

# Változócsillagok

Észlelő	Nk.	Észl.	Műszer	Észlelő	Nk.	Észl.	Műszer
Bakos Gáspár	Bkg	1	20x80 B	Ollé Hajnalka	SK	Oha	2 15x50 B
Balogh István	Bli	202	25 T	Papp Sándor		Pps	176 24,4 T
Balogh Zoltán	Bag	96	13 L	Pápics Péter		Psp	13 10x50 B
Boleska Gábor	BoI	6	9 L	Poyner, Gary	GB	Poy	2677 46 T
Csőrgői Tibor	SK	Csg	21 15x50 B	Reiczigel Zsófia		Rei	107 10x50 B
Csukás Mátyás	RO	Ckm	269 20x60 B	Reinhard, Peter	A	Rep	122 8 L
Drucskó István		Dru	6 7x50 B	Rezsabek Nándor		Rez	58 7,7 L
Fekete János		Fkj	653 20 T	Ricza Róbert		Ric	1 20x60 B
Fidrich Róbert		Fid	127 27 T	Rípero, José	E	Rip	1102 33,4 T
Hadházi Csaba		Hdh	1013 16 T	Sajtz András	RO	Stz	568 10x50 B
Hídvégi István		Hvi	9 10 T	Sánta Gábor		Snt	196 10 T
Hollósi Botond		Hol	1 sz.	Schmidt Attila		Sca	45 15 T
Kaszt Ákos		Kas	13 7x50 B	Schweitzer, Emile	F	Sch	149 35 SC
Katonka Tibor		Kat	198 20x60 B	Simon Attila		Sit	1 7,7 L
Kerstin, Rätz	D	Rek	26 8x30 B	Sipőcz Brigitta		Sic	134 20x80 B
Keszthelyi Sándor		Ksz	91 20x80 B	Szánthó Bellatrix		Sbx*	2 6 L
Keszthelyiné S. Márta		Srg	2 sz.	Szánthó Lénárd		Slr*	2 8x30 B
Kiss László		Ksl	83 20x60 B	Szauer Ágoston		Szu	29 10x50 B
Kocsis Antal		Koc	53 15,5 T	Tímár András		Tia	27 10 L
Kósa-Kiss Attila	RO	Kka	1078 6,3 L	Tóth Krisztián		Ttk	8 20x60 B
Kovács István		Kvi	112 25 T	Uhrin András		Uha	62 10x50 B
Liziczai László		Lil	108 20x50 B	Vincze Iván		Vii	2 7x50 B
Menali, Haldun	USA	Men	65 44,5 T	Weres Tamás	SK	Wet	34 15x50 B
Mizser Attila		Mzs	389 38 T	Zalezák Tamás	AU	Zal	55 25 SC
Nagy Sándor	SK	Nsn	1 15x50 B				

Rövidítések: T: reflektor, L: refraktor, SC: Schmidt–Cassegrain-távcső, C: Cassegrain-távcső, B: binokulár, sz: szabad szem, az új megfigyelőket \* jelöli a névkódjuk után.

2002 nyara, pontosabban a július–szeptember közötti időszak (JD 457–548), nem rekordszámú észlelésről marad emlékezetes. A három hónap során 49 észlelőtől összesen 10 195 fényességbecslést kaptunk, ami szinte pontosan megegyezik a megelőző három tavaszi hónap eredményével. Ennek egyik fő oka természetesen a csapnivaló nyári időjárás, hiszen az ideihez hasonlóan rossz augusztus többek véleménye szerint (amatőr) emberemlékezet óta nem volt.

A múlt havi számunkban bejelentett adatbeküldési szabályokhoz annyi kiegészítést fűzünk, hogy a Kovács István által fejlesztett Vobs program havi összesítéseivel kell megegyező formátumban küldeni az adatokat. Azaz lehetséges más szoftverrel is előállítani a beküldött észlelések listáját, de akkor az karakterhűen ugyanaz legyen,

mint a Vobs-szal készített lista! Nyilván ezt úgy a legegyszerűbb elérni, hogy ha már eleve a Vobs-ot használjuk. Egy a lényeg: 2003 januárjától a más formátumban beküldött észleléseket automatikusan visszairányítjuk a feladónak! Kérjük észlelőink megértését és az adatkarbantartás elősegítését a felvázolt szempontok figyelembevételével. Az adatküldési változásokhoz tartozik az is, hogy jelen sorok megjelenésétől kezdve a [vcssz@mcse.hu](mailto:vcssz@mcse.hu) címre kérjük az elektronikus formátumú adatokat.

