The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

# Yer nə qədər yaşıl qala bilər? İqlim modeli qiyamət tarixi yox, aralıqlar verir

*İyirmi doqquz üçölçülü iqlim simulyasiyası Yerin fotosintetik biosferi üçün təxminən 1,35–1,87 milyard il sonra müxtəlif hədlər göstərir. Bu dəyərlər süxurların aşınması, istilik və bitkilərin istifadə edə biləcəyi ən aşağı karbon-dioksid səviyyələri üçün qəsdən sadələşdirilmiş ssenarilərdən asılıdır. Onlar bütün bitkilərin, bütün həyatın, sivilizasiyanın və ya planetin nə vaxt sona çatacağını proqnozlaşdırmır.*

Written by Cinzia Vaglio · Cross-checked by Matteo · Edited by Michele Renda · Figures by Cinzia Vaglio and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Maximum Lifetime of the Vegetative Biosphere*, Jacob Haqq-Misra and Eric Wolf, Journal of Geophysical Research: Atmospheres 131, e2025JD045586 (2026) · DOI: 10.1029/2025JD045586

# Yer nə qədər yaşıl qala bilər? İqlim modeli qiyamət tarixi yox, aralıqlar verir

Bir yarpağın həyatı dar bir tarazlığın içində keçir. Ona işıq, su, karbon dioksid və kimyasının dözə biləcəyi temperatur lazımdır. İnsan ömrü miqyasında Günəş bu tarazlığın dəyişməz hissəsi kimi görünür. Bir milyard il miqyasında isə belə deyil.

Günəş əsas ardıcıllıqda yaşlandıqca yavaş-yavaş daha parlaq olur. Daha çox günəş işığı Yeri qızdırır, amma planetin uzunmüddətli cavabı var: yağış suyu, karbon dioksid və silikat süxurlar arasındakı reaksiyalar atmosferdən karbon dioksidi çıxara bilər. Bu, istixana effektini zəiflədir və istiləşmənin bir hissəsini kompensasiya edir. Planeti soyudan eyni mexanizm nəhayət fotosintetik orqanizmləri canlı toxuma qurmaq üçün istifadə etdikləri karbondan məhrum edə bilər.

Journal of Geophysical Research: Atmospheres jurnalında yeni məqalə soruşur: hansı hədd əvvəl gələcək — həddindən artıq istilik, yoxsa həddindən az karbon dioksid? Cavab Yerin "öləcəyi" tarix deyil. Qəsdən sadələşdirilmiş iki gələcək yol üzrə fotosintetik həyat üçün qəbul edilmiş hədlər indidən təxminən **1,35–1,87 milyard il sonra** aralığına düşür.

Bu aralıq **vegetativ biosferə** aiddir: Yerin canlı sisteminin fotosintetik orqanizmlər, xüsusilə işıq və karbon dioksidi bioloji maddəyə çevirən bitkilər və başqa canlılar tərəfindən saxlanılan hissəsinə. Bu, hər bir mikrob üçün proqnoz deyil. İnsan sivilizasiyasının ömrü deyil. Planetin ömrü də deyil.

## Planetar termostatın iki qeyri-müəyyən tənzimləməsi var

Əsas qeyri-müəyyənlik **silikat aşınmasıdır**. Karbon dioksid yağış suyunda həll olur, silikat süxurlarla reaksiyaya girir və sonda okeanlara və çöküntülərə daşınır. Vulkanlar geoloji zaman miqyasında karbon dioksidi yenidən atmosferə qaytarır. Bu proseslər birlikdə çox vaxt planetar termostat adlandırılan karbonat–silikat dövranının bir hissəsini təşkil edir.

Daha isti və rütubətli dünyada aşınma sürətlənə və karbon dioksidi daha tez çıxara bilər. Amma alimlər gələcəkdə daha parlaq Günəş altında bu reaksiyanın Yeri nə qədər güclü idarə edəcəyini bilmirlər. Buna görə Jacob Haqq-Misra və Eric Wolf guya "doğru" olan tək yol seçməyiblər. Onlar qeyri-müəyyənliyin sərhədlərini müəyyən etmək üçün qəsdən ekstremal iki **son hədd ssenarisini** modelləşdiriblər.

