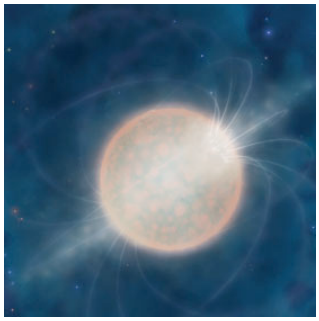
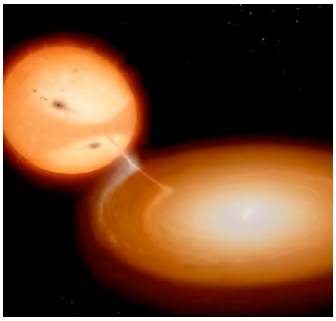




Muuttuvat tähdet

Visuaalihavaitsijan opas

versio 1.8.1

Toinen painos, syyskuu 2005
Mika Luostarinen

Sisällysluettelo

1. Tekijänoikeudet....4
2. Esipuhe....5
3. Miksi muuttujia havaitaan....6
4. Mitä muuttujat ovat....7
   - Muuttujien päätyypit....7
     - Purkausmuuttujat (eruptive)....8
     - Sykkivät muuttujat (pulsating)....9
     - Pyörivät muuttujat (rotating)....9
     - Kataklysmiset muuttujat (cataclysmic)....9
     - Pimennysmuuttujat (eclipsing)....10
     - Röntgenlähteet (x-ray)....10
     - Muut....10
5. Muuttujien nimeäminen....11
6. Kohteiden valitseminen havaintolistalle....12
   - Kohteen sijainti taivaalla....12
   - Havaintoistunto....13
   - Havaintopaikka....13
7. Havaintovälineet....15
   - Silmä....15
   - Kiikarit....15
   - Kaukoputki....16
   - Okulaarit....16
   - Jalusta....16
   - Vignetting....17
8. Kohteen paikallistaminen....18
   - Kartastot....18
   - Etsintäkartat....19
   - Vertailukartat....20
   - Tähtihyppely....22
   - Koordinaatistorenkaat (koordinaatistokehät, asteikkokehät)....23
   - GO-TO tekniikalla varustetut kaukoputket....24
   - Kohteen varmentaminen....24
     - Geometriset tarkistuskuviot....24
     - Tähden väri indikaattorina....25
   - Z UMA havaintoharjoitus....25
   - Delta Kefeus havaintoharjoitus....25
9. Mittauksen tekeminen....28
   - Visuaaliset magnitudit....28
   - Visuaaliset mittaukset....30
   - Purkinjen efekti....31
   - Kohteiden asemointi näkökentässä....32
   - Out-of-focus menetelmä....33
   - Vertailumenetelmät....33
     - AAVSO menetelmä....34
     - Murto-osa menetelmä (fractional method)....34
     - Argelanderin askelmittausmenetelmä (step method)....35
     - Pogsonin askelmittausmenetelmä (Pogson's step method)....37
   - Havaintojen kirjaaminen....38
     - Havaintojen kirjaaminen tietokoneelle....39
     - Yleisaika eli Universal Time, UT....39
     - Juliaaninen päivämäärä eli JD....39
10. Havaintojen raportointi....40

- Yhdistykset....40
- Raportointiformaatit....40

11. Valokäyrät....42
- Miten valokäyrää luetaan....42
- Miksi valokäyrät ovat tärkeitä....43
- Miten valokäyrä tuotetaan....43
- Esimerkkejä valokäyristä....44

12. Havaintoprojektit....45
- Osallistuminen havaintoprojekteihin....45
- Henkilökohtaiset projektit....45
  - Tunnettujen jaksollisten muuttujien jakson tarkistaminen....45
  - Minimissä olevien kohteiden seuranta....45
  - CCD mittaukset eri aallonpituuksilla....45
  - Uusien muuttujien etsiminen....46
  - NSV – projektit....46
  - Supernovat....46

13. Yhdistyksiä ja linkkejä....48
14. Palaute....49

1. TEKIJÄNOIKEUDET

Tässä oppaassa käytettyjen karttojen tekijänoikeudet kuuluvat AAVSO yhdistykselle (AAVSO, American Association of Variable Star Observers). Karttojen julkaisuun on saatu kirjallinen lupa yhdistykseltä. Lisätietoja http://www.aavso.org

Kaikkeen tässä oppaassa julkaistuun kuvalliseen materiaaliin on pyydetty ja saatu lupa alkuperäiseltä tekijältä.

Oppaan tekstin tekijänoikeudet: Copyright © 2005 Mika Luostarinen.

2. ESIPUHE

Muuttuvien tähtien havaitsemista pidetään tähtiharrastajien keskuudessa vaikeana aktiviteettina. Jossain määrin väitteessä on perääkin. Asiaa ei ole helpottanut se, että varsinkin Suomenkielisiä oppaita ja muuta materiaalia joka johdattaisi tähtiharrastajan aiheen pariin on ollut epätavallisen vähän tarjolla.

Tämän oppaan tarkoituksena on perehdyttää tähtiharrastaja muuttuvien tähtien havainnointiin. Seuraamalla tämän oppaan ohjeita pystyt paikallistamaan muuttujan, suorittamaan mittauksen ja raportoimaan sen eteenpäin valitsemaasi organisaatioon.

Halusin pitää oppaan pienenä jotta se olisi helposti ja nopeasti omaksuttavissa. Tästä syystä joitakin sellaisia edistyksellisiä (ja kalliita) havaintomenetelmiä kuten CCD kameran käyttö ja kuvien redusointi ei käsitellä tässä oppaassa. Oppaan pääpaino on visuaalihavainnoissa.

Vaikka opas on tarkoitettu henkilöille joilla ei ole aikaisempaa kokemusta muuttujien havaitsemisesta on suositeltavaa, että lukijalla olisi hieman kokemusta tähtitaivaasta ja oman kaukoputken käytöstä. Kokeneista havaitsijoista jotkut oppaassa mainitut asiat voivat tuntua itsestään selviltä. Halusin kuitenkin kirjoittaa tekstin siten, että väärinkäsitysten määrä jäisi minimiin.

Muuttujien havaitseminen avaa uusia kasvupolkuja harrastukseesi. Toisinaan voi nimittäin käydä niin, ettei tähtiin suuntautuva mielenkiinto pysähdy vain havaitsemiseen (joka sinänsä on jo hauskaa ja addiktiivista ajankulua) vaan saatat löytää itsesi tutkimasta kirjallisuutta joka käsittelee lähekkäisten kaksoistähtien kehitystä tai sitä miten vuorovesivoimat vaikuttavat tähden ympärille syntyneen materiakiekon muotoon ja toimintaan.

Kun edistyt harrastuksessasi saatat jossain vaiheessa siirtyä visuaalihavaitsijasta CCD havaitsijaksi. Vaikka CCD havaitsijoiden määrä onkin kasvussa tehdään vielä tänäkin päivänä arviolta yli 95 % muuttujahavainnoista visuaalisesti. Toisinsanoen, kalliin CCD kameran ja tietokoneen käyttö ei suinkaan ole edellytys muuttujien havaitsemiselle.

Kun aloitat muuttujien systemaattisen havaitsemisen siirryt taivaalla olevien kohteiden pinnallisesta katselusta niiden suunnitelmalliseen havaitsemiseen. Kun raportoit havaintosi eteenpäin on niillä yhdessä tuhansien muiden havaintojen kanssa tieteellistä painoarvoa. Tätä kautta muuttujien havaitseminen tuo tähtiharrastukseesi aivan uudenlaista tarkoitusta ja syvyyttä. Muuttujahavaitsijana olet mukana tähtitieteen tekemisessä.

Mika Luostarinen
Heinäkuu 2005
Espoo

3. MIKSI MUUTTUJIA HAVAITAAN

Muuttujien tutkiminen on tärkeä osa tähtitiedettä. Pitkälti muuttujatutkimuksen avulla olemme muodostaneet nykyisen tietämyksen ja perustan tähtien evoluutiosta.

Muuttujiin kohdistuvan havaintotyön tuloksena on syntynyt fundamentaalista ymmärrystä tähtien luonteesta, kehityksestä, etäisyyksistä, massasta, säteestä, sisäisestä ja ulkoisesta rakenteesta, koostumuksesta, lämpötilasta ja luminositeetista.

Muuttujien havaitseminen on pitkäjänteistä toimintaa. Ammattimaisesti toimivilla tähtitieteilijöillä ja suurilla tähtitorneilla ei yleensä ole aikaa tai resursseja monitoroida muuttujia. Tämän takia viimeisen sadan vuoden aikana tämä alue on ollut valtaosin harrastajien miehittämä. He ovatkin muuttujiin suuntautuvan havaintotyön avulla tehneet merkittävän kontribuution tieteelle. Erityisesti Yhdysvalloissa monet harrastajat ovat saaneet nimensä mukaan tieteellisiin julkaisuihin kun he ovat esimerkiksi toimittaneet mittaustuloksia tutkittavana olevasta kohteesta.

Työnjako harrastajien ja tiedemiesten välillä on kuitenkin selkeä. Harrastajat suorittavat varsinaiset mittaukset mutta niiden analysointi sekä tieteellisten teorioiden kehittely jätetään tiedemiehille. Harvalla harrastajalla on riittävän syvää tieteellistä pohjakoulutus ja harvalla tähtitieteilijällä on aikaa (tai edes mahdollisuuksia) muuttujien seuraamiseen siinä laajuudessa kuin se on tarpeen.

Näin ollen muuttujien havaitseminen on oiva tapa harjoittaa yhteistyötä harrastajien ja ammattilaisten välillä. Tämän tyyppisestä yhteistyöstä käytetään usein nimitystä *pro-am* (professional-amateur) työ.

Vaikka muuttujia on tutkittu aktiivisesti toistasataa vuotta on tähtien (ja aivan erityisesti lähekkäisten kaksoistähtien) kehityksessä vielä tutkittavaa.

Kaikkea ei ole vielä löydetty eikä kaikkia ilmiöitä edes moderni tähtitiede pysty selittämään. Tämän takia tähtien toimintaa seurataan edelleen aktiivisesti eri puolilla maailmaa niin tiedemiesten kuin harrastajienkin toimesta.

4. MITÄ MUUTTUJAT OVAT

Havaitsijan näkökulmasta muuttujat ovat tähtiä joiden kirkkaus vaihtelee. Useimmissa tapauksissa tähden kirkkaus muuttuu kun se on joko hyvin nuori tai kun se on hyvin vanha ja tullut lähelle elinkaarensa loppua.

Syy tähden kirkkauden (ja joskus myös värin) muutoksiin voivat johtuvat periaatteessa kahdesta syystä:

- Tähden rakenne muuttuu. Yleisimpiä syitä ovat tähdessä tapahtuva purkautuminen, räjähdys, supistuminen tai laajentuminen.
- Näennäinen kirkkauden muutos. Tähden tai tähtiparin kirkkaus voi muuttuu näennäisesti esimerkiksi silloin kun kaksoistähden himmeämpi komponentti kulkee kirkkaamman komponentin editse aiheuttaen tähtiparin kokonaiskirkkaudessa näennäisen himmentymisen. Näin on laita mm. pimennysmuuttujien kohdalla.

Molemmat pääryhmät jaetaan lisäksi useisiin alaryhmiin.

4.1. Muuttujien päätyypit

Tämä opas noudattaa GCVS luettelon käyttämää luokittelua. GCVS eli *Moscow General Catalogue of Variable Stars* sisältää yli 28.000 muuttujaa ja sen luokittelua käytetään maailmanlaajuisesti. Tämän lisäksi NSV luettelossa (*New Catalogue of Suspected Variable Stars*) on listattu yli 14.000 muuttujaa ja NSV luettelon täydennysosassa yli 11.000 muuttujaksi epäiltyä kohdetta.

Muuttujien luokitusjärjestelmä ei pysy vakiona vaan sekin muuttuu. Tämä johtuu siitä, että löydetään uudentyyppisiä kohteita, tai sitten jo löydettyjen kohteiden käyttäytyminen muuttuu ennalta arvaamattomalla tavalla joka aiheuttaa tarpeen muuttaa luokittelujärjestelmää.

Harrastajan näkökulmasta tietyt luokat ovat mielenkiintoisempia kuin toiset. Lisäksi tiettyjä tähtityyppejä on helpompi havaita kuin toisia. Esimerkiksi röntgenluokan muuttujat eivät ole visuaalihavaitsijalle sopivia. Vastaavasti kohteet joiden kirkkauden vaihteluväli (*amplitudi*) on kovin pieni eivät ehkä ole aloittavalle havaitsijalle yhtä mielenkiintoisia kuin kohteet joiden amplitudi on suuri ja jotka kirkastuvat äkisti ja voimakkaasti.

Aloittavalle harrastajalle hyvin soveltuvia kohteita ovat mm Mira-tähdet koska näillä on suuri amplitudi tai äkisti kirkastuvat kääpiönovat. Monet kääpiönovat maksimissa ollessaan ovat jo kiikarihavaitsijan ulottuvilla joka tekee niistä melkein “pakollisia” havaintokohteita. Sen sijaan useimpien niistä painuessa minimiinsä niihin ulottuu vain melko suurilla kaukoputkilla.

Erityisen arvokkaiksi havaintokohteiksi luokitellaan yleensä mm. gammasäde purkaukset (GRB kohteet), kääpiönovat, supernovat, novat, aktiiviset galaksiytimet ja kvasaarit. Luonnollisesti kaikkien muuttujien seuraaminen on arvokasta mutta tällä hetkellä tiede on keskittynyt enemmän tai vähemmän yllämainittujen kohteiden tutkimiseen. Näistä ainakin GRB kohteet ovat sellaisia että tavallisen visuaalihavaitsijan ei kannata niitä lähteä yrittämään mutta muut kohteet soveltuvat hyvin ainakin kaukoputkihavaitsijoille.

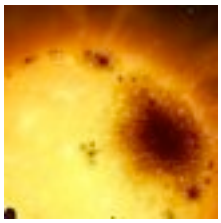
Oheisessa taulukossa on luetteloitu muuttujien pääluokat sellaisena kuin ne esitellään GCVS luettelossa. Jokaisen pääluokan alla on listattu luokan alaluokat.

Pääluokat						
Purkautuva	Sykkivä	Röntgenlähde	Pimentyvä	Pyörivä	Kataklysminen	Muu
FU GCAS I IA IB IN INA INB INT INYY IS ISA ISB IT RCB RS SDOR UV UVN WR	ACYG BCEP BCEPS CEP CEPB CW CWA CWB DCep DCEPS DSCT DSCTC L Lb Lc MIRA PVTEL RRab RR(B) RRC RR LYRAE TYPE RV RVa RVB SR SRa SRb SRc SRd SXPHE ZZ ZZA ZZB	X XB XF XI XJ XND XNG XP XPR XPRM,XM	AR D DM DS DW E EA EB EW GS K KE KW PN RS SD WD WR	ACV ACVO BY ELL FKCOM PSR SXARI	Nova SN SNI SNII UG UGSS UGSU UGZ ZAnd	* BLLAC CST GAL L: QSO S

Taulukko 1: Muuttujien seitsemän pääluokkaa. Pääluokkien alle on listattu niiden alaluokat. Luokittelu perustuu GCVS luetteloon. Alaluokkien yksityiskohtaiset kuvaukset löytyvät semiregular.com verkkopalvelusta (alavalikko Luokat) sekä alkuperäisestä GCVS luettelosta.

Koska tämä on havainto-opas emme käy läpi alaluokkia ja niiden ominaisuuksia. Sen sijaan riittänee, että esittelemme pääluokat ja niiden ominaispiirteet lyhyesti.

4.1.1. Purkausmuuttujat (eruptive)



Purkausmuuttujat ovat tähtiä joiden kirkkaus vaihtelee kun niiden kromosfäärissä tai koronassa tapahtuu voimakkaita leimahduksia tai purkauksia. Kirkkauden muutoksen aikana tapahtuu yleensä materian virtausta ulospäin tähdestä tähtituulen muodossa. Toisinaan tähden kuorikerroksessa voi tapahtua rakenteellisia muutoksia. Joidenkin tähtien kohdalla purkauksessa ulospäin sinkoutuva materia voi olla interaktiossa mahdollisen tähteä ympäröivän kaasupilven kanssa.

Yksi esimerkki tämän pääluokan alaluokkaan (FuOri) kuuluvasta kohteesta on FU Orionis. Tämä sijaitsee muutaman asteen päässä Orionin tähdistön Betelgeuze tähdestä. FU Ori tähden

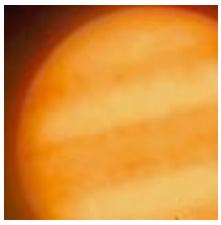
amplitudi on noin 9.6-16.5 joten se on maksimissaan (9.6 magnitudia) myös melko pienten kaukoputkien ulottuvilla.

4.1.2. Sykkivät muuttujat (pulsating)

Nämä ovat tähtiä joiden pintakerrokset laajentuvat ja kutistuvat tietyin väliajoin. Tähden koon muuttuminen voi tapahtua symmetrisesti tai epäsymmetrisesti. Symmetrisesti sykkivä tähti säilyttää pallomaisen muotonsa mutta epäsymmetrisesti sykkivä voi laajentua tai supistua siten, että tähden eri alueet voivat olla samanaikaisesti joko laajentumassa tai supistumassa. Tällöin tähden muoto ei enää noudata pallosymmetristä muotoa.

Sykkivät muuttujat luokitellaan periodin, massan, kehitysvaiheen ja sykkimisen luonteen mukaan eri ala-luokkiin. Esimerkiksi kaikki Mira tyyppiset muuttujat ovat sykkiviä muuttujia ja nämä ovat helppoja suosittuja kohteita harrastajien parissa niiden suuren amplitudin takia.

4.1.3. Pyörivät muuttujat (rotating)



Nämä ovat tähtiä joiden pinta on kirkkaudeltaan epäsäännöllinen ja/tai jotka ovat ellipsoidin muotoisia. Tämän tyypin tähdillä esiintyä usein erityisen suuria *tähdenpilkkuja* tai koko tähden kiertäviä vöitä. Epäsäännöllinen pinnan väri voi johtua myös tähden pintaosien kemiallisista häiriöistä jonka tähteä ympäröivä voimakas epäsymmetrisesti jakautunut magneettikenttä on aikaansaanut.

Havaittu kirkkauden muutos aiheutuu siitä, että tähden pyöriessä akselinsa ympäri se kääntää vuoroin eri pinnan alueet kohti havaitsijaa.

Tämän luokan muuttujilla on yleensä suhteellisen pieni amplitudi joka tekee niistä vaikeita aloittaville visuaalihavaitsijoille. Esimerkiksi FK Comae Berenices kuuluu tähän ryhmään.

4.1.4. Kataklysmiset muuttujat (cataclysmic)

Tähän luokkaan kuuluvat novat ja novan kaltaiset muuttujat. Novilla räjähdykset tapahtuvat tähden pintakerroksissa ja supernovilla tähden ytimessä.

Termillä *novankaltaiset muuttujat* tarkoitetaan muuttujia jotka nopeasti vapauttavat suuren määrän energiaa (esimerkiksi UG tyypin muuttujat) tai muuttujia joiden spektri muistuttaa räjähtäviä tähtiä.

Suurinosa novista tai novankaltaisista tähdistä on lähekkäisiä kaksoistähtiä joissa komponentit ovat aktiivisesti vaikuttaneet toistensa kehitykseen. Tämän tyypin kohteilta usein löydetään ns. materiakiekko (*kertymäkiekko*, *accretion disk*) joka on kietoutunut tähtiparin toisen komponentin (valkoinen kääpiö) ympärille. Tämä kertymäkiekko ja sen dynamiikka on erityisen tutkittu aihe ja tämä tekee näistä kohteista tieteellisesti arvokkaita kohteita.

Kataklysmiset muuttujat ovat hyvin suosittuja tutkimuskohteita sekä ammattilaisille että harrastajille. Joitakin kataklysmisiä muuttujia voi havaita jopa kiikarilla tai pienellä kaukoputkella niiden ollessa maksimissaan (kuiten SS Cygni tai U Geminorum).

4.1.5. Pimennysmuuttujat (eclipsing)

Pimennysmuuttujat ovat lähekkäisiä kaksoistähtiä joissa kaksi tai useampi tähti kiertää toisiaan. Himmeämmän tähden kiertäessä kirkkaamman eteen havaitaan tähtiparin kokonaiskirkkaudessa näennäinen himmentyminen. Kun himmeämpi komponentti siirtyy radallaan kirkkaamman komponentin edestä parin kokonaiskirkkaus näennäisesti kirkastuu. Kirkkauden muutoksen aiheuttaa siis optinen ilmiö.

Pimennysmuuttujat luokitellaan kolmeen ryhmään. Luokitus voi perustua joko valokäyrään, fyysisiin ominaisuuksiin tai siihen, missä määrin *Rochen raja* täyttyy. Rochen raja (Rochen pinta) on se etäisyys tähdestä jonka kohdalla seuralaistähti alkaa luovuttamaan materiaansa toiselle tähdelle gravitaation takia.

