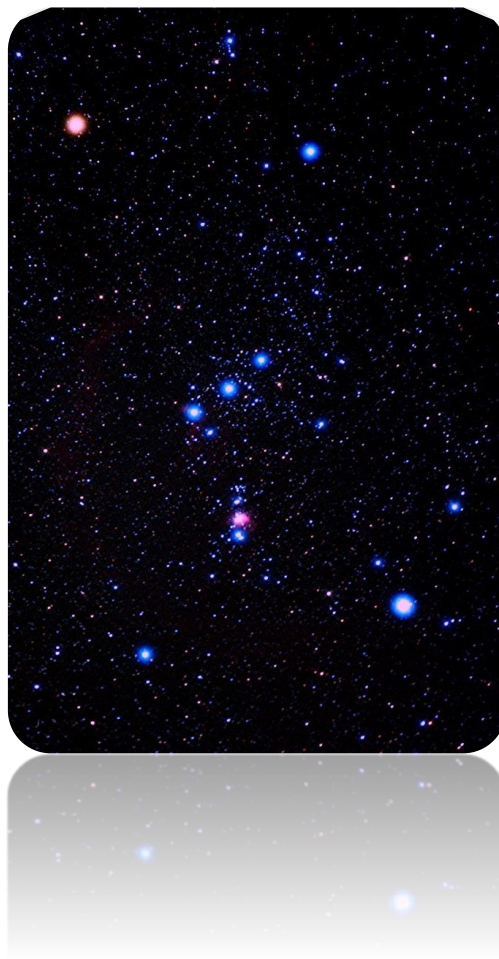


Osnovna šola Frana Albrehta Kamnik



3D Ozvezdja

Aplikativni inovacijski predlogi in projekti.



Slika 1: Zimsko ozvezdje Orion (vir: <http://www.goodlifestyle.si/kolumna-andreja-gomboc-kdo-je-globalni-zvezdnik-ozvezdji/>)

Avtor: Miha Okorn

Mentorica: Danica Mati Djuraki

Kamnik, 2020

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Tomažu Zwitteru za pomoč in predloge, učencu Gregorju Parazajdi za pomoč pri oblikovanju računalniškega 3D modela, lektorici profesorici Ireni Milivojevič Kotnik za pregled naloge in mentorici profesorici Danici Mati Djuraki za pomoč, vodenje in usmerjanje.

Kazalo

ZAHVALA.....	2
POVZETEK:.....	4
1. UVOD.....	5
2. TEORETIČNI DEL.....	6
2.1. ZVEZDE.....	6
2.2. SIJ ZVEZD.....	6
2.3. IZSEV ZVEZD.....	7
2.4. ODDALJENOST ZVEZD.....	7
2.5. ENOTE ZA MERJENJE KOTOV.....	7
2.6. RAČUNANJE RAZDALJE Z ZVEZDNO PARALAKSO.....	8
2.7. OZVEZDJE.....	9
2.7.1. ASTERIZEM.....	10
2.7.2. OZVEZDJE ORION.....	10
2.8. OBZORJE, ZENIT, NADIR.....	11
2.9. GEOGRAFSKA ŠIRINA IN DOLŽINA NA ZEMLJI.....	11
2.10. DEKLINACIJA IN REKTASCENZIJA NA NEBU.....	11
2.11. NADOBZORNICE, PODOBZORNICE, VZHAJALKE.....	12
2.12. NEBESNA MEHANIKA.....	13
2.13. MERJENJE ODDALJENOSTI V VESOLJU.....	13
2.13.1. ASTRONOMSKA ENOTA.....	14
2.13.2. SVETLOBNO LETO.....	14
2.13.3. PARSEK.....	14
2.14. SATELIT GAIA.....	14
3. EKSPERIMENTALNI DEL.....	16
3.1. METODE DE LA.....	16
3.1.1. OPIS RAČUNANJA V NALOGI.....	16
3.1.2. RAČUNANJE ODDALJENOSTI ZVEZD.....	16
3.2. UMEŠČANJE ZVEZD V PROSTOR.....	17
3.2.1. RAČUNANJE LEGE IZ REKTASCENZIJE.....	18
3.2.2. RAČUNANJE LEGE IZ DEKLINACIJE.....	18
3.2.3. 3D TISKANJE.....	18
4. REZULTATI.....	19
5. ZAKLJUČEK.....	21
6. VIRI IN LITERATURA.....	22
6.1. SEZNAM SLIK.....	22
6.2. SEZNAM TABEL.....	23

POVZETEK:

V projektni nalogi 3D ozvezdja sem s pomočjo 3D tiskalnika izdelal maketo ozvezdja Orion, kjer sem poleg deklinacije in rektascenzije prikazal tudi dejansko medsebojno oddaljenost zvezd v prostoru. Iz modela je razvidno, da je oblika ozvezdja Orion odvisna od položaja opazovalca, kar pomeni, da bi ozvezdje izgledalo drugače, če bi ga opazovali iz drugih koncev vesolja. Delo temelji na matematičnih izračunih oddaljenosti, rektascenzij in deklinacij posameznih zvezd v ozvezdju Orion. V prihodnje bi lahko delo temeljito razširili, prikazali bi lahko 3D model drugih ozvezdij, dodali bi lahko druge nebesne objekte (na primer meglice, galaksije, zvezdne kopice ...) ter naredili tridimenzionalno zvezdno karto neba. To bi bil izredno zanimiv projekt, za katerega pa bi potrebovali veliko časa in dela. Rezultat bi bil izpopolnjena maketa neba, ki bi pripomogla k popularizaciji astronomije med mladimi, služila pa bi tudi kot pomemben pripomoček za učenje.

1. UVOD

S preračunavanjem medsebojne oddaljenosti zvezd s pomočjo že izmerjenih podatkov o njihovi letni paralaksi in izdelavo 3D modela na podlagi teh izračunov sem želel prikazati razporejenost zvezd ozvezdja Orion v prostoru. Cilj je bil prikazati realno podobo vesolja na tem območju in ovreči splošno prepričanje, da so zvezde v ozvezdju medsebojno gravitacijsko povezane. V verodostojni spletni bazi podatkov SIMBAD sem pridobil podatke o paralaksah zvezd, s katerimi sem natančno izračunal oddaljenosti zvezd, nato pa sem podatke o medsebojni legi, deklinaciji in rektascenziji prikazal na 3D modelu, ki sem ga natisnil s šolskim 3D tiskalnikom.

2. TEORETIČNI DEL

2.1. ZVEZDE

Zvezde so telesa v vesolju, ki oddajajo lastno svetlobo. Nam najbližja zvezda je Sonce. Od nas je oddaljena 8 svetlobnih minut, to je približno 150 milijonov kilometrov. Sonce na nebu vidimo kot ploskev, ostale zvezde pa zaradi velike oddaljenosti večinoma kot drobne svetle točke. Nam najbližja zvezda (Proksima Kentavra) je od nas oddaljena kar 4,2 svetlobni leti, kar je približno 40 trilijonov kilometrov. Zvezde so sijoča nebesna telesa, ogromne žareče krogle v vesolju. Zvezdni sij nastaja kot posledica jedrskih reakcij v notranjosti zvezd. V mladih zvezdah energija nastaja z jedrskim zlivanjem atomov vodika v atome helija. Opisana reakcija poteka že slabih 5 milijard let tudi na našem Soncu. Astronomi ocenjujejo, da je v danes znanem vesolju približno 7×10^{22} zvezd¹.



