




| | |
|--|--|
| Review Article | <h2 style="margin: 0;">Possible Effects of Climate Change on Bats</h2> <h3 style="margin: 0;">İklim Değişikliğinin Yarasalar Üzerine Olası Etkileri</h3> |
| <p style="margin: 0;">Submission Date 28 / 07 / 2022</p> <p style="margin: 0;">Admission Date 04 / 09 / 2022</p> | <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  <p style="margin: 0;">Mina Cansu Karaer¹</p> <p style="margin: 0;">Tarkan Yorulmaz²</p> <p style="margin: 0;">Çağatay Tavşanoğlu³</p> </div> |
|  | <p style="font-size: small;">Karaer, M.C., Yorulmaz T., Tavşanoğlu Ç. (2022). Possible Effects of Climate Change on Bats. <i>Journal of Environmental and Natural Studies</i>, 4 (2), 174-189. https://doi.org/10.53472/jenas.1149503</p> |
|  <p style="font-size: x-small; margin: 0;">How to Cite:</p> | |

ABSTRACT:

As one of our era's most important environmental problems, climate change has negative effects on species, communities, and ecosystems. Bats have a wide distribution throughout Earth and significant roles in several ecosystem processes but they are also among organisms that will be negatively affected by climate change. In this study, possible effects of climate change on bats were revealed by reviewing observational, experimental, and modeling studies conducted in various biomes and geographies worldwide. In those studies, results on distribution, abundance, physiology, phenology, habitats, interactions with other species, foraging activity, and pathogen distribution efficiency of bat species were obtained. Available data suggest that responses of bat populations to climate change are complex, and generalizing is difficult due to species-specific responses. This review shows that our knowledge of the responses of bats to climate change is limited. More research is required on the response of bats to climate change, especially at the species level, in bats with different climatic requirements in different biogeographic regions.

KEYWORDS: *Ecology, Mammals, Bats, Global Warming, Climate change*

Öz:

Çağımızın en önemli çevre sorunları arasında yer alan iklim değişikliği, türler, komüniteler ve ekosistemler üzerinde önemli olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Dünyada geniş yayılış gösteren ve ekosistemlerin işleyişinde önemli rollere sahip olan yarasalar, iklim değişikliğinden önemli ölçüde etkilenen canlılar arasındadır. Bu çalışmada, iklim değişikliğinin yarasalar üzerindeki olası etkileri, dünyanın farklı biyom ve coğrafyalarında gerçekleştirilen gözlemsel, deneysel ve modelleme odaklı çalışmaların derlenerek ortaya konmuştur. Bu çalışmalarda, yarasa türlerinin alansal yayılımı, bolluğu, fizyolojisi, fenolojisi, habitatları, diğer türlerle olan etkileşimleri, yiyecek arama aktivitesi ve patojen yayma etkinliği üzerine iklim değişikliğinin etkileri olduğuna ilişkin bulgular elde edilmiştir. Mevcut veriler, yarasa popülasyonlarının iklim değişikliğine karşı verdiği tepkilerin karmaşık olduğunu ve türe özgü tepkiler nedeniyle genelleme yapmanın zor olduğunu göstermektedir. Bu derleme çalışması, yarasaların iklim değişikliğine verdiği ve vereceği tepkiler hakkında sahip olduğumuz bilgilerin sınırlı olduğunu göstermiştir. Farklı biyocoğrafi bölgelerde yayılım gösteren ve farklı iklimsel gereksinimleri olan yarasaların iklim değişikliğine tepkilerinin özellikle tür seviyesinde daha çok araştırılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Ekoloji, Memeliler, Yarasalar, Küresel Isınma, İklim Değişikliği*

¹ **Corresponding Author:** Çankırı Karatekin Üniversitesi Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu Ormanlık Bölümü, mckaraer@karatekin.edu.tr, Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü Ekoloji Anabilim Dalı Doktora Öğr., minacansukaraer@hacettepe.edu.tr ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5765-4860>

² Çankırı Karatekin Üniversitesi Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu Ormanlık Bölümü, tyorulmaz@karatekin.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9033-7162>

³ Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü, ctavsan@hacettepe.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4447-6492>

GİRİŞ:

Günümüzde insan faaliyetlerin sonucu olarak atmosferde artan sera gazları nedeniyle Yerkürede küresel seviyede bir ısınma ve iklim değişiklikleri gerçekleşmektedir (Knutti vd., 2016). Bu sera gazı artışının, dolayısıyla insan kaynaklı iklim değişikliğinin en önemli sebepleri arasında fosil yakıtların kullanımının, ormansızlaşmanın ve konvansiyonel tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin artması yer almaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC) yer alan binlerce araştırmacı, atmosferdeki güvenli CO₂ ve sera gazı emisyonlarının eğer gerekli önlemler alınmaz ve sera gazı salınımı devam ederse “güvenli” sera gazı miktarının 21. yüzyılın sonunda aşılmış olacağını belirtmiştir (IPCC, 2013). Kuraklık, kıtlık, göç, savaş ve türlerin yok oluşu gibi ciddi sorunların ortaya çıkmasının başlangıcı olarak kabul edilen sıcaklığın 2 °C'lik artışı bugünden çok uzak görünmemektedir. Şu an atmosferdeki sera gazı emisyonları ve CO₂ miktarına bakılarak yerküre sıcaklığının 2 °C'lik sıcaklık artışının üzerine çıkma ihtimalinin yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Küresel sıcaklıkların günümüzdeki hızıyla artması durumunda, Yerkürenin 65 milyon yıldır gerçekleşmemiş büyüklükte bir tür yok oluşuna sürüklenebileceği ileri sürülmüştür (Barnosky vd., 2011). İklim değişikliği, sadece ekosistemleri ve canlı organizmaları değil, aynı zamanda insan toplumlarının sosyal ve ekonomik yapısını da olumsuz olarak etkilemektedir (Kelley vd., 2015). İklim değişikliğinden kaynaklanacak sorunlar, özellikle gelişmekte olan ülkeleri ve dezavantajlı insan topluluklarını daha çok etkileyecektir (Whitmarsh, 2008). Sera gazı salınımı engelleyecek önlemler alınmadığı taktirde, iklimde meydana gelen değişimin ve aşırı hava olaylarının şiddetinin artarak devam etmesi beklenmektedir (Sueur vd., 2019). Dolayısıyla, iklim değişikliği ekosistemler ve biyolojik çeşitlilik için küresel olarak ciddi bir tehdittir (Weiskopf vd., 2020)

İklim, birçok hastalığın durumu, yayılım hızı, coğrafi dağılımı, bulaşım süreci, morbidite ve oluşturduğu mortalite gibi özelliklerini etkileyen pek çok faktörden biridir. İklim değişikliğinin insan sağlığı ve hayvan sağlığı üzerinde çok büyük olumsuz etkisinin olması beklenmektedir (Lacetera, 2019). İklim değişikliği, bulaşıcı hastalıkların küresel olarak yayılması üzerinde doğrudan ve dolaylı bir etkiye sahip olabilir. İnsanlara olduğu kadar evcil yaşama ve yaban hayatına da zarar verebilecek yeni ortam koşullarının gelişimine sebebiyet verebilir. İklim koşulları, vektör kaynaklı hastalıkların yayılmasında ve görülme sıklığında öncü rol oynamaktadır (Haile, 2020).

İklim değişikliği pek çok türü tehdit etmektedir (Bradshaw ve Holzapfel, 2006). Organizmaların birbirleri ile etkileşim şeklini değiştirerek, ekosistem dinamiklerinin üzerine etkisi olduğu da düşünülmektedir (Weiskopf vd., 2020). Değişen iklim koşullarının bitkiler, böcekler, kuşlar ve memeliler dâhil olmak üzere karasal ekosistemlerde yaşayan canlıların yayılımını ve bolluğunu etkilemesi beklenmektedir (Pecl vd., 2017). Aynı zamanda türlerin tercih ettikleri habitatları etkilemesi, dağılım alanlarının değişmesi beklenmektedir (Hellmann vd., 2010; Hoffmann ve Sgrò, 2011; Radchuk vd., 2019). Türlerin yeni koşullara tepkileri, her türün iklimsel toleransına ve etkileşim içinde oldukları diğer türlerin bu değişikliklere vereceği cevaba göre değişmektedir (Hellmann vd., 2010; Hoffmann ve Sgrò, 2011) Özellikle karasal ekosistemlerdeki bitkilerde meydana gelebilecek değişiklikler, hayvanların bolluğundaki değişikliklere, istilacı türlerin bolluk ve dağılımındaki farklılıklara, yeni veya daha yoğun orman yönetimi stratejilerine veya tehdit altındaki türlerin değişmesine neden olabilmektedir (Hellmann vd., 2010; Schindler vd., 2015).

İklim değişikliği, insanların sağlığından ekolojik sistemlerin sürdürülebilirliğine kadar birçok olguyu olumsuz yönde değiştirmektedir. En belirgin olarak küresel sıcaklıkların yükselmesi ile kendini göstermekte olan iklim değişikliğinin, insanların sahip olduğu beslenme ve yaşama alışkanlıklarını da değiştirme potansiyeline sahiptir. Bunun yanında, doğal ekosistemlerin ve biyolojik çeşitliliğin de iklim değişikliğinden olumsuz yönde etkileneceği öngörülmektedir. İklim değişikliğinin doğal ekosistemler üzerindeki etkilerinin anlaşılması için, ekosistemlerin farklı trofik seviyelerinde yer alan yaban hayvanlarının izlenmesi önemli bir araç olarak kullanılabilir.

Bu derlemenin amacı; son 20 yılda dünya gündemini giderek artan bir şekilde meşgul eden iklim değişikliğinin yarasalar üzerine etkisini konu alan çalışmalarını bir araya getirmektir. Ekosistemde kilittası türler olarak önemli fonksiyonlara sahip olan yarasaların iklim değişikliğine karşı olan cevaplarının bilinmesi, hassas ve kırılgan ekosistemlerimizi iklim değişikliğinin etkilerinden korumada ve direncini arttırmada yol gösterici olacaktır.

1. İklim Değişikliğinin Yaban Hayatı Üzerine Etkileri

İklim değişikliğinin ekosistemleri ve çoğu organizmayı etkilediği bilinmektedir. Ancak bunun yanında yaban hayatına olan etkisi de azımsanmayacak derecede önemlidir. Etkileri küresel olarak yaygın da olsa görülen bütün etkiler aynı değildir. İklim değişikliğinin yaban hayatına olan potansiyel etkileri çok yönlüdür ve farklı düzeylerde ele alınmalıdır (Milligan vd., 2009). Doğada işlemekte olan karmaşık süreçler nedeniyle ve iklim değişikliğinden etkilendiğini varsaydığımız bir canlı özelliğinin başka faktörler tarafından da aynı anda etkileneceği söz konusu olduğundan, iklim değişikliğinin yaban hayatı ve ekosistem düzeyindeki etkilerini anlamak her zaman kolay değildir. İklim değişikliği sonuçlarının daha anlaşılabilir olabilmesi adına bütüncü yaklaşım gerekmektedir (Milligan vd., 2009).

