

Osnove rada u 3D alatu Blender

Blender 4.4.1

M300



Obrazovni
programi
Srca

priručnik za polaznike



srce

Sveučilište u Zagrebu
Sveučilišni računski centar

Ovu su verziju priručnika izradili:

Autor: Dan Stipić

Recenzent: Bruno Vranić

Urednik: Dominik Kendel

Lektorica: Ana Đorđević



Obrazovni
programi
Srca

Sveučilište u Zagrebu

Sveučilišni računski centar

Josipa Marohnića 5, 10000 Zagreb

edu@srce.hr

ISBN 978-953-382-029-3

Verzija priručnika: M300-20250522



Ovo djelo dano je na korištenje pod licencijom Creative Commons Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna (CC BY-SA 4.0). Licencija je dostupna na stranici:
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.hr>.

Sadržaj

Uvod	1
1. Upoznavanje radnog prostora programa.....	3
1.1. Pokretanje i upoznavanje sučelja Blendera	3
1.2. Izrada novog projekta	7
1.3. Alati u Blenderu	7
1.4. Workspaces	13
1.5. Vježba: Upoznavanje radnog prostora u Blenderu.....	16
2. Osnovni 3D objekti i njihove mogućnosti.....	17
2.1. Stvaranje osnovnih grafičkih objekata	17
2.2. Navigacija i kretanje u radnom prostoru.....	19
2.3. Manipulacija objektima i rad u Edit Modeu.....	23
2.4. Osnove Material Propertiesa	32
2.5. Vježba: Rad s 3D objektima	36
3. Modifikatori i fizika u Blenderu.....	37
3.1. Tipovi modifikatora.....	37
3.2. Physics properties	47
3.3. Vježba: Kocka pada na tkaninu.....	58
4. Animiranje pomoću trake Timeline	59
4.1. Traka Timeline	59
4.2. Animiranje objekata	64
4.3. Vježba: animiranje kocke.....	70
5. Render pogoni i čvorovi	72
5.1. Render engine EEVEE	72
5.2. Render engine Cycles	73
5.3. Render engine Workbench.....	74
5.4. Čvorovi.....	75
5.5. Vježba: Čvorovi.....	92
6. Renderiranje u Blenderu	94
6.1. Razlike između EEVEE i Cycles renderiranja	97
6.2. EEVEE rendering.....	99
6.3. Vježba: Svijetleći objekt s efektom	107
7. Renderiranje animacija	109
7.1. Animiranje teksta i dodavanje efekata.....	111
7.2. Vježba: Animiranje teksta	120
8. Uvod u 3D ispisivanje	123
8.1. Vrste 3D pisača	124

8.2. Spremanje objekta u formatu STL u Blenderu	129
8.3. Vježba: Spremanje objekta u formatu STL.....	131
Prilog 1. - Repeat Zone.....	133
Animiranje s Repeat Zone	135
Vježba: Repeat Zone	141

Uvod

Tečaj je namijenjen polaznicima koji žele naučiti koristiti Blender, besplatan *open-source* program za izradu 3D računalne grafike.

Cilj tečaja je da polaznici steknu osnovnu razinu znanja alata Blender i upoznavanje s mogućnostima softvera, kojih je mnogo, kako bi se lakše usmjerili prema svrsi korištenja softvera koja polazniku više odgovara.

Polaznici će naučiti koristiti osnovne naredbe i njihove kratice, upoznat će se s postavkama rada u Blenderu, osnovnim vizualnim efektima, vrstama i svrhama modifikatora (*modifiers*), fizikalnim svojstvima (*physics properties*), animacijama, korištenjem čvorova (*nodes*) itd.

Drugi dio tečaja namijenjen je za naprednije zadatke i ukratko govori o teoriji i praksi vezanoj za korištenje 3D pisača. Uključit ćemo korištenje Blendera i besplatnih softvera namijenjenih za doradu i spremanje datoteka u drugim formatima koji se koriste za *3D printing*.

Trajanje
poglavlja:
10 min

1. Upoznavanje radnog prostora programa

Trajanje
poglavlja:
XX min

Po završetku ovoga poglavlja moći ćete:

- instalirati i pokrenuti alat Blender
- prepoznati dijelove sučelja programa
- razlikovati osnovne obradne metode softvera
- bolje razumjeti svrhu alata unutar alatne trake i toolbara
- koristiti različite radne prostore Blendera.

1.1. Pokretanje i upoznavanje sučelja Blendera

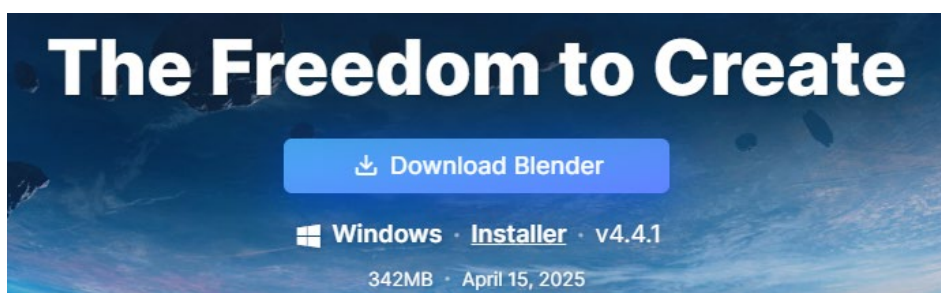
1.1.1. Sustavi na kojima je dostupan Blender i instalacija programa

Blender je besplatan profesionalni alat otvorenog koda za 3D računalnu grafiku koji se koristi za izradu animiranih filmova, vizualnih efekata, modela za 3D pisare, interaktivnog sadržaja i sličnog. Blender je dostupan za korisnike operacijskih sustava Windows, Mac i GNU/Linux. Proces instalacije programa Blender na sustavu Windows prilično je jednostavan.

Potrebno je preuzeti instalacijsku datoteku programa (verzija 4.4.) sa stranice <https://www.blender.org/download/>. Najlakše je preuzeti instalacijsku datoteku odabirom bilo kojeg od dvaju dolje navedenih linkova.

Zanimljivosti i napomene

Uz klasični način instalacije, Blender se može također koristiti preko USB sticka kao prijenosna varijanta bez potrebe za instalacijom.



Slika 1. Poveznica za preuzimanje instalacijske datoteke

Nakon odabira potrebno je instalacijsku datoteku.exe spremiti na računalo i pokrenuti. Proces same instalacije slijedi je nekoliko osnovnih opcija koje je potrebno pročitati i odabrati one koje odgovaraju zahtjevima. Službena stranica također ima dostupne i starije verzije programa u slučaju da ih je potrebno koristiti.

Lista starijih verzija s datumom izlaska nalazi se na:

<https://www.blender.org/download/previous-versions/>.

1.1.2. Pokretanje Blendera

Za pokretanje programa u sustavu *Windows* odabere se *Start* → *Sve aplikacije* → **Blender**.

Za pokretanje *Blera* na *Linux* sustavima pritisne se *Applications* → *Graphics* → **Blender**.

Za pokretanje na sustavima *Mac* potrebno je odabrati mapu **Applications** te potom **Blender**.

1.1.3. Upoznavanje sa sučeljem programa

Nakon prve instalacije Blendera, prije nego što se pojavi početni prozor, pojavit će se prozor s brzim postavkama (**Quick Setup**).

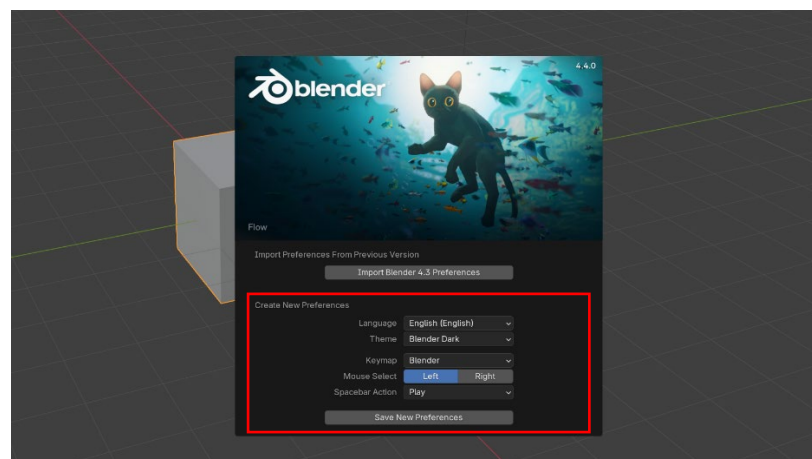
Prva postavka, odabir jezika sučelja, neka ostane na engleskom jeziku.

Nakon odabira jezika, unutar postavki **Shortcuts**, ostavite pod **Blender**. Ova opcija služi za korisnike koji imaju iskustva s drugim softverima za 3D modeliranje poput *Maye* kako bi mogli koristiti kratice s kojima su upoznati.

Potom treba izabrati preferiranu tipku na mišu za selekciju: lijevu ili desnu budući da se duže vrijeme koristila desna tipka za selekciju u Blenderu. Pretpostavka je da će većina izabrati lijevu tipku jer je to najčešći način za selekciju putem miša.

Niže na meniju može se dodijeliti specifičnu postavku za tipku [Spacebar] na tipkovnici. Preporuka ju je vezati s opcijom **Search**. Često ćete trebati koristiti specifičnu operaciju čije se lokacije možda nećete moći sjetiti u danom trenutku, ima ih jako puno. U tom slučaju dosta je korisno imati mogućnost pretrage putem tipke [Spacebar].

Zadnje, postavka za temu isključivo ovisi o preferencijama korisnika jer je to sasvim estetska promjena. Promijenit će boju pozadine, menija te cijelog korisničkog sučelja. Preporuka iz iskustva je postaviti na **Dark Mode** ako planirate više sati provoditi ispred ekrana, tako će biti manji stres na oči. Nakon postavljanja teme pritisnite **Save New Settings** i *Quick Setup* postavke su gotove.



Slika 2. postavke *Quick Setup*

Pri pokretanju Blendera pozdravni zaslon (**Splash screen**) pojavi se u centru sučelja. Sadrži opcije za stvaranje novog projekta ili otvaranje nedavno korištenog.

Kako biste zatvorili pozdravni zaslon i pokrenuli novi projekt, pritisnite bilo gdje izvan *Splash* zaslona, ali da je unutar Blenderova sučelja ili pritisnite [Esc]. Pozdravni zaslon će zatim biti uklonjen te će biti prikazano početno sučelje (*default screen*). U slučaju da je potrebno ponovno otvoriti pozdravni zaslon potrebno je pritisnuti na Blenderov logo unutar gornje trake te odabrati *Splash Screen*. Pozdravni zaslon sadrži:

- **Information Region** (Informacijska regija)

Gornji dio pozdravnog zaslona sadrži sliku s verzijom Blendera u gornjem desnom kutu.

- **Interactive Region** (Interaktivna regija)

Donja polovica pozdravnog zaslona.

- **New File** (Novi projekt)

Pokreni novi projekt baziran po predlošku

- **Recent Files** (Otvaranje postojećeg projekta)

Nedavno otvoreni Blender projekti odnosno blend-datoteke (Blender datoteke imaju ekstenziju .blend). Omogućuje brz pristup nedavno korištenim projektima. Podrazumijeva se da ova opcija neće bit prisutna pri prvom korištenju Blendera.

- **Open** (Otvori)

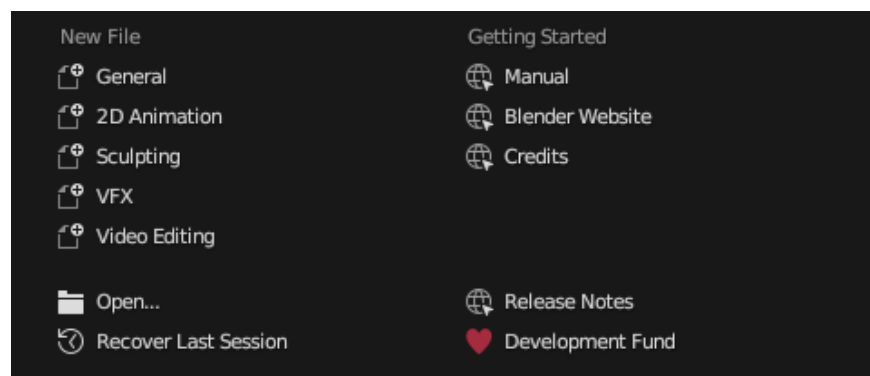
Otvora postojeću blend-datoteku.

- **Recover Last Session** (Obnovi posljednju sesiju)

Blender će pokušati obnoviti zadnju sesiju bazirano na privremenim datotekama. Za više detalja pogledajte poglavlje *Recovering data* na njihovoj službenoj stranici: <https://docs.blender.org/manual/>.

- **Getting Started** (Poveznice)

Poveznice koje vode na Blenderovu službenu stranicu. Ista poveznica može se naći na kartici *Pomoć* unutar trake glavnog izbornika.

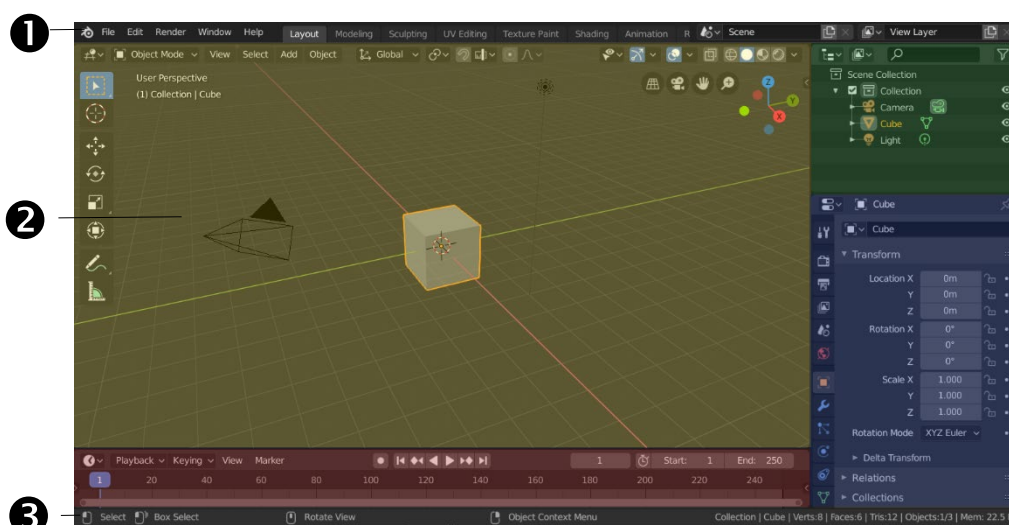


Slika 3. Prikaz interaktivne regije

Nakon pokretanja Blendera i zatvaranja pozdravnog zaslona Blender prozor bi trebao izgledati sličan donjoj slici.

Blenderovo sučelje je podijeljeno na tri dijela:

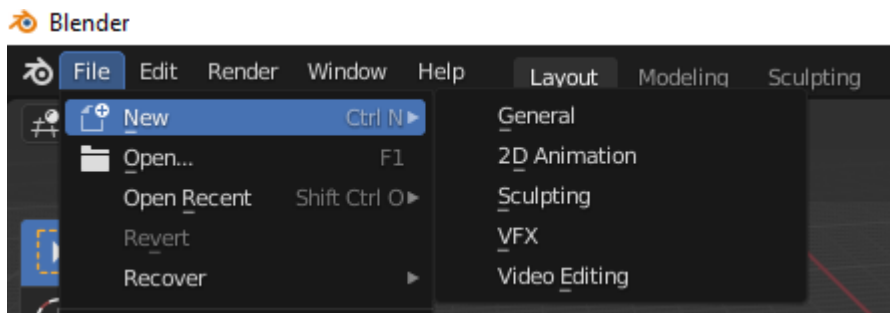
1. Traka glavnog izbornika, na samom vrhu, sastoji se od izbornika koji se koristi za spremanje, uvoz i spremanje datoteka u drugom formatu, konfiguriranje postavki i renderiranje (postupak stvaranja slike).
2. Prozor u sredini, što je glavna radna površina, sastoji se od:
 - **3D preglednika** (3D Viewport) – žuti okvir
 - **Vremenska linija** (Timeline) – crveni okvir
 - **Lista objekata korištenih u Blenderu** (Outliner) – zeleni okvir
 - **Editor svojstava** (Properties) – plavi okvir
3. Statusna traka na dnu sučelja, prikazuje preporučene kratice i relevantne informacije i statistike o trenutnim prikazanim objektima.



Slika 4. Izgled Blenderova sučelja

1.2. Izrada novog projekta

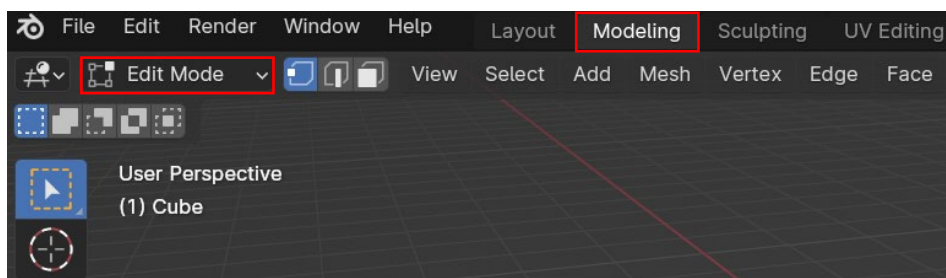
Pri pokretanju Blendera kao standardni izgled sučelja pojavi se ekran koji je prikazan na prijašnjoj slici bez potrebe da se ide na *File* → *New* → **General**. Osim postavke *General*, koja će se primarno koristiti, postoje i druge standardne postavke projekta za **2D Animation** (2D animaciju), **Sculpting** (kiparenje), **VFX** (vizualni efekti), **Video Editing** (uređivanje videa).



Slika 5. Prikaz standardnih postavki projekta

1.3. Alati u Blenderu

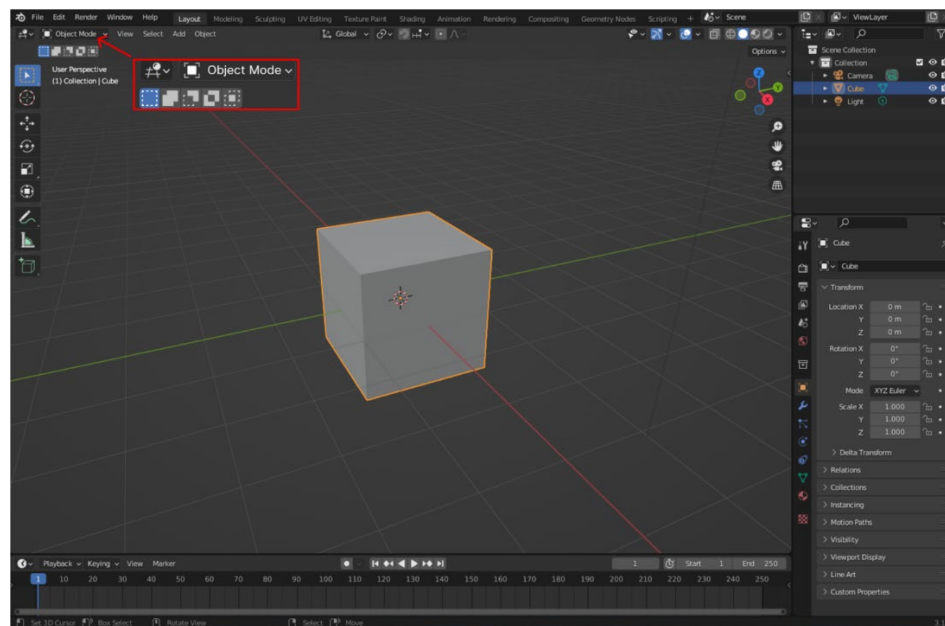
Mesh modeling (modeliranje mreže) u Blenderu je proces stvaranja 3D modela koristeći **mesh** (mrežu) koja se sastoji od **vertices** (vrhova ili točaka), **edges** (bridova) i **faces** (lica). To je jedna od osnovnih tehnika modeliranja u Blenderu i drugim 3D softverima. Blender podržava više tehnika modeliranja, a *mesh modeling* je bazična i najčešća tehnika modeliranja. Modeliranje mreže tipično počinje s **mesh primitive** (primitivnom mrežom) oblika kocke, kugle, cilindra, ovisno o želji korisnika te se zatim manipulira mrežom kako bi stvorio veći i kompleksniji oblik. *Mesh modeling* omogućen je kada se odabere *Edit Mode* na padajućem izborniku ili kartica **Modeling** (prikazano na slici dolje u crvenom).