Slika 2: Zvezde Rigel v ozvezdju Orion (vir: <https://earthsky.org/brightest-stars/blue-white-rigel-is-orions-brightest-star>)

2.2. SIJ ZVEZD

Zvezde imajo različen sij. Nekatere sijejo močnejše, druge šibkeje. Starogrški astronom Hiparh je leta 150 pred našim štetjem po siju razporedil vse zvezde, vidne s prostim očesom. Tristo let kasneje je Klavdij Ptolemaj, eden največjih astronomov starega veka, v svojem delu Syntaxis (v arabščini Almagest) po siju razvrstil več kot tisoč zvezd v šest skupin, ki jih je imenoval magnitude (kar v latinščini pomeni velikost). Zvezde je razvrstil glede na svetlost ob opazovanju s prostimi očmi. V prvem razredu so bile najsvetlejšje zvezde, ki jih je imenoval zvezde prve magnitude (1^m). V šestem razredu so bile zvezde, ki so še komaj vidne s prostim očesom (6^m). Ta sistem razdelitve zvezd se je ohranil do odkritja daljnogleda v 17. stoletju. Ker z daljnogledom lahko vidimo zvezde, ki jih s prostim očesom ne moremo, so morali magnitudno skalo razširiti. Danes poznamo tudi zvezde, ki imajo magnitudo višjo od 15^m . Osnovni razredi magnitud so ostali, dobili pa so še decimalna mesta. Ta magnitudna skala ima dve veliki pomanjkljivosti. Prvič, je inverzna, kar pomeni, da večje številke pomenijo šibkejšo zvezdo. In drugič, je logaritemska, osnova logaritma pa ni 10 ali morda e , pač pa 2,512, številka brez posebnega pomena. Sij zvezde nam pove, kako svetla je zvezda na našem nebu. Izražamo ga v magnitudah ali v vatih na kvadratni meter (enoti za gostoto svetlobnega toka, ki pride z zvezde do nas). Sij zvezde je odvisen od oddaljenosti zvezde, zato nam ne daje neposrednih podatkov

¹ Zvezda, Wikipedija, prosta enciklopedija, <https://sl.wikipedia.org/wiki/Zvezda>, 31. 12. 2019.

o njenem izsevu in temperaturi. Če bi nebo opazovali iz hipotetičnega planeta, ki kroži okrog zvezde Fomalhaut, bi bil sij zvezd in podoba neba popolnoma drugačna².

2.3. IZSEV ZVEZD

V nasprotju s sijem, pa nam izsev ali moč zvezde pove koliko energije zvezda izseva na časovno enoto. Izsev je torej povezan s samo zvezdo, z njeno maso, površinsko temperaturo in velikostjo ...³

2.4. ODDALJENOST ZVEZD

Do 18. stoletja astronomi niso poznali oddaljenosti zvezd. Niso vedeli, ali se medsebojne lege zvezd spreminjajo, ali se premikajo in predvsem, koliko so od nas oddaljene. Prvi korak v razumevanju oddaljenosti zvezd je naredil največji astronom 18. stoletja William Herschel. Na podlagi grobe predpostavke, da imajo vse zvezde enak izsev in dejstva, da sij pojema s kvadratom razdalje (če je zvezda trikrat bolj oddaljena od druge zvezde, potem se bo zdela devetkrat šibkejša) je Herschel izmeril razdalje do stotin zvezd. Razdalj ni izračunal v kilometrih, pač pa v siriometrih (po zvezdi Sirij). Za osnovo je vzel razdaljo do Sirija (najsvetlejše zvezde na nebu) in glede na njen sij izračunal razdalje do vseh ostalih zvezd. Astronomi so tako poznali razdalje do vseh s prostim očesom vidnih zvezd, niso pa vedeli, koliko meri en siriometer. S pomočjo zvezdne paralakse je to leta 1838 izračunal Friedrich Wilhelm Bessel. Izračunal je razdaljo do zvezde 61 Laboda, s čimer je lahko določil vrednost siriometra, kar je pripeljalo do poznavanja oddaljenosti vseh zvezd, ki jih je izmeril Herschel. Računanje oddaljenosti s pomočjo paralakse pa je omejeno le na bližnje zvezde (v kozmološkem merilu). Razdaljo do bolj oddaljenih zvezd danes merimo s pomočjo kefeid ali supernov tipa Ia⁴.



Slika 3: Astronom Friedrich Wilhelm Bessel, ki je prvi izračunal oddaljenost zvezde 61 Laboda (vir: https://en.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Bessel)

2.5. ENOTE ZA MERJENJE KOTOV

Kotna stopinja je enota za merjenje kotov. Pravi kot meri 90°, polni kot 360°, iztegnjeni kot pa 180°. Manjši enoti od kotne stopinje sta kotna minuta (') in kotna sekunda (").

$$1^{\circ} = \frac{1}{60}' = \frac{1}{60 \cdot 60}''$$

² Kambič, B., Raziskujmo ozvezdja z daljnogledom 10x50, Ljubljana: Cambio d. o. o, 2007, str. 58.

³ Prav tam.

⁴ Singh, S., Veliki pok: najpomembnejše znanstveno odkritje vseh časov, Tržič: Učila International, 2007, str. 115.

Za merjenje kotov uporabljamo tudi enoto radian. 2π radianov je 360° .

$$1^\circ = \frac{\pi}{180} \doteq 0,0175 \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = \frac{180}{\pi} \doteq 57,3^\circ$$

2.6. RAČUNANJE RAZDALJE Z ZVEZDNO PARALAKSO

Paralaksa je spreminjanje navidezne lege telesa glede na ozadje zaradi spreminjanja položaja opazovalca. Preprost primer paralakse opazimo, če iztegnemo roko in kazalec, zamižimo na levo oko in si zapomnimo lego kazalca glede na nek predmet v ozadju (na primer okno). Nato zamižimo na desno oko in kazalec opazujemo z levim očesom. Opazimo, da se lega prsta glede na okno spremeni. Enak pojav opazimo tudi v vesolju. Ker Zemlja kroži okrog Sonca, se v 6 mesecih premakne za 300 milijonov kilometrov. Če opazujemo položaj bližnje zvezde glede na zvezdno ozadje v decembru in v juniju, opazimo, da se zvezda premakne za nek kot. Ko natančno izmerimo kot, za katerega se je zvezda premaknila, lahko s pomočjo preproste trigonometrije izračunamo oddaljenost zvezde:

$$R = \frac{r}{\tan \varphi}$$

R= oddaljenost zvezde v kilometrih

r= 150 milijonov kilometrov

φ = izmerjen kot paralakse v kotnih stopinjah

2.7. OZVEZDJE

Odkar je se je človek postavil na zadnje noge in začel opazovati nebo, je zvezde razdelil v ozvezdja. Najprej je v mislih svetlejše zvezde povezal v preproste like (na primer kvadrate, trikotnike, križe ...). Nato je na nebo v domišljiji preslikal svoje mitološke junake, domače živali, pomembne predmete svojega vsakdana ... Tako so nastala prva ozvezdja. Sumerci, Babilonci in Egipčani so svetlejše zvezde poimenovali in jih povezali v ozvezdja. Antični Grki so večino ozvezdij poimenovali po svojih mitoloških bitjih. Nekatera od njih poznamo še danes (Orion, Veliki pes, Eridan, Dvojčka ...). Rimljani so grška imena zgolj prevedli v latinščino, niso pa spreminjali ozvezdij in na nebo slikali svojih cesarjev, bogov ... Večina današnjih imen ozvezdij je nastala na tak način. Podrobne opise neba in ozvezdij sta v tistem času podala astronomi Hiparh in Klavdij Ptolemaj. Nekatera ozvezdja so dodali še v srednjem veku, vendar se jih večina ni ohranila. Svoja imena za ozvezdja so imeli tudi Kitajci, Arabci in mnoge druge civilizacije. V 16. stoletju so po odkritju Amerike in Novega sveta evropski astronomi izrisali karte južnega neba. Pri tem je vsak astronom podal drugačna imena in oblike ozvezdij, zato je na začetku 20. stoletja na južnem nebu vladala zmešnjava. Samo Arabci na primer so si na območju današnjega ozvezdja Herkul »predstavljali« 36 ozvezdij. Zato so leta 1933 pri Mednarodni astronomski zvezi (International Astronomic Union) enkrat za vselej nebo razdelili na 88 ozvezdij, ki so dobila točno določene meje. Ozvezdja ni zgolj skupina zvezd, ki na nebu tvori nek lik (na primer trikotnik, voz ali obliko leva), pač pa točno določeno območje na nebu, kamor spadajo tudi nezvezdni objekti (meglice, galaksije, kopice ...). Zvezde v ozvezdju niso gravitacijsko povezane, kot se zdi na prvi pogled, pač pa so razporejene v tridimenzionalnem prostoru, kar opazovalec na Zemlji vidi kot dvodimenzionalno ploskev na nebu. Najsvetlejše zvezde povežemo v sliko, da se na nebu lažje orientiramo. Če bi nebo opazovali iz kakega drugega osončja, bi imelo popolnoma drugačen videz. Zvezde imajo tudi različne lastne hitrosti, zato se oblika ozvezdij skozi čas spreminja. Ker so zvezde zelo oddaljeni objekti, tega spreminjanja ne opazimo, vendar primerjave sedanjih in preteklih astronomskih skic kažejo na to, da so imela ozvezdja že v času Grkov rahlo drugačno podobo kot danes. Če pa bi se odpravili v čas lovcev in nabiralcev 70 tisoč let nazaj, si na nebu z današnjo zvezdno karto verjetno ne bi mogli pomagati.⁵

