

DERLEME

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN SIVRISİNEK KAYNAKLI HASTALIKLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Yeşim POLAT ^{1,*}, Atila YANIKOĞLU ¹, Hüseyin ÇETİN ¹

Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya

ÖZET

Küresel ısınma, sera gazlarının etkisinden dolayı ortalama yüzey sıcaklığının artması olarak tanımlanır. Bu durum iklim modellerinin de değişmesine neden olmaktadır. Bilim insanları küresel ısınmanın özellikle hastalık etkenlerini bulaştırabilen çeşitli artropod türlerinin dağılımı ve bolluğu üzerindeki etkilerini araştırmaktadırlar. Bilimsel araştırma sonuçlarına göre sivrisinekler ve sivrisineklerle bulaşan hastalıkların dağılımı ve sayısı da iklim değişikliğinden etkilenmektedir. Bu derlemede, iklim değişikliğinin Dang humması, Sarı humma, Chikungunya, Zika ateşi, Batı Nil ateşi ve sıtma gibi sivrisinek kaynaklı hastalıklar üzerindeki etkileri hakkında senaryolar verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Sivrisinekler, Sivrisinek kaynaklı hastalıklar

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON MOSQUITO-BORNE DISEASES

ABSTRACT

Global warming is the increase of average surface temperature due to effect of greenhouse gases. This is causing climate patterns to change. Scientists have been searching the effects of global warming on the distribution and abundance of the various arthropod species that can transmit the disease agents. According to the scientific research results the distribution and the population of mosquitoes and mosquito-borne diseases are being affected by climate change. In this study, scenarios are given about the effects of climate change on some mosquito-borne diseases such as; Dengue Fever, Yellow Fever, Chikungunya, Zika Fever, West Nile Fever and Malaria.

Keywords: Climate change, Mosquitoes, Mosquito-borne diseases

1. GİRİŞ

Yeryüzünde belli bir zaman diliminde meydana gelen sıcaklık, yağış, rüzgâr, nem ve basınç gibi pek çok faktörden etkilenerek gelişen hava şartlarının ortalamasına 'iklim' denilmektedir. Yaklaşık 20.000 yıllık bir geçmişe sahip olan iklim değişiklikleri, 1860'tan önceki yıllarda ağaç halkaları ve buz kömürü gibi yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemlerle elde edilen veriler zaman içerisinde yaşanan sıcaklık değişimleri dışında, tarihteki insan topluluklarının ekonomisi, kültürel ve sosyal yaşamlarının nasıl şekillendiği hakkında da bilgiler sunmaktadır. Geçmişe ait verilerin kesinliği büyük ölçüde tatmin edici olsada, son buzul döneminin yaşadığı 15.000 yıl öncesine göre sıcaklıkların yaklaşık 20-30 kat daha hızlı artması nedeniyle gelecekle ilgili aynı şeyleri söylemek mümkün değildir.

İklim; güneş, atmosfer, uzay, okyanuslar, buz tabakası ve biyosfer gibi etmenlerle fizik kurallarına bağlı karmaşık bir dinamiğe sahiptir. Bu dinamikle belirlenen uzun vadeli hava modellerinde yaşanan değişimler (doğal ve insan kaynaklı) ise iklim değişikliklerine neden olmaktadır. "Hükümetler Arası İklim Değişikliği" panelinin 2007 yılı verilerine göre; iklim değişimlerine sebep olan insan kaynaklı

*Sorumlu Yazar: polatt.yesim@gmail.com

sebepler doğal sebeplerin 13,3 katı kadardır [1]. Günümüzden yüz yıl öncesini, günümüzü ve yüz yıl sonrasını kapsayan çalışmalar, yaşanan iklim değişikliklerinin küresel ısınma yönünde ilerlediğini ve insan etkisi arttıkça sıcaklıkların da yükseleceğini işaret etmektedir. Günümüzde hızla artmaya devam eden insan nüfusu, sanayi ve sürekli salınmaya devam eden sera gazları (havada bulunan CO₂, CFC, CH₄ vb) gibi etmenler nedeniyle çevrenin savunma mekanizması yaşanacak değişikliklerin altından kalkamayacaktır [2].

İklim değişikliğinin sonuçlarına hazırlıklı olunması ve olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu da ancak iklimde gözlenen değişim eğilimlerinin gelecekte nasıl olacağını tahmin edilmesi ve farklı sistemlere etkilerinin belirlenmesi ile gerçekleştirilebilecektir [3]. Sürdürülebilir kuvvetler, popülasyon, ekonomi, tarım ve enerji gibi faktörler değerlendirilerek küresel ve yerel bazlı temel dört iklim değişikliği senaryo grubu (A1, A2, B1 ve B2) oluşturulmuştur. Özellikle nüfus öngörülerini ile tartışmalı yürütülen çalışmalar sera gazı emisyon senaryolarının belkemiğini oluşturmaktadır. Bu amaçla Japon enerji ekonomisti Yoichi Kaya tarafından geliştirilen Kaya özdeşliği denklemi [CO₂ emisyonları = Nüfus × (Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla/Nüfus) × (Enerji/Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla) × (CO₂/Enerji)] nüfus, ekonomi, politika, enerji açısından bir eşitlik oluşturmaktadır [4]. Oluşan bu denklik kendi içerisinde karbon emisyonu faktörlerini barındırarak her ülkenin sera gazı yaydığına dair yeni bir bakış açısı kazandırmaktadır. Çin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Hindistan ve Rusya gibi bazı ülkelerin ise sera gazı salınımında daha büyük paydaya sahip olduğu bilinmektedir.

