

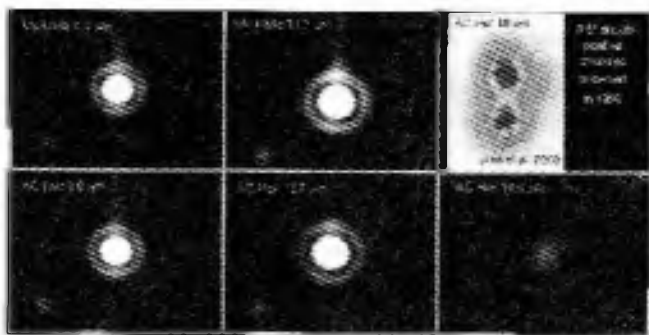


# Változócsillagok

## Változócsillagászati újdonságok

### Az AC Herculis porkorongja (?)

Az AC Her az északi ég egyik „legjobb” RV Tauri típusú változócsillaga, rövid periódusa (76 nap) viszonylag nagy amplitúdóval társul (kb. 1,5 magnitúdó). A legelfogadottabb elképzelések szerint az RV Tau-változók poszt-AGB csillagok, azaz olyan csillagok, melyek már elfejlődtek a mira és félszabályos változókat tartalmazó aszimptotikus óriáságról (AGB) a fehér törpék felé. Ezen fejlődés során a csillagok bekerülnek a klasszikus instabilitási sáv hosszú periódusú cefeidáit tartalmazó területre, és itt figyelhetjük meg pulzációjukat. (Az AC Her esetében további érdekesség, hogy spektroszkópiai kettős is, kísérő csillaga 1200 nap alatt kerüli meg.)



Az AC Her adaptív optikás képei 10, 12 és 18 mikronon (alsó sor). Balra fent és középen a pontszerű  $\mu$  UMa, jobbra fent pedig az AC Her kettős képe 1999-ben

A felvázolt kép fontos eleme, hogy az AGB-n tartózkodó csillagok felfúvódott vörös óriásokként erős tömegvesztésen esnek keresztül, azaz a poszt-AGB csillagokat nagy mennyiségű csillagkörüli anyagnak kell övezni. Valóban, az AC Her feltűnően fényes is a közepes infravörös tartományban, amit a csillagot körülvevő porfelhő sugárzásával lehet magyarázni. Az utóbbi években több olyan infravörös spektroszkópiai megfigyelés történt, melyek szerint ez a por nem egy lassan táguló és szétoszló felhőt alkot, hanem kering a csillag körül, esetleg korong formájában, amiben akár bolygócsírák kialakulása is megkezdődhetett. 1999-ben a 10 m-es Keck-teleszkóppal 12 és 18 mikronos hullámhosszon készítettek rendkívül éles képeket a rendszerrel (0,4 ívmásodperces felbontással), amelyeken két pontszerű forrás látszott 0,6 ívmá-

sodperces távolságban. Ezt akkor úgy modellezték, mint egy élőről látszó, 300 Cs.E. sugarú porkorongot az alig 1,4 Cs.E. távolságban keringő szoros kettős körül

L. M. Close és munkatársai (Steward Observatory, University of Arizona) 0,3 ívmásodperc felbontású infravörös adaptív optikás képeket készítettek az AC Her-ről 2002 májusában, a 6,5 méteres MMT teleszkóppal. A másodpercenként 500-szor korrigált, a féműszer segédtükréként is funkcionáló adaptív optikával 8, 12 és 18 mikronos hullámhosszakon készültek felvételek, melyek meglepő módon tökéletesen pontszerűnek adódtak. Ha volt is bármilyen kiterjedése a csillagnak, az biztosan alatta maradt 0,2 ívmásodpercnck, ami a rendszer távolságában 75 Cs E -nek felel meg. Ez azt jelenti, hogy az 1999-ben megfigyelt szerkezet drámai átalakuláson esett keresztül, amit a rendelkezésre álló elméletek egyike sem képes megmagyarázni. Elképzelhető, hogy a szoros kettős egy gyorsan táguló átmeneti porkorongot hozott létre, ami 1999 óta eloszlott a csillagközi térben, ám hogy ez miért és hogyan történhetett, a jelenlegi megfigyelési anyag alapján nem világos. (Close, L.M. és mtsai, 2003, *Apj*, 598, L35)

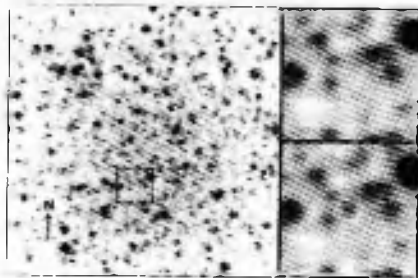
## Feltételezett törpe nóa az M22 magjában