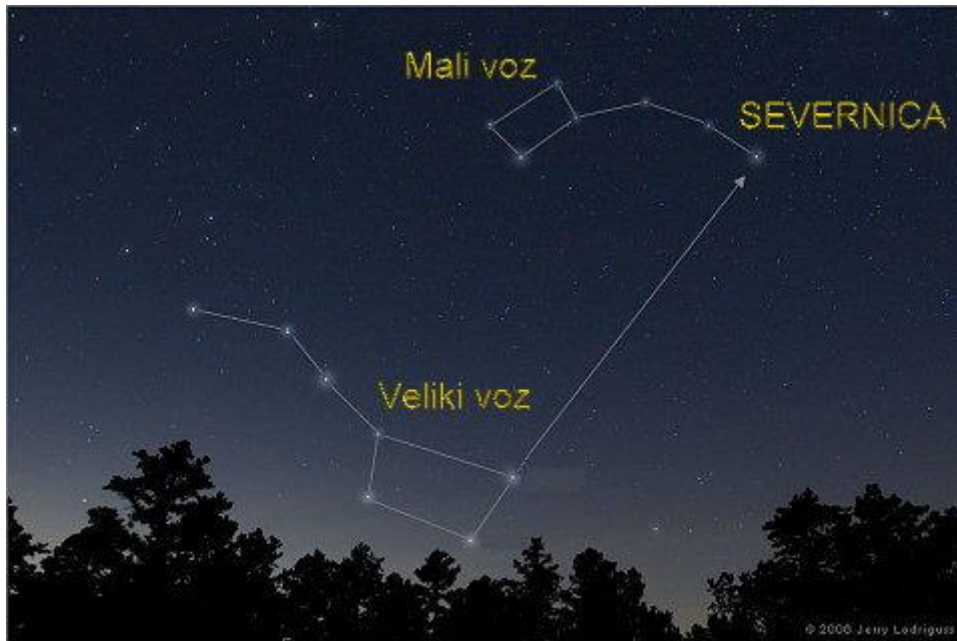


Slika 4: Mitološka interpretacija ozvezdja Orion v antični Grčiji (vir: [https://en.wikipedia.org/wiki/Orion_\(mythology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Orion_(mythology)))

⁵ Kambič, B., Raziskujmo ozvezdja z daljnogledom 10x50, Ljubljana: Cambio d. o. o, 2007, str. 20, 21.

2.7.1. ASTERIZEM

Asterizem je del ozvezdja ali skupina zvezd, ki ima svojo lastno obliko in ime, nima pa pomena ozvezdja. Najbolj znana asterizma (ki ju imajo številni za samostojni ozvezdji) sta Veliki in Mali voz. Poznamo še Kosce (Orionov pas), Poletni trikotnik, Veliki diamant ...⁶



Slika 5: Primer asterizma Veliki in Mali voz (vir: http://www.o-4os.ce.edus.si/gradiva/geo/terensko_delo/severnica.html)

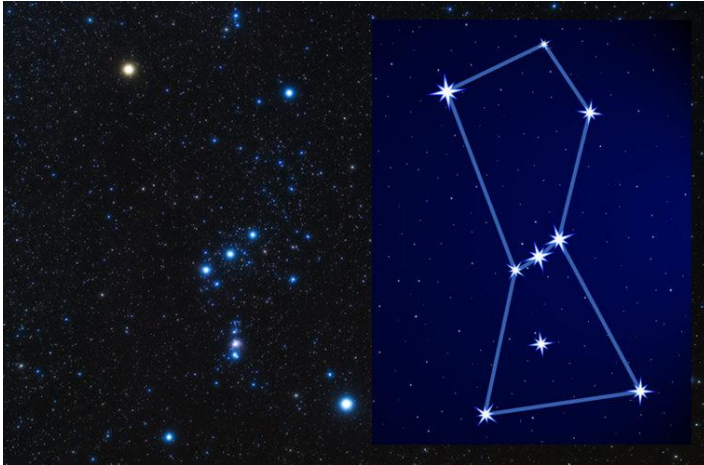
2.7.2. OZVEZDJE ORION

Zimsko ozvezdje Orion je eno najlepših ozvezdij na nočnem nebu. Ker leži ob nebesnem ekvatorju, je viden praktično iz vseh krajev sveta. 8 najsvetlejših zvezd tvori značilno podobo ozvezdja, po katerem ljudje prepoznajo Orion. Zvezde Betelgeza, Rigel, Belatriks in Saif tvorijo zunanji štirikotnik in zvezde Alnitak, Alnilam in Mintaka tvorijo asterizem Kosci, imenovan tudi Orionov pas. Najsvetlejši zvezdi Betelgeza (levo zgoraj) in Rigel (desno spodaj) sta si zelo različni. Oranžno-rumena Betelgeza je rdeča nadorjakinja z velikostjo Marsove krožnice. Je 9. najsvetlejša zvezda na našem nebu in je pulzirajoča spremenljivka. Spreminja svoj sij in velikost. Ko je največja, doseže velikost Jupitrove orbite. Izsev zvezde je 8400-krat večji od Sončevega, masa pa 20-krat večja od Sončeve mase. Betelgeza je od nas oddaljena približno 440 svetlobnih let.

Nasprotno od Betelgeze pa je zvezda Rigel bela nadorjakinja, kar pomeni, da je veliko bolj vroča od Betelgeze. Izsev Rigla je 40000-krat večji od Sonca, zvezda pa je od nas oddaljena 790 svetlobnih let. Poleg Betelgeze in Rigla je v ozvezdju Orion še ogromno zvezd in drugih nebesnih objektov (meglice, kopice, galaksije ...). Asterizem pečene ure tvorijo še zvezde Meisa (na sredini zgoraj), Belatriks (zgoraj desno), Saif (spodaj levo) in še tri zvezde, ki tvorijo asterizem kosci (Alnitak, Alnilam, Mintaka).⁷

⁶ Kambič, B., Raziskujmo ozvezdja z daljnogledom 10x50, Ljubljana: Cambio d. o. o, 2007, str. 24.

⁷ Prav tam, str. 344, 345.



Slika 6: Ozvezdje Orion na nebu in asterizem peščena ura (vir: <http://www.goodlifestyle.si/kolumna-andreja-gomboc-kdo-je-globalni-zvezdnik-ozvezdij/>)

2.8. OBZORJE, ZENIT, NADIR

Matematično obzorje ali horizont je velik krog na presečišču vodoravne ravnine in nebesne krogle, ki ločuje nebo od zemeljskega površja. Matematično obzorje pogosto zastirajo gore, zgradbe, gozdovi ... Takšno obzorje imenujemo naravno obzorje. Pola obzorja sta zenit (nadglavišče) in nadir (podnožišče). Zenit je točka navpično nad opazovališčem, nadir pa leži na nasprotni strani nebesne krogle glede na zenit⁸.

2.9. GEOGRAFSKA ŠIRINA IN DOLŽINA NA ZEMLJI

Geografska širina na Zemlji opisuje lego kraja na Zemlji severno ali južno od ekvatorja. Meri se v kotnih stopinjah od 0° na ekvatorju do +90° na severnem polu oziroma -90° na južnem polu.

