

ATK Tähtitieteessä 2021 – Harjoitustyö

Tehtävä

Harjoitustyössä tehdään tähtikartta rajatusta taivaanpallon alueesta annettujen rektaskensio- ja deklinaatiovälien avulla. Karttaan merkitään tähdet aina kuudenteen magnitudiin asti, siten että piirtosymbolin koko riippuu tähden kirkkaudesta. Kartan akselit on merkittävä, ja kartan otsikoksi annetaan tähdistön nimi. Karttaan piirretään myös selitys sille mitä magnitudiväliä kukin symbolikoko vastaa.

Lisäksi työstä kirjoitetaan lyhyt raportti L^AT_EXilla. Raporttiin liitetään kuva tähtikartasta, jonka kuvatekstinä on selitys kuvan symboleista. Lisää raporttiin myös taulukko josta ilmenee valitun taivaanalueen koordinaattivälit ja tähdistön nimi. Voit myös halutessasi liittää raporttiin oikean kuvan valitsemastasi tähdistöstä vertailua varten, mutta muista kirjoittaa lähde esimerkiksi kuvatekstiksi. Lisäksi raportissa tulee olla nimiösivu jossa on seuraavat tiedot:

- työn nimi,
- tekijän nimi, opiskelijanumero ja sähköposti,
- palautuspäivämäärä.

Valmis raportti palautetaan pdf-tiedostona yhdessä IDL-ohjelmatiedoston kanssa (.pro tiedosto) sähköpostilla osoitteeseen `heikki.salo@oulu.fi`. Jos törmäät ongelmaan jota et osaa ratkaista työtä tehdessäsi voit kysyä apua luennoitsijalta (toimisto MA307 tai sähköpostilla).

Harjoitustyön viimeinen palautuspäivä on ma 1.11.2021

Ohjeita

Datan lukeminen

Kartan piirtämistä varten ladataan ensin tiedosto `/study/2021/765304A/ATK2021/kirkkaat_tahdet.dat`. Tämä tiedosto sisältää hieman yli 9000 kirkkaimman tähden koordinaatit ja näennäiset visuaaliset kirkkaudet. Tiedosto on typistetty versio luettelosta Bright Star Catalogue, 5th Revised Ed. Hoffleit et al. 1991, joka on saatavilla esim. CDS:n kautta (luettelo V/50): <http://cdsweb.u-strasbg.fr/cats/cats.html>.

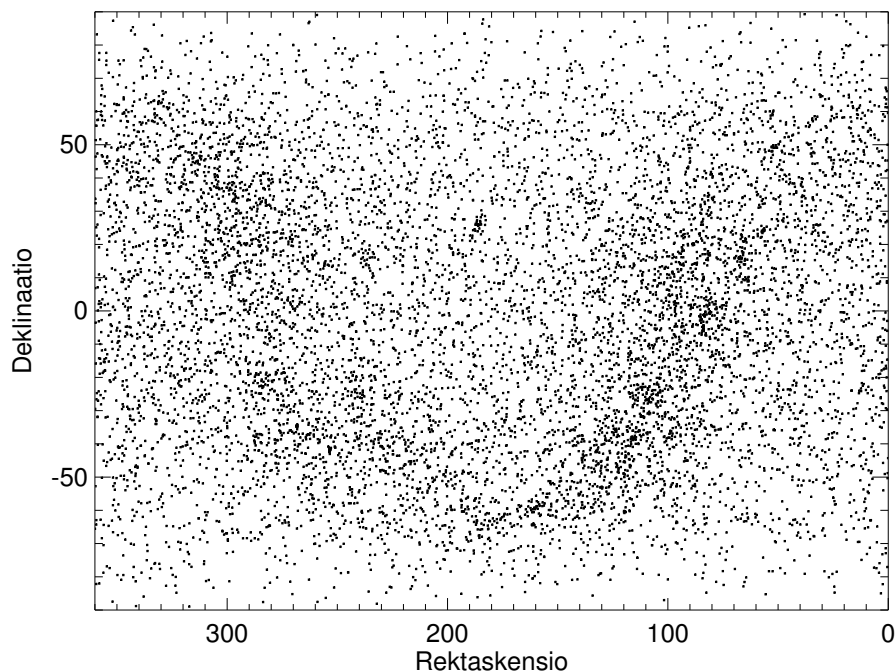
Tiedoston alku näyttää tällaiseltä:

```
ATK Tähtitieteessä kurssin harjoitustyö:
Kirkkaimpien tähtien koordinaatit ja näennäinen magnitudi
RA (deg)    DEC (deg)    VMAG
1.291250    45.229168    6.700
1.265833    -0.503056    6.290
1.333750    -5.707500    4.610
```

