

# 2020 yılında Avrupa'da fosil yakıt kullanımı ve hava kirliliği ilişkisi

Lauri Myllyvirta ve Hubert Thieriot (CREA)<sup>1</sup>

## 2020 yılında COVID-19 pandemisi nedeniyle fosil yakıt kullanımının azalması sonucu Avrupa'da hava kirliliğine bağlı 38.000 ölüm önlendi.

COVID-19 salgınıyla mücadele kapsamında alınan önlemler ve yenilenebilir enerjideki artış, 2020 yılında Avrupa'nın fosil yakıt kullanım oranında keskin düşüşe neden oldu. Bu düşüş, nitrojen dioksit (NO<sub>2</sub>) kirliliği seviyesinin ortalamasının yaklaşık %14, partikül madde kirliliğinin %7, ozon kirliliğinin ise %4 azalmasına yol açtı. Bu kirleticilerdeki düşüşün, Avrupa genelinde hava kirliliğinden kaynaklanan 37.813 ölümün önlenmesiyle sonuçlandığı tahmin ediliyor (%95 güven aralığıyla hesaplanmış olup düşük değer 31.894, yüksek değer 44.226'dır).

Önüne geçilen diğer sağlık etkileri arasında; hastalık nedeniyle işgünü kaybında 10 milyon gün, çocuklarda görülen yeni astım vakalarında 17.000, astım krizi nedeniyle acil servise kaldırılma sayısında 29.000 ve erken doğum sayısında 4.700 düşüş bulunuyor. Bu sağlık etkilerinin büyük bölümünün, kronik hava kirliliğine maruz kalma ile ilişkili olması nedeniyle önümüzdeki aylar ve yıllar içerisinde yine gerçekleşmesi bekleniyor.

Bu etki AB'deki toplam elektrik üretiminin %38'ini karşılayan yenilenebilir enerjinin, üretimin %37'sini karşılayan fosil yakıtları geçmesi sonucu ortaya çıkıyor. Elektrik üretiminde kömürün payı 2020 yılında 2019'a kıyasla %20 azalmış durumda ve ulaşım kaynaklı petrol talebi 2020 yılının Ocak ve Kasım ayları arasında %13 düşüş yaşadı. NO<sub>2</sub> kirliliğinin temel kaynağı olan kömür ve petrol kullanımı, Avrupa'daki partikül madde kirliliğinin de ana kaynağını oluşturuyor.

Enerji ve Temiz Hava Araştırma Merkezi (*Centre for Research on Energy and Clean Air, CREA*) tarafından gerçekleştirilen sağlık etki analizi, hava kirliliğinin, hava kalitesinin

<sup>1</sup> <https://energyandcleanair.org/air-pollution-related-deaths-avoided-in-europe-in-2020> erişim:26.03.2021

iyileştirilmesinden bağımsız olarak, salgın sırasında sağlık sistemi üzerinde oluşan yükü ne şekilde etkilediğini de vurguluyor.

Hava kirliliği nedeniyle sağlık sorunları yaşayan birçok insan, yaşanan salgında daha kırılgan duruma geliyor. Bunun yanı sıra astım, felç ve diyabet sebebiyle tedavi gören insanlar salgın sırasında ihtiyacın artmasıyla sistem üzerinde baskı oluşturuyor.

NO<sub>2</sub> kirlilik seviyelerinde en büyük düşüşün görüldüğü ülkeler arasında İngiltere, İspanya, Fransa ve İsveç yer alıyor. Partikül madde kirliliğinde en büyük düşüş ise Sırbistan, Macaristan, Çekya ve Slovakya'da görülüyor.

Önüne geçilen olumsuz sağlık etkilerinin en yüksek gerçekleştiği ülkeler arasında Almanya, Polonya, İtalya ve İngiltere yer alıyor.

Avrupa'nın önde gelen kentleri arasında Paris, Roma, Zagreb, Atina, Lizbon ve Varşova, olumsuz sağlık etkilerinin en fazla miktarda azaltıldığı kentler olarak öne çıkıyor.

Yeni analiz, mevsim koşullarının etkilerini kontrol altına almak ve kirlilik seviyelerindeki değişimlerin emisyonlardaki değişikliklerle ilişkisini değerlendirebilmek amacıyla detaylı hava kalitesi istatistiksel modellemelerini kullanıyor.

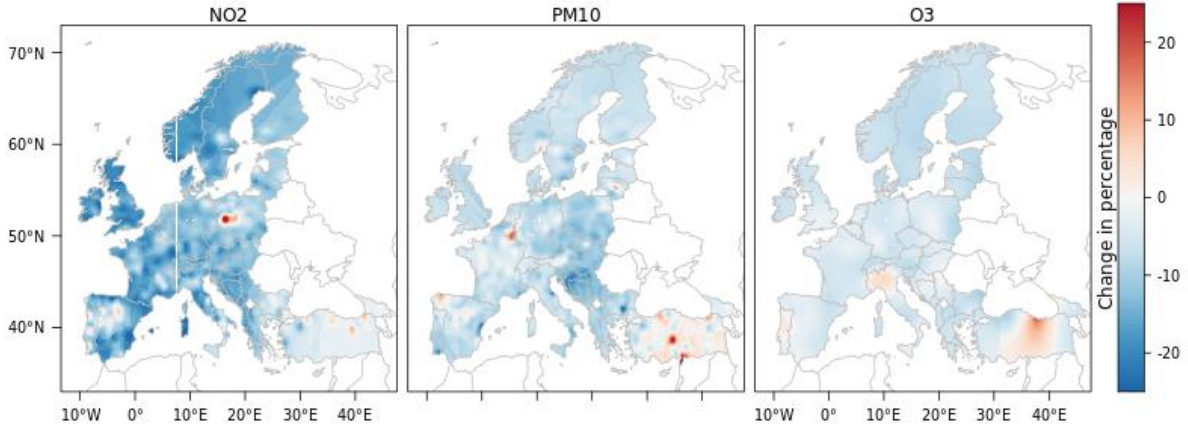
Hava kirliliği, Avrupa genelinde en büyük çevre sağlığı tehdidini oluşturuyor. Kirliliğe maruz kalma sonucunda Avrupa Birliği'ndeki ortalama yaşam süresinin sekiz ay kısaldığı tahmin ediliyor. 2018 yılında, Avrupa genelinde 417.000 ölüm PM<sub>2,5</sub> ile, 55.000 ölüm NO<sub>2</sub> ile, 20.600 ölüm ise ozon seviyesiyle ilişkili olarak gerçekleşti ([EEA, 2020](#)). Avrupa'daki yüksek gelirli ülkelerin nüfusunun yaklaşık %60'ının, Dünya Sağlık Örgütü'nün (*World Health Organization, WHO*) belirlediği sınır değerinin üzerinde PM<sub>10</sub> veya PM<sub>2,5</sub> seviyelerine maruz kaldığı tahmin ediliyor. Avrupa'daki düşük ve orta gelirli ülkelerin nüfusun %80'inin bu kirlleticilere maruz kaldığı tahmin ediliyor ([WHO, 2018](#)).

