

# Változócsillagok

## Változós hírek, érdekességek

### Belga társszervezetünk munkájáról

A belga Werkgroep Veranderlijke Sterren tevékenységéről legutóbb a 81/1-es Meteorban olvashattunk. A szervezet irányítását időközben Ludwig Cluyse vette át Patrick Wils-től. A személyi változás eredményeképp a belga-magyar kapcsolatok is új lendületet vettek. Ludwig Cluyse nemrégiben levélben tájékoztatta a PVH-t jelenlegi kiemelt programjaikról, melyet kivonatolva ismertetünk.

- A Werkgroep Veranderlijke Sterren (WVS) minden észlelése számítógépre kerül, ennek köszönhető, hogy gyorsan és elegánsan készíthetnek fénygörbéket. Az észlelések manuális kezelése és a fénygörbék szerkesztése egyébként igen sok időt venne el. Ez a munka a Brüsszelhez közeli Mira bemutató csillagvizsgálóban folyik, egy Apple II mikroszámítógép segítségével.
- Ludwig Cluyse és Patrick Wils most készítik elő a belga változóészlelési kézikönyvet, melynek megjelenése a jövő év végére várható. Ez a könyv megpróbálja vonzóvá tenni a változóészlelést a kezdő megfigyelők előtt. Az észlelések minőségét mindig a mennyiségi szempontok elé helyezik. Ebből a szempontból pl. megkövetelik az észlelőiktől, hogy a hosszúperiódusú változókat minden tíz napban egyszer észleljék. A két-három naponta végzett megfigyelések mindenképpen torzítják a fénygörbe alakját. A minőségi adatok különösen a feltelezett és a fedési változóknál lényegesesek.
- A WVS egy változócsillag könyvtár összeállításán fáradozik, többek között átvizsgálják az egész, a Genti Egyetem könyvtárában található változós irodalmat, majd másolatban a WVS tagjainak rendelkezésére bocsátják.

A WVS valamennyi észlelését az AAVSO számára is megküldi. A belgiumi észlelők tájékoztatására kéthavonként jelenik meg Varial című változós kiadványuk. Ez a kiadvány lényegében a mi rovatunknak megfelelő, friss hírekkel, mira- és törpe nóra maximumokkal, feldolgozásokkal szolgál. A 44-es szám pl. a PVH T Cep feldolgozásáról számol be a Meteor 86/2 alapján.

## ☐ Nova Andromedae 1986

1986. december 5, 44 UT-kor Mitsuri Suzuki fotografikusan nívát fedezett fel a RA:  $23^{\text{h}}09^{\text{m}}5$  D:  $+47^{\circ}10'$  (1950,0) pozíció-nál. A felfedezéskor a csillag fotovizuálisan  $8^{\text{m}}$ -s volt (200 mm-es kamera, Tri-X film, zöld szűrő). A nóva maximális fényességét december 8-án érte el,  $6^{\text{m}}5-6^{\text{m}}6$  körül (TA EWC 87). Ezt követően lassan halványodott, a hónap végén  $9^{\text{m}}$ -s volt.

D.L. King (Royal Greenwich Obszervatórium) a Palomar Sky Survey-n a prenovát egy  $17^{\text{m}}8$  fotografikus fényességű objektummal azonosította.

A Nova Andromedae 1986-ról december 18-án értesítettük a megfigyelőket a Meteor Gyorshírekben (a sokszorosításért köszönetet mondunk a Tudomány szerkesztőségének). A jelen számunkban is közölt térkép az AAVSO Circular 193-as száma alapján készült.

A Meteor Gyorshírek című időszakos körlevelünk az előre nem jelezhető, váratlan égi jelenségekről (üstökösök, nívák, szupernóvák, stb) tudósít. Mindazok, akik igénylik ezt a fajta "szolgáltatásunkat", küldjenek tetszés szerinti számban (célszerű ötöt küldeni) saját nevükre megcímezett, felbélyegzett borítékot a szerkesztőség címére, így a körlevelet késedelem nélkül tudjuk postázni.