İklim değişiklikleri zamanla ciddi sonuçlara neden olabilecek tehditlerle dolu bir süreçtir. Ortaya çıkabilecek riskleri ölçebilmek ise ne yazık ki tam anlamıyla mümkün değildir. Ancak yaşanabilecek her küçük değişimin kelebek etkisi misali kendinden daha büyük sonuçları olabileceği göz ardı edilmemelidir. Tarımsal sulama rejiminde artış, bağışıklık sistemi baskılanan insanlar, turizm ve ticaret amaçlı seyahat sayısında artış gibi değişikliklerin yanı sıra küresel iklim değişiklikleri şüphesiz çeşitli hastalıklara vektörlük yapan eklembacaklıları da etkileyerek daha geniş alanlara yayılmalarına neden olabilir. Dünyanın dar kapsamlı bazı bölgelerinde salgın geçmişi olan bazı sivrisinek türlerinin daha geniş alanlarda sebep olacağı bulaşıcı hastalıkların yaratacağı ortamla, kasırga sonrası oluşabilecek ortamın çok da bir farkı olmayacaktır [5].

2. SİVRİSİNEKLER VE SİVRİSİNEK KAYNAKLI HASTALIKLAR

Sivrisinekler; yumurta, larva, pupa ve ergin olmak üzere dört farklı yaşam evresi geçirirler. Bu canlılar Dang humması, sıtma, Zika ateşi ve Batı Nil ateşi gibi hastalıklar ve etkenlerini dünya üzerinde yayarak yüzbinlerce insanın ölümüne neden olurlar. Yaşamlarının yumurta, larva ve pupa evrelerini su, ergin evresini ise karasal ortamda geçirirler. Diğer birçok artropoddan uzun ve parçalı antenleri, delici ve emme yeteneğine sahip ağız parçaları ve belirgin damarlı kanat yapıları ile ayrılmaktadırlar.

Sivrisinek ergin dişileri su ortamının farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre (gölgeleme, sıcaklık, tuzluluk, kirlilik vb) yumurtalarını bırakacakları yerleri belirlerler. Durgun suyun olduğu hemen hemen her yerde yaşam evrelerini tamamlayabilen bu canlılar dünyanın pek çok bölgesinde önemli salgınlara sebep olmuş ve olmaya da devam etmektedir. Diğer vücut sıcaklığı değişken hayvanlar gibi vektör sivrisineklerde sıcaklığa karşı duyarlıdır ve sıcaklığın ölümcül bir eşiği aşmaması koşuluyla yükselen sıcaklıkların birçok sivrisinek türünün bölgesel dağılımını olumlu veya olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. Özellikle sıcaklık artışı ile bazı bölgelerdeki türlerin metamorfoz süreleri kısalarak, bir yıl içerisinde verdikleri nesil sayısında artış görülmesi beklenmektedir. Bu artış vektör popülasyon yoğunluğunu arttırarak konaklarla olan temas etme olasılığının da artmasına katkıda bulunacaktır. Sivrisineklerin vektörlüğünü yaptığı bazı hastalıklar ve iklim değişikliklerinden etkilenme şekilleri aşağıda verilmiştir.

Dang humması: Dang humması, *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) sivrisineklerinin ısırması sonucu bulaşan, tek sarmallı RNA genomuna ve dört farklı serotipe (DEN 1-4) sahip bir virüsün neden olduğu viral bir hastalıktır. Son 50 yılda virüs taşıyan gezginlerin seyahatleriyle insidansını %30 attırarak en hızlı yayılan vektör kaynaklı hastalık olmuştur [6]. Ateş, baş ağrısı, kas ve eklem ağrıları, kızarıklıklar, bulantı ve kusma semptomlarıyla kendini gösterdiği bilinmektedir. Daha çok kentsel (%70-80) ve yarı kentsel alanlarda görülsede gerçekleşen iklim değişikliğinden etkileneceğinden bu tablonun değişmesi kaçınılmaz olacaktır.

1990 yılı verileri baz alınarak yapılan ve 2085 yılı perspektifinde Dang humması riskini göstermeye çalışan bir araştırmaya göre coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak 1990 yılı Dang humması riski %30 olarak belirlenmiştir (Kara ve deniz sınırında yaşayan nüfusun %5'i hariç). Aynı çalışmanın devamında HADCM2 (Dünya yüzeyini 96x73 taralı alana bölen, 2.5° enlem x 3.75° boylam çözünürlüğünde olmak üzere atmosferi 19, okyanusları 20 tabakada çözümleyen iklim simülasyon modeli) iklim modeline göre dünya genelinde Dang humması riskinin 2085'te %52'ye, CGCMA2 (Dünyayı 3.75° enlem x 3.75° boylam çözünürlüğünde ve atmosferi 10 tabaka çözümleyen, A2 ve B2 senaryolarını birleştiren iklim simülasyonu) iklim modeline göreyse %70'e yükseleceği tahmin edilmektedir [7, 8, 9]

Dang humması ile ilgili yapılan başka bir çalışma ise 1920'li yıllardan sonra ilk kez 2012 yılında yaşanan Dang humması salgını sonrası iklim değişiklikleri ile farkındalık oluşturmak adına yapılmıştır. Çalışmada 10 Avrupa kenti (Madeira, Malaga, Atina, Roma, Nice, Paris, Londra, Amsterdam, Berlin, Stockholm) 1901-1930, 1984-2013 ve 2070-2099 yılları arasında Dang humması riski açısından incelenmiştir. Çalışma sonunda çalışmada yer alan tüm şehirler ve tüm senaryolarda bu enfeksiyonun Avrupa'da tropik ve subtropik bölgelere göre mevsimsellik gösterdiği ortaya çıkmıştır [10].

