

Avrupa Neden Dünya'nın Kalanından İki Kat Çok Isınıyor?

Hava Kirliliği Azalmasının İklim Üzerindeki Paradoksal Etkisi

Bu araştırma raporu, Yüksel Atakan'ın yönetim, düzeltme ve düzenlemeleriyle YZ desteğiyle hazırlanmıştır
(ybatakan4@gmail.com) 06.05.2026 //

Kaynak: Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S) & Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO)

Avrupa'nın İklim Durumu Raporu 2025 (ESOTC 2025) | NASA Destekli Çalışmalarla Bütünleşik Analiz

Yayın: 29 Nisan 2026 | Rapor Dönemi: 2025 İklim Yılı



ÖZET

ÖZET

Bu akademik rapor, Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S) ve Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) ortaklaşa yayımladığı 'Avrupa'nın İklim Durumu 2025' (ESOTC 2025) raporunu, NASA'nın aerosol ve küresel ısınım araştırmalarıyla birleştirerek kapsamlı bir akademik değerlendirme sunmaktadır.

29 Nisan 2026'da kamuoyuyla paylaşılan ESOTC 2025 raporu, Avrupa'nın 1980'lerden bu yana küresel ortalamanın yaklaşık 2 katı hızda ısındığını ve Dünya'nın en hızlı ısınan kıtası konumunu sürdürdüğünü belgelemektedir. 2025 yılında Avrupa'nın en az %95'i ortalamanın üzerinde yıllık sıcaklıklar yaşamıştır.

Raporun en kritik bulgularından biri, hava kirliliğinin azaltılmasının iklim açısından paradoksal bir sonuç doğurduğudur: Avrupa'da 1980'lerden itibaren uygulanan katı hava kalitesi mevzuatı, aerosol emisyonlarını önemli ölçüde düşürmüştür; bu durum hem halk sağlığı açısından olumlu sonuçlar doğurmuş hem de atmosferde 'aydınlanma etkisi' (global brightening) yaratarak bölgesel ısınmayı hızlandırmıştır. Söz konusu çelişkili dinamik, iklim biliminin en güncel araştırma alanlarından birini oluşturmaktadır.

Rapor kapsamında ele alınan başlıca temalar şunlardır: (1) Arktik yükseltme etkisi ve albedo geri besleme döngüsü, (2) termohalin dolaşımının zayıflaması, (3) sera gazı birikiminin artışı, (4) aerosol azalmasının yarattığı 'dimming-to-brightening' geçişi ve bunun ısınmaya katkısı, (5) hava kirliliği azalmasının sağlık üzerindeki olumlu etkileri ile kanserojen madde yüküne dair güncel veriler.

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, 21. yüzyılın en kapsamlı çevresel ve insani güvenlik sorunlarından birini teşkil etmektedir. Küresel ölçekte giderek belirginleşen bu sürecin, kıtalar ve bölgeler arasında eşit bir şekilde ortaya çıkmadığı bilinmektedir. Bu bağlamda Avrupa, son kırk yıl içinde küresel ortalamanın yaklaşık iki katı bir ısınma hızıyla dünyanın en hızlı ısınan kıtası olarak öne çıkmaktadır.

Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S) ve Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) 29 Nisan 2026'da yayımladığı 'Avrupa'nın İklim Durumu 2025' (ESOTC 2025) raporu, **yaklaşık 100 bilim insanının katkısıyla hazırlanmış ve ERA5 yeniden analiz veri kümesini temel almaktadır**. Rapor; sıcaklık eğilimleri, deniz yüzey sıcaklıkları, deniz buzu, buzul değişimleri, ekstrem hava olayları ve biyoçeşitlilik üzerindeki iklim etkileri gibi geniş bir yelpazede bulguları kapsamaktadır.

Bu çalışma; söz konusu raporun bulgularını NASA'nın aerosol ve ışıınım araştırmalarıyla bütünleştirerek, Avrupa'nın neden bu denli hızlı ısındığını çok boyutlu bir perspektiften açıklamayı amaçlamaktadır. Özellikle hava kirliliğinin azaltılması politikalarının iklim üzerinde yarattığı paradoksal etki — daha temiz havanın daha fazla güneş radyasyonunun yüzeye ulaşmasına yol açması — ayrıntılı biçimde irdelenmektedir.

