



# SEMIREGULAR

Numero 3, Joulukuu 2004

## Linnunradan reunalta

*M. Luostarinen*

### Muuttujavuosi 2004

Kun katsomme mennyttä vuotta 2004 näyttää se varsin aktiiviselta muuttujatoiminnan näkökulmasta. Kuluneen vuoden aikana Suomalaiset tähtiharrastajat organisoivat ja toteuttivat kaksi pienimuotoista havaintoprojektia joista toinen oli ajoitettu talvelle ja toinen syksylle. Näiden projektien tulokset esitellään tässä numerossa.

Muiltakin osin vuosi oli verrattain vauhdikas muuttujaharrastajille. Kaksi supernovaa (SN 2004ET ja SN2004DJ) jotka olivat harrastajavälineiden ulottuvilla toivat lisäsyvyyttä harrastukseen, tammikuussa Kirkkonummen Komeetta järjesti tähtileirin jonka ohjelmaan kuului mm. Aarno Junkkarin järjestämä muuttujaesitys. Amerikkalainen muuttujayhdistys AAVSO vuorostaan myönsi Arto Oksaselle kuuluisan Director's Awardin. Menestyneestä havaintotyöstä AAVSO jakoi havaitsijapalkinnot myös Mika Aholle ja Petri Tikkaselle jotka molemmat kuuluvat Jyväskylän Sirius r.y:hyn. Jani Virtanen vuorostaan on tehnyt pitkäjänteistä ja hyvää työtä muuttujien parissa ja hänen aktiivinen osallistuminen mm. erilaisiin havaintokamppanjoihin (BL Lac/AAVSO, semiregular projektit jne..) on tuonut hänelle tunnustusta ja kiitosta.

Helmikuussa 2004 Jay McNeil teki merkittävän havainnon huomattessaan, että Orionin sumussa (M78) loistaa uusi tähti. Tarkempi tutkiminen osoitti, että kyseinen tähti on ilmeisesti vilahdellut sumun syövereistä aikaisemminkin. Havainto oli silti merkittävä ja sai paljon kansainvälistä huomiota.

Huhtikuussa Mark Armstrong Englannista havaitsi Supernovan galaksissa NGC 3786 ja kesäkuun lopulla Japanilaiset havaitsijat löysivät uuden muuttujan Herkuleksen tähdistöstä.

Syksyn kuluessa havaittiin pari muutakin suhteellisen kirkasta supernovaa mm. galakseissa NGC 2403 ja NGC 6946 ja kun lisäksi huomioidaan nova Skorpionin tähdistössä lienee paikallaan todeta, että vuosi on ollut melko aktiivinen.

Mutta vuosi 2004 oli muuttujia havaitseville myös toisella tavoin mieleenpainuva. Kansainvälinen muuttujayhteisö järkyttyi kun Janet A. Mattei joka oli toiminut AAVSON johtajana yli 30 vuotta poistui keskuudestamme 22 maaliskuuta 2004 sairauden murtamana.

Lienee perusteltua sanoa että Janet, joka toimi tiedemaailman ja harrastajien välisenä siltana, oli aktiivisella toiminnallaan saattanut nämä kaksi entiteettiä lähemmäksi toisiaan kuin ehkä kukaan toinen koskaan aikaisemmin. Kansainvälinen muuttujayhteisö suree kollektiivisesti Janetin pois menoa.

### Sisältö

Linnunradan reunalta . . . . . 1

Vuoden 2004 havaintoprojektit . . . . . 2  
CCD-havainnot IP Pegasi kääpiönovasta . . . . . 9  
Digitaalinen Yö . . . . . 11

## Vuoteen 2005 ... ja siitä eteenpäin

Ennustaminen on tunnetusti vaikeaa mutta uskallamme todeta, että Suomalainen muuttujahavaitseminen nousee aivan uuteen kulta-aikaan lähivuosina. Muuttujatoiminta on kehittymässä ja houkuttelee uusia jäseniä mukaan. Tietokoneet, CCD-kamerat ja Internet mahdollistavat tämän kaltaisen harrastuksen aivan uudella tavalla. Yhteydenpito, havaintojen, karttojen, kokemusten ja tietojen vaihtaminen on noussut aivan uudelle tasolle jossa aikaerot ja välimatkat eivät ole enää esteenä.

Astronomisten CCD-kameroiden hinnat ovat putoamassa ja kelvollisen kaukoputkenkin saa suhteellisen edullisesti ja kun muistetaan, että melkein joka kodissa on jo tietokone on odotettavissa, että lähivuosina yhä useammat tähtiharrastajat kehittyvät havaintotoiminnassaan aivan uudelle tasolle.

## Uutislehden tekemisestä

Tämä on kolmas Semiregular-uutislehti ja jälleen kerran toimitus on vaihtanut tekstinkäsittely ja taitto-ohjelmistoja.

Aivan ensimmäinen Semiregular uutislehti tuotettiin Microsoft Word-tekstinkäsittelyohjelmistolla ja kaikki Wordin kanssa työskennelleet varmaan tietävät Word-ohjelmiston hyvät ja huonot puolet joten tyydymme toteamaan ettei MS-Word mielestämme aivan soveltunut siihen mitä Semiregularin toimitus kaipasi julkaisujärjestelmältä. Eriytyisen heikoilla Word on tilanteessa jossa dokumenttiin on saatava suuri määrä kuvia, taulukoita ja eri-

laisia symboleja. Hitaus ja epästabilius alkavat vaivata ja käytännössä työskentely muodostuu enemmän tai vähemmän mahdottomaksi.

Wordin jälkeen toimitus siirtyi käyttämään OpenOffice-järjestelmää Linux-järjestelmässä. Kun Semiregular numero kaksi oli vihdoin saatu valmiiksi oli OpenOffice-järjestelmästä kertynyt jo aimo annos kokemusta. Noh, OpenOffice ei sittenkään aivan soveltunut tämänkaltaisen julkaisun tekemiseen vaikkakin oli joiltakin osilta parempi kuin MS-Word ... ja toimitus jäi edelleen kaipaamaan sopivaa ohjelmistoa.

Kesällä 2004 koekäytimme useita erilaisia järjestelmiä joista osa ilmaisia (ja osa puoli-ilmaisia) ja lopulta kokeilimme yli 25 vuotta vanhaa järjestelmää nimeltä TeX, tarkemmin sanottuna LaTeX.

Tämä kolmas Semiregular-uutislehti onkin kokonaisuudessaan luotu käyttäen täysin ilmaisia ohjelmistoja kuten Gnu-Emacs ja LaTeX. Samalla Linux-ympäristö on vaihtunut Mac OS X järjestelmään. Vain aika näyttää onko toimitus tyytyväinen nyt käytössä olevaan järjestelmään vai ei mutta jo nyt on selvää, että LaTeX pohjaisessa järjestelmässä on kieltämättä omat etunsa, varsinkin jos julkaisuun halutaan sisällyttää kaavioita, kuvia, matemaattisia yhtälöitä ja muita tieteellisessä julkaisussa käytettäviä symboleja.

Ehkä tämä pieni alustus riittää selittämään sen miksi tämä(kin) numero näyttää hieman erilaiselta kuin kaksi aikaisempaa.. tämä myös selittää sen surullisen tosiasian, että Suomenkielinen tavutus ei näytä toimivan.

Espoossa, Joulukuussa 2004

# Vuoden 2004 havaintoprojektit

M. Luostarinen

Tässä Semiregular-numerossa esittelemme vuoden 2004 havaintoprojektien tulokset. Suomalaiset muutujahavaintajat suorittivat talven ja syksyn projekteissa yhteensä 237 magnitudimittausta 12 eri kohteesta. Projektiin osallistuneita havaintajia oli seitsemän.

