



# Változócsillagok

## SS Cygni 1972–2004

Legnépszerűbb változócsillagaink sorában a mindenkori második helyezett az északi ég legfényesebb törpe nívója, az SS Cygni, amit még 1896-ban fedezett fel a Harvard College Observatory-ban dolgozó Louisa D. Wells. A felfedezést Edward Pickering jelentette be az obszervatórium körlevelének 1896. november 12-i számában, amelyben  $7^m,2$  és  $11^m,2$  közötti fényváltozásról számolt be, 40 napos periódussal. A névadásra 1897-ben került sor, azóta pedig több mint negyedmillió észlelést végeztek róla a világ változós amatőröi! A 20. században gyakorlatilag egyetlen kitérése sem került el a sasszemű észlelők tekintetét, ezért nem meglepő, hogy a magyar amatőrök észlelőnaplóiban is rengeteg „süsücyg” bejegyzés szerepel. Tekintve a dinamikus fényváltozását, egyértelmű, hogy csak viszonylagos halványsága miatt marad el az R CrB észleltségétől.

A csillag legfontosabb adatai a SIMBAD adatbázisból:

2000-es koordinátái:  $21^h 42^m 42^s,66 +43^\circ 35' 09,5$

Vizuális fényváltozási határok:  $12^m,1-8^m,2$

Periódus: 51,6 nap

Spektráltípus: A1pe+

Átlagos radiális sebessége:  $-62$  km/s (közeledik)

Katalógus-jelölések (29 darab!):

V* SS Cyg	SV* HV 84	3A 2140+433
ALS 11959	BD+42 4189a	CSI+42 4189 1
1E 2140.7+4321	2E 4511	2E 2140.7+4321
EM* CDS 1268	EUVE J2142+43.6	2EUVE J2142+43.6
[FS2003] 1134	GCRV 13641	GEN# +1.00206697
1H 2140+433	HD 206697	KPD 2140+4321
[KW97] 59-12	LS III +43 24	PLX 5240
RE J2142+433	RE J214241+433511	2RE J2142+433
1RXS J214242.6+433506	SBC7 872	UBV M 50941
USNO 568	AAVSO 2138+43	

Mint törpe nóva, az SS Cygni kölcsönható kettőscsillag, amelyben a főkomponens fehér törpe körül egy tömeget átadó vörös törpecsillag kering, alig 6,5 órás periódussal. A Földtől 90–100 fényévre található rendszer fehér törpéje 0,6 naptömegű, míg a vörös törpe alig tesz ki 0,4 naptömeget. A kettős rendszer pályasíkja a látóiránnyal kb. 40 fokos szöget zár be, ezért fedéseket nem látunk a keringések során.

A kitorések oka a fehér törpét övező anyagbefogási (akkréció) korongban lejárló folyamatok. A legelfogadottabb elképzelések szerint a csillag minimumában lassan zajlik a tömegátadás a másodkomponens felől, ami fokozatosan növeli a kezdetben semleges hidrogéngázból álló korong sűrűségét és hőmérsékletét. A felmelegedéssel párhuzamosan megváltozik a hidrogén állapota: 9000 K és 10000 K között a hidrogén hirtelen ionizálódik, ami teljesen átalakítja az akkréciós korong viselkedését. Addig a semleges hidrogén kis belső sűrűdésű folyadékként viselkedett, az ionizáció után pedig ugrásszerűen megnő a belső sűrűdés, ami a korong anyagának „összeroskadását” és a fehér törpe felszínére való zúdulását okozza. Eközben a fehér törpe erős gravitációs terében a helyzeti energia átalakul hőenergiává, ami a rendszer összfényességének robbanásszerű növekedését okozza. Ez a törpenóva-kitörés, amiben az akkréciós korong nagyrészt megsemmisül. Pár nappal később, és a felszabaduló energia kisugárzása után, a rendszer visszahálványodik minimumába, hogy az akkréciós korong újbóli kialakulása után minden kezdődjön előlről.

