

Megyesi Dániel: Az emberiség első csillagközi utazása

Egy napvitorlás útja a Vegához

A Vegáról sokunknak talán Carl Sagan: *Kapcsolat* című csodálatos sci-fi regénye jut az eszünkbe. Kisebb gyermekként sokszor megpillantottam a nyári égbolt egyik legfeltűnőbb, fényes csillagát, és elgondolkodtam azon, vajon eljön-e az az idő, amikor már a csillagok távolságáig is eljuthatunk. Ezen, mint fantáziával teli, kíváncsi gyermek ábrándoztam, de elhihetjük, hogy igenis van rá reális esély. A regényben egy tudósokból álló csapat féreglyukak rendszerén keresztül utazott el közeli csillagszomszédunkhoz. Ez minden bizonnyal még nem valósulhat meg, ám belátható időn belül rendelkezésünkre fog állni az a technológia, amellyel mégis emberi léptékű időtartamok alatt tehetünk meg csillagközi távolságokat. Mai elképzeléseink szerint a fény nyomását hasznosító „napvitorlások” valóban képesek lesznek a történelmi jelentőségű feladat teljesítésére, és az emberiség az utolsó meghódítatlan térséget is elérheti: a csillagközi teret... Pályázatomban egy olyan napvitorlás tervét ismertetem, amelynek célja a tőlünk 25,3 fényévre lévő Vega.

A *csillagközi utazás*, mint sci-fi téma régebbi, mint az űrhajózás. Az első tudományos szempontból és technikailag is igényes megoldást a 70-es évek közepén dolgozták ki angol tudósok. A *Daedalus-terv* (lásd: melléklet 1-4) egy 54000 tonna tömegű, kb. 500 tonna hasznos teherrel rendelkező automata szondát indítana a 6 fényévre lévő Barnard-csillag felé. Hajtóműve fúziós energiát hasznosítana, és mintegy 50 évre lenne szüksége csillagszomszédunk eléréséhez. A *Daedalus* által kibocsátott kisebb kutatószondák egyenként vizsgálnák a csillagot, és annak feltételezett bolygóit. Az amerikaiak ugyancsak bebizonyították, hogy képesek a Naprendszer elhagyó űrszondákat építeni (Pioneer-10, Pioneer-11, Voyager-1, -2), amelyeknek azonban korántsem ez volt a rendeltetési célja, és sebességük elenyészően kicsi csillagközi távolságok megtételéhez. Ha csillagközi távolságokról van szó, igen kevés meghajtási alternatíva említhető meg, ugyanis a rakétaelv alapján működő hajtóműveink jelenleg 4 km/s kiáramlási sebességgel rendelkeznek, ezzel szemben legalább 9000-10000 km/s-ra lenne szükség ahhoz, hogy elérjük a fénysebesség néhány százalékát. Ily módon tehát a kémiai meghajtás szóba sem jöhet (amennyiben az ionhajtóműveket nem ide soroljuk)...

De honnan is ered a *napvitorlás űrszondák* ötlete? Pontosan nem tudjuk, ki vetette fel először, mint egy potenciális meghajtási módot, de az 1970-es években már számos cikkben megjelent. A működési elv lényegében majdnem azonos a tengeri vitorlázás fizikai alaptörvényeivel, azzal a különbséggel, hogy itt a szél szerepét a fotonok, azaz a fény kvantumjai töltik be. (Megjegyzem, hogy ez korántsem azonos a napszéllel, amely alatt a Nap fotoszférájából származó töltött részecskék áramát értjük). A napvitorla nem más, mint egy hatalmas felületű tükör, amely visszaveri a napfény fotonjait. A fotonoknak ugyan nincs nyugalmi tömege, lendülettel rendelkeznek, s ezért a lendületmegmaradás törvénye szerint a foton, amikor lepattan a vitorla felületéről, átad valamennyi energiát az űreszköznek, s ezáltal lökést ad. A Földön a napfény nyomása a légköri nyomáshoz képest sok nagyságrenddel kisebb, de a világűrben – közegellenállás híján – már számottevő. Rendkívül csekély, diszkrét erőhatásról van tehát szó, amely azonban nagy felületen már jelentőssé válik, s további előnye, hogy külső energiaforrásként az űrszonda útja során állandóan hat (igaz: változó mértékben). Következzen egy kis számolás! A Nap hatalmas mennyiségű energiát sugároz ki: a Föld távolságában megközelítőleg 1370 J érkezik 1 s alatt 1m² felületre (ez elegendő lenne ahhoz, hogy egy hajszárítót folyamatosan működtessünk). Ha a

Nap fotoszféráját egy 6000 K hőmérsékletű abszolút fekete testnek tekintjük, sugárzása nagy pontossággal írható le a Planck-függvénnyel. Ez a görbe megmutatja, hogy a különböző hullámhosszakhoz mekkora intenzitásérték tartozik. A Nap sugárzási maximuma a látható fény tartományába esik, ezen kívül még említésre méltó energiát sugároz ki ultraibolya és infravörös tartományban. Ezen adatok alapján egy egyszerű számítással megmutatható, hogy egy 1 kg-os, 1 km² területű, teljesen visszaverő vitorla kb. 9,3 m/s²-tel gyorsulna, amely majdnem akkora, mint a földi gravitációs gyorsulás (!). Ez az érték csodálatos is lenne, de be kell látnunk, hogy nem reális egy négyzetkilométeres nagyságú szonda tömegét 1 kg-nak vennünk. Azonban, ha egy vitorla ún. fajlagos sűrűségét 1 g/m²-nek vesszük, a gyorsulás értéke 9 mm/s²-nek fog adódni. Ez elég kicsi, de hosszú időn keresztül hat, s ebben rejlik a fotonmeghajtás legnagyobb lehetősége. Ha csak 1 mm/s²-tel számolunk, akkor is a sebesség naponta átlagosan 100 m/s-mal nő (!), amely 10-11 nap alatt 1 km/s növekményt jelentene. Így már láthatjuk, hogy például könnyen elérhetnénk a Mars-utazáshoz szükséges 8 km/s-os sebességet is, amellyel 100 nap alatt tehetnénk meg a Föld-Mars távolságot. Persze figyelembe kell vennünk, hogy a Naptól mért távolság növekedésével az ebből származó tolóerő jelentősen csökken, de pl. egy napközeli manőverrel nagy lendületet vehetne fel a szonda egy esetleges naprendszerbeli küldetés során is.