## ☐ PVH Report 15.

A változóészlelők és a változócsillagok iránt érdeklődő amatőrök decemberi 64 oldalas számunk mellett a PVH Report 15. részét is megkapták (további érdeklődők Mizser Attilától kérhetik).

Az 56 oldalas kiadvány 1986. első felének 9.492 megfigyelését sorolja fel, a már megszokott formában. Ami az adatlisták megbízhatóságát illeti, a PVH Report 15. minden bizonnyal az eddigi legpontosabb adatlistákat tartalmazza, mivel az ellenőrző munkában két további munkatársunk, Fidrich Róbert és Kovács István is résztvevett. Észlelőinket arra kérjük, ha valamilyen elírást találnak, azt feltétlenül közöljék a Report összeállítóival.

## ☐ T Pyxidis

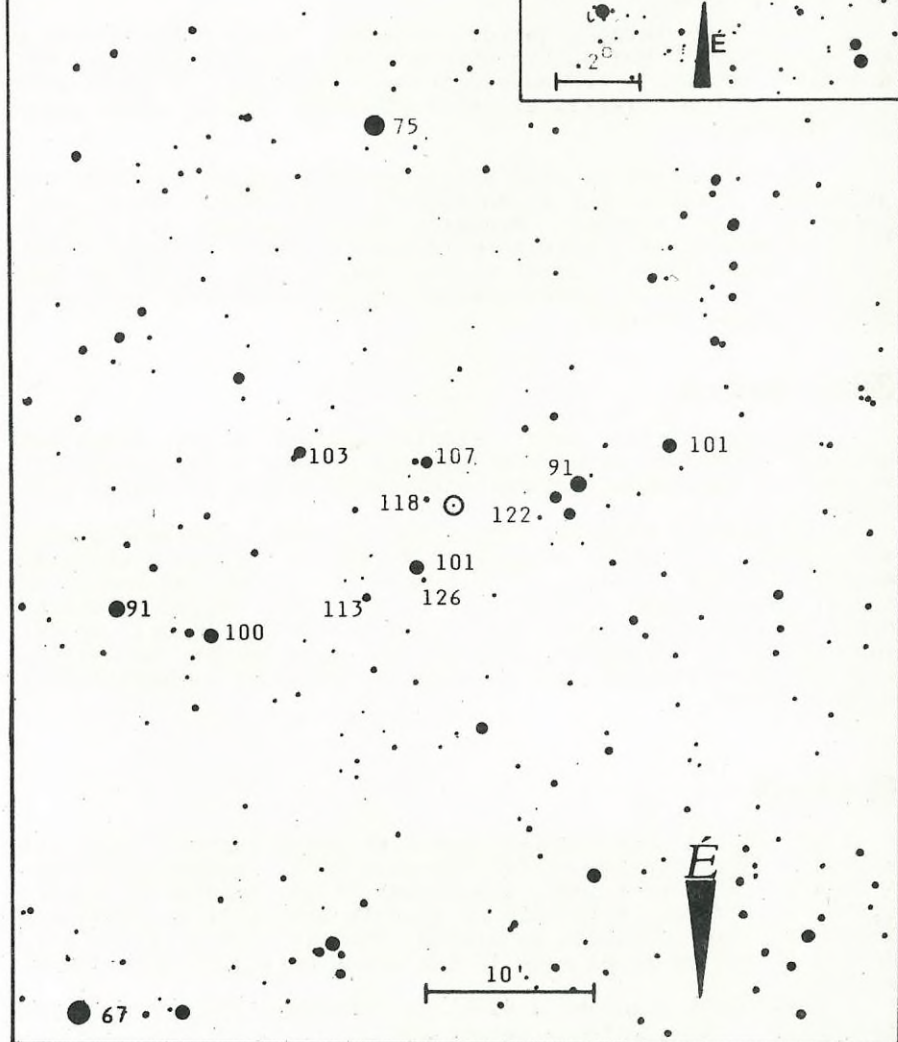
E visszaérő nóva kitörése egy éven belül várható, mint azt külföldi csillagászok az IAU Circular 4275. számában közlik. A kutatók a T Pyx-t 1986. szeptember 27-én kezdték el megfigyelni az IEU-vel. A 120-320 nm fölötti ultraibolya kontinuum lényegében nem változott az utolsó, 1980-as IUE észlelés óta, de a C IV 155 nm-es és a He II 164 nm-es emissziók most fényesebbek.