2. AVRUPA'NIN KÜRESEL ORTALAMANIN 2 KATI HIZINDA ISINMASININ BAŞLICA NEDENLERİ

2.1 Arktik Yükseltme Etkisi (Arctic Amplification) ve Albedo Geri Besleme Döngüsü

Avrupa'nın coğrafi konumu, kıtanın bir bölümünün Arktik'e uzanmasına olanak tanımaktadır. Arktik bölgesi, küresel ortalamanın çok üzerinde bir ısınma hızıyla karşı karşıyadır; bu fenomen 'Arktik yükseltme etkisi' (Arctic amplification) olarak adlandırılmaktadır. **C3S ERA5 verilerine göre Avrupa 1990'ların ortasından bu yana on yılda yaklaşık 0,53°C ısınırken Arktik'in ısınma hızı on yılda 0,69-0,75°C düzeyine ulaşmaktadır.**

Bu hızlı ısınmanın temel mekanizması albedo geri besleme döngüsüdür: Kutup buzları ve kar örtüsü eridikçe daha koyu renkli okyanus suyu veya çıplak toprak açığa çıkmaktadır. Açık renkli yüzeyler güneş ışıınının büyük bölümünü geri yansıtırken (yüksek albedo), koyu renkli yüzeyler bu enerjiyi soğurarak ısı enerjisine dönüştürmektedir. Albedo kaybı, bölgesel ısınmayı daha da hızlandıran bir kısır döngü yaratmakta ve bu etkinin önemli bir bölümü kuzeyi kapsayan Avrupa'ya yansımaktadır.

Bölge	Onlık Isınma Hızı (°C/10 yıl)	Referans Dönem
Küresel Ortalama	~0,20	1991–2025
Avrupa Kara Yüzeyi	~0,53	1990'lar ortası–2025
Arktik Bölgesi	~0,69–0,75	1990'lar ortası–2025
Orta ve Doğu Avrupa	> 0,55 (en hızlı kara bölgeleri)	1991–2020 referans
Kuzey Atlantik (soğuma anomali)	Negatif trend	2011–günümüz

Tablo 1. Bölgesel Isınma Hızlarının Karşılaştırması. Kaynak: C3S ERA5, ESOTC 2025.

2.2 Sera Gazı Birikiminin Artışı

Atmosferdeki karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) konsantrasyonlarının artışı, küresel ısınmanın temel itici gücü olmayı sürdürmektedir. ESOTC 2025 raporuna göre bu sera gazlarının atmosferik konsantrasyonları 2025 yılında artmaya devam etmiş; küresel yüzey hava sıcaklığı 2023-2025 üç yıllık ortalaması, sanayileşme öncesi dönemi $1,5^\circ\text{C}$ 'nin üzerinde geçme eşiğine yaklaşmıştır. **NASA'nın IPCC 2021 verilerine dayanarak hazırladığı değerlendirmelere göre sera gazı emisyonları yüzeye yaklaşık $1,5^\circ\text{C}$ ısınma eklerken aerosollerin soğutma etkisi bu değeri kısmi olarak dengelemiştir.**

2025 yılında Avrupa'da yenilenebilir enerji, toplam elektrik üretiminin yaklaşık %46,4'ünü karşılamış; güneş enerjisinin payı %12,5 ile rekor düzeye ulaşmıştır. AB'nin net sera gazı emisyonları 2023-2024 arasında %2,5 daha azalarak 1990 düzeyinin %39 altına gerilemiştir. Ne var ki atmosferik birikimler ve tarihsel emisyonlar nedeniyle bu azalma, kısa vadede ısınma hızını belirgin biçimde yavaşlatamamaktadır.

2.3 Termohalin Dolaşım Sistemi'nin Zayıflaması

Atlantik Meridional Devridaim Dolaşımı (AMOC), Atlantik Okyanusu'ndaki ısı enerjisi dağılımını düzenleyen kritik bir okyanus akıntı sistemidir. Küresel ısınmaya bağlı olarak kutup buz örtüsünün erimesiyle artan tatlı su girişi, bu dolaşımın zayıflamasına yol açmaktadır. ESOTC 2025 verileri, Kuzey Atlantik üzerinde gözlemlenen bir soğuma anomalisine dikkat çekmektedir; bu durum, söz konusu bölgenin dolaşım zayıflamasıyla yakından ilişkili olduğunun göstergesi kabul edilmektedir. **Paradoks olarak, İzlanda 2011'den bu yana bu etkinin hafifletici yansıması nedeniyle görece daha az ısınmıştır.**

AMOC'un zayıflaması kısa vadede bazı bölgelerde ısınmayı dizginlese de uzun vadede mevsimsel dengesizliklere, aşırı yağış olaylarına ve Kuzeybatı Avrupa'da iklim düzeninin bozulmasına zemin hazırlayabilmektedir.