Slika 6. Radni prostor Modeling

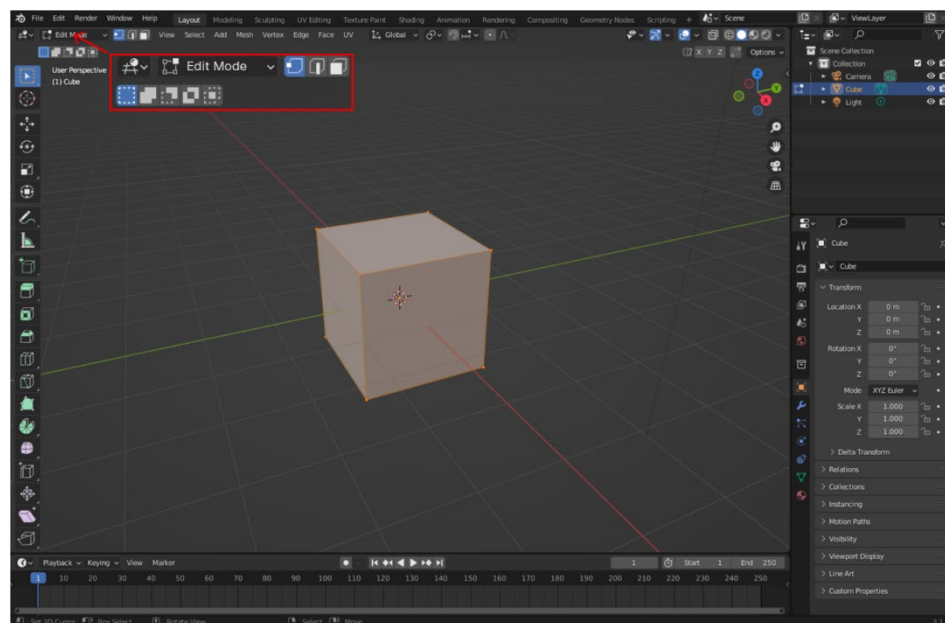
3D preglednik ima dvije osnovne metode koje daju mogućnost kreiranja, editiranja i manipuliranja mrežom modela. Svaka metoda ima razne alate, a neki od alata mogu se naći u jednoj ili više metoda. Metode koje će se pretežito koristiti su **Object Mode** i **Edit Mode**.

Operacije u **Object modeu** (objektna metoda), na dolje prikazanoj slici, imaju efekt na cijeli objekt. Object mode ima sljedeći izgled u 3D pregledniku:



Slika 7. Operacije u Object Modeu

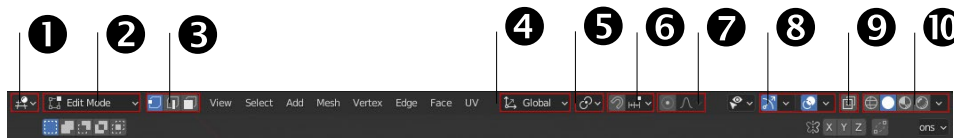
Operacije u **Edit Modeu** (obradna metoda) utječu samo na geometriju selektiranog objekta, ali nemaju utjecaja na globalne postavke poput lokacije i rotacije objekta. Može se samo modificirati mreža objekta koji obrađujete. Kako biste modificirali druge objekte, potrebno je izaći iz *Edit Modea*, ući u *Object Mode* te zatim selektirati traženi objekt i onda se vratiti u *Edit Mode*. *Edit Mode* ima sljedeći izgled u 3D pregledniku:



Slika 8. Operacije u Edit Modeu

1.3.1. Alatna traka

Unutar 3D preglednika gornja traka sadrži skup alata i pomagala koji su nužni za obradu objekata i snalaženje u sučelju Blendera.



Slika 9. Gornja traka preglednika

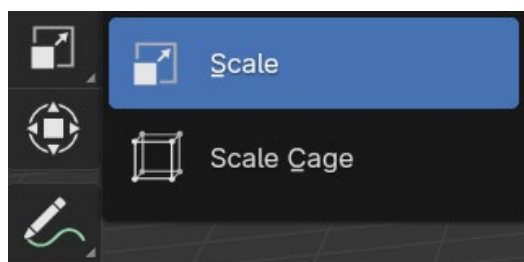
1. **Editor type** služi za prebacivanje iz jednog u drugi editor (uređivač), primjerice uređivač gdje se radi na objektima je *3D Viewport*, u njemu se radi većina posla vezanog za modeliranje. Blender pruža velik broj različitih editora za prikazivanje i obradu različitih aspekata podataka. Editor se nalazi unutar područja (Blenderov prozor je podijeljen na više segmenata) čija se veličina može prilagoditi unutar Blenderova prozora. *Editor type* je prva tipka s lijeve strane zaglavlja, koja omogućuje promjenu editora u tom području. Također je moguće imati simultano u više prostora otvoren jednaki editor.
2. **Object interaction mode** služi za prebacivanje iz *Object Modea* i *Edit Modea* te služi kao pokazivač u kojoj metodi je trenutno postavljen.
3. **Selection mode** omogućuje biranje između 3 selekcije, **vertex** (točka), **edge** (brid) ili **face** (lica/poligon).
4. **Transformation orientation** prikazuje osi *x* (apscisa), *y* (ordinata) i *z* (aplikata) u 3D prostoru čim se selektira ili pritisne 3D pokazivačem te kao drugu ulogu omogućuje da se namjesti prema kojem će se prostoru orijentirati osi, bilo prema lokalnom (*local space*), koji predstavlja prostor selektiranog objekta, ili globalnom (*global space*), koji predstavlja prostor cijele scene ili prema normalama objekta (*normal*). O normalama u više detalja kasnije.
5. **Transform pivot point** uloga glavne točke je odrediti kako će se i oko koje točke širiti ili rotirati objekt. *Pivot center* ima više opcija. Medijan ili centralna vrijednost (*medijan point*) omogućuje da se manipulira većim brojem objekata kroz zajedničku srednju točku, dok individualno podrijetlo (*individual origins*) za svaki selektiran objekt odredi zasebnu središnju točku po kojoj će se manipulirati. 3D pokazivač (*3D cursor*) kao glavna točka omogućuje da se odredi lokacija točke oko koje će se manipulirati selektiranim objektima.
6. **Snap** omogućuje hvatanje objekata i dijelova mreže za različite tipove elemenata scene tijekom transformacije selektiranog objekta. *Snap* ima više opcija na što će se zahvatiti, ovisno o potrebi. Može se izabrati da to bude lice objekta, brid ili točka, dok inkrement daje opciju da se veže za pozadinsku rešetku scene koja je podijeljena na kvadrate.
7. **Proportional editing** način transformiranja selektiranih elemenata (poput točaka) dok u međuvremenu ta manipulacija elementom utječe na okolne elemente. Primjerice, pomicanjem

jedne točke uzrokuje pomicanje okolnih neselektiranih točaka u određenom krugu. Neselektirane točke locirane bliže selektiranoj točki bit će pod većim utjecajem za razliku od udaljenih, odnosno micat će se proporcionalno relativno lokaciji selektiranog elementa.

8. **Show Gizmo and Overlays**  prikazuje naprave poput navigacijskog orijentira, linija koje prikazuju osi, koordinatne mreže (rešetka) i druge naprave. Pritiskom na ikonu ili koristeći kraticu [Shift]+[Alt]+[Z] isključuje se ili uključuje naprava.
9. **Toggle X-Ray**  objekti su relativno prozirni, vidljive su točke, bridovi i lice s druge strane relativno na kut gledanja.
10. **Viewport Shading**  daje mogućnost da se objekti promatraju na više načina da bi se olakšalo ili dalo na znanje kako bi otprilike objekt izgledao nakon obrade. Zadana metoda pregleda je solidan pregled (*solid view*), druge koje će se koristiti su mrežni pregled (*wireframe*), pregled materijala (*material preview*) i prikazni pregled (*rendered*). *Wireframe* omogućuje pregled objekata poput mreže i olakšava selektiranje određenih točaka koje inače nisu vidljive iz prednje perspektive. *Material preview* je posebno pogodan za pregledavanje materijala i slikanje tekstura. Mogu se odabrati različite uvjeti osvjetljenja kako bi se testirali materijali. *Rendered view* prikazuje kako će objekt izgledati pod boljim uvjetima i postavkama budući da je to dosta zahtjevan proces, *rendered view* prikazuje objekt pod nižom kvalitetom od krajnjeg produkta kako biste mogli rotirati kameru oko objekta i pregledavati kako će izgledati bez velikih zahtjeva za računalo.

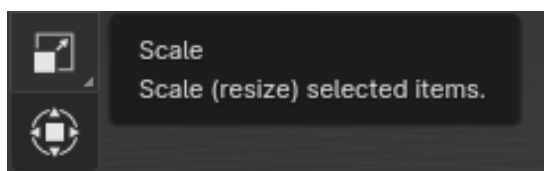
1.3.2. Toolbar

Toolbar prečac tipka [T], koja se nalazi s lijeve strane unutar 3D preglednika, sadrži tipke za različite alate. Tipke s manjim trokutima u njihovu desnom donjem kutu su *Tool Groups* (grupe alata) koje se mogu otvoriti držeći lijevu tipku miša na njima.



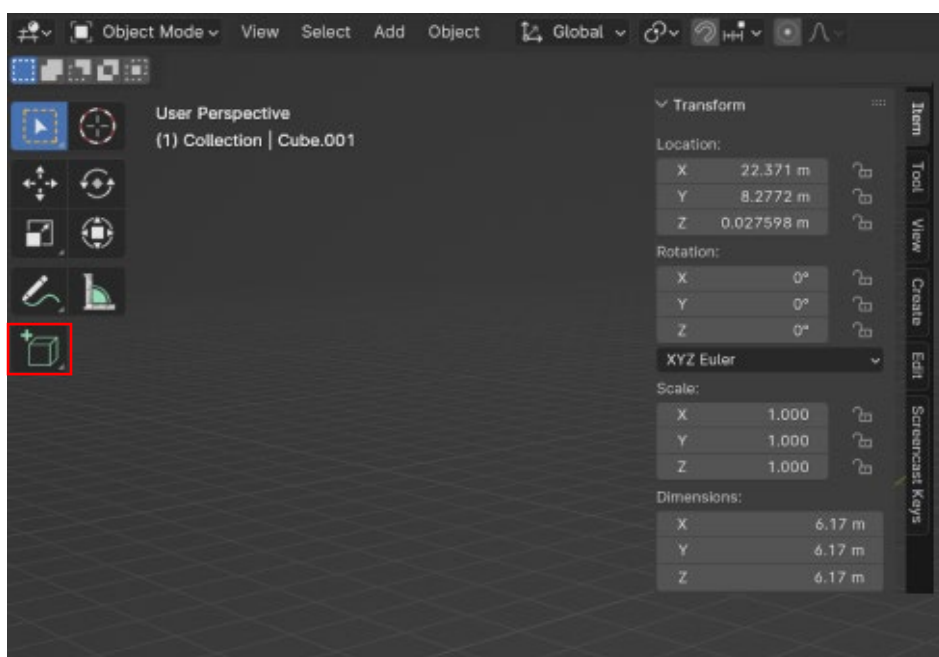
Slika 10. Scale opcije

Držeći pokazivač miša na alatu nakratko će se prikazati njegovo ime, dok duže držanje prikazuje kratak opis alata.



Slika 11. Kratak opis Scale alata

Toolbar tipke moguće je rasporediti na više načina. Postaviti ih u jedan stupac, stupac s nazivima ili kako je prikazano niže, raspoređeno u dva stupca. Dok je postavljen *Object Mode*, prikazane su osnovne tipke za skaliranje, translaciju, rotiranje, **Transformiraj** (engl. *Transform*), koji omogućuje sve prije navedene opcije u jednom, **Metar** (engl. *Measure*) koji služi za mjerenje duljine i kutove i **Dodaj kocku** (engl. *Add Cube*) gdje je moguće dodati kocku i ostala osnovna geometrijska tijela, tipka je označena crvenim okvirom na donjoj slici.

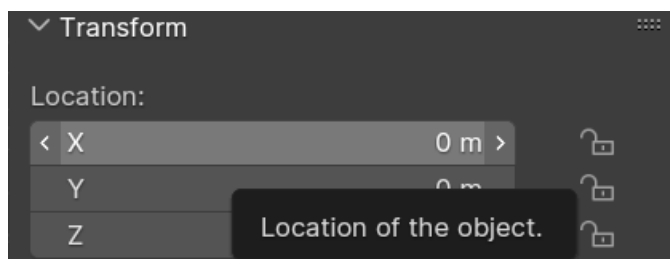


Slika 12. Prikaz Toolbar tipaka

S desne se strane tijekom rada u *Object Modeu* pojavljuje dijaloški izbornik prozor, prečac je tipka [N] za isključivanje i uključivanje te sadrži osnovne informacije o objektu koji je trenutno selektiran. Od osnovnih informacija koje su prikazane u navedenom prozoru, koje se i najviše koriste, tu su **Lokacija** (*Location*), što prikazuje koordinate po osima x, y i z, **Rotacija** (*Rotation*) prikazuje pod kojim je kutom rotiran objekt oko određene koordinatne osi, **Skaliranje** (*Scale*) omogućuje mijenjanje proporcija objekta po određenim osima te **Dimenzije** (*Dimensions*) koji prikazuje duljinu objekta po osima, odnosno dimenzije objekta koji je selektiran.

Navedena svojstva mogu se mijenjati na više načina, primjerice ako se pritisne i drži lijevom tipkom miša na jednu od vrijednosti, pomicanjem na lijevu ili desnu stranu smanjuje se ili povećava vrijednost koja je selektirana, a pritiskom na strelice može se mijenjati vrijednost. Također

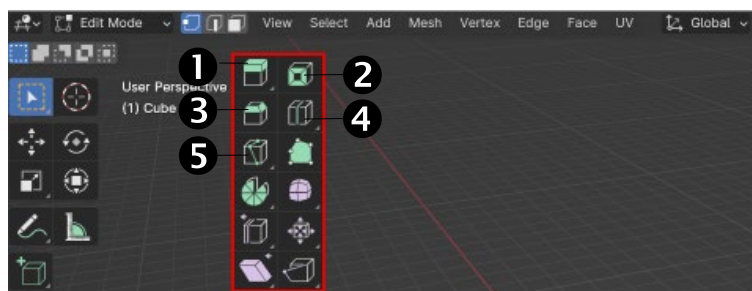
je moguće upisivanje željene vrijednosti. Postoje i načini koji koriste prečaca, no oni će se proći detaljnije u sljedećem poglavlju.



Slika 13. Vrijednosti za lokaciju objekta

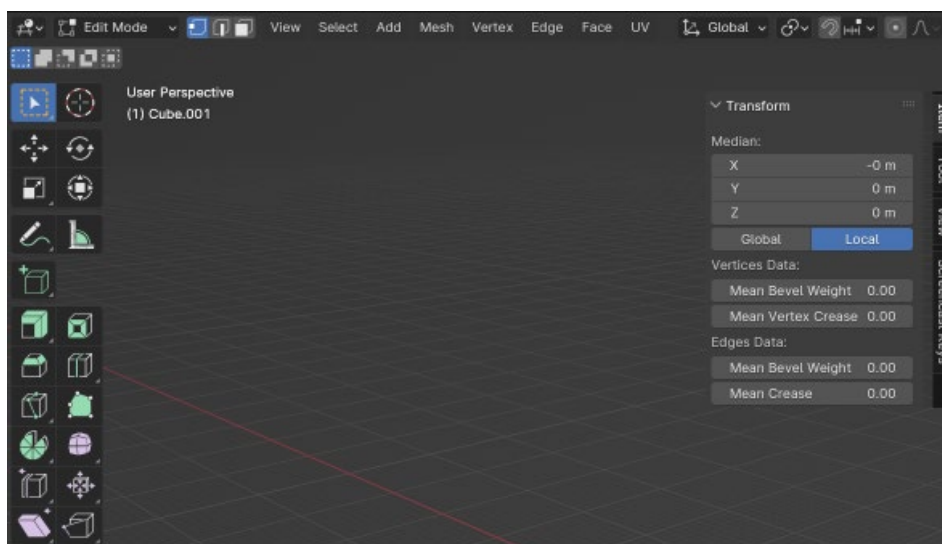
Za razliku od *Object Mode* prikaza, *Edit Mode* prikaz otvara nove opcije unutar Toolbara. Ispod **Add Cubea** pojavljuju se tipke namijenjene za nešto kompleksnije uređivanje objekata:

1. **Extrude Region** (istisnuti) služi za istiskivanje odnosno izvlačenje geometrije (lica, bridovi ili točke) odabranog objekta. Alat *Extrude* radi kopiju točaka dok simultano drži nove točke spojene s originalnim točkama.
2. **Inset Faces** (umetni lica) omogućuje umetanje novih lica unutar originalnog lica.
3. **Bevel** (zaobljivanje) je alat za dodavanje lica na brid i zaglađivanje promijenjenog brida.
4. **Loop Cut** (dodavanje bridova) dodaje dodatne bridove i lica za bolju manipulaciju objekta.
5. **Knife** (nož) reže geometriju objekta postavljajući linije ili zatvorene petlje za rezanje rupa.



Slika 14. Dodatne opcije Toolbara u Edit Modeu

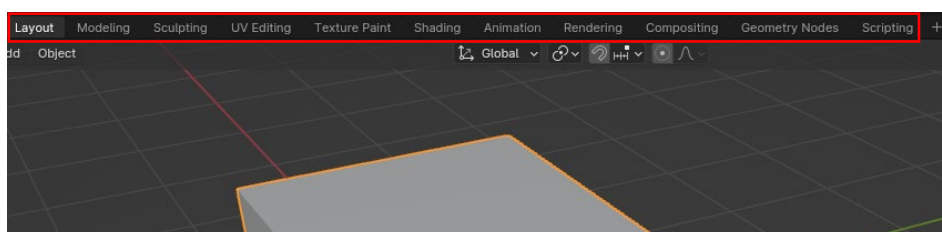
U *Edit Modeu* dijaloški okvir prikazuje **Medijan** (centralnu vrijednost) te koordinate te vrijednosti. *Medijan* predstavlja referentnu točku za transformaciju, koja se postavlja na sredinu svih odabranih točaka (*vertexa*), bridova ili poligona unutar objekta. Ova funkcionalnost omogućava precizno transformiranje geometrije objekta s obzirom na njegovu sredinu. Primjerice, ako se odabere nekoliko *vertexa* unutar jednog objekta u *Edit Modeu* i pokuša ih se translirati, rotirati ili skalirati, *Median* će koristiti srednju točku tih odabranih *vertexa* kao referentnu točku za transformaciju, što znači da će transformacije primjenjivati u odnosu na tu srednju točku.



