

B 3581

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI



**PULZÁLÓ VÁLTOZÓCSILLAGOK FIZIKAI PARAMÉTEREINEK ÉS  
CSILLAGFEJLŐDÉSI ÁLLAPOTÁNAK MEGHATÁROZÁSA TÖBBSZÍN-  
FOTOMETRIAI ÉS SPEKTROSKÓPIAI MÓDSZEREKKEL**

írta:

**KISS L. LÁSZLÓ**

JATE KÍSÉRLETI FIZIKAI TANSZÉK

Szeged, 1999

## 1. Tudományos előzmények, célkitűzések

A csillagfejlődés természetes kísérőjelensége a csillagok pulzációs instabilitása. Bizonyos csillagfejlődési állapotok jellemzője, hogy a csillag belső szerkezete és/vagy energiatermelése periodikus gerjesztő mechanizmusokat indít el, azaz a csillag rezgéseket végez. Az időben változó sugár és hőmérséklet fényességváltozást okoz, míg az ismétlődő tágulás és összehúzódás a színképvonalak periodikus Doppler-eltolódását idézi elő. Ezek megfigyelésével következtetni lehet a csillag legfontosabb jellemzőire, mint pl. tömeg, sugár, hőmérséklet, luminozitás, kémiai összetétel, csillagfejlődési állapot. A változócsillagok nagy (és az új mérésekkel egyre növekvő) száma miatt a felfedezett objektumoknak töredékére áll rendelkezésre elegendő pontosságú és részletességű mérés, amelyek alapján meg lehetne határozni azok asztrofizikai paramétereit.

Kutatásaim célja a radiális (sugár irányú), periodikus vagy kváziperiodikus pulzációt végző változócsillagok fizikai és csillagfejlődési állapotának minél teljesebb körű meghatározása, illetve pontosítása volt. A vizsgált csillagokat három nagy csoportra lehet felosztani:

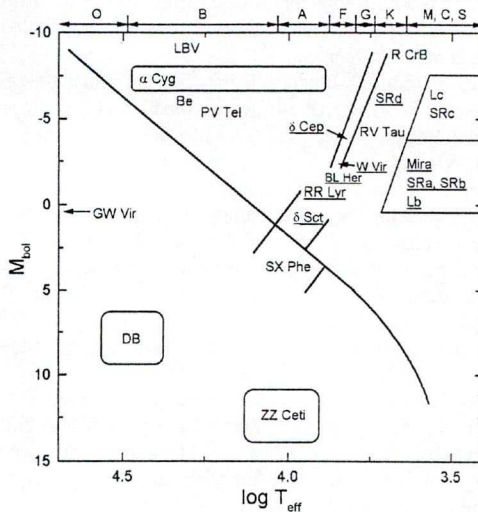
- a) rövid periódusú  $\delta$  Scuti- és RR Lyrae típusú változócsillagok ( $P < 1$  nap)
- b) közepes periódusú cefeida típusú változócsillagok ( $1 \text{ nap} < P < 50$  nap)
- c) hosszú periódusú félszabályos vörös óriáscsillagok ( $P > 50$  nap).

A  $\delta$  Scuti-típusú csillagoknál a megfigyelt fénygörbék esetleges többszörös periodicitásának kimutatása és a pulzációs módus(ok) azonosítása az egyik legfontosabb kérdés. Ehhez megfelelően hosszú adatsorokra van szükség, általában a domináns ciklushossz legalább néhány tízszeresére. A nagy nemzetközi észlelő-hálózatok több hetet (=több száz, vagy ezer ciklushossz) csak kisebb megszakításokkal lefedő kampányai már több tucat gerjesztett frekvenciát is ki tudtak mutatni egyedi változóknál, de a pontos értelmezéshez gyakran még ez is kevés. Saját vizsgálataim elsősorban olyan csillagokra terjedtek ki, melyek fényváltozása jó közelítéssel monoperiodikusnak tekinthető, így az ettől való kis eltérések (periódusváltozás, fénygörbeváltozás) vizsgálata vált elérhetővé. Különböző mechanizmusok (kettős rendszerben fellépő fényidő-effektus, több módus egyidejű gerjesztettsége) más-más eltéréseket okoznak, így a hosszú időt lefedő fotometriai mérésekkel ezek megkülönböztethetők.