A csillagról legutóbb a 85/11-es Meteorban írtunk, észlelő-térképe a 86/2-es számban jelent meg.

**230746**

*Nova Andromedae 1986*

*N* 6,8-17,8



## ☐ Nova Centauri 1986

Az elmúlt év legfényesebb nójáját Robert McNaught fedezte fel fotografikusan, november 22,7 UT-kor,  $5^m$ -s fényességnél, az ausztráliai Siding Spring Obszervatóriumban. Az objektum négy, 1 perces expozíciójú felvételén volt azonosítható. Pozíciója: RA:  $14^h 32^m 13^s 46$  D:  $-57^{\circ} 24' 31'' 1$  (11950,0)  $+0^{\circ} 5'$ . A nója a fenti obszervatórium angol Schmidt teleszkópjával készített régebbi felvételeken  $18^m$ -s (B) csillagként azonosítható. A maximum november 24-én következett be  $4^m 6$ -nál, így a déli félteke észlelői szabadszemmel is könnyen észlelhetők. Az eddig publikált megfigyelések szerint a Nova Cen 1986 a továbbiakban lassan halványodott, december 13-i fényessége  $5,7$  magnitúdó volt.

(IAU C. 4274, 4275, 4284)

## ☐ Hamis nója a Lacertában

Minoru Honda, az ismert nójafelfedező  $8^m$ -s objektumot fényképezett le a Lacertá-ban, egy 1986. november 22,43 UT-kor készült felvételén a RA:  $22^h 22^m 0$  D:  $+48^{\circ} 14'$  pozíciónál. Az objektum november 21-én halványabb volt  $12^m$ -nál. Az új, feltételezett nóját azonban más megfigyelők nem tudták azonosítani, így Honda ezúttal melléfogott. Az említett objektumot mindenesetre két felvételén is azonosította, így nem valószínű, hogy filmhiba okozta a hamis felfedezést. November 25,5 UT-kor H. Shibasaki lefényképezte az objektum vidékét a Dodaire Obszervatórium 50 cm-es Schmidt távcsövével, de ő sem talált  $16^m$ -nál fényesebb objektumot a jelzett helyen.

(IAU C. 4276, 4283)

## ☐ Nója a Kis Magellán Felhőben

Robert McNaught (Siding Spring Obszervatórium, Ausztrália) nóját fedezte fel a Kis Magellán Felhőben, miközben egy október 5-én és egy december 13-án készített felvételt hasonlított össze. Pozíciója: RA:  $00^h 34^m 54^s$  D:  $-72^{\circ} 21' 20'' 8$  (1950,0). D. Waldron november 24-én, az angol Schmidt teleszkóppal készített objektívprizmás felvételén a nója három emissziós vonalat mutat 455-540 nm között, miközben fényessége  $16^m$  körüli. A nója maximális fényességét október 4-én érte el  $10^m 2$ -nál.

(IAU C. 4283)

## Változócsillag típusok III.

### Pulzáló változók

Pulzáló változóknak nevezik azokat a csillagokat, melyek felszíni rétege periodikusan kitágul és összehúzódik. A pulzáció lehet radiális és nemradiális. A radiálisan pulzáló csillagok gömb alakúak. Nemradiális pulzáció esetén a csillag alakja periodikusan tér el a gömbtől, sőt a felszín szomszédos zónái még ellentétes pulzációs fázisban is lehetnek.

