



## GUJAVICE I NJIHOVA ULOGA U EMISIJI STAKLENIČKIH PLINOVA

**Pierre Ganault<sup>1\*</sup>, Sacha Delmotte<sup>2</sup>, Agnès Duhamet<sup>2</sup>, Gaëlle Lextrait<sup>2</sup>, Yvan Capowiez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> CEFE, Univ. Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, Univ. Paul-Valéry Montpellier, Montpellier, France

<sup>2</sup> Université de Montpellier, Montpellier, France

<sup>3</sup> INRAE, UMR 1114 EMMAH, INRAE/Université d'Avignon, 84914 Avignon, France

### MLADI RECENZENTI



**GWEN**

DOB: 13

Masa svih gujavica koje žive na našem planetu veća je od mase bilo koje druge kopnene vrste životinja. Postoji preko 7000 vrsta gujavica, a uključene su u mnoge procese koji održavaju tlo zdravim i pomažu u rastu bilja što ih čini izuzetno važnim organizmima za proučavanje. Aktivnost gujavica također pospešuje rast bakterija, kako u tlu tako i u njihovom probavilu. Neka istraživanja sugeriraju kako bi te bakterije mogle povećati emisiju stakleničkih plinova, posebice ugljikovog dioksida i dušikova(I) oksida koji pridonose globalnom zagrijavanju. Dakle, sveukupno gledano, jesu li gujavice dobre ili loše za okoliš? Ovaj članak opisati će pokuse koji se mogu provoditi za proučavanje veza između gujavica i proizvodnje stakleničkih plinova, kao i pokazati ograničenja tih pokusa. Učinci gujavica na procese tla su jako složeni, te stoga znanstveno izazovni, važni i uzbudljivi.

## EKOLOŠKA SKUPINA

Gujavice se razlikuju ovisno o tome gdje žive u tlu, čime se hrane i koje im je boje koža. Postoje tri glavne skupine: epigejne, endogejne i anecične gujavice.

## EKSKREMENTI

Kakica gujavica. Ovisno o ekološkoj skupini može biti odložen na površini tla ili u tlu, u njihovim tunelima.

## INŽENJERI EKOSUSTAVA

Organizmi koji mijenjaju dostupnost resursa drugim vrstama. Termiti, mravi i gujavice su glavni inženjeri tla.

## GUJAVICE, PODZEMNI INŽENJERI

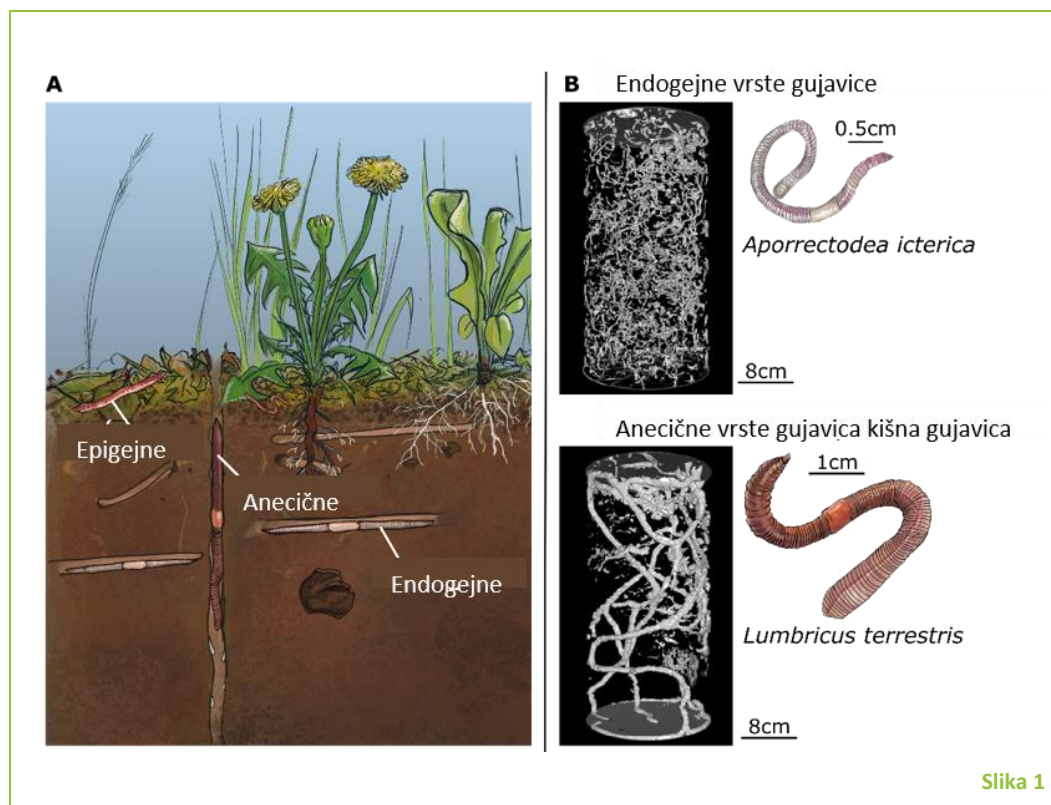
Pod našim nogama u tlu žive tisuće životinja uključujući slavne gujavice. Izraz „gjavica“ zapravo se odnosi na mnoge vrste. Znanstvenici su opisali oko 7000 vrsta gujavica diljem svijeta, ali neka područja su slabo istražena te znanstvenici očekuju kako postoji više od 30.000 vrsta gujavica koje tek treba opisati [1]. Gujavice su beskralježnjaci što znači da nemaju kosti. Gujavice, za razliku od kukaca, nemaju ni egzoskelet ni oči, ali imaju snažne mišiće. Gujavice se mogu kretati kroz tlo, pa ga čak i jesti uz otpalo lišće. Iako većina vrsta gujavica izgleda slično, one imaju različite načine života koji ih svrstavaju u tri glavne **ekološke skupine** (Slika 1A) [2].

