

DÁLYA GERGELY–HANYECZ OTTÓ–SZABÓ RÓBERT

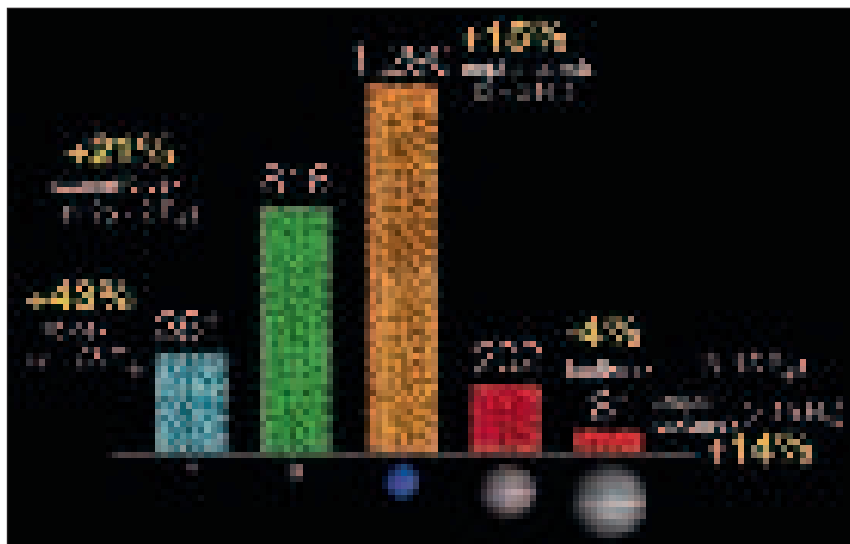
Új feladat vár a bolygóvadászra

A Kepler-űrtávcső 167 megerősített fedési exobolygójával és több mint 3500 bolygójelöltjével a NASA egyik legsikeresebb űrteleszkópja. A Kepler mérnökei azonban 2012 nyarán anomáliás viselkedést észleltek a műszer egyik lendkerékénél, és hiába próbáltak meg minden lehetséges módszert a normális működés visszaállítására, nem jártak sikerrel. 2013 májusában megismétlődött a probléma, ezúttal a négyes számú lendkerék ment tönkre. Az űrtávcső pontos pozicionálásához azonban mindenképpen szükség lenne három, jól működő lendkerékre, mert a jelenlegi kettő csak két tengely körül tudja stabilan tartani a Keplert, így az a harmadik irányban billegni fog. A problémát a Nap sugárnyomása által okozott forgatónyomaték jelenti, aminek ellensúlyozása így a lendkerék helyett a hajtóműre hárul, ez pedig igen nagy energiavesztéssel jár, és a végrehajtása kevésbé pontos. A számítások szerint ezt egyébként is legfeljebb néhány hónapig tudná fedezni az űrtávcső hajtóanyagja.

Szerencsére azonban még van remény a Kepler további tudományos hasznosítására. A NASA augusztus 2-án pályázatot hirdetett, amelyben ötleteket várt, hogy milyen tudományos programok kivitelezésére lenne alkalmas a csökkent pontosságú műszer. A kutatóknak egy hónapjuk volt a javaslataik megfogalmazására. A beérkezett pályázatok első szűrése november elsején megtörtént, de a végső szót várhatóan csak februárban mondják ki, és legkorábban 2014 nyarán indulhat az új projekt.

A kutatóknak azonban addig is bőven van tennivalójuk, az eddigi mérések révén ugyanis hatalmas adattömeg birtokába került a tudományos közösség, amelynek elemzése és kiértékelése évekig eltarthat. A program tudományos vezetője, William Borucki úgy fogalmazott: a következő két évben várhatók a legnagyobb felfedezések, és arra is igen jó esély van, hogy a hosszú adatsorok között ott lapul valahol a Föld ikertestvére is.

Szemezzünk most egy kicsit a Kepler legfrissebb eredményeiből, majd tekintsük át azokat a magyar vonatkozású és érdekesebb külföldi pályázatokat, amelyek a Kepler meghosszabbított működésére tettek javaslatot!