2.4 Aerosol Azalması: 'Küresel Kararma'dan 'Küresel Aydınlanma'ya Geçiş

Avrupa'nın hızlı ısınmasını açıklayan en ilginç ve paradoksal mekanizmalardan biri, hava kalitesinin iyileştirilmesi politikalarının yarattığı beklenmedik iklimsel sonuçtur. 1950'lerden 1980'lerin ortasına kadar uzanan dönemde, sanayileşmenin ürettiği **sülfat aerosoller atmosferde güneş ışınımını kısmen bloke ederek yüzeye ulaşan radyasyonu azaltmıştır; bu fenomen 'küresel kararma' (global dimming) olarak tanımlanmaktadır.**

1980'lerin sonundan itibaren Avrupa'da uygulanan katı hava kalitesi düzenlemeleri — **Ulusal Emisyon Azaltım Yükümlülükleri (NEC) Direktifi ve buna bağlı mevzuat — sülfür dioksit (SO_2) ve diğer aerosol emisyonlarını kayda değer ölçüde düşürmüştür.** Bu gelişme yüzeye ulaşan güneş radyasyonu miktarını artırmış ve bulut örtüsünü azaltmıştır; söz konusu değişim 'küresel aydınlanma' (**global brightening**) olarak adlandırılmaktadır. C3S Atmosfer İzleme Servisi (CAMS) ve Copernicus kaynaklarına göre bu aydınlanma etkisi özellikle Fransa ve Batı Avrupa'da belirgindir; brightening trendleri Fransa için yıllık ortalamada $5,9 \text{ W/m}^2$ düzeyine ulaşmıştır.

NASA'nın aerosol araştırmalarına göre hava kirliliğinin azaltılması, deniz bulutlarının parlaklığını da düşürmektedir. Washington Üniversitesi'nin Nature Communications dergisinde yayımlanan Kasım 2025 tarihli çalışması, **azalan aerosol emisyonlarının deniz bulutlarının ışığı yansıtma kapasitesini zayıflattığını ve Dünya'nın daha fazla ısı tutmasına yol açtığını**

ortaya koymaktadır. Bu bulgu, iklim modellerinin bazı senaryolarda ısınma eğilimi olduğundan az tahmin etmiş olabileceğine işaret etmektedir.

Dönem	Atmosferik Durum	Yüzey Radyasyonu	İklim Etkisi
1950–1985	Yüksek aerosol / kirlilik	Azalan (Dimming)	Kısmi soğutma maskeleye
1985–1990	Geçiş dönemi (politika reformu)	Durağan/Değişken	Azalan maskeleye
1990–günümüz	Azalan aerosol / temiz hava	Artan (Brightening)	Hızlanan bölgesel ısınma
2020 (COVID)	Geçici emisyon düşüşü	Geçici artış	+0,1–0,3°C lokal ısınma

Tablo 2. Avrupa'da Dimming-Brightening Geçişi ve İklimsel Etkileri. Kaynak: C3S/CAMS, NASA, UW 2025.

2.5 Deniz Yüzey Sıcaklıkları ve Deniz Isı Dalgaları

ESOTC 2025 raporu, Avrupa bölgesindeki yıllık ortalama deniz yüzey sıcaklığının (SST) üst üste dördüncü yıl için rekor kırdığını belgelemektedir. Deniz ısı dalgaları Akdeniz'den Arktik'e kadar uzanmakta ve kıyı ekosistemlerini, balıkçılığı ve hava kalıplarını doğrudan etkilemektedir. **Yüksek deniz yüzey sıcaklıkları, atmosfere daha fazla su buharı aktarılmasına yol açmakta; bu durum hem ekstrem yağış olaylarının şiddetini artırmakta hem de ısınma etkisini güçlendirmektedir.**

2.6 Arazi Kullanımı Değişiklikleri ve Kentsel Isı Adası Etkisi

Orman tahribatı, tarım arazilerinin genişlemesi ve kentleşme, yerel ve bölgesel ölçekte yüzey albedosunu değiştirmekte ve bu suretle ısınmaya dolaylı katkıda bulunmaktadır. Kentsel ısı adası etkisi, şehir sıcaklıklarının kırsal alanlara kıyasla belirgin biçimde yüksek seyretmesine neden olmaktadır. **2025 yılında Avrupa'nın %41'inde 'güçlü ısı stres' yaşanan gün sayısının ortalamayı aştığı görülmüş; İspanya'nın güney ve doğu kesimlerinde 32°C üzerinde 'hissedilen sıcaklık' bildirilen gün sayısı ortalamayı 50 günü aşan bir farkla geçmiştir.**

