

# Küresel İklim Değişikliği Ekosistemlere Ne Yapar?

Küresel iklim değişikliği doğrudan ve dolaylı sonuçlarıyla doğal ekosistemleri her geçen gün daha fazla etkiliyor. Buysa sayısız insan etkinliğinden dolayı zaten hassas durumda olan pek çok canlı türünün ve ekosistemin sürdürülebilirliğini tehlikeye sokuyor. Ekosistemlerin tehlikede olması aynı zamanda insanların ekosistemlerin sağladığı hizmetlere sıkı sıkıya bağlı olan, yaşamsal ve ekonomik her türlü etkinliğinin ve varlığının sürdürülebilirliğini de ilgilendiren bir sorun. Bu yüzden de küresel iklim değişikliği başta iklimbilim ve koruma biyolojisi olmak üzere pek çok alandan araştırmacının ve strateji uzmanının gündemindeki en önemli konular arasında.





**D**ünya'nın iklimi hiçbir zaman durağan olmadı, yaşamın evrimi ve tarihi boyunca yaşanan değişimler en hafifleriydi. Örneğin son buzul çağında küresel sıcaklıklar bugünkünden 4-5°C daha düşüktü, buzul ara dönemlerindeyse belki 1-2°C daha sıcaktı. Çok küçük nüfuslu ilkel insan topluluklarının yaşadığı bir gezegendeki bu değişimler bariz biçimde doğal kaynaklıydı. Aslında gezegenimizin günlük ya da mevsimlik döngüleri, iklimin tanımlanabileceği çeşitli ölçeklerde, yıllar arasında, on yıllık ve bin yıllık dönemler arasında hep çeşitlilik gösteriyordu. Ekosistemler ve türlerse bu değişimlere karşılık olarak genellikle serbestçe göç edebiliyor ve bu iklimsel tarih boyunca evrim geçiriyordu.

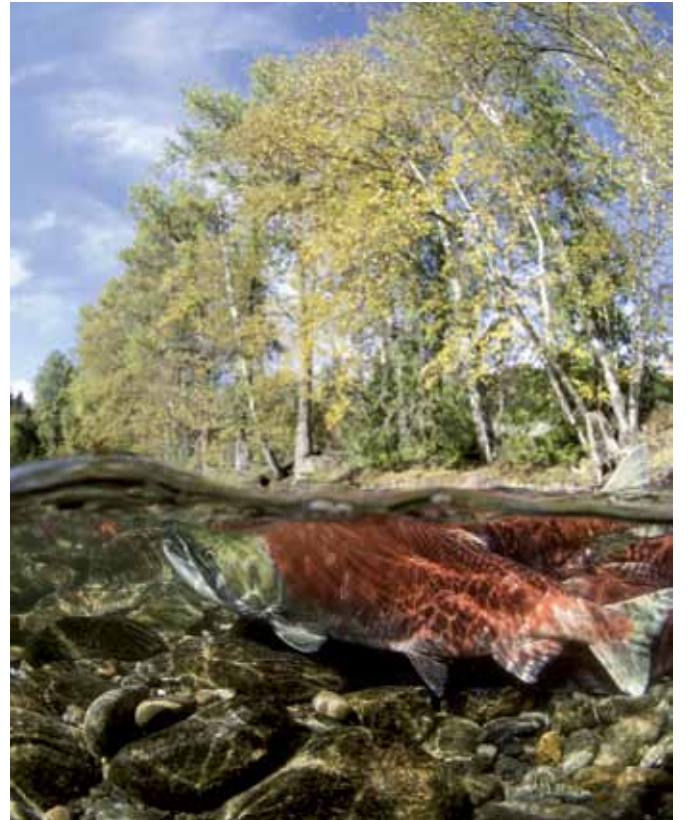
Günümüzdeki ve gelecekteki iklim değişimleri, bu değişimlerin hızı ve ekosistemler ve insanlık için önemi ise, tarihte ve tarih öncesinde gerçekleşenlerden belirgin biçimde farklı. Günümüzde karşı karşıya olduğumuz iklim değişimi büyük ölçüde insan etkilerinden kaynaklı, küresel ısınma, son 10.000 yılda yaşanan bütün değişimlerden daha hızlı. İnsanlık tarihinde yaşanan bu en hızlı değişim altı milyarın üstündeki nüfusumuzun Dünya'ya etkileri düşünüldüğünde, önceki iklim değişimlerine göre ayrı bir önem taşıyor. >>>