Syksyllä 2004 leimahti galaksissa NGC 2403 supernova joka päätettiin ottaa mukaan projektikohteeksi. Valitettavasti kyseisestä supernovasta on kirjattu vain yksi visuaalihavainto joten emme onnistuneet saamaan kohteesta kattavaa valokäyrää.

Eniten mittauksia keräsivät kiikarikohteet Eta Gem, Rho Cas sekä Markarian 0421 ja Alpha Ori.

## Kohteiden esittely

Suurin osa projektin kohdetähdistä olivat SRb, SRd sekä SRc tyyppisiä muuttujia. Havaintolistalle oli otettu mukaan myös eksoottisempia kohteita kuten jo edellä mainittu supernova SN2004DJ sekä kvasaari Markarian 0421.

Tällä kertaa listalle oli otettu vain yksi Mira kohte R Leo josta kertyi yhteensä 25 mittausta.

Nimi	Amplitudi	Periodi	Tyyppi
R Leo	5.8 - 10	309.9	Mira
W Cyg	5 - 7.5	131.1	SRb
$\eta$ Gem	3.15 - 3.9	na	SRb
X Cnc	9.3 - 10.9	195	SRb
Y Tau	10.1 - 12.2	241.5	SRb
V1339 Cyg	5.8 - 6.8	na	SRb
$\rho$ Cas	4.1 - 6.2	na	SRd
$\alpha$ Her	2.7 - 4	na	SRc
$\alpha$ Ori	0 - 1.3	335	SRc
SN 2004DJ	11.2 -	na	SNI
$\mu$ Gem	na	na	na
MRK 0421	11.6 - 16.5	na	QSO
Projektin kohdetähdet			

Kohteiden sijainti oli jakautunut melko tasaisesti eri puolille taivaanpalloa mahdollistaen myös sellaisten havaintajien mukana olon joiden näkymä taivaalle on rajoittunut. Tämä huomioidaan myös tulevien projektin yhteydessä samoin kuin se, että kohteita käytännössä havaitaan hyvinkin eri tyyppisillä laitteilla.

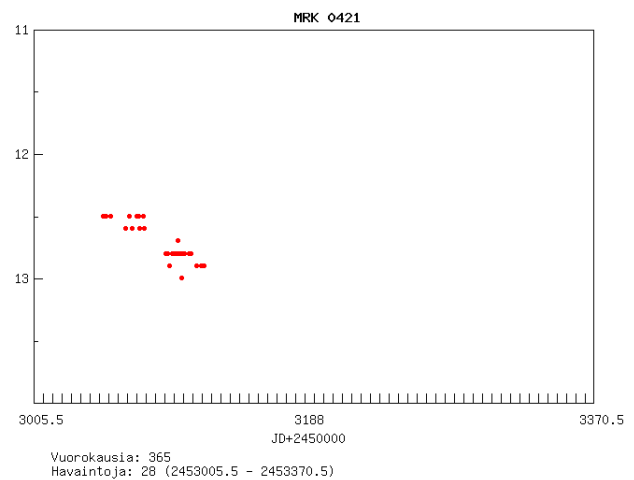
Seuraavassa kerrotaan yksityiskohtaisemmin projektin mielenkiintoisimmista kohteista.

## Markarian 0421

Paljon tutkittu Markarian 0421 sijaitsee Ison Karhun tähdistössä lähellä 6 magnitudin tähteä 51 Uma. Kohde kuuluu ns. AGN eli aktiivisten galaksitymien luokkaan (AGN = Active Galactic Nuclei).

Mrk 0421 punasiirtymä on  $z=0.0308$  (Ulrich et al. 1975) joka asettaisi sen noin 400 miljoonaan valovuoden etäisyydelle. Ytimen kirkkautenvaihtelu on noin 12-14 magnitudia joten sitä voi jo havaita noin 15 cm teleskoopilla sen ollessa maksimissaan.

Nimensä mukaisesti AGN galaksien ytimet ovat erityisen aktiivisessa tilassa ja näiden on havaittu muuttuvan usealla eri aallonpituudella. Toisinaan kirkkautenvaihtelut voivat tapahtua hyvinkin nopeasti jopa tuntien tai päivien aikana joka viittaisi siihen, että varsinaisen aktiivisen alueen on oltava fyysiseltä kooltaan suhteellisen pieni.



Kuva 1: Kohteen Markarian 0421 projektivalokäyrä.

Noin 14 kaarisekunnin päässä Mrk 0421 kohteesta sijaitsee varhaisen vaiheen spiraaligalaksi Mark 0421-5 jonka oletetaan olevan 0421:n seuralainen. Sen punasiirtymä on  $z=0.0316$ .

Seuralaista ja sen rakennetta on tutkinut yksityiskohtaisesti mm. W. Gorham, L Van Zee, S. C. Unwin ja C. Jacobs (1999). Hubble-teleskoopilla tehdyt kuvaukset paljastivat seuralaisgalaksin olevan tyypiltään spiraali eikä ellipsi kuten maanpäälliset teleskoopit olivat antaneet ymmärtää.

Markarian 0421 kohdetta on tutkittu intensiivisesti vuosikymmenien ajan ja se on edelleen eräs tutkituimmista AGN luokan kohteista.

Markarian 0421 on yksi hienoimmista ja tieteellisesti arvokkaimmista kohteista josta harrastajat voivat tehdä havaintoja. Kohteen ollessa maksimissaan visuaalihavaintajat voivat havaita sitä jo noin 15cm kaukoputkella. Sen sijaan sen ollessa minimissään on visuaalihavaintajien käytettävä n. 25cm kaukoputkea.

CCD-havaintajille riittää luonnollisesti jo 15cm apertuurilla varustettu kaukoputki jolla kohdetta voi seurata sen kaikissa vaiheissa.

Ylläolevasta valokäyrästä on nähtävissä selkeästi miten Markarian 0421 on projektin aikana him-

mentynyt noin 12.5 magnitudista 13.0 magnitudiin ( $V_{mag}$ ).

Kaikki 28 projektihavaintoa kohteesta teki Jani Virtanen.

## $\alpha$ Herculis

$\alpha$  Herculis on yksi taivaan kirkkaimmista epäsäännöllisistä muuttujista. Se on väriltään punertava spektriluokan M5 II tähti jonka magnitudi maksimissaan on noin 2.7  $V_{mag}$ .

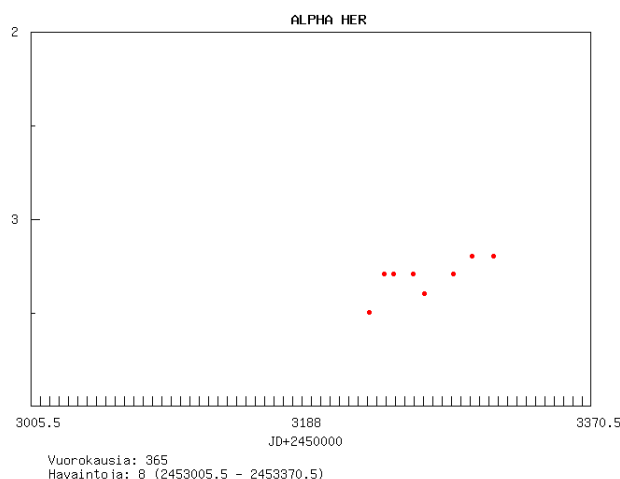
William Herschel huomasi vuonna 1795 että tähti on muuttuja ja määritteli keskimääräiseksi jaksoksi noin 90 vuorokautta vaikkakin yksittäiset jaksot voivat vaihdella merkittävästi.