A vitorlások építésekor természetesen minimalizálni kellene a teljes tömeget. Továbbá, a nagyobb méretű vitorla a ténylegesen kutatásra szánt műszerek részesedését a szonda teljes tömegéből jelentősen csökkentené. Ezért is fontos, hogy olyan vitorlaanyagokat fejlesszünk ki, amelyek kis fajlagos sűrűségűek, ellenállnak a kozmikus erózióknak, képesek stabilan megtartani alakjukat, és nagyon nagy mennyiségben gyárthatók. Legkézenfekvőbb megoldásnak az alumínium tűnik: könnyű, kiváló reflexiós tulajdonságai révén a legalkalmasabb ismert fém erre a célra, olcsó, tökéletesen alakítható, ugyanakkor kellően szilárd is. (Megjegyzem: szakítószilárdságát tekintve gyenge, de a vitorlára ható erő teljesen egyenletesen oszlik el a felületen, és iránya is kedvező.) Felületét egyenletes oxidréteg vonja be, amely nemcsak a hőmérséklettel, hanem a kozmikus erózióval szemben is ellenálló. A csillagközi utazáshoz legalább 1 g/m²-ig kellene csökkentenünk a vitorla fajlagos sűrűségét. Ez azt jelenti, hogy vastagsága maximum 370 mikron lehetne. Nyilvánvaló, hogy egy ilyen anyagból készült szerkezetet csakis az űrben lehetne összeszerelni. A napszél által okozott statikus feltöltődést is valamilyen módon át kellene hidalnunk, ha az egyáltalán számottevő lenne. A vitorla alakját praktikus lenne körnek venni. Meg kell említeni az egyes merevítő szálakat is, amelyek az utazás teljes időtartama alatt állandó szerkezeti stabilitást adnak a nagyméretű, lehetőleg vitorlának. Ezen a ponton szóba jöhetnek pl. az „emlékező fémek”. A hatalmas szerkezetet merevítő szálakkal kapcsolnánk a szondaegységhez. Problémát jelenthet még a Naprendszer határán túli kozmikus sugárzás is, amelynek erősségéről csak közelítő becsléseink vannak, ezért a szondát fel kell készíteni a hosszú távú sugárzás esetleges hatásaira is. A Voyager-szondák napjainkban lépik át a heliopauzát (a Nap elsődleges mágneses hatáskörzetét), és akkor talán pontosabb adatok is rendelkezésünkre állnak majd. Az elektronikus rendszereket is ennek megfelelően kellene megtervezni. Erre kínálnak megoldást az ún. pályaprogramozható kapusorok, melyeknek lényegét tucatnyi tranzisztorból álló logikai kapuk adják. Az egyes tranzisztorokat kapcsolók kötik össze. Ezen technológia felhasználásával olyan önvezérlő elektronikát építhetnénk, amely egy esetleges meghibásodáskor többféleképpen is reagálhat az adott helyzetre, de az előzetesen betáplált algoritmusnak köszönhetően mindig oly módon, amely a szerkezet további működése szempontjából a legkedvezőbb. Így ha az űrszondát pl. nem várt sugárterhelés, vagy nagysebességű mikro-meteoritok veszélyeztetik, az elektronika lefuttatja a javító programot, amely kialakítja a korábbiakban már kedvezőnek tűnő kapurendszert. Tehát ha a számítógép észreveszi, hogy az egyik áramkör nem működik, akkor keres egy másikat, amely el tudja látni az előző

feladatát. Az önjavító áramkörök jelenleg fejlesztés alatt álló technológia, amely várhatóan fontos szerepet fog betölteni a jövő űrszondáinak tervezésében.¹

Ha a lehetséges meghajtási módokat vesszük sorra, alapvetően háromféle lehetőség áll rendelkezésünkre. Az első szerint az űrszonda kizárólag a Nap természetes fluxusát hasznosítaná – ehhez rendkívül nagyméretű vitorlára lenne szükség, és az utazási idő is meglehetősen hosszú lenne. Ugyanis a fénynyomás már a Jupiter távolságában is csak néhány százaléka lenne a Föld-távolságban mért értéknek. A második lehetőség Föld körüli pályán keringő, óriási (30-40 km²) területű fókuszáló tükrök jelenlétét feltételezné. Ez esetben már sokkal hosszabb távolságra tudnánk nagyjából azonos gyorsulást biztosítani. A harmadik megoldás egyelőre csak sci-fi regényekben képzelhető el, de talán egyszer képesek leszünk olyan óriáslézerek megépítésére is, amelyek az út teljes időtartama alatt egyenletesen adnak le impulzust a vitorla felületére. Ez a koncepció szerepel Robert L. Forward amerikai NASA-fizikus lebilincselő könyvében (melynek címe: *Rocheworld*²). A regény egy olyan emberes utazásról szól a tőlünk 6 fényévnnyire lévő Barnard-rendszerbe, amely az emberiség valaha épített legnagyobb szerkezetével 50 év alatt juttatná célba a tudományos kutatásra szánt eszközök teljes arzenálját. Az űrhajó a 20 fős személyzet mellett 4 kisebb szondát szállítana, s összömege a vitorlával együtt elérné a 82000 tonnát. Ebből a hasznos teher 10000 tonna. Az űrhajóra közvetlenül illeszkedő vitorla az elképzelés szerint egy tiszta alumíniumból készült 300 km sugarú paraboloid, amelyhez egy másodvitorla is tartozik (ennek 1000 km az átmérője). A meghajtást egy olyan napenergiával működő lézerrendszer adná, amely a Merkúr körüli Lagrange-pontokban helyezkedne el, s összteljesítménye elérné az 1300 TW-ot (!). A lézernyalábot egy közeli átjátszóállomás folyamatosan a kívánt irányba pozícionálná. A rendszer 0,01 g gyorsulást adna a hatalmas tömegű csillagközi űrhajónak. (Megjegyzem, hogy az egész elképzelés szigorúan tudományos alapokon nyugszik, és elméleti akadálya nincs a történetben leírtaknak.) Mindez valóban meghökkentően és túlzóan hangzik, de jól szemlélteti, hogy a fénynyomás kihasználásával minden bizonnyal új távlatok nyílnak majd meg az űrkutatás területén.