Slika 15. Dijaloški okvir prikazuje Median

1.4. Workspaces

U Blenderu su **Workspaces** (radni prostori) organizirani setovi prozora i alata koji su optimizirani za određene zadatke ili radne procese. Svaki radni prostor u Blenderu pruža prilagođeno okruženje koje olakšava izvođenje specifičnih zadataka kao što su modeliranje, animacija, uređivanje materijala, renderiranje scene itd.



Slika 16. Izbor radnih prostora

Blender dolazi s nekoliko ugrađenih radnih prostora, a korisnici također mogu stvoriti vlastite prilagođene radne prostore prema svojim potrebama. Početni radni prostor ili predefinirani prostor je **Layout workspace**, a koristi se za općenito modeliranje i uređivanje scene. U tom radnom prostoru, ima prozore za prikaz 3D pogleda, izbornik za manipulaciju objektima, alate za modeliranje, moguće je imati prozor za pregled kamera ili svjetala, te druge panele koji vam mogu biti korisni tijekom modeliranja i uređivanja scene. Evo nekoliko uobičajenih ugrađenih radnih prostora u Blenderu:

Modeling (Modeliranje): Radni prostor optimiziran za modeliranje objekata. Uključuje alate za stvaranje, uređivanje i manipulaciju geometrijom.

Sculpting (Kiparenje): Radni prostor namijenjen kiparenju digitalnih modela.

UV Editing (Uređivanje UV mapiranja): Ovaj radni prostor koristi se za uređivanje UV mapa objekata, što omogućuje precizno mapiranje tekstura na geometriju.

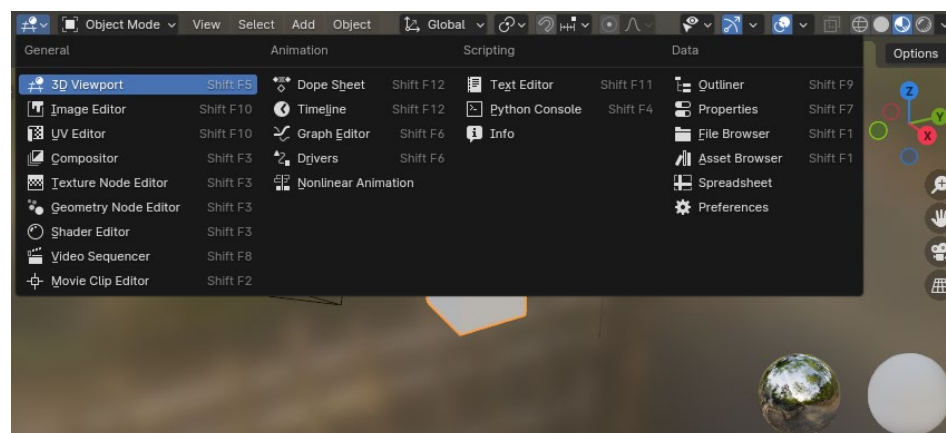
Texture Paint (Uređivanje tekstura): Ovaj radni prostor pruža alate za ručno slikanje tekstura izravno na modele.

Shading (Uređivanje materijala): Ovaj radni prostor fokusiran je na uređivanje materijala i tekstura objekata.

Animation (Animacija): Ovaj radni prostor namijenjen je animiranju objekata i karakterima. Uključuje alate za stvaranje ključnih okvira, krivulje animacije, postavljanje ikona itd.

Rendering (Renderiranje): Ovaj radni prostor koristi se za postavljanje parametara za renderiranje slika ili animacija, kao i za pregled rezultata renderiranja.

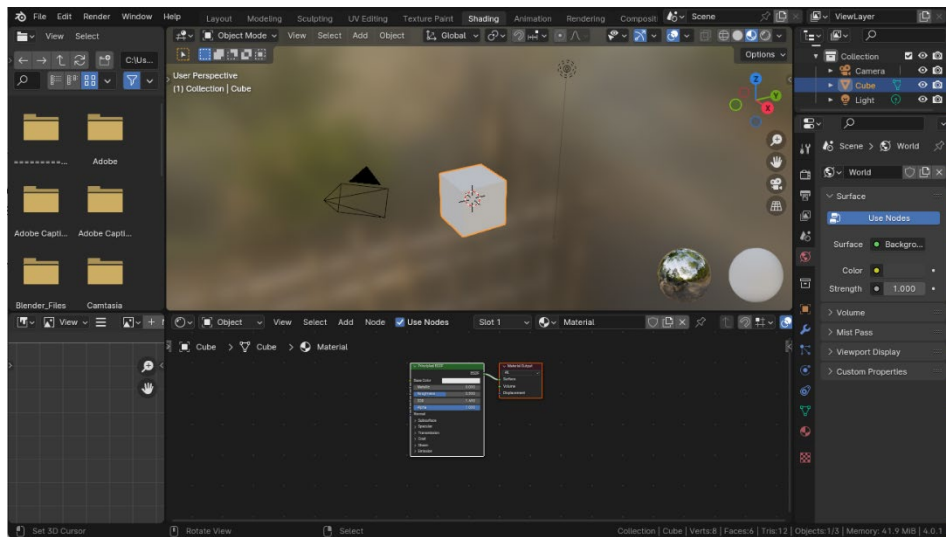
Radni prostori omogućuju korisnicima da se fokusiraju na određene aspekte procesa rada u Blenderu i olakšavaju prelazak između različitih zadataka. Osim toga, korisnici mogu prilagoditi radne prostore dodavanjem ili uklanjanjem prozora i alata kako bi bolje odgovarali njihovim specifičnim potrebama i radnim tijekovima. Svaki prozor odnosno **Editor type** unutar *workspacea*, ima ikonu za padajući izbornik u gornjem lijevom kutu za mijenjanje tipa prozora.



Slika 17. Tipovi editora

Primjerice, *Shading workspace* će biti od veće važnosti kod naprednijih zadataka i vježbi, dok je *Layout workspace* koristan za osnovne zadatke.

Izgled *Shading workspacea*:



Slika 18. Radni prostor Shading

1.5. Vježba: Upoznavanje radnog prostora u Blenderu

1. Otvorite novi projekt i odaberite **General**.
2. Postavite *display method* (*Viewport shading* ) na mrežni pregled odnosno **Wireframe**.
3. Isključite **Show Overlays** koristeći kraticu [Shift]+[Alt]+[Z] da se ne prikazuje mreža.
4. Na dijaloškom okviru **Transform** (kratica [N]) s desne strane, u opciji **Location**, postavite objekt na postavke $x = 5 \text{ m}$, $y = 0 \text{ m}$, $z = 0 \text{ m}$.
5. U opciji **Rotation** postavite vrijednosti $x = 45^\circ$, $y = 45^\circ$, $z = 0^\circ$.
6. U istom dijaloškom okviru, u opciji **Scale**, postavite vrijednosti na $x = 5$, $y = 3$, $z = 2$.
7. U izborniku *Object interaction mode* postavite prikaz u **Edit Mode**.
8. Postavite radni prostor iz sadašnjeg **Layout** prikaza na **Shading**.
9. Spremite dokument (*File* → **Save As**) pod nazivom **Prva_vježba.blend**.

2. Osnovni 3D objekti i njihove mogućnosti

Trajanje poglavlja:

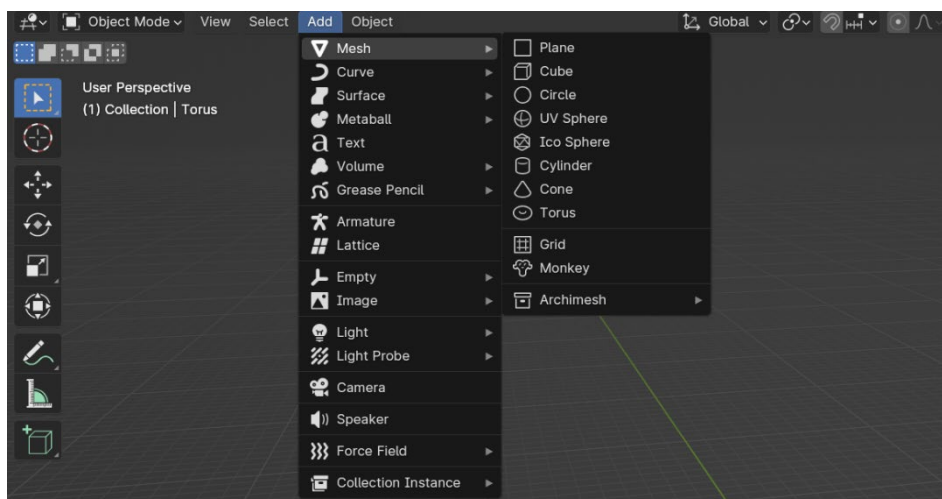
XX min

Po završetku ovoga poglavlja moći ćete:

- bolje poznavati složeno sučelje alata Blender
- dodati, pomicati i manipulirati objektima
- raditi u Edit Modeu i baratati osnovnim alatima za obradu
- dodavati materijal za objekte i koristiti osnovne efekte

2.1. Stvaranje osnovnih grafičkih objekata

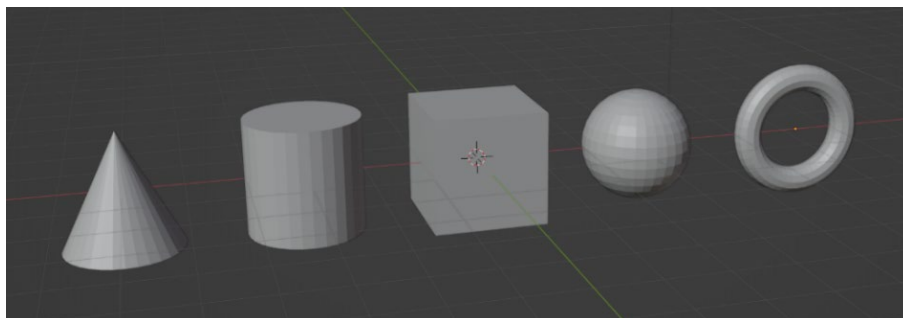
U softveru Blender objekti se mogu izraditi koristeći različite metode i prečice. Ako se želi dodati objekt, na gornjoj traci glavnog prozora odabere se **Add** → **Mesh** → **Cube** ili drugi objekt po izboru.



Slika 19. Dodavanje objekta u scenu

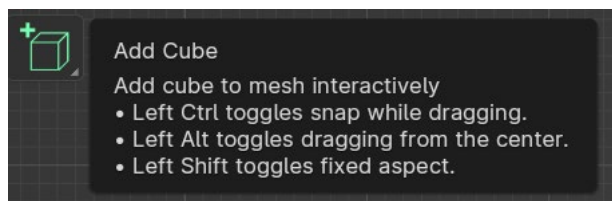
Prečac za dodavanje objekata je [Shift]+[A], kojim se otvori isti izbornik kao na prethodnoj slici. Za odabir ili poništavanje odabira svih objekata u sceni potrebno je pritisnuti tipku [A]. Za brisanje jednog ili više objekata potrebno ih je prvo selektirati i zatim tipkom [Delete] ukloniti s radne površine.

Među osnovnim objektima koji su dostupni unutar kategorije **Mesh** koriste se kocka (engl. *Cube*), kugla (engl. *Circle*), cilindar (engl. *Cylinder*), konus (engl. *Cone*) te torus (engl. *Torus*), koji su vrlo korisni zbog svoje jednostavnosti za prilagođavanje i slaganja kompleksnijih objekata po potrebama korisnika.



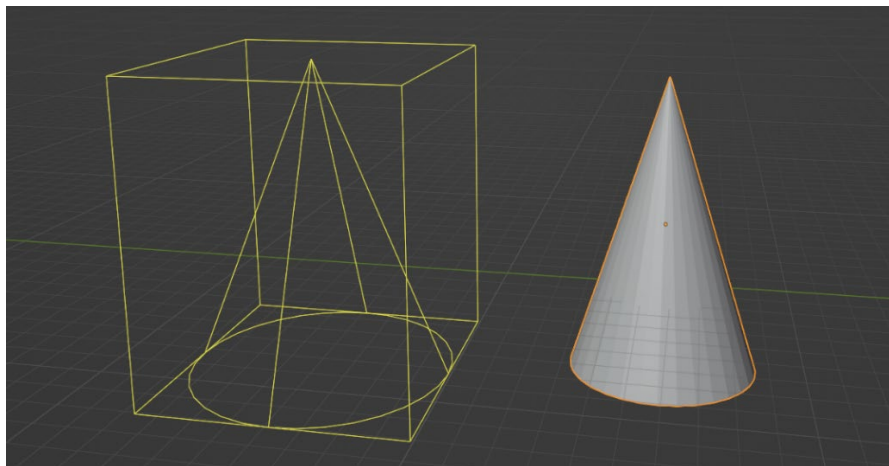
Slika 20. Prikaz osnovnih objekata

Također je, pomoću već spomenutog *Toolbara*, koji se nalazi na lijevom rubu 3D preglednika, moguće dodavati osnovne objekte u radni prostor. Pri dodavanju objekta mogu se aktivirati tri opcije koje modificiraju oblik objekta pri dodavanju u radni prostor. Držanje tipke [Ctrl] omogućuje automatsko poravnavanje objekata s drugim objektima prilikom njihova povlačenja mišem (*Toggles snap while dragging*), držanje tipke [Alt] omogućuje povlačenja objekata iz njihova središta umjesto iz njihovih rubova ili kutova (*Toggles dragging from center*), a držanje tipke [Shift] omogućuje održavanje fiksno omjera dimenzija izrađujete ili neki objekt (*Toggles fixed aspect*).



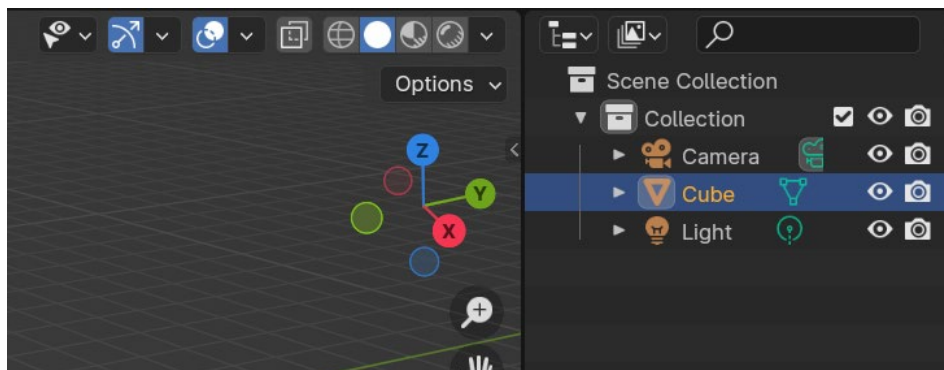
Slika 21. Prikaz opcija koje modificiraju oblik

Pritiskom na ikonu  **Add Cube** može se odabrati objekt koji se želi dodati u radni prostor. Prvo je potrebno odrediti dimenzije baze povlačenjem miša te zatim pustiti tipku i pomicanjem miša prema gore se odrediti visinu te, kada su dimenzije objekta prema potrebama, potrebno je pritisnuti lijevu tipku miša [Left Mouse Button, LMB] da se potvrdi. Dolje je primjer dodavanja torusa: s desne je strane formiran i potvrđen objekt, dok je s lijeve strane prikaz žičanog oblika prije potvrde lijevom tipkom miša.



Slika 22. Primjer torusa prije i poslije potvrde

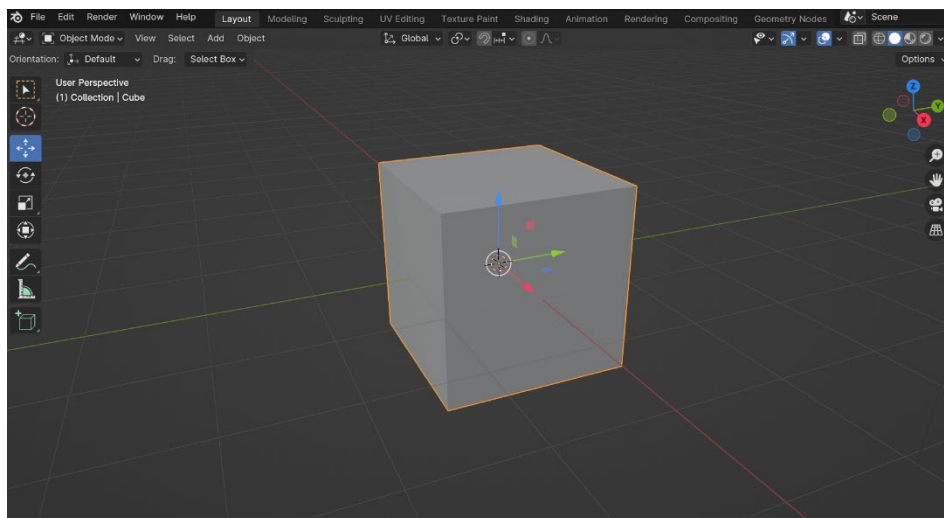
Pregled objekata na sceni nalazi se unutar prozora u gornjem desnom kutu glavnog prozora Blendera odnosno u *Outlineru* koji služi za pregled i upravljanje svim objektima, scenama, grupama i drugim elementima koji se nalaze u projektu. Osim već spomenutih *Mesh* objekata, na sceni su prisutni i objekt potreban za slaganje rasvjete (*Light*) te kamera (*Camera*). Kamera je ključan element za snimanje scena. Glavna svrha kamere je stvaranje perspektivnog pogleda na scenu ili objekte kako bi se generirala slika ili animacija. Kamera će se više implementirati u procesu renderiranja.



Slika 23. Pregled objekata na sceni

2.2. Navigacija i kretanje u radnom prostoru

Kada se ubaci objekt na radnu površinu, važno je primijetiti gdje i zašto se taj objekt pojavio na toj poziciji. Sam centar radne površine odnosno početak koordinatnog sustava za tu scenu naziva se **World Origin** (porijeklo svijeta) i služi kao osnova za pozicioniranje objekata i manipulaciju njima. Pri otvaranju nove scene u Blenderu *World Origin* se nalazi u središtu 3D prostora. Koordinatni sustav sastoji se od osi x, y i z, a Porijeklo svijeta označava mjesto gdje se sve tri osi susreću, to je točka s koordinatama (0,0,0). Koristeći *World Origin* kao referentnu točku koja predstavlja početak koordinatnog sustava znatno se olakšava pozicioniranje i raspoređivanje objekata u sceni.



Slika 24. World Origin kao referentna točka

Također, u samom središtu scene pojavljuje se i crveno-bijeli krug koji predstavlja **Cursor** (pokazivač miša), interaktivni alat koji služi kao referentna točka u 3D prostoru koja se koristi za različite svrhe, prvenstveno za pozicioniranje objekata i **Snap** (prikači) naredbe.

Pritiskom na ikonu kursora  unutar *Toolbara*, može se odrediti pozicija pokazivača lijevom tipkom miša [LMB] na željenu lokaciju. Kada se koristi naredba **Add**, postavljanjem pokazivača miša na određenu lokaciju u 3D prostoru, određuje se mjesto gdje će se novi objekt stvoriti ili pomaknuti. Dok **Snap** koristi pokazivač miša kao referentnu točku za prikaziti objekt na određene točke u sceni. Prečac [Shift]+[S] otvara prozor alata **Snap** sa svim mogućnostima:

Selection to Grid: prikvači trenutačno odabrane objekte na najbližu točku rešetke (*grid*).

