

## Hava Kirliliği ve İklim Değişikliğinin Uykuya Etkisi

### The Effect of Air Pollution and Climate Change on Sleep

Semih AYTA<sup>ID</sup>

Türkiye Spastik Çocuklar Vakfı, Danışman Nörolog, İstanbul, Türkiye  
Türk Nöroloji Derneği'nin Temiz Hava Hakkı Platformu Temsilcisi, Ankara, Türkiye

#### ÖZ

Hava kirliliği ve iklim değişikliğinin uyku süresi ile uyku kalitesini etkilediği, başta solunum, kalp-damar ve sinir sistemleri olmak üzere bedensel ve ruhsal sağlığı tehdit ettiği, beklenen yaşam süresini kısalttığı çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu derlemede önce hava kirliliği, uyku ve iklim değişikliği hakkında temel bilgiler aktarılacak, sonrasında

bu iki çevresel sorunun uykuya etkisi, yapılmış araştırmalardan elde edilen bilgiler eşliğinde açıklanmaya çalışılacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Hava kirliliği, iklim değişikliği, partiküler madde, uyku, uyku bozuklukları, uyku kalitesi

#### ABSTRACT

Research has shown that air pollution and climate change affect both the duration and quality of sleep; threatens physical and mental health especially through respiratory, cardiovascular, and nervous systems; and shortens life expectancy. This review will begin with overall information on air pollution, climate change and sleep. Then, it will proceed with

the effects of these two environmental issues on sleep, in the light of previous research.

**Keywords:** Air pollution, climate change, particulate matter, sleep, sleep disturbances, sleep quality

**Cite this article as:** Ayta S. Hava Kirliliği ve İklim Değişikliğinin Uykuya Etkisi. Arch Neuropsychiatry 2024;61:73–76.

## GİRİŞ

### Hava Kirliliği

Hava kirliliği ve özellikle onun bileşenlerinden olan partiküler maddeler, insan vücudunda başta solunum, kalp-damar ve sinir sistemleri olmak üzere ciddi sağlık sorunlarına yol açmakta, yaşam süresini kısaltmaktadır (1). Araştırmalarla hava kirliliğinin bütün dünyada kalp-damar hastalıklarından ölümlerin %19'undan sorumlu olduğu saptanmıştır (2). Partiküler maddelerin sağlık üzerine negatif etkilerinin altındaki biyolojik süreçler henüz kısmen aydınlatılmıştır ve epigenetik mekanizmalar ile artmış sistemik enflamatuvar yanıtın merkezi rolü olduğu düşünülmektedir (3–5).

Hava kirliliğinin en zararlı bileşenleri, çapı 10 µm veya daha düşük olan partiküler maddeler (PM10, PM2,5 vd) ile azot dioksit ve ozon gibi gazların kompleks karışımlarıdır (6). Partiküler madde tek bir toksik madde değildir; karbon, ağır metaller, inorganik iyonlar, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve yerküre kökenli elementlerden oluşur. Çapı 2,5–10 µm arasındakiler (PM2,5–10) kaba ('coarse'), 0,1–2,5 µm çaplılar ince ('fine'), 0,1 µm'den küçük çaplılar çok ince ('ultrafine') PM olarak isimlendirilirler. PM'ler akciğerler yanı sıra burunda ve üst solunum yollarında da enflamasyona neden olur. Çapı 2,5 µm'den küçük olan ince ve çok ince PM'lerin alveollerini geçip kana karışabildiği gösterilmiştir (3).

### Uyku

Uyku sağlıklı insanın işlevleri için hayati önem taşır. Erişkinlerin yaklaşık üçte birinin uykuya ilgili zorluklar belirtmesi yetersiz uykunun bir

halk sağlığı sorunu olduğunu göstermektedir (7). Uyku süresinin çok az olması hastalığa yatkınlığı ve kronik hastalıkları artırır, fizyolojik ve bilişsel işlevlere zarar verir (8). Düzenli ve yeterli uyku insan vücudunun korunması ve restorasyonunda çok önemli rol oynar. Fizyolojik düzeyde uyku kaybı, yeni bilginin nöral konsolidasyonunu, kasların onarımını, atıkların beyinden etkili biçimde uzaklaştırılmasını sekteye uğratabilir (9,10). Yetersiz uyku aynı zamanda immün sistem fonksiyonlarını ve metabolizmanın düzenini bozabilir, vücutta sistemik enflamasyonu artırabilir (11). Çok az uyku uyumak kardiyovasküler hastalık, diyabet ve obezite için risk artışına neden olur. Nöropsikiyatrik açıdan bakıldığında ani uyku yoksunluğu ruh halinde kötüleşmeyle bağlantılıdır; depresyon gelişimi ve intihar eğiliminde uyku problemlerinin payı olabilir (12,13). Ayrıca az uyumak hafıza, dikkat ve işlem hızında azalmaya yol açarak bilişsel performansı olumsuz yönde etkiler (14).