1. ábra. A Kepler eddig felfedezett bolygójelöltjeinek tömegeloszlása. A százalékos növekmény azt jelzi, hogy a 2013 januári bejelentéssel mennyivel gyarapodtak az egyes csoportok. A Jupiterek számának csökkenése a „hamis pozitív” jelöltek pontosabb kiszűréséből származik

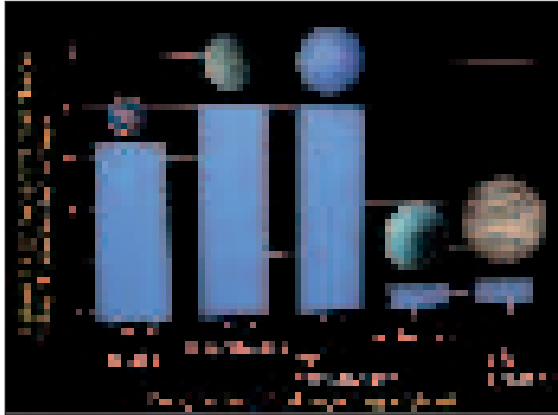
A Kepler fellövése 2009. március 6-án a floridai Cape Canaveralról



Földek Kánaánja

A Kepler valóságos forradalmat indított el az exobolygók megismerésében; évről évre egyre gyarapszik a Kepler által talált, minden kétséget kizáróan bizonyított planéták száma. Olyannyira, hogy a legújabb adatok felhasználásával immár igen érdekes statisztikákat állíthatunk fel. Érdeemes megfigyelni az 1. ábra néhány jellegzetességét. Először is, szembevető a Jupiterek és a még nagyobb, ún. szuperjupiterek alacsony száma. Ez különösen annak tükrében meglepő, hogy ezeket jóval könnyebb felfedezni, mint a kisebb bolygókat. Az is rögtön szembevető, hogy az előző adatközléshez képest igazán nagy növekedés a kisebb tömegű planéták (földek, szuperföldek) esetében tapasztalható. Ennek oka a detektálási algoritmusok érzékenységének növekedésében rejlik, és abban, hogy a hosszabb adatsorokban egyre könnyebb detektálni a kisebb változást okozó bolygókat is.

A 2. ábra figyelembe veszi, hogy a nagyobb bolygókat könnyebb észlelni, valamint azt is, hogy jóval több bolygórendszer tartalmazó csillag van a Kepler látómezőjében, de csak azokat tudjuk



2. ábra. Alsó becslés a rövid keringési periódusú bolygók figyelembevételével azon csillagok arányára, amelyeknek legalább egy bolygója van. Láthatjuk, hogy a földek és szuperföldek igen gyakoriak, Föld-méretű bolygója például a csillagok 16%-ának van

a módszerrel megfigyelni, amelyeknél a csillag előtt való áthaladás éppen látóirányunkba esik.

Az ábrán csak a 85 naposnál rövidebb keringési periódusú bolygók szerepelnek, így azt a következtetést vonhatjuk le, hogy nagyjából minden hatodik csillag körül kering Föld méretű bolygó, a Merkúr képzeletbeli pályájánál is beljebb! Ha tehát a Tejútrendszer százmilliárd csillagával számolunk, azt találjuk, hogy legalább 17 milliárd Föld méretű bolygó lehet Galaxisunkban!

Az is érdemes megfigyelni, hogy minden ötödik csillaghoz tartozik szuperföld, illetve mini Neptunusz, a forró jupiterek pedig kifejezetten ritkák. Hozzá kell tenni azonban, hogy a hosszabb periódusú bolygók még hiányoznak a mintából, mert ezek számának meghatározása sokkal nagyobb hibával lenne csak lehetséges, vagyis itt egy alsó becslésről beszélünk. Mindezek alapján kijelenthetjük: az a ritka, ha egy csillagnak nincsen bolygója.