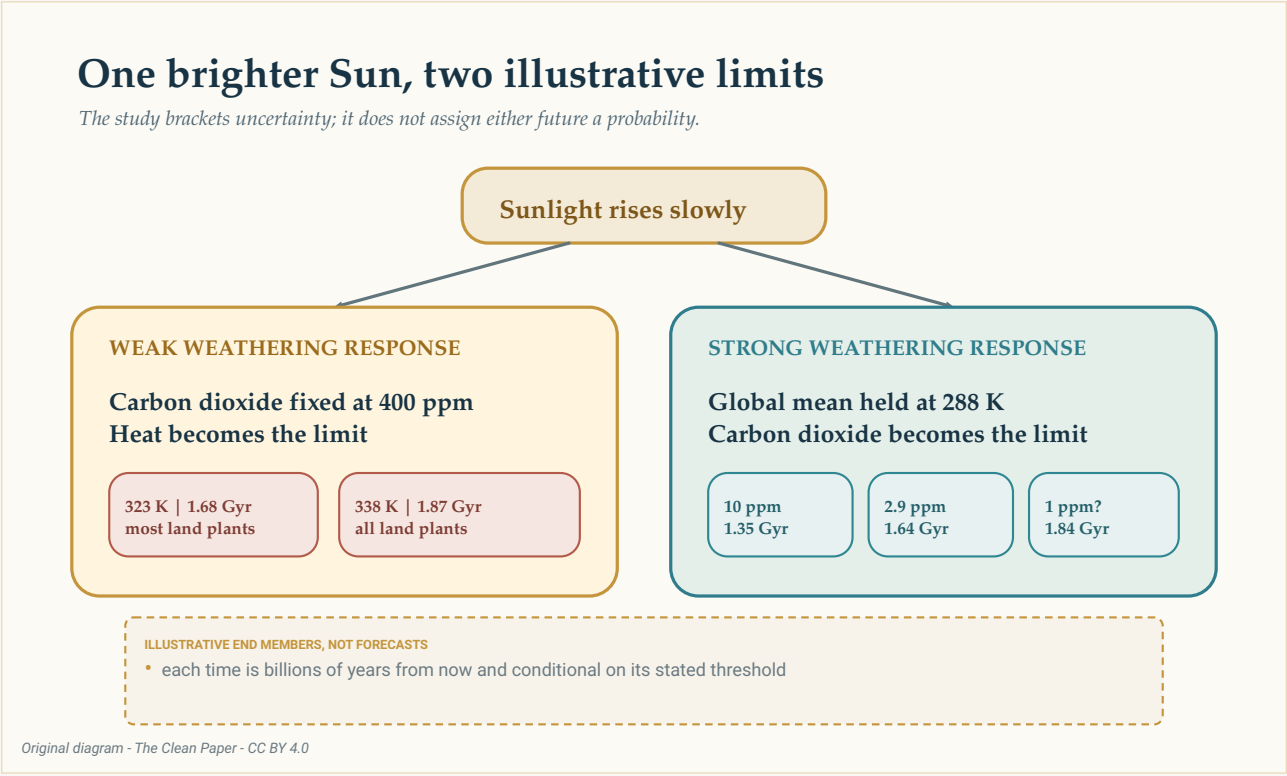
- **Zəif aşınma son həddində** atmosferdə karbon dioksid milyonda 400 hissədə qalır, Günəş parlaqlaşdıqca temperatur yüksəlir.
- **Güclü aşınma son həddində** qlobal orta səth temperaturu 288 kelvində, yəni təxminən 15 dərəcə Selsidə saxlanılır, günəş işığı artdıqca karbon dioksid azalır.

Heç bir qol Yerin real gələcəyi kimi təqdim edilmir. Birinci qol karbon dioksid yüksək qalsaydı

istiliyin nə edəcəyini soruşur. İkincisi isə aşınma qlobal temperaturu bugünkü orta göstəriciyə yaxın saxlasaydı karbon çatışmazlığının nə edəcəyini soruşur.

### Aşınma necə termostat kimi işləyə bilər?

Analogiya həqiqi idarəetmə düyməsinə yox, əks-əlaqəyə aiddir. Daha isti iqlim kimyəvi aşınmanı sürətləndirəndə atmosferdəki daha çox karbon dioksid həll olmuş maddələrə, minerallara və çöküntülərə keçə bilər. Bu istixana qazının çıxarılması ilkin istiləşmənin bir hissəsinə qarşı təsir göstərir. Çox uzun zaman miqyasında vulkanik qazçıxma karbon dioksidi yenidən qaytarır.
Bu zəncirin hər halqasının gücü yağışdan, açıq süxur sahəsindən, eroziyadan, biologiyadan, tektonikadan və okean kimyasından asılıdır. Məhz buna görə məqalə termostatı yaxşı tanınan maşın kimi qəbul etmək əvəzinə sərhəd reaksiyalarını sınaqdan keçirir.