COVID-19 krizi milyonlarca insanın ıstırabına yol açtı. Bu sebeple kriz nedeniyle oluşan etkiler olumlu bir şekilde yansıtılmamalıdır. Ancak 2020 yılı boyunca kömür ve petrol kullanımının azalması halk sağlığında önemli fayda sağladı. Avrupa'daki karar vericilerin, ekonomik toparlanma programlarında temiz hava, temiz enerji ve temiz ulaşımı önceliklendirmesi ve kömür ve petrol tüketimini hızlı ve sürdürülebilir şekilde azaltması durumunda halk sağlığına ve insanların yaşam kalitesine fayda sağlanabilir.

## Hava kalitesinde iyileşme

NO<sub>2</sub> seviyeleri, bazı sıcak noktalar dışında, Avrupa'nın büyük bölümünde düşüş gösterdi. Bu genel görünüm, PM10 ve ozon kirleticilerinde daha karışık şekilde gerçekleşiyor. Göreceli olarak büyük bölgelerde sabit kalıyor, hatta genel bir artış yaşandığını öne sürmek aşağıdaki Şekil'de görüleceği gibi mümkün. Bu durum, daha önce kimya-taşımacılık modellemesini kullanan bilimsel çalışmalarla tutarlılık gösteriyor (örneğin [Menut ve diğerleri, 2020](#)).

**Şekil 1** - Hava koşullarına göre normalize edilmiş hava kirletici konsantrasyonunda 2019 ve 2020 yılları arasındaki değişim<sup>2</sup>



<sup>2</sup> Analiz, kamuya ait izleme istasyonlarının bulunduğu kent/kasaba seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Değişimin, %-25 ile %25 arasında sınırlandırılması temsili nedenlerledir.

## Ülke ölçeğinde bulgular

Ülke düzeyinde, **NO<sub>2</sub>** seviyelerinde Avrupa'da ortalama %14 azaltım sağlanırken bu değer İngiltere'de %19 geriledi. **Partikül madde** konsantrasyonlarındaki azalma Doğu Avrupa'da daha belirgin şekilde gerçekleşti. Sırbistan, Macaristan, Çekya, Slovakya ve Polonya'nın PM10 seviyelerinde %10'dan fazla düşüş yaşandı. PM10 kirleticisi için Avrupa genelinde ortalama düşüş %7 olarak gerçekleşti. **Ozon** seviyelerindeki yıllık değişim daha düşük gerçekleşti (ortalama %-4) ve genel olarak daha sınırlı bir azaltım sağlandı. Bulgular aşağıda sunulan **Şekil 2**'de ayrıntılı şekilde gösteriliyor<sup>3</sup>.

**Şekil 2 - Hava kirleticilerin seviyelerinde 2019-2020 arasındaki değişim**



Şekil-2 hava koşullarına göre normalize edilmiş hava kirletici konsantrasyonunda 2019 ve 2020 yılları arasındaki değişimi göstermektedir. Her ülke için nüfus ağırlıklı ortalamalar hesaplanmıştır.

<sup>3</sup> Türkiye özelinde verilere erişim sağlayabildiğimizde şekil ve tablolara ekledik. Ancak Türkiye'ye dair veriler Avrupa ortalamasında yer almıyor.

Burada yalnızca 5 milyondan fazla nüfusa sahip ülkeler gösteriliyor. Tüm ülkelerin yer aldığı liste Ek Bilgiler bölümünde mevcuttur.

Kirleticilere maruz kalmadaki düşüş, hava kirliliğinde azalma olmadığı durumda gerçekleşmesi beklenen sağlık etkileri örneğindeki gibi önlenen sağlık etkileri şeklinde okunabilir.

**Tablo 1- Hava kirliliğinin azalması nedeniyle önlenen tahmini erken ölüm sayısı**

Ülke	Orta	Düşük	Yüksek
Almanya	5546	4428	6763
Polonya	4706	4344	4915
İtalya	4262	3474	5068
İngiltere	3670	2963	4536
Fransa	3461	2629	4828
İspanya	2385	1881	2912
Sırbistan	1564	1505	1568
Macaristan	1489	1385	1557
Çekya	1209	1157	1212
Yunanistan	1112	880	1349
Bulgaristan	1006	938	1055
Hollanda	738	596	887
Hırvatistan	738	708	743
Portekiz	692	589	772
Belçika	647	476	855
Avusturya	641	514	771
İsveç	556	435	678
Bosna Hersek	547	538	531
Slovakya	529	522	513
Türkiye	376	169	716

Tablo 1 hava kirleticilerine maruziyetin azalması nedeniyle önlenecek tahmini erken ölüm sayısını (ilk 20 ülke) göstermektedir. Düşük ve yüksek değerler %95 güven aralığıyla hesaplanmıştır. Tüm ülkelerin yer aldığı liste Ek Bilgiler bölümünde mevcuttur.

