



MARMARA
ÜNİVERSİTESİ

Vektör Ekolojisinde Kırılma: Kentleşen *Aedes* ve *Hyalomma*

Dr. Öğr. Üy. Gürkan Akyıldız
Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi,
Temel Sağlık Bilimleri Bölümü



Vektörler: Hastalıkların Biyolojik Kuryeleri

Küresel Etki: Vektör kaynaklı hastalıklar, küresel bulaşıcı hastalıkların %17'sini oluşturur ve her yıl yaklaşık 700.000 insanın ölümüne neden olur.



Mekanik Taşıma

Patojen yüzeyde pasif olarak taşınır (örn. karasinek).



Biyolojik Taşıma

Patojen, vektörün içinde çoğalır veya olgunlaşır. Sivrisinekler ve keneler bu gruptadır ve en büyük halk sağlığı tehdidini oluşturur.

Ekolojik Kırılma



Evrim Değil, İşgal

Geleneksel Vektör Ekolojisi



Kırsal Göl / Su Birikintisi

Su Kaynaęı

Kentsel Vektör Ekolojisi



Balkon Saksı Altlıkları & Plastik Kaplar



Orman Hayvanı (Zoonotik)

Konak Tercihi



İnsan Odaklı (Antropofilik)



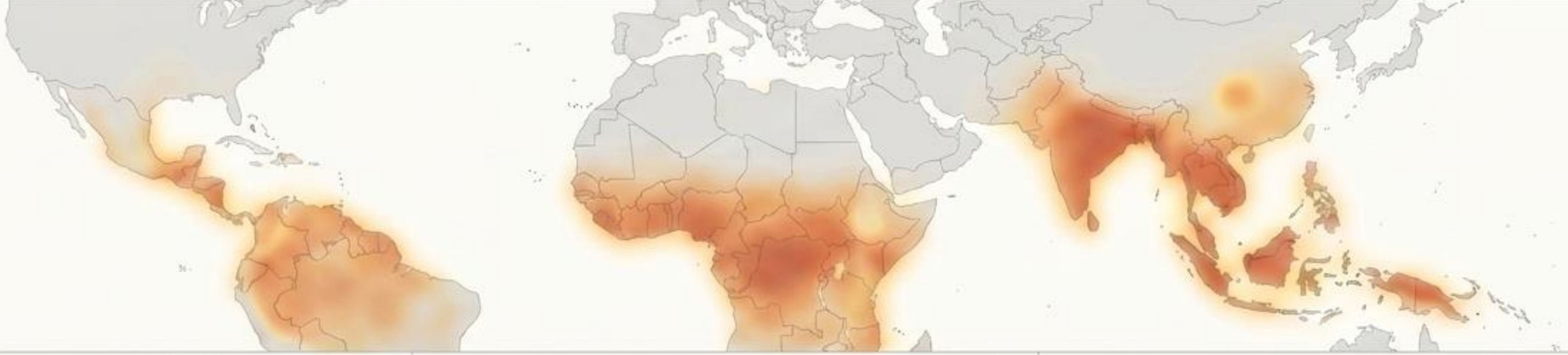
Doęal Ekolojik Bariyerler

Habitat Sınırları



Yapay, Korunaklı Mikrohabitatlar

Dünyanın En Ölümcül Hayvanı: Sivrisinek



263 Milyon
Vaka
Sıtma (Malaria)

2023 verisi. *Anopheles* cinsinin taşıdığı bu hastalık, ölümlerin ana nedenidir (Özellikle Sahra Altı Afrika).

96 Milyon
Vaka
Dang Humması (Dengue)

En yaygın viral tehdit. Küresel nüfusun yarısı (3.9 milyar insan) risk altındadır. *Aedes* tarafından taşınır.

78.000 Ölüm
Sarı Humma

Ağır vakalarda %20 ile %50 arasında ölüm oranına sahiptir.

Kentsel Isı Adaları: Kışın Hayatta Kalan Tehdit

Biyolojik Sonuç: Kışın "diyapoz" (kış uykusu) ihtiyacı ortadan kalkar. Geleneksel olarak tropikal veya kırsal olan vektörler, artık Avrupa metropollerinde dört mevsim aktif kalabilmektedir.

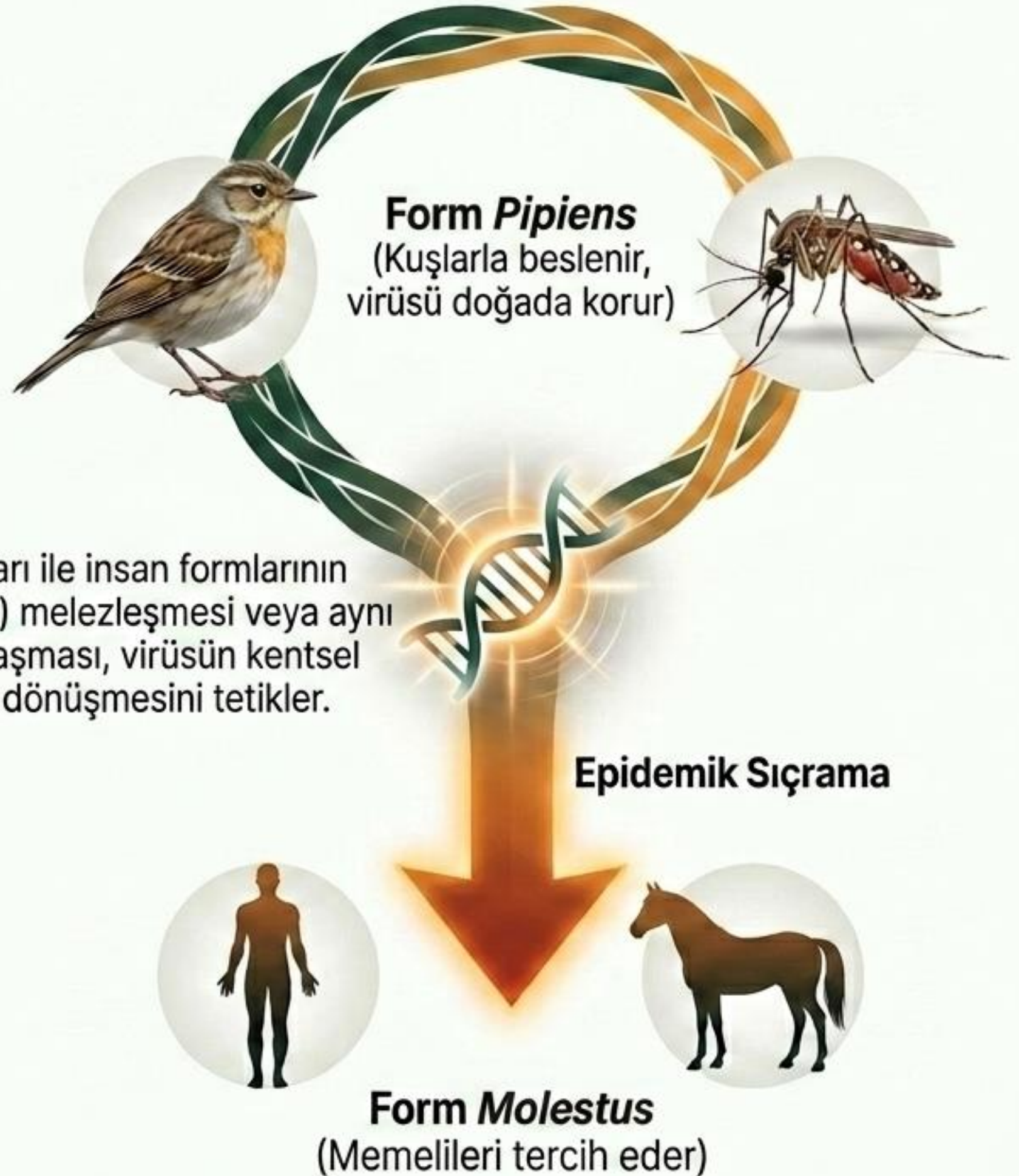


Kırsal Alan: Donma ve Diyapoz

Şehir Merkezi: Isı Adası Etkisi ve Dört Mevsim Aktivite

Culex pipiens: Şehrin “Köprü” Vektörü

Avrupa'nın yerli vektörü *Culex pipiens*, Batı Nil ve Usutu virüslerinin temel taşıyıcısıdır. Kuş döngüsü ile insan yerleşimleri arasında bir “köprü” görevi görür.



Avrupa ve Türkiye Gerçeđi: Batı Nil Virüsü (BNV)



1. Avrupa'nın Lider Tehdidi

Batı Nil Virüsü, dünyadaki en yaygın arbovirüstür ve Avrupa'da sivrisinek kaynaklı ölümlerin bir numaralı nedenidir.

2. Türkiye 2024 Salgını

Türkiye, tarihinin en büyük BNV salgınına yaşamıştır.

3. Kentsel Ölüm Oranı

2024 yılındaki salgında Kentsel alanlarda yoğunlaşan vakalarda %17,6 gibi son derece yüksek bir ölüm oranı kaydedilmiştir.

