

# Izrada 3D modela i animacija sunčevog sustava

---

**Matišev, Toni**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

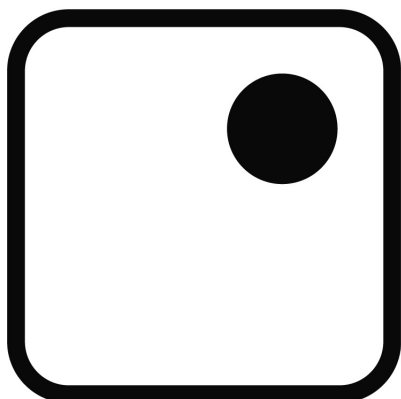
**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:926030>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-05-16**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Toni Matišev



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: tehničko-tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

## IZRADA 3D MODELA I ANIMACIJE SUNČEVOG SUSTAVA

Mentor:

prof. dr. sc. Lidija Mandić

Student:

Toni Matišev

Zagreb, 2018.

## Sažetak

3D modeliranje je postupak koji se u računarskoj grafici koristi za kreiranje matematičke reprezentacije oblika nekog objekta u tri dimenzije. Izvodi se u softveru specijaliziranom za trodimenzionalno oblikovanje. Kao rezultat dobiva se 3D model odnosno 3D *mesh*. Dobiveni rezultat može se prikazati kao dvodimenzionalna slika koja se dobiva postupkom 3D *renderiranja* ili se dobiveni 3D model koristi kao računalna simulacija nekog predmeta. Također, 3D modeli mogu biti fizički izrađeni pomoću 3D printera. <sup>[1][2][3]</sup>

3D modeli mogu biti kreirani manualno i automatski. 3D modele najčešće izrađuju umjetnici i stručnjaci tehničkih djelatnosti koristeći se softverom za 3D modeliranje. Još jedan od načina generiranja 3D *mesheva* je pomoću specijaliziranog hardvera koji skenira materijalne objekte te se oni računalno pretvaraju u 3D modele. <sup>[1]</sup>

3D animiranje je jedan od segmenata računalne animacije, uz 2D animaciju. 3D animacija je postupak kreiranja iluzije pokreta koristeći trodimenzionalne modele u digitalnom prostoru. <sup>[4]</sup>

U teorijskom dijelu ovog završnog rada objašnjeni su temeljni koncepti i metode u procesu izrade, dok je u eksperimentalnom dijelu izrađen trodimenzionalni model Sunčevog sustava i animacija istog modela pri čemu su korištene neke od metoda objašnjene u teorijskom dijelu kao što su izrada objekta odnosno *mesha*, oblikovanje objekata te animacija objekata.

Ključne riječi: 3D modeliranje, 3D animacija, softver, *Blender*

## Sadržaj

|  |    |
|--|----|
| 1. Uvod.....   | 5  |
| 1. 1. Softveri za izradu 3D računalne grafike.....       | 5  |
| 2. Teorijski dio .....                                   | 6  |
| 2.1. Blender .....                                       | 6  |
| 2.1.1. Značajke softvera.....                            | 6  |
| 2.1.2. Korisničko sučelje .....                          | 7  |
| 2.1.3. <i>Editori</i> .....                              | 9  |
| 2.1.4. Modeliranje.....                                  | 10 |
| 2.1.5. Animiranje .....                                  | 14 |
| 2.1.6. <i>Physics</i> .....                              | 15 |
| 2.1.7. <i>Render</i> .....                               | 16 |
| 3. Eksperimentalni dio .....                             | 17 |
| 3.1. Izrada 3D modela Sunčevog sustava.....              | 17 |
| 3.1.1. Sunce .....                                       | 18 |
| 3.1.2. Saturn.....                                       | 23 |
| 3.2. Animacija modela .....                              | 31 |
| 3.2.1. Izrada animacije na primjeru modela Saturna ..... | 34 |
| 4. Zaključak .....                                       | 39 |
| 5. Popis slika.....                                      | 40 |
| 6. Literatura.....                                       | 41 |

# 1. Uvod

## 1. 1. Softveri za izradu 3D računalne grafike

3D računalna grafika je područje računalne grafike koje se bavi kreiranjem matematičke odnosno geometrijske reprezentacije površine nekog objekta u trodimenzionalnom prostoru. Proizvode 3D računalne grafike često se naziva 3D modelima. Modeli mogu biti prikazani dvodimenzionalno postupkom koji se naziva 3D *renderiranje* ili se mogu koristiti kao prikaz računalne simulacije. <sup>[1][2][5]</sup>

Softveri za 3D modeliranje spadaju u vrstu softvera za 3D računalnu grafiku koji se koriste za izradu trodimenzionalnih modela. Oni kao rezultat daju računalno generirane slike, odnosno *computer-generated imagery (CGI)*. Softveri svojim korisnicima omogućavaju kreiranje i preoblikovanje objekata pomoću 3D mreža (*mesh*) modela. <sup>[6]</sup>

Modeli su sastavljeni od skupa točaka u 3D prostoru koje su povezane raznim geometrijskim oblicima (linije, trokuti, zaobljene površine,...). Točke u 3D prostoru nazivaju se *vertices* (jedn. *vertex*). Mreža tih točaka i geometrijskih oblika naziva se *wire frame*. *Wire frame* nastaje stvaranjem crta koje predstavljaju rubove objekta. Crte se dobivaju spajanjem dvije susjedne točke (*vertices*) ravnim ili zaobljenim linijama, ili na spoju dvije susjedne ravnine (površine). <sup>[3][7][8][9]</sup>

3D modeli imaju široku primjenu u brojnim djelatnostima. Koriste se u medicini za prikaz modela organa, u znanosti za detaljni prikaz kemijskih spojeva, arhitekturi za prikaz građevina, no najčešća primjena je u filmskoj industriji kod izrade *CGI* elemenata i animiranih filmova te u industriji video igara. <sup>[2][3][10]</sup>

Brojni su softveri koji se koriste za izradu 3D modela od kojih su najučestaliji danas *3Ds Max*, *LightWave 3D*, *Maya*, *Modo*, *Silo*, *XSI*, *Zbrush*, *Rhinoceros 3D* i *Blender*. <sup>[6]</sup>

## 2. Teorijski dio

### 2.1. Blender

#### 2.1.1. Značajke softvera

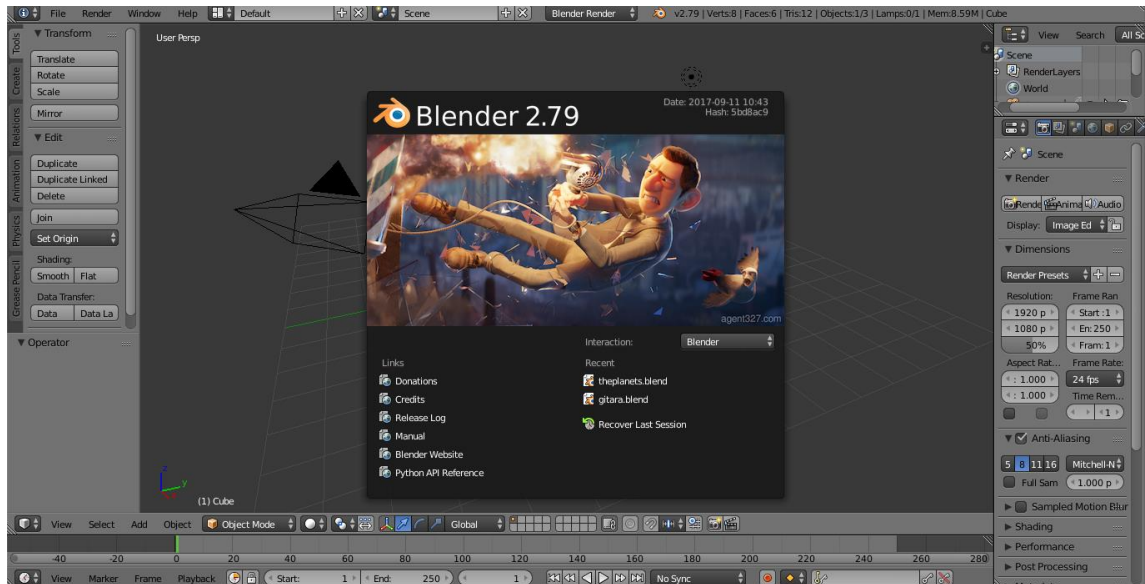
*Blender* je besplatan, *open-source* softver koji se koristi za izradu 3D računalne grafike. Koristi se za izradu animacija, vizualnih efekata, umjetničkih djela, 3D modela za 3D tisak, interaktivnih 3D aplikacija i videoigara. Prva verzija *Blendera* izašla je u siječnju 1998. godine. Posljednja odnosno najnovija verzija *Blendera* (v. 2.79b) izašla je 22. ožujka 2018. Programski jezici korišteni za izradu programa su *C*, *C++* i *Python*. *Blender* je podržan na *Linux*, *macOS* i *Windows* operativnim sustavima u 32 i 64 bitnim varijantama. Autor *Blendera* je nizozemski animacijski studio NeoGeo dok je glavni autor bio suvlasnik tvrtke i *software developer* Ton Roosendaal. <sup>[13]</sup>

Iako besplatan, *Blender* posjeduje brojne značajke koje su karakteristične za sve vrhunske softvere koji se koriste za izradu 3D računalne grafike: *rendering*, modeliranje, animacija, vizualni efekti, simulacije, kreiranje video igara, montaža videozapisa,... <sup>[13][14]</sup>

*Blender* posjeduje vlastiti format za spremanje datoteka te taj format ima dodatak *.blend* i koristi se za kombiniranje više kadrova u jedan dokument. Program također podržava velik broj formata za uvoz/izvoz datoteka (slikovni formati: JPEG, JPEG 2000, PNG, TARGA, OpenEXR, DPX, Cineon, Radiance HDR, SGI Iris, TIFF; video formati: AVI, MPEG, Quicktime; 3D formati: Alembic, 3D Studio (3DS), COLLADA (DAE), Filmbox (FBX), Autodesk (DXF), Wavefront (OBJ), DirectX (x), Lightwave (LWO), Motion Capture (BVH), SVG, Stanford PLY, STL, VRML, VRML97, X3D). <sup>[13][14]</sup>

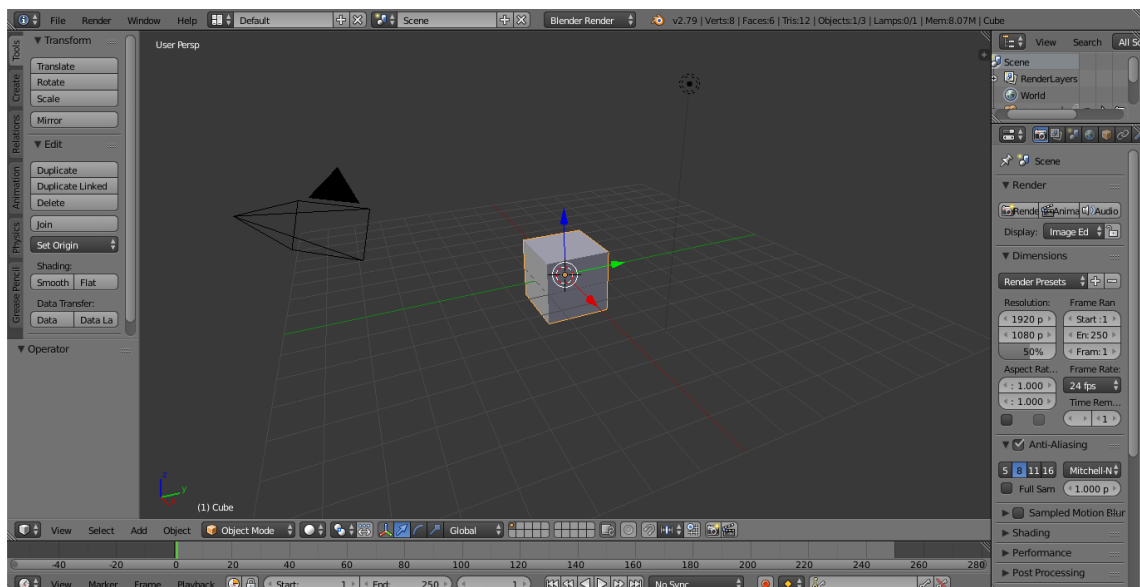
### 2.1.2. Korisničko sučelje

Prilikom pokretanja *Blendera* otvara se *Blenderov splash screen* (slika 1.) u središtu ekrana. *Splash screen* sadrži korisne poveznice te prethodno zatvarane projekte.



Slika 1. *Blenderov splash screen*

Nakon zatvaranja *splash screena*, otvara se „pravo“ korisničko sučelje *Blendera* (slika 2.) te se može započeti s izradom novog projekta.

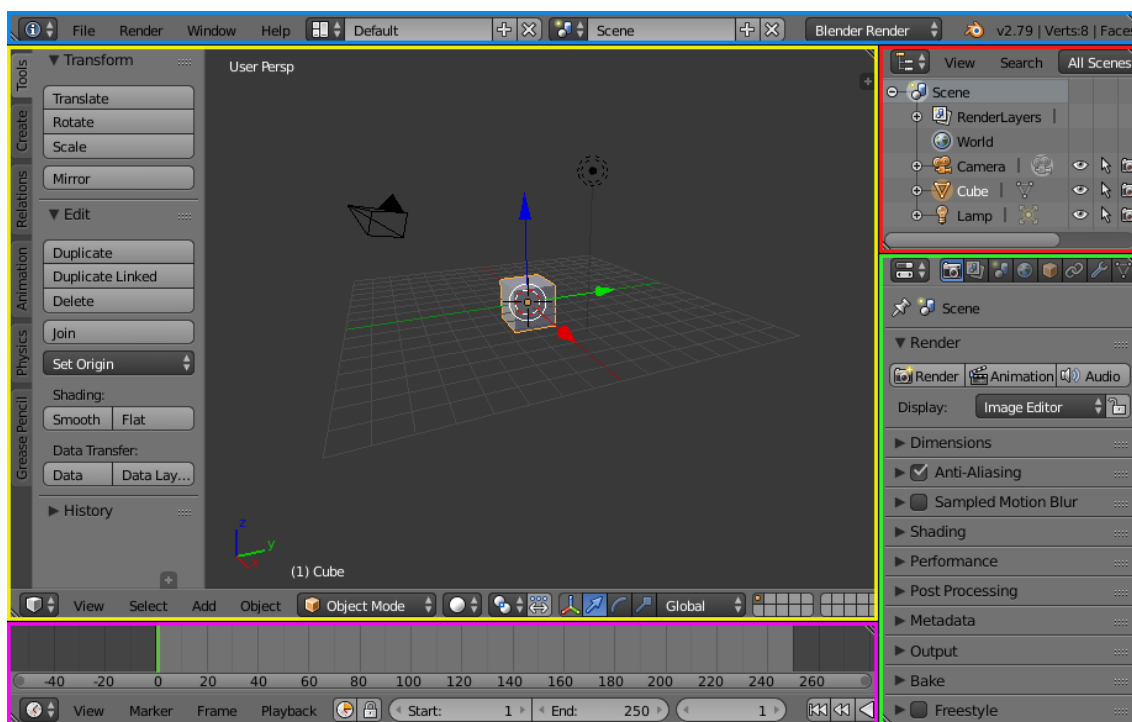


Slika 2. korisničko sučelje



Korisničko sučelje sastoji se od nekoliko dijelova od kojih svaki sadrži nekoliko *editora* (slika 3.), odnosno alata i funkcija koje služe za manipulaciju i podešavanje objekata i ostalih sastavnica projekta. Zadano korisničko sučelje se sastoji od nekoliko *editora*: traka informacija na vrhu, 3D pregled projekta, vremenska crta (*Timeline*) na dnu koja služi za pregled kadrova animacije, *editor layera* desno gore te *editor svojstava* desno dolje. <sup>[15]</sup>