Önlenecek ölümlerin yanı sıra, hava kalitesinin iyileşmesi sonucunda hastalık nedeniyle işten izin alınan gün sayısında 10 milyon, çocuklarda görülen yeni astım vakalarında 17.247 ve erken doğumlarda 4.695 düşüş görüldüğü tahmin ediliyor. Ayrıntılı sonuçlar aşağıda sunulan **Tablo 2**'de gösteriliyor.

**Tablo 2 - Hava kirliliğinin azalması nedeniyle öngörülen önlenecek sağlık etkileri**

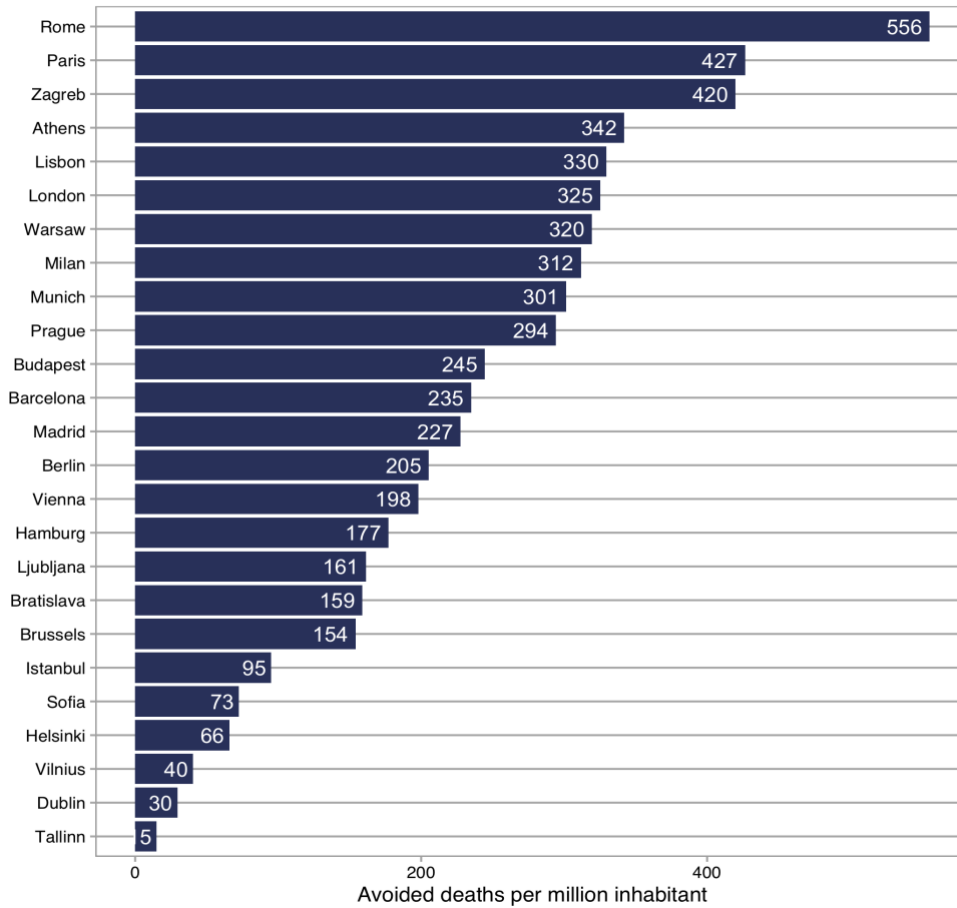
Sonuç	Kirletici	Orta	Düşük	Yüksek
İş kaybı	PM <sub>2,5</sub>	10,042,387	8,546,612	11,526,943
Çocuklarda görülen yeni astım vakaları	NO <sub>2</sub>	17,247	3,733	39,142
Astım krizi nedeniyle acil servis hizmeti	PM <sub>2,5</sub> , O <sub>3</sub>	31,149	18,730	35,771
Erken doğum	PM <sub>2,5</sub>	4,695	2,284	4,983
Ölüm	PM <sub>2,5</sub>	34,126	29,885	37,676
Ölüm	NO <sub>2</sub>	1,187	659	2,600
Ölüm	O <sub>3</sub>	2,500	1,351	3,952

Tablo 2'de hava kirleticilerine maruziyetin azalması nedeniyle önlenecek tahmini sağlık etkisi (ilk 20 ülke) gösterilmektedir. Düşük ve yüksek değerler %95 güven aralığıyla hesaplanmıştır. Tüm ülkelerin yer aldığı liste Ek Bilgiler bölümünde mevcuttur.

## Şehirlere Göre Analizler

Avrupa'nın önde gelen kentleri arasında Paris, Zagreb, Atina, Lizbon ve Varşova, olumsuz sağlık etkilerinin 2020 yılında en fazla azaldığı yerler olarak öne çıkıyor. Bu şehirler aynı zamanda önlenen erken ölümlerin her bir milyon nüfus için 320'yi aştığı yerlerdir.