4. Enfeksiyon Yükü

Edirne bölgesinde yapılan örneklemelerde, *Cx. pipiens* havuzlarında %36,3 oranında virüs saptanmıştır.

Balkonunuzdaki İnkübatör: *Aedes*

Yüksek Antropofili

İnsan kanını açıkça diğer orman canlılarına tercih eden agresif adaptasyon.

Kuru Ortam Direnci

Yumurtaların susuz bir ortamda, saksı kenarında 1 yıldan fazla hayatta kalabilmesi.

Klinik Tehdit

Dengue, Zika ve Chikungunya virüsleri için birincil ve en yetkin taşıyıcılar.

İstilacı İkili: *Ae. albopictus* tüm Avrupa'ya;
Ae. aegypti ise Karadeniz ve Kıbrıs'a yerleşti.

İstilacı Aedes Matrisi

Tür	Köken / Yayılım	Soğuk Direnci	Kentsel Risk
 <i>Ae. albopictus</i> (Asya Kaplan)	Dünyanın en istilacısı. Tüm Avrupa'ya hızla yayıldı.	Yumurtaları -10°C'ye kadar dayanır.	Çok Yüksek
 <i>Ae. aegypti</i> (Sarı Humma)	Afrika kökenli. Yeniden yerleşiyor.	Düşük (Ilıman kışlar gerekir)	İnsan yapımı su kaplarına (evcil) kusursuz uyum.
 <i>Ae. japonicus</i> (Japon Çalı)	Orta Avrupa'ya ulaştı.	Donmaya yüksek dirençli.	Batı Nil Virüsü için yetkin vektör.
 <i>Ae. koreicus</i> (Kore Çalı)	Belçika, Almanya, İtalya.	Yüksek	Kentsel ortamlara ormandan daha iyi uyum sağlayan "sessiz genişleme" ustası.

Karadeniz Bölgesinde *Aedes albopictus* (Asya Kaplan Sivrisineği) Yayılım Potansiyeli

Yeni Saha Verileri ve Maxent Ekolojik Niş Modellemesi ile Sınır Ötesi Risk Analizi (Gunay vd., 2025)

Problem ve Veri

İstilacı vektör için Karadeniz'in yayılım sınırında genişliyor. Küresel haritalarda veri boşlukları mevcut.

+149 ↗

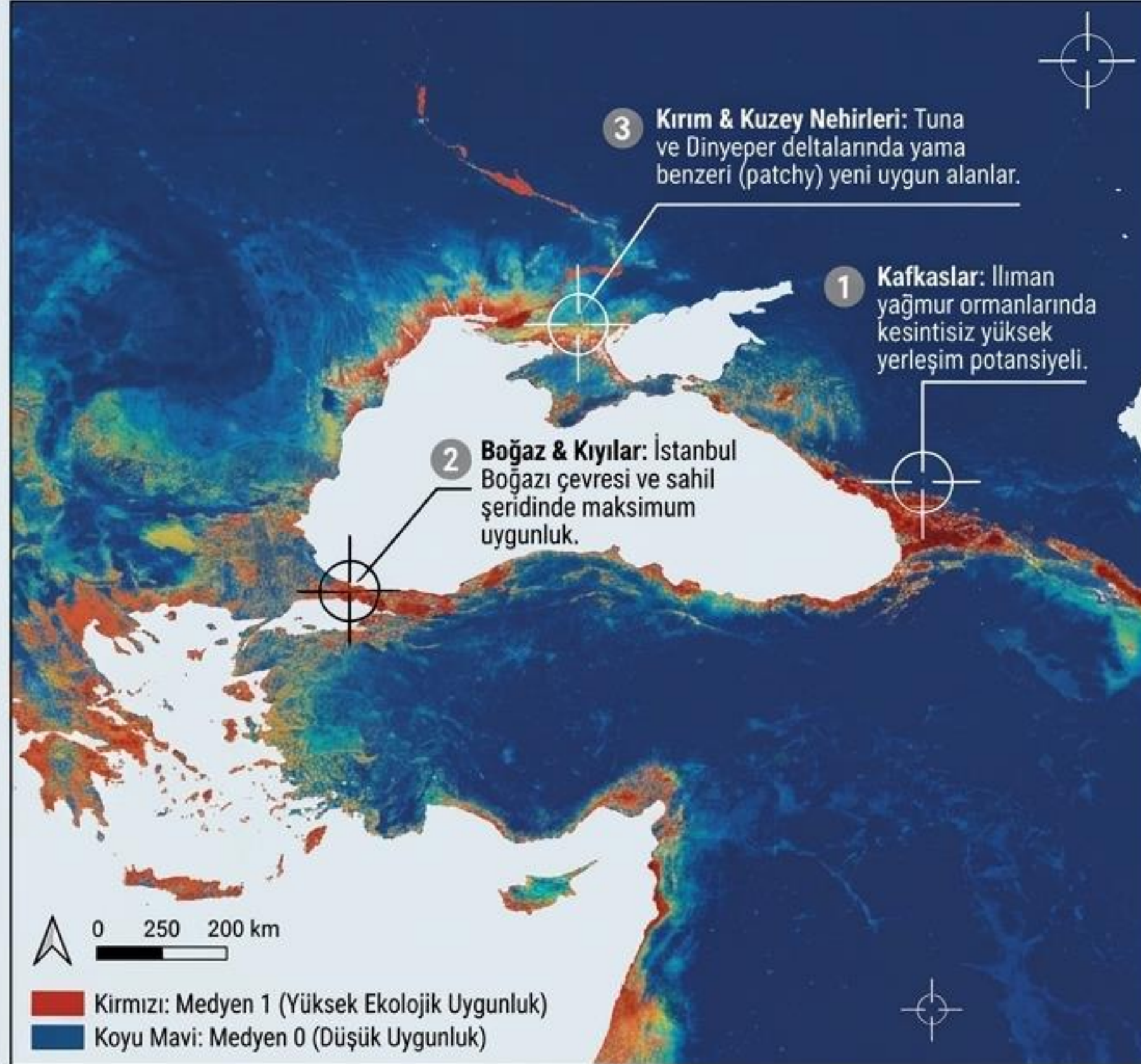
Yeni Saha Kaydı (Türkiye ve Gürcistan)

+3956 🌐

Küresel Teyitli Nokta



Kapsamlı Sınır Ötesi Saha Çalışması



Model Faktörleri (AUC: 0.83)

%62.4 🏙️

İnsan Nüfus Yoğunluğu
(Urbanizasyon etkisi)

%16.3 🌡️

En Soğuk Ayın Minimum Sıcaklığı
(Kışı geçirme yeteneği)

Stratejik Bulgular & Tehdit

Tür sadece kıyılarda değil, Türkiye'de 1779 m rakımda başarıyla tespit edildi.

Acil proaktif sürveys şarttır!
Sadece kentsel alanlar değil, daha önce "uygun değil" kabul edilen yüksek rakımlı sınır ötesi bölgeler risk altındadır.

Aedes İstilasası ve “Avrupa Paradoksu”

Tarihsel Silinme: *Ae. aegypti* (Sarı Humma sivrisineği), 20. yüzyılın ortalarında su sistemlerinin modernleşmesiyle Avrupa'dan büyük oranda silinmişti.

Günümüz: Geri Dönüş

Günümüz:
Geri Dönüş

Madeira
(Portugal)

1950'ler: Tarihsel Silinme

Paradoks: İklimsel ısınma Batı Türkiye ve Akdeniz'i tür için son derece uygun hale getirmesine rağmen, geri dönüş beklenenden yavaş olmuştur.

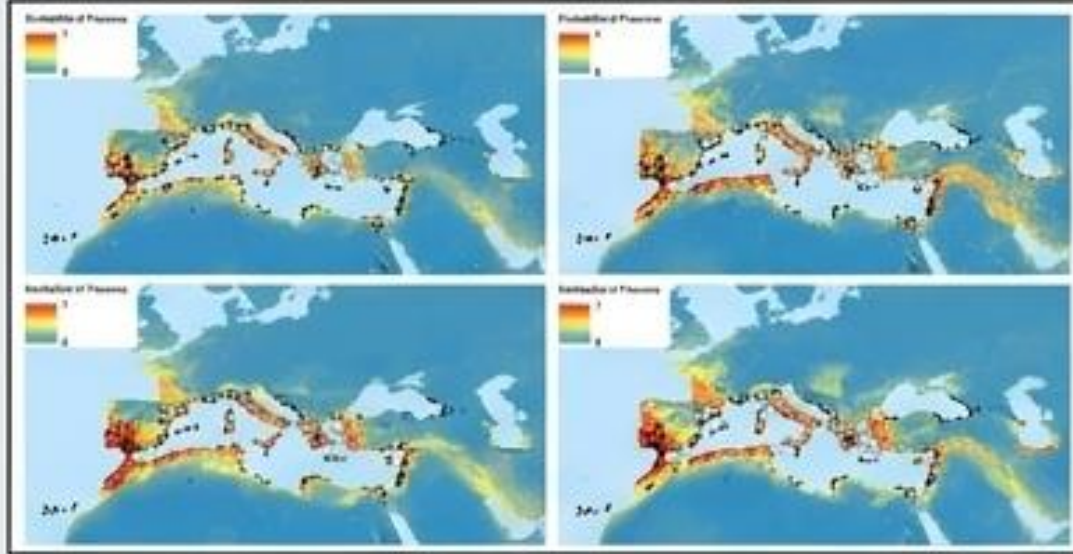
Geri Dönüş: Ancak tür, kentsel su kaplarına tam adaptasyonu sayesinde şu an Karadeniz kıyıları ve Madeira üzerinden kıtaya yeniden sızmaktadır.