Normal uyku-uyanıklık döngüsü sirkadiyen ritimlerle (vücudun 24 saatlik biyolojik saati) yönetilir. Uykuyu etkileyen faktörler içinde ısının temel bir rolü vardır (15). Isının düzenlenmesi uykuya dalma ve uykunun sürdürülmesinde kritik belirleyicidir; hem beden hem de ortam ısısı uyku paternlerini etkiler. Beden uykuya hazırlanırken, derideki kan damarları dilate olarak ısı kaybını kolaylaştırılır; böylece uykuya dalmanın önemli işareti olarak vücut merkez sıcaklığı ('core body temperature') azalır. Beden ısısı bir kez uykunun başlamasını sağlayacak kadar düştüğünde gece boyunca düşük kalır, uyanmaya yakın bir zamanda tekrar yükselir (16). Ortam sıcaklığının artışı sirkadiyen termoregülasyonu etkileyerek normal uyku fizyolojisini kesintiye uğratabilir (17).

## Öne Çıkan Noktalar

- Aşırı hava olayları ve ısı artışı uyku bozukluklarına yol açmaktadır.
- Partiküler maddeler merkezi sinir sistemine doğrudan girerek de uykuyu etkilemektedir.
- Araştırmacılar aynı zamanda çevre sağlığı konusundaki politikalara katkı sunmalıdır.

## İklim Değişikliği

İklim değişikliği tüm canlıların sağlığı için tehdit oluşturmakta, dünya genelinde iklim değişikliğiyle ilişkili sıcaklık artışı ekstrem ısı olaylarına ve ölümlere yol açmaktadır (18,19). Salmonella ve 'campylobacteriosis' gibi gıda ve su kaynaklı hastalıklar yüksek sıcaklıklarda daha yaygındır (20). İklim değişikliğinin sonucu olarak son yıllarda Lyme gibi vektör kaynaklı hastalıklar daha sık görülmektedir. Artan kasırgalar, hortumlar ve diğer aşırı hava olayları ölümlere ve hassas bireylerin yerlerinden olmasına neden olmakta, akıl sağlığını etkilemekte, bu aşırı hava olaylarına maruz kalmaktan bağımsız olarak, kimi bireyler iklim değişikliğinin yaklaşan tehdidi nedeniyle anksiyete yaşamaktadırlar (21).

