

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za *matematiko in fiziko*



Življenje in dinamika zvezd

Galaktični gravitacijski potencial

Študent:
Jurij Šumak
28242057

Profesor: dr. Janez Kos

Uvod

Gravitacijski potencial Galaksije določa gibanje zvezd, zato razumevanje njegove oblike in vpliva različnih komponent je ključno za opis dinamike galaksij. Galaksijo lahko v prvi približku opišemo kot sestavljeno iz več glavnih komponent zvezd: **tankega in debelega diska, bulga** ter **haloja**.

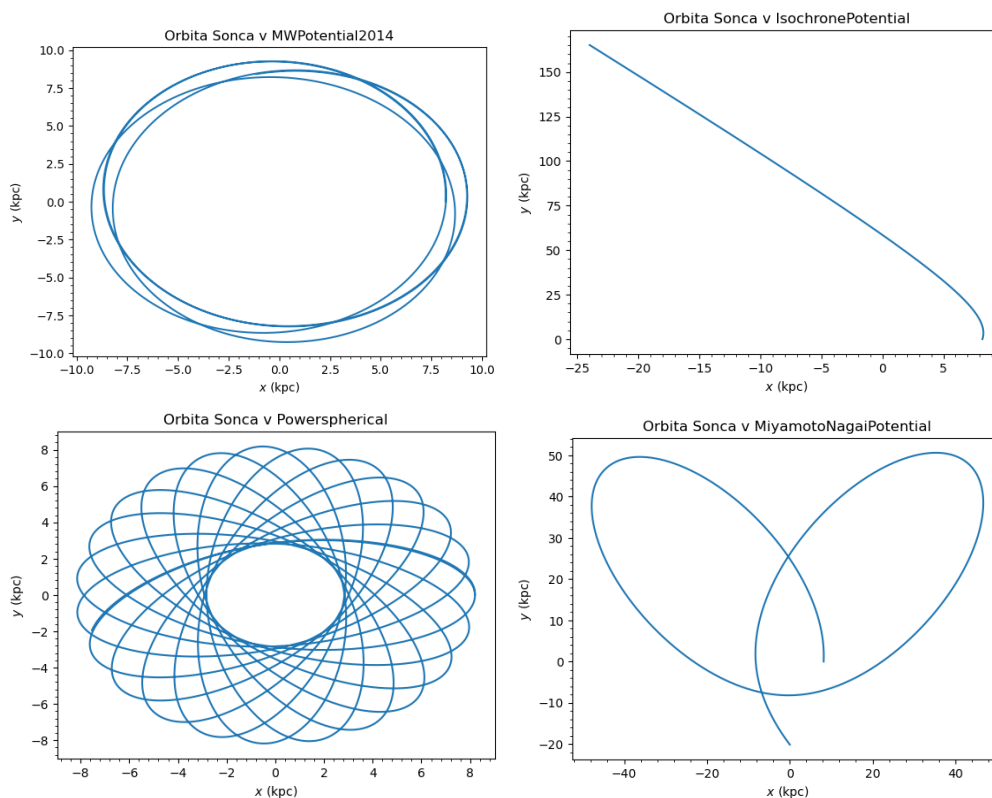
Za numerične študije se pogosto uporabljajo modeli potencialov. V tej nalogi bomo uporabljamo knjižnico Galpy, namenjeno integraciji orbit in delu z galaktičnimi potenciali. Glavni potencial, ki ga bomo uporabljali je `MWPotential2014`.

Naloga od nas zahteva, da moramo:

1. integrirati orbite Sonca v idealiziranem potencialu in določiti osnovne parametre, kot sta **pericenter**, **apocenter** in **ekscentričnost**;
2. preučevati različne tipe orbit;
3. poseliti Galaksijo z zvezdami in preveriti stabilnost take porazdelitve zvezd;
4. ponarediti prikaz radialne hitrosti zvezd na nebu iz navodil

Rezultati

Sonce v idealiziranem potencialu

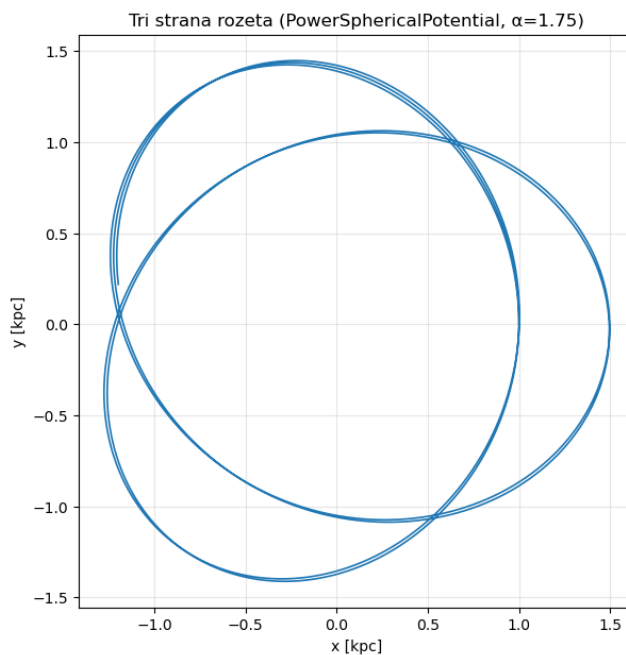


Slika 1: Sonce v nekaj potencialih, ki smo jih vzeli pri predavanjih.