### Eruptív és kataklizmikus változók

0058+40	RX And	UGZ	Augusztusban fényállandósulásban, 11 <sup>m</sup> ,8-nál. Szeptemberben már hangsúlyos változások.
0130+50	KT Per	UGZ	Kitörések: JD 470 13 <sup>m</sup> ,4, 515 12 <sup>m</sup> ,2, 540 12 <sup>m</sup> ,0.
0130+53	AX Per	ZAND	Némi mozgolódás 12 <sup>m</sup> ,0 környékén.
0139+37	AR And	UG	JD 511-kor 12 <sup>m</sup> ,7-s maximumban.
0201+14	TT Ari	VY Scl	Maximumban, 10 <sup>m</sup> ,9.
0231+55	DY Per	RCB	Aktív, 13 <sup>m</sup> ,9-ről fényesedett 11 <sup>m</sup> ,7-ig.
0324+43	GK Per	NA	Visszatért minimumába, újra 13 <sup>m</sup> ,0. A csillaggal kapcsolatban l. cikkünket az észlelési beszámoló után!
0349+30	X Per	GC+XP	Kitart a 6 <sup>m</sup> ,2 mellett.
0400+53	XX Cam	RCB:	Maximumban, 7 <sup>m</sup> ,6.
0814+73	Z Cam	UGZ	JD 504-kor 11 <sup>m</sup> ,0-s maximum. JD 540-kor már csak 11 <sup>m</sup> ,8-ra futotta.
0959+68	CH UMa	UG	Szeptember végén következett be ritka kitöréseinek újabb példánya. JD 547-kor 11 <sup>m</sup> ,0.
1454+41	TT Boo	UG	JD 528-kor 13 <sup>m</sup> ,0-s maximumban.
1510+83	Z UMi	RCB	Enyhe változások 11 <sup>m</sup> ,3–12 <sup>m</sup> ,0 között.
1544+28a	R CrB	RCB	Kicsit összeszedte magát, szeptemberben 5 <sup>m</sup> ,8–6 <sup>m</sup> ,0 közé jött fel.
1555+26	T CrB	NR	Folytatta minimumbeli aktivitását 10 <sup>m</sup> ,2–10 <sup>m</sup> ,6 között.
1601+67	AG Dra	ZAND	Szeptember végéig nyugodtan bókászott 10 <sup>m</sup> ,0 környékén. JD 547-kor 9 <sup>m</sup> ,3, 548-kor 8 <sup>m</sup> ,8, azaz október elején egy újabb kis kitörése kezdődött!
1640+25	AH Her	UGZ	Szinte egész nyáron fényállandósulásban, 12 <sup>m</sup> ,0-nál.
1744-06	RS Oph	NR	Félszabályos változások 11 <sup>m</sup> ,4–11 <sup>m</sup> ,9 között.
1813+49	AM Her	AMHER	Halvány, 15 <sup>m</sup> ,0.
1841+37	AY Lyr	UG	13 <sup>m</sup> ,1-s kitörésben JD 507-kor.
1855-22	V4743 Sgr	N	Az idei év legfényesebb nívója, egyben a Sagittariusban idén feltűnt harmadik nóva szeptember végén tetőzött, 5 <sup>m</sup> ,5-s maximumban. Utána gyors halványodásba kezdett, szeptember utolsó napján már csak 7 <sup>m</sup> ,4.
1903+17	SV Sge	RCB	Július elején kisebb lezökkenés 11 <sup>m</sup> ,9-ra, majd utána újra maximumban, 11 <sup>m</sup> ,1.
1904+43	MV Lyr	NL	Nagyon halvány, mindvégig 16 <sup>m</sup> ,0 alatt.
1921+50	CH Cyg	ZAND+SR	Hullámozó változások 7 <sup>m</sup> ,8 és 8 <sup>m</sup> ,7 között.