## Küresel İklim Değişikliği

Yirmi yıldan uzun bir süredir hükümetler, iklim değişimi, etkileri ve iklim değişimiyle başa çıkmaya yönelik yaklaşımlar konusundaki bilimsel bilgi birikiminin, güvenilir olarak değerlendirilmesini talep ediyor. Bu değerlendirmeyse tek bir elden, Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) adlı kuruluş tarafından yapılıyor. IPCC her 5-7 yılda bir eldeki bilgi birikimini ortaya koymak amacıyla binlerce bilim insanının gönüllü katkısı ile toplanan verileri kullanıyor. IPCC'nin ulaştığı sonuçlar bilim camiası ve hükümetler tarafından titiz biçimde gözden geçirilip değerlendiriliyor ve sonuçta tüm ülkelerin resmen kabul ettiği sonuç raporuna ulaşıyor. Böylece IPCC raporu defalarca gözden geçirilmiş oluyor ve bu rapor iklim değişikliğinin durumu hakkında en güvenilir kaynak olarak kabul ediliyor.

IPCC'nin 2007 raporunda Dünya'nın ortalama sıcaklığının açık biçimde artmakta olduğu belirtildi. Çok sayıda bilimsel kanıt Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığının 1850'den (dünya çapında standart bir termometre ağının oluşturulduğu tarih) bu yana 0,75°C yükseldiğini gösteriyor. Dünya'nın her yeri aynı hızda ısınmıyor. Özellikle karalardaki bazı bölgeler daha hızlı ısınıyor ve birkaç bölgede de (örneğin Antarktika'daki hafif soğuma görülüyor. Ancak toplamda daha fazla bölge ısınma eğiliminde. NASA'nın Goddard Uzay Çalışmaları Enstitüsü'ne göre son yüzyıldaki en sıcak 8 yıl 1998'den sonra yaşandı.





İklim değişikliği deniz seviyesinde yükselmele-  
re de sebep oluyor. Sadece buzulların ve kara buz-  
larının erimesi değil ısınan deniz suyunun hacmen  
genişlemesi de bu yükselmeye katkıda bulunuyor.  
Küresel ortalama deniz seviyesi 20. yüzyıl boyun-  
ca yılda 2 mm'nin altında bir hızla yükseldi. An-  
cak uydu ölçümlerinin başlatıldığı 1992'den bu ya-  
na yükselme hızı yılda 3,1 mm oldu. Deniz seviye-  
sinin yükselmesi sadece kıyı şeridinin içeri çekil-  
mesine değil aynı zamanda halicilerdeki ve koylar-  
daki tuzluluk ve su akıntılarında da değişikliklere  
sebep oluyor.



Küresel iklim değişikliği su döngülerinde de  
önemli değişimlere sebep oluyor. Baharda karın  
erken erimesi, nehirlerin azami debilerine daha er-  
ken ulaşması, dağ buzullarının erimesi, kutuplar-  
da yazın buz miktarındaki çarpıcı düşüş bunlar-  
dan bazıları. Kış yağışları kar değil de yağmur ola-  
rak düşer ve dağlardaki kar yükü daha erken erirse,  
doğal yaşamın ve tarımsal etkinliklerin suya en çok  
ihtiyaç duyduğu yaz boyunca yavaş biçimde salı-  
nabilecek, kar şeklinde depolanmış su miktarı da-  
ha az olur.

Uzun süreli ve şiddetli kuraklıklar, aşırı şiddet-  
li yağışlar ve kasırgalar gibi uç hava olaylarının sık-  
lığının artması da yine küresel iklim değişikliğiyle  
ilişkilendirilen olgular arasında.