Məqalə qeyri-müəyyən gələcəyi iki izahlı son hədd ssenarisi ilə çərçivələyir. Aşınma zəif reaksiya verərsə, artan istilik quru bitkiləri üçün qəbul edilmiş hədlərə çatır. Güclü reaksiya verərsə, azalan karbon dioksid fotosintez üçün qəbul edilmiş hədlərə çatır. Bunlar şərti model qollarıdır, ehtimallar və ya geri sayım tarixləri deyil.

The Clean Paper CC BY 4.0

# İyirmi doqquz sabitləşmiş model dünyası, iki milyard illik bir film yox

Tədqiqatçılar daha güclü günəş işığı və daha aşağı karbon dioksidin müxtəlif kombinasiyalarında **29 sabit vəziyyət iqlimini** hesablamaq üçün üçölçülü qlobal iqlim modeli olan ExoCAM-dan istifadə ediblər. Hər hal 70 model ili işlədilib. Burada bir model ili sabit şərtlərdə simulyasiya olunan bir illik dövrdür: süni iqlimin sabitləşməsi üçün istifadə edilən iş müddətidir, Yerin gələcəyinə dair ilbəil proqnozun bir addımı deyil. Simulyasiya edilmiş iqlim sabitləşməyə kifayət qədər vaxt tapdıqdan sonra son 20 ilin ortası götürülüb.

Bu 29 hal ayrı-ayrı model dünyalarıdır. Hər işə salınma şəbəkədə bir nöqtədir və “seçilmiş günəş işığı ilə karbon dioksid cütünə hansı sabitləşmiş iqlim uyğun gəlir?” sualına cavab verir. Kompüter bugünkü Yerdən başlayaraq onun atmosferini, süxurlarını, okeanlarını və canlılarını növbəti iki milyard il boyunca fasiləsiz inkişaf etdirməyib. Müəlliflər əvəzində əvvəlcədən hesablanmış nöqtələrdən keçən iki sxematik aşınma yolunu izləyiblər; nöqtələr arasındakı yolun özü simulyasiya edilməyib.

Cədvəl rəsmi model məlumatları arxivindəki günəş işığı və karbon-dioksid kombinasiyalarını təkrar verir. Hal ID-ləri burada arxiv sırasına uyğun oxuma rahatlığı üçün əlavə edilib. **S/S0** nisbi günəş sabitidir: modeldə istifadə olunan daxil olan günəş enerjisinin indiki S0 dəyərinə nisbətidir. Buna görə 1,2 dəyəri bugünkündən 20 faiz çox daxil olan günəş enerjisi deməkdir. **CO2 (ppm)** atmosferdəki karbon-dioksid qarışma nisbətidir — hər milyon atmosfer molekuluna düşən molekul sayı.