**Şekil 3** - Hava kirleticilerine maruziyetin azalmasına bağlı önlenen tahmini erken ölüm sayısı<sup>4</sup>



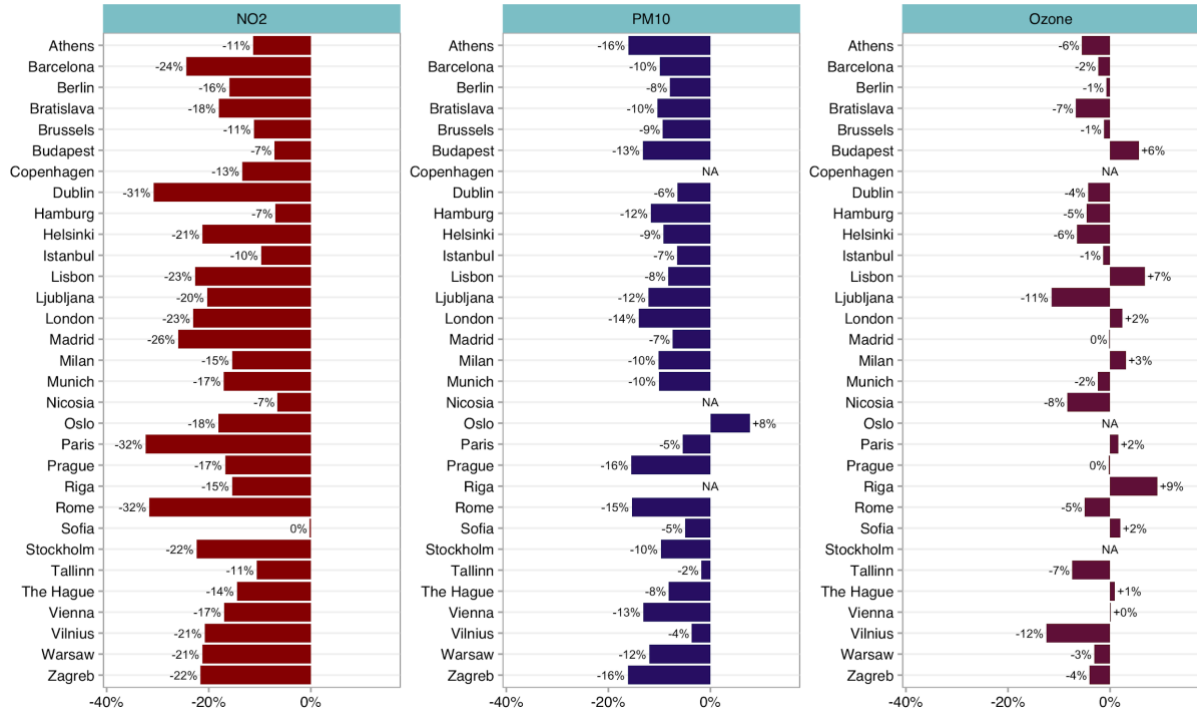
Source: CREA analysis

<sup>4</sup> Şehrin nüfusundaki milyon kişi başında önlenmiş ölüm sayısını göstermektedir. Şehir düzeyindeki sonuçlar, izleme istasyonunun gösterdiği hava kalitesi seviyelerinde değişiklik baz alınarak değerlendirildi. Bu istasyonlar genelde şehrin en kirlili alanlarında kurulmaktadır. Dolayısıyla, bu çizelgelerdeki sonuçlar şehrin tüm nüfusu için değil, yalnızca izleme istasyonlarının bulunduğu konumlar için geçerlidir.

## Artan ozon seviyelerindeki "çelişki"

İngiltere ([Lee ve diğerleri, 2020](#)) ve Çin ([Le ve diğerleri, 2020](#)) özelinde yapılan çalışmalar, COVID-19 kısıtlamaları sırasında yüksek ozon seviyelerinin gözlemlendiğine dikkat çekiyor. **Şekil 3**'te sunulduğu üzere, tüm yılın değerlendirmeye katıldığı ve hava koşullarının etkisinin düzeltildiği durumda dahi, Riga, Lizbon, Budapeşte, Milano, Londra ve Paris gibi birçok kentin ozon seviyelerinde artış yaşanıyor.

**Şekil – 3** Bazı şehirlerde 2019 ile 2020 yılları arasında hava kirlenici konsantrasyonundaki değişim



Şekil 3'de Avrupa'nın başkentlerinde ve 1 milyonu aşkın nüfusa sahip şehirlerde 2019 ile 2020 yılları arasında hava koşullarına göre normalize edilmiş hava kirlenici konsantrasyonundaki değişim gösterilmiştir.

Troposferik ozon oluşumu aktif bir araştırma alanı olmaya devam ediyor. Ancak, araştırmalar NO<sub>x</sub> emisyonlarındaki düşüşün O<sub>3</sub> titrasyonunun azalmasına, dolayısıyla O<sub>3</sub> seviyelerinin artmasına yol açtığını ileri sürüyor (örneğin [Shi ve diğerleri, 2021](#)'e bakınız). Bu durum, organik bileşiklerin emisyon kontrolünün yerel olarak ozon kirliliğinin üst sınır



değerlerini azaltmak üzere daha etkin olduğu VOC sınırlı Uçucu Organik Bileşik (*Volatile Organic Compound, VOC*) rejimlerde gerçekleşiyor ([EEA, 2016](#)).

Sağlık etki değerlendirmemizin sonuçları, ozon seviyelerinde yerel ölçekte gerçekleşen artışın NO<sub>2</sub> ve partikül madde kirleticilerinin azalması sonucunda telafi edildiğini gösteriyor.

