

VEKTÖR KAYNAKLI HASTALIKLARA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİSİ: İKİ FARKLI DİSİPLİNDEN YENİ BAKIŞ AÇISI

The Effect Of Climate Change On Vector-Borne Diseases: A New Perspective From Two Different Disciplines

Şeyda KARABÖRK^{1,2} & Gamze DOĞDU³

¹ (Öğr. Gör. Dr.) Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji AD, Bolu

² (Öğr. Gör. Dr.) Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bolu

E mail: seyda.karabork@ibu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-9026-4485

³ (Dr.Öğr. Üyesi) Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bolu

E mail: gamzedogdu@ibu.edu.tr

ORCID: 0000-0002-0278-8503

Özet

Jeoiklimsel değişiklikler, kara ve okyanus sıcaklıklarının, deniz seviyesi ve asitliğin, yağış düzenleri ve rüzgâr modellerinin, arazi karakteristiği ve kullanımının, toprak şartlarının ve aşırı hava olaylarının (şiddetli yağmurlar, sel, aşırı rüzgâr olayları, ısı dalgaları ve kuraklığın değişimi) yoluyla açıklanmaktadır. İklim değişikliği, sanayi devriminden önce insan aktiviteleri sonucu tetiklenen ve 19. yüzyılın ortalarından itibaren ivme kazanarak 21. yüzyılın en önemli toplumsal sağlık problemi haline gelen havadaki uzun dönemli istatistiksel değişikliklerdir. Hükümetler arası iklim değişikliği paneli (IPCC), 1850–1900 (endüstri öncesi) ile karşılaştırıldığında küresel ortalama yüzey sıcaklığının 2001–2020 döneminde 0.99 °C (0.84–1.10 °C) ve 2011–2020 döneminde ise 1.09 °C (0.95–1.20) °C artış gösterdiğini ifade etmiştir. İklim değişikliği uzun süreli yağış ve sıcaklık, iklimsel aşırılıklar (ısı dalgaları, kasırgalar, ani seller), hava kalitesi, kıyı bölgelerde deniz seviyesinin yükselmesi, gıda üretimi sistemleri ve su kaynakları üzerine çok yönlü etkiler yönleriyle sağlığı doğrudan etkilemektedir. Dünya tarihinde en yıkıcı salgınlar arasında görülen ve insanlık için en önemli gündemi oluşturan Koronavirüs ailesinin en tehlikeli alt türlerinden SARS CoV salgını 2003 yılında meydana gelerek dünya çapında 8000 enfekte bireyin kayıtlara geçmesini ve bunların 700’den fazlasının ölümüne yol açmıştır. MERS-CoV ise 2012 yılında ilk olarak meydana gelen bir diğer koronavirüs türü olup 3000’e yakın vaka ile 858 insanın hayatını kaybetmesine sebep olmuştur. Yeni tip Koronavirüs (COVID-19) ise Aralık 2019’da Çin’in Vuhan kentinde ortaya çıkmış olup Ocak 2020’de tanımlanarak tıp literatürüne geçmiş, 11 Mart 2020 tarihi itibarıyla Dünya Sağlık Örgütü tarafından “pandemi” ilan edilmiştir. Yarasalar da dahil olmak üzere hayvanlar, birçok virüs için bir hazne olup Ebola salgınının yanı sıra akut solunum sendromu (SARS) Coronavirus 1, Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS) ve COVID-

19'un ortaya çıkışında şiddetli bir kanal olduğu bilinmektedir. Habitatın bozulması biyoçeşitlilik kaybının meydana gelmesinde ana itici güç olup iklim değişikliği türlerin habitatını değiştirmesini zorlayarak türlerin coğrafi aralığını değişmesinde bir rol oynayabilir. Türler habitatları değiştirdikçe, bu hayvanların insanlara ve çiftlik hayvanlarına daha yakın mesafede olmasına yol açarak, daha sonra küresel bir salgın başlatmak için bir araç olarak rol oynamıştır. COVID-19 pandemisinin merkez üstü olan Çin'in Wuhan şehrinde daha aşırı koşullar meydana gelmiş olup oradaki yarasa ve karıncayiyenler (virüslerin bulaşması için son zamanlarda karıncayiyen olarak ortaya çıkan vektörler) kalabalık açık pazarlarda çok yakın mesafede ve genellikle çok kötü koşullarda yer aldıklarından dolayı koronavirüsler için vektörler olduğu iddia edilmektedir. Ortaya çıkan kanıtlar, iklimi değişen dünyamızda, sağlığı ve bulaşıcı hastalık riskini etkileyebilecek hayvan yaşam alanlarına tecavüz edildiğini desteklemekte olup, gelecekteki yeni pandemilerin önüne geçilebilmesi amacıyla iklim değişikliğini sınırlamak için acil çabalara ihtiyaç duyulmaktadır. Sonuçta, vektör kaynaklı hastalıkların (VKH) bulaşmasının rolü henüz tam olarak anlaşılmayan iklimin etkisi de dâhil olmak üzere bir dizi faktörü içermektedir. İklim değişikliğinin vektör kaynaklı hastalıkların etki alanı, bulaşma mevsimi süresi ve yayılması üzerinde büyük bir tehdidi temsil eder. Bu nedenle, iklimin rolünün açıklığa kavuşturulması, salgın risk analizini kolaylaştırdığı ve önleyici çabalara yardımcı olduğu için çok önemlidir. Yapılacak epidemiyolojik çalışmalarla, ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık, bağıl nem ve yağışın vaka sayısı ile istatistiksel olarak ilişkilendirildiği vektör kaynaklı hastalığın zaman serilerini incelemek için modeller oluşturularak, hangi iklim değişikliği etkisinin VKH üzerinde en güçlü faktör olduğu kanıtlanmalıdır.

Abstract

Geoclimatic changes are explained through changes in land and ocean temperatures, sea level and acidity, precipitation patterns and wind patterns, land characteristics and use, soil conditions and extreme weather events (heavy rains, floods, extreme wind events, heat waves, and drought). are long-term statistical changes in weather that were triggered by human activities before the industrial revolution and gained momentum from the mid-19th century to become the most important public health problem of the 21st century. stated that the global average surface temperature increased by 0.99 °C (0.84-1.10 °C) in the 2001-2020 period and by 1.09 °C (0.95-1.20 °C) in the 2011-2020 period. Climate change directly affects health in terms of long-term precipitation and temperature, climatic extremes (temperature fluctuations, hurricanes, flash floods), air quality, sea level rise in coastal areas, multifaceted effects on food production systems and water resources. The SARS CoV epidemic, one of the most dangerous subspecies of the Coronavirus family, which is seen among the most devastating epidemics in the history of the world and constitutes the most important agenda for humanity, occurred in 2003, causing 8000 infected individuals to be recorded worldwide and more than 700 of them to die. MERS-CoV is another type of coronavirus that first occurred in 2012, causing 858 deaths with nearly 3000 cases. The new type of Coronavirus (COVID-19) emerged in Wuhan, China in December 2019, was defined in January 2020 and entered the medical literature, and was declared a "pandemic" by the