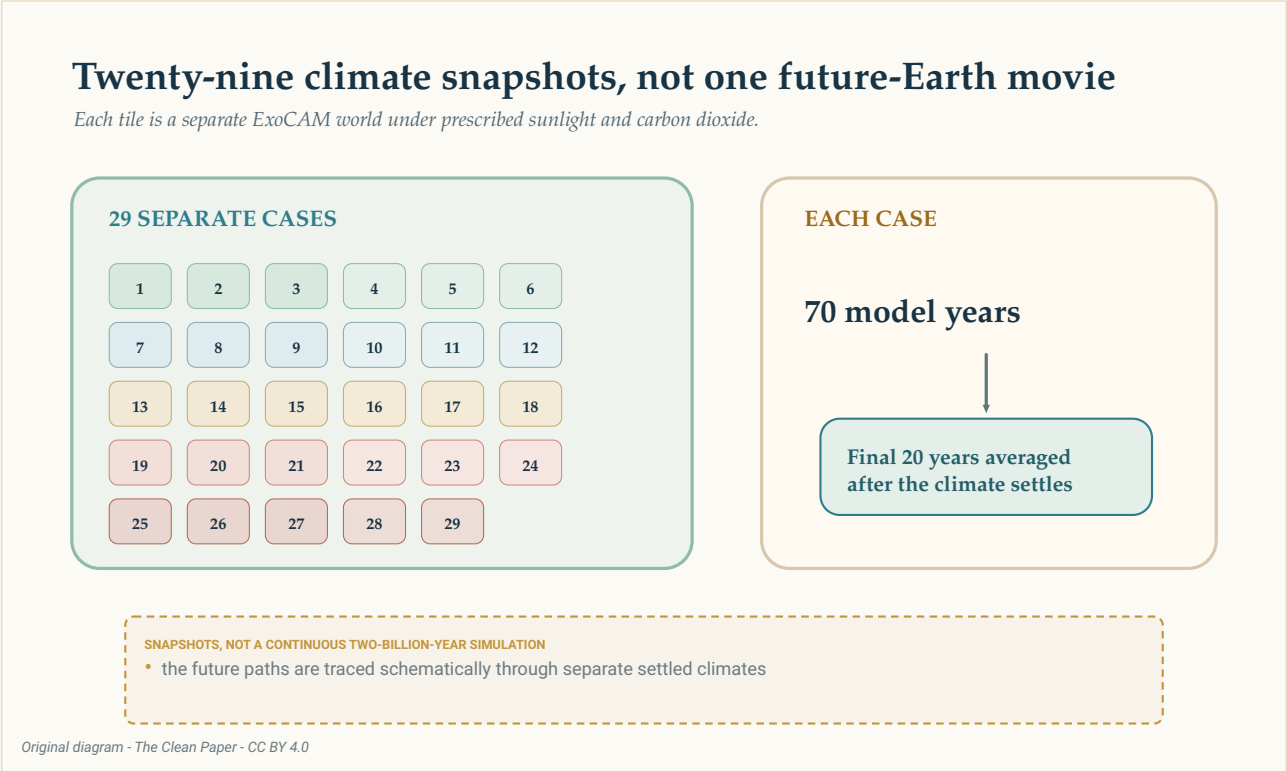
| Hal ID | S/S0 | CO2 (ppm) |
|---:|---:|---:|
| 1 | 1.0 | 400 |
| 2 | 1.0 | 180 |
| 3 | 1.0 | 11.25 |
| 4 | 1.0 | 1.40625 |
| 5 | 1.044 | 400 |
| 6 | 1.044 | 180 |
| 7 | 1.044 | 135 |
| 8 | 1.044 | 11.25 |
| 9 | 1.044 | 1.40625 |
| 10 | 1.081 | 400 |
| 11 | 1.081 | 180 |
| 12 | 1.081 | 11.25 |
| 13 | 1.081 | 1.40625 |
| 14 | 1.091 | 400 |
| 15 | 1.091 | 180 |
| 16 | 1.091 | 34 |
| 17 | 1.091 | 11.25 |
| 18 | 1.091 | 1.40625 |
| 19 | 1.143 | 400 |

| Hal ID | S/S0 | CO2 (ppm) |
|---|---|---|
| 20 | 1.143 | 180 |
| 21 | 1.143 | 11.25 |
| 22 | 1.143 | 6 |
| 23 | 1.143 | 1.40625 |
| 24 | 1.2 | 400 |
| 25 | 1.2 | 180 |
| 26 | 1.2 | 11.25 |
| 27 | 1.2 | 1.40625 |
| 28 | 1.2 | 0.45 |
| 29 | 1.2 | 0 |

Model Yeri tanış görünür, amma qəsdən məhduddur. O, Yer ölçüsündədir və indiki coğrafiyadan istifadə edir. Tam dövr edən okean əvəzinə sadələşdirilmiş qarışıq-qat okeanı var, atmosfer təzyiqi təxminən Yerin indiki dəyərinə — bir bara — qoyulub və metan sabit saxlanılıb. Orbiti tam dairəvidir (ekssentrisitet sıfırdır), fırlanma oxunun meyli yoxdur (obliklik sıfırdır). Açıq şəkildə torpaq, bitki örtüyü və ya dəyişən biosferdən əks-əlaqə yoxdur. Ən vacibi, iqlim modeli süxur aşınması modeli ilə dinamik birləşdirilməyib. Başqa sözlə, ExoCAM aşınmanı hesablayıb, onunla karbon dioksidi yeniləyib sonra növbəti iqlimi əks-əlaqə dövründə işə salmır. Tədqiqatçılar bunun əvəzinə iki sərhəd yolunu əvvəlcədən müəyyən edib onları 29 haldan ibarət iqlim şəbəkəsi boyunca izləyiblər.

**İqlim modelində “sabit vəziyyət” nə deməkdir?**

Sabit vəziyyət halı seçilmiş bir Günəş və atmosfer altında sabitləşməsinə imkan verilən model iqlimidir. Simulyasiya daxilində hava gündən-günə və ildən-ilə dəyişməyə davam edir, amma uzunmüddətli orta göstəricilər güclü şəkildə sürüşməyi dayandırır.
Bu, “bu şərtlərə hansı iqlim uyğun gəlir?” sualını vermək üçün faydalıdır. Real Yerin bir şərt dəstindən digərinə dəqiq hansı yol ilə keçəcəyini proqnozlaşdırmaq isə başqa şeydir.