Pimennysmuuttujat ovat hyvin harrastajalle soveltuvia kohteita. Joitakin kuuluisimmista pimennysmuuttujista voi havaita jopa paljain silmin kuten Perseuksen tähdistön Algol-muuttujaa (jota oheinen kuvakin esittää) tai Lyyran tähdistössä olevaa Beta Lyraeta.

4.1.6. Röntgenlähteet (x-ray)

Nämä ovat lähekkäisiä kaksoistähtiä jotka ovat myös voimakkaita röntgensäteilijöitä. Toinen tähdistä on usein kuuma kompakti objekti kuten valkoinen kääpiö, neutronitähti tai mahdollisesti jopa musta aukko.

Röntgensäteily syntyy materian virratessa kompaktiin tähteen tai osuessaan kompaktin seuralaisen ympärillä olevaan kertymäkiekkoon.

Vapautuvan röntgensäteilyn tunkeutuessa viileämmän komponentin atmosfääriin säteily voi muuntua optisille aallonpituuksille aiheuttaen kirkkaudenmuutoksia myös visuaalisilla aallonpituuksilla. Koska säteily osuu vain yhdelle puolelle viileämpää komponenttia säteilee järjestelmä samanaikaisesti näkyvän valon eri aallonpituuksilla luoden valokäyrään erikoisia nousuja ja laskuja.

4.1.7. Muut

Tähän kategoriaan on kerätty kohteita joiden kirkkaus on myös muuttuva mutta jotka eivät ole tähtiä. Monet näistä kohteista oli aikoinaan luokiteltu tähdiksi vaikkakin ne myöhemmin ovat osoittautuneet extragalaktisiksi eli oman linnunratamme ulkopuolisiksi kohteiksi.

Tähän luokkaan kuuluu mm. ekstragalaktiset BL Lacertae kohteet, GAL kohteet kuten aktiiviset galaksi ytimet (AGN), QSO kohteet (Quasi Stellar Radio Objects) eli kvasaarit sekä mm. “S” kohteet jotka ovat huonosti tutkittuja muuttujia joiden valonvaihtelu on hyvin nopeaa

Lisäksi ns. “*” kohteet kuuluvat tähän kategoriaan. Nämä kohteet ovat niin erikoisia ettei niitä voida selkeästi luokkitella mihinkään tunnettuun luokkaan. Syynä tähän voi olla se, että nämä kohteet ovat juuri siirtymässä yhdestä luokasta toiseen ja siirtymävaiheen kaikkia prosesseja ei tunneta.

5. MUUTTUJIEN NIMEÄMINEN

Muuttujien nimeämiskäytäntö ei ole kovin yhtenäinen. Jos tähti tiedettiin muuttujaksi jo antiikin Kreikan aikoina käytetään vielä edelleenkin myös muuttujan nimenä samaa sen aikaista kreikkalaista kirjainta tai nimeä. Muussa tapauksessa muuttuja nimetään siten, että jokaisesti tähtikuviosta voidaan nimetä 334 eri muuttujaa seuraavan taulukon mukaisesti.

Muuttujien nimeämiskäytäntö			
R, S, T	..... Z		Kirjainmerkinnöillä voidaan esittää yhteensä 334 eri muuttujaa.
RR,RS,RT	..... RZ		
SS, ST, SU	..... SZ		
	..... ZZ		
AA,AB,AC	..... AZ	J jää pois	
BB, BC, BD	..... BZ	J jää pois	
	..... QZ		V alkuisia muuttujia voidaan merkitä rajattomasti.
V335, V336	.....		
Taulukko 2: Kirjain tai V-alkuisen koodin jälkeen ilmoitetaan tähdistön genetiivimuoto. Esimerkiksi SS CYGNI tai lyhennettynä SS CYG.			

Kun kirjainyhdistelmät on käytetty ZZ merkintään asti aloitetaan käyttämään V alkuisia numeromerkintöjä. Tällöin ensimmäinen numero ei ole 1 vaan 335 koska kirjainmerkinnöillä on jo merkitty ensimmäiset 334 muuttujaa tähdistöstä.

Tämän käytännön lisäksi monista muuttujista on olemassa myös ns. designaatioluku jonka esitti ja otti ensimmäisenä käyttöön Harvardin tähtitorni. Menetelmästä käytetään toisinaan myös nimeä Harvardin designaatio. Tässä menetelmässä muuttujalle annetaan kuusinumeroa jotka karkeasti viittaavat muuttujan taivaan koordinaatteihin. Esimerkiksi merkintä 180531 tarkoittaa että kohteen rektaskensio on 18h 05m ja deklinaatio +31 astetta. Tämä numero usein merkitään myös muodossa 1805+31. AAVSO käyttää Harvardin nimeämiskäytäntöä kartoissaan ja tämä Harvard numero on merkitty yleensä kartan vasempaan yläkulmaan. Jos samalla alueella on toinenkin muuttuja liitetään numeron perään kirjain kuten esimerkiksi 0449+30B.

6. KOHTEIDEN VALITSEMINEN HAVAINTOLISTALLE

Havaintolista on termi jolla tarkoitetaan sitä muuttujien joukkoa jota havaitset säännöllisesti. Aloittavan harrastajan ei kannata olla liian ahne ja kuormittaa itseään kymmenillä tai sadoilla muuttujilla. Aluksi riittää, että keskityt esimerkiksi vain muutamaan tähteen jotka olet harkiten valinnut ja joiden sijainnin taivaalla opettelet tuntemaan hyvin.

Ensimmäiseksi sinun on valittava oikean tyyppiset kohteet. Kohteen valintaan vaikuttaa käyttämäsi havaintolaite. Jos käytössäsi on suhteellisen pieni kaukoputki (linssin tai peilin läpimitta on alle 15cm) ei ole tarkoituksenmukaista yrittää havaita niin himmeitä kohteita jotka maksimissa ollessaan ovat juuri ja juuri kaukoputkesi ulottuvilla.

Toiseksi, aivan ensimmäisten kohteiden joita aiot havaita olisi oltava riittävän dynaamisia ja tarjottava sinulle riittävästi vauhtia ja jännitystä. Kohteet joilla on pitkä periodi saattavat alussa heikentää motivaatiotasi koska saatat joutua odottamaan kuukausia ennenkuin teet ensimmäisen positiivisen mittauksen kohteestasi. Jos valitset heti alussa väärän tyyppisen kohteen jolla on esimerkiksi liian pitkä jakso (=*periodi*), joka on liian himmeä tai jonka amplitudi on liian pieni tai jonka vertailutähdet ovat etäällä ja joka sijaitsee sellaisella taivaan alueella josta kohde on vaikea löytää saatat luopua hyvästä harrastuksesta heti alkumetreillä.

Myöhemmin kun olet oppinut tuntemaan kohteittesi sijainnin taivaalla niin hyvin, että löydät ne vain pikaisesti silmäilemällä etsintäkarttaa voit lisätä uusia kohteita havaintolistallesi.

Joitakin kohteita joilla voit ajaa itsesi sisään tähän harrastukseen on listattu taulukossa 2.

6.1. Kohteen sijainti taivaalla

Kun valitset kohteita listalle on sinun muistettava, että tulet havaitsemaan näitä samoja kohteita toistuvasti, ilta toisensa ja viikko toisensa jälkeen, mielellään jokaisena selkeänä yönä.

Tästä syystä on kohteiden sijaittava sellaisilla taivaan alueilla joihin sinulla on hyvä näkyvyys jokaisena selkeänä iltana. Yritä valita kohteet siten, että ne eivät aiheuta sinulle harrastuksen alkuvaiheessa ylimääräistä vaivaa kuten piha-alueelle siirtymistä, ajamista pitkien matkojen päähän, havaintolaitteiden siirtelyä paikasta toiseen ja kaikkea muuta vastaavaa työtä joka vie aikaasi (ja syö energiaasi) varsinaisesta havainnoinnista.

Tarkoituksena on aloittaa havaitseminen helposti ja vaivattomasti ilman turhia komplikaatioita.

Paljain silmin havaittavia kohteita			
Nimi	*Tyyppi*	*Amplitudi*	*Periodi*
Beta Lyrae	EB	3.3 - 4.3	12.9 vrk
Delta Cep	DCEP	3.48 - 4.37	5.3 vrk
Rho Cas	SRd	4.1 - 6.2	ei tunnettu
Kiikarikohteet (noin 5-8 cm linssi)			
Z Uma	SRb	6.5 – 9.4	196 vrk
R Tri	Mira	6.2 – 11.7	267 vrk
R Leo	Mira	5.8 – 10.0	310 vrk
V Boo	Mira	7.0 – 11.3	258 vrk
R Dra	Mira	7.6 – 12.4	246 vrk

R Cyg	Mira	7.5 - 13.9	426 vrk
Kaukoputkikohteet (noin 15-25 cm peili)			
X Leo	UG	11.1 - 15.7	16.9 vrk
SS Cyg	Kääpiönova	8.2 - 12.8	45.5 vrk
SS Aur	Kääpiönova	10.5 - 15.7	55.5 vrk
U Gem	Kääpiönova	8.9 - 14.9	105.2 vrk

Taulukko 3: Ensimmäisessä sarakkeessa on tähden nimi, seuraavassa sen tyyppi, kolmas sarake kertoo tähden kirkkauden vaihteluvälin eli amplitudin, neljäs sarake kertoo tähden arvioidun jakson eli periodin. Periodi tarkoittaa tähden jaksoa eli sitä aikaa mikä tähdeltä kuluu kun sen kirkkaus muuttuu maksimikirkkaudesta minimikirkkauteen. Periodi eli jakso mitataan kahden maksimin väliltä. Huomaa, että amplitudissa on kaksi numeroa. Pienempi numero kertoo tähden kirkkauden sen ollessa maksimissa ja suurempi sen ollessa minimissä. Minimivaatimus havainnointityölle on, että kykenet havaintolaitteellasi näkemään valitun kohteen sen ollessa maksimissaan.

6.2. Havaintoistunto

Havaintoistunnon eli *session* aikana käyt läpi kaikki havaintolistallasi olevat kohteet yksi toisensa jälkeen. Järjestyksellä ei ole väliä. Havaitset havaintolistallasi olevia kohteita kaikkina selkeinä öinä. Mittauksia tehdään siis samoista kohteista yö toisensa jälkeen niin usein kuin mahdollista juuri sen takia, että ne *muuttuvat*. Jos periodi eli jakso on kovin lyhyt tai kohde on juuri purkautumassa voit tehdä samasta tähdestä useampiakin mittauksia saman yön aikana.

Havaintoaika joka kuluu koko havaintolistasi läpi käymiseen pienenee yleensä merkittävästi kokemuksen karttuessa. Itse käytin ensimmäisellä kerralla aikaa runsaan tunnin ennen kuin löysin uudella kaukoputkellani Kassiopeian tähdistöstä T Cassiopeiae muuttujan. Käytössäni ei silloin tosin ollut oikean tyyppistä karttaa joka vaikeutti merkittävästi tähden löytymistä. Nykyään löydän kyseisen tähden noin minuutissa. Ensimmäisiä mittauksia tehdessäsi on muistettava, että aikaa saattaa kulua aluksi normaalia enemmän. Lisäksi on hyvä varmistaa, että käytössäsi on oikean tyyppiset kartat jotka soveltuvat juuri sinun havaintolaitteelle.

Mittaukset on aina hyvä kirjata huolellisesti havaintokirjaasi (selkeällä käsialalla!) tai suoraan tietokoneelle heti havainnonteko hetkellä. Älä yritä muistaa ulkoa kohteiden kirkkauksia ja kirjata niitä ylös myöhemmin. Tämä vain tarpeettomasti lisää kirjausvirheen mahdollisuutta.

Havaintosession lopuksi raportoi havaintosi eteenpäin valitsemaasi yhdistykseen mahdollisimman nopeasti.

6.3. Havaintopaikka

Havaintopaikalla voi olla jossain määrin merkitystä siihen minkälaisia kohteita valitset havaintolistallesi. Ideaalisin havaintopaikka on tietysti paikka josta on täysin esteetön näkyvyys koko taivaalle ja jossa ei ole katulamppuja tai valosaastetta. Harvalla varsinkaan kaupungissa tai lähiössä asuvalla tähän on kuitenkaan mahdollisuutta.

Onneksi muuttujien havaitsemiseen ei tarvita yhtä tummia ja läpinäkyviä taivaita kuin esimerkiksi deep-sky havainnoinnissa. Tästä syystä muuttujia voi havaita varsin menestyksekkäästi myös kaupungeissa ja lähiöissä. Jotkut maailman ahkerimmista havaitsijoista tekevät havaintonsa alueilla jotka voidaan luokitella valosaasteen suhteen toivottomiksi.

Kaupunkiolosuhteissa esteetön näkyvyys eri suuntiin nousee oleellisemmaksi kuin taivaan tummuus tai läpinäkyvyys. Jos parvekkeesi tai ikkunasi osoittaa esimerkiksi pohjoiseen kannattaa kohteet valita Lyyran, Joutsenen, Kassiopeian, Kefeuksen ja muiden sirkumpolaaristen tähdistöjen

alueilta. Nämä sijaitsevat linnunradan tasossa ja niissä on runsaan mitoin muuttujia joiden seuraaminen on varsin antoisaa.

Tunnetusti planeettahavaitsijoille paras ilmansuunta on etelä koska planeetat ovat aina etelässä ollessaan korkeimmillaan. Tämä sääntö ei päde muuttujahavaitsijoille. Paras taivaansuunta muuttujahavaitsijalle on esteetön näkymä suoraan ylös. Monet tähdistöt joissa on runsaasti mielenkiintoisia kohteita (Lyyra, Joutsen, Kassiopeia, Kefeus jne.) kiertävät läheltä zeniittiä jolloin niiden havaitseminen on optimaalisinta koska niistä saapuva valo kulkee ohuemman ilmakerroksen läpi. Kohteen välissä oleva ohuempi ilmakerros taas auttaa sinua näkemään himmeämpiä tähtiä.

Omakotitaloissa asuvat ovat poikkeuksellisen hyvässä asemassa. Oman talon tontilta on usein esteetön näkymä suoraan ylös. Tällöin kohteita kannatta kerätä kaikista linnunradan tasossa olevista tähdistöistä.

7. HAVAINTOVÄLINEET

Muuttujia voi havaita melkein millä tahansa havaintovälineellä poislukien kaikkein heikkolaatuisimmat kaukoputket ja kiikarit joihin ei (oikeastaan koskaan) kannata rahojaan tuhlata.

Tarvitset jokaisesta kohteesta vähintään etsintä- ja vertailukartat, havaintokirjan, lyijykynän+kumin, taskulampun joka antaa punaista valoa ja tietysti itse havaintovälineen. Tämä on minimivarustus visuaalihavaitsijalle. Usein on kuitenkin hyödyllistä ottaa mukaan myös yleiskartasto (kuten SkyAtlas 2000 tai jokin muu vastaava hyvä ja ajantasalla oleva kartasto). Lisäksi tarvitset pienen annoksen sitkeyttä ja peräänantamattomuutta.

Jos aloitat havainnoinnin ilman optisia apuvälineitä jää kohteiden valinnanvara suppeammaksi verrattuna esimerkiksi kiikarihavaitsijaan.

Seuraavassa kerrotaan lyhyesti erilaisista havaintolaitteista ja niiden soveltumisesta muuttujien havaitsemiseen. Soveltuvuus arvioidaan nimenomaan aloittavan havaitsijan näkökulmasta.

7.1. Silmä

Kirkkaimpia muuttujia voi havaita paljain silmin ilman optisia apuvälineitä. Tämä on edullisin ja vaivattomin tapa aloittaa havaitseminen. Paljain silmin havaittaessa tarvitset vain kartat, muistiinpanovälineet ja riittävän pimeän sijainnin.

Hyviä kohteita paljain silmin havaitseville on mm. delta cepheus. Tämä kohde on helppo löytää kefeuksen tähdistöstä, sen kirkkaus muuttuu jatkuvasti ja vertailutähdet löytyvät läheltä. Delta Kefeus havaintoharjoitus löytyy tämän oppaan kappaleesta 8.9.

7.2. Kiikarit

Kiikari on erinomainen havaintoväline aloittavalle havaitsijalle. Ne ovat kevyet, pienikokoiset, helposti kannettavat sekä suhteellisen edulliset. Tyypillisen 7x50 kiikarin näkökenttä on sen verran laaja, että sillä muuttujan paikallistaminen taivaalta on suhteellisen helppoa. Lisäksi vertailutähdet mahtuvat yleensä samaan näkökenttään. Tämän tyyppisellä kiikarilla voi havaita muuttujia jotka ovat minimissään n. 8-9 magnitudia.

Aloittelijan ei kannata heti ostaa kalliita, painavia ja tuhansia euroja maksavia kiikareita. Sen sijaan parin sadan euron investointi hyvään jalustaan on perusteltua. Tällöin tietysti on huomioitava, että kiikari on mahdollista kiinnittää jalustaan ruuvilla tai muulla tukevalla menetelmällä.

Käytännössä kiikarihavaitsijan suurin ongelma on niskakipu. Taivaalle katselu usein tarkoittaa niskan kallistamista jyrkästi taaksepäin. Peruskiikareissa ei ole kääntöprismaa joka mahdollistaisi kivuttoman taivaalle katselun. Tämän takia jonkinlainen lepotuolin ja jalustan kombinaatio on optimaalisin ratkaisu käyttömukavuuden kannalta. Jos muuttujiin aikoo suhtautua vakavasti heti alkumetreillä voi tietysti suoraan ostaa kiikarin joka on varustettu kääntöprismalla (ja säästää samalla lepotuolin hinnan).

Optisilta ominaisuuksiltaan kiikarin näkökentän reuna-alueiden olisi oltava melko tarkat. Jos kuvakentän reuna-alueet ovat voimakkaasti vääristyneet haittaa tämä samassa näkökentässä olevien kohteiden kirkkauden arviointia. Tämän vuoksi kiikari jossa kuvan reuna-alueet ovat suhteellisen tarkat soveltuu paremmin muuttujatyöhön.

Jotkut havaitsijat käyttävät pelkästään kiikareita havaintotyössään ja ovat kirjanneet useita tuhansia kiikarihavaintoja.

Kiikarille soveltuvia kohteita on tarjolla satoja ja esimerkiksi Ursa ry:stä saa pyydettäessä noin pari sataa kiikarihavaitsijalle soveltuvaa muuttujakarttaa.

7.3. Kaukoputki

Muuttujien havaitsemiseen ei oikeastaan ole olemassa mitään *ideaalista ja parasta* kaukoputkityyppiä. Tästä huolimatta aloittavan harrastajan kannattaa kuitenkin suosia kaukoputkea jossa on lyhyt tai keskipitkä polttoväli (esimerkiksi n. 100-150 cm) ja pyrkiä välttämään suuria pitkän polttovälin Schmidt-Cassegrain kaukoputkia joissa polttoväli voi olla 2.5 metristä 4 metriin. Nämä kyllä soveltuvat erinomaisesti tietyntyyppisiin havaintoprojekteihin mutta aloittavalle muuttujahavaitsijalle en niitä suosittele koska niissä on suhteellisen suppea näkökenttä joka voi alussa haitata paitsi kohteiden löytämistä niin myös vertailutähtien saamista samaan näkökenttään.

Hyvin yleinen ja (suhteellisesti laskettuna) edullinen kaukoputki on Newton-kaukoputki jossa on noin 15-20 cm peilillä varustettu f/5 - f/8 polttovälin optiikka. Tämän tyyppisellä havaintolaitteella tutkittavien kohteiden määrä nousee kymmeniin tuhansiin.

7.4. Okulaarit

Muuttujatyössä yleensä riittää pari tai kolme erilaista okulaaria: yksi joka tarjoaa laajan, toinen keskisuuren ja kolmas pienen näkökentän taivaalta. Usein okulaarin suurennuskerroin vaikuttaa suoraan okulaarin näkökenttään. Aina välttämättä näin ei ole. On nimittäin mahdollista, että kaksi saman suurennuksen tarjoavaa eri okulaaria näyttävät eri kokoisen näkökentän taivaalta. Tällöin se okulaareista joka tarjoaa laajemman näkökentän on suositeltavampi sen takia, että vertailutähdet saadaan paremmin mahtumaan samaan näkökenttään.

Toisinaan muuttujan ollessa himmeä on käytettävä suurta suurennusta jotta taustataivas näkyisi tummempana ja muuttujan erottaminen olisi helpompaa. Tähän tarvitaan okulaaria jolla on pieni polttoväli ja joka siten tarjoaa suuremman suurennuksen.

Okulaarien suhteen on aina järkevää panostaa laatuun. Toisinaan laatu ei korreloi hinnan kanssa. Hyvän laatuiset okulaarit säilyttävät arvonsa paremmin ja niillä on aina suurempi jälleenmyyntiarvo.