Sarıhumma: Sarıhumma *Aedes* cinsi sivrisinekler tarafından bulaştırılan RNA genomuna sahip bir virüsün sebep olduğu viral bir hastalıktır. Başlangıçta asemptomatik sonraları ani ateş, baş ağrısı, fotofobi, kusma ve anoreksiya gibi belirtilerle kendini göstermektedir. Afrika ve Güney Amerika'nın tropik bölgeleri başta olmak üzere sahra altı pek çok ülkede görülen bu hastalık, yılda 200.000 olgu ve ortalama 30.000 ölüm ile sonuçlanmaktadır. Orman habitatu, ara canlı ve kent ortamı olmak üzere üçlü bir yayılım döngüsüne sahip hastalık, Asya ve Avustralya kıtalarında hiç görülmemiş olmasına rağmen bu bölgeler de, seyahat ve ticaret gibi sebepler ile risk altındadır. 1970-2009 yılları arası ABD ve Avrupa'dan 9 olgu bildirilmiş ve bunların Güney Amerika ve Batı Afrika'ya seyahat eden aşısız gezginler olduğu belirlenmiştir [11].

Aynı vektör tarafından bulaştırılmalarına rağmen sarıhumma hakkında dang humması kadar epidemiyolojik temelli çalışmalar yapılmamaktadır. Bunun sebebi; 1930'lu yıllarda sarıhummaya karşı aşılama kampanyalarının başlatılıp kentsel anlamda neredeyse tamamen ortadan kaldırılmasıdır. Öyle ki 1960-2005 yılları arasında Afrika'da sadece 110 vaka bildiri yapılmıştır [12]. Ancak aşılamamanın kısıtlı alanlara yetiştirilmesi ve ormanlık alanlara müdahalenin yeterli oranda sağlanamaması sebebi ile hastalığın hala vektör sivrisineklerin olduğu yerlerde ortaya çıkma riski bulunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ-WHO), bu anlamda sarıhumma kontrolünü sağlamak için 2003 yılında risk haritası ve aşılama kampanyası başlatmıştır. Benin, Burkina Faso, Kamerun, Orta Afrika Cumhuriyeti, Fildişi Sahili, Gana, Gine, Liberya, Mali, Nijerya, Senegal, Sierra Leone ve Togo bölgelerinde risk altındaki nüfus ve salgın durumu belirlenerek toplamda 192 milyon insanın aşılınması hedeflenmiştir. Ancak bunlardan sadece 40 milyonuna ulaşılabilmiş ve sayısal anlamda bu rakam rutin bağışıklama için küresel ihtiyacın çok altında kalmıştır. Gelecek yıllarda DSÖ'ye göre salgın durumuyla karşı karşıya kalmamak için aşı finansman kontrolü, üretim kapasitesi, aşı pazarı ve aşı tedarikçileri artırılmalı, daha sağlıklı, ucuz ve kontrollü uygulamalar yapılmalıdır [13].

Chikungunya: Chikungunya, ilk kez Tanzanya’da ortaya çıkan, Asya (1 adet suş) ve Afrika (2 adet suş) olmak üzere 3 farklı suştan oluşan RNA genomuna sahip bir virüsün oluşturduğu viral bir hastalıktır. Genel anlamda *Ae. aegypti* ve *Aedes albopictus* (Skuse, 1895) türü sivrisinekler aracılığıyla bulaşan bu hastalık sık sık Dang humması ile karıştırılmaktadır. Muson yağmurları öncesi dönemlerde kuşlar, maymunlar, kemirgenler ve diğer omurgalıları konak olarak kullandığı bilinmektedir. Muson yağmurlarından sonraki dönemlerde ise uygun üreme şartları ve konak tercihinin insanlara kaymasıyla salgınlar oluşturmaktadır [14]. Chikungunya’yı son yıllarda tekrar gündeme getiren şey 2005-2006 yılları arasında aşırı ısınmış Hint Okyanusu Adaları ve Hindistan’da meydana gelen 1.500.000’den fazla kişinin enfekte olduğu salgın olmuştur. Bu salgının büyüklüğü virüsün daha öldürücü olması ve daha kolay yayılmasıyla ilgili soruları akla getirmiş, bilimsel anlamda çokça merak uyandırmıştır.