Tähti on myös yksi suurimmista tunnetuista punaisista tähdistä ja sen kulmaläpimitta mitattiin ensimmäistä kertaa Mt. Wilsonin 100 tuuman teleskoopilla käyttäen interferometrinen menetelmää. Läpimitaksi (taivaalla) saatiin 0.03 kaarisekuntia. Jotta tämä näennäinen koko taivaalla voitaisiin muuttaa todelliseksi läpimitaksi kilometreissä pitäisi tietää tähden tarkka etäisyys.

Parallaksimittaukset ovat kuitenkin tuottaneet varsin oudon tuloksen: nimittäin negatiivisen parallaksin! Toisinsanoen tähti olisikin merkittävästi kauempana kuin mittauksessa käytetyt taustatähdet. Käyttäen hyväksi erilaisia mittausten menetelmiä tultiin lopulta kuitenkin tulokseen, että tähti sijaitisi noin 430 valovuoden etäisyydellä vaikkakin eri lähteissä esitetään tästä poikkeavia tietoja.

Jos oletamme, että etäisyys olisi kutakuinkin oikea saadaan siten tähden todelliseksi kooksi noin 400 kertaa auringon läpimitta tai noin 350 miljoonaa mailia. Vaikka lukuihin pitääkin suhtautua varauksella voidaan kuitenkin todeta, että tähti on yksi suurimmista paljain silmin nähtävistä tähdistä Betelgeusen ja Mu Cephein ohella (Mu Cephei tunnetaan myös nimellä Garnetin tähti).

Jos etäisyyttä pidetään oikeana olisi tähden luminositeetti noin 830 kertaa suurempi kuin auringon.



Kuva 2: Kohteen  $\alpha$  Her valokäyrä.

Havaitsijatiimimme teki kahdeksan mittausta projektin kuluessa ja nämä mittaukset on esitetty ohessa valokäyränä. Vaikka mittauksia on harvakseltaan on niistä nähtävissä hienoinen kirkkauden nousu.

## Rho Cassiopeiae

Koska Rho Cassiopeiae sijaitsee sirkumpolaarisessa Kassiopeian tähdistössä voi tätä kohdetta havaita ympäri vuoden. Rho on muuttuja jonka kirkkauden vaihtelut ovat yleensä hitaita ja epäsäännöllisiä. Yleensä tähden kirkkaus on noin 4.4 magnitudia mutta toisinaan se voi himmentyä noin 6 magnitudiin.

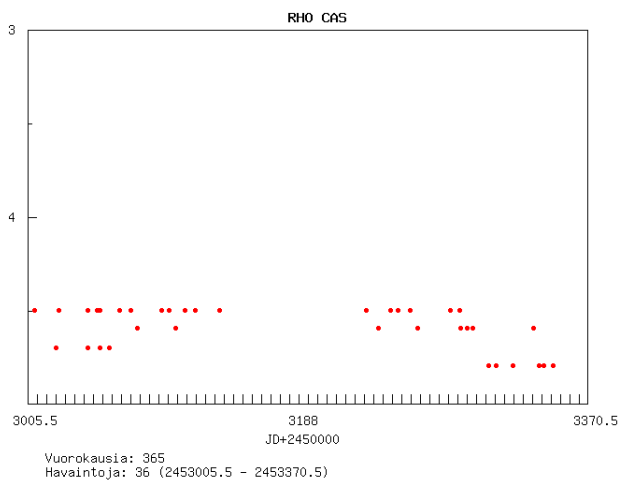
Rho Cassiopeiae on yksi suurimmista tunnetuista tähdistä ja sen katsotaankin kuuluvan ns. Ylijättiläisten luokkaan. Rho on sen verran suuri, että jos se sijoitettaisiin auringon paikalle sen ulkoreuna ylittäisi Marsin kiertoradan. Rho pyörii oman akselinsa ympäri 29 kilometrin tuntinopeudella joten yhteen täyteen kierrokseen kuluu noin kaksi vuotta.

Spektriluokaltaan Rho on G2 vaikkakin sen spektriluokka muuttuu tähden ollessa minimissään.

Tähden ympärille on kietoutunut pölypilviä jotka heikentävät sen näennäistä kirkkautta taivaalla jopa kaksi magnitudia. Rho säteilee noin 550.000 kertaa enemmän valoa kuin oma aurinkomme.

Pintalämpötila on noin 7500 Kelviniä ja Rho säteilee suurimman osan energiastaan näkyvän valon aallonpituudella.

Astrofyysikoiden mukaan Rho Cassiopeian pitäisi läpikäydä lähiaikoina dramaattisia struktuurallisia muutoksia tehden tästä mielenkiintoisen kohteen. Koska tähti on lisäksi paljain silmin ympäri vuoden havaittavissa on tämän kohteen seuraaminen paitsi helppoa niin myös tärkeää.



Kuva 3: Kohteen Rho Cassiopeiae valokäyrä.

Valokäyrästä käy selvästi ilmi, että Rho on pysynyt alkuvuoden melko stabiilina mutta alkanut himmentyä vuoden lopulla. Valokäyrän keskeällä näkyvä katkos johtuu kesän valoisista öistä. Tähdän lievä himmentyminen on nähtävissä myös mm. AAVSO:n raportoiduissa havainnoissa. Lisähavainnot tähden käyttäytymisestä siis tarvitaan.

## W Cygni

W Cygni on puolisaännöllinen SRb luokan punainen muuttuja jolla on suhteellisen pieni amplitudi. W Cygnin spektriluokka vaihtelee jakson aikana välillä M4e - M6.

Ensimmäisenä W Cygnin muuttumisesta raportoi J. E. Gore Irlannista vuonna 1885. Myöhemmin Sawyers vahvisti tähden olevan muuttuja.

W Cygniä tutkittiin 1970 luvulla spektroskopisesti jolloin tähdestä yritettiin löytää molekyylien emissioviivoja. Testit eivät paljastaneet vesimolekyyliä mutta sen sijaan tähdestä löydettiin technetiumia (Tc) joka on nähtävissä kolmena viivana spektrin sinisessä päässä aallonpituuksien 4297 Å, 4262 Å ja 4238 Å kohdalla.

W Cygnin epäillään alunperin kuuluneen Härän tähdistöissä sijaitsevaan Hyades-tähtijoukkoon ja tähden arvellaan olevan yksi vanhimmista tähdistä jotka kuuluvat galaksimme tasossa sijaitsevaan ns. nuorempaan tähtipopulaatioon.

W Cygnin tekee mielenkiintoiseksi se, että se elää muuttujana periaatteessa kolmea erilaista elämää: W Cygni noudattaa jaksoa joka on 131 vuorokautta ja toisinaan jaksoa joka on 234 vuorokautta. Tähdän tiedetään toisinaan myös muuttuvan varsin nopeissa jaksoissa tai sitten loistavan vakaasti pitkähköjä aikoja. Tätä kyseistä monijaksoisuutta (multi-periodicity) on tutkittu vuosikymmenien ajan.