Geografska dolžina pa opisuje lego kraja na Zemlji vzhodno ali zahodno od Greenwiškega poldnevnikarja. Ker so vsi poldnevnikarji enakovredne črte na Zemljini krogli, bi teoretično lahko vsak poldnevnikar predstavljaval začetni poldnevnikar. Greenwiški je bil izbran iz zgodovinskih razlogov.⁹

2.10. DEKLINACIJA IN REKTASCENZIJA NA NEBU

Deklinacija je preslikava Zemljine geografske širine na nebo. Merimo jo v kotnih stopinjah od nebesnega ekvatorja proti severnemu oziroma južnemu polu. Deklinacija zvezd na nebesnem ekvatorju je 0°, deklinacija severnega pola +90°, deklinacija južnega pola pa -90°.

Rektascenzija pa je preslikava Zemljine geografske dolžine na nebesno kroglo. Izbira koordinatnega središča je prav tako kot na Zemlji poljubna. Tako kot so vsi geografski poldnevnikarji med seboj enakovredni, so enakovredni tudi vsi nebesni poldnevnikarji med seboj. Koordinatno izhodišče sistema na Zemlji je v točki, kjer Greenwiški poldnevnikar seka ekvator. Koordinatno izhodišče sistema na nebesni krogli pa je ena od dveh točk, kjer ekliptika (navidezna pot Sonca čez nebo) seka nebesni ekvator. To točko imenujemo pomladišče, trenutno pa se nahaja v ozvezdju Ribarji. V pomladišču je Sonce na dan spomladanskega enakonočja. Ekliptika nebesni ekvator seka tudi v ozvezdju Devica, kjer se Sonce nahaja jeseni, zato se ta točka imenuje jesenišče. Rektascenzijo merimo v urah od 0^h do

⁸ Obzorje, Wikipedija, prosta enciklopedija, <https://sl.wikipedia.org/wiki/Obzorje>, 6. 1. 2020.

⁹ Kambič, B., Raziskujmo ozvezdja z daljnogledom 10x50, Ljubljana: Cambio d. o. o, 2007, str. 26.

24^h. Njen začetek je v pomladišču, narašča pa proti vzhodu. Prednost take delitve je v tem, da se v vsaki časovni enoti nebo zavrti za približno eno rektascenzijsko uro.¹⁰

2.11. NADOBZORNICE, PODOBZORNICE, VZHAJALKE

Nadobzornice so zvezde, ki v naših krajih nikoli ne zaidejo (tudi podnevi ne, vendar jih zaradi močne Sončeve svetlobe ne vidimo).

Nadobzornice na severni polobli so tiste zvezde, katerih deklinacija je večja od razlike 90° in absolutne vrednosti zemljepisne širine:

$$\delta > (90^\circ - |\varphi|)$$

δ = deklinacije zvezde v °
 φ = zemljepisna širina opazovalca

Nadobzornice na južni polobli so tiste zvezde, katerih deklinacija je manjša od razlike absolutne vrednosti zemljepisne širine in 90°:

$$\delta < (|\varphi| - 90^\circ)$$

δ = deklinacija zvezde v °
 φ = zemljepisna širina opazovalca

Podobzornice so tiste zvezde, ki v naših krajih nikoli ne vzidejo. Podobzornice na severni polobli so tiste zvezde, katerih deklinacija je manjša od razlike absolutne vrednosti zemljepisne širine in 90°:

$$\delta < (|\varphi| - 90^\circ)$$

δ = deklinacija zvezde v °
 φ = zemljepisna širina opazovalca

Podobzornice na južni polobli so tiste zvezde, katerih deklinacija je večja od razlike 90° in absolutne vrednosti zemljepisne širine:

$$\delta > (90^\circ - |\varphi|)$$

δ = deklinacije zvezde v °
 φ = zemljepisna širina opazovalca

¹⁰ Kambič, B., Raziskujmo ozvezdja z daljnogledom 10x50, Ljubljana: Cambio d. o. o, 2007, str. 26, 27.

Zvezde vzhajalke so tiste zvezde, ki imajo deklinacijo v mejah:

$$-(90^\circ - |\varphi|) < \delta < (90^\circ - |\varphi|)$$

δ = deklinacije zvezde v $^\circ$

φ = zemljepisna širina opazovalca

V Sloveniji (zemljepisna širina: 46°) so nadobzornice vse zvezde, ki imajo deklinacijo večjo od 44° , podobzornice so vse zvezde, ki imajo deklinacijo manjšo od -44° , vse zvezde, ki imajo deklinacijo med tema vrednostma, pa so vzhajalke¹¹.

2.12. NEBESNA MEHANIKA

Kjerkoli na Zemlji pogledamo v nebo, ima ta obliko krogle z Zemljo v središču. Z našega opazovališča lahko vidimo pol krogle, druga polovica pa je pod obzorjem. Ta polkrogla se vrti v smeri vzhod-zahod, kar lahko opazimo, če si zapomnimo lego neke svetle zvezde glede na bližnji objekt (na primer lego Betelgeze glede na streho sosedove hiše) in primerjamo lego iste zvezde čez na primer 2 uri. Če s fotoaparatom nebo osvetljujemo dalj časa, se na sliki pokažejo loki zvezd. Navidezno vrtenje neba je posledica vrtenja Zemlje okoli lastne osi. Vsaka krogla, ki se vrti okoli osi, ima dve točki, ki ne spreminjata svoje lege. To sta pola, v tem primeru južni in severni nebesni pol. Ker je navidezno vrtenje neba posledica vrtenja Zemlje, sta nebesna pola točno nad Zemljinima poloma. Severni nebesni pol je preslikava Zemljinega severnega pola na nebo, južni nebesni pol pa preslikava Zemljinega južnega pola na nebo. Tako kot Zemlja ima tudi nebesna krogla svoj ekvator, ki leži točno na sredini med poloma (in točno nad Zemljinim ekvatorjem). Nebesni ekvator deli nebesno kroglo na severno in južno polkroglo. Kjerkoli na Zemljini severni polobli opazujemo nebo, je severni nebesni pol nad obzorjem, južni nebesni pol pa pod obzorjem. Na Zemljini južni polobli je položaj obraten. Na ekvatorju sta južni in severni nebesni pol na matematičnem obzorju, v zenitu pa je nebesni ekvator. Če stojimo na Zemljinem severnem polu, je v našem zenitu nebesni severni pol, na obzorju nebesni ekvator in v nadirju južni nebesni pol. Opazovalec na ekvatorju lahko vidi vse z Zemlje vidne zvezde, vendar so vse vzhajalke. Za opazovalca na severnem Zemljinem polu so vse zvezde nadobzornice, vendar lahko vidi le zvezde s pozitivno deklinacijo. Prav tako so nadobzornice vse zvezde za opazovalca na Zemljinem južnem polu, ki pa lahko vidi le zvezde z negativno deklinacijo¹².

2.13. MERJENJE ODDALJENOSTI V VESOLJU

Enote, ki jih na Zemlji uporabljamo za merjenje razdalj so meter, kilometer, milimeter ... Kadar merimo manjše vrednosti, na primer valovno dolžino svetlobe, premer atoma, velikost celic itd., uporabljamo manjše enote, kot so nanometer, mikrometer, pikometer ... Kadar pa merimo ogromne razdalje v vesoljskem merilu, je tudi enota kilometer zanemarljivo majhna. Zato astronomi velikanske vrednosti oddaljenosti vesoljskih objektov podajajo v astronomskih enotah, svetlobnih letih in parsekih.

¹¹ Kambič, B., Raziskujemo ozvezdja z daljnogledom 10x50, Ljubljana: Cambio d. o. o, 2007, str. 31.

¹² Prav tam str. 26, 27, 28, 29.