1999 februárja és júniusa között rendszeresen észlelték az M22 gömbhalmazt a Hubble Űrtávcsővel, gravitációs mikrolencse-jelenségek által okozott felfényesedés után kutatva. Két évvel ezelőt a Meteor hasábjain is beszámoltunk a megfigyelések eredményeiről, amelyek először bolygó méretű égitestek gravitációs lencsehatásával magyarázható rövid kifényesedésekről adtak hírt, utóbb pedig jórészt pusztán műszereffektusnak bizonyultak (kozmosz részecskék becsapódásai telítésbe vitték a CCD kamera egyes pixeleit).

J. Anderson (Rice University) és munkatársai újra megvizsgálták a kérdést, kiegészítve az 1999-es megfigyelési anyagot archív HST-s felvételekkel 1994-ből, 1995-ből és 2000-ből. Vizsgálatuk során arra a csillagra koncentráltak, amely 1999-ben 10 nap alatt 3 magnitúdót fényesedett, majd később visszahálványodott, így biztosan nem műszereffektus okozta a mért fényességváltozásokat. Az archív HST-képek segítségével kimérték a csillag sajátmozgását, majd felkutatták az összes elérhető mérést az M22-ről, amiben azonosítható a CV1 jelzéssel ellátott objektum

Kiderült, hogy a CV1 sajátmozgása tökéletesen megegyezik a halmaz csillagainak sajátmozgásával, azaz a csillag tagja a halmaznak. A gravitációs mikrolencse-jelenség ezzel rendkívül valószínűtlenné vált, mivel korábban azt gondolták, hogy egy háttércsillag fényesedett fel egy halmazlag kistömegű csillag, esetleg bolygó látóirányba kerülése miatt. Az is kiderült, hogy a hidrogén-alfa vonalra centrált keskenysávú képeken a CV1 jó fél magnitúdóval fényesebb a hozzá hasonló csillagoktól, azaz erős H $\alpha$  emisszió forrása.

Kataklizmikus változócsillagokban, különösképpen pedig minimumban lévő törpe nóvákban ez igen gyakori, azaz elképzelhető, hogy a CV1 törpe nóa, és az 1999-es felfényesedése nem volt más, mint egy reguláris törpenóva-kitörés. Ezt alátámasztja az is, hogy a ROSAT röntgenszállagászati műhold 1992-ben és 1993-ban egy viszony-



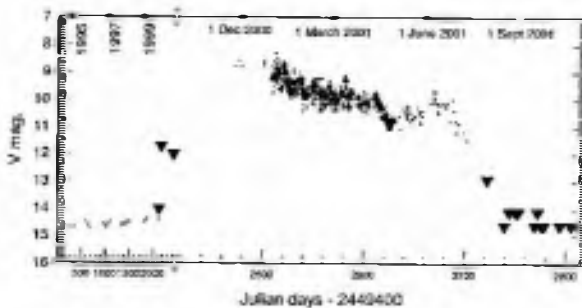
lag erős röntgenforrást detektált a CV1-től alig 2 ívmásodpercre, ami a ROSAT 5 ívmásodperces koordináta-bizonytalansága mellett tökéletes egyezésnek számít.

Mindent egybevetve Andersonék arra következtettek, hogy a CV1 nagy valószínűséggel törpe nova, minimumban  $18^m0$ , maximumban pedig  $15^m0$  körüli fényességgel. Ami érdekles, hogy mindez egy laza gömbhalmaz magjához közel van. Jelenleg a CV1 csupán a negyedik kitoréses törpe nova (jelölt), ami gömbhalmazban található. Korábban csak az M5 V101 jelű változóját, illetve a 47 Tuc V2 és AK09 jelű csillagait ismertük halmaztag törpe nóvaként. A HST-vel és a Chandra röntgenműholddal nagyobb számban találtak kataklizmikus jelölteket, de kitorést ezekben még nem észleltek.