A tudományos fantasztikum világától elvonatkoztatva azonban több olyan terv is született az elmúlt évtizedben napvitorlások megépítésére, amelyeket eddig részben vagy majdnem teljesen meg is valósítottak, több-kevesebb sikerrel. Ezek a kis költségvetésű programok a NASA, az ESA, a Moszkvai Űrkutatási Intézet és a Japán Űrhivatal (JAXA) tervezőasztalairól kerültek ki. A Cosmos-1 volt a kezdeti orosz kísérletek utáni első irányított napvitorlás terve, amelyet a Planetary Society és a Cosmos Studios támogatott (melléklet: 5-7). A tervek szerint az egységet orosz Volna-rakétával (melléklet: 8) állították volna pályára tengeri kilövés során egy orosz atomtengeralattjáróból, azonban az indítás két alkalommal is kudarcba fulladt, és ez végérvényesen a projekt befejezését jelentette 2005. június 24-én. A rakéta harmadik fokozata elektronikus meghibásodás következtében nem lépett működésbe, ezért még a légkörben elégett. Az egység vitorlarendszerét 8 db 15 méter oldalhosszúságú szabályos háromszög adta (melléklet: 9), összesen 600 négyzetméter tükröző felületet biztosítva. Így a Cosmos-1 egy hatalmas, szélmalomhoz hasonló alakot öltött volna. A vitorlák különféle irányokban forgathatók voltak, így lehetővé tették volna a Nap követését és a pálya módosítását. Az irányított repülés szakaszában az űrhajó földi mikrohullámokkal történő gyorsítását is feladatul tűzték ki, amelyhez a NASA Deep Space Network-jének rádióteleszkópját használták volna. Ez az űrszonda minden bizonnyal hatalmas áttörést

¹ Jelenleg az Európai Űrtechnológiai Kutató Központ (ESTEC) pénzügyi támogatását élvező Bristol Egyetem Űrrepülés Mérnöki Kara végez kutatásokat ezen a területen.

² Robert L. Forward: *Rocheworld*; New York 1990-2001, ISBN 0-671-69869-9

jelenthetett volna, amennyiben sikerül a küldetése, mert segítségével ténylegesen mért, azaz empirikus összefüggésekhez juthattunk volna a fénynyomás gyakorlati hasznosítása és tesztelése terén.

Egy másik rendkívüli terv a FOCAL, melyet Claudio Maccone olasz csillagász-fizikus dolgozott ki. Célja: szondát küldeni arra a helyre, ahol a Nap gravitációs-lencse-hatása érvényesül (ez kb. 550 CSE távolságot jelent). Itt a Nap által fókuszált elektromágneses sugárzás kb. százmilliószoros erősítésben jelentkezik. Érdekessége, hogy e nagy távolság megközelítését kifejezetten napvitorlással javasolja. Ez az űrszonda rendkívüli jelentőségű adatokkal szolgálhatna a gamma-, infra-, röntgen-, és rádiócsillagászat számára mind-ammellett, hogy a galaxis központi vidékét óriási részletességgel térképezhetnének fel – jobban megértve ezáltal a Tejútrendszer magjának szinkrotron-sugárzását³, a Faraday-rotáció anomáliáit⁴ vagy a központi fekete lyuk szerepét a galaxis fejlődésében. A FOCAL hatalmas jelentőséggel bírna a SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) és az exobolygó-kutatás szempontjából is. Meg kell említenem, hogy a FOCAL-nak nem is feltétlenül kellene megállnia 550 CSE távolságban, ugyanis a gravitációs fókusz – a lencsék fókuszától eltérően – a fókusz tengely mentén távolabbra haladva ugyanaz marad, tehát minden 550 CSE-nél távolabbi pontja is ugyanúgy fókuszpont. A terv a JPL-hez is eljutott (Jet Propulsion Laboratory), de egyelőre nem lehet tudni, mikor kezdik el a szonda építését...

Az általam „kigondolt” szonda, amely az első, kifejezetten csillagközi távolságokra tervezett űreszköz lenne, a Vega (arabul: lecsapni készülő sas) után az *Aquila* nevet viselné. Vitorlája tiszta alumínium, könnyűfém-merevítésekkel. A vitorla fajlagos sűrűsége $0,1\text{g/m}^2$, ami lehetővé teszi, hogy hatalmas mérete ellenére se legyen túlzottan nagy tömegű. Mérete 50 km^2 , tehát egy 4 km -es sugarú körként kell elképzelnünk. A vitorla ezen paraméterei lehetővé teszik, hogy az űreszköz a Föld távolságát érő tolóerő mellett 100 kg hasznos terhet $0,09\text{ m/s}^2$ gyorsulással hordozzon. A fluxus további útja során jelentősen csökken majd, de addigra a szonda már elég nagy lendületet vett fel. Teljes tömege a vitorlával együtt 5100 kg . A „vitorlázást” azonban nem Föld körüli pályáról kezdené meg, ugyanis sokkal nagyobb lendületet vehetne fel egy Merkúrhoz közeli manőver során, s ennek megtételére alkalmas lenne egy nagyobb teherbírású hordozórakéta is. A vitorla addig összehajtogatva húzódná meg a *Hordozóban*. Kellő sebességet ($150\text{--}180\text{ km/s}$) adna naprendszerbeli útja során egy plusz ionhajtómű, amely néhány éves működése után leválna az egységről. (Japánban most kísérleteznek a fullerének ionhajtóműben történő felhasználásával, s az eddigi eredmények is nagyon biztatóak. Az elméleti nyomtaték ugyanis fullerének használatával $50\text{--}60$ -szorosra a xenon alapú meghajtás nyomtatékának.) Mivel a Vega kiesik a Naprendszer pályasíkjából, kicsi az ütközés veszélye a kisebb aszteroida típusú objektumokkal. Miután az *Aquila* a Nap heliopauzájának határán tart, fontos méréseket végez különös tekintettel a kozmikus sugár-

³ Szinkrotron-sugárzás: Olyan nemtermikus eredetű elektromágneses sugárzás (pl. rádióhullám), amely akkor keletkezik, ha a töltött részecskék mágneses mezőben spirális pályára térnek, és gyorsulásnak vannak kitéve. Ilyenkor energiájuk egy részét szinkrotron-sugárzás formájában sugározzák ki. A Tejútrendszer magjában közel fénysebességgel mozgó elektronok hozzák létre, s erősségéből a mágneses tér tulajdonságaira lehet következtetni.