Küresel ısınmanın artması ile bazı bölgelerdeki yağış oranlarının artmasının ilişkili olması dünya genelinde bilim insanları arasında ortak bir görüş haline gelmiştir. 2014 yılında Fransa’nın Montpellier kentinde aşırı yağışlara ilişkin yapılan bir çalışmada *Ae. albopictus* sivrisinek türünün yumurta ve ergin evreleri aşırı yağış öncesi ve sonrası olmak üzere 4 hafta boyunca incelenmiştir. Sonuçta yağışlar sonrasında sivrisinek yumurta ve ergin sayılarında çok kısa sürede hızlı artış görülmüştür [15]. 2007 yılında İtalya’da hastalığın ortaya çıkması sonucunda Chikungunya ile ilgili başka bir çalışma daha gerçekleştirilmiştir. Hastalığın sadece tropik bölgelerde görülmediğinin farkına varılması Avrupa açısından hastalığın gidişatının incelenmesini gerektirmiştir. Bu amaçla 1995-2007 yılları arasında literatür taraması yapılarak Chikungunya salgınlarının görüldüğü bölgelerin sıcaklık ortalamaları ve virüsün yayılabilmesi için gereken sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Daha sonra üç zaman aralığı (2011-2040, 2041-2070 ve 2071-2100) ve iki iklim senaryosu (A1B ve B1) için Max Planck Meteoroloji Enstitüsü (MPI-M) tarafından geliştirilen küresel iklim modeli (ECHAM5-0.75° enlem x 0.75° boylam çözünürlüğünde ve 31 katmandan oluşan beşinci nesil atmosferik iklim simülasyon modeli) ve bölgesel iklim modeli COSMO-CLM (Hidrostatik özellikte olmayan amacı dünyanın farklı bölgelerinde küçük ölçekli sonuçlar almak olan 0.5° yatay çözünürlükte ve 32 katmandan oluşan iklim simülasyon modeli) ile tahminler yürütülmüştür. Çalışmaya göre Avrupa’nın sadece güney kısmı 20°C’nin üzerindeki sıcaklıklara çıktığı için diğer bölgeler risk altında değildir. 21.yy’da her iki senaryoda da hemen hemen aynı oranda yayılma göze çarpmaktadır. Avrupa’nın güneyi her iki senaryo modelinde ve tüm yıl aralıklarında diğer bölgelerden daha sıcak görülmektedir [16, 17, 18].

Zika Virüsü: Zika virüsü tek sarmal RNA genomuna sahip bir virüs olup, sivrisinekler (*Ae. aegypti* ve *Ae. albopictus*) tarafından bulaştırılan bir viral hastalık oluşturmaktadır. Konjunktivit, eklem ve kas ağrısı, kızarıklık, ateş semptomları ile seyreden bir enfeksiyon hastalığıdır. Bu hastalık cinsel ilişki, hamilelik ve kan transfüzyonu ile bulaşabilmektedir. Zika virüsü özellikle hamile kadınların çocuklarında göz ve işitme kusurları, büyüme ve gelişme geriliği, bebeklerde ağır zekâ geriliğine yol açan mikrosefali ve Guillain-Barré sendromu gibi semptomlara sebep olduğu için önemi giderek artmaktadır [19, 20]

1947 yılında Uganda’nın Zika Ormanı’nda bir maymundan izole edilen Zika virüsü, 1952 yılında Nijerya’da bir insanda tespit edilene kadar önem arz etmemiştir [21]. 1 Şubat 2016 tarihinde, Afrika dışında salgınların görülmeye başlaması (2007: Yap Mikronezya, 2013-2014: Fransız Polinezyası, Paskalya Adası, Cook Adaları ve Yeni Kaledonya) ve Guillain-Barré sendromunda önemli sayıda artış olması nedeniyle DSÖ tarafından uluslararası tehdit olarak duyurulmuştur [22]. Zika virüsü, hızlı ve kolay transfer edilmesi sebebiyle küresel salgınlar açısından potansiyel risk taşımaktadır.

Öyle ki her yıl yaklaşık 216 milyon insan Zika virüsü’nün bulunduğu bölgelerden ABD’ye seyahat etmektedir. Bu seyahatlerin 34 milyonunun hava, 173 milyonunun kara ve 9 milyonunun deniz ulaşımı ile gerçekleştiği düşünüldüğünde temas alanı ve yayılma riskinin gittikçe arttığı görülmektedir [23]. Nüfus ve iklim hareketlerinden etkilendiği düşünülse de Zika ile ilgili iklimsel değişiklikler ve küresel ısınma temelli yayılanmış epidemiyolojik çalışmalar bulunmamaktadır. Florida Üniversitesi’nde vektör kaynaklı hastalıklar üzerine çalışan Dr. Vittor A’nın Dang humması ve küresel iklim değişikliği ile

ilgili çalışmaları diğer vektör kaynaklı hastalıklar için de yol gösterici niteliktedir. Aynı vektörlere sahip olduklarından Zika ateşi ve Dang humması arasında karşılaştırma yapılabilmesi de bu nedenle mümkündür.

Allen T'nin yaptığı çalışmalarla yaz aylarında Karayipler'de La Nina dönemlerinin Dang humması yayılımında önemli bir rol oynadığı saptanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarında La Nina dönemlerinde Zika virüsü'nün durumu için çalışmalar yapılabileceğinin sinyallerini taşımaktadır. Brezilya'da El Nino ve La Nina (El Niño ve La Niña, Doğu Büyük Okyanus yüzey sularının sıcaklığındaki büyük salınımlar ve bunların yol açtığı atmosferik olayların genel adı olarak kullanılmaktadır) dönemlerinde sivrisineklerin sezon dinamiklerinin yüksek olduğu zamanlarda Zika virüsü ve vektörü *Ae. aegypti*'nin yayılımlarının karşılaştırılabileceği kanısına varılmıştır. Son yıllarda yapılan araştırmalar Zika virüsünün New York şehrine kadar yayılıp mevsimsel olarak bulaşabileceğini düşündürmektedir [20, 24].