Mellékelt képünkön az M22 magjának 3x3 ívperces környezetét mutatjuk be egy 1,5 ívmásodperces seeingű CCD-képen. A kis inzertek a CV1-et mutatják minimumban (felül), illetve szimulált maximumban. Mivel a halmaz magja igen laza, akár 25–40 cm-es amatőr műszerekkel is elkapható a CV1 csetleges kitorésc, így folyamatos észlelésc – a földrajzi szélességtől függően – érdekes feladat CCD-s amatőröknek. 2000-es koordinátái jövő nyári érdeklődők számára: RA=  $18^h36^m24^s.66$ , D=  $-23^{\circ}54'35''.5$ . (Anderson, J. és mtsai, 2003, ApJ, 597, L137)

## A V445 Puppis rejtélyes kitorése

Az utóbbi években több olyan egzotikus csillagrobbanást is felfedeztek, melyek nem illenek bele a „szupernóva–nóva–törpe nóva” triumvirátus egyik alosztályába sem (legutóbb a V838 Mon borzolta fel a kordélyeket, különösebbnél különösebb elméleteket inspirálva). Ilyen volt a 2000. december 30-án felfedezett „Nova Puppis 2000”, azaz a V445 Puppis is, melynek színképe árulta el furcsaságait: a klasszikus nóvakkal ellentétben kimutathatatlan volt a hidrogén jelenléte, a spektrumban először vas, kalcium, oxigén és nátrium vonalai voltak megfigyelhetőek, amiket héliumvonalak és a szén bonyolult (és nehezen azonosítható) molekulásávjai váltottak fel később. (A Meteor 2001/3-as száma szerint: „Januári megfigyelések csak minimális halványodásról adtak hírt, míg rendkívül sajátos színképe miatt élénk szakmai érdeklődést váltott ki. Terveink szerint később még visszatérünk a csillag vizsgálataira.” Három év elteltével érkezett a beígért visszatérés.)



Fénygörbéje nóvaszerű változóra utal, lassú halványodást követően 2001 nyarán gyors elhalványodás következett be, és azóta sem látta senki (2003 októberi megfi-

gyelések szerint talán 21 magnitúdónál azonosítható). Mellékelt fénygörbénk az IAU Círcularokban és a VSNET-et megjelölt megfigyelések alapján készült, a nagy hárszögek negatív észlelések. A csillag progenitorát 14–15 magnitúdós fényességnél sikerült azonosítani archív felvételeken, melyek szerint enyhe változásokat is mutatott 1995–1999 során.

A spektrum és a legalább 8 magnitúdónyi elhalványodás azt mutatta, hogy sűrű porfelhő képződött a csillag körül, anu elnyelte a robbanás maradványának fényét. N.M. Ashok és D.P.K. Banerjee (Physical Research Laboratory, Navrangpura) indiai kutatók éppen ezért közeli infravörös spektroszkópai megfigyeléseket analízáltak, melyekkel a porfelhő melyebb tartományait is meg lehet vizsgálni. Meghatározták a felhő hőmérsékletét (1800 K) és tömegét ( $10^9 M_{\odot}$ ), illetve összevetették a központi objektum becsült jellemzőit az ismert kitéréses változócsillag típusokkal.

Megfontolásaik alapján elvethető a klasszikusnóva-kitérés, mivel a hidrogén nem csak az optikai, hanem az infravörös színtérben is hiányzott. Emellett fél évvel a maximum után az objektum spektruma lassan hűlő állapotot tükrözött, szemben a nővakkal, ahol magas gerjesztettségű vonalak szokták jelezni a forró fehér törpe sugárzási hatásait. Az FG Sge-hez, illetve Sakurai-objektumához hasonló végső héliumhej-villanás is elvethető, mivel a csillagkörüli ködösség (planetáris köd) hiánya, valamint a fényváltozás időskálái nem egyeztetethetők össze ezzel a magyarázattal. A V838 Mon-hoz hasonló kitérés sem valószínű, mivel a jelenleg ismert három objektum (vörös változó az M31-ben, V4332 Sgr, V838 Mon) egyaránt vörös óriássá „robbant” maximuma után, míg a V445 Pup maximum utáni színe ezt kizárta (sokkal kékebb volt, mint egy vörös óriáscsillag).

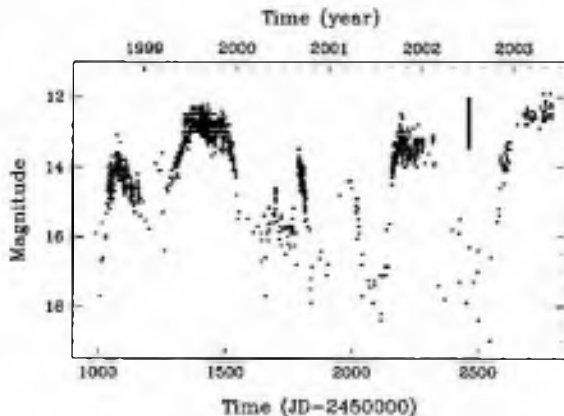
Bizonyos jelek arra utalnak, hogy a V445 Puppis talán kettős (pl. egy évvel a maximum után szinkrotron-sugárzást detektáltak a csillag irányából, amit egy akkréciós koronggal lehet modellezni). Ashok és Banerjee szerint így elképzelhető, hogy a V445 Pup egy ez idáig csak az elméletekben létező objektumtípus, az ún. héliumnóvák elsőként felismert példánya. Egyes számítások ugyanis megengedik olyan kettőscsillagok létezését, melyekben egy fehér törpe gyakorlatilag tiszta héliumot szív el héliumgazdag kísérőjétől.