A monoperiodikus RR Lyrae- és cefeida csillagoknál hasonló problémaként vetődik fel a periódus hosszútávú változása, ami csak több évet, esetleg évtizedet lefedő észlelés-sorozatokkal mutatható ki. Ciklikus periódusváltozás kísérő csillag jelenlétere utalhat, míg a hosszútávú trendekből a csillagfejlődés hatásaira következtethetünk. A megfigyelt változások helyes értelmezéséhez szükséges a csillagok globális fizikai paramétereink ismerete, így a többszín-fotometriai kalibrációk használata igen fontos. A csillagközi por által okozott vörösödés és abszorpció levonása a mérésekből alapvető, hiszen egyes csillagok 1-1.5 magnitúdós színexcesszusának pontatlan figyelembevétele meghamisítja a légkörmodellek felhasználásával kapott effektív hőmérséklet és gravitációs gyorsulás értékeket.

A cefeida csillagok viszonylag hosszú periódusa megnehezíti a jó időfelbontású színképek felvételét. Így az irodalomban viszonylag kevés nagy spektrális felbontású és jó fázislefedettségű mérés található ezen csillagokra. A pulzáló atmoszférákban fellépő jelenségek (sebesség-gradiens, mikro- és makroturbulencia változások, lökéshullámok) megismeréséhez szükséges volt kibővíteni a mért csillagok listáját, hiszen a korábbi vizsgálatok csak 4-5 csillagra vonatkoztak.

A pulzáció módusának egyértelmű meghatározására való törekvés végigvonul az összes



1. ábra. Pulzáló változócsillagok a Hertzsprung–Russell-diagramon. A vizsgált típusokat aláhúzással emeltem ki.

pulzáló változó vizsgálatán. Az RR Lyrae-k RRab és RRc altípusokra való felosztása éppen az alpmódus és első felhang gerjesztettségére utal, míg a cefeidáknál is szokás megkülönböztetni az alpmódusban és (általában) első felhangban pulzáló csillagokat. A periódus hossza nem mindig jelent egyértelmű kritériumot, így egyéb módus-azonosítókra is szükség van (többszínfotometriai színindex-kombinációk, fény- és radiális sebesség-görbék Fourier-paraméterei, nagyfelbontású színképvonal-profilok).

A c) pont alá tartozó félszabályos vörös óriások a klasszikus instabilitási sávon kívül helyezkednek el és az aszimptotikus óriáság csillagaiként evolúciós szempontból is teljesen különböző jellegűek a már említett változóknál. Mivel fényváltozások karakterisztikus ideje eléri a több száz napot is, elegendően hosszú és kellő pontosságú fotometriai adataik nem készülhettek el. Az elmúlt 10 évben vált egyre elfogadottabbá az évtizedes (gyakran 70-90 év hosszú) vizuális fényességbecslések felhasználása ezen csillagok pulzációs jellemzőinek vizsgálatában. Céлом egy statisztikai következtetések levonására is alkalmasan széles minta homogén analízise volt, amely betekintést nyújtott a többszörös periodicitású vörös változók gerjesztett módusainak összetett megnyilvánulási formáiba.

## 2. Vizsgálati módszerek

A  $\delta$  Scuti-, RR Lyrae- és cefeida-csillagokat elsősorban saját megfigyeléseim alapján tanulmányoztam. Fotometriai méréseim többségét a Szegedi Csillagvizsgáló 40 cm-es távcsövével végeztem. Az alkalmazott detektor egy egycsatornás SSP-5A fotométer volt, amely a Johnson-féle UBV és Strömgen-féle uvby fotometriai rendszereket megvalósító szűrősorokkal van ellátva. Strömgen-fotometriai méréseket a Sierra Nevada-i Observatórium

(Spanyolország) 90 cm-es távcsövével is végeztem, melyeknél az alkalmazott detektor egy négycsatornás uvby-rendszerű fotométer volt. A megfigyelések differenciális fotometriai mérések voltak, az alkalmazott összehasonlító csillagokat a Hipparcos műhold fotometriai adatbázisa segítségével választottam ki.

A rövid és közepes periódusú változócsillagoknál a periódusváltozás tanulmányozásához korábbi irodalmi adatokat is felhasználtam. A hagyományos O–C diagram módszerével a Fourier-analízist alkalmaztam. A félszabályos változócsillagok évtizedes adatsorait Fourier- és wavelet-analízissel vizsgáltam.