Lue muuttujat taulukoihin. Tiedoston lukemisessa ota huomioon, että kolme ensimmäistä riviä sisältävät merkkitietoa (luettava merkkijonoina) ja varsinainen data (luetaan liukulukuina) on vasta tämän jälkeen. Tiedoston lukeminen tapahtuu `openr` ja `readf` komentojen avulla (luennot materiaali ja harjoitusten esimerkkivastaukset).

Tarkistuksia

Varmista lukemisen jälkeen että data on oikein luettu, plottaamalla RA ja DEC. Huomaa, että muuttuja RA kertoo rektaskension asteissa. Huomaa myös, että taivaanpallolla rektaskensio kasvaa vasemmalle: plotissa tämä on otettu huomioon xrange-avainsanassa.



Kuva on tehty komennoilla:

```
window,/free
plot,ra,dec,xtitle='Rektaskensio',ytitle='Deklinaatio',$
    xr=[360,0],yr=[-90,90],xs=1,ys=1,psym=6,symsize=0.1
```

Mikä mahtaa olla kuvassa heikosti näkyvä tähtivana?

Voit vahvistaa epäilysi plottaamalla tähtien paikat galaktisissa koordinaateissa, käyttämällä astro-kirjaston `glactc`-proseduuria¹ (kirjoittamalla komennon nimen ilman parametreja saat lyhyen ohjeen). Huom `glactc`-ohjelma olettaa että RA on annettu tunteina eikä asteina. Tiedostusta luetut RA ja DEC on annettu epookille 2000.0.

```
IDL> glactc
Syntax - glactc, ra, dec, year, gl, gb, j
j = 1: ra,dec --> gl,gb   j = 2: gl,gb -->ra,dec

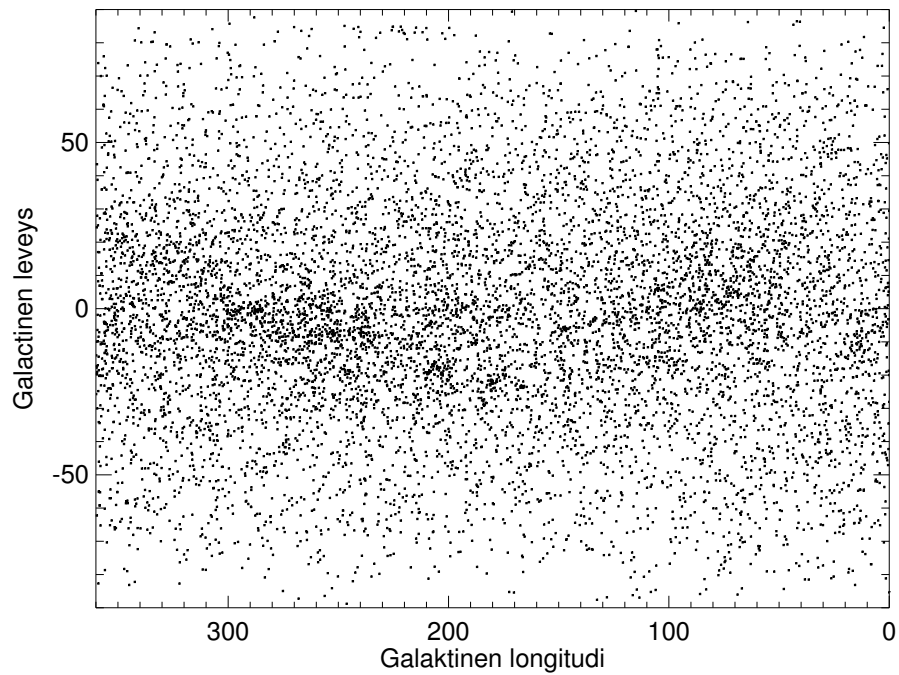
IDL> year=2000.0
IDL> j=1
IDL> glactc, ra/360.*24, dec, year, gl, gb, j
```

