

A BLAZSKO-EFFEKTUSRÓL*

DETRE LÁSZLÓ

Blazsko-effektusnak — mint bizonyára tudják — a rövidperiódusú Delta Cephei-csillagok (RR Lyrae-csillagok) fénygörbéiben mutatkozó periódikus változásokat nevezik. E kérdéssel az újabb időben igen sok vizsgálat jelent meg, elsősorban a szovjet csillagászati irodalomban, továbbá a leideni, cordobai, budapesti, valamint a Mc Donald-Obszervatóriumból. Így a jelenlegi rendelkezésre álló megfigyelési anyag, hozzávéve a budapesti még nem publikált anyagot, lehetővé teszi, hogy a Blazsko-effektusról néhány általános törvényszerűséget állapítsunk meg.

A megfigyelési anyagból a Blazsko-effektusra kapott adatokról áttekintést nyújt az alábbi táblázat. Ebben minden csillagra, melyre a Blazsko-

Csillag	P_0	P_1	P_1/P_0	P_2	P_2/P_1	Δm_1	Δm_2	\bar{A}	$\Delta m_1/\bar{A}$	$\Delta m_2/\bar{A}$
AC And	0 ^d .525	0 ^d .711	1.354	2 ^d .04	2.9:	1 ^m .37	?	0 ^m .80	1.70	—
AI Vel	0.112	0.379	3.398	—	—	0.39	—	0.38	1.04	—
SX Phe	0.055	0.193	3.508	—	—	0.45	—	0.62	0.73	—
VZ Cnc	0.178	0.716	4.016	?	?	0.44	—	0.64	0.69	—
RW Cnc	0.547	29.6	54.7	91.1	3.05	0.65	0.32	1.19	0.55	0.25
Y LMi	0.522	33.4	63.7	85.2	2.56:	0.66:	0.48:	?	—	—
AR Her	0.470	31.6	67.3	?	?	0.53	—	1.32	0.40	—
RR Lyr	0.567	40.7	71.8	122.1	3.00	0.32	0.14	0.90	0.36	0.16
SW And	0.442	36.8	83.3	?	?	0.05	—	1.16	0.05	—
RZ Lyr	0.511	42.95	84.0	122.1	2.85	0.65	0.34	1.56	0.42	0.22
RW Dra	0.443	41.64	94.0	121.4	2.92	0.56	0.08:	1.40	0.40	0.06:
XZ Cyg	0.467	57.25	122.7	153.8:	2.69:	0.25	0.16	0.86	0.29	0.19
XZ Dra	0.476	76	160	—	—	0.32	—	1.29	0.25	—
RS Boo	0.377	537	1424	—	—	0.15	—	1.34	0.11	—

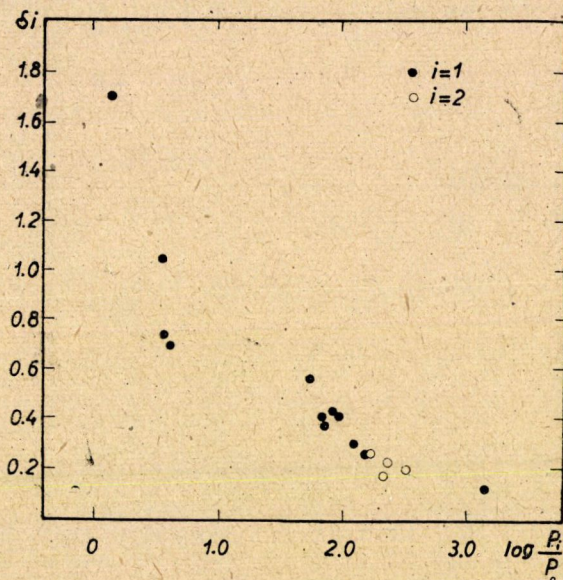
effektus periódusát sikerült megállapítani, fel van tüntetve sorban az alapperiódus: P_0 , a Blazsko-effektus periódusa: P_1 és a P_1/P_0 hányados (a csillagok a táblázatban ennek értéke szerint vannak rendezve). Némely csillagnál még egy második Blazsko-effektust sikerült megállapítani, ennek hosszát P_2 -vel jelöltük. Δm_1 és Δm_2 az alapperiódushoz tartozó fénygörbe maximális fényességének a P_1 , illetve P_2 periódussal történő változásának amplitudóját

