



# Változócsillagok

## Az amatőr csillagászok és a katalizmikus változók

### Bevezetés

1855. december 15-én John Russel Hind (1823–1895) angol csillagász új kisbolygókat keresett az Iker csillagképben. Keresés közben egy kb.  $9^m$ -s „új” csillagot talált. Egy új aszteroida? Néhány napi észlelés után sem mozdult el, így tehát nem kisbolygóról volt szó. A következő napokban a csillag egyre halványodott, majd el is tűnt Hind szeme elől, aki ezek alapján halvány nóvának klasszifikálta az objektumot. Néhány hónap múlva azonban — 1856 márciusában — egy másik angol csillagász, Norman Robert Pogson (1829–1891) ismét megfigyelte. Ettől kezdve a csillagot rendszeresebben megfigyelték és több kitörést is észleltek. Az adatok alapján 100 nap körüli periódicitást határoztak meg. Egy több kitörést mutató nóva teljesen szokatlan volt, azaz az U Geminorum egy új változócsillag-típus első tagjaként vonult be a történelembe. Természetes elnevezésként adódott a *törpe nóva* név erre a családra.

Az új típus következő tagja, az SS Cygni felfedezéséig közel 40 év telt el. Azóta viszont már több száz törpe nóvát, illetve feltételezett törpe nóvát fedeztek fel. Többségük nagyon halvány és nagyon ritkán észlelt. Néhány esetben a besorolás nagyon kevés észlelésen alapul. Mind a törpe nóvák, mind a klasszikus nóvák a *katalizmikus változók* sokkal bővebb csoportjába tartoznak.

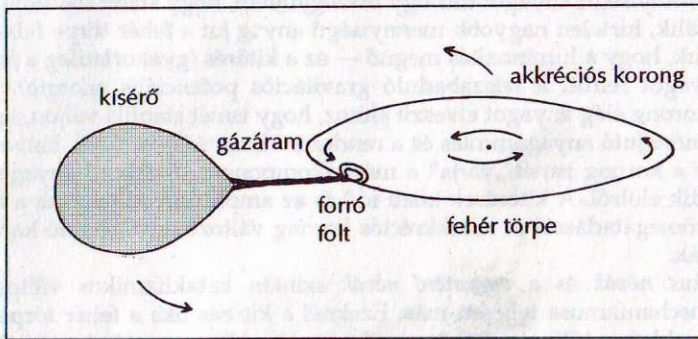
A törpe nóvák (és más katalizmikus változók) megfigyelése egyike azon kevés területeknek, ahol az amatőrök is szorosan együttműködhetnek a szakcsillagászokkal. Előrejelezhetetlen viselkedésük gyakorlatilag teljesen lehetetlenné teszi a szakcsillagászok szisztematikus munkáját. Jelenlegi ismereteink a kitöréseket előidéző fizikai folyamatokról nagyon bizonytalanok, és az elképzelések gyakran erősen ellentmondóak. Határozott igény van további földi és űrbéli megfigyelésekre, hogy az elméleteket összevethessük a megfigyelésekkel.

Ebben a cikkben leírjuk a világot behálózó amatőr törpe nóvaészlelők szervezett munkáját. Néhány példán bemutatjuk a megfigyelők eddigi eredményeit, megemlékezzünk az alkalmazott műszerekről, térképekről és az észlelési módszerekről.

### Katalizmikus változók

A katalizmikus változók egy speciális kölcsönható kettőscsillag-típushoz társíthatók — ezek a katalizmikus kettősök. Egy ilyen rendszerben egy tömegvesztő másodkomponens (gyakran egy kései fősorozati törpecsillag) kering egy fehér törpe főkomponenshez közel. A pálya annyira szoros, hogy a másodkomponens kitölti Roche-térfogatát, ezért anyagot vesz a belső  $L_1$  Lagrange-ponton keresztül. Az elvezített gázanyag egy akkréciós korongba tömörül a fehér törpe körül, amely korongon keresztül eléri a fehér törpe felszínét. Abban a pontban, ahol a másodkomponensről érkező anyag ütközik az akkréciós koronggal, egy lökéshullám alakul ki,

