

A VILÁGBAN AZ ŰRKUTATÁS A MAI TUDOMÁNY EGYIK LEGFONTOSABB TERÜLETE, MIVEL NEMCSAK AZ ALAP-ÉS ALKALMAZOTT KUTATÁST FOGLALJA MAGÁBAN, HANEM IDERTARTOZIK MÉG AZ ŰRKUTATÁSHOZ SZÜKSÉGES TECHNIKAI ESZKÖZÖK FEJLESZTÉSE, GYÁRTÁSA, ALKALMAZÁSA IS. MAGYARORSZÁG ELSŐSORBAN AZ ALKALMAZOTT KUTATÁSI TÉMÁK KIDOLGOZÁSÁBAN ÉS ESZKÖZÖK FEJLESZTÉSÉBEN, GYÁRTÁSÁBAN ÉS AZ ALKALMAZÁSI FELADATOKBAN VÁLLAL SZEREPET. HOGY MILYEN TERÜLETEN, KIK ÉS MIN DOLGOZNAK? – ENNEK MEGISMERTETÉSÉHEZ SZERETNÉNK HOZZÁJÁRULNI A MAGYAR ŰRKUTATÁSI IRODA SEGÍTSÉGÉVEL.

Út a csillagok belsejébe és új világok felé

# A CoRoT Űrtávcső

**2006. december 27-én sikeresen útjára indult Bajkonurból a CoRoT (Convection, Rotation and planetary Transits; Konvekció, forgás és bolygóátvonulások) Űrtávcső. A tisztán tudományos célt szolgáló űreszköz a csillagok belsejét vizsgálja, csillagokban terjedő hanghullámok okozta felszíni fényváltozások megfigyelésével.**

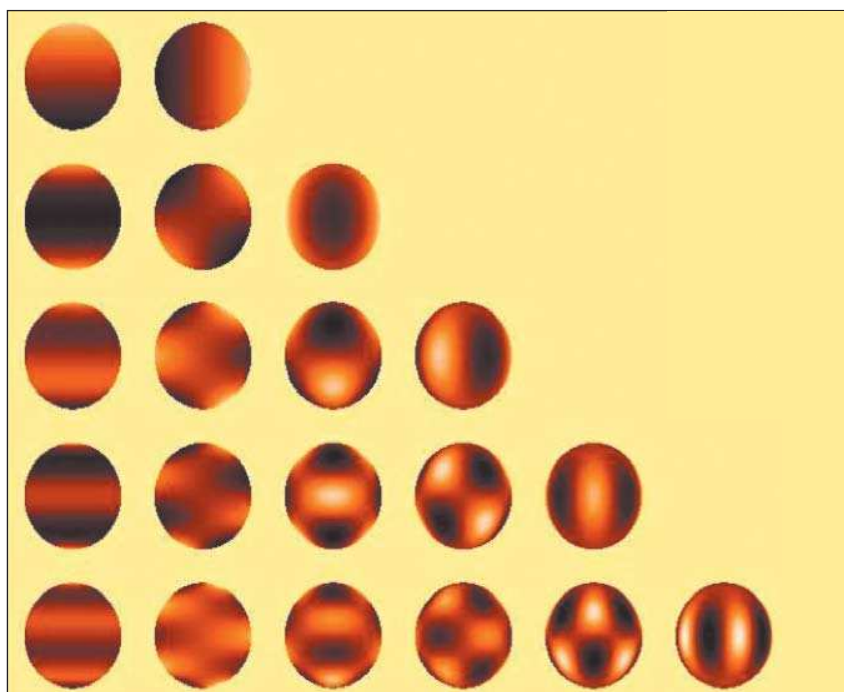
Az eljárás a Föld belsejét vizsgáló szeizmológiával rokon, ezért asztroszeizmológiának hívják. Az űrtávcső pontos mérései lehetővé teszik, hogy csillagok olyan elhalványodásait is kimutassa, amit a Földnél kicsivel nagyobb, de ahhoz hasonló bolygók csillagkórong előtti átvonulása okoz. A CoRoT az első űrprogram, amivel távoli csillagok körül keringő ilyen új világok fedezhetők fel, az előzetes becslések szerint 10-40 ilyen felfedezés várható. A CoRoT eredményei későbbi űrprogramok számára is tapasztalatokkal szolgálnak, pl. az ESA DARWIN projektjéhez, amely egy 4-5 űreszközből álló flottával keres majd olyan bolygókat, ahol az élet lehetséges. A CoRoT két eltérő kutatási területe az élet lételemét jelentő csillagfény és a lakható bolygók vizsgálatával kapcsolódik egységbe, de mindkét területhez elengedhetetlen a csak a földi légkörön kívülről kapható, nagy pontosságú mérés. A CoRoT