Selection to Cursor: premješta odabrane objekte tako da budu centrirani na pokazivaču.

Selection to Cursor (Keep Offset) postavlja selektirano na položaj pokazivača miša; ako je više objekata odabrano, oni se ne premještaju pojedinačno na položaj kursora, umjesto toga centriraju se oko pokazivača održavajući njihove relativne udaljenosti.

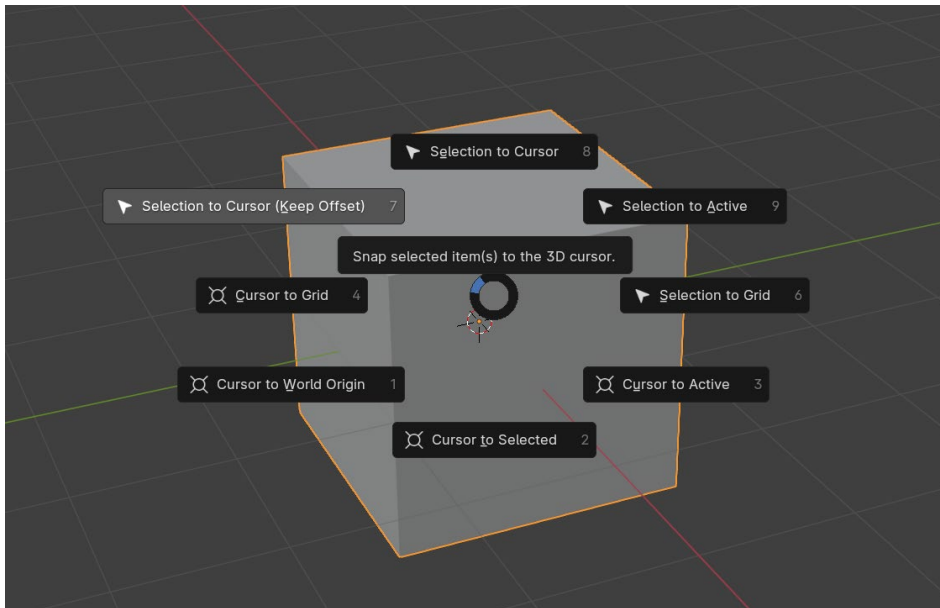
Selection to Active poravnava sve odabrane objekte prema aktivnom objektu, posljednje odabranim objektom u grupi. Ovo je korisno za poravnanje više objekata prema jednom od njih.

Cursor to Selected postavlja pokazivač na sredinu odabranih objekata. Korisno za postavljanje pokazivača na centar određenih elemenata u sceni.

Cursor to World Origin postavlja pokazivač natrag na Porijeklo svijeta, tj. na početak koordinatnog sustava scene.

Cursor to Grid koristi se za postavljanje pokazivača na točku rešetke koja je najbliža trenutnom položaju u 3D prostoru.

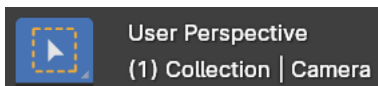
Cursor to Active: omogućuje postavljanje 3D pokazivača na poziciju aktivnog objekta, posljednjeg objekta koji je odabran u trenutnoj sceni.



Slika 25. Snap to opcije

2.2.1. Korištenje miša za navigaciju u radnom prostoru

Uz značajan broj naredbi i njihovih prečaca, navigiranje i kretanje u 3D prostoru Blenderova sučelja nezamislivo je bez miša. Miš je neophodan alat za interakciju s 3D prostorom i korisničkim sučeljem u Blenderu, omogućuje korisnicima da efikasno stvaraju, uređuju i manipuliraju 3D sadržajem. Predefinirani pogled Blenderova sučelja je *User Perspective*, u gornjem lijevom kutu preglednika vidi se kada je korisnik u tom pogledu.



Slika 26. Perspektiva korisnika

Koristeći miš, *Blender* omogućuje rotiranje, pomicanje i zumiranje unutar pogleda. Načini na koje se miš koristi za orijentaciju u Blenderu:

Rotiranje pogleda: držanjem srednje (*Scroll*) tipke miša pritisnutom i pomicanje miša u željenom smjeru. To će rotirati pogled na scenu.

Pomicanje pogleda: držanjem pritisnutom kombinaciju tipke [Shift] i srednje tipke miša ili koluta [MMB] dok se pomiče miš. To će omogućiti pomicanje kamere ili pogleda u ravnini.

Zumiranje pogleda: korištenjem tipke *Scroll*, rotiranje prema naprijed za zumiranje u scenu, a prema natrag za udaljavanje iz scene. To omogućuje približavanje ili udaljavanje od objekata u sceni.

Zanimljivosti i napomene

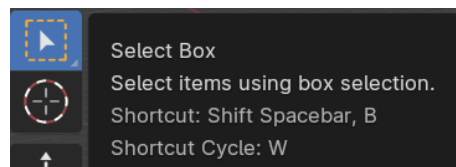
Obratiti pažnju na status traku na dnu pri korištenju raznih naredbi, koja prikazuje preporučene prečice, relevantne informacije i statistike o trenutno prikazanim objektima.

2.2.2. Pomicanje objekata u radnom prostoru

Pomicanje odnosno translatiranje objekata u Blenderu je moguće na više načina, od klasičnog "drag and drop" do upisivanja vrijednosti za lokaciju unutar menija *Transform* [N], važno ih je sve metode proći i

dobiti bolju percepciju 3D radnog prostora Blendera kako biste lakše i brže koristili sve opcije koje nudi ovaj *softver*.

Za početak, za selekciju objekta koristi se lijeva tipka miša [LMB], za selektiranje više objekata mišem treba se držati tipka [Shift]. Uklanjanje selekcije s objekta također se može pomoću držanja tipke [Shift] i ponovnim odabirom tog objekta lijevom tipkom miša [LMB]. Niže na slici vidi se da je postavljeno na **Select Box**, što omogućuje da se selektiraju objekti pomoću tipke [LMB]. Provjerite je li postavljeno kao što je prikazano na slici. Tipkom [W] može se rotirati između više vrsta selekcija, ali radi jednostavnosti, druge će se koristiti putem prečaca.

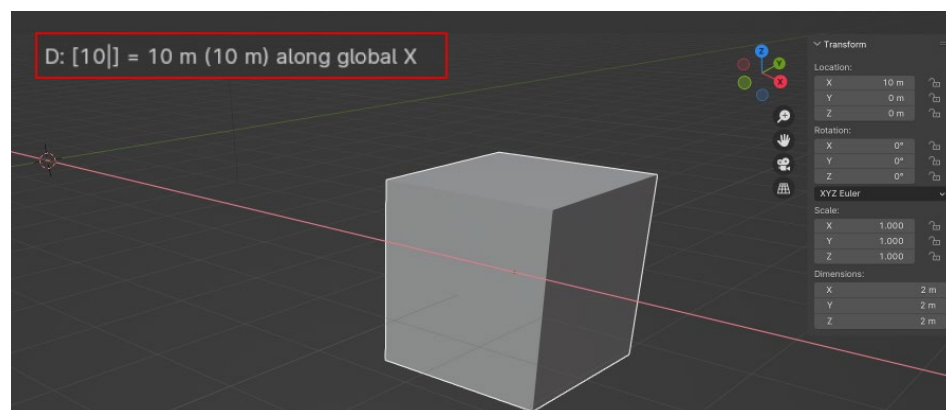


Slika 27. Ikona Select Box

Za selekciju više objekata postoji više načina ovisno o namjeni i potrebi. Za selektiranje svih objekata u radnom prostoru koristi se tipka [A], za poništavanje odabira prečac [Alt] + [A] (u postavkama se može odrediti da se duplim pritiskom tipke [A] poništava odabir). Selektiranje je također moguće tipkom [B], daje opciju da se zaokruže objekti, dok se držanjem tipke [Shift] poništava selekcija zaokruženih objekata.

Taj način za pomicanje koristan je za jednostavnije zadatke, ali nije precizan, tako da je za ozbiljnije radnje potrebno unijeti vrijednosti za lokaciju unutar prozora *Transform* ili korištenjem koordinatnih osi po kojima se pomiču objekti te za kraj upisati neku vrijednost.

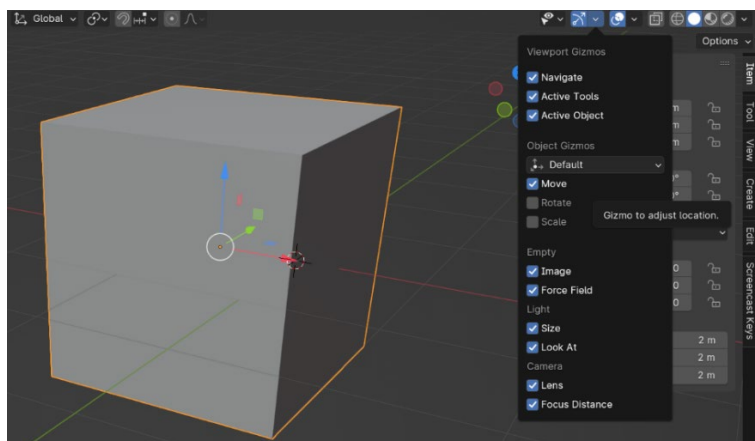
Pomoću alata **Grab/Move** (pomicanje), aktiviranog tipkom [G], radi se ista radnja kao i pritiskom desne tipke miša na objekt. No u ovom slučaju nakon što je objekt selektiran potrebno je odabrati os. Nakon odabira tipke [X],[Y] ili [Z] treba upisati vrijednost. Blender će prepoznati da su, nakon što je alat *Move* aktiviran i odabrana os, naknadno upisane vrijednosti odnose na operaciju *Move*. Primjerice, ako se koristi x-os, upisom vrijednosti 10 objekt će se pomaknuti za 10 jedinica po osi x. Isto vrijedi i za osi y i z.



Slika 28. Pomicanje objekta po X-osi

Također, moguće je pomicanje objekata pomoću naprava (*gizmos*). U gornjem lijevom kutu 3D preglednika treba odabrati ikonu u obliku križa. Pritisnuti na ikonu da bi se omogućio prikaz naprave za odabrani objekt.

Alat *Gizmos* za translaciju odnosno *Move* i ostali koji su dostupni mogu se uključivati i isključivati u gornjem desnom kutu 3D preglednika. Kada se uključi naprava za translaciju, na selektiranom objektu će se pojaviti lokacijske strelice za svaku od osi. Crvena predstavlja x-os, zelena predstavlja y-os, a plava z-os. Za pomicanje objekta koristeći osi potrebno je lijevom tipkom miša [LMB] pritisnuti jednu od strelica i držati te mišem povlačiti u željenom smjeru.

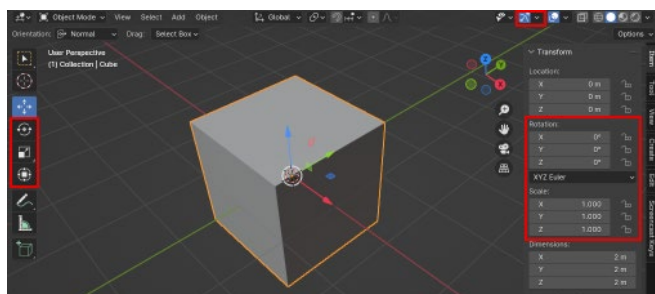


Slika 29. Pomicanje objekta s *Gizmos*

2.3. Manipulacija objektima i rad u *Edit Modeu*

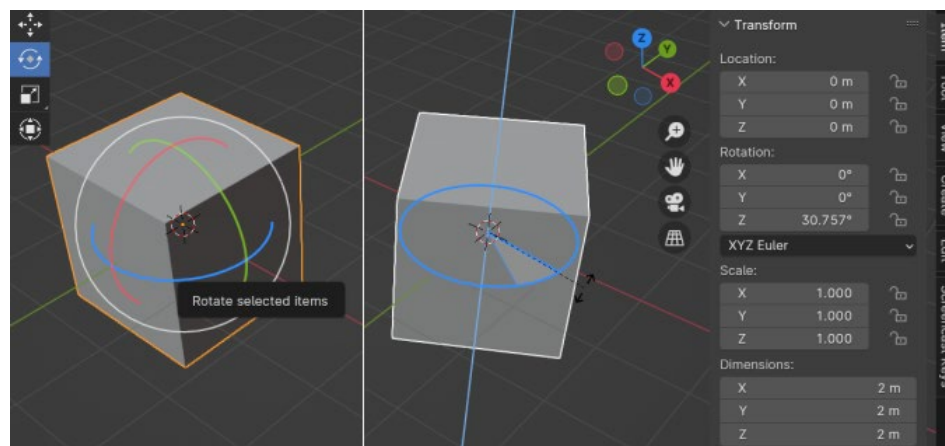
Osim jednostavnog transliranja po 3D prostoru objekti u Blenderu, mogu se manipulirati i mijenjati na mnogo načina. Velika većina njih ipak zahtijeva da se korisnik prebaci iz prikaza *Object Mode* u *Edit Mode*. Za početak treba se dobro upoznati s alatima *Rotate* [R] i *Scale* [S] koji su dostupni i u *Object Modu*. Preporučljivo je da se *Rotate* i *Scale* koriste u *Edit Modeu* kada se rade kompleksnije promjene, pogotovo gdje su involvirane teksture i modifikatori, no o tome kasnije.

Za jednostavnije primjere i upoznavanje koristit će se *Rotate* i *Scale* u *Object Modeu*. Kao i do sada, koristit će se osnovna kocka kao primjer koja se dobije pri otvaranju nove scene. Osim tipki [R] i [S], rotacija i skaliranje mogu se obavljati putem prozora *Transform*, korištenjem *Toolbara* s lijeve strane ekran i *Gizmos* u gornjem desnom kutu, isti princip kao i kod transliranja.

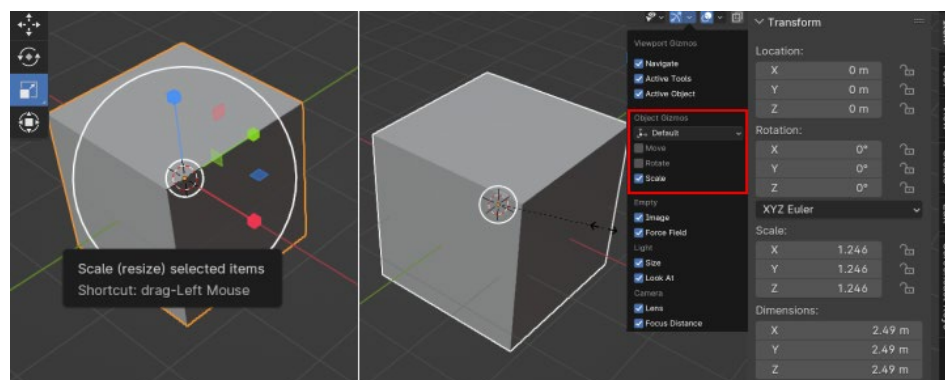


Slika 30. Načini za rotiranje i skaliranje objekta

Za rotiranje objekta koristit će se tipka *Rotate* na *Toolbaru*. Kada se pritisne tipka za rotiranje, pojavit će se vizualni prikaz naprave *Rotate* na aktivnom objektu koji se sastoji od 4 kruga. Plavi, zeleni i crveni krugovi koji predstavljaju mogućnost rotacije oko z-, y- i x-osi te bijeli krug koji predstavlja rotaciju koja se vrši relativno u odnosu na ono što je trenutno prikazano u pregledniku (*viewport*). Držanjem lijeve tipke miša [RMB] i povlačenjem u željenom smjeru rotira se objekt. Na desnom prozoru *Transform* može se vidjeti promjena pod *Rotation* na Z-vrijednosti kako se rotira objekt.

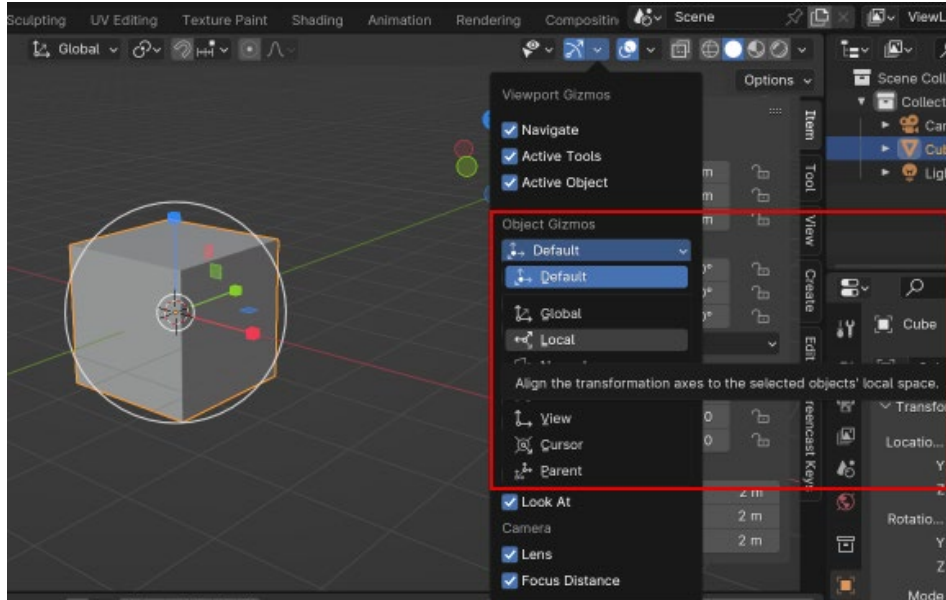
Slika 31. Rotiranje objekta pomoću tipke *Rotate*

Za skaliranje objekata koristit će se *Gizmos* kao primjer. Kako bi *Gizmos* za skaliranje bio aktivan, potrebno ga je uključiti pritiskom na padajući izbornik *Gizmos*  te pod *Object Groups* odabrati *Scale*, kao što je prikazano dolje na slici. Slično kao kod alata *Rotate*, vizualni prikaz alata za skaliranje je na aktivnom objektu, u obliku tri poluge za svaku od koordinatnih osi i bijelog kruga koji služi za skaliranje objekta u svim smjerovima ravnomjerno, umjesto posebno po određenoj osi. Načelo je isto kao kod *Rotate*: držanjem lijeve tipke miša [RMB] na poluzi i povlačenjem u željenom smjeru skalira se objekt po odabranoj osi ili držanjem kruga i povlačenjem, gdje se objekt skalira u svim smjerovima, što je prikazano na slici dolje na desnoj kocki.