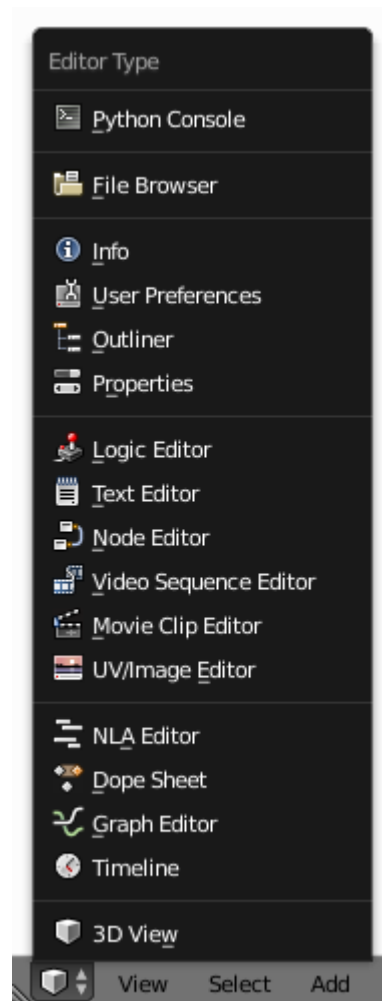
Korisničko sučelje je dizajnirano tako da su sve potrebne informacije vezane za projekt lako vidljive, bez nepotrebnog pomicanja *editora*. *Blender* ima brojne prečace za odabir alata i opcija koji se koriste kombinacijom tipaka na tipkovnici te time omogućuju brži i lakši rad u programu. <sup>[15]</sup>



Slika 3. prikaz *editora* zadanog korisničkog sučelja

### 2.1.3. Editori

*Blender* ima velik broj različitih *editora* (slika 4.) za prikaz i prilagođavanje podataka. Izbornik vrste *editora* nalazi se na lijevoj strani zaglavlja i omogućuje odabir vrste *editora* za to područje. Svako područje u *Blenderu* može sadržavati neku vrstu *editora*.<sup>[15]</sup>



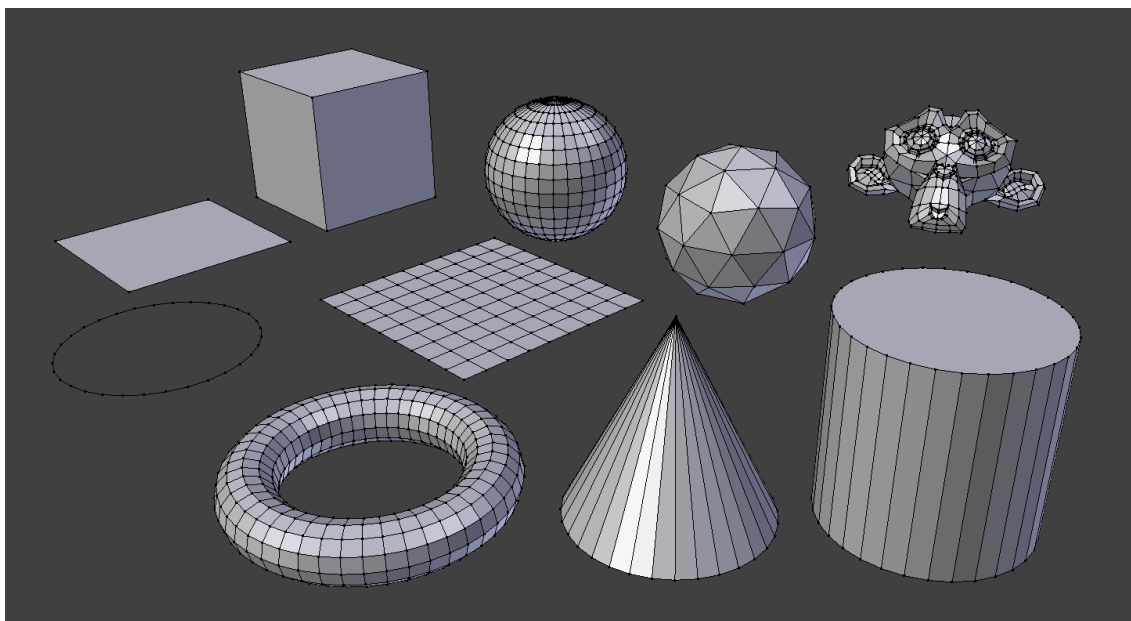
Slika 4. izbornik vrste *editora*

#### 2.1.4. Modeliranje

Modeliranje je postupak kreiranja površine koja predstavlja predmet iz stvarnog svijeta ili zamišljeni, apstraktni predmet. Ovisno o modelu koji se izrađuje postoji više načina modeliranja. Glavni način modeliranja je *Edit mode* koji se koristi za izradu raznih vrsta objekata: *meshes*, *curves*, *surfaces*, *metaballs*, *text objects*, *empties*, *modifiers*.<sup>[15]</sup>

Modeliranje *mesheva* obično započinje od najjednostavnijih *mesh* modela (kocka, krug, valjak,...) iz kojih se kasnije mogu napraviti složeniji modeli. Postoje tri glavna načina izrade i oblikovanja *mesh* modela. Svaki od tih načina ima raznolike alate. Neki od tih alata zajednički su za više načina modeliranja. Načini koji se koriste za modeliranje su: *Object mode*, *Edit mode* i *Sculpt mode*. Izrada *mesh* modela obično započinje kreiranjem jednostavnog modela u *Object modeu*. *Blender* nudi mnogo jednostavnih („primitivnih“) modela (slika 5.) koji se mogu koristiti za daljnje modeliranje. Jednostavni objekti dostupni u *Blenderu* su ravnina (*plane*), kocka (*cube*), krug (*circle*), UV kugla (*UV sphere*), *Icosphere* (kugla koja je građena od trokuta), valjak (*cylinder*), konus (*cone*), *torus*, mreža (*grid*) te majmun (*monkey*, koji pritiskom na gumb *Monkey* dodaje glavu majmuna Suzanne koja je *Blenderova* maskota). *Object mode* omogućava malen broj radnih akcija na objektu koje se odnose na objekt kao cjelinu, poput promjene veličine, položaja, orijentacije, spajanja i grupiranja više objekata. *Edit mode* koristi radne operacije koje se odnose samo na geometriju objekta koji se oblikuje i ne može utjecati na veličinu objekta i njegovu poziciju. Moguće je oblikovati samo *mesh* odabranog objekta. Da bi se oblikovao drugi objekt, potrebno je prijeći u *Object mode*, odabrati željeni model, te vratiti se u *Edit mode*.<sup>[15]</sup>

*Mesh* modeli sastavljeni su od tri osnovne strukture: *vertices*, *edges* i *faces*. *Vertices* su najjosnovniji elementi 3D *mesh* objekta. *Vertices* predstavljaju pojedinačne točke ili položaje u 3D prostoru. *Edges* predstavljaju ravne linije koje spajaju dvije točke. *Faces* su plohe koje se koriste za izradu površina objekta. Plohe su površine koje su sastavljene od linija (*edges*) odnosno pojedinačnih točaka (*vertices*) i sastoje se od najmanje tri povezane točke.<sup>[15]</sup>



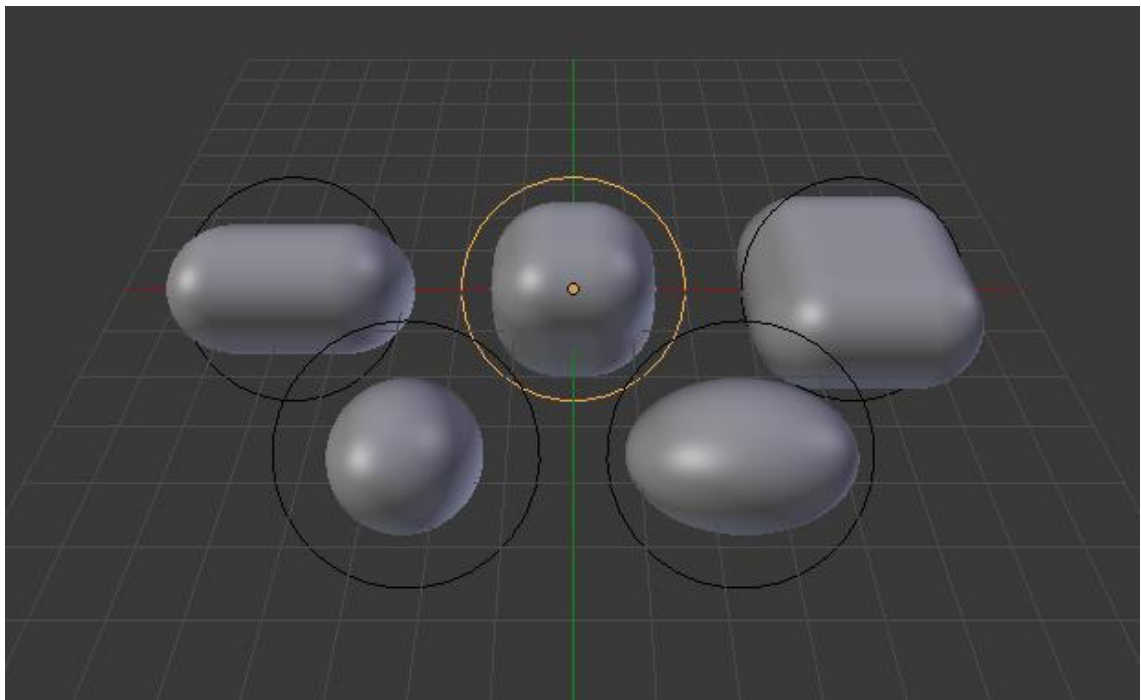
Slika 5. jednostavni *mesh* oblici

*Curves* i *Surfaces* elementi su karakteristične vrste *Blender* objekata. Za njihovu izradu koriste se matematičke funkcije umjesto niza točaka u prostoru kao kod *mesh* elemenata. U *Blenderu* je moguće izraditi Bézierove krivulje kao i *N.U.R.B.S.* krivulje. Prednost korištenja krivulja u odnosu na mnogokutne *mesh* objekte je ta što su krivulje definirane manjim brojem podataka zbog čega zauzimaju manje radne memorije i memorije za pohranu te skraćuju vrijeme modeliranja, no zbog postupaka njihove matematičke definiranosti mogu usporiti vrijeme *renderiranja*. Bézierove krivulje se u *Blenderu* najčešće koriste za dizajn slova tj. tipografije te logotipa. <sup>[15]</sup>

Najjednostavniji oblici krivulja su Bézierova krivulja, Bézierov krug, *NURBS* krivulja, *NURBS* krug, staza (*path*) i *draw curve* (alat koji omogućava vlastoručno crtanje krivulje povlačenjem miša). Kao i *mesh* modeli, *curve* objekti dodaju se u *Object modeu*. Dok su krivulje (*curves*) dvodimenzionalni objekti, *surfaces* su njihovi trodimenzionalni „produžeci“. U *Blenderu* se mogu koristiti samo *NURBS surfaces*, dok Bézier *surfaces* nisu dostupne. <sup>[15]</sup>

*Meta* objekti (slika 6.) su objekti koji se ne temelje na točkama u prostoru (*vertices*) kao *mesh* objekti, ni na kontrolnim točkama kao *curves* objekti već se temelje

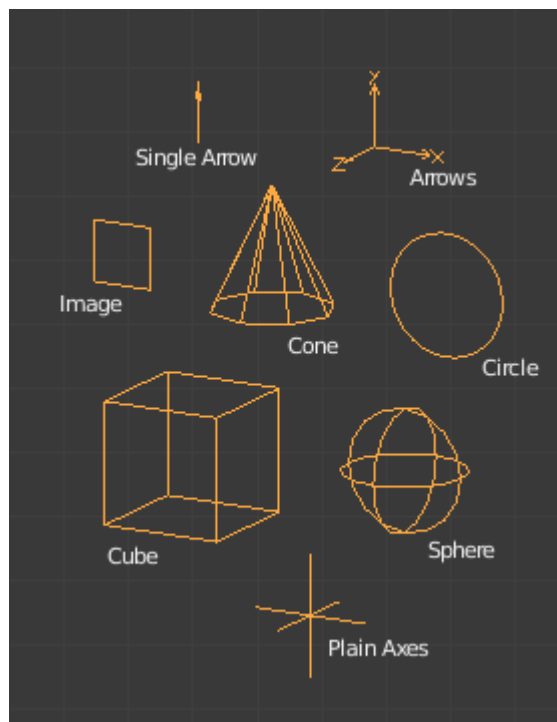
na matematičkom formuluama koje *Blender* računa „u hodu“. *Meta* objekti imaju karakterističan, zaobljeni izgled. Kad se dva *meta* objekta približe jedan drugom, oni počinju međusobno reagirati – oni se „miješaju“ ili „spajaju“. Kad se objekti udalje jedan od drugog, nazad poprimaju svoj prvotni oblik. *Meta* objekti najčešće se koriste kao temelj za daljnje modeliranje ili za izradu specijalnih efekata. Najjednostavniji *meta* modeli su kugla (*meta ball*), cijev (*meta tube*), ravnina (*meta plane*), elipsoid (*meta ellipsoid*) i kocka (*meta cube*).<sup>[15]</sup>



Slika 6. jednostavni *meta* objekti

*Empties* (slika 7.) su „prazni“ objekti u *Blenderu* koji se sastoje od točaka i nemaju dodatne geometrije. *Empty* objekti nemaju površinu i volumen zbog čega se ne mogu renderati, no mogu se koristiti u druge svrhe. U *empty* oblike spadaju osi ravnine (*plain axes*; crta šest linija od kojih je svaka usmjerena u jednom smjeru, odnosno u pozitivnom i negativnom smjeru triju osi (X, Y i Z)), strelice (*arrows*), strijela (*single arrow*), krug (*circle*), kocka (*cube*), kugla (*sphere*), konus (*cone*) te slika (*image*). *Empty* objekti mogu se modificirati jedino u *Edit modeu*. *Empty* objekti često se koriste

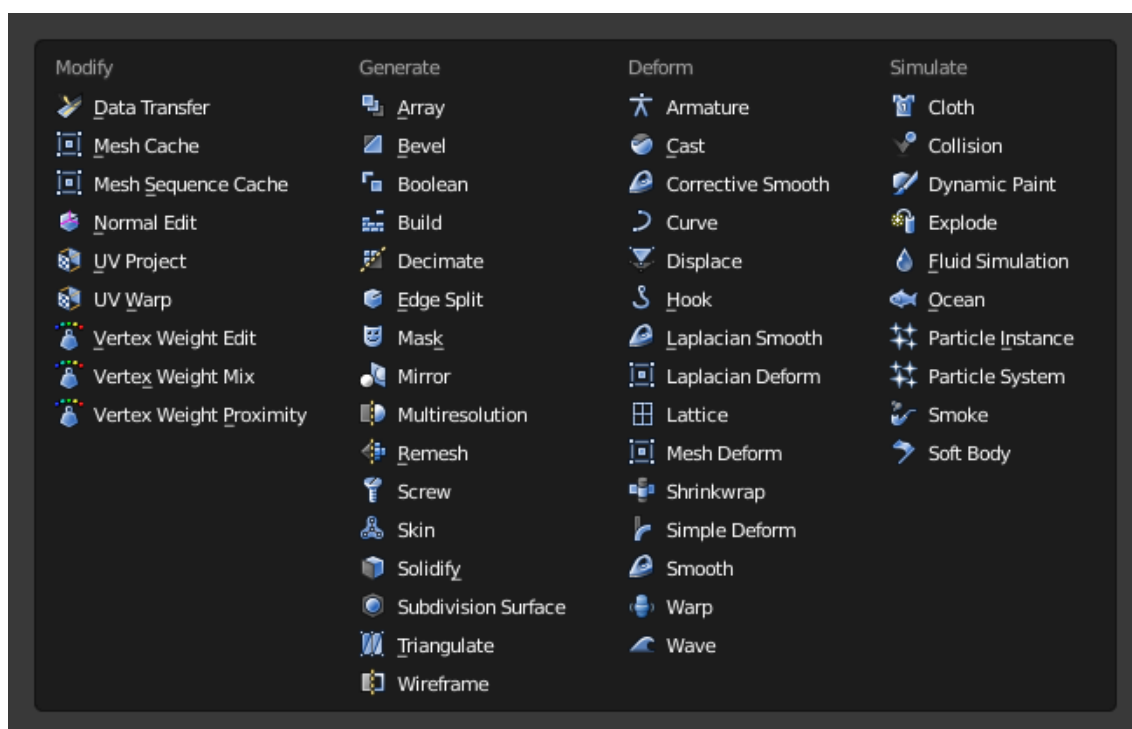
kao „roditelji“ drugih objekata što omogućuje brzu i jednostavnu kontrolu skupine objekata. <sup>[15]</sup>