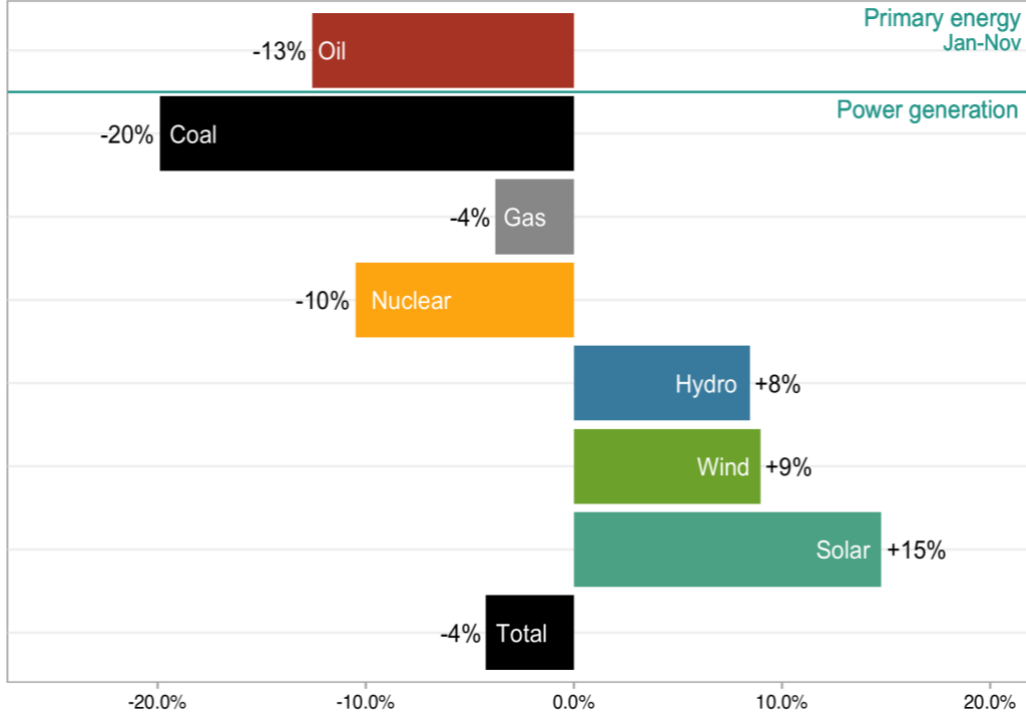
## 2020'de elektrik üretiminde yenilenebilir kaynaklar fosil yakıtları geride bıraktı

EMBER'e göre ([2021](#)), Avrupa Birliği'ni oluşturan 27 ülkede, 2020 yılında ilk kez yenilenebilir enerji toplam elektrik üretiminin %38'ini karşılayarak fosil yakıtları geçti ve en büyük elektrik üretim kaynağı oldu. Fosil yakıtlar 2019 yılındaki %40 seviyesinden gerileyerek, 2020 yılında elektrik üretiminin %37'sini karşıladı.

Elektrik üretiminde kömür ve doğal gazın payı sırasıyla %20 ve %4 düşüş gösterdi. Ağırlıklı olarak taşımacılık sektöründe kullanılan petrole yönelik talep, 2020 yılının Ocak ile Kasım ayları arasındaki verileri uyarınca yıllık %13 düşüş gösterdi. Bu durum COVID-19 krizinin, esneklik göstermeyen kömürlü termik santrallerin piyasadan çekilmesi gerektiğine yönelik bir gösterge niteliğinde.

**Şekil 4**'de AB-27 ülkelerinde petrol talebinde ve elektrik üretiminde 2019 ve 2020 yılları arasında gerçekleşen değişim gösterilmiştir. Petrol talebindeki değişim yalnızca Ocak-Kasım aylarındaki değişimi içeriyor. Elektrik üretimindeki değişim ise yıl boyunca gerçekleşen değişimi gösteriyor.

**Şekil 4** - AB-27 ülkelerinde 2019 ve 2020 yılları arasında petrol talebinde ve elektrik üretiminde gerçekleşen değişim



Kaynak: EUROSTAT (petrol talebi) ve EMBER Climate (elektrik üretimi)

## Hava kirliliği COVID-19 salgını ne şekilde hızlandırıyor?

CREA tarafından gerçekleştirilen ve COVID-19 salgını ile hava kirliliği arasındaki ilişkiyi değerlendiren [analizi](#) temel bulguları şöyle:

- Hava kirliliğindeki artış, insan vücudunun havadan bulaşan virüslere karşı doğal savunmasını etkiliyor ve insanların viral hastalıklara yakalanma olasılığını artırıyor. Bu durumun SARS-CoV-2 virüsü için de geçerli olması mümkün görünüyor. Bu durum, kirli havaya maruz kalmanın, salgının yayılımında etkili olması olasılığına işaret ediyor.

- Hava kirliliğine maruz kalma, insanlarda önemli sağlık sorunlarına, yoğun bakım ve ventilasyon gereksinimine ve COVID-19 nedeniyle ölüm olasılığını artıran birçok kronik hastalığın oluşumunda risk unsuru oluşturuyor. Mevcut bilimsel araştırmaların önemli bir bölümü, dünya genelinde kronik solunum yolu hastalığı, kalp hastalığı, astım ve diyabet gibi hastalıkların önemli bir kısmının oluşma nedeninin hava kirliliğiyle ilişkisi olduğunu ortaya koyuyor. Bu durum, geçmişte hava kirliliğine maruz kalmanın, ölüm oranları ve sağlık sistemleri üzerinde ek baskı oluşturduğu anlamına geliyor.
- Enfekte kişilerin hava kirliliğine maruz kalması, birçok solunum yolu enfeksiyonunun semptomlarını kötüleştirebiliyor. Bu durum, hastaneye kaldırılma ve ölüm riskini artırabiliyor. COVID-19 hastaları için de büyük olasılıkla geçerli olan bu durum, henüz bu konu özelindeki bilimsel çalışmalarla doğrulanmış değil. Bu durum, virüsü kontrol altına almak üzere alınan önlemler sonucu hava kirliliğinin azalmasına rağmen, dünyanın birçok yerinde tehlike unsuru olan hava kirliliği seviyelerinin, COVID-19'dan kaynaklanan ciddi vaka ve ölümlerin sayısını büyük olasılıkla ivmelendirdiği anlamına geliyor.
- Mevcut hava kirliliği seviyeleri, hastalıklara ve başka hastalıklardan kaynaklanan sağlık hizmeti ihtiyacına olumsuz etki ediyor ve sağlık sistemleri üzerindeki baskıyı artırıyor. Sağlık sisteminin aşırı yük altında bulunduğu günümüzde, hava kirliliği nedeniyle astım, felç ve diyabet gibi hastalıkların tedavisi için hizmet alan pek çok hasta bulunuyor.