Prvu skupinu, nazvanu **epigejnom**, čine male gujavice (3-10 cm) crvene boje, koje se mogu koristiti u vermikompostiranju. Epigejne gujavice žive u otpalom lišću. Boja ih štiti od UV zračenja i kamuflira od površinskih predatora. Bez ukopavanja u tlo one jedu otpalo lišće i pretvaraju ga u male komadiće **organske tvari** u svom izmetu, koji se naziva **ekskrement**. **Endogejne** gujavice su veće (5-15 cm) i potpuno su nepigmentirane. Žive isključivo u tlu gdje kopaju brojne tunele (Slika 1B). U eksperimentalnoj posudi 4 endogejne gujavice su tijekom 6 tjedana iskopale 2.2 km tunela širine 3.5 mm po kubnom metru tla [3]! Dok kopaju one jedu sitne komadiće otpalog lišća koji se nalaze u tlu, te miješaju organsku tvar u tlu (Slika 2). Treća skupina se naziva **anecičnim** gujavicama. Te gujavice su najveće i mogu narasti od 10 cm do jednog metra duljine! Kopaju okomite tunele (Slika 1) koji mogu biti dublji od jednog metra. Noću proviruju glavama iz tla i uzimaju otpalo lišće s površine, te ga vuku u dublje slojeve tla. S obzirom kako samo glavom izlaze iz tla, samo je ona pigmentirana.

Jedenje i zakapanje otpalog lišća, te kretanje kroz tlo stvaranjem tunela dvije su glavne aktivnosti gujavica. Ti su postupci dobri za tlo, ostale organizme tla i cijeli **ekosustav** zbog čega su zaslužile naziv „**inženjeri ekosustava**“.

**SLIKA 1**

(A) tri glavne skupine gujavica, epigejne, anecične i endogejne. Izvor ilustracija: <https://www.lesbullesde mo.fr/>.  
 (B) 3D rekonstrukcija rendgena sustava tunela endogejne vrste gujavice (*Aporrectodea icterica*) i anecične vrste gujavica kišna gujavica (*Lumbricus terrestris*).  
 Izvor rendgenske snimke: Yvan Capowiez.