## BULGULAR

İklim değişikliğinin sağlık etkileri konusunda epey bilgimiz olmasına karşın, iklim değişikliği ve uyku ilişkisi daha az araştırılmıştır. İklim değişikliğinin yetersiz uyku ve uyku bozuklukları üzerine pek çok etkisinin olabileceği öngörülebilir. Global ısı artışından kaynaklanan aşırı hava olayları fiziksel ve ruhsal stresle travmaya neden olabilirler (22). Özellikle şehirlerde gün boyu yüksek olan sıcaklık, geceleri de yüksek sıcaklığın devam etmesine yol açar. Yakın geçmişte çok geniş grupla yapılan bir çalışmada uyku kalitesinde azalma ile yüksek sıcaklıkların ilişkili olduğu gösterilmiştir. Obradovich, Migliorini ve arkadaşlarının bu çalışması anormal gece sıcaklığının bireylerin uyku kalitesini etkileyip etkilemediğini araştırmak amacıyla ABD'nde yaşayan ve yetersiz uykudan yakınan 765.000 kişiyle gerçekleştirilmiştir (23). Çalışmanın datası 2002-2011 yılları arasında Hastalıkları Kontrol ve Önleme Merkezi'nde (CDC) Davranışsal Risk Faktörü Gözetim Anketi (BRFSS) dolduran kişilerin rastlantısal seçilenlerinden edinilmiş, bu kişilere "son 30 gün içinde, kaç gün kendinizi yeterince dinlenmemiş veya yeterince uyumamış hissettiniz" diye sorulmuş, gelen yanıtlar -görüşme günü ve şehrin konumuna göre- meteoroloji istasyonlarından alınan sıcaklık, yağış ve iklim verileriyle birleştirilmiştir. Bu geniş data matematiksel denklemlerle analiz edilerek, aylık gece sıcaklığında +1°C'lik sapmanın 100 kişide yetersiz uykuya geçen gece sayısının üç artışıyla ilişkili olduğu hesaplanmıştır. Sonuçta atipik gece sıcaklıkları ile yetersiz uyku arasında güçlü bağ olduğu, bu etkinin en çok yaz aylarında ve düşük gelir düzeyli kişilerle yaşlılarda olduğu belirtilmiştir (23). Araştırmacılar bu bulguların sıcaklık artışı ve iklim değişikliği ile insan sağlığı arasında yakın ilişki olduğuna dair giderek çoğalan literatür bilgisiyle (21) uyumlu olduğunu vurgulamışlardır. Son yıllardaki çalışmalarla artan sıcaklıkların mortalite ve morbidite yanında psikolojik duruma, suç ve şiddet eğilimine de etki ettiğini gösterilmiştir (22). Ayrıca bir sistemik gözden geçirme yazısında, altı ayrı çalışmada artan sıcaklıkların uyku zamanı ve uyku kalitesi üzerine negatif etkilerinin rapor edildiği belirtilmiştir (24), bir başka çalışmada daha yüksek ortam ısı ile obstrüktif uyku apnesi ('obstructive sleep apnea', OSA) şiddetinin artışı arasında ilişki olduğu gösterilmiştir (25). Tedavi edilmeyen obstrüktif uyku apnesi, hipertansiyon, kalp hastalığı, diyabet ve inme gibi kronik hastalıkları artırır, uykudaki bölünmelerle gündüz uykulama ve sersemliğe, dolayısıyla üretkenlikte ve yaşam kalitesinde azalmaya neden olur (26,27).

İklim değişikliğinin kasırgalar, hortumlar gibi aşırı hava olaylarını artırdığı bilinmektedir. Doksanlı yılların başındaki (1992) Andrew kasırgası sonrası küçük bir grupla yapılan çalışma, doğal felaketlerden sonra subjektif uyku yakınmalarında artış olduğunu ilk kez göstermiştir (28). Bu çalışmada kasırgadan 6-12 ay sonra 54 kişiye daha önce geçerliliği saptanmış Pittsburgh Uyku Kalitesi İndeksi (PSQI) uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda subjektif uyku yakınmalarında artış, en çok eşlik eden psikiyatrik hastalığı olanlarda saptanmış, bu kişilerde sık uyanma ve kötü rüyalar gibi uyku bozuklukları ile gündüz işlevlerinde etkilenmenin daha sık olduğu dikkati çekmiştir.

Ayrıca seller ve orman yangınları ile uykunun ilişkisini araştıran çalışmalar gözden geçirildiğinde, ikisi sellerin, biri orman yangınlarının etkisini inceleyen üç çalışmada bu tür felaketlere maruz kalma sonrasında uyku bozukluklarının daha sık olduğu saptanmıştır (29-31). Avustralya, Brisbane'da 2011 yazında sele maruz kalan 900'den fazla kişi arasında, özellikle sel sularının evlerini basmasıyla doğrudan etkilenen bireylerde uyku kalitesinde kötüleşme daha yüksek oranda bulunmuştur (29). Çin'de selden etkilenenlerde yapılan bir araştırmada, travmatik maruziyetin uyku problemleri üzerine doğrudan etkisi yanında, korku ve depresyon yoluyla dolaylı etkisi de olduğu belirtilmiştir (30). Yunanistan'da orman yangını mağduru kadınlarda yapılan ve ölümü yakın hissetmenin yarattığı korkunun rolünün incelendiği çalışmada daha yüksek oranda insomni saptanmıştır (31).