İklim değişikliğinin olası etkilerinin tüketicileri nasıl etkileyeceği genellikle bağlı oldukları üreticilerin iklim değişikliğinin getireceği etkilere vereceği olası tepkiler üzerinden yorumlanmıştır. Uzun yıllar süren araştırma sonucunda daha fazla CO₂ barındıran ortamda

bulunan bitki üzerinden beslenecek yaprak kemiren böceklerin sayısının daha az olduğu, çünkü artan CO₂'nin bitkilerin azot konsantrasyonlarını düşürdüğü ve aynı zamanda tanenler ile diğer fenollü ikincil bileşenleri artırdığı saptanmıştır. CO₂ seviyesindeki bu artışın devam etmesi ile üzerinden beslenen böceklerin vereceği tepki henüz anlaşılabilir değildir. İklim değişikliğinin böceklerin kuluçka zamanında bazı aksamalara yol açabileceği düşünülmektedir (Van Asch vd., 2007). Bazı böcek türlerinde ilkbahar sıcaklıkları ortaya çıkmalarında en önemli etken olarak bilinmektedir. Bu türlerin larvalarının ortaya çıkma zamanı ile besini olan bitki arasındaki uyumsuzluk türün hayatta kalma başarısı ve büyümesini düşürecektir. Bu durum daha üst trofik seviyeleri de zincirleme olarak etkileyecektir

Organizmaların çevrelerinde meydana gelen değişiklikler ile baş etme yolları arasında davranış ya da morfolojilerindeki değişimler de yer almaktadır. İklim değişikliğine karşı ortaya çıkan davranışsal tepkiler, sıcaklık değişimlerinden kaynaklanabilir ve tür veya popülasyon düzeyindeki değişikliklerden de önce ortaya çıkabilir (Beever vd., 2017). Örneğin, göçmen kuşların bazı popülasyonları hızla değişen ilkbahar koşullarına ayak uydurarak varış noktalarına olması gereken zamanda ulaşabildikleri gibi bazı göçmen kuş popülasyonları ise bu davranışsal değişimlere ayak uyduramamaktadır (Van Buskirk vd., 2012). İklim değişikliği nedeniyle meydana gelebilecek morfolojik değişikliklere ise vücut büyüklüğündeki değişimler örnek olarak verilebilir. Örneğin; artan yaz sıcakları, Kuzey Amerika göçmen kuşlarının vücut büyüklüğünün azalması ve kanat uzunluğunun artması ile ilişkilendirilmiştir (Weeks vd., 2020). Ektoterm canlılarda ise daha yüksek sıcaklıklar daha hızlı büyümeye yol açabilir ancak bu durum nihayetinde daha küçük boyutlu olmaya sebep olmaktadır (Sibly ve Atkinson, 1994).

Sucul ekosistemlerde sıcaklık, parazitlerin yaşam döngülerini en önce etkileyecek faktörlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Sıcaklığın artması en karmaşık yaşam döngüsüne sahip parazitlerde bile yaşam döngülerini tamamlama hızını artırıcı etkilere neden olmaktadır (Marcogliese, 2001) Bunlara ek olarak, konağın beslenmesinde ve davranışında, konakçı olarak seçebileceği canlı çeşitliliğinde ve ekolojisinde rol oynamasının yanında, balıklarda konakçı direncinde de önemli rol oynamaktadır. Bu bilgiler ışığında iklim değişikliğinin sucul ekosistemlerde sebep olacağı değişimler devamında farklı olayları da getireceği öngörülmektedir. Bu değişimler ekosistemlerin yapısını ve işlevini değiştirerek, sucul diğer canlı türlerinin etkilenmesine ve dolayısıyla sosyo-ekonomik açıdan da kaçınılmaz sonuçların oluşmasına sebebiyet vermektedir (Marcogliese, 2001)

Değişen iklim koşullarının bir sonucu olarak deniz sularındaki artan CO₂ konsantrasyonu, deniz suyunun asitleşmesine sebep olmaktadır (Wingenter vd., 2007). Okyanus sularının pH dengesinde meydana gelen değişimler, deniz balıkları, eklembacaklılar ve deniz memelileri için yayılım alanı değişimlerine neden olmaktadır (Clements ve Kotalik, 2016; Mecklenburg vd., 2016). Deniz memelilerinin iklim değişikliğine verdiği tepkilerin öncelikle av dağılımı ve bolluğundaki değişiklikler aracılığıyla gerçekleşeceği ve buna adapte olabilen türlerin iklim değişikliğine bir dereceye kadar uyum sağlayabileceği düşünülmektedir (Simmonds ve Isaac, 2007). Yapılan çalışmalar, sınırlı habitata sahip olan deniz memelilerinin iklim değişikliğinin etkilerine karşı daha savunmasız olabileceğini göstermiştir (Simmonds ve Isaac, 2007).

Deniz buzundaki azalmalar ve deniz buzu habitat bağlantısının kaybı bazı av avcı etkileşimlerini değiştirdiği tespit edilmiştir. Kutup tilkisi hem karasal hem de denizdeki besin ağlarını kullanan bir yırtıcıdır (Angerbjörn vd., 1994) Bu türün hareketlerinin, deniz buzu örtüsü ve dinamiklerindeki değişikliklerden önemli ölçüde etkilenebileceği düşünülmektedir (Roth, 2002). Gıdaya erişimin azalması gibi sebepler kutup tilkisinin yiyecek arayışını etkilemesi ve beslenme alanının değişmesine neden olabileceği öngörülmektedir (Hanssen vd., 2013). Artan sıcaklıkların, deniz ördekleri popülasyonlarının üzerine pozitif etkisi olsa da yine artan sıcaklıklara bağlı olarak buzun incilmesi kutup ayılarının fok üzerinden beslenmesini zorlaştırdığı için bu büyük predatörlerin av olarak deniz ördeği yuvalarına yönelmelerine sebep olabilmektedir (Hanssen vd., 2013). İklim değişikliğinin karmaşık sonuçları popülasyonları farklı şekillerde etkileyebilmektedir.

Dünyanın jeolojik tarihi incelendiğinde, daha büyük boyutlu memelilerin daha küçük olanlara göre iklimsel değişikliklerden daha fazla etkilendiği görülmektedir (Fuller vd., 2016). Yapılan çalışmalar birçok türün popülasyonlarında meydana gelen düşüşlerin özellikle kurak geçen aylardan sonra artarda yağışın az düştüğü zamanlarda olduğunu göstermiştir (Owen-Smith vd., 2005). Bunun sebepleri olarak doğrudan yeterli besin maddesi bulamama yani dengesiz beslenme veya dolaylı olarak güçsüz düşme sonucu predasyona daha açık hala gelerek savunmasız kalmaları olduğu düşünülmektedir (Owen-Smith vd., 2005). Günümüzde meydana gelmekte olan iklimsel değişimler sonucunda, memelilerin hayatta kalmalarının büyük ölçüde fizyolojik fenotipik esnekliklerine bağlı olduğu tahmin edilmektedir (Hetem vd., 2014). İklim değişikliği karşısında büyük karasal memelilerin, değişen çevre koşullarına uyum sağlayacak hızda genetik adaptasyon gerçekleştiremeyecekleri ve habitat parçalanması sebebiyle de bu canlıların dağılım aralıklarını değiştirmelerinin mümkün olmayacağı ileri sürülmüştür (Fuller vd., 2016). Habitat parçalanmasının büyük memelileri daha çok etkileyecek olmasının bir diğer nedeni olarak da bu canlıların daha yüksek olan enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına daha geniş alanlara ihtiyaç duymaları olarak açıklanabilmektedir (Fuller vd., 2016; Kelt ve Van Vuren, 2001). Gececil beslenmeye geçiş veya soğuk bir mikro iklimin seçilmesi gibi davranış değişikliklerinin, memelileri aşırı sıcak ve su stresine karşı dengeleyebilecek olmasına karşın (Fuller vd., 2016) farklı noktalarda da olumsuz etkiler ile karşılaşabilmektedir.

İklim değişikliğinin bir sonucu olarak canlıların yayılımında meydana gelmesi beklenen değişimler ise üzerinde durulması gereken başka bir diğer konudur. Değişen iklim şartları ile canlıların yayılımlarında meydana gelmesi beklenen değişimler, türlerin dağılım

alanlarını değiştirmesi, biyotik istilalar ya da türlerin yeni ortamlara taşınması olacaktır. Bu durumun hastalık etkeni-organizma ilişkilerini fazlasıyla etkilemesinin yanı sıra yeni mutasyonların oluşması, kombine hastalıkların ortaya çıkması, hastalıkların morbiditesi veya mortalitesi ile hastalığın bulaşıcı sezonunun sresinde de değişimler meydana getirebileceği düşünülmektedir. Bütün bunlar canlı organizmaların oluşturdukları komüniteleri etkileyecek ve değiştirecektir.

Karasal ve sucul ekosistemlerde iklim değişikliğinin temel üreticiler üzerindeki etkisinin yaban hayatı üzerinde olacağından daha şiddetli görüleceği belirtilmiştir. Bu durumun, ekosistemlerde üreticiler üzerinden beslenen ve besin ağının daha yukarı kademelerinde yer alan diğer canlılar üzerinde zincirleme bir etkiye neden olması beklenmektedir (Tougeron vd., 2018; McGinty vd., 2021; Henson vd., 2021). Bu nedenle, yaban hayatı türleri ve popülasyonları üzerinde olumsuz etkiye yol açan birçok insan kaynaklı faktörün yanında iklim değişikliğinin ne derece sorumlu olduğu kümülatif etki çalışmaları ile birlikte değerlendirilmelidir. Buna ek olarak, iklim değişikliğinin yaban hayatına olan etkileri açısından yaban hayvanları aracılığı ile yayılan hastalıklar ve konakçı-parazit ilişkisi ile türlerin farklı alanlara yayılması sonucu istilacı türlerin ortaya çıkması durumlar da daha sıklıkla yaşanabilecektir. İklm değişikliğinin bu iki önemli etkisinin yerel türlerin gelecekteki durumu ve iklim değişikliğine karşı uyumu bakımından dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır (Chalkowski vd., 2018).