Avrupa'da İstilacı Aedes Sivrisinekleri: Güncel Tehdit ve Yayılım Analizi

Üç majör vektör türünün ekolojik modelleme, tarihsel veriler ve genetik haritalama tabanlı kıyaslamalı özeti

Aedes aegypti

Geçmişin Tehdidi, Geleceğin Potansiyeli



Avrupa'daki tarihsel (1910) ve güncel (2015) habitat uygunluk modeli.

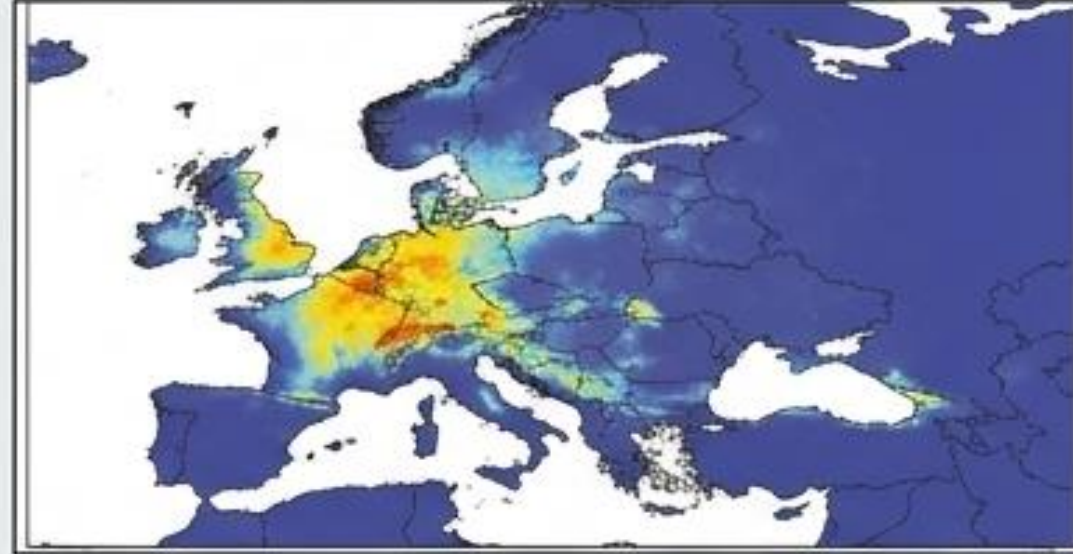
Avrupa Paradoksu: 20. yy'ın ortalarına kadar Akdeniz ve Güney Avrupa'da yaygın olan tür, o dönemden sonra büyük ölçüde yok olmuştur.

Yeniden İstila Riski: Güncel iklim modelleri, Avrupa ve Akdeniz havzasının türün yaşaması için hala son derece uygun olduğunu göstermektedir.

Gelecek Projeksiyonu: İklim değişikliğiyle artan habitat uygunluğu, ABD'deki yayılıma benzer şekilde Avrupa için de sessiz bir yeniden istila riski taşımaktadır.

Aedes japonicus

Hızla Genişleyen Yeni İstilacı



A. japonicus için Avrupa'da modellenen güncel iklimsel uygunluk.

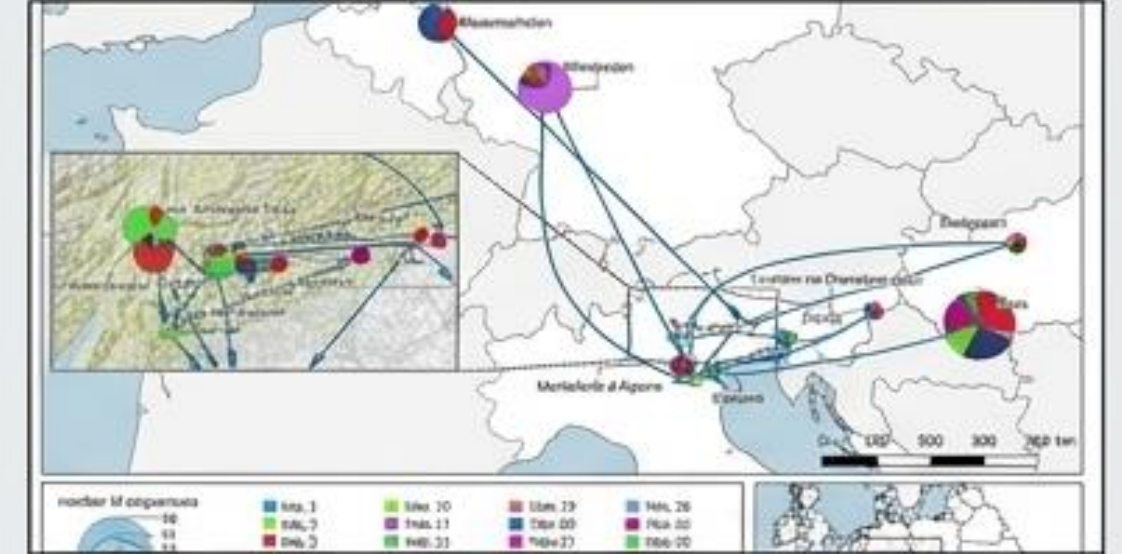
Yüksek Niş Boşluğu: Tür, Avrupa ve Kuzey Amerika'ya yakın zamanda giriş yaptığı için potansiyel yayılım alanlarının tamamını henüz doldurmamıştır.

İklimsel Adaptasyon: Serin iklimlere ve donmaya karşı dirençli yumurtaları sayesinde ılıman bölgelerde kışı kolaylıkla geçirebilmektedir.

Yayılım Beklentisi: İnsan aktiviteleri aracılığıyla, henüz ulaşmadığı ancak iklimsel olarak uygun olan geniş Kuzey ve Orta Avrupa coğrafyalarına yayılması beklenmektedir.

Aedes koreicus

Sessiz Genişleme ve Genetik Çeşitlilik



Mitokondriyal COI dizilimlerine dayalı pan-Avrupa haplotip ağı ve coğrafi gen akışı.

Çoklu Girişler: Genomik dizileme ve mitokondriyal DNA analizleri, türün Avrupa'ya bağımsız ve çoklu girişler yaptığını kanıtlamaktadır.

Popülasyon Karışımı: Belçika, İtalya ve Macaristan gibi ülkelerdeki popülasyonlar arasında sürekli bir genetik gen akışı gözlemlenmektedir.

Tespit Edilmeyen Bölgeler: Güçlü genetik genişleme sinyalleri, türün şu an tespit edilebildiğinden çok daha geniş bir alanda sessizce yayıldığına işaret etmektedir.

Kentsel Adaptasyon ve Direnç Çıkmazı

Isı Etkisi



Termal Patlama

Ektotermik olan sivrisineklerin gelişimi doğrudan ısıya bağlıdır. Larva gelişimi 30-32.5°C aralığında maksimum hıza ulaşarak popülasyon patlamalarına yol açar.

Kimyasal Direnç



Kimyasal Çöküş

Avrupa genelinde popülasyonlar, pyrethroid grubu insektisitlere ve diflubenzuron gibi temel larva ilaçlarına karşı yaygın direnç geliştirmiştir. Klasik kimyasal mücadele artık yetersiz kalmaktadır.

İkinci Büyük Tehdit: Keneler

Sessiz Taşıyıcılar: Sivrisineklerden sonra dünyanın en önemli 2. hastalık vektörü grubudur.

Geniş Patojen Yelpazesi: Hem viral (Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi) hem de bakteriyel (Lyme hastalığı) etkenleri taşıyarak son derece geniş bir halk sağlığı riski oluştururlar.

Dayanıklılık: Sert keneler, zorlu çevre koşullarına sivrisineklerden çok daha uzun süre dayanabilir.



Keneler Neden Zor Kentleşir?



Temel Kural: Kenelerin kentleşmesi, sivrisineklere kıyasla olağanüstü ekolojik engellerle doludur.