⁴ A síkban polarizált rádióhullámok polarizációs síkja mágneses teret tartalmazó közegen történő áthaladásakor megváltozik. Ma már rendelkezünk olyan megbízható mérésekkel, amelyek egyértelműen megmutatják, hogy a rotáció lényegében a Galaxison belül keletkezik, és nem pedig az extragalaktikus térben, azonban a vizsgált területen belül helyenként olyan szerkezetet mutat, amely nem mindig egyeztethető össze a Galaxis mágneses terének tulajdonságaival.

zásra. Pályáját úgy is megtervezhetnénk, hogy az Oort-felhőben közel haladjon el egy üstökös mellett, és méréseket végezzen rajta. Ezt követi az utazás leghosszabb és leg-sötétebb szakasza, amely csaknem 150 évig tart... Az űrszonda ekkorra már óriási sebes-ségre tett szert, s ahhoz, hogy a Vega körül stabil pályára állhasson, egy meghatározott ponton lassulnia kell. Ekkor ultrakönnyű segédhajtóműveivel 180 fokos fordulatot tesz, s ezután a Vega fénye már közvetlenül lassítja. Erre azért van szükség, mert a sugárzás hatására a vitorla jellegzetes, „felfúvódott” alakot vesz fel, s ha az ellenkező (azaz nem Nap felőli) oldalon már nagyobb a fluxus értéke, mint az innenső oldalon, a vitorla alakja megvál-tozik. Rendkívül fontos ezért a szondát folyamatosan a megfelelő irányban tartani, s ez egy lézeres pozicionáló rendszer segítségével valósulhatna meg, amelyet célszerű lenne a Föld Lagrange-2 pontjába állítani. Ez egyúttal az optikai adatátvitelt is lehetővé tenné, hiszen az Aquila nem rendelkezik antennával. A központi egységen többek között tehát az alábbi műszerek foglalnának helyet: lézeres pozicionáló és nagysebességű adatátvitelt biztosító rendszer, kamerák (IR, UV és optikai), plazmadetektor, különböző sugárzásmérő műszerek (doziméterek), spektrométerek, köztük egy ultrakönnyű kivitelezésű Mössbauer-spektro-méter, amely az egységen elhelyezett anyaggyűjtő mintáit elemezné, és a Voyagerek által megkezdett „hagyománynak” megfelelően egy fémplakett, amely az emberiség helyét ábrázolná a Galaxisban az általunk ismert kvazárokhoz viszonyítva, arra az esetre, ha az űreszközt egyszer esetleg intelligens civilizáció találná meg ...

De miért pont a Vega?

25,3 fényéves távolságával minden bizonnyal nem a legközelebbi objektum csillagszomszé-daink közül, azonban számos olyan érdekes, és különleges tulajdonsága van, amelyeknek részletesebb kutatása csak egy kimondottan erre a célra tervezett űrszondával lenne lehetsé-ges. A Vega a közismert nyári alakzat, a Nagy Nyári Háromszög tagja (a Deneb és az Altair mellett), 0 magnitúdós, jellegzetesen kékesfehér színű csillag, amely még városi égen is könnyen észrevehető a Lant csillagképben (melléklet 10-11). A precesszióknak köszönhetően kb. 10 ezer év múlva éppen az északi pólus irányában lesz látható (mint most a Polaris) Az első csillag, amelynek képét daguerrotípiával rögzítették 1850. július 16-17-én a Harvard Observatory intézetében a 15 inch-es refraktorral, 100 s expozíciós idővel. A legjellegzete-sebb A0 színeképtípusú fősorozati csillag, fejlődésének tehát középső, legfényesebb szakaszá-ban tart (melléklet: 12). Színeképében a H-atom Balmer-vonalai erősen dominálnak, az ionizált magnézium-vonalak is jellegzetesek, ugyanakkor már megjelennek az ionizált fémek (vas, titán, kalcium) vonalai is. Az ilyen színeképpel rendelkező csillagokat szokás „Vega-típusú” csillagoknak is nevezni. Tömege megközelítőleg háromszoros naptömegnek felel meg, s ennek egyik következménye az is, hogy nukleáris üzemanyagait sokkal gyorsabban használja fel, mint Napunk. Becslések szerint 300-350 millió éves, tehát fiatal csillagnak tekinthető, de 600-700 millió éves korában már letér a HRD fősorozati ágáról, és valószínű-leg vörös óriássá alakul. Fotoszférája magasabb hőmérsékletű, kb. 8000 K, és ezért sugárzási áramának maximuma a Planck-féle sugárzási törvény alapján már az ultraibolya tartományba esik. Egyedülálló, hogy éppen poláris irányból látunk rá, és ennek eredményeként többet is megtudhatunk a csillag szerkezetéről. A csillagászok már egy ideje tudták, hogy a Vega abszolút fényessége és hőmérséklete közötti kapcsolatot egyáltalán nem a csillagok többsé-gére vonatkozó összefüggések határozzák meg. A Vega ugyanis majdnem 50%-kal fénye-sebb, mint amit a hőmérséklete alapján várnánk. A jelenség okát 2006 januárjában derítették ki. A választ a Wilson-hegyi CHARA-interferométer (Center for High Angular Resolution Astronomy) adta meg. A műszeregyüttes összesen 6 db, 1 m átmérőjű távcsőből áll, amelye-ket egymástól igen nagy távolságra, Y-alakban helyeztek el, s így az egyes reflektorok egy közel 200 mikroívmásodperc szögfelbontású műszert alkotnak. Ez a hatalmas felbontás tette lehetővé a fényesség és a fotoszféra hőmérsékletének meghatározását a csillagkorong külön-

böző részein. Kiderült, hogy a Vega oly nagy sebességgel forog – a mi irányunkba eső – tengelye körül, hogy alakja erősen eltorzult a gömbhöz képest, s egy elnyúlt forgási ellipszoidnak tekintendő. A CHARA mérései ugyanis azt támasztották alá, hogy a Vega korongja sokkal sötétebb a széleknél, mint a közepénél, ez pedig csak a nagysebességű forgással magyarázható. A jelenséget szélsőtétedésnek nevezzük (melléklet: 13).