Küresel iklim değişikliği Kuzey Kutbu buzulla-  
rını da etkiliyor. Kış aylarında genişleyip yaz ayla-  
rında çekilen kutup buzullarının yıllık asgari yüz  
ölçümü yirminci yüzyılın birinci yarısında 10-11  
milyon km<sup>2</sup> civarında iken 2007 yılında yüzey ala-  
nının 4,1 milyon km<sup>2</sup>'ye kadar düştüğü bir gün ya-  
şandı. Yüzey alanındaki azalmanın yanında bu-  
zul kalınlığında da azalma görülüyor. Kuzey Kut-  
bu'daki buzulların ortalama kalınlığı 1975 ile  
2000 arasında 3,7 m'den 2,5 m'ye düşerek % 33'lük  
bir azalma gösterdi.



İnsan etkinliklerinden kaynaklı olarak salınan karbondioksitin yaklaşık üçte biri çoktan okyanuslar tarafından emildi, bu atmosferdeki karbondioksit oranındaki yükselmeyi ve küresel ısınmayı hafifletti. Ancak karbondioksit suda çözününce suyu asitleştirme, yani suyun pH'sını düşürme etkisine sahip karbonik asit oluşuyor. Bu da okyanus sularının kimyasal özelliğinin değişmesi anlamına geliyor. Böyle bir değişimin deniz ekosistemleri üzerinde kapsamlı etkileri olacağı düşünülüyor.

## Ekolojik Etkiler

İklim değişikliği şimdiden pek çok bitki ve hayvan türünün dağılımında değişiklik yarattı, bazı türlerin yayılış ala-

nında ciddi daralmalar oluştu, bazı türler de yok oldu. IPCC'nin 2007 raporu na göre tüm kıtalardan ve çoğu okyanustan elde edilen gözlemsel veriler, türlerin bölgesel iklim değişimlerinden, özellikle sıcaklık artışlarından etkilenmekte olduğunu gösteriyor. Kara ve deniz ekosistemlerinde fenolojik değişimler (örneğin yaprak açma, çiçek verme zamanlarında), göç etmede ve üreme zamanlarında), türlerin dağılımındaki, yaşama birliklerinin yapısındaki, türlerin etkileşimindeki, ekosistemlerin işleyişi ve üretkenliğindeki değişimler gibi pek çok değişim gerçekleşiyor. Bazı türler yeterince hızlı yer değiştiremedikleri ya da uyum sağlayamadıkları için karşı karşıya kaldıkları yok olma riski daha yüksek

oluyor. Sonuçta bulut ormanları ve mercan resifleri gibi ekosistemler, bütün olarak, mevcut durumlarındaki işlevlerini sürdüremez hale gelebiliyor.

Küresel iklim değişimi türleri, dağılım ve popülasyon özellikleri açısından, çeşitli şekillerde etkiliyor.

## Dağılımdaki Değişiklikler

Sıcaklık ve yağış gibi iklimsel özellikler, belirli bir tür için uygun olan habitatı belirleyen unsurlar. Bu yüzden iklimsel koşullardaki hızlı değişimler büyük ihtimalle türün coğrafi dağılımını da etkiliyor. Türlerin yayılış alanında enlem ya da rakım değişimleri ya da daralmalar meydana gelebiliyor.



Türler üzerinde gözlemlenmiş etkilere ilişkin çalışmalar, yakın geçmişte yayılış alanlarında kuşlara doğru kaymalar olduğunu gösteriyor. Son yıllarda yapılan araştırmalarda bitkilerin, omurgasızlar ve omurgalıların da dâhil olduğu daha fazla sayıda tür için enlemsel kaymalar olduğunu doğ-

ruluyor. Geleceğe yönelik modelleme çalışmaları kuzey yarımkürede, ağırlıklı olarak Kuzey Amerika ve Avrupa'da bitkiler, böcekler, kuşlar ve memeliler için Kuzey Kutbu'na doğru çeşitli ölçeklerde kaymalar olacağını öngörüyor. İklim değişikliğinin sınırlı koşullarda yaşayabilen ve küçük bir yayılış alanına sahip canlılar için daha çarpıcı sonuçlar doğuracağı tahmin ediliyor. İklim değişimi sonucunda böyle türler için zaten kısıtlı olan uygun habitat bölgelerinin yok olması ya da daralması, olası bir durum ve bu da bu türlerin yol olma riskini artırabilir.