Erään parhaimmista artikkeleista W Cygnistä on

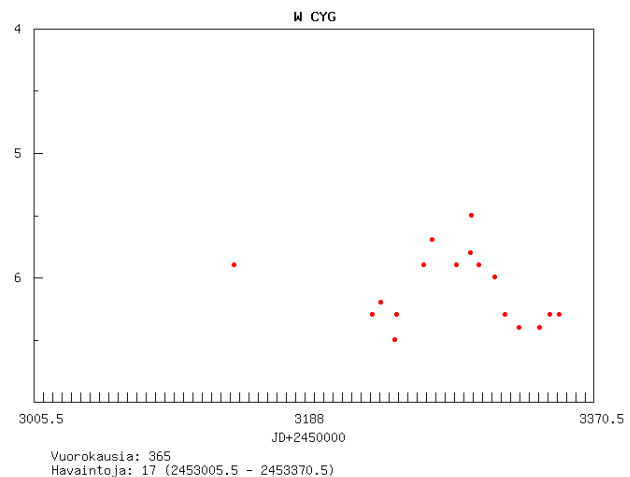
kirjoittanut J.J. Howarth, *The multi-periodicity of W Cygni, 1991* jonka aiheesta kiinnostuneiden kannattaa lukea.

Historiallisista havainnoista kiinnostuneille suositellen artikkelia *The Observed maxima and minima of W Cygni, Edwin F. Sawyer, The Astronomical Journal, no. 276, vuodelta 1890.*

W Cygnin spektroskopiasta kiinnostuneet voivat tutustua mm. Japanilaisen Shiro Nishimuran artikkeliin vuodelta 1958. Nishimura tutki Y. Fujitan Lickin observatoriossa vuonna 1950 ottamaa W Cygnin spektriä. Artikkelin nimi on *Spectrophotometry of W Cygni, Shiro Nishimura, Department of Astronomy, Tokyo University, Publications of the Astronomical Society of Japan Vol. 10, No. 3.*

Harrastajat ovat seuranneet W Cygnin muuttumista yli sadan vuoden ajalta ja esimerkiksi AAVSO:n tietokannasta löytyy tähdestä yli 40000 havaintoa.

Havaintokohteenä W Cygni on helposti löydettävissä oleva kiikarikohde joka tarjoaa runsaasti vauhtia ja aktiviteettia kuten on nähtävissä havaintotiimin tuloksista oheisessa valokäyrässä.



Kuva 4: Kohteen W Cygni valokäyrä.

Tiimi teki projektin aikana W Cygnistä yhteensä 17 mittausa ja valokäyrässä on nähtävissä selkeästi eräs tähden maksimeista lokakuussa vuonna 2004.

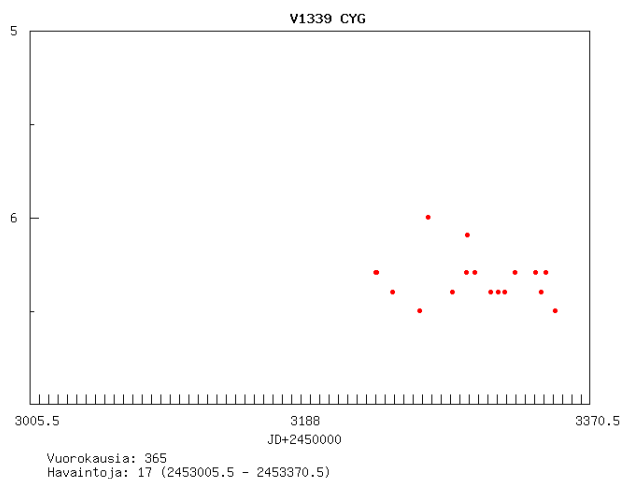
## V1339 Cygni

V1339 Cygni sijaitsee lähellä W Cygniä. Kohteita kannattaa yleensä havaita saman session aikana. Aikojen alussa (1800 luvun lopulla) tätä tähteä käytettiin W Cygnin vertailutähtenä ennenkuin kävi ilmi, että V1339 Cygni on itsekkin muuttuja.

V1339 Cygni on SARV tähti (Small Amplitude Red Variable) samoin kuin sen tunnettu naapuri W Cygni. Jakson aikana tähden spektriluokka vaihtelee välillä M3 - M6. Tähdän amplitude vaihtelee välillä 5.8 - 6.8 magnitudia ja se luokitellaan SRb tyyppi-

piseksi. Joissakin lähteissä V1339 Cygnin jaksoksi on mainittu noin 35 vuorokautta vaikkakin tarkkaa jaksoa on vaikea määrittellä.

Visuaalihavaintsijoille tämä on melko vaikea kohde punaisen värin ja pienen amplitudin takia. Tämän vuoksi tähden valokäyrään syntyy usein hajontaa ja käyrästä on vaikea muodostaa selkeää käsitystä.



Kuva 5: Kohteen V1339 Cygni valokäyrä.

Projektitiimi teki 17 havaintoa kohteesta jotka on esitetty ohessa valokäyränä. Valokäyrä ei ole selkeä (mikä on tyyppillistä SARV tähdille joita on havaittu visuaalisesti) mutta siinä on silti nähtävissä lievä himmentyminen vuoden lopulla.

## R Leonis

R Leonis on yksi vanhimmista tunnetuista Mira Ceti tyyppisistä muuttujista. Sitä on tutkittu ekstensiivisesti yli kahden sadan vuoden ajan ja tämä on yksi kirkkaimista pitkäjaksoisista tähdistä.

J. A. Koch havaitsi vuonna 1782 tähden kirkkauden muuttuvan ja R Leonis onkin järjestyksessä vasta neljäs löydetty Mira-tyyppinen tähti. Koch huomasi helmikuussa 1782, että R Leonis oli näkyvissä paljain silmin vaikka hän oli aikaisemmin merkinnyt sen omiin muistiinpanoihinsa 7 magnitudin tähdeksi.

Koch seurasi tähden muuttumista ja huomasi sen pian himmentyvän. Kevääseen mennessä se oli himmentynyt jo 10 magnitudiin. Seuraavana vuonna Koch lähetti havaintonsa Bodelle Berliinin observatorioon ja tähti nimettiin R Leonikseksi. Kolme muuta tunnettua Mira-tähteä tuohon aikaan olivat Omicron Ceti, Chi Cygni ja R Hydrae.

Kirjain "R" joka alkuaikoina liitettiin muuttuvien tähtien eteen tuli saksankielisestä sanasta "rot" joka tarkoittaa "punaista". Ensimmäiset löydetty muuttujathan olivat kaikki punaisia tähtiä.

R Leonis sijaitsee noin 5 asteen päässä länteen

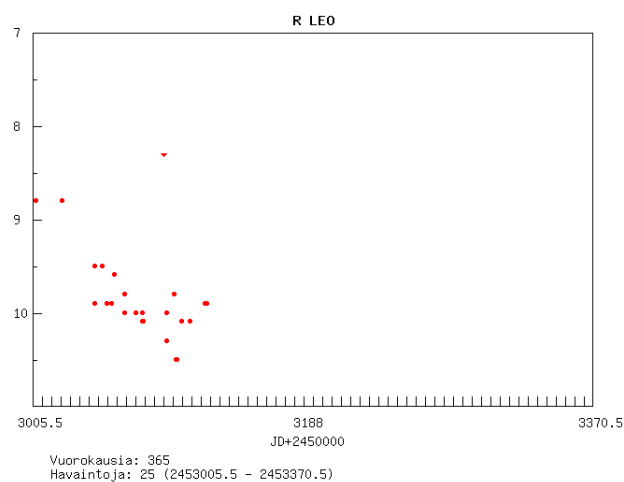
Reguluksesta joka on Leijonan päätähti. Se on vain puolen asteen päässä 18 Leo tähdestä ja siten helppo löytää kiikareilla. R Leonis on paitsi helppo paikallistaa niin myös helppo havaita koska vertailutähdet sijaitsevat kätevästi lähetyvillä. R Leonis innoitti Leslie C. Peltierin vuonna 1918 aloittamaan muuttuvien tähtien havaitsemisen ja Peltier tekikin tästä tähdestä havaintoja läpi koko elämänsä.