7.5. Jalusta

Käytitpä sitten kiikaria tai kaukoputkea tarvitset useissa tilanteissa hyvän jalustan joka tarjoaa tärinättömän näkökentän. Kiikarihavaitsijat voivat havaita jopa 1-2 magnitudia himmeämpiä tähtiä jalustan kanssa kuin ilman. Kevyt ja tukeva jalusta jonka vaaka- ja pystyliikkeet ovat tasaiset ja jossa ei esiinny mekaanista väljyyttä on suositeltava. Useimmat kamerajalustat soveltuvat hyvin tähän tarkoitukseen.

Kaukoputkea käyttävien on kiinnitettävä jalustaan kenties vielä suurempaa huomiota kuin kiikarihavaitsijoiden. Pieni tuulenvire ei saisi tärisyttää jalustaa niin paljon että tähdet hyppivät näkökentässä. Tällöin mittailusta ei tule mitään.

Toisinaan kaukoputken mukana tuleva jalusta ei ole riittävän hyvä. Tällöin on aihetta hankkia uusi jalusta ja samalla tarkistaa, että sen tyyppinen kaukoputki kuin sinulla on on mahdollista kiinnittää asiallisesti uuteen jalustaan.

Hyvän jalustan tunnusmerkkejä ovat mm. vakaus, hyvä ergonomia (=säätönupit ja muut hallintalaitteet on sijoitettu hyvin) ja myös tasaiset liikkeet sekä vaaka (RA) että pysty (Deklinaatio) suunnissa.

Jos jalustassa on seurantakoneisto (kellokoneisto) on siitä kiistatonta apua muuttujatyöskentelyssä. Voit keskittyä mittaamiseen ja jättää seuraamisen jalustalle. Seurantakoneistosta on usein apua myös puolipilvisellä säällä (kyllä, kun addiktio muuttujiin iskee niin löydät itsesi jopa puolipilvisen taivaan alta). Vaikka kohteen eteen tulisi hetkellisesti pilviä seuraa kaukoputki kohdetta ja pilvien poistuessa kohde on edelleen kuvakentässä. Kellokoneisto vapauttaa sinut tarvittaessa hetkellisesti kaukoputken äärestä ja voit tarvittaessa poistua sisätiloihin lämmittelemään, noutamaan karttoja tai lohduttamaan unohdettua puolisoa ilman, että joudut uudelleen etsimään kohteen taivaalta.

Visuaalihavainnoinnissa kaukoputken seurantakoneiston ei tarvitse olla kovinkaan tarkka. Vastaavasti myös ekvatoriaalisen jalustan suuntaamisessa kohti taivaan napaa ei tarvitse noudattaa samanlaista tarkkuutta kuin valokuvauksessa. Normaalistihan yhtä muuttujaa havaitaan vain minuutti tai pari (useimmiten jopa vähemmän) ja tällöin seurantakoneiston epätarkkuudet ovat merkityksettömiä.

Kiikareita, kaukoputkia ja jalustoja on markkinoilla niin paljon, että tässä oppaassa on mahdotonta käydä läpi kaikkia eri vaihtoehtoja. Lukijaa kehoitetaan olemaan aktiivinen ja tutustumaan eri tuotteisiin lehtien, Internetin ja muiden harrastajien avulla. Jos mahdollista niin hankittavaan tuotteeseen olisi hyvä tutustua omakohtaisesti ennen ostopäätöstä. Tässä paikallinen tähtiyhdistys tai laitemyyjä voi olla avuksi.

7.6. Vignetting

Vignetting on optinen ilmiö jolla tarkoitetaan optisen laitteen näkökentän reuna-alueilla olevien tähtien näkymistä himmeämpinä kuin näkökentän keskialueella. Tämä johtuu laitteen optisesta rakenteesta.

Havaintovälinettä valitessa on syytä kiinnittää huomiota laitteen vignetting ilmiöön ja sen suuruuteen. Luonnollisesti laite jossa vignetting ilmiö on pienempi soveltuu paremmin havainnointiin.

Havaitsija jonka havaintolaite kärsii suhteettoman suuresta vignetting ilmiöstä joutuu kompensoimaan tämän havaintohetkellä. Tämä on selitetty tarkemmin kappaleessa “Mittauksen tekeminen”.

8. KOHTEEN PAIKALLISTAMINEN

Aloittavalle havaitsijalle tämä on yleensä vaikein asia koko harrastuksessa. Jopa kokeneet deep-sky havaitsijat toisinaan huomaavat, että heille tuottaa vaikeuksia paikallistaa muuttuja taivaalta. Osasyy tähän on se, että alitajuisesti saatat olettaa, että muuttuja ylipäätänsä on näkyvissä vaikka se todellisuudessa saattaakin havaintohetkellä olla kaukoputkesi ulottumattomissa.

Havaintohetkellä sinun on myös osattava kuvitella miltä kyseinen näkökenttä näyttäisi jos muuttuja yksinkertaisesti puuttuisi siitä kokonaan! Toinen syy, miksi muuttujan löytäminen voi olla vaikeaa on se, että et tiedä etukäteen sen kirkkautta. Koska muuttujan kirkkaus ei ole tiedossasi se saattaa siksi hämätä sinua jolloin tulkitset väärin näkökentässä näkyviä pieni tähtikuvioita. Tästä johtuen älä yritä käyttää itse muuttujaa osana alueen tunnistamista.

Kohdetta etsiessäsi sinun olisi tunnettava hyvin havaintolaitteesi ja tiedettävä miten suuren osan taivasta näet eri okulaareilla. Havainnointi aloitetaan aina sillä okulaarilla joka antaa sinulle laajimman mahdollisen näkökentän taivaalta.

Jos et tiedä miten suuren alueen taivasta okulaarisi näyttävät on sinun ensin selvitettävä tämä ennenkuin voit onnistuneesti löytää kohteita taivaalta. Kun olet selvittänyt okulaariesi näkökentän voit tämän tiedon pohjalta esimerkiksi piirtää kartan päälle asettamallesi läpinäkyvälle muoville ympyröitä jotka vastaavat eri okulaarien näkökentän kokoa. Tällöin näet heti ympyrää käyttäen miten suuren osan taivasta okulaarisi näyttää joka auttaa sinua kohteen etsinnässä.

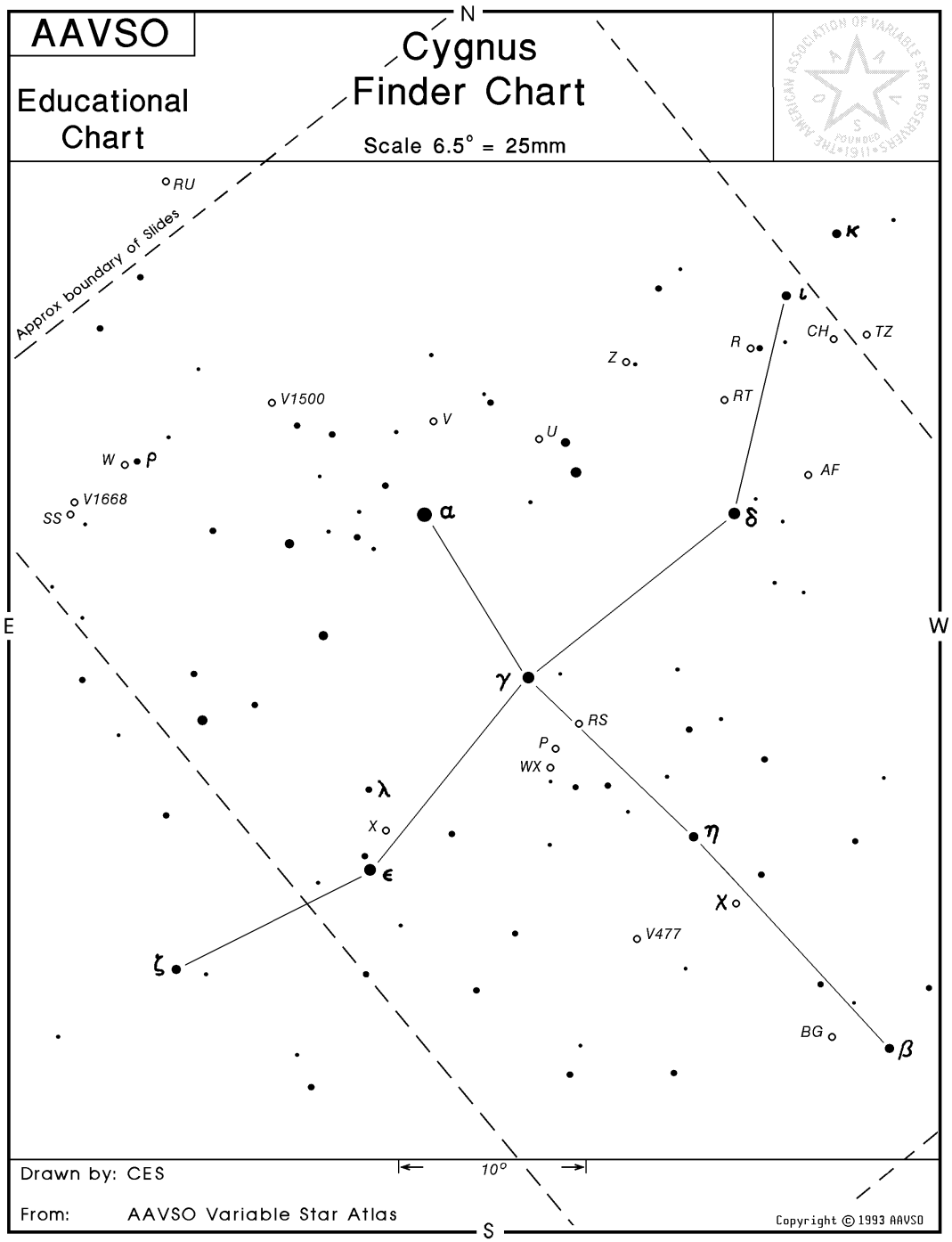
Kiikarihavaitsijoilla tilanne on sikäli helpompi, että useimpiin kiikareihin on valmiiksi kirjattu niiden näkökentän koko asteissa. Tällöin alueen hahmottaminen kartalta on huomattavasti helpompaa. Toisinaan on kuitenkin hyödyllistä tarkistaa että kiikarin todellinen näkökenttä on todellakin sen kokoinen kuin mitä kiikariin on merkitty.

8.1. Kartastot

Muuttujien havaitsemisessa käytetään erilaisia karttoja. Kohteen paikallistaminen aloitetaan etsintäkartalla ja varsinainen mittaus suoritetaan vertailukartalla.

Yleensä etsinkartta ja mittauksessa käytettävä vertailukartta ovat eri karttoja. Näin on varsinkin kaukoputkikohteiden kohdalla. Käytännössä tämä tarkoittaa, että sinulla on oltava kaksi karttaa yhtä kohdetta varten. Joskus karttoja on oltava enemmänkin riippuen siitä millä havaintolaitteella kohdetta havaitset ja miten suurta suurennusta joudut käyttämään. Toisinaan aivan muuttujan vieressä saattaa olla toinen tähti joten tiettyjen kohteiden ollessa kyseessä joudut turvautumaan hyvinkin yksityiskohtaiseen karttaan.

Kiikarihavaitsijat haluavat luonnollisesti käyttää karttoja joissa taivas on esitetty sellaisena kuin miltä se näyttää taivaalla. Sen sijaan Newton tyyppisen kaukoputken käyttäjät käyttävät ylösalaisin olevia karttoja ja Schmidt-Cassegrain kaukoputken käyttäjät joutuvat käyttämään peilikuvana olevia karttoja. Mainitut havaintovälineet esittävät jokainen taivaan eri tavoin kääntyneenä ja tämän takia käytetyn kartan on sovelluttava käyttämällesi havaintolaitteelle. Yleensä kartan orientaatio on merkitty kartaan. AAVSOn kartoissa Schmidt-Cassegrain laitteille soveltuvat kartat on merkitty mustalla REVERSE tekstillä joka on kartan oikeassa yläreunassa.



Kuva 1: Esimerkki Joutsenen tähdistön etsintäkartasta. Karttaan on merkitty useita muuttujia. Etsintäkartan ideana on näyttää kohteen summittainen sijainti. Tämän etsintäkartan ongelmana on tosin se, ettei se näytä riittävän himmeitä tähtiä. V Cygni on merkitty karttaan V kirjaimella.

8.2. Etsintäkartat

Kun olet valinnut kohteen jota haluat havaita tutustu kohteen *etsintäkarttoihin* huolellisesti (esimerkki kuvassa 1). Etsintäkartan ideana on esittää riittävän laaja alue taivasta muuttujan ympäriltä siten, että löydät tiesi muuttujan lähelle esimerkiksi tähtihyppelyllä. Jos kyseessä on kaukoputkikohde voit käyttää etsinkarttaa yhdessä etsinkaukoputken kanssa.

Etsintäkartaksi soveltuu melkein mikä hyvänsä laadukas yleiskartasto. Jos kohteesi on niin kirkas, että se on merkitty normaaleihin tähtikartastoihin kuten esimerkiksi SkyAtlas 2000 voit käyttää tämän tyyppistä yleiskartastoa kohdetta etsiessäsi. SkyAtlas 2000 esittää tähdet aina 8.5 magnitudiin asti joten se soveltuu käytettäväksi sekä kiikarin että useimpien etsinkaukoputkien kanssa. Jos kohteesi on niin himmeä, että sitä ei ole merkitty yleiskartastoon joudut käyttämään kohteelle erityisesti tehtyä etsinkarttaa.

Kun olet päässyt riittävän lähelle kohdetta käyttäen apuna etsintäkarttaa siirry käyttämään tarkempaa vertailukarttaa kohteen varmistamiseksi.

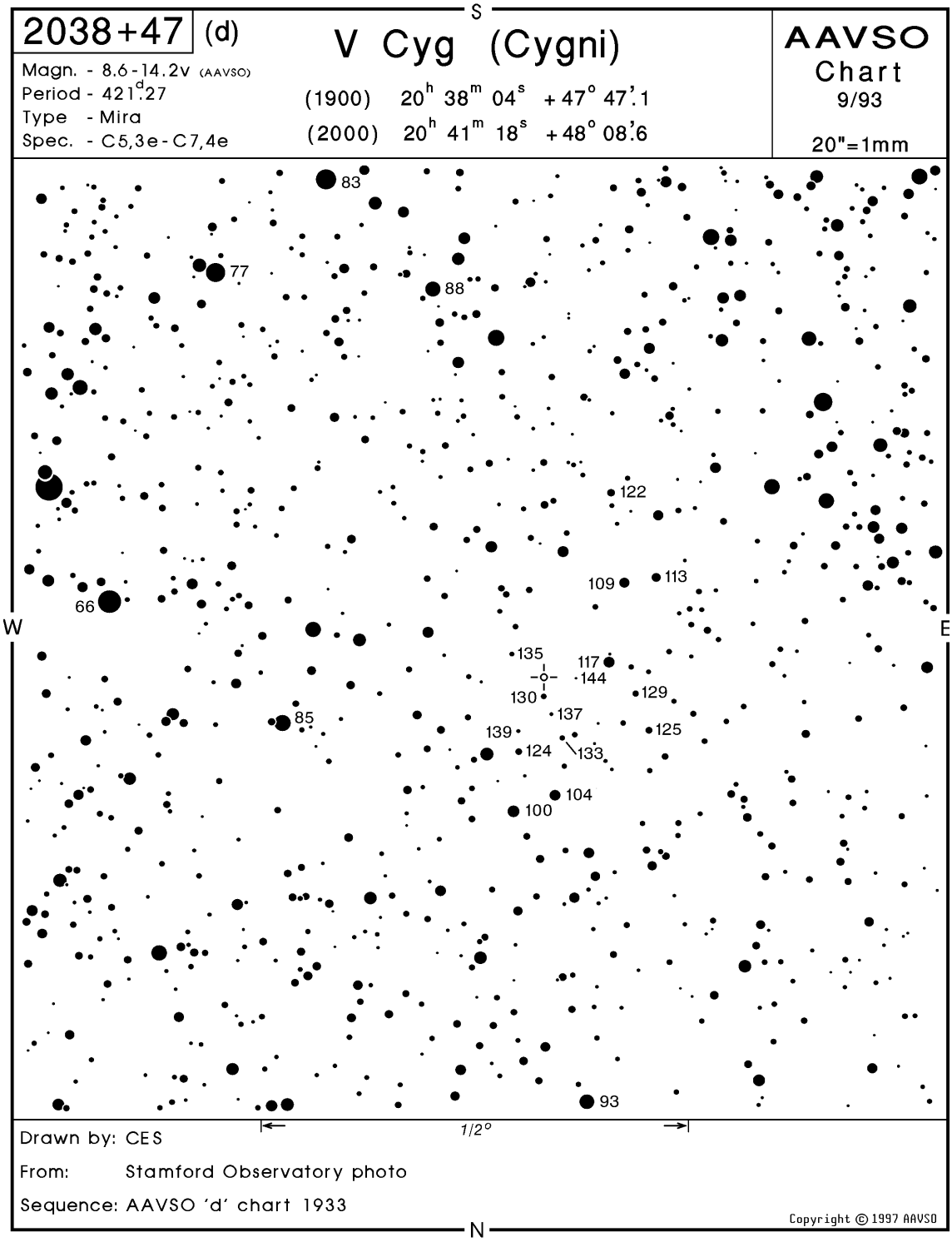
8.3. Vertailukartat

Toinen karttatyyppi jota käytetään havainnoinnissa on ns. *vertailukartta*. Vertailukarttaa joka näyttää muuttujan ympäriltä muutaman asteen läpimittaisen alueen taivasta kannattaa käyttää myös kohteen lopulliseen löytämiseen ja varmistamiseen.

Vertailukartoissa oleellista on ns. sekvenssi. Sekvenssillä (*sequence*) tarkoitetaan vertailutähtiä ja niiden kirkkautta. Vertailutähdet ovat virallisia ja niiden kirkkaus on tarkoin mitattu. Tästä syystä mikä tahansa tähti ei kelpaa vertailutähdeksi. Eri julkaisijoiden kartoissa samoille vertailutähdille on merkitty eri kirkkaudet. Tällöin sanotaan, että sekvenssit eroavat toisistaan. Tämän vuoksi on aina ilmoitettava havaintoa kirjatessa mitä karttaa eli kenen sekvenssiä on käytetty havaintohetkellä.

Kun etsinkarttaa käyttäen olet päässyt muuttujan välittömään läheisyyteen suoritat mittauksen käyttäen vertailukarttaa. Jos vertailukarttoja on tarjolla useita kannattaa aluksi käyttää sitä karttaa joka esittää laajimman alueen taivasta.

Tässä oppaassa käytämme AAVSOn karttoja koska nämä ovat ylivoimaisesti käytetyimpiä karttoja harrastajien parissa.



Kuva 2: V Cygni tähden vertailukartta Newton-tyyppiselle kaukoputkelle. Vertailutähtien kirkkaudet on merkitty numeroin ja niissä ei ole käytetty desimaalipistettä. Esimerkiksi numero 144 tarkoittaa 14.4 magnitudia ja numero 124 tarkoittaa 12.4 magnitudia. Numero 85 tarkoittaa 8.5 magnitudia. Desimaalipistettä ei ilmoiteta magnitudeissa jotta sitä ei erehdyttäisi luulemaan tähdeksi. Kiinnitä huomiota kartan mittakaavaan. Tämä on merkitty kuvan alaosaan ja tässä kartassa alueen koko vaakasuunnassa on noin 1 aste.

Oheisessa vertailukartassa (kuva 2) on esitetty V Cygni muuttuja ja sen vertailutähdet. Kartta on hyvin yksityiskohtainen ja siihen on merkitty tähdet noin asteen läpimittaiselta alueelta.

Tämä kartta soveltuu Newton-tyyppisille kaukoputkille koska etelä (South, S) on ylhäällä ja pohjoinen (North, N) on alhaalla ja itä ja länsi (East E, West W) ovat vaihtaneet paikkaa. Kartta siis esittää taivaan ylösalaisin kuten se näkyisi juuri Newton tyyppisissä kaukoputkissa.

Itse muuttuja on piirretty lähelle kuvan keskustaa pienellä o-renkaalla jonka eri puolille on merkitty lyhyet viivat.

Vertailutähtien kirkkaudet on merkitty ilman desimaalipilkkua. Tällöin merkintä 135 tarkoittaa 13.5 magnitudia. Vastaavasti 124 tarkoittaa 12.4 magnitudia. Desimaalipilkkuja ei käytetä vertailukartoissa koska desimaalipiste voidaan tulkita tähdeksi ja se voi haitata kartan selkeyttä.

Kartan vasempaan yläreunaan on kirjattu kohteen magnitudi, periodi, tyyppi ja spektriluokka. Tässä esimerkissä kohteen amplitudi on 8.6 - 14.2 magnitudia. Periodi on 421 vuorokautta ja tyypiksi on ilmoitettu Mira. V Cygni on siis sykkivä muuttuja. Spektriluokasta nähdään, että tähti on väriltään punainen kuten on laita kaikkien Mira-tähtien kohdalla.