İstisnalar: Şehir Parklarındaki Tehdit

Rhipicephalus

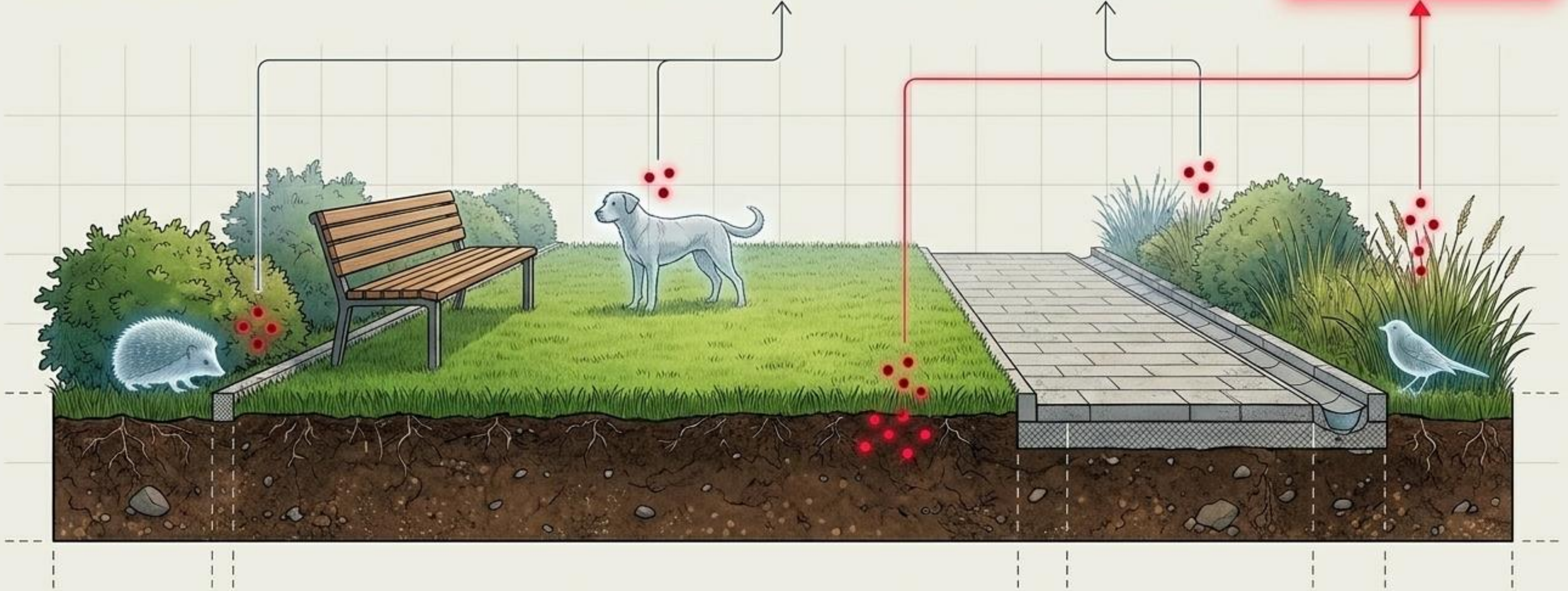
Evcil köpekler aracılığıyla insan yaşam alanlarına sızma ve yerleşme.

Ixodes

Yaban hayatı koridorları, kirpiler ve kuşlar ile şehir parklarına sessiz giriş.

H. longicornis

Avrupa ve Türkiye için yakından izlenmesi gereken yeni nesil invaziv tür.



Kırsaldan Kente Kayan Kene Yükü

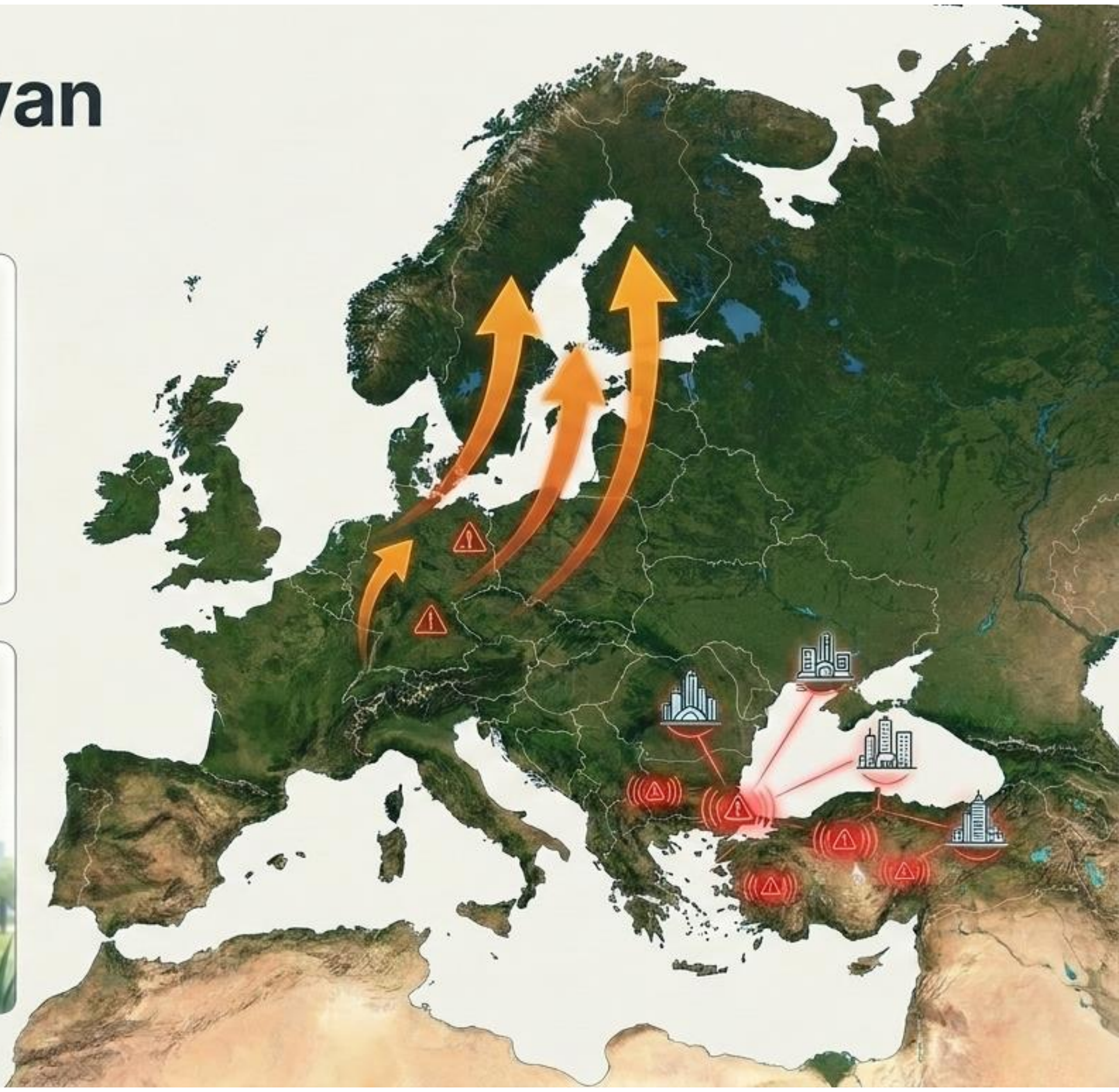
Avrupa'da Kuzeye Göç

İklim değişikliği, kene popülasyonlarını (örneğin *Ixodes ricinus*) İsveç ve Almanya gibi daha kuzey enlemlere iterek Lyme ve Kene Kaynaklı Ensefalit (TBE) vakalarını artırmaktadır.



Türkiye'de KentSEL Temas

KKKA'nın endemik olduğu Türkiye'de, kene teması artık sadece tarım ve orman işçileri için mesleki bir risk olmaktan çıkmış; şehir parklarındaki vatandaşlar için de doğrudan bir tehdit haline gelmiştir.