*A Szovjet Tudományos Akadémia Csillagászati Tanácsa Változócsillag-Szakosztályának az újjáépített pulkovoi csillagda felavatása alkalmából rendezett 11. konferenciáján 1954. május 25-én tartott előadás.

adja fényrendben kifejezve, \bar{A} pedig a P_0 -hoz tartozó közepes amplitudó. A táblázat két utolsó oszlopában szereplő $\Delta m_1/\bar{A}$ és $\Delta m_2/\bar{A}$ hányadosokkal lehet jellemezni a fénygörbe-változások erősségét.

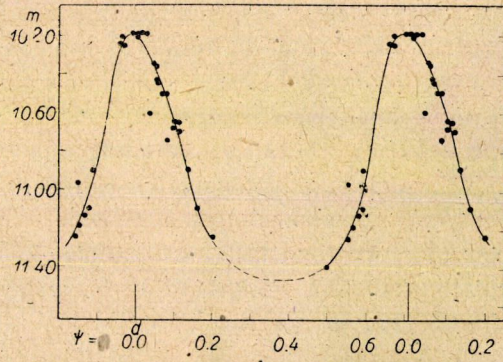
Amint a táblázatból láthatjuk, a P_1 szerint a csillagok két csoportra oszlanak. Az első csoportban $P_1 < 1^d$. Legújabbán GUMAN mintegy 8000 felvétele alapján AC Andromedae-ről is kiderült, hogy ebbe a csoportba tartozik. A másik csoportban P_1 sokkal hosszabb, mint P_0 . Érdekes, hogy a P_2/P_1 hányados értéke a különböző csillagokra közel állandó. A P_2 -vel járó fénygörbe-változások amplitudója mindig lényegesen kisebb, mint a P_1 -gyel járóké.

Elméleti szempontból a leglényegesebb a P_i/P_0 és a $\Delta m_i/\bar{A}$ ($i = 1, 2$) mennyiségek közti összefüggés (lásd az 1. ábrát). Minél hosszabb a Blazsko-effektus periódusa az alapperiódushoz képest, annál gyengébbek a fénygörbe-változások. Általában a Blazsko-effektust mint lebegést fogják fel, amely a radiális alaprezgés és egy ezzel közel kommenzurábilis periódusú, szintén



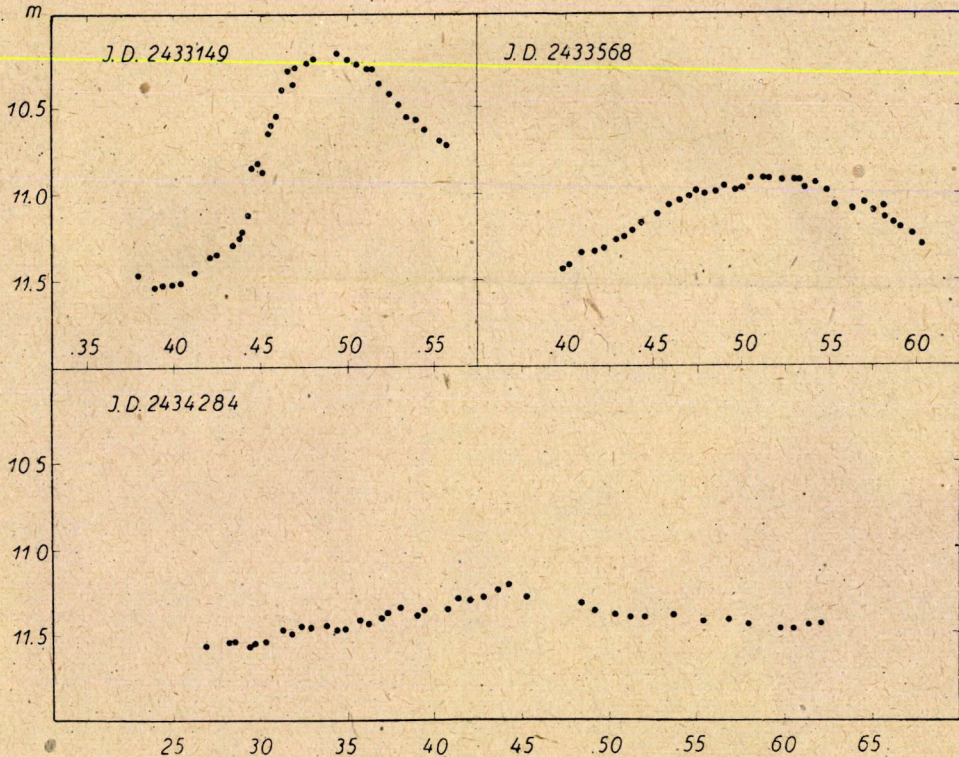
1. ábra. Összefüggés a Blazsko-effektus periódusának hossza és a fénygörbe-változások erőssége között. Abszcissa P_i/P_0 , ordináta $\Delta m_i/\bar{A}$ ($i = 1, 2$)