R Leonis on sykkivä Mira tyyppinen muuttuja joka maksimissaan nousee noin 5 magnitudiin ja minimissään himmentyy noin 10 magnitudiin. Keskimääräinen jakso on noin 310-312 vuorokautta. Sen spektriluokka vaihtelee jakson aikana välillä M7e - M9. Etäisyysmittauksissa tähden etäisyydeksi on arvioitu noin 600 valovuotta ja sen luminositeetti maksimissaan on 200-260 kertaa auringon luminositeetti.

Visuaalihavaintsijalle R Leonis esittäytyy kirkkaan punaisena ja J. R. Hind on kuvannut sitä yhdeksi "tulen punaisimmista tähdistä" periodin kaikkina aikoina.

Lähellä R Leonista sen pohjoispuolella on valkoinen noin 6 magnitudin tähti joka muodostaa R Leoniksen kanssa visuaalisesti jännittävän maiseman mustaa taivasta vasten.

R Leonista on tutkittu aktiivisesti meidän päivimme asti.



Kuva 6: Kohteen R Leonis valokäyrä.

Valokäyrästä näkyy selkeästi miten tähti on ollut lähellä maksimiaan vuoden vaihteessa 2003-2004 ja alkanut sitten hitaasti himmentyä maaliskuuhun 2004. Tähdessä tehtiin projektin aikana 25 mittausta.

## $\alpha$ Orionis

$\alpha$  Orionis tunnetaan myös nimillä Beit Algeuze, Bed Elgeuze, Al Mankib, Al Dhira, Al Yad al Yamna mutta nykyään tähteä kutsutaan yleisesti nimellä Betelgeuze.

Arabian kielen asiantuntijat uskovat, että alkuperäinen nimi olisi ollut Al Jauzah tai Yad al Jawza joka ei tarkoita "jättiläistä" vaan sana viittaisi lampaaseen joka oli merkitty värillisellä ympyrällä tai vyönkaltaisella renkaalla. Jos nämä asiantuntijat ovat oikeassa tarkoittaisi tähden nimi käännettynä jotakin sellaista kuin "Valkoisella vyöllä vyötetyn lampaan etujalka" mutta koska lammasta ei yleisesti ottaen pidetä kovin sankarillisena hahmona on alkuperäinen käänös Suuresta Metsästäjästä jäänyt voimallisena käyttöön.

Betelgeuze on taivaan ainut ensimmäisen magnitudin muuttuja. Muutokset kirkkaudessa havaitsi todennäköisesti ensimmäisenä Sir. John Herschel vuonna 1836. Hän kertoo Betelgeuzen kirkkauden muutoksista teoksessaan *Outlines of Astronomy, 1849* että *Alpha Orionuksen valonvaihtelut olivat silmiinpistäviä vuosien 1836 - 1840 välillä.*

Betelgeuze on sykkivä SRc tyypin punainen jättiläistähti jonka amplitudi vaihtelee 0 - 1.3 magnitudin välillä. Betelgeuze pääjakso on noin 5.7 vuotta mutta lyhyemmät alijaksot ovat yleensä noin 150-300 vuorokautta. Spektroskooppiset mittaukset ovat paljastaneet että jakson aikana tähden läpimitta voi muuttua 60 prosenttia. Tähten arvioidaan olevan noin 520 valovuoden etäisyydellä.

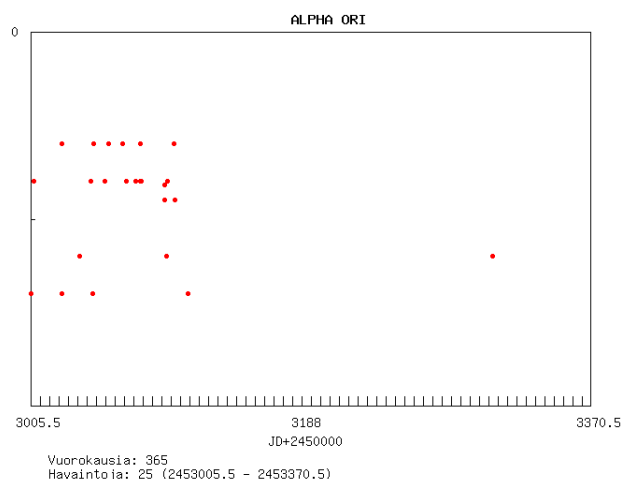
AAVSON tietokannoista on nähtävissä, että Betelgeuze nousi 0.2 magnitudiin vuosina 1933 ja 1942. Himmeimmillään Betelgeuze on ollut 1.3 magnitudia.

Betelgeuze oli ensimmäinen tähti jonka läpimitta onnistuttiin mittaamaan optisella interferometrillä. Mittauksen suoritti A. A. Michaelson Mt. Wilsonin tähtitornissa vuonna 1920. Optinen interferometri koostui liikuteltavista peileistä ja sillä päästiin teoriassa noin 0.02 kaarisekunnin tarkkuuteen. Michaelsonin mittauksessa Betelgeuzen läpimitaksi saatiin 0.044 kaarisekuntia (taivaalla).

Betelgeuze on noin 14000 kertaa kirkkaampi (maksimissaan) ja noin 7600 kertaa kirkkaampi (minimissään) kuin oma aurinkomme ja jos aurinkomme sijoitettaisiin Betelgeuzen paikalle se näkyisi noin 10 magnitudin tähtenä.

Betelgeuzen pintalämpötila on noin 3100 Kelviniä joka on varsin tyypillinen M-tyypin tähdille. Näkyvän valon aallonpituudella Betelgeuze säteilee valostaan vain 13 prosenttia ja jos silmämme olisivat herkkiä kaikille aallonpituuksille olisi Betelgeuze taivaan kirkkain tähti loistaen noin -2.8 magnitudin kirkkaudella.

Betelgeuze kuten useimmat muutkin punaiset jättiläistähdet koostuvat hyvin harvasta kaasusta. Keskimääräinen tiheys on vain 0.00000002 kertaa auringon tiheys joka on vähemmän kuin kymmenestuhannesosa hengittämästämme ilmasta. Punaiset jättiläiset koostuvat siis kaasusta joka on niin harvaa, että näiden tähtien voidaan käytännössä ajatella olevan tyhjiöitä.



Kuva 7: Kohteen  $\alpha$  Orionis valokäyrä.

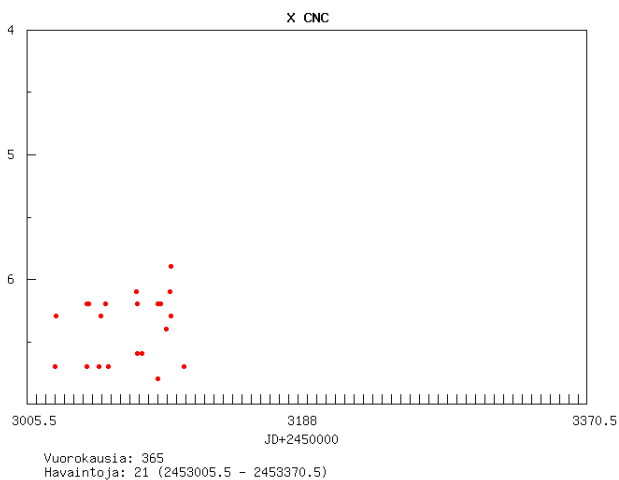
Betelgeuzen on yksi taivaan kirkkaimmista tähdistä joka tekee sen havaitsemisesta yllättävän vaikeata. Havainnot tehdään paljain silmin koska vertailutähdet ovat kaukana. Havaintojen tekemistä ei helpota se, että vertailutähdet ovat yleensä eri korkeudella horisontista kuin kohde jolloin ilmakehän ekstinktio aiheuttaa mittausvirheitä jotka on havaintojen jälkiprosessoinnissa korjattava. Ohessa olevasta valokäyrästä voi nähdä, että hajonta on suurta ja mittauksia on kirjattu 0.5 magnitudin molemmin puolin.