A mérések szerint a Vega egyenlítői területein 20%-kal nagyobb sugarú, mint a poláris vidéken. Mindez a forgás következménye, amely már majdnem eléri a csillagot szétvető kritikus sebességet (12,5 óránként tesz meg egy fordulatot, amely 93%-a a kritikus rotációs sebességnek). Kimutatták azt is, hogy poláris területein 10000 K-t meghaladó a fotoszféra hőmérséklete, míg az egyenlítő környékén csak 7800-7900 K. Ha a Vegát egyenlítői síkjából nézve látnánk, sokkal hidegebbnek és halványabbnak tünne. Mindezeket összevetve már érthető, hogy a csillagot mi ugyan hatvanszoros Nap-fényességnek mérjük, de csak 40-szer több energiát sugároz ki, mint a Nap. Az Aquila egyik feladata lehetne, hogy esetleges anyagledobódási korong után kutasson a csillag közvetlen környezetében, és ha talál, határozza meg annak sűrűségeloszlását, hőmérsékletét és egyéb tulajdonságait. Erre ugyanis nagy esély van – nagy sebességgel rotáló csillagról lévén szó.

De talán még ennél is érdekesebb kérdéseket vet fel, hogy a Vegát porkorong övezi... Létezésére 1983-ban az infravörös űrteleszkóp, az IRAS (Infrared Astronomical Satellite) derített fényt, amikor a szubmilliméteres hullámhossztartományban diffúz infravörös sugárzást észlelt a csillag körül (melléklet: 14). Ez a fiatal csillagokra általában jellemző, de a várt sugárzásnál sokkal intenzívebb eredményt kaptak. Az akkori mérések szerint a struktúra 140 csillagászati egységig követhető nyomon (ezeket az eredményeket később pontosították). 2005-ben újabb megfigyeléseket végeztek, ezúttal a NASA Spitzer-űrteleszkópjával (melléklet: 15). Kiderült, hogy a diszk mérete legalább 815 CSE, tehát sokkal nagyobb, mint azt korábban megállapították (melléklet: 16-17). Ez nagyjából Naprendszerünk méretének húszszorosa. A porkorong minden bizonnyal a milliméter törtrészt kitevő apró szemcsékből áll (néhány mikron méretűek), amelyeket a csillag sugárzása enyhén felmelegít. A korongot alkotó porrészecskék a sugárzás miatt kifelé áramlanak, s a kutatók szerint nagyjából ezer éves időskálán teljesen szétszóródnak az interstelláris térbe. Ahhoz, hogy a keletkezési ráta biztosított legyen, a korongnak túlzottan nagy kezdeti tömeggel kellett volna rendelkeznie. Arra következtetnek, hogy a képződmény viszonylag fiatal, és az utóbbi néhány millió év során keletkezett – aprózódási folyamat révén, tehát egy tranziens jelenséggel állunk szemben. Az egyik elmélet szerint a bolygóembriók folyamatosan összeütköznek, majd kisebb darabokra esnek szét, mígnem teljesen finom eloszlású poranyag nem keletkezik. 2000-ben kiderült, hogy kb. 85 CSE-nél van benne egy lyuk (melléklet: 18), s feltehetőleg ezen a részen ütköztek a nagyobb bolygókezdemények, s hozták létre a porkorong külső részét. A porkorong helyenkénti inhomogén jellegére, azaz bizonyos csomópontokra már korábban is utaltak. A lyuk jelenlétéből azonban nem csupán erre következtettek a csillagász-planetológusok. 2003-ban az Egyesült Királyság egyik tudóstársasága kijelentette, hogy a Vega körül a Naprendszerhez hasonló bolygórendszer is elképzelhető. A számítógépes modellezések is arra vezettek, hogy a lyukat minden bizonnyal egy két Nap-Neptunusz távolságban keringő, Jupitert-tömegnél kisebb bolygó hozta létre gravitációs rezonancia révén (melléklet: 19). A porkorong szabálytalan szerkezete így magyarázható a legjobban. A Vega körül feltehetőleg kis tömegű bolygók is keringhetnek beljebb a gázóriástól. A legvalószínűbb az, hogy a Vega körül a Neptunuszhoz hasonló tömegű bolygó a csillaghoz közel alakult ki, majd néhány tízmillió év alatt a mai pozíciójába migrált, közben eltorzítva a porkorong szerkezetét. De a csomósodások már önmagukban is valamilyen égitest(ek) gravitációs hatására utalnak. Ha az elmélet helyes, akkor különösen nagy jelentőségű felfedezésről van szó, hiszen az eddig felfedezett

exobolygók a Naprendsztől meglehetősen idegen módon, a csillaghoz nagyon közel keringenek, s tömegük általában többszörös Jupiter-tömegnek felel meg. A számítógépes modellek lefuttatása során arra is fény derült, hogy a megfigyelt szerkezet két gázbolygó esetén is kialakulhatott: egy Jupiter- és egy Neptunusz-tömegű bolygó nagyjából ugyanolyan távolságban, mint Naprendszerünkben.

Föld-típusú bolygók?