Spektroszkópiai méréseimet a David Dunlap Observatórium (Richmond Hill, Kanada) 188 cm-es távcsövével végeztem, három alkalommal (1996-ban, 1997-ben és 1999-ben) személyesen, közben pedig az obszervatórium ún. "service observing" szolgáltatását kihasználva. Az alkalmazott spektrográfok (echelle és Cassegrain) segítségével a fényes változókról nagyfelbontású ( $\lambda/\Delta\lambda=40000$ ), a halványabb csillagokról közepes felbontású ( $\lambda/\Delta\lambda\approx 11000$ ) optikai spektrumokat vettem fel. Így 0.5–1 km/s pontosságú radiális sebességeket sikerült kimérnem, mind keresztkorrelációs, mind egyedi vonalakat felhasználó módszerekkel.

Az adatok redukálásához saját fejlesztésű programokat (fotometria) és az Image Reduction and Analysis Facility (IRAF) programcsomagot (spektroszkópia) futtattam. Mindezekhez Unix-os munkaállomásokat, Linux-, Windows- és Macintosh-alapú személyi számítógépeket használtam. A dolgozatomban részletezett kutatómunkám közben és mellett más méréseket is végeztem az említett berendezésekkel, illetve olyan adatfeldolgozó eljárásokat sajátítottam el, melyeket a csillagászat más területein is jól tudtam hasznosítani (kettőscsillagok - [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34] [36], kisbolygók - [35] [39] [40], szupernóvák - [36] [38], vörös óriáscsillagok sebességmérése [41]).

### 3. Új tudományos eredmények

#### *a) Rövid periódusú változócsillagok*

1. Nyomon követtem a BE Lyncis nagyamplitúdójú  $\delta$  Scuti-típusú változócsillag periódusváltozását 1995-1999 közötti folyamatos BV-fotometriával. Kezdetben kettős rendszerben fellépő fényidő-effektust tételeztem fel a látszólag ciklikus periódusváltozás magyarázatáért. A pályaelemek és a tömegfüggvény alapján a kísérő csillag  $0.1 M_{\odot}$  nagyságrendbe esett, alig 0.6 km/s-os szisztematikus radiális sebesség-változásokat okozva 2400 napos periódussal. Ezt spektroszkópiai úton a mai műszerekkel nem lehetne kimutatni. Az 1999 tavaszán elvégzett legújabb méréseim azonban egyértelművé tették a fénygörbe alakjának ciklusról-ciklusra történő változásait, amit valószínűleg egy igen kicsiny amplitúdóval gerjesztett másik rezgési módus jelenléte okoz, tehát a kettős-hipotézis mellett alternatív lehetőség is felmerült a látszólagos periódusváltozás valószínű okaként [2] [5].

A TU Ursae Majoris RRab-típusú csillag UBV-rendszerben elvégzett mérései alapján új pontokkal egészítettem ki a O–C diagramot. A ciklikus periódusváltozást fényidő-effektussal modelleztem, az eredményül kapott pálya és tömegfüggvény durván 8800 napos keringési idejű, néhány tized naptömegű kísérőt sugall. A másodkomponens által okozott tömegközépponti radiális sebesség-változás 11 km/s, amit jól ki lehetne mutatni néhány év alatt elvégzett folyamatos radiális sebesség mérésekkel. A feltételezett kísérő kedvező esetben 0.01-0.015 ívmásodperc látszó szög távolságra távolodik el a főkomponenstől, így a Hubble

Űrtávcsővel esetleg közvetlen képfelvétellel is kimutatható lenne [3] [5].

Az  $\iota$  Bootis feltételezett  $\delta$  Scuti-csillagról Szegeden és Sierra Nevadában végeztem nagy pontosságú méréseket. Az 1995-1998 között felvett V adatok igen stabil, monopériodikus fényváltozást mutatnak, amelynek periódusát a közel 40 ezer cikluson átívelő fénygörbék segítségével igen pontosan meg tudtam állapítani ( $38.145 \pm 0.001$  perc). A vizuális amplitúdó 0.008 magnitúdó. Pulzációként értelmezve a fényváltozást, magasabb rendű radiális, vagy nemradiális rezgés valószínűsíthető. Ezt a kérdést csak nagyfelbontású spektroszkópiával lehet eldönteni, amire eddig még nem volt módom [4] [23].