Batı Nil Virüsü: BNV, tek sarmal RNA genomuna sahip bir virüs olup, *Culex* cinsi sivrisinekler tarafından bulaştırılan bir hastalığa yol açmaktadır. Afrika, Asya, Avrupa ve Avustralya olarak dört farklı suş yapısına sahip olsa da bu suşların hepsinin Ortadoğu kökenli olduğu bilinmektedir. Ana vektörü sivrisinekler olan BNV, kesin konak olarak kuşları, ara konak olarak ise insanlar ve atlar başta olmak üzere diğer memelileri tercih etmektedir. İlk kez 1937 yılında Uganda'da rapor edildikten sonra İsrail, Fransa, Rusya, Güney Afrika, Beyaz Rusya ve Ukrayna'da da büyük salgınlar meydana getirmiştir. Ayrıca Azerbaycan, Orta Afrika Cumhuriyeti, Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Mısır, Etiyopya, Hindistan, Madagaskar, Nijerya, Pakistan, Senegal, Sudan ve birçok Avrupa ülkesinde de BNV salgınları gözlenmiştir [25]. Vektörler ve patojenler üreme, hayatta kalma, habitatların uygunluğu ve bolluğu gibi faktörler sebebiyle epidemiyolojilerini etkileyen önemli bir çevresel güç olan iklim koşullarına bağlıdır [26]. İklimsel her türlü değişimin hastalığın hacmi ve yayılış hızına etki edeceği bilinen bir gerçektir. İklimsel değişiklikler ve Batı Nil virüsü hastalığının yayılış hacmiyle ilgili yapılan çalışmalardan birinde 30° Kuzey-60° Kuzey ve 10° Batı-55° Doğu sınırları arasındaki coğrafi bölgenin 2014 yılı temmuz ayı sıcaklık anomalileri incelenmiştir. Daha sonra belirlenen bu coğrafi alanın 1980-1999 yılları arası kaydedilen sıcaklık anomalileri araştırılmıştır. CCSM3 iklim modeline (Atmosfer, okyanus, deniz buzu ve kara yüzeyini temsil eden, iklim değişiklikleri ile ilgili geniş mekânsal çözünürlük sağlayan simülasyon programı) göre A1B iklim senaryosuyla (Düşük nüfus artışı, hızlı teknolojik gelişmeler ve orta düzeyde enerji kullanımı vb) 2025 ve 2050 yıllarında BNV açısından neler olabileceğinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuçlar, özellikle hastalığın yayılabileceği alanların sınır bölgelerinde, BNV enfeksiyonlarının görülme ve yayılma olasılığının yüksek olduğunu göstermiştir. 2025 yılında 2014'e göre 268 ilçenin eklenmesi ve toplamda 81 bölgede BNV olması beklenirken, 2050'de 405 ilçenin eklenmesi ve toplamda 147 bölgede BNV görülmesi beklenmektedir [27, 28].

Sıtma: Dünyada vektör kaynaklı hastalıklar arasında en fazla ölüme sebebiyet vereni sıtma hastalığıdır. Sıtmaya *Anopheles* cinsi dişi sivrisinekler tarafından bulaştırılan *Plasmodium* (*P. vivax*, *P. falciparum*, *P. ovale*, *P. malariae* ve *P. knowlesi*) cinsinde yer alan hücre içi parazitler sebep olmaktadır. Daha çok beş yaş altı çocuklar ve hamilelerde ölüme neden olduğu bilirse de ishal, kızamık, yetersiz beslenme ve zatürre ile birlikte görüldüğü takdirde diğer gruplardaki hastaların %70'inde de ölümler meydana getirmektedir. Dünya üzerinde %90'ı sahra altı bölgelerde görülen sıtma Asya, Latin Amerika, Ortadoğu, Doğu Avrupa ve Hindistan'da da önemli salgınlar oluşturmuştur. Özellikle farkındalığın düşük olduğu ve sağlık sistemlerinin yetersiz olduğu nemli ve sıcak iklime sahip toplumlarda rahatlıkla çoğalma imkânı bulmaktadır. Sıtmanın günümüzde büyük ölçüde kontrol altına alındığı bilinmektedir. Ancak değişen iklim şartları, iç savaş ve doğal felaketler ile parazitlere maruz kalan mülteciler ve taşıyıcı insanlar aracılığıyla salgın oluşturma riskini her zaman taşımaktadır [29]. Tüm bunlarla birlikte hastalığın geçmişi de düşünüldüğünde (Örneğin; Mezopotamya, Eti ve Eski Yunan gibi uygarlıkların çökmesine neden olmuştur) salgınların büyüklüğü ve tehlikesi bilim insanlarını korkutmaya yetmektedir [30]. Sıtma ile ilgili güncel araştırma