## Metodoloji

Analiz, NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını izleyen 3.425 istasyonun, PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarını izleyen 2.762 istasyonun ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarını izleyen 2.281 istasyonun hava kalitesi verilerine dayanıyor. Hava kirliliği ölçümleri, Avrupa Çevre Ajansı'nın yanı sıra İngiltere için Otomatik Kentsel ve Kırsal Ağ (*Automatic Urban and Rural Network, AURN*) ve Türkiye için Türkiye Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'nın verilerinden elde ediliyor. 2019 ve 2020 yılına dair hava kalitesi ölçümleri bulunmaması sebebiyle Romanya çalışmaya dahil edilmedi.

İstasyon ölçümlerinin ortalaması kent ölçeğinde değerlendirildi. 2019 ve 2020’de yıllık 300 günden fazla mevcut ölçüm verisi bulunan şehirler ve kasabalar araştırmaya dahil edildi. Günlük seviyeler, saatlik kayıtların ortalamasının aritmetik ortalaması alınarak elde edildi.

COVID-19 salgınıyla mücadele amacıyla getirilen kısıtlamaların etkisi, Grange ve Carslaw (2019) tarafından sunulan meteorolojik normalizasyon tekniği kullanılarak ölçüldü. Meteorolojik veriler için NOAA ISD'nin veritabanından, gezegenin sınır tabakası yüksekliği hesaplaması için NCEP İklim Tahmin Sistemi Yeniden Analizi çalışmasından yararlandık.

Hava koşullarına göre normalize edilen kirlilik yüzdesindeki değişim, Ordinary Kriging interpolasyon tekniği kullanılarak kent ölçeğinde hesaplandı. Bu değişiklikleri Larkin ve diğerleri (2017) tarafından belirlenen konsantrasyon sınır değerlerindeki değişim, Donkelaar ve diğerleri (2019) tarafından sunulan PM<sub>2,5</sub> değerlerindeki değişim ve Lelieveld ve diğerleri (2015) tarafından sunulan O<sub>3</sub> değerlerindeki değişimi kullanarak yıllık kirlilik maruziyetindeki değişimi modellemek üzere kullandık. İzleme verilerinin PM<sub>10</sub> kirlenici üzerine olması sebebiyle, PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonlarındaki göreceli değişikliklerin PM<sub>10</sub> konsantrasyonları ile aynı olduğu varsayıldı.

Nüfus yoğunluğu verileri, Columbia Üniversitesi bünyesinde yer alan Uluslararası Dünya Bilimsel Bilgi Ağı Merkezi (*Center for International Earth Science Information Network, CIESIN*) tarafından 2018’de gerçekleştirilen [Dünyanın Gridli Haritaya Göre Nüfusu](#) (*Gridded Population of the World*) 4. Versiyonu (GPWv4): Nüfus Yoğunluğu 11. Güncelleme’den elde edildi.

Kirlilik seviyelerindeki düşüşün sağlık üzerindeki etkileri, hava kirliliğine maruz kalma sonucu oluşan sağlık etkilerin değerlendirildiği güncel risk modellerinin yer aldığı "[Fosil Yakıtlardan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Ekonomik Maliyetlerinin Ölçülmesi](#)" (Mylyvirta, 2020) isimli CREA raporundaki metodolojiyi temel alıyor.

## Kaynaklar

- EEA. (n.d.). AQ statistics calculated by the EEA (F). Retrieved February 3, 2021, from [http://aidef.apps.eea.europa.eu/?source=%7B%22query%22%3A%7B%22match\\_all%22%3A%7D%7D%2C%22display\\_type%22%3A%22tabular%22%7D](http://aidef.apps.eea.europa.eu/?source=%7B%22query%22%3A%7B%22match_all%22%3A%7D%7D%2C%22display_type%22%3A%22tabular%22%7D)
- EEA. (2016). Tropospheric ozone: background information — European Environment Agency. Retrieved February 3, 2021, from <https://www.eea.europa.eu/publications/TOP08-98/page004.html>
- EEA. (2020). *Air quality in Europe - 2020 report*. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>
- EMBER. (2021). *EU Power Sector in 2020*. Retrieved from <https://ember-climate.org/project/eu-power-sector-2020/>
- Grange, S. K., & Carslaw, D. C. (2019). Using meteorological normalisation to detect interventions in air quality time series. *Science of the Total Environment*, 653, 578–588. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.344>
- Larkin, A., Geddes, J. A., Martin, R. V., Xiao, Q., Liu, Y., Marshall, J. D., ... Hystad, P. (2017). Global Land Use Regression Model for Nitrogen Dioxide Air Pollution. *Environmental Science and Technology*, 51(12), 6957–6964. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01148>
- Le, T., Wang, Y., Liu, L., Yang, J., Yung, Y. L., Li, G., & Seinfeld, J. H. (2020). Unexpected air pollution with marked emission reductions during the COVID-19 outbreak in China. *Science*, 369(6504), 702–706. <https://doi.org/10.1126/science.abb7431>
- Lee, J. D., Drysdale, W. S., Finch, D. P., Wilde, S. E., & Palmer, P. I. (2020). UK surface NO<sub>2</sub> levels dropped by 42 % during the COVID-19 lockdown: impact on surface O<sub>3</sub>. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 20(24), 15743–15759. <https://doi.org/10.5194/acp-20-15743-2020>
- Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., & Pozzer, A. (2015). The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, 525(7569), 367–371. <https://doi.org/10.1038/nature15371>