2007+20b	FG Sge	RCB:	14 <sup>m</sup> 6 és 16 <sup>m</sup> 4 között halványodott. Nagy szükség lenne a csillag (szoros kettős!) minimumbeli CCD-s észlelésére, amihez már egy 20 cm-es távcső is alkalmas.
2138+43a	SS Cyg	UGSS	Szeptember elején rövid maximumban.
2158+41	BL Lac	BLLAC	Markáns változások 14 <sup>m</sup> 3 és 15 <sup>m</sup> 3 között.
2209+12	RU Peg	UG	JD 499-kor 12 <sup>m</sup> 7-s kitörés.
2328+48	Z And	ZAND	Nyugalomban, 10 <sup>m</sup> 5.

## Mirák

0110+55a	VZ Cas	Júliusban 10 <sup>m</sup> 3-s maximumban.
0210+24	R Ari	Szeptemberben hosszan elhúzódó maximumban 8 <sup>m</sup> 2-nál.
0214-03	o Cet	Fényes maximum augusztusban, mikor 3 <sup>m</sup> 3-nál tetőzött. Szeptember végéig is csak 4 <sup>m</sup> 1-ig halványodott vissza. Egyenletes halványodás 8 <sup>m</sup> 0-ról 11 <sup>m</sup> 0-ra.
0231+33	R Tri	10 <sup>m</sup> 0 körül változtatott.
0320+43	Y Per	9 <sup>m</sup> 4-ről süllyedt 12 <sup>m</sup> 4-ra.
0430+65	T Cam	Augusztus közepén 7 <sup>m</sup> 6-s maximum.
1037+69	R UMa	Három hónap alatt 12 <sup>m</sup> 4-ről érte el 7 <sup>m</sup> 6-s maximumát.
1231+60	T UMa	8 <sup>m</sup> 3-s hosszú maximum augusztusban.
1239+61	S UMa	Valamikor augusztusban volt 10 <sup>m</sup> 0 körüli maximumban. A csillag érdekességeire hamarosan egy részletes feldolgozásban fogunk kitérni.
1332+73	T UMi	Szeptember elején 8 <sup>m</sup> 2-s maximumban.
1415+67	U UMi	Kirobbanó fényesedéssel érte el szeptemberi 6 <sup>m</sup> 5-s maximumát.
1517+37	S CrB	Szeptember végén 9 <sup>m</sup> 0 körüli maximumban.
1611+38	W CrB	Szeptemberben érte el 14 <sup>m</sup> 0 alatti minimumát.
1934+49	R Cyg	Lassú halványodás 10 <sup>m</sup> 0 és 13 <sup>m</sup> 0 között.
1946+32	χ Cyg	Augusztusban 5 <sup>m</sup> 8-s maximumban, feltűnő.
2108+68	T Cep	

## Félszabályos, L és RV Tauri típusú változók

0014+44	VX And	SRA	Szeptemberben érdekesen elhalványodott 9 <sup>m</sup> 5-ig, majd hirtelen felfényesedéssel zárta az időszakot.
0421+64	RY Cam	SRB	Meglepő változások 8 <sup>m</sup> 1 és 9 <sup>m</sup> 1 között.
0629+38	UU Aur	SRB	Újra régi fényével ragyog, 5 <sup>m</sup> 6.
0720+46	Y Lyn	SRC	Hajnali láthatóságát 8 <sup>m</sup> 0-nál indította.
1151+58	Z UMa	SRB	8 <sup>m</sup> 4-ről jutott 7 <sup>m</sup> 0-ra, majd vissza 7 <sup>m</sup> 5-ra.
1315+46	V CVn	SRA	7 <sup>m</sup> 1 és 7 <sup>m</sup> 5 határok között változtatott, ez még nem a régi aktivitás.
1633+60	TX Dra	SRB	Erőteljes hullámváz, 7 <sup>m</sup> 2-7 <sup>m</sup> 9.
1640+55	S Dra	SRB	Szeptemberben évtizedes fényesség-maximumban, 8 <sup>m</sup> 5-nál.
1646+57	AH Dra	SRB	Bizonytalan „szórás” 7 <sup>m</sup> 8-8 <sup>m</sup> 2 között.
1826+21	AC Her	RVA	Két 8 <sup>m</sup> 5-s főminimum történt a feldolgozott időszakban.