radiális felrezgés interferenciájából keletkezik. Ezen interpretáció mellett az 1. ábrán bemutatott összefüggés azt jelentené, hogy minél szorosabb a kommenzurabilitás a két rezgés periódusa között, annál kisebb a lebegés amplitudója. De radiális felrezgések, energiájuk gyors disszipációja miatt, csak akkor maradhatnak meg huzamosabb ideig észrevehető erősséggel, ha az alaprezgéssel való rezonancia útján gerjesztődnek. Tehát ezen elmélet alapján a felrezgésnek és ezzel együtt a Blazsko-effektusnak akkor kellene a leg-



2. ábra. AC Andromedae maximális fényességének változása a $0^d.711$ periódussal GUMÁN eredményei szerint. A még bizonytalan P_2 periódust az eredményekben nem küszöböltük ki, ezért nagyobb a szórás, mint a megfigyelési hibákból várható lenne.

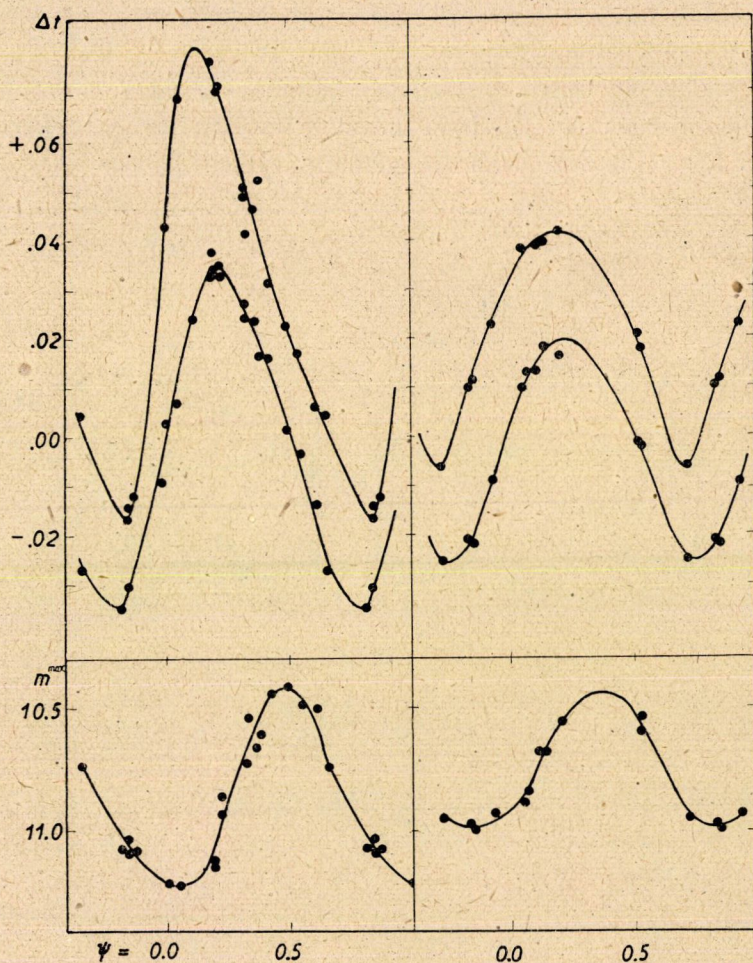
erősebben jelentkeznie, mikor a kommenzurabilitás az alap és a felrengés között a legszorosabb. Az 1. ábrán mutatott összefüggés ennek éppen az ellenkezője. Így a Blazsko-effektust aligha lehet radiális felrengésekkel magya-