¹Ohjelma 'glactc.pro' ja sen tarvitsema aliohjelma 'bprecess.pro'; kts. <http://idlastro.gsfc.nasa.gov/contents.html>. Ohjelmat löytyvät hakemistosta /study/2021/765304A/ATK2021/astro/pro - jos olet asentanut IDL-hakemistopolun edellisten harjoitusten ohjeiden mukaisesti niin kyseisen hakemiston ohjelmat löytyvät automaattisesti. Voit myös kopioida ohjelmat hakemistoon jossa työskentelet.

Plottaa galaktiset koordinaatit komennoilla:

```
window,/free
plot,gl,gb,xtitle='Galaktinen longitudi',ytitle='Galaktinen leveys',$
xr=[360,0],yr=[-90,90],xs=1,ys=1,psym=6,symsize=0.1
```

Tuloksena pitäisi olla seuraavan tapainen kuva:



Kartan piirtäminen

Valitse joku seuraavista tähdistöistä:

Tähdistö	RA	DEC
Orion	4h48m - 6h30m	-15° - 10°
Seulaset	3h40m - 3h55m	22.5° - 26°
Leijona	9h30m - 12h15m	0° - 40°
Otava	10h00m - 14h15m	40° - 75°
Kassiopeia	-0h20m - 2h20m	50° - 70°
Ajomies	4h30m - 6h30m	30° - 52°
Lyyra	18h00m - 19h30m	20° - 45°
Kaksoset	6h30m - 8h00m	20° - 40°

Plotattavat taivaanpallon osat ovat melko pieniä, joten käytetään yksinkertaista suorakulmaista RA,DEC koordinaatistoa. Periaatteessa olisi mukavaa, jos kartan vaaka- ja pystyakselien skaalat olisivat samat: koska RA ja DEC ovat pallokoordinaatteja, niin tämä vastaa ehtoa $\Delta RA \times \cos(DEC) = \Delta DEC$, jossa ΔRA ja ΔDEC ovat plotattavat (pienet) koordinaattivälit, ja DEC deklinaatiovälin keskikohta. Ylläannetut koordinaattivälit on valmiiksi valittu likipitään tämän ehdon mukaisesti. Huomaa myös, että tähdistöjen rektaskensiovälit on annettu yllä olevassa taulukossa tunteina, mutta tähtien koordinaatit ovat luetussa tiedostossa asteina. Muuta siis yllä olevassa taulukossa esiintyvä rektaskensioväli asteväliksi kuvan piirtämistä varten ($360^\circ = 24h$, $1h=60m$).

Tehtäväsi on nyt tehdä ohjelma, joka plottaa kaikki 6 visuaalista magnitudia kirkkaammat tähdet annetulta alueelta, käyttäen suurempaa symbolia kirkkaammille tähdille. Käytä IDL:n **where**-funktia kunkin kirkkausvälin tähtien indeksien poimintaan.

Voit käyttää ohjelmassa joko plot-komentoa tai plot-funktia. Mikäli käytät työasemaluokan koneita yliopiston palomuurin takaa, niin **plot-komento on huomattavasti nopeampi käyttää**. Toisaalta, jos työskentelet suoraan koneella, jossa IDL on asennettuna (tai työskentelet toiselta yliopiston koneelta), plot-funktio voi olla mieltäisempi. Seuraavassa annetaan ohjeet erikseen molemmille tavoille.