World Health Organization as of March 11, 2020. Animals, including bats, are a reservoir for many viruses and are known to be a severe conduit for the emergence of the Ebola epidemic, as well as acute respiratory syndrome (SARS) Coronavirus 1, Middle East Respiratory Syndrome (MERS), and COVID-19. Habitat degradation is the main driver of biodiversity loss, and climate change can play a role in changing the geographic range of species by forcing species to change their habitat. As species changed habitats, these animals became closer to humans and farm animals, which then acted as a tool to start a global epidemic. More extreme conditions have occurred in the Chinese city of Wuhan, the epicenter of the COVID-19 pandemic, where bats and anteaters (vectors that have recently emerged as anteaters for the transmission of viruses) are located in crowded open markets at very close range and often in very poor conditions for coronaviruses. are claimed to be vectors. Emerging evidence supports the encroachment of animal habitats in our climate-changing world, which can affect health and risk of infectious disease, and urgent efforts are needed to limit climate change so that future new pandemics can be averted. Ultimately, the role of vector-borne diseases (VBD) transmission involves a number of factors, including the impact of climate, which is not yet fully understood. Climate change represents a major threat to the range, duration and spread of vector-borne diseases. Therefore, clarification of the role of climate is crucial as it facilitates epidemic risk analysis and aids preventive efforts. With future epidemiological studies, models should be created to examine the time series of vector-borne disease in which mean, maximum and minimum temperature, relative humidity and precipitation are statistically associated with the number of cases, and it should be proven which climate change effect is the strongest factor on VBD.

Anahtar kelimeler: Vektör-kaynaklı hastalıklar, iklim değışikliğı, halk sağlığı

GİRİŞ

Jeoiklimsel değışiklikler, kara ve okyanus sıcaklıklarının, deniz seviyesi ve asitliğın, yağış düzenleri ve rüzgâr modellerinin, arazi karakteristiğı ve kullanımının, toprak şartlarının ve aşırı hava olaylarının (şiddetli yağmurlar, sel, aşırı rüzgâr olayları, ısı dalgaları ve kuraklığın değışimi yoluyla açıklanmaktadır (Rupasinghe vd., 2022). İklim değışikliğı, sanayi devriminden önce insan aktiviteleri sonucu tetiklenen ve 19. yüzyılın ortalarından itibaren ivme kazanarak 21. yüzyılın en önemli toplumsal sağlık problemi haline gelen havadaki uzun dönemli istatistiksel değışikliklerdir (Teymouri ve Dehghanzadeh, 2022). Hükümetler arası iklim değışikliğı paneli (IPCC), 1850-1900 (endüstri öncesi) ile karşılaştırıldığında küresel ortalama yüzey sıcaklığının 2001–2020 döneminde 0.99 °C (0.84–1.10 °C) ve 2011-2020 döneminde ise 1.09 °C (0.95-1.20) °C artış gösterdiğini ifade etmiştir (IPCC, 2021). Eğer günümüzdeki sera gazı emisyon trendi artmaya devam ederse, bu yüzyılın sonuna kadar zaten gözlenen bu değışiklerin dramatik bir şekilde yoğunlaşmasıyla sonuçlanacak ortalama küresel sıcaklık endüstriyel dönem öncesinin 4 ila 5 °C üzerinde bir artış gösterecektir (IPCC, 2014). Günümüzde iklim değışikliğıyle mücadele kapsamında Avrupa Birliğı 2030 yılına kadar net emisyonlarını en az %55 oranında azaltmayı ve 2030 yılına kadar da iklim nötr olmayı hedeflemektedir (Romanello vd., 2020). İklim değışikliğı uzun süreli yağış ve sıcaklık, iklimsel aşırılıklar (ısı dalgaları, kasırgalar, ani seller), hava kalitesi, kıyı bölgelerde deniz

seviyesinin yükselmesi, gıda üretimi sistemleri ve su kaynakları üzerine çok yönlü etkileri nedeniyle sağlığı doğrudan etkilemektedir (Brown vd., 2014).

İklim değişikliği ve insan sağlığı üzerine etkileri

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ya göre, küresel ve bölgesel seviyede insan sağlığına çevresel tehditler şunları içermektedir: “iklim değişikliği, stratosferik ozon tabakasının incilmesi, biyoçeşitliliğin kaybolmasından dolayı ekosistemdeki değişiklikler, tatlı su kaynaklarının temini ve hidrolik sistemlerdeki değişiklikler, arazinin bozulması, kentleşme ve gıda üretim sistemi üzerindeki baskılar” (WHO, 2017). Ortalama sıcaklık artışı doğrudan ve dolaylı etkileri tetiklemektedir (Amuakwa-Mensah vd., 2017). İklim değişikliğinin en önemli doğrudan etkisi yüksek sıcaklık olup bunun dolaylı etkileri, fırtınalar, seller ve ısı dalgalanmalarıdır. Hastalık, fiziksel incinmeler, ısı şoku ve mental sağlık sorunları iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki doğrudan sağlık etkilerini oluşturmaktadır (Nichols vd., 2018). İklim değişikliğinin insan sağlığı üzerindeki dolaylı etkileri ise, vektörel hastalıklar, enfeksiyonlar, salgın hastalıklar, su ve gıda kaynaklı hastalıklar, hava kirliliği ve solunum yolu hastalıkları, stratosferik ozon azalması ve UV Radyasyonu, alerjik hastalıklar ve sahra tozudur (Olgun ve Kantarlı, 2020). Çevre koşullarındaki değişiklikler vektör popülasyonları, patojenlerin replikasyon oranları ve vektör-konak etkileşimleri üzerinde ikincil etkileri vardır (Semenza vd., 2022). WHO, başlıca küresel vektör kaynaklı hastalıkları şu şekilde sıralamaktadır: Sıtma, dang humması, chikungunya, sarıhumma, Zika virüs hastalığı, lenfatik filaryaz, şistozomiyaz, onkoserkiyaz, Chagas hastalığı, leishmaniasis ve Japon ansefaliti (beyin iltihabı). Diğer vektör kaynaklı bölgesel öneme sahip hastalıklar şunlardır: Afrika tripanosomiasis, Lyme hastalığı, kene kaynaklı ansefalit ve Batı Nil ateşi (WHO, 2017). Vektör kaynaklı hastalıklar arasında sıtma en öldürücüsü olup 2017'de tahmini 620.000 ölüme neden olurken (en çok Afrika'da meydana gelmiştir), ardından dang humması, tahmini 40.500 ölüme (çoğu Asya'da olmak üzere) neden olmuştur (GBD, 2018).