Kartan vasempaan yläreunaan on merkitty numerokoodi 2038+47. Tämä on kohteen ns. AAVSO numero jolla tähti yksilöidään. Nämä perustuvat tähden summittaisiin koordinaatteihin taivaalla. Numero 20 viittaa RA tunteihin, 38 RA minuutteihin ja +47 tähden deklinaatioon asteissa. Numerokoodista käytetään englannin kielessä nimeä *designation*.

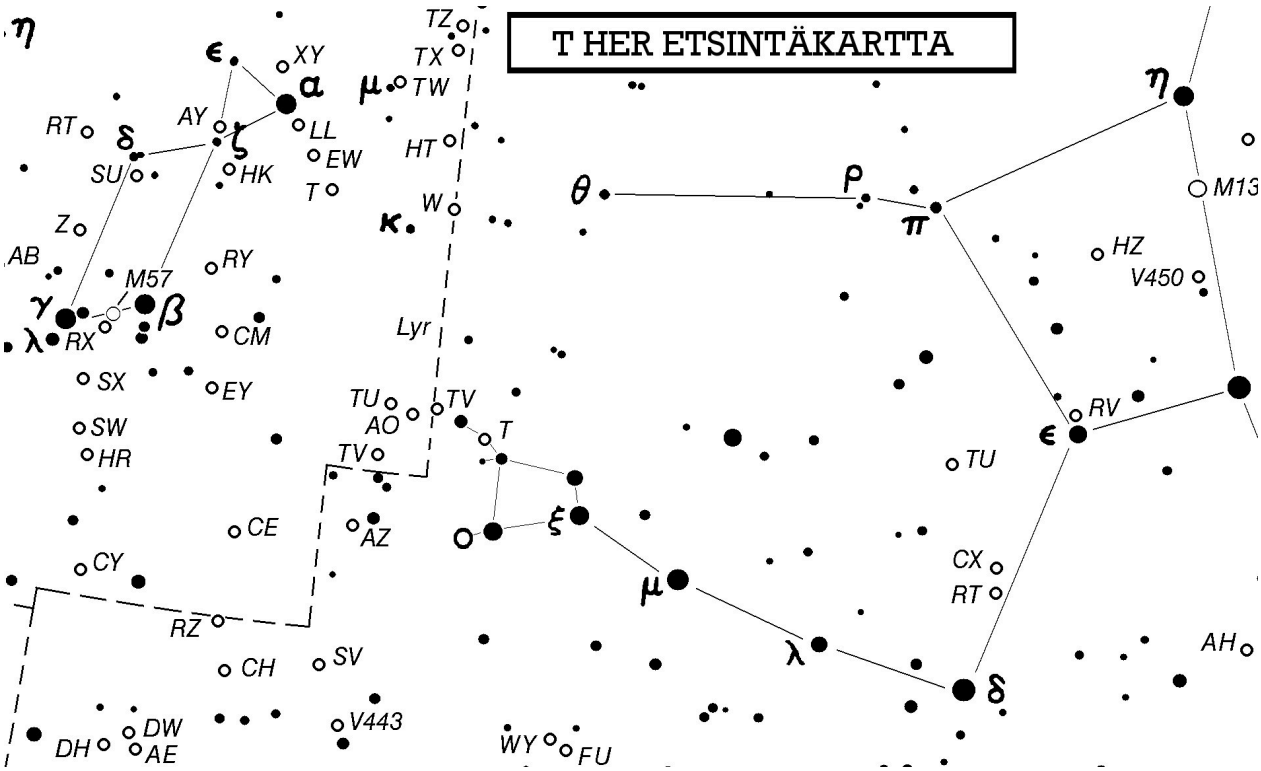
Ennen havaintojen tekemistä tähtitaivaan alla varmistu ensin siitä, että kartat soveltuvat juuri sen tyyppiselle havaintovälineelle kuin mitä aiot käyttää.

Periaatteessa kohteita voi paikallistaa kolmella eri menetelmällä riippuen siitä millainen havaintolaite on käytössä. Näitä ovat tähtihyppely, asteikkorenkaat (koordinaattikehät) ja goto-tekniikalla varustetut kaukoputket.

8.4. Tähtihyppely

Yleensä visuaalihavaitsijat etsivät kohteen taivaalta tähtihyppelyn avulla. Tällä tarkoitetaan menetelmää jolla kohteeseen edetään pienin hyppäyksin. Ensimmäinen hyppypiste on yleensä jokin riittävän kirkas tähti josta hyppely aloitetaan. Tästä alkupisteestä edetään huolellisesti tähdestä toiseen kunnes lopulta saavutaan alueelle jolla muuttujan pitäisi olla.

Eräs perusvirhe jonka aloittelijat usein tekevät tässä vaiheessa on se, että he alitajuisesti olettavat tähden yleensä olevan näkyvissä. Useinhan on niin, että muuttuja saattaa olla minimissään eli niin himmeä, että se ei ole havaintohetkellä kaukoputkellasi nähtävissä. Tällöin joudut tekemään mentaaliakrobatiaa ja kuvittelemaan miltä kyseinen alue näkökentässäsi näyttäisi jos muuttuja puuttuisi siitä.



Kuva 3: T Her on Herkuleksen tähdistössä oleva muuttuja joka maksimissaan on myös kiikarihavaitsijoiden ulottuvilla. Tähden luokse on melko helppo saapua tähtihyppelyn avulla. Lähtökohdaksi voi ottaa esimerkiksi Delta tai Ksi Herkuleksen. Lyyran tähtikuvio on kartan vasemmassa reunassa. Kuten huomaat alueella on useita muitakin kohteita jotka on merkitty kirjainkoodeilla. Yllä olevan kaltainen laajan alueen kartta soveltuu hyvin nimenomaan etsinkartaksi. Kun olet lähellä muuttujaa joudut ottamaan käyttöön yksityiskohtaisemman kartan (katso kuva 4).

Toinen tähtihyppelyyn vaikuttava seikka on se, käytätkö ekvatoriaalisesti pystytettyä kaukoputkea vai et. Jos käytät, voi sinun olla helpompi suunnistaa karttaan merkittyjen deklinaatio ja rektaskensio viivojen avulla kohteen luokse.

8.5. Koordinaatistorenkaat (koordinaatistokehät, asteikkokehät)

Useissa tähtikaukoputkissa on valmiina koordinaatistorenkaat. Renkaita on kaksi: yksi tuntiakselille (rektaskensio eli RA rengas) ja yksi deklinaatiolle eli pystysuuntaukselle.

Jos aiot käyttää tätä apuvälinettä kohteita etsiessäsi on sinun ennen jokaista havaintokertaa tarkasti suunnattava tähtikaukoputkesi kohti taivaan napaa ja synkronoitava tuntiakselin kiekko jonkin tuntemasi tähden koordinaattien mukaisesti.

Tässä yhteydessä emme käy läpi ns. *polar-alignment* prosessia joka tarkoittaa sitä toimenpidettä millä kaukoputkesi tuntiakseli (rektaskensio) saadaan tarkasti osoittamaan kohti taivaan pohjoisnapaa. Useimmiten yksityiskohtaiset ohjeet tähän toimenpiteeseen on kerrottu kaukoputken ohjekirjassa. Lisäksi Internetistä löytyy runsaasti ohjeita siitä miten suuntaus tehdään.

Sellaisten kaukoputkien omistajat joilla on käytössään yli asteen suuruinen näkökenttä (tähän sisältyvät melkein kaikki lyhyellä polttovälillä varustetut kaukoputket) voivat hyötyä koordinaatistorenkaiden käytöstä olettaen että koordinaatistorenkaiden merkinnät ovat riittävän tarkat. Jos maksiminäkökenttä on esimerkiksi kaksi astetta olisi merkintöjen oltava vähintään

asteen tarkkuudella. Jos näkökenttä on yksi aste olisi merkintöjen välin oltava vähintään puoliastetta.

Jos käytössäsi on kaukoputki jossa on melko kapea näkökenttä voi asteikkorenkaiden käyttö olla ongelmallista koska niillä ei päästä siihen tarkkuuteen jota pieni näkökenttä edellyttää. Tästä ongelmasta kärsivät useimmat Schmidt-Cassegrain kaukoputket koska niissä on suhteellisen pitkä polttoväli.

Asteikkorenkaiden käytössä toinen helpottava tekijä on kellokoneisto. Jos kaukoputkessasi on kellokoneisto se pystyy seuraamaan kohdetta mittausta tehdessäsi. Jos sinulla ei ole kellokoneistoa joudut ennen hyppyä seuraavaan kohteeseen synkronoimaan tuntiakselin jonkin tunnetun kohteen avulla. Tässä tapauksessa voit tietysti käyttää juuri mittaamaasi muuttujan koordinaatteja olettaen, että olet vuoren varma että olit oikealla taivaan alueella.

Koordinaatistorenkaiden käytöstä muuttujatyössä todettakoon, että jos olet niitä tottunut käyttämään niin ne ovat oiva apuväline kohteiden löytämiseen. Jos et ole tottunut käyttämään niitä tai sinulla on pitkäpolttovälinen kaukoputki on tähtihyppely huomattavasti varmempi, joskin aikaavievempi, menetelmä.

8.6. GO-TO tekniikalla varustetut kaukoputket

Nykyään markkinoilla on runsaasti GO-TO tekniikalla varustettuja kaukoputkia. Näiden käytössä visuaalihavainnoissa on sekä hyviä että huonoja puolia. Hyvät puolet ovat, että jos olet onnistunut suuntaamaan kaukoputkesi jalustan taivaan napaan ja käytössäsi oleva goto-tekniikka on riittävän luotettava ja näkökenttä on riittävän laaja (mielellään yli yksi aste) voi goto-tekniikka nopeuttaa ja helpottaa merkittävästi havaintotyötäsi.

Ikävä kyllä, useimmiten goto-tekniikan hyödyntäminen ei ole aivan niin suoraviivaista kuin voisi luulla. Useimmin ongelmat liittyvät jalustan epätarkkaan suuntaukseen, mekaanisiin ongelmiin ja epätarkkuuksiin (akseliston "lipsuminen", “cone error” jne.) tai ongelmia aiheuttavat tietokoneohjelmistoissa olevat virheet ja/tai muut elektroniset ongelmat.

Jos kuulut niihin onnekkaisiin joilla on hyväksi havaittu ja toimiva goto-kaukoputki voit helposti luoda listan niiden tähtien koordinaateista joita seuraat. Useimmissa goto-malleissa on mahdollista syöttää omia havaintokohteita koneen muistiin ja täten seuraavan kohteen löytäminen taivaalta on (ainakin teoriassa) yhtä helppoa kuin "next" nappulan painaminen. Oma kokemukseni kuitenkin on, että harvoin asiat toimivat tähtitaivaan alla aivan näin helposti.

8.7. Kohteen varmentaminen

Kun lopulta olet mielestäsi löytänyt muuttujan taivaalta (muista, että se voi olla myös himmeänä jolloin kyseisessä taivaankohdassa ei näy kuin tuttua mustaa ääretöntä avaruutta!) ja oletat että nyt näkökentässäsi näkyvä tähti on se minkä luulet sen olevan joudut kuitenkin vielä verifioimaan, että olet oikeassa paikassa. Varmentamisessa voit käyttää paria niksiä.

8.7.1. Geometriset tarkistuskuviot

Varmentamiseen tarvitset vertailukartan ja hieman geometrista silmää. Hahmota tarkasti ovatko samassa näkökentässä ja lähialueilla olevat tähdet löydettävissä myös vertailukartasta. Tässä tehtävässä auttaa jos sinulla on hieman geometristen kuvioiden tajua koska tähtiryhmittymistä voi helposti mieltää erilaisia geometrisia kuvioita (kolmioita, vinoneliöitä, tähtipareja jne.).

Yritä ensin löytää vertailukartasta pari tai kolme tähtien muodostamaa geometrista kuviota. Älä kuitenkaan käytä itse muuttujaa tällaisen kuvion muodostamisessa. Esimerkiksi, jos

vertailukartassa näkyy "alareunassa" vinokolmio niin tarkista näkyykö vastaavan muotoinen vinokolmio myös kaukoputkesi näkökentässä ja että onko se oikean muotoinen ja suuntainen.

Jos muuttuja sijaitsee alueella joka ei ole sinulle ennestään tuttu käytä vähintään kahta tai kolmea tällaista geometrista tarkistuskuviota. Yhden kuvion käyttäminen ei riitä koska yllättävän samankaltaisia tähtiryhmittymiä - varsinkin linnunradan tähtirikkailla alueilla - voi olla myös väärän kohteen lähistöllä.

8.7.2. Tähden väri indikaattorina

Toinen niksi (yllä mainittujen geometristen kuvioiden lisäksi) on käyttää tähden väriä indikaattorina. Tämä niksi yleensä toimii punaisten muuttujien kohdalla joita ovat mm. kaikki Mira tähdet ja tietyt puolisäännölliset muuttujat (eri SR luokan muuttujat). Jos muuttujan pitäisi olla punainen tai punertava ja kohteesi ei näytä ollenkaan punertavalta joudut todennäköisesti ottamaan etsinnän uudestaan.

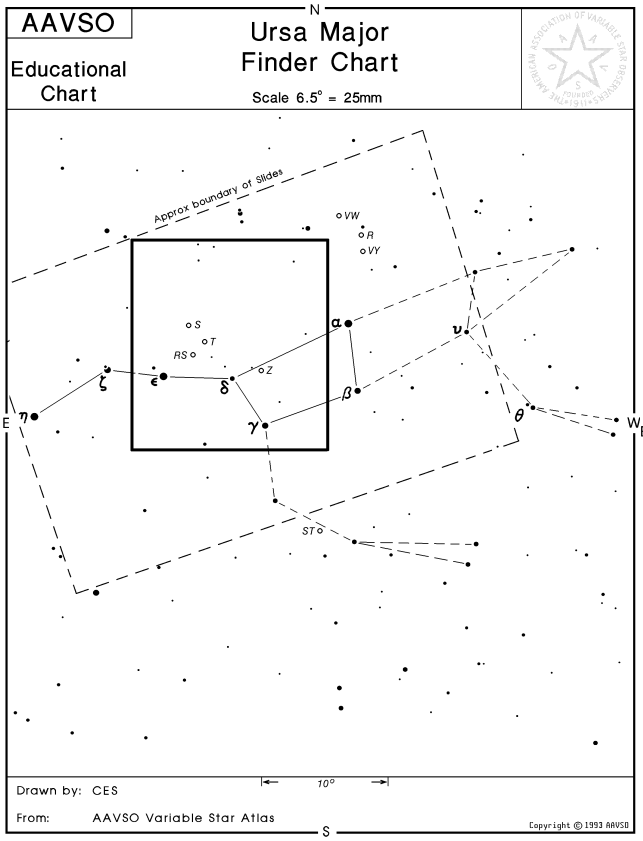
8.8. Z UMA havaintoharjoitus

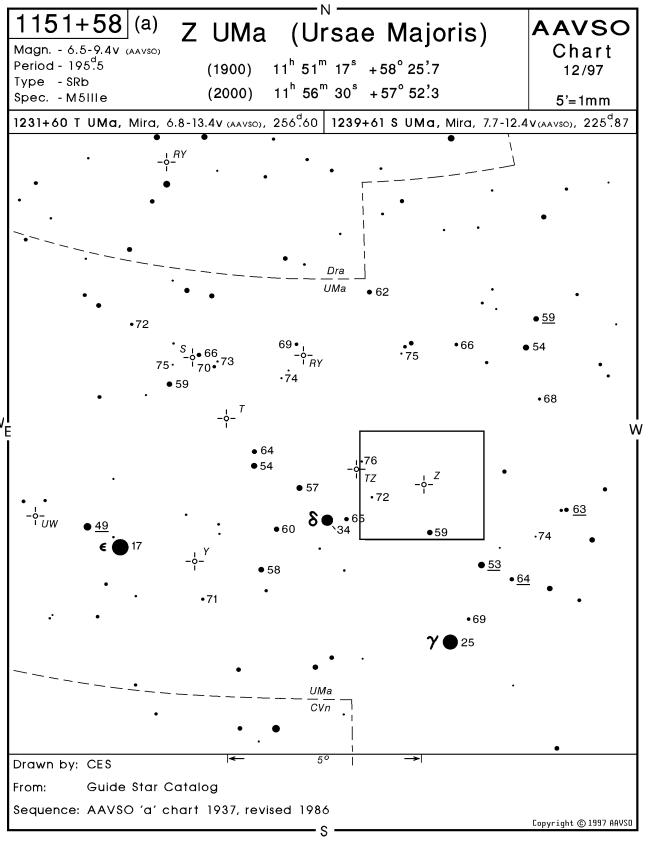
Seuraavalla sivulla on kolme Z UMA karttaa. Käytä näitä karttoja tähden etsimiseen ja mittauksen tekemiseen.

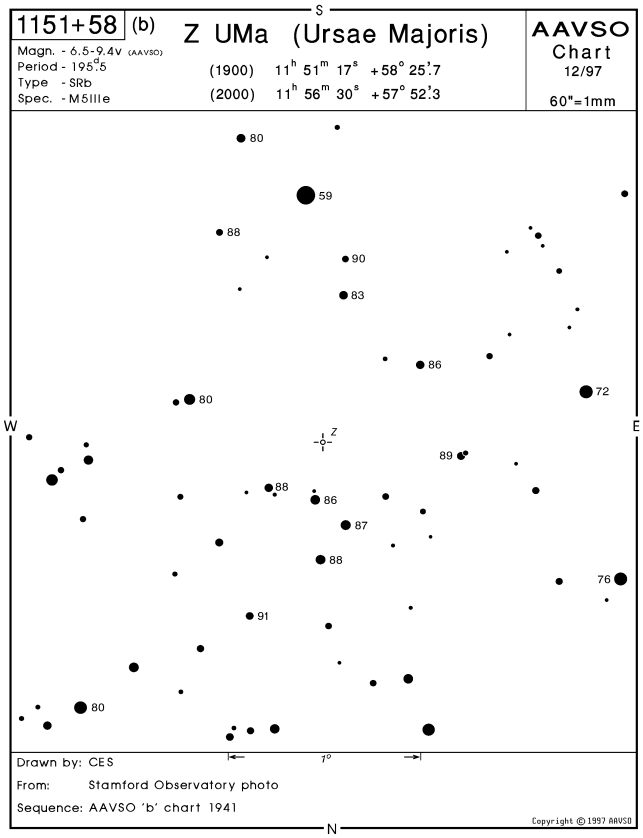
Visuaalisen kirkkausmittauksen tekeminen on selitetty yksityiskohtaisesti tämän oppaan kappaleessa “Mittauksen tekeminen”.

8.9. Delta Kefeus havaintoharjoitus

Delta Kefeuksen soveltuu hyvin paljain silmin havainnoitavaksi kohteeksi. Havaintoharjoitukseen tarkoitetut kartat on esitetty alempana.







Z UMA havaintoharjoitus

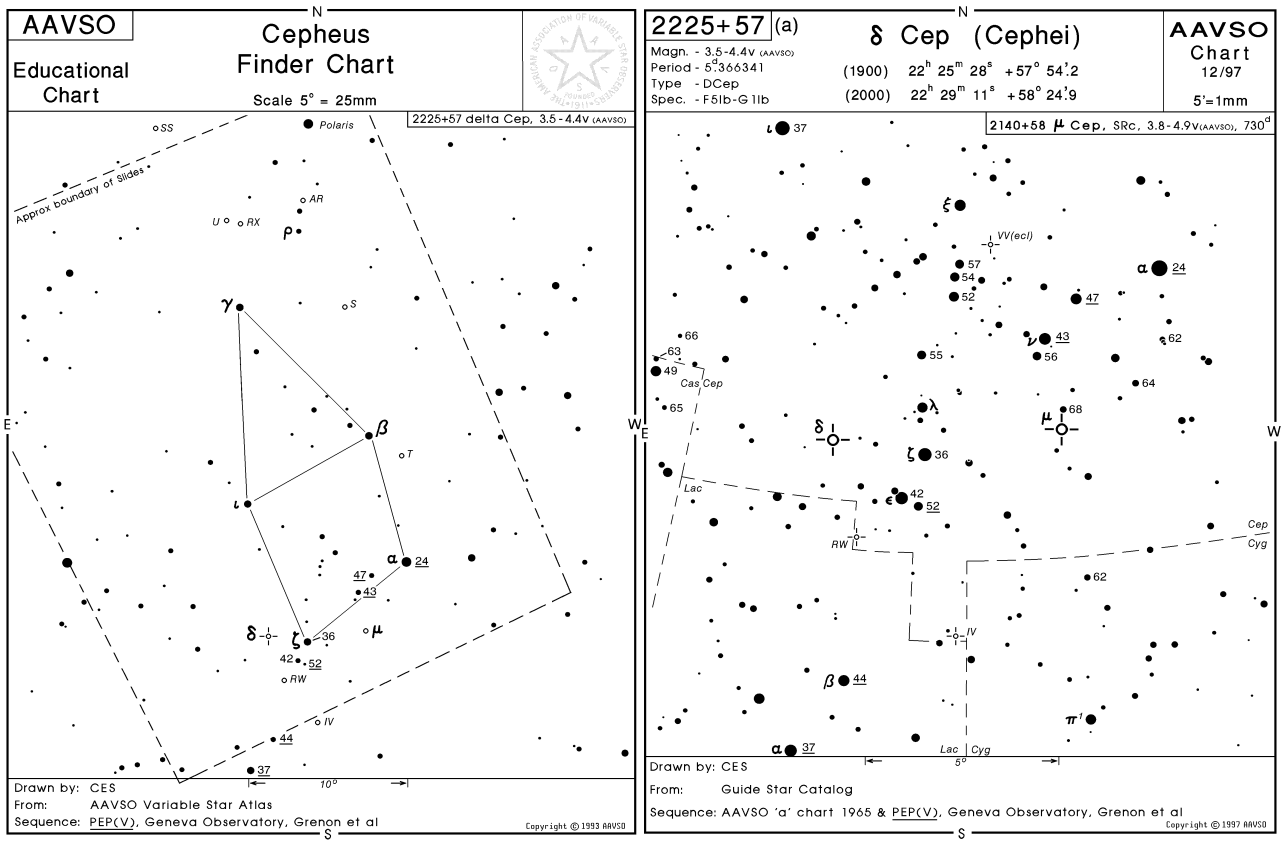
Tällä sivulla olevien karttojen avulla pystyt paikallistamaan Z UMA muuttujan Ison Karhun tähdistöstä.