2. 1998-ban egy hosszú távú megfigyelési programba kezdtem, melynek célja a Hipparcos asztrometriai műhold Tycho műszere által felfedezett változócsillagok rossz mintavételezésű és több esetben elégtelen pontosságú megfigyelési anyagának bővítése. A DX Ceti, RRc-ként klasszifikált változóról szimultán Strömgren-fotometriai és spektroszkópiai mérések alapján meghatároztam a csillag paramétereit (abszolút fényesség, luminozitás, fémesség, átlagos effektív hőmérséklet, gravitációs gyorsulás és sugár, ill. tömeg), és megállapítottam, hogy radiálisan pulzáló nagyamplitúdójú  $\delta$  Scuti-csillagról van szó. A következtetések alapjául szolgáló paraméterek:  $M_{bol} = 1.63 \pm 0.24$  magn.,  $L = 17.8 \pm 4 L_{\odot}$ ,  $[Fe/H] = -0.05 \pm 0.2$ ,  $\langle T_{eff} \rangle = 7250 \pm 200$  K,  $\langle \log g \rangle = 3.6 \pm 0.2$ ,  $\langle R_{\odot} \rangle = 2.7 \pm 0.5 R_{\odot}$ ,  $M_{*} = 1.5 \pm 0.6 M_{\odot}$ . Periódusának stabilitása jó összhangban áll az elméleti jóslatokkal [20].

A V2109 Cygni, szintén RRc-ként klasszifikált változóról teljes UBV és uvby fénygörbéket mértem ki. Ezek és a szimultán felvett színképek segítségével kiszámítottam a csillag legfontosabb paramétereit:  $M_{bol} = 0.73 \pm 0.43$  magn.,  $L = 41 \pm 15 L_{\odot}$ ,  $[Fe/H] = -0.9 \pm 0.2$ ,  $\langle T_{eff} \rangle = 6800 \pm 200$  K,  $\langle \log g \rangle = 2.7 \pm 0.2$ ,  $\langle R_{\odot} \rangle = 4.6 \pm 0.9 R_{\odot}$ ,  $M_{*} = 0.5 \pm 0.3 M_{\odot}$ . Ezek az RR Lyrae változók tipikus paraméterei. Valószínűsítettem, hogy 1993 és 1998 között kis mértékű, hirtelen periódusváltozás történt. A periódus rövidege és a fénygörbe Fourier-paraméterei ( $R_{21} = 0.12$ ) azt valószínűsítik, hogy a V2109 Cygni második felhangban pulzál. A következtetés fontosságát az adja, hogy a V2109 Cyg jelenleg az egyetlen második felhangban rezgő ismert RR Lyrae, ugyanis a korábbi vizsgálatok más, szintén második felhangban pulzálóknak gyanított csillagoknál nem vezettek egyértelmű eredményekre [21].

### b) Cefeidák

3. A legfényesebb 19 északi cefeida szimultán UBV és uvby fotometriája alapján a kiegészített O–C diagramokkal megvizsgáltam a periódusváltozásokat. Irodalmi empirikus kalibrációk segítségével a vörösödésüket, a legújabb légkör-modellek alapján pedig a hőmérsékleteket és felszíni gravitációs gyorsulásokat határoztam meg [9] [10] [11] [13] [14].

A fotometrált 19 csillag közül 12-ről nagyfelbontású optikai spektrumokat vettem fel. A különböző hullámhossz-tartományokban számolt keresztkorrelációs radiális sebességek között a mérés pontosságát meghaladó különbséget találtam, amit a légköri sebesség-gradiens hatásával magyaráztam. Teszteltem a különböző sebességmérési technikákat és azok korlátozó tényezőit. Szintén a sebesség-gradiens jelenlétére utalnak az egyedi vonalprofilok megfigyelt aszimmetriái, melyek 2-3-szorosan felülmúlják a pulzáció során fellépő projekciós effektus okozta aszimmetriákat. A különböző gerjesztési potenciálú vonalak között is több km/s-os sebességkülönbséget találtam, aminek jellegzetes fázisfüggését lehetett kimutatni [8] [9] [12] [18] [24].

4. A V1334 Cygni vonalprofiljainak a pulzációs fázistól függetlenül állandó félszélességét, ill. a párhuzamosan fellépő 10-15%-os vonal-aszimmetriákat egy feltételezett sárga kisércsillag színképvonalainak jelenlétével tudtam modellezni [24].