Hər xana 70 model ili işlədilmiş ayrıca ExoCAM iqlim simulyasiyasıdır; son 20 ilin ortası götürülüb. Tədqiqat əvvəlcədən seçilmiş günəş işığı və karbon-dioksid şərtlərində 29 sabitləşmiş iqlimi nümunə götürüb; iki milyard il boyunca fasiləsiz inkişaf edən bir Yeri simulyasiya etməyib.

The Clean Paper CC BY 4.0

# Birinci son həd: karbon dioksid kifayətdir, istilik həddindən çoxdur

Zəif aşınma qolunda karbon dioksid milyonda 400 hissədə sabit qalır. Günəş enerjisi artdıqca məhdudlaşdırıcı amil istilik olur.

Məqalə əvvəlki işlərdən götürülmüş iki qlobal orta temperatur həddindən istifadə edir:

- **323 kelvində**, qlobal illik orta kimi təxminən **50 dərəcə Selsidə**, dünya quru bitkilərinin əksəriyyəti üçün həddindən artıq isti hesab olunur. Model bu həddə təxminən **1,68 milyard ildən sonra** çatır.
- **338 kelvində**, qlobal illik orta kimi təxminən **65 dərəcə Selsidə**, dünya bütün quru bitkiləri üçün həddindən artıq isti hesab olunur. Model bu həddə təxminən **1,87 milyard ildən sonra** çatır.

Bunlar qəbul edilmiş bioloji hədlərdir, hər bir fotosintetik orqanizmin mütləq sıradan çıxdığı universal temperatur deyil. Qlobal orta həm də böyük regional fərqləri gizlədir. Tədqiqat temperatur və su kombinasiyalarının harada uyğun qala biləcəyini ayrıca araşdırır, amma

iqlim xəritəsindəki etiket gələcəyin bütün sığınacaqlarını və adaptasiyalarını kataloqlaşdıra bilməz.

## İkinci son həd: temperatur dözümlüdür, karbon dioksid isə çox azdır

Güclü aşınma qolunda qlobal orta temperatur 288 kelvində, təxminən 15 dərəcə Selsidə saxlanılır, atmosferdəki karbon dioksid isə azalır. Burada cavab müxtəlif fotosintez yollarının nə qədər az karbonla işləyə bilməsindən asılıdır.

- Ənənəvi **milyonda 10 hissə** həddində — hər milyon atmosfer molekuluna 10 karbon-dioksid molekulu — C4 fotosintezi üçün həd təxminən **1,35 milyard ildən sonra** gəlir. C4 fotosintezindən qarğıdalı və şəkərqamışı kimi bitkilər istifadə edir və bu mexanizm karbon dioksidi onu fiksə edən fermentin ətrafında cəmləyir.
- Əvvəlki işlərdə müzakirə edilən alternativ **milyonda 2,9 hissə** C4 həddindən istifadə etmək bu vaxtı təxminən **1,64 milyard ilə** keçirir.
- Bəzi CAM bitkilərinin — gecə karbon-dioksid qəbulunu onun gündüz istifadəsindən ayıran crassulacean acid metabolism istifadə edən bitkilərin — və ya həll olmuş bikarbonatdan istifadə edə bilən su bitkilərinin mümkün davamlılığı ilə əlaqələndirilən ehtiyatlı **milyonda 1 hissə** həddi bunu təxminən **1,84 milyard ilə** keçirir.