A Vega esetében 7,1 CSE lenne az a távolság, ahol kizárólag a csillag sugárzását tekintve folyékony víz jelenléte képzelhető el. Ez a Naprendszerben a Jupiter és a Szaturnusz távolsága közötti értéknek felel meg. Egy, a csillagtól ilyen távolságban keringő bolygó keringési ideje 10,9 év lenne. Az élet azonban aligha képzelhető el, hiszen a Vega-rendszer mindössze 350 millió éves, s ennyi idő alatt még a földi evolúció során sem alakultak ki fotoszintetizáló egysejtűek. Ezért a légköre valószínűleg nem tartalmaz kellő mennyiségű oxigént az ózonréteg kialakulásához. Ez pedig a „Vega-Föld” esetében halálos ítéletet jelentene az életformák számára: a Vega kemény sugárzása, különösen az ultraibolya sugárzás sokszorosa a Nap sugárzásának. Mindezt összevetve tehát nem tartom valószínűnek, hogy akár csak primitív egysejtűek is kialakulhattak volna.

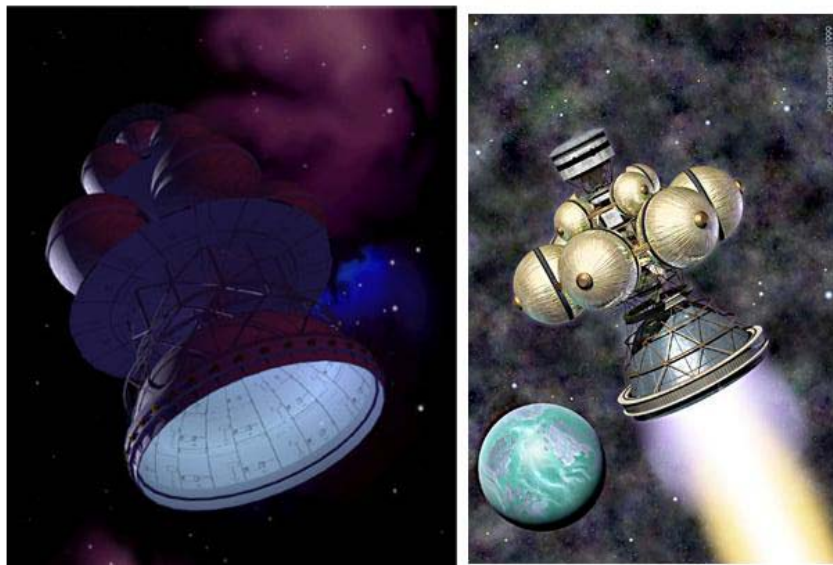
Az Aquila feladata a Vega-rendszerben

Az aleggységként szolgáló mikroszonda a műszerek közül a legfontosabbakat vinné magával az esetleges bolygó tanulmányozására, azaz „in-situ” vizsgálatára. Amikor az Aquila 150 CSE távolságra közelíti meg a Vegát, nagy excentricitású ellipszispályára áll, ezáltal a porfelhő külső és belső tartományait egyaránt helyben vizsgálhatja. Amennyiben bolygóra – esetleg bolygókra – akad, még működő segédhajtóművei segítségével olyan szögbe állítaná a vitorlát, hogy megközelíthesse azt. Ehhez természetesen rendkívül fejlett önvezérlő intelligenciára van szükség, amelynek kifejlesztése a jövő számítástechnikájának feladata. Az aleggységet ekkor a bolygó légkörébe bocsátaná, s ezáltal először lépne ember alkotta eszköz egy Naprendszeren kívüli idegen világ atmoszférájába...

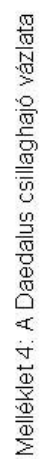
Utószó

Mindezek a vizsgálatok nagymértékben járulnának hozzá egy általánosabb érvényű bolygókeletkezési modell megalkotásához (ill. a jelenlegi elméletek pontosításához). A jelenlegi modellek ugyanis helyenként igencsak ingoványosak, hiszen még soha nem is volt lehetőségünk protoplanetáris korongok közvetlen vizsgálatára. Az Aquila terve bizonyára sok olyan elemet tartalmaz, amely műszakilag-technikailag korántsem megoldott, ám ha egyszer talán megvalósulhatna egy hozzá hasonló csillagközi űrszonda terve, sikeres küldetése beláthatatlanul nagy jelentőséggel bírna...