amely egy forró foltot eredményez. Az egész rendszer luminozitásának (sugárzási teljesítmény, amivel arányos a fényesség) legnagyobb részét a korong és a forró folt adja. A kettőscsillag pályamenti keringési ideje nagyon rövid, általában 1 és 15 óra között van. Érdekes módon a 2–3 órás periódusok nem túl gyakoriak (ezt nevezték el az ún. periódusűrnék). Miként azt a keringési idő is jelzi, az egész rendszer viszonylag kicsi, gyakorlatilag a Nap átmérőjével mérhető össze (1–2 millió km).



1. ábra. Egy kataklizmikus változócsillag modellje

Az 1. ábrán a kataklizmikus rendszerek legfontosabb összetevőit láthatjuk. A törpe nóvák kvázi-periodikus kitöréseket mutatnak, amelyek néhány (2–8) magnitúdónyit érnek el. Az idő legnagyobb részében minimumban tartózkodnak, amelyeket rövid kitörések szakítanak meg. A kitörések közötti idő 10 naptól néhány évig terjed. A kvázi-periodikusság abban nyilvánul meg, hogy a kitörések ismétlődése (formális periódus) nagyon „ugrálhat” — pl. az SS Cyg-nél 15-től 95 napig terjedhet, átlagos hossza 50 nap. Ez az előrejelezhetetlenség a többi törpe nóva jellemzőre is vonatkozik, jelesül a kitörések amplitúdójára és a kitörések időtartamára.

A törpe nóvákat négy alosztályra bontották az egyedi sajátosságok alapján.

*SS Cyg típus (UGSS):* ide tartoznak a klasszikus törpe nóvák, mint például az U Gem és az SS Cyg.

*Z Cam típus (UGZ):* az SS Cyg altípus jellemzői mellé társul a nagyon jellegzetes fényállandósulás jelensége. A kitöréses fénygörbét alkalmanként megszakítja egy-egy konstans fényesség szakasz, a fényállandósulás (standstill), amely néhány naptól akár néhány évig is eltarthat. A standstill alatt a csillag a maximális és minimális fényessége között áll.

*SU UMa típus (UGSU):* gyakori, éles maximumok és ritka, hosszú szupermaximumok váltakoznak. A szuperkitörések nagyobb amplitúdójúak és lassabb lefutásúak, mint a közönséges maximumok. A legtöbb SU UMa-csillagnál a szupermaximumok idején rövid periódusú (néhány óra) fényváltozások tapasztalhatók, ezek az ún. szuperpúpok. A szuperpúpok periódusa néhány százalékkal hosszabb, mint a kettőscsillag keringési ideje (orbitális periódus). Így ezeknek a szuperpúpoknak a detektálása igen fontos feladat, mert közvetlenül információt szerezhetünk az orbitális periódusról, amelyről egyéb módszerekkel nagyon nehezen tudhatunk meg bármit.

*WZ Sge típus (UGWZ):* ennek a speciális altípusnak nagyon ritka kitörései vannak. Tipikusan néhány évtized telik el két kitörés között. Éppen emiatt nagyon fontos minden kitörés idejekorán történő felfedezése.