Tehdyt 25 mittausta eivät vielä pysty muodostamaan selkeää valokäyrää.

## X Cancri

X Cancri on yksi taivaan tunnetuimmista ja kirkkaimmista hiili-tähdistä (carbon star). Se on SRb tyypinen puolissännöllinen muuttuja jonka jakso on noin 195 vuorokautta. Tähten amplitudi on noin 9.3 - 10.9 ja sen spektriluokka N3. Nykyään tosin käytetään spektriluokkaa C kuvaamaan hiilitähtiä.

Havaintoprojektin aikana tähteä havaittiin noin kolmen kuukauden ajan. Valokäyrä ei ole kovin selkeä ja havainnoissa on hajontaa. Tämä on tyypillinen ongelma havaittaessa SARV tähtiä visuaalisesti.



Kuva 8: Kohteen X Cancri valokäyrä.

Havaintoja X Cancrista kertyi projektin aikana yhteensä 21 kappaletta kolmelta eri havaintosijalta.

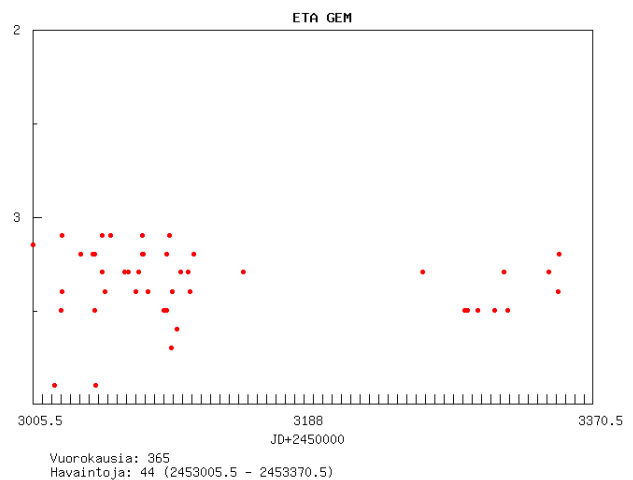
## Eta Geminorum ja Mu Geminorum

Nämä molemmat tähdet ovat puolissäännöllisiä punaisia muuttujia. Eta Geminorum eli Propus on tyypiltään SRb ja sen vaihtelu on 3.15-3.9 magnitudia. Spektriluokka on M3 III. Eta Geminorum on myös kaksoistähti vaikkakin sen seuralaista on vaikea havaita alle 30cm kaukoputkilla. Seuralaisen kirkkaus on 6.5 ja sen havaitsi ensimmäisenä S. W. Burnham vuonna 1881.

Eta Geminorumin jakson pituus on noin 233 vuorokautta ja J. Schmidt vuonna 1844 oli ensimmäinen joka huomasi tähden olevan muuttuja. Eta Geminorumin etäisyys on noin 200 valovuotta.

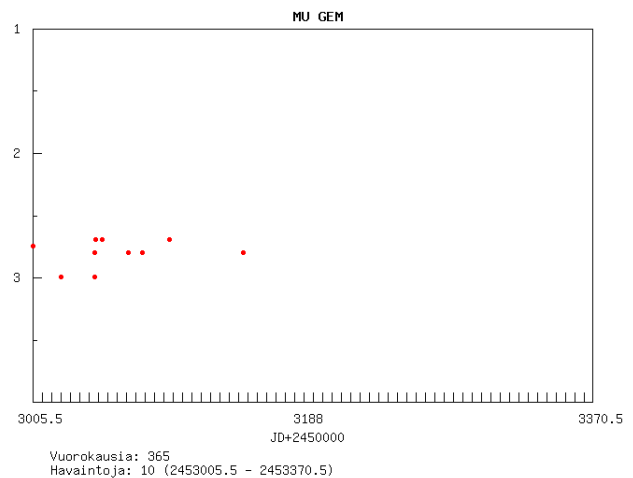
Mu Geminorum samoin kuin Eta on SARV tähti jonka spektriluokka on M3 III. Amplitudi on vain 0.2 magnitudia. Mu Geminorumin etäisyys on 160 valovuotta.

Molemmat tähdet ovat visuaalihavaintosijoille melko vaikeita pienen amplitudin ja epäsäännöllisen jakson takia. Vertailutähdet ovat tosin lähellä.



Kuva 9: Kohteen Eta Geminorum valokäyrä.

Havaintotiimi teki tästä kohteesta havaintoja koko vuoden ajan. Alkuvuodesta havaintoja on tehty hieman enemmän kuin loppuvuodesta ja valokäyrässä on nähtävissä mahdollisesti tähden minimi helmi-maaliskuun aikana. Havaintojen kokonaissaldo nousi 44 havaintoon.



Kuva 10: Kohteen Mu Geminorum valokäyrä.

Mu Geminorumia havaittiin vain talviprojektin aikana ja havaintoja kertyi yhteensä 10 kolmelta eri havaintosijalta. Valokäyrä on liian harva jotta siitä erotuisi selkeä linjaus. Tähti on ollut projektin aikana kirkkaudeltaan keskimäärin 2.7 magnitudia.

## Y Tauri

Y Tauri on myös hiilitähti kuten X Cancri. Y Taurin amplitudi vaihtelee 10.1-12.2 magnitudin välillä ja se on tyypiltään SRb. Sen jakso on noin 241.5 vuorokautta.

Ennen muinoin käytettiin spektriluokituksissa luokkia R ja N mutta nämä on nykyisin yhdistetty

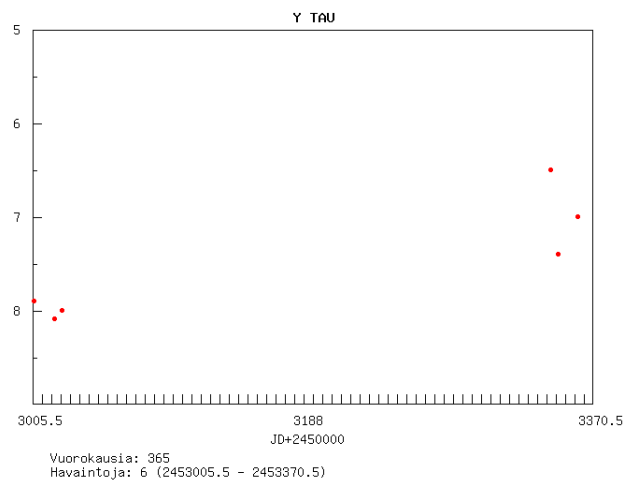
luokaksi "C" joka tarkoittaa hiiltä (carbon). C spektriluokan tähti kutsutaan usein hiilitähdeksi. Hiilitähdet ovat punaisia jättiläistähtiä (tai toisinaan punaisia kääpiöitä) joiden atmosfäärissä on enemmän hiiltä kuin hapetta. Nämä tähdet ovatkin syvän punaisia ja ne on helppo erottaa muiden tähtien joukosta niiden värinsä takia.