Çoğalan epidemiyolojik ve deneysel kanıtlar, partiküler maddeler (PM) ve gaz bileşenler (azot dioksit, [NO<sub>2</sub>], ozon [O<sub>3</sub>]) gibi hava kirleticilerine maruz kalmanın uyku kalitesini kötü etkilediğini göstermiştir. Aralarında Türkiye, Meksika, İran, Brezilya, ABD, Mısır'ın da olduğu 10 ülkede 133.695 kişiyle yapılmış, uyku kalitesi ve hava kirliliği ilişkisi araştıran 15 çalışmanın gözden geçirildiği yazıda aşağıdaki sonuçlar belirtilmiştir (32):

- Hava kirleticileri santral solunum kontrol merkezi, santral sinir sistemi, alerjik ve alerjik olmayan çeşitli mekanizmalar aracılığıyla kötü uyku kalitesini tetikleyebilir.
- Hava kirliliği ile bazı hastalıklar (mental ve kardiyovasküler hastalıklar gibi) ve bazı davranışlar (dürtüselli [impulsivite] gibi) arasındaki olası ilişki, ortam hava kirliliği ile uyku kalitesi arasındaki ilişkiyi açıklamak için önemli ipuçları verebilir.

Partiküler maddelerin yarattığı hava kirliliği, demografik ve diğer ilintili faktörlere dair bilgilerin Birleşik Krallık Biyobankası'ndan elde edildiği bir çalışmada, 5976 hasta ve 97.160 kişilik kontrol grubunda PM ve uyku bozuklukları ilişkisi araştırılmış, tek değişkenli analiz, tek kirleticili ve dört kirleticili modeller, lojistik regresyon yöntemleri kullanılarak risk faktörlerinin sonuç değişkenlerine etkisi ('odds ratio') tahmin edilmeye çalışılmıştır (33). Araştırmacılar yazının sonunda PM<sub>2,5</sub>'un uyku bozuklukları için risk faktörü olduğunu, PM<sub>2,5</sub> ve PM<sub>10</sub>'un uyku süresini kısalttığını belirtmişler, partiküler maddelere maruz kalmanın azaltılmasıyla uyku süresinin artabileceğini ve uyku bozuklukları için riskin düşebileceğini vurgulamışlardır.

Çin'in hava kirliliğinin yüksek ve nüfusu içinde yaşlıların oranının artmakta olduğu Ningbo şehrinde, 60 yaş üzerindeki 395.651 kişiyle yapılan bir çalışmada, bölgesel sağlık kayıtları ile bu kişilerin 2008-2017 yılları arasında uyku bozuklukları nedeniyle hastaneye başvuruları hakkında bilgi toplanmış, şehirde çevresel hava kalitesi ölçümü yapan yedi istasyondan günlük hava kirleticileri (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2,5</sub>) değerleri alınmış ve uyku bozuklukları için hastaneye gidiş ile öncesindeki yedi günde hava kirliliğine maruz kalma arasındaki bağlantı analiz edilmiştir (34). Sonuçlar çeşitli hava kirleticilerine kısa dönem maruz kalma ile yaşlılarda mental ve nörolojik sorunlara sıklıkla eşlik eden uyku bozuklukları arasında pozitif ilişki olduğunu göstermiştir.

Şili'de 5-9 yaşları arasındaki 564 ilkököl çocuğunun anne-babalarıyla gerçekleştirilen çalışmada; horlama sıklığı, gözlenen apnelere, uykuda nefes alma güçlüğü, gündüz uyku hali gibi soruları içeren Çocukluk Uyku Anketi ile çocukların klinik durumları ve ailesel risk faktörleri hakkında bilgi edinilmiş, hava kirliliği ve meteoroloji verileri hava kalitesi veri tabanından sağlanmıştır (35). Araştırmacılar horlama ve hırıltılı solunum gibi uykudaki solunumsal semptomların ozon ve kükürt dioksit ile belirgin ilişkisi olduğunu göstermişler ve diğer solunumsal hastalıklara benzer şekilde, uykuda nefes almaya ilgili bozuklukların hava kirlenimci ile şiddetlenebileceği belirtmişlerdir.