2.13.1. ASTRONOMSKA ENOTA

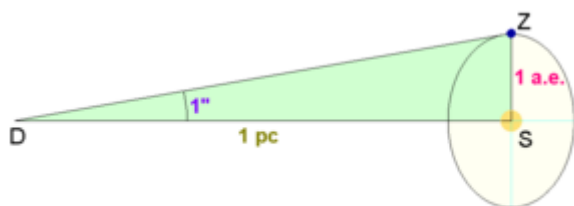
Astronomska enota je dolžinska enota, ki jo uporabljamo za merjenje razdalj na manjšem območju v vesolju, največkrat v Osončju. Vrednost astronomske enote v kilometrih je enaka oddaljenosti Sonca od Zemlje in meri približno 150 milijonov kilometrov¹³.

2.13.2. SVETLOBNO LETO

Za računanje in merjenje ogromnih razdalj v vesolju je astronomska enota premajhna enota. Takšne razdalje merimo s svetlobnimi leti. Svetlobno leto ni časovna enota, kot bi lahko napačno sklepali iz njenega imena, pač pa dolžinska enota, enaka razdalji, ki jo svetloba prepotuje v enem letu. Svetlobno leto meri približno $9,46 \cdot 10^{12}$ km. S svetlobnimi leti merimo oddaljenost nebesnih teles, ki so na samem robu vesolja in katerih svetloba k nam potuje že 13,8 milijarde let, kar pomeni, da ob opazovanju teh objektov opazujemo zgodnja obdobja vesolja. Zaradi končne hitrosti svetlobe, je nebo pravzaprav velikanski časovni stroj, ki nam omogoča vpogled v preteklost vesolja. Nam najbližja zvezda je Proksima Kentavra (ime v latinščini pomeni najbližja v Kentavru), ki je od nas oddaljena 4,24 svetlobnega leta, kar pomeni, da danes zvezdo vidimo tako, kot je bila pred dobrimi štirimi leti¹⁴.

2.13.3. PARSEK

Parsek je dolžinska enota, ki jo zaradi ogromne velikosti uporabljamo zgolj v astronomiji in astrofiziki. Ime parsek izhaja iz besedne zveze **paralaksa ene kotne sekunde**. Enota temelji na trigonometriji, saj zveznice, ki povezujejo opazovano nebesno telo z Zemljo in Soncem tvorijo pravokotni trikotnik, kot kaže spodnja slika.



D = opazovano nebesno telo

Z = Zemlja

S = Sonce

Slika 7: Slika prikazuje definicijo parseka (vir: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Parsek>)

Kot je razvidno iz slike, Sonce, Zemlja in opazovano nebesno telo tvorijo pravokotni trikotnik z vrhom pravega kota v Soncu. En parsek je definiran kot razdalja, na kateri vidimo nebesno telo pod kotom ene ločne sekunde. S kotno funkcijo tangens lahko izračunamo vrednost parseka v metrih¹⁵.

$$1 \text{ pc} = \frac{1 \text{ a.e.}}{\tan 1''} = \frac{150000000 \text{ km}}{\tan \left(\frac{2\pi}{3600 \cdot 60 \cdot 60} \right)} = 3,085677581 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

2.14. SATELIT GAIA

Satelit Gaia je vesoljski observatorij Evropske vesoljske agencije (ESA), ki je bil izstreljen leta 2013 in naj bi deloval do leta 2022. Vesoljsko plovilo je zasnovano za merjenje položajev, razdalj in premikov zvezd z izjemno natančnostjo. Namen misije je izdelati največji in najbolj natančen 3D-katalog vesolja, ki je bil kadarkoli ustvarjen, s približno 1 milijardo astronomskih predmetov, predvsem zvezd, pa tudi

¹³ Astronomska enota, Wikipedija, prosta enciklopedija, https://sl.wikipedia.org/wiki/Astronomska_enota, 9. 2. 2020.

¹⁴ Svetlobno leto, Wikipedija, prosta enciklopedija, https://sl.wikipedia.org/wiki/Svetlobno_leto, 9. 2. 2020.

¹⁵ Parsek, Wikipedija, prosta enciklopedija, <https://sl.wikipedia.org/wiki/Parsek>, 9.2.2020.

planetov, kometov, asteroidov in kvazarjev. Da bi preučilo natančen položaj in gibanje vseh ciljnih objektov, bo vesoljsko plovilo v prvih petih letih misije vsak ciljni objekt preverjalo približno 70-krat. Vesoljsko plovilo ima dovolj goriva za nemoteno delovanje do približno novembra 2024, ker pa se njegovi detektorji ne uničujejo tako hitro, kot je bilo sprva pričakovano, bi se lahko čas misije podaljšal tudi za nekaj let. Gaia meri objekte, ki so večji od 20. magnitude v širokem pasu, ki pokriva večino vidnega polja. Takšni objekti predstavljajo približno 1% populacije Rimske ceste. Poleg tega naj bi Gaia zaznala od tisoč do deset tisoč eksoplanetov velikosti Jupitra zunaj Osončja, 500.000 kvazarjev zunaj naše galaksije in desetine tisoč novih asteroidov in kometov znotraj Osončja. Misija Gaia bo ustvarila natančen tridimenzionalni zemljevid astronomskih objektov v Rimski cesti in pridobila informacije o gibanju teh objektov, ki so ključne za razumevanje nastanka in kasnejšega razvoja naše Galaksije. Meritve bodo razkrile podrobne fizikalne lastnosti vseh opazovanih zvezd, njihovo svetilnost, površinsko temperaturo, gravitacijo in elementarno sestavo. Ta obsežen zvezdni popis bo zagotovil potrebne osnovne opazovalne podatke za analizo številnih pomembnih vprašanj, povezanih z nastankom, zgradbo in evolucijsko zgodovino naše galaksije. Podatki, ki jih pridobiva satelit Gaia, so javno dostopni na spletni strani evropske vesoljske agencije ESA (<https://www.esa.int/>). Obstaja pa tudi spletna baza, ki vsebuje natančne podatke, pridobljene s satelita Gaia ter z drugih satelitov in pravzaprav deluje kot »baza baz« podatkov. Gre za spletni portal s kratico SIMBAD (<https://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>), iz katerega sem tudi sam pridobival podatke za svojo nalogo^{16,17}.

¹⁶ Satelit Gaia, Wikipedija, prosta enciklopedija, [https://en.wikipedia.org/wiki/Gaia_\(spacecraft\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Gaia_(spacecraft)), 9. 2. 2020.

¹⁷ Gaia, ESA, <https://sci.esa.int/web/gaia/>, 9. 2. 2020.

3. EKSPERIMENTALNI DEL

3.1. METODE DELA

3.1.1. OPIS RAČUNANJA V NALOGI

Cilj moje naloge je bil izdelati 3D model ozvezdja. Podatke, potrebne za izdelavo modela sem pridobil iz spletne baze astronomskih podatkov SIMBAD.

alf CMA

other query modes: Identifier query, Coordinate query, Criteria query, Reference query, Basic query, Script submission, TAP, Output options, Help

C.D.S. - SIMBAD4 rel 1.7 - 2020.03.10CET10:17:15

Available data: Basic data • Identifiers • Plot & images • Bibliography • Measurements • External archives • Notes • Annotations

Basic data :

* **alf CMA** -- Spectroscopic binary

Other object types: * (*,BD,...), PM* (CI,LFT,...), ** (**,ADS,...), IR (AKARI,IRAS,...), UV (CEL,TD1), SB* (SBC7,SBC9), V* (NSV), FIR (Ref)

ICRS coord. (ep=J2000) : 06 45 08.91728 -16 42 58.0171 (Optical) [11.70 10.90 90] A 2007A&A...474..653V

FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950) : 06 42 56.72309 -16 38 45.3854 [11.70 10.90 90]

Gal coord. (ep=J2000) : 227.23028548 -08.89028243 [11.70 10.90 90]

Proper motions mas/yr : -546.01 -1223.07 [1.33 1.24 0] A 2007A&A...474..653V

Radial velocity / Redshift / cz : V(km/s) -5.50 [0.4] / z(-) -0.000018 [0.000001] / cz -5.50 [0.40] A 2006AstL...32..759G

Parallax (mas): 379.21 [1.58] A 2007A&A...474..653V

Spectral type: A1V+0A C 2013yCat....1..2023S

Fluxes (8) : U -1.51 [-] C 2002yCat..2237....00
 B -1.46 [-] C 2002yCat..2237....00
 V -1.46 [-] C 2002yCat..2237....00
 R -1.46 [-] C 2002yCat..2237....00
 I -1.43 [-] C 2002yCat..2237....00
 J -1.36 [-] C 2002yCat..2237....00
 H -1.33 [-] C 2002yCat..2237....00
 K -1.35 [-] C 2002yCat..2237....00

SIMBAD query around with radius 2 arcmin

Interactive AladinLite view
 06 45 08.917 -16 42 58.02
 FoV: 1.76"

VizieR photometry viewer

Slika 8: Podatki o zvezdi Sirij na spletnem portalu SIMBAD.