Gözlemlerden elde edilen güncel veriler sıcaklık artışıyla birlikte türlerin daha yüksek rakımlı yerlere doğru göçme eğiliminde olduğunu gösteriyor. Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da bitkilerin yayılışında yüksek yerlere doğru kaymalar gözlemlendi. İspanya'da kelebeklerin, sıcaklık değişimiyle tutarlı biçimde 30 yıl içinde 200 metre kadar yükseğe göçtüğü görüldü. Dağlardaki ve çayırılık habitatlardaki türlerin diğer türlere göre rakımsal olarak daha fazla yer değiştirdiği gözlemleniyor.

Eğer bir türün mevcut yayılış alanı ile modellerle öngörülen yayılış alanı hiç örtüşmüyorsa ve tür göç edemiyorsa, o zaman türün yayılış alanı daralabilir. İklim değişikliği ve arazilerdeki değişimlerin etkileşimi, yayılış alanlarında daralmaya ve potansiyel tür kayıplarına neden olabilir. İngiltere'deki ve İskandinavya'daki kelebeklerin yayılış alanlarında, Kuzey Buz Denizi'nin doğal bir engel oluşmasından dolayı daralmalar görüldü.

Dağılımlardaki değişimler, türler üzerindeki doğrudan etkilerinin yanı sıra, etkileşen türlerin ısınmaya farklı tepki vermesi durumunda türler arasındaki biyolojik etkileşimlerin ve ilişki ağlarının bozulmasına da neden oluyor. Bu durum da önemli ekolojik ve evrimsel sonuçlar doğuruyor. Bu şekilde oluşacak yeni biyolojik etkileşimlerin gelecekte biyoçeşitliliği azaltacağına dair tartışmalar olduysa da, modellerde biyolojik etkileşimler pek hesaba katılmadığı için, bu konuda net bir öngörü yok. IPCC'nin 2007 raporundan sonra bu etmen modellere daha fazla dâhil edilmeye başlandı.

## Popülasyonların Durumu

2100 yılına gelindiğinde iklim değişikliğinin biyoçeşitliliği ciddi biçimde etkilemiş olacağı öngörülüyor. IPCC'nin 2007 raporunda şu anki sıcaklıkların sadece 1,5-2,5°C artmasıyla, gelişmiş bitki ve hayvan türlerinin % 30'u bulan bir kısmının yok olma tehlikesi yaşayacağı belirtiliyor.



Pek çok türe ait popülasyonlar, iklim değişikliğinden kaynaklandığı düşünülen nedenlerle küçüldü. Buna karşılık bazı türler de hem çokluk hem de dağılım açısından artış gösterdi. İklim değişikliği türleri çeşitli yollarla etkiliyor.

**Sıcaklık:** Bazı türler sıcaklıktan doğrudan etkileniyor. Örneğin 42°C'yi aşan sıcaklıklar 3500 Avustralya uçan tilkisinin ölümüne yol açtı. İklim değişikliğinin etkileriyle ilgili bir modelleme çalışması da dağ nehirlerinde yaşayan Tayvan alabalığı popülasyonununun 1612 bireyden 146 bireye düşeceğini öngörüyor.