konularından birisi de iklim değişikliğidir. İklim değişikliği ve sıtma ile ilgili yapılan bir çalışmaya göre Çin’de dominant olarak bulunan dört *Anopheles* cinsi sivrisinek türü (*An. dirus*, *An. minimus*, *An. lesteri* ve *An. sinensis*) farklı emisyon senaryoları kullanılarak üç farklı iklim simülasyon modeli ile incelenmiştir (BCC-CSM1-1; Atmosfer, kara yüzeyi, okyanus ve deniz buzu bileşenlerini momentum, interaktif bitki örtüsü, enerji, su ve karbon döngüleri açısından her 20 dakikada bir güncelleyen küresel iklim simülasyon modeli, CCCma CanESM2; Küresel değişikliğin en fazla kutup bölgelerinde olacağı görüşüne dayanarak oluşturulan arktik sıcaklık anomalilerine dayanarak oluşturulan iklim simülasyonu, CSIRO-Mk3.6.0; 1.9° enlem x 1.9° boylam yatay çözünürlüğünde, 18 atmosfer ve 30 okyanus katmanından oluşan, asıl hedefi okyanus çözünürlüğünü arttırmak olan tropikal ve ekstra tropikal mevsimsel değişiklikleri taklit eden iklim simülasyon modeli). Çalışmada 2030 ve 2050 yılları için hastalığın görülebileceği bölgelerin durumu (yayılış alanının genişlemesi veya daralması) üzerinde durulmuştur. Çalışma sonucunda *An. minimus* hariç diğer sivrisinek türleri yayılımlarını arttırmış ve *An. lesteri* tüm emisyon senaryolarında en büyük artış yüzdesini göstermiştir [31, 32, 33, 34].

3. TÜRKİYE’DE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE VEKTÖR KAYNAKLI HASTALIKLARIN GELECEĞİ

18. ve 19. yüzyılda ortaya çıkan ve dünyayı küresel anlamda sarsan gelişmeler Türkiye’yi de etkilemiş, endüstriyel devrim ve artan insan nüfusu iklimsel değişiklikler için temel oluşturmuştur. 20. yüzyılda meydana gelen iki dünya savaşı, hayvan ve bitkilerin yaşam alanlarını korkunç derecede tahrip etmiştir. Sanayi ile birlikte gelişmiş ülkeler dünyanın sahip olduğu döngüyü yavaş yavaş değiştirmiş ve günümüzde kutuplardan ekvatora kadar her bölgede hissedilen iklim değişikliklerine neden olmuşlardır [35]. Günümüzde yağışların azalması, sıcaklık dalgalanmaları, verimsiz topraklar, mahsul kaybı, biyoçeşitlilikte azalma ve orman yangınları gibi tehlikeli sonuçlarla kendini gösteren iklimsel değişiklikler pek çok ülke için olduğu gibi ülkemiz için de yıkıcı sonuçlar doğuracaktır. Önümüzdeki 20-50 yıl içerisinde Akdeniz Havzası’nda yer alan Türkiye için beklenen ortalama 2°C’lik sıcaklık artışı ve kuraklık, 2030’dan sonra Ege, Marmara ve Akdeniz’de yaşanması beklenen su kıtlığı, orman tahribatı sonucu artacak olan yıldırım düşme ihtimali, tarım ürünlerinde azalma, yaban hayatı ve balık türlerinde ortaya çıkacağı düşünülen kayıplar şu an bile tehlikeli öngörüler arasında yer almaktadır. DSÖ’nün 2002 yılı anket verilerine göre 87 ülke arasında kuraklıkta 74. ve su kıtlığı açısından yine 87 ülke arasında 69. sırada yer almamız tehlikenin aslında çok da uzakta olmadığını bir göstergesidir [36].

Farklı coğrafi bölgelerde yaşanan farklı iklim yapılarını bünyesinde bulunduran Türkiye için iklim değişikliklerinin etkisi sadece bunlarla sınırlı kalmayacak, vektörler ve bulaştırdıkları hastalıklarda yaşam kalitesi açısından tehlikeli bir ortam meydana getirecektir. Keneler tarafından bulaştırılan Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi hastalığının son yıllarda epidemiler yapmaya başlaması, Zika virüsü’ne vektörlük yapan sivrisinek *Ae. albopictus*’un Trakya ve Doğu Karadeniz Bölgesi’nde yerleşik olarak tespit edilmesi, İzmir, Adana ve Ankara’da kum sineklerinin taşıdığı virüsler nedeniyle salgınlar görülmeye başlanması, sıtma vektörü olan *Anopheles* cinsi sivrisineklerin Türkiye’nin iç ve dış göç alan nüfus hareketliliğinin olduğu bölgelerde yer alması ve ilk vaka bildirimini 2010 yılında yapılan ve sonraki yıllarda pek çok şehirde BNV görülmesi, var olan ve olabilecek riski gözler önüne sermektedir [5, 20, 37, 38, 39].

4. SONUÇ

Sonuç olarak mevsimsel hava değişimleri, sosyoekonomik durumlar, vektör kontrol programları, çevresel değişiklikler, insektisit direnci, iklim değişiklikleri gibi pek çok faktör vektör canlıları ve vektör kaynaklı hastalıkların epidemiyolojilerini etkilemektedir. Bu faktörlerin kısa vadede salgınları, uzun vadede ise kademeli olarak farklı hastalıkları gündeme getireceği bilinmektedir [40]. Hâlihazırda zaten vektör kaynaklı hastalıkların küresel hastalık yüküne katkı sağladığı, tıpta ve tedavide ortaya