Slika 32. Skaliranje objekta pomoću *Gizmos*

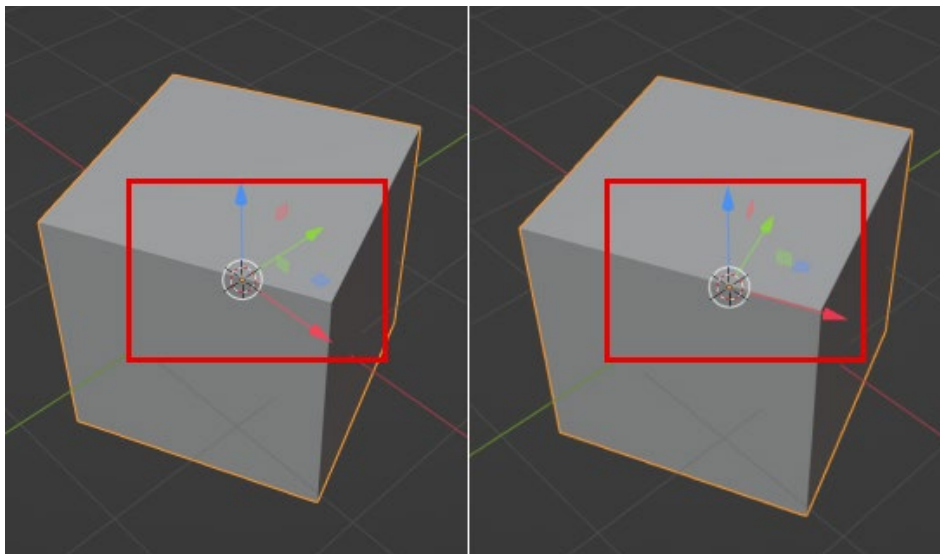
Unutar prozora *Gizmos* pod *Object Gizmos* postoji postavka koja se referira na opciju *Transformation orientation* (nalazi se unutar alatne trake, na sredini). Ta postavka modificira orijentaciju odabranih alatki, u

ovom primjeru alata *Move*. Ako je postavljeno na *Default*, koristi orijentaciju scene odnosno radnog prostora. Standardna postavka scene uvijek je postavljena na *Global*. Dakle, ako je postavljeno na *Default* unutar prozora *Gizmos*, to je ustvari *Global*. Isto pravilo vrijedi za druge postavke unutar *Transformation orientation*. Vrlo koristan dodatak za pomicanje objekata pod različitim uvjetima na sceni.



Slika 33. Modificiranje orijentacije alata

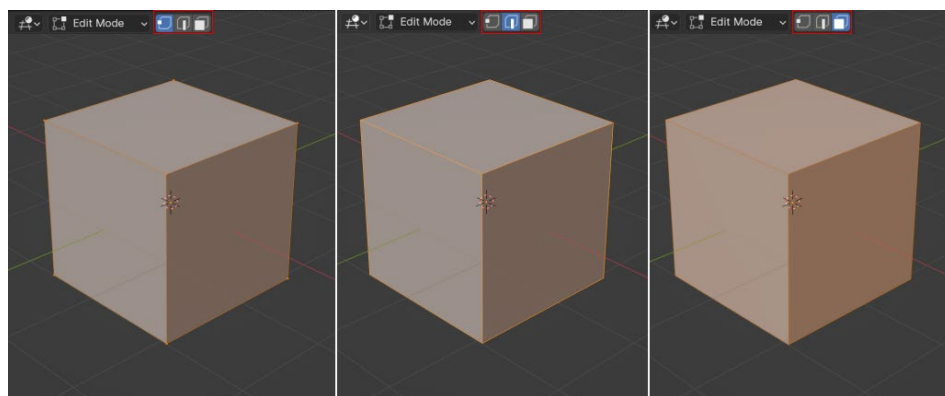
Kao primjer, na slici ispod će se prikazati razlika između dviju najvažnijih i najviše korištenih orijentacijskih postavki. Razlika između postavke *Global* (koja predstavlja prostor cijele scene) s lijeve strane i postavke *Local* (koja predstavlja prostor selektiranog objekta) s desne strane je orijentacija strelica koordinatnih osi. Na prvi pogled suptilna razlika, no izuzetno važna pri pomicanju i doradi objekata unutar *Edit Modea*.



Slika 34. Razlika između postavki *Global* i *Local*

2.3.1. Rad u Edit Modeu

Edit Mode ili obradna metoda služi za uređivanje oblika objekta, prvenstveno za manipuliranje mrežom (*mesh*) koja se sastoji od točaka, bridova i lica. Kako bi se moglo selektirati posebno točke, bridove i lica, potrebno je promijeniti selekciju u *Selection modeu*. Dolje na slici su prikazani različiti izbori selekcije. Lijeva kocka je u **Vertex selection Modeu**, namijenjenom za točke, srednja kocka je u **Edge selection Modeu**, namijenjenom za bridove te postoji i **Face selection mode** za lica objekta. Za prebacivanje između vrsta selekcija može se koristiti prečac [Ctrl] + [Tab] te tipke [V], [E] i [F] za odabir točaka, bridova ili lica. Moguće je imati sve vrste selekcija aktivne u isto vrijeme držanjem tipke [Shift] i pritiskom na ikone, no radi lakšeg baratanja preporučljivo je držati se jedne vrste u većini slučajeva.

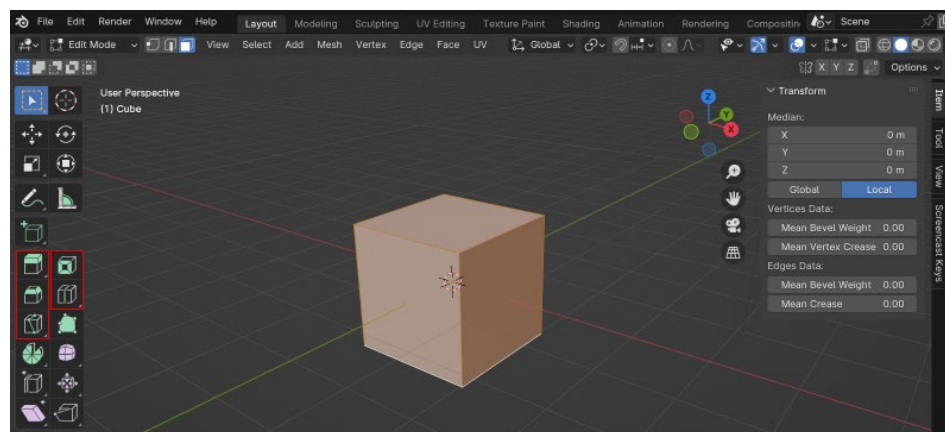


Slika 35. Vrste selekcija

Obrada u *Edit Modeu* utječe na geometriju aktivnog objekta te nema utjecaja na globalne postavke poput lokacije i rotacije objekta. Modificira se samo mreža objekta koji se obrađuje. Za obradu drugih objekata potrebno je izaći iz *Edit Modea*, ući u *Object Mode* te zatim selektirati traženi objekt i vratiti se nazad u *Edit Mode*. Prebacivanje iz jedne u drugu metodu radi se pomoću tipke [Tab].

Zanimljivosti i napomene

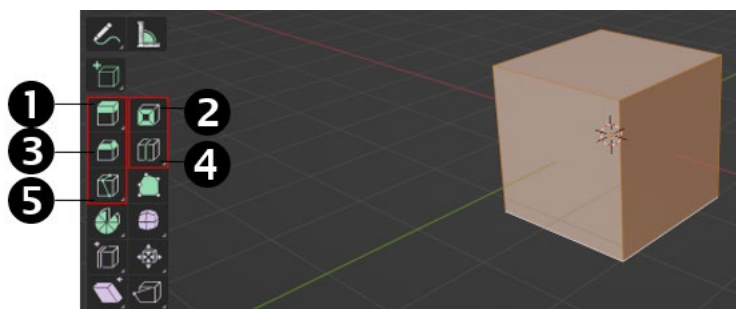
Ako se određene opcije ne prikazuju odnosno da su slučajno onemogućene, moguće je vratiti početne postavke putem *File* → *Defaults* → **Load Factory Settings**.



Slika 36. Prebacivanje iz Object Mode u Edit Mode

U *Edit Modeu* nalazi se mnogo alata za obradu objekata, ali se zbog praktičnosti većinom koristi samo manji broj njih. Alat **Extrude** (alat za ekstruziju) jedan je od osnovnih alata za obradu objekata, a aktivira se tipkom [E] te se mišem povlači slobodnim izborom ili koristeći osi x,y i z.

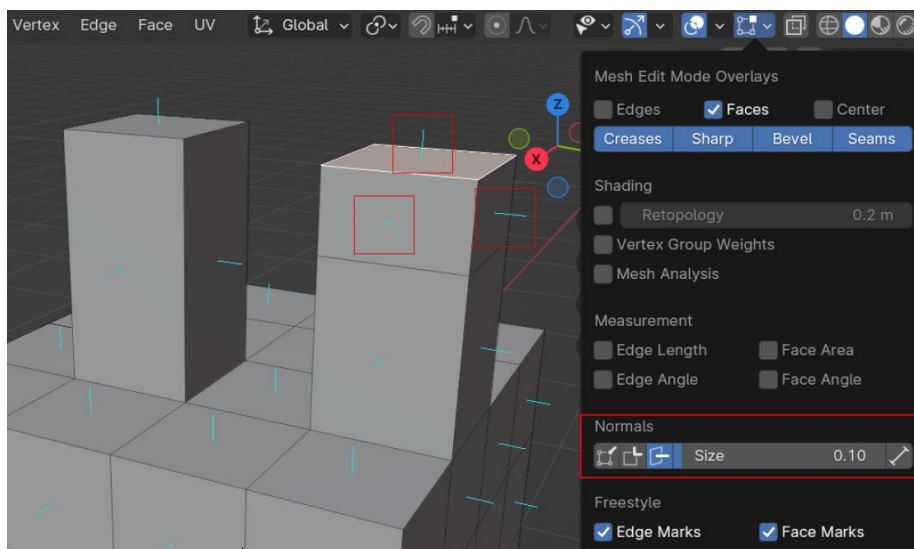
Alat za ekstruziju duplicira točke istovremeno održavajući novu geometriju povezanu s originalnim točkama. Točke postaju bridovi, a bridovi formiraju lica.



Slika 37. Prikaz osnovnih Edit alata

Unutar *Toolbara* s lijeve strane sučelja nalaze se osnovni alati za obradu objekata koji će se koristiti na tečaju, uključujući i **Extrude Region**, koji radi na sličnom načelu kao i *Extrude*. Kako bi se izbjegla konfuzija između više vrsta *Extrude* alata, treba se objasniti razlika između *Extrude* koji se aktivira tipkom [E] i alata *Extrude* sa svojim varijantama unutar *Toolbara*. Kada se izabere *Extrude* tipkom [E], koji je i najbrži način za ekstruziju, površina koja je selektirana je ekstrudirana i Blender je automatski postavlja u *Move/Grab Mode*, kao da se aktivira alata za pomicanje tipkom [G]. Selekcija se zatim može ekstrudirati korištenjem osi, normala ili slobodnim kretanjem miša u bilo kojem smjeru bez restrikcija, a za to je potrebno pritisnuti srednju tipku miša [MMB].

Normale ili **Normals** su vektorske informacije koje se pripisuju svakoj točki, bridu ili licu u 3D modelu. Primjerice, kod lica normale pokazuju „smjer“ u kojem lice gleda. Normale nisu vidljive sa standardnim postavkama u Blenderu. Da bi se vidjele, potrebno ih je aktivirati na *Mesh Edit Mode* → *Normals* → **Display Normals** kako bi se prikazale normale za lica objekta. Unutar prozora mogu se uključiti normale za točke te se može definirati dužina normala (prikazane su kao linije). Postavke za *Normals* i prikaz linija koje ih predstavljaju mogu se vidjeti dolje na slici.



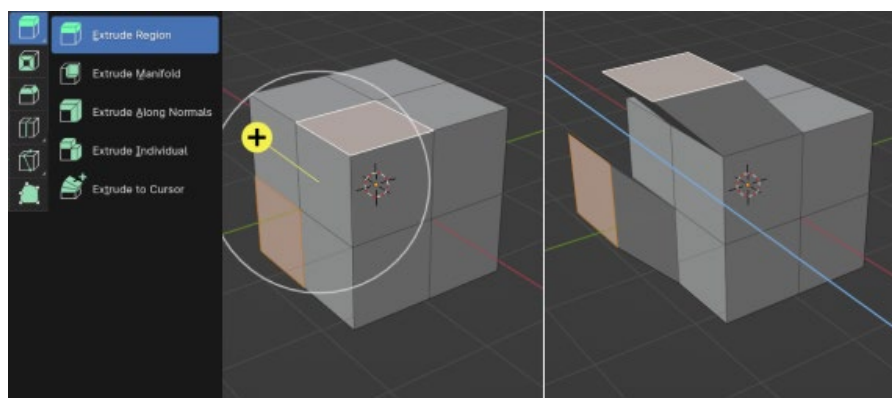
Slika 38. Prikaz normala

Nakon što je objašnjen osnovni *Extrude*, može se nastaviti dalje s *Toolbar Extrudeom* i ostalim alatima:

Extrude Tool, kao što je već gore objašnjeno, služi za istiskivanje, odnosno ekstruziju geometrije (lica, bridova ili točaka) odabranog objekta. Alat *Extrude* radi kopiju točaka, dok simultano drži nove točke spojene s originalnim točkama.

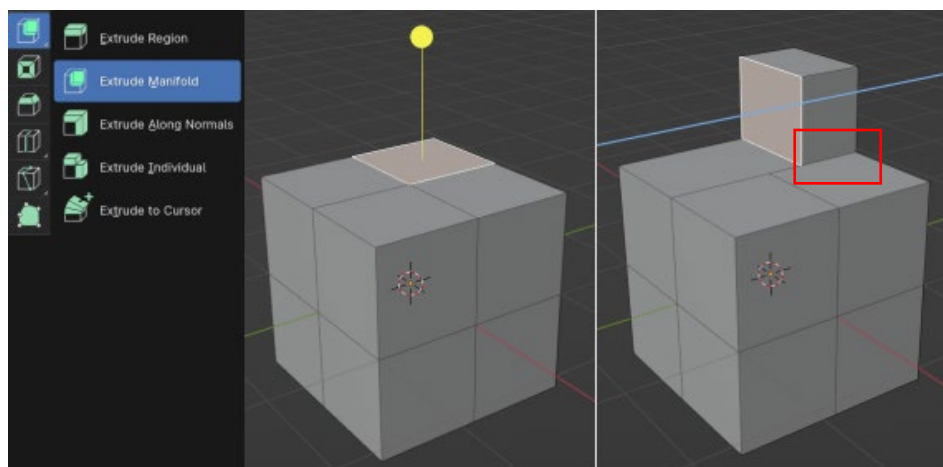
Extrude Tool ima nekoliko načina rada:

- **Extrude Region** bit će primijenjen na sve odabrane regije zajedno, ali bez obzira na veze među njima. To znači da će se sve odabrane regije ponašati kao jedna cjelina tijekom ekstruzije. Kod *Extrude Region* pojavljuje se *Gizmo* koji služi za povlačenje, odnosno ekstruziju odabranih lica koja su selektirana, kao što je prikazano dolje na slici.



Slika 39. primjer *Extrude Regiona*

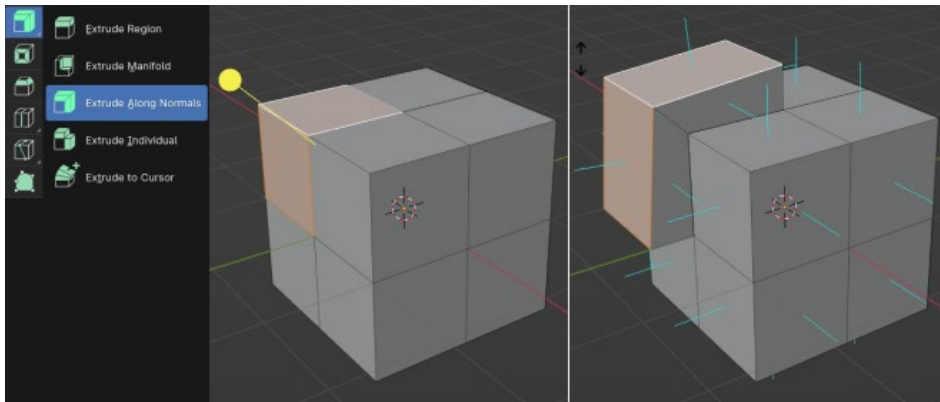
- **Extrude Manifold** uzrokuje da alat automatski razdvaja i uklanja susjedna lica prilikom unutarnje ekstruzije. Na slici niže, nakon ekstruzije segmenta lijeve kocke prema gore, na desnoj kocki vidi se kako pri povlačenju na desnu stranu brid više nije vidljiv te površina postaje jedno lice.



Slika 40. Primjer za *Extrude Manifold*

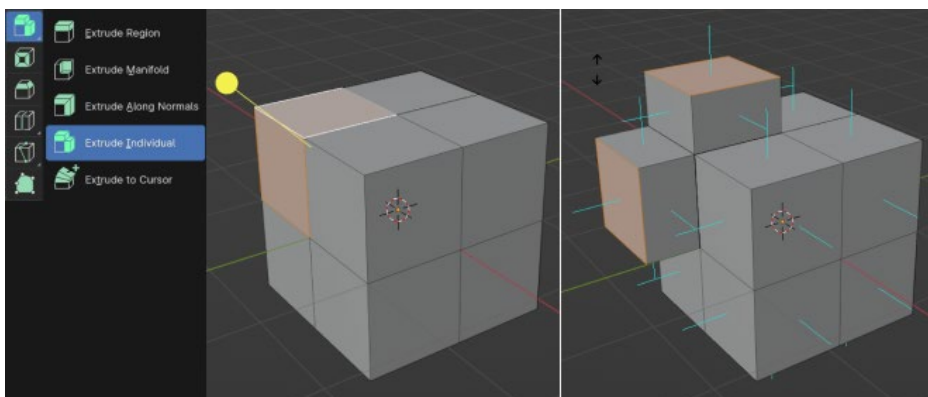
- **Extrude Along Normals** omogućuje da se novostvorena geometrija ekstrudira duž normala odabranog lica ili skupa lica. Umjesto da se ekstrudira duž globalnih osi,

kao što su x, y ili z, ovaj alat koristi orijentaciju lokalnih normala svakog lica za određivanje zajedničkog smjera ekstruzije. Ekstruzija lica radi se kao cjelina. Normale su vidljive na desnoj kocki na slici dolje, radi boljeg prepoznavanja smjera ekstruzije.



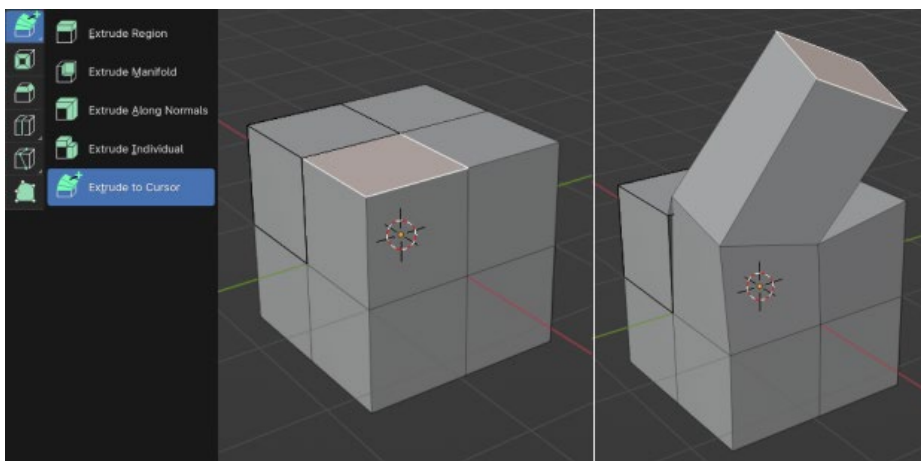
Slika 41. Primjer za Extrude Along Normals

- **Extrude Individual** omogućuje da ekstrudirate odabir više lica kao pojedinačna umjesto kao regiju. Lica se ekstrudiraju duž svojih vlastitih normala umjesto njihova prosjeka.