3. ábra. AC Andromedae P_0 -periódusú rezgésének fénymaximumai a P_1 periódus különböző fázisaiban (GUMÁN fotografikus megfigyelései szerint)

rázni. Az első csoport pedig kizárja, hogy a csillagok tengelyforgása által gerjesztett zonális rezgések okozzák a szekundér periódusokat, mert a tengelyforgásnak akkor olyan gyorsnak kellene lenni, hogy annak már mutatkoznia kellene a spektrumvonalak kiszélesedésében.

Az AC Andromedae fénygörbeváltozását eddig annyira komplikáltnak tartották, hogy külön változócsillagtípust neveztek el róla és külön hipotézist állítottak fel a vele kapcsolatban megfigyelt jelenségek megmagyarázására. Eredményeink alapján AC Andromedae csak abban különbözik a többi Blazsko-effektust mutató csillagtól, hogy nála P_1 alig nagyobb P_0 -nál. A $P_1 = 0^d711$ periódussal igen jól sikerült ábrázolni a P_0 periódus maximumainak változásait, mint a 2. ábra mutatja.

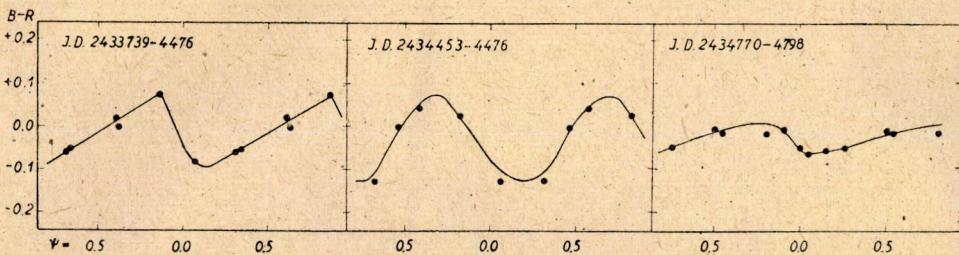


4. ábra. A Blazsko-effektus változása RW Draconisnál BALÁZS és DETRE fotografikus megfigyelései szerint (lásd a szöveget).

A fénygörbeváltozások ennél a csillagnál a legerősebbek. Az ábrán a szaggatott vonallal jelzett részen a maximum helye és fényessége nem határozható meg, mert a P_0 periódusú fényváltozás amplitudója a P_1 -nek ebben a fázisában nulla. Sőt előfordulhat, hogy a P_0 -rezgés megelőző minimuma fényesebb a maximumnál. A maximumok különböző alakjait 3. ábránk mutatja.

Miután több csillag Blazsko-effektusára sok új megfigyelési anyagot dolgoztunk fel, kiderült, hogy az effektus maga sem állandó jellegű. Így a 4. ábrán bemutatom az RW Draconisra kapott eredmény két részletét. Az ábra baloldala az 1937., a jobboldala az 1941. évre vonatkozik. A három görbe felülről lefelé sorban: 1. A fénymaximum idejének oszcillációja, 2. a fénygörbe felszálló ágában a közepes magnitúdó időpillanatának oszcillációja, 3. a maximum fényességének változása a P_1 perióduson belül. Az abszcissa (ψ) jelenti a Blazsko-effektus fázisát. Látjuk, hogy különösen a maximum idejének oszcillációja milyen erősen lecsökken négy év alatt, de megváltozott a fázisreláció is közte és a maximum fényességének változása között. A 16 cm-es asztrográfunkon az 1936—1953. években készített több mint 8000 felvétel alapján, valamint Blazsko régebbi vizuális megfigyeléseiből meg lehetett állapítani, hogy a Blazsko-effektus ezen változása ismét periódusos. A konferencia szünetében tudtam meg BATYIREV professzortól, hogy az ő vizuális megfigyeléseiből is kimutatható a Blazsko-effektus e változása.