Potenciali imajo vsi enake začetne pogoje. Izohroni potencial ne mora obdržati orbite, medtem ko MiyamotoNagai potencial za las ugrabi Sonce v orbito. Pri Powerspherical potencialu dobimo skoraj zaključeno orbito.

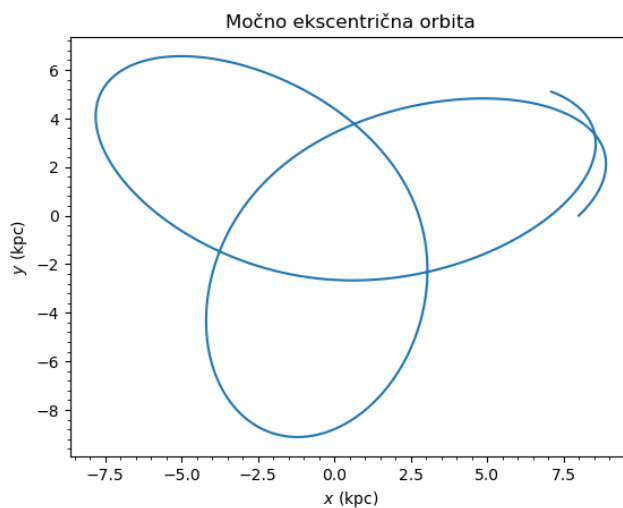
Zanimive orbite

Že s Soncem sem našel skoraj zaključeno orbito v Powerspherical potencialu. Poglejmo si še tristrano rozeto:



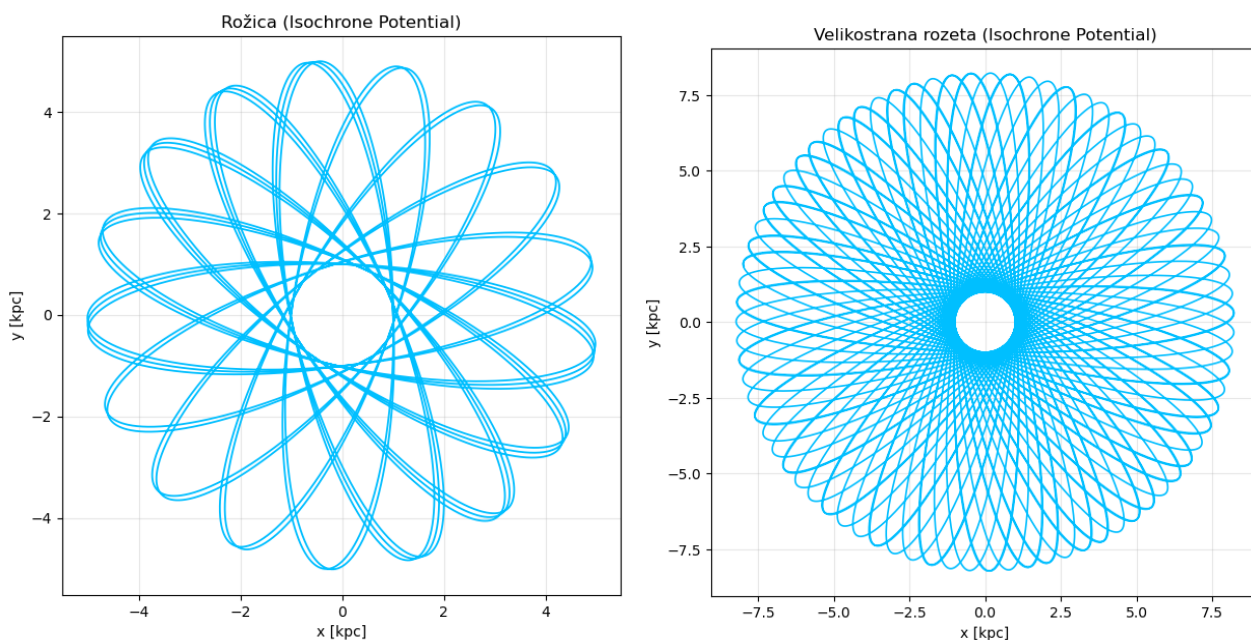
Slika 2: Tristrana rozeta

Poglejmo, če lahko v MWPotential2014 dobimo kaj podobnega tristrani rozeti:



Slika 3: Graf močno ekscentrične orbite.

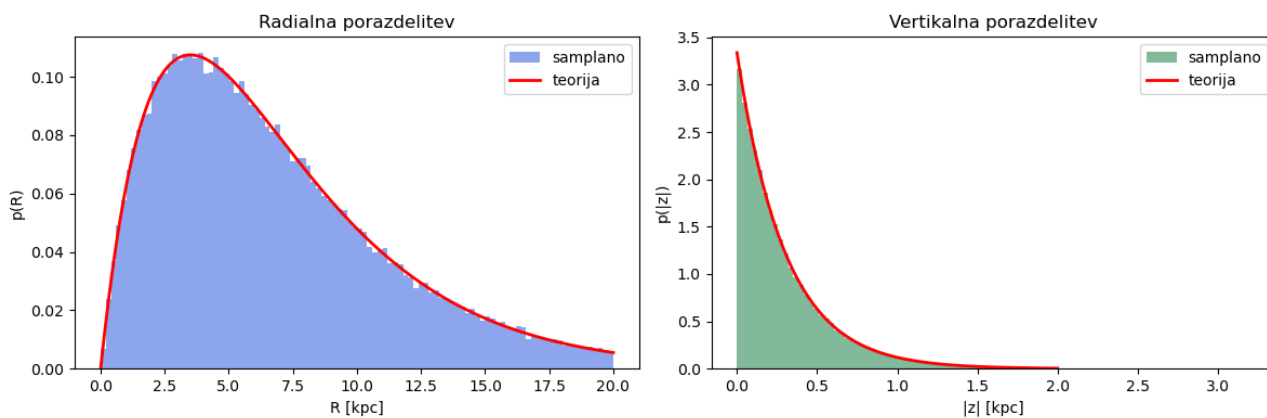
Ni mi uspelo dobiti tristrane rozete, ampak sem dobil zelo ekscentrično orbito. Če se mogoče malo poigramo v izohronem potencialu dobimo zelo umetniških orbite, kot sta:



Slika 4: Dve skoraj zaključeni orbiti v Izohronem potencailu.

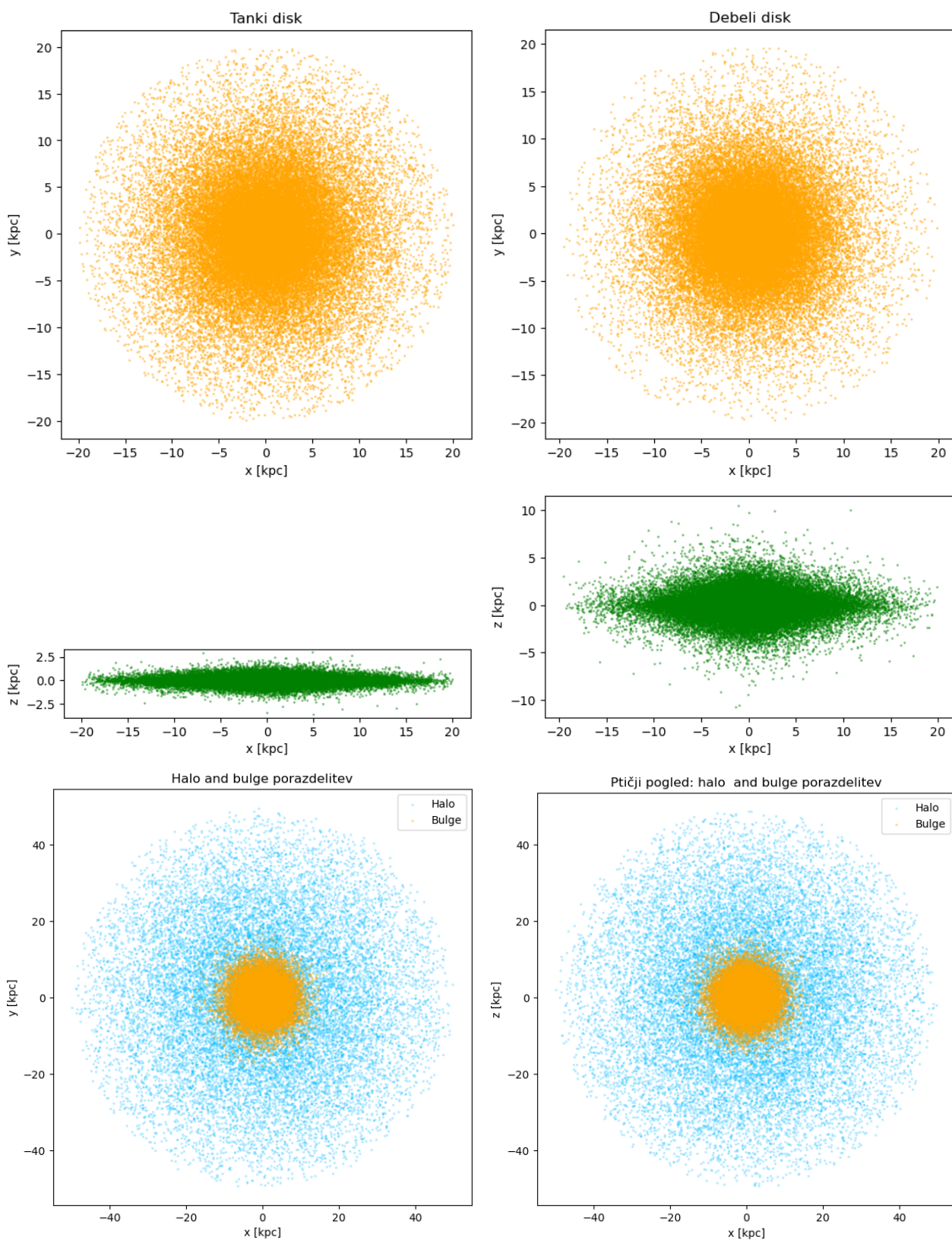
Simulacija galaksije

Prva stvar, ki jo moramo narediti je postaviti zvezde v našo galaksijo. Ta je sestavljena iz štirih komponent (tanki in debeli disk, bulge ter halo). Preverimo kako zgleda porazdelitev diskov na primeru tankega diska:



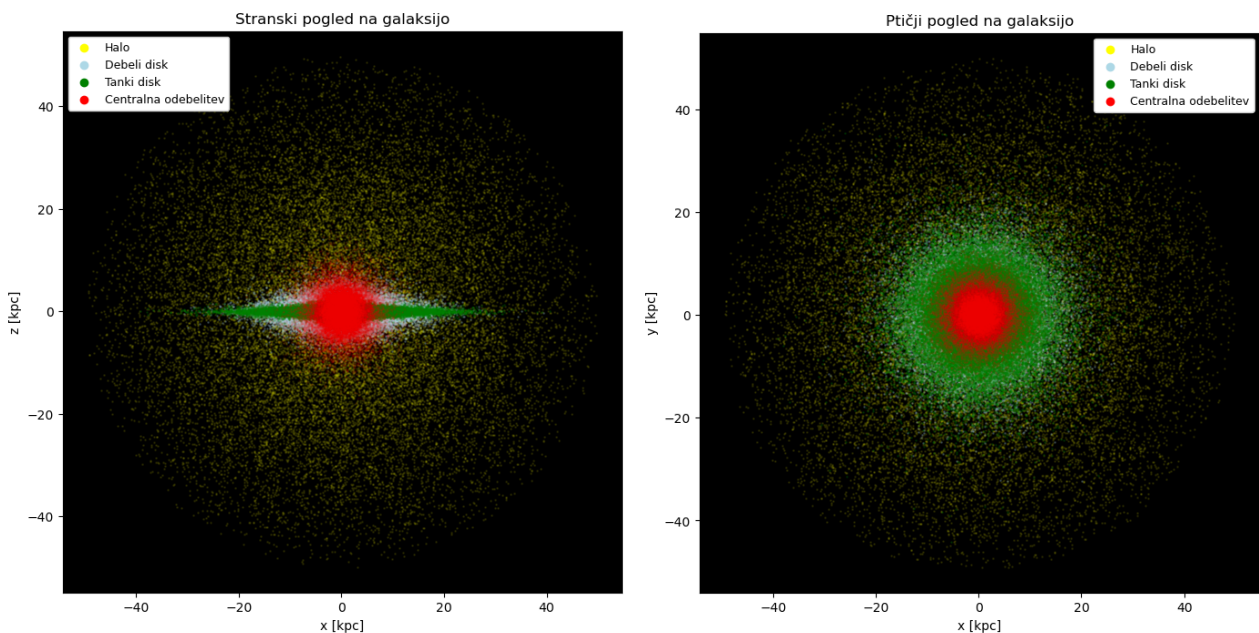
Slika 5: Porazdelitev zvezd tankega diska

Porazdelitev samplov je skladne z porazdelitvijo iz teorije. Poglejmo si zdaj različne komponente:



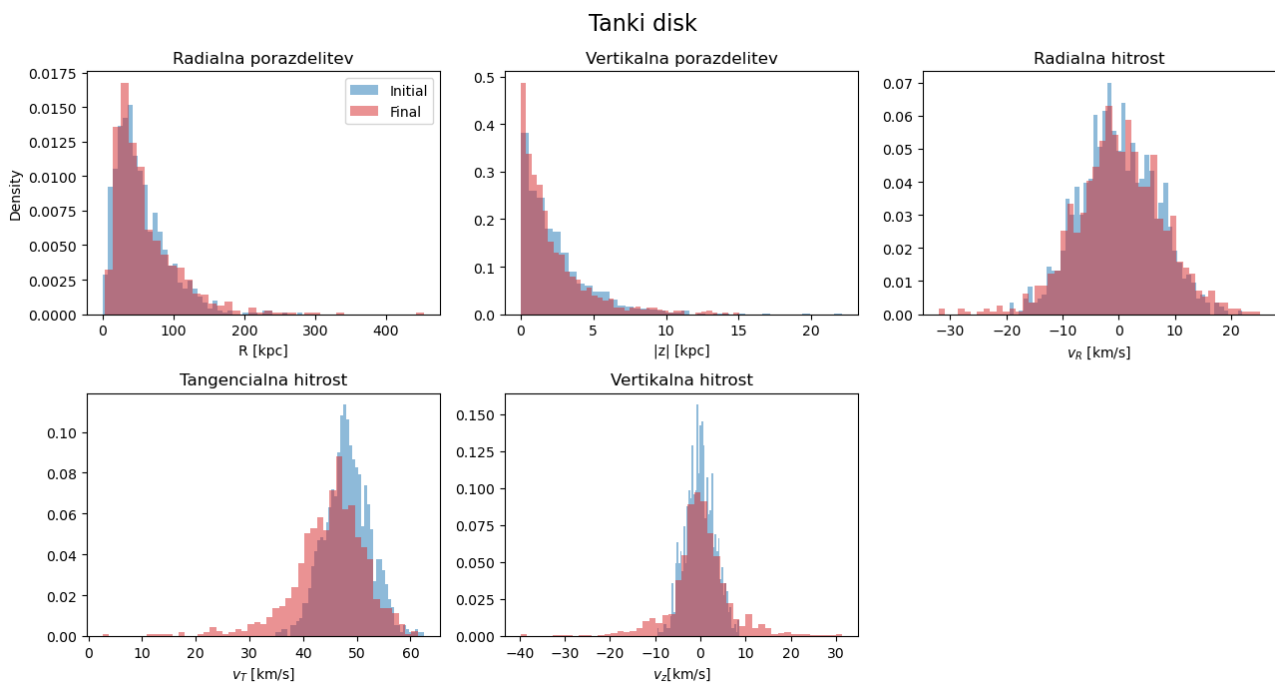
Slika 6: Posamezne komponente galaksije v xy in xz projekcijah.