űrtávcső 2007 február 3-án megkezdte a tudományos méréseket. Ez adott aktualitást a Magyar Tudományos Akadémia Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézetében március 12-én tartott CoRoT Napnak. Francia és olasz csillagászok részvételével összefoglalta a Magyar Asztroszeizmológiai Csoport tevékenységét az űrprojekt tudományos előkészítésében.

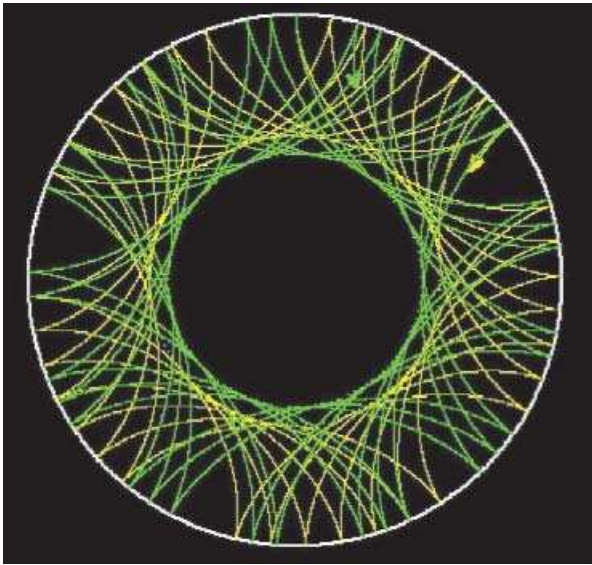
**ÖNFENNTARTÓ REZGÉSEK** A legközelebbi csillag, a Nap esetében, és a legjobb műszerekkel is csak annak külső 400 km-es rétegébe láthatunk be közvetlenül (leszámítva a neutrínók a Nap magjából származó információját). Az ESA SOHO űrtávcsöve már évek óta méri a Nap felszíni rezgéseit, amivel a magzati

ultrahangokhoz hasonlóan, a Nap belsejébe is bepillantunk. A CoRoT az első európai űrtávcső, ami a SOHO elvéhez hasonlóan képes a csillagok belsejébe látni.

A szeizmológia a geofizika egyik jól ismert területe. A Földön régóta alkalmazzák a földrengések által keltett (illetve mesterségesen is kelthető) hullámokat a Föld különböző rétegeinek és belső szerkezetének feltérképezésére. A csillagokban az energiaáramlás szakaszossága miatt önfenntartó rezgések gerjesztődnek, melyek hullámként és sötétebb (magasabb és alacsonyabb hőmérsékletű) területeket alakítanak ki, melyek elrendeződése rendkívül változatos lehet (1. ábra). Az összfényesség változásának méréseiből következtetünk a



■ 1. ábra.