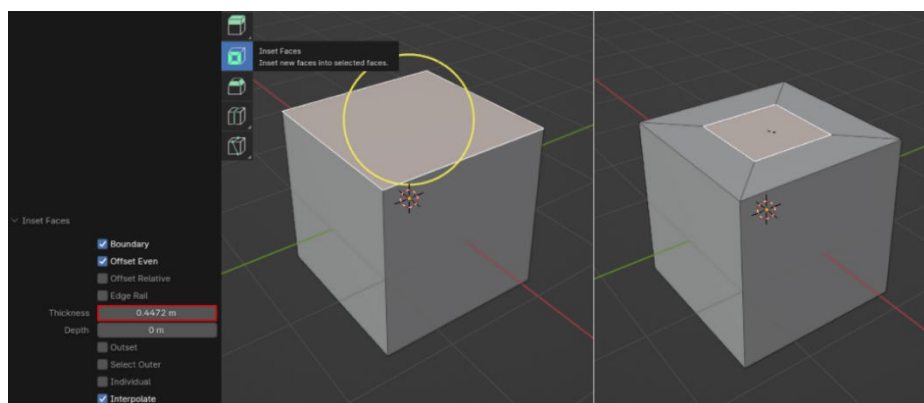
Slika 42. Primjer za Extrude Individual

- **Extrude to Cursor** ekstrudira lica u smjeru pozicije pokazivača miša.



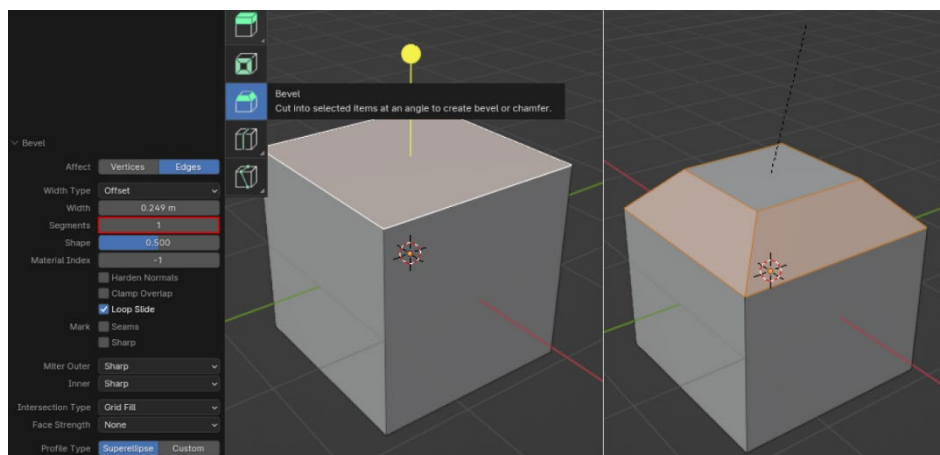
Slika 43. Primjer Extrude to Cursora

1. **Inset Faces** omogućuje umetanje novih poligona unutar postojećih lica 3D modela. Ovaj alat koristan je za detaljnije modeliranje i dodavanje kompleksnih oblika na model. Držanjem lijeve tipke miša [LMB] i povlačenjem žutog kruga mišem prema sredini, prikazanog na lijevoj kocki, određuje se veličina umetnutog poligona, odnosno novonastalog lica. Može se umetnuti točna vrijednost za veličinu umetnutog lica kao što je prikazano dolje na slici na desnoj kocki. U lijevom kutu niže pojavi se prozor **Inset Faces** s dodatnim opcijama. Promjenom vrijednosti **Thickness** regulira se veličina dodatnog lica u sredini. *Inset faces* aktivira se i pomoću tipke [I], načelo je isto, samo se odmah krene iz pozicije desne kocke na slici dolje (nema žutog widgeta).



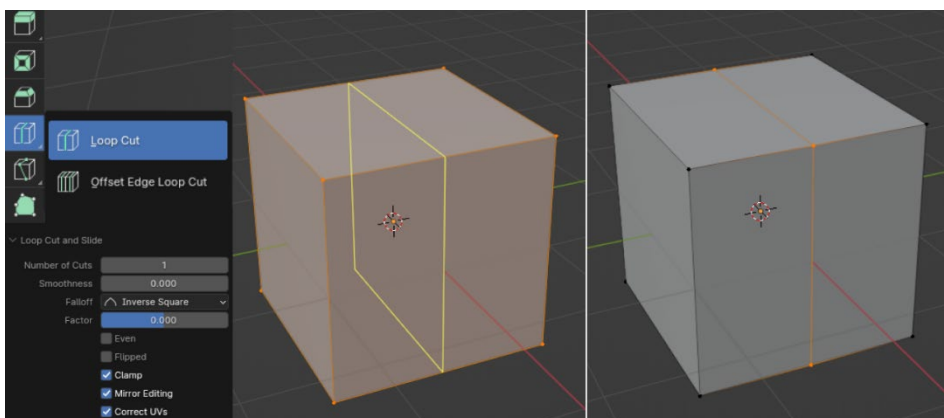
Slika 44. Primjer za Inset Faces

2. **Bevel** služi za dodavanje zaobljenja na bridove 3D modela. Ovaj alat je koristan za izradu realističnih i glatkijih geometrijskih oblika, kao i za dodavanje detalja na modele. Povlačenjem žute poluge prema dolje na lijevoj kocki na slici niže stvara se zaobljenje na bridu. Nakon dodavanja efekta alata *Bevel* može se dodati veći broj segmenata (veći broj rezova) umjesto jednog kao što je trenutno postavljeno, i to pomoću postavke **Segements**, locirane unutar prozora *Bevel* s dodatnim opcijama koji se otvori lijevo niže u pregledniku. Što je veći broj rezova/segmenata, to će rub biti više zaobljen. *Bevel* se također može aktivirati prečicom [Ctrl] + [B].



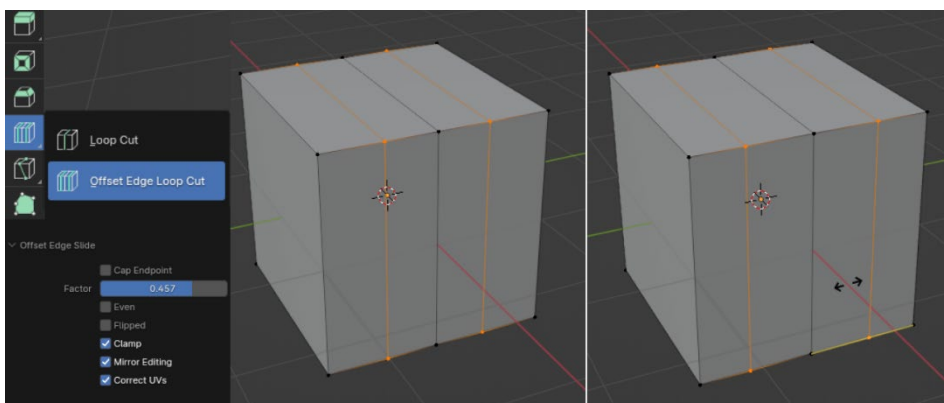
Slika 45. Primjer za Bevel

3. **Loop Cut** u Blenderu omogućuje dodavanje novih rezova petlje (*engl. loop cuts*) na objekt. Ova funkcija korisna je za dodavanje detalja i preciznih modifikacija modelu. *Loop cut* može se pokrenuti pomoću prečice [Ctrl] + [R]. Prije nego što je rez prihvaćen, kao na lijevoj kocki dolje na slici, moguće je mišem povlačiti rez i pozicionirati ga gdje korisniku odgovara. Nakon što je rez potvrđen, lijevom tipkom miša [LMB] ili tipkom [Enter], pojave se dodatne opcije za doradu unutar prozora **Loop Cut and Slide**, lociranog niže u lijevom kutu izbornika. Jedna od opcija, koja se i najviše koristi, je **Number of Cuts**, u koju možete upisati broj rezova koje će *Blender* automatski generirati umjesto korisnika, sa proporcionalnim razmacima između njih.



Slika 46. Primjer za Loop Cut

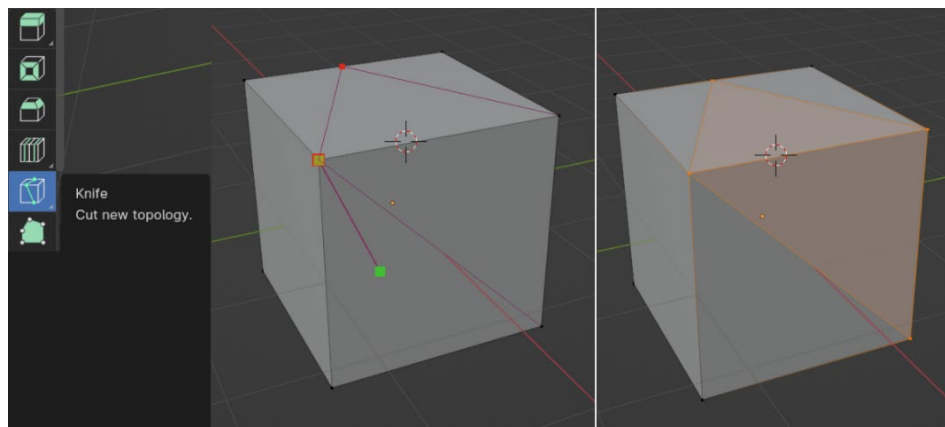
Offset Edge Loop Cut služi više kao dodatni korak u obradi nakon alata *Loop Cut*. *Offset Edge* omogućuje dodavanje novih rezova petlje na model, s dodatnom mogućnošću pomicanja tih rezova duž postojećih rubova. Nakon što su rezovi potvrđeni, lijevom tipkom miša [LMB] ili tipkom [Enter], pojave se dodatne opcije za doradu unutar prozora **Offset Edge Slide**, lociranog niže u lijevom kutu izbornika, koji služi za definiranje razmaka između rezova upisom neke vrijednosti za **Factor**, što je prikazano dolje na slici.



Slika 47. Primjer za Offset Edge Loop Cut

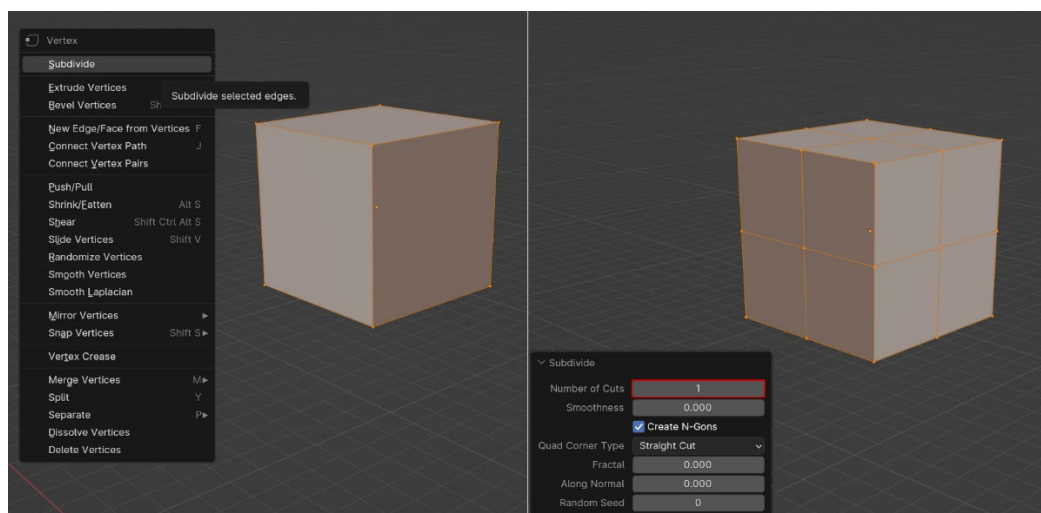
4. **Knife** omogućuje precizno rezanje kroz 3D modele. Koristan je za dodavanje novih bridova ili dijeljenje postojećih površina na modelu. Kako bi se krenulo rezati, treba pritisnuti na početnu točku reza na modelu te zatim povući liniju reza preko površine

na koju se planira praviti rez. Može se pritisnuti na različite točke kako bi se definirao put reza. Tipkom [Enter] potvrdi se rezanje površine. Prečica za *Knife* na tipkovnici je [K].



Slika 48. *Knife* primjer

Među osnovnim i vrlo korisnim alatima za obradu koji nisu prisutni unutar *Toolbara* je **Subdivide**. Tipkom [W] otvara se prozor, što je prikazano niže na slici, s dodatnim specijalnim naredbama (*Special pop-up menu*) te na samom vrhu se nalazi *Subdivide*, koji dijeli objekt na manje cjeline. Jednostavan, ali jako koristan alat. Nakon što je objekt podijeljen niže u lijevom kutu izbornika pojavi se prozor s dodatnim opcijama vezanim za alat *Subdivide*. Moguće je podesiti broj podjela ili **Number of Cuts**, kao što je prikazano niže na slici na desnoj kocki.

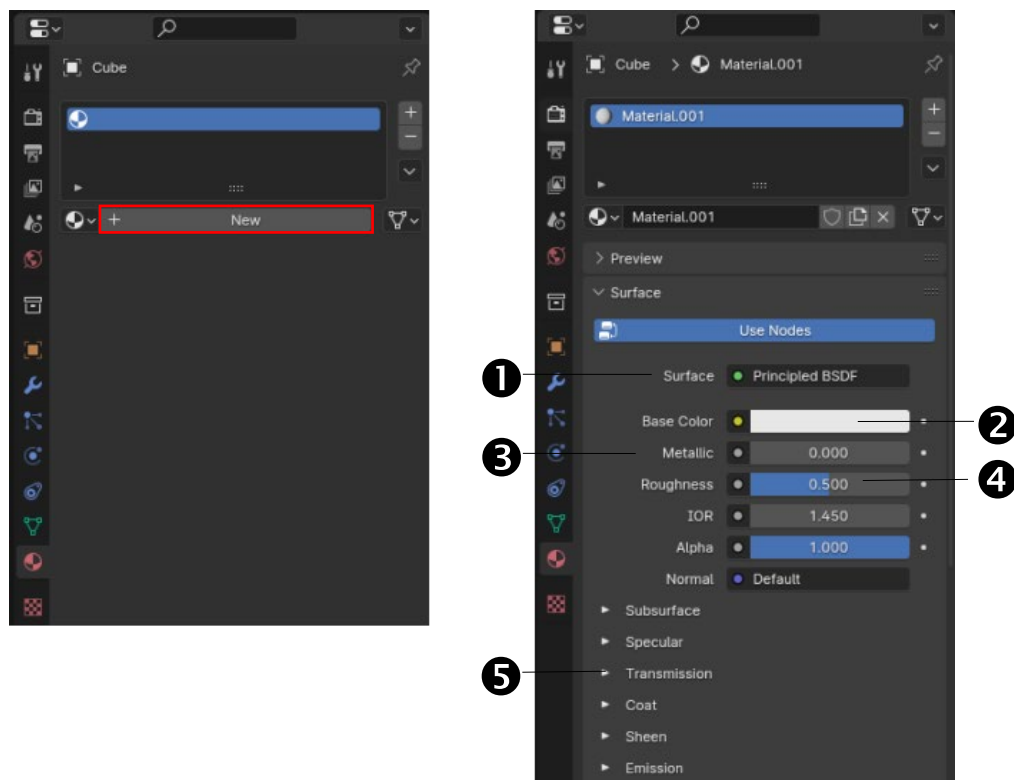


Slika 49. Alat *Subdivide*

2.4. Osnove Material Propertiesa

Material Properties u Blenderu se odnose na svojstva materijala koji se koriste u stvaranju i oblikovanju 3D modela unutar Blendera. Ova svojstva omogućuju korisnicima da prilagode izgled i ponašanje materijala u njihovim 3D scenama. Odabirom objekta može se dodati materijal unutar prozora Editor svojstava (*Properties*), lociranog u desnom donjem kutu glavne radne površine Blendera te pritiskom na **New** (lijevi stupac, slika dolje, označeno crvenim). Materijal ima dosta

postavki te većina njih nisu relevantne u ovoj fazi, tako da će se spomenuti nekoliko bitnih stavki vezanih za postavke. Pod *Viewport Shading* potrebno je postaviti na  *Material Preview* kako bi promjene na materijalima bile vidljive u sceni.



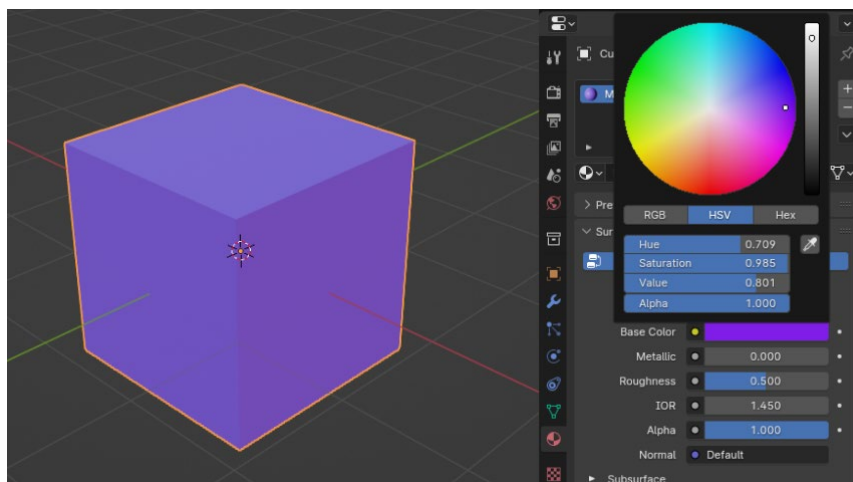
Slika 50. Postavke Material Properties

1. **Surface** se odnosi na način na koji se svjetlost integrira s površinom materijala. Ovo svojstvo omogućuje korisnicima da odaberu kako će se materijal ponašati u odnosu na svjetlosne izvore i kako će se stvarati sjene na površini. Način na koji će se materijal ponašati u odnosu na svjetlosne izvore je program ili set instrukcija koji se zove **shader**. *Shaderi* su esencijalni alati za postizanje različitih vizualnih efekata u 3D scenama. Među glavnim *shaderima* koji se mogu odabrati je **Principled BSDF**, univerzalni shader koji kombinira više svojstava materijala u jednom sučelju, što uključuje boju, efekt metala, grubost površine, prozirnost i druge. *Shader Diffuse BSDF* simulira difuzno raspršivanje svjetlosti na površini materijala. To znači da se svjetlost koja pada na površinu materijala reflektira ravnomjerno u svim smjerovima stvarajući matirani izgled. To se često koristi za materijale poput tekstila, papira ili neobrađenog drva. **Glossy BSDF** simulira refleksiju svjetlosti na glatkoj površini. Proizvodi jasne i definirane refleksije, što ga čini idealnim za sjajne ili reflektirajuće materijale poput metala ili laka. **Emission** omogućuje materijalu da emitira svjetlost, čime se postiže efekt da objekt svijetli. To se koristi za stvaranje svjetlećih materijala poput svjetala, ekrana ili drugih izvora svjetlosti unutar scene.