Združimo vse komponente skupaj, da dobimo našo postavitev galaksije:

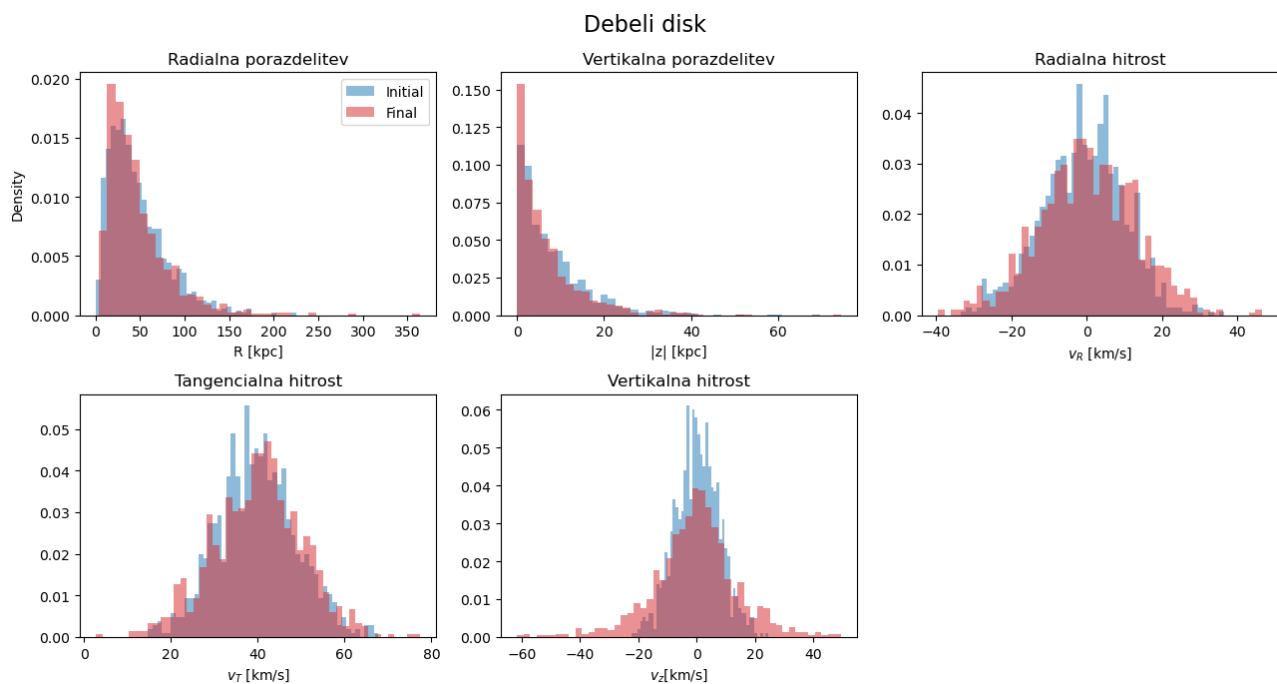


Slika 7: Galaksija z vsemi komponentami zvezd.

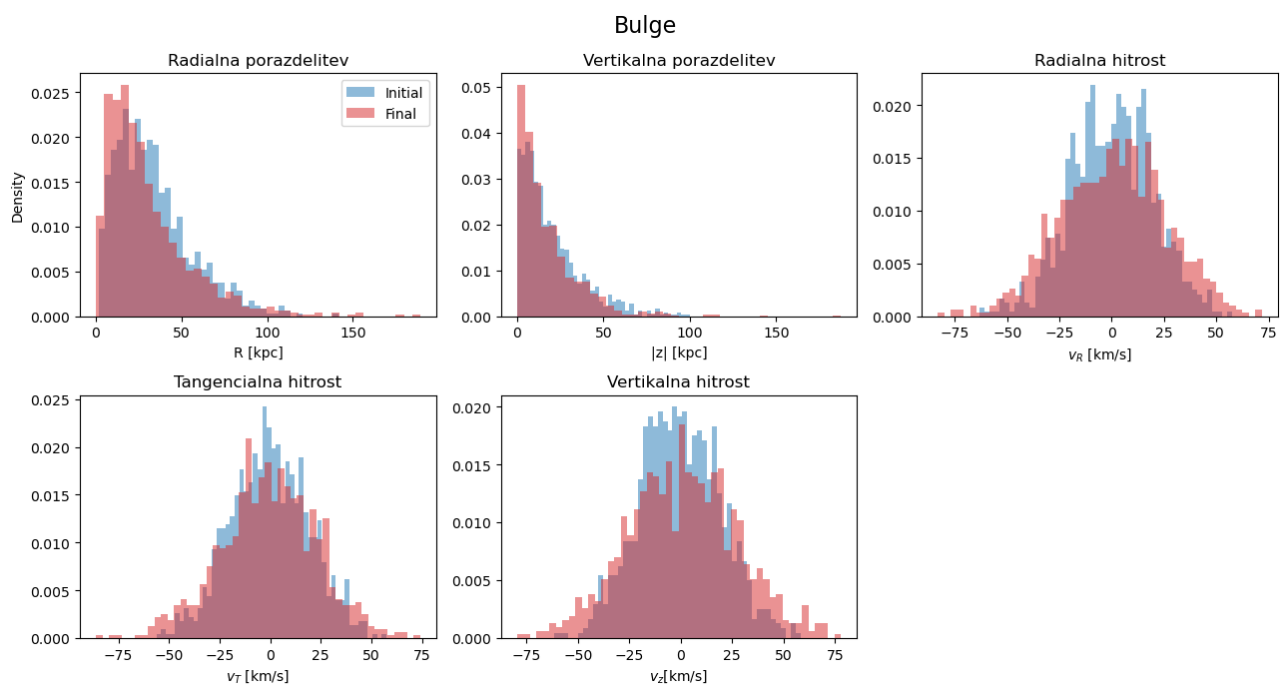
Poglejmo statistiko za našo galaksijo po dveh milijardah let (MWPotential2014):



