

Astrobiologio kaj vivo ekstertera

AMRI WANDEL — ISRAELO

La demando ĉu ekzistas vivo —aŭ eble civilizacioj — ie en la spaco, estas malnova, sed en la moderna epoko la scienco iom post iom havigas al ĝi respondojn malpli fantaziajn kaj pli bazitajn sur sciencaj esploroj kaj faktoj. En la lastaj monatoj aperis novaj esploroj en tiuj du terenoj, kiuj povas plibonigi la ŝancojn trovi vivon eksterteran. En nia sunsistemo estis trovitaj signoj de likva akvo sur la planedo Marso. Tion raportis NASA (Usona Nacia Aeronauta kaj Spaca Administrado) en gazetara konferenco fine de septembro. En aliaj sunsistemoj, kiel asertas mia nova esploro, verŝajne troviĝas planedoj kun vivo (almenaŭ primitiva) eĉ en relative proksimaj steloj, je distanco de nur dekoj da lumjaroj.

“**La ekscita konkludo estas ke troviĝas probable milionoj ĝis miliardoj da planedoj kun simpla vivo en la Lakta Vojo**”

Akvo sur Marso

En nia sunsistemo, unu el la malmultaj lokoj kie sciencistoj provas malkovri vivon, estas la planedo Marso. Robotaj misioj serĉadis signojn de likva akvo sur la Ruĝa Planedo. Jam delonge oni scias ke frostinta akvo troviĝas sur Marso — en la glaciaj ĉapoj, kaj en la tero — sed ĝis tiu ĉi jaro likva akvo ne estis trovita. La observoj kaj esploroj montris ke verŝajne Marso ja havis likvan akvon antaŭ miliardoj da jaroj, sed ĝi delonge malaperis el la grundo: ĝi frostis aŭ vaporigis kaj perdiĝis en la spaco. La nova eltrovo estas fakte krutaj ravinoj kun sekaj restaĵoj de saloj, kiuj aperas dum la marsa somero. La sciencistoj kredas ke temas pri tre sala akvo, kiu pro la mineraloj solvitaj en ĝi, povas resti likva ĝis temperaturoj de 20 gradoj celsiaj sub nulo, kiuj okazas en la varma sezono (la averaĝa temperaturo sur Marso estas ĉ. -50 gradoj). Tiu ekstreme sala akvo ne estas ideala



Foto dela MRO (Marsa Rekognoska Orbitilo)-spacmisio ĉirkaŭanta Marson, de la salaj ravinoj en la kratero Newton (foto: NASA)

por la Tera vivo, sed eble ekstremofilaj mikroboj povas vivi en tia medio. La serĉado de vivo sur Marso kaj la nova eltrovo de akvo estas traktitaj detale en artikolo, kiun mi verkis por Galileo, la plej grava popular-sciencia revuo de Israelo^[1].

Kiel malaperis la Marsa atmosfero?

Komence de novembro, NASA publikigis ke la datumoj de la misio Maven (kiu atingis Marson en 2013) sugestas kiel la Marsa klimato transiris de varma kaj malseka surfaco — eble