Két kétmódusú cefeidánál (CO Aurigae és TU Cassiopeae) nem találtam kimutatható H $\alpha$ -emissziót, ami ellentétben áll a korábbi, igen bizonytalan megfigyelési anyaggal [9].

A CK Camelopardalis Hipparcos-változóra Baade-Wesselink analízissel elsőként határoztam meg a csillag sugarát ( $31 \pm 1 R_{\odot}$ ) [24].

25 halványabb északi cefeida spanyolországi Strömgren-fotometriájával kiegészítettem a Szegeden észlelt mintát. Az egyelőre gyenge fázislefedettség (a projekt 2000-ig tart) csak két csillag (BL Herculis és V473 Lyrae) teljes fénygörbéjének felvételét tette lehetővé [19].

### c) Félszabályos változócsillagok

5. Összegyűjtöttem 93 félszabályos változócsillag évtizedes vizuális fényességbecsléseken alapuló adatsorait. Ezek egy része az interneten letölthető, míg kisebb hányadát a Janet A. Mattei-vel, az Amerikai Változócsillag-észlelők Társasága (AAVSO) igazgatójával zajló együttműködés keretében kaptam meg. Összevettem az átlagolt vizuális fénygörbéket a kis számban elérhető fotoelektromos fotometriai mérésekkel és teszteltem a vizuális adatok megbízhatóságát. Számításaim alátámasztották azokat a korábbi eredményeket, amelyek szerint a ciklikusság vizsgálatában az adatsorok hossza lényegesebb tényező, mint az egyedi észlelések pontossága. A vizsgált minta jelentős hányadában sikerült többszörös periodicitást kimutatni: a 93 csillagból 29 adódott monoperiodikusnak, 44 kétszeresen periodikusnak, míg 12 csillag fénygörbéjét három periódussal lehet jellemezni. A periódus-periódusarány diagram pontjai jól elkülönülő szegmensekbe tömörülnek, amit a különböző gerjesztett módusok jelenlétével magyaráztam. A hosszútávú jelenségek közül az erős amplitúdócsökkenésre (V Bootis, RU Cygni), az ezzel párhuzamosan gerjesztődő másik módusra (Y Persei), módusváltásra (TX Draconis, V Ursae Minoris) és az amplitúdó-modulációra (RY Ursae Majoris) hívtam fel a figyelmet [1] [7] [15] [17] [22] [25] [26] [27].

Saját mérésekkel két szezonban végigkövettem a BR Canum Venaticorum újonnan felfedezett félszabályos változócsillag fényváltozását, amivel kiegészítettem szerzőtársam (Kevin West) hasonló műszerrel végzett méréseit. A fénygörbe két periódussal jellemezhető, tipikus SRb csillagot valószínűsít. Emellett saját UBv fotometriai és nagyfelbontású spektroszkópiai megfigyeléseket végeztem a 89 Her SRd típusú csillagra. Érdekes előzetes eredmény, hogy a sűrű csillagkörüli anyag hatása az optikai tartomány színképvonalainban elrejtí a fotoszféra pulzációját [6] [16].

## 4. Az értekezés alapjául szolgáló publikációk

- [1] Szatmáry K., Gál J., Kiss L.L.: 1995, Light curve analysis of long period pulsating stars with the wavelet method: The semiregular star V Boo, Proc. IAU Coll. 155 "Astrophysical Applications of Stellar Pulsation", eds. R.S.Stobie and P.A.Whitelock, Cape Town, South Africa, *ASP Conf. Series*, **83**, p.417.
- [2] Kiss L.L., Szatmáry K.: 1995, Has the delta Scuti star BE Lyn a companion?, *Information Bulletin on Variable Stars*, No.4166
- [3] Kiss L.L., Szatmáry K., Gál J., Kaszás G.: 1995, A new orbit of the binary RR Lyrae star TU UMa, *Information Bulletin on Variable Stars*, No.4205
- [4] Kiss L.L.: 1995, BV photometry of the delta Scuti star iota Bootis, *Information Bulletin on Variable Stars*, No.4237