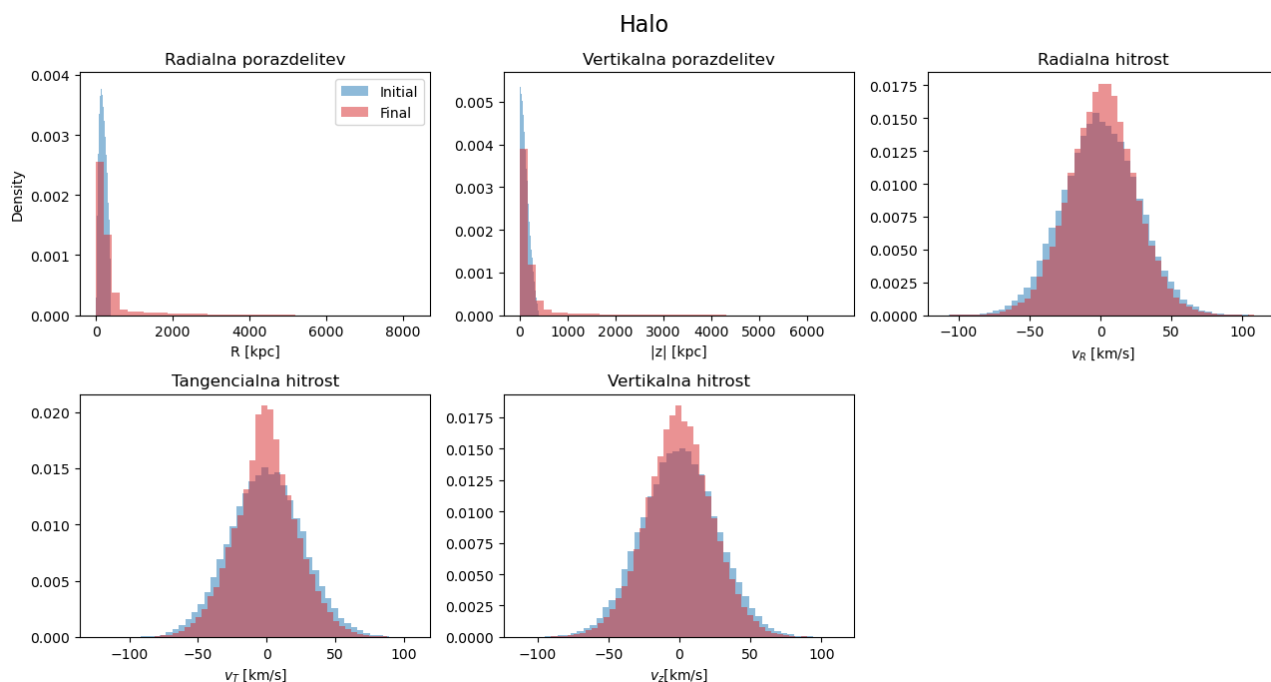
Slika 8: Porazdelitve nekaterih parametrov tankega diska.



Slika 9: Porazdelitve nekaterih parametrov debelega diska.