Bizonyos tömegátadási sebesség mellett elképzelhető, hogy a fehér törpe nem omlik össze neutroncsillaggá, hanem a felszíni héliumrétegben játszódik le nukleáris túlfutás – pontosan úgy, mint a klasszikus nővákban, csak éppen nem hidrogén, hanem hélium robban. Egy ilyen robbanás ledobódó gázfelhője természetesen sok héliumot és szenet, ill. nagyon kevés, akár kimutathatatlanul csekély mennyiségű hidrogént fog tartalmazni. Egyetlen probléma, hogy a számítások szerint a héliumnóvák luminozitása kb. százeczer napluminozitás, míg a V445 Pup alig tízezerszer múlta felül a Nap sugárzási teljesítményét. Mivel azonban a rendszer távolsága rendkívül bizonytalanul ismert, ezért a látszólagos ellentét ellenére is a héliumnóva tűnik a megfigyeléseket legjobban leíró elméleti modellnek. (Ashok, N.M. és Banerjee, D.P.K., 2003, *L&A*, 409, 1007)

## Az MV Lyrae fehér törpéje

A katalizmikus változókat fényváltozásuk alapján több osztályba szokás csoportosítani, annak ellenére, hogy alapvetően ugyanolyan rendszeréről van szó: a főkomponens fehér törpe anyagbefogású korongot hoz létre a vörös törpe másodkomponenstől kapott anyagból, a fényváltozást pedig a korong állapotváltozásai idézik elő.

Az, hogy egy kataklizmikus változócsillag nova, visszatérő nova, törpe nova, vagy valami egészen más, elsődlegesen a fehér törpe jellemzőitől és a tömegátadás sebességétől függ.



A kitoréscs kataklizmikusok mellett kevésbé látványosak a nóvaszerű változók, melyek kváziperiodikus kifényesedések, kitorések helyett az idő legnagyobb részében maximumban található, aminek az oka a közel állandó állapotú, nagy sebességű tömegátadás (az akkréciós korong fényessége ugyanis ezzel egyenes arányban áll). A VY Sculptoris típusú csillagokban időnként leáll az erős tömegátadás, amikor az akkréciós korong összehúzódik, akár el is tűnik, és a rendszer összfényessége több magnitúdóval lecsökkenhet. A VY Scl csillagok komponensei minimumban könnyen megkülönböztethetők a színképben, és ilyenkor a rendszer pontos fizikai paramétereit meghatározhatók.

Az MV Lyrae VY Scl típusú nóvaszerű változócsillag. Általában 12–13 magnitúdó között található, amikor kisebb műszerekkel is észlelhető. Időnként hirtelen elhalványodások történnek, amikor a csillag fényessége 16–18 magnitúdó közé süllyed (az elmúlt öt év fénygörbéjét az AAVSO adatai alapján mellékelt ábránkon láthatjuk). Az 1980-as évek elején mérték ki egy nagy elhalványodása alkalmával a két komponens keringési periódusát, ami alig 3,2 óra. Fedések nincsenek, míg a vörös törpe tömege alig 40%-a a fehér törpének.

D W. Hoard (SIRTF Science Center) és munkatársai a Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer (FUSE) ultrabolya űrcsillagászati műszerrel elvégezték a legelső távoli ultrabolya méréseket az MV Lyr-ről, legutóbbi nagy minimuma közepén (a fénygörben kis függőleges szakasz jelzi a mérés időpontját). Párhuzamosan optikai mérések is születtek földfelszíni műszerekkel és az adatok modellezésével meghatározták a fehér törpe és a rendszer fizikai paramétereit.