3.1.2. RAČUNANJE ODDALJENOSTI ZVEZD

SIMBAD vsebuje ogromno podatkov o različnih zvezdah. Za mojo nalogo je bila pomembna zgolj oddaljenost zvezde, ki je na zgornji sliki označena z rdečim pravokotnikom. Oddaljenost je podana v enoti *mas*, kar v angleščini pomeni milliarcsecond (mili kotna sekunda). Ker sem iz praktičnih razlogov potreboval podatke o oddaljenostih zvezd v svetlobnih letih, sem vrednosti iz *mas* v računalniškem programu Excel preračunal v svetlobna leta. Če poznamo kot, za katerega se zvezda premakne glede na zvezdno ozadje (zvezdna paralaksa), lahko s trigonometrijo izračunamo oddaljenost zvezde od Zemlje. Velikost kota v mili kotnih sekundah najprej pretvorimo v radiane.

IME ZVEZDE	PARALAKSA V MAS	KOT V RADIANIH
Betelgeza	7,3800	0,0000000358

Tabela 1: Prikaz pretvarjanja vrednosti iz *mas* v radiane v programu Excel

Vrednost kota v *mas* množimo z številom π , dobljen rezultat pa nato delimo s produktom števil 3600000 (s tem vrednost v *mas* pretvorimo v kotne stopinje) in 180 (rezultat v kotnih stopinjah pretvorimo v radiane).

$$\varphi (rad) = \frac{\varphi (mas) \cdot \pi}{(3600 \cdot 1000 \cdot 180)}$$

φ = zvezdna paralaksa (kot)

IME ZVEZDE	PARALAKSA V MAS	KOT V RADIANIH	RAZDALJA V ae
Betelgeza	7,3800	0,0000000358	27963336,9582103000

Tabela 2: Prikaz pretvarjanja vrednosti iz radianov v astronomske enote v programu Excel

S pomočjo trigonometrije izračunamo oddaljenost zvezde:

$$R = \frac{1 \text{ AE}}{\varphi}$$

R = oddaljenost zvezde v astronomskih enotah

φ = paralaksa v radianih

ODDALJENOST V MAS	KOT V RADIANIH	RAZDALJA V ae	RAZDALJA V sv.l
7,3800	0,0000000358	27963336,9582103000	442,1578741191

Tabela 3: Prikaz pretvarjanja vrednosti iz astronomske enote v svetlobna leta v programu Excel

Vrednost rezultata iz astronomskih enot pretvorimo v svetlobna leta:

$$R (\text{sv. l.}) = \frac{R (\text{a.e.}) \cdot 150 \times 10^6}{9,46 \times 10^{12}}$$

R = oddaljenost zvezde

Podatke o oddaljenosti v svetlobnih letih za različne zvezde je bilo potrebno preračunati na določeno merilo, ki ustreza velikosti moje makete. Ker so kapacitete šolskega 3D printerja omejene, kar pomeni, da je največja dovoljena velikost približno 30 cm, sem podatke o svetlobnih letih preračunal v merilo tako, da je bila največja vrednost (označena z rdečim pravokotnikom) približno 30 cm.

RAZDALJA V sv.l	RAZDALJE NA MAKETI V mm
442,1578741191	63,17
792,0206580094	113,15
252,5638630804	36,08
647,4454585315	92,49
736,5970905189	105,23
1977,6515824235	282,52
692,8078791929	98,97
1098,6953235686	156,96

Tabela 4: Prikaz prenosa vrednosti v astronomskih enotah na model v dolžinski enoti v programu Excel

3.2. UMEŠČANJE ZVEZD V PROSTOR

Ko sem izračunal oddaljenost zvezd na modelu, sem za izdelavo 3D modela potreboval tudi podatke o deklinaciji in rektascenziji posamezne zvezde. Podatki o rektascenziji in deklinaciji zvezd so zelo pomembni za izdelavo modela, saj nam rektascenzija pove, na katero mesto (po dolžini) moramo postaviti zvezdo, deklinacija pa pove, kako visoko od podlage je zvezda. Pri prenosu rektascenzij in deklinacij na maketo, sem uporabljal isto razmerje, da se ohrani pravilna podoba ozvezdja.

3.2.1. RAČUNANJE LEGE IZ REKTASCENZIJE

Iz zvezdnega atlasa sem v preglednico izpisal podatke o rektascenzijah zvezd. Rektascenzija je podana v urah in minutah (na primer 5 h 33 min), zato sem podatke najprej spremenil v minute (ure sem pomnožil s 60 in prištel minute. V tem primeru bi 5 pomnožil s 60 in prištel 33), nato pa dobljene rektascenzijske minute pretvoril v kotne stopinje. Ker se nebo v eni uri (60 minut) zavrti za 15° , sem podatke v rektascenzijskih minutah pomnožil s 15° in delil s 60 minut, s čimer sem dobil vrednost v stopinjah. Nato sem moral dobljene podatke uporabiti na maketi. Ker je kapaciteta šolskega 3D printerja dokaj majhna, sem se omejil na približno 20 centimetrov dolgo maketo (dolžina na maketi je rektascenzija na nebu). Podatke v kotnih stopinjah sem v dolžinske enote pretvoril tako, da sem najmanjšo vrednost rektascenzije vzel za izhodišče, največjo razliko rektascenzij pa sem v merilu prenesel na model in tako izračunal položaj vsake zvezde na modelu glede na izhodišče.

IME ZVEZDE	REKTASCENZIJA URE	REKTASCENZIJA MINUTE	REKTASCENZIJA V MINUTAH	REKTASCENZIJA V KOTNIH STOPINJAH	DOLŽINA NA MAKETI v mm
Betelgeza*	5	55	355	88,75	112,5
Rigel*	5	14	314	78,5	10
Belatrix	5	25	325	81,25	37,5
Saif	5	47	347	86,75	92,5
Alnitak	5	40	340	85	75
Alnilam	5	36	336	84	65
Mintaka	5	32	332	83	55
Meisa	5	35	335	83,75	62,5

Tabela 5: Prikaz računanja rektascenzij v programu Excel

3.2.2. RAČUNANJE LEGE IZ DEKLINACIJE

Prav tako kot pri računanju rektascenzij, sem podatke o deklinacijah zvezd prepisal v preglednico iz zvezdnega atlasa. Deklinacija je podana v kotnih stopinjah in minutah, zato sem podatke najprej pretvoril v kotne stopinje in nato vrednosti v merilu prenesel na maketo po enakem postopku kot pri rektascenziji. Za izhodišče sem vzel najnižjo vrednost deklinacije. Razliko med največjo in najmanjšo deklinacijo sem na model prenesel tako, da sem največjo razliko vzel za merilo (največja razlika v deklinacijah je pomenila največjo razdaljo na modelu).