Zanimljivosti i napomene

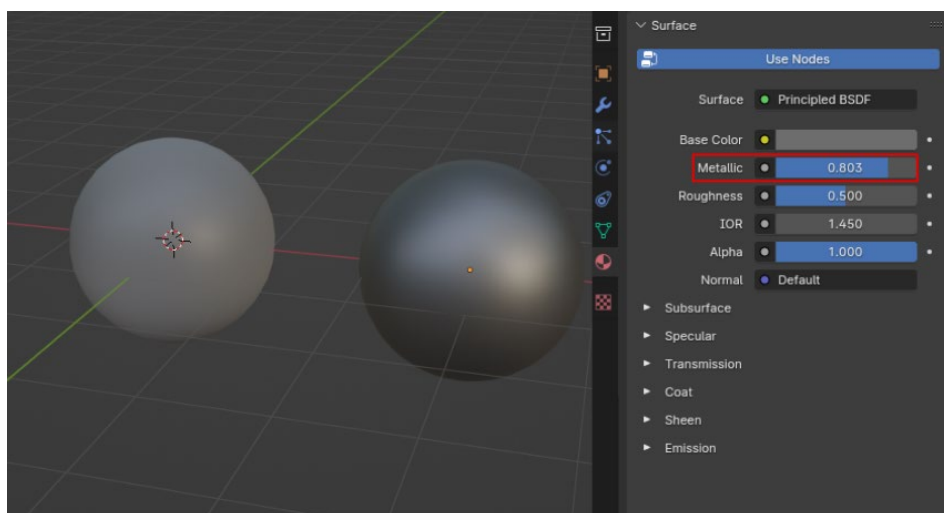
Bidirectional scattering distribution function (BSDF) je matematički model koji se koristi za opisivanje načina na koji se svjetlost raspršuje na površini materijala. BSDF definira raspodjelu svjetlosti koja dolazi na površinu i kako se ta svjetlost reflektira ili raspršuje u različitim smjerovima.

2. **Base color:** jedna od postavki vezanih za *shader Principled* *BDSF*; određuje primarnu boju površine materijala. Ova boja predstavlja dominantu boju koja će biti vidljiva na površini objekta kada se scena renderira.



Slika 51. Base color postavka

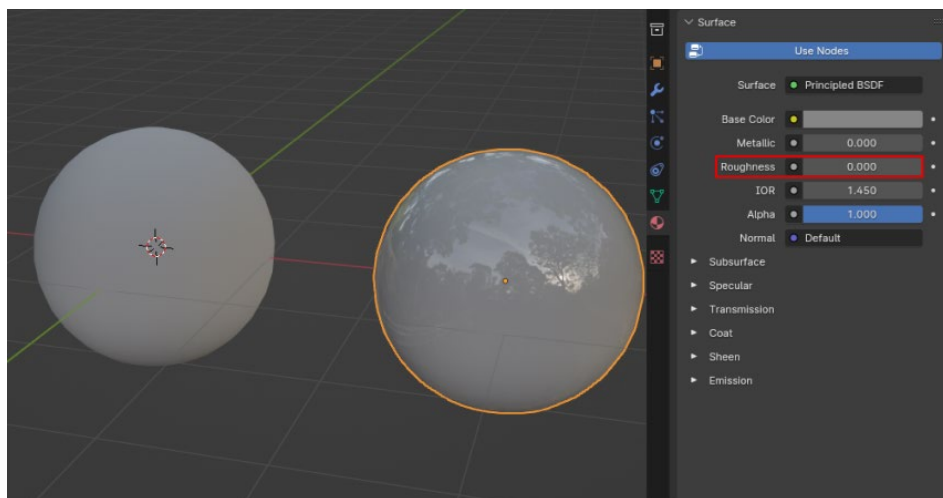
3. **Metallic:** svojstvo materijala koje određuje koliko materijal djeluje kao metal. Ovo svojstvo kontrolira hoće li materijal reflektirati svjetlost kao metal ili će se ponašati kao nemetalni materijal. Na slici niže može se vidjeti razlika. Obje kugle su istog sivog tona, no desna kugla ima veću vrijednost pod *Metallic*.



Slika 52. Postavka Metallic

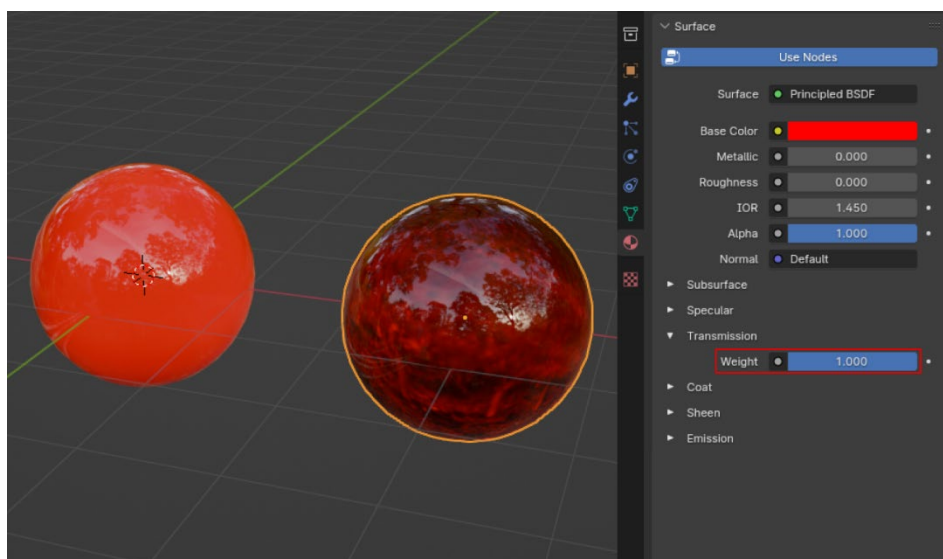
4. **Roughness** se odnosi na hrapavost materijala, svojstvo materijala koje kontrolira glatkoću ili grubost površine materijala. Utječe na to kako materijal reflektira svjetlost i koliko je površina reflektirajuća. Kada je postavka *Roughness* postavljeno na nižu vrijednost, površina materijala djeluje glađe i reflektirat će svjetlost na ujednačeniji način, što rezultira sjajnim izgledom. Kod viših vrijednosti površina će biti grublja i svjetlost će biti raspršena na različite načine stvarajući matirani ili difuzni izgled. Na slici niže prikazana je razlika između lijeve kugle, s

Roughness na 1 (maksimalna vrijednost) i desne kugle, s *Roughness* na 0.



Slika 53. Postavka *Roughness*

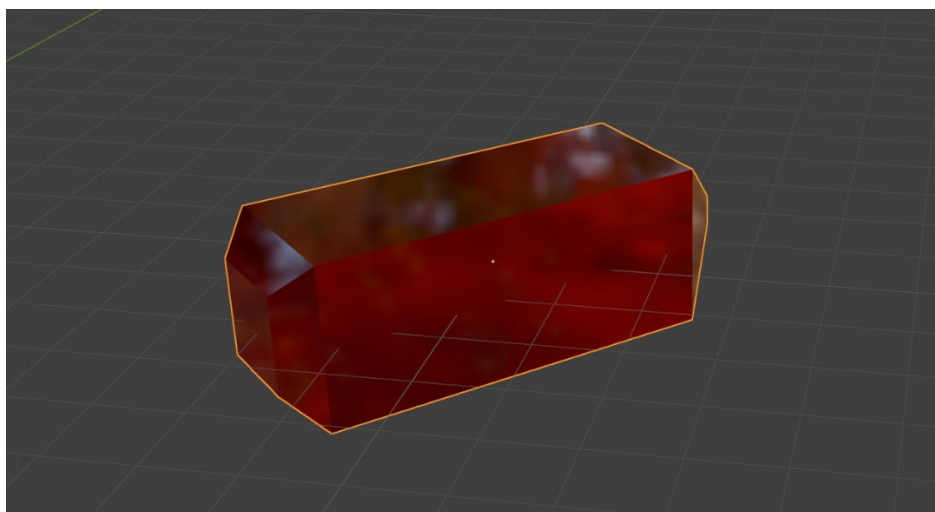
5. **Transmission** je svojstvo materijala koje kontrolira koliko svjetlosti prolazi kroz površinu materijala. Ovo svojstvo koristi se za simuliranje transparentnih materijala kao što su staklo, voda, ili plastika. Na slici niže obje kugle imaju *Roughness* na 0 da bi se lakše uočio efekt, no desna je kugla, za razliku od lijeve, postavljena na najvišu vrijednost na *Transmission Weight* simulirajući staklo.



Slika 54. Postavka *Transmission*

2.5. Vježba: Rad s 3D objektima

1. Otvorite novu datoteku i odaberite *General*.
2. Ostanite u *Object Modeu* te unutar prozora *Transform* postavite da se kocku translacija za 10 m po *x-osi* te ponovite isto za *y-os*. Objekt zarotirajte za 45° oko osi *z*.
3. Prebacite se u *Edit Mode* i odaberite *Face selection mode* .
4. Koristeći *Loop Cut*, napravite 4 okomitih reza na objekt.
5. U *Edit Modeu* bočna lica, koja nisu bila zahvaćena *Loop Cutom*, ekstrudirajte za 2 m koristeći *Extrude Along Normals*. U gornjem lijevom kutu će biti prikazan broj za koji se ekstrudira lice.
6. Nakon ekstruzije desno lice modificirajte koristeći *Bevel Tool* te postavite *Width* na 0.8, lociran unutar prozora *Bevel* s dodatnim opcijama, koji se otvori lijevo niže u pregledniku. Ponovite isti proces za lijevo lice, ali sa *Width* od 0,4. Potvrditi unos tipkom [Enter].
7. Prebacite se u *Object Mode*, označite objekt, odaberite *Material Properties* te pod *Surface* → **Base Color** postavite boju po izboru. Da bi se boja vidjela, pod *Viewport Shading* potrebno je postaviti na *Material Preview* .
8. Podesite *Transmission*, vrijednost *Weight* postavite 1.0 i *Roughness* pod *Surface* postavite na 0 da objekt djeluje kao da je staklen.
9. Spremite dokument (*File* → **Save as**) pod nazivom **Druga_vjezba.blend**. Slika niže je prikaz završenog zadatka.



Slika 55. Izgled završene vježbe 2.5.

3. Modifikatori i fizika u Blenderu

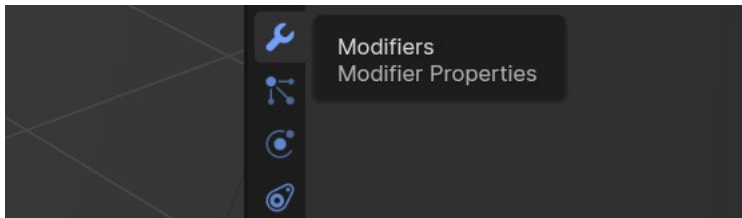
Po završetku ovoga poglavlja moći ćete:

- koristiti osnovne modifikatore u Blenderu
- primijeniti modifikatore na objekte u 3D prostoru
- dodavati teksture na objekte
- koristiti osnovne funkcije vremenske trake kod animacija.

Modifikatori (*Modifiers*) su automatske operacije koje utječu na geometriju objekta na način koji nije destruktivan. Pomoću modifikatora možete automatski izvesti mnoge efekte koji bi inače bili prezahtjevniji za ručno izvođenje i bez utjecaja na osnovnu geometriju vašeg objekta. Oni djeluju mijenjajući način prikaza i renderiranja objekta, ali ne i geometriju koja se uređuje. Geometrija u Blenderu predstavlja strukturu i oblik 3D objekta.

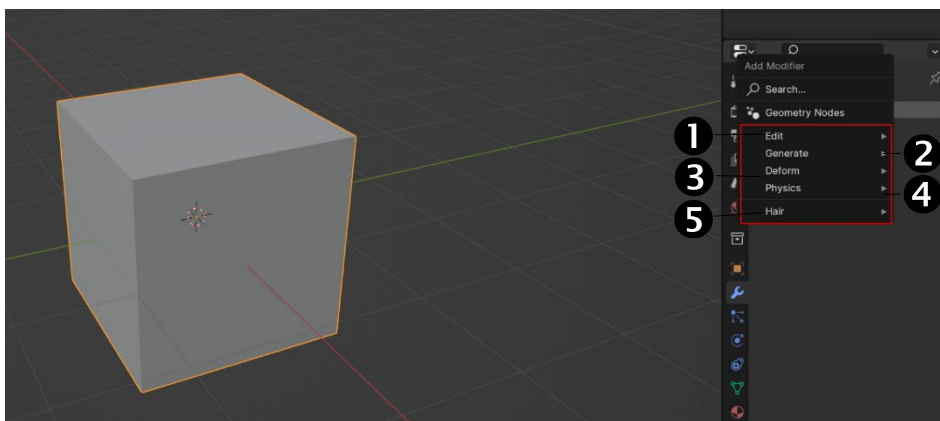
3.1. Tipovi modifikatora

Postoji više kategorija ili vrsta modifikatora te svaka kategorija ima svoju listu modifikatora koji su na izboru korisniku, no zbog velikog broja fokus će biti primarno na najvažnijim i najpraktičnijim modifikatorima. Kako bi se odabrao modifikator, potrebno je prvo selektirati objekt na kojeg se želi primijeniti modifikator te pod prozorom *Properties*, odabrati *Modifiers*.



Slika 56. Modifier Properties

Unutar prozora, pritiskom na *Add Modifier*, otvara se meni s kategorijama i njihovim modifikatorima:



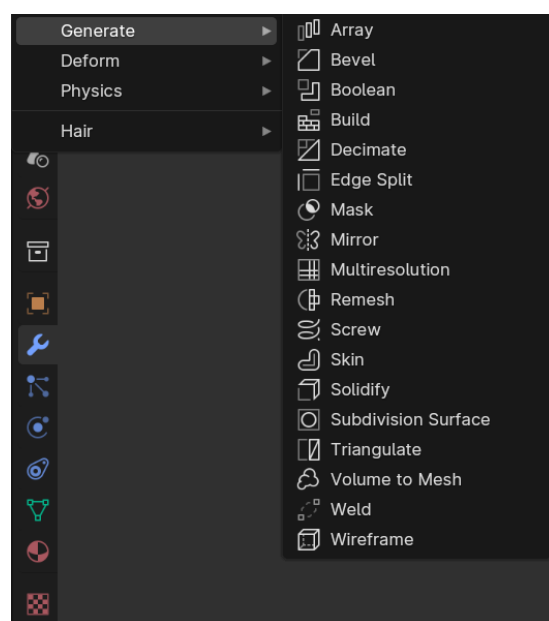
Slika 57. Kategorije modifikatora

1. **Edit:** slični modifikatorima *Deform* (niže pod broj 3), no obično ne utječu izravno na geometriju objekta, već na neke druge podatke, poput grupa vrhova (*vertex grupes*).
2. **Generate:** konstruktivni/destruktivni modifikatori koji će utjecati na cijelu topologiju mreže. Mogu promijeniti opći izgled objekta ili dodati novu geometriju. Topologija pokazuje na koji način su komponente mreže spojene jedne s drugima. Topologija nije ista stvar kao i oblik, moguće je imati više modela istog oblika s potpuno drugačijom topologijom.
3. **Deform:** za razliku od Generiranih modifikatora navedenih gore, ovi modifikatori samo mijenjaju oblik objekta, bez mijenjanja njegove topologije.
4. **Physics:** modifikatori koji simuliraju fizičke ili proceduralne efekte, primjerice simuliranje tkanine, interakciju između objekata, simuliranje tekućina itd.
5. **Hair:** kategorija koja dolazi iz pridružene knjižnice resursa koja se distribuira s Blenderom. *Hair* modifikatori su alati koji se koriste za manipulaciju i stiliziranje dlaka (vlasu) na modelima u Blenderu.

Tijekom tečaja, uz neke iznimke, primarno će se koristiti modifikatori unutar kategorija *Generate* i *Physics* budući da su glavni modifikatori locirani unutar tih kategorija te su odlični primjeri za upoznavanje na koji način različiti modifikatori utječu jedni na druge.

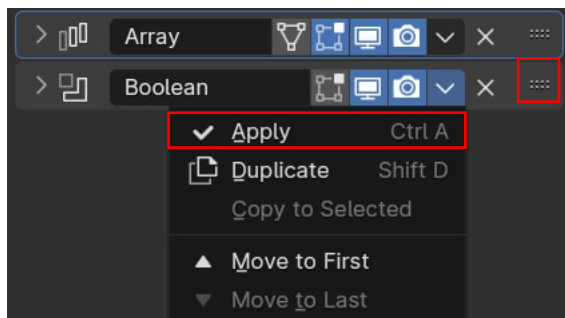
3.1.1. Generate modifikatori

Kao što je već iznad objašnjeno, *Generate* modifikatori su konstruktivni/destruktivni te će utjecati na cijelu topologiju mreže.



Slika 58. Vrste Generate modifikatora

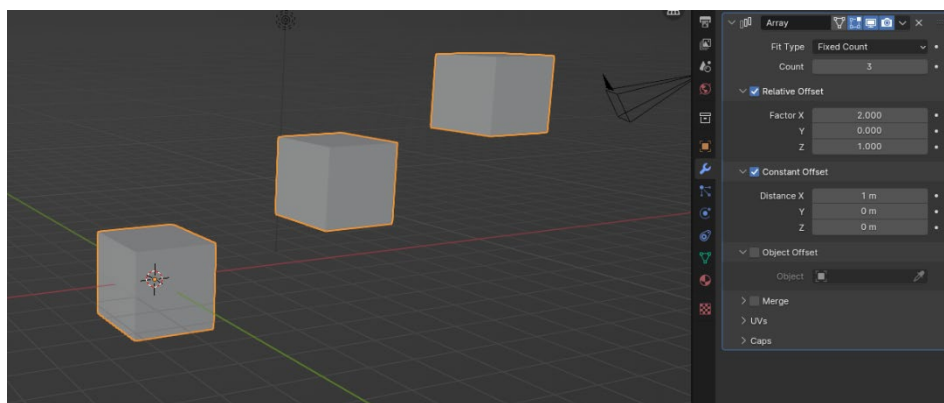
Može se dodati nekoliko modifikatora na jedan objekt kako bi se stvorio niz modifikatora (**Modifer Stack**) koji se mogu primijeniti (**Apply**) ako se želi trajno aplicirati njegove promjene. Modifikatori se izračunavaju odozgo prema dolje u nizu ili stogu. U nizu modifikatora, redosljed primjene modifikatora ima utjecaj na rezultat. Stoga se modifikatori mogu preuređivati pritiskom na oznaku za pomicanje (:::) u desnom kutu i pomicanjem odabranog modifikatora gore ili dolje. Na slici niže može se vidjeti primjer niza modifikatora. Svaki modifikator ima svoju oznaku za pomicanje te, kada se spusti strelica padajućeg izbornika, vidi se opcija *Apply* na samom vrhu koja služi da se potvrdi primjena modifikatora na odgovarajući objekt.



Slika 59. Potvrda promjena modifikatora

Neki od primjera *Generate* modifikatora:

Array: omogućuje stvaranje više kopija odabranog objekta i postavljanje tih kopija duž određene osi. To omogućuje brzo stvaranje niza objekata, što je korisno za stvaranje repetitivnih uzoraka, linearnih nizova, spiralnih oblika i slično. Modifikator *Array* može se koristiti na različite načine, uključujući stvaranje nizova stuba, lanaca, spiralnih stepenica i mnogo drugih stvari. Ova fleksibilnost čini modifikator *Array* izuzetno korisnim alatom za modeliranje u Blenderu.