- [5] Kiss L.L., Szatmáry K., Gál J.: 1996, Cyclic period change of two short period pulsating stars (BE Lyn and TU UMa), *Proc. IAPPP Symposium '95 Baja, "CCD Techniques in Stellar Photometry"*, p.111.
- [6] Szatmáry K., Kiss L.L.: 1996, The strange semiregular star 89 Her, *IAPPP Communications*, **67**, p.66.
- [7] Szatmáry K., Gál J., Kiss L.L.: 1996, Applications of wavelet analysis in variable star research. II. The semiregular star V Bootis, *Astronomy and Astrophysics*, **308**, 791-798.
- [8] Vinkó J., Evans N.R., Kiss L.L., Szabados L.: 1998, Spectroscopic Survey of Field Type II Cepheids, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **296**, 824
- [9] Kiss L.L.: 1998, A Photometric and Spectroscopic Study of the Brightest Northern Cepheids. I. Observations, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **297**, 825
- [10] Kiss L.L., Szatmáry K.: 1998, A Photometric and Spectroscopic Study of the Brightest Northern Cepheids. II. Fundamental Physical Parameters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **300**, 616
- [11] Kiss L.L.: 1998, Photoelectric (UBV-uvby) and spectroscopic observations of 23 northern Cepheids, *The Journal of Astronomical Data*, **4**, No.3
- [12] Vinkó J., Kaszás G., Balog Z., Kiss L.L.: 1998, Velocity differences in Cepheid atmospheres, in "A Half Century of Stellar Pulsation Interpretations: A Tribute to Arthur N. Cox", ed. P.A. Bradley and J.A. Guzik, *ASP Conf. Series*, **135**, p.182.
- [13] Kiss L.L.: 1998, Photometric and spectroscopic study of the brightest northern Cepheids, in "A Half Century of Stellar Pulsation Interpretations: A Tribute to Arthur N. Cox", ed. P.A. Bradley and J.A. Guzik, *ASP Conf. Series*, **135**, p.173.
- [14] Kiss L.L., Kaszás G.: 1999, Photoelectric Photometry at Szeged Observatory, Proc. of the II. European Meeting of the AAVSO Sion, Switzerland, *ASP Conf. Series*, in press
- [15] Kiss L.L.: 1999, Present Activities of the Hungarian Astronomical Association - Variable Star Section, Proc. of the II. European Meeting of the AAVSO Sion, Switzerland, *ASP Conf. Series*, in press
- [16] West K., Howarth, J., Kiss L.L.: 1999, Simple Photometric Observations of BR Canum Venaticorum (a troublesome comparison star), *Journal of the British Astronomical Association*, **109**, No.3
- [17] Kiss L.L., Szatmáry K.: 1999, Multiperiodicity in semiregular variables, Proc. IAU Symp. 191, "Asymptotic Giant Branch Stars", eds. T. Le Bertre, A. Lèbre and C. Waelkens, p.133
- [18] Vinkó J., Kaszás G., Kiss L.L.: 1999, Limitations of precise radial velocity measurements in pulsating stellar atmospheres, in: "Precise stellar radial velocities", eds. J.B. Hearnshaw and C.D. Scarfe, *ASP Conf. Series*, in press
- [19] Kiss L.L., Vinkó J., Balog Z., Alfaro E., Bakos G.: 1999, Recent photometric and spectroscopic results of Cepheid variables, in "Theory and tests of convective energy transport - Workshop on Stellar Structure", ed. A. Gimenez, E. Guinan & B. Montesinos, *ASP Conf. Series*, in press
- [20] Kiss L.L., Csák B., Thomson J., Szatmáry K.: 1999, DX Ceti, a high-amplitude delta Scuti star, *Information Bulletin on Variable Stars*, No.4660
- [21] Kiss L.L., Csák B., Thomson J., Vinkó J.: 1999, V2109 Cygni, a second overtone field RR Lyrae star, *Astronomy and Astrophysics*, **345**, 149