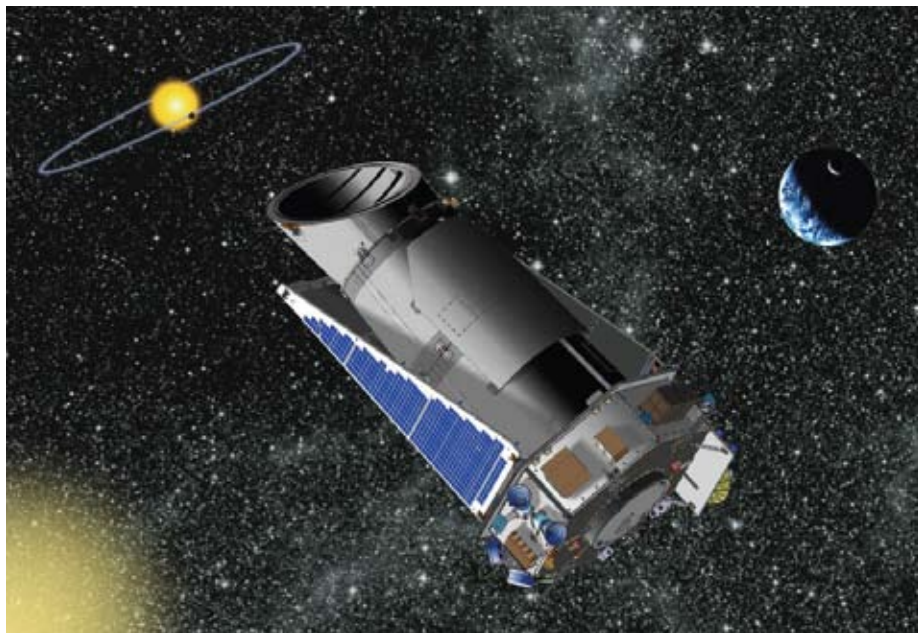
taŭga por vivo en la frua epoko — al la nuna malvarma, seka planedo kiel Marso estas hodiaŭ. Maven trovis ke gaso daŭre eskapas de la marsa atmosfero en la spacon pro la efiko de la suna vento, fluo de ŝargitaj partikloj, plejparte protonoj kaj elektronoj elsendataj de la suna atmosfero je rapideco de miliono da km/h, kiu daŭre disvastiĝas de la Suno en la spacon. La mezuroj de Maven montris ke la ordinara suna vento elprenas el la atmosfero po ĉirkaŭ 100 gramojn en sekundo. Tiu erozio de la atmosfero de Marso signife pliiĝas dum sunaj ŝtormoj, kiel tiu okazinta en marto 2015, kaj verŝajne ankaŭ kiam la suno estis juna kaj pli aktiva. La pli alta vaporigo-ritmo dum sunaj ŝtormoj, dum miliardoj da jaroj, iom post iom detruis la marsan atmosferon kaj kaŭzis la ekstreman klimato-ŝanĝigon de Marso, el milde varma malseka planedo en rustiĝantan frostintan dezerton. La sorto de Marso povas trafi ankaŭ aliajn planedojn, sed la Tero ŝajne estas pli imuna pro sia magneta kampo, kiu defleksas la ŝargitajn partiklojn en la suna vento, kaj pro sia pli forta gravito, kiu pli firme retenas la superajn tavolojn de la atmosfero.

Ekster-planedoj kaj vivo ekster-tera

Antaŭ dudek jaroj astronomoj unuafoje malkovris planedon ĉirkaŭantan alian sunon ol la nia. De



Arta koncepto priskribanta la efikon de la suna vento sur la Marsa atmosfero



La spacteleskopo Kepler

tiam, iom post iom, estis trovitaj centoj da tiaj ekster-planedoj (planedoj, kiuj ĉirkaŭas sunojn for de nia sunsistemo, angle: exoplanets), sed ĉefe grandaj, gaso-planedoj similaj al Jupitero, kie la kondiĉoj ne estas favoraj por vivo kiel ni konas ĝin. Ili ankaŭ estis relative proksimaj al siaj sunoj, kaj sekve multe tro varmaj por vivo. En la jaro 2010 komencis funkcii la spacteleskopo Kepler, kiu dum kvar jaroj malkovris milojn da ekster-planedoj, el ili ankaŭ multajn similajn al la Tero, kiuj troviĝas en la ĝusta distanco de sia suno, por ke ili estu ne tro varmaj por vivo. Tiu atingo gvidis al grava konkludo: sunsistemoj kun planedoj, kaj aparte planedoj similaj al la Tero abundas en la kosmo. Tio proksimigas nin al la respondo por la antikva demando: “Ĉu ni estas solaj?”. Mi tiun temon pritraktas jam de pluraj jaroj, kaj plurfoje verkis kaj prelegis pri ĝi ankaŭ en Esperanto, ekzemple en IKU 2011^[2]. Laŭ mia lastatempe publikigita esploro, la demando ne plu estas “ĉu ekzistas vivo ekstertera?”, sed “kiom abunda ĝi estas”.