Slika 7. *Empty* objekti

*Modifiers* (slika 8.) su automatske radne operacije kojima se utječe na objekte. Pomoću njih moguće je automatski ostvariti brojne efekte bez utjecaja na osnovnu geometriju objekta. Oni utječu na prikaz i *renderanje* objekta. Na jedan objekt moguće je primijeniti više od jednog *Modify* efekta. Postoje četiri glavne skupine *Modifiers* efekata: *Modify*, *Generate*, *Deform* i *Simulate*. <sup>[15]</sup>

*Modify* skupina sadrži alate slične *Deform* skupini, no alati *Modify* skupine ne utječu direktno na oblik objekta već mijenjaju podatke vezane uz objekt (npr. skupine *vertexa*). *Generate* skupina sadrži alate koji se koriste za konstrukciju, odnosno promjenu izgleda objekta ili automatsko dodavanje geometrije na već postojeći objekt. *Deform* skupina koristi se za izmjenu oblika objekta bez dodavanja geometrije na postojeći objekt. Najčešće se koristi za *mesh* objekte, no može se koristiti i za *text* i *curves* objekte. *Simulate* skupina koristi se za dodavanje simulacija na objekte. <sup>[15]</sup>



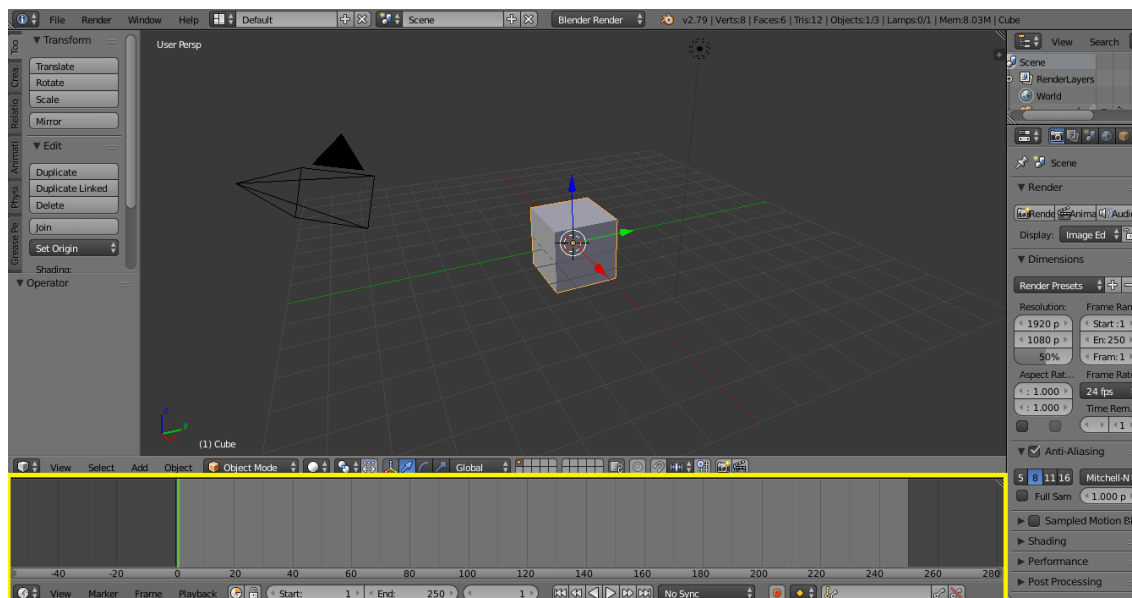
Slika 8. *Modifiers* izbornik

### 2.1.5. Animiranje

Animiranje je postupak transformacije odnosno mijenjanja položaja ili oblika objekta u određenom vremenskom periodu. Postoji više načina animiranja objekata. Pomicanje objekta kao cjeline odnosi se na mijenjanje položaja objekta, njegove orijentacije u prostoru odnosno usmjerenja, i promjenu njegove veličine. Deformacija objekta odnosi se na animiranje točaka (*vertices*) objekta. Treći način animiranja objekata se temelji na međusobnom odnosu objekata, odnosno kretanje jednog objekta se temelji na kretanju drugog objekta. <sup>[15]</sup>

Kod animiranja, vrijeme je podijeljeno na „okvire“ (*frames*). *Blender* koristi 24 okvira za svaku sekundu. Okviri su vidljivi na *Blender*ovoj vremenskoj crti - *timeline* (slika 9.). Animacije se postiže umetanjem „ključnih okvira“ – *keyframe*ova. Pomoću *keyframe*ova *Blender* pohranjuje podatke vezane uz transformaciju objekata u određenom vremenu. Pomoću *keyframe*ova može se odrediti položaj, rotacija i razmjer (veličina) objekata. *Keyframe*ovi omogućavaju izradu interpoliranih animacija. Interpolacija je metoda konstrukcije novih točaka podataka unutar raspona skupa

poznatih točaka podataka. Primjerice, ako na početnom *keyframeu* postavimo 3D model kocke na neki početni položaj te na zadnjem *keyframeu* kocku postavimo u krajnji položaj, *Blender* može automatski odrediti pravilan položaj kocke za svaki okvir između početnog i završnog *keyframea* pomoću metode interpolacije. <sup>[15]</sup>



Slika 9. vremenska crta (*timeline*) u *Blenderu*

### 2.1.6. *Physics*

*Blenderov* softver sadrži fizikalni sustav (*physics system*) koji omogućuje simulaciju brojnih pojava iz stvarnog svijeta. *Physics* sustav može se koristiti za izradu razolikih statičnih i dinamičnih efekata poput efekata kose, trave, kiše, dima, vode, tkanine i gravitacije. Gravitacija je „globalna“ postavka koja se odnosi i na sve ostale *physics* efekte. Zadana vrijednost efekta gravitacije iznosi  $-9,81\text{m/s}^2$  po Z osi, što je istovjetno iznosu gravitacije na Zemlji. <sup>[15]</sup>

U *Blenderu* je dostupno nekoliko *physics* tipova: *force fields*, *collisions*, *cloth simulations*, *dynamic paint*, *soft body*, *fluid simulation*, *smoke simulation*, *rigid body*, *particles system*. <sup>[15]</sup>



### 2.1.7. *Render*

*Renderiranje* je postupak kreiranja dvodimenzionalne slike ili videa iz trodimenzionalne napravljene u *Blenderu*. Na izgled slike utječu postavke kamere, rasvjete, materijala, kvalitete, veličine slike,... *Blender* koristi dva principa *renderiranja*: *Blender render* i *Cycles render*.<sup>[15]</sup>

*Blender render* je *Blenderov* integrirani sustav *renderiranja* koji se ne temelji na realističnom prikazu. *Cycles render* je *Blenderov* sustav *renderiranja* koji se temelji na fizikalnim zakonima. *Cycles* može koristiti *GPU* (*Graphics Processing Unit*) računala za brže *renderiranje*. Osim *Blendera*, *Cycles* sustav koristi i u *Poser* i *Rhinoceros 3D* programima za 3D modeliranje.<sup>[15]</sup>

### 3. Eksperimentalni dio

Cilj eksperimentalnog dijela rada bio je izraditi 3D model i animaciju Sunčevog sustava. Pri izradi modela koristile su se neke od osnovnih metoda modeliranja objašnjene u teorijskom dijelu rada. Model je izrađen u *Blenderu* u njegovom *Cycles render* sustavu. Modeli Sunca te planeta Sunčevog sustava izrađeni su u različitim mjerilima da bi se olakšala njihova vidljivost i manipulacija. Budući da su svi objekti koji predstavljaju modele Sunca i planeta Sunčevog sustava rađeni po istom principu, proces izrade bit će objašnjen na primjeru izrade modela Sunca i modela Saturna.

#### 3.1. Izrada 3D modela Sunčevog sustava

Prvo je na red došlo određivanje veličine pojedinih modela. Za definiranje veličine modela *Blender* koristi svoju jedinicu veličine.

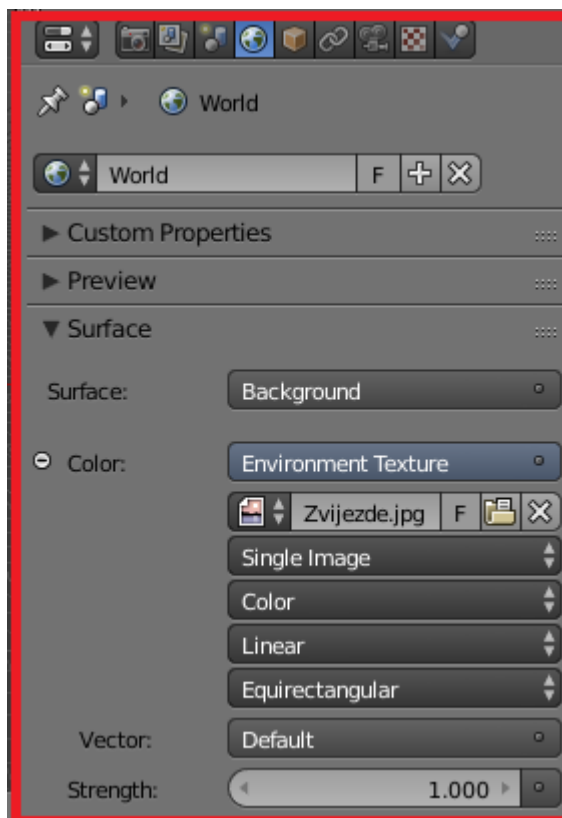
Model Sunca izrađen je u mjerilu 1 : 100 000 km što znači da 1 *Blender* jedinica predstavlja 100 000 kilometara u stvarnom svijetu. Tako je model Sunca u ovom projektu definiran veličinom od 6,96 *Blender* jedinica veličine.

Model Merkura izrađen je u mjerilu 1 : 5 000 km što znači da 1 *Blender* jedinica predstavlja 5 000 kilometara u stvarnom svijetu. Time je model Merkura definiran veličinom od 0,48 *Blender* jedinica. To mjerilo korišteno je zbog Merkurove male veličine, da bi se omogućila bolja vidljivost modela.

Modeli ostalih planeta unutarnjeg Sunčevog sustava (Venera, Zemlja, Mars) izrađeni su u mjerilu 1 : 10 000 km što znači da 1 *Blender* jedinica predstavlja 10 000 kilometara u stvarnom svijetu. Model Venere definiran je veličinom od 0,61 *Blender* jedinica, model Zemlje definiran je veličinom od 0,64 *Blender* jedinice, i model Marsa definiran je veličinom od 0,34 *Blender* jedinice.

Modeli planeta vanjskog Sunčevog sustava (Jupiter, Saturn, Uran, Neptun) izrađeni su u mjerilu 1 : 50 000 km što znači da 1 *Blender* jedinica predstavlja 50 000 kilometara u stvarnom svijetu. Tako je model Jupitera definiran veličinom od 1,4 *Blender* jedinice, model Saturna (bez prstenova) definiran je veličinom od 1,16 *Blender* jedinica, model Urana definiran je veličinom od 0,5 *Blender* jedinica, i model Neptuna definiran je veličinom od 0,49 *Blender* jedinica.

Prije dodavanja objekata koji će predstavljati planete, dodaje se pozadinska tekstura zvjezdanog neba (slika 10.). Pozadinska tekstura dodaje se u *World editoru* u *Surface* sekciji. U *Color* izborniku odabire se *Environment texture* te se dodaje slika koja će služiti kao pozadinska tekstura modela i animacije.

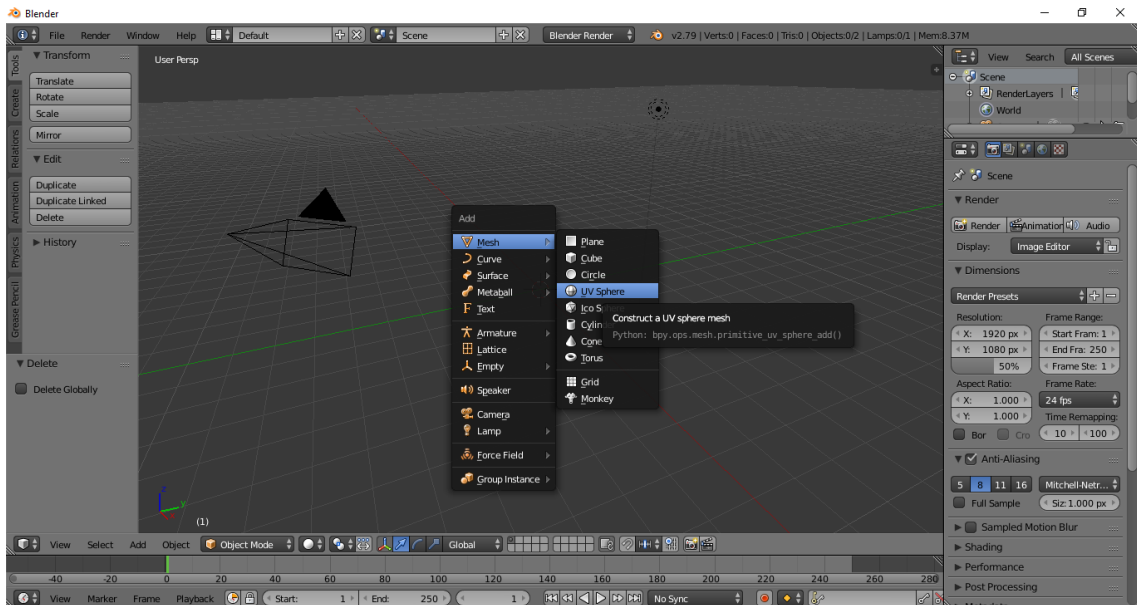


Slika 10. dodavanje pozadinske teksture

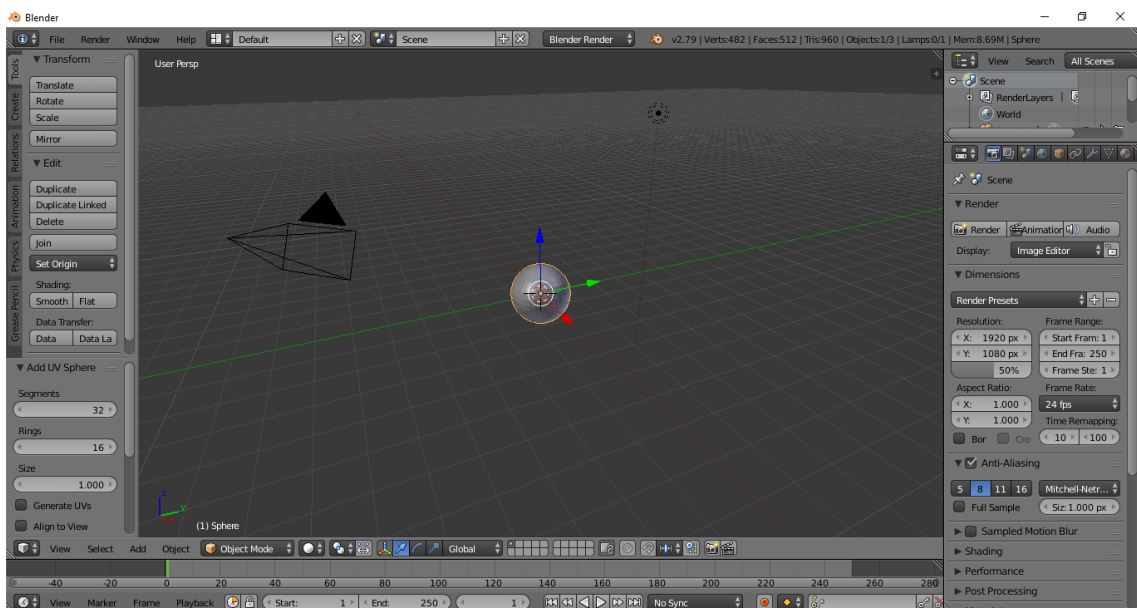
### 3.1.1. Sunce

Izrada modela započinje dodavanjem *mesh* objekta (slika 11.). Dodaje se *UV sphere mesh* objekt (slika 12.). Nakon dodavanja kugle, povećavaju se *Segments* i *Rings* segmenti objekta, i mijenja se veličina (slika 13.). Nakon toga, pomoću *Smooth* alata vrši se zaglađivanje površine objekta (slika 14.). Nakon toga dodaje se tekstura na objekt. Da bi se dodala tekstura, prvo u donjem *editoru* umjesto zadanog *Timeline* editora odabiremo *UV/Image Editor* (slika 15.). U *UV/Image Editoru* dodaje se slika koja će se koristiti kao tekstura objekta. Prelazi se u *Edit mode* te se u izborniku *Mesh*