Sokbolygós rendszerek

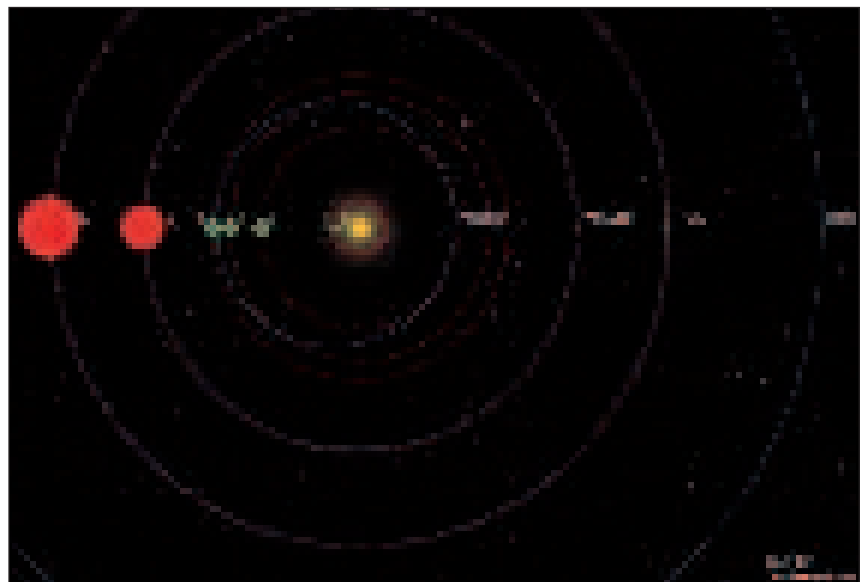
A Kepler elsődleges célja a Naphoz hasonló csillagok körüli, Föld típusú bolygók keresése volt a lakhatósági zónában. A Kepler-20 rendszer igen érdekes információkat szolgáltat számunkra ebben a tekintetben. A rendszerben összesen öt bolygó található, ráadásul tőlünk nézve mindegyik elfedi a Napnál nem sokkal kisebb központi csillagát. Az öt bolygó közül kettő méretében nagyon hasonlít a Földhöz, a másik három viszont valamivel kisebb a Neptunusznál. Azonban a Naprendszerrel összehasonlítva a Kepler-20 körül minden bolygó a Merkúr képzeletbeli pályáján belül kering!

Van azonban még egy rendszer, amely bizonyos tekintetben a Kepler-20 rendszert is felülmúlja. A Kepler-37 körül három bolygót fedeztek fel az űrtávcsővel. A Kepler-37b, amely a legközelebb kering a csillagához, nem sokkal nagyobb a Holdnál, és kisebb, mint a Merkúr! Az ilyen kisméretű bolygók felfedezését a Kepler-űrtávcső ultrapontos fényességmérései tették lehetővé. A fedés mélységéből a bolygó és a csillag méretarányára tudunk következtetni; ahhoz, hogy a bolygó méretét meghatározhassuk, előbb a csillag méretét kell tudnunk. Ezt legegyszerűbben a csillag belsejében terjedő rezgések segítségével lehet megmérni. A csillagban terjedő hullámok gyors, kis amplitúdójú fényváltozást eredményeznek, amit detektálni lehet, ha a csillag eléggé fényes. Az így megfigyelt rezgéseket tanulmányozó csillagszeizmológia

terjedő rezgések segítségével lehet megmérni. A csillagban terjedő hullámok gyors, kis amplitúdójú fényváltozást eredményeznek, amit detektálni lehet, ha a csillag eléggé fényes. Az így megfigyelt rezgéseket tanulmányozó csillagszeizmológia

für Luft- und Raumfahrt (DLR) magyar kutatója, Csizmadia Szilárd is. Hosszas vizsgálódások után az eddigi legtöbb, hét bolygót találtak ebben a rendszerben. Ennyi fedési bolygót más exobolygórendszerben még nem ismertünk, az eddigi rekorder a Kepler-11 rendszer volt hat bolygóval. A rendszerben már korábban ismert volt három bolygó, amelyek 331, 211 és 60 nap alatt kerülnek meg a csillagot. A most felfedezett bolygók rendre 7, 9, 92 és 125 nap keringési idejük. A bolygók mérete és elhelyezkedése kísértetiesen hasonlít a Naprendszerre. A legkülső azonban olyan távolságra van, mint a Föld a Naptól. Ez a hét bolygó tehát egy akkora térrészbe zsúfolódik össze, amekkorát a Naprendszerben három bolygó tölt ki.

Azonban van más érdekesség is. A KOI-351 rendszer három bolygója olyan típusú periódusrezonanciákat mutat, mint a Jupiter holdjai. Ilyen rezonanciák esetében két bolygó keringési ideje jól közelíthető két kis egész szám hányadosával. Így ez a rendszer a bolygókeletkezéssel és az



3. ábra. A Naprendszer és a KOI-351 rendszer összehasonlítása. A kék körök a Naprendszer kőzetbolygóinak, míg a pirosak a Kepler-90 rendszer bolygóinak pályáját jelölik

révén nemcsak a csillag belsejéről, hanem a koráról, méretéről, tömegéről is információt nyerhetünk.

Hasonlóságok a Naprendszerrel

Több független kutatócsoport vizsgálta a Kepler-90 rendszert (régábbi nevén KOI-351), köztük a Deutsches Zentrum

exobolygórendszerek stabilitásával foglalkozó kutatóknak is igen érdekes lehet.