- Menut, L., Bessagnet, B., Siour, G., Mailler, S., Pennel, R., & Cholakian, A. (2020). Impact of lockdown measures to combat Covid-19 on air quality over western Europe. *Science of the Total Environment*, 741, 140426. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140426>
- Myllyvirta, L. (2020). *Quantifying the Economic Costs of Air Pollution from Fossil Fuels – Centre for Research on Energy and Clean Air*. Retrieved from <https://energyandcleanair.org/publications/costs-of-air-pollution-from-fossil-fuels/>
- Shi, Z., Song, C., Liu, B., Lu, G., Xu, J., Van Vu, T., ... Harrison, R. M. (2021). Abrupt but smaller than expected changes in surface air quality attributable to COVID-19 lockdowns. *Science Advances*, 7(3), eabd6696. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd6696>
- Van Donkelaar, A., Martin, R. V., Li, C., & Burnett, R. T. (2019). Regional Estimates of Chemical Composition of Fine Particulate Matter Using a Combined Geoscience-Statistical Method with Information from Satellites, Models, and Monitors. *Environmental Science and Technology*, 53(5), 2595–2611. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06392>
- WHO. (2018). *Over half a million premature deaths annually in the European Region attributable to household and ambient air pollution*. Retrieved from <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2018/5/over-half-a-million-premature-deaths-annually-in-the-european-region-attributable-to-household-and-ambient-air-pollution>

## Ek bilgi

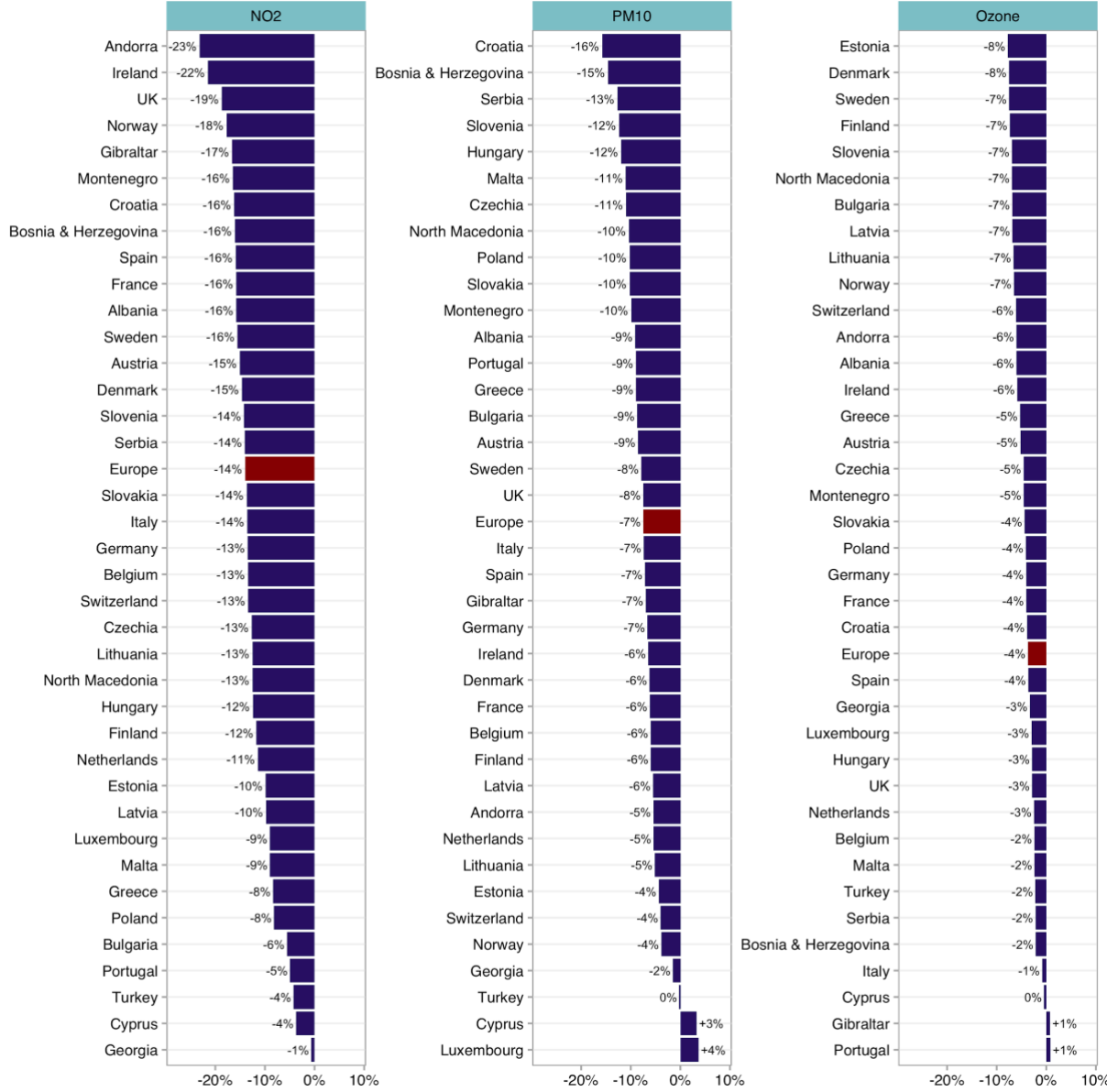
### Hava kirleticilerine maruziyetin azalması nedeniyle öngörülen erken ölüm sayısı