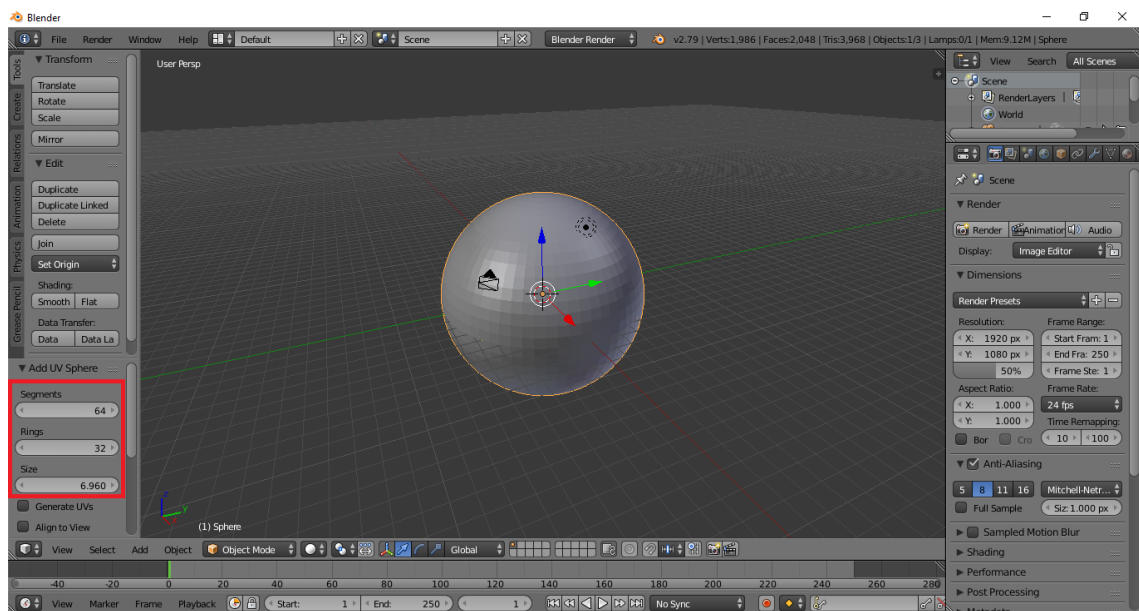
odabire slijedeći izbornik, *UV Unwrap*, u kojem odabiremo *Sphere Projection* (slika 16.). Mreža objekta (*wire frame*) projicira se na sliku odabranu za teksturu (slika 17.). U *Viewport Shading* izborniku odabire se *Texture* da bi se prikazala tekstura koja se primijenjuje na objekt (slika 18.). Na kraju, u *Material editoru* uređuje se *Surface* objekta, odnosno dodaje se *Emission* karakteristika. Vrijednost *Emission* karakteristike postavlja se na 2.0 da bi površina objekta emitirala svjetlost (slika 18.).



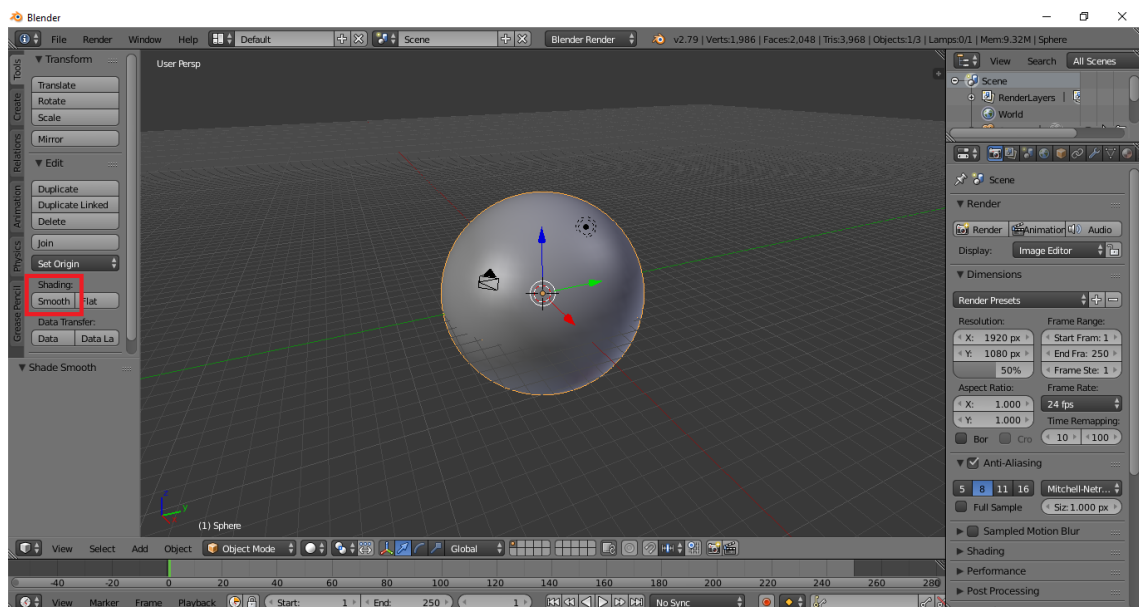
Slika 11. dodavanje *mesh* objekta (*UV sphere*)



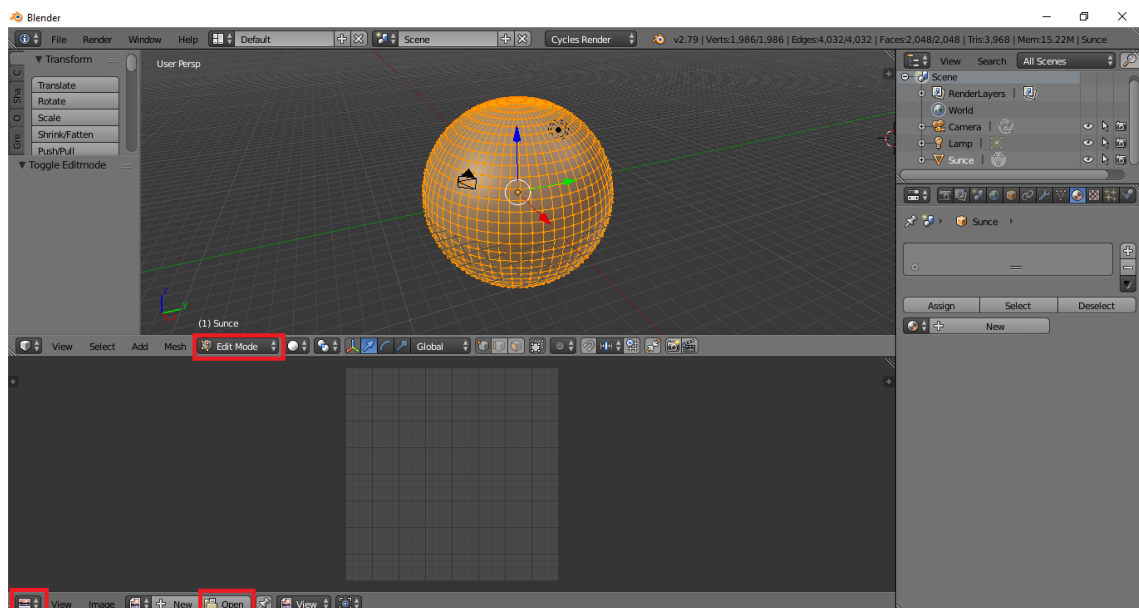
Slika 12. *UV sphere*



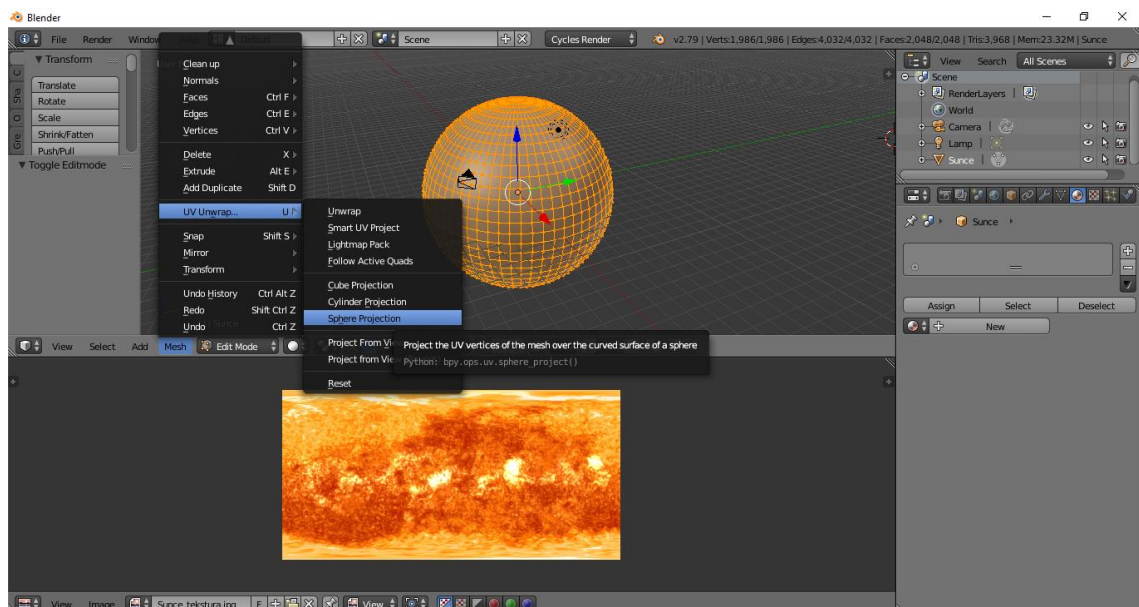
Slika 13. podešavanje *Segments*, *Rings* i *Size* karakteristika



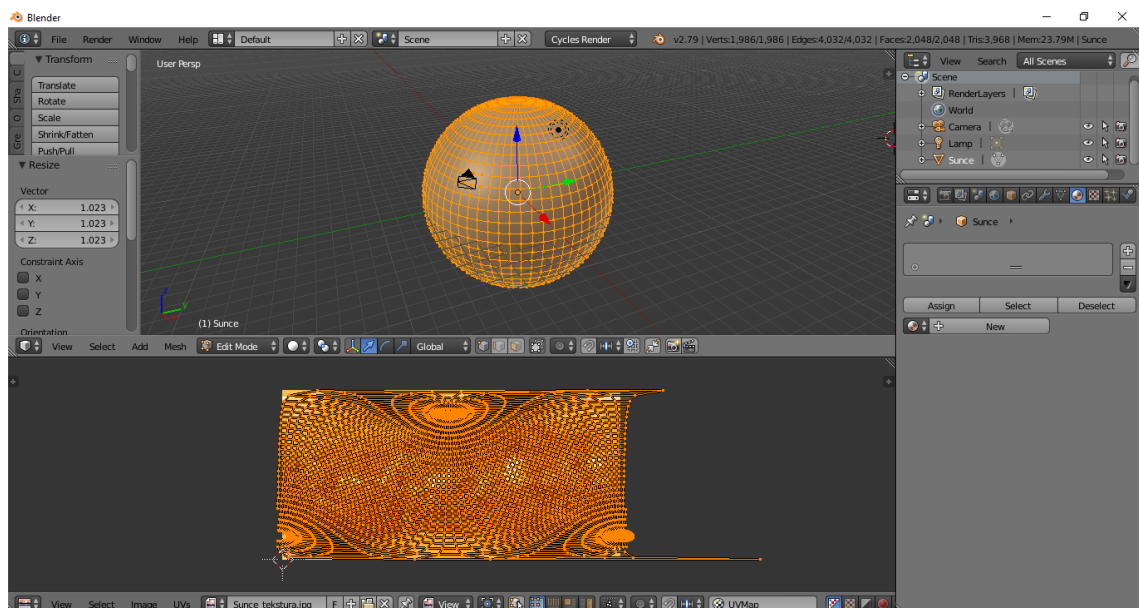
Slika 14. zaglađivanje površine *Smooth* alatom