Eredményeik szerint a fehér törpe felszíni hőmérséklete 47 000 K, tömege  $0,73 M_{\odot}$ . A kísérő hőmérséklete kisebb 3500 K-nél is, tömege alig  $0,32 M_{\odot}$ . A két csillag  $1,1 R_{\odot}$  (kb. 770 ezer km) távolságban kering egymástól, azaz a rendszer elfér a Nap belsejében. Az akkréciós korong a mérések idején kimutathatatlán volt, legvalószínűbb feltevés, hogy teljesen el is tűnt a nagy minimumban. Ekkor a becsült tömegátadási

sebesség biztosan kisebb volt  $3 \cdot 10^{-13} M_{\odot}$ /évnél (ez kb. háromszázszor nagyobb az Amazonas által szállított anyagmennyiségnél...). A kapott paraméterek a látszó fényesség alapján távolságbecslést is lehetővé tettek, az MV Lyr ennek fényében kb. 500+50 parszekre van a Naptól. Ezek eddig az MV Lyr legpontosabb adatai, melyek magukban is érdekességek, ugyanakkor fontosak is lehetnek más növaszerű változókkal való összehasonlítás esetén. (Hoard, D.W. és mtsai, 2004, ApJ, megjelenés előtt)

## A V Hydrae nagy sebességű gázkilövellése

A kis és közepes tömegű csillagok viszonylag nyugodt, normális életet élnek  $10^9$ – $10^{10}$  évig, haláluk viszont rendkívül látványos. Az első szakasz  $10^4$ – $10^5$  évig tart, amikor a vörös óriássá felhúvódott csillagok tömegük közel felét ledobják az aszimptotikus óriáságon történő fejlődésük során. A ledobott tömeg lassan tágul, gömbszimmetrikus csillagszél formájában távozik. Ezután, alig  $10^2$ – $10^4$  év alatt, egy részleteiben csak bizonytalanul ismert folyamat végén a haldokló csillag átalakul planetáris köddé, ami viszont a legritkább esetben gömbszimmetrikus. Újabb vizsgálatok szerint nagysebességű gázkilövellések, ún. jetek is fontos szerephez jutnak az átalakulásban. Mindazonáltal a jetekre utaló bizonyítékok mindeddig csak közvetettek voltak, mivel annyira rövid ideig tart(hat) egy adott csillagnál, hogy rendkívül kicsi annak az esély, hogy éppen működés közben megfigyelhető.

R. Sahai (Jet Propulsion Laboratory) és munkársainak éppen ez sikerült a V Hydrae HST-s mérései közben. A V Hya jól ismert félszabályos csillag, fő pulzációs periódusa 529 nap, ugyanakkor fénygörbéjére rául egy 6200 napos másodperiódus is, mint az átlagfényesség hosszú távú változása. A csillagkörüli anyag bipoláris jellegét rádióspektroszkópiai mérések már az 1990-es években kimutatták, amit akkor egy korábbi jet hatásával magyaráztak. A csillag másik érdekessége, hogy több éves megfigyelés-sorozattal kimérték forgását is, ami vörös óriáshoz képest igen gyorsnak adódott. Ezt egy hipotetikus kísérővel modellezték, amely kölcsönhatott az óriás külső rétegeivel és felpörgette őket.

Az új megfigyelések a HST STIS spektrográfjával készültek 2002 januárjában és decemberben. A kutatók legnagyobb meglepetésére a csillag színekéhez nagyon közel (kb.  $0''2$ -re) feltűnt egy fénylő folt színeképe is, több mint 200 km/s relatív sebességgel a csillaghoz képest. Ez a kis gázcsomó január és december között kimutathatóan el is mozdult, sajátmozgása kb.  $0''065$ /év, kelet-nyugat irányban, sebessége pedig jelentősen csökkent. Mindezt az amerikai kutatók egy frissen elindult jettel magyarázták, ami ráadásul kölcsönhatott a korábban ledobott gázzal, ezért lassult le. Mivel mozgásának iránya gyakorlatilag teljesen megegyezik a rádiócsillagászati mérésekből ismert bipoláris molekula-kiáramlással, kézenfekvő összekötni a két jelenséget. Ami bizonytalan, az a jet forrása. A legkülönbözőbb asztrofizikai objektumokban tapasztalhatunk nagy sebességű jeteket, melyek mechanizmusa nem mindig ismert. Általában azonban igaz, hogy akkréciós korongokból indulnak el, így feltehetően a V Hya rendszerében is lehet egy akkréciós korong, minden bizonnyal a felpörgetésért felclós hipotetikus kísérő körül. Az is lehet, hogy a V Hya fejlődése során elnyelte korábbi kísérőjét, és most a közösburok-fázisban található. Ebben az esetben a burok gyorsan forog, emiatt erősen mágnesezett, ami természetes forrása lehet egy jetnek. (Sahai, R. és mtsai, 2003, Nature, 426, 261)

ÖSSZEÁLLÍTOTTA: KISS LÁSZLÓ