TAPA 1) Käytetään plot-komentoa, ja kurssimateriaalin apuohjelmia

Saat yhteyden yliopiston YL124 työasemaluokan koneisiin seuraavasti:

```
ssh -X omatunnus@paju.oulu.fi
```

```
ssh -X omatunnus@yl124-pcNN
```

missä NN on koneen numero (esim 25)

Avaa plottia varten ikkuna **nwin**-ohjelmalla (korvaa **window**,/free- komennon - toimii sekä päätteelle että tiedostoon tulostettaessa). Halutun plottausalueen saat rajattua sopivilla **plot**-komennon avainsanoilla (keywordeilla).

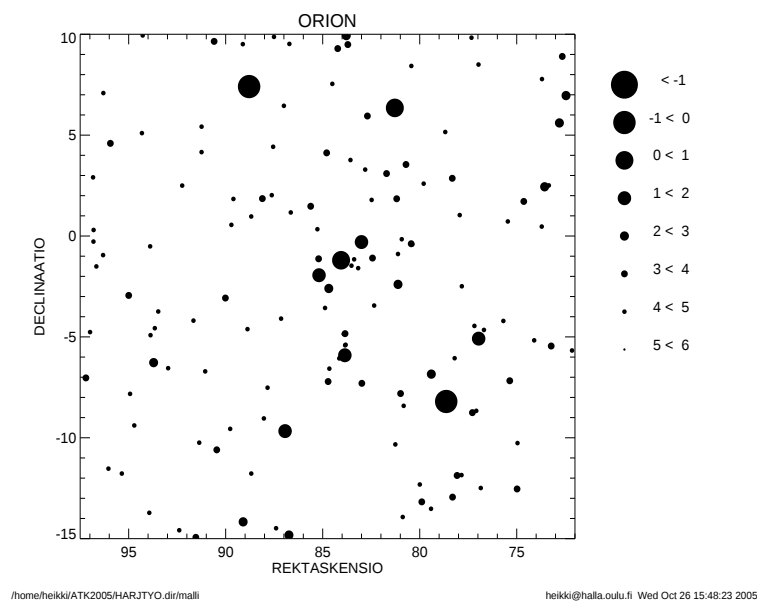
Erityisesti, käytä keywordia **position=[0.1,0.1,0.75,0.9]** plot komennossa:

'position'-keyword on muotoa $[x1,y1,x2,y2]$, jossa pisteet $x1,y1$ (ja $x2,y2$) määrittelevät kuvan vasemman alakulman (vastaavasti oikean yläkulman) suhteessa ikkunaan. Hyötynä on että kuva on likimain neliskulmainen (jolloin tähdistöjen muoto tulostuu likimain oikeana), ja että sen oikeaan reunaan jää tilaa plottausymbolien selitykselle.

Selityksen piirtämisessä käytä **plots** ja **xyouts** komentoja: edellisellä voit piirtää yksittäisen pisteen halutulla symbolilla ja jälkimmäisellä lisätä tekstiä kivaan. Huomaa että näillä voi

piirtää myös plotin akselien rajaaman alueen ulkopuolelle.

Ohessa on malli Orionin tähtikuvion kartasta (käytetty symboli, täytetty ympyrä, ei valitettavast kuulu IDL:n standardisymboleihin. Käytä sensijaan esim. `psym=2` (tähti)).



Tähtikartan tulostamiseen käytä `psopen` ja `psclose` proseduureja, joilla voi ohjata tulostuksen postscript-tiedostoon ja sitten takaisin X-ikkunaan. Eli jos sinulla on esimerkiksi ohjelma `kartta.pro` joka piirtää haluamasi näköisen tähtikartan, niin kirjoita komennot (lisää `color-keyword` mikäli kuvasi käyttää värejä)

```
IDL> psopen,'tulostus.ps'
IDL> .run kartta
IDL> psclose
```

LaTeX-dokumentiin liittämistä varten muuta postscript-tiedosto tässä esimerkissä `tulostus.ps` vastaavaksi pdf-tiedostoksi (`tulostus.pdf`) komennolla

```
ps2pdf tulostus.ps
```

(Muista \$ mikäli annat komennon IDL-ikkunasta).