2. ábra. Készítette: Joergen Christensen-Dalsgaard, Dánia

gerjesztett rezgések számára és azok típusára. Az egyes frekvenciákhoz (úgynevezett sajátmódus-hoz) más-más elrendeződés tartozik. A különböző frekvenciájú hullámok különböző mélységig hatolnak be a csillag belsejébe, majd visszaverődnek (2. ábra). A frekvenciák között mérhető különbség az azon területre jellemző paramétereket (nyomás, sűrűség, hőmérséklet, hangsebesség és kémiai összetétel) adja meg, ahol csak az egyik hullám haladt át. Minél több és pontosabb frekvenciát tudunk meghatározni a megfigyelések alapján, annál részletesebb lesz a csillag belső szerkezetéről alkotott térkép. Különösen nagy hatással van a gerjesztett rezgésekre a csillagok konvektív tartománya, ahol az energiaátadás a víz forrásához hasonlóan történik. Pontos leírásuk nem csak az asztrofizikában, hanem a földi fizikában sem tisztázott. A Nap vizsgálatából azt is tudjuk, hogy a mélységű rétegek különböző sebességgel forognak, illetve az egyenlítő körül áramlások jönnek létre (differenciális rotáció).

#### FELTÁRUL A CSILLAGOK FIZIKÁJA

A csillagok viselkedését olyan régóta követi nyomon az emberiség, hogy szeretnénk azt hinni, hogy működésüket jól ismerjük. Ez bizo-

nyos szinten igaz is, de a csillagok belső szerkezetét és fejlődésüket leíró fizikai folyamatok meghatározó elemeiről még mindig nagyon keveset tudunk. A csillagok leírását a termodinamika, a magfizika és a hidrodinamika egyenletei adják, de a laboratóriumtól nagyon eltérő körülmények között. Ha a makroszkópikus fizika (magreakciók aránya, a csillag anyagának átlátszatlanságát leíró opacitás, a nyomás és a hőmérséklet kapcsolatát meghatározó állapotegyenlet) legújabb fejlődését figyelembe is vesszük, a nemlineáris hidrodinamika még mindig

gyermekkorát éli. A csillagmodellekben hipotéziseket szerepeltetünk a konvekcióról, a forgás által létrehozott egyenlítői áramlásokról, a turbulens tartomány által létrehozott instabilitásokról. A nemlineáris jelenségek megváltoztatják a magban égő anyag kémiai összetételét. Befolyással vannak a csillag élettartamára, a kidobott anyag kémiai összetételére, az intersztelláris tér nehéz elemekkel való feldúsulási folyamatára, vagyis az asztrofizika különböző területeire, az Univerzum nagyléptékű szerkezetére. A CoRoT űrprojekt az Univerzum alapvető építőköveinek, a csillagok fizikájának ellenőrzését és pontosítását tűzte ki célul az asztroszeizmológia segítségével.

A CoRoT tudományos eredményei lényeges ismereteket adnak ahhoz, hogy a Napot más csillagokkal összehasonlíthassuk, és betekinthessünk a Nap jövőjébe. A csillagok belsejének megismerése nagyon fontos azok energiatermelése és fejlődése miatt. A csillagok hosszú távon stabil energiatermelése hozza létre az élet kialakulásához szükséges tartományokat a távoli naprendszerekben. A Napunknak nincs konvektív magja. A konvekció csillagfejlődésre gyakorolt hatását csak más típusú, távoli csillagokban

tudjuk megfigyelni. Ezen csillagok pillanatnyi állapota a Napunk akár több millió évvel későbbi jövőjével szembenesít.

