gözlem verileri görseli



16. Kalibrasyon Merkezi (KALMER)

MGM Kalibrasyon Merkezi; sıcaklık, nem, basınç ve rüzgâr hızı gibi parametrelerin kalibrasyon hizmetlerini sunmakta ve TS-EN ISO/IEC 17025 standartlarına uygun olarak faaliyet göstermektedir. Ayrıca, Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından akredite edilmiş küresel güneş radyasyonu, rüzgâr yönü, yağış ve elektriksel kalibrasyon laboratuvarları gibi toplam 8 laboratuvarı vardır. Bu sayede kalibrasyon işlemleri takip edilebilmekte ve güvenilir sonuçlar elde edilmektedir (Şekil 16). KALMER, meteoroloji gözlem ağına dahil olan OMGİ'lere ait sensörlerin yanı sıra, kamuya ve özel sektöre ait kalibrasyon taleplerine de yanıt vermektedir. KALMER, Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından 2018 yılında Bölgesel Alet Merkezi olarak kabul edilerek, yurt dışındaki meteorolojik aletlerin kalibrasyonu için hizmet verme yetkisine de sahip olmuştur.



Şekil 16. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kalibrasyon Merkezi

17. Sonuçlar

İklim, bir coğrafya parçasının meteorolojik kimliğidir. Uzun yıllar boyunca gözlemlenen meteorolojik parametrelerin ortalamasını ifade eden bir denge halidir. Aynı zamanda ekstrem meteorolojik değerleri de içinde barındırarak salınım aralığını tanımlar. İklim değişikliği çalışmaları 1850’li yıllarda başlamıştır. Ülkemizde ise ilk çalışmalar 1991 yılında Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) bünyesinde oluşturulan İklim Değişikliği ve Değişebilirliği Birimi tarafından başlatılmıştır. MGM’de tarihsel iklim çalışmalarının yanı sıra gelecekte iklimde ne tür değişiklikler meydana gelebileceğinin ortaya konması adına iklim modelleri çalışmaları yapılmaktadır. Bu modeller kullanılarak oluşturulan iklim projeksiyon çalışmaları 2015 yılında tamamlanarak tüm paydaşların kullanımına sunulmuştur. İklim izleme, modelleme, hava tahmini ve erken uyarı raporları gibi çalışmaların temelini oluşturan veri ölçümleri, MGM tarafından 2022 yılı Ekim ayı itibarıyla Türkiye genelinde yer alan 2054 adet gözlem sisteminden sağlanarak kamuoyuna sunulmaktadır. Bu gözlem sistemlerini ise otomatik meteoroloji gözlem istasyonları, deniz otomatik meteoroloji gözlem istasyonları, havaalanı otomatik meteoroloji gözlem istasyonları, elde taşınabilir otomatik meteoroloji gözlem istasyonları, meteoroloji radarları, yüksek atmosfer gözlem istasyonları, yıldırım tespit ve takip sistemleri, alçak seviye rüzgâr kırılımı uyarı sistemi ve toz gözlem sistemleri oluşturmaktadır. Bu çalışmada ifade edilen MGM gözlem sistemlerinin iklim gözlem ağı olarak yerli bir iklim araştırmaları merkezi ile bütünleşik bir yapıda değerlendirilmesi kapsamında çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