**Yağışlar:** Yağışlardaki ve yağışların mevsimselliğindeki değişimlerin ve özellikle de kuraklığın, memeli ve kuş popülasyonlarında azalmaya sebep olduğu görüldü. Yağışların, Avustralya'nın tropikal yağmur ormanlarındaki kuşların sayıca çokluğunun alansal dağılımını açıklayabildiği gösterildi. Yağmur ve bireylerin sayıca çokluğu arasındaki sıkı ilişki, yağmurun Afrika savan toynaklılarının dinamikleri üzerinde belirleyici olduğunu ve yağıştaki küresel ısınmadan kaynaklı değişimlerin bu memelilerin çokluğunu ve çeşitliliğini belirgin biçimde değiştireceğini düşündürüyor. Kuraklıkların Avustralya'daki tropikal kuşlar için kaynak darboğazları yaratabileceği öngörülüyor.

**Aşırı Hava Olayları:** Aşırı sıcaklık ve yağış olayları türler üzerinde aşamalı iklim değişikliklerinden daha ciddi etkiler yaratabilir. Fizyolojik sınırlarını aşan sıcak hava dalgalarına maruz kalan türlere ait popülasyonlar büyük kayıplara uğrayabiliyor. İklim değişikliğinden kaynaklı sellerin çöl kemirgenlerinde yıkıcı ve türe özel ölümlere yol açtığı gözlemlendi. ABD'de Colorado'daki Rocky Mountain Biyoloji Laboratuvarı'nın sahip olduğu doğal alanlarda yapılan gözlemler, yükselen sıcaklıklarla birlikte çiçek açma döneminin erkene çekildiğini ve bu yüzden tomurcukların dona maruz kalarak ölme oranının arttığını ortaya koydu.

**Rekabet:** Farklı işlevsel grupların iklim değişikliğine farklı şekilde tepki göstermesi, ekosistemdeki rekabeti artırma potansiyeline sahip. Bu da popülasyon-



ların durumunu etkileyebilir. Deneysel çalışmalar karbondioksit oranındaki artışın, çimenler ve ağaç fidanları arasındaki rekabet ilişkisi sonucu çayırıkların ağaçları bitkiler tarafından istila edilmesine destek olduğunu gösterdi. Alpin sistemlerinde sıcaklığın deneysel olarak artırılması, yerleşik tür çeşitliliği ile yeni türlerin yerleşmesi arasındaki ters ilişkiyi ortaya koydu.

**Patojenler, Parazitler ve Zararlılar:** İklim değişiminin konaklar, patojenler ve çevre arasındaki karmaşık ilişkileri ne şekilde etkilediği konusunda çok az şey biliniyor. Yine de iklim değişiminin, hastalıkların dağılımını ve şiddetini değiştirerek, daha yüksek sıcaklıklarda strese giren türleri etkileyebileceğine ilişkin kanıtlar var. Atmosferdeki karbondioksit ve ozon oranlarındaki değişimlerin bazı bitkilerin belirli hastalıklara karşı hassasiyetini artırdığı görüldü. Paleontolojik kanıtlar iklim değişimlerinin bitkiler üzerindeki baskıyı artırabileceğini düşündürüyor. Artan sıcaklıklarla birlikte Avrupa bitki örtüsü üzerindeki böcek etkilerinin artacağı düşünülüyor.

**Besin Kaynağı:** İklim değişikliğinin canlıların besin kaynakları üzerinde doğrudan etkileri olabileceği gibi yangınlar yoluyla dolaylı etkileri de olabilir. Bir türün yayılışındaki kaymalar, birey sayı-

sındaki ve hatta çevresel koşullarındaki değişimler, o türe besin kaynağı olarak ihtiyaç duyan başka türler üzerinde zincirleme etkiler yaratabilir. Örneğin bir modelleme çalışmasında, Avrupa'da belirli bir bitki türü üzerinde yaşamak üzere özelleşmiş bir kelebek türünün yayılış alanınının, 2080 itibarıyla konak bitkisinin yayılış alanıyla daha az örtüleceğini, bunun da besin kaynağı olan bitki ile kelebeğin üremesi arasındaki senkronizasyonu bozarak kelebek yavruları için açlık sorunu yaratabileceği öngörülüyor.