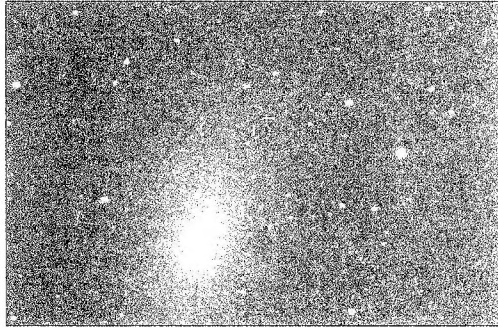
1842-05	R Sct	RVA	5 <sup>m</sup> ,1-6 <sup>m</sup> ,0 között változott. Augusztusban feltűnően fényes.
1927+45	AF Cyg	SRB	Szép változások 6 <sup>m</sup> ,8 és 7 <sup>m</sup> ,7 között.
2132+44	W Cyg	SRB	6 <sup>m</sup> ,3 és 7 <sup>m</sup> ,0 között változott; halvány.

KISS LÁSZLÓ

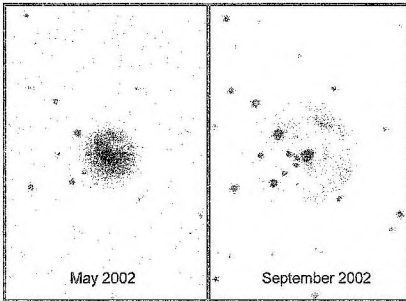
## Változós hírek

### Nóva az M110-ben

Fontos amatőrcsillagászat-történelmi eseményről számolhatunk be 2002. október 7-i keltezéssel. Ezen az estén Kereszty Zsolt győőrújbaráti amatőrtársunk elkészítette a legelső magyar amatőr felvételt egy extragalaktikus nóváról! A robbanó csillag az Andromeda-köd kísérőgalaxisában, az M110-ben tűnt fel, előtte pár nappal fedezték fel japán amatőrcsillagászok. Mellékelt képünkön (5x1 perc expozíció, R szűrő) jól látszik az október 7-re 18<sup>m</sup>-ig elhalványodó nóva, ami az ugyanekkor készített B és V szűrős képeken nem is látszott. A felvétel becsült határfényessége 19<sup>m</sup>,1. Ezúton is gratulálunk Kereszty Zsoltnak a bravúros észleléshez! (Ksi)



### V838 Monocerotis



Habár a V838 Mon 2002 szeptemberére 14<sup>m</sup> alá halványodott, nem szűnik a szakma érdeklődése a furcsa kitörést átélő változó valódi természetével kapcsolatban. Miután elmúlt legrosszabb láthatósága, kiderült, hogy rendkívüli módon elvörösödött a csillag, V-I színindexe a 4-5 magnitúdót is eléri. A mellékelt képpárt a V838 Mon-t övező visszfényről L. Crause (University of Cape Town) készítette a dél-afrikai 1 m-es távcsővel, melyen jól látszik a fényszórásért felelős csillagkörüli anyag inhomogenitása (az eredetileg színes felvételen a központi csillag feltűnő vörös színe is észrevehető). (IAUC No. 7992, *Astronomy Picture of the Day* 2002.10.03. – Ksi)

## A GK Persei körüli gázfelhő tágulásának mérése

A GK Persei (Nova Per 1901) volt a 20. század első növőja. 1901 február 22-én fedezte fel Thomas David Anderson. Felbukkanása után néhány nappal elérte maximális,  $0^m,2$ -s fényességét, majd a maximum után  $0^m,23$ /nap sebességgel csökkent fényessége. Így a nagyon gyors növők családját gazdagítja. Jelenleg  $13^m,1$ -s fényességű, időnként kb. 3 magnitúdós, törpenóvaszerű kitöréseket mutat.

Számos más különlegessége is van, pl. a kettős keringési ideje 1,997 nap (Crampton és mtsai 1986), ami messze a legnagyobb a klasszikus növők között. A pálya excentricitása még nem biztosan ismert, de a becslt érték elég nagy ( $e = 0,39$ ). A főkomponens egy legalább  $0,72$ – $1,3 M_{\odot}$  tömegű fehér törpe, a másodkomponens kb.  $0,25$ – $0,9 M_{\odot}$  tömegű, erősen elfejlődött K2 IV színképosztályú csillag. A fehér törpe komponensnek erős mágneses tere van, amivel a rendszer kemény röntgen sugárzása magyarázható. A röntgenfluxus 351 másodperces modulációja jól egyezik a fehér törpe forgási periódusával.