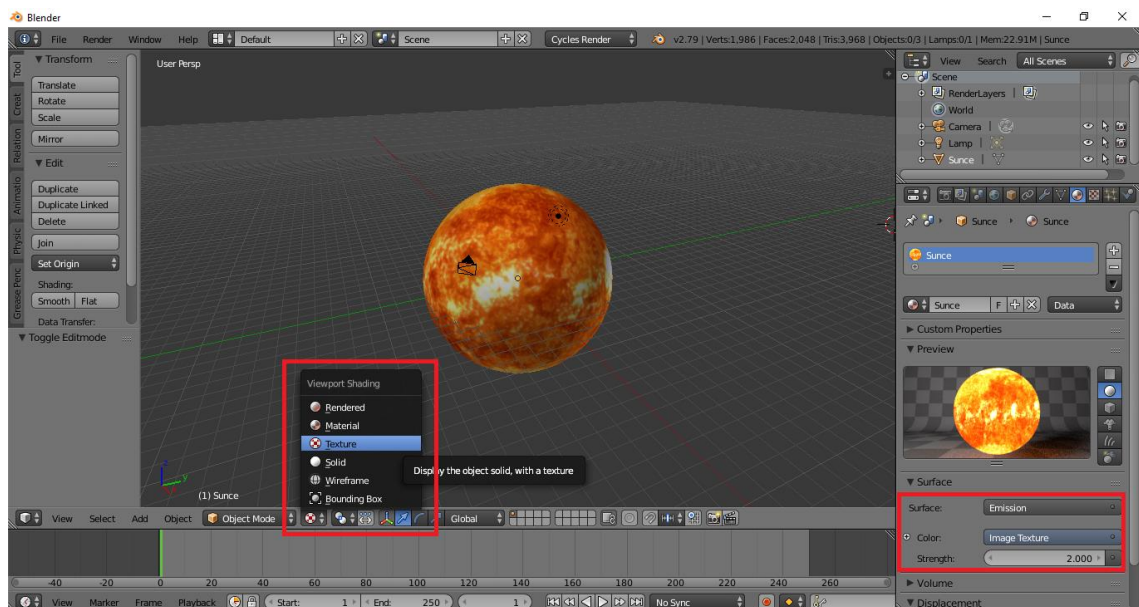
Slika 15. dodavanje teksture



Slika 16. UV Unwrap



Slika 17. *UV Sphere* projekcija na teksturu

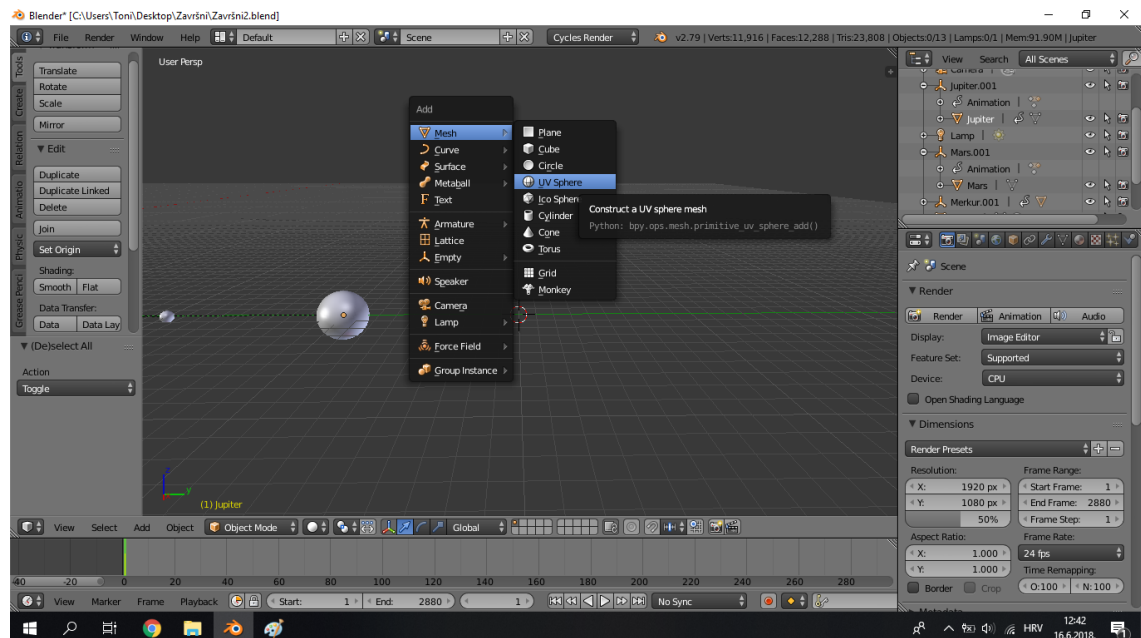


Slika 18. dodavanje *Emission* karakteristike



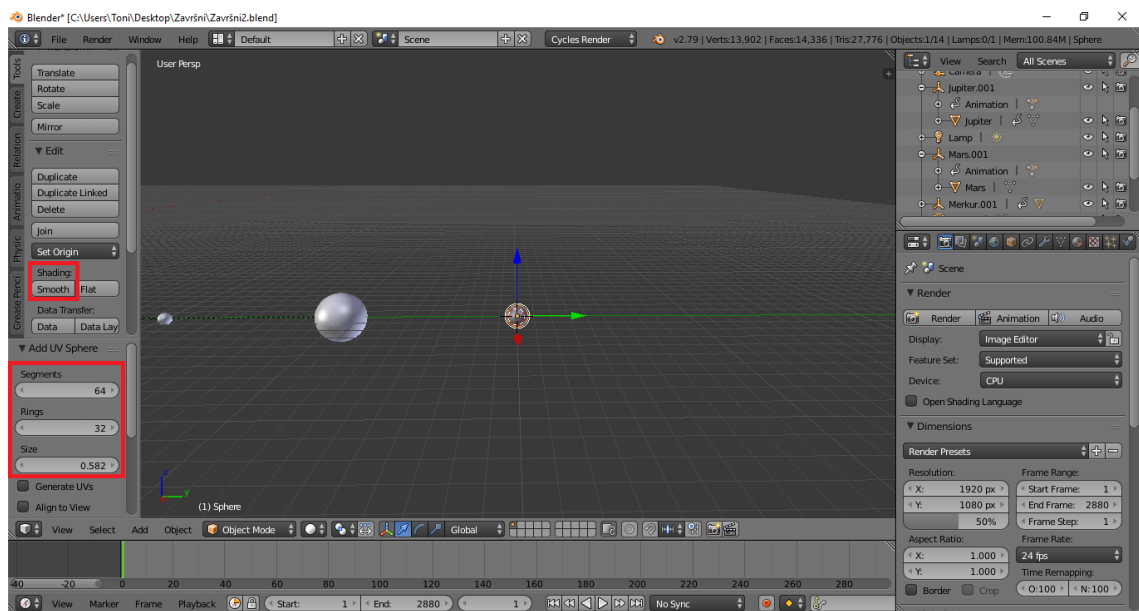
### 3.1.2. Saturn

Postupak izrade ostalih modela isti je kao postupak izrade modela Sunca. Dodaje se *mesh* (*UV Sphere*) objekt (slika 19.), podešavaju mu se *Segments* i *Rings* karakteristike, mijenja se veličina, zaglađuje se površina pomoću *Smooth* alata (slika 20.) i dodaje se tekstura (slika 22., slika 23.). Jedina razlika u izradi modela planeta i modela Sunca je ta da se modelima planeta ne dodaje *Emission* karakteristika. Umjesto *Emission* karakteristike, u *Surface editoru* postavlja se *Diffuse BSDF shader*. *Diffuse BSDF* karakteristika koristi se za dodavanje difuzne refleksije svjetlosti.

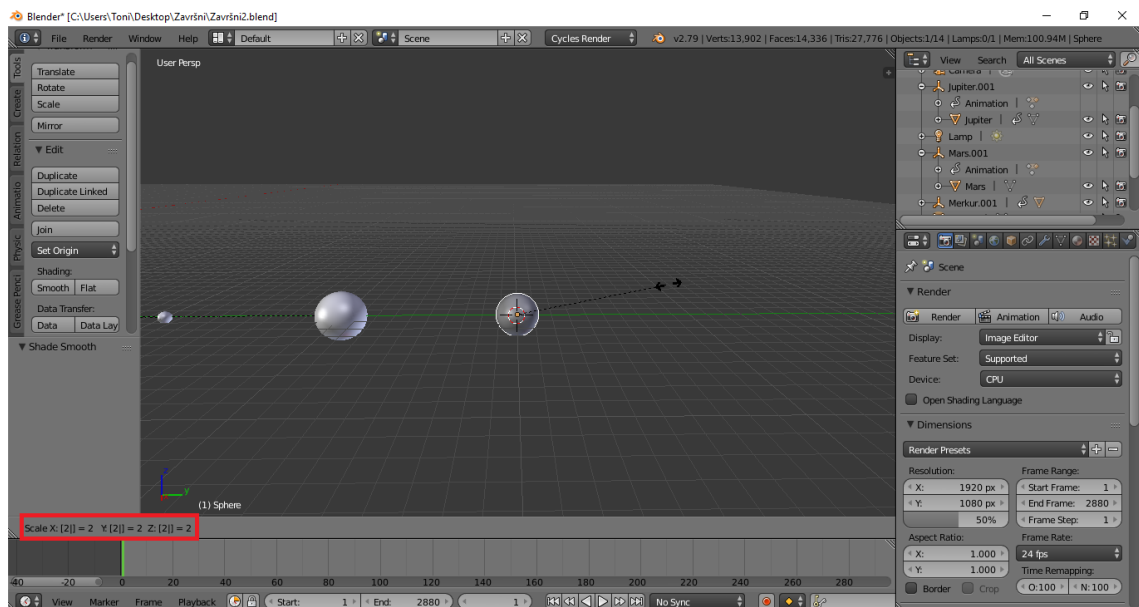


Slika 19. dodavanje *mesh* objekta (*UV Sphere*)

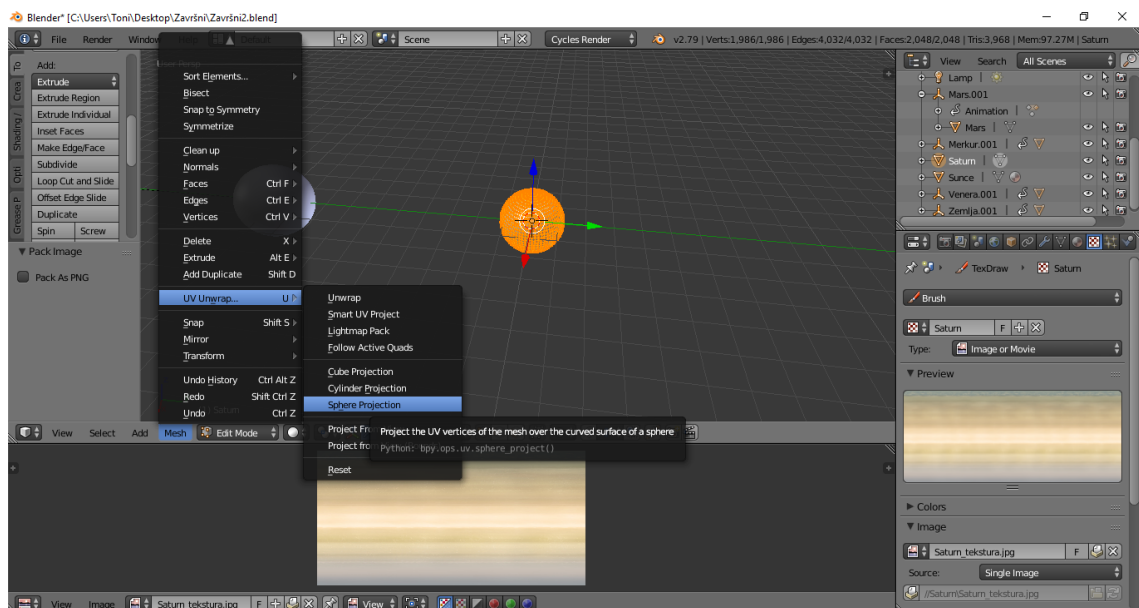




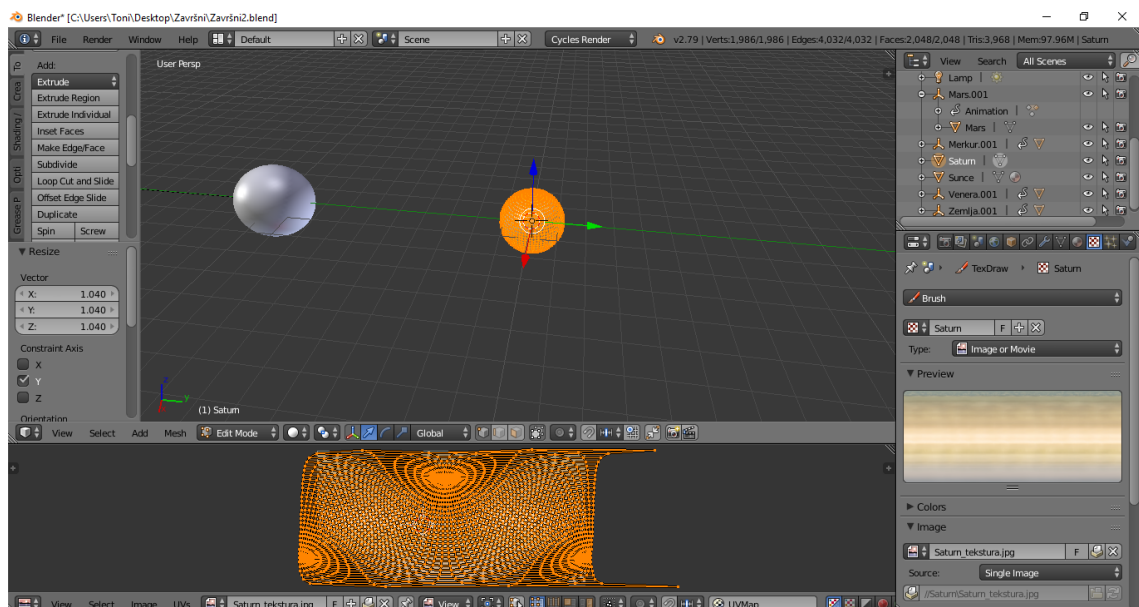
Slika 20. podešavanje *Segments*, *Rings* i *Size* karakteristika



Slika 21. *scale*anje objekta



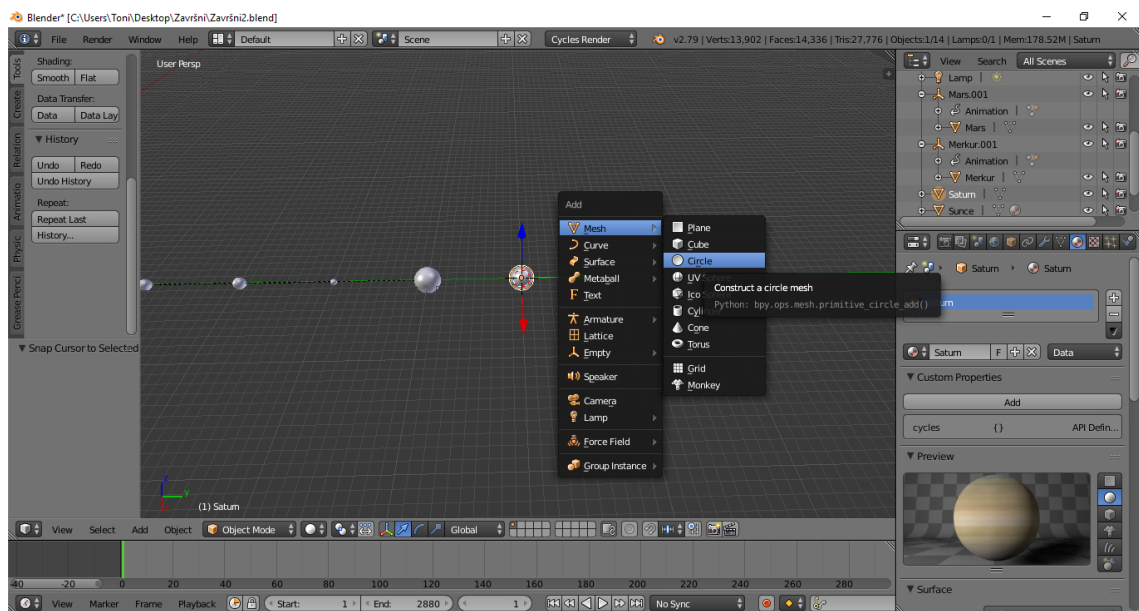
Slika 22. UV Unwrap, Sphere Projection



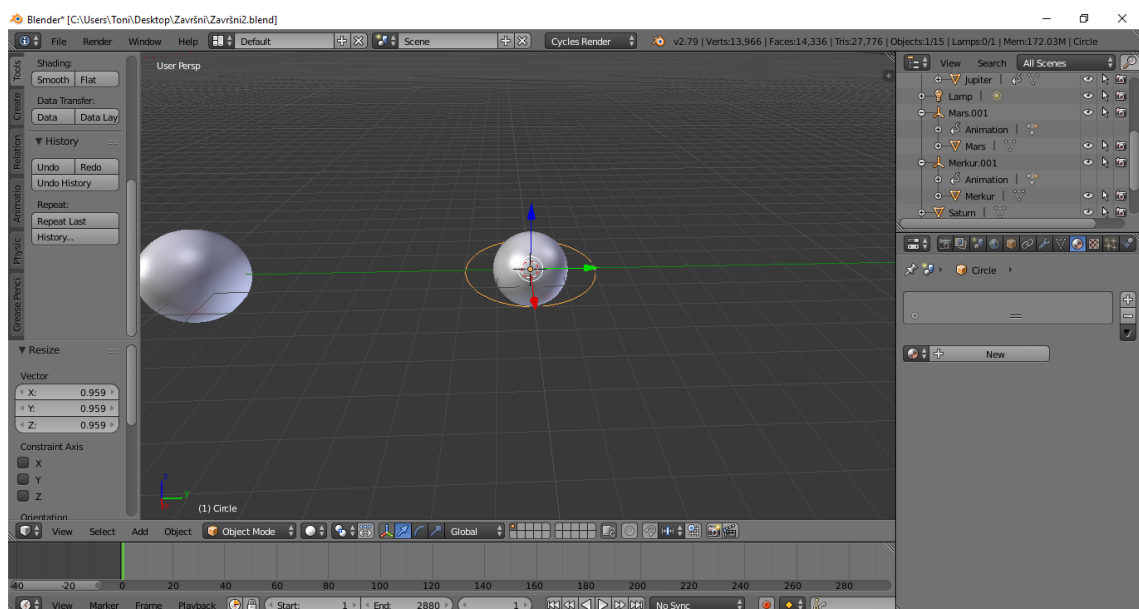
Slika 23. pozicioniranje UV Unwrap projekcije