A periódustól, tömegtől, a csillag evolúciós állapotától és az előforduló jelenségektől függően a következő pulzáló változócsillagokat különböztetjük meg:

- ACYG alfa Cygni típusú változók. Nemradiálisan pulzáló szuperóriások a Beq-Aeq Ia színképosztályokból. A 0,1 magnitúdó nagyságrendű fényváltozás gyakran tűnik irregulárisnak néhány közeli periódus szuperpozíciója miatt. Néhány naptól néhány hétig terjedő ciklusok figyelhetők meg.
- BCEP béta Cephei típusú (béta Cep, béta CMa) változók. Pulzáló 08-B6 I-V csillagok 0,1-0,6 nap periódusú fény- és radiális sebességváltozással, és 0,01-0,3 magnitúdó amplitúdóval. A fénygörbe alakja hasonlít az átlagos radiális sebességgörbékhöz, de egy negyed periódust késik, így a maximális fényesség megfelel a maximális összehúzódásnak, azaz a legkisebb csillag-rádiusznak. Feltehetően ezen csillagok többsége radiális pulzációt mutat, de vannak nemradiálisan pulzálók is (V469 Per); a multi-periodicitás több csillagra is jellemző.
- BCEPS a béta Cephei csillagok rövid periódusú csoportja. Színképük B2-B3 IV-V. Periódusuk és fényváltozásuk 0,02-0,04 nap, illetve 0,015-0,025 magnitúdó között mozog, rendszerint egy magnitúdóval kisebb, mint a normális cefeidáké.
- CEP cefeidák. Radiálisan pulzáló, nagy luminozitású (Ib-II osztályú) változók, 1-135 nap közötti periódussal, néhány századtól 2 magnitúdóig terjedő amplitúdóval (B-ben az amplitúdó nagyobb, mint V-ben). Maximumban a színképtípus F, minimumban G-K; hosszabb periódushoz későbbi színképtípus tartozik. A radiális sebesség-görbe a fénygörbe tükörképe, a felszín összehúzódásának maximuma csaknem egybeesik a csillag maximális fényességével.
- CEP(B) cefeidák (TU Cas, V367 Sct), amelyek egyidejűleg két vagy több periódusban mutatnak pulzációt (általában P<sub>0</sub> az alperiódus, P<sub>1</sub> az első felharmónikus). A P<sub>0</sub> periódus 2-7 nap között van, a P<sub>1</sub>/P<sub>0</sub> aránya 0,71.

- CW W Virginis típusú változók. Pulzáló csillagok a galaktikus halo, vagy az idős korong populációból, kb. 0,8-35 nap periódussal, és 0,3-1,2 magnitúdó amplitúdóval. Periódus-fényesség relációjuk különbözik a delta Cep típustól. Azonos periódusértéknél a W Vir változók 0,7-2 magnitúdóval halványabbak, mint a delta Cep változók. A W Vir változók fénygörbéje a periódus némely részén a hasonló periódusú delta Cep változók fénygörbéjétől vagy amplitúdóban különbözik, vagy abban, hogy a leszálló ágon púp jelenik meg; néha a maximum lapossá és szélessé válik. A W Vir változók az idős gömbhalmazokban és nagy galaktikus szélességeken vannak jelen. A következő alosztályokat különböztetjük meg:
- CWA - W Vir változók nyolc napnál nagyobb periódussal (W Vir).
- CWB - W Vir változók nyolc napnál rövidebb periódussal (BL Her).
- DCEP klasszikus cefeidák, delta Cep változók. Közepesen fiatal objektumok, melyek elhagyták a fősorozatot a HRD-n, és az instabilitási sávban találhatóak. A jól ismert periódus-fényesség reláció érvényes rájuk. A Galaxis korongrészében találhatóak. A fénygörbe szabályossága és a periódus feltehetően összefüggést mutat.
- DCEPS delta Cep csillagok  $0,5 m_v$  ( $0,7 m_B$ )-nál kisebb amplitúdóval, és csaknem szimmetrikus fénygörbével (M-m 0,4-0,5); periódusuk rendszerint nem haladja meg a hét napot, lehetséges, hogy ezek a csillagok az első felharmónikusban pulzálnak és/vagy először haladnak át az instabilitási sávon, miután elhagyták a fősorozatot (SU Cas).
- Hagyományosan a delta Cep és a W Vir változókat együttesen cefeidáknak hívják, mivel gyakran lehetetlen megkülönböztetni a két típust a fénygörbe alakja alapján (a 3-10 nap periódustartományban). Valójában ezek a típusok a fejlődés teljesen különböző fázisában lévő objektumok. Jellegzetes színképi különbség a W Vir és a delta Cep csillagok között a szokásos fázisnál korábban jelentkező H-emisszió, és - a delta Cepheidák színképében - a CaII H és K emisszió jelenléte.
- D SCT delta Sct típusú változók. Pulzáló változók A0-F5 III-V színképtípussal 0,003-0,9 magnitúdós amplitúdóval (általában néhány század magnitúdó), és 0,01-0,2 nap periódussal. A fénygörbe alakja a periódus és az amplitúdó többnyire erősen változik. Radiális és nemradiális pulzáció is megfigyelhető. A típus néhány tagjának fényváltozása időszakosnak tűnik, néha szünetel. Nem kizárt, hogy a 0,001 magnitúdónál kisebb amplitúdó az erős amplitúdó moduláció eredménye. A fénygörbe összehúzóási sebességének maximuma nem marad el jobban a maximális fényességnél 0,1 fázissal jobban. A D SCT csillagok a galaktikus síkban találhatóak. Az SX Phe változók állnak igen közel hozzájuk.