A törpe nóvák kitöréseinek eredetét az akkréció korongban kell keresni. A tömegátadási kitörés modelljében, melyet Geoffrey Bath javasolt a 70-es évek elején, a másodkomponens tömegátadásának időnkénti megnövekedése okozza a felfényesedést. A korong instabilitási modelljét a 70-es évek közepén javasolta egymástól függetlenül Jozef Smak és Yoji Osaki, és mostanában ez az általánosabban elfogadott. A modell a következőképpen magyarázza a kitöréseket: az akkréció korong csak egy bizonyos mennyiségű anyagot tud úgy összegyűjteni, hogy stabil maradjon. Amikor instabillá válik, hirtelen nagyobb mennyiségű anyag jut a fehér törpe felszínére. Ezt mi úgy látjuk, hogy a luminozitás megnő — ez a kitörés (gyakorlatilag a fehér törpre jutó anyagot felfűti a felszabaduló gravitációs potenciális energia). Amint az akkréció korong elég anyagot elveszít ahhoz, hogy ismét stabilá váljon, leáll a fehér törpe felszínére jutó anyagáramlás és a rendszer visszatér a korábbi, halvány állapotába. Ekkor a korong ismét „várja” a másodkomponensről érkező anyagot, és minden kezdődik előlről. A kitörések közti idő és az amplitúdó változásait a különböző sebességű tömegátadással és az akkréció korong változó anyagtároló kapacitásával magyarázzák.

A klasszikus nóvák és a visszatérő nóvák szintén kataklizmikus változók, de a kitörések mechanizmusa teljesen más. Ezeknél a kitörés oka a fehér törpe felszínén lejátszódó nukleáris túlfutás, amely egy hosszabb időn keresztül lezajló tömegbefogással áll elő. Emellett még egy nagyon erős anyagledobás is lejátszódik. A nóvaszerű változók nem mutatnak kitöréseket, de spektrális jellemzőik nagyon hasonlóak a nyugalomban levő, kitöréses kataklizmikus változókéhoz. Néhány nóvaszerű változót „öreg” nóvaként (posztnóva) azonosítottak.

Hogy teljessé tegyük látogatásunkat a kataklizmikus változók állatkertjében, meg kell még említeni az *UX UMa*, *VY Scl*, *AM Her* és *DQ Her*-típusú csillagokat. Az *UX UMa* és *VY Scl*-típusú csillagok a fényállandósulásban levő *Z Cam* csillagokra hasonlítanak. A *VY Scl* csillagok néha elhagyják standstilljuket, amikor viszont a normális, minimumban levő *SS Cyg* csillagokra emlékeztetnek. Tehát éppen ellentétes viselkedésűek, mint a törpe nóvák, ezért „anti törpe nóvakként” is szokták őket említeni. Az *AM Her* és a *DQ Her* csillagoknál a kataklizmikus rendszer viselkedését uralja a fehér törpe erős mágneses tere. A mágneses tér azt eredményezi, hogy az akkréció a mágneses pólusoknál játszódik le. Az *AM Her* csillagoknál annyira erős a mágneses tér, hogy meg is akadályozza az akkréció korong kialakulását.

## A megfigyelők, a műszerek és a technikák

A vizuális törpe nóva észlelések legnagyobb részét néhány nagyon aktív megfigyelő végzi. Legtöbbjük gyakorlott változós, minden trükköt ismerő a „hagyományos” változók területén végzett munkájuk alapján. A gyakorlatuk során kialakult az a képesség bennük, hogy több tucat csillag összehasonlító sorozatát meg tudják jegyezni. Minden tiszta estén vizuálisan ellenőrzik a kérdéses csillagmezőket, „új” csillagokra vadászva. Semmi speciális műszer nem szükséges: gyakran egy egyszerű azimutális szerelésű Dobson-távcső a főműszer, amely átmérője 20–50 cm között mozog. Ezzel a technikával egyes észlelők akár 50–100 csillagot is képesek ellenőrizni egy éjszaka alatt. Tipikusan 3–10 törpe nóva található maximumban egy-egy éjszaka. A minimumbeli fényességük általában 17–21 magnitúdó közötti, tehát ilyenkor csak a „halványabb mint...” észlelések szaporodnak. A folytonos fénygörbékhez azonban ezek a negatív észlelések is nagyon fontosak. Azonban lenyűgöző

lehet egy ilyen csillag, amikor a sok havi negatív adat után végre megpillantjuk saját szemünkkel, kitörésben!