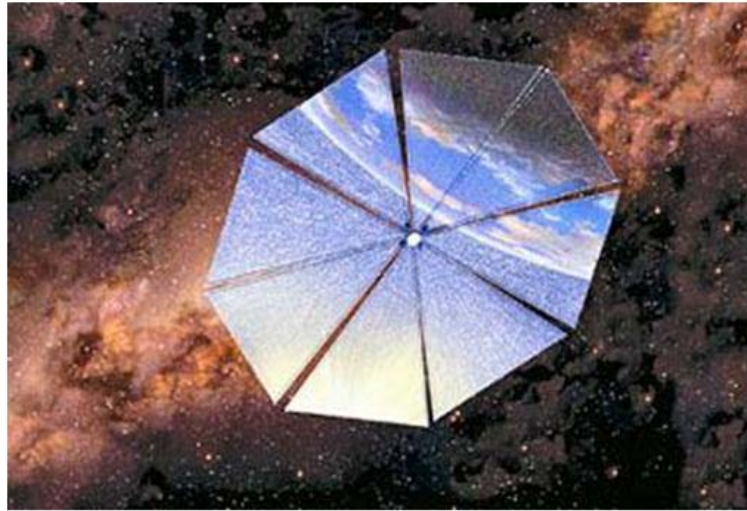
Melléklet



Melléklet 1-3: A Daedalus-terv

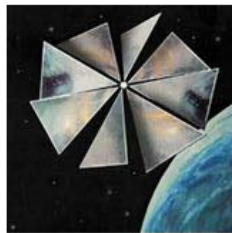


Melléklet 5-7: a Cosmos-1





Melléklet 9: a vitorla

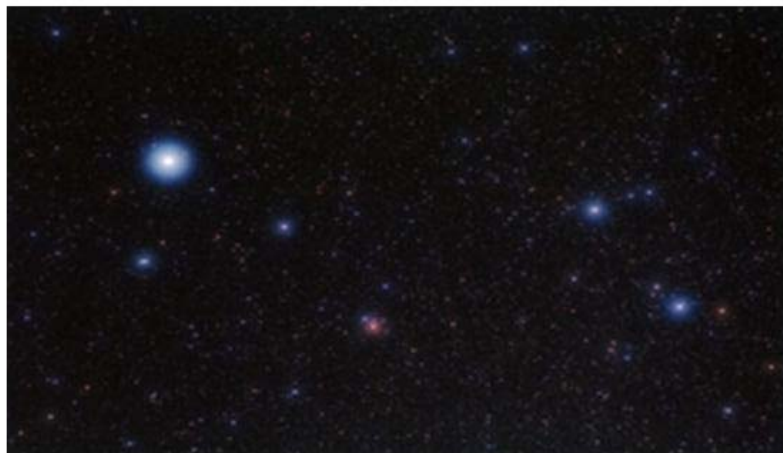
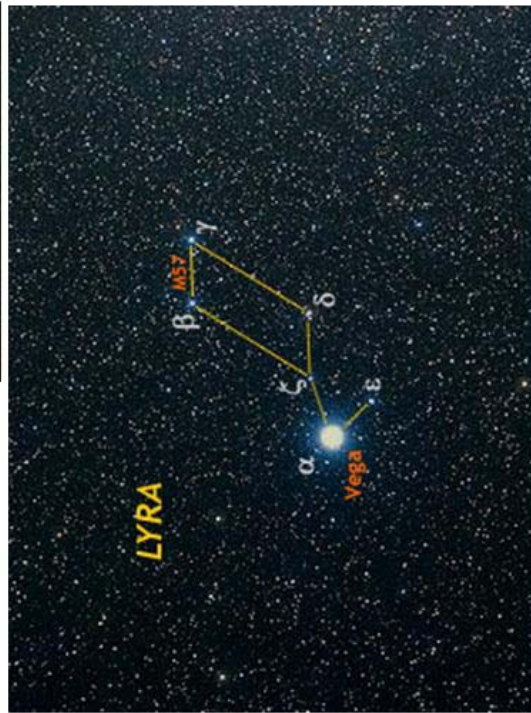


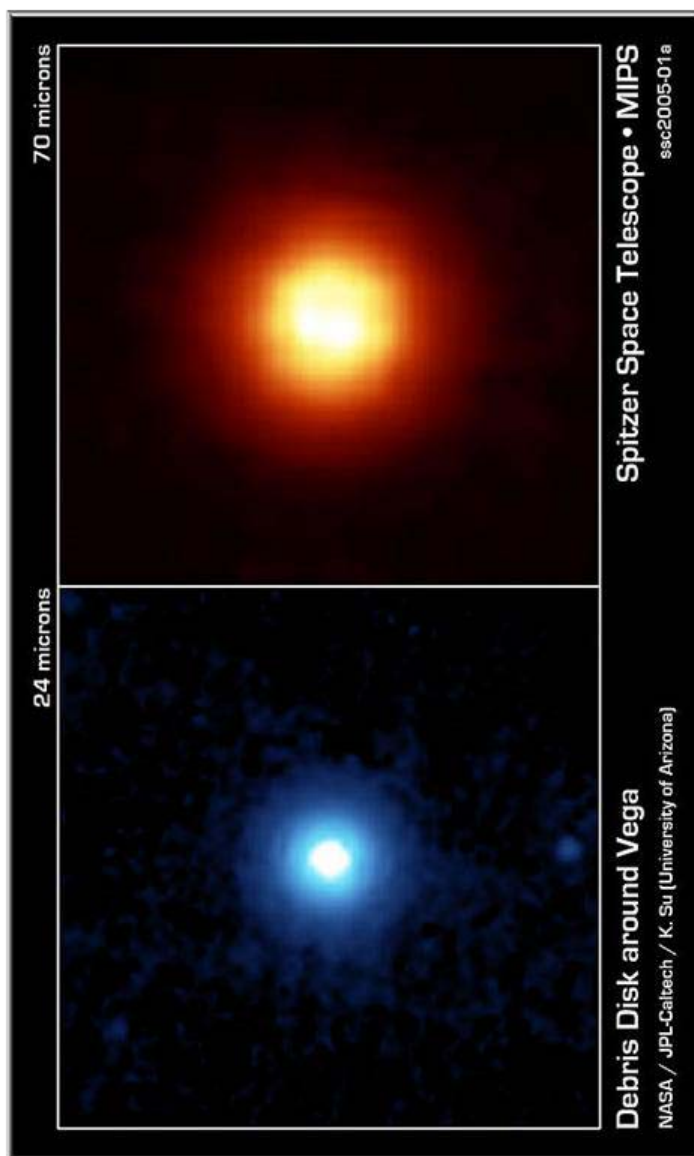
Melléklet 8: A Volna-hordozórakéta





Melléklet 10-11: A Vega a
Lant csillagképben

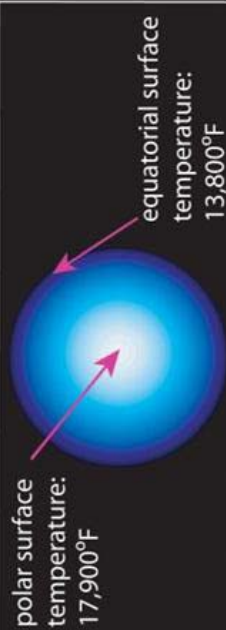




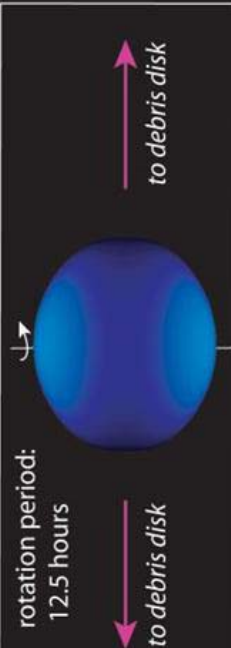
Melléklet 15: A SPITZER-űrtéleszkóp felvételei a Vega körüli porkorongról.