Hakemistossa `/study/2021/765304A/ATK2021/textoidl` on TeXtoIDL-kirjasto. Mikäli olet aiemmin määritellyt `/study/2021/765304A/ATK2021` hakemiston IDL-hakupolkuusi niin kirjasto tulee automaattisesti käyttöösi (kts <http://physics.mnstate.edu/craig/textoidl>). Silloin voit käyttää LaTeX-tyyppisiä symbolimäärittelyjä `textoidl`-funktion avulla. Esim.

```
xtitle=textoidl('Rektaskensio \alpha')
```

HUOM: mikäli IDL ei löydä em. ohjelmia, niin tarkista että käytät `tcsh`-ympäristöä ja `.cshrc`-tiedostosi sisältää oikean polkumäärittelyn! Kysy tarvittaessa neuvoa.

TAPA 2) Käytetään plot-funktiota

Kuva piirretään `plot()`-funktion avulla. Halutun taivaanalueen voit rajata `plot()`-funktion avainsanoilla. Erityisesti, etsi IDL:n manuaalista miten käytät seuraavia avainsanoja ja parametreja `plot()`-funktiossa:

- `xrange` ja `yrange`,
- `title`, `xtitle` ja `yttitle`,
- `symbol`,
- `sym_size`,
- `/sym_filled`,
- `linestyle`,
- `position`,
- `name`.

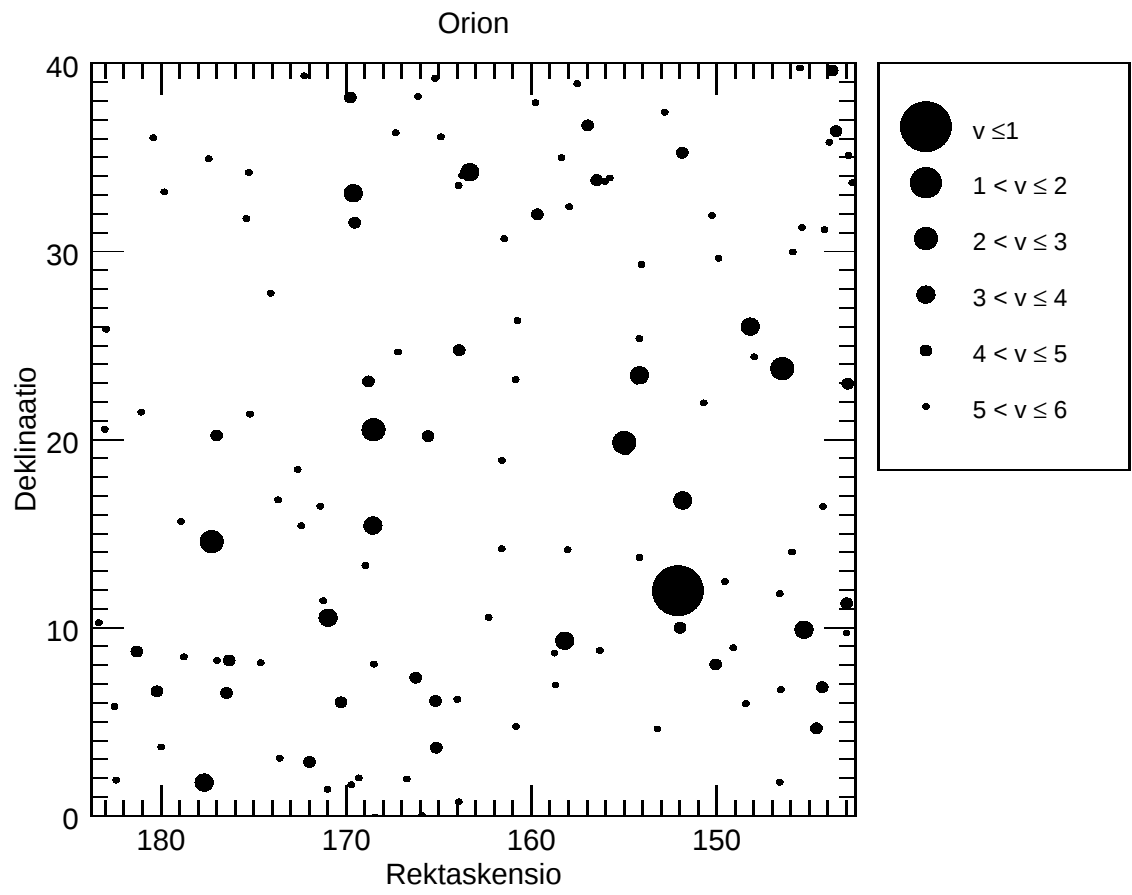
Erityisesti avainsana `position` on hyödyllinen. Sen avulla voidaan määritellä kuvan vasemman alakulman (vastaavasti oikean yläkulman) koordinaatit suhteessa ikkunaan. Hyötynä on että kuva on likimain neliskulmainen (jolloin tähdistöjen muoto tulostuu likimain oikeana), ja että sen oikeaan reunaan jää tilaa plottausymbolien selitykselle. Avainsana `name` on hyödyllinen symbolien selityksen lisäämiseen, ja sen kanssa voit käyttää L^AT_EXista tuttuja matemaattisia symboleja (etsi IDL-manuaalista ”Adding Mathematical Symbols and Greek Letters to the Text String”).