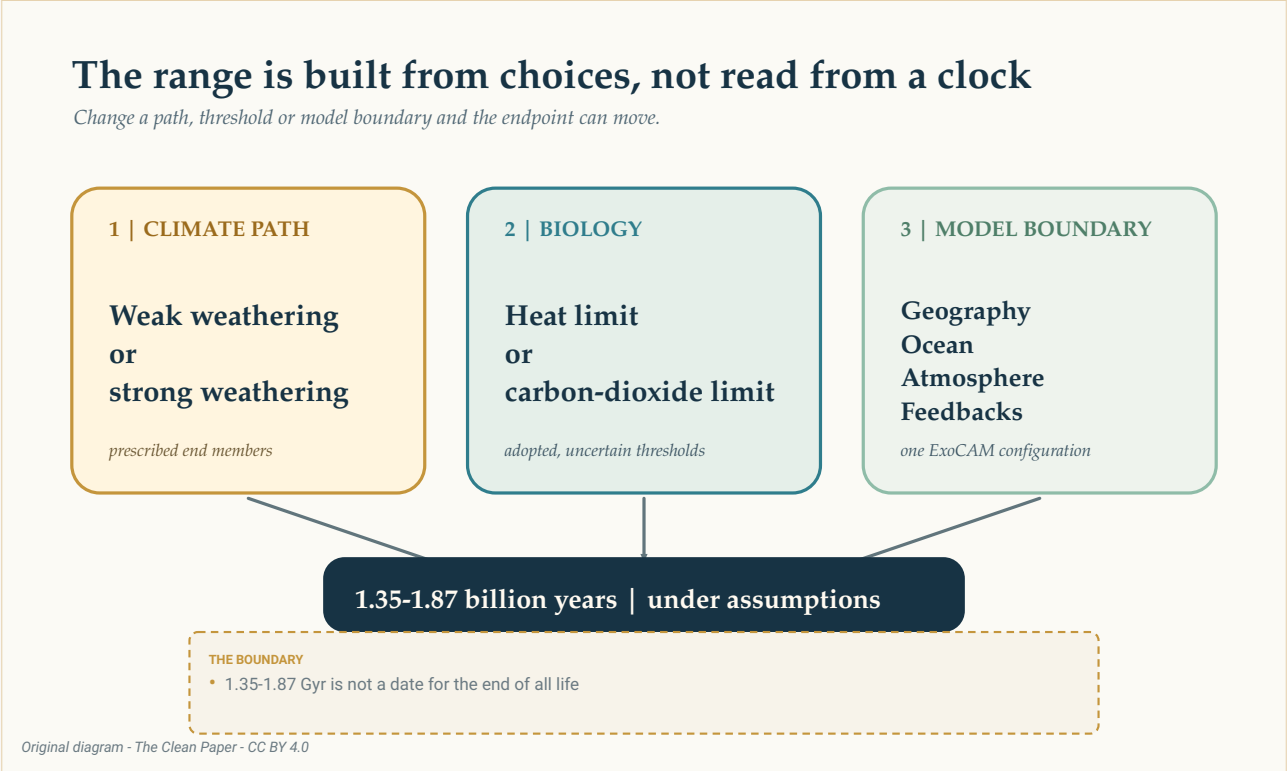
Sonuncu rəqəmin bioloji qeydi ən böyüyüdür. Müəlliflər milyonda bir hissə həddini açıq şəkildə ilkin və ehtiyatlı fərziyyə adlandırırlar. Bu, gələcək Yer şərtlərində bütün CAM bitkiləri və ya su bitkiləri üçün eksperimental olaraq müəyyən edilmiş sağqalma həddi deyil.

> **C3, C4 və CAM strategiyalardır, pillələr yox**
>
> Bitkilər karbonu tutmaq üçün müxtəlif biokimyəvi yollardan istifadə edir. **C3 fotosintezi** ən geniş yayılmışdır. Qarğıdalı və şəkərqamışı kimi bitkilərin istifadə etdiyi **C4 fotosintezi** karbon dioksidi karbonu fiksə edən fermentin ətrafında cəmləyir və karbon dioksid az olduqda daha yaxşı işləyə bilər. **Crassulacean acid metabolism (CAM)** karbon qəbulunu və istifadəsini gecə ilə gündüz arasında ayırır və bir çox bitkinin suya qənaət etməsinə kömək edir.
> Bunlar növ səviyyəsində çoxlu fərqləri olan strategiyalar ailələridir, “daha yaxşı” bitkilərin ardıcıl pillələri deyil. Məqalədəki çox aşağı karbon-dioksid hədləri mümkün sərhədləri araşdırmaq üçün fərziyyələrdir; gələcək ekosistemin onlardan istifadə edəcək şəkildə təkamül edəcəyinə zəmanət deyil.

# Niyə 1,86 milyard il “son istifadə tarixi” deyil?

Məqalənin çox sitat gətirilən təxminən **1,86 milyard il** qiymətləndirməsi iki optimist yuxarı son nöqtənin ortasıdır: karbon-dioksid məhdudiyyətli qolda 1,84 milyard il və istilik məhdudiyyətli qolda 1,87 milyard il. Bu, iki fərqli ssenarinin yığcam xülasəsidir. Daha yüksək dəqiqliyə malik üçüncü model nəticəsi deyil və “ən yaxşı qiymətləndirmə” tarixi deyil.