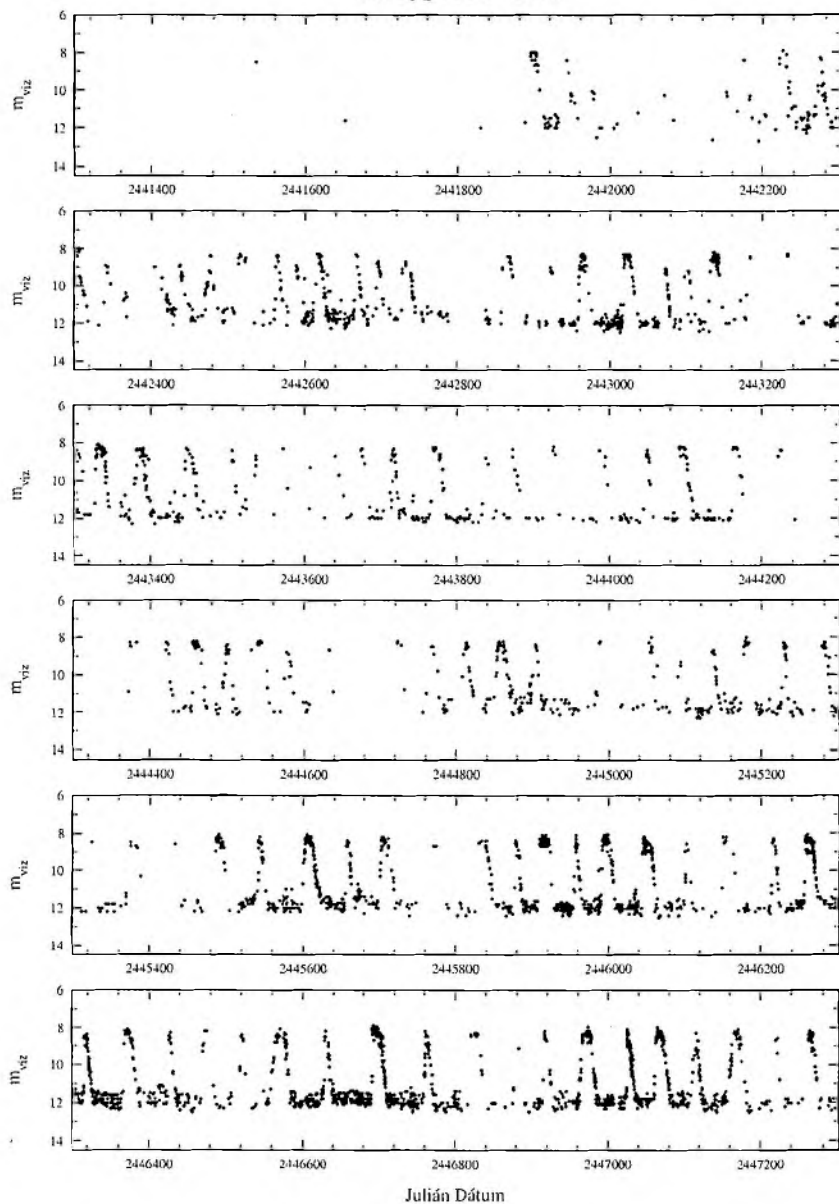
Fontos megjegyezni, hogy a törpe nóvák kitorései nem járnak együtt termonukleáris reakciókkal, azaz a nóvakitorésekkel a rokonság igen távoli. Jelenleg nem világos, hogy milyen csillagfejlődési kapocs van a nóvák és törpe nóvák között, mindenesetre ismerünk olyan nóvakat, melyek több évvel, esetleg évtizeddel a robbanásuk után ismétlődő törpenóva-kitöréseket mutatnak (pl. GK Per).

A rövid asztrofizikai összefoglaló után nézzük, mit tudunk az SS Cygniről a magyar észlelések fényében! Az MCSE Változócsillag Szakcsoportjának számítógépes adatbázisában összesen 15 198 észlelés található, amit 202 amatőrcsillagász végzett 1972. augusztus 5. és 2004. július 31. között. A legtöbb észlelést Papp Sándor készítette, aki egymaga majd' kétezer észlelést végzett 1983 és 2004 között, miközben 120 kitorést látott saját szemével! A teljes észlelőlista, ismét az észlelésszám szerinti sorrendben, a következő táblázatban látható:

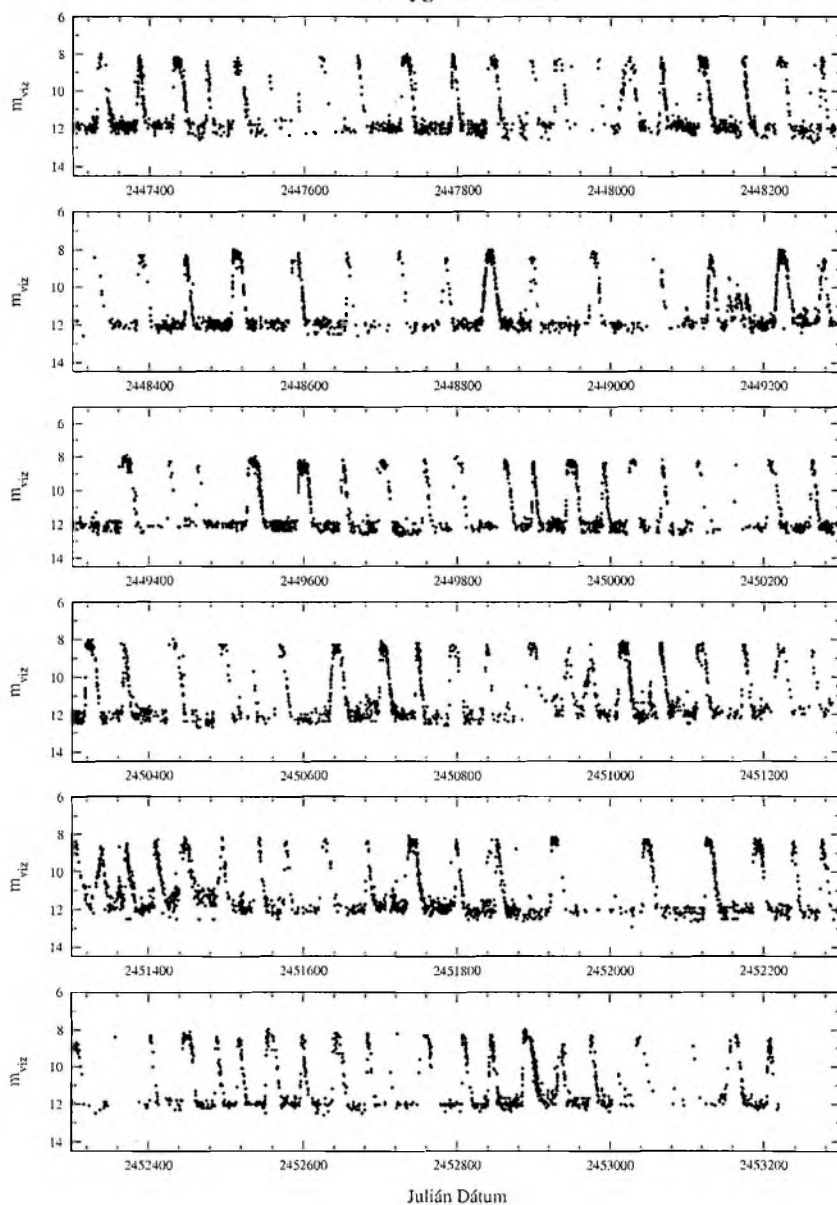
Pps 1817, Too 1400, Rip 1045, Kka 847, Hdh 770, Mzs 760, Sch 714, Poy 545, Ckm 456, Fid 405, Sno 398, Bli 356, Fkj 332, Ksl 328, Dom 283, Koc 277, Sur 230, Sbt 223, Ffe 209, Hop 183, Blp 146, Slv 125, Vic 124, Mez 121, Bhd 121, Siz 120, Tuv 106, Zal 103, Son 97, Tey 96, Sca 92, Dan 92, Kvi 88, Sac 86, Ber 84, Krt 80, Mpt 70, Ttz 63, Zag 60, Sgi 55, Bag 55, Rep 53, Bgb 53, Vow 49, Tia 48, Vsz 43, Erd 40, Tor 39, Kot 39, How 36, Vel 35, Men 33, Fod 33, Ptk 32, Tta 31, Snt 30, Fca 30, Bkl 29, Ksz 28, Szm 26, Csk 26, Sll 25, Osi 24, Dus 23, Nyz 22, Ksf 22, Koi 22, Wst 20, Kti 16, Sry 15, Ole 15, Nba 15, Pir 14, Stp 12, Bul 12, Ttk 11, Szb 11, Sao 11, Hog 10 + további 123 észlelő 10 észlelésnél kevesebbel.