Ortalama iklim şartları büyük ölçüde bitki ve hayvan türleri olarak vahşi yaşamı etkileyerek uygun şartlar sunan bölgelerde yaşama imkânı sunmaktadır: bazı türler tropikal bölgelerde, ılıman koşullarda veya kıtasal koşullarda diğerlerine göre daha iyi adapte olmaktadır. Fakat iklim değişikliğiyle birlikte, spesifik bir tür için uygun olan bir bölge uygun olmayan bir hale gelebilirken buna zıt olarak uygun uygun olmayan bir bölge uygun bir hale gelebilmektedir. Bu, türleri daha fazla elverişli bölgelere hareket etmeye yönlendirir (Semenza ve Suk, 2018). İklim değişikliğinin daha sıcak bir iklim ve yağış düzensizlikleri nedeniyle iklime duyarlı vektörler (sivrisinekler ve keneler gibi) ve patojenler için daha ılımlı bir ortam yaratacağından vektör kaynaklı hastalıkların (VKH) bulaşması ve epidemiyolojisi üzerinde etkisi vardır (Paz, 2021). VKH'lar, enfekte eklembacaklılar, sivrisinekler, keneler, triatomin böcekleri, kum sinekleri ve karasinekler tarafından insana bulaşmaktadır (Rupasinghe vd., 2022). Sıtma, 2018'de dünya çapında 228 milyon vakayla sonuçlanırken dang humması enfeksiyonu yılda yaklaşık 390 milyon kişi arasında değişmektedir (WHO, 2020).

Çoğu bulaşıcı hastalık için üç bileşen gereklidir: bir ajan (veya patojen), bir konakçı (veya vektör) ve bulaşma ortamı (Epstein, 2001). Patojenler, insanlarda ve/veya hayvanlarda sessiz veya

semptomatik enfeksiyonlara neden olan parazitler, virüsler veya bakteriler olabilmektedir. Vektörler, bir patojeni konakçıya ileten sivrisinekler, sinekler, keneler veya diğer böcek türleri olabilmektedir. Konakçılar, insanlar, çiftlik hayvanları veya diğer hayvanlar olup enfekte olup sonuçta başka bir vektör tarafından enfekte olarak hastalanmaktadır. Böcekler, temel olarak bir konakçının üzerinden emdikleri kan yoluyla patojenin yutulmasıyla bulaşıcı hale gelebilmektedir. Örneğin, bir sivrisinek hasta bir insanı ısırıldıktan sonra patojen böcek içinde gelişir ve patojeni bağışık olmayan bir konağa aktarırken bulaşıcı bir vektör görevi görür. Patojenin böcekte çoğaltılması için gereken süreye dışsal kuluçka dönemi (EIP) denir (Semenza ve Suk, 2018). Hastalık patojenlerinin, vektörlerinin ve konakçıların hayatta kalması, üremesi, dağılımı ve bulaşması için uygun hava koşulları gereklidir. Bu nedenle iklim veya hava koşullarındaki değişiklikler patojenleri, vektörleri, konakçıları ve onların yaşam ortamlarını etkileyerek bulaşıcı hastalıkları etkileyebilir (Wu vd., 2016). Isınma ve istikrarsızlık iklimi, bulaşıcı hastalıkların küresel olarak ortaya çıkması, yeniden canlanması ve yeniden dağıtılmasında giderek daha önemli bir rol oynamaktadır (de Souza vd., 2021). Uzun süreli gözleme dayalı verilerin eksikliğinden dolayı iklim değişikliğinin doğrudan katkısını kısıtlamasına rağmen, iklim değişikliği en çok Avrupa’da vektör kaynaklı hastalıkların mevsimsel yayılımlarını ve kısıtlanmasını etkilemektedir (Semenza ve Menne, 2009; Parham vd., 2015). İklim parazitlerin, vektör ve insan konakçıların içerisindeki viral partiküllerin ve parazitlerin üreme hızını etkileyebileceği gibi vektörlerin yaşam döngüsünü de etkilemektedir (Semenza ve Menne, 2009). Bu, sıcaklıktaki artışların patojenlerin kuluçka süresini ve vektörlerin yaşam döngüsünü azaltabileceği ve böylece belirli bir sıcaklık zarfı içinde yüksek vektör popülasyonları yoluyla bulaşma riskini artırabileceği anlamına gelir. Mevsimlerdeki uzun süreli değişiklikler vektör ve konakçı hayvanları, insan aktivitesini ve arazi kullanımını etkileyerek sonuçta Avrupa’daki vektör kaynaklı hastalıkların mekânsal zamansal dağılımını ve yaygınlığını etkilemektedir (Lindgren vd., 2012).

İlk olarak, eklembacaklı vektörler ektotermik olup bu nedenle, sıcaklık vektörlerin hayatta kalma ve üreme oranlarını, dağılımlarını, bolluk, habitat uygunluğu, yoğunluk ve zamansal olarak vektörlerin aktivite modeli (örneğin, ısırma oranları) ve ayrıca gelişme oranlarını, vektörler içinde patojenlerin hayatta kalması ve üremelerini doğrudan etkilemektedir (Martin vd., 2008). Her bir vektör ve patojen için dışsal kuluçka döneminin minimum olduğu ideal bir sıcaklık olup, kısa dışsal kuluçka süresi vektörler daha hızlı enfekte olabildiğinden hastalıkların taşınması için avantajlıdır (Semenza ve Suk, 2018). Eklembacaklılar ve diğer vektörler ektoterm olduğundan, vektör bolluğu, hayatta kalma ve beslenme aktivitesi artan sıcaklıkla artacaktır, çünkü vektör içindeki patojenin gelişme hızı da olacaktır. Böylece, dışsal kuluçka dönemi (vektör tarafından patojenin yutulması ve vektörün bulaşıcı hale gelmesi aradaki süre) için ortam sıcaklığı ile Dang virüsünün ilişkisinin ters olduğu bulunmuştur (Liu-Helmersson vd., 2014). Sivrisinek ısırma hızı hastalık bulaşmasını etkileyebilecek olup sıcaklığın bir fonksiyonudur (Semenza vd., 2022). Dang, vektör olarak dişi *Aedes aegypti* culicid sivrisinekleri olan *Flaviviridae* familyasının arbovirüslerinin (eklem bacaklı virüsler) neden olduğu akut ateşli bir hastalıktır. Yerel ölçeklerde, sıcaklık, nem ve yağış etkisi *Ae. aegypti* gelişimi, üremesi ve hayatta kalmasını etkiler (Morin vd., 2013). Dünya nüfusunun yarısından çoğunun bu sivrisinek vektörü tarafından tehdit edilmesi küresel sıcaklık artışının yanı