Slika 1

**KAKO GUJAVICE MIJENJAJU TLO I RAST BAKTERIJA**

Tuneli gujavica značajno mijenjaju strukturu tla tako što stvaraju velike prostore u kompaktnom tlu. Tuneli su stanište mnogim organizmima poput sitnih beskrležnjaka, bakterija i biljnog korijenja. Tuneli također funkcioniraju kao cijevi koje povećavaju protok vode i kisika između površine i dubljih slojeva tla. Gujavice različitih ekoloških grupa prave tunele koji različito utječu na tok vode i plinova. U eksperimentu koje su proveli Capowiez i sur. (2015) u PVC cijevima (promjer 16 cm, visina 30 cm, slika 1B), tuneli endogejnih gujavica su dopuštali protok vode kroz tlo brzinom od 5.2 L po minuti, dok je protok kod anecičnih gujavica iznosio 12.4 L po minuti s obzirom kako su njihovi tuneli širi, dulje neprekinuti i okomiti.

U ekosustavima gdje su gujavice brojne, otpalo lišće brzo nestaje i ne nakuplja se na površini tla. Epigejne gujavice pretvaraju otpalo lišće u sitnije komadiće u svojim ekskrementima, a anecične gujavice ih prenose u dublje slojeve tla. Endogejne gujavice zatim jedu sitne komadiće otpalog lišća ili čestice korijenja uz tlo što izlučuju iza sebe gdje god se kreću. Ovo ponašanje rezultira preraspodjelom **organske tvari** u tlu. Umjesto nakupljanja na površini tla organska tvar je više raspoređena i dostupnija korijenju biljaka i ostalim stanovnicima tla.

Promjene u tlu koje čine gujavice također imaju utjecaj na još jednu važnu skupinu organizama u tlu, bakterije. Bakterije trebaju pravu ravnotežu između hrane, vode i zraka za život. One pretvaraju male komadiće organske tvari u još manje čestice, razgrađujući ih do ugljika i dušika. Te čestice su dovoljno male da ih korijenje lako upija i koristi ih za rast biljke. Za razgradnju hrane, bakterije

**ORGANSKA TVAR**

Tvar građena od organskih spojeva porijeklom od ostataka organizama poput biljaka i životinja i njihovih otpadnih tvari u okolišu.

koriste **kisik** (one dišu iako nemaju pluća) i stvaraju **ugljičkov dioksid** kao otpadni produkt. No, ukoliko ima previše prisutne vode, primjerice prilikom poplava ili u rižinim poljima, bakterije proizvode **dušikov(I) oksid** kao otpadni produkt. Ugljičkov dioksid i dušikov(I) oksid su **staklenički plinovi** koji povećavaju temperaturu atmosfere čime doprinose klimatskim promjenama.

## SLIKA 2

Organska tvar prolazi kroz probavni sustav gujavice, usitnjuje se, probavlja i ostatak izlazi iz tijela kao izmet koji se naziva ekskrement. Ekskrementi zatim pomažu u ishrani bakterija. Bakterije su također prisutne u probavnom sustavu gujavica. Bakterijama treba odgovarajuća mješavina organske tvari, vode i zraka kako bi bile aktivne. Slika inspirirana prema Drake i Horn (2007).