Miért ekkora kihívás az amatőröknek a törpe nóvák vadászata? Nincs egyszerű válasz erre a kérdésre. Egyes amatőrök az előrejelezhetetlenség miatt kedvelik a törpe nóvákat — senki nem tudja előre megmondani, mi lesz az éjszaka eredménye. Másokat a „tudományos” hozzájárulás lehetősége bővíti el: a szakcsillagászok együttműködnek az amatőrökkel, és igénylik munkájukat. Végül vannak, akik az „évszázad kitörését” várják, ezzel kivívva a csillagász társadalom elismerését.

A változócsillag-térképek különböző szervezetektől származnak, mint pl. az AAVSO (American Association of Variable Star Observers), The Astronomer és a BAA VSS (Nagy Britannia), RASNZ (Royal Astronomical Society of New Zealand), BVVS (Belgium Vereniging voor Sterrenkunde) és a szakfolyóiratokban megjelent cikkekből. Havi összeállítások, táblázatok jelennek meg a szervezetek kiadásában, amelyekben közlik az összes beérkezett észlelést; ilyen pl. az AAVSO szerkesztésében megjelenő AAVSO Circular. Mindig érdekesítő olvasgatni az új AAVSO Circularokat — össze lehet hasonlítani adatainkat másokéval, el lehet gondolkodni az elszalasztott kitörésekről stb. Hozzávetőlegesen 40–50 többé-kevésbé aktív észlelő vesz részt az AAVSO Circular törpe nóva szekciójának munkájában.

Jelenleg közel 400 változót sorolunk a törpe nóvák közé. Felénél is kevesebbnek ismertek jól a fotometriai és egyéb paraméterei. Egyik példa erre az SS Cyg, amely gyakorlatilag szünet nélkül észlelt már 100 éve, a felfedezése óta. Habár ezeknél a fényes csillagoknál is jelentős lehet az amatőrök hozzájárulása tudományos szempontból (pl. az űrobszervatóriumok munkájának hatékonyabbá tételében), mégis, a lehetőségek nagyon behatároltak. Természetesen a folyamatos fénygörbéhez továbbra is szükségesek az észlelések. Azonban az igazán fontos hozzájárulás azoknál a halvány csillagoknál várható, amelyek jellemzői szinte teljesen ismeretlenek, mivel annyira kevés megfigyelést végeztek róluk. Kb. 100 olyan speciális objektum van, amelyek miatt kialakult egy néhány tucat amatőröből álló világméretű hálózat.

## **A The Astronomer „visszatérő objektumok programja”**

A The Astronomer szervezete, amelynek központja az angliai Basingstoke-ban van, összeállított egy hosszú periódusú, ritkán tanulmányozott törpe nóvák észlelését célzó programot. Ebben kb. 75 különböző csillag van, törpe nóvák, visszatérő nóvák és régi nóvák, amelyek gyanúhatóan UG, UGSU és UGWZ típusúak. Gary Poyner a program koordinátora 1991 óta. Az efféle észlelési program ötlete még Guy Hurstben merült fel a '80-as évek közepén, aki felismerte az ilyen kevéssé ismert csillagok szisztematikus megfigyelésének a szükségességét. Az egészét Robert McNaught eredményes vizsgálata indította el, amely során a visszatérő nóvának gondolt VY Aquariiról mutatta ki régi fotolemezek átvizsgálásával és folyamatos vizuális nyomon követéssel, hogy egy nagyon hosszú periódusú törpe nóva. A VY Aqr-t első ízben 1983. nov. 28-án sikerült maximumban észlelnie. Azóta a csillag további kitöréseit észlelték, és a szakcsillagászok mérései alapján UGSU-típusú törpe nóva.