Neden	Etki Büyüklüğü	Bölgesel Odak	Bilimsel Kaynak
Arktik yükseltme + albedo döngüsü	Çok Yüksek	Kuzey Avrupa, Arktik	C3S ERA5, ESOTC 2025
Sera gazı birikimi (CO ₂ , CH ₄)	Yüksek (küresel)	Tüm Avrupa	C3S, WMO, IPCC
Aerosol azalması (brightening)	Orta-Yüksek	Batı/Orta Avrupa	C3S CAMS, NASA, UW 2025
Deniz yüzey sıcaklığı artışı	Orta-Yüksek	Akdeniz, Kuzey Atlantik	C3S SST, ESOTC 2025
AMOC zayıflaması	Orta	Kuzey Atlantik kıyıları	C3S, WMO
Kentsel ısı adası + arazi kullanımı	Düşük-Orta	Kentsel alanlar	EEA, ESOTC

Tablo 3. Avrupa'nın Hızlı Isınmasına Katkıda Bulunan Başlıca Nedenler ve Görece Etki Büyüklüğü.

3. ESOTC 2025'İN TEMEL BULGULARI

3.1 Sıcaklık Trendleri

2025 yılında Avrupa'nın en az %95'i ortalamanın üzerinde yıllık sıcaklıklar deneyimlemiştir. Finlandiya ve Norveç'in subarktik kesimlerinde rekor niteliğinde üç haftalık bir sıcak hava dalgası yaşanmış; **Arktik Çember yakınlarındaki sıcaklıklar 30°C'yi aşmıştır**. Orta ve Doğu Avrupa en hızlı ısınan kara bölgeleri arasında yer almaktadır. Küresel yüzey hava sıcaklığının sanayileşme öncesi döneme kıyasla 1,5°C üzerinde seyrettiği 2023-2025 üç yıllık ortalama dönemi, iklim bilimi için kritik bir eşik olarak değerlendirilmektedir.

3.2 Ekstrem Hava Olayları

Rapor, 2025 yılında Avrupa'nın pek çok bölgesinde eşzamanlı ve art arda gelen ekstrem olayların yaşandığını belgelemektedir. Haziran-Temmuz 2025'te iki ayrı sıcak hava dalgası Batı ve Güney Avrupa'yı derinden etkilemiştir. **Yaygınlaşan orman yangınları, Akdeniz havzasında biyoçeşitlilik kayıplarına ve ekonomik zararlara yol açmıştır**. Yağış düzenindeki değişimler hem kuraklıkları hem de şiddetli selleri beraberinde getirmiştir. Güneybatı Avrupa'da giderek derinleşen kuraklık koşulları tarımı ve su kaynaklarını tehdit etmektedir.

3.3 Kriyosfer Değişimleri: Buzullar ve Deniz Buzu

Tüm Avrupa bölgelerindeki buzullar erime sürecini sürdürmektedir. Grönland çevresi, İzlanda, Svalbard ve Jan Mayen, İskandinavya, Orta Avrupa ile Kafkasya'daki buzul kütle kayıpları 1976-2025 iklim şeridi verileriyle belgelenmiştir. Kuzey Atlantik Okyanusu çevresindeki deniz buzu alanı da uzun vadeli eğilimler çerçevesinde daralma göstermektedir.

İklim Göstergesi	2025 Durumu	Uzun Vadeli Trend
Ortalama kara sıcaklığı	Rekor üstü (≥95% yüzeysel anomali)	+0,53°C/10 yıl (1990'lar ortasından bu yana)
Deniz yüzey sıcaklığı (SST)	4. kez üst üste rekor	Sürekli yükselen trend
Deniz ısı dalgaları	Yaygın, şiddetli	Artış eğiliminde
Buzul kütlesi	Süregelen kayıp	Tüm bölgelerde negatif
Kuraklık alanları	Güney Avrupa yüksek risk	Genişleyen alan
Aşırı yağış şiddeti	Artış gözlemlendi	İntensifikasyon trendi

Tablo 4. ESOTC 2025 Temel İklim Göstergeleri Özeti. Kaynak: C3S/ECMWF/WMO, ESOTC 2025.