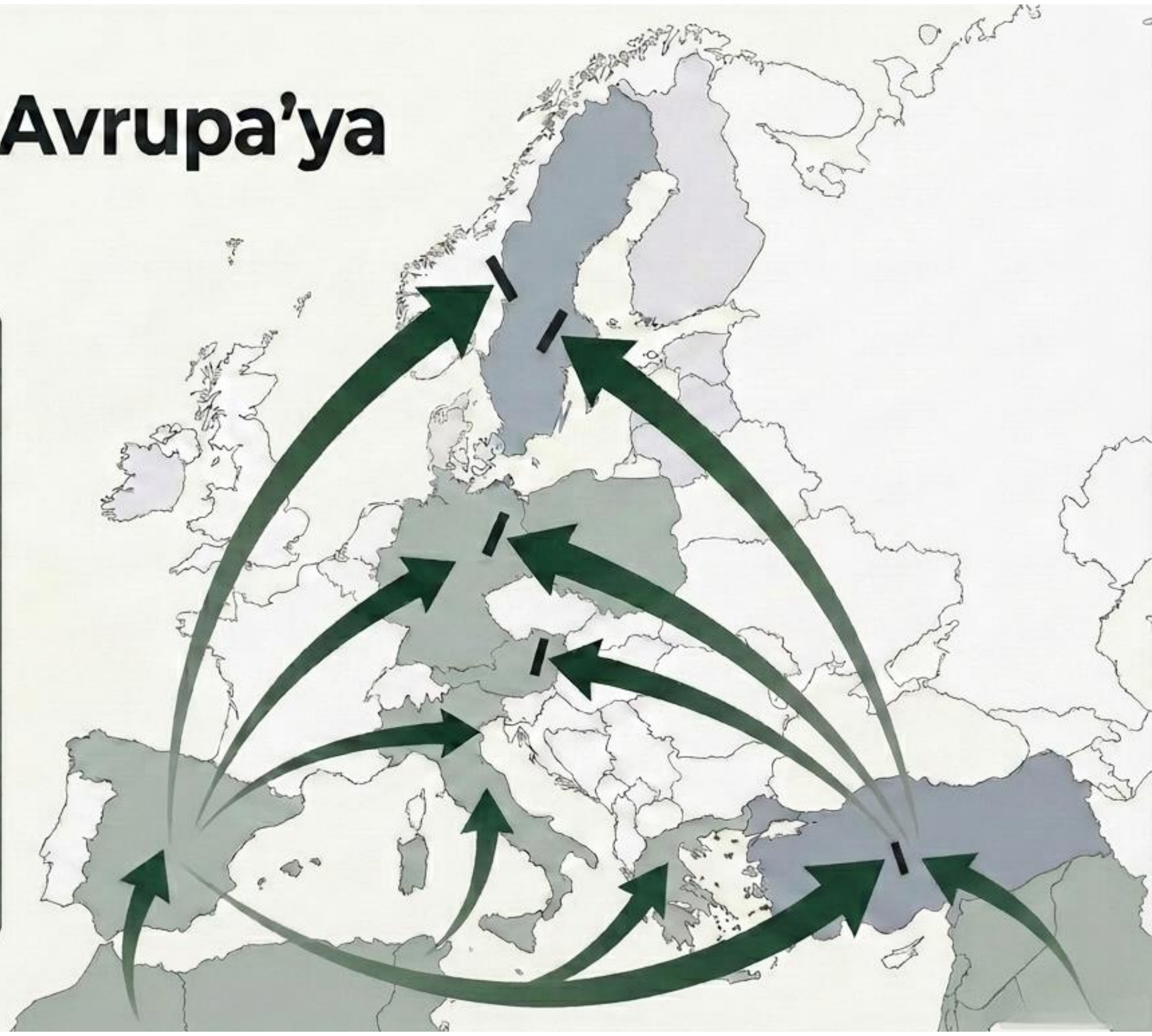


Hyalomma'nın Avrupa'ya Yürüyüşü

Kıtalararası Taşıma:

H. marginatum ve *H. rufipes* gibi türler, göçmen kuşlar aracılığıyla larva evresinde binlerce kilometre kuzeye taşınmaktadır.

Yeni Menzil: İklimin ısınması ve kentsel ısı adaları sayesinde bu keneler artık kuzey enlemlerde yetişkinliğe ulaşip hayatta kalabilmektedir. Şu an 40 Avrupa ülkesinde tespit edilmişlerdir.



Hyalomma aegyptium: Kentleşen Kaplumbağa Kenesi



Konak Esnekliği

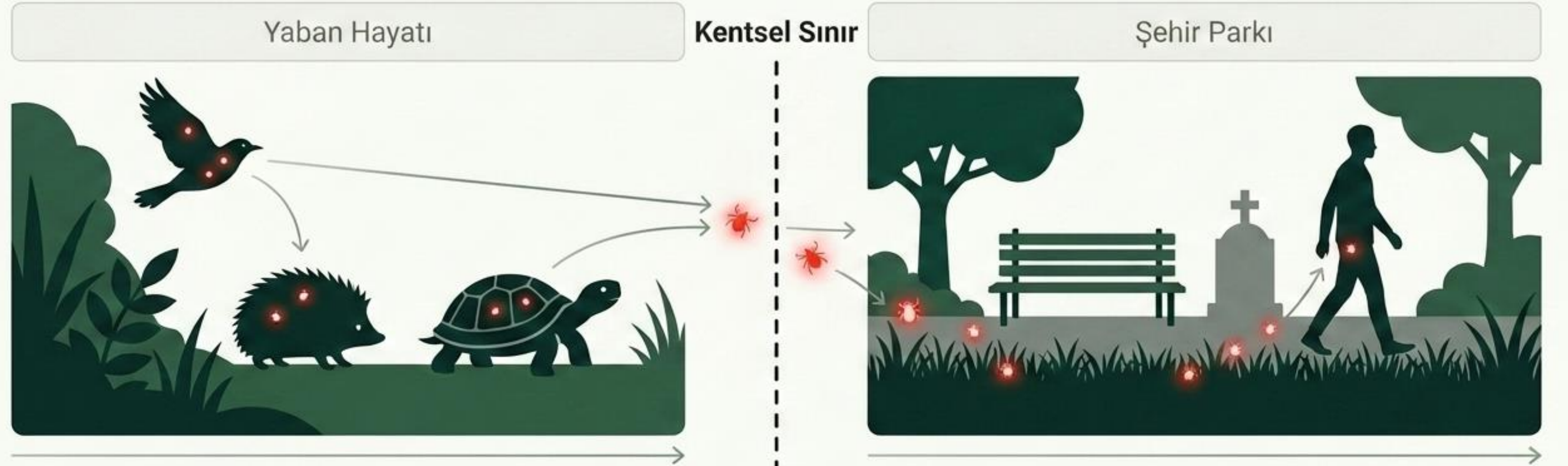
Yetişkinleri yabani kaplumbağaları tercih etse de, larva ve nimfleri konak seçiminde (insanlar dahil) son derece esnektir.



Doğu Trakya Örneği

Türkiye'nin Doğu Trakya bölgesindeki kentsel mezarlıklar ve parklarda, *H. aegyptium* insanları en çok ısırarak kene türü haline gelmiştir. Kırsal kene, şehir sakini olmuştur.

Kriptik Döngü: Yaban Hayatından Şehir Parklarına



Sinantropik Taşıyıcılar: Kuşlar, kirpiler ve kaplumbağalar; *Hyalomma* cinsine ait kenelerin larva ve nimf evrelerini biyolojik kuryeler olarak taşır.

Gizli Sıçrama: Doğada insanlardan gizli dönen bu "kriptik döngü", hastalıkları doğrudan insan yaşam alanının kalbine taşır.

Doğu Trakya'da KKKA Virüsünün Gizli Bulaşma Döngüsü

Kaplumbağalar (*Testudo*) ve *H. aegyptium* keneleri doğada virüsün barınmasında nasıl bir köprü görevi görüyor?

Sahadan Kanıtlar: Biyolojik Birliktelik

Ana Konak: *H. aegyptium* keneleri neredeyse tamamen kaplumbağalar üzerinden beslenir.



Yerleşim Karakteristiği: Yetişkin keneler bacak/kuyruk arasına, genç keneler (nimf/larva) ise baş ve boyun bölgesine tutunur.

Trakya Saha Taraması ve PCR Sonuçları



179

Toplam Örnek
(Saha taraması:
Kan ve Kene)

%9.5

Genel
Pozitiflik
Oranı

Detay: Kaplumbağa kan örneklerinin %9.5'i, kaplumbağa kene havuzlarının %12.3'ü KKKA pozitif.



Genetik Bağlantı

'Clade V (Avrupa 1)': Tespit edilen virüsler, Türkiye'deki mevcut insan vakalarına sebep olan, ana salgın döngüsündeki virüs ailesiyle birebir aynı gruptadır!

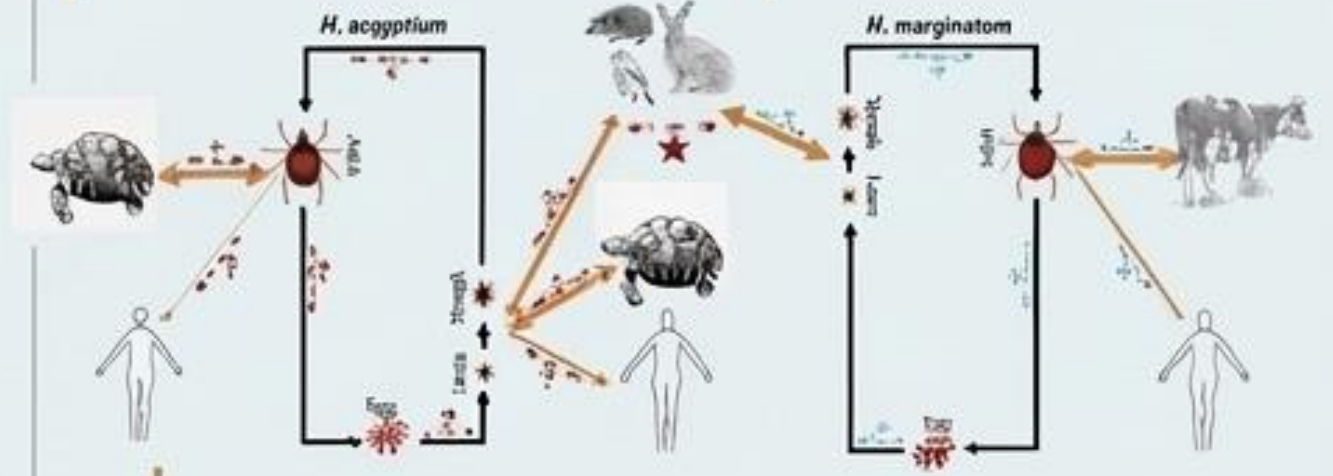
Ekosistemdeki Görünmez Bağlar: Kriptik Döngü

1. Kriptik (Gizli) Döngü:

Kaplumbağalar ve *H. aegyptium* keneleri kendi aralarında sessiz, dışarıdan fark edilmeyen bir virüs aktarımı yaşar (Kenelerde evreler arası geçiş doğrulanmıştır).