Hiilitähtien ulkokerroksissa esiintyy suuri määrä hiilimolekyylejä C2 (CC), CN ja CH jotka estävät tehokkaasti sinisten aallonpituuksien näkymisen. Lisäksi hiilitähtien lämpötilat ovat sen verran alhaisia että molekyyliliien muodostuminen on mahdollista. Ne ovat siis suhteellisesti ottaen viileitä tähtiä ja pintalämpötilat ovat noin 2000-3000 Kelviniä.

Hiiliyhdisteiden epäillään syntyvän kun tähti alkaa polttaa helium-varastoaan joka tapahtuu sen jälkeen kun se on ensin polttanut vetynsä loppuun. Näin ollen hiilitähdet luokitellaan ns. vanhoiksi tähdeksi jotka ovat elinkaarensa loppupuolella. Hiilitähdistä löydetään yleensä myös litiumia ja zirkoniumia. Vertailun vuoksi mainittakoon, että "normaalien" tähtien kuten oman aurinkomme atmosfäärissä on yleensä niukasti hiiliyhdisteitä ja ne ovat happirikkaita.

Hiilitähdillä on verrattain heikko vetovoima ja ne saattavat menettää jopa puolet massastaan voimakkaiden tähtituulien ansiosta. Tähdestä ulos virtaava hiili-rikas "pöly" useimmiten päätyy osaksi tähtienvälistä pölyä. Joidenkin hiilitähtien kohdalla tämä "hiili-pöly" saattaa olla niin sakeaa että sen sisälle kietoutunutta tähteä ei voi enää havaita valon visuaalisilla aallonpituuksilla.

Kaikkien hiilitähtien on havaittu olevan joko puoli- tai epäsäännöllisiä muuttujia.



Kuva 11: Kohteen Y Tauri valokäyrä.

Tiimi havaitsi Y Tau muuttujaa alku ja loppuvuodesta 2004. Havaintoja kertyi kuusi. Vähäinen havaintojen määrä ei aivan riitä muodostamaan selkeää valokäyrää.

## Yhteenveto

Ottaen huomioon Suomessa vallitsevat sääolosuhteet, kaupungistumisen ja yleisesti ottaen muuttujahavaintajien vähäisen määrän maassamme voimme pitää vuoden 2004 havaintoprojekteja hyvin onnistuneina. Mittauksien määrä on melko suuri ottaen huomioon havaintajien vähäisen lukumäärän.

Tehtyjen havaintojen perusteella on useimmista kohteista pystytty luomaan valokäyrä joka dokumentoi kohteen käyttäytymistä projektin kuluessa.

Suurin osa tiimin jäsenistä on raportoinut havaintonsa sekä Semiregular.com palveluun että AAVSON kansainväliseen tietokantaan.

# CCD-havainnot IP Pegasi kääpiönovasta

M. Luostarinen, A. Oksanen

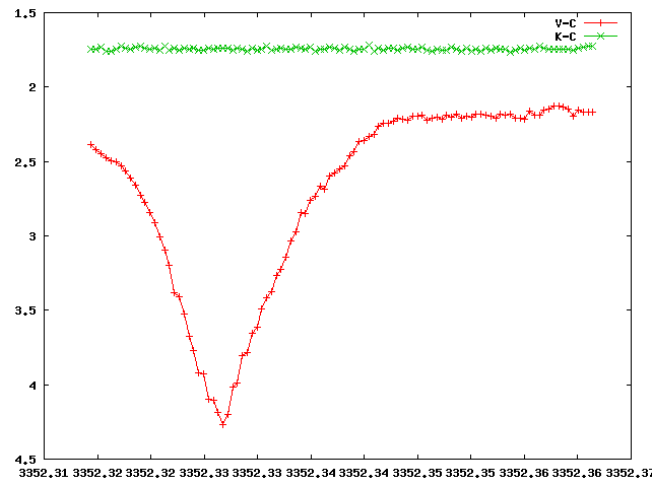
IP Pegasi on yksi kiinnostavimmista nykyaikana löydetyistä muuttuvista tähdistä. V. A. Lipovetskij ja J. A. Stepanyan huomasivat IP Pegasin olevan muuttuja vuonna 1981. Vuonna 1985 havaittiin, että kääpiönova IP Pegasi on myös pimennysmuuttuja (V. P. Goranskij, S.Yu Shugarov, E. I. Orlovsky, V. Yu Rahimov).

Tähden tyyppiä määriteltiin UGSS+E ja sen kirkkauden vaihteluväliksi mitattiin 10.5 - 17.8 magnitudia. IP Pegasi sijaitsee Pegasuksen neliön sisäpuolella muutaman asteen päässä Alfa Pegasuksesta.

Erityisen mielenkiintoiseksi IP Pegasin tekee se, että sen komponentit kiertävät massakeskipisteen ympäri samassa ratatasossa kuin mistä käsin havaitsemme tähteä. Tämän takia IP Pegasin valokäyrässä on nähtävissä pimentyksiä (eclipse) tähden purkautuessa. Pimentymän aikana sekundäärikomponentti on kiertoradallaan siirtynyt pääkomponentin eteen jolloin havaitsemme hetkellisesti vain sekundäärikomponentin kirkkauden. Sekundäärikomponentin kokonaiskiertoaika on 3.8 tuntia ja pimentymä kestää yleensä runsaan tunnin.

Joulukuun 12 päivä IP Pegasi oli purkautumassa. Kohteesta kuvattiin ensin aikasarja eli sarja CCD-kuvia klo 17:40-18:00 (UT) ja sen jälkeen toinen aikasarja johon saatiin rekisteröityä myös kohteen

minimi noin 19:50 (UT).



Kuva 1: IP Pegasi muuttujan pimennys sen ollessa maksimissaan. Arto Oksanen, Nyrölä Observatory

Pimentymä (eclipse) jossa toinen komponentti on siirtynyt primäärikomponentin eteen aiheuttaen kokonaiskirkkauden putoamisen on selkeästi nähtävissä tässä valokäyrästä (punaiset pisteet). Aivan pimennyksen alusta ei ehditty saada mitauksia. Pimennys oli hieman yli 2 magnitudia. Vihreät pisteet kuvaavat vertailussa käytetyn vakiokirkkauksisen tähden kirkkautta.

# Digitaalinen Yö

*M. Luostarinen*

On helmikuinen keskiviikko. Tavallinen työpäivä ja ehkä vähän tylsä. Taivas on kirkkaan sininen ja vapaa pilvistä. Talvi on tänä vuonna ollut leuto mutta pilvinen. Selkeitä öitä on ollut todella vähän. Istun toimistossani ja luen sähköposteja. Juuri mitään ei tapahdu. Asiakkaat ovat kaikki hiihtolomalla. Puhelinkaan ei soi.

Silmäys satelliitkarttoihin kertoo, että ilta ja yö tulevat olemaan selkeitä. Tällaista yötä ei pidä heittää hukkaan joten voisin lähteä jonnekin havaitsemaan tähtiä. Hetken tuumailtuani keksin, että en ole koskaan käynyt Nyrölän tähtitornissa. Laitan mailia Jyväskylään ja tiedustelen sopisiko tulla käymään tornilla. Jonkin ajan kuluttua saan vastauksen että sopiihan tuo. Hienoa mutta mietin samalla miten jaksan ajaa Jyväskylään asti pitkän työpäivän päätteeksi. Lähdän Espoosta kuuden aikaan illalla ja ajan Lahden väylää reippaasti. Keli on hyvä, tie on kuiva ja kaunis kotitähtemme on juuri laskemassa.