#### MÉRÉSEK ÉS EXOBOLYGÓK KERESÉSE

A 30 cm átmérőjű távcsövet a tudományos céloknak megfelelően a közeli csillagok fényességében bekövetkező kicsiny változások detektálására tervezték (3. ábra). A látómezeje  $2.8^\circ \times 2.8^\circ$ , melynek egyik felét asztroszeizmológiai mérésekre, a másikat exobolygók keresésére használják. Az érzékelő berendezés 4 darab (egyenként  $2048 \times 2048$  pixel méretű) CCD (Charge Coupled Device) kamera. A műszer a mérendő területet 0.5 ívmásodperc pontossággal követi. Ez hasonló ahhoz a feladathoz, hogy egy futball labdát 10 km távolságról folyamatosan célbavegyünk. Számos technikai kihívást kellett megoldani a projekt keretében. A műhold poláris pályán kering a Föld körül, 896 km magasságban, amit a Föld fényétől és a sugárzási övtől való védelem, illetve a Dél-Atlanti anomália határoz meg. A pályasíkra merőleges irányban mér. Ilyen jellegű pálya esetén hónapokig tartó folyamatos megfigyelés lehetséges (évente  $2 \times 150$  nap). Működését 2009 elejéig tervezik. Az űrprogram keretében összesen 60000 objektum vizsgálatára kerül sor. A CoRoT űrtávcső szeme két 10 fokos terület a Tejút két meghatározott területén.

A CoRoT űrprojekt a Francia Nemzeti Űrügynökség (CNES) vezetésével valósul meg (70%-os anyagi támogatás), számos francia csillagászati intézet tudományos összefogásával. Több ország anyagi támogatást is jelentő közvetlen részvétele, illetve az ESA 2000-ben történt csatlakozása nemzetközi összefogássá emelte a projektet. A domináns külföldi intézetek a saját országuk (Spanyolország, Németország, Ausztria, Belgium

és Brazília) űrparát foglalkoztató technikai megoldásokkal járulnak hozzá a COROT projekthez. Magyarország 2004-től az Európai Űrügynökség társult tagja, a CoRoT projekthez 2005 elején csatlakoztunk a tagországok felzárkóztatására



■ 4. ábra.  
Készítette Csubry Zoltán, elérhető a [http://www.konkoly.hu/HAG\\_honlaprol](http://www.konkoly.hu/HAG_honlaprol).

létrehozott program (European Cooperating States, ECS) keretében. Megalakult a Magyar Asztroszeizmológia Csoport (Hungarian Asteroseismology Group, HAG (jelentése boszorkány, 4. ábra). A csoport a tudományos előkészítő munka fotometriai feladataiba kapcsolódott be hazai távcsövek felhasználásával. Az űrtávcső optimális irányának kiválasztása (maximális tudományos eredmények érdekében) több éves előkészítő munkát igényelt.

A CoRoT Napon külföldi csillagászok előadásában hallhattunk a területek kiválasztásának nehézségeiről. A magyar eredményeket a Magyar Asztroszeizmológiai Csoport fiatal generációja, egy PhD hallgató és egyetemisták mutatták