2. Köprü Vektörler:

Genç keneler (nimfler), sadece kaplumbağalarda değil; tavşan, kuş ve kirpi gibi diğer küçük memelilerde de beslenir.



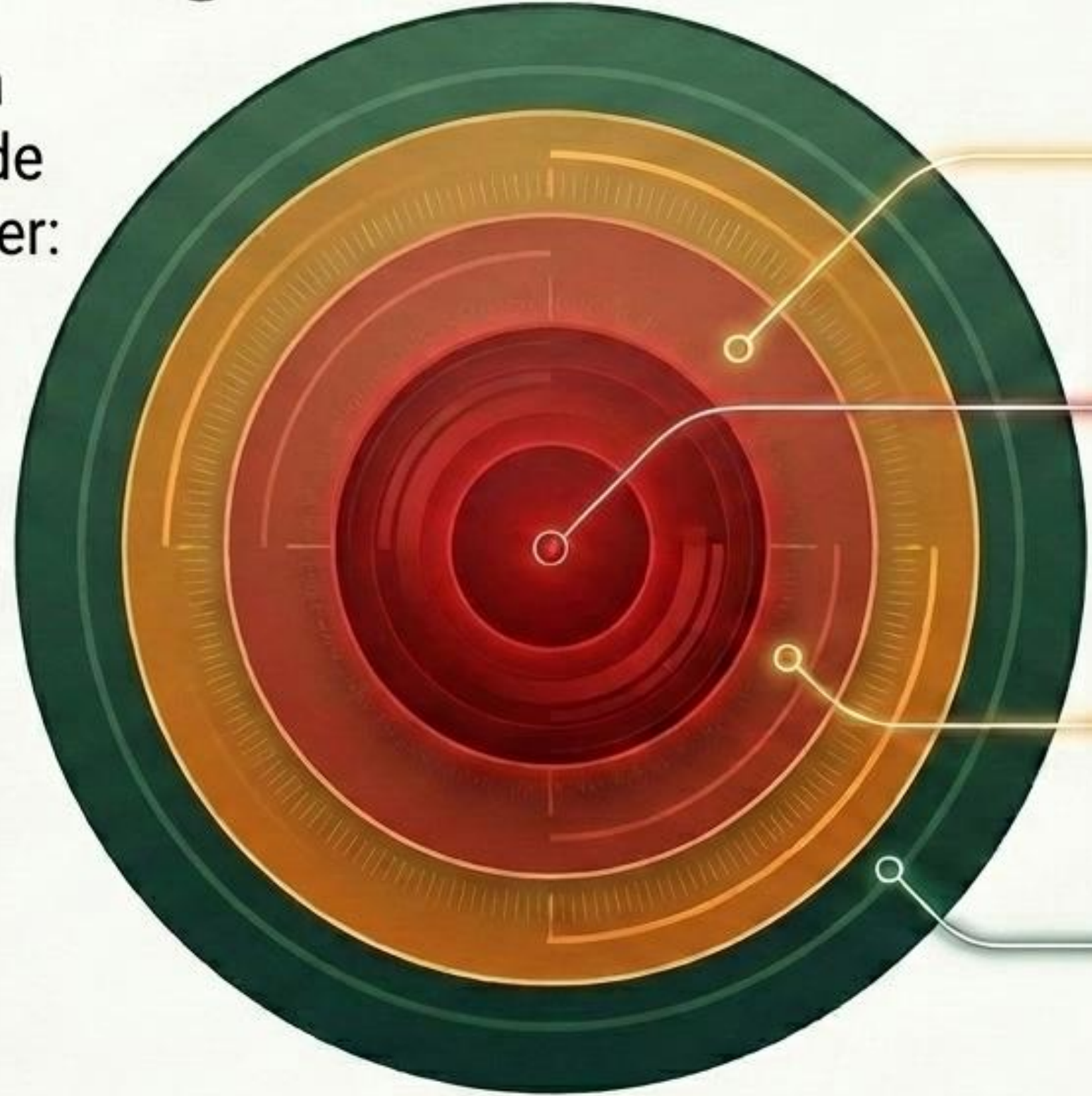
3. Ana Döngüye Sıçrama: Bu küçük memeliler, hastalığı insana ve sığırlara bulaştıran asıl vektör *H. marginatum* ile coğrafi olarak karşılaşır ve virüs yaban hayatından ana döngüye geçer.

Araştırma Sorusu: Bu izole görünen yaban hayatı ilişkisi, KKKA (Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi) virüsünün insanlara ulaşan ana salgın döngüsünü besliyor mu?

Nihai Çıkarım: KKKA salgın riski sadece sığır/insan ekseninde değil, kaplumbağa-kene ekosisteminin yarattığı bu görünmez 'virüs deposunda' saklıdır. Hastalık kontrolünde bu gizli döngü mutlaka dikkate alınmalıdır.

Kentsel Patojen Yüklü: Sadece KKKA Değil

Kentsel alanlarda toplanan *H. aegyptium* türü kenelerde tespit edilen temel tehlikeler:



***Anaplasma phagocytophilum*:**
%18.8 görülme sıklığı.

KKKA Virüsü (Clade V):
İnsan ekosistemine sızan "köprü" kene popülasyonlarında saptanmıştır.

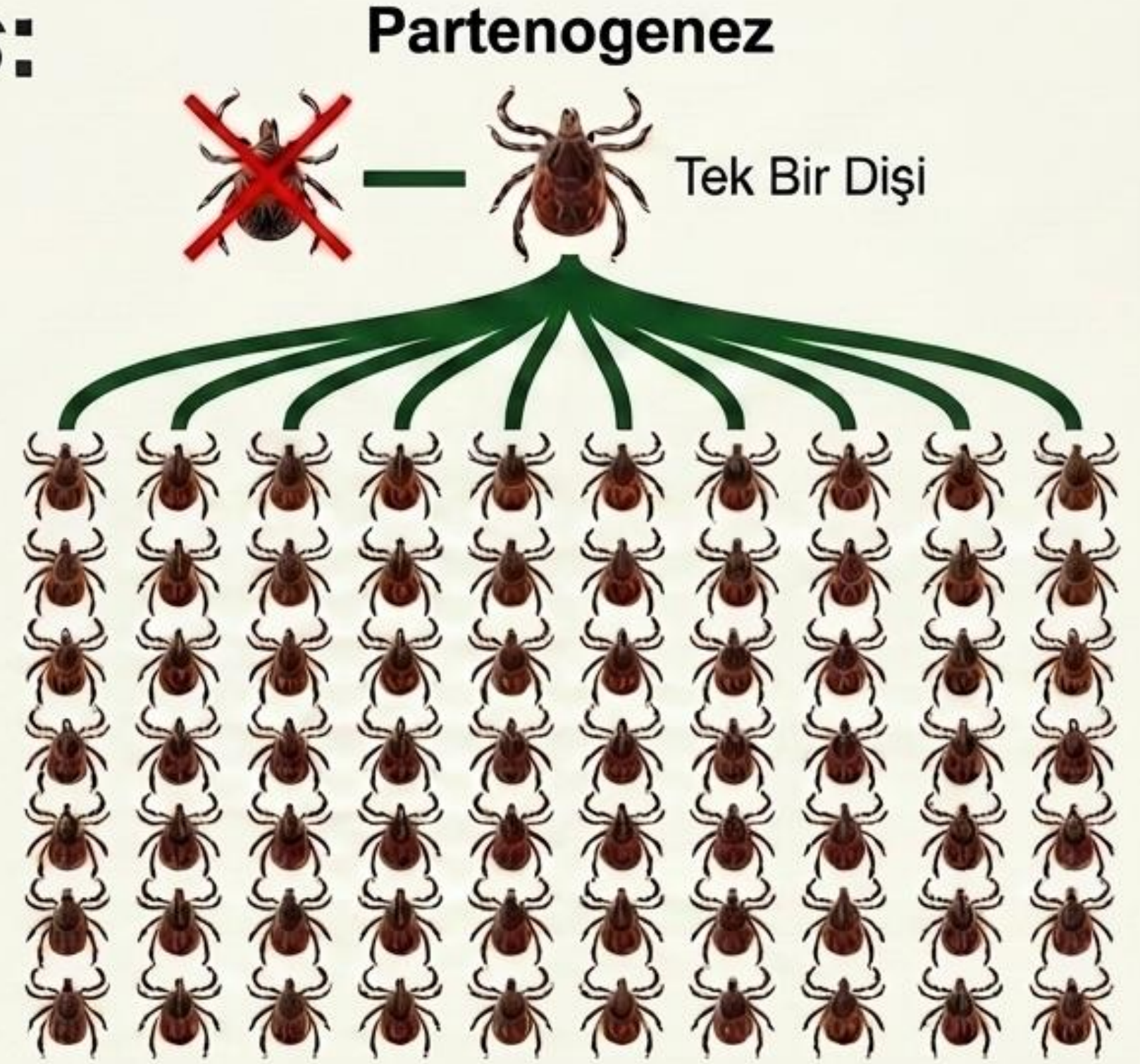
***Ehrlichia canis*:**
%14.1 görülme sıklığı.