## STAKLENIČKI PLINOV

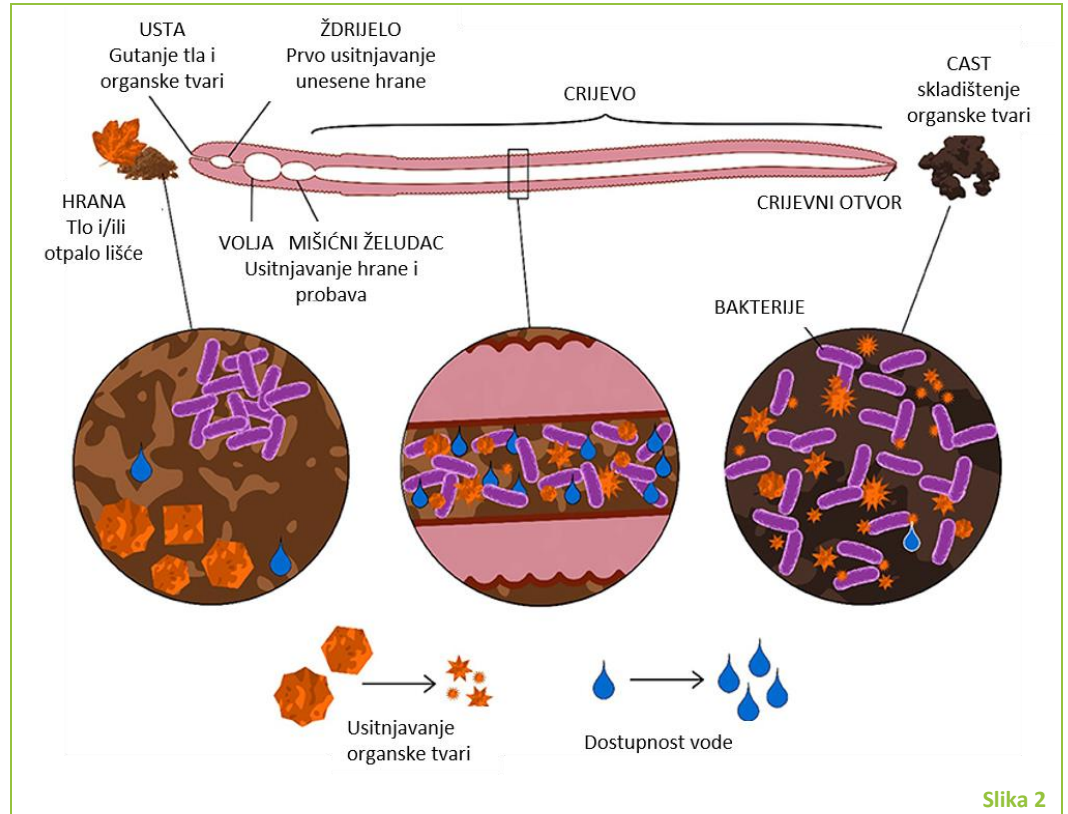
Plinovi koji apsorbiraju i ponovno emitiraju sunčevu energiju čime stvaraju efekt staklenika, to jest zagrijavanje atmosfere.

## UGLJIČKOV DIOKSID

Bezbojan plin građen od jednog atoma ugljika i dva atoma kisika. Njegov udio u atmosferi se povećao s 0.028% na 0.042% od 1850. godine uzrokujući povećanje globalne temperature za 1°C.

## DUŠIKOV(I) OKSID

Bezbojan plin građen od dva atoma dušika i jednog atoma kisika. Prisutan je u maloj koncentraciji, no jedna molekula dušikova(I) oksida zagrijava atmosferu kao 270 molekula ugljikova dioksida.



Slika 2

U nekim tlima bakterijama može nedostajati organska tvar, zrak ili voda što ih čini manje aktivnim. Gujavice mogu „probuditi“ bakterije stvaranjem organske tvari, te povećanjem dostupnosti vode i zraka. Ovaj učinak je još snažniji za bakterije koje žive u probavilu gujavica (Slika 2). U probavilu su organska tvar i tlo savršeno promiješani u okolišu zasićenom vodom. To je raj za bakterije koje proizvode dušikov(I) oksid [4]. S obzirom kako gujavice potiču aktivnost bakterija koje stvaraju ugljičkov dioksid i dušikov(I) oksid, to nas potiče na razmišljanje smanjuju li gujavice emisiju stakleničkih plinova ili ju povećavaju.

## PROUČAVANJE UTJECAJA GUJAVICA NA EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA

Znanstvenici mogu provoditi pokuse kako bi proučavali utjecaj gujavica na bakterije i njihovu proizvodnju stakleničkih plinova. U jednom tipu laboratorijskih istraživanja znanstvenici koriste posude napunjene tlom iz kojeg su prosijali kamenje, sve životinje i korijenje. Nakon toga dodaju se gujavice, uglavnom nekoliko jedinki iste vrste, po mogućnosti u broju u kojem bi se mogle pronaći u prirodi. Zbog usporedbe neke posude se drže bez gujavica. Zatim se mjeri emisija stakleničkih plinova na površini tla i proučavaju se bakterije u