IME ZVEZDE	DEKLINACIJA STOPINJE	DEKLINACIJA MINUTE	DEKLINACIJA V MINUTAH	DEKLINACIJA V STOPINJAH	VIŠINA NA MAKETI v mm
Betelgeza*	7	24	444	7,40	167,30
Rigel*	-8	12	-468	-7,80	15,30
Belatrix	6	20	380	6,33	156,63
Saif	-9	40	-500	-8,33	9,97
Alnitak	-1	56	-4	-0,07	92,63
Alnilam	-1	12	-48	-0,80	85,30
Mintaka	0	17	17	0,28	96,13
Meisa	9	56	596	9,93	192,63

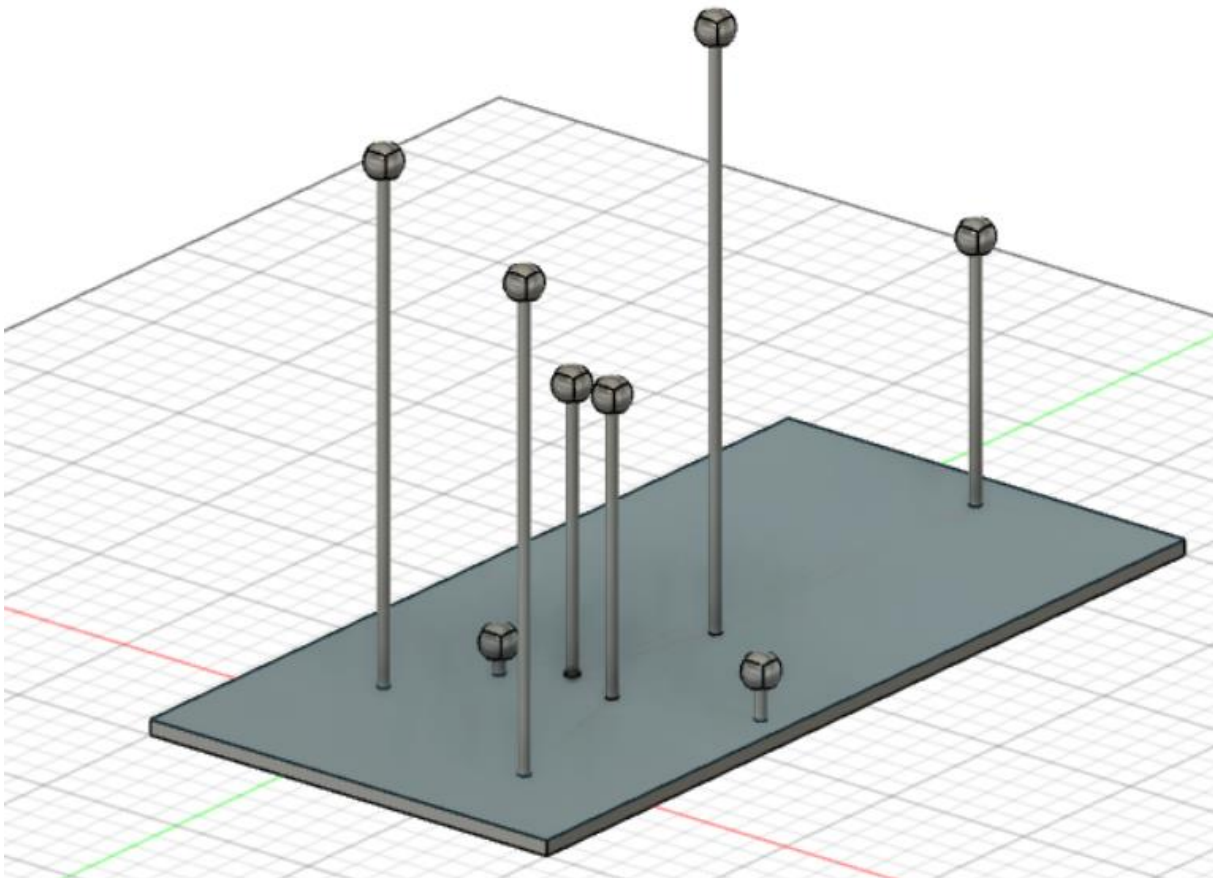
Tabela 6: Prikaz računanja deklinacij v programu Excel

3.2.3. 3D TISKANJE

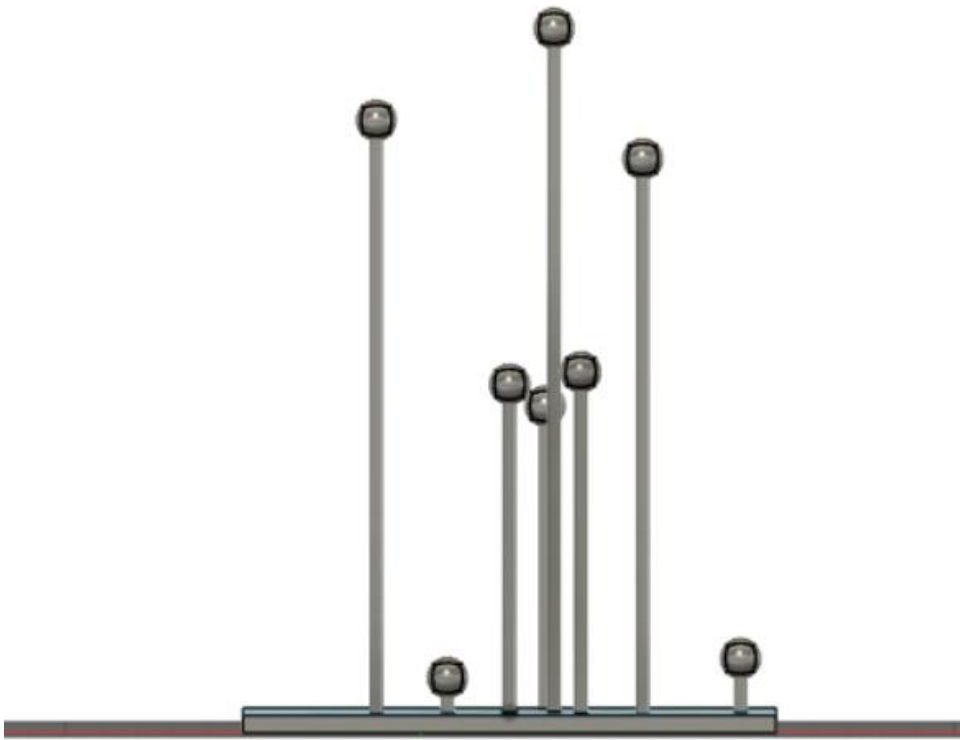
V računalniškem programu Fusion 360 sem s pomočjo izkušenega učenca 8. razreda izdelal računalniški model ozvezdja Orion, ki sem ga pozneje natisnil na šolskem 3D printerju. V načrtu so upoštevane vse izračunane vrednosti razdalj, rektascenzij in deklinacij zvezd. Zvezde sem prikazal kot krogle s premerom 12 milimetrov, ki sem jih pritrdil na 4 milimetre debele palčke, ki prikazujejo deklinacijo (višino) na modelu. Palčke so postavljene na 300 x 150 mm pravokotni plošči. Višina zvezde na modelu prikazuje deklinacijo zvezde v naravi, oddaljenost zvezde na modelu od stranskega roba prikazuje rektascenzijo zvezde v naravi. Oddaljenost zvezde od Zemlje pa prikazuje hipotenuza pravokotnega trikotnika, katerega nasprotna kateta je višina zvezde na modelu, priležna kateta pa je oddaljenost zvezde na modelu od sprednjega roba.