18. Kaynaklar / References

- Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S., & Çukurçayır, F. (2015). Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC. MGM, 149 syf, Ankara. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-projeksiyon2015.pdf>. Erişim tarihi: 16.02.2023
- Demircan, M., Gürkan, H., Eskioğlu, O., Arabacı, H., & Coşkun, M. (2017). Climate Change Projections for Türkiye: Three Models and Two Scenarios. *Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi*, 1(1), 22-43. DOI: 10.31807/tjwsm.297183
- Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S., & Yazıcı, B. (2016). GFDL-ESM2M Modeli Temelinde RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına Göre Türkiye için Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 14(2), 77-88. DOI: 10.1501/Cogbil_0000000174
- Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J. & Lister, D.H. (2013). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset. *Int. J. Climatol.* doi: 10.1002/joc.3711
- Kadioğlu, M. (2007). İklim değişiklikleri ve etkileri: meteorolojik afetler, TMMOB Afet Sempozyumu
- Kadioğlu, M. (2008). Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi. Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri, Ankara: JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, 251–276.
- Kadioğlu, M. (2009). Küresel İklim Değişimi Ve Türkiye. *Engineer & the Machinery Magazine*, (593).
- Kadioğlu, M., Ünal, Y., İlhan, A., & Yürük, C. (2017). Türkiye’de iklim değişikliği ve tarımda sürdürülebilirlik. Türkiye Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu <https://www.tgdf.org.tr/wpcontent/uploads/2017/10/iklim-degisikligi-rapor-elma-compressed.pdf> Erişim tarihi: 16.02.2023
- Keeling, C.D. (1961). The concentration and isotopic abundances of carbondioxide in rural and marine air. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 24, 277–298.
- Kennedy, C. A., Stewart, I., Facchini, A., Cersosimo, I., Mele, R., Chen, B., ... & Sahin, A. D. (2015). Energy and material flows of megacities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(19), 5985-5990.
- MFA (2022). UNFCCC and Türkiye’s Position. Republic of Türkiye Ministry of Foreign Affairs. https://www.mfa.gov.tr/united-nations-framework-convention-on-climate-change-_unfccc_-and-the-kyoto-protocol.en.mfa Erişim tarihi: 16.02.2023
- MGM (1992). Atmosferin Korunması ve İklim Değişikliği. Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- MGM (2022a). 2021 Yılı İklim Değerlendirmesi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2021-iklim-raporu.pdf>. Erişim tarihi: 16.02.2023
- MGM (2022b). 2022 Yılı Performans Programı. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/kurumsal/yatirimfaaliyet/2022-performans-programi.pdf>. Erişim tarihi: 16.02.2023
- TB (2021). Yeşil Mutabakat Eylem Planı. Ticaret Bakanlığı. <https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf>. Erişim tarihi: 16.02.2023

- Trenberth, K. E., A. Dai, G. van der Schrier, P. D. Jones, J. Barichivich, K. R. Briffa, & J. Sheffield (2014). Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4, 17-22.
- UN (1994). United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations. https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf. Erişim tarihi: 16.02.2023
- WMO (2022). State of the Global Climate 2021. WMO –No: 1290. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11178. Erişim tarihi: 16.02.2023

Yazar Hakkında / About Author

**Hikmet EROĞLU | Meteoroloji Genel Müdürlüğü |
heroglu[at]mgm.gov.tr | ORCID: 0009-0009-7138-3102**

Hikmet EROĞLU 1989 yılında Türkiye'nin en eski mühendislik okulu olan İstanbul Teknik Üniversitesi'nden meteoroloji mühendisi olarak mezun olmuştur. Sonrasında ülkemizin Hidroloji Enstitüsü olarak kabul edilen Devlet Su İşleri'nde Mühendis ve Müdür olarak 1989 ve 2018 yılları arasında görev yapmıştır. 2018 yılında ise Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanı olarak atanmıştır. 2020 yılına kadar Araştırma Dairesi Başkanı olarak hizmet verdikten sonra Meteoroloji Genel Müdürlüğü İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanı olarak atanmıştır.

**Hikmet EROĞLU | Turkish State Meteorological Service |
heroglu[at]mgm.gov.tr | ORCID: 0009-0009-7138-3102**

Hikmet EROĞLU graduated as a meteorological engineer from our country's oldest engineering school, Istanbul Technical University in 1989. Then, he worked as an engineer and manager at the General Directorate of State Hydraulic Works which is considered as a hydrology institute in our country from 1989 to 2018. In 2018, he was appointed as head of research department of Turkish State Meteorology Service. After serving in this position until 2020, he was appointed as head of climate and agricultural meteorology department.