Hətta daha geniş 1,35–1,87 milyard illik aralığın da vahid ehtimalı yoxdur. Aşağı və yuxarı dəyərlər fərqli aşınma fərziyyələrindən, fərqli bioloji hədlərdən və bir iqlim modeli konfiqurasiyasından asılıdır. Aralıq zamanı ölçdüyü qədər təcrübədəki seçimləri də ölçür.




1,35–1,87 milyard illik aralıq yalnız aşınma yolu, bioloji hədd və model sərhədi seçildikdən sonra yaranır. Bu, bütün həyatın yox olması ilə bitən saat yox, fərziyyələr xəritəsidir.

The Clean Paper CC BY 4.0

# Başqa hədlər daha əvvəl gələ bilər

Vegetativ biosfer üçün ən uzun qiymətləndirmələr ayrı və qeyri-müəyyən bir sərhədə yaxınlaşır: okeanların böyük itkilərinə səbəb ola biləcək rütubətli və ya nəzarətdən çıxmış istixana halına. Günəş işığı artarkən bu hallar nə vaxt başlayır sualında iqlim modelləri, xüsusilə indiki şərtlərdən uzaqda, ciddi şəkildə fərqlənir. Bəzi qiymətləndirmələr onları ən optimist fotosintez həddindən əvvəl yerləşdirir.

Bu o deməkdir ki, yuxarı qol Yerin indidən 1,87 milyard il sonrayadək okeanlarını, tanış qitələrini və yaşayışa yararlı səth şərtlərini qoruyacağına vəd kimi oxuna bilməz. Model gələcək plitə tektonikasını, quru sahəsinin dəyişməsini, təkamül edən ekosistemləri və ya tam dinamik okeanı da daxil etmir. Atmosferin enerjini necə udub buraxdığına dair hesablamalar da güclü günəş işığı və həddindən aşağı karbon dioksid şəraitinə qədər uzadılır; müxtəlif modellər məhz bu rejimlərdə bir-birindən uzaqlaşır.

Təkamül adaptasiyası və texnoloji müdaxilə məqalənin müzakirəsində mümkün variantlar kimi görünür. Onlar 29 iqlim simulyasiyasının nəticəsi deyil. Model gələcək orqanizmlərin milyonda bir hissə karbon-dioksidlə işləyən fotosintez yolu təkamül etdirdiyini göstərmir və sivilizasiyanın atmosferi bir milyard il idarə etdiyini də göstərmir.

## Bu, bugünkü iqlim böhranı barədə nəticə deyil

Günəşin parlaqlaşması yüz milyonlarla və milyardlarla il ərzində təsir edir. Müasir, insan mənşəli istiləşmə isə onilliklər və əsrlər ərzində istixana qazlarının sürətlə artmasından yaranır. Bunlar kökündən fərqli zaman miqyasında işləyən fərqli təsirlərdir və fərqli suallara cavab verir.

Bu tədqiqatda heç nə indiki iqlim dəyişikliyinə dair sübutları zəiflətmir və tədbirlərin gecikdirilməsini əsaslandırmır. Uzaq gələcəyə aid bir model ssenarisində müəyyən fotosintetik həyatın qala bilməsi bugünkü cəmiyyətlərin və ekosistemlərin təhlükəsiz olduğu iqlimlə eyni şey deyil.

Məqalənin dəyəri ondadır ki, çox uzaq bir sualı daha intizamlı edir. O göstərir ki, günəş işığı artarkən karbon dioksid sabit saxlanılan əvvəlki, daha sadə modellər həddindən artıq istiləşmiş ola bilər və fotosintetik həyatın davam etməsi üçün tək bir kanonik karbon həddinin göstərdiyindən daha çox yol ola bilər. Eyni zamanda hər əlavə milyard ilin bir hissəsinin niyə fərziyyələr zəncirinə bağlandığını göstərir.

Bir yarpağı qidalandıran Günəş yavaş-yavaş dəyişir. Yerin daha 1,35, 1,87 və ya başqa sayda milyard il yaşıl qalması süxurların, suyun, atmosferin və həyatın birlikdə necə cavab verməsindən asılı olacaq. Dürüst nəticə tarix deyil. Bu tarazlığa daha geniş baxışdır.