Yüksek düzeyde hava kirliliği akciğerlerde immün yanıtı bozarak çocuklarda hastaneye yatışı gerektiren solunum yolları enfeksiyonu riskini ve yaşlılarda mortaliteyi artırmaktadır (36,37). Farelerle yapılan deneysel bir çalışmada ortam hava kirliliğinin üst solunum yollarında ödem, enflamasyon ve iritasyona, dolayısıyla uykuda hava yolunda obstrüksiyona neden olduğu gösterilmiştir (38). PM<sub>2.5</sub>'ün insan burnunun iç kısmındaki epitelyal hücrelerde enflamatuvar yanıtı uyardığı (39) ve ince PM'ler (çapı 2,5 µm'den küçük olanlar) ile NO<sub>2</sub>'nin kronik rinosinüzit, alerjik ve alerjik olmayan rinitle ilişkili olduğu (40) saptanmıştır. Hava kirliliğine bağlı kronik üst solunum yolu enflamasyonu ile iritasyonu adenoid ve tonsiller hipertrofiyi, sonuç olarak üst solunum yolunda daralmayı artırabilir. Tüm bu bilgiler çevresel faktörlerin (iklim değişikliği, hava kirliliği) obstrüktif uyku apne (OSA) riskini yükselterek uyku sağlığıyla ilgili sorunlara yol açabildiğini ortaya koymaktadır.

ABD'de yapılan bir çalışmada, farklı etnik gruplarda ateroskleroz çalışması (MESA) ile uyku ve hava çalışmalarının hepsine katılan 1974 kişilik grupta; katılanların evlerinde yapılan NO<sub>2</sub> ve PM<sub>2.5</sub> ölçümlerinin bir ve beş yıllık ortalamaları uzaysal-zamansal modellemeyle hesaplanmış, kişilerin tümünün yedi günlük polisomnografi ve bilek aktigrafisi kayıtları tamamlanmıştır (41). Çok değişkenli analiz yöntemiyle, demografik ve sosyoekonomik faktörler ile komorbiditeler eklenerek hava kirliliğinin uyku apne (apne/hipopne endeksi  $\geq 15$ ) ve aktigrafisiyle ölçülen uyku verimliliğiyle ilişkisi incelenmiş, sonuçlar yıllık olarak yüksek düzeyde NO<sub>2</sub> ve PM<sub>2.5</sub>'a maruz kalmanın uyku apnesi olasılığını artırdığı göstermiştir.

İnce PM'ler ve trafikle ilişkili kirlenimci temsil eden NO<sub>2</sub>, doğrudan merkezi sinir sistemine girerek nörotoksikite ve nöroenflamasyona neden olabilirler, böylece uykuyu düzenleyen ve solunumu kontrol eden bölgeleri etkileyebilirler. Uzun süreli hava kirliliğine maruz kalma ile bilişsel bozukluk ve nörodegenerasyon ilişkisi gösterilmiştir (42).

## SONUÇ

İklim değişikliği ve hava kirliliğinin insanın genel sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma olmasına karşın, bu çevresel sorunların uykuya etkisine dair bilgilerimiz daha sınırlıdır. Bu yazıda aktarılan ve alandaki çalışmalarla desteklenen bilgiler, iklim değişikliği ve hava kirliliğinin uyku süresi ve uyku kalitesini etkilediğini göstermektedir. Bu etkilerinin altında yatan mekanizmalar henüz tam olarak anlaşılammış olmakla birlikte, güncel literatür aralarındaki ilişkinin olası açıklamalarına işaret etmektedir.

Bu derlemede ele alınan çalışmalar, iklim değişikliği ile uyku arasındaki ilişkinin altında iki ana mekanizma olduğunu öne sürmektedir. Uykuyu etkileyen ilk mekanizma, iklim değişikliğinin en belirgin sonucu sayılabilecek olan ve özellikle gece saatlerinde artan sıcaklıklardır. Çalışmalar, geceleri ortam ısısındaki artışın hem süre hem de nitelik açısından yetersiz uykuya (23,24), ek olarak obstrüktif uyku apnesi gibi daha spesifik uyku sorunlarına yol açtığını göstermiştir (25). İklim değişikliğinin uykuya olumsuz etkisiyle ilişkili görülen ikinci mekanizma, aşırı hava olaylarının neden olduğu psikolojik sorunlardır. Bu tür aşırı hava olaylarından (kasırgalar, orman yangınları) sonra yapılan çalışmalar,

subjektif uyku yakınmalarının daha yüksek seviyede olduğunu (28,29), sık uyanma gibi uyku bozukluklarının (28) ve insomni düzeyinin (31) arttığını ortaya koymuştur. Bu çalışmaların yazarlarının da vurguladığı gibi, aşırı hava olaylarından sonra yaşanan psikolojik rahatsızlıklar, bu ilişkide düzenleyici faktör olabilirler; başka bir deyişle aşırı hava olayları psikolojik sağlığı bozabilir, uyku kalitesiyle ilgili daha fazla soruna katkıda bulunabilirler. Bu ilişki aynı zamanda bu olaylardan daha derinden etkilenen kişilerde daha yüksek oranda uyku sorunlarının görülmesi gibi bulgularla da desteklenmektedir (30).