Ugyanilyen jelenség észlelhető RR Lyrae és VZ Cancri Blazsko-effektusában is. A $P_1 < 1$ csoport tagjai tehát e tekintetben ugyanúgy viselkednek, mint a $P_1 \gg 1^d$ csoport tagjai. 5. ábránk mutatja VZ Cancri Blazsko-effektusának változását GUMAN fotoelektromos észlelései szerint. Itt a Blazsko-effektus amplitudójának változására kb. 3 évi ciklus adódott.



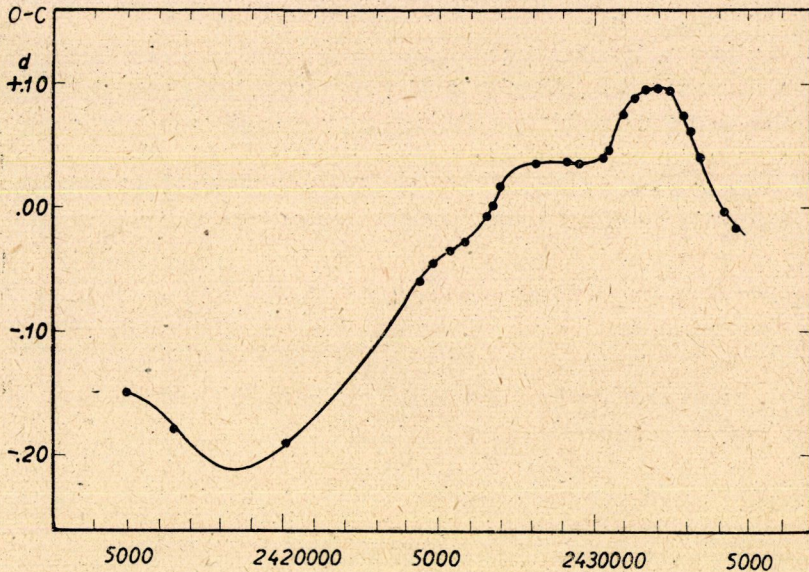
5. ábra. A fénymaximum idejének oszcillációja VZ Cancrinál GUMAN fotoelektromos észlelései szerint. A baloldali kép az 1951—52. a középső az 1952—53. a jobboldali az 1953—54. évi észlelésekből adódott.

A főperiódus (P_0) változásaiban néhány RR Lyrae-csillagnál már régebben is sikerült hosszúperiódusú tagokat megállapítani. Magára az RR Lyraere kb. 15 000 felvételtől és 3000 fotoelektromos megfigyelésből kimutattunk (BALÁZS—DETRE—GUMAN) a P_0 változására egy 10 éves ciklust, de azon felül sikerült megmutatni, hogy ezen a 10 éves cikluson belül nemcsak P_0 , hanem

a közepes fénygörbe (ami alatt a P_1 és P_2 periódusú változások kiküszöbölése után nyert fénygörbét értjük) is változik. Éspedig ugyanolyan változásokat találtunk, mint amelyeket a fénygörbe a P_1 és P_2 periódusokkal mutat. Tehát tulajdonképpen ez a 10 éves ciklus is egy újabb Blazsko-effektus.

A 6. ábrán bemutatjuk RR Lyrae úgynevezett ($O-C$)-diagrammját a felszálló ág közepére vonatkozólag. Az abszcissa jelenti az időt julián napokban, az ordináta azon időpontnak eltérése a