***Coxiella burnetii* (Q Ateşi):**
%10 görülme sıklığı.

Haemaphysalis longicornis: Sessiz İstila Başladı



Tarihi Sızıntı: ABD'de 20'den fazla eyaleti hızla istila eden bu tür, Kasım 2024'te Türkiye/İstanbul'da bir ev köpeğinde saptanarak Avrupa ile ilişkili ilk somut sızıntılarından birini gerçekleştirmiştir.



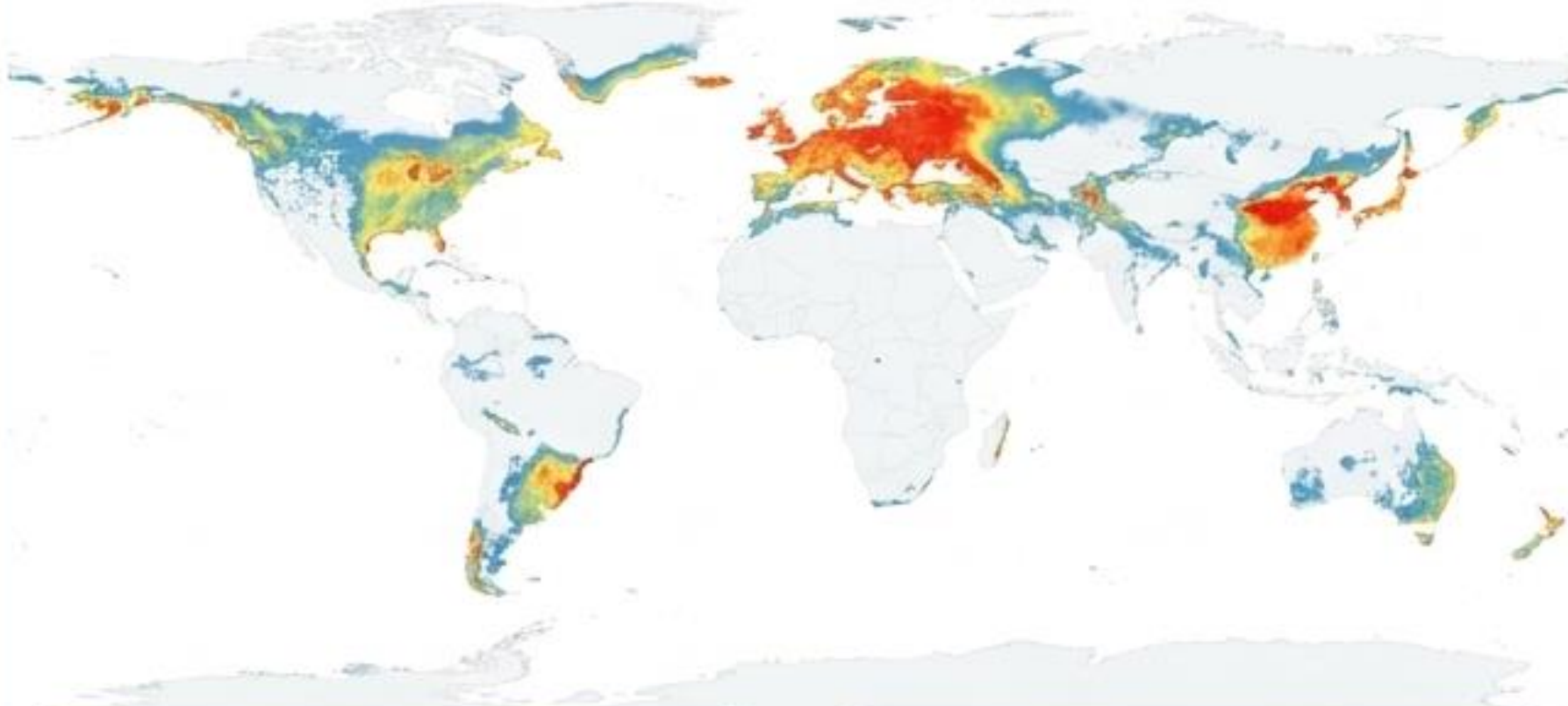
Partenogenetik Üreme: Çiftleşmeye ihtiyaç duymadan üreyebilir. Yeni bir bölgeye ulaşan tek bir dişi kene, kısa sürede binlerce bireylik koca bir popülasyon başlatabilir.

İklim Değişikliği ve İstilacı Asya Uzun Boynuzlu Kenesi (*Haemaphysalis longicornis*)

Tarihsel ve Gelecekteki İklim Koşullarına Dayalı Küresel Çevresel Uygunluk Özeti

Tehdit Profili ve Bulunma Olasılığı

Haemaphysalis longicornis



Biyolojik Tehdit:

Şiddetli ateş ve trombositopeni sendromu virüsü (SFTSV) ana taşıyıcısıdır. Stresli koşullarda eşeysiz (partenogenetik) üreyebilir; tek bir dişi yepyeni bir istilacı popülasyon başlatabilir.

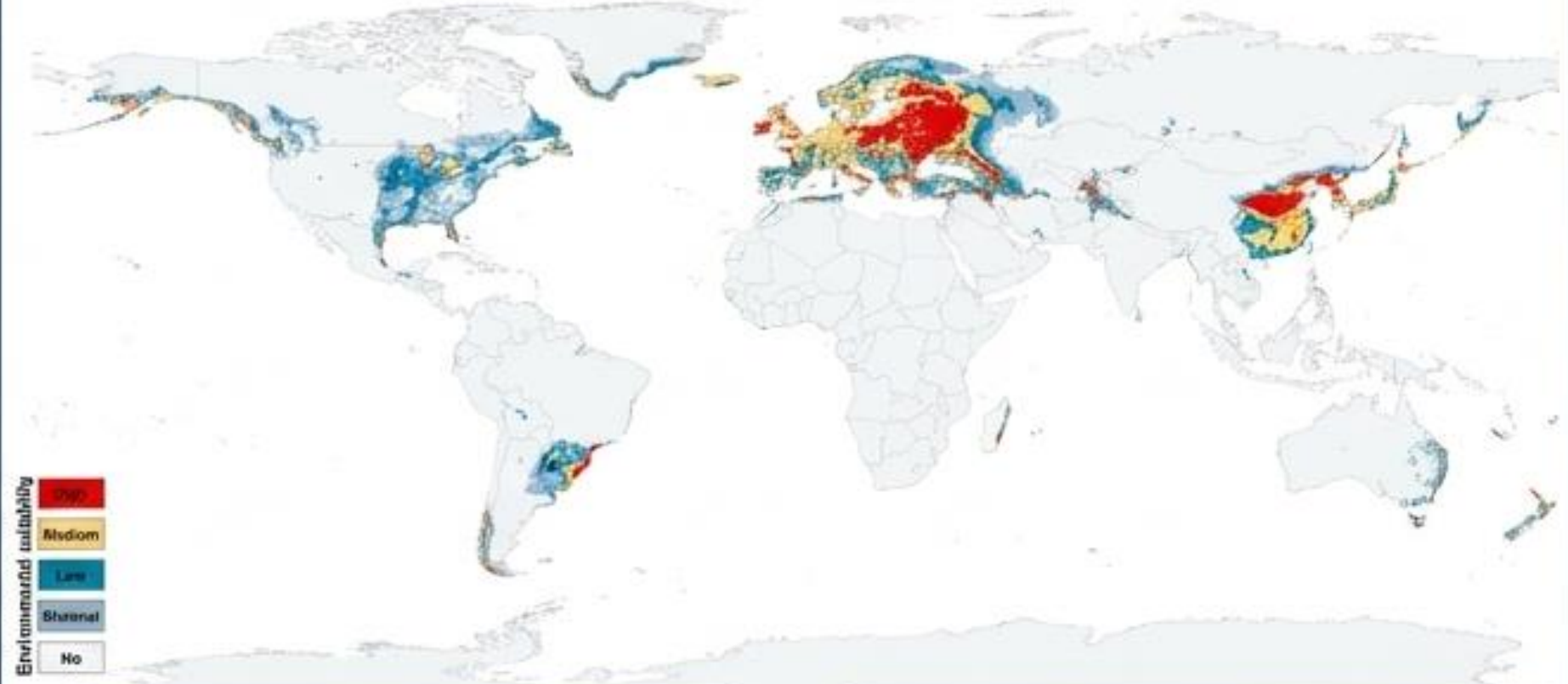


Kritik Olasılık Bölgeleri:

Model, Doğu Asya kökenli bu türün Orta ve Doğu Avrupa, Batı Rusya ve ABD'nin doğusunda yüksek bulunma olasılığına (haritadaki koyu kırmızı alanlar: 1'e alanlar: 1'e yaklaşan değerler) sahip olduğunu göstermektedir.

Sınıflandırılmış Risk ve Sessiz İstila

Haemaphysalis longicornis



Sınıflandırılmış Risk:

Yüksek ve orta dereceli çevresel uygunluk gösteren bölgeler (kırmızı ve sarı alanlar), Avrupa kıtasının neredeyse tamamını kapsamaktadır.