Hava kirliliğinin uyku kalitesine olumsuz etkisiyle ilgili mekanizmalar, ağırlıklı olarak solunum sistemine dayanmaktadır. Hava kirliliğinin farklı bileşenlerinin (kaba/ince/çok ince partiküler maddeler, nitrojen dioksit, ozon ve kükürt dioksit gibi) uyku üzerine çeşitli etkileri olmakla birlikte, ortak faktör üst solunum yollarında ödem, enflamasyon ve iritasyondur (38). Daha spesifik olarak hava kirlenimcilerinin, burnun iç kısmındaki epitelyal hücrelerde enflamasyon (39), horlama ve hırıltılı solunum gibi uykuda solunumsal semptomlarda artış (35), obstrüktif uyku apnesi (41) ve kronik rinosinüzit (40) için nedensel faktör olduğu bulunmuştur. Hava kirlenimci üst solunum yollarındaki sorunları tetiklemeleri yanı sıra, alt solunum yollarındaki enfeksiyonlarla akciğerlerin immün yanıtını bozabilmektedir (36,37). Bununla birlikte araştırmalar hava kirlenimcilerinin yalnızca solunum sistemi yoluyla değil, doğrudan merkezi sinir sistemine girerek de uykuyu olumsuz yönde etkileyebileceklerini göstermiştir. Özellikle ince PM ve nitrojen dioksinin beyne doğrudan etkiyle, uzun dönemde bilişsel bozukluğa yol açma potansiyelini içeren nörotoksikiteye neden olduğu gösterilmiştir (42). Bu etkiyi ortaya çıkaran yolları inceleyen son araştırmalar, solunan parçacıkların kribriform plaka yoluyla doğrudan beyne girebileceğini ve olfaktör bulbus tarafından tespit edilebileceğini, sonuçta beyne ulaşma potansiyeli olan biyobelirteçlerin ortaya çıkabileceğini ileri sürmektedir (43).

İklim değişikliği ve hava kirliliğinin uyku üzerine negatif etkisine ışık tutan araştırmalar olmakla birlikte, altta yatan mekanizmaları açıklayan literatür bilgisinde halen boşluklar vardır. Bazı sınırlılıklar, çoğu çalışmanın kesitsel olması ve çocuklar gibi daha kırılgan popülasyonların hariç tutulmasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir faktör ise iklim değişikliği ve hava kirliliği tanımlarının işlevsel hale getirilmeleri de dâhil olmak üzere standardize edilmiş ölçümlerin olmayışı ve uyku sorunlarına ilişkin özel şikâyetler gibi subjektif ölçümlere güvenilmesidir. Gelecekteki araştırmalar çevresel faktörlerin uyku üzerine kümülatif etkileri hakkında güçlü bilgiler sağlayacak boylamsal tasarımlar kullanabilir. Ek olarak iklim değişikliğinin tesiri artmaya devam ettikçe, genel sağlık yanı sıra uyku üzerine de zararlı etkilerinin giderek artacağını tahmin etmek yanlış olmayacaktır. Bu küresel krizin üstesinden gelmek için, müdahale ve politikaların çok boyutlu yaklaşımlarla hayata geçirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle araştırmacıların rolü uyku ve genel sağlığa ilgili betimleyici bulguların ötesine geçmeli, iklim değişikliği ve hava kirliliğinin neden olduğu zararlı etkileri hafifletmeye yönelik daha geniş bir bağlamda politika oluşturmaya yardımcı olabilecek çalışmaları amaçlamalıdır.

**Teşekkür:** Boğaziçi Üniversitesi Psikoloji Bölümü mezunu Zeynep Ayta'ya editöryal desteği için çok teşekkür ederim.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış Bağlımsız.