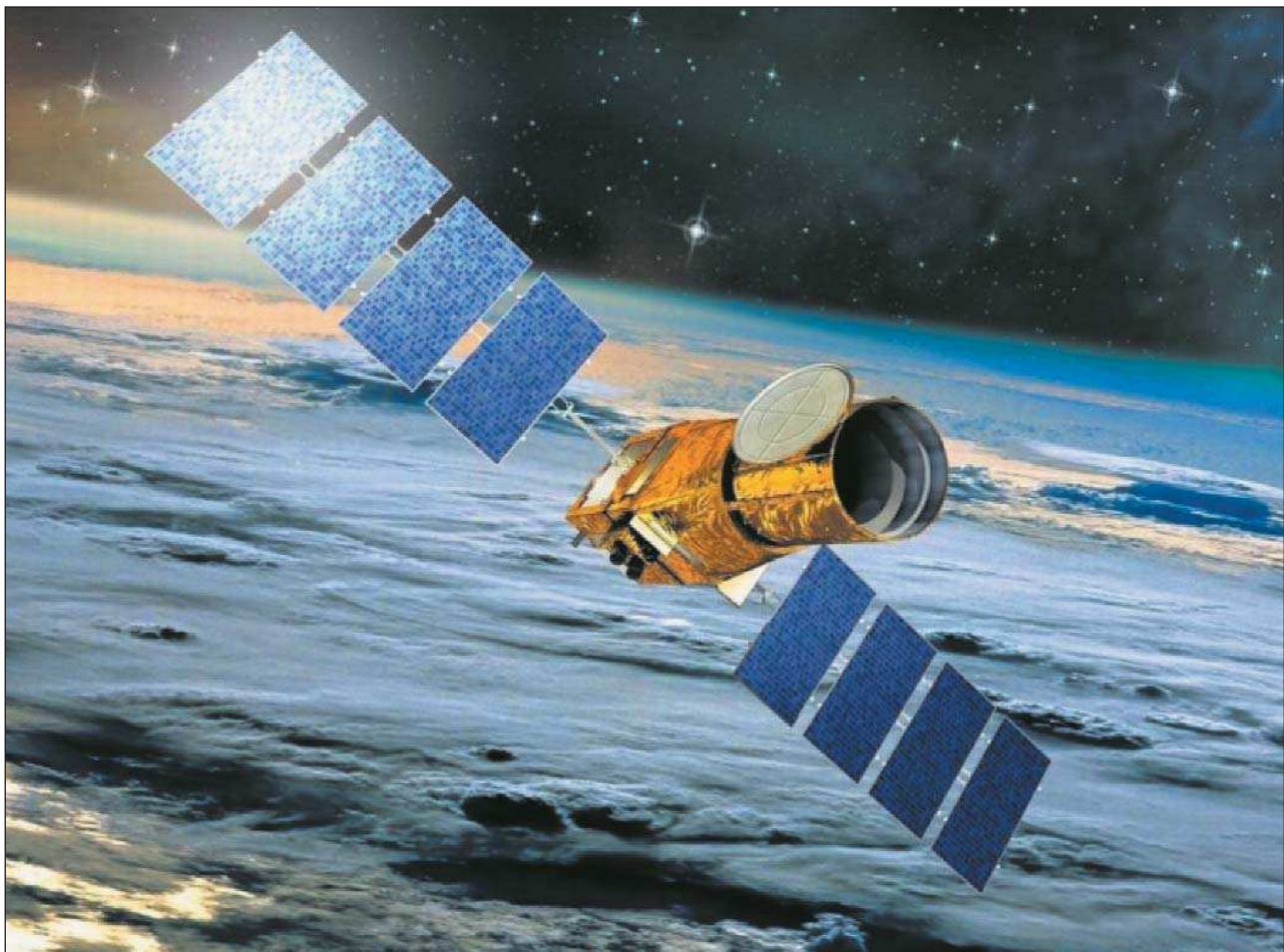
be. Csatlakoztatásuk a közös európai erőfeszítést jelentő CoRoT űrprojekthez előkészíti a jövő kutatógárdáját, akik meghatározóak lehetnek a kanadai (MOST már működő), a francia (CoRoT – most induló) és a dán (MONS – tervezett) nemzeti űrprojektekhez hasonló reménybeli magyar űrprojektekénél.

A rendezvényen ismertették a nemzetközi versenyben sikert elért hazai pályázatukat egyes csillagok speciális rezgési állapotai-

ról. Bemutatták a CoRoT programban születő nagy adatbázisok kezeléséhez elengedhetetlenül szükséges számítógépes eljárásokat. Bejelentették a ROTSE-I adatbázisra alapozva 1300 új változócsillag felfedezését a CoRoT szemek területén. Magyar hozzájárulásként 8-10 csillaggal növekedett az exoterületek speciális csillagainak listája.

Az előadásorozat szemléltette, hogy a változócsillagok földi bázisú kutatásában hagyományokkal rendelkező kutatóintézet hogyan jut a jövőbe vezető úthoz, az űrcsillagászathoz.

*Dr. Pappó Margit,*  
a magyar CoRoT projekt vezető kutatója, MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet



■ 3. ábra. a Corot honlapról: <http://corot.oamp.fr>