4. AVRUPA'DA HAVA KİRLİLİĞİNİN AZALMASI: SAĞLIK KAZANIMLARI VE İKLİMSEL PARADOKS

4.1 Hava Kirliliği Azalmasının Olumlu Sağlık Etkileri

Avrupa, özellikle 1980'lerden başlayarak hava kalitesini iyileştirmeye yönelik kapsamlı politikalar hayata geçirmiştir. Ulusal Emisyon Azaltım Yükümlülükleri (NEC) Direktifi, Çevre

Hava Kalitesi Direktifleri (2004/50/EC ve 2008/50/EC — 2024'te 2024/2881 numaralı Direktifle yeniden düzenlenmiştir) ve sektör bazlı mevzuat çerçevesinde **SO₂, NO_x, PM_{2,5} ve diğer kirleticilerin emisyonları belirgin biçimde gerilemiştir.**

Avrupa Çevre Ajansı'nın (EEA) 2024-2025 yılı verilerine göre 2005-2022 döneminde AB-27 genelinde PM_{2,5} kaynaklı erken ölüm sayısı %45 azalmıştır (2005'te yaklaşık 431.000'den 2022'de yaklaşık 239.000'e). Aynı dönemde NO₂ kaynaklı erken ölümler %53 oranında düşmüştür (yaklaşık 102.000'den 48.000'e). Bu veriler, hava kalitesi politikalarının somut sağlık kazanımları sağladığını açıkça ortaya koymaktadır.

Kirletici / Gösterge	2005 Değeri	2022 Değeri	Değişim (%)
PM _{2,5} kaynaklı erken ölüm (AB-27)	~431.000/yıl	~239.000/yıl	-45%
NO ₂ kaynaklı erken ölüm (AB-27)	~102.000/yıl	~48.000/yıl	-53%
PM _{2,5} ortalama kentsel konsantrasyonu	Referans (100%)	~%78 (2009–2018 dönemi %22 düşüş)	-22%
PM _{2,5} 'e maruz kalan kentli nüfus oranı	%97 (2006)	%61 (2019)	-36 puan
2030 hedefi (PM _{2,5} erken ölüm azaltımı)	–	–	≥-55% (2005'e kıyasla)

Tablo 5. Avrupa'da Hava Kirliliği Azalmasının Sağlık Etkileri (2005–2022). Kaynak: EEA, 2024–2025.

4.2 Kanserojen Maddeler ve Azalan Hava Kirliliğinin Kanser Yüküne Etkisi

EEA'nın 'Kanser ile Mücadelede Avrupa'nın Çevresinin Rolü' başlıklı raporu, hava kirliliğine bağlı kanserojen maddelerin Avrupa'daki kanser yüküne katkısını belgelemektedir. **Çevre ve mesleki kaynaklı kanserojen etkilene, Avrupa'daki toplam kanser hastalıklarının yaklaşık %10'undan fazlasını açıklamaktadır.** Benzo(a)piren (BaP) ve benzen, AB mevzuatıyla ayrıca düzenlenen başlıca kanserojen hava kirleticileri arasında yer almaktadır.

2005-2019 döneminde AB-27 genelinde PM_{2,5}, BaP ve benzen dahil tüm temel hava kirleticilerinin emisyonları düşmüştür. Bu düşüşün ardından 2009-2018 arasında kentsel ortamlardaki PM_{2,5} konsantrasyonları ortalama %22 azalmıştır. Karsinojenik etkisi nedeniyle özellikle takip edilen BaP'nin en yüksek konsantrasyonları İtalya ve Doğu Avrupa'da kömür ve odun yakıtlı konut ısıtmasından kaynaklanmakta olup bu bölgelerde hedef değerin üzerindeki istasyonlar belgelenmektedir.

AB'nin 'Sıfır Kirlilik' Eylem Planı (ZPAP) kapsamında 2030 yılına kadar PM_{2,5}'e (x) bağlı erken ölümlerin 2005 düzeyine kıyasla en az %55 azaltılması hedeflenmektedir. EEA verilerine göre 2022 itibarıyla bu hedefe %45'lik düşüşle önemli ölçüde yaklaşmış durumdadır; politikaların sürdürülmesi halinde hedefin aşılabileceği değerlendirilmektedir.