La plej proksimaj vivantaj mondoj

La nova esploro pri la ofteco de planedoj kun potencialo por vivo, aperis lastatempe en la internacia

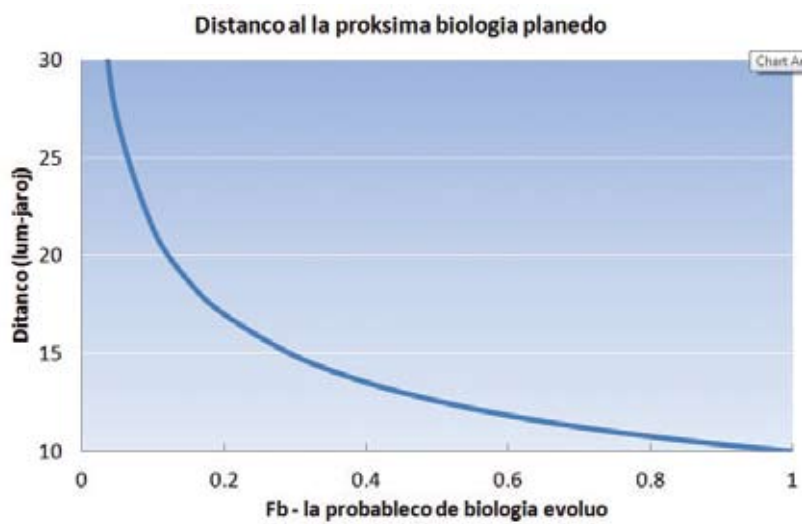
sciencia revuo pri astrobiologio^[3]. La esploro, kies preciza titolo estas “Pri la abundo de vivo ekstertera sekve de la trovaĵoj de la Kepler-misio” estis publikigita jam komence de decembro 2014 en la scienca ret-arkivo^[4] kaj en la scienca revuo Galileo^[5].

En la 8-a sesio de la Internacia Vintra Universitato okazinta dum la jarfino kadre de la Internacia Festivalo en Jülich, Germanio, mi prelegis pri

la planedoj malkovritaj de la spacteleskopo Kepler, kaj prezentis popular-sciencan version de mia esploro. La esploro estis prezentita en internaciaj sciencaj konferencoj en Nov-Zelando kaj en Havajo, kaj en la granda Internacia Kongreso pri Astronaŭtiko^[6].

Recenzoj kaj reagoj aperis en pluraj internaciaj popular-sciencaj novaĵ-portaloj. Skribas la populara scienca portalo *Motherboard*^[7]: “Se troviĝas inteligenta vivo en la kosmo, ĝi probable ne estas proksima al ni, kaj ni ne povos atingi ĝin baldaŭ. Almenaŭ tio estas la konkludo de la astrobiologo [Amri Wandel] kiu, por la unua fojo en jardekoj, faris gravan ĝisdatigon al la ŝlosila formulo, la Drake-ekvacio,

kiun sciencistoj uzas por serĉi vivon en la kosmo. [...] Uzante la novajn Kepler-datumojn, la astrobiologo Amri Wandel faris kalkulojn por taksu la abundecon de vivo-portantaj planedoj en nia angulo de la universo. La ekscita konkludo estas ke troviĝas probable milionoj ĝis miliardoj da planedoj kun simpla vivo en la Lakta Vojo”. Pliaj recenzoj pri la esploro aperis en la portaloj *Engadget*, *ArXiv*



Diagramo de la probabla distanco al la plej proksimaj biologiaj najbaraj ekster-planedoj, depende de la valoro de la biologia parametro F_b , la probableco por evoluo de biologia vivo sur planedo kun taŭgaj kondiĉoj (laŭ la artikolo de Wandel [3,4]).