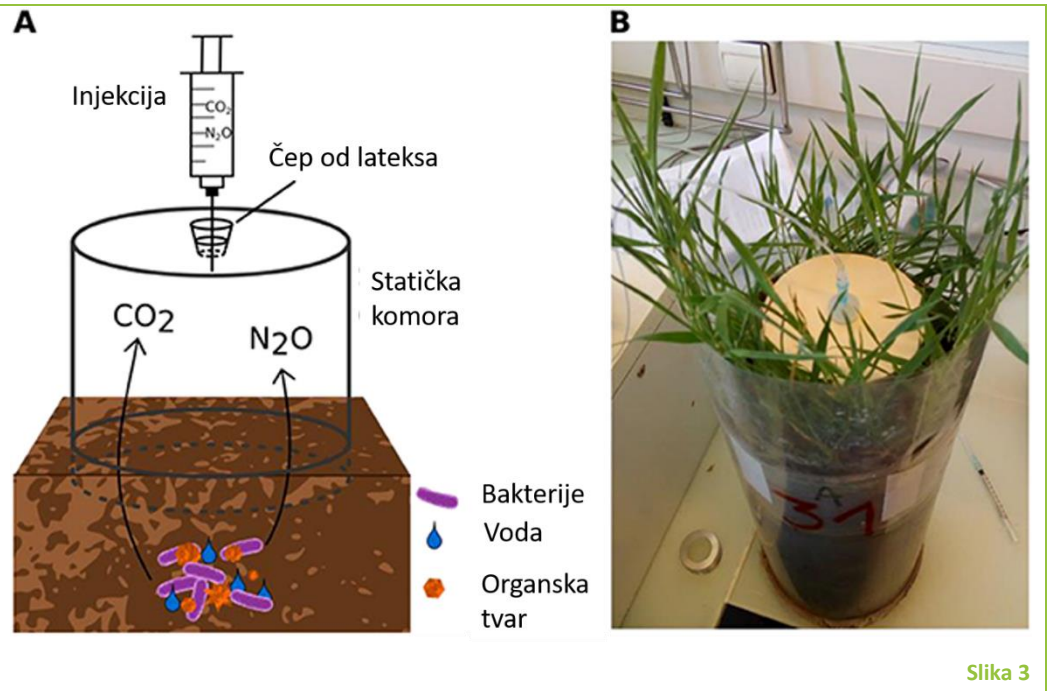


## pH

U kemiji, pH skala se koristi za određivanje kiselosti ili bazičnosti neke otopine. Kisele otopine imaju niži pH od bazičnih otopina.

## SLIKA 3

(A) eksperimentalna komora se može koristiti za mjerenje emisije stakleničkih plinova u prirodnom okolišu. Plinovi koje proizvedu bakterije nakupljaju se u zatvorenoj komori te se zatim prikupljaju pomoću šprice kroz gumeni čep kako bi se izmjerile razine ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>) i dušikova(I) oksida (NO<sub>2</sub>). (B) Primjer komore postavljene na površinu tla u pokusnoj posudi s gujavicama i biljkama. Izvor: Pierre Genault



Slika 3

Još jedan način kako saznati utjecaj gujavica na emisiju stakleničkih plinova je prikupljanjem informacija iz već provedenih istraživanja. Tako je pronađeno je kako gujavice u prosjeku povećavaju emisiju ugljikovog dioksida za 33% i dušikovog (I) oksida za 42% [5]. Čini se da nam to govori kako su gujavice, iako nužne za zdravlje tla, možda štetne za okoliš zbog povećanja bakterijske aktivnosti i s time povezane emisije stakleničkih plinova.

## OVA ISTRAŽIVANJA IMAJU GRANICE

Ovo se čini kao prava nedoumica: gujavice poboljšavaju zdravlje tla, a u isto vrijeme se čini da povećavaju emisije stakleničkih plinova! No, prije nego donesemo taj zaključak važno je prepoznati kako pokusi koje smo opisali imaju nedostatke zbog kojih je teško biti potpuno siguran u ulogu koju gujavice imaju u emisiji stakleničkih plinova. Interakcije između gujavica, bakterija, tla, biljaka i vode koje utječu na emisiju stakleničkih plinova su jako složene. Ti čimbenici jako variraju u prirodnom okolišu i vrlo ih je teško ponovno točno stvoriti u znanstvenim pokusima.