- DSCTC kis amplitúdójú delta Sct csillagok (a fényváltozás kisebb  $0,1 m_v$ -nél). E típus képviselőinek többsége az V. fényességoosztály csillaga; rendszerint nyílthalmazokban található.
- L lassú, szabálytalan változók. E csillagok fényváltozása nem mutat egyértelmű periodicitást, vagy nagyon ritkán jelentkezik, és csak alkalmoszerűnek tűnik. Éppúgy, mint az I típusnál, gyakran elégtelenül vizsgált csillagokat is besorolnak ide. Sok közülük valójában félszabályos vagy más típusú változó.
- LB lassú, szabálytalan változók a késői K, M, C és S színképosztályokból. Rendszerint óriások (CO Cyg). Ugyanebbe a típusba sorolja a GCVS azokat a lassú, vörös, szabálytalan változókat, amelyek színképtípusa és luminozitása ismeretlen.
- LC szabálytalan szuperóriás változók a késői színképosztályokból,  $1 m_v$  körüli amplitúdóval (TZ Cas).
- M Mira Cet típusú változók (omikron Ceti). Hosszú periódusú óriás változók, jellegzetes késői emissziós Me, Ce, Se színképpel,  $2,5-11 m_v$  amplitúdójú fényváltozással. Periodicitásuk igen hangsúlyozott, periódusuk 80 és 1000 nap között van. Infravörös amplitúdójuk nem ilyen nagy, kisebb lehet, mint  $2,5$  magnitúdó (pl. K színben általában nem nagyobb  $0,9$  magnitúdónál. Ha az amplitúdó nagyobb  $1-1,5$  magnitúdónál, de nem tudjuk, hogy a valódi fényváltozás nagyobb-e  $2,5$  magnitúdónál, az M betűt kettőspont követi, vagy a csillagot a félszabályosok közé soroljuk, egyúttal kettőspont követi ennek az osztálynak a jelét (pl. SR:).
- PVTEL PV Telescopii típusú változók, hélium szuperóriás Bp csillagok gyerege hidrogén, valamint erőteljes hélium és szén vonalakkal,  $0,1-1$  nap periódussal, vagy  $0,1 m_v$  amplitúdójú fényességváltozással és egy év körüli periódussal.
- RR RR Lyrae típusú változók. Radiálisan pulzáló óriások A-F közötti színképpel,  $0,2-1,2$  nap periódussal és  $0,2-2,0 m_v$  amplitúdóval. A fénygörbe alakja csakúgy, mint a periódus, közismerten változik. Ha ezek a változások periódikusak, azt Blazskó-effektusnak nevezik. Az RR Lyrae csillagokat néha rövid periódusú cefeidáknak vagy halmozváltozóknak hívják. Ezen csillagok nagy többsége a Galaxis szférikus részéhez tartozik. Megtálalhatók - néha igen nagy számban - néhány gömbhalmazban (pulzáló horizontális ág). A cefeidákhoz hasonlóan a felszín maximális összehúzóási sebessége egybeesik a maximális fényességgel.
- RRB RR Lyrae változók, melyek egyszerre két módusban pulzálnak,  $P_0$  az alapperiódus,  $P_1$  az első felharmónikus (AQ Leo). Az arány:  $P_1/P_0$   $0,745$ .