Míg az R CrB-t majdnem négyszázan látták 35 év alatt, addig az SS Cygnit valamilyen több mint feleannyian az utóbbi 32 évben. Összesen 223 kitorésről vannak adataink, ami magyar földön messze a legészleltebb törpe nóvává teszi az SS Cygnit. Minimumban csekély változásokat észleltünk  $11^m,7$  és  $12^m,3$  között, míg az átlagosan másfél-két havonta bekövetkező kitorések fényessége  $9^m,0$  és  $8^m,2$  közötti, jellemzően  $8^m,3$ – $8^m,5$ . A teljes fényváltozás részletvesztés nélkül nem is lehet bemutatni egy ábrán, ezért kétszer hat, egyenként ezer napos szakaszt mutatunk be, 1972 és 1988, valamint 1988 és 2004 között.

# SS Cyg 1972 - 1988



# SS Cyg 1988 - 2004



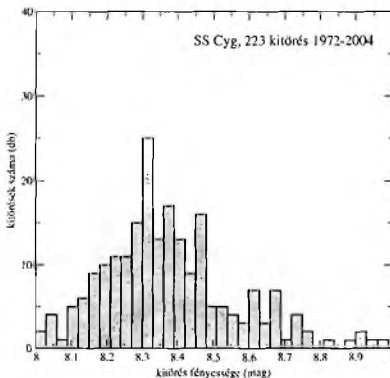
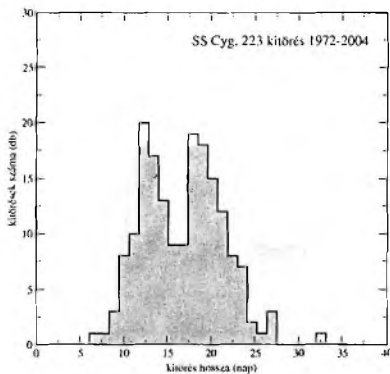
A fénygörbékre pillantva jól látszik a 70-es évek hullámzó változós aktivitása, majd a PVH 1979-es megalakítása után következő fellendülés. Az elmúlt húsz évben már gyakorlatilag folyamatos a csillag fénygörbéje, és még az évszakos rossz láthatóság mellett is valószínű, hogy egyetlen kitörést sem szalasztottunk el. Az időszak második felére volt jellemzőbb az SS Cyg „furcsa” viselkedése: sokáig emlékezetes volt pl. az 1992 nyarán (JD 2 449 150 körül) észlelt hármaskis kitörés, amikor alig  $10^{15}$ -ig fényesedett a csillag, egy hónapon belül háromszor, amit egy hónap szünettel minden idők egyik leglassabb felszálló ágú kitörése követett, amikor egy hétig tartott a minimumból a  $8^{m,3}$ -s maximumba való felfényesedés.

Szintén könnyen észrevehető a fénygörbék rövid tanulmányozása után, hogy a kitörések lefutása erősen változik, valamint ismétlődésük sem tekinthető szigorúan periodikusnak. E két jelenség részletesebb jellemzéséhez meghatároztam az összes kitörés hat fő jellemzőjét, három időpontot (kitörés kezdete, közepe és vége), valamint a három időpontban észlelt fényességet. Ehhez egy célorientált programmal végigmentem a számítógép képernyőjére kirajzolt fénygörbéken, ahol egérkattintással „leolvastam” minden egyes kitörés kezdetét, közepét és végét (egyszerre általában csak 2–3 maximumot vizsgáltam). Bizonyos kitöréseknél csak a maximum tényét lehetett rögzíteni, olyankor a maximum időpontját rendeltem a kezdés és végződés idejéhez is, így a nulla hosszúságú maximumok utólag könnyen kizárhatók voltak a vizsgálatból.

A 32 év alatt 223 kitörésről gyűjtöttünk használható adatokat. Idő- és fényességbeli változásaik jellemzéséhez különböző hisztogramokat készítettem, melyeken bizonyos paraméterek előfordulási gyakoriságát tüntettem fel.

Nagyon tanulságos a kitörések hosszának eloszlása. Mint az a mellékelt ábrán is látható, két, jól elkülönülő kitörésfajta létezik az SS Cygni fénygörbéjében, jelesül a rövidek és a hosszúak. A kitörések közel fele 5-től 15 napig tart (jellemzően 10–12 napig), míg valamivel több kitörés 15–25 napig tart, átlagosan 18–22 napig. Ismétlődéseikben nem látszik tiszta szabályszerűség, ám feltűnő, hogy általában váltakoznak. Rövid kitörést viszonylag gyakran követ rövid kitörés, míg hosszú kitörést a legritkább esetben követ egy másik hosszú. Mindezt már az 1930-as években felfedezték, és adataink jó összhangban vannak a legutóbbi fénygörbevizsgálat eredményeivel (Cannizzo & Mattei 1992).