Prvi važan čimbenik koji ograničava naše puno razumijevanje uloge gujavica u emisiji stakleničkih plinova je velika raznolikost svojstava tla kao što je npr. udio pijeska. Većina gujavica radije živi u tlu s manjim udjelom pijeska jer se pješčana tla brže isušuju, a čestice pijeska mogu nadražiti njihovu kožu. pH tla također snažno utječe na gujavice i većina možda neće preživjeti u tlima čiji je pH manji od 4.5. Bilo bi iznimno teško napraviti pokusne posude za tisuće različitih vrsta tala koja postoje u prirodi, tako da je naše znanje trenutno ograničeno na neka od najčešćih vrsta tala.

Drugo ograničenje je što jako malo istraživanja uključuje biljke u pokusima. Biljke crpe vodu i hranjive tvari sa svojim korijenjem, smanjujući tako njihovu dostupnost gujavicama i bakterija. Međutim, biljke i bakterije si također pomažu. Korijenje proizvodi i ispušta šećer u okolno tlo koje bakterije mogu jesti u zamjenu za pružanje potrebnih minerala biljkama. Nažalost, teško je postaviti pokus koji bi mogao ispitati sve moguće pozitivne i negativne interakcije koje se istovremeno događaju u tlu.

Treće ograničenje je konstantna vlažnost tla u većini istraživanja. To se uglavnom radi kako bi se optimizirala aktivnost gujavica. U prirodi se tla stalno isušuju i ponovno vlaže kišom. Gujavice mogu postati potpuno neaktivne ukoliko se tlo previše osuši. To znači kako pokusi u kojima se održava konstantna vlažnost tla možda precjenjuju negativne učinke gujavica na emisije stakleničkih plinova. U laboratorijskom pokusu u kojem su znanstvenici koristili realističniji ciklus sušenja i vlaženja, prisutnost gujavica je čak smanjila emisije dušikova(I) oksida [6]. Znanstvenici promišljaju kako tuneli gujavica povećavaju protok vode u niže slojeve tla i prozračuju tlo čime se ubrzava isušivanje i smanjuje bakterijska aktivnost. Učinci ciklusa isušivanja i vlaženja su jako važni za istraživanje, pogotovo jer može očekivati kako će ti ciklusi postati učestaliji i izraženiji s trenutnim klimatskim promjenama.

## KLIMATSKE PROMJENE - NE KRIVITE GUJAVICE

Pokazali smo vam koliko je složeno proučavati emisije stakleničkih plinova iz tla. Gujavice modificiraju raspodjelu organske tvari i dostupnost vode i zraka u tlu. Sve to mijenja aktivnost bakterija tla. Međutim, bakterije tla su također ovisne o svojstvima tla, o ciklusima sušenja i vlaženja i o biljkama koje tamo rastu. Daleko smo od dovoljno provedenih istraživanja sa realističnim pokusima kako bismo razumjeli stvarnu ulogu gujavica u emisijama stakleničkih plinova. S druge strane, ljudske aktivnosti, poput poljoprivrede, proizvode velike količine stakleničkih plinova i moramo nastaviti smišljati inovativne načine kako poboljšati zdravlje našeg planeta i svih živih bića.

## REFERENCE

1. Orgiazzi A, Bardgett R D, Barrios E, Behan-Pelletier V, Briones MJJ, Chotte JL, De Beyn GB, Eggleton P, Fierer N, Fraser T, et al. *Global soil diversity atlas*. European Union. Luxembourg (2016). [http://esdac.jrc.ec.europa.eu/public\\_path/JRC\\_global\\_soilbio\\_atlas\\_online.pdf](http://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/JRC_global_soilbio_atlas_online.pdf)
2. Bottinelli N, Hedde M, Jouquet P, Capowiez Y. An explicit definition of earthworm ecological categories – Marcel Bouché’s triangle revisited. *Geoderma* (2020) **372**:114361. doi:10.1016/j.geoderma.2020.114361
3. Capowiez Y, Bottinelli N, Sammartino S, Michel E, Jouquet P. Morphological and functional characterisation of the burrow systems of six earthworm species (Lumbricidae). *Biology and Fertility of Soils* (2015) **51**:869–877. doi:10.1007/s00374-015-1036-x
4. Drake HL, Horn MA. Earthworms as a transient heaven for terrestrial denitrifying microbes: a review. *Engineering in Life Sciences* (2006) **6**:261–265. doi:10.1002/elsc.200620126
5. Lubbers IM, van Groenigen KJ, Fonte SJ, Six J, Brussaard L, van Groenigen JW. Greenhouse-gas emissions from soils increased by earthworms. *Nature Clim Change* (2013) **3**:187–194. doi:10.1038/nclimate1692
6. Chen C, Whalen JK, Guo X. Earthworms reduce soil nitrous oxide emissions during drying and rewetting cycles. *Soil Biology and Biochemistry* (2014) **68**:117–124. doi:10.1016/j.soilbio.2013.09.020