Ezt követően Stephen Lubbock angol amatőr egy másik McNaught-objektumot észlelt kitörésben, ez volt a DO Draconis. Ezek a kezdeti sikerek vezettek oda, hogy megalakult az említett program, az alábbi kritériumok alapján:

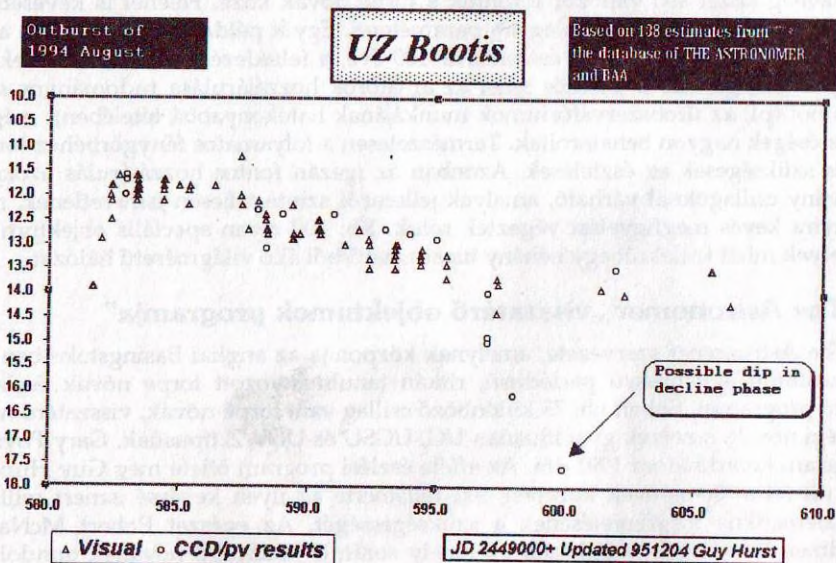
- a csillag valószínűsíthető periódusa legyen legalább egy év;
- keveset (vagy semmit se) tudjunk a periódusról és/vagy az amplitúdóról;
- szakcsillagászok is legyenek érdekeltek.

A program összeállítása hosszú irodalmi háttérkutató és szakcsillagászok egyedi felkérései segítségével történt. Az újabb sikerek — a legelső vizuális detektálás — a következőkben foglalhatók össze (a felfedező nevét zárójelben közöljük): EF Peg: 1991. október (Schmeer, D); SS UMi: 1991. augusztus (Mitchell, UK); HV Vir: 1992. április (Schmeer, D); AK Cnc: 1992. január (Kato, Japán); V1113 Cyg: 1993. szeptember (Poyner, UK); S10930 Lyr: 1993. október (Bortle, USA/Van Cauteren, B); LL And: 1993. december (Vanmunster, B)

A program egyik „nem nőva” tagját amatőr fedezte fel. A PQ And-ot Dave McAdam fedezte fel fotografikusan 1988. márc. 19-én, egy 305 mm-es teleobjektívvel. Először nővának gondolták, majd a spektroszkópiai megfigyelések a WZ Sge-vel való hasonlóságokra mutattak rá. Richter 12 év körüli periódust említ. Azt, hogy a PQ And UGWZ, vagy visszatérő nőva, még ezután kell eldönteni, de az észlelők továbbra is követik abban reménykedve, hogy sikerül elcsípni egy újabb kitérés.

Több csillagnál a hosszabb időn keresztül lefolytatott megfigyelésekre alapozva pontosabban meg lehetett határozni az alapvető paramétereket. Ha egy csillag viszont az első kitérés után „túl gyakran” jutott maximumba, akkor ki is hullott a programból. Legutóbb ez történt az SS UMi-val.

A 2. ábrán példaképpen az UZ Bootis fénygörbéjét láthatjuk.



2. ábra. Az UZ Bootis 1994-es különleges maximuma

Egyes csillagokról, amelyekről eredetileg feltételezték, hogy eruptív természetűek, a folyamatos megfigyelések kimutatták, hogy nem azok, és így ezeket is kihagyták a megfigyelési programból. Újabban négy ilyen csillag esett ki, amelyből három, a HN Cyg, UY és UZ Vul valójában félszabályos változócsillag.