- RRAB RR Lyrae változók a szimmetrikus fénygörbével (meredek leszálló ág), 0,3-1,2 nap periódussal és 0,5-2  $m_v$  amplitúdóval (RR Lyr).
- RRC RR Lyrae változók közel szimmetrikus, néha szinuszos fénygörbével, 0,2-0,5 nap periódussal és kisebb, mint 0,8  $m_v$  amplitúdóval (SX UMa).
- RV RV Tauri típusú változók. Radiálisan pulzáló szuperóriások, színképük maximumban F-G, minimumban K-M. A fénygörbét kettős hullámok jellemzik, felváltva fő- és mellékminimumok következnek. A főminimum és a mellékminimum felcserélődhet, a teljes amplitúdó 3-4  $m_v$ . Két egymást követő főminimum közti periódus (ezt hívják formális periódusnak) 30-150 nap között van (ezt a periódust adja meg a GCVS). Két alcsoportja - RVA és RVB - különböztethető meg.
- RVA - RV Tauri változók, melyek átlagfényessége nem változik (AC Her).
- RVB - RV Tauri változók, melyek átlagfényessége 600-1500 nap periódussal, és 2 magnitúdónál kisebb amplitúdóval változik (DF Cyg, RV Tau).
- SR Félszabályos változók. Óriások és szuperóriások a közepest és késői színképosztályokból, jelentős periodicitással. Emellett, vagy néha ehelyett különböző szabálytalanságokat mutatnak. Periódusuk 20-2000 nap vagy több, fénygörbéjük alakja meglehetősen eltérő és változó, amplitúdójuk néhány századtól néhány magnitúdóig terjedhet (általában 1-2  $m_v$ ).
- SRA félszabályos, késői (M, C, S, vagy Me, Ce, Se) színképosztályú óriások, melyek tartós periodicitást mutatnak, és rendszerint kicsi (kisebb, mint 2,5  $m_v$ ) a fényváltozásuk (Z Aqr). Az amplitúdó és a fénygörbé alakja rendszerint változik. Periódusuk 35-1200 nap. Legtöbbjük csak kisebb amplitúdójában különbözik a mira típusú változóktól.
- SRB félszabályos, késői színképű (M, C, S, vagy Me, Ce, Se) óriások gyenge, de határozott periodicitással (közepes ciklusuk 20-2300 nap) vagy periodikus és lassú szabálytalan időszakok váltakozásával, gyakran állandó fényű időszakokkal (RR CrB, AF Cyg). Általában minden ilyen csillag rendelkezik egy átlagos periódusértékkel, melyet a GCVS megad. Számos esetben figyelhető meg egyszerre két, vagy több periódus jelenléte.
- SRC Félszabályos változók, késői (M, C, S, vagy Me, Ce, Se) színképű szuperóriások (mű Cep). Amplitúdójuk 1 magnitúdó körüli, a fényváltozás periódusa 30 naptól néhány ezer napig tarthat.
- SRD Félszabályos óriások és szuperóriások az F, G, és K színképosztályokból színképükben néha emissziós vonalakkal. Amplitúdójuk 0,1-4 magnitúdó, periódusuk 30-1100 nap (SX Her, SV UMa).



SXPHE SX Phoenicis típusú változók. Külsőleg a DSCT változókhoz hasonlítanak. Pulzáló szubtörpék a Galaxis szférikus részéből vagy az idős korong populációból, színképük A2-F5. Ezek az objektumok egyszerre több periódusban oszcillálnak, melyek értéke rendszerint 0,04-0,08 nap, amplitúdója 0,7 magnitúdó Gömbhalmazokban is megtalálható.

ZZ ZZ Ceti típusú változók. Nemradiálisan pulzáló fehér törpék, fényességüket 30 sec-25 min periódussal változtatják 0,001-0,2 m<sub>v</sub> amplitúdóval. A csillag általában több közeli periódust mutat. Néha 1 magnitúdós flereket észlelhetünk, amely szoros, UV Ceti típusú komponens jelenlétével magyarázható. Az alábbi alosztályokat különböztetjük meg:

ZZA - hidrogén ZZ Ceti változók a dA színképosztályból (ZZ Cet), színképükben csak hidrogén abszorpciós vonalak találhatók.