2. İklm Değişikliğinin Yarasalar zerine Etkisi

Takım olarak Chiroptera diğer memeli takımları arasında en yüksek fizyolojik ve ekolojik çeşitliliğe sahip ikinci takım (Hutson ve Mickleburgh, 2001) olmasının yanında dünya üzerindeki memeli türlerinin yaklaşık dörtte birini oluşturmaktadır (Yorulmaz vd., 2018). Yarasalar, Yerküre üzerinde yaklaşık 1400 türü olduğu bilinen (Nabi vd., 2020) ve kutuplar ile bazı yalıtılmış adalar hariç, ılıman ve tropikal habitatlarda yayılım gösteren bir canlı grubudur (Jones, 2001; Simmons, 2005). Dünya üzerinde geniş yayılım gösteren bu takımın üyelerinin tercih ettikleri besin aralığı da oldukça geniştir. Böcek, meyve ve nektar ile beslenen yarasalar olduğu gibi, kurbağa, balık, diğer yarasa türleri ve kan ile beslenen yarasa türleri de mevcuttur (Simmons, 2005). Kendileri çok çeşitli canlı grupları üzerinden beslenmesinin yanında kuş, yılan, bazı balık türleri ve ev kedileri gibi omurgalı canlılar için ise birer av teşkil ederler (Kasso ve Balakrishnan, 2013).

Yarasalar, ekosistemin işleyişinde sahip oldukları bolluk ve biyokütlenin ötesinde önemli rollere sahip olduklarından kilittaiş türler olarak nitelendirilmektedir (Gannon vd., 2016). Yarasalar, bitkilerin tozlaşmasında, tohumların dağılımında, böcek popülasyonlarının dengede tutulmasında ve ormanlaşmada önemli roller oynamaktadırlar (Aguiar vd., 2016).

Böcek ile beslenen nispeten daha küçük boyuttaki yarasa türleri, çok sayıda hastalığın vektörü olan sivrisinekler ile de beslenerek; onların popülasyonları dengeleme görevi de gösterebilmektedir (Gonsalves vd., 2013). Polinatryarasalar, diğer beslenme tarzlarını benimsemiş yarasa türlerine göre daha az sayıda olsa da bu yarasalar tozlaşma sağladıkları bitki türleri ile birlikte evrimleştikleri için, bu mutualist ilişkilerde bitki ve yarasaların birbirleri olmadan nesillerini korumaları çok mümkün değildir (Kasso ve Balakrishnan, 2013). Yarasa dışkısı olarak adlandırdığımız guano mağara ekosistemlerinde hem pek çok canlı organizmanın yaşamasını desteklemekte (Fenolio vd., 2006) hem de tarımda gübre olarak kullanılmaktadır.

Yarasaları ekolojik olarak öne çıkaran bir diğer özellik ise biyoindikatör organizmalar olmalarıdır. Bunun en önemli sebebi, yarasaların habitat kalitesinin en iyi göstergelerinden biri olmasıdır (Kasso ve Balakrishnan, 2013). Boyutları, uçma özellikleri, geniş yayılım göstermeleri, beslenme davranışları, yaşam süresi, maruz kalınan etkilerin uzun veya kısa vadede sonuçlarının gözlenebilmesi ve habitat bozulmaları ile kirliliğe karşı verdikleri tepkiler ile tüm bunların karmaşık kombinasyonları, yarasaları birçok ekosistem için biyoindikatör organizma olarak değerlendirmek için en uygun aday haline getirir (Jones vd., 2009).

Kuraklık, aşırı sıcak veya soğuk hava dalgaları, tahmin edilemeyen yağışlar, deniz seviyesinin yükselmesi gibi iklim değişikliğinin sonucunda gerçekleşen değişikliklerin (Jones vd., 2009; Kasso ve Balakrishnan, 2013) yanısıra, habitat parçalanması, tarım kaynaklı habitat kaybı, rüzgar tribünleri ve farklı sebeplerden avlanma ve pestisit kullanımı gibi insan kaynaklı etkiler de yarasa türlerinin popülasyonlarını olumsuz yönde etkileyen unsurlar arasındadır (Jones vd., 2009; Kasso ve Balakrishnan 2013; Yorulmaz vd., 2018; Kuzukiran vd., 2021).

Yarasalar ve iklim değişikliğini konu eden çalışmalar dikkate alındığında, iklim değişikliğinin yarasalar üzerinde pek çok farklı şekilde etki edebileceği öngörülebilir. Türlerin yayılım ve bolluğu üzerine yapılan değerlendirmelerde daha sıcak iklimi seven ve artacak böcek popülasyonları üzerinden beslenen türlerin artış göstereceği değerlendirmesi yapılmaktadır. Nektar ile beslenen tropikal habitatlarda yaşayan yarasaların ise daha hassas bir duruma geçeceği düşünülmektedir. Bunun yanında, su stresi, hibernasyon sürelerinde değişiklik, habitat ve tünek değişikliği, beslenme davranışında değişiklik ve patojen konakçı yayılması ile ilgili etkilerin önümüzdeki süreçte yarasaların ve iklim değişikliğinden etkilenmesi konusunda dikkat çekici konular olacağı görülmektedir.

Aşağıda, iklim değişiklinin yarasalar üzerine etkilerinin farklı boyutları, ilgili bilimsel literatürde var olan çalışmaların birer sentezi şeklinde sunulmuştur. Bu doğrultuda, iklim değişikliğinin yarasaların yayılım ve bolluğu, fizyolojisi, fenolojisi, habitatı ve tnekleri, türler arası etkileşimleri, yiyecek arama aktivitesi ve yarasa kaynaklı patojen yayılımına etkisi irdelenmiştir.

2.1 Yayılım ve Bolluk

İklim değişikliğinin küresel anlamda canlıların yayılım ve bolluğu üzerinde etkili olacağı bilinmektedir (Aguiar vd., 2016). İklim değişikliği etkileri konusunda yapılan araştırmaların çoğunda araştırılan türlerin genellikle alçak enlemlere yüksek enlemlere doğru bir yayılım gösterme eğiliminde olacağı saptanmıştır (Williams ve Blois, 2018; McHenry vd., 2019; Rushing vd., 2020; Smeraldo vd., 2021). Diğer canlı gruplarında da ortaya konulana benzer şekilde yarasaların da yeni habitatlar tercih ederken daha yüksek enlemlere doğru yayılımlarını ilerletecekleri beklenmektedir (Rebello vd., 2010; Smeraldo vd., 2021). Diğer canlı gruplarında olduğu gibi, iklim değişikliğinin yarasaların da yayılım ve bolluğuna etki edebileceği bilinmektedir. Özellikle kan emen yarasa türleri ile nektar yarasalarının gelecek dönemlerde iklim değişikliğinden fazlasıyla etkileneceği yönünde öngörüler vardır. Kan emen yarasa türleri, Güney Amerika'nın bir bölümünde varlıklarını devam ettirirler. Kan emen yarasaların yayılımını ve bolluğunu en çok sınırlayan faktör düşük sıcaklıktır. Bu türler, ortam sıcaklığı 10 °C'nin altına düştüğünde vücut sıcaklığını dengede tutacak kadar beslenememektedir. İklim değişikliği ile meydana gelen aşırı hava olayları konusundaki modeller, kan emen yarasaların kış sıcaklıklarının daha yüksek olacağı yeni habitatlara yerleşeceklerini göstermektedir (Hughes, 2000; Rebello vd., 2010; Sherwin vd., 2013). Nektar yarasaları birlikte evrimleşme süreci geçirdiği yaklaşık 500 adet gece çiçek açan bitkinin tozlaştırıcısı olarak görev yapmaktadır ve üzerlerinden beslendikleri bitkilerin polen taşıyıcısı olarak görev görmektedirler (Fenton ve Simmons, 2015). İklim değişikliği kaynaklı olarak bu bitki türlerinde ve popülasyonlarında azalma meydana gelecek olması durumunda, özelleşmiş beslenme davranışları nedeniyle nektar yarasalarının en savunmasız yarasa türleri arasında olacağı düşünülmektedir.

Güney Amerika cerrado biyomunda yürütülmüş bazı modelleme çalışmalarına göre, bu bölgede yayılım gösteren yarasa türleri gelecekte kendilerine uygun habitatlara ulaşamazlarsa, burada yayılan 36 türün uygun yaşam alanlarının %80'inden fazlasının kaybedileceği öngörülmektedir (Aguiar vd., 2016). Bu türler arasından beş tür içinse bu oran %98 olarak tespit edilmiştir. Dağılımın olmadığı çevresel uygunluk kaybı değerlendirildiğinde 25 türün yayılım alanlarının <%20'sini kaybedebileceğini öngörmektedir (Aguiar vd., 2016). Bunun yanında, iklim değişikliği nedeniyle gerçekleşecek olan sıcaklık artışlarının özellikle daha sıcak koşullarda yaşayan yarasaların bolluğunu artıracığı düşünülmektedir (Stawski ve Geiser, 2012).

Güney Amerika'da yürütülen başka bir çalışmada ise Carajás bölgesini habitat olarak tercih eden nektivor, insektivör ve frugivor beslenme tarzına sahip 83 yarasa türünün 2050 ve 2070 yılındaki iklim koşulları altındaki yayılımları anlaşılmasına çalışılmıştır. Araştırma sonucuna göre 83 yarasa türünden %47'sinin (36 tanesinin) gelecekte de Carajás'ta kendilerine uygun habitatlar bulabileceği öngörülürken %57'sinin (47 tanesinin) kendilerine uygun habitatlar bulamayacakları tahmin edilmektedir (Costa vd., 2018).

Amerika'da Rocky Dağları'nda yapılan ve 21 yıllık doğrudan gözlemlere dayalı bir çalışmada, iklim değişikliğinin yarasaların popülasyon ve komünite organizasyonları ile rakımsal göçlerini etkilediğini gözler önüne sermiştir (Adams, 2018). Bu çalışmada incelenen beş farklı *Myotis* türünün gerçekleştirmiş olduğu rakımsal göçlerin dinamiğinin iklim değişikliği nedeniyle bozulmuş olduğu belirtilmiş ve oluşan değişimlerin türe özgü olduğu saptanmıştır (Adams, 2018).

Anadolu ve Doğu Akdeniz kıyılarında, Bilgin vd. (2012) tarafından yürütülmüş bir diğer çalışma ise iklim değişikliğinin yayılıma etkisinin boyutlarını gözler önüne sermiştir. Araştırmanın yürütüldüğü bölgelerde çalışmaya dahil olan bütün yarasa türlerinin sayısında ilerleyen dönemlerde azalma olmasının beklenmesinin yanı sıra, bunun sonucunda ekonomide meydana gelebilecek sorunlara da dikkat çekilmiştir (Bilgin vd., 2012). Avrupa, Gürcistan, Azerbaycan ve Türkiye'yi de kapsayacak şekilde yürütülen bir çalışmada (Smeraldo vd., 2021) ise *Pipistrellus kuhlii*, *Hypsugo savii*, ve *Pipistrellus pipistrellus* türlerinin günümüzdeki yayılım alanları ile gelecekteki yayılım alanlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışmanın bulguları, Akdeniz yarasa türleri olan *Pipistrellus kuhlii* ve *Hypsugo savii*'nin mevcut yayılım alanlarını muhafaza ederek yayılım alanlarını kuzeye doğru genişleteceği, *Pipistrellus pipistrellus*'un ise mevcut yayılım alanlarını kuzeye doğru kaydırarak günümüzde yayılım gösterdiği alanları terkedeceğini göstermiştir (Smeraldo vd., 2021).