Kiikarihavaitsijat voivat käyttää (a) karttaa kirkkauden mittaamisessa ja Newton-kaukoputkea käyttävät voivat käyttää (b) karttaa. Huomioi havaintoa tehdessäsi karttojen mittakaavat. Mieti miten suuren osan taivasta näet kartasta omilla havaintolaitteillasi.

Etsinkartan sisälle piirretty neliö kuvastaa (a) kartan sisältöä ja (a) kartan sisälle piirretty neliö kuvastaa (b) kartan sisältöä.

Z UMA on puolisäännöllinen SRb luokan muuttuja. Tähden amplitudi on 6.5-9.4 magnitudia ja jakso 195.5 vuorokautta. Se sopii näin ollen hyvin havaintokohteeksi sekä kiikarihavaitsijoille että pienehkön kaukoputken omistajille.

Huomaa, että (a) karttaan on merkitty useita muitakin muuttujia jotka sijaitsevan Ison Karhun alueella. Hae näiden vertailukartat AAVSOn verkkopalvelusta osoitteesta www.aavso.org tai www.aavso.org/charts/UMA/

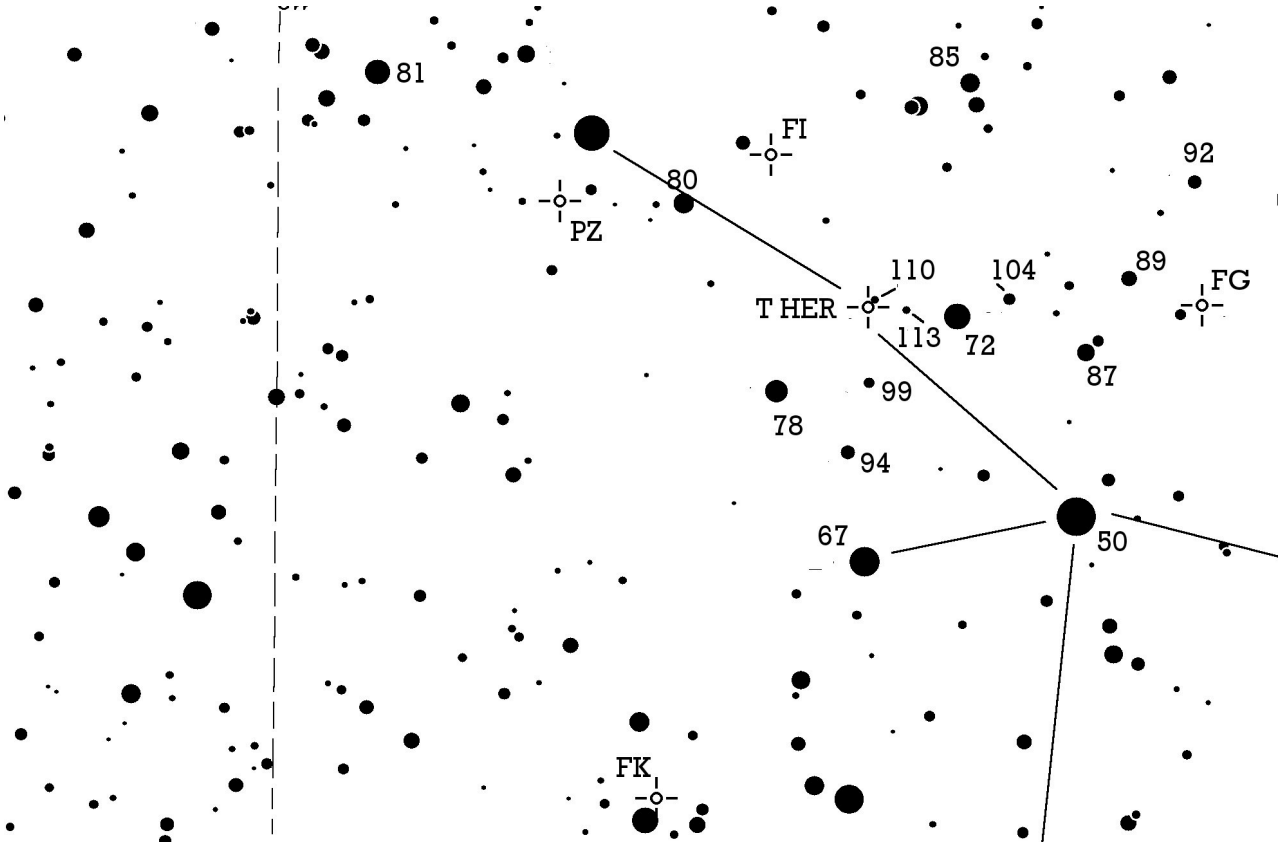


Delta Kefeus havaintoharjoitus. Käytä yllä olevia karttoja tässä paljain silmin tehtävässä harjoituksessa. Soveltuvia vertailutähtiä ovat vertailutähdet joiden kirkkaudet ovat 36 ja 42. Nämä sijaitsevat kätevästi lähellä muuttujaa joten mittaaminen on helppoa**.** Voit samalla yrittää mitata nyös μ Cepheus tähden kirkkautta.

Jatkoharjoitus: Käytä apunasi www.aavso.org palvelua ja selvitä minkätyyppisiä muuttujia muut karttoihin merkityt muuttujat ovat. Mieti minkätyyppisellä laitteella kohteita voisi parhaiten havaita.

9. MITTAUKSEN TEKEMINEN

Kun olet varmistanut, että olet oikealla tähtialueella ja näkökentässäsi on kuin onkin muuttuja suoritat seuraavaksi koko havaintoistunnon tärkeimmän vaiheen: muuttujan kirkkauden mittaamisen. Toisinaan itse mittaus on huomattavasti helpompi kuin kohteen löytäminen (toisinaan taas päinvastoin).



Kuva 4: T Her muuttujan vertailukartta kiikarihavaitsijoille.Vertaa tätä kartan aluetta T Her etsintäkarttaan. Tähän karttaan on merkitty T Her muuttuja ja sen välittömässä läheisyydessä olevat vertailutähdet. Numerot ovat vertailutähtien kirkkauksia ja esimerkiksi 94 tarkoittaa 9.4 magnitudia ja vastaavasti 113 tarkoittaa 11.3 magnitudia. Kaukoputkea käyttäville havaitsijoille suositellaan alla olevaa vielä yksityiskohtaisempaa karttaa.

Ennenkuin käymme läpi miten muuttujan kirkkaus eli magnitudi mitataan selitämme lyhyesti miten magnitudit toimivat.

9.1. Visuaaliset magnitudit

Tähdet luokitellaan ns. suuruusluokkiin (ehkä parempi Suomenkielinen termi olisi *kirkkausluokka* koska kyseessä ei ole mitenkään tähden kokoon liittyvä tekijä).

Magnitudijärjestelmä on vanha ja juontaa alkunsa Hipparkhoksen aikoihin toistasataa vuotta ennen ajanlaskumme alkua. Hipparkhos jakoi paljain silmin näkyvät tähdet kuuteen luokkaan niiden näennäisten kirkkauksien mukaan. Ensimmäiseen luokkaan kuuluivat kirkkaimmat tähdet ja kuudenteen luokkaan himmeimmät paljain silmin näkyvät tähdet.
Toisinsanoen himmeämmät tähdet ovat magnitudinumeroltaan suurempia kuin kirkkaammat tähdet. Magnitudit voivat olla myös negatiivisia. Auringon magnitudi on -26 magnitudia. Himmeimmät kohteet mitä nykyään on kuvattu ovat noin 33 magnitudia. Tällöin on käytetty

suurimpia kaukoputkia ja herkimpiä ilmaisimia ja pitkiä valotusaikoja. Harrastajavälinein voidaan visuaalihavainnoissa päästä noin 16 magnitudiin (peilin koko noin 40-50 cm). Tavallisella noin 20 cm peiliputkella voidaan päästä hyvissä olosuhteissa noin 13.5 magnitudiin.

Havaintolaite		Rajamagnitudi
Ihmissilmä	6 mm	6
Kiikari 7x50	5 cm	10
3 tuuman peili	7 cm	11.5
4 tuuman peili	10 cm	12.0
6 tuuman peili	15 cm	12.9
8 tuuman peili	20 cm	13.4
10 tuuman peili	25 cm	13.9
12 tuuman peili	30 cm	14.3
14 tuuman peili	35 cm	14.6
16 tuuman peili	40 cm	14.9
18 tuuman peili	45 cm	15.1

Taulukko 4: Erilaisten kaukoputkien rajamagnitudeja. Rajamagnitudi tarkoittaa miten himmeitä kohteita voidaan laitteella havaita.

Ihmissilmä ei havaitse valon voimakkuutta lineaarisesti vaan logaritmisesti. Tämä tarkoittaa, että jos taivaalla on esimerkiksi kolme tähteä joiden vuontiheydet (=säteilyn teho tietyllä pinta-alalla) ovat 1, 10 ja 100 yksikköä, tulkitsee silmä toisen ja kolmannen tähden välisen kirkkauseron yhtä suureksi kuin ensimmäisen ja toisen tähden. Silmä ei siis näe kolmatta tähteä sata kertaa kirkkaampana kuin ensimmäistä siitäkään huolimatta, että kolmannen tähden säteilyteho on sata kertainen ensimmäiseen verrattuna.

Norman R. Pogson vuonna 1856 jatkokehitti Hipparkhoksen magnitudijärjestelmää. Pogsonin järjestelmä kuitenkin seurasi vanhaa järjestelmää melko uskollisesti.

Koska Hipparkhoksen järjestelmässä ensimmäisen luokan tähti on noin 100 kertaa kirkkaampi kuin kuudennen luokan tähti määritteli Pogson tästä, että kahden peräkkäisen magnitudin suhteen pitää olla 2.5 koska 2.5 x 2.5 x 2.5 x 2.5 x 2.5 = n. 100.

Jos jokaisen magnitudiluokan välinen ero on aina noin 2.5 kertainen seuraa tästä mm. se, että jos kahden tähden välinen magnitudi ero on 3 magnitudia on niiden kirkkausero yli 15 kertainen koska 2.5 x 2.5 x 2.5 = 15.6.

Selvitettävä montako kertaa on 11 magnitudin tähti himmeämpi verrattuna 9 magnitudin tähteen.

Koska magnitudien erotus on

11 - 9 = 2 magnitudia

Saadaan

2.5 x 2.5 = 6.25

Toisin sanoen 11 magnitudin tähti on 6.25 kertaa himmeämpi kuin 9 magnitudin tähti.

9.2. Visuaaliset mittaukset

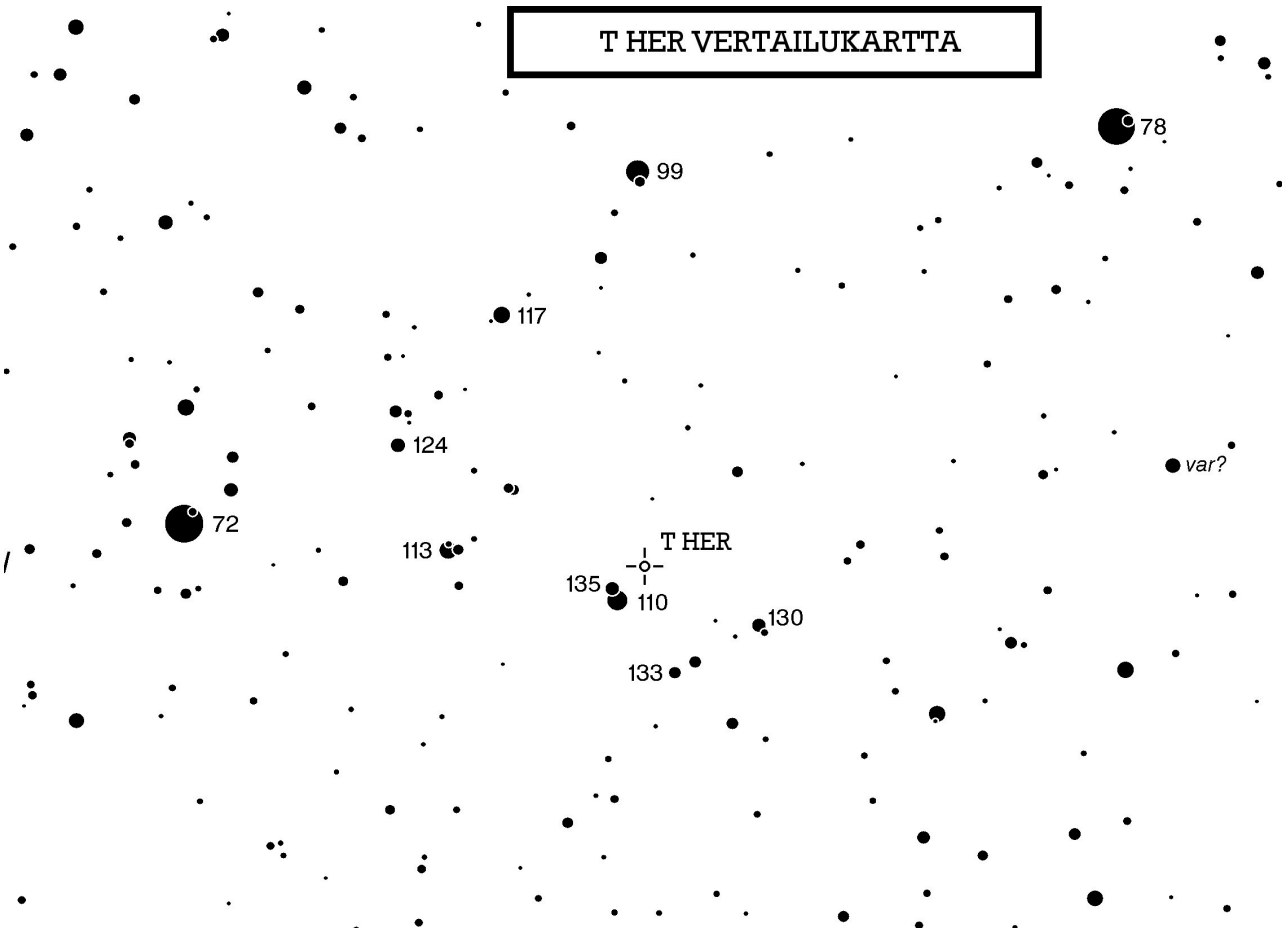
Koska tähden kirkkautta ei mitenkään voi absoluuttisesti mitata paljain silmin ovat kaikki visuaaliset magnitudimittaukset aina arvioita. Käytännössä tähden kirkkaus mitataan vertaamalla sitä silmämääräisesti lähellä oleviin ns. vertailutähtiin.

Koska mittaukset ovat arvioita niihin sisältyy aina tietty virhemarginaali joka aloittavilla havaitsijoilla voi olla suurikin, jopa 0.5 magnitudia punaisten tähtien kohdalla mutta usein pienempi n. 0.2-0.3 magnitudia. Kokeneet havaitsijat voivat päästä noin 0.1 magnitudin tarkkuuteen. Aloittavan havaitsijan ei kannata ensimmäisiä havaintoja tehdessään liikaa murehtia virhemarginaalista ja sen suuruudesta mutta todettakoon silti, että mittauksen tekemisessä kannattaa aina olla huolellinen.

Tilanteessa jossa muuttujasi on näkymättömissä ei mittaukseen mene paria sekuntia kauempaa. Tällöin merkitset havaintokirjaasi, että kohde oli näkymättömissä ja oheen liität päiväyksen ja kellonajan lisäksi tiedon siitä, mikä oli himmein näkemäsi tähti näkökentässä. Jos himmein tähti oli esimerkiksi 12.5 magnitudia merkitset havainnoksi "<12.5". Havaintojen kirjaaminen on selitetty yksityiskohtaisesti tämän kappaleen lopussa. Kun tähti on näkymättömissä käytetään tästä joskus nimeä *negatiivinen havainto*.

Jos kohteesi on näkyvissä voit luonnollisesti arvioida sen kirkkauden. Tästä käytetään toisinaan termiä positiivinen havainto.

Aina mittausta tehdessäsi kirjaa se mitä näet. Älä anna aikaisemman mittauksesi vaikuttaa itseesi havaintohetkellä äläkä etukäteen mene tarkistamaan esimerkiksi Internetistä mitä muut ovat mitanneet kohteen kirkkaudeksi. Etukäteen hankittu “tieto” tulee vaikuttamaan alitajuisesti omaan mittaukseesi ja pyrit tietämättäsi samanlaiseen mittaustulokseen kuin muutkin. Jos muut mittasivat väärin niin nyt sinäkin tulet mittaamaan väärin.



Kuva 5: Yksityiskohtainen T Her vertailukartta Newton tyyppisille kaukoputkille. Kartassa pohjoinen on alhaalla ja etelä ylhäällä. Itä on vasemmalla ja länsi oikealla. Vertaa tätä karttaa kiikarihavaitsijoille tarkoitettuun karttaan. Tähän karttaan on myös merkitty T Her tähden välittömässä läheisyydessä olevat kaksi tähteä (11.0 ja 13.5 magnitudia). Nämä ovat todennäköisesti kaukoputkihavaitsijan nähtävissä. Kartta soveltuu siis myös T Her tähden havainnointiin sen ollessa minimissään ja mainitut vertailutähdet näkyvät helposti myös samassa näkökentässä. Kartan läpimitta on noin 0.5 astetta eli alue on taivaalla suurinpiirtein täysikuun kokoinen. Huomaa oikeassa reunassa oleva tähti jonka vieressä on “var?” merkintä. Tämä tarkoittaa, että kyseinen tähti saattaa olla myös muuttuja.

9.3. Purkinjen efekti

Purkinjen efektillä tarkoitetaan sitä silmän fysiologista ilmiötä mikä syntyy kun havaitset punaista valoa säteilevää kohdetta. Käytännössä Purkinjen efektiä kannattaa varoa kun havaitset punaisia muuttujia. Ikävä kyllä, merkittävä osa muuttujista on punaisia. Ilmiö vaikuttaa siten, että miellät punaisen tähden kirkkaammaksi kuin mitä se todellisuudessa on. Virhe saattaa olla jopa puolen magnitudin luokkaa, joka on siis merkittävä.

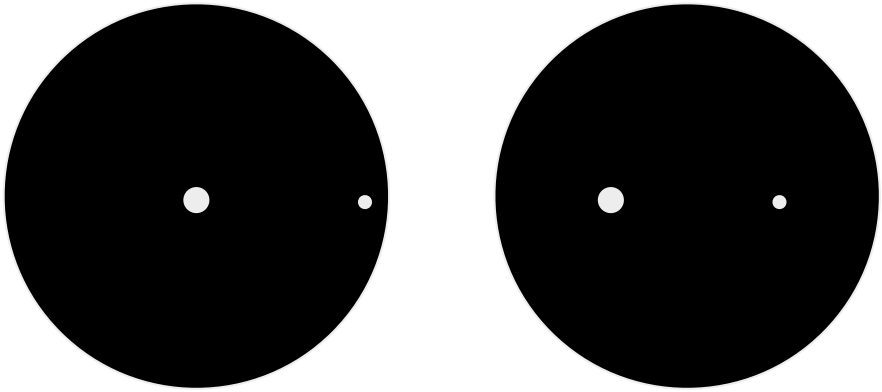
Punaisen tähden tuijottaminen pitkään vain pahentaa ilmiötä. Tämä johtuu siitä, että ihmissilmä reagoi punaiseen valoon eri tavalla (pupilli laajenee ja pysyy suurena punaisessa valossa) kuin valkoiseen valoon (pupilli supistuu ja valonkeräyskyky heikkenee). Tämän takia mm. tähtiharrastajat suosivat havaintoistunnon aikana punaisia taskulamppuja koska ne eivät vaikuta pimeänäköön niin haitallisesti kuin valkoinen taskulamppu.