Ilustraĵo de la planedoj makovritaj per la spacteleskopo Kepler (fonto: NASA)

Blog kaj Hayadan^[8-10].

La Drake-ekvacio menciita en la recenzo estis proponita en 1961 de la usona astronomo Frank Drake, pioniro en la serĉado de inteligentaj radio-elsendoj de la kosmo por taksati la nombron de eksterteraj civilizacioj. Sciencistoj ofte kritikis la Drake-ekvacion, pro tio ke preskaŭ ĉiuj elementoj (parametroj) de la ekvacio ne estis konataj. En la nova esploro, mi montras ke la datumoj trovitaj per la Kepler-teleskopo ebligas pli fidindan takson de pluraj el tiuj parametroj, kiuj antaŭe ne estis konataj. La esploro estas rigora matematika analizo kaj ne spekulacio pri la parametroj de la Drake-ekvacio, kiel estis pluraj antaŭaj diskutoj kaj tezoj pri tiu temo.

Niaj najbaroj: ĉu bakterioj kaj algoj aŭ evoluigintaj civilizacioj?

La esploro apartigas la demandon pri la ŝanco trovi planedojn kun simpla, primitiva vivo kiel bakterioj

“ **Se troviĝas inteligenta vivo en la kosmo, ĝi probable ne estas proksima al ni, kaj ni ne povos atingi ĝin baldaŭ** ”

kaj algoj, disde la trovado de evoluiginta, kompleksa vivo, eventuale eĉ inteligenta vivo kaj teknologia civilizacio. La kialo de tiu divido estas simpla: surtere, ekzistas vivo de jam 3,5 miliardoj da jaroj, sed dum 80% de tiu tempo temis pri ege primitivaj mikroskopaj estaĵoj, kiuj vivis en la oceanoj. Nur antaŭ ĉ. 600 milionoj da jaroj aperis kompleksa vivo kaj nur antaŭ kelkaj jarcentoj, aperis teknologia civilizacio. Sekve, la sciencistoj taksas ke la plej abunda speco de vivo en

la kosmo estas primitiva vivo kaj inteligentaj civilizacioj estas multe pli maloftaj. Kvankam tiu nova esploro ne prezentas precizajn nombrojn, ĝi atingas surprizajn konkludojn: planedoj kun simplaj vivo-formoj kiel bakterioj ege abundas kaj troviĝas verŝajne relative proksime al ni — en distanco de 10-100 lumjaroj, kio implicas ke en nia galaksio troviĝas milionoj ĝis miliardoj da tiaj planedoj. En la proksima estonteco ni espereble povos konfirmi ĉu troviĝas vivo sur tiuj planedoj, per spektra analizo de iliaj atmosferoj, helpe de la novaj teleskopo-projektoj TESS (serĉado de eksterplanedoj, planita ekfunkcii en la jaro 2017), JWST (6-metra spacteleskopo, 2018), TMT (30-metra teleskopo en Havajo, 2022) kaj pli. Se oni sukcesos tion fari por sufiĉe granda nombro da kandidatoj, eblos taksati la valoron de la plej interesa parametro en la ekvacio Fb, la probablecon por evoluo de biologia vivo sur la planedo, kiu havas la taŭgajn kondiĉojn (nome konsisto



Gigantaj antenoj de la projekto SETI en Nov-Meksiko, Usono

kaj klimato sufiĉe similaj al tiuj de la Tero). Intertempe, mia esploro ebligas taksu la distancon al la plej proksimaj biologiaj najbaraj ekster-planedoj, por ajna valoro de la (ankoraŭ ne konata) biologia parametro F_b , kiel montras la diagramo.