Wu (2016) ise 50 yıllık veriye dayanarak Çin'deki 17 farklı yarasa türünün popülasyonlarının iklim değişikliğinden nasıl etkilenebileceğini değerlendirmiştir. Bulgular, incelenen yarasa türlerinin yarısından fazlasının gelecekteki yeni yayılım alanları kuzey yönlü olacağı, ancak aynı zamanda farklı yönlerde doğru da yayılımını değiştirecek türlerin de var olduğu saptanmıştır. Wu (2016) meydana gelecek bu cevabın iklim değişikliğinin bir sonucu olduğunu vurgularken, aynı zamanda arazi kullanımı, sulak alanların azalması ile habitat kaybının da etkili olduğunu vurgulamıştır.

2.2 Fizyoloji

İklim değişikliğinin yarasaları fizyolojik olarak birkaç farklı açıdan etkileyeceği tahmin edilmektedir (Jones ve Rebello, 2013). Örneğin, yarasalar için oldukça önemli olan kışlama zamanı ve torpor süreleri ile (Willis, 2017) enerji harcama oranları, üreme aktivitesi ve genç bireylerin gelişiminin iklim değişikliğinden etkilenmesi kaçınılmazdır (Sherwin vd., 2013)

Laktasyon dönemindeki bir dişi laktasyon döneminde olmayan bir dişiye göre su kaynağını ortalama 13 kez daha fazla ziyaret etme eğilimindedir (Adams, 2010; Sherwin vd., 2013). Kurak alanlarda da yarasalar genellikle su yakınında yaşamlarını devam ettirmeyi

tercih ederler. Su, özellikle laktasyon döneminde yarasalar için hayati önem taşımaktadır. Tünek alanları daha yoğun güneş ışığı alan türlerin sıcaklık artışına bağlı olarak yaşayabilecekleri dehidrasyon da değerlendirilmesi gereken bir başka bakış noktasıdır (Adams, 2010). İklim değişikliğinin getirdikleri yarasaların zaman içerisinde su stresi yaşayabileceklerini de göstermektedir.

İklim değişikliğinin yarasaların fizyolojisi üzerinde sebep olacağı bir diğer sorun ise sıcaklık stresidir. Yarasaların vücut sıcaklıklarını dengeleyebilmek için geliştirdiği farklı adaptasyonlar olsa da sahip oldukları koyu renk kanatlar güneş altında aşırı ısınmalarına sebep olabilmektedir (Voigt ve Lewanzik, 2011). Bu durum, ani yarasa ölümleri ile sonuçlanabildiği bilinmektedir. Örneğin, Avustralya'da Yeni Güney Galler'de gerçekleşen 42 °C ve üzerindeki aşırı sıcaklar sebebiyle Avustralya'ya özgü *Pteropus poliocephalus* (gri başlı uçan tilki) bireylerinin 1994 yılından beri 30.000'den fazlasının kaybedildiği kayıtlara geçmiştir (Welbergen vd., 2008; Valdez vd., 2009).

Enerjik stres de iklim değişikliğinin yarasalar üzerinde yaratmış olduğu bir başka fizyolojik etkidir. Böcekçil yarasaların besin tercihleri buldukları döneme göre değişebileceği öngörülmektedir Aerial hawking (Uçarken havada beslenen) yapan *Myotis lucifugus* (küçük kahverengi yarasa) türünde üreme başarısı sıcak geçen yıllarda daha yüksekken *Myotis kneri* gibi gleaning yapan (yer yüzeyinden beslenen) türlerde ise üremenin soğuk geçen yıllarda daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Sherwin vd., 2013). Bununla birlikte, her iki tür de daha soğuk yıllarda daha yüksek enerjik stres altındadır bu da vücut kütlelerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Burles vd., 2009).

2.3 Fenoloji

İklim değişikliği küresel düzeyde biyolojik olayların zamanlarını çarpıcı bir şekilde etkilemektedir. Yarasalarda hibernasyon, torpor, göç davranışları ve üreme aktiviteleri de kaçınılmaz olarak iklim değişikliğinden etkilenen özellikler arasında yer almaktadır (Haest vd., 2021).

Yarasa hibernasyonu, bu türlerin yaşam sürelerinde ve popülasyonlarını devam ettirebilmeleri için tartışılmaz öneme sahiptir. Hibernasyon esnasında gebelik sürecinin yavaşlatılması ve ortam şartları uygun olduğunda yavruların meydana getirilmesi söz konusudur. İklim değişikliği yarasalarda hibernasyon ve göç hareketinde değişimlere neden olabileceği düşünülmektedir. Hibernasyon ve göçte meydana gelebilecek değişimler yarasalar ve ekosistemler için yararlı mı yoksa zararlı mı olacağı ise henüz tam olarak aydınlatılabilmiş bir konu değildir

Son dönemde Portekiz'de dağılım gösteren bazı yarasa türlerinin hibernasyonu atladığı ve erken döl verdiği tespit edilmiştir. Bunun sonucunda yeni doğan böcekçil yarasaların o dönem beslenmelerinin daha sınırlı olabileceği ve buna bağlı olarak da yavru besleme, laktasyon süreçlerinde sorunlarla karşılaşabileceği öngörülmüştür (Jones ve Rebelo 2013). Ek olarak, hibernasyon süresinin uzunluğunda değişimlerin meydana gelebilmesi beklenmekte olup dişilerin üreme başarısında farklılıkların oluşabileceği de düşünülmektedir (Lučan vd., 2013)

Bilindiği gibi hibernasyon tercih eden ılıman kuşak yarasaları, bu davranış öncesi sonbaharda çiftleşme dönemine girerler (Altringham, 2011) ve yüksek rakımlı alanlarda toplanırlar. Hibernasyon sonrası soğuk seven yarasa türleri daha düşük rakımlara inmeyi tercih ederler. Kuzey Amerika'da yapılan bir çalışmaya göre çalışma yapılan bölgedeki soğuk seven ılıman yarasaların hibernasyon sonrasında daha düşük rakımlara inmemesinin sebebini meydana gelen sıcaklık artışından kaynaklandığını belirtmektedir (Adams, 2018).

Yarasalar için hayati öneme sahip bir diğer olgu ise torpordur. Sıcaklık artışları karşısında genellikle açık alanlarda tünemeyi tercih eden oldukça savunmasız olan pteropodid yarasaların (Welbergen vd., 2008) yanı sıra; özellikle mağaralar, madenler, evler, çatı araları, orman için ve ağaç kabuğu altları gibi yerleri tercih eden çoğu böcekçil yarasa torporu bir fırsat olarak da kullanarak iklim değişikliği karşısında sanıldığından daha başarılı olabileceklerini öne süren çalışmalar da mevcuttur (Humphries vd., 2002; Stawski ve Geiser, 2012).

2.4 Habitat ve Tünek

Yarasaların yaşamsal faaliyetlerini yerine getirmek için farklı habitatları ve ekosistemleri tercih ettikleri bilinmektedir. Yarasaların tercih ettiği habitatlar ve tünek alanlarının iklim değişikliği ile etkilenmesi durumunda bunun o alanları tercih eden yarasa türleri üzerinde doğrudan etkisi olacaktır (Jones ve Rebelo, 2013). Ormanlar, yarasaların en önemli habitatlarından birisini oluşturmaktadır (Yorulmaz vd., 2018). Dinlenme, torpora girme ve yavru yetiştirme gibi faaliyetleri için tercih ettikleri tünekler iklim değişikliği, bilinçsiz ve kontrolsüz ağaç kesimi, habitat parçalanması, madencilik faaliyetleri, yangınlar ve diğer etmenlerden dolayı gerçekleşen ormansızlaşma sonucunda giderek azalmaktadır. Son dönemde yarasaların, tüneme ve beslenme için tercih ettikleri ağaçların sayısındaki azalma nedeniyle, tüneklerde birey yoğunluğunun artması ve yarasaların yerleşim yerlerine doğru hareketinde artış tespit edilmiştir (Yorulmaz vd., 2018). Bilinen tüm Avrupa yarasaları böcekçildir ve bir ölçüde ormandan yararlanmakta veya ormanda yaşamaktadırlar (Carr vd., 2020). Benzer şekilde büyük yarasalar da tropikal bölgelerde ormanla yakından ilişkilidir (Kerth, 2008).

Dolayısıyla, yarasaların seçtikleri habitatlarda veya tünek alanlarında meydana gelebilecek olumsuzluklar yarasaların beslenmesi üzerinde de yoğun etkilere neden olacaktır.

2.5 Türler Arası Etkileşim

İklim değişikliği ve artan sıcaklıklar farklı mekanizmalar ile canlı türlerini etkileyebilmekte ve abiyotik faktörlerin hızla değişmesine neden olmaktadır. Ancak bu hızlı değişim trofik seviyelerin hepsinde ve her tür için aynı hızda görülmeyebilir (Damien ve Tougeron, 2019). Dolayısıyla, iklim değişikliği av-avcı dinamiklerini veya konak-parazit ilişkilerini çeşitli şekillerde etkileyebilir (Laws, 2017; Damien ve Tougeron, 2019). Bu etkileme, yayılım veya davranış değişikliklerinden kaynaklanabileceği gibi avın bolluğunu azaltma ya da avın beslenme davranışını değiştirme gibi etkilerden de kaynaklanabilmektedir (Preisser vd., 2005; Laws, 2017). Türler arası ilişkilerin etkilenmesinin ise komünite ve ekosistem seviyelerinde sonuçları olması muhtemeldir (Post, 2013).

Yapılan çalışmalar, iklim değişikliği ve artan sıcaklıkların orta ve alçak enlemlerde ekolojyasyon yapan yarasaları doğrudan etkileyerek, yarasaların av bulma hacminde farklılıklara neden olarak komünite yapısını değiştirebileceği düşünülmektedir (Luo vd., 2014). Ancak düşünülenin aksine iklim değişikliğine bağlı böcekçil yarasaların avlarının azalması her zaman doğru değildir (Netherer vd., 2010; Thomas vd., 2011). Çünkü farklı böcek taksonlarının iklim değişikliğine vereceği cevap farklıdır (Netherer vd., 2010; Thomas vd., 2011; Luo vd., 2014) Ancak yarasalar iklim değişikliğinin getirdiği yeni çevre şartlarında avlandıkları böcek türlerini değiştirmek (Luo vd., 2014) ve bu yeni av türleri için avlanma stratejileri geliştirmek zorunda kalabilirler. Değişen iklim koşulları bu nedenle türler arası rekabeti etkiler ve dolayısıyla komünite yapısında değişikliğe neden olabilir. Aynı besin kaynağı üzerinden beslenen iki farklı yarasa türü arasındaki ilişkiyi de etkileyebilmektedir (Arlettaz ve Meyer, 2000; Siemers ve Schnitzler, 2004). Bu, birinin besin arama kabiliyetini artırması ile diğer yarasa türünün onun gerisinde kalmasına sebep olabilmektedir (Luo vd., 2014). Rekabette başarısız olan türün yeni habitatlara ilerleyip ilerleyemeyecek oluşu veya ulaşılan yeni habitatlarda başarılı olup olamayacakları da bilinmezdir (Luo vd., 2014).