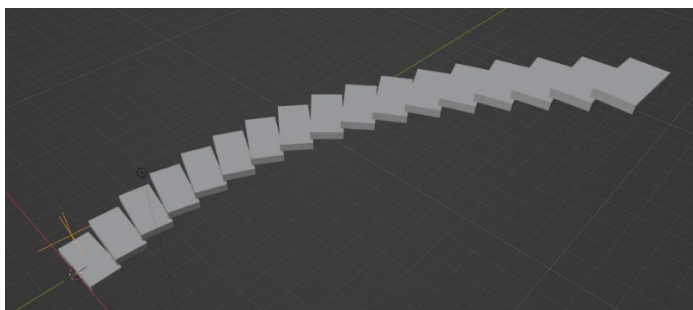


Slika 60. Array modifikator primjer

Osnovne postavke modifikatora:

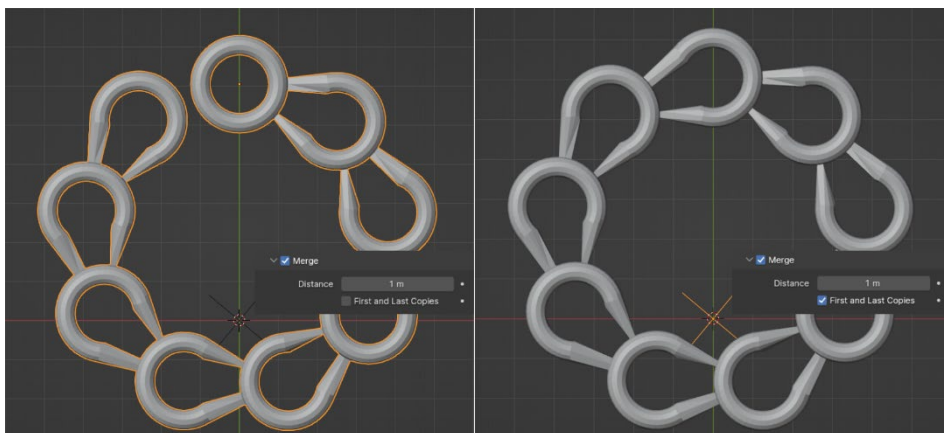
- **Count:** omogućuje odabir broja kopija objekta u nizu.
- **Relative Offset:** Definira relativni pomak između svake kopije u odnosu na prethodnu kopiju omogućujući složenije uzorke.

- **Constant Offset:** postavlja pomak odnosno ofset između svake kopije objekta u nizu duž odabrane osi. Može se koristiti za postizanje redovitih ili nepravilnih razmaka između kopija.
- **Object Offset:** omogućuje korištenje drugog objekta kao pomak za svaku kopiju originalnog objekta u nizu. To znači da se svaka kopija originalnog objekta može pozicionirati ili transformirati na temelju položaja drugog objekta. Na slici niže je primjer ofseta s *Empty* objektom *Plain Axes*. Objekti pod kategorijom *Empty* su objekti bez informacija o mreži te se ne pojavljuju u finalnom renderu scene, što je idealno za korištenje u ovom slučaju. *Empty* objekti dodaju se kao i svi drugi: prečac [Shift] + [A] te se izabere pod *Empty*. Dobra je praksa koristiti prazan objekt koji je centriran ili blizu početnog objekta. Primjerice, rotiranjem tog praznog objekta može se stvoriti krug, spirala objekata ili stepenice kao u slučaju na slici.



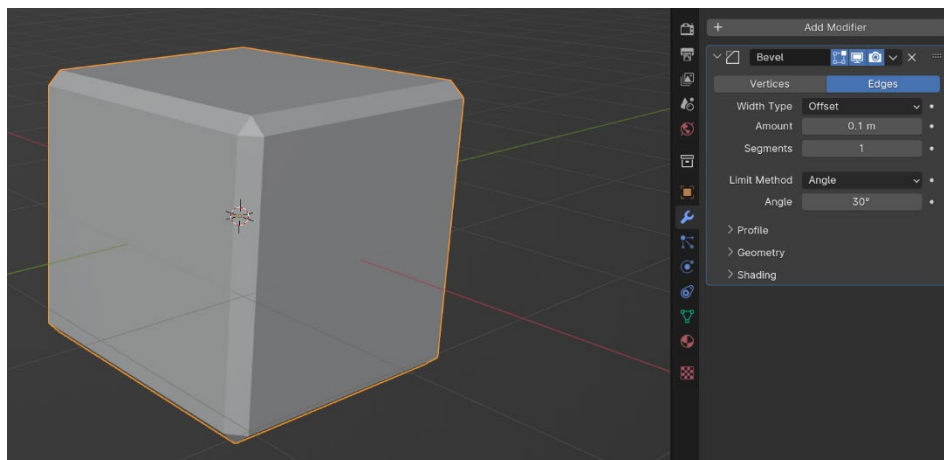
Slika 61. Primjer postavke Object Offset

- **Merge:** kontrolira hoće li se kopije objekta spojiti u jedan objekt ili će ostati zasebni objekti. Kada je opcija *Merge* aktivirana, Blender će automatski spojiti zajedničke točke između susjednih kopija objekta ako su dovoljno blizu jedna drugoj. Opcija *First and last copies*, ako je aktivirana, omogućuje spajanje prve i zadnje kopije objekata u nizu. Na slici niže prikazana je razlika između niza bez *First and Last Copies* s lijeve strane te niza s aktiviranom opcijom s desne strane.



Slika 62. Primjer za postavku Merge

Bevel: zaobljuje rubove mreže na koje je primijenjen te daje dodatnu geometriju s određenom kontrolom kako i gdje se zaobljenje primjenjuje na mrežu. To je nedestruktivna alternativa postupku zaobljavanja koristeći *Bevel* u *Edit Modeu*. U postavkama se može definirati hoće li modifikator utjecati samo na točke ili samo na bridove.



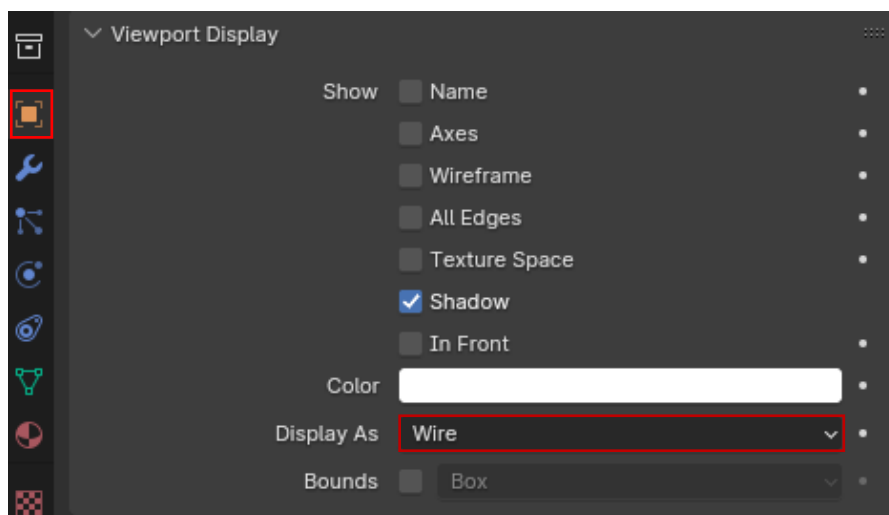
Slika 63. Primjer za modifikator *Bevel*

Osnovne postavke modifikatora *Bevel*:

- **Width Type:** Definira kako će se širina tumačiti da bi se odredila količina zaobljivanja.
- **Amount:** količina zaobljivanja određena u metrima.
- **Segments:** Definira broj segmenata koji čine zaobljenje. Više segmenata rezultira glađim zaobljenjem.

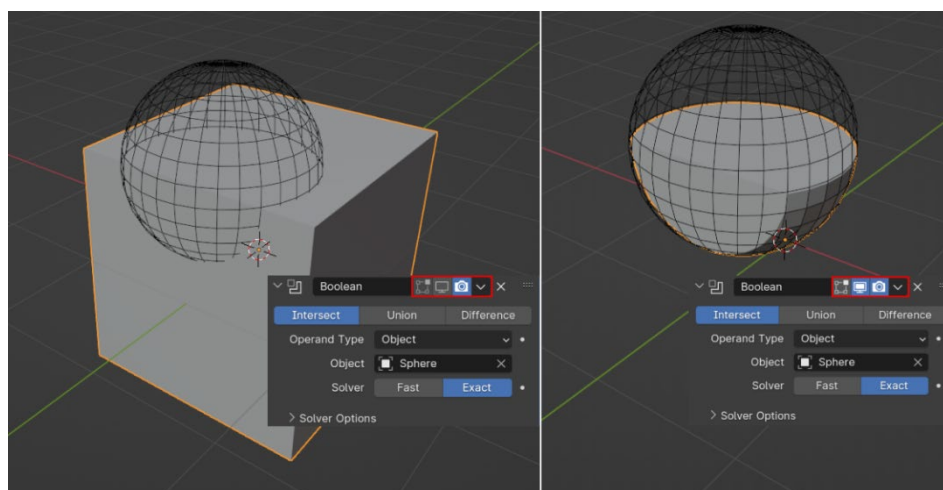
Boolean: modifikator koji omogućuje spajanje, oduzimanje ili presijecanje geometrije između dvaju ili više objekata. Kada se primijeni na objekt, Boolean modifikator izvodi Booleove operacije na tom objektu koristeći drugi objekt kao alat za manipulaciju geometrije. Postoje tri osnovne operacije Booleana koje se mogu primijeniti: **Union** (unija), **Difference** (razlika) i **Intersect** (presjek). Ova vrsta modifikatora korisna je za modeliranje kompleksnih oblika ili izradu detaljnih rezova i otvora u objektima. Kao što je već navedeno, *Boolean* Modifikator ima tri osnovne operacije:

- **Intersect:** operacija presjeka, stvara novi objekt koji sadrži samo dijelove koji se preklapaju između dvaju ili više objekata. Drugim riječima, samo dijelovi geometrije koji se zajedno preklapaju bit će zadržani u rezultirajućem objektu, dok će svi drugi dijelovi biti uklonjeni. Kako bi bilo preglednije i lakše se uočio efekt operacije, drugi objekt koji se koristi kao alat za manipulaciju geometrije bit će prikazan u mrežnom prikazu. Iznad ikone *Modifiers*, unutar prozora *Properties* treba otići na *Object Properties* te izabrati *Viewport Display* → *Display As* → **Wire** kao što je prikazano niže na slici.



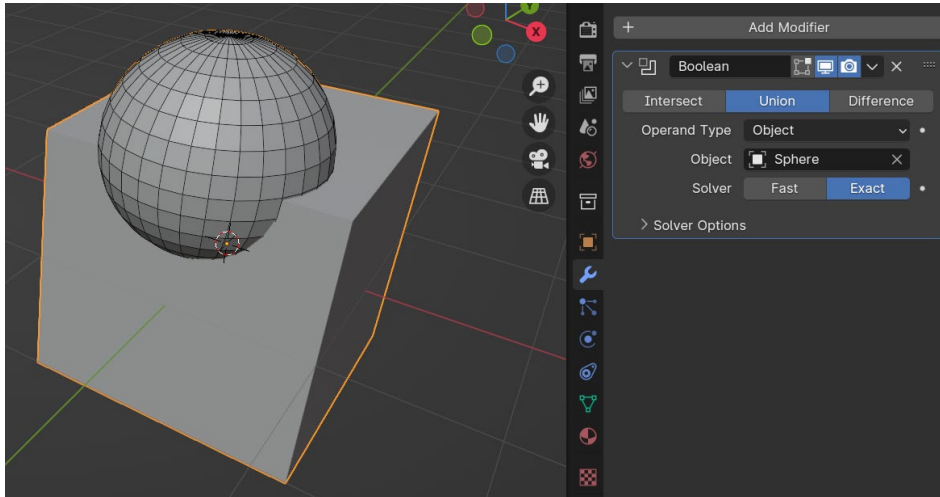
Slika 64. Postavka Wire

Kao primjer uzet će se kocka kao prvi objekt na koji će se dodati *Boolean* modifikator varijante *Intersect* te će se odabrati kugla kao drugi objekt za manipulaciju geometrije prvog objekta. Pod *Object* u postavkama modifikatora potrebno je odabrati drugi objekt kako bi modifikator imao efekta. Na lijevoj slici niže vide se prvi i drugi objekt u originalnom stanju, prije nego što se primijeni modifikator. Kada se primijeni modifikator, samo je presjek dvaju objekata vidljiv, kao što je prikazano na desnoj slici niže, što je i funkcija ove varijante modifikatora. Također, u crvenom okviru vidi se razlika između lijeve i desne slike: na desnoj slici je uključen **Realtime**, ikona ekrana, koji omogućuje prikaz efekta određenog modifikatora. Ako je isključen, kao na lijevoj slici, efekt modificiranja nije vidljiv.



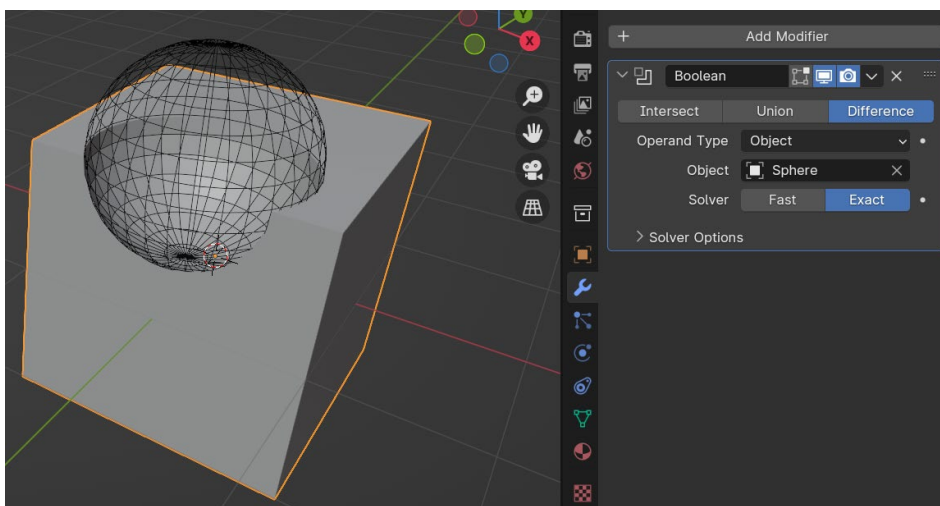
Slika 65. Primjer za postavku Intersect

- **Union:** operacija koja kombinira geometriju dvaju ili više objekata tako da stvara jedinstveni objekt koji obuhvaća sve dijelove svih objekata koji su uključeni u operaciju. Rezultat je spojeni objekt koji obuhvaća sve geometrije originalnih objekata. Postupak je isti kao i kod varijante *Intersect*, samo je drugi efekt. Primjer unije kocke i kugle na slici niže:



Slika 66. Primjer postavke Union

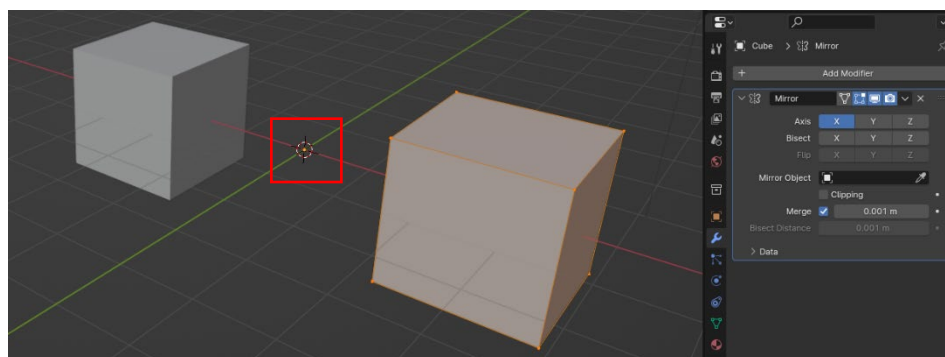
- **Difference:** stvara novi objekt koji se formira oduzimanjem geometrije jednog objekta od geometrije drugog objekta. Drugim riječima, geometrija jednog objekta „izrezuje“ se ili „izvlači“ iz geometrije drugog objekta. Rezultat je objekt koji sadrži geometriju prvog objekta s geometrijom drugog objekta uklonjenom iz nje. Primjer na slici niže:



Slika 67. Primjer za postavku Difference

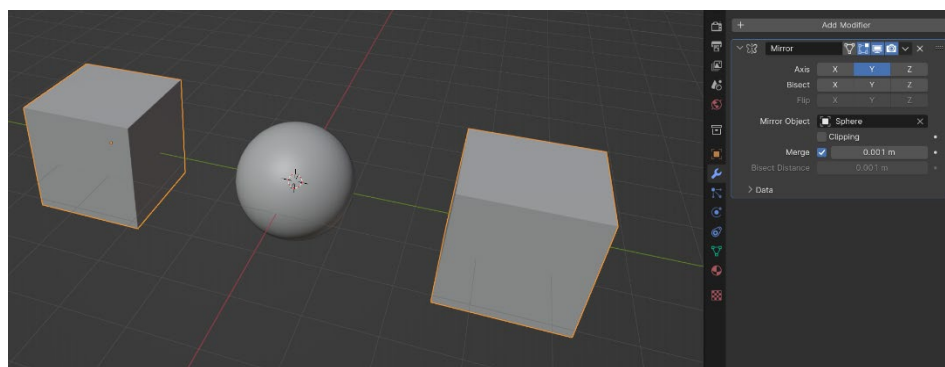
Mirror: modifikator koji omogućuje stvaranje zrcalnog objekata duž njezinih lokalnih x-, y- i/ili z-osi preko objektnog podrijetla. Objektno podrijetlo ili **Object Origin** je referentna točka koja se koristi za pozicioniranje, rotaciju i skaliranje objekta te za definiranje njegovih koordinata u prostoru. Sve promjene koje se naprave na jednoj strani automatski će biti replicirane na drugoj strani, što je korisno za stvaranje simetričnih objekata. Osim toga, ovaj modifikator može biti koristan i za modeliranje asimetričnih objekata jer omogućuje raditi na samo jednoj strani, a Blender će automatski replicirati promjene na drugu stranu.

Kako bismo stvorili zrcalni objekt koristeći objektno podrijetlo, potrebno je pomaknuti originalni objekt putem *Edit Modea* kako bi referentna točka ostala u centru koordinatnog sustava. Da se objekt pomaknuo putem *Object Modea*, referentna točka pratila bi objekt, što u ovom slučaju nije cilj. Referentna točka objekta može se vidjeti na slici niže, unutar crvenog okvira.



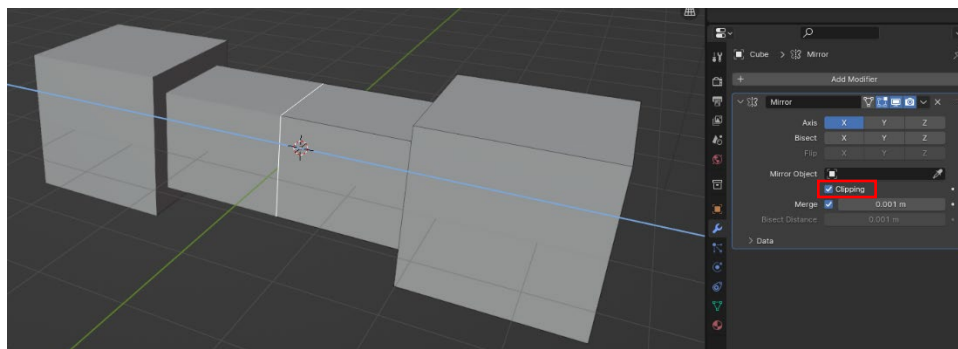
Slika 68. Prikaz referentne točke

Također, umjesto da