Miten sinun pitäisi mitata punaisen muuttujan kirkkautta jos tähden väri kerran vaikuttaa arvioosi? Käytännössä suoritat mittauksen siten, että teet nopeita vilkaisuja muuttujan ja vertailutähden välillä (joka muuten yleensä ei ole punainen!) ja et tuijota muuttujaa sekuntia tai kahta kauempaa.

Käytännössä kaikilla visuaalihavaitsijoilla on suurempi mittausvirhe punaisten muuttujien kohdalla kuin muiden. Kokemuksen kertyessä pystyt jopa selvittämään oman keskimääräisen mittausvirheesi ja korjaamaan sitä havaintojen jälkikäsittelyssä.

9.4. Kohteiden asemointi näkökentässä

Joidenkin laajakulmaisten kaukoputkien optiikassa saattaa esiintyä ns. *vignetting* ilmiö. Tämä tarkoittaa sitä, että näkökentän reuna-alueilla olevat tähdet näkyvät himmeämpinä kuin miltä ne näkyisivät jos ne olisivat kuvakentän keskellä. Tämä on seikka joka on huomioitava muuttujatyöskentelyssä.



Kuva 6: Samaan näkökenttään mahtuvan muuttujan ja vertailutähden asemointi näkökentässä. Vasemmalla väärin tehty asemointi koska vertailutähti on oikeassa reunassa jolloin *vignetting* ilmiö vaikuttaa vain vertailutähden kirkkauteen siten, että näet sen himmeämpänä kuin se oikeasti on. Oikealla asemointi on tehty oikein koska tähdet ovat yhtä etäällä kuvan keskustasta ja vignetting ilmiö vaikuttaa niihin tasa-arvoisesti.

Jos näkökenttä on laaja ja sekä muuttuja että valitsemasi vertailutähti näkyvät samassa näkökentässä melko lähellä toisiaan on sinun asemoitava kohteet oikein.

Jos asetat muuttujan keskelle näkökenttää ja vertailutähden näkökentän reunalle (tai päinvastoin) vaikuttaa vignetting ilmiö näkökentän reunan lähellä olevaan tähteen siten, että näet sen himmeämpänä kuin mitä se normaalisi on. Tämä luonnollisesti vaikuttaa virheellisesti havaintoosi.

Jos kaukoputkesi kärsii vignetting-ilmiöstä voit silti mittailla muuttujia mutta joudut tällöin asemoimaan muuttujan ja vertailutähden näkökentässä siten että molemmat ovat yhtä etäällä näkökentän keskustasta. Tällöin vignetting ilmiö vaikuttaa tasaisesti molempiin tähtiin (koske ne ovat yhtä etäällä näkökentän keskustasta) ja sen vaikutus on täten saatu tasoitettua.

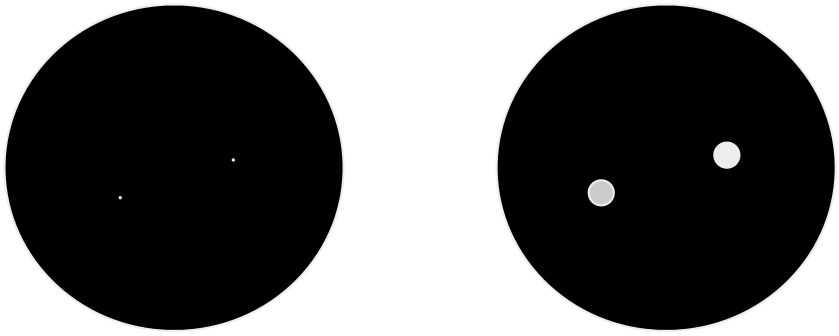
Kun tähdet on positioitu näkökentässä “samanarvoisesti” joudut vielä joko kääntämään kulmaprismaasi tai päätäsi niin, että näet ne vaakatasossa itseesi nähden. Tällä operaatiolla pyritään välttämään ns. “näkökulmavirhettä” (*position angle error*). Tämä on havaitsijasta riippuvainen tekijä ja joillakin se on suurempi kuin toisilla. Näkökulmavirheen aiheuttaa silmän fysiologinen rakenne joka on kaikilla ihmisillä erilainen. Tässä ilmiössä silmän verkkokalvon eri alueille osuva valo saatetaan havaita kirkkaampana tai himmeämpänä kuin se todellisuudessa on.

Jos muuttuja ja vertailutähti ovat niin etäällä toisistaan, että ne eivät mahdu samaan näkökenttään joudut vuorotellen kohdistamaan kaukoputken muuttujan ja vertailutähden välillä. Tämä vaatii hieman visuaalista muistamista koska et näe tähtiä samassa näkökentässä samanaikaisesti. Tämä voi vaatia hieman harjoittelua mutta jonkin ajan kuluttua huomaat ettei se ole niin vaikeata

kuin aluksi tuntuu. Tämän operaation vaarana on se, että saatat vahingossa hypätä lähellä olevan väärän tähden kohdalle ja käyttää sitä joko vertailutähtenä tai muuttujana.

9.5. *Out-of-focus* menetelmä

Eräs usein käytetty menetelmä havaintohetkellä on epätarkentaa kuva siten, että tähdet näkyvät pieninä palloina (tai rinkuloina jos käytät peiliputkea). Tämä auttaa ihmisen silmää havaitsemaan vähäisiä kirkkauseroja paremmin.



Kuva 7: Näkökentän epätarkentaminen (out-of-focus). Silmän on vaikea havaita pistemäisten kohteiden pieniä kirkkauseroja (vasen kuva). Epätarkentamalla kuvan (oikea kuva) pistemäiset tähdet saavat pinta-alan jolloin niiden kirkkauserojen vertaaminen on helpompaa. Tutki vasempaa kuvaa. Kumpi tähti on mielestäsi kirkkaampi, oikea vai vasen? Tutki sen jälkeen oikeaa kuvaa.

Kun epätarkennat kuvan niin tällöin tähti leviää palloksi jolloin sille muodostuu pinta-ala. Ihmissilmä pystyy vertaamaan kohteiden kirkkauksia huomattavasti paremmin jos valonlähteellä on pinta-ala koska valo osuu laajemmalle alueelle silmän verkkokalvolla.

Käytä tätä menetelmää varsinkin silloin jos sinulla on vaikeuksia päättää kumpi on kirkkaampi, muuttuja vai vertailutähti.

9.6. Vertailumenetelmät

Käytännössä muuttujan kirkkaus arvioidaan vertaamalla sitä samassa näkökentässä oleviin vertailutähtiin.

Vertailutähtien kirkkaus on vakio (tai ainakin niin toivotaan) ja havaitsijan tehtävänä on käyttää mittaushetkellä vertailutähtiä jotka sillä hetkellä soveltuvat parhaiten muuttujan mittaamiseen. Toisin sanoen, jos muuttuja on maksimissaan valitset todennäköisesti toiset vertailutähdet kuin sen ollessa minimissä.

Tähtien kirkkauden mittailu visuaalisesti alkaa sujua sitä paremmin (ja helpommin) mitä enemmän sinulle kertyy kokemusta. Alussa ensimmäiset mittaukset voivat tuntua vaikeilta varsinkin jos muuttujan kirkkaus on yllättävän lähellä jotakin vertailutähteä. Jossain määrin tämä on paradoksi, koska helpointahan olisi merkitä muuttuja saman kirkkautiseksi kuin vertailutähti. Käytännössä kuitenkin on todettu, että havaitsijat käyttävät paljon enemmän aikaa sellaisen muuttujan arvioimisessa joka on hämäävän lähellä vertailutähden kirkkautta.

Neuvoni aloittavalle mittaajalle on, että merkitse muuttuja samaksi kuin vertailutähti jos niiden kirkkaus on niin lähellä toisiaan ettet pysty helposti sanomaan kumpi on kirkkaampi tai himmeämpi.

Jos olet kovin epävarma mittauksestasi voit merkitä tämän havaintokirjaasi ":" merkinnällä. Tätä merkintää käyttää mm. AAVSO jolloin mittauksesi saa vähemmän tilastollista painoarvoa.

Menetelmiä miten muuttujan kirkkautta verrataan vertailutähtiin on useita. Alla selitetään neljä yleisintä menetelmää joista ensimmäinen ns. AAVSO menetelmä on helpoin.

9.6.1. AAVSO menetelmä

AAVSOn menetelmä on helpoin aloittaville havaitsijoille. Tässä menetelmässä muuttujan kirkkaus yksinkertaisesti haarukoidaan samassa näkökentässä olevien vertailutähtien perusteella ilman sen ihmeempää laskemista.

Samoin kuin Pogsonin menetelmässä niin myös AAVSOn menetelmässä pyritään näkökentästä löytämään yksi hieman kirkkaampi ja yksi hieman himmeämpi vertailutähti kuin muuttuja itse.

Jos muuttuja on vain hieman himmeämpi kuin sitä kirkkaudeltaan samankaltaisin vertailutähti merkitään muuttujan kirkkaudeksi sama kuin vertailutähden kirkkaus + 0.1 magnitudia.

Jos muuttuja on hieman enemmän himmeämpi niin merkitään muuttujan kirkkaudeksi vertailutähti + 0.2 magnitudia. Vastaavasti jos muuttuja on vain hieman kirkkaampi kuin vertailutähti merkitään vertailutähden kirkkaus - 0.1 magnitudia. Suurempien kirkkauserojen kohdalla joudutaan luonnollisesti käyttämään tapauskohtaisesti harkintaan.

AAVSOn menetelmässä samoin kuin Pogsonin menetelmässä kirkkauden arvioinnissa käytetyt askelmat ovat aina 0.1 magnitudin tarkkuudella.

AAVSOn menetelmässä käytetään suoraan havaintohetkellä vertailutähtien tunnettuja kirkkauksia ja muuttujaa verrataan suoraan vertailutähtiin 0.1 magnitudin askelmin. Havaintokirjaan kirjataan suoraan kohteen mitattu kirkkaus ja käytetyt vertailutähdet.

9.6.2. Murto-osa menetelmä (fractional method)

Tässä menetelmässä joudutaan laskemaan hieman enemmän kuin AAVSOn menetelmässä ja siinä voidaan päästä tarkempiin kuin 0.1 magnitudin tarkkuuksiin (laskennallisesti) siitäkin huolimatta että suurin osa havaitsijoista ei pysty luotettavasti erottamaan 0.1 magnitudia pienempiä kirkkauseroja.

Tässäkin menetelmässä näkökentästä valitaan yksi vertailutähti joka on kirkkaampi ja yksi joka on himmeämpi kuin muuttuja itse. Tämän jälkeen jaat vertailutähtien kirkkauseron mielessäsi murto-osiin. Voit aluksi harjoitella jakamalla vertailutähtien kirkkauseron esimerkiksi neljään osaan. Jakaminen kirkkauden perusteella voi vaatia hieman harjoittelua koska joudut kuvittelemaan mielessäsi miltä esim. 1/4 kirkkaampi tai himmeämpi tähti näyttäisi. Luonnollisesti jos vertailutähtien kirkkausero on pieni voit jakaa kirkkauseron kolmeen tai kahteen osaan.

Tämän menetelmän hyvä puoli on se, että sinun ei tarvitse aluksi tietää ollenkaan vertailutähtien varsinaisia kirkkauksia. Kun olet löytänyt kaksi vertailutähteä joista toinen on kirkkaampi (A tähti) ja toinen himmeämpi (B tähti) kuin muuttuja itse yrität hahmottaa, että kuinka monta osaa muuttujan kirkkaus on lähempänä joko A tai B tähden kirkkautta.

Jos arvioit, että muuttuja **V** on kirkkaudeltaan kolme neljäs osan päässä tähdestä A (siis kirkkaus on lähempänä B kuin A tähteä) niin merkitset

A 3 V 1 B

Tämä tarkoittaa että V on yhden murto-osan päässä B tähden kirkkaudesta ja kolmen murto-osan päässä A tähden kirkkaudesta. Osia on neljä eli 3+1.

Seuraavaksi näytetään miten tästä lasketaan muuttujalle kirkkaus kun vertailutähtien kirkkaus on tunnettu. Jos kirkkaampi A tähti on esimerkiksi **A=8.6** magnitudia ja B tähti on **B=9.0** magnitudia on näiden tähtien kirkkauden erotus

9.0 - 8.6 = 0.4 magnitudia

Koska jaoimme mielessämme tämän kirkkauden eron neljään osaan saadaan yhdeksi osaksi

0.4 / 4 = 0.1 magnitudia

Koska merkitsimme **A 3 V 1 B** saamme muuttujan kirkkaudeksi A tähteä laskemalla

8.6 + (3 x 0.1) = 8.6 + 0.3 = 8.9 magnitudia

Jos käytämme himmeämpää B tähteä saamme

9.0 - (1 x 0.1) = 9.0 - 0.1 = 8.9 magnitudia

Käytetyn murto-osan ei tarvitse olla neljä vaan voit käyttää mitä tahansa murto-osaa. Jos A ja B tähtien välinen kirkkaus ero on suuri voit jakaa niiden kirkkauden esimerkiksi 8 murto-osaan.

Kuvitellaan, että A ja B ovat vertailutähtiä joiden kirkkausero on suuri ja joudut mielessäsi jakamaan niiden kirkkauseron 12 osaan. Kuvitellaan, että muuttuja V on 2 murto-osaa himmeämpi kuin A tähti. Tällöin merkitset

A 2 V 10 B

Koska esimerkiksi A=9.3 ja B=12.7 on niiden erotus

12.7 - 9.3 = 3.4 magnitudia ja tästä saadaan

3.4 / 12 = 0.2833 magnitudia yhden murto-osan kooksi

Koska merkitsimme A 2 V 10 B saamme muuttujan kirkkaudeksi laskemalla

9.3 + (2 x 0.2833) = 9.3 + 0.5666 = 9.8666 magnitudia

Jos käytämme himmeämpää B tähteä saamme

12.7 - (10 x 0.2833) = 12.7 - 2.833 = 9.867 magnitudia

Tätä menetelmää voi ja kannattaa käyttää esim. tilanteissa joissa sinulla ei ole havaintohetkellä tiedossa vertailutähtien kirkkauksia. Voit jälkikäteen redusoida muuttujan kirkkauden kunhan muistat mitä vertailutähtiä käytit havaintohetkellä.

9.6.3. Argelanderin askelmittausmenetelmä (step method)

Argelander (joka on yksi muuttuvien tähtien havainnoinnin esi-isistä) kehitti oman mittausmenetelmän 1800 luvulla. Tämä on ehkä mutkikkain kaikista visuaalisista menetelmistä enkä siksi suosittele sitä aloittelijoille.

Tämäkin perustuu askelmiin (step) ja antaa sitä tarkemman mittauksen mitä lähempänä himmeämpi tai kirkkaampi vertailutähti on kirkkaudessaan muuttujan sen hetkistä kirkkautta. Toisin sanoen, yritä löytää näkökentästä tähti joka on vain hieman himmeämpi kuin muuttuja ja toinen vertailutähti joka on aivan hieman kirkkaampi kuin muuttuja itse. Vertailutähtien pitäisi mahtua samaan näkökentään varsinaisen muuttujan kanssa.

Argelanderin menetelmässäkin kirkkauserot jaetaan myös askelien perusteella mutta yhden askelen suuruuteen päädytään eri tavalla kuin Pogsonin menetelmässä.

Askelman suuruus päätellään (enemmän tai vähemmän) havaitsijakohtaisesti seuraavasti:

- Jos pitkällisen havaitsemisen jälkeen vertailutähti A vaikuttaa tasan yhtä kirkkaalta kuin muuttuja V on askelman suuruus 0.
- Jos pitkällisen havaitsemisen jälkeen vertailutähti A vaikuttaa vain hetkellisesti hieman kirkkaammalta kuin muuttuja V on askelman suuruus 1.
- Jos pitkällisen havaitsemisen jälkeen vertailutähti A vaikuttaa usein kirkkaammalta kuin muuttuja V on askelman suuruus 2.
- Jos pitkällisen havaitsemisen jälkeen vertailutähti A vaikuttaa melkein aina kirkkaammalta kuin muuttuja V on askelman suuruus 3.
- Jos vertailutähti A vaikuttaa heti kirkkaammalta kuin muuttuja V on askelman suuruus 4.

Argelanderin menetelmässä havaitaan melko pitkään kahden valonlähteen kirkkautta ja parempaan tulokseen päästään kun vertailutähden ja muuttujan välinen kirkkausero on mahdollisimman pieni.

Kun ensimmäinen askel on määritelty vertailutähden A perusteella määritellään toinen askel samalla menetelmällä myös vertailutähden B perusteella.

Oletetaan että A:n kohdalla askel on 1 (**x=1**) ja B:n kohdalla askel on 4 (**y=4**).

Tällöin merkitään ensin

A x V y B

joka on sama kuin

A 1 V 4 B

tästä voidaan lasketaan muuttujan V kirkkaus. Oletetaan, että vertailutähden A kirkkaus = 6.5 ja vertailutähden B kirkkaus = 6.8 joten

(A - B) / x + y =
(6.5 - 6.8) / 1 + 4 =
askel = 0.06

joten

V = 6.5 + (x * 0.06) =
V = 6.5 + (1 * 0.06) = 6.56

tai himmeämmän tähden mukaan

V = 6.8 - (y * 0.06) =
V = 6.8 - (4 * 0.06) = 6.56

Käytännössä Argelanderin mittausmenetelmä (samoin kuin murto-osa menetelmä) pystyy antamaan tarkemman mittauksen kuin AAVSOn tai Pogsonin 0.1 magnitudin askeleeseen perustuva mittaus. Erona Argelanderin mittauksessa on käytännössä se miten askelen kokoon alunperin päädytään.

Tarkkaavainen lukija ehkä oivalsi, että Argelanderin menetelmässä askelen koko pohjautuu havaitsijan silmän tarkkuuteen eikä mihinkään ennalta määriteltyyn kokoon. Käytännössä kuitenkin askelen koko asettuu aina noin 0.1 magnitudin paikkeille mikä on ollut syynä siihen että AAVSOn ja Pogsonin menetelmissä tämä 0.1 magnitudin askel on hyväksytty eräänlaiseksi standardiksi.

9.6.4. Pogsonin askelmittausmenetelmä (Pogson's step method)

Tämä mittausmenetelmä muistuttaa jonkin verran Argelanderin menetelmää mutta sillä erotuksella että jokainen askel on aina 0.1 magnitudia suuruudeltaan. Menetelmän kehitti Norman Pogson 1800 luvun puolivälissä.

Tässä menetelmässä havaitsija harjoittaa silmänsä siten, että hän pystyy hahmottamaan 0.1 magnitudin kirkkauseroja. Menetelmä sinänsä on yksinkertainen mutta vaatii harjaannusta.

Käytännössä Pogsonin menetelmä toimii seuraavasti:

Valitse vertailutähti A ja yritä selvittää montako täyttä 0.1 magnitudin askelta muuttuja V on joko kirkkaampi tai himmeämpi kuin A. Kuvitellaan, että toteat että V on kaksi askelta himmeämpi kuin A tällöin merkitset

A + 2

Tämä tarkoittaa kahta askelta eli 0.1 * 2 = 0.2 magnitudia. Tämän jälkeen vertaat muuttujaa vertailutähteen B ja toteat että se on

B - 11

eli V on 11 askelta eli 1.1 magnitudia kirkkaampi kuin B.

Seuraavaksi selvität A:n ja B: todellisen kirkkauden. Jos A=8.3 ja B=9.8 niin

V1 = 8.3 + 0.2 = 8.5

ja

V2 = 9.8 - 1.1 = 8.7

Koska vertailut V1 ja V2 eivät ole samat olet selvästikin arvioinut kirkkaudet hieman pieleen. Tällöin voit joko mitata uudelleen tai laskea V1 ja V2 keskiarvon eli

V = (V1 + V2) / 2 =
V = (8.5 + 8.7) / 2

josta saamme

V = 8.6 magnitudia

Pogsonin menetelmäkin siis perustuu askelmiin (steps) mutta jokaisen askelman suuruus on aina 0.1 magnitudia päinvastoin kuin Argelanderin askelmenetelmässä jossa yhden askelen suuruus määräytyy käytettyjen vertailutähtien ja havaitsijan näkökyvyn avulla.