IPCC'nin beşinci değerlendirme raporu 21. Yüzyılın sonuna kadar küresel sıcaklık artışının 1.5 °C- 4.5 °C arasında olacağını işaret etmektedir (IPCC, 2013). Küresel sıcaklık artışlarının bir getirisi olarak da küresel su döngüsünün değişmesi beklenmektedir (IPCC, 2013). Su faktörünün oldukça önem taşıdığı bilinen ekosistemlerden biri de tartışmasız çöl ekosistemleridir. Çöl ekosistemi özelliklerine uyum sağlayabilen canlı gruplarından biri de yarasalardır. ABD'nin Kaliforniya eyaletinde yer alan Mojave Çölü'nde iki yarasa türü *Parastrellus hesperus* ve *Myotis californicus* arasındaki olası rekabetin incelendiği bir araştırmada, her iki türün de su içme davranışlarının su kaynaklarının yüzeysel olarak azalmasından olumsuz etkilendiği ve türlere ait bireylerin günlük aktivitelerinde genel anlamda artış meydana geldiği tespit edilmişti (Lambert vd., 2018).

İklim değişikliğinin yarasa popülasyonlarına etkisi yukarıda örneklerinin de verildiği gibi doğrudan olabilirken dolaylı olarak da gerçekleşebilmektedir. Örneğin, normalden daha sıcak olan ortam sıcaklığında kayın ağacı meyvesinin üretiminin artmasının sonucu olarak *Mus musculus* ve *Rattus rattus* sayısında artış gözlenmesi ve bunların ve yarasaların da avcısı olan *Mustela erminea*'nın da üremesinde artışa sebep olmaktadır (Pryde vd., 2005; Sherwin vd., 2013).

2.6 Yiyecek Arama Aktivitesi

Yarasalarda yiyecek arama davranışı özellikle hava koşulları ve besin mevcudiyetine bağlı olduğundan dolayı, sıcaklık değişimleri farklı yarasa türlerinde habitat, üreme şekilleri, yiyecek arama aktivitesi üzerinde farklı etkiler göstermektedir.

Esnek bir avlanma stratejisine sahip olması ve su yüzeyinden avlanması sayesinde *Myotis daubentonii* türünün hava sıcaklığından veya böcek bolluğundan güçlü bir şekilde etkilenmediği tespit edilmiştir (Boonman vd., 1998; Ciechanowski vd., 2007; Sherwin vd., 2013). Buna karşılık gıda kaynakları değişken olan aerial- hawking yapan yarasa türlerinin ise iklim değişikliğinden daha çok etkilenmesi beklenmektedir (Sherwin vd., 2013; Browning vd., 2021). Avrupa ve Kuzeybatı Afrika yarasaları arasında yer alan 47 türün 38'inin bu şekilde avlanma stratejisi olduğu düşünülürse, bu bölgelerde yaşayan yarasa türleri için iklim değişikliğinden etkilenme riski çok fazladır (Sherwin vd., 2013). Benzer şekilde böcekçil yarasaların besin kaynağı olan böceklerin yayılım alanları veya bulunma yoğunlukları ile yumurtadan çıkma başarı oranlarında iklim değişikliğine bağlı olarak farklılıklar beklenmektedir. Böcekçil yarasaların aktivite yoğunluğu ektoterm olan böcek avlarına bağlıdır. Böcek aktivitelerinde meydana gelebilecek değişimlerden böcekçil yarasalar da etkilenmektedir (Burles vd., 2009; Sherwin vd., 2013). Besin varlığı ve yokluğu yarasa aktivitesinde hayati önem taşımaktadır (Wang vd., 2010; Sherwin vd., 2013).

2.7 Patojen Yayılımı

Yarasalar sahip oldukları kanat yapıları ve uçuş yetenekleri sayesinde geniş yayılıma ve farklı ekosistemlerde yaşayabilme özelliğine sahip olan bir memeli grubudur. Yarasarlar, genellikle koloniler halinde yaşamaları ve sosyal canlılar olmaları nedeniyle, hem diğer yarasa türleri ile hem de bu takım dışındaki türlerle temasta olmaktadır (Kerth, 2008; Avena vd., 2016). İnsanların yaşam alanlarına yakın alanlarda beslenme ve tüneme özelliklerine sahip olsalar da yarasalar insan ile teması yoğun olan türler arasında değildir (Kunz vd., 2013). Yarasa türlerinin yüksek çeşitliliği patojenler için geniş bir üreme alanı sağlayabilir. Bugüne kadar yapılan

çalışmalarda yarasalardan 60'dan fazla tür virus izole edilmiştir (Shi, 2010; Wang ve Anderson, 2019). Yarasaların viruslerin yanında, protozoa, bakteri, helmint, trematod ve nematod rezervuarı olduğu da bilinmektedir (Brook ve Dobson, 2015). Buna rağmen, yarasalar memeliler arasında enfeksiyonlara karşı en toleranslı canlı grubudur (McKee vd., 2021).

İklim değişikliği bilindiği üzere yalnızca sıcaklık artışları ile değil aynı zamanda diğer iklim parametrelerinde meydana gelecek ekstrem durumlarla da karşı karşıya kalmamıza sebep olmaktadır. Farklı iklim değişikliği senaryoları, tropik ve subtropik kuşaklarda daha az yağış görüleceğini, ılıman kuşağa ve daha yüksek enlemlere ise daha fazla yağışın düşeceğini öngörmektedir (Gu ve Adler, 2015; Xu vd., 2022). Bakterilerin sıcaklık ile viruslerin ise bakterilere oranla yağış ile pozitif bir ilişkisi olduğu bilinmektedir. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda ise viral hastalıkların yüksek enlemlere yayılacağı söylenebilmektedir (Xu vd., 2022). Tür içi ve türler arası etkileşimin yoğun olduğu canlılar oldukları, uçuş özelliğine sahip oluşları ve pek çok habitatta var olabilmeleri göz önünde bulundurulduğunda, yarasaların patojen yayılımının iklim değişikliği ile olası ilişkisi konusunun kapsamlı olarak araştırılması gerekmektedir (Avena vd., 2016).

Küresel ısınma ve beklenmedik hava olaylarının sıklığı ve değişimi, vektör kaynaklı hastalıkların doğrudan ve dolaylı olarak etkileyeceği ve bu hastalıkların bulaşma riskini artıracağı düşünülmektedir. Bu zamana kadar yarasalardan insanlara bulaşan ve salgınla sonuçlanan bazı hastalıklar; Ebola ve Marburg virusleri ile Coronavirus ve Nipah'tır (Martin vd., 2018). Yapılan modelleme çalışmaları, bir diğer yarasaya kaynaklı patojen olan Hendra virus'un değişen iklim koşulları ile bu virüsü taşıyan yarasaların uygun habitatlar bulabilmek adına güneye doğru ineceğini ve böylece virüsün de daha alçak enlemlere doğru yayılacağını öngörmektedir (Banskar vd., 2016; Martin vd., 2018).

İklim değişikliğine bağlı yayılım alanlarının değişmesi sonucu özellikle Orta Afrika, Orta ve Güney Amerika, Güney Çin Yunnan bölgesi ile Myanmar ve Laos'ta yarasaya zenginliği artmaktadır. Yaklaşık 40 yarasaya türünün değişen iklim koşullarına bağlı artışı, ortamdaki virus zenginliğini de artırmaktadır ve özellikle Yunnan bölgesi ve ona komşu olan Myanmar ve Laos, SARS CoV-1 ve SARS CoV-2'nin en muhtemel kaynak bölgesi olarak düşünülmektedir (Cyranski, 2020; Beyer vd., 2021).

Dünya çapındaki en önemli zoonoz hastalıklarından olan kuduz hastalığının da taşıyıcısı olduğu bilinen *Desmodus rotundus* türünün evcil hayvanlar ile insanlara kuduzun bulaşmasında etkili olduğu bilinmektedir. Araştırmacılar, bu türün değişen iklim ile yayılım alanını genişleteceği gibi av olarak tercih ettiği canlı türlerinin de çeşitlenebileceğini belirterek, iklim değişikliğinin yarasalardan kuduz bulaşma riskini artıracağını öngörmüşlerdir (Mistry ve Moreno-Valdez, 2009; Hayes ve Piaggio, 2018; Horta vd., 2022). Bunun gerçekleşecek olma ihtimalinin arkasında ise yarasaya fizyolojisinde, fenolojisinde, habitat ve tünek değişiminde meydana gelebilecek farklılıklar olduğu düşünülmektedir (Aguiar vd., 2016; Cappelli vd., 2021; Horta vd., 2022).

Yapılan çalışmalar, yarasaların azımsanmayacak derecede patojenvirus yoğunluğuna sahip olduğunu bunun yanında patojen bakteri yoğunluklarının henüz kapsamlı olarak çalışılmamasından kaynaklı bu konuda eksiklikler olduğunu göstermektedir (Mühldorfer 2013; Veikkolainen vd., 2014; Banskar vd., 2016; Bai vd., 2017; Gerbáčová vd., 2020). Yarasaların patojen virus, bakteri, mantar ve parazitlerin olası rezervuarı olabileceği (Banerjee vd., 2018) düşünülerek, özellikle binalarda ve yerleşim yerlerine yakın yaşayan insanların yarasaların taşıdıkları potansiyel zoonoz hastalıklara yakalanabilecekleri göz ardı edilmemesi gereken bir konudur. Guanonun neredeyse tüm dünyada gübre olarak kullanıldığı da göz önüne alınırsa (Banskar vd., 2016; Misra vd., 2019), insanların bakteri kökenli hastalıklara ne kadar açık olduğu görülebilir.