## Izrada Saturnovih prstenova

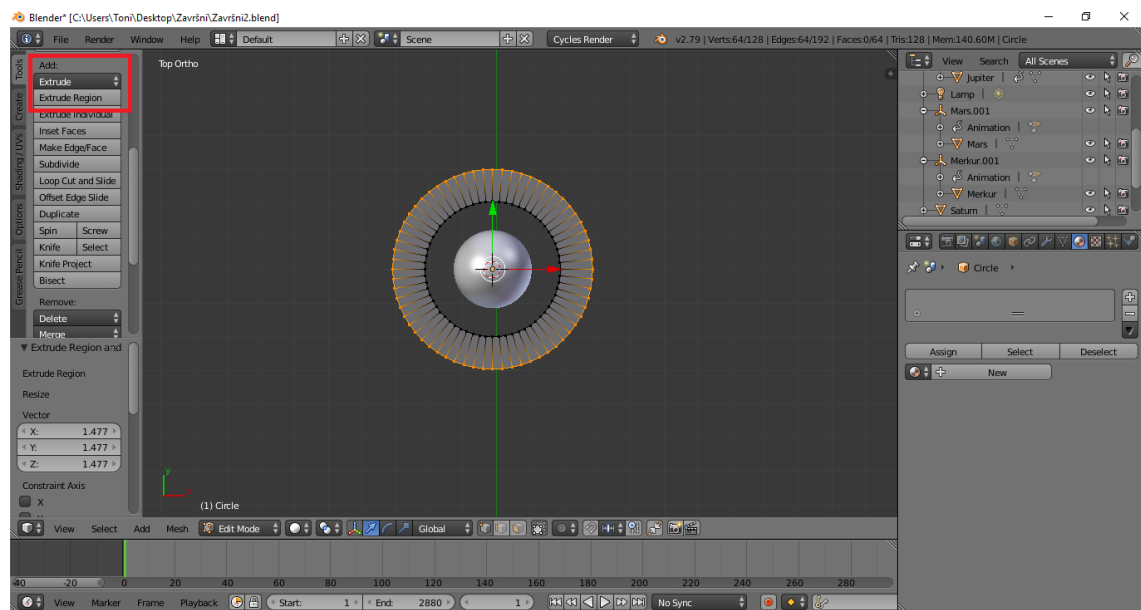
Izrada Saturnovih prstenova počinje dodavanjem kružnice (*Circle*) (slika 24., slika 25.) koja je također *mesh* objekt. Da bi se dobio potreban oblik kružnice, koristi se opcija *Extrude*, točnije *Extrude region* (slika 26.) koja ekstrudira vrhove objekta u određenom smjeru, po određenoj osi. Vrhovi kružnice ekstrudirani su po X i Y osima da bi se dobila kružnica željenog oblika. Tekstura za prstenove dodaje se na isti način kao i kod planeta (pomoću *UV/Image Editor*a). U *Mesh* izborniku odabire se *UV Unwrap* izbornik, iz kojeg se najprije odabire *Unwrap* opcije (slika 27.), dobiva se projekcija kruga i zatim se odabire *Reset* opcija (slika 28., slika 29.). Za razliku od modela planeta, u *Material editor*u *Surface* karakteristika definira se pomoću *Mix shader*a. Nakon toga otvara se *Node editor* da bi se dodalo i povezalo više vrsta različitih *shader*a. *Nodes* koje se koriste su *Image Texture*, *Transparent BSDF*, *Diffuse BSDF*, *Transluscent BSDF*, dva *Mix Shader node*a i *Material Output*. *Image Texture node* povezuje se na *Diffuse BSDF* i *Transluscent BSDF shader*e svojom *Color* karakteristikom. *Diffuse BSDF* i *Transluscent BSDF shader*i spajaju se na prvi *Mix shader*. Na drugi *Mix Shader node* povezuju se *Transparent BSDF* i prethodni *Mix shader* na koji su spojeni *Diffuse* i *Transluscent shader*i. Taj *Mix Shader* povezan je i sa *Image Texture node*om. *Alpha* karakteristika *Image Texture node*a povezan je sad *Fac*: karakteristikom *Mix Shader*a. Zatim se taj *Mix Shader* povezuje na *Material Output* (slika 30.). Dobivenu *UV Unwrap* projekciju potrebno je *scale*ati (slika 31.) da bi obuhvatila sliku koja se koristi za teksturu prstenova. Nakon toga se kugla postavlja definira kao „roditelj“ kruga (*Parent*) da bi se objekti kretali kao cjelina (slika 32.).



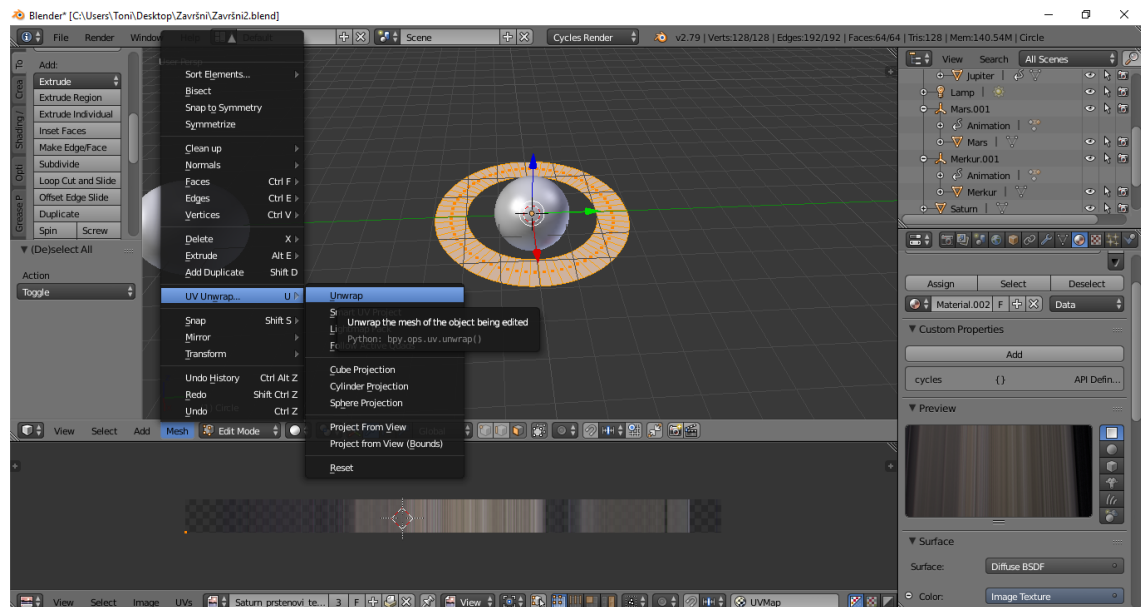
Slika 24. dodavanje *mesh* objekta za prstenove (*Circle*)



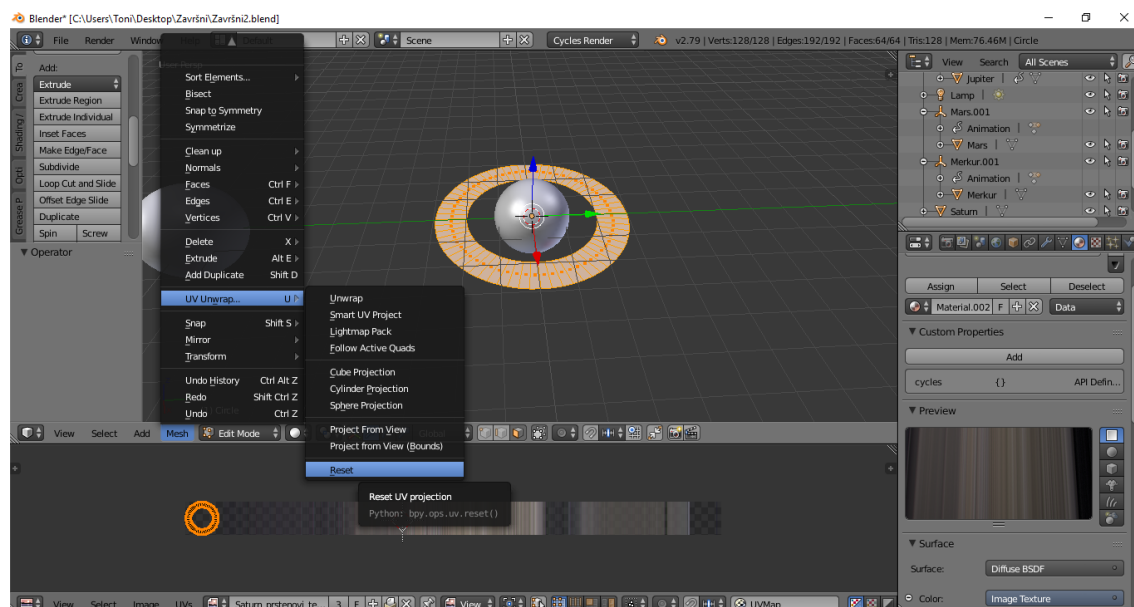
Slika 25. kružnica (*Circle*)



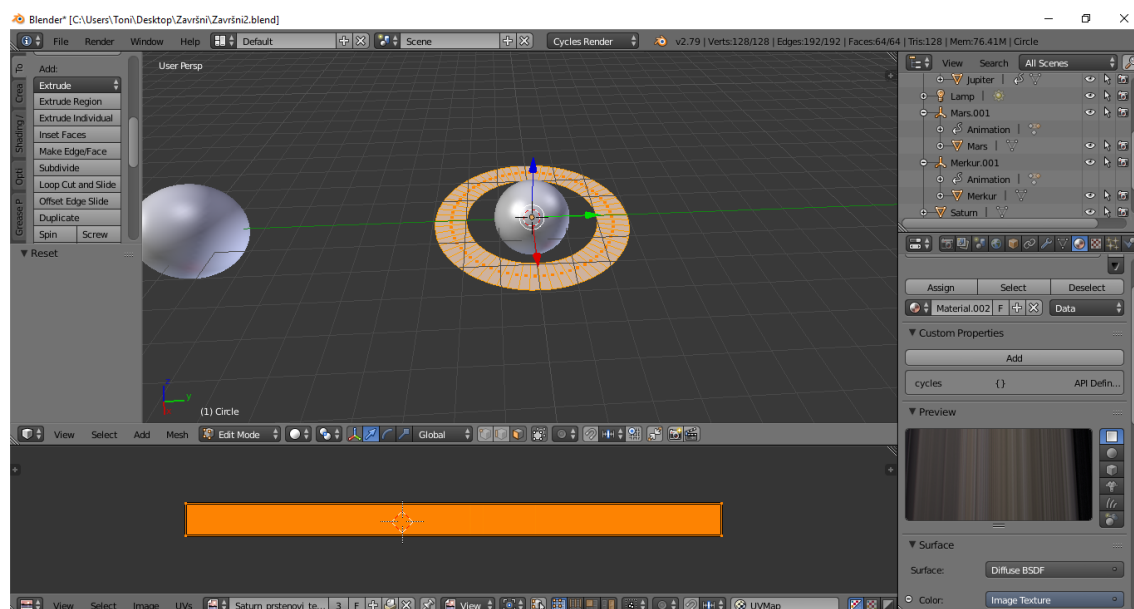
Slika 26. *Extrudeanje kružnice*



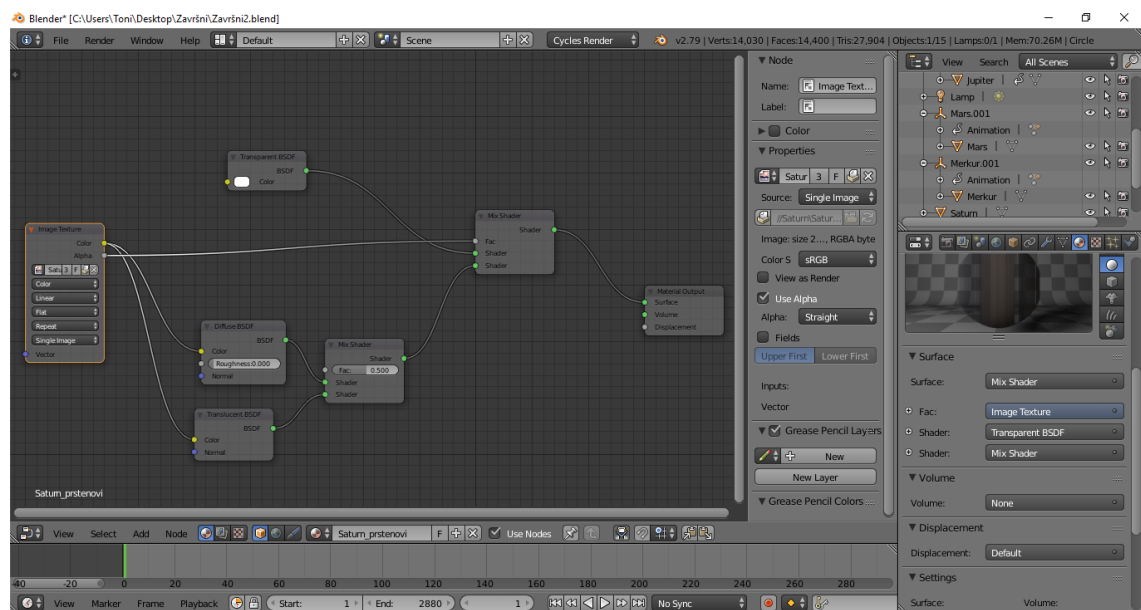
Slika 27. *UV Unwrap, Unwrap*



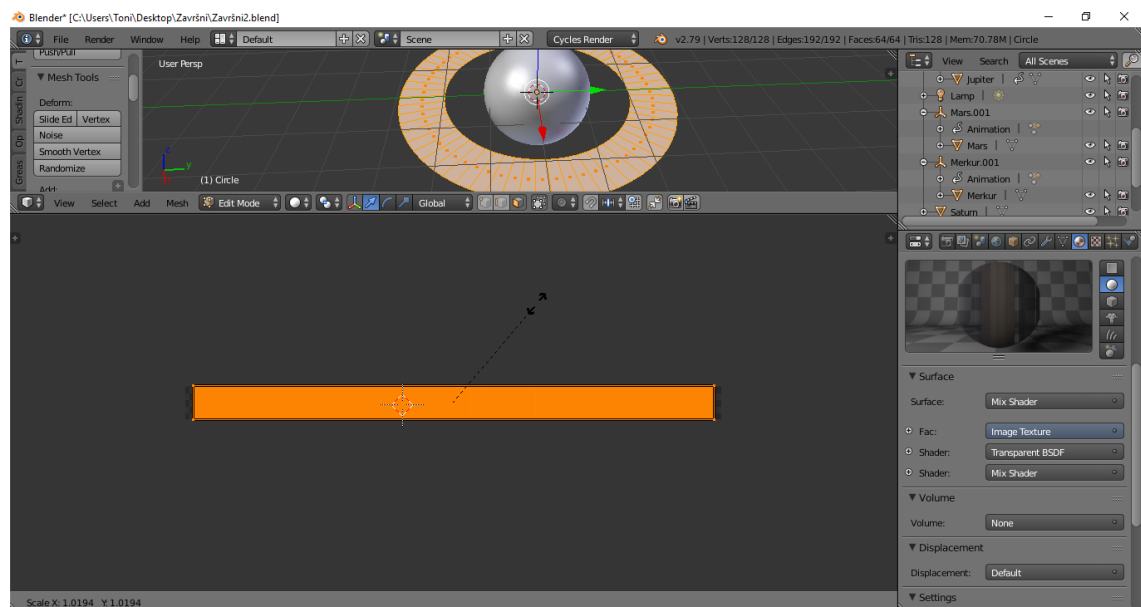
Slika 28. UV Unwrap, Reset



Slika 29. UV Unwrap, Reset

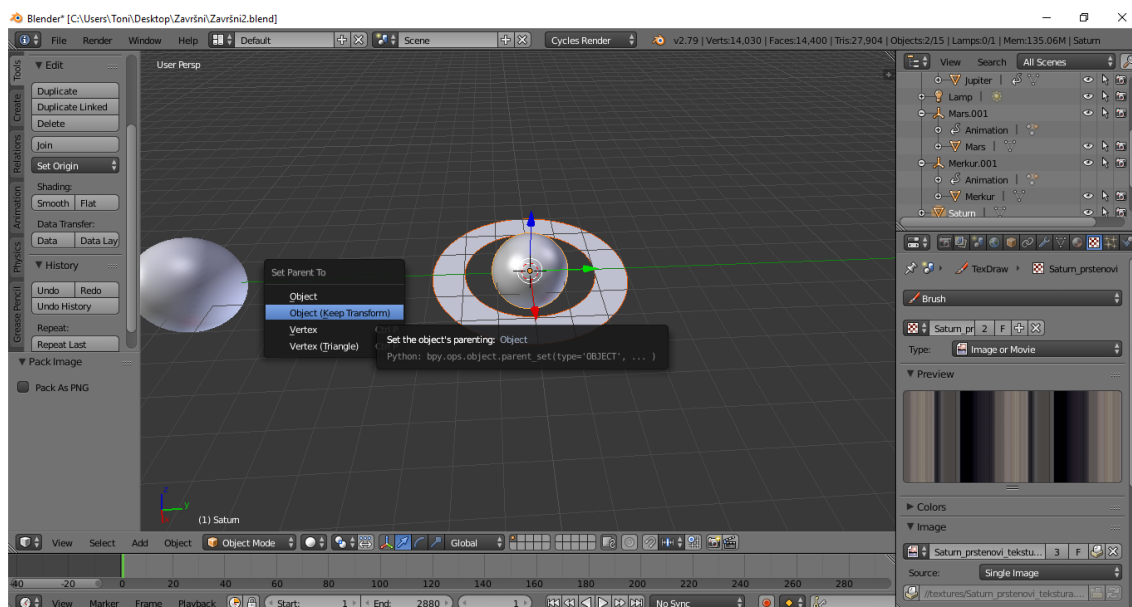


Slika 30. Node editor



Slika 31. scaleanje UV Unwrap projekcije





Slika 32. dodavanje *parent* odnosa

### 3.2. Animacija modela

U drugom dijelu eksperimentalnog dijela rada napravljena je animacija u trajanju od 2 minute. Za svaku sekundu animacije korištena su 24 okvira (*framea*). Time se dobio broj od ukupno 2 880 okvira koji čine animaciju. Kao i modeli, princip izrade animacija za sve objekte koji predstavljaju modele planeta je jednak, tako da će postupak izrade biti prikazan na primjeru Saturna.