9.7. Havaintojen kirjaaminen

Kun olet selvittänyt kohteen kirkkauden on aika kirjata havainto. Jotkut havaitsijat kirjaavat havainnot sekä koneelle että paperille. Toisinaan paperin käyttö ulkona esimerkiksi kylmissä olosuhteissa on edelleen kätevämpää kuin tietokoneen.

Havainnosta kirjataan seuraavat tiedot:

- Päivämäärä.
- Juliaaninen päivämäärä (JD)
- Kellonaika yleisajassa (*Universal Time*) eli ns. UT aika.
- Kohteen nimi tai numero. Esimerkiksi SS CYG
- Muuttujan arvioitu kirkkaus desimaalipilkulla. Esimerkiksi: 10.2
- Sekvenssi eli käytettyjen vertailutähtien kirkkaus yhden desimaalin tarkkuudella ilman pistettä. Esimerkiksi 98,110 tarkoittaisi että himmeämpi vertailutähti on 11.0 magnitudia ja kirkkaampi 9.8 magnitudia. Yleinen käytäntö on, että vertailutähtien *kirkkaus* merkitään havaintokirjaan, ei niiden luettelonumeroa. Normaalisti ilmoitetaan kahdesta kolmeen vertailutähteä.
- Käytetty vertailukartta. Esimerkiksi kartan numero tai nimi.
- Käytetty havaintolaite ja suurennus.
- Lämpötila ja sääolosuhteet
- Havaintopaikan fyysinen sijainti
- Tämän lisäksi usein ilmoitetaan mm. erilaisia yksikirjaimisia koodimerkintöjä joilla kuvataan muita havaintoon tai olosuhteisiin liittyviä tekijöitä kuten:
  - "< X.Y" kohde on himmeämpi kuin X.Y magnitudia.
  - ":" mittaus on epävarma.
  - "L" kohde sijaitsi alhaalla horisontin lähellä
  - "M" Moon, kuu taivaalla häiritsevästi havaintoa tehdessä.
  - “B” Bright Sky. Taivas oli kirkas havaintohetkellä.
- Havaitsijan nimi tai käyttämäsi yhdistyksen sinulle antama tunnusnimi

Alla on esimerkki kolmesta havainnosta:

Havaintolaite:	Meade LX50 10inch SCT, 26mm okulaari, 96x							
Sijainti:	Espoo, Finland							
Päiväys	UT	Tähti	Mag	Seq	Kartta	Koodit	Sää	Havaitsija
20.05.2005	19:23	R LEO	9.2	89,105	1995-BR	BM	+5C	LMJ
20.05.2005	19:38	X LEO	10.1	99,115	1992-CR	BM	+5C	LMJ
20.05.2005	19:52	U GEM	<10.4	104	2001-DR	BM	+5C	LMJ

Taulukko 5: Esimerkki havaintojen kirjaamisesta.

Havaintojen organisoinnin voi tehdä usealla eri tavalla. Toiset kirjaavat samasta tähdestä tehdyt mittaukset tähdelle omistetulle paperille, toiset taas kirjaavat havaintoja eri tähdistä samalle paperille sitä mukaan kuin niitä tehdään. Jos kirjaat havainnot samasta kohteesta aina samalle paperille helpottaa tämä myöhemmin kyseisen kohteen historian seurantaa.

9.7.1. Havaintojen kirjaaminen tietokoneelle

Nykyään on tarjolla useita erilaisia verkkopalveluja ja tietokoneohjelmia joita voi käyttää apuna havaintojen kirjaamisessa. Tietokoneen käyttö onkin hyvin perusteltua ja se helpottaa ja nopeuttaa havaintotyöstä syntyvän tietomassan käsittelyä.

Suurin ajansäästö tietokoneista syntyy kun haluat esimerkiksi piirtää valokäyriä mittaustesi pohjalta. Tietokoneella tämä tapahtuu automaattisesti ja vaivattomasti eikä sinun tarvitse enää käsin piirtää ruutupaperille valokäyriä tuhansista eri mittauksista kuten tehtiin vielä 80-luvun alkupuolella.

Yksinkertaisimmillaan koneen käyttäminen tarkoittaa sitä, että kirjaat havainnot esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmaan. Tällöin jokaisesta kohteesta kannattaa pitää omaa "sivua" (sheet).

Internetistä löytyy myös verkkopalveluita joita tähtiharrastaja voi käyttää oman havaintoaineiston käsittelyssä. Nämä palvelut sisältävät yleensä työkaluja jotka säästävät aikaasi ja vaivaasi. Valokäyrät ja raportit syntyvät näiden palveluiden avulla nappia painamalla.

9.7.2. Yleisaika eli Universal Time, UT

Havainnon kellonaika ilmoitetaan yleisajassa (*Universal Time*). Jos havainnot on ilmoitettu paikallisajassa tämä on selkeästi mainittava havainnon yhteydessä. Suomessa UT aika saadaan siten, että kesäaikana vähennetään kolme tuntia paikallisajasta ja talviaikana vähennetään kaksi tuntia. Esimerkiksi jos paikallisaika on 23:46 on se UT aikana 20:46 jos havainto on tehty kesällä kesäajan ollessa voimassa ja vastaavasti taas 21:46 jos havainto on tehty talviajan ollessa voimassa.

9.7.3. Juliaaninen päivämäärä eli JD

Juliaaninen päivämäärä on juokseva päivämäärä jossa jokainen päivä kasvattaa päivämäärää yhdellä. Juliaanisen päivän aloituskohdaksi on asetettu Tammikuun ensimmäinen vuonna 4713 ennen Kristusta joten tämä päivä oli päivä nolla. Tästä eteenpäin siirryttäessä jokainen päivä kasvattaa JD lukua yhdellä.

Alunperin Juliaanisen kalenterin ideana oli yhtenäistää erilaiset tähtitieteelliset tapahtumat samaan kalenterijärjestelmään. On hyvä muistaa, että llänsimainen kalenterijärjestelmähän ei ole kaikkialla käytössä vaan esimerkiksi Kiinalaisilla on oma kalenterijärjestelmänsä.

Havaintoihin merkitään Juliaaninen päiväys sen takia, että valokäyrien piirtäminen ja laskeminen olisi helpompaa.

Juliaanisessa ajanlaskussa päivä vaihtuu kello 12:00 keskipäivällä. Esimerkiksi tammikuun ensimmäinen vuonna 2005 (1.1.2005) oli Juliaanisena päivänä 2453372.00. Tammikuun 10 päivä vuonna 2005 olisi siten vastaavasti 2453382.00 (keskipäivä). Sama päivä mutta keskiyöllä kello 24:00 olisi 2453382.50 ja vastaavasti sama päivä kello 18:00 iltapäivällä olisi 2453382.25.

Se miten tavallinen päivä konvertoidaan Juliaaniseksi ja takaisin tavalliseksi päivämääräksi on selostettu yksityiskohtaisesti Ursan julkaisemassa kirjassa *Tähtitieteen Perusteet* (s.74). Tästä syystä laskukaavoja ei toisteta tässä.

Havaitsijan ei onneksi enää tarvitse laskea JD päivämääriä käsin kuten ennen vanhaan. Nykyään tietokoneet tekevät tämän työn ihmisen puolesta. Tämä on yksi syy miksi havainnot kannattaa syöttää tietokoneelle.

10. HAVAINTOJEN RAPORTOINTI

Olet käyttänyt paljon aikaa ja vaivaa mittausten tekemiseen. Havainnot olisi hyvä raportoida mahdollisimman joutuisasti eteenpäin. Ennen muinoin havainnot kirjattiin käsin ja lähetettiin postitse yhdistyksiin jonne ne saapuivat joskus viikkojenkin jälkeen. Tämän jälkeen havainnot kopioitiin käsin sen aikaisiin tietokoneisiin ja havainnoista säilytettiin paperikopiot arkistoissa.

Nykyään Internetin aikakaudella koko prosessi on nopeutunut. Käytännössä havainnot voidaan tallettaa tosiaikaisesti suoraan maailman toisella puolella olevaan tietokantaan. Vain muutama tapoihin jämähtänyt havaitsija (mutta todennäköisesti kymmeniä tuhansia havaintoja tehnyt vanha veteraani!) lähettää mittauksensa paperilla tavallisen postin välityksellä.

Olipa havaintojen lähetys- tai talletusmedia mikä hyvänsä niin oleellista on se, etteivät havaintosi unohdu vain omaan havaintokirjaasi. Tällöin vaivalla tekemäsi mittaukset eivät hyödytä mitään.

Tässä yhteydessä lienee paikallaan mainita, ettei omien mittausten lähettämistä tarvitse arastella. Jokainen muuttujaharrastaja on joskus ollut aloittelija ja jokainen havaitsija tekee joskus havainto- tai kirjausvirheen. Kokonaisuuden kannalta niillä ei ole merkitystä ja virheelliset havainnot hukkuvat muiden mittausten sekaan (tämä on yksi syy miksi suuri määrä havaintoja on parempi kuin pieni määrä!) tai viimeistään havaintojen tarkistusvaiheessa virheet löydetään.

10.1. Yhdistykset

Maailmalta löytyy kymmeniä erilaisia yhdistyksiä ja organisaatioita jotka janoavat tekemiäsi havaintoja.

Näiden yhdistysten toiminta on käytännössä clearing-house tyyppistä toimintaa ja he tarkistavat kaikki lähettämäsi havainnot (sikäli kuin se jälkikäteen on mahdollista) ja selkeästi virheelliset mittaukset pyritään merkitsemään tai poistamaan tietoaineistosta.

Useat näistä yhdistyksistä toimivat tiiviissä yhteistyössä ammattilaisten ja erilaisten tutkimusryhmien kanssa. Tutkijat pyytävät yhdistyksiltä tietoja tietystä kohteesta ja yhdistys lähettää verifioidun tietoaineiston (valokäyrän) ja usein myös yksittäiset mittaukset kyseiselle tutkijalle. Tämä on se hetki jolloin tietoaineiston mukana kulkee myös sinun tekemät mittauksesi kyseisestä tähdestä päätyen näin ammattimaisen tähtitieteilijän käyttöön.

Näin havaintosi päätyvät palvelemaan tähtitieteen tekemistä.

10.2. Raportointiformaatit

Ikävä kyllä, erilaisia formaatteja eli tallennusmuotoja on kymmeniä. Tämä tarkoittaa sitä, että jos lähetät havaintosi tiettyyn yhdistykseen sähköpostitse tai elektronisesti vaatii yhdistys että olet tallettanut havainnot muodossa jota heidän tietojärjestelmä pystyy lukemaan.

Näin ollen sinun on selvitettävä missä formaatissa valitsemasi yhdistys haluaa vastaanottaa havaintosi ennenkuin sinun kannattaa lähettää heille mitään elektronisessa muodossa. Tällöin parasta on kääntyä suoraan yhdistyksen kontaktihenkilön puoleen.

Niiden yhdistysten jäsenet jotka tarjoavat joko suoraan Internetin kautta käytettävää palvelua johon havaitsija voi suoraan tallettaa havaintonsa ei tarvitse huolehtia formaattiongelmista. Sen sijaan jos yhdistys vaatii sinua lähettämään havainnot esim. sähköpostilla tai tietolevykkeellä (disketillä) vaatimuksena on, että tiettyä formaattia ja nimeämiskäytäntöä noudatetaan.

Jotkut yhdistykset ovat laatineet pieniä tietokoneohjelmia havaitsijoiden avuksi joiden avulla havaintoja voi tallettaa ja raportoida eteenpäin määrätyssä formaatissa. Kannattaa tiedustella

millaisia ja minkä tyyppisiä apuvälineitä valitsemasi yhdistys tarjoaa havaitsijalle ennenkuin päättää liittyä yhdistyksen jäseneksi.

```
 Variable star observations for the AAVSO.

AAVSO Observer Initials: LMJ

Mika Luostarinen
Kotiosoite 1 A 2
12345 POSTIPAIKKA
FINLAND

Report number      : 96
Observations for   : AAVSO
Equipment          : LX50 10 inch SCT Meade

Total observations :   16
    Inner Sanctums :   0
I verified my data visually.

[ This report was made using Semiregular.com WEB-service ]
----------------------------------------------------------------
1805+31 T HER     2453580.3542 11.7 B      117        DR5/99  LMJ  min
1806+31 FI HER    2453580.3611<11.7 B      117        DR5/99  LMJ  NV
1810+31 TV HER    2453580.3667<11.7 B      117        ER5/99  LMJ  NotVisible
1814+31 AO LYR    2453580.3750<11.7 B      117        D86     LMJ  NotVisible
1816+31 TU LYR    2453580.3764  9.8 B      98         D1986   LMJ  near max?
1905+27 TY LYR    2453580.4250<12.0 B      120        ER5/97  LMJ  NotVisible
1905+29AV LYR     2453580.4014<12.4 B      124        ER7/97  LMJ  NotVisible
1905+29BVZ LYR    2453580.4042<12.4 B      124        ER7/97  LMJ  NotVisible
1906+27AUV LYR    2453580.4285<12.4 B      124        ER5/97  LMJ  NotVisible
1906+27BFK LYR    2453580.4389 11.3 B      113        DR5/97  LMJ  TYLYRCHART
1907+28 UW LYR    2453580.4160<13.1 B      131        ER7/97  LMJ  NotSure
1907+29 EE LYR    2453580.4104 12.0 B      120        BR6/97  LMJ  NearMax?
1929+28 TY CYG    2453580.4486  9.7 B      96,98      BR10/93 LMJ  Max!
1929+28BHN CYG    2453580.4542<11.7 B      117        DR6/96  LMJ  NotVisible
1932+27 EH CYG    2453580.4590 10.5 B      105        BR10/93 LMJ  NearMax
1934+28 BG CYG    2453580.4653 10.8 B      106,116    DR10/93 LMJ  NearMax
```

Esimerkki tekstimuotoisesta raportista joka voidaan sellaisenaan lähettää AAVSO-yhdistykseen sähköpostitse. Semiregular.com palvelun käyttäjät voivat tuottaa tämänkaltaisia raportteja automaattisesti. Myös AAVSO tarjoaa web-pohjaisen havaintojen talletuslomakkeen.

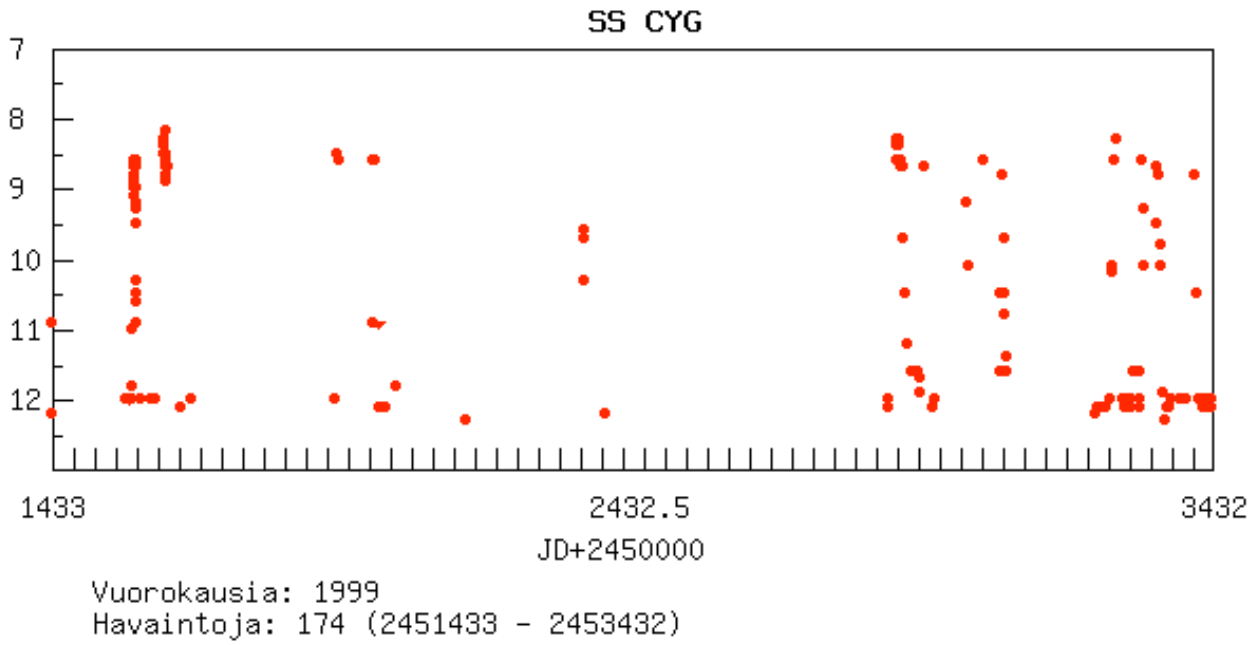
Alla selitetään ensimmäisen raporttirivin kentät ja niiden merkinnät:

Ensimmäinen kenttä rivillä on tähden numero esim. “**1805+31**” (tai esim. 1929+2B) sitten nimi “**T HER**” jonka jälkeen juliaaninen päivämäärä tietokoneen valmiiksi laskemana “**2453580.3542**” sitten mahdollisesti erikoismerkki esim. “**<**”, sitten muuttujan sen hetkinen kirkkaus “**11.7**”, AAVSO koodit esim. “**B**” joka tarkoittaa Bright Sky, sen jälkeen sekvenssi eli vertailutähtien kirkkaudet esim “**117**” tai esim. “**96,98**” jos vertailutähtiä on useampia, sitten käytetty kartta “**DR5/99**”, sitten havaitsijan tunnusnimi “**LMJ**” ja lopuksi havaitsijan vapaamuotoiset kommentit esim. “**min**” (=minimissä).

11. VALOKÄYRÄT

Valokäyrä on graafinen kuvaaja joka kertoo tähden kirkastumisen ja himmentymisen tietyn ajanjakson kuluessa.

Valokäyrät ovat pitkäjänteisen ja ahkeran havaintotyön lopputuote. Muuttujien tieteellinen tutkimus perustuu suurelta osin valokäyriin ja niiden tulkitsemiseen. Jotta valokäyrä yleensä voidaan muodostaa on mittauksia tietystä tähdestä tehtävä suuri määrä. Mitä enemmän mittauksia sen parempi, koska jokainen katkos valokäyrässä heikentää sen arvoa. Katkoksen kohdalla emme tiedä miten tähti on käyttäytynyt ja tästä syystä yksi havaintotyön tavoitteista on muodostaa mahdollisimman yhtenäisiä valokäyriä.



Kuva 8: SS Cygni muuttujan valokäyrästä näkee miten tämä kataklysminen muuttuja on kirkastunut noin 50 vuorokauden välein. Maksimit ovat olleet noin 8-9 magnitudia ja minimit noin 12 magnitudia. Huomaa katkokset.

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yksittäiset mittaukset eivät sinänsä ole kovin arvokkaita (paitsi jos satut olemaan onnekas ja löytämään uuden novan tai supernovan) mutta kun mittauksia on kertynyt kymmeniä, satoja tai tuhansia ja kun niiden pohjalta voidaan muodostaa yhtenäinen valokäyrä joka dokumentoi kyseisen tähden elämää on havaintotyön hyöty konkretisoitunut.

Käytännössä pitkältä ajalta tehdyt valokäyrät ovat syntyneet satojen tai tuhansien eri havaitsijoiden yhteistyön tuloksena. Jokainen havaitsija on liittänyt omat mittauksensa osaksi suurempaa kokonaisuutta raportoimalla havaintonsa asianmukaisesti.

11.1. Miten valokäyrää luetaan

Valokäyrässä vaaka-akseli voi joko ilmoittaa ajankulun Juliaanisena päivämääränä tai se voi ilmoittaa esimerkiksi pimennysmuuttujissa vaiheen (phase) joka ei välttämättä ole sidottu suoraan lineaariseen aikaan.

Pystyakselille merkitään tähden kirkkaus valitulla aallonpituudella. Visuaalihavainnoissa tämä on käytännössä aina V eli Visual. Jos havaintojen tekemisessä käytettäisiin esimerkiksi CCD kameraa johon on liitetty jokin standardisuodatin merkitään valokäyrään millä aallonpituudella (UBVRI) mittaukset on tehty.

Magnitudinumerot ilmoitetaan pienemmästä suurempaan ylhäältä alas joten ylhäällä olevat mittauspisteet kuvastavat tähteä sen ollessa kirkkaana ja alhaalla olevat mittauspisteet sen ollessa himmeänä.

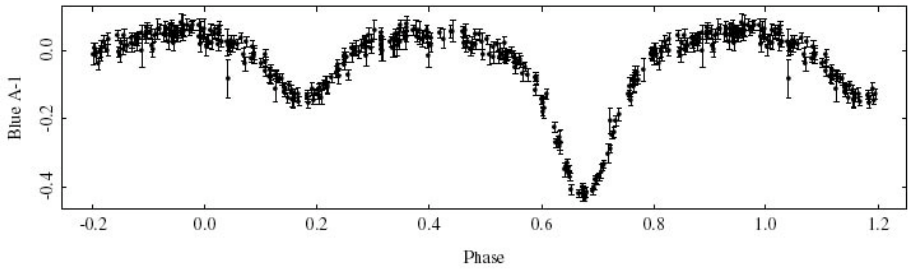
Usein vaaka-akselille merkitään Juliaanisesta päivämäärästä (JD) vain neljä (mutta joskus vähemmän) viimeistä numeroa. Tällöin on tapana kuvan yhteyteen laittaa myös merkintä “JD+2450000” jolla ilmaistaan JD:n alkuosa.