Ajan tuttua E4 tietä kohti pohjoista. Tätä samaa tietä olen ajanut ennenkin mennessäni Onkiniemelle tähtiä tähyttämään. Ohitan Onkiniemen tienhaaran noin kahdeksan aikoihin. Ennen Hartolaa pysähdyn huoltoasemalla joka rekkosten määräästä päätellen on kuskien suuressa suosiossa. Ostan suklaata ja kasan pullia joita syön yhdellä kädellä matkan jatkuessa kohti Jyväskylää.

Tie Hartolasta Jyväskylään on yllättäen liukas ja pimeä. Suuret rekat ajavat milloin edessä milloin takana. Ohitella en juuri uskalla. Tähdet loistavat yksinäisen matkaajan yläpuolella välinpitämättömästi. Neljä tuntia myöhemmin saavun Jyväskylään ja eksyn tietysti heti ensimmäisessä risteyksessä. Joudun tiedustelevaan ajo-ohjeita puhelimella. Jatkan matkaa ja tuokion kuluttua olen pimeällä lumisella metsätiellä joka kaartee ja kumpuilee lumisen metsän sisuksissa. Puolen tunnin kuluttua tunnistan ohjeiden perusteella oikean liittymän josta käänny oikealle ja nousen melko jyrkkää mäkeä ylös.

Olen saapunut vihdoinkin perille, kuuluisalle Nyrölän tähtitornille. Täältä käsin on havaittu supernovia, gammasädepurkauksia, asteroideja, muuttuvia tähtiä, eksoplaneettoja sekä galakseja ja sumuja. Nyrölän tähtitorni on saanut nimensä useisiin tieteellisiin julkaisuihin ja näyttänyt mainetta ympäri maailmaa. Melkoinen saavutus tuumailen.

Itse torni jossa 16 tuuman peilillä varustettu Meade teleskooppi sijaitsee on melko pieni. Tornin vieressä olevassa rakennuksessa joka koostuu parista yhteen niitatusista työmaaparakista sijaitsee tarvittava tietotekniikka ja lämpöiset (lämpökin on suhteellista) oleskelutilat havaitsijoille. Katseen ympärilläni ja vaikka tavarat ovatkin "kirp-

putorilookkia" on asema täysin käyttökelpoinen ja jossain määrin jopa asuttava.

Itse Meade on vaikuttava laite. Raskaan tuntuinen kaukoputki on juuri sen verran isohko, että se onnistuu aktivoimaan hiilipohjaisessa elämänmuodossa jonkinlaista kunnioitusta. Kaukoputkeen on kiinnitetty AAVSO:ltä lainaksi saatu tehokas CCD-kamera ja joukko muita lisälaitteita joiden avulla putkea voidaan ohjata rakennuksesta käsin. Kaikesta tietotekniikasta huolimatta varsinaista kupua ei voi kääntää automaattisesti vaan operaatio on suoritettava käsin.

Ulkona on kylmä joten annamme lämpöisen puurakennuksen kääriytyä ympärillemme ja aloitamme kohteiden kuvaamisen. Aikasarja-analyysi uudesta kataklysmisestä muuttujasta on illan ohjelma. SBIGin CCD-kamera on tehokas pora jolla voi tunkeutua taivaan syvyyksiin nopeasti ja vaivattomasti. Takana alkavat olla ne ajat jolloin filmit piti kehittää laboratoriossa ja tuloksia piti odottaa useita päiviä. Nyt kuva muodostuu ruudulle muutamassa sekunnissa. Ihmisen neroudella ei näytä olevan rajoja.

Kyseisen muuttujan havainnointi oli aloitettu tunteja aikaisemmin Japanissa. Nyt tähteä havaitaan Suomessa. Varsin kansainvälistä ja ilmeisen hyvin toimivaa havaintotyötä. Itse havainnointi tapahtuu puoliautomaattisesti. Ihminen määrää mitä kohdetta kuvataan ja määrittelee miten monta valotusta otetaan ja kauanko valotus kestää. Tietokoneet hoitavat loput.

Muuttujan valokäyrä muodostetaan useista kymmenistä, sadoista tai tuhansista erillisistä valotuksista. Koska kuvaukseen käytetään CCD kameraa saadaan valokäyrästä erittäin tarkka.

Välillä käyn tornin ulkopuolella kiikaroimassa tähtitaivasta. Taivas on hieman vaaleahko johtuen ehkä lumisista pelloista ja metsistä jotka heijastavat ilmakehään valoa. Täällä tähtimaisemat ovat kuitenkin aivan eri luokkaa kuin Helsingin naapurustossa. Mittaan kiikarilla R LEO tähden kirkkauden ja kirjaan sen ylös havaintokirjaani. Kiikarilla suoritettu visuaalinen mittaus on melkoinen kontrasti tietokoneilla ja CCD-kameroilla tehtävään työhön. Jos halutaa tarkkuutta ja luotettavuutta havaintoihin on käytännössä käytettävä CCD-kameraa. Tieteellisten mittausten on luonnollisesti oltava niin tarkkoja kuin mahdollista.

Kello lähenee kahtatoista ja päätän lähteä ajamaan takaisin kohti Helsinkiä. Juon muutaman kahvikupillisen ennen matkalle lähtöä ja valmistaudun neljän tunnin ajoon. On pimeä kun ajan tähtitornilta takaisin lumiselle metsätielle ja suuntaan auton keulan kohti Helsinkiä.

Matkan aikana on minulla runsaasti aikaa pohtia sitä varsin suurta muutosta minkä uskon tulevaisuudessa useiden tähtiharrastajien kokevan. Lait-

teet paranevat ja mutkistuvat. Kaupoissa on myyty jo useita vuosia tietokoneohjattuja kaukoputkia ja vaikka nämä eivät vielä Suomessa ole suurta suosiota saavuttaneet on varmaa, että tämäkin aika koittaa. Mitä seuraavaksi? Tietokoneohjattujen kaukoputkien jälkeen kaukoputkien vakiovarustukseen liitetään tietysti CCD-kamerat. Tavallisten digitaalikameroiden hinnat ovat laskeneet eikä ole mitään syytä miksei tähtikameroiden kohdalla voisi tapahtua vastaavaa kehitystä. Meade ja Celestron saattavat lähitulevaisuudessa myydä pelkästään putkia joissa on valmiina CCD-kamera ja tietokoneohjaus.

Kuvitellaan, että maailmassa olisi muutaman vuoden päästä pari miljoona tähtiharrastajaa joilla olisi kaikilla käytössään tehokkaat tietokoneohjatut kaukoputket ja CCD-kamerat. Nämä olisi liitetty internetiin ja jos teleskoopin omistaja niin haluaa voisi kaukoputkea käyttää vaikka Internetin kautta maa-

pallon toiselta puolelta. Ainakin muuttuvien tähtien kohdalla päästäisiin aika kattaviin valokäyriin ja tarkkoihin mittauksiin. Havaintotyö olisi pitkälti automatisoitu. Menettäisikö harrastus jotain oleellista viehätystä? Todennäköisesti. Joissakin tapauksissa harrastajat joutuisivat ehkä miettimään kummasta he ovat enemmän kiinnostuneita: tarkoista luonnontieteellisistä havainnoista vai luonnon katselemisesta. Joissakin forumeissa asiasta käydään jo kiivaita keskusteluja.

Polkaisen kaasupoljinta ja ohitan pitkän rekan. Puuterimainen lumi pöllyää. Helsinki lähestyy joka minuutilla ja puolivälissä matkaa mielessäni pyörii pehmeä sänky johon voi unohtaa itsensä puuduttavan ajon jälkeen.

Copyright (C) Mika Luostarinen, Helmikuu 2002