A Föld ikertestvére

A nemrég felfedezett Kepler-78b jelű bolygó nem kis meglepetést okozott a kutatók számára. A bolygó mérete csak

nagyon kicsivel haladja meg a Föld méretét, valamint valószínűleg összetételét tekintve is hasonló, tehát kőzetbolygóról van szó. Egy tulajdonságában azonban jelentősen eltér szülőbolygónktól: ez pedig a csillagtól mért távolság. A Kepler-78b ugyanis mindössze 8,5 óra alatt kerüli meg a csillagát.

A rövid keringési idő alapján kijelenthetjük, hogy felszíne igen forró, semmiképp sem alkalmas az élet hordozására. A kutatók spektroszkópiai mérésekből meghatározták a bolygó tömegét, valamint a Kepler által mért fényességváltozából a méretét. Azonban eddig csak olyan bolygókat találtak, amelyeknek vagy a tömege, vagy a mérete hasonlít a Földéhez. Most először sikerült olyan bolygót találni, amely mind a két paraméterét tekintve igencsak hasonló a Földhöz: a Kepler-78b tömege 1,2-szerese, mérete 1,7-szerese a Földnek.

A legfrissebb Kepler-eredmények megismerése után most tekintsük át, mi lehet a sorsa a következő években az űrtávcsőnek, és milyen eredményeket várhatunk tőle!

A Kepler - SEP küldetés

A magyar kutatók, Szabó Róbert és Molnár László által beküldött egyik javaslat az űrtávcsövet a déli ekliptikai pólus felé fordítaná, innen ered a neve is: Kepler - South Ecliptic Pole (SEP). A négyévesnek tervezett program fő célkitűzése több ezer, nagy amplitúdóval pulzáló, illetve kettőscsillag pontos, sok éven át tartó megfigyelése, amelyet a műszer csökkent pontossága mellett is kielégítően el tudna végezni. A programtól többek között a csillagpulzáció dinamikájának és a csillagok belső szerkezetének jobb megértését várhatnánk, emellett a tervezett látómezőben található több ezer RR Lyrae típusú változócsillag hosszasan tartó, precíz megfigyelése nagy segítséget jelenthet a csillagászokat több mint száz éve foglalkoztató kérdés, a Blazskó-moduláció megfejtésében.

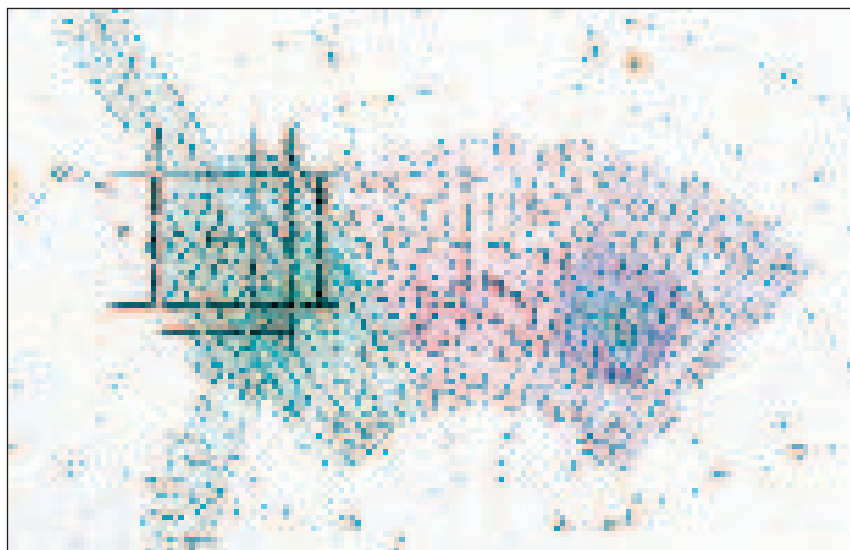
A déli ekliptikai pólus vidékéről az OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment) égboltfelmérésének köszönhetően részletes képünk van, nagyon sok különböző típusú változócsillagot ismerünk itt, például több száz cefeidát is. Ezek a csillagok jelentik a extragalaktikus távolságskála első, ezért legfontosabb lépcsőfokát. A távolságskála kalibrálásában a Nagy Magellán-felhő cefeidái igen sokat segítettek, az új látómező révén ezek is mintavételezhetővé válnak az űrtávcsővel. Az eredeti Kepler-látómezőben mindössze egyetlen cefeidát találtak, így most lehetséges lenne bepó-

tolni ezt a hiányosságot. A Nagy Magellán-felhő többi objektumának hosszasan tartó, pontos megfigyelése szintén fontos felfedezésekhez vezethetne a csillagok és galaxisok asztrofizikájában.