çıkan küresel ilerlemeleri baltaladığı bilinmektedir. Bilim insanları tüm bu engelleyici faktörlere rağmen vektör kaynaklı spesifik hastalıklar ve iklim değişiklikleri konusunda çalışmalar gerçekleştirmektedir [41]. İklim değişikliği ile yapılan çeşitli çalışmaların sonuçları küresel anlamda sıcaklık artışının görüleceğini ifade etmektedir. Yapılan pek çok çalışma küresel ısınmanın vektör canlıların ve patojenlerinin yayılımını, sezon uzunluğunu, üreme potansiyelini ve sıklığını arttıracakını göstermektedir. Bunun için bir taraftan çevreye duyarlı insektisitler ve alternatif yaklaşımlar üzerine araştırmalar yaparak entegre mücadele stratejileri belirlenirken bir taraftan da sürdürülebilir enerji kaynakları tercih edilmeli ve geliştirilmelidir. Ayrıca yeterli/kaliteli eğitim görmüş personellerin yetiştirilmesi, hastalık önleme ve halk sağlığı ile ilgili akademik kurulların oluşturularak ilgili politikaların geliştirilmesi ve son olarak da kent merkezlerinde artan nüfus baskısına karşı çevreyle uyumlu yaklaşımların uygulanmaya başlanması sağlanmalıdır [42].

KAYNAKÇA

- [1] Scafetta N. Climate change and its causes a discussion about some key issues. *La Chimica e l'Industria* 2010; 1: 70-75.
- [2] Çelik S, Bacanlı H, Görgeç H. Küresel iklim değişikliği ve insan sağlığına etkileri. *Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü* 2008; 1: 31.
- [3] Meteoroloji Genel Müdürlüğü (DMİ). İklim değişikliği. Ankara, Türkiye: Meteoroloji Genel Müdürlüğü; 2017. (<https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?k=B>)
- [4] Wang Z, Jing D, Lu Z. Decomposition of factors impact on carbon emission for china based on LMDI. *International Journal Of Nonlinear Science* 2011; 12: 80-85.
- [5] Özbilgin A. İklim değişikliği ile ilişkili vektör kaynaklı hastalıklar. In: II. Ulusal Vektör Mücadelesi Sempozyumu; 06-09 Kasım 2014; Antalya, Türkiye. Manisa, TR: pp 16-17.
- [6] World Health Organization (WHO). Dengue guedilines for diagnosis, treatment, prevention and control. Geneva, Switzerland: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2009.
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Cange (IPCC). HadCM2 Model. Geneva, Switzerland: 2011. (http://www.ipcc-data.org/is92/hadcm2_info.html)
- [8] Loukas A, Zagoriti K, Mylopoylos N, Vasiliades L, Sidiropoulos P. Lake karla aquifer's response to climate variability and change and human intervention. In: CEST 2013 Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Science and Technology; 5-7 September 2013; Athens, Greece. pp. 21.
- [9] Hales S, Wet N, Maindonald J, Woodward A. Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever : an empirical model. *The Lancet* 2002; 360: 830-834.
- [10] Liu-Helmersson J, Quam M, Wilder-Smith A, Stenlund H, Ebi K, Massad E, Rocklöv J. Climate change and *Aedes* vectors: 21st century projections for dengue transmission in europe. *EBioMedicine* 2016; 7: 267-277.
- [11] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Yellow fever vaccine recommendations of the advisory committee on immunization practices (ACIP). *Recommendations and Reports* 2010; 59: 1-27.
- [12] Rogers DJ, Wilson AJ, Hay SI, Graham AJ. The global distribution of yellow fever and dengue. *Advances in Parasitology* 2006; 62: 181-220.

- [13] World Health Organization (WHO) and United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). Yellow fever initiative providing an opportunity of a lifetime. World Health Organization 2010; 1: 1-4.
- [14] World Health Organization (WHO). Guidelines on clinical management of chikungunya fever. World Health Organization 2008; 1: 1-26.
- [15] Roiz D, Boussès P, Simard F, Paupy C. Autochthonous chikungunya transmission and extreme climate events in southern France. PLOS Neglected Tropical Diseases 2015; 10: 1-8.
- [16] Roecker E, Bäuml G, Bonaventura L, Brokopf R, Esch M, Giorgetta M, Hagemann S, Kirchner I, Kornblüeh L, Manzini E, Rhodin A, Schlese U, Schulzweida U, Tompkins A. The atmospheric general circulation model ECHAM5 part1. Max Planck Institute For Meteorology; 2003; 349: 1-140.
- [17] Bergemann M, Sommerfeld A, Prömmel K, Cubasch U. Tectonic forcing in East Africa and its impact on regional climate. 3rd International Conference On Earth System Modelling; 17–21 September 2012; Hamburg, Germany. Berlin, Germany: Freie Universität. pp 11.
- [18] Fischer D, Thomas SM, E Suk J, Sudre B, Hess A, B Tjaden N, Beierkuhnlein C, Semenza J. Climate change effects on chikungunya transmission in Europe: geospatial analysis of vector's climatic suitability and virus' temperature requirements. International Journal of Health Geographics 2013; 12: 51.
- [19] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Zika: the basics of the virus and how to protect against it. U.S. Department Of Health And Human Services 2016; 1: 2.
- [20] Demirci B, Akıner M, Bedir H, Çoruh Ö, Öztürk M, Vatanser Z, Robert V, Schaffner F. Türkiye'deki potansiyel zika virüsü alanları ve vektör türlerle mücadele stratejileri. In: III. Ulusal Vektör Mücadelesi Sempozyumu; 10-13 Kasım 2016; Antalya, Türkiye. Kars TR, Rize TR, Montpellier FR: pp 37-38.
- [21] Singh RK, Dhama K, Malik YS, Ramakrishnan MA, Karthik K, Tiwari R, Saurabh S, Sachan S, Joshi SK. Zika virus –emergence, evolution, pathology, diagnosis, and control: current global scenario and future perspectives– a comprehensive review. Veterinary Quarterly 2016; 36: 150-175.
- [22] World Health Organization (WHO). The history of Zika virus. (<http://www.who.int/emergencies/zika-virus/timeline/en/>).
- [23] Fauci AS. Zika virus: a pandemic in progress. Advisory committee to the director; 10 June 2016; Bethesda, Maryland. National Institutes of: NIH. pp. 40.
- [24] Kahn B. What you need to know about Zika and climate change. Climate Central 2016; 1: 1. (<http://www.climatecentral.org/news/zika-virus-climate-change-19970>)
- [25] Ozdenerol E, Taff GN, Akkuş C. Exploring the spatio-temporal dynamics of reservoir hosts, vectors, and human hosts of West Nile virus: a review of the recent literature. International Journal of Environmental Research and Public Health 2013; 10: 5399-5432.
- [26] Paz S. Climate change impacts on West Nile virus transmission in a global context. The Royal Society 2015; 370: 1-11.
- [27] Collins WD, Bitz CM, Blackmon ML, Bonan GB, Bretherton CS, Carton JA, Chang P, Doney SC, Hack JJ, Henderson TB, Kiehl JT, Large WG, Mckenna DS, Santer BD, Smith RD. The