sıra, küreselleşmiş hava trafiği yoluyla nüfus hareketi, kentleşme ve yetersiz vektör kontrolü ölçümünden kaynaklanmaktadır (Semenza vd., 2014). Dang humması vakası sıcaklık, yağış ve bağıl nemle Amerika, Hindistan ve Filipinler başta olmak üzere dünya çapında pozitif bir bağlantıya sahiptir (López vd., 2018; Mutheneneni vd., 2016). Deniz yüzeyi sıcaklığı, yağmur ve Pasifik Okyanusu üzerindeki El Niño Güney Salınımı ilişkili rüzgârdaki değişiklikler de ayrıca dang humması için tahmin edici olarak kullanılmıştır (Petrova vd., 2019). Daha uygun sıcaklıklar ve iklim değişikliğinden dolayı 2050 yılına kadar artan yağış, Dang hummasının güney ve batı Afrika'da güneydoğu ABD, orta Meksika, kuzey Arjantin ve Avustralya'nın iç bölgeleri için uygunluğu artırabilir. Ek olarak, Doğu Çin ve Japonya'daki kıyı kentlerinin 2050 yılına kadar daha uygun hale geleceği tahmin edilmektedir (Messina vd., 2019). Brezilya'nın Rio de Janeiro belediyesinde mevsimsel ve yıllık faktörlerin dang humması vakalarındaki artış ve azalışlar üzerindeki etkisini incelemek ve tahminlerde bulunmak amacıyla dang hummasının sosyo-demografik ve çevresel değişkenlerle ilişkisi değerlendirilmiştir (Teixeira, 2009). Dang humması vakası, iklim koşullarıyla dalgalanma göstermekte olup, artan sıcaklık ve yağış ile ilişkilidir. De Souza vd. (2021), Brezilya'nın Campo Grande bölgesinde 2008'den 2018'e kadar iklim değişikliğinin Dang humması üzerindeki etkisiyle alakalı yaptıkları çalışmada, Dang humması için en fazla hastaneye başvurunun, Kasım ve Mart ayları arasında başlayan en yüksek minimum sıcaklıklardan ve en yüksek toplam yağıştan etkilenen Ocak ve Nisan ayları arasında gerçekleştiğini ortaya koymuştur.

El Niño Güney Salınimleri meteorolojik sistemlerin hareketine müdahale ederek, Brezilya'da yağış ve hava sıcaklıklarını değiştirir veya yoğunlaştırır (Oliveira Júnior vd., 2019). Bu tür koşullar, vektörün gelişiminin yanı sıra, mevcut üreme alanlarının sayısında bir artışı destekleyerek böylece vektör-insan (ve dolayısıyla insan-virüs) etkileşimi olasılığını da artırır (de Souza vd., 2021). Bunların yanı sıra, arazi kullanımındaki değişiklikler (Tropikal ormanlardaki ağaç kesimi faaliyetleri) de doğrudan dang humması gibi sivrisinek kaynaklı hastalıkları meydana getirebilmektedir (WWF, 2020). Antropojenik kaynaklı arazi bozunmaları ve doğal ekosistemlerin tahrip edilmesi veya değiştirilmesi sonucu yaban hayvanlarının doğal habitatı da etkilenmektedir. İlaveten, biyoçeşitlilikteki azalma, evcil hayvan türlerinin hijyenik olmayan koşullarda bir araya gelmesi, yaban hayvan türlerinin yasadışı ve kontrolsüz ticareti sonucu virüslerin evcil hayvanlara geçişini kolaylaştırmaktadır (WWF, 2020).

Sıtmaya *Anopheles* sivrisinekleri tarafından bulaşan beş tür plazmodyum parazitleri neden olur. Bu hastalık çoğunlukla dünyanın tropikal kesiminde bulunmakta olup önlemek için yeterince çaba harcanmazsa tropik bölgelerde çok sayıda ölüme neden olmaktadır. Plazmodyum, (Wardrop vd., 2013) sıtmanın paraziti, yüksek sıcaklıkta gelişir ve durgun su yoğun yağışların neden olduğu sivrisinek üreme yeri için uygundur. Bol yağış, durgun su biriktirerek sivrisinek üremesi için ideal bir ortam oluşturur. Yağışların yanı sıra, yüksek sıcaklık parazit gelişimini hızlandırır. 2015'te dünyada 214 milyon sıtma vakası meydana gelmiştir (Global tüberküloz raporu, 2013). Amazon bölgesinde kuru sezon uzamakta olup yağışlı sezon eskiden ekim sonunda başlarken artık Aralık başında başlamakta olup; bu durum yağmur ormanlarının yanmasını hızlandırmaktadır. Amazon yağmur ormanlarındaki ormansızlaşmayla birlikte ısı stresi ve yangınlar, yol yoğunluğu ve seçici

tomrukçuluk kaydı Amazon'daki sıtma riski ile ilişkilidir (Hahn vd., 2014). İklim değişikliği ve CO₂ artışının iki katına çıkması nedeniyle IPCC tahminlerine göre sıtma riski artmaktadır. İklim değişikliği ve mevsimsel değişiklikler sonucu sıtma oranlarındaki büyük bir kayma keşfedilmiştir. Ama her organizmanın başarılı bir şekilde hayatta kalabileceği ve plasmodium'un farklı olmadığı spesifik bir sıcaklık ve diğer çevresel faktör aralığı vardır (De Lisle vd., 2018). Çin'de *Plasmodium vivax* ve *P. falciparum* sıtma dağılımları, temsili konsantrasyon yolu (RCP) 4.5 ve RCP 8.5 gibi daha yüksek emisyon senaryoları altında artması beklenmektedir (Hundessa vd., 2018).

Aşırı iklim olaylarıyla ilgili olan Kuzey Atlantik Salınımı, laym berelyoz ve tularemi gibi zoonozlarla bağlantılı olduğu önceki çalışmalarla ortaya konulmuştur (Rydén, vd., 2009). Artropodlarla taşınan virüsler (arbovirüsler) dang humması, Zika, sarıhumma ve chikungunya *Aedes sivrisineği* türleri tarafından bulaşılır. Gelecekteki iklim koşulları altında (yüksek sıcaklıklar), Escobar ve ark. (2016) arbovirüs vektörleri için Ekvator'da 2100 yılına kadar coğrafik yayılma alanı azalmalarını tahmin etmiştir (*Aedes aegypti* için %48 ve *Aedes albopictus* için %53). Son iklim değişikliği *Ae. Albopictus*'un uygun kışlama ve yıllık sıcaklık şartlarından dolayı bir kez ortamda yer aldığına, sıcaklık bölgelerinde yerleşeceğini desteklediğine dair kanıtlar artmaktadır. Ayrıca, gelecekteki iklim değişikliği sıcaklık bölgelerinin yüksek enlemlerinde sivrisinekler ekolojik nişlerinin varlığını sürdürecektir. Benzer şekilde *Ae. Aegypti*'nin bugünkü dağılımı, tropikal ve subtropikal bölgelerde daha çok sınırlandırılacak olup gelecek senaryolar, bunun yumurtalarının ılıman kışı tolere edemeyeceğinden bunun potansiyel ekolojik nişinin ortalama enlemsel kayma yaşayacağını ifade etmektedir (Leta vd., 2018; Caminade vd., 2012; Mogi vd., 2014; Campbell vd., 2015). Kenya'da yapılan bir araştırma, Batı Kenya'da Chulaimbo'da bir sıcak hava dalgasının ardından *Aedes aegypti*'nin önemli ölçüde daha düşük bir bolluk tespit edilmiştir (Nosrat vd., 2021).

İlaveten, Batı Amerika Birleşik Devletleri'nde veba, normalin üzerindeki sıcaklıklar ve Pasifik 10 yıllık Salınım ile ilişkilidir (Ari vd., 2008). *Aedes albopictus* (Asya kaplan sivrisineği) ve *Aedes aegypti* (sarıhumma sivrisinek)'nin ana yetkin vektörler olduğu düşünülmektedir (Caminade vd., 2019).