A javaslat további előnye például, hogy nem kellene jelentősen átprogramozni az űrtávcső szoftverét, ugyanis – néhány más beadvánnyal ellentétben – továbbra is csillagok fotometriáját végeznék, csak más irányba kellene fordítani. Az új

látómezőben évi néhány szupernóva fel-tűnése is valószínű, ilyen jelenséget még soha nem figyeltek meg Kepler-pontos-ságú űrtávcsővel, viszonylag folyamatos mintavételezés mellett. Emellett a Kepler eredeti céljától sem kellene túlságosan el-rugaszkodni: a műszer továbbra is képes lesz exobolygók felfedezésére.

A pályázat egyik legfontosabb eleme azonban kétségtelenül az, hogy a megfigyelt területet a Kepleren kívül sok ké-



4. ábra. A piros pont mutatja a déli ekliptikai pólust. A két sötétebb folt a Nagy és a Kis Magellán-felhő, a kereszt alakban elhelyezett 21 kis négyzet szemlélteti a Kepler látómezőjét, míg a sok kicsi terület az OGLE-projekt keretében vizsgált mező

A Kepler-űrtávcső



szülő, illetve már működő földi és űrtávcsővel tervezik vizsgálni, minél hosszabb adatsorokat nyerve minél több berendezéssel. Az OGLE teljes csapata a magyarok javaslata mellé állt, továbbá a jelenleg tervezett legnagyobb volumenű és legprecízebb égboltfelmérési program, az LSST (Large Synoptic Survey Telescope) vezetőivel is sikerült megállapodni arról, hogy ha ez a javaslat nyer, a terület egy részét úgynevezett „deep-drilling” státuszba sorolják, vagyis az átlagosnál jóval gyakrabban rögzítenek majd innen adatokat. Az űrtávcsövek közül érdemes megemlíteni az Európai Űrügynökség nemrég felbocsátott asztrometriai műholdját, a Gaiát, illetve a NASA 2017-re tervezett, fedési exobolygókat kereső űrtávcsővét, a TESS-t (Transiting Exoplanet Survey Satellite). Mindezek a programok egymás méréseit kiegészítve fognak működni, így hozva létre a kutatók számára az eddigi legjobb lehetőséget a hosszú időskálájú jelenségek tanulmányozására.

Molnár László és Szabó Róbert egy másik javaslatot is beadott, amely a Kepler-Cont nevet viseli, és a távcsövet meghagyná eredeti pozíciójában. A Kepler

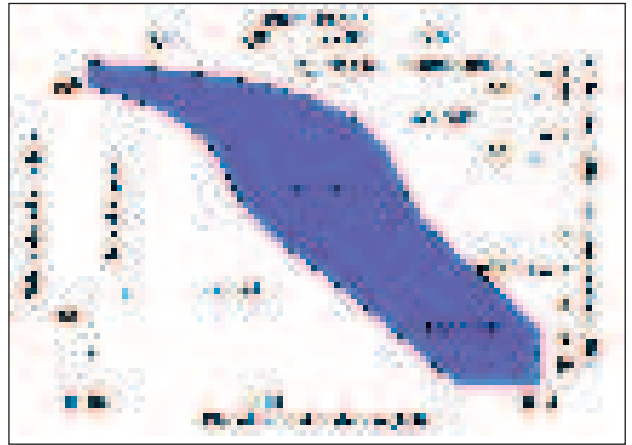
jelenlegi pontossága mellett is érdemes lenne folytatni az érdekes változócsillagok megfigyelését, a hosszabb adatsorok igen hasznosak lennének. A program az eddigi mintavételezésen is változtatna, kevesebb csillagot, de sűrűbb mintavételezéssel mérne a Kepler. Ez a távcső eddiginél jelentősebb elmozdulása miatt lenne szerencsés.