4. REZULTATI

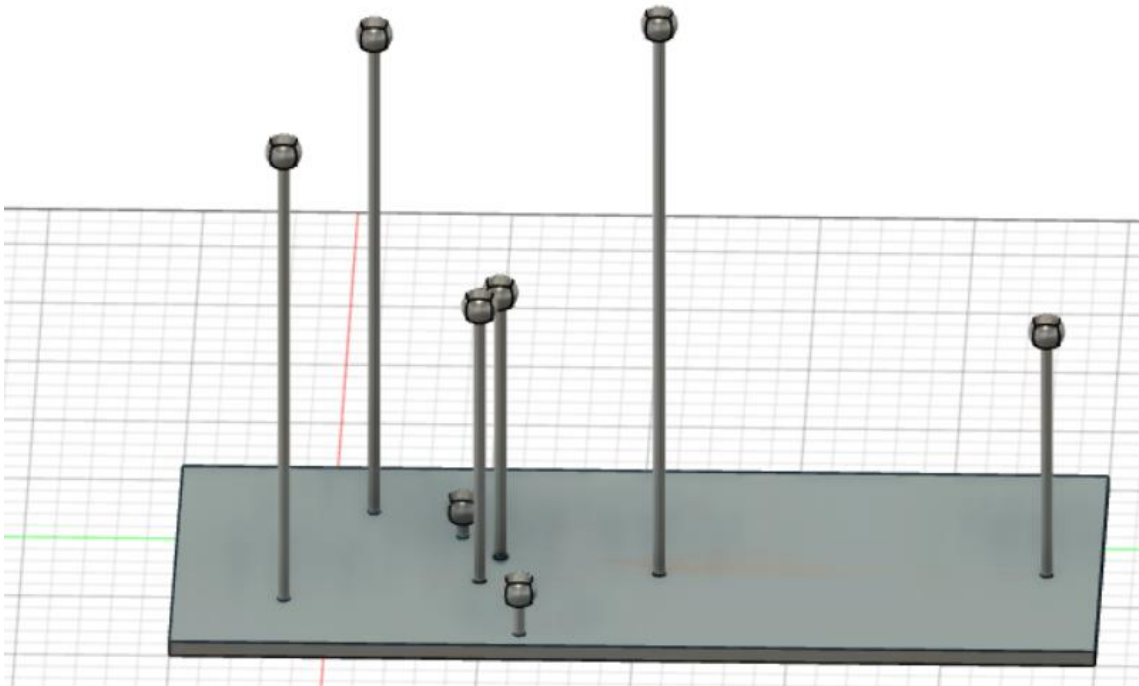
Rezultat mojega dela je Excelov dokument, s katerim lahko izračunamo oddaljenost katerekoli izbrane zvezde, če poznamo vrednost njene letne paralakse. Prav tako lahko v dokumentu z vstavljanjem vrednosti o deklinaciji in rektascenziji zvezde dobimo preračunane vrednosti v dolžinskih enotah za 3D tiskanje izbranega ozvezdja. Vrednost spletnega dokumenta je torej natančno preračunavanje podatkov. Praktičen cilj, do katerega sem s temi podatki prišel, pa je 3D model ozvezdja Orion, ki sem ga načrtal v računalniškem programu Fusion 360 in ga kasneje natisnil s šolskim 3D tiskalnikom.



Slika 9: Model ozvezdja Orion v računalniškem programu Fusion 360



Slika 10: Pogled na model ozvezdja Orion od spredaj. Taka oblika ozvezdja je vidna iz Zemlje.



Slika 11: Pogled na model ozvezdja Orion z desne strani

5. ZAKLJUČEK

Z raziskovalnim delom, matematičnim modeliranjem in računalniškim načrtovanjem sem dosegel cilj svoje naloge, izdelavo 3D modela ozvezdja Orion na podlagi lastnih izračunov in računalniških modelov. Vrednost mojega dela je tudi v tem, da lahko s spreminjanjem vrednosti letnih paralaks izdelamo načrt za katerokoli ozvezdje, pogoj za izdelavo tega ozvezdja je zgolj 3D tiskalnik (lahko pa s pridobljenimi podatki naredimo model s stiroporom, lesom, papirjem ...). V prihodnje bi rad svojo nalogo razširil tudi na druga ozvezdja nočnega neba in izdelal čim bolj podrobno tridimenzionalno karto ozvezdij.

6. VIRI IN LITERATURA

Gaia (spacecraft). (2020). Na *wikipedija.org*, pridobljeno 22. 1. 2020 s [https://en.wikipedia.org/wiki/Gaia_\(spacecraft\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Gaia_(spacecraft)) .

Kambič, B. (2007). *Raziskujmo ozvezdja z daljnogledom 10x50*. Ljubljana: Cambio, 2007.
Karttunen, H., Kroeger, P., Oja, H., Poutanen, M. in Donner, K.J., (1987). *Fundamental astronomy with 399 illustrations including 36 colour plates*, Springer-Verlag: Berlin, 1987.

Nebo in zvezde. (1983). Ljubljana : Mladinska knjiga, 1983.

Obzorje. (2018). Na *wikipedija.org*, pridobljeno 6.1.2020 s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Obzorje> .

Parsek. (2018). Na *wikipedija.org*, pridobljeno 4.2.2020 s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Parsek>.

Prosen, M. (2003). *Imena nebesnih teles: nastanek in pomen*, Ljubljana: Jutro: Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije, Slovenska vojska, 2003.

Prosen, M. (2005). *Zvezde, zvezde: pogled k najlepšim zvezdam na nebu: (vodnik po zvezdnem nebu od pomladi do pomladi)*, Ljubljana : Jutro, 2005.

Singh, S. (2007). *Veliki pok: najpomembnejše znanstveno odkritje vseh časov*, Tržič: Učila International, 2007.

Spletna baza podatkov SIMBAD. Pridobljeno 5.2.2020 s <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>.

Škrlec M., Rauter Repija I., Pustavrh S., Jericijo O., Zmazek V., Ivanec D. in Mohorčič A. (2015). *Vega 3: i-učbenik za matematiko v 3. letniku gimnazije*. Pridobljeno 7. 2. 2020 s <https://eučbeniki.sio.si/vega3/305/index2.html>.

Zemljepisna dolžina. (2017). Na *wikipedija.org*, pridobljeno 7. 1. 2020 s https://sl.wikipedia.org/wiki/Zemljepisna_dolžina.

Zemljepisna širina. (2017). Na *wikipedija.org*, pridobljeno 7. 1. 2020 s https://sl.wikipedia.org/wiki/Zemljepisna_širina.

Zvezda. (2019). Na *wikipedija.org*, pridobljeno 31. 12. 2019 s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Zvezda>

6.1. SEZNAM SLIK

Slika 1: Zimsko ozvezdje Orion. Pridobljeno 5. 2. 2020 s <http://www.goodlifestyle.si/kolumna-andreja-gomboc-kdo-je-globalni-zvezdnik-ozvezdij/> .

Slika 2: Zvezda Rigel v ozvezdju Orion. Pridobljeno 29.2. 2020 s <https://earthsky.org/brightest-stars/blue-white-rigel-is-orions-brightest-star>.

Slika 3: Astronom Friedrich Wilhelm Bessel, ki je prvi izračunal oddaljenost zvezde 61 Laboda. Pridobljeno 29. 2. 2020 s https://en.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Bessel.

Slika 4: Mitološka interpretacija ozvezdja Orion v antični Grčiji. Pridobljeno 29. 2. 2020 s [https://en.wikipedia.org/wiki/Orion_\(mythology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Orion_(mythology)).

Slika 5: Primer asterizma Veliki in Mali voz. Pridobljeno 29. 2. 2020 s http://www.o-4os.ce.edus.si/gradiva/geo/terensko_delo/severnica.html.

Slika 6: Ozvezdje Orion na nebu in asterizem pečena ura. Pridobljeno 5. 2. 2020 s <http://www.goodlifestyle.si/kolumna-andreja-gomboc-kdo-je-globalni-zvezdnik-ozvezdji/> .

Slika 7: Definicija parseka. Pridobljeno 4. 2. 2020 s <https://sl.wikipedia.org/wiki/Parsek>.

Slika 8: Podatki o zvezdi Sirij na spletnem portalu SIMBAD.

Slika 9: Model ozvezdja Orion v računalniškem programu Fusion 360

Slika 10: Pogled na model ozvezdja Orion od spredaj. Taka oblika ozvezdja je vidna iz Zemlje.

Slika 11: Pogled na model ozvezdja Orion z desne strani

6.2. SEZNAM TABEL

Tabela 1: Prikaz pretvarjanja vrednosti iz mas v radiane v programu Excel

Tabela 2: Prikaz pretvarjanja vrednosti iz radianov v astronomske enote v programu Excel

Tabela 3: Prikaz pretvarjanja vrednosti iz astronomske enote v svetlobna leta v programu Excel

Tabela 4: Prikaz prenosa vrednosti v astronomskih enotah na model v dolžinski enoti v programu Excel

Tabela 5: Prikaz računanja rektascenzij v programu Excel

Tabela 6: Prikaz računanja deklinacij v programu Excel