Symbolien selityksen lisäämiseen käytä `legend()`-funktiota. Tämän funktion relevantteja avainsanoja tämän työn kanssa ovat:

- `target`,
- `position`,
- `font_size`,
- `sample_width`,
- `horizontal_spacing`,
- `vertical_spacing`.

Ohessa on malli Orionin tähtikuvion kartasta. Pyri tekemään jotain vastaavaa, mutta luonnollisesti sinun ei tarvitse valita Orionin tähtikuviota uudestaan. Voit tarkistaa että oma tähtikuviosi muistuttaa oikeaa esimerkiksi Wikipedian avulla.

Tähtikartan kuvan tallentamiseen käytä `plotinnimi.save, 'tiedosto.pdf'` proseduuria. Tämän kanssa hyödyllinen avainsana voi olla `/landscape`.



Raportin kirjoittaminen

Voit käyttää raportin pohjana kurssin kotisivuilta löytyviä .tex-malli tiedostoja. Kerro lyhyesti raportissa miten teit työn. Jos halua kommentoida ohjelmakoodiasi raportissa niin voit poimia IDL-ohjelmatiedostostasi tärkeitä kohtia lisäämällä ne *verbatim*-ympäristön sisään. Raportin pituutta ei määritellä, mutta muista lisätä tämän ohjeen ensimmäisellä sivulla luetellut pakolliset asiat raporttiisi.

VAPAAEHTOISTA ylimääräistä puuhaa:

MIKÄLI HALUAT, niin voit myös lisätä ohjelmaasi mahdollisuuden tulostaa tähtikartta jollekin toiselle ajanhetkelle, ottamalla huomioon tähtien ominaisliikkeet.

IDL:n save-komennolla on tallennettu tiedosto

`/study/2021/765304A/ATK2021/kirkkaat_tahdet_motion.save,`

joka sisältää edellä tiedostosta luettujen kirkkaiden tähtien ominaisliikkeet ('proper motion') rektaskensio- ja deklinaatiosuunnissa (muuttujanimet PMRA, PMDE). Lue tiedosto IDL:n `restore` komennolla. Voit nyt laskea tähtien näennäiset paikat haluamanasi ajankohtana, lisäämällä ominaisliikkeen aiheuttamat muutokset koordinaatteihin.