**Çıkar Çatışması:** Yok.

**Finansal Destek:** Bu derleme için finansal destek kullanılmamıştır.

## KAYNAKLAR

1. Chen J, Hoek G. Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 2020;143:105974. [Crossref]

2. Gold DR, Mittleman MA. New insights into pollution and the cardiovascular system: 2010 to 2012. *Circulation*. 2013;127:1903-1913. [Crossref]
3. Ferrari L, Carugno M, Bollati V. Particulate matter exposure shapes DNA methylation through the lifespan. *Clin Epigenetics*. 2019;11:129. [Crossref]
4. Plusquin M, Guida F, Polidoro S, Vermulen R, Raaschou-Nielsen O, Campanella G, et al. DNA methylation and exposure to ambient air pollution in two prospective cohorts. *Environ Int*. 2017;108:127-136. [Crossref]
5. Temiz Hava Hakkı Platformu. Hava kirliliğinin genlere etkisi. Kara Rapor. 2020:58-60. Available at: <https://www.temizhavahakki.org/wp-content/uploads/2021/09/KaraRapor2021.pdf>
6. Greenpeace Akdeniz. Sessiz katil: kömürün sağlığa etkileri. 2014:16-27. Available at: <https://www.greenpeace.org/static/planet4-turkey-stateless/2019/09/ecea34d3-sessiz-katil-raporu.pdf>
7. Ohayon MM. Epidemiology of insomnia: what we know and what we still need to learn. *Sleep Med Rev*. 2002;6:97-111. [Crossref]
8. Baglioni C, Battagliese G, Feige B, Spiegelhalder K, Nissen C, Voderholzer U, et al. Insomnia as a predictor of depression: a meta-analytic evaluation of longitudinal epidemiological studies. *J Affect Disord*. 2011;135:10-19. [Crossref]
9. McDermott CM, LaHoste GJ, Chen C, Musto A, Bazan NG, Magee JC. Sleep deprivation causes behavioral, synaptic, and membrane excitability alterations in hippocampal neurons. *J Neurosci*. 2003;23:9687-9695. [Crossref]
10. Xie L, Kang H, Xu Q, Chen MJ, Liao Y, Thiyagarajan, et al. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain. *Science*. 2013;342:373-377. [Crossref]
11. Meier-Ewert HK, Ridker PM, Rifai N, Regan MM, Price NJ, Dinges DF, et al. Effect of sleep loss on C-reactive protein, an inflammatory marker of cardiovascular risk. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43:678-683. [Crossref]
12. Pilcher JJ, Huffcutt AI. Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis. *Sleep*. 1996;19:318-326. [Crossref]
13. Pigeon WR, Piquart M, Conner K. Meta-analysis of sleep disturbance and suicidal thoughts and behaviors. *J Clin Psychiatry*. 2012;73:e1160-1167. [Crossref]
14. Waters F, Bucks RS. Neuropsychological effects of sleep loss: implication for neuropsychologists. *J Int Neuropsychol Soc*. 2011;17:571-586. [Crossref]
15. Kräuchi K. The human sleep-wake cycle reconsidered from a thermoregulatory point of view. *Physiol Behav*. 2007;90:236-245. [Crossref]
16. Lack LC, Gradirar M, Van Someren EJW, Wright HR, Lushington K. The relationship between insomnia and body temperatures. *Sleep Med Rev*. 2008;12:307-317. [Crossref]
17. Okamoto-Mizuno K, Tsuzuki K, Mizuno K. Effects of mild heat exposure on sleep stages and body temperature in older men. *Int J Biometeorol*. 2004;49:32-36. [Crossref]
18. Our Changing Climate. National Climate Assessment. 2014. <https://nca.2014.globalchange.gov/report>
19. Summary of Natural Hazard Statistics for 2017 in the United States. National Weather Service. 2018. <https://www.weather.gov/media/hazstat/sum17.pdf>
20. Onozuka D, Hashizume M, Hagihara A. Effects of weather variability on infectious gastroenteritis. *Epidemiol Infect*. 2010;138:236-243. [Crossref]
21. McMichael AJ. Globalization, climate change, and human health. *N Engl J Med*. 2013;368:1335-1343. [Crossref]
22. McMichael AJ. Impediments to comprehensive research on climate change and health. *Int J Environ Res Public Health*. 2013;10:6096-6105. [Crossref]
23. Obradovich N, Migliorini R, Mednick SC, Fowler JH. Nighttime temperature and human sleep loss in a changing climate. *Sci Adv*. 2017;3:e1601555. [Crossref]
24. Rifkin DI, Long MW, Perry MJ. Climate change and sleep: A systematic review of the literature and conceptual framework. *Sleep Med Rev*. 2018;42:3-9. [Crossref]