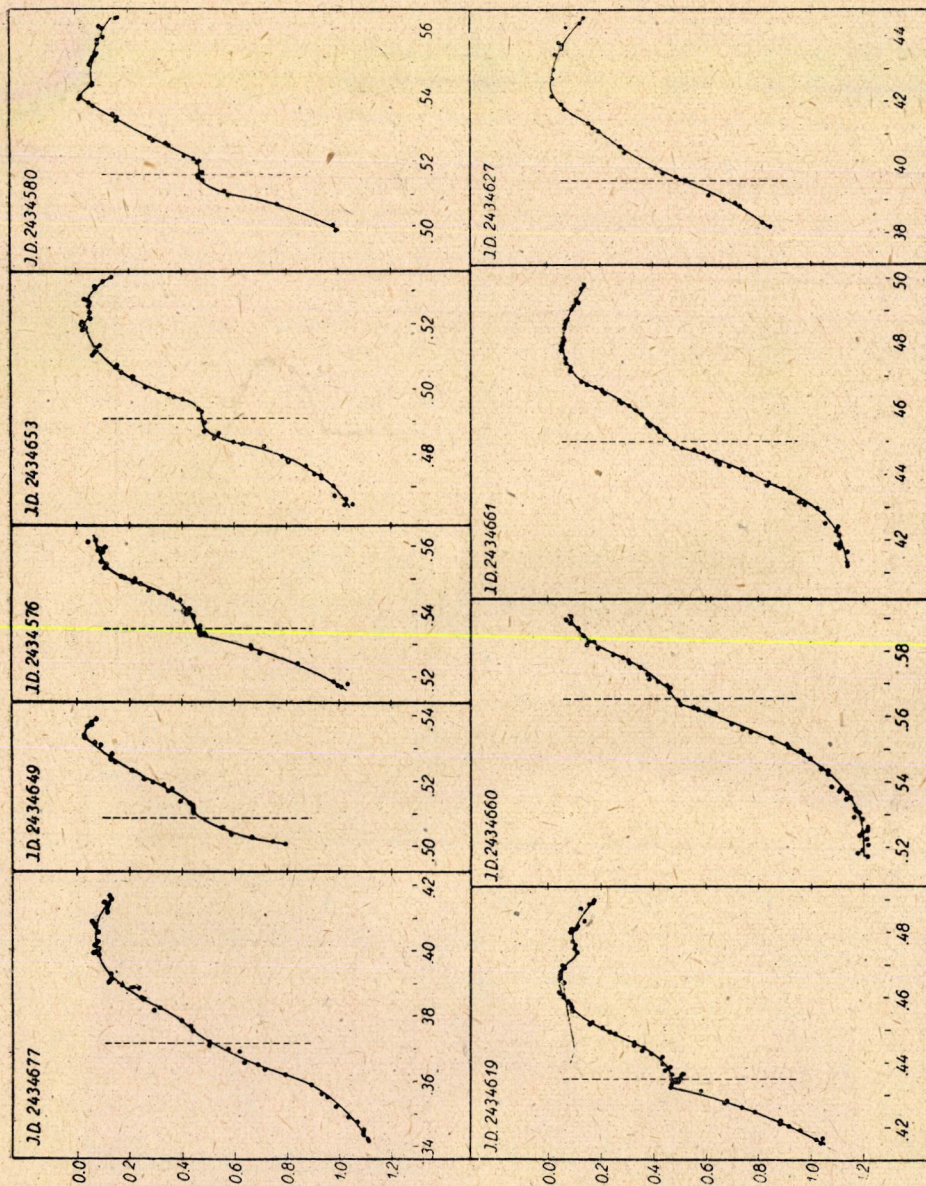
$$C = 2414856.580 + 0^d5668340 \times E$$



6. ábra. RR Lyrae főperiódusának $O-C$ diagrammjá (lásd a szöveget).

formulával számított C időponttól, amelyben a csillag fényességemelkedése alkalmával közepes fényességét eléri. 1936-tól kezdve a görbe a budapesti észlelésekkel folytonosan be van fedve, a megelőző pontok HERTZSPRUNG, FLORJA, DE SITTER és KUKARKIN észleléseiből származnak. A 10 éves ciklus a budapesti észlelésekből jól látszik. De ha megszerkesztjük ugyanúgy az $O-C$ görbéket a felszálló ág más pontjaira is, az egyes görbék nem lesznek párhuzamosak egymással, hanem 10 éves ciklussal hol közelednek, hol távolodnak egymástól. Ez azt jelenti, hogy a közepes fénygörbe felszálló ágának meredeksége is változik a P_0 periódus változásának 10 éves ciklusával. De a felszálló ág meredekségének periódikus változása éppen egyik főjellegzetessége a Blazsko-effektusnak.