Chikungunya virüsü ilk olarak Tanzanya'da ortaya çıkmış olup ulaşım ve ticaretle sıcak bölgelere doğru yayılım göstermiştir. İletken iklim şartlarının yardımıyla virüs Avrupa'ya yayılarak İtalya'da 2007 ve 2017 yıllarında iki büyük salgına neden olmuştur (Rocklöv vd., 2020). *Aedes aegypti* ayrıca chikungunya virüsünün bir vektörü olup, enfekte kişilerde dang benzeri semptomlara neden olabilmektedir (Pialoux vd., 2007). Daha yüksek sıcaklıklar daha yüksek yetişkin sivrisinek bolluğu ile ilişkilidir. Çünkü olgunlaşmamış *Ae. aegypti* gelişme oranları su sıcaklıkları hava sıcaklıkları ile eş zamanlı olarak arttıkça yükselir (Eisen vd., 2014). Ancak, son derece yüksek sıcaklıklar (~32 °C'nin üzerinde) gelişme oranlarını azaltabilir ve yetişkin ölümlerini artırabilir (Suleman vd., 1996). Daha yüksek yağış genellikle *Ae. aegypti* için habitat sayısını artırır ve daha yüksek nem, yetişkinlerin kurumasını önleyerek daha fazla sivrisinek bolluğu meydana getirir (Lucio vd., 2013).

Zika virüsü, Güney Afrika'da 2015 yılındaki kaydedilen yüksek sıcaklık ve birçok kuraklık şartını takip eden 2016 yılında büyük bir salgına neden olmuştur (Paz ve Semenza, 2016). Kuraklık sonucu evlerde açık konteynırlarda içme suyunun depolanması, salgına katkıda bulunan ideal vektör çoğalmasın ve maruziyet şartlarının oluşmasına yol açabilmektedir. Zika, mevsimlerin uzadığı ve sıcaklığın tahmini termal optimuma doğru (29 °C) hareket ettiği koşullarda kuzeye doğru genişleyebilir (Tesla vd., 2018).

Son on yılda, Avrupa'daki VKH salgınları değişen iklimden potansiyel olarak etkilenmiş olup 2010'dan bu yana, aşırı sıcaklık artışından dolayı Batı Nil virüsünün (BNV) benzeri görülmemiş salgınları güney ve doğu Avrupa'da meydana gelmiştir. Her yaz (2011-2020) iklim değişikliğine bağlı BNV salgını Avrupa'nın güney ve doğu ülkelerinde rapor edilmektedir (Garcia vd., 2020). Özellikle 2018 yılında Avrupa'da bahar ayında yüksek sıcaklık yaşanmasından sonra 2083 vaka ile sonuçlanan yoğun bir BNV salgını baş göstermiştir (Farooq vd., 2022). Hava durumundaki anormallikler sivrisineklerde erken üreme mevsimini aktive ederken kuluçka süresinin tükenmesini azaltmıştır. Bu durum geçen yıla göre sivrisinek vektörlerinde (*Culex pipiens*) ve konakçı kuşlarda BNV'nin yaygınlığını açıklamaktadır (García vd., 2021). Ağustos 2010 tarihinden itibaren Türkiye'de de görülmeye başlanan ve sivrisineklerle bulaşan BNV genellikle yaz boyunca ve sonbaharın erken dönemlerinde görülmektedir (Olgun ve Kantarlı, 2020).

Koksidiyomikoz diğer bilinen ismiyle vadi humması özellikle güneybatı Birleşik Devletlerle sınırlı bulaşıcı bir mantar hastalığı olup kuru havalarda trafikten gelen toz ve bir çeşit toprak bozunması yoluyla hava kaynaklı Koksidifoid türü mantar sporlarının insanlar tarafından solunması yoluyla bulaşmaktadır (Gorris vd., 2021). İklim değişikliğinin bir sonucu olarak artan sıcaklık ve yağış düzenlerindeki değişiklikler vadi hummasının endemik alanını genişleterek batı Birleşik Devletler boyunca kuzeye doğru genişlemesine neden olmuştur (Gorris vd., 2019).

Avrupa'da, *Ixodes ricinus* kene kaynaklı hastalıklardan en önemlisi olan hem Lyme borreliosis için hem de kene kaynaklı ensefalit için birincil vektördür. Yılda tahmini 65.000 vaka ile Lyme borreliosis, Avrupa Birliği'nde vektör kaynaklı en büyük hastalık yükünden sorumludur (Semenza ve Suk, 2017). Dünyanın iklimindeki son değişiklikler keneleri/kene kaynaklı enfeksiyonları etkiliyorsa, bir veya daha fazla değişiklik sinyali olması gerekmektedir: (i) coğrafi dağılım; (ii) gelişme oranı; (iii) kenelerin fenolojisi (mevsimsel aktivite); (iv) kene fenotipi/genotipi; (v) kene mikrobiyotası (Nuttall, 2022). Lyme hastalığı riski ılık kış ayları, yüksek yaz sıcaklıkları, düşük mevsimsel sıcaklık değişimi ve yüksek bitki örtüsü indeksleriyle bağlantılıdır (Estrada-Pena vd., 2011). Kanada'da vektör taramasında Lyme hastalığı ajanı, *Borrelia burgdorferi*'nin temel vektörü siyah bacaklı *Ixodes scapularis*'in coğrafi yayılımının genişlediği bildirilmiştir (Clow vd., 2017). Keneler özellikle nem ve sıcaklık gibi iklim belirleyicilerine duyarlıdır. Vakalar iklimin rekreasyonel faaliyetler üzerindeki etkisinden etkilenebilse de kene kaynaklı hastalık vakalarının İsveç, Slovakya ve Macaristan'da, ılıman kışlar ve nemli, sıcak yazlarla bağlantılı olarak yüksek olduğu bildirilmiştir (Ostfeld ve Brunner 2015). Bu artış artan sıcaklıkla beraber kene popülasyonunun ortaya çıkması, coğrafi yayılım ve sıklığın

artması ve insanlarda Lyme hastalığı vakalarının hızla artışıyla alakalıdır (Burrows vd., 2021). Avrupa’da *Ixodes ricinus* kenelerinin yayılması, sıcaklık faktörü yanında konakçı popülasyonu ve yaşam alanıyla belirlenmektedir (Estrada-Penã ve de la Fuente, 2017). *Ixodes ricinus*, Avrupa’da Lyme borelyoz ve kene kaynaklı ensefalit dahil çok çeşitli kene kaynaklı patojenleri iletmektedir. Kuzey Avrupa’da modellerde tahmin edilen potansiyel aralık genişlemeleri, daha hafif sıcaklık artışlarının görüldüğü kış koşullarında, daha fazla kenenin kışın hayatta kalmasına izin vererek kene ısırıklarının olasılığını arttırmaktadır (Alkishe vd., 2017). Son yirmi yılda kene kaynaklı patojenlerin %40’ından çoğu keşfedilmiş olup lyme hastalığı kenelerden insanlara ve hayvanlara bulaşmaktadır. Yapılan araştırmalar, lime hastalığına yakalanma riskinin iki hektardan küçük ormanlar ve bütünlüğü önemli ölçüde bozulmuş habitatlar gibi omurgalı hayvan çeşitliliğinin zayıf olduğu alanlarda daha yüksek olduğunu göstermektedir (WWF, 2020). İklim değişikliği sonucu koronavirüsün ortaya çıkması arasında henüz kesin bir sonuç ortaya koyulmamış olsa da, araştırmalar sonucu Dixon R (Olgun ve Kantarlı, 2020), sıcaklığın yükselmesine bağlı buzulların erimesiyle buzullarda donmuş halde bulunan virüs ve bakterilerin salınması ölümlere neden olmaktadır.