**UREDIO:** Malte Jochum, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

**CITAT:** Ganault P, Delmotte S, Duhamet A, Lextrait G and Capowiez Y (2021) Earthworms and Their Role in Greenhouse Gas Emissions. *Front. Young Minds* 9:562583. doi: 10.3389/frym.2021.562583

**IZJAVA O KONFLIKTU INTERESA:** Autori izjavljaju da je istraživanje izvedeno u odsustvu bilo kakve komercijalne ili financijske poveznice koja se može tumačiti kao potencijalni konflikt interesa

**COPYRIGHT** © 2021 Ganault, Delmotte, Duhamet, Lextrait and Capowiez. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

## MLADI RECENZENTI



### GWEN, DOB: 13

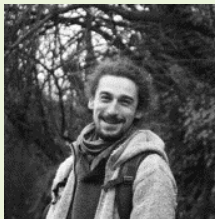
Bok, moje ime je Gwen, živim u SAD-u sviram klavir i treniram odbojku. Upravo sam završila sedmi razred i moji omiljeni predmeti su znanost, matematika, umjetnost i španjolski. Volim čitati, posebno znanstveno-fantastične romane i serije (također sam veliki obožavatelj Harry Pottera). Jako sam uzbuđena što ću raditi s Frontiers for Young Minds!

## BIOGRAFIJE AUTORA



### PIERRE GANAULT

Tijekom svake šetnje u prirodi ne mogu se suzdržati od okretanja panjeva i kamenja ili pretrage mrtvog lišća da vidim kakvu bi se divna životinja mogla tamo skrivati. Znatiželja me dovela do proučavanja bioraznolikosti tla i doktorata o utjecaju vrsta drveća na terestričke beskralježnjake i učinak tih životinja na procese u tlu. Također radim s udrugama kako bi smanjili udaljenost između znanstvenika i građana kako bi mogli svi zajedno proučavati, bolje razumijevati i zaštititi stvorenja koja žive u tlu.



### SACHA DELMOTTE

Moja strast za prirodom, ljudima, znanosti i prijenosom znanja dovela me do sedam godina studiranja ekologije, biologije i geologije. Također sam animator u polju biologije za publiku između 3 i 18 godina kako bi ih potaknuo na bavljenje stvarima koje me fasciniraju.



### AGNÈS DUHAMET

Agnès je doktorandica iz biologije mora. Postala je prvostupnica iz biologije na Sveučilištu u Avignonu, a diplomirala je iz područja ekologije na Sveučilištu u Montpellieru. Strastveno voli prirodu i voli prenositi znanje o prirodnim znanostima.



### GAËLLE LEXTRAIT

Uvijek sam imala strast prema mikroorganizmima, bili oni patogeni ili mutualistički. Proučavam interakcije između sitnih životinja koje žive u tlu (kukci) i njihovih simbionata. Trenutno sam doktorandica mikrobiologije u francuskom nacionalnom centru za znanstvena istraživanja (Sveučilište Pariz-Saclay) gdje nastavljam svoja istraživanja o simbiotskim interakcijama između smrdljivih martina i njihovih simbiotskih bakterija.



**YVAN CAPOWIEZ**

Yvan Capowiez je viši istraživač na francuskom nacionalnom institutu agronomije (INRAE) u Avignonu u Francuskoj. Njegova istraživanja se fokusiraju na ekologiju i ponašanje gujavica. Ima puno iskustva u proučavanju kako gujavice kopaju tunele i kako ti tuneli utječu na procese u tlu poput prijenosa vode i zakapanja organske tvari.

**PRIJEVOD****TEODORA ŠIMIĆ, DAVORKA K. HACKENBERGER**