(x) PM_{2,5}: Çapları 2.5 Mikrometreden daha az olan ince tanecikler

Kanserojen Madde / Risk Faktörü	AB Düzenlemesi	Son Durum ve Trend
---------------------------------	----------------	--------------------

Benzo(a)piren (BaP)	Direktif 2004/107/EC (hedef: 1 ng/m ³)	2022'de 12/27 ülkede hedef üstü; Doğu Avrupa odaklı
Benzen	Direktif 2008/50/EC (sınır: 5 µg/m ³)	Genel olarak sınır altında; trend azalma yönünde
PM _{2,5} (karsinojenik bileşen içerir)	AAQD 2024 (yeni sınır: 10 µg/m ³)	2022'de %45 düşüş (2005'ten bu yana)
NO ₂ (dolaylı kanserojen)	AAQD 2024 (sınır: 20 µg/m ³)	2022'de %53 düşüş (2005'ten bu yana)
İkinci el sigara dumanı (iç mekan)	Tütün Direktifi	Yasal kısıtlamalar artmakta

Tablo 6. Avrupa'da Kanserojen Hava Kirleticilerinin Yasal Çerçevesi ve Mevcut Durumu. Kaynak: EEA, AB Direktifleri, IARC.

4.3 Azalan Hava Kirliliğinin Isınmayı Hızlandırması: Paradoksal Boyut

Hava kirliliğinin azaltılması sağlık açısından tartışmasız olumlu sonuçlar doğururken iklim sistemi açısından çelişkili bir etki yaratmaktadır. Bu çelişki üç ayrı mekanizma üzerinden işlemektedir:

Birinci mekanizma doğrudan aerosol etkisidir. Sülfat aerosoller güneş ışınımını atmosferde yansıtarak yüzeye ulaşan radyasyon miktarını azaltır (Dünya'yı serinletir). Emisyonların düşmesiyle bu koruyucu 'şemsiye' etkisi zayıflamakta ve daha fazla güneş enerjisi yüzeye ulaşmaktadır. **NASA'nın IPCC 2021 değerlendirmesine göre aerosollerin toplam soğutma katkısı yaklaşık 0,4-0,5°C düzeyindedir;** bu maskelemenin azalması bölgesel ısınmayı görece hızlandırmaktadır.

İkinci mekanizma dolaylı aerosol-bulut etkisidir. Atmosferdeki aerosol partikülleri, bulut damlacıklarının çekirdeğini oluşturur; daha fazla aerosol, daha küçük damlaların oluşmasına ve bulutların daha parlak (daha yüksek albedolu) hale gelmesine yol açar. Aerosol azaldığında bu parlaklık etkisi de zayıflamakta, bulutlar daha az ışığı geri yansıtmakta ve Dünya daha fazla enerji tutmaktadır. University of Washington'ın Kasım 2025 tarihli Nature Communications makalesi bu mekanizmanın bugüne kadar olduğundan az tahmin edildiğini ortaya koymuştur.

Üçüncü mekanizma deniz kirliliği azalmasının etkisidir. IMO'nun 2020 yılında uygulamaya koyduğu kükürt emisyon düzenlemesi (IMO 2020), deniz taşımacılığından kaynaklanan SO₂ emisyonlarını keskin biçimde düşürmüştür. Copernicus/CAMS verilerine dayanan araştırmalar, bu düzenlemenin gemi güzergahları üzerindeki bulut oluşumunu azalttığını ve yerel deniz yüzey sıcaklıklarını etkilediğini göstermektedir.

Bu bağlamda ortaya çıkan temel politika ikilemi şudur: Hava kirliliğini azaltmak hem ahlaki bir zorunluluk hem de kamu sağlığı açısından vazgeçilmez bir hedeftir; ancak bu azalma, greenhouse gas azaltım politikalarıyla eş zamanlı yürütülmediğinde maskeleme etkisinin ortadan kalkmasıyla birlikte daha hızlı bir bölgesel ısınmaya kapı arayabilmektedir. Nitekim COVID-19 pandemi döneminde yaşanan geçici emisyon düşüşü, bazı bölgelerde 0,1-0,3°C'lik kısa süreli ısınmayla kendini göstermiş ve bu mekanizmanın işlerliğini gözler önüne sermiştir.

5. NASA'NIN AEROSOL VE İKLİM ARAŞTIRMALARIYLA BÜTÜNLEŞME

NASA'nın Earth Science programı, Dünya'nın enerji dengesi ve aerosol-iklim etkileşimleri üzerinde kapsamlı araştırmalar yürütmektedir. Aerosols: Small Particles with Big Climate Effects başlıklı NASA değerlendirmesi (güncel versiyon: Ekim 2024), aerosollerin Dünya'yı yaklaşık 0,7°F (0,4°C) serinlettiğini; buna karşın sera gazı emisyonlarının yaklaşık 2,7°F (1,5°C) ısınma eklediğini ortaya koymaktadır.