Kene kaynaklı ensefalit (KKA) önemli bir zoonotik enfeksiyon olup Avrupa, Rusya ve Asya’nın bazı bölümlerinde hastalık yükü artarak coğrafik yayılım genişlemektedir. Birçok katkı sağlayan faktör arasında, iklim değişikliğinden dolayı daha ılıman kış ve ılık bahar yayılımını etkilemektedir (Semenza ve Suk, 2008). KKA için diğer faktörlere göre iklimin göreceli önemi konuma göre değişir bağışıklama kapsamı, turizm faaliyeti, insan maruziyeti, kemirgen konakçı nüfus yoğunluğu ve sosyo-ekonomik koşulların bir fonksiyondur (Randolph, 2008). 2019 yılında Avrupa’da içlerinde 20 kişinin öldüğü 3411 KKA vakasının meydana geldiği önemli bir hastalık olup özellikle temmuz ve ağustos aylarında hastalık pik yapmaktadır (Semenza vd., 2022). *I. ricinus*’un araştırılması ve KKA için uzun süreli bir veri seti elde edebilmek için Çek Cumhuriyeti’nde yapılan 6 yıllık sürekli bir çalışmada bir iklim sinyali tespit edilmiş olup, aşırı meteorolojik olaylar, yıllık KKA vakalarının sayısı ve aktif perilerin sayısı arasındaki korelasyonda bir anomali ile çakışma göstermiştir (Daniel vd., 2018).

Dünya tarihinde en yıkıcı salgınlar arasında görülen ve insanlık için en önemli gündemi oluşturan Koronavirüs ailesinin entehlikeli alt türlerinden SARS CoV salgını 2003 yılında meydana gelerek dünya çapında 8000 enfekte bireyin kayıtlara geçmesini ve bunların 700’den fazlasının ölümüne yol açmıştır. MERS-CoV ise 2012 yılında ilk olarak meydana gelen bir diğer koronavirüs türü olup 3000’e yakın vaka ile 858 insanın hayatını kaybetmesine sebep olmuştur (Olgun ve Kantarlı, 2020). Yeni tip Koronavirüs (COVID-19) ise Aralık 2019’da Çin’in Vuhan kentinde ortaya çıkmış olup Ocak 2020’de tanımlanarak tıp literatürüne geçmiş, 11 Mart 2020 tarihi itibarıyla Dünya Sağlık Örgütü tarafından “pandemi” ilan edilmiştir (Sağlık Bakanlığı, 2020). Yarasalar da dahil olmak üzere hayvanlar, birçok virüs için bir hazne olup Ebola salgınının yanı sıra akut solunum sendromu (SARS) Coronavirus 1, Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS) ve COVID-19’un ortaya çıkışında şiddetli bir kanal olduğu bilinmektedir (Hemida ve Ba Abdullah, 2020). Habitatın bozulması biyoçeşitlilik kaybının meydana gelmesinde ana itici güç olup iklim değişikliği türlerin habitatını değiştirmesini zorlayarak türlerin coğrafi aralığını değişmesinde bir

rol oynayabilir. Türler habitatları değiştirdikçe, bu hayvanların insanlara ve çiftlik hayvanlarına daha yakın mesafede olmasına yol açarak, daha sonra küresel bir salgın başlatmak için bir araç olarak rol oynamıştır. COVID-19 pandemisinin merkez üstü olan Çin'in Wuhan şehrinde daha aşırı koşullar meydana gelmiş olup oradaki yarasa ve karıncayiyenler (virüslerin bulaşması için son zamanlarda karıncayiyen olarak ortaya çıkan vektörler) kalabalık açık pazarlarda çok yakın mesafede ve genellikle çok kötü koşullarda yer aldıklarından dolayı koronavirüsler için vektörler olduğu iddia edilmektedir. Karıncayiyenler, yarasa türlerine benzer olduğu bilinen memeliler olarak koronavirüsler gibi virüslerle enfekte olabilmektedir (Xiao vd., 2020). Ortaya çıkan kanıtlar, iklimi değişen dünyamızda, sağlığı ve bulaşıcı hastalık riskini etkileyebilecek hayvan yaşam alanlarına tecavüz edildiğini desteklemekte olup, gelecekteki yeni pandemilerin önüne geçilebilmesi amacıyla iklim değişikliğini sınırlamak için acil çabalara ihtiyaç duyulmaktadır (Bernstein, 2020).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak, vektör kaynaklı hastalıkların bulaşmasının rolü henüz tam olarak anlaşılmayan iklimin etkisi de dâhil olmak üzere bir dizi faktörü içermektedir. İklim değişikliğinin vektör kaynaklı hastalıkların etki alanı, bulaşma mevsimi süresi ve yayılması üzerinde büyük bir tehdidi temsil eder. Bu nedenle, iklimin rolünün açıklığa kavuşturulması, salgın risk analizini kolaylaştırdığı ve önleyici çabalara yardımcı olduğu için çok önemlidir. Yapılacak epidemiyolojik çalışmalarla, ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık, bağıl nem ve yağışın vaka sayısı ile istatistiksel olarak ilişkilendirildiği vektör kaynaklı hastalığın zaman serilerini incelemek için modeller oluşturularak, hangi iklim değişikliği etkisinin VKH üzerinde en güçlü faktör olduğu kanıtlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Alkishe AA, Peterson AT, Samy AM. Climate change influences on the potential geographic distribution of the disease vector tick *Ixodes ricinus*. PLoS One 2017; 12(12): e0189092. doi: 10.1371/journal.pone.0189092.

Amuakwa-Mensah F, Marbuah G, Mubanga M. Climate variability and infectious diseases nexus: Evidence from Sweden. Infectious Disease Modelling. 2017; 2(2),203-17. doi: 10.1016/j.idm.2017.03.003.

Ari TB, Gershunov A, Gage KL, Snäll T, Ettestad P, Kausrud KL, Stenseth NC. Human plague in the USA: the importance of regional and local climate. Biology Letters. 2008; 4,737-40. doi: 10.1098/rsbl.2008.0363.

Bernstein A. An interview with Dr. Aaron Bernstein at the Harvard School of Public Health: Coronavirus and climate change. 2020; Retrieved from <https://www.hsph.harvard.edu/c-change/subtopics/coronavirus-and-climate-change/>

Brown H, Spickett J, Katscherian D. A health impact assessment framework for assessing vulnerability and adaptation planning for climate change. International Journal of Environmental Research and Public Health.2014; 11(12):12896-914. doi: 10.3390/ijerph111212896.

Burrows H, Talbot B, McKay R, et al. A multi-year assessment of blacklegged tick (*Ixodes scapularis*) population establishment and Lyme disease risk areas in Ottawa, Canada, 2017–2019. PLoS One. 2021; 16(2): e0246484. doi: 10.1371/journal.pone.0246484.