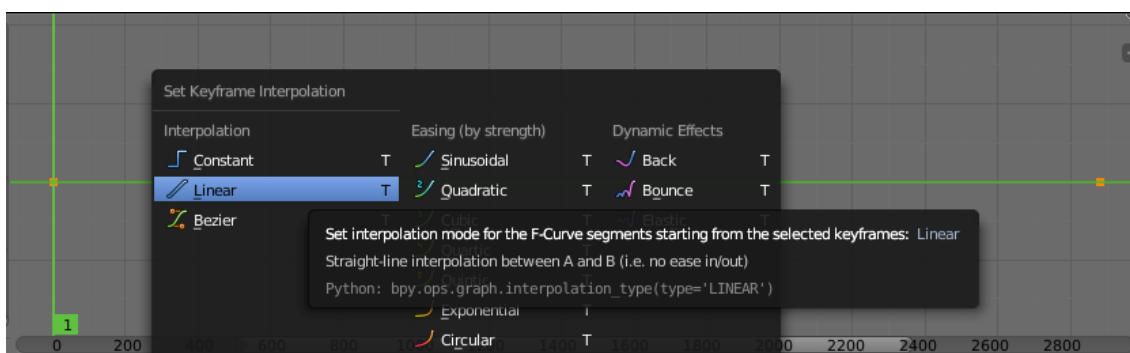
Izrada animacije počinje dodavanjem *Empty* objekta (slika 34.). Oko modela Sunca dodaje se *Empty* objekt, točnije kugla (*Sphere*) (slika 35.). Zatim se odabire („selektira“) prvo model planeta, a zatim *Empty* objekt. Povezivanje dva objekta izvodi se pomoću *Set Parent* opcije (slika 35.). To u ovom slučaju znači da je *Empty* objekt „roditelj“ objekta koji predstavlja model planeta. Pomoću „roditeljskog“ odnosa između objekata olakšava se postupak izrade animacije. Za svaki model planeta dodaje se po jedan *Empty* objekt da bi se svaki objekt mogao zasebno animirati. Animacija se zapravo primjenjuje na *Empty* objekte, dok ih povezani objekti modela planeta prate.



Animacija se postiže dodavanjem *keyframeova*. Za svaki *Empty* objekt dodaju se po dva *keyframea* – jedan *keyframe* za početni položaj te jedan *keyframe* za krajnji položaj. Pri dodavanju *keyframeova* otvara se izbornik u kojem se izabire vrsta *keyframea* (postoji više vrsta *keyframeova* – *Location*, *Rotation*, *Scale* kao i kombinacije te tri vrste). U izborniku se dodaje *Rotation keyframe* (slika 36.). *Keyframeovi* se dodaju na prvi (1.) i zadnji okvir (2 880.). Na prvom okviru, vrijednost rotacije je jednaka za svaki objekt –  $0^\circ$ . Za referentnu vrijednost rotacije i krajnjeg položaja objekata uzima se rotacija modela Zemlje u trajanju animacije (2 minute). Da bi Zemlja napravila puni krug ( $360^\circ$ ) oko Sunca potrebno je 365 dana. Kao vrijeme rotacije Zemlje oko Sunca u animaciji se uzima vrijednost od 3,65 sekundi što znači da će za jedan krug oko Sunca u animaciji biti potrebno 87,6 *frameova*. U 2 minute animacije, Zemlja će napraviti 33 kruga oko Sunca, što odgovara iznosu od  $11\ 880^\circ$ . Zbog toga parametar rotacije na početnom *keyframeu* iznosi  $0^\circ$ , a na zadnjem *keyframeu*  $11\ 880^\circ$ .

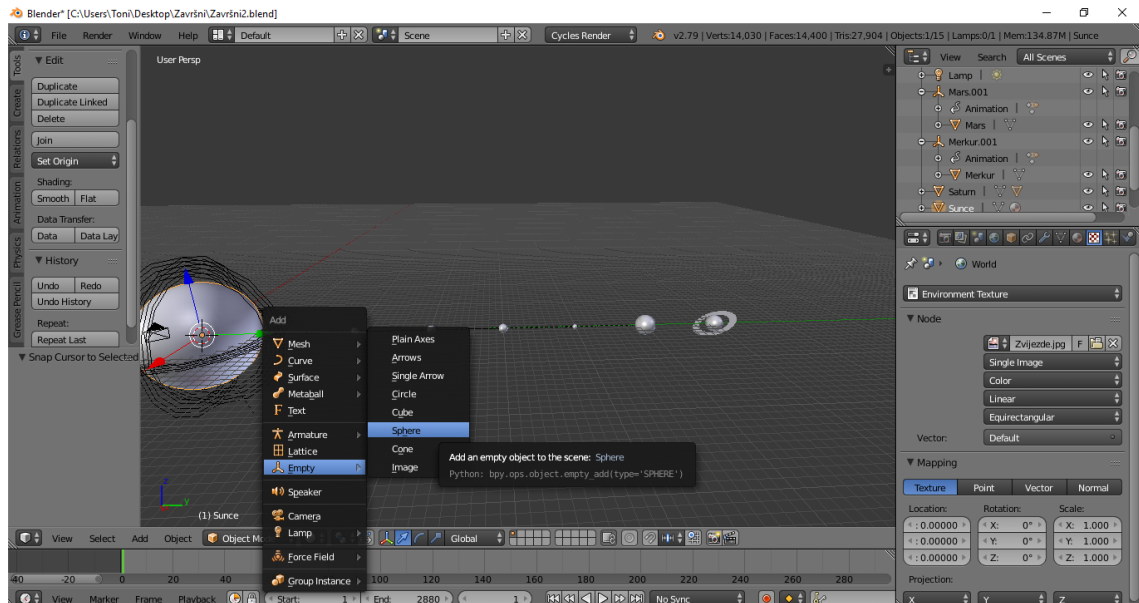
Merkuru je za krug oko Sunca potrebno 87 zemaljskih dana (0,87 s) što u animaciji znači 21 *frame*. U trajanju animacija napravi 137 krugova oko Sunca čime se dobiva vrijednost rotacije od  $49\ 320^\circ$ . Veneri je za krug oko Sunca potrebno 224,7 zemaljskih dana (2,24 s) što u animaciji znači 53 *framea*. U trajanju animacije napravi 54 kruga oko Sunca, stoga je iznos rotacije  $19\ 440^\circ$ . Marsu je za krug oko Sunca potrebno 687 zemaljskih dana (6,87 s) što u animaciji znači 164 *framea*. U trajanju animacije napravi 17,5 krugova oko Sunca i iznos rotacije je  $6\ 300^\circ$ . Jupiteru je za krug oko Sunca potrebno 11,86 zemaljskih godina (43,28 s) što u animaciji predstavlja 1 038 *frameova*. U trajanju animacije napravi 2,5 kruga oko Sunca i iznos rotacije je  $900^\circ$ . Saturnu je za krug oko Sunca potrebno 10 579 zemaljskih dana (105,79 s) što u animaciji predstavlja 2 538 *frameova*. U trajanju animacije napravi 1,1 krug oko Sunca i iznos rotacije je  $396^\circ$  (slika 37). Uranu su za krug oko Sunca potrebe 84 zemaljske godine (306,6 s) što bi u animaciji predstavljalo 7 358 *frameova*. Budući da animacija traje 2 880 *frameova* Uran neće napraviti puni krug oko Sunca u animaciji. U trajanju animacije napraviti će 0,39 krugova oko Sunca te je tako iznos animacije  $140,4^\circ$ . Neptunu je za krug oko Sunca potrebno 164,8 zemaljskih godina (601,52 s) što u animaciji predstavlja 14 436 *frameova*. Baš kao i Uran, Neptun neće napraviti puni krug oko Sunca u trajanju animacije, nego će napraviti 0,19 krugova te će vrijednost rotacije iznositi  $68,4^\circ$ .

Nakon dodavanja *keyframe*ova za rotaciju potrebno je još podesiti gibanje objekata. Odabire se („selektira“) željeni objekt te se iz *Timeline editor*a prelazi u *Graph editor*. To je glavni editor za animaciju. Nakon ulaska u *Graph editor*, pomoću prečaca na tipkovnici (slovo T) otvara se *Set Keyframe Interpolation* izbornik u kojem se pod izbornikom *Interpolation* odabire opcija *Linear*. Time se postiže jednoliko gibanje modela od početka do kraja animacije.

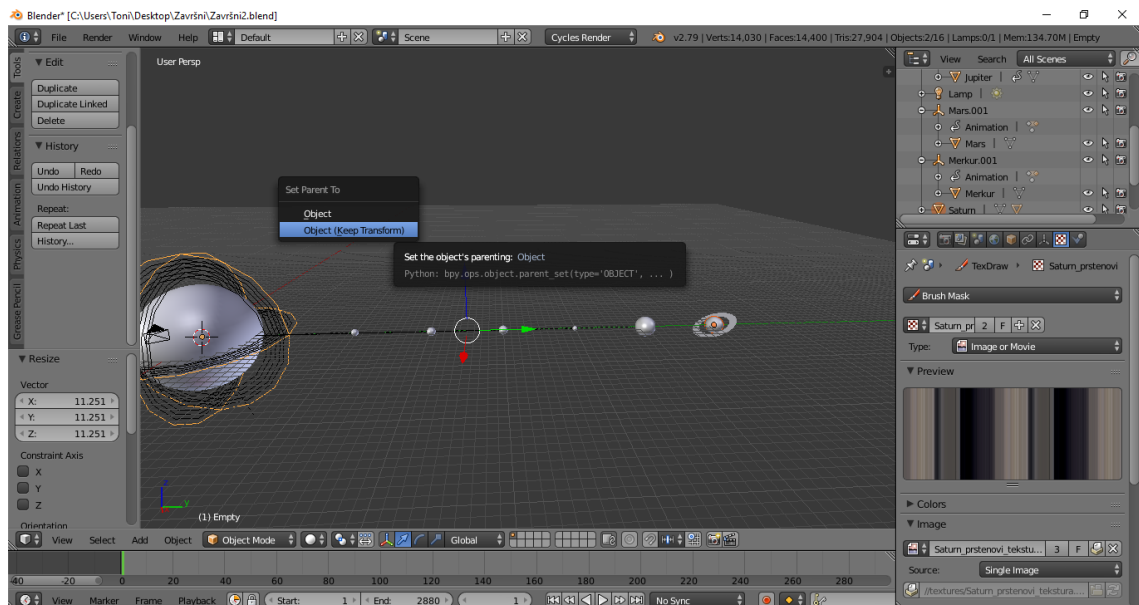


Slika 33. *Set Keyframe Interpolation* izbornik u *Graph editoru*

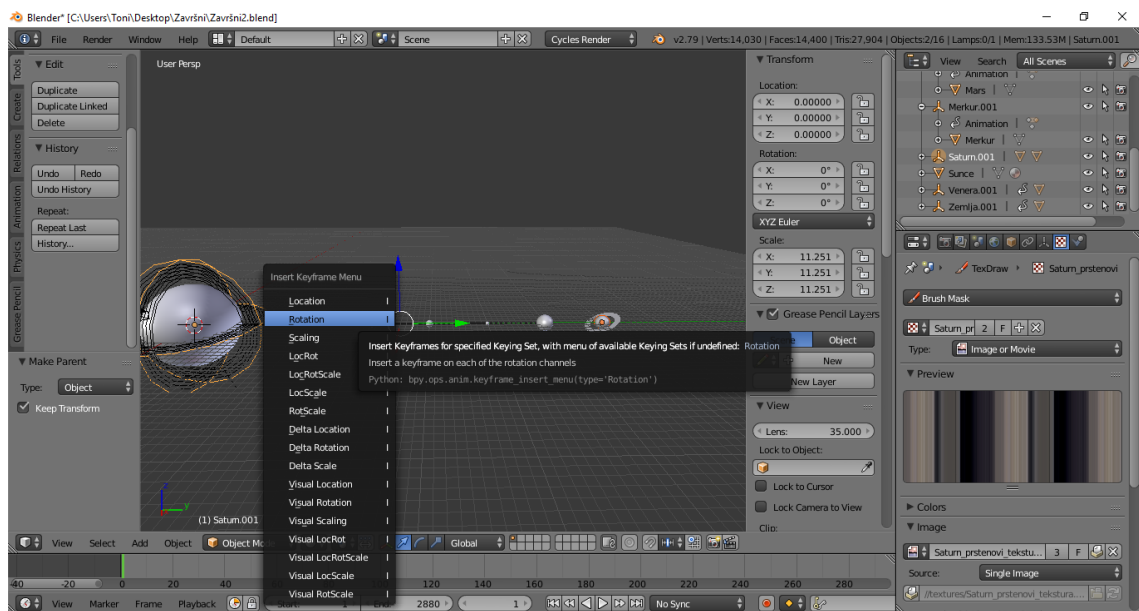
### 3.2.1. Izrada animacije na primjeru modela Saturna



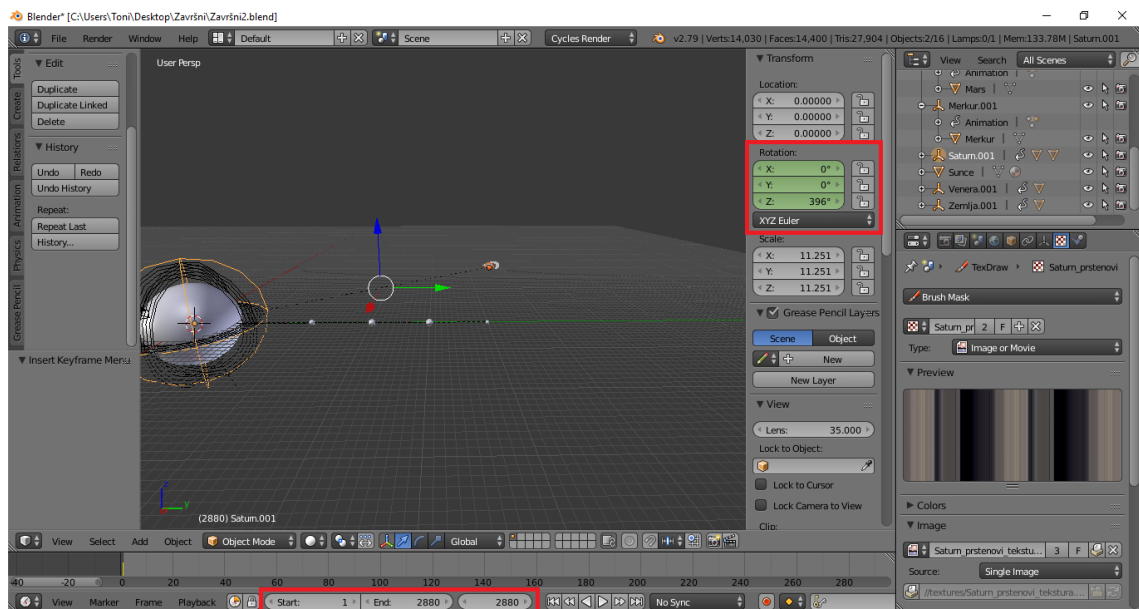
Slika 34. dodavanje *Empty* objekta (*Sphere*)