További érdekes pályázatok

William Borucki, a Kepler jelenlegi vezetője (NASA Ames Kutatóközpont) szintén azt javasolta, hogy a Kepler látómezőjén ne változtassanak, beadványában a KOI-objektumok (Kepler Objects of Interest) megfigyelésére helyezné a hangsúlyt, vagyis azokat a csillagokat mintavételezné, amelyek körül a misszió kutatói exobolygókat valószínűsítene, vagy más miatt érdekesnek nyilvánítottak. A javaslat szerint a Kepler továbbra is elég pontos ahhoz, hogy a csillagtól távolabb keringő, nagyobb bolygókat kimutassa. Ezek azonban a hosszabb keringési idő miatt az eddigi küldetés négy éve alatt nem biztos, hogy többször is megkerültek csillagukat, vagyis az eddigi adatokból nem lehet biztosan állítani, hogy ott vannak. A további megfigyelések hosz-

A Los Alamosi Nemzeti Laboratórium munkatársa, Joyce A. Guzik által írt beadványnak célja nyílthalmazok megfigyelése a Kepler űrtávcsővel. A műszer eddigi látómezőjében mindössze négy ilyen csillagrendszer van, így hasznos lenne a további nyílthalmazok pontos fotometriai vizsgálata, illetve a bennük található δ Sct, γ Dor, illetve cefeida típusú változócsillagok megfigyelése. A nyílthalmazok egyebek mellett azért is lennének jó célpontok, mert csillagaik tőlünk közel azonos távolságra vannak, egyidősek, és ugyanabból a kezdeti anyagcsomóból születtek, vagyis a csillagfejlődés tanulmányozásához remek lehetőséget nyújtanak. Hasonló elképzelést nyújtott be Conny Aerts és munkatársai a Leuveni Egyetemről. Ők az NGC 2244 jelű fiatal nyílthalmaz komplex vizsgálatát javasolják földi távcsövek és spektrográfok támogatása mellett.

Teljesen más javaslatot küldtek be Niklas Edberg és munkatársai a Svéd Űrfizikai Intézettől. Javaslatuk szerint egy öt hónapos időtartamra a távcsővel a 67P/Csurjumov-Gerasimenko üstökös csöváját kellene megfigyelni, ugyanis a Rosetta űrszonda ekkor fogja feltérképezni az üstökös, illetve a Philae nevű leszállóegysége (amelynek fejlesztésében a KFKI és a BME szakemberei is részt vettek) ekkor landol az égitest felszínén. Míg ezek az űreszközök közelről vizsgálják majd az üstökös magját, kómáját, a Kepler a kóma és a csóva teljes szerkezetét feltérké-

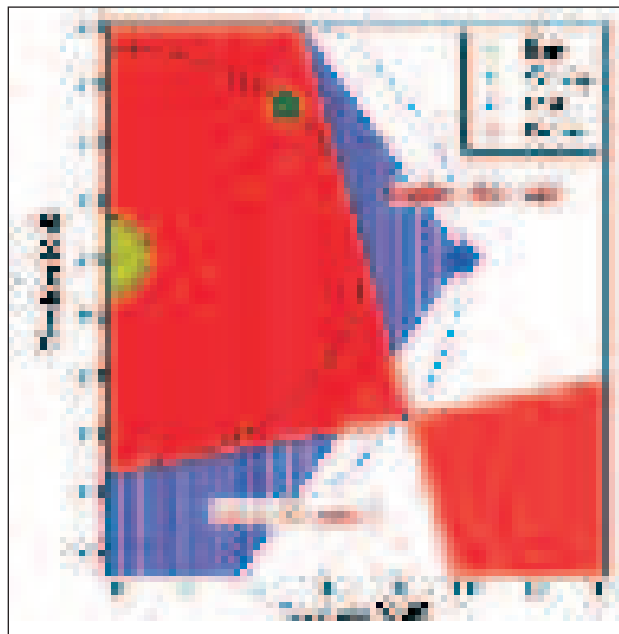


6. ábra. A kék sáv mutatja egy átlagos fehér törpe körüli lakhatósági zónát, vagyis azt, hogy hol lenne lehetséges folyékony vizet találni a bolygó felszínén. A vízszintes tengelyen a bolygó csillagtól való távolsága, felül a keringési ideje van feltüntetve, míg a függőleges tengelyen a fehér törpe korát és effektív hőmérsékletét láthatjuk. A pontozott vonal jelzi a Roche-határt, vagyis azt a távolságot, ahol a bolygóról anyag kezd átáramlani a csillagra. A szaggatott vonaltól balra pedig az árapályerők teszik lehetetlenné a bolygó egyben maradását

pezheti, és megfigyelheti ezek fejlődését, ahogy az égitest egyre inkább megközelelti a Napot. Földi észlelésekkel kiegészítve sztereóképet kaphatnánk az üstökös szerkezetéről. További előnye lenne az űrtávcsöves megfigyelésnek az is, hogy a Kepler immár fél csillagászati egységre eltávolodott a Földtől, így egy ideig még akkor is végezhetné a megfigyeléseket, amikor a földi teleszkópok számára a Nap közelsége ezt lehetetlenné teszi.