Caminade C, Medlock JM, Ducheyne E, et al. Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus*: recent trends and future scenarios. Society Interface. 2012; 9: 2708-17. doi: 10.1098/rsif.2012.0138.

Caminade C, McIntyre KM, Jones AE. Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1436 2019;157-73. doi: 10.1111/nyas.13950.

Campbell LP, Luther C, Moo-Llanes D, et al. Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2015; 370. doi: 10.1098/rstb.2014.0135.

Clow KM, Leighton PA, Ogden NH, et al. Northward range expansion of *Ixodes scapularis* evident over a short timescale in Ontario, Canada. *PLoS One*. 2017; 12(12): e0189393. doi: 10.1371/journal.pone.0189393.

De Lisle SP, Goedert D, Reedy AM, Svensson EI. Climatic factors and species range position predict sexually antagonistic selection across taxa. *Philosophical Transactions of the Royal Society b: Biological Sciences*, 2018; 373(1757), 20170415. doi: 10.1098/rstb.2017.0415.

De Souza A, Abreu MC, Oliveira-Júnior JF. Impact of Climate Change on Human Infectious Diseases: Dengue. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2021; 64: e21190502. doi: 10.1590/1678-4324-2021190502.

Eisen L, Monaghan AJ, Lozano-Fuentes S, et al. The impact of temperature on the bionomics of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti*, with special reference to the cool geographic rangemargins. *Journal of Medical Entomology*. 2014; 51:496-16. doi: 10.1603/me13214.

Epstein PR. Climate change and emerging infectious diseases. *Microbes Infection*. 2001; 3: 747-54. doi: 10.1016/S1286-4579(01)01429-0.

Escobar LE, Romero-Alvarez D, Leon R, et al. Declining Prevalence of Disease Vectors Under Climate Change. *Scientific Reports*. 2016; 6:39150. doi: 10.1038/srep39150.

Estrada-Peña A, Ayllón N, de la Fuente J. Impact of climate trends on tick-borne pathogen transmission. *Frontiers in Physiology*. 2012; 3, doi: 10.3389/fphys.2012.00064.

Estrada-Peña A, Ortega C, Sánchez N, Desimone L, Sudre B, Suk JE, Semenza JC. Correlation of *Borrelia burgdorferi* sensu lato prevalence in questing *Ixodes ricinus* ticks with specific abiotic traits in the western palearctic. *Applied and Environmental Microbiology*. 2011;77(11):3838-45. doi: 10.1128/AEM.00067-11.

Farooq Z, Rocklöv J, Wallin J, et al. Artificial intelligence to predict West Nile virus outbreaks with ecoclimatic drivers. *The Lancet Regional Health Europe*. 2022; 17:100370. doi: 10.1016/j.lanepe.2022.100370.

García SM, Rodríguez-Alarcón L, Fernández-Martínez B, et al. Unprecedented increase of West Nile virus neuroinvasive disease, Spain, summer 2020. *Euro Surveill*. 2021; 26(19):2002010. doi: 10.2807/1560-7917.

GBD 2017 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018; 392(10159):1736-1788. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32203-7.

Global tuberculosis report 2013. Eurosurveillance editorial team. WHO publishes Global tuberculosis report 2013. *Euro Surveill*. 2013; 18(43):20615.

Gorris ME, Treseder KK, Zender CS, Randerson JT. Expansion of *Coccidioidomycosis* Endemic Regions in the United States in Response to Climate Change. *Geohealth*. 2019; 3(10):308-27. doi: 10.1029/2019GH000209.

Gorris ME, Neumann JE, Kinney PL, Sheahan M, Sarofim MC. Economic Valuation of *Coccidioidomycosis* (Valley Fever) Projections in the United States in Response to Climate Change. *Weather Clim Soc*. 2021;13(1):107-23. doi: 10.1175/wcas-d-20-0036.1.

Hahn MB, Monaghan AJ, Hayden MH, Eisen RJ, Delorey MJ, Lindsey NP, Nasci RS, Fischer M. Meteorological conditions associated with increased incidence of West Nile virus disease in the United States, 2004-2012. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2015; 92(5):1013-22. doi: 10.4269/ajtmh.14-0737.

Hemida MG, Ba Abdullah MM. The SARS-CoV-2 outbreak from a one health perspective. *One Health*. 2020; 10:100127. doi: 10.1016/j.onehlt.2020.100127.

Hundessa S, Williams G, Li S, Liu L, Cao W, Ren H, Guo J, Gasparini A, Ebi K, Zhang W, Guo Y. Projecting potential spatial and temporal changes in the distribution of *Plasmodium vivax* and *Plasmodium falciparum* malaria in China with climate change. *The Science of Total Environment*. 2018; 627:1285-1293. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.300.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021: summary for policymakers. In: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., P'ean, C., Berger, S., et al. (Eds.), *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. In Press.

IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report* (eds Core Writing Team, Pachauri, R. K. & Meyer, L. A.) (IPCC, 2014).

Leta S, Beyene TJ, De Clercq EM, Amenu K, Kraemer MUG, Revie CW. Global risk mapping for major diseases transmitted by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *International Journal of Infectious Diseases*. 2018; 67:25-35. doi: 10.1016/j.ijid.2017.11.026.

Lindgren E, Andersson Y, Suk JE, Sudre B, Semenza JC. Public health. Monitoring EU emerging infectious disease risk due to climate change. *Science*. 2012; 336(6080):418-9. doi: 10.1126/science.1215735.

Liu-Helmersson J, Stenlund H, Wilder-Smith A, Rocklöv J. Vectorial capacity of *Aedes aegypti*: effects of temperature and implications for global dengue epidemic potential. *PLoS One*. 2014; 9(3): e89783. doi: 10.1371/journal.pone.0089783.

López MS, Müller GV, Sione WF. Analysis of the spatial distribution of scientific publications regarding vector-borne diseases related to climate variability in South America. *Spatial and Spatio-Temporal Epidemiology*. 2018; 26:35-93. doi: 10.1016/j.sste.2018.04.003.

Lucio PS, Degallier N, Servain J, Hannart A, Durand B, de Souza RN, Ribeiro ZM. A case study of the influence of local weather on *Aedes aegypti* (L.) aging and mortality. *Journal of Vector Ecology*. 2013; 38(1):20-37. doi: 10.1111/j.1948-7134.2013.12005.x.

Martin V, Chevalier V, Ceccato P, et al. The impact of climate change on the epidemiology and control of Rift Valley fever. *Revue Scientifique et Technique*. 2008; 27(2):413-26.

Messina JP, Brady OJ, Golding N, et al. The current and future global distribution and population at risk of dengue. *Nature Microbiology*. 2019; 4(9):1508-1515. doi: 10.1038/s41564-019-0476-8.

Mogi M, Tuno N. Impact of climate change on the distribution of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in northern Japan: retrospective analyses. *Journal of Medical Entomology*. 2014; 51(3):572-9. doi: 10.1603/me13178.