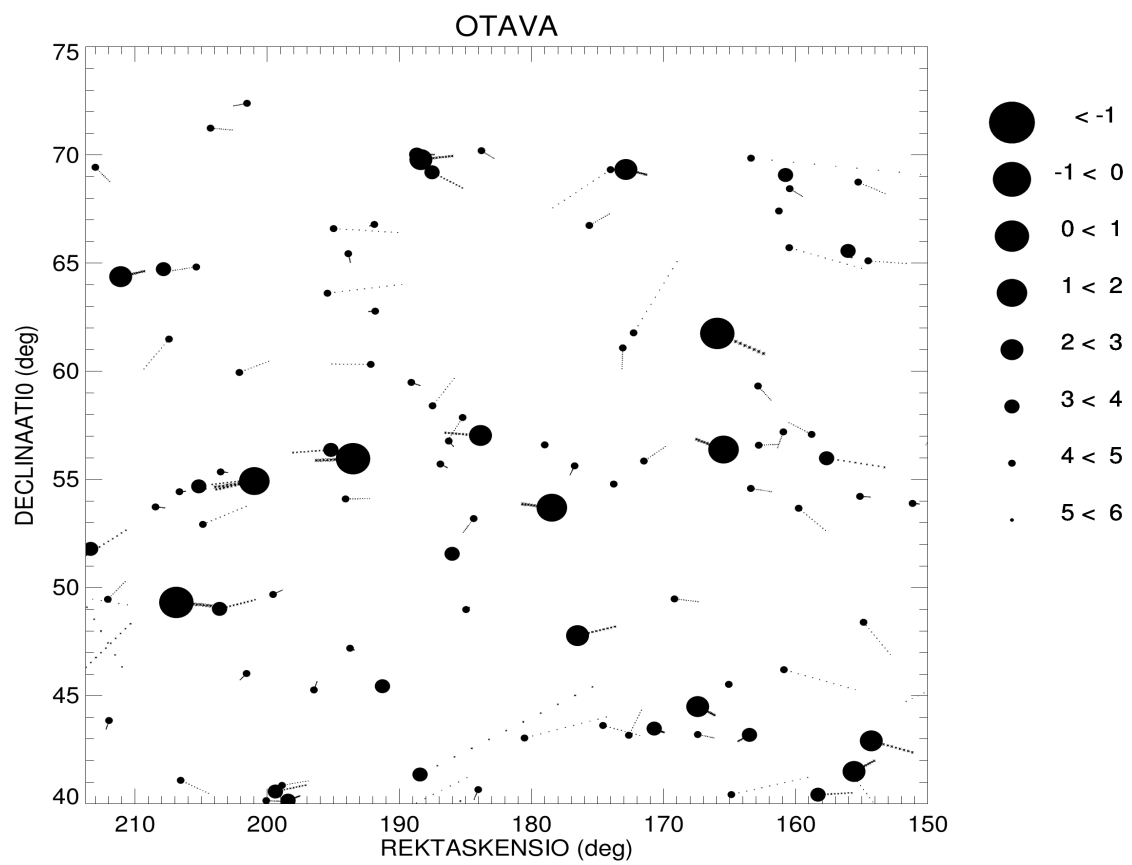
Huomaa seuraavat seikat:

-ominaisliikkeiden yksikkönä on kaarisekuntia/vuosi.

-PMDE antaa muutoksen suuressa DEC ja PMRA suuressa $RA \times \cos(DEC)$, kun rajoitutaan pieniin siirroksiin.

Tutki esim. miten Otavan ulkonäkö on muuttunut ± 100000 vuoden aikana? Voit verrata tuloksiasi esim. verkkosivuun

<http://www-astronomy.mps.ohio-state.edu/~pogge/Ast162/Movies/proper.html>
tai seuraavalla sivulla olevaan esimerkkiin.



Otava + seuraavan 50 000 vuoden ominaisliike