25. Weinreich G, Wessendorf TE, Pundt N, Weinmayr G, Hennig F, Moebus S, et al. Association of short-term ozone and temperature with sleep disordered breathing. *Eur Respir J*. 2015;46:1361-1369. [Crossref]
26. Durgan DJ, Bryan Jr RM. Cerebrovascular consequences of obstructive sleep apnea. *J Am Heart Assoc*. 2012;1:e000091. [Crossref]
27. Silverberg DS, Iaiana A, Oksenberg A. Treating obstructive sleep apnea improves essential hypertension and quality of life. *Am Fam Physician*. 2002;65:229-236.
28. Mellman TA, David D, Kulick-Bell R, Nolan B. Sleep disturbance and its relationship to psychiatric morbidity after Hurricane Andrew. *Am J Psychiatry*. 1995;152:1659-1663. [Crossref]
29. Alderman K, Turner LR, Tong S. Assessment of the health impacts of the 2011 summer floods in Brisbane. *Disaster Med Public Health Prep*. 2013;7:380-386. [Crossref]
30. Zhen R, Quan L, Zhou X. Fear, negative cognition, and depression mediate the relationship between traumatic exposure and sleep problems among flood victims in China. *Psychol Trauma*. 2018;10:602-609. [Crossref]
31. Psarros C, Theleritis C, Kokras N, Lyrakos D, Koborozos A, Kakabakou O, et al. Personality characteristics and individual factors associated with PTSD in firefighters one month after extended wildfires. *Nord J Psychiatry*. 2018;72:17-23. [Crossref]
32. Cao B, Chen Y, McIntyre RS. Comprehensive review of the current literature on impact of ambient air pollution and sleep quality. *Sleep Med*. 2021;79:211-219. [Crossref]
33. Li L, Zhang W, Xie L, Jia S, Feng T, Yu H, et al. Effects of atmospheric particulate matter pollution on sleep disorders and sleep duration: a cross-sectional study in the UK biobank. *Sleep Med*. 2020;74:152-164. [Crossref]
34. Tang M, Li D, Liew Z, Wei F, Wang J, Jin M, et al. The association of short-term effects of air pollution and sleep disorders among elderly residents in China. *Sci Total Environ*. 2020;708:134846. [Crossref]
35. Sanchez T, Gozal D, Smith DL, Foncea C, Betancur C, Brockmann PE. Association between air pollution and sleep disordered breathing in children. *Pediatr Pulmonol*. 2019;54:544-550. [Crossref]
36. Kurt OK, Zhang J, Pinkerton KE. Pulmonary health effects of air pollution. *Curr Opin Pulm Med*. 2016;22:138-143. [Crossref]
37. Simoni M, Baldacci S, Maio S, Cerrai S, Sarno G, Viegi G. Adverse effects of outdoor pollution in the elderly. *J Thorac Dis*. 2015;7:34-45. [Crossref]
38. Ramanathan Jr M, London Jr NR, Tharakan A, Surya N, Sussan TE, Rao X, et al. Airborne particulate matter induces nonallergic eosinophilic sinonasal inflammation in mice. *Am J Respir Cell Mol Biol*. 2017;57:59-65. [Crossref]
39. Hong Z, Guo Z, Zhang R, Xu J, Dong W, Zhuang G, et al. Airborne fine particulate matter induces oxidative stress and inflammation in human nasal epithelial cells. *Tohoku J Exp Med*. 2016;239:117-125. [Crossref]
40. Teng B, Zhang X, Yi C, Zhang Y, Ye S, Wang Y, et al. The association between ambient air pollution and allergic rhinitis: further epidemiological evidence from Changchun, Northeastern China. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14:226. [Crossref]
41. Billings ME, Gold D, Szpiro A, Aaron CP, Jorgensen N, Gasset A, et al. The association of ambient air pollution with sleep apnea: the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Ann Am Thorac Soc*. 2019;16:363-370. [Crossref]
42. Calderon-Garciduenas L, Leray E, Heydarpour P, Torres-Jardon R, Reis J. Air pollution, a rising environmental risk factor for cognition, neuroinflammation and neurodegeneration: the clinical impact on children and beyond. *Rev Neurol (Paris)*. 2016;172:69-80. [Crossref]
43. Li W, Bertisch SM, Mostofsky E, Vgontzas A, Mittleman MA. Associations of daily weather and ambient air pollution with objectively assessed sleep duration and fragmentation: a prospective cohort study. *Sleep Med*. 2020;75:181-187. [Crossref]