NASA GISS ModelE2 iklim modeli, Avrupa üzerindeki dimming ve brightening trendlerini yeniden üretmek için kullanılmış ve Fransa'da yıllık ortalama SSR brightening trendinin 5,9 W/m² düzeyine ulaştığı hesaplanmıştır. Akdeniz bölgesi için ise dimming döneminde SSR'nin yılda -4,4 W/m² düşüş gösterdiği modellenmiştir.

NASA'nın uydu analizleri, 1990'lardan itibaren tersine dönen küresel dimming-brightening dönüşümünü bağımsız olarak doğrulamaktadır. 2007 yılında NASA destekli bir uydu çalışması, 1990 civarında bu dönüşümün gerçekleştiğini ve aerosol düzeylerindeki düşüşle örtüştüğünü ilk kez sistematik biçimde belgelemiştir.

NASA Araştırma Alanı	Temel Bulgu	Avrupa İçin Anlamı
Aerosol soğutma etkisi	Yaklaşık -0,4°C küresel soğutma	Azalan aerosol → artan bölgesel ısınma
Küresel brightening (uydu)	1990 sonrası güneş radyasyonunda artış	Avrupa'da ısınma hızlanmasını açıklıyor
COVID emisyon düşüşü	+0,1–0,3°C lokal ısınma (geçici)	Aerosol maskesinin kaldırılması etkisini gösterdi
NASA GISS ModelE2	Fransa: +5,9 W/m ² SSR brightening	Batı Avrupa'da ısınmayı modelliyor
Deniz bulutları araştırması	Azalan aerosol → daha az parlak bulut	Daha az yansıma → daha fazla emilen enerji

Tablo 7. NASA'nın Aerosol-İklim Araştırmalarının Avrupa Bağlamındaki Temel Bulguları.

6. POLİTİKA ETKİLERİ VE UYUM STRATEJİLERİ

ESOTC 2025 raporu ve bütünleşik bulgular, Avrupa iklim politikası açısından bazı kritik çıkarımlar sunmaktadır. AB'nin 2050 iklim tarafsızlığı hedefi ve 2030 yılına kadar emisyonların 1990 düzeyinin %55 altına çekilmesi taahhüdü doğru yönde atılmış adımlar olmakla birlikte, fiili ısınma hızının modellerin bazı öngörülerini aştığı görülmektedir.

Hava kalitesi politikalarıyla iklim politikalarının entegre bir yaklaşımla yönetilmesi zorunludur. Aerosol azaltma ile sera gazı azaltmanın eş zamanlı sürdürülmemesi durumunda maskeleme etkisinin ani kaybı, ısınma trendini geçici de olsa beklenmedik ölçüde hızlandırabilmektedir. Bu bağlamda aerosol emisyonlarındaki azalmanın mümkün

olan en geniş coğrafi alanda sera gazı azaltımıyla dengelenmesi, bilim insanları tarafından öncelikli politika hedefi olarak önerilmektedir.

Ayrıca buzul erimesi, deniz seviyesi yükselmesi, tarımsal kuraklıklar ve sağlık sistemlerine yönelik artan baskılar gibi iklim etkilerine uyum politikalarının geliştirilmesi ivedilik taşımaktadır. Erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi, kentsel yeşil altyapının genişletilmesi ve kuraklığa dayanıklı tarım modellerinin yaygınlaştırılması bu kapsamda öncelikli müdahale alanları olarak öne çıkmaktadır.

7. SONUÇ

Copernicus C3S ve WMO tarafından 29 Nisan 2026'da yayımlanan ESOTC 2025 raporu, Avrupa'nın 1980'lerden bu yana küresel ortalamanın yaklaşık iki katı hızla ısındığını ve Dünya'nın Kuzey kutup bölgelerindeki 3 kat olan ısınması hariç tutlursa, en hızlı ısınan kıtası konumunu koruduğunu bir kez daha belgelemektedir. Bu hızlı ısınmanın ardında birden fazla birbiriyle etkileşimli mekanizma yatmaktadır.