Ugyanezt az előnyt, a Kepler és a földi megfigyelők eltérő helyzetét használná ki Kevin Stevenson és munkatársai a Chicagói Egyetemről, és tőlük függetlenül egy másik beadványban David Trilling és csapata az Észak-Arizónai Egyetemről. Ezekben a projekteken földközeli kis égitestek (NEO – Near-Earth Object) felfedezésére használnák a Keplert. Itt is nagy előnyt jelentene, hogy a Naphoz közelebbi objektumokat tudnánk felfedezni, mint a Földről. A szerzők szerint egy év alatt körülbelül 150 új NEO-t találhatnának, ezek közül kb. 50 potenciálisan a Földre is veszélyt jelenthetne. A program során azokat a kisebb égitesteket is ki lehetne szűrni, amelyek az űrszondákra jelentenek veszélyt.

Mark Marley és munkatársai a NASA Ames Kutatóközpontjából a Neptunusz megfigyelésére vonatkozó programot dolgoztak ki. Javaslatuk szerint a Neptunusz belső oszcillációit lehetne tanulmányozni az általuk okozott parányi fényességváltozás detektálásával, így feltérképezhetnénk a bolygó belső szerkezetét, hasonlóan ah-



5. ábra. Az ábrán a kék terület jelzi a Földről már nem észlelhető tartományt, míg a piros az űrtávcső számára elérhetetlen területeket. Látható, hogy a Kepler „belátna” a Föld elé, és felfedezhetné a Nap felől közelítő kisbolygókat

szabb adatsorokat eredményeznének, így lehetőség nyílna ezen bolygók felfedezésére is.

hoz, mint amikor a szeizmológusok a földrengéshullámok segítségével alkotnak képet a Föld belsejéről. A Neptunusz tanulmányozása azért is hasznos lenne, mert a Kepler-űrtávcső eddigi mérései alapján az ilyen típusú exobolygók elég gyakoriak.

Mukremin Kilic és munkatársai az Oklahomai Egyetemről a fehér törpék behatóbb vizsgálatát javasolták. A fehér törpék elég nagy hányada körül valószínűsítenek exobolygókat, azonban ez idáig még egyet sem sikerült felfedezni. A fehér törpe és a bolygója közti méretarány nem olyan nagy, mint más rendszerek esetében, így könnyebb lenne a tranzit-módszer segítségével detektálni ezeket az exobolygókat. A számítások szerint a 2018-ra tervezett James Webb Űrteleszkóp (JWST) képes lenne kimutatni a biomarkereket is egy ilyen rendszer esetén, de ehhez előbb meg kellene találni a célpontokat. Ezt a feladatot bíznák a Keplerre.

A felhívásra jellemzően hivatásos kutatók küldték be javaslatukat, de egy végzős



A meghibásodott lencserék

gimnazista, Mohamed Salah Elghamry is megfogalmazta saját elképzeléseit, amelyek technikai jellegű problémák megoldásáról szólnak. A 42 beadvány között vannak olyanok is, amelyek azzal foglalkoznak, hogyan lehetne az űrtávcső korlátozott mintavételezési képességét optimálisan kihasználni. Ezek konkrét észlelési programot nem tartalmaznak, inkább általános érvényű elméleti számításokat, illetve technikai trükköket, amelyek bármely későbbi program során hasznosak lehetnek.

Bármilyen tudományos feladatot választ is a NASA a Kepler számára, az eddigi eredményekkel az űrtávcső már beírta magát a csillagászat nagykönyvébe. ☞

Köszönetnyilvánítás:

A Keplerrel kapcsolatos magyar kutatásokat az OTKA K-83790 támogatta.