A felfényesedések kettősségét mutatja a következő ábra is, melyen a megfigyelt

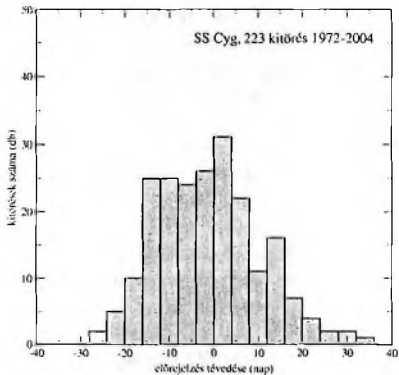
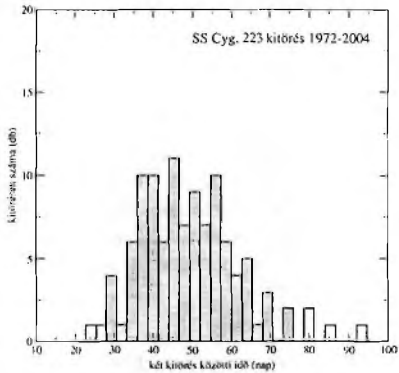


maximumfényességek eloszlása látszik. Habár nem annyira markánsan, de észrevehető, hogy elég nagy számban észleltünk pár tized magnitúdóval halványabb kitöréseket, melyek szinte minden esetben rövid maximumokhoz tartoztak. Mindezek alapján az SS Cyg kitöréseit nagy valószínűséggel két, egymástól eltérő mechanizmus hajtja. J. Smak lengyel csillagász 1999-es tanulmánya szerint a kis kitörések során csak kevés extra anyag jut az akkrétiós korongba, míg a hosszú kitörések nagy mennyiségű anyag átadásához társíthatók, ám azt még nem tudjuk, hogy mi a mélyebb oka ennek a kettős viselkedésnek.

Érdekes kérdés, hogy mennyire lehet előre jelezni a kitöréseket. Habár a Változócsillagok Általános Katalógusa tizednapra megadja a csillag periódusát, egy pillantás a fénygörbére meggyőz bárkit arról, hogy nem érdemes vitatkozni a katalógusban feltüntetett periódus pontos értékén... Mindezt számszerűen is illusztrálja a következő diagram, amin a két szomszédos kitörés között eltelt idők gyakoriságát láthatjuk. 24 és 94 nap között bármi előfordulhat, bár az tény, hogy a kitörések időbeli távolsága az esetek 90%-ában 35 és 65 nap közötti, átlagosan tényleg kb. 50 nap.

Ennél is többet elárul viszont a következő ábra, amin egy egyszerű előrejelzési rendszer pontosságát vizsgáltam meg (hasonló működik pl. Kovács István gondozásában szakcsoportunk honlapján, [www.vcssz.mcse.hu](http://www.vcssz.mcse.hu)). Tegyük fel, hogy 50 nap az SS Cyg periódusa, majd minden egyes kitörésnél tegyünk egy jóslatot, miszerint a következő kitörés 50 nap múlva következik be. A ténylegesen megfigyelt és a számított maximumidőpont különbsége mutatja az előrejelzések megbízhatóságát (hasonlóan a klasszikus O-C diagramhoz). Ábránkon ezen különbségek eloszlása tanulmányozható, a negatív értékek korábban bekövetkező maximumokhoz tartoznak. Jól látszik, hogy -20 és +20 nap között szinte egyenletes az eloszlás, azaz sajnos a legkritkább esetben várhatjuk, hogy 2-3 hétnél pontosabb lehet egy előrejelzés.

A fentiek alapján érthető, hogy érdemes minden nap észlelni az SS Cygnit, hiszen nem csak látványosak, hanem jórészt előrejelezhetetlenek is változásai, melyek nyomon követéséhez egy 8-10 cm-es távcső tökéletesen megfelel. Február-március a csillag legrosszabb láthatósága, ilyenkor korai kelésekkel kiegészíthetjük a hiányosabb fénygörbét. Mindehhez minél több kitartást és sok derült eget kívánok minden kedves Olvasónak.



KISS LÁSZLÓ