- [22] Kiss L.L., Szatmáry K., Cadmus R.R., Jr., Mattei J.A.: 1999, Multiperiodicity in semiregular variables. I. General properties, *Astronomy and Astrophysics*, **346**, 542
- [23] Kiss L.L., Alfaro E.J., Bakos G., Csák B., Szatmáry K.: 1999, On the monopiodicity of the suspected  $\delta$  Scuti star  $\iota$  Bootis, *Information Bulletin on Variable Stars*, No.4698
- [24] Kiss L.L., Vinkó J.: 1999, A Photometric and Spectroscopic Study of the Brightest Northern Cepheids. III. A high-resolution view of Cepheid atmospheres, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, submitted
- [25] Kiss L.L., Szatmáry K., Mattei J.A.: 1999, Changes of the physical state in semiregular variables, in "Atmospheres of M, S and C Giants", Abstracts of the 2nd Austrian ISO Workshop, Vienna, May 27-29, 1999, eds. J. Hron & S. Höfner, p.9-10.
- [26] Kiss L.L., Szabó Gy., Szatmáry K., Mattei J.A.: 1999, Changes of the physical state in semiregular variables, Proc. IAU Symp. 176, "The impact of large-scale surveys on pulsating star research", eds. L. Szabados and D. Kurtz, *ASP Conf. Series*, in press
- [27] Kiss L.L., Csák B., Alfaro E.J., Vinkó J.: 1999, Ground based follow-up of short- and medium-period variables discovered by the Hipparcos satellite, Proc. IAU Symp. 176, "The impact of large-scale surveys on pulsating star research", eds. L. Szabados and D. Kurtz, *ASP Conf. Series*, in press

*Egyéb publikációk:*

- [28] Vinkó J., Gál J., Szatmáry K., Kiss L.: 1993, A seasonal light curve and new ephemeris of VW Cephei, *Information Bulletin on Variable Stars*, No.3965
- [29] Kiss L.L., Gál J., Kaszás G.: 1995, New times of minima of eclipsing binaries VW Cep, U Cep and RZ Cas, *Information Bulletin on Variable Stars*, No.4181
- [30] Kaszás G., Kiss L.L.: 1995, Some CCD-camera result using small refractors, poster on IAPPP Symposium '94 Baja, "Cooperation Between Amateurs and Professionals in Recent Photometric Studies of Variable Stars", *IAPPP Communications*, **59**, p.6.
- [31] Kaszás G., Kiss L.L.: 1996, CCD photometry '94 in Szeged Observatory, *Proc. IAPPP Symposium '95 Baja, 1995 "CCD Techniques in Stellar Photometry"*, p. 81-87.
- [32] Vinkó J., Kaszás G., Szatmáry K., Kiss L.L., Gál J., Hegedüs T., Borkovits T.: 1996, Period variation and surface activity of VW Cephei, poster on IAPPP Symposium '96 Baja, Hungary, *IAPPP Communications*, **67**, p.22-24.
- [33] Kamper K.W., Thomson J.R., Kiss L.L.: 1996, BD+33°1646, a dMe Triple, *Bull. American Astron. Soc.*, **189**, #77.09
- [34] Kaszás G., Vinkó J., Szatmáry K., Hegedüs T., Gál J., Kiss L.L., Borkovits T.: 1998, Period Variation and Surface Activity of the Contact Binary VW Cephei, *Astronomy and Astrophysics*, **331**, 231-243
- [35] Szabó Gy., Sárneczky K., Kiss L.L.: 1998, The O-C diagrams of minor planets - a new approach to modelling the rotation, poster on IAU Coll. 173, "Evolution and Source Regions of Asteroids and Comets", Tatranska Lomnica, Slovakia, *Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso*, in press
- [36] Vinkó J., Kiss L.L., Kaszás G., Fűrész G.: 1998, in "Optika '98 - 5th Congress on Modern Optics", ed. Gy. Ákos, G. Lupkovic & A. Podmaniczky, Budapest, SPIE, Vol. 3573, p.252
- [37] Kiss L.L., Kaszás G., Fűrész G., Vinkó J.: 1999, New times of minima and updated ephemerides of selected contact binaries, *Information Bulletin on Variable Stars*, No.4681



- [38] Vinkó J., Kiss L.L., Thomson J., Fűrész G., Lu W., Kaszás G., Balog Z.: 1999, Early-time spectroscopic observations of SN 1998aq in NGC 3982, *Astronomy and Astrophysics*, **345**, 592
- [39] Sárneczky K., Szabó Gy., Kiss L.L.: 1999, CCD observations of 11 faint asteroids, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, **137**, 363
- [40] Kiss L.L., Szabó Gy., Sárneczky K.: 1999, CCD photometry and new models of 5 minor planets, *Astronomy & Astrophysics Supplement Series*, in press
- [41] Lebzelter Th., Kiss L.L., Hinkle K.H.: 1999, A comparison of light and velocity variations in semiregular variables, *Astronomy and Astrophysics*, submitted