A gyors növők szoros kettős rendszerekben fordulnak elő. A kettős egyik komponense vörös, a másik pedig fehér törpe. A vörös törpe komponens kora előrehaladtával kitölti Roche-térfogatát, sőt az kicsinek is bizonyul számára. A két csillag között anyagátáramlás indul meg a belső Lagrange-ponton keresztül. A vörös törpe hidrogénben dús anyaga felhalmozódik a fehér törpe körüli akkréciós korongban, ahonnan lassan a felszínre spirálozik. Az akkréciós korong és az anyagáramlás találkozása egy nagy hőmérsékletű pontot hoz létre a korongon, amely erősen röntgensugárzó is. Ha már elegendően sok hidrogén gyűlt össze a felszínen a termonukleáris reakció beindulásához, a fehér törpe robbanásszerűen elergeti azt. Ekkor egy nagyon erős lökéshullám indul el, ami anyagledobódást eredményez, és a csillagok körül gázfelhő (angolul nova shell) keletkezik.

Az 1901-es kitörést követően a nóva körül táguló ködösség vált fotografikusan kimutathatóvá, amelynek a tágulási sebessége látszólag meghaladta a fénysebességet. A fizikai törvényekkel való ellentmondást egy a fényútban lévő, kiterjedt porfelhő okozta, melyen a kitörés fényének reflexiója hozta létre a fényjátékot. A különleges jelenség tanulmányozása során kiderült, hogy a GK Per környezetében közel  $10^4$ -szer nagyobb a csillagközi por sűrűsége az átlagoshoz képest. Hasonló jelenséget azóta is csak a Nova Sgr 1936-nál sikerült megfigyelni.

A robbanás által ledobott gázfelhőről 1916-tól kezdődően rendszeresen készített felvételeket E.E. Barnard. A ködösség különleges aszimmetriát mutat, mintha bizonyos irányokban egy falba ütközne, és hosszas fennmaradása is egyedülálló. A jelenlegi elképzelés szerint a lökéshullám „megtörpanását” a táguló gázfelhő és a csillag körül már korábban felhalmozódott intersztelláris anyag kölcsönhatása okozza. Tágulási sebessége  $1200$  km/s. A rendszernek a felhő tágulási parallaxisából mért távolsága  $470$  pc.

A 2002 nyarán elvégzett munkám során céloom a GK Per kitörése után létrejött anyagfelhő szögtágulásának mérése volt (több különböző időponiban készült kép összevetésével a jellegzetes anyagcsomók elmozdulása jól kimutatható). A szögtágulás meghatározásával és a szakirodalomban fellelhető spektroszkópiai úton nyert tágulási sebesség felhasználásával lehetőség nyílik a kettős rendszer távolságának megadására is.

## Az adatok

A GK Per-ről 2001 szeptemberében készített hosszú expozíciós, nagy felbontású felvételeket Kiss László a Sierra Nevada Obszervatórium 1,5 méteres távcsövével, Ha szűrővel. A redukciós (bias, flat) és korrekciós ( kozmikus sugarak kiküszöbölése) eljárások után, a különböző expozíciós idejű képek összegzésével javítottam az adatok jel/zaj viszonyát.

Mivel az asztrometriához több képre van szükség, és az idén nyáron személyesen is megtapasztalt piszkéstetői borult időjárás után már nem volt lehetőségem használható észlelést végezni, ezért kénytelen voltam a szakirodalom felé fordulni. A Palomar Obszervatórium digitalizált archívumában, a Digital Sky Survey-ben (DSS) sikerült adatokat találnom. Azonban ezeknek a képeknek a minősége elmarad az újabb felvételekétől, ezért már itt szeretném felhívni a figyelmet két effektusra. Ezek a képek közel telítésig vannak exponálva, és ez csökkenti a pozíciómérés pontosságát, valamint a korábbi felvételeken a maradvány mérete kisebb és megjelenése is homogénebb, ami további nehézséget okoz a később készült képeken látható anyagstruktúrák visszakövetésében.