Morin CW, Comrie AC, Ernst K. Climate and dengue transmission: evidence and implications. *Environmental Health Perspective*. 2013; 121(11-12):1264-72. doi: 10.1289/ehp.1306556.

Mutheneni SR, Morse AP, Caminade C, Upadhyayula SM. Dengue burden in India: recent trends and importance of climatic parameters. *Emerging Microbes Infection*. 2017; 6(8):e70. doi: 10.1038/emi.2017.57.

Nichols, G., Lake, I., & Heaviside, C. (2018). Climate change and water related infectious diseases. *Atmosphere*. 2018; 9(10), 385. doi: 10.3390/atmos9100385.

Nosrat C, Altamirano J, Anyamba A, et al. Impact of recent climate extremes on mosquito-borne disease transmission in Kenya. *PLOS Neglected Tropical Diseases*. 2021; 15(3):e0009182. doi: 10.1371/journal.pntd.0009182.

Nuttall PA. Climate change impacts on ticks and tick-borne infections. *Biologia*. 2022; 77. doi:10.1007/s11756-021-00927-2.

Olgun E, Kantarlı S. İklim değişikliğinin sağlık üzerine etkileri. *Doğanın Sesi*, 2020; (5), 13-23.

Oliveira-Júnior JF, Gois G, da Silva EB, Teodoro PE, Johann JA, Junior CAS. Non-parametric tests and multivariate analysis applied to reported dengue cases in Brazil. *Environmental monitoring and assessment*. 2019; 191(7):473. doi: 10.1007/s10661-019-7583-0.

Ostfeld RS, Brunner JL. Climate change and Ixodes tick-borne diseases of humans. *Philosophical Transactions of The Royal Society of London*. 2015;370(1665):20140051. doi: 10.1098/rstb.2014.0051.

Parham PE, Waldock J, Christophides GK, et al. Climate, environmental and socio-economic change: weighing up the balance in vector-borne disease transmission. *Philosophical Transactions of The Royal Society of London*. 2015; 370(1665):20130551. doi: 10.1098/rstb.2013.0551.

Pari T, Reza D. Climate change and waterrelated diseases in developing countries of Western Asia: a systematic literature review, *Climate and Developmen.*, 2022, 14:3, 222-238, doi: 10.1080/17565529.2021.1911773.

Paz S. Climate change impacts on vector-borne diseases in Europe: Risks, predictions and actions. *The Lancet Regional Health Eur*. 2020; 1:100017. doi: 10.1016/j.lanepe.2020.100017.

Paz S, Semenza JC. El Niño and climate change--contributing factors in the dispersal of Zika virus in the Americas? *Lancet*. 2016; 387(10020):745. doi: 10.1016/S0140-6736(16)00256-7.

Petrova D, Lowe R, Stewart-Ibarra A, Ballester J, Koopman SJ, Rodo' X. Sensitivity of large dengue epidemics in Ecuador to long-lead predictions of El Niño. *Clim Serv*. 2019;1(15):100096. doi:10.1016/j.cliser.2019.02.003.

Pialoux G, Gauzere BA, Jaureguierry S, Strobel M. Chikungunya, an epidemic arbovirolosis. *Lancet Infectious Disease*. 2007; 7:319–327. doi: 10.1016/S1473-3099(07)70107-X.

Randolph SE. Tick-borne encephalitis incidence in Central and Eastern Europe: consequences of political transition. *Microbes and Infection*. 2008; 10(3):209-16. doi: 10.1016/j.micinf.2007.12.005.

Rocklöv J, Dubrow R. Climate change: an enduring challenge for vector-borne disease prevention and control. *Nature Immunology*. 2020; 21(5):479-483. doi: 10.1038/s41590-020-0648-y.

Romanello M, van Daalen K, Anto JM, et al. Tracking progress on health and climate change in Europe. *Lancet Public Health*. 2021; 6(11): e858-e865. doi: 10.1016/S2468-2667(21)00207-3.

Rupasinghe R, Chomel BB, Martínez-López B. Climate change and zoonoses: A review of the current status, knowledge gaps, and future trends. *Acta Tropica*. 2022; 226:106225. doi: 10.1016/j.actatropica.2021.106225.

Rydén P, Sjöstedt A, Johansson A. Effects of climate change on tularaemia disease activity in Sweden. *Global Health Action*. 2009; 2. doi: 10.3402/gha.v2i0.2063.

Semenza JC, Menne B. Climate change and infectious diseases in Europe. *The Lancet Infectious Disease*. 2009; 9:365-75. doi: 10.1016/S1473-3099(09)70104-5.

Semenza JC, Sudre B, Miniota J, Rossi M, Hu W, Kossowsky D, Suk JE, Van Bortel W, Khan K. International dispersal of dengue through air travel: importation risk for Europe. *PLoS Neglected Tropical Disease*. 2014; 8(12):e3278. doi: 10.1371/journal.pntd.0003278.

Semenza JC, Suk JE. Vector-borne diseases and climate change: a European perspective. *FEMS Microbiology Letters*. 2018; 365(2):fmx244. doi: 10.1093/femsle/fmx244.

Semenza JC, Rocklöv J, Ebi KL. Climate Change and Cascading Risks from Infectious Disease. *Infectious Disease and Therapy*. 2022; 11(4):1371-1390. doi: 10.1007/s40121-022-00647-3.

Suleman M, Arshad M, Khan K. Yellowfever mosquito (Diptera:Culicidae) introduced into Landi Kotal, Pakistan, by tire importation. *Journal of Medical Entomology*. 1996; 33(4):689-93. doi: 10.1093/jmedent/33.4.689.

Teixeira, T. R. A. Análise espacial-temporal da dengue no contexto socioambiental do Município do Rio de Janeiro, 1996-2006 [MastersThesis]. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, 2009.

Tesla B, Demakovsky LR, Mordecai EA, Ryan SJ, Bonds MH, Ngonghala CN, Brindley MA, Murdock CC. Temperature drives Zika virus transmission: evidence from empirical and mathematical models. *Proceedings. Biological sciences*. 2018; 285(1884):20180795. doi: 10.1098/rspb.2018.0795.

Wardrop NA, Barnett AG, Atkinson JA, Clements AC. Plasmodium vivax malaria incidence over time and its association with temperature and rainfall in four counties of Yunnan Province, China. *Malaria Journal*. 2013; 12:452. doi: 10.1186/1475-2875-12-452.

WHO. (2020). Vector-borne diseases. World Health Organization. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>.

World Health Organization. 2017. Global environmental change. Available online (<http://www.who.int/globalchange/environment/en/>), accessed on July 4, 2017.

Wu X, Lu Y, Zhou S, Chen L, Xu B. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environment International*. 2016; 86:14-23. doi: 10.1016/j.envint.2015.09.007. Epub 2015 Oct 18. PMID: 26479830.

WWF (2020). “Doğanın Yok Oluşu ve Pandemilerin Yükselişi, İnsanların ve Gezegenin Sağlığını Korumak, 22 syf., İtalya.

Xiao K, Zhai J, Feng Y, et al. Isolation of SARS-CoV-2-related coronavirus from Malayan pangolins. *Nature*. 2020; 583(7815):286-289. doi: 10.1038/s41586-020-2313-x.