3. Türkiye'de Yarasaya Çalışmaları ve İklim Değişikliği

Türkiye'de bugüne kadar yapılan çalışmalarda 39 yarasaya türünün yaşadığı tespit edilmiştir (Benda ve Horacek 1998, Albayrak, 2000; Yorulmaz ve Arslan, 2020). Türkiye yarasaları ile ilgili çalışmalar 1800'lü yıllarda başlayan ve ağırlıklı olarak faunistik çalışmalar olup türlerin Anadolu'daki çeşitliliğini ve yayılış alanlarını tespit eden sistematik temelli çalışmalardır (Danford ve Alston, 1877; Doria, 1887; Satunin, 1912). Yirminci yüzyılın ikinci yarısından beri yapılan çalışmalar ile birlikte Türkiye yarasalarının taksonomik, morfolojik, genetik, filogenetik ve filocoğrafik özelliklerine ilişkin bilgilerimiz artış göstermiştir (Şadoğlu, 1953; Kahmann ve Çağlar, 1960; Çağlar, 1965; Albayrak, 1990; Albayrak, 1993; Bilgin vd., 2006; Albayrak vd., 2008; Bilgin vd., 2008; Karataş ve Sachanowicz, 2008; Furman vd., 2009; Arslan vd., 2015; Bilgin vd., 2016; Çoraman vd., 2019; Yorulmaz ve Arslan, 2020; Çoraman vd., 2020; Ürker ve Yorulmaz, 2020). Türkiye yarasalarının ekolojik ilişkileri iklimsel parametreler ile olan ilişkisi üzerine neredeyse hiç çalışma yapılmamıştır. Bu konuda sadece Bilgin vd. (2012)'nin yaptığı çalışma mevcuttur ve bu çalışmada iklim değişikliğinin Anadolu ve Akdeniz kıyılarında bulunan 16 yarasaya türüne etkisi modelleme çalışmaları ile ortaya konmuştur. Son yıllarda rüzgâr türbinlerinin yarasalar üzerindeki etkileri konusundaki çalışmaların yaygınlaşması ile, akustik kayıtların farklı habitatlardan farklı iklimsel parametrelerde kaydedilmesi sayesinde yarasaların mevsimsel aktivite yoğunlukları hakkında bilgiler elde edilmeye başlanmıştır (Yorulmaz ve Arslan, 2016; Yorulmaz ve Yetkin, 2016). COST Aksiyonu kapsamında 2019 yılında başlayan ve Türkiye'nin de dahil olduğu "İklim Değişikliği ve Yarasalar: Bilimden Korumaya" başlıklı projede (COST, 2019), Türkiye'den toplanan veriler de değerlendirmeye alınmıştır ve bu konudaki Türkiye'deki ilk kapsamlı çalışma olma niteliği taşımaktadır. Devam etmekte olan bu projenin bulgularının elde edilmesi ile birlikte Avrupa ve Türkiye'de iklim değişikliğinin yarasaya türleri üzerinde nasıl bir etkiye yol açacağına dair veriler ve analizler ortaya konacaktır. Ayrıca, yarasaların iklim değişikliğinden nasıl etkilenebileceği konusunda

çıkarmı sağlayabilecek olan “İklimsel parametrelerin *Myotis myotis* türünün beslenme ve aktivite örüntüsü üzerine olan etkileri” başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında da Türkiye’de bir yarasa türünün iklimsel parametrelerden nasıl etkilendiği ampirik gözlemlerle ilk kez çalışılmaktadır (Yorulmaz vd., 2022). Söz konusu proje ile, iklimsel parametrelerin *Myotis myotis* türünün farklı biyolojik ve iklimsel dönemlerinde yaşama alanındaki aktivitesini, beslenme davranışını ve habitat tercihlerini nasıl etkilediği üç yıllık bir çalışma ile ele alınmış olacaktır.

SONUÇ:

Bu derleme çalışması sırasında yarasaların iklim değişikliğine olan tepkilerini konu alan pek çok kaynak göz önüne alınarak incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda, iklim değişikliğinin tüm canlılar üzerinde olduğu gibi yarasalar üzerinde de önemli etkileri olacağını ve yarasaların bu etkilere verecekleri tepkilerin genelleme yapılamayacak kadar türe özgü olduğu ortaya çıkmıştır.

Yarasalar, geniş dağılımlı, ekosistemde önemli rollere sahip, çok çeşitli beslenme ve reproduktif faaliyetlere sahip olan bir canlı grubudur. Yarasaların aynı zamanda ekosistem bozulmasına karşı indikatör türler olduklarından da bahsedilebilir. İklimsel değişimler, yarasaların, beslenmesine, göç hareketlerine, hibernasyon davranışına, gebelik dönemi ve sürecine ile yavru yetiştirmesine ve torpor sıklığına etki etmektedir. İklim değişikliği sonucunda artan hava sıcaklıkları bu canlıların hibernasyonu atlayıp daha erken dönemde yavru meydana getirmelerini ve bu yavruların beklenenden daha erken juvenil hale gelmesini sağlasa da kuraklık nedeniyle ortaya çıkacak su kıtlığı ve yavruları beslemede oluşacak problemler yarasa mortalitesini artırabilecektir. Dolayısıyla, iklim değişikliğinin yarasalar üzerindeki etkisi bu gibi negatif ve pozitif süreçleri bir arada içermektedir.

Sonuç olarak, yarasa popülasyonlarının iklim değişikliğine karşı verdiği tepkiler karmaşık ve değişkendir. Bir yandan iklim değişikliği neticesinde daha sık oluşmaya başlayan ekstrem hava koşulları, diğer yandan insan kaynaklı habitat parçalanması yarasa popülasyonlarının geri dönüşümsüz bir şekilde olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte, bu derleme çalışması yarasaların iklim değişikliğine verdiği ve vereceği tepkiler hakkında sahip olduğumuz bilgilerin de sınırlı olduğunu göstermiştir. Bu konudaki bilgi eksikliğinin giderilmesi için, farklı biyocoğrafi bölgelerde yayılım gösteren ve farklı iklimsel gereksinimleri olan yarasa grupları araştırılmalı, ve özellikle bu çalışmaların tür düzeyinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

ETİK STANDARTLAR:

Çıkar Çatışması: Yazarlar, bu makale için gerçek, potansiyel veya algılanan herhangi bir çelişki olmadığını beyan eder.

Etik Kurul İzni: Bu çalışma için etik kurul onayı gerekli değildir.

Finansal Destek:

Teşekkür: Mina Cansu Karaer YÖK 100/2000 bursu kapsamında desteklenmiştir. Bu makale 121Z307 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında yazılmıştır.

KAYNAKÇA:

- Adams, R. A., 2010. Bat reproduction declines when conditions mimic climate change projections for western North America. *Ecology*, 91(8), 2437-2445.
- Adams, R. A., 2018. Dark side of climate change: Species-specific responses and first indications of disruption in spring altitudinal migration in myotis bats. *Journal of Zoology*, 304(4), 268-275.
- Aguiar, L. M., Bernard, E., Ribeiro, V., Machado, R. B., & Jones, G., 2016. Should I stay or should I go? Climate change effects on the future of Neotropical savannah bats. *Global Ecology and Conservation*, 5, 22-33.
- Albayrak, İ., 1990. The bats of Eastern Anatolia and their distribution (Mammalia: Chiroptera). *Turkish Journal of Zoology*, 14, 214-228.
- Albayrak, İ., 1993. The bats of Western Turkey and their distribution (Mammalia: Chiroptera). *Turkish Journal of Zoology*, 17, 237-257.
- Albayrak, İ., 2000. Bats, hand-winged mammals. *Yeşil Atlas, Journal of Geography and Discovery*, Doğan Burda Rizzoli Magazine Publishing and Marketing Inc., İstanbul. 3, 69- 73.
- Albayrak, İ., Aşan, N., & Yorulmaz, T., 2008. The natural history of the Egyptian fruit bat, *Rousettus aegyptiacus*, in Turkey (Mammalia: Chiroptera). *Turkish Journal of Zoology*, 32(1), 11-18.

- Altringham, J. D., 2011. Bats: from evolution to conservation. Oxford University Press.
- Angerbjörn, A., Hersteinsson, P., Lidén, K., & Nelson, E., 1994. Dietary variation in arctic foxes (*Alopex lagopus*)-an analysis of stable carbon isotopes. *Oecologia*, 99(3), 226-232.
- Arlettaz R, Godat S& Meyer H., 2000 Competition for food by expanding pipistrelle bat populations (*Pipistrellus pipistrellus*) might contribute to the decline of lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*). *Biological Conservation*, 93, 55–60.
- Avena, C. V., Parfrey, L. W., Leff, J. W., Archer, H. M., Frick, W. F., Langwig, K. E., ... & McKenzie, V. J., 2016. Deconstructing the bat skin microbiome: influences of the host and the environment. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1753.
- Bai, Y., Urushadze, L., Osikowicz, L., McKee, C., Kuzmin, I., Kandaurov, A., Babuadze, G., Natradze I, Imnadze P., Kosoy, M. 2017. Molecular survey of bacterial zoonotic agents in bats from the country of Georgia (Caucasus). *PLoS One*, 12(1), e0171175.
- Banskar, S., Bhute, S. S., Suryavanshi, M. V., Puneekar, S., Shouche, Y. S., 2016. Microbiome analysis reveals the abundance of bacterial pathogens in *Rousettus leschenaultii* guano. *Scientific reports*, 6(1), 1-13.
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O., Swartz, B., Quental, T. B., ... & Ferrer, E. A., 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?. *Nature*, 471(7336), 51-57.
- Beever, E. A., Hall, L. E., Varner, J., Loosen, A. E., Dunham, J. B., Gahl, M. K., Smith F.A., Lawler, J. J. 2017. Behavioral flexibility as a mechanism for coping with climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(6), 299-308.
- Benda, P., Horáček, I., 1998. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean. Part I. Review of Distribution and Taxonomy of Bats in Turkey. *Acta Soc. Zool. Bohem.* 62, 255- 313.
- Beyer, R. M., Manica, A., & Mora, C., 2021. Shifts in global bat diversity suggest a possible role of climate change in the emergence of SARS-CoV-1 and SARS-CoV-2. *Science of the Total Environment*, 767, 145413.
- Bilgin, R., Karataş, A., Çoraman, E., Pandurski, I., Papadatou, E., & Morales, J. C., 2006. Molecular taxonomy and phylogeography of *Miniopterus schreibersii* (Kuhl, 1817)(Chiroptera: Vespertilionidae), in the Eurasian transition. *Biological Journal of the Linnaean Society*, 87(4), 577-582.
- Bilgin, R., Karataş, A., Çoraman, E. M. R. A. H., & Morales, J. C., 2008. The mitochondrial and nuclear genetic structure of *Myotis capaccinii* (Chiroptera: Vespertilionidae) in the Eurasian transition, and its taxonomic implications. *Zoologica Scripta*, 37(3), 253-262.
- Bilgin, R., Keşişoğlu, A., & Rebelo, H., 2012. Distribution patterns of bats in the Eastern Mediterranean Region through a climate change perspective. *Acta Chiropterologica*, 14(2), 425-437.
- Bilgin, R., Gürün, K., Rebelo, H., Puechmaille, S. J., Maracı, Ö., Presetnik, P., ... & Juste, J., 2016. Circum-Mediterranean phylogeography of a bat coupled with past environmental niche modeling: A new paradigm for the recolonization of Europe?. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 99, 323-336.
- Boonman, A. M., Boonman, M., Bretschneider, F., & van de Grind, W. A., 1998. Prey detection in trawling insectivorous bats: duckweed affects hunting behaviour in Daubenton's bat, *Myotis daubentonii*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 44(2), 99-107.
- Bradshaw, W. E., & Holzapfel, C. M., 2006. Evolutionary response to rapid climate change. *Science*, 312(5779), 1477-1478.
- Brook, C. E., & Dobson, A. P., 2015. Bats as 'special' reservoirs for emerging zoonotic pathogens. *Trends in Microbiology*, 23(3), 172-180.
- Browning, E., Barlow, K. E., Burns, F., Hawkins, C., & Boughy, K., 2021. Drivers of European bat population change: a review reveals evidence gaps. *Mammal Review*, 51(3), 353-368.
- Burles, D. W., Brigham, R. M., Ring, R. A., & Reimchen, T. E., 2009. Influence of weather on two insectivorous bats in a temperate Pacific Northwest rainforest. *Canadian Journal of Zoology*, 87(2), 132-138.
- Çağlar, M., 1965. Chiroptera fauna of Turkey. *İstanbul Üniv. Fen Fak. Mec. Seri B* 30, 125-134.