A pontos méréshez azonban szükség van nagyfelbontású képekre, ezért felvettem a kapcsolatot Ernie Seaquist-tel. Az ő tollából származik az eddig megjelent legátfogóbb cikk a GK Per-ről (E.R. Seaquist at al., ApJ 1989). Tőle tudtam meg, hogy a mágnesszalagon tárolt régebbi felvételek sajnos tönkrementek, az új digitalizálásból származó FITS képekre pedig várni kell. A publikációk további vizsgálata során találtam Tim O'Brien (A.J. Slavin, T.J. O'Brien és J.S. Dunlop 1995) cikkére, amelyben több nóvamaradvány megjelenését, szögtágulását dolgozzák fel. Tim segítőkészségének köszönhetően hamarosan kaptam egy képet a GK Per-ről, amely 1993 szeptemberében készült a 4 méteres La Palma-i William Herschel Távcsövel (WHT). A kép N[II] tartományban, 300 másodperces integrációs idővel készült.

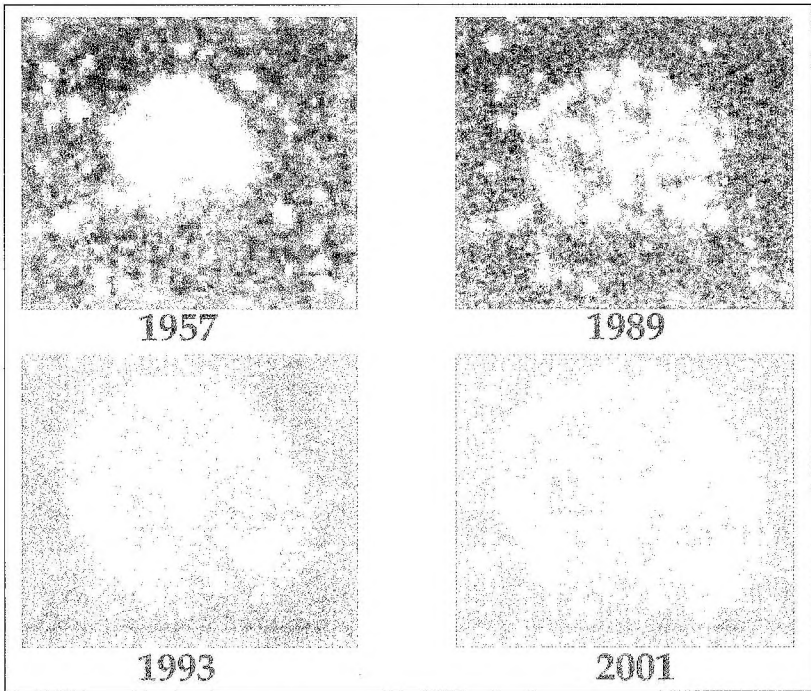
Az általam megvizsgált négy kép adatait az alábbi táblázatban foglalom össze, a 44 év alatt tapasztalható tágulást pedig jól láthatjuk a mellékelt ábrán. Az azonos skálára hozott képeken észak van alul.

A felhasznált felvételek adatai

Dátum	Távcső	Exp. idő (s)	Képszála ("/pixel)
1957	Palomar Oschin Schmidt (1,2 m)	n.a.	1,7
1989	Palomar Oschin Schmidt (1,2 m)	5100	1,25
1993	W. Herschel Telescope, La Palma (4 m)	300	0,85
2001	Sierra Nevada (1,5 m)	3500	0,49

## Referenciapont megválasztása

Az asztrometria megkezdése előtt definiálni kell egy referenciapontot, amihez a későbbiekben viszonyítunk. A képekhez nem volt mellékelve a pixelek által leképezett égiterrület, ami azonban elengedhetetlen a pixel-távolságok égi koordinátákra való átváltásához. Szerencsére mindegyik felvétel elegendően nagy területet fed le, így kellő mennyiségű mezőcsillag található rajtuk. Ha meg tudjuk határozni a csillagok ekvatoriális koordinátáit, akkor azokat összevetve a pixelkoordinátákkal már könnyedén megkaphatók az átszámoláshoz szükséges konstansok.