Toisinaan jokaisesta valokäyrän mittauspisteestä eli yksittäisestä havainnoista merkitään pisteen ylä- ja alapuolelle virhemarginaali. Näin tehdään varsinkin silloin kun virhemarginaali on melkoisella varmuudella tiedossa tai kun mittauksia pyritään tekemään suurella tarkkuudella (CCD-havainnot).

Käytännössä tavallisissa visuaalimittauksissa ei merkitä virhemarginaalia ellei kohteen tai havainnon merkitys ole normaalia suurempi (nova, supernova tms).

11.2. Miksi valokäyrät ovat tärkeitä

Valokäyrät ovat juuri se lopputuote jota kansainvälinen tiedeyhteisö tutkii ja analysoi. Näiden perusteella pystytään paremmin ymmärtämään tähtien kehitystä ja evoluutiota. Valokäyrien avulla myös kumotaan tai vahvistetaan tieteellisiä teorioita. Niitä verrataan esimerkiksi supertietokoneilla tehtyjen simulaatiomallien avulla tuotettuihin keinotekoisiin valokäyriin.



Kuva 9: Esimerkki pimennysmuuttujan valokäyrästä. Tässä kuvassa on vaaka-akselilla ilmoitettu ns. vaihe eli *phase*.

Tällaisessa prosessissa siis verrataan oikeasta tähdestä otettua alkuperäistä valokäyrää tietokoneella tuotettuun simuloituun valokäyrään ja katsotaan miten hyvin ne vastaavat toisiaan. Jos simuloitu valokäyrä noudattaa oikeaa havaintojen pohjalta syntynyttä valokäyrää voidaan otaksua, että simulaation pohjana käytetty laskennallinen malli saattaisi ehkä olla oikea.

Viimeisen sadan vuoden ajan valtaosa muuttujamittauksista on harrastajien tekemiä. Joidenkin tähtien kohdalla mittauksia on tehty säännöllisesti yli sata vuotta. Sata vuotta on kuitenkin varsin lyhyt aika useimpien tähtien elämässä ja voidaankin sanoa, että valokäyrä ei koskaan voi olla liian pitkältä ajanjaksolta eikä se koskaan voi sisältää liian montaa havaintoa.

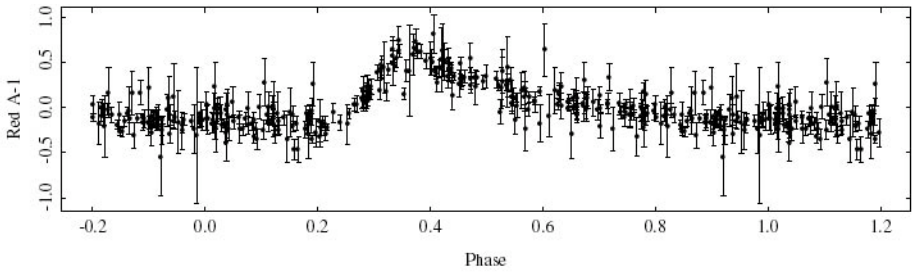
11.3. Miten valokäyrä tuotetaan

Valokäyriä voi tuottaa monella eri tavalla. Ennen muinoin niitä piirrettiin käsin ruutupaperille joka oli työlästä, hidasta ja virhealtista. Nykyään ei valokäyriä juuri koskaan piirretä käsin vaan ne syntyvät nappia painamalla tietokoneen avulla jonne havainnot on etukäteen syötetty.

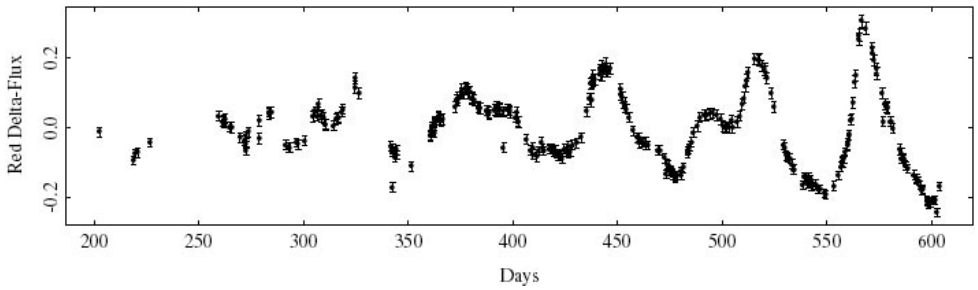
Tähän tarkoitukseen on olemassa useita valmiita ohjelmia ja monet verkkopalvelut internetissä tarjoavat valokäyrien piirtämisen yhtenä niiden peruspalveluista. Valokäyriä voi generoida myös taulukkolaskentaohjelman graafisten työkalujen avulla.

11.4. Esimerkkejä valokäyristä

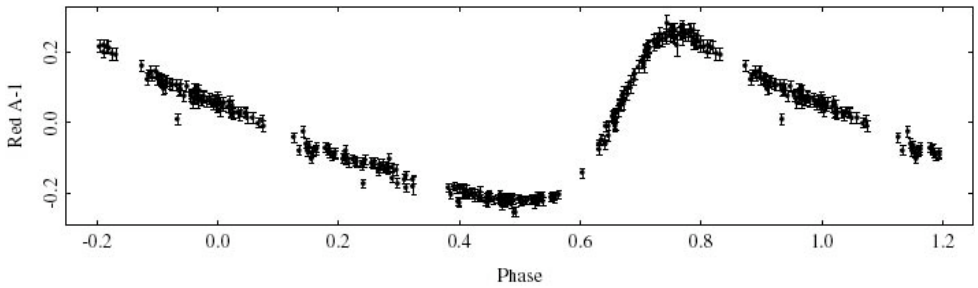
Alla on esitetty joidenkin tähtien valokäyriä.



Kuva 10: Esimerkki kefeidin valokäyrästä sen eri vaiheissa. Valokäyrästä näkee, että kefeidille on tyypillistä kirkastua nopeammin kuin himmentyä.



Kuva 11: Esimerkki epäsäännöllisen muuttujan valokäyrästä. Alla on ilmoitettu ajanjakso päivinä.



Kuva 12: Esimerkki tyypillisen Mira tähden valokäyrästä. Sykkiville muuttujille on tyypillistä että ne kirkastuvat nopeammin kuin himmentyvät kuten tästäkin valokäyrästä voi nähdä.

12. HAVAINTOPROJEKTIT

Havaintoprojektit voivat olla tietyn yksilön, yhdistyksen tai muun järjestäytyneen ryhmän perustamia kampanjoita joiden aikana havaitaan valittua kohdetta määrätyn ajanjakson aikana. Havaintoprojektit kestävät kohteesta ja kampanjasta riippuen muutamasta päivästä useisiin viikkoihin tai kuukausiin.

Projektin tarkoituksena on muodostaa yhtenäinen valokäyrä kohteesta tieteellistä tutkimusta varten. Joidenkin projektien alkuunpanijana voi olla tieteellinen tutkijaryhmä tai yksittäinen tutkija. Näissä projekteissa tiedeyhteisö pyytää havaintoapua eri puolilla maailmaa toimivilta harrastajilta. Tämän tyyppisestä toiminnasta käytetään termiä Pro-Am yhteistyö (Pro-Am = Professional-Amateur).

12.1. Osallistuminen havaintoprojekteihin

Normaalisti havaintoprojektiin ei tarvitse erikseen osallistua vaan kaikki toimitetut mittaukset kyseisestä tähdestä liitetään automaattisesti osaksi projektin tietoaineistoa.

Tästä käytännöstä voi olla poikkeuksia silloin jos kohdetta on tarkoitus mitata vain esim. CCD kameralla ja mittaukset suoritetaan jollain tietyllä aallonpituudella.

12.2. Henkilökohtaiset projektit

Pitkälle edistyneet harrastajat keksivät yleensä myös omia henkilökohtaisia projekteja. Tämä onkin usein varsin hauskaa ja tuo uusia ulottuvuuksia harrastukseen.

Alla on lueteltu joitakin esimerkkejä erilaisten havaintoprojektien aiheista.

12.2.1. Tunnettujen jaksollisten muuttujien jakson tarkistaminen

Tämän tyyppisissä projekteissa valitaan muutama kohde joiden jakso pyritää tarkistamaan. Usein on niin, että vanhojen muuttujien jaksot on määritetty kauan sitten ja jaksojen tarkistamisen ideana on tarkistaa onko muuttujan toiminnassa havaittavissa jotain uutta. Yleensä pimennysmuuttujat joiden jaksot ovat hyvin säännöllisiä mutta joiden tiedetään ajankuluessa muuttuvan ovat tämän tyyppisten projektien suosikkikohteita.

12.2.2. Minimissä olevien kohteiden seuranta

Näissä projekteissa tehdään muuttujasta mittauksia sen ollessa minimissään. Minimihavainnoilla pyritään selvittämään tähden toimintaa sen ollessa epäaktiivisena. Normaalisti näiden projektien osallistumiseen vaaditaan melko suuri kaukoputki (minimissä olevat kohteet ovat tietysti himmeitä!).

12.2.3. CCD mittaukset eri aallonpituuksilla

CCD kameralla tehtävät mittaukset ovat yleensä hyvin tarkkoja. CCD kameraan voidaan kiinnittää suodattimia joilla vain halutut aallonpituudet päästetään läpi. Tämänkaltaisten projektien tarkoituksena on selvittää muuttujan käyttäytymistä valitulla aallonpituudella.

12.2.4. Uusien muuttujien etsiminen

Yllättävää kyllä tämän tyyppisten projektien tekemiseen ei välttämättä tarvita kaukoputkea ollenkaan. Sen sijaan (nopeahkolla) Internet-yhteydellä varustettu tietokone on välttämätön.

Muuttujia on luetteloitu kymmeniä tuhansia ja määrä kasvaa koko ajan osaksi siitä syystä, että harrastajat ja automatisoidut koko taivaan kartoitusprojektit löytävät uusia muuttujia jatkuvasti. Jos käytössäsi on tietokone ja internet-yhteys voit metsästää uusia muuttujia analysoimalla tuhansia valokuvia jotka on otettu samasta taivaan alueesta eri aikoina. Tätä tarkoitusta varten tarvitset työhön soveltuvat ohjelmistot sekä runsaasti aikaa.

Jos käytät kaukoputkea uusien muuttujien etsimisessä on käytännössä CCD kamera välttämätön. Projektissa kuvaat valitsemiasi taivaan alueilta säännöllisesti ja analysoit eri aikoina ottamat kuvat ja tutkit muuttuuko siinä olevien tähtien kirkkaus.

Tämän tyyppiset projektit ovat hyvin aikaa vieviä ja ennenkuin löydät ensimmäisen uuden muuttujan voi aikaa helposti vierähtää useita vuosia.

12.2.5. NSV – projektit

NSV tähdet (NSV=*New Suspected Variable)* ovat tähtiä joiden ei tiedetä varmuudella muuttuvan. Jotkut harrastajat kohdistavat energiansa näiden tähtien havainnoimiseen ja he yrittävät selvittää onko kyseinen NSV tähti muuttuja vai ei ja jos on niin minkä tyyppinen.

NSV projektit voivat viedä pitkiä aikoja, jopa vuosia, mutta joskus tähti voidaan varmistaa muuttujaksi suhteellisen nopeasti, jopa muutamassa viikossa tai kuukaudessa. Useimmiten NSV kohteita kannattaa kuvata CCD-kameralla.

NSV tähtiä on luetteloitu noin 14.000 kappaletta.

12.2.6. Supernovat

Uusien supernovien löytäminen kaukaisista galakseista on varsin arvokasta tieteellistä havaintotyötä. Ikävä kyllä tämän tyyppiset projektit muodostuvat helposti myös kalliiksi kukkarolle. Pitkälle edistyneet harrastajat tai hyvin rahoitetut yhdistykset ovat investoineet kymmeniä tuhansia euroja tarvittaviin havaintovälineisiin. Tällöin automatisoidut havaintolaitteet ottavat jokaisena selkeänä yönä satoja kuvia kaukaisista galakseista. Kuvasaalis analysoidaan automaattisesti tietokoneohjelmilla jotka pystyvät havaitsemaan supernovan otetuista kuvista.

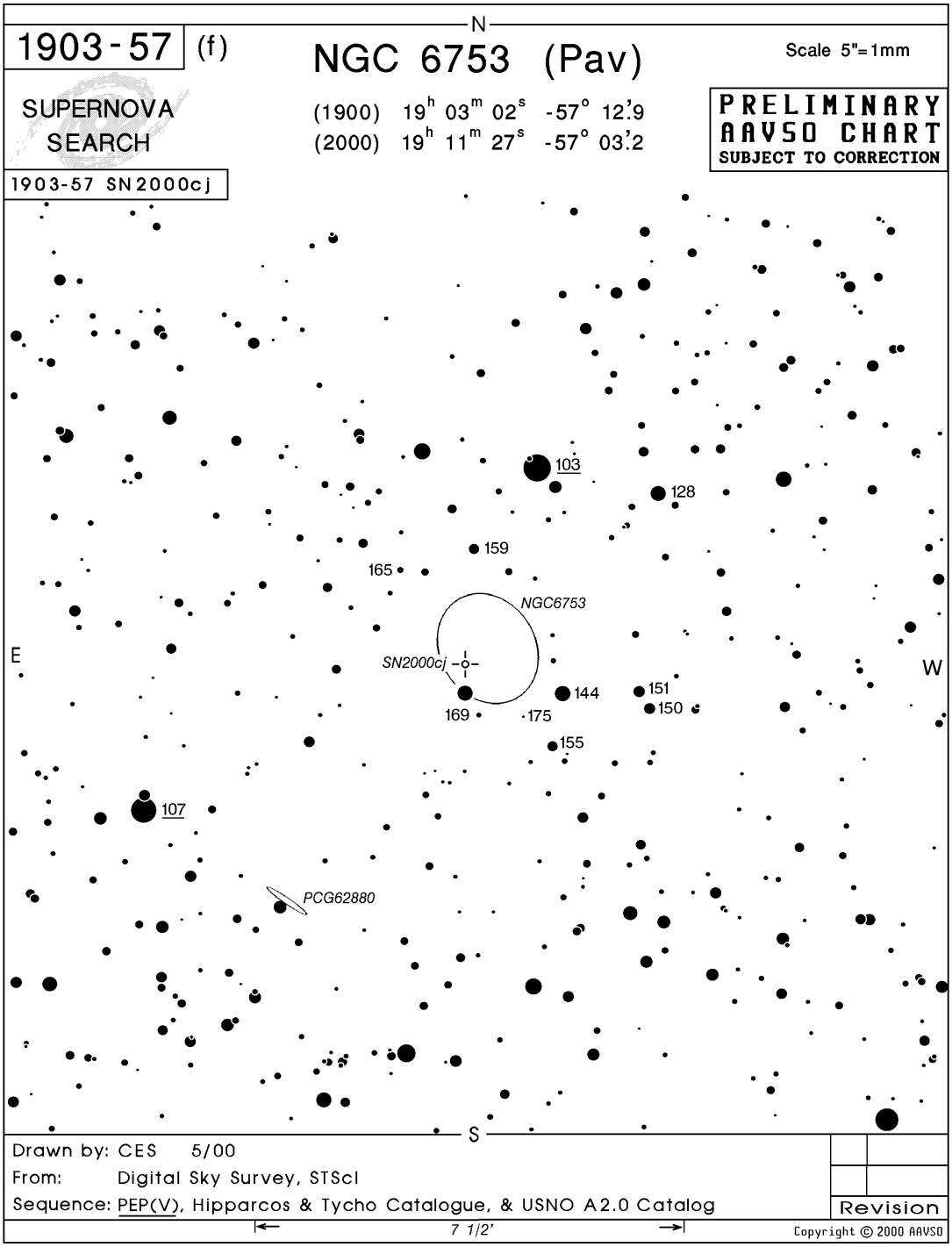
Nämä projektit vaativat robottiohjattuja jalustoja, isohkoja kaukoputkia ja herkkiä CCD-kameroita. Tämän lisäksi tarvitaan suhteellisen mutkikas automatisoitu kuvankäsittelyprosessi jotta syntyneestä kuva-aineistosta löydetään arvokas supernova.

Tämän kaltaiset havaintoprojektit soveltuvat havaitsijoille joilla on syvä lompakko tai joilla on mahdollisuus käyttää jonkun yhdistyksen state-of-the-art havaintovälineitä. On eduksi jos havaitsijalla on vahva tietotekninen tausta. Joissakin tapauksissa myös ohjelmointitaitoja tarvitaan.

Edellä sanotusta huolimatta on harrastajia jotka edelleen metsästävät supernovia visuaalisesti. Tällöin tarvitset melko suuren kaukoputken. Noin 25-30cm ja sitä suuremmat Dobson tyyppiset kaukoputket soveltuvat tähän tarkoitukseen.

Visuaalisesti supernovia metsästetään siten, että yön aikana käydään läpi suuri määrä kohdegalakseja ja erityisen ns. supernova-kartan avulla pyritään selvittämään onko galaksissa leimahtanut supernova vai ei.

Supernovien visuaalinen metsästys on aivan erinomainen tapa yhdistää deep-sky havaintotyö muuttuvientähtien havaitsemiseen ja soveltuu siten erinomaisesti juuri deep-sky havaitsijoille joilla on käytössään melko suuri kaukoputki.



Kuva 13: Ylläolevassa kuvassa on kartta joka soveltuu hyvin supernovien metsästykseen.

Soikion muotoinen rengas kuvan keskellä on galaksi NGC 6753. Lähellä galaksin ydintä räjähti supernova SN2000CJ joka on merkitty karttaan.

13. YHDISTYKSIÄ JA LINKKEJÄ

Maailmalta löytyy suuri määrä yhdistyksiä joiden toimintaan liittyy muuttujien havainnointi. Listassa on esitetty joitakin aktiivisimmista.

AAVSO *- The American Association of Variable Star Observers*
Maailman suurin ja tunnetuin muuttujiin erikoistunut yhdistys joka on toiminut vuodesta 1911. Yhdistyksen perusti Edward Pickering ja William Tyler Olcot.
Lisätietoja: http://www.aavso.org

AFOEV *- Association Francaise d'Observateurs d'Etoiles Variables*
Ranskalainen muuttujayhdistys. Perustettu 1921. Perustajina Henri Grouiller, Jean Mascart ja Antoine Brun.
Lisätietoja: http://cdsweb.u-strasbg.fr/afoev/

BAA.VSS *- British Astronomical Association, Variable Star Section*
Vanha ja perinteikäs englantilainen muuttujayhdistys. Perustettu 1890.
Lisätietoja: http://www.britastro.org/vss/

BAV *- Berliner Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne*
Saksalainen muuttujayhdistys. Perustettu 1950.
Lisätietoja: http://www.bav-astro.de/

NAS.VSS *- Norwegian Astronomical Association, Variable Star Section*
Lisätietoja: http://www.astro.uio.no/nas/variabel.html

RASNZ *- Royal Astronomical Society of New Zealand*
Uuden Seelannin tähtitietteellinen yhdistys jolla pitkät perinteet muuttujatoiminnassa.
Perustettu: 1920
Lisätietoja: http://www.rasnz.org.nz/

SUAA.VSS *- Scandinavian Union of Amateur Astronomers, Variable Star Section*
SUAA.VSS oli hyvin aktiivinen järjestö 1970 luvulla. Se koostui pohjoismaisista havainnoista ja tietokantaan kertyi n. 300.000 havaintoa.

URSA.VSS *- Astronomical Association Ursa ry, Variable Star Section*
Suomalaisella URSA ry:llä on toimiva ja aktiivinen muuttuviin tähtiin erikoistunut harrastusryhmä. Ryhmällä on oma aktiivisessa käytössä oleva postituslista jonka kautta ryhmän jäsenet tiedottavat muuttujiin liittyvistä tapahtumista ja havainnoista.
Listätietoja: http://www.ursa.fi
http://www.ursa.fi/ursa/jaostot/muuttujat/
Postituslista: muuttuja-l@ursa.fi

14. PALAUTE

Palautteesi auttaa meitä kehittämään tätä opasta paremmaksi. Kerro meille voisiko oppaan sisältöä parantaa ja miten. Kaikki palaute luetaan ja hyvät ideat ja parannusehdotukset toteutetaan tulevissa versioissa.

Voit lähettää palautteen sähköpostitse osoitteeseen mika@marex.fi tai jos et pääse läpi SPAM-suodattimesta niin vaihtoehtoisesti osoitteeseen luostarinenmika@yahoo.com