## Təmiz xülasə

Üçölçülü iqlim tədqiqatı Günəş yavaş-yavaş parlaqlaşdıqca Yerin vegetativ — fotosintetik — biosferinin nə qədər davam edə biləcəyini soruşur. Tədqiqatçılar 29 ayrı sabit vəziyyət iqlimi hesablayıb və onların içindən iki izahlı son hədd yolu çəkiblər. Zəif aşınma və milyonda 400 hissədə sabit karbon dioksid zamanı quru bitkiləri üçün qəbul edilmiş istilik hədlərinə indidən təxminən 1,68 və 1,87 milyard il sonra çatılır. Güclü aşınma və qlobal orta temperaturun 288 kelvində, təxminən 15 dərəcə Selsidə sabit saxlandığı halda, fotosintez üçün qəbul edilmiş

karbon-dioksid hədlərinə təxminən 1,35, 1,64 və ehtiyatlı hədd istifadə edilərsə 1,84 milyard il sonra çatılır. Tez-tez sitat gətirilən 1,86 milyard il yalnız iki optimist yuxarı son nöqtənin yuvarlaqlaşdırılmış ortasıdır. Bunlar ssenaridən asılı model aralıqlarıdır, Yerin, bəşəriyyətin və ya bütün həyatın nə vaxt bitəcəyinə dair tarix deyil. Model əvvəlcədən müəyyən edilmiş yollardan, indiki coğrafiyadan, qarışıq-qat okeanından istifadə edir və torpaq–bitki örtüyü və ya iqlim–aşınma əlaqəsini açıq şəkildə modelləşdirmir; ən uzun qiymətləndirmələr isə qeyri-müəyyən istixana və okean itkisi hədlərinə yaxınlaşır.

## No-BS yoxlaması

**Məqalə nə göstərir:** Bu ExoCAM konfiqurasiyasında üçölçülü iqlimlər artan günəş işığı və sabit karbon dioksid altında müqayisə üçün istifadə olunan sadələşdirilmiş modellərdən ümumilikdə daha az istiləşir. Əvvəlcədən müəyyən edilmiş iki aşınma son həddi və bir neçə qəbul edilmiş bioloji hədd boyunca vegetativ biosferin sərhədləri indidən təxminən 1,35–1,87 milyard il sonrasına düşür.

**Ağlabatan, amma müəyyən edilməmiş hissə:** Bəzi CAM bitkilərinin və ya həll olmuş bikarbonatdan istifadə edən su bitkilərinin atmosferdə karbon dioksid milyonda bir hissəyə yaxın olarkən fotosintezi davam etdirə bilməsi; adaptasiya və ya texnologiyanın fotosintetik həyatı daha da uzada bilməsi; real iqlim–aşınma yolunun modeldəki iki son hədd arasında qalması.

**Nəyi göstərmir:** Bütün bitkilərin, bütün həyatın, insan sivilizasiyasının, Yerin okeanlarının və ya planetin bitəcəyi sabit tarixi; növbəti iki milyard ilin bir fasiləsiz simulyasiyasını; yaxud bugünkü insan mənşəli iqlim dəyişikliyini kiçiltmək üçün hər hansı əsas.

**Əsas məhdudiyyətlər:** Bir iqlim-model ailəsindən 29 sabit vəziyyət halı; dinamik əlaqələndirilmiş deyil, əvvəlcədən müəyyən edilmiş aşınma yolları; indiki coğrafiya; qarışıq-qat okeanı; sabit metan; sıfır obliklik və ekssentrisitet; açıq torpaq, bitki örtüyü və biosfer əks-əlaqəsinin olmaması; qeyri-müəyyən istilik və karbon-dioksid hədləri; rütubətli və nəzarətdən çıxmış istixana hallarına yaxın geniş model fikir ayrılığı.

**Ümumi oxucu nə qədər əmin olmalıdır?** Tədqiqatın ağlabatan model aralığını genişləndirdiyinə və onu idarə edən fərziyyələri üzə çıxardığına yüksək inam. Bu model daxilində rəqəmsal aralığın faydalı sərhəd kimi istifadəsinə orta inam. Dəqiq bir tarixə isə aşağı inam, çünki ən uzaq son nöqtələr qəsdən ekstremal iqlim yollarından və qeyri-müəyyən biologiyadan asılıdır.

## Mənbələr

Haqq-Misra & Wolf, Maximum Lifetime of the Vegetative Biosphere, Journal of Geophysical Research: Atmospheres 131, e2025JD045586 (2026)
https://doi.org/10.1029/2025JD045586

Haqq-Misra & Wolf, Maximum Lifetime of the Vegetative Biosphere: Model Data, Zenodo record 16584870
https://doi.org/10.5281/zenodo.16584870