ZZB - hélium ZZ Ceti változók a dB színképosztályból, színképükben csak hélium abszorpciós vonalak találhatók.

KOVÁCS ISTVÁN

## Mira szélsőértékek 1986 - ban

I. FÉLÉV

|        |      |      |   |        |     |       |   |
|--------|------|------|---|--------|-----|-------|---|
|        | JD   | mag. |   |        |     |       |   |
| T And  | 566  | 5,9  | M | RS Her | 505 | 7,7   | M |
| R And  | 452  | 6,0  | M | RV Her | 602 | 9,5   | M |
| R Aql  | 557  | 7,0  | M | R Hya  | 512 | 9,0   | m |
| R Boo  | 531  | 6,8  | M | R Leo  | 549 | 10,9: | m |
| S Boo  | 576  | 7,9  | M | W Lyr  | 582 | 12,6  | m |
| X Cam  | 483  | 12,9 | m | RX Lyr | 591 | 11,6  | m |
|        | 535  | 7,5  | M | X Oph  | 565 | 8,8   | m |
| R CVn  | 525  | 7,3  | M | R Ser  | 585 | 6,2   | M |
| T Cas  | 592  | 11,9 | m | U Ser  | 594 | 7,4   | M |
| V Cas  | 567  | 12,3 | m | RR Sco | 561 | 6,4   | M |
| VZ Cas | 542  | 10,4 | M | S UMi  | 590 | 8,2   | M |
| T Cep  | 547  | 6,0  | M | R UMa  | 502 | 7,3   | M |
| W CrB  | 576  | 8,1  | M | T UMa  | 535 | 12,6  | m |
| X CrB  | 581  | 8,9  | M | S UMa  | 441 | 7,5   | m |
| Z Cyg  | 480: | 8,9: | M |        | 587 | 12,2  | m |
| RT Cyg | 505  | 7,4  | M | R Vir  | 451 | 7,2   | M |
|        | 596  | 11,1 | M |        | 540 | 10,9  | m |
| R Dra  | 516  | 7,2  | M |        | 600 | 6,5   | M |
| T Her  | 655  | 13,5 | m | S Vir  | 582 | 6,4   | M |
| S Her  | 584  | 7,2  | M |        |     |       |   |
| W Her  | 581  | 14,0 | m |        |     |       |   |

SOÓS ZOLTÁN

## A hónap változója: Mira Ceti

Új sorozatot indítunk útjára, melynek célja elsősorban az, hogy felhívja a kezdő amatőrök figyelmét az éppen észlelhető fényes, érdekes változók megfigyelésére. Az ismertetésre kerülő csillagok mindegyike binokulárral, esetenként szabad szemmel is könnyen megfigyelhető.

Sorozatunkat egy "reprezentatív" csillaggal, a Mira Cetivel bocsátjuk útjára. A Mira a legnépesebb változócsillag osztály, a mira típusú változók legfényesebb képviselője. 1596-os felfedezése óta 429 maximumot mutatott, soronlévő, 430. maximumát az AAVSO február 4-re jelzi előre. A Változócsillagok Általános Katalógusa (GCVS) szerint a Mira Ceti jelenlegi átlagperiódusa 332 nap, fényessége 2,0-10,1 magnitúdó közötti, míg színképtípusa M5e-M9e között változik. A maximum átlagos fényessége 3,4 magnitúdó.

A mi szélességünkön élő megfigyelők legutóbb 1982-ben észlelhatték zavartalanul a csillag maximumát. Az azt követő években a maximumok rendre a Mira Ceti Nappal való együttállásának időszakára estek, így csak a felszálló-, illetve a leszálló ágak megfigyelésére volt mód. A februári maximum lesz hosszú idő után az első, melyet - ha az időjárás is úgy alakul - zavartalanul észlelhetünk. A csillag várhatóan január közepétől válik szabad szemmel láthatóvá. Megfigyelésére március közepéig van lehetőség a koraesti égen, ezt követően fénye elvész a Nap sugárözönében.

ZALEZSÁK TAMÁS