Még 1948-ban az RR Leonis főperiódusában, a rendelkezésre álló összes megfigyelési anyag feldolgozása révén sikerült egy 33 éves periódusú, igen kis amplitudójú változást találni. Most már ennek a periódusnak közel három-



7. ábra. Az SW Andromedae I. populációjú RR Lyrae-csillag fénygörbéjének változása a 37 napos szekunder-periódussal (DETRE fotoelektromos megfigyelési szerint). A szaggatott vonal minden képen a P_0 periódus egy és ugyanazon fázisát jelöli meg.

negyed részére saját homogén megfigyelési anyagunk van. Ebből BALÁZS kimutatta, hogy a fénygörbe felszálló ágának meredeksége itt is változik, párhuzamosan a P_0 változásával, akárcsak RR Lyrae 10 éves periódusában.

Nyilvánvaló, hogy ilyen igen finom effektusokat csak igen hosszú időre kiterjedő homogén megfigyelési anyagból lehet kimutatni, amilyennel momen-

tán csak a budapesti csillagda rendelkezik. Ezek szerint némely csillagnál igen hosszú periódusú Blazsko-effektusok is felléphetnek, vagy mint RR Lyrae esetében, rövidebb periódusú Blazsko-effektusokkal együtt, vagy mint RR Leonis esetében, egyedül. Az ilyen hosszú periódusú Blazsko-effektusokkal a fénymaximum csak rendkívül kicsi változásokat mutat, amint az az 1. ábrában bemutatott összefüggésből is következik.

Az 1. ábrába a táblázatból nem vettük fel az SW Andromedae csillagot, mert az erősen eltér viselkedésében a többitől. Ennél is mutatkozik Blazsko-effektus 37 napos periódussal, de a maximum fényessége ezalatt alig változik. A fénygörbe változása lényegében csak abban áll, hogy a felszálló ág felső részében 37 naponként kifejlődik egy púp, amely aztán 15 nap múlva eltűnik (lásd a 7. ábrát). Mármint ez a csillag különben is egészen más jellegű, mint a többi RR Lyrae-csillag. MUNCH és TERRAZAS szerint a csillag színe közönséges F6 típusú óriásszínkép, normális intenzitású hidrogénvonalakkal. KUKARKIN is több jellegzetességet sorolt fel, amelyek mind arra mutatnak, hogy ez a csillag a többi RR Lyrae-csillaggal ellentétben a I. populációhoz tartozik. Eredményeink szerint úgy látszik, hogy a két populáció a Blazsko-effektusban is erősen eltér egymástól. Általában a I. populációhoz tartozó változócsillagok fénygörbéiben ritkán figyelnek meg változásokat, míg a II. populációjúaknál ez mindennapi. Elég az RV Tauri típusra emlékeztetni. De lehet, hogy a fénygörbe változása a I. populáció csillagainál is gyakori, csak a változások kicsi amplitudója miatt, mint SW Andromedaénál is, nehezen állapítható meg. Különösen fontosnak tartom, hogy ebből a szempontból átvizsgáljuk a Mira-csillagokat is, minthogy ezek egyforma gyakorisággal oszlanak meg a két populációra és egyik legjellemzőbb tulajdonságuk, hogy a fénygörbéjük változik. Az egyes Mira-csillagokról nehéz megállapítani, hogy melyik populációhoz tartoznak, de ha statisztikailag olyan lényeges különbségeket találunk a fénygörbe-változásokban a két populáció között, mint az RR Lyrae-csillagok esetében, akkor egy igen biztos és aránylag könnyen alkalmazható módszer jutna birtokunkba egyes Mira-csillagoknak a populációk szerinti osztályozására.

* * *

Az előadás utáni diszkusszióban OOSTERHOFF (Leiden) rámutatott arra, hogy a hosszúperiódusú Delta Cephei csillagokra is igen fontos volna hasonló szempontokat figyelembe venni, miután legújában a johannesburgi csillagdn két ilyen típusú csillagot találtak, erősen változó fénygörbével. CESSZJEVICS (Odessza) arra vonatkozólag tett fel kérdést, hogy előadó mennyire tartja valószínűnek, hogy a Blazsko-effektus lebegésjelenség. Előadó válasza szerint ez a kérdés ma még nem dönthető el exakt módon, de a maga részéről inkább egy, a csillag körül keringő kísérő hatásának gondolja a fénygörbe-változásokat. Ezután ugyancsak CESSZJEVICS az SW Andromedaera tett fel néhány részletkérdést.