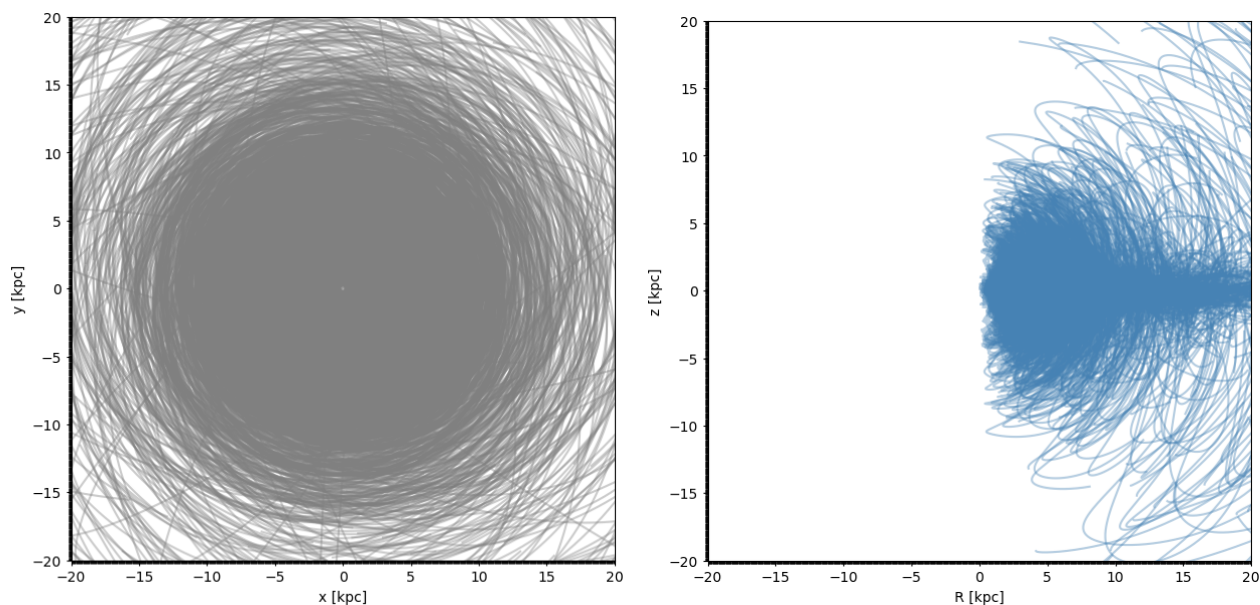


Slika 10: Porazdelitve nekaterih parametrov bulga.



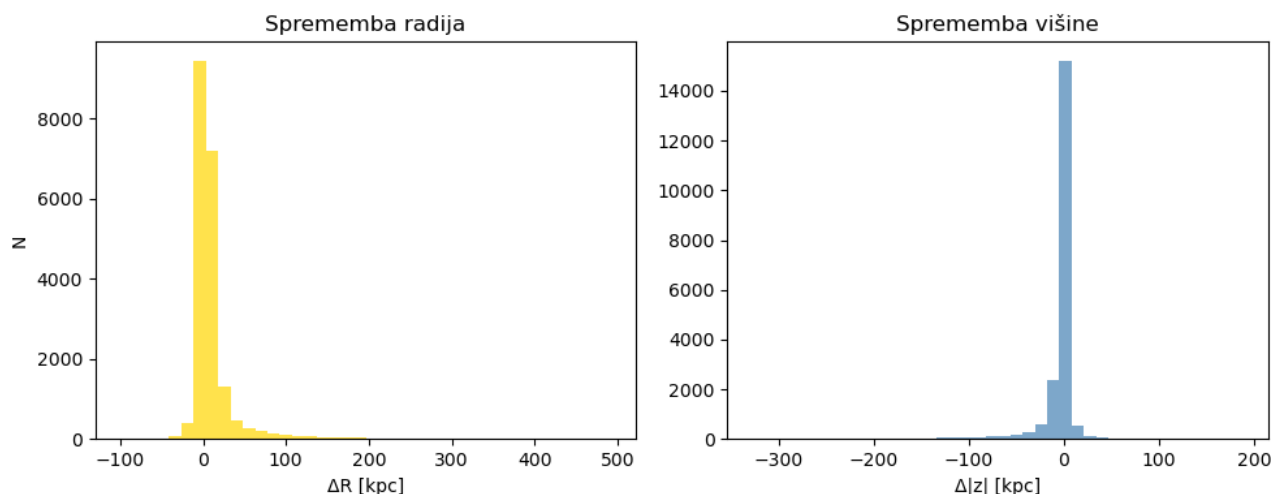
Slika 11: Porazdelitve nekaterih parametrov haloja.

Iz grafov lahko opazimo, da se večina parametrov malo razmaže, ampak oblika je še vedno prisotna. Pri haloju sem simuliral do štiri milijarde let, saj je tam simulacija bistveno hitrejša. Ostale simulacije do štiri milijarde let z ustreznim številom zvezd ter števila korakov še čakam in nevem, če bo uspelo do 17h integrirati orbite. Isto sem se odločil, da ne bom risal orbit takega števila zvezd, saj je težko prikazati to na lep način ob velikih časih:



Slika 12: Projekcija xy in rz orbit galaksije. Zvezde so samplane po naključju iz postavljene galaksije.

Lahko pogledamo tudi spremembo pozicij zvezd:

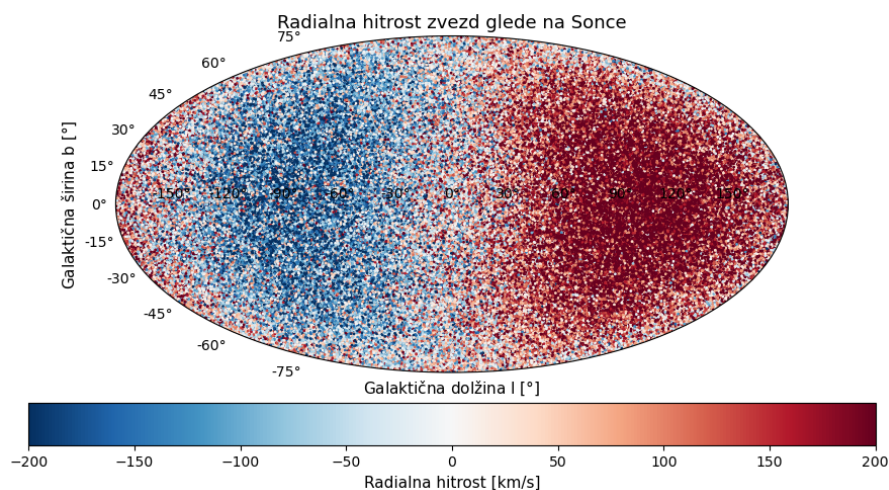


Slika 13: Sprememba radija in višine za vse zvezde v galaksiji

Razmišljal sem tudi o animaciji ampak je računalnik malo prepočasen, da bi dobil dovolj točk za izris lepe animacije.