Irodalom

- Borucki, W. J. : Proposal to Determine the Frequency of Long-Period Planets in the Habitable Zone of Solar-like Stars, proposal, 2013, <http://keplergo.arc.nasa.gov/docs/WhitePapers/Borucki-FreqLong-PeriodPlanets.pdf>
- Cabrera, J., Csizmadia Sz. és mtsaik: The Planetary System to KIC 11442793: A Compact Analogue to the Solar System, 2013, *Astrophysical Journal* 781, 18, 2014.
- Edberg, N. J. T. és mtsai: Simultaneous Rosetta in situ and Kepler remote observations of the tail and coma of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, proposal, 2013 http://keplergo.arc.nasa.gov/docs/WhitePapers/Edberg_white_paper_final.pdf
- Elghamry, S. M.: A Response for "Call for White Papers (...)" from NASA, proposal, 2013 http://keplergo.arc.nasa.gov/docs/WhitePapers/Elghamry_Response.pdf
- Guzik, J. A. és mtsai.: Observing Open Clusters with a Sequence of Ages with Kepler, proposal, 2013, arXiv:1310.0772
- Kepler Mission Manager Update, 2012. 07. 24.
- Kepler Mission Manager Update, 2013. 05. 15.
- Kilic, M. és mtsai: Habitable Planets around White Dwarfs: an Alternate Mission for the Kepler Spacecraft, proposal, 2013 <http://keplergo.arc.nasa.gov/docs/WhitePapers/Kilic.pdf>
- Marley, M. és mtsai: Probing Neptune with Kepler, proposal, 2013 http://keplergo.arc.nasa.gov/docs/WhitePapers/Marley_Kepler_Neptune.pdf
- Molnár L., Szabó R. és mtsaik: The Kepler Cont Mission: Continuing the observation of high-amplitude variable stars in the Kepler field of view, proposal, 2013, *Astrophysical Journal*, 774, 54, 2013.
- Sanchis-Ojeda, R., Rappaport, S. és mtsaik: Transits and Occultations of an Earth-sized planet in an 8.5-hour Orbit, 2013, arXiv:1305.4180
- Stevenson, K. B. és mtsai: NEOKepler: Discovering Near-Earth Objects Using the Kepler Spacecraft, proposal, 2013 <http://keplergo.arc.nasa.gov/docs/WhitePapers/Stevenson+etal-2013-NEOKepler.pdf>
- Szabó R., Molnár L. és mtsaik: The Kepler-SEP Mission: Harvesting the South Ecliptic Pole large-amplitude variables with Kepler, proposal, 2013, arXiv:1309.0741

E számunk szerzői

ANTONI GYÖRGYI igazgató, ELTE Pályázati és Innovációs Központ, Budapest; ANGELO OSMIRO BARRETO író, történész, Fortaleza, Brazília; DÁLYA GERGELY egyetemi hallgató, ELTE, Budapest; EGRI ÁDÁM biofizikus, doktorandusz, ELTE Környezetoptika Labor, Biológiai Fizika Tanszék, Budapest; HANYECZ OTTÓ, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest; DR. HERCZEG TAMÁS biofizikus, ELTE Környezetoptika Labor, Biológiai Fizika Tanszék, Budapest; DR. HORVÁTH GÁBOR biofizikus, habilitált egyetemi docens, az MTA doktora, ELTE Környezetoptika Laboratórium, Biológiai Fizika Tanszék, Budapest; DR. KISS LÁSZLÓ akadémikus, csillagász, az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet tudományos igazgatóhelyettese, Budapest; DR. KRISKA GYÖRGY biológus, ELTE Biológiai Intézet, Budapest és MTA Dunakutató Intézet, Ökológiai Kutatóközpont, Vácrátót; KOVÁCS ZSÓFIA, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest; DR. LENTE GÁBOR egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Kémiai Intézet, Debrecen; LUKÁCSI BÉLA rádiós tudományos újságíró, Budapest; DR. MAJER JÓZSEF professor emeritus, biológus, Pécsi Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Ökológiai Tanszék, Vácrátót; MAJOR ISTVÁN egyetemi tanár, Fortaleza, Brazília; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; MEZŐ SZILVESZTER muzeológus, Déri Múzeum, Debrecen; DR. PATKÓS ANDRÁS akadémikus, fizikus, ELTE Természettudományi Kar, Fizikai Intézet, Atomfizikai Tanszék, Budapest; DR. PÁLFY JÓZSEF akadémikus, tszv. egyetemi tanár, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék és MTA-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoport, Budapest; DR. SZABÓ RÓBERT tud. főmunkatárs, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest; SZILI ISTVÁN ny. főiskolai tanár, Székesfehérvár; DR. VÁSÁRHELYI TAMÁS muzeológus, Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest; DR. TÉL TAMÁS fizikus, egyetemi tanár, ELTE Elméleti Fizikai Tanszék és MTA-ELTE Elméleti Fizikai Kutatócsoport, Budapest.