**Zamanlama Sorunu:** Canlıların yaşam döngüleriyle ilgili zamanlamaların da iklim değişikliğinden etkilendiğini gösteren kanıtlar var. Çok sayıda araştırma bitkilerin daha erken yaprak vermeye, çiçek açmaya ve meyve vermeye başladığını, buna karşılık sonbaharda yaşanan olayların geciktiği yönünde bulgular ortaya koyuyor. Bitkiler çevrelerindeki mevsimsel döngüye hassas biçimde bağlı olduğu için, bitkilerin yaşam döngüsündeki zamanlama değişimleri, iklim değişiminden etkilenmekte olduklarının en ikna edici kanıtı olarak kabul ediliyor. Böceklerin, kuşların ve amfibilerin üreme dönemlerinin ilkbahardaki sıcaklıklardan etkilendiği yönünde de yeterince kanıt var. Bu tür zamanlama değişimlerinin popülasyonlarda azalmaya sebep olduğu düşünülüyor.

İklim değişikliğinin göçmen kuşların göç zamanları üzerinde de etkili olduğu düşünülüyor. Hem Kuzey Amerika'daki hem de Avrupa'daki kuşlar arasında bahar göçlerinde erken varış tarihleri kaydedildi. Varış tarihlerindeki değişimlerin kuş türlerinin üreme başarısı üzerinde etkisi olacağı düşünülüyor. Varılan yerde hava koşulları uygun olduğu sürece, erken varmak daha az rekabet, daha fazla kaynağa erişim ve daha fazla yavru verme imkânı açılarından daha avantajlı.

Küresel ısınma sonucu yaşam döngülerindeki zamanlamaların öne çekilmesinin en olası sonuçlarından biri de, üreyen hayvanların besin kaynaklarına en çok ihtiyaç duyduğu dönem ile kaynakların en çok bulunabildiği dönemin örtüşmez hale gelmesi. Göçmen otçullar, örneğin ren geyikleri için beslenmeyle ilgili bir zamanlama uyumsuzluğunun oluşması mümkün görünüyor, çünkü bu hayvanların yavru verdikleri yazlık bölgelere göçme zamanları gündüz uzunluğundaki değişimlere bağlıyken, aynı bölgede bitkilerin büyüme mevsimi yerel sıcaklık koşulları tarafından belirleniyor. Ortalama sıcaklıklar yükselince hayvanlar yazlık bölgelerine, bitkilerin kendileri için en faydalı olacak olan büyüme evresi geçtikten sonra gelmiş oluyor.

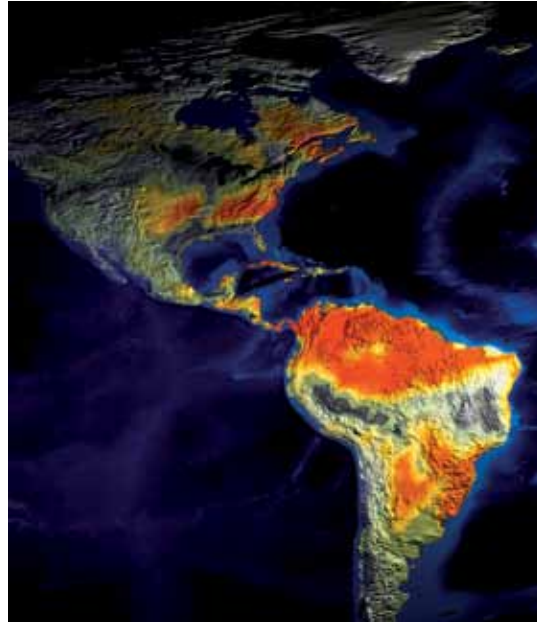
**Büyüme:** İklim değişikliğinin türlerin büyümesinde etkili olabileceğine ilişkin kanıtlar da var. Yetişkin Avrupa kayınları yayılış alanlarının güney kıyısında kuzey kıyısına göre daha kısa boylu, ayrıca sayıları son 25 yıl içinde azaldı. Yağış ve sıcaklık değişimleri ağaçların biyokütlelerinde de değişime sebep oldu.