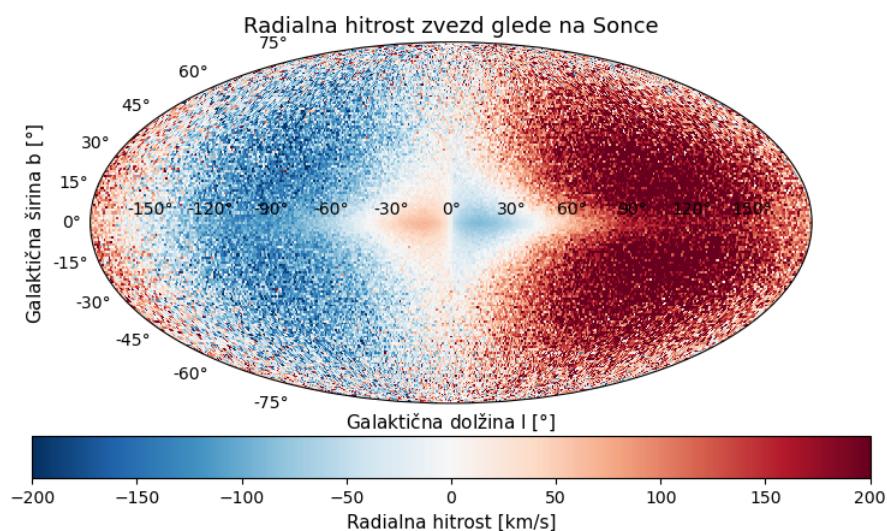
Projekcija radialnih hitrosti

Zadnja stvar, ki jo še moramo narediti je ponarediti projekcijo iz navodil z našo simulirano galaksijo. To lahko naredimo le z transformacijo koordinat. Torej iz galaktičnih v heliocentrične:



Slika 14: Projekcija radialnih hitrosti glede na Sonce po celotnem nebu.

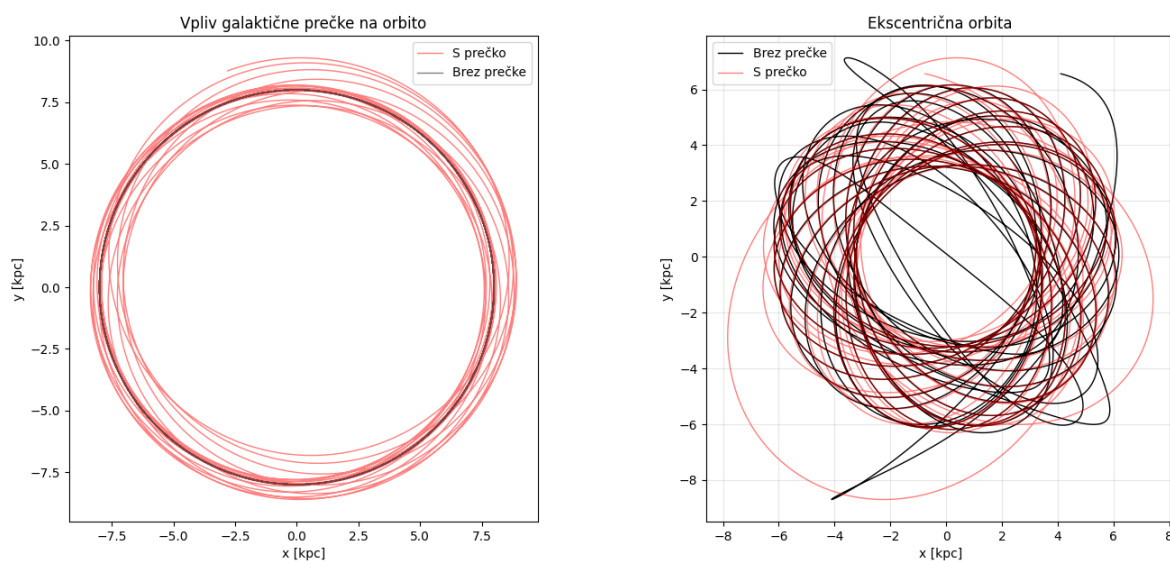
Projekcija izgleda dovolj podobna ampak manjka nam v središču galaksije tisti relativno nepremičen del. Z nekaj razmisleki, smo ugotovili, da imam problem s "šumom", saj disperzija hitrosti prevlada nad povprečno hitrostjo v tistem delu. Povprečimo hitrost na vsakem kvadratu $1 \times 1^\circ$ in dobimo željeno projekcijo:



Slika 15: Projekcija povprečnih radialnih hitrosti glede na Sonce po celotnem nebu.

Dodatna naloga

Našemu potencialu (MWPotential2014) moramo še dodati prečko. Tukaj bomo uporabili Dehnen-BarPotential. Ta dva potenciala združimo in si pogledamo orbite:



Slika 16: Orbite z potencialom brez in z prečko ob istih začetnih pogojih.

V primeru ko so začetni pogoji nastavljeni za lepo stabilne orbite izgleda orbite z prečko nestabilna. Ko pa imamo bolj ekscentrično orbito je pa obratno in izgleda kot, da prečka "umiri" orbito.