- community climate system model version 3 (ccsm3). *Journal of Climate* 2005; 19: 2122- 2143.
- [28] Semenza JC, Tran A, Espinosa L, Sudre B, Domanovic D, Paz S. Climate change projections of West Nile virus infections in Europe: Implications for Blood Safety Practices. *Environmental Health* 2016; 15: 126-171.
- [29] World Health Organization (WHO) and United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). Promoting rational use of drugs and correct case management in basic health services. *The Prescriber*; 2000; 18: 1-16.
- [30] Dayan S. Enfeksiyon Hastalıkları ve Malarya. *Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi* 2007; 1: 1-8.
- [31] Beijing Climate Center (BCC). BCC_CSM 1.1 Climate system model. Beijing climate center. Beijing, China: 2012.(<http://forecast.bccsm.ncc-cma.net/web/channel-43.htm>)
- [32] Chylek P, Li J, Dubey MK, Wang M, Lesins G. Observed and model simulated 20th century Arctic temperature variability: Canadian Earth System Model CanESM2. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 2011; 11: 22893- 22907.
- [33] Colliera MA, Jeffreyb SJ, rotstayna LD, Wongb KK-H, Dravitzkia SM, Moesenederc C, hamalainenb C, Syktusb JI, Suppiaha R, Antonyd J, El Zeind A, Atifd M. The CSIRO-Mk3.6.0 atmosphere-ocean gcm: participation in cmip5 and data publication. In: 19th International Congress on Modelling and Simulation; 12–16 December 2011; Perth, Australia. Aspendale Victoria, Dutton Park Queensland, Australian Capital Territory: MODSIM. pp 2691- 2697.
- [34] Ren Z, Wang D, Ma A, Hwang J, Bennett A, Sturrock HJW, Fan J, Zhang W, Yang D, feng X, Xia Z, Zhou XN, Wang J. Predicting malaria vector distribution under climate change scenarios in China: Challenges for malaria elimination. *Scientific Reports*; 6: 1-13.
- [35] Demir A. Sürdürülebilir gelişmede yükselen değer; biyolojik çeşitlilik açısından Türkiye değerlendirmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2012; 24: 67-74.
- [36] Bağdatlı MC, Bellitürk K. Negative effects of climate change in Turkey. *Advances in Plants and Agriculture Research* 2016; 3: 1-3.
- [37] Özbel Y. Kum sinekleri ve phlebovirus enfeksiyonları (tatarcık humması). In. III. Ulusal Vektör Mücadelesi Sempozyumu; 10-13 Kasım 2016; Antalya, Türkiye. pp 39-40.
- [38] Balcıoğlu C. Savaş ve göçler gerçeğinde Türkiye’de sıtmanın durumu. In. III. Ulusal Vektör Mücadelesi Sempozyumu; 10-13 Kasım 2016; Antalya, Türkiye. pp 42-43.
- [39] Topluoğlu S, Aydın E, Kaya FŞ, Torunoğlu MA. Türkiye’de vektör kaynaklı hastalıkların Epidemiyolojisi ve Mücadelesi. In. I. Ulusal Vektör Mücadelesi Sempozyumu; 8-10 Mart 2013; Antalya, Türkiye. pp 18-22.
- [40] Githeko AK, Lindsay SW, Confalonieri UE, Patz JA. Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. *Environment and Health* 2000; 78: 1136-1147.
- [41] Campbell-Lendrum D, Manga L, Bagayoko M, Sommerfeld J. Climate change and vector-borne diseases : what are the implications for public health research and policy? Published by the Royal Society; 8: 1-8.
- [42] Gubler D J. Resurgent vector-borne diseases as a global health problem. *Emerging Infectious Diseases* 1998; 4: 442-450.