Ha egy feltételezett változó aktivitást mutat, a programban részt vevő amatőrök telefonon, vagy e-mailen értesítik a többieket, hogy azok megerősíthessék az egyedi észleléseket. Pozitív azonosításkor körlevélben értesítik az érdeklődő amatőröket a

legújabb megfigyelési eredményekről. Ilyen a The Astronomer Electronic Circular (UK) és a Cataclysmic Variables Circular (B). A TA visszatérő objektumok programjának megfigyelői élénk adatcserét folytatnak más változó szervezetekkel, mint pl. a japán VSOLJ-vel (Variable Star Observers League Japan) és az AAVSO-val.

## **Jövőbeli perspektívák**

Ahogy a CCD kamerák egyre szélesebb körben elterjednek, egyre fontosabbá válnak a törpe nóvák viszonylag kis műszerekkel történő CCD megfigyelései.

**1. Törpe nóvák minimumbeli nyomon követése.** Még a legnagyobb műszerekkel rendelkező amatőrök sem tudnak  $14^m,5$ – $15^m,5$ -nál halványabb tartományt megbízhatóan ellenőrizni. A törpe nóvák többsége azonban ennél jóval halványabb minimumban. Ezzel szemben CCD kamerát használva egy 20 cm-es műszerrel könnyedén elérhetjük a 17–19 magnitúdós tartományt (még ha viszonylag kis pontossággal is). Így már a kitörések korai szakaszban elkaphatók, teljesebbé téve a törpe nóvák aktivitásáról kialakított képet.

**2. Vizuális felfedezések megerősítése.** Ha egy vizuális észlelő elkap egy kitörést, általában még egy amatőr ellenőrzi őt, mielőtt a csillagászati világot értesítenék. A CCD felvételekkel történő igazolás sokkal biztosabb, megbízhatóbb. Másrészt a későbbi újraelemzés is lehetővé válik, szemben a vizuális észlelések egyszeri voltával.

**3. Asztrometriai/fotometriai összehasonlító sorozatok.** Egy CCD felvétel segítségével pontos pozíciómérések válnak lehetővé. Jelenleg túl sok pontatlan térkép forog közkézben, ezáltal mindenféle hamis riasztás keletkezik, vagy pedig elfogadhatatlan szórást eredményezve a fénybecslésekben. Térképek készítése, összehasonlító ki-mérése felbecsülhetetlen fontosságú a vizuális munka hatékonyabbá tételében.

**4. Fotometria.** Egy változóról folyamatos képfelvétellel megbízható fotometriára is szert tehetünk. Az elérhető pontosság messze túlszámolja a vizuális fényességbecslés korlátait. Egy példa a lehetőségekre a feltételezett UGSU csillagok szuperpúpjainak kimérése maximumban.

A szerzők benyomása szerint a legtöbb csillagász nagyon keveset tud arról, hogy egyes amatőrök milyen fontos munkát végeznek a kataklizmikus változók területén. Remélhetőleg az amatőrök egyre intenzívebb jelenléte rávezeti a szakcsillagászokat arra, hogy még szorosabb együttműködést alakítsanak ki az aktív amatőrökkel. Másrészt az amatőrök számára nem elhanyagolható inspirációt jelent az, hogy látják, munkájuknak milyen jelentősége van a kataklizmikus változók igazi természetének felderítésében.

*Lasse Teist Jensen, Gary Poyner, Paul Van Cauteren és Tonny Vanmunster  
cikkét fordította: Kiss László*

## **Változócsillag katalógus**

Katalógusunk második kiadása a Magyar Csillagászati Egyesület Változócsillag Szakcsoportja programját tartalmazza, összesen 942 db változócsillag adatai találhatóak meg benne. Közzöljük a GCVS néhány, általunk is észlelt érdekesebb változóval kapcsolatos megjegyzéseit, ismertetjük a változócsillag típusokat, 15 jellegzetes fénygörbén keresztül mutatjuk be a hazai amatőrök által hagyományosan jól észlelt változócsillag típusokat. Kiadványunkat rövid észlelési útmutató zárja. A *Változócsillag katalógus* az MCSE-től rendelhető meg (1461 Budapest, Pf. 219.), rózsaszín postautalványon, 134 Ft befizetésével.