- Cappelli, M. P., Blakey, R. V., Taylor, D., Flanders, J., Badeen, T., Butts, S., ... & Rebelo, H., 2021. Limited refugia and high velocity range-shifts predicted for bat communities in drought-risk areas of the Northern Hemisphere. *Global Ecology and Conservation*, 28, e01608.
- Carr, A., Weatherall, A., & Jones, G., 2020. The effects of thinning management on bats and their insect prey in temperate broadleaved woodland. *Forest Ecology and Management*, 457, 117682.
- Chalkowski, K., Lepczyk, C. A., & Zohdy, S., 2018. Parasite ecology of invasive species: conceptual framework and new hypotheses. *Trends in Parasitology*, 34(8), 655-663.
- Ciechanowski, M., Zajac, T., Bifas, A., & Dunajski, R., 2007. Spatiotemporal variation in activity of bat species differing in hunting tactics: effects of weather, moonlight, food abundance, and structural clutter. *Canadian Journal of Zoology*, 85(12), 1249-1263.
- Clements, W. H., & Kotalik, C., 2016. Effects of major ions on natural benthic communities: an experimental assessment of the US Environmental Protection Agency aquatic life benchmark for conductivity. *Freshwater Science*, 35(1), 126-138.
- COST (2019) Climate change and bats: from science to conservation. COST Action No: COSTCA18107. <https://www.cost.eu/cost-action/climate-change-and-bats-from-science-to-conservation/>
- Costa, W. F., Ribeiro, M., Saraiva, A. M., Imperatriz-Fonseca, V. L., & Giannini, T. C., 2018. Bat diversity in Carajás National Forest (Eastern Amazon) and potential impacts on ecosystem services under climate change. *Biological Conservation*, 218, 200-210.
- Cyranoski, D., 2020. The biggest mystery: what it will take to trace the coronavirus source. *Nature*, doi: 10.1038/d41586-020-01541-z.
- Çoraman, E., Dietz, C., Hempel, E., Ghazaryan, A., Levin, E., Presetnik, P., ... & Mayer, F., 2019. Reticulate evolutionary history of a Western Palaearctic Bat Complex explained by multiple mt DNA introgressions in secondary contacts. *Journal of Biogeography*, 46(2), 343-354.
- Çoraman, E., Dundarova, H., Dietz, C., & Mayer, F., 2020. Patterns of mtDNA introgression suggest population replacement in Palaearctic whiskered bat species. *Royal Society Open Science*, 7(6), 191805.
- Damien, M., & Tougeron, K., 2019. Prey–predator phenological mismatch under climate change. *Current opinion in insect science*, 35, 60-68.
- Danford, C.G., Alston, E.R., 1877. On the Mammals of Asia Minor Part I. *Proc. Zool. Soc. Lond.* 1877, 270-282.
- Doria, G., 1887. The bats found so far in Liguria. *Ann. Mus. Civ. Stor. Natur. Genoa*, S. 2 4 (1886), 385-474.
- Fenolio, D. B., Graening, G. O., Collier, B. A., & Stout, J. F., 2006. Coprophagy in a cave-adapted salamander; the importance of bat guano examined through nutritional and stable isotope analyses. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1585), 439-443.
- Fenton, M. B., & Simmons, N. B., 2015. *Bats*. University of Chicago Press.
- Fuller, A., Mitchell, D., Maloney, S. K., & Hetem, R. S., 2016. Towards a mechanistic understanding of the responses of large terrestrial mammals to heat and aridity associated with climate change. *Climate Change Responses*, 3(1), 1-19.
- Furman, A., Çoraman, E., Bilgin, R., Karataş, A., 2009. Molecular Ecology and Phylogeography of the Bent-Wing Bat Complex (*Miniopterus schreibersii*) (Chiroptera: Vespertilionidae) in Asia Minor and Adjacent Regions. *Zoologica Scripta*. 38 (2), 129-141.
- Gannon, M. R., Bovard, B. N., Butchkoski, C. M., Reeder, D. M., Turner, G. G., & Whidden, H. P., 2016. The value of bats: Keystone species in the Keystone State. *Conservation and Ecology of Pennsylvania's Bats*, 5-31.
- Gerbáčová, K., Maliničová, L., Kisková, J., Maslišová, V., Uhrin, M., & Pristaš, P., 2020. The faecal microbiome of building-dwelling insectivorous bats (*Myotis myotis* and *Rhinolophus hipposideros*) also contains antibiotic-resistant bacterial representatives. *Current Microbiology*, 77(9), 2333-2344.

- Gonsalves, L., Bicknell, B., Law, B., Webb, C., & Monamy, V., 2013. Mosquito consumption by insectivorous bats: does size matter? . *PLoS one*, 8(10), e77183.
- Gu, G., & Adler, R. F., 2015. Spatial patterns of global precipitation change and variability during 1901–2010. *Journal of Climate*, 28(11), 4431-4453.
- Haest, B., Stepanian, P. M., Wainwright, C. E., Liechti, F., & Bauer, S., 2021. Climatic drivers of (changes in) bat migration phenology at Bracken Cave (USA). *Global Change Biology*, 27(4), 768-780.
- Haile, W. A., 2020. Impact of climate change on animal production and expansion of animal disease: a review on Ethiopia perspective. *Am. J. Pure Appl. Sci*, 2(3), 64-76.
- Hanssen, S. A., Moe, B., Bårdsen, B. J., Hanssen, F., & Gabrielsen, G. W., 2013. A natural antipredation experiment: predator control and reduced sea ice increases colony size in a long-lived duck. *Ecology and evolution*, 3(10), 3554-3564.
- Hayes, M. A., & Piaggio, A. J., 2018. Assessing the potential impacts of a changing climate on the distribution of a rabies virus vector. *PLoS One*, 13(2), e0192887.
- Hellmann, J. J., Nadelhoffer, K. J., Iverson, L. R., Ziska, L. H., Matthews, S. N., Myers, P., ... & Peters, M. P., 2010. Climate change impacts on terrestrial ecosystems in metropolitan Chicago and its surrounding, multi-state region. *Journal of Great Lakes Research*, 36, 74-85.
- Henson, S. A., Cael, B. B., Allen, S. R., & Dutkiewicz, S., 2021. Future phytoplankton diversity in a changing climate. *Nature communications*, 12(1), 1-8..
- Hetem, R. S., Fuller, A., Maloney, S. K., & Mitchell, D., 2014. Responses of large mammals to climate change. *Temperature*, 1(2), 115-127.
- Hoffmann, A. A., & Sgrò, C. M., 2011. Climate change and evolutionary adaptation. *Nature*, 470(7335), 479-485.
- Horta, M. A., Ledesma, L. A., Moura, W. C., & Lemos, E. R. S., 2022. From dogs to bats: Concerns regarding vampire bat-borne rabies in Brazil. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 16(3), e0010160.
- Hughes, L., 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent?. *Trends in ecology & evolution*, 15(2), 56-61.
- Humphries, M. M., Thomas, D. W., & Speakman, J. R., 2002. Climate-mediated energetic constraints on the distribution of hibernating mammals. *Nature*, 418(6895), 313-316.
- Hutson, A. M., & Mickleburgh, S. P. (Eds.), 2001. *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan* (Vol. 56). IUCN.
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Jones, G., & Rebelo, H., 2013. Responses of bats to climate change: learning from the past and predicting the future. In *Bat evolution, ecology, and conservation* (pp. 457-478). Springer, New York, NY.
- Jones, G., Jacobs, D. S., Kunz, T. H., Willig, M. R., & Racey, P. A., 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered species research*, 8(1-2), 93-115.
- Jones, K. E., 2001. *Chiroptera (Bats)*. e LS.
- Kahmann, H., Çağlar, M., 1960. Contributions to Turkey's mammalian science. I- Bat from the Hatay countryside. *İstanbul Üniv. Fen Fak. Mec. Seri B* 25, 1-21.
- Karataş, A., & Sachanowicz, K., 2008. Noteworthy bat records from Upper Mesopotamia, Turkey (Chiroptera). *Lynx (Praha)*, 39, 103-108.