Vega

Pole-on view (as seen from Earth)



Equator-on view



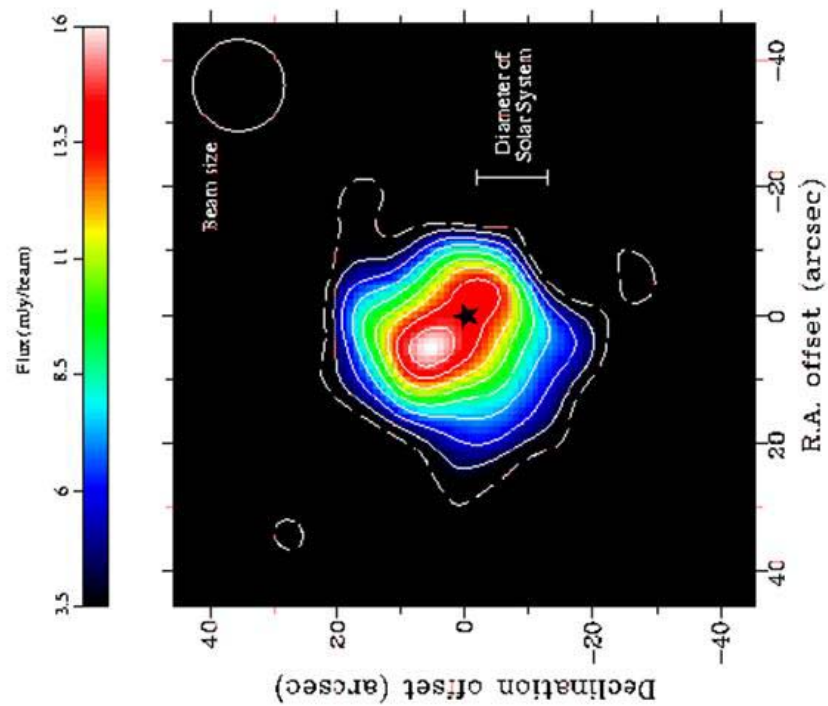
The Sun



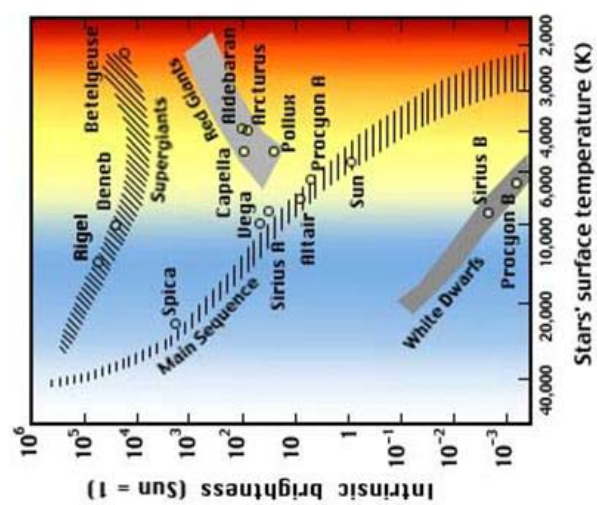
surface
temperature:
10,000°F

rotation period:
24 to 30 days

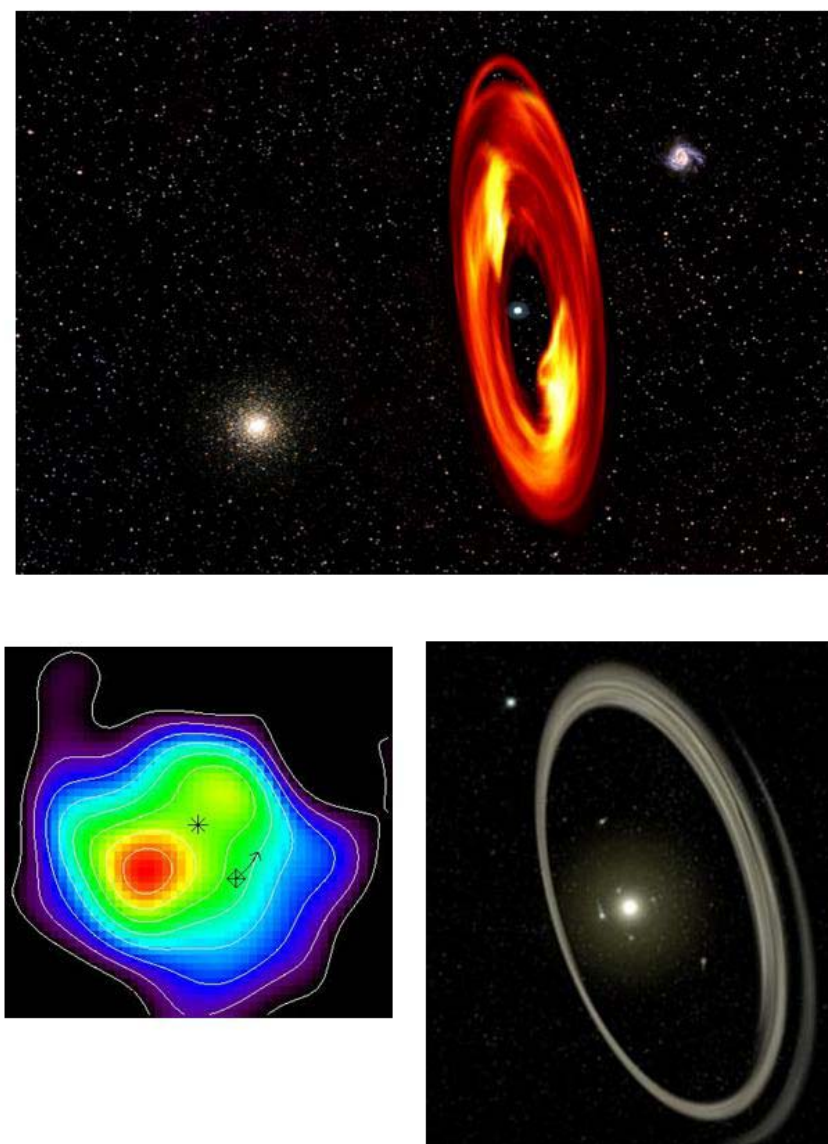
Melléklet 13: A CHARA-interferométer eredményei



Melléklet 14: Az IRAS felvétele



Melléklet 12: A Vega elhelyezkedése a Hertzsprung-Russell-diagramon



Melléklet 16-19: A Vega körüli porkorong elképzelt szerkezete és a keringési szimuláció