Slika 35. *Empty* objekt i dodavanje *Parent* odnosa



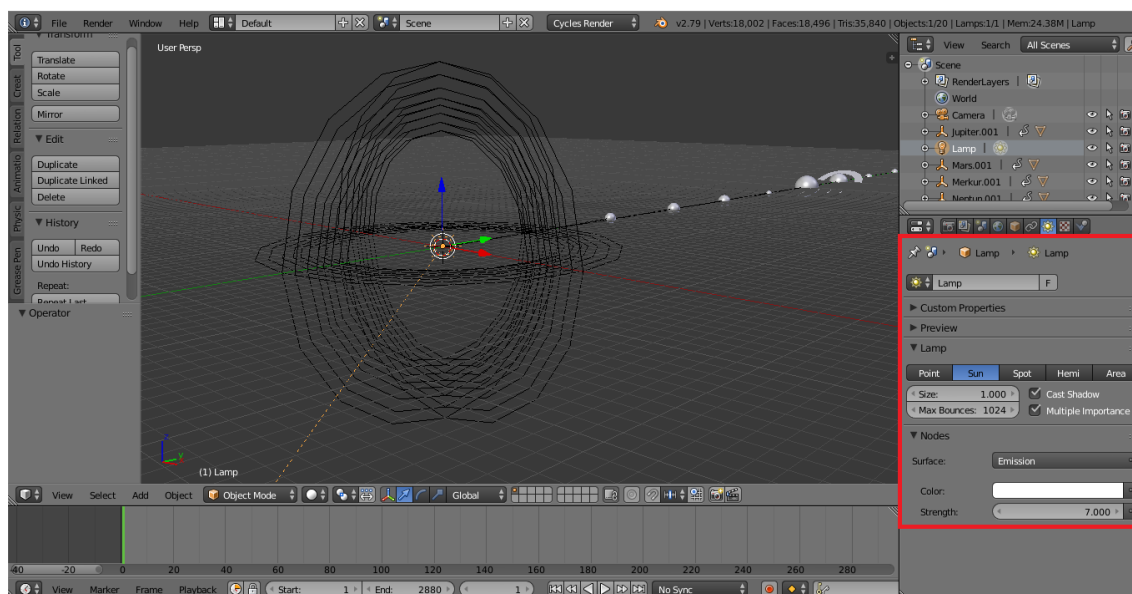
Slika 36. dodavanje *Rotation keyframe*ova



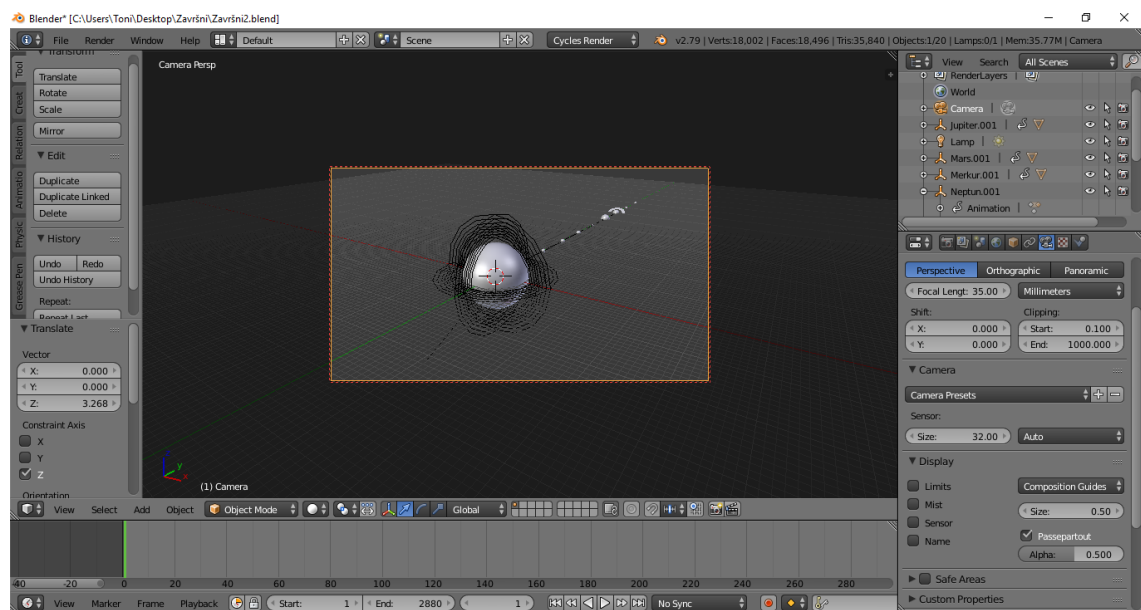
Slika 37. definiranje parametara rotacije

Po završetku izrade modela i definiranja animacije, potrebno je podesiti postavke svjetla, odnosno rasvjete (slika 38.), podesiti položaj kamere (slika 39.) i postavke kamere (slika 40.), te podesiti postavke *renderanja* slike i videa animacije (slika 41.).

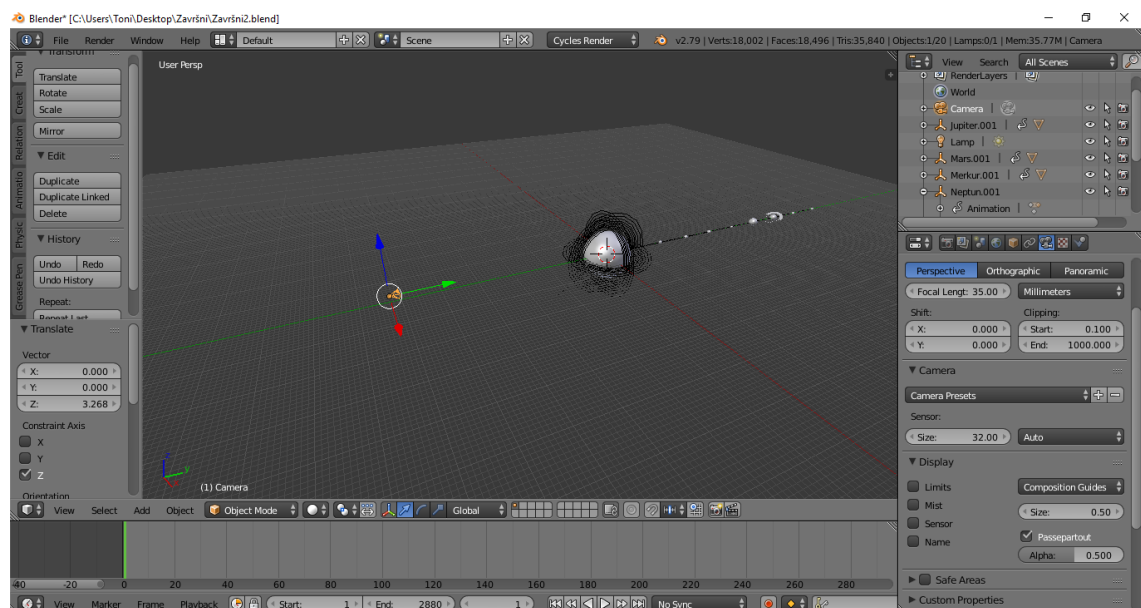
Rasvjetno tijelo postavlja se u središte modela Sunca te se vrijednost emisije svjetla postavlja na 7,0. Da bi se dobila dvodimenzionalna slika izrađenog modela, u *Scene editoru* odabire se opcija *Render*. Rezolucija slike postavlja se na  $1\,920 \times 1\,080$  px. Rezolucija koja se koristi za animaciju je  $960 \times 540$  px, uz dodatnu postavku broja okvira po sekundi (*frames per second*) koja se postavlja na 24 *fps*. Slika se pohranjuje u formatu *PNG* a animacija se pohranjuje u *AVI JPEG* formatu.



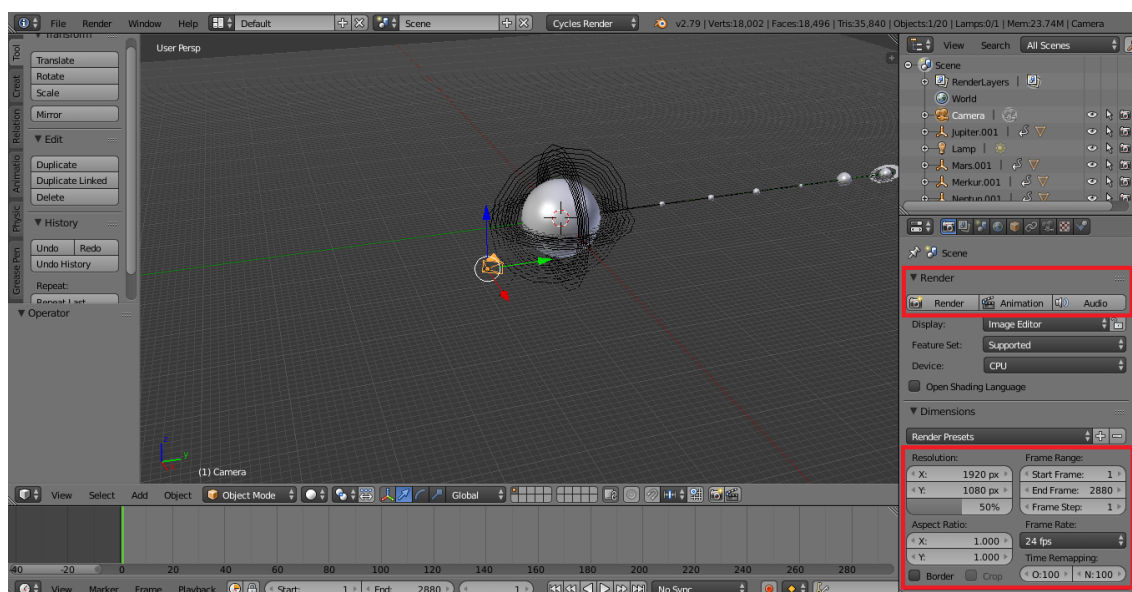
Slika 38. postavke rasvjete



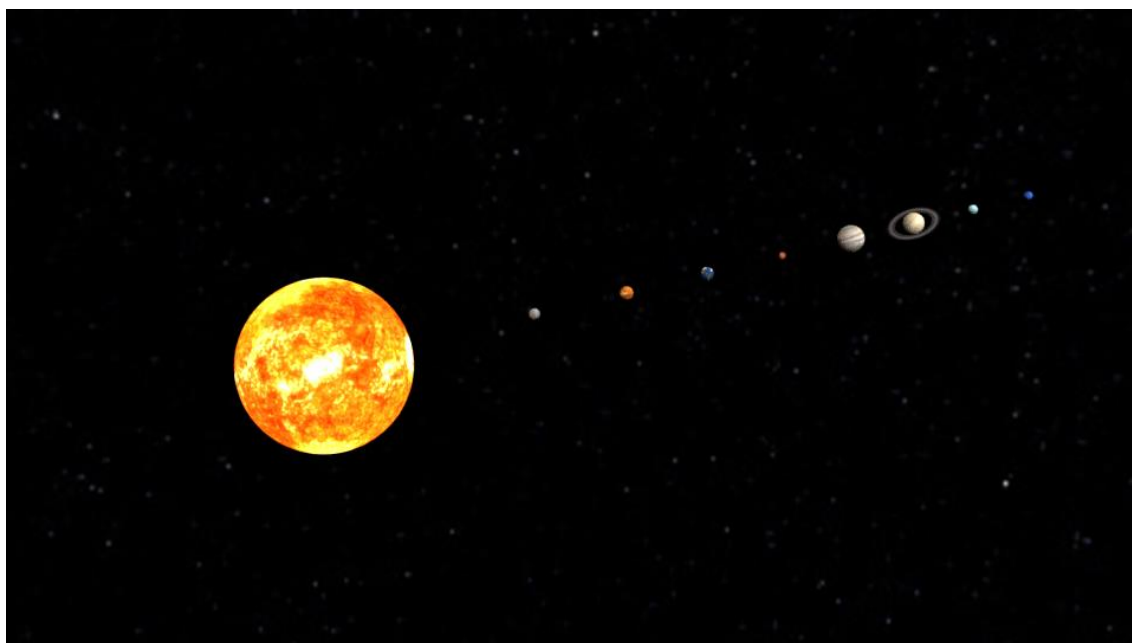
Slika 39. namještanje položaja kamere



Slika 40. postavke kamere



Slika 41. *render* postavke



Slika 42. *render* modela Sunčevog sutava

## 4. Zaključak

Tematika ovog završnog rada je upoznavanje s osnovnim znanjima o 3D računalnoj grafici, 3D modeliranju i 3D animaciji kao i principima izrade istih. U teorijskom dijelu rada objašnjene su temeljne značajke 3D modeliranja i animacije. U eksperimentalnom dijelu rada izrađen je 3D model Sunčevog sustava i animacija istog uz primjenu nekih od objašnjenih metoda iz teorijskog dijela rada. Eksperimentalni dio rada izrađen je u programu za 3D modeliranje i animaciju Blenderu. Blender je besplatan, open-source program za izradu 3D modela i animacija. Izrađeni model sastoji se od modela Sunca i planeta Sunčevog sustava (Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Neptun, Uran). Modeli su izrađeni jednostavnim naredbama za dodavanje objekata, kao i naredbama za njihovo oblikovanje (promjenu dimenzije, dodavanje teksture, i sl.).

Animaciju čine modeli planeta koji rotiraju oko Sunca. Trajanje animacije je 2 minute, a svaka sekunda animacije sastoji se od 24 framea (okvira). Animiranje modela postignuto je dodavanje keyframeova („ključnih okvira“) na prvi i zadnji frame animacije. Prvi keyframe definira početni položaj modela u animaciji dok se na zadnjem frameu definiraju željeni parametri animacije – u ovom slučaju rotacija koja se definira u stupnjevima. Kao referentna vrijednost za izradu animacije koristilo se trajanje jedne godine na Zemlji (365 dana).

Nakon izrade modela i animacije, izvršeno je renderiranje slike i animacije. Renderiranje je postupak izrade 2D slike ili videozapisa iz 3D modela izrađenog u programu.

3D računalna grafika i 3D modeliranje je područje koje u današnjem svijetu sve više i više dobiva na važnosti i značaju zbog svoje mogućnosti primjene u raznim spektrima znanosti i tehnologije. Najznačajnija primjena 3D računalne grafike i 3D modeliranja je u grafičkoj i filmskoj industriji, ali i u tiskarstvu – 3D tiskanje. 3D tiskanje je postupak računalno kontrolirane izrade trodimenzionalnih objekata prema unaprijed izrađenom 3D modelu.



## 5. Popis slika

Slika 3.

[https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/interface\\_window-system\\_introduction\\_default-screen.png](https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/interface_window-system_introduction_default-screen.png)

Slika 4.

[https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/editors\\_index\\_menu.png](https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/editors_index_menu.png)

Slika 5.

[https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/modeling\\_meshes\\_primitives\\_all.png](https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/modeling_meshes_primitives_all.png)

Slika 6.

[https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/modeling metas\\_primitives\\_all-five.png](https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/modeling metas_primitives_all-five.png)

Slika 7.

[https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/modeling\\_emptys\\_draw-types.png](https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/modeling_emptys_draw-types.png)

Slika 8.

[https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/modeling\\_modifiers\\_introduction\\_menu.png](https://docs.blender.org/manual/en/dev/images/modeling_modifiers_introduction_menu.png)

Teksture Sunca i planeta

<https://www.solarsystemscope.com/textures/>

## 6. Literatura

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_modeling](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling)
2. [https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_computer\\_graphics](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_computer_graphics)
3. [https://hr.wikipedia.org/wiki/3D\\_modeliranje](https://hr.wikipedia.org/wiki/3D_modeliranje)
4. [https://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_animation](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_animation)
5. Vaughan W., (2012.), Digital Modeling, New Riders
6. [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_3D\\_modeling\\_software](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_3D_modeling_software)
7. Chopine A., (2011.), 3D Art Essentials – The Fundaments of 3D Modeling, Texturing and Animation, Elsevier Inc.
8. Hess R., (2010.), Blender Foundations – The Essential Guide to Learning Blender 2.6, Elsevier Inc.
9. Hess R., (2009.), Animating with Blender – How to Create Short Animations from Start to Finish, Elsevier Inc.
10. <https://computer.howstuffworks.com/3dgraphics.htm>
11. [https://hr.wikipedia.org/wiki/3D\\_ra%C4%8Dunalne\\_grafike](https://hr.wikipedia.org/wiki/3D_ra%C4%8Dunalne_grafike)
12. Lauer D.A., Pentak S., (2012.), Design Basics, Eight Edition, Clark Baxter
13. <https://www.blender.org/about/>
14. <https://www.blender.org/features/>
15. <https://docs.blender.org/manual/en/dev/>