**Doğurganlık ve Üreme:** Doğurganlığın da iklim değişiminden etkilendiğini düşündüren bulgulara rastlandı. Madagaskar'da soyu tehlike altındaki bir lemur türünün doğurganlığı *El Niño* yılları süresince % 65'in üstünde düştü. *El Niño* olayları aynı sıklıkta devam ederse popülasyon için olumsuz sonuçlar doğabilir. Makaroni penguenlerinin üreme başarısında da düşüş gözlemlendi.

**Cinsiyet Oranları:** Yumurtlayan pek çok sürgünde yavrunun cinsiyeti embriyonik gelişimin kritik bir dönemindeki sıcaklık tarafından belirleniyor. Hava sıcaklıklarındaki artışın, canlılar bir şekilde uyum sağlayamazsa yavrulardaki cinsiyet dağılımında dengesizlikler oluşturması muhtemel görünüyor. Örneğin bir modelleme çalışmasında, 2080'de iklim değişmesi sonucu tuataraların (bir tür kertenkele) yuva sahalarındaki yumurtalardan tamamen erkek yavrular çıkacağı öngörüldü.

## İklim Değişimine Dayanmak

Kapsamı, şiddeti, gidişatı ve etki mekanizmalarını konusunda çok sayıda belirsizlik bulunsada da iklim değişiminin ekosistemler üzerinde geri dönüşü olmayan etkiler yaratma potansiyeli olduğu biliniyor. İşin kötüsü tek tehlike küresel ısınma değil, ekosistemler üzerinde hâlihazırda insan etkinliklerinden kaynaklı büyük baskılar var. Ekosistemlerin iklim değişikliğine rağmen sürdürülebilir olması, büyük ölçüde ekosistemlerin ve barındırdıkları türlerin uyum sağlama yeteneklerine bağlı. Doğal varlıklar üstündeki fazladan baskılar uyum sağlama yeteneklerini olumsuz yönde etkiliyor. İklim değişiminin ekosistemler üzerindeki etkileriyle mücadele etmek için zaman kaybetmeden bir şeyler yapılması gerekiyor. Ancak öncelikle tehlikenin büyüklüğünün ve niteliğinin anlaşılması için daha fazla araştırma yapılması lazım. Özellikle ekosistemlerin ve ekosistem unsurlarının iklim değişikliğine karşı dayanma ve uyum sağlama yeteneklerinin anlaşılması, hassas unsurların belirlenmesi ve önceliklere göre koruma stratejileri oluşturulması gerekiyor. Ayrıca geleceğe yönelik öngörülerin daha isabetli hale getirilmesi için modelleme çalışmalarının geliştirilmesi, daha önce modellerde yer almayan önemli bazı etmenlerin bu modellere dâhil edilmesi önem taşıyor. Görünüşe göre iklim değişiminin ekolojik etkileri insan neslinin geleceği açısından en öncelikli konulardan biri.



Bilgisayarda üretilen bu model gündoğumu sırasında Kuzey ve Güney Amerika'daki net ekosistem değiş-tokuşunu (NEE) gösteriyor. Net ekosistem değiş-tokuşu karbondioksitin (CO<sub>2</sub>) fotosentez yoluyla alımı ve solunum yoluyla salımı arasındaki farkı ifade ediyor. Kırmızı negatif NEE, yani fotosentez yapan bitkiler tarafından atmosferden çok miktarda CO<sub>2</sub> alınıyor, yeşilse pozitif NEE, yani bitkiler ve toprak mikroorganizmaları tarafından CO<sub>2</sub> salımını temsil ediyor. NEE araştırmacıları iklim değişimini modellemede yardımcı oluyor.

### Kaynaklar

"Review of the Literature on the Links Between Biodiversity and Climate Change", United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), 2009.

"Ecological Impacts of Climate Change", Committee on Ecological Impacts of Climate Change, 2008. Green, R. E., Harley, M., Miles, L., Scharlemann, J., Watkinson, A., Watts, O., *Global Climate Change and Biodiversity*, 2003.