Sessiz İstila Tehlikesi:

Avrupa'da henüz kayıtlı bir vaka olmamasına rağmen, iklimsel modelleme bu bölgenin potansiyel bir işgal için olağanüstü uygun olduğunu kanıtlamaktadır (Geçmişte ABD işgalini nokta atışı tahmin ettiği gibi).

Gelecek Projeksiyonu: 2100 Yılına Kadar İklim Odaklı Genişleme

Devam eden iklim değişikliğinin, bu tehlikeli hastalık vektörü için uygun habitatları 2100 yılına kadar %49'a varan oranda genişleteceği öngörülmektedir. Hastalıkların yeni coğrafyalara yayılmasını önlemek adına, yüksek riskli kırmızı bölgelerde (özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika kıyıları) sınır karantina prosedürlerinin ve proaktif süveyans (izleme) programlarının acilen güçlendirilmesi kritik öneme sahiptir.

Gelecek Projeksiyonu: Tüm Kıta Risk Altında

Ekolojik Uygunluk Modeli

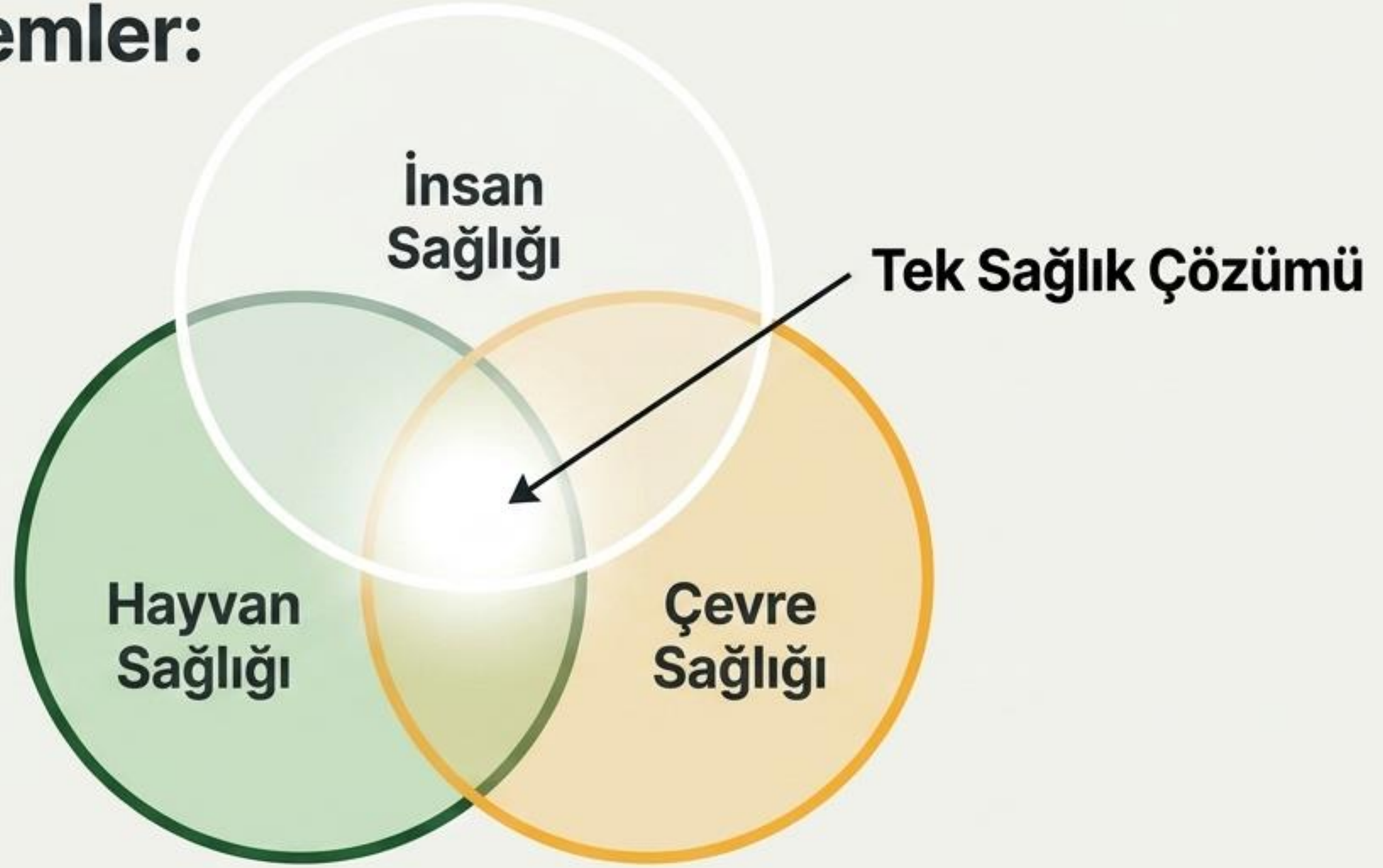
İklim senaryoları, tüm Avrupa kıtasının bu kenenin kalıcı olarak yerleşmesi için yüksek çevresel uygunluğa sahip olduğunu göstermektedir.

Hastalık Yükü

Asya'da ölümcül olan SFTS virüsünün ana taşıyıcısıdır. Bunun yanında, deneysel çalışmalar ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yerleşik popülasyonların, Rocky Mountain spotted fever (RMSF) etkeni olan *Rickettsia rickettsii*'nin, Heartland virüs hastalığına neden olan Bandavirus heartlandense'nin ve kene kaynaklı ensefalit ile ilişkili flavivirüslerden biri olan Orthoflavivirus powassanense'nin yetkin vektörleri olduğunu göstermiştir.



Kesişen Ekosistemler: "Tek Sağlık" (One Health)



Sınırların Çöküşü:

Vektörlerin (keneler ve sivrisinekler) kentsel alanlara adaptasyonu; insan, yaban hayatı ve çevre arasındaki ayrımı tamamen ortadan kaldırmıştır.

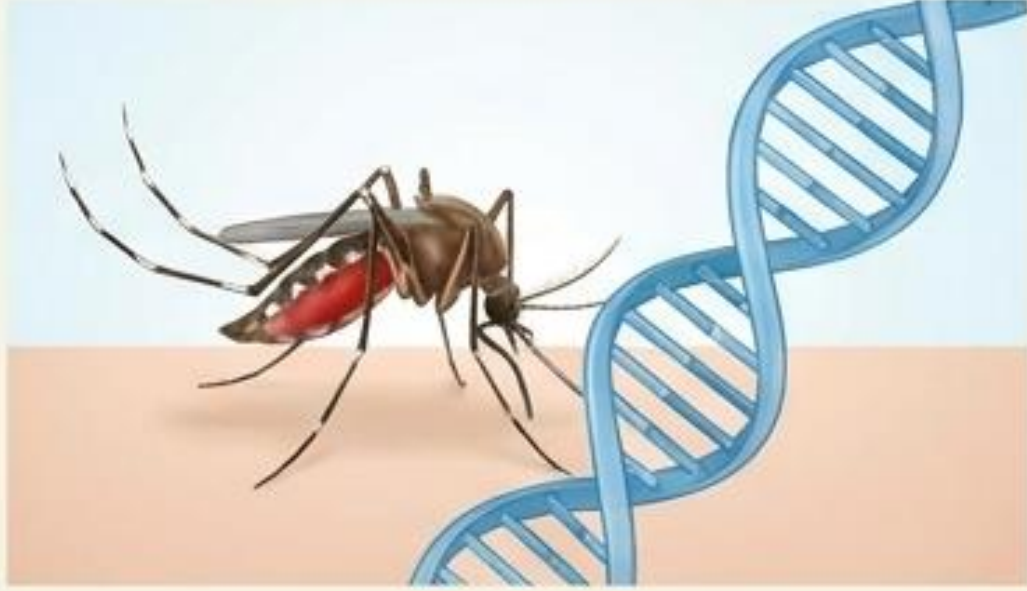
Entegre Yaklaşım:

Hastalıkları sadece hastanede tedavi etmek artık imkansızdır. Kentsel planlama, veterinerlik izlemeleri ve tıbbi müdahaleyi birleştiren sınır ötesi koordinasyon şarttır.

Yenilikçi Mücadele

Sonuç: Vektörlerin kentleşmesi yeni normaldir; savunmamız disiplinler arası ve proaktif olmalıdır.

Biyolojik Müdahale



Steril Böcek Tekniği (SIT) & Wolbachia Teknolojileri:

Kimyasal dirence karşı kısırlaştırma ve bakteriyel kısıtlamalar içeren biyolojik silahlar.

Vatandaş Bilimi



Vatandaş Bilimi (Citizen Science):

İstilacı türlerin (ör. *H. longicornis*, *Ae. albopictus*) erken tespiti için halkın akıllı telefonlarla veri ağına entegre edilmesi.

Aktif Sürveyans



Proaktif Sürveyans:

Salgınları beklemeden doğadaki kriptik döngüleri sürekli izleyen disiplinler arası bir sisteme geçilmelidir.

Katılımınız için teşekkürler

Sorularınızı bekliyorum

Dr. Öğr. Üy. Gürkan Akyıldız
gurkan.akyildiz@marmara.edu.tr