Inteligenta vivo kaj teknologiaj civilizacioj

Jam de 55 jaroj astronomoj provas malkovri radio-elsendojn de eksterteraj inteligentaj civilizacioj kadre de la projekto SETI (mallongigo de la angla por "Serĉado de Ekster-Tera Inteligenteco"). Oni provas malkovri la radio-elsendojn de aliaj civilizacioj, kiuj uzas radion por komunikado same kiel ni, aŭ eĉ intence elsendas tiajn signalojn en la spacon por komuniki kun aliaj inteligentaj specioj.

Por tio oni uzas grandajn radio-teleskopojn, sed ĝis nun neniu inteligenta elsendo estis trovita inter la multaj signaloj de natura fonto. La elsendoj de civilizacioj estas verŝajne multe pli malfortaj ol tiuj de naturaj fontoj, kaj tial tre malfacile troveblaj. Pro tio tre gravas la distanco al tiuj eventualaj civilizacioj, ĉar la kapablo malkovri ilin dependas de la forto de la signalo, kiu malfortiĝas kiel la kvadrato de la distanco. Tiuj teknologiaj komunikokapablaj civilizacioj, se ili ekzistas, estas verŝajne multe malpli abundaj ol primitivaj biologiaj planedoj. Laŭ la ekvacio de Drake, la nombro de tiaj civilizacioj dependas de tri ne-konataj

faktoroj: aldone al la supre priskribita biologia parametro F_b , kiu eble estos takebla en la proksima estonteco, estas ankoraŭ du parametroj kiuj estas kaj verŝajne restos tute ne konataj: la probableco de inteligenteco kaj komunikado — nome la ŝanco ke sur biologia planedo evoluiĝos inteligenta specio kaj ke ĝi havos la kapablon de interstela komunikado (ni nomu tiun parametron F_{ik}) — kaj la tipa daŭro de inteligenta komunika civilizacio, L_k . En la dua parto de mia scienca artikolo aperas diagramo simila al la ĉi supra, kiu montras la distancon al la

plej proksimaj komunikaj civilizacioj, depende de la supozitaj valoroj de la Drake-parametroj F_{ik} kaj L_k . Laŭ tiu mia esploro, eĉ por la plej favoraj aŭ optimismaj valoroj de la Drake-parametroj ($F_b=1$ kaj $F_{ik}=1$), la plej proksimaj civilizacioj, se ili ekzistas, verŝajne troviĝas je distanco de miloj da lumjaroj (aŭ pli), probable tro malproksime por ke ni povu malkovri la radio-signalojn kiujn tiuj civilizacioj eventuale elsendas. ■

Amri Wandel estas doktoro pri astrofiziko en la Hebrea Universitato de Jerusalemo kaj gastprofesoro en UCLA.

- [1] "Marso - dezerto aŭ fluanta akvo?", A.Wandel, Galileo, novembro 2015
- [2] Internacia Kongresa Universitato 2011, <http://www.eventoj.hu/steb/miksita/iku2011.pdf>
- [3] Wandel, A. 2015, International Journal of Astrobiology, 14, pp. 511-516.
- [4] ArXiv, <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1412/1412.1302.pdf>
- [5] "Vivo sur foraj planedoj", A.Wandel, Galileo, junio 2015.
- [6] 66th International Astronautical Congress, Jerusalem, oktobro 2015, <http://www.iac2015.org/congress/about/>.
- [7] Motherboard, <http://motherboard.vice.com/read/alien-life-is-abundant>
- [8] Engadget <http://www.engadget.com/2014/12/06/wandel-kepler-research/>.
- [9] ArXiv blog <https://medium.com/the-physics-arxiv-blog/how-data-from-the-kepler-space-telescope-is-changing-the-drake-equation-cea9c7008bc1>
- [10] Hayadan <http://www.hayadan.org.il/kepler-findings-1712141>.