Ülke	Orta	Düşük	Yüksek
Almanya	5,546	4,428	6,763
Polonya	4,706	4,344	4,915
İtalya	4,262	3,474	5,068
İngiltere	3,670	2,963	4,536
Fransa	3,461	2,629	4,828
İspanya	2,385	1,881	2,912
Sırbistan	1,564	1,505	1,568
Macaristan	1,489	1,385	1,557
Çek Cum.	1,209	1,157	1,212
Yunanistan	1,112	880	1,349
Bulgaristan	1,006	938	1,055
Hollanda	738	596	887
Hırvatistan	738	708	743
Portekiz	692	589	772
Belçika	647	476	855
Avusturya	641	514	771
İsveç	556	435	678
Bosna Hersek	547	538	531
Slovakya	529	522	513
Türkiye	376	169	716

Ülke	Orta	Düşük	Yüksek
Danimarka	344	259	430
İsviçre	266	203	336
Finlandiya	248	198	301
Makedonya	244	232	253
Slovenya	228	221	232
Arnavutluk	193	188	194
Litvanya	168	148	185
İrlanda	135	115	154
Norveç	131	88	171
Letonya	118	109	128
Çekya	67	35	111
Karadağ	56	52	59
Estonya	52	47	57
Malta	33	29	37
Slovakya	19	9	33
Bosna Hersek	11	6	19
Gürcistan	7	4	10
Andorra	3	3	4
Kıbrıs	1	0	1
Lüksemburg	-8	-12	-4

**Tablo S.1** – Maruz kalınan kirleticilerin azalması sonucunda önlenen erken ölüm sayısı (ilk 20 ülke). Düşük ve yüksek değerler %95 güven aralığına karşılık gelir. Tam liste Ek Bilgiler bölümünde mevcuttur.

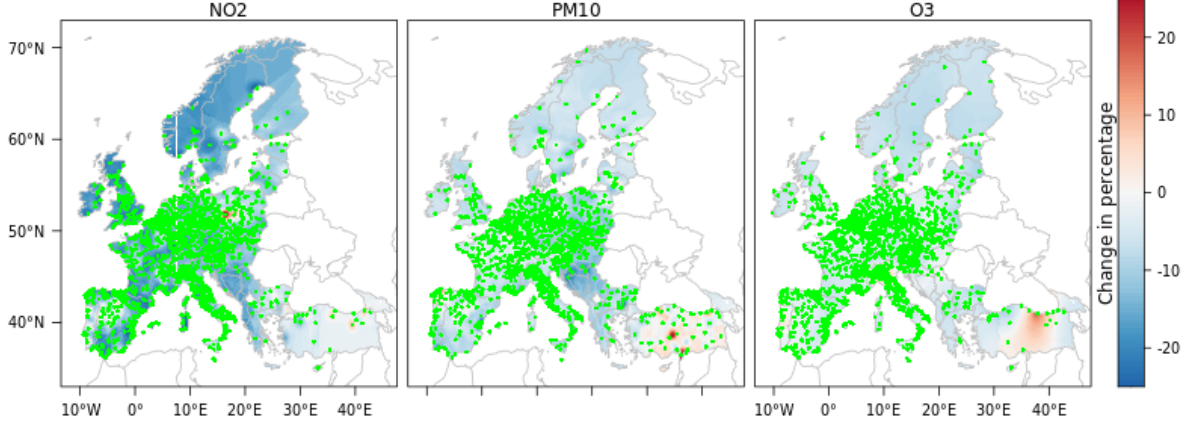
## Kirletici seviyelerinde 2019-2020 arasındaki değişim



Şekil S.1 - Hava durumuna göre normalize edilmiş kirletici konsantrasyonunda 2019 ve 2020 arasındaki değişim. Her ülke için nüfus ağırlıklı ortalama hesaplanmıştır.



## Çalışma kapsamında hava kalitesi değerlendirmesi yapılan bölgeler



**Şekil S.2** – Hava koşullarına göre normalize edilmiş hava kirlenici konsantrasyonunda 2019 ve 2020 yılları arasındaki değişim. Analiz, kamuya ait izleme istasyonlarının bulunduğu kent/kasaba seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Değişimin, %-25 ile %25 arasında sınırlandırılması temsili nedenlerledir. Yeşil noktalar, hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunan şehirleri temsil ediyor.

## Fosil yakıt kullanımında 2019-2020 arasındaki değişim



**Şekil S.3** – Petrol talebinde (toplam) ve elektrik üretiminde kömür ve doğal gaz kullanımının 2019 ve 2020 yılları arasında gerçekleşen değişim. Petrol talebindeki değişim yalnızca Ocak-Kasım aylarındaki değişimi içeriyor. Kömür ve doğal gaz rakamlarındaki değişim ise yıl boyunca gerçekleşen değişimi gösteriyor. Kaynak: EUROSTAT (petrol talebi) ve EMBER Climate (elektrik üretimi).



## CREA hakkında

Enerji ve Temiz Hava Araştırma Merkezi (*Centre for Research on Energy and Clean Air, CREA*), hava kirliliğinin nedenlerini ve halk sağlığı üzerindeki etkilerinin yanı sıra, hava kirliliğine yönelik çözümleri ortaya koymaya odaklanan yeni ve bağımsız bir araştırma kuruluşudur. CREA, etkin araştırma ve iletişimin; başarılı politikalar, yatırım kararlarına ve savunuculuk çalışmalarına önemli etki sağladığına inanıyor. Bu kapsamda küresel ölçekte hükümetlerin, şirketlerin ve sivil toplum kuruluşlarının temiz enerji ve temiz hava yönündeki çalışmalarını desteklemek amacıyla bilimsel veri üretiyor ve araştırmalar gerçekleştiriyor. Aralık 2019'da Helsinki'de kurulan CREA, Asya ve Avrupa'daki birçok ülkede faaliyet gösteriyor.