- Kasso, M., Balakrishnan, M., 2013. Ecological and economic importance of bats (Order Chiroptera). *International Scholarly Research Notices*, 2013.
- Kelley, C. P., Mohtadi, S., Cane, M. A., Seager, R., & Kushnir, Y., 2015. Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 112(11), 3241-3246.
- Kelt, D. A., Van Vuren, D. H., 2001. The ecology and macroecology of mammalian home range area. *The American Naturalist*, 157(6), 637-645.
- Kerth, G., 2008. Animal sociality: bat colonies are founded by relatives. *Current Biology*, 18(17), R740-R742.
- Kerth, G., 2008. Causes and consequences of sociality in bats. *Bioscience*, 58(8), 737-746.
- Knutti, R., Rogelj, J., Sedláček, J., & Fischer, E. M. 2016. A scientific critique of the two-degree climate change target. *Nature Geoscience*, 9(1), 13-18.
- Kunz T.H. , Lumsden L.F. , Fenton M.B. (2003). *Bat ecology*, University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Lacetera, N., 2019. Impact of climate change on animal health and welfare. *Animal Frontiers*, 9(1), 26-31.
- Lambert, C. T., Hall, L. K., Larsen, R. T., Knight, R. N., & McMillan, B. R., 2018. Temporal partitioning and the effects of climate change on two ecologically similar desert bats. *Journal of Mammalogy*, 99(6), 1486-1494.
- Laws, A. N., 2017. Climate change effects on predator–prey interactions. *Current Opinion in Insect Science*, 23, 28-34.
- Lučan, R. K., Weiser, M., & Hanák, V., 2013. Contrasting effects of climate change on the timing of reproduction and reproductive success of a temperate insectivorous bat. *Journal of Zoology*, 290(2), 151-159.
- Luo, J., Koselj, K., Zsebók, S., Siemers, B. M., & Goerlitz, H. R., 2014. Global warming alters sound transmission: differential impact on the prey detection ability of echolocating bats. *Journal of the Royal Society Interface*, 11(91), 20130961.
- Marcogliese, D. J., 2001. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Canadian Journal of Zoology*, 79(8), 1331-1352.
- Martin, G., Yanez-Arenas, C., Chen, C., Plowright, R. K., Webb, R. J., & Skerratt, L. F., 2018. Climate change could increase the geographic extent of Hendra virus spillover risk. *EcoHealth*, 15(3), 509-525.
- McGinty, N., Barton, A. D., Record, N. R., Finkel, Z. V., Johns, D. G., Stock, C. A., & Irwin, A. J., 2021. Anthropogenic climate change impacts on copepod trait biogeography. *Global Change Biology*, 27(7), 1431-1442.
- McHenry, J., Welch, H., Lester, S. E., & Saba, V., 2019. Projecting marine species range shifts from only temperature can mask climate vulnerability. *Global Change Biology*, 25(12), 4208-4221.
- McKee, C. D., Bai, Y., Webb, C. T., & Kosoy, M. Y., 2021. Bats are key hosts in the radiation of mammal-associated Bartonella bacteria. *Infection, Genetics and Evolution*, 89, 104719.
- Mecklenburg, S., Drusch, M., Kaleschke, L., Rodriguez-Fernandez, N., Reul, N., Kerr, Y., ... & Kornberg, M., 2016. ESA's Soil Moisture and Ocean Salinity mission: From science to operational applications. *Remote Sensing of Environment*, 180, 3-18.
- Milligan, S. R., Holt, W. V., & Lloyd, R., 2009. Impacts of climate change and environmental factors on reproduction and development in wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1534), 3313-3319.
- Misra, P. K., Gautam, N. K., & Elangovan V., 2019. Bat guano: a rich source of macro and microelements essential for plant growth. *Annals of Plant and Soil Research*, 21(1), 82-86.
- Mistry, S., & Moreno-Valdez, A., 2009. COS 85-2: Climate change, vampire bats, and rabies: modeling range shifts on the US-Mexico border. In *Conference Proceedings of the 94th Ecological Society of America*.
- Mühldorfer, K., 2013. Bats and bacterial pathogens: a review. *Zoonoses and Public Health*, 60(1), 93-103.
- Mühldorfer, K., Speck, S., & Wibbelt, G., 2011. Diseases in free-ranging bats from Germany. *BMC Veterinary Research*, 7(1), 1-11.

- Nabi, G., Siddique, R., Ali, A., & Khan, S., 2020. Preventing bat-born viral outbreaks in future using ecological interventions. *Environmental research*, 185, 109460.
- Netherer S& Schopf A. 2010 Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests: general aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecology and Management*, 259, 831–838.
- Owen-Smith N., Mason, D. R., & Ogotu, J. O., 2005. Correlates of survival rates for 10 African ungulate populations: density, rainfall and predation. *Journal of Animal Ecology*, 74(4), 774-788.
- Pecl, G. T., Araújo, M. B., Bell, J. D., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I. C., ... & Williams, S. E., 2017. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(6332), eaai9214.
- Post, E., 2013. Ecology of climate change. In *Ecology of Climate Change*. Princeton University Press.
- Preisser, E. L., Bolnick, D. I., & Benard, M. F., 2005. Scared to death? The effects of intimidation and consumption in predator–prey interactions. *Ecology*, 86(2), 501-509.
- Pryde, M. A., O'Donnell, C. F., & Barker, R. J., 2005. Factors influencing survival and long-term population viability of New Zealand long-tailed bats (*Chalinolobus tuberculatus*): implications for conservation. *Biological conservation*, 126(2), 175-185.
- Radchuk, V., Reed, T., Teplitsky, C., Van De Pol, M., Charmantier, A., Hassall, C., ... & Kramer-Schadt, S., 2019. Adaptive responses of animals to climate change are most likely insufficient. *Nature communications*, 10(1), 1-14.
- Rebelo, H., Tarroso, P., & Jones, G., 2010. Predicted impact of climate change on European bats in relation to their biogeographic patterns. *Global Change Biology*, 16(2), 561-576.
- Roth, J. D., 2002. Temporal variability in arctic fox diet as reflected in stable-carbon isotopes; the importance of sea ice. *Oecologia*, 133(1), 70-77.
- Rushing, C. S., Royle, J. A., Ziolkowski, D. J., & Pardieck, K. L., 2020. Migratory behavior and winter geography drive differential range shifts of eastern birds in response to recent climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(23), 12897-12903.
- Şadoğlu, P., 1953. Nutrition of fruit eating bats. *Biology*. 3, 12-17.
- Satunin, K., 1913. About the zoogeographic borders of the Caucasus region. Preliminary notification. *Damn. Kcukar. Mus. Tiflis*. 7, 56-106.
- Schindler, D. E., & Hilborn, R. (2015). Prediction, precaution, and policy under global change. *Science*, 347(6225), 953-954.
- Sherwin, H. A., Montgomery, W. I., & Lundy, M. G., 2013. The impact and implications of climate change for bats. *Mammal Review*, 43(3), 171-182.
- Shi, Z., 2010. Bat and virus. *Protein & Cell*, 1(2), 109-114.
- Sibly, R. M., & Atkinson, D., 1994. How rearing temperature affects optimal adult size in ectotherms. *Functional Ecology*, 486-493.
- Siemers B.M., & Schnitzler H.U., 2004. Echolocation signals reflect niche differentiation in five sympatric congeneric bat species. *Nature* 429, 657–661.
- Simmonds, M. P., & Isaac, S. J., 2007. The impacts of climate change on marine mammals: early signs of significant problems. *Oryx*, 41(1), 19-26.
- Simmons, N. B., 2005. An Eocene big bang for bats. *Science*, 307(5709), 527-528.
- Smeraldo, S., Bosso, L., Salinas-Ramos, V. B., Ancillotto, L., Sánchez-Cordero, V., Gazaryan, S., & Russo, D., 2021. Generalists yet different: Distributional responses to climate change may vary in opportunistic bat species sharing similar ecological traits. *Mammal Review*, 51(4), 571-584.
- Stawski, C., & Geiser, F., 2012. Will temperature effects or phenotypic plasticity determine the thermal response of a heterothermic tropical bat to climate change?. *PLoS One*, 7(7), e40278.

- Sueur, J., Krause, B., & Farina, A., 2019. Climate change is breaking Earth's beat. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(11), 971-973.
- Thomas, C. D., Hill, J. K., Anderson, B. J., Bailey, S., Beale, C. M., Bradbury, R. B., ... & Yardley, T. (2011). A framework for assessing threats and benefits to species responding to climate change. *Methods in Ecology and Evolution*, 2(2), 125-142.
- Tougeron, K., Damien, M., Le Lann, C., Brodeur, J., & van Baaren, J., 2018. Rapid responses of winter aphid-parasitoid communities to climate warming. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 173.
- Ürker, O., & Yorulmaz, T., 2020. Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi'ndeki Anadolu sığla ormanlarında yarasa (Chiroptera) aktivitesinin belirlenmesi. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 7(1), 88-103.
- Van Asch, M., Van Tienderen, P. H., Holleman, L. J., & Visser, M. E., 2007. Predicting adaptation of phenology in response to climate change, an insect herbivore example. *Global Change Biology*, 13(8), 1596-1604.
- Van Buskirk, J., Mulvihill, R. S., & Leberman, R. C., 2012. Phenotypic plasticity alone cannot explain climate-induced change in avian migration timing. *Ecology and Evolution*, 2(10), 2430-2437.
- Veikkolainen, V., Vesterinen, E. J., Lilley, T. M., & Pulliainen, A. T., 2014. Bats as reservoir hosts of human bacterial pathogen, *Bartonella mayotimonensis*. *Emerging Infectious Diseases*, 20(6), 960.
- Voigt, C. C., & Lewanzik, D., 2011. Trapped in the darkness of the night: thermal and energetic constraints of daylight flight in bats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1716), 2311-2317.
- Wang, J., Gao, W., Wang, L., Metzner, W., Ma, J., & Feng, J., 2010. Seasonal variation in prey abundance influences habitat use by greater horseshoe bats (*Rhinolophus ferrumequinum*) in a temperate deciduous forest. *Canadian Journal of Zoology*, 88(3), 315-323.
- Wang, L. F., & Anderson, D. E., 2019. Viruses in bats and potential spillover to animals and humans. *Current Opinion in Virology*, 34, 79-89.
- Weeks, B. C., Willard, D. E., Zimova, M., Ellis, A. A., Witynski, M. L., Hennen, M., & Winger, B. M., 2020. Shared morphological consequences of global warming in North American migratory birds. *Ecology Letters*, 23(2), 316-325.
- Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J. E., ... & Whyte, K. P., 2020. Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of the Total Environment*, 733, 137782.
- Welbergen, J. A., Klose, S. M., Markus, N., & Eby, P., 2008. Climate change and the effects of temperature extremes on Australian flying-foxes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1633), 419-425.
- Whitmarsh, L., 2008. Are flood victims more concerned about climate change than other people? The role of direct experience in risk perception and behavioural response. *Journal of Risk Research*, 11(3), 351-374.
- Williams, J. E., & Blois, J. L., 2018. Range shifts in response to past and future climate change: can climate velocities and species' dispersal capabilities explain variation in mammalian range shifts?. *Journal of Biogeography*, 45(9), 2175-2189.
- Willis, C. K., 2017. Trade-offs influencing the physiological ecology of hibernation in temperate-zone bats. *Integrative and Comparative Biology*, 57(6), 1214-1224.
- Wingenter, O. W., Haase, K. B., Zeigler, M., Blake, D. R., Rowland, F. S., Sive, B. C., ... & Riebesell, U., 2007. Unexpected consequences of increasing CO₂ and ocean acidity on marine production of DMS and CH₂ClI: Potential climate impacts. *Geophysical Research Letters*, 34(5).
- Wu, J., 2016. Detection and attribution of the effects of climate change on bat distributions over the last 50 years. *Climatic Change*, 134(4), 681-696.
- Xu, Y., Poosakkannu, A., Suominen, K., Laine, V., Lilley, T., Pulliainen, A., & Lehikoinen, A., 2022. Climate-driven dynamics of pathogenic microbial taxa in birds and bats. *Research Square*, doi: 10.21203/rs.3.rs-1362343/v1.

- Yorulmaz, T., Arslan, N., 2020. Current status of the bats in Turkey with their ecogeographic distributions a recommendations for national conservation status (Mammalia: Chiroptera). Fresenius Environ. Bull. 29 (8), 6691–6706.
- Yorulmaz T., Tavşanoğlu, Ç., & Fidan, E.C., 2022. İklimsel parametrelerin *Myotis myotis* türünün beslenme ve aktivite örüntüsü üzerine olan etkileri. TÜBİTAK 1001 Projesi.
- Yorulmaz, T., Ürker, O., & Özmen, R., 2018. Yarasa ve orman ilişkisi üzerine bir değerlendirme. Ormanlık Araştırma Dergisi, 5(1), 31-43.