Arktik yükseltme etkisi ve albedo geri besleme döngüsü, sera gazı birikimi, AMOC'un zayıflaması ve deniz yüzey sıcaklıklarının artışı, Avrupa'nın hızlı ısınmasını açıklayan yapısal etkenlerdir. Bunların yanı sıra hava kalitesi mevzuatının 1980'lerden itibaren aerosol emisyonlarını önemli ölçüde azaltması, atmosferdeki koruyucu serinletme örtüsünü zayıflatarak bölgesel ısınmayı daha da hızlandırmıştır. **Bu bulgu, yalnızca hava kirliliğini değil aynı zamanda sera gazı emisyonlarını da hızla azaltmanın ne denli kritik olduğunu açıkça göstermektedir.**

Hava kirliliğinin azaltılması sağlık açısından tartışmasız bir kazanım olmayı sürdürmektedir: 2005-2022 döneminde AB genelinde PM_{2,5} kaynaklı erken ölümler %45 oranında gerilemiş, NO₂ kaynaklı erken ölümler ise %53 düşmüştür. Hava kirliliğine bağlı kanserojen madde yükü de belirgin biçimde azalmaktadır. **Bu sağlık kazanımlarından taviz verilmemeli; ancak aerosol azalmasının yarattığı iklimsel sonuç, bütünsel bir emisyon azaltım stratejisinin zorunluluğunu vurgulamaktadır.**

Sonuç olarak Avrupa, hem iklim değişikliğinin yoğun etkilerini yaşayan bir kıta hem de bu krizle savaşmada öncü politikalar geliştiren bir aktör konumundadır. ESOTC 2025'in bulguları, iklim-hava kalitesi-sağlık üçgenini bütüncül bir bakış açısıyla ele alan politika tasarımının hayati önemini bir kez daha gözler önüne sermektedir.

KAYNAKLAR //

1. C3S/ECMWF ve WMO (2026). C3S-WMO European State of the Climate 2025. Copernicus Climate Change Service. <https://climate.copernicus.eu/esotc/2025> DOI: 10.24381/zy93-sb27
2. Copernicus Climate Change Service (C3S) / European Commission (2026). Europe's warming accelerates beyond global trend, new Copernicus data shows. Avrupa Komisyonu Basın Bülteni, 28 Nisan 2026.
3. Copernicus Climate Change Service (C3S) (2026). Why are Europe and the Arctic heating up faster than the rest of the world? <https://climate.copernicus.eu/why-are-europe-and-arctic-heating-faster-rest-world>
4. Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) (2023). Aerosols: are SO₂ emissions reductions contributing to global warming? <https://atmosphere.copernicus.eu/aerosols-are-so2-emissions-reductions-contributing-global-warming>
5. European Environment Agency (EEA) (2024). Harm to human health from air pollution in Europe: burden of disease status, 2024. EEA Briefing. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/harm-to-human-health-from-air-pollution-2024>
6. European Environment Agency (EEA) (2025). Harm to human health from air pollution in Europe: burden of disease status, 2025. Eionet ETC/HE Report 2025/8. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/harm-to-human-health-from-air-pollution-burden-of-disease-status-2025>

7. European Environment Agency (EEA) (2022). Air pollution | Beating cancer — the role of Europe's environment. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/beating-cancer-the-role-of-europes-environment/air-pollution>
8. European Environment Agency (EEA) (2025). 3.2 Air pollution and impacts on human health. Europe's environment 2025. <https://www.eea.europa.eu/en/europe-environment-2025/thematic-briefings/environment-and-human-health/air-pollution-and-impacts-on-human-health>
9. NASA Earth Science (2024). Aerosols: Small Particles with Big Climate Effects. NASA Science. <https://science.nasa.gov/science-research/earth-science/climate-science/aerosols-small-particles-with-big-climate-effects/>
10. Von Salzen, K. ve ark. (2025). Reducing air pollution has inadvertently diminished the brightness of marine clouds. Nature Communications. University of Washington News, 5 Kasım 2025. <https://www.washington.edu/news/2025/11/05/the-chilling-effect-of-air-pollution/>
11. Nazarenko, L. ve ark. (2018). Dimming and Brightening in Europe: Seasonal Variability. NASA GISS ModelE2 çalışması. AGU Fall Meeting 2018 Abstracts, A13N2662N.
12. IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
13. European Environment Agency (EEA) (2024). Europe's air quality status 2024. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-air-quality-status-2024>
14. EU Space Support Office (2026). The European State of the Climate 2025 Report. <https://eu-space.europa.eu/components/earth-observation-copernicus/image-of-day/european-state-climate-2025-report>
15. European Commission (2025). State of the Energy Union Report 2025. Renewables at 46.4% of EU electricity in 2025.
16. OECD / IARC (2025). From guidelines to gains: impact of the European Code against Cancer. International Agency for Research on Cancer.
17. Directive (EU) 2024/2881 of the European Parliament and of the Council of 23 October 2024 on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast). OJ L 2024/2881, 20.11.2024.