A GK Persei gázfelhőjének tágulása 1957 és 2001 között

A látómezőben lévő csillagok pozícióját a Space Telescope Science Institute-tól le-tölthető ShowSky nevű Java alkalmazás segítségével gyorsan megkaphatjuk a GSC 2.2 katalógusból, amelynek a pontossága is elegendően nagy (ez a katalógus már kb. 20 magnitúdóig teljes, hozzávetőlegesen 500 millió csillagot tartalmaz). Ehhez kiválasztottam hat darab, mind a négy képen jól azonosítható, valamint a GSC-ben is sze-replő csillagot, és meghatároztam ezeknek a helyzetét. Sajnos a GSC nem tartalmaz információt a csillagok sajátmozgásáról. Ennek a problémának a kiküszöbölése érde-kében a GK Per-hez viszonyítottam a többi csillag helyzetét, és relatív távolságokat mértem, mintha a hozzá rögzített koordináta-rendszerből vizsgálnánk a környezetét. Ennek a választásnak előnye, hogy a GK Per minden képen a közepén helyezkedik el, így jól látható, és az anyagcsomók pozicionálásánál a központi csillag mozgása nem okoz hibát a mérésben. Továbbá a különböző sajátmozgású csillagok kiátlagol-ják egymást, így a pixelskála sem szenved jelentős hibát. A képeken meghatároztam minden referenciacsillag pixeltávolságát a központi csillagtól, majd a csillagkatalógus alapján kiszámoltam az ekvatoriális rendszerben mért távolságukat is. Ezekből az adatokból egy osztással megkaphatjuk, hogy egy pixel mekkora éterületet fed le az adott képen.

## A mérés

Az 1957-es és a 2001-es képek összevetésével már vizuálisan is könnyen látható, hogy az anyagfelhő közel kétszeresére tágult. A 44 éves bázisvonal növekedés, valamint a modernebb asztrometriai technikák segítségével nagy pontosság érhető el. Azonban az 1957-es és az 1989-es képeken még egészen más struktúrát mutat a felhő, mint a későbbi, nagyobb távcsövekkel készített felvételeken. Így ezeken csak nagyfokú kézi beavatkozással lehet azonosítani az egymásnak megfeleltethető filamenteket, ami szubjektivitást visz a mérésbe. A jobb felbontású 1993-as és 2001-es képeken lényegesen több csomó látható, ezért megpróbálkoztam a detektálás automatizálásával. Sajnos teljesen nem sikerült ezt megvalósítani, ugyanis a sok kis halvány csomó nehezen paraméterezhető az automatikus csillagkereső algoritmusok számára (a képeket az IRAF csillagászati képfeldolgozó programcsomaggal dolgoztam fel). Végül kombinált automatikus és kézi leolvasással tudtam 45 egyedi csomót mind az 1993-as, mind a 2001-es képen azonosítani. A központi csillagtól való távolodásuk adta meg átlagosan a köd szögtágulását.

## Eredmények

A szögtágulásból távolságot lehet becsülni az alábbi gondolatmenettel. Ha meg tudjuk mérni a felhő tágulását két adott időpont között, és ismerjük a tágulási sebességét akkor a következő képlet szerint kapjuk a távolságot:

$$d = v_{\text{exp}} (t-t_0) / \tan \Theta$$

ahol  $v_{\text{exp}}$  a tágulási sebesség, amit spektroszkópiából ismerünk (mint azt fentebb említettem, 1200 km/s az értéke),  $t$  és  $t_0$  képek epochái,  $\Theta$  pedig a mért szögtágulás. Az 1993-as és a 2001-es képek készítése között majdnem napra pontosan 8 év telt el.

A felhő tágulásának mérésére sikerült 45 anyagcsomót azonosítani mindkét képen. A két felvétel készítése között eltelt 8 év alatt a felhő átlagosan  $4''465$ -cel lett nagyobb. A rendszer ebből számolt távolsága

$$1478,2^{+263,3}_{-191,5} \text{ fényév, vagyis } 453,4^{+80,8}_{-58,7} \text{ parszek.}$$

A mért pontokat a pozíciószög függvényében átlagolva, a felhő különböző részeinek a tágulása is megkapható. Azt kaptam, hogy a központi csillagtól távolodva nagyobb az anyagcsomók sajátmozgása, valamint a mérési pontok szórása is növekszik. Ennek egy lehetséges oka a távolabbi térségekben változatosabb kölcsönhatás a csillagkörüli anyaggal, habár a csomók száma elég kicsi a statisztikus súlyú következtetések levonásához.

Az itt ismertetett vizsgálatot a Szegedi Tudományegyetem harmadéves csillagászainak előírt nyári szakmai gyakorlat keretei között hajtottam végre, dr. Benkő József (MTA KTM CSKI) témavezetésével. A feldolgozást az MTA-CSIC Joint Project No. 15/1998, az OM FKFP 0010/2001, valamint az OTKA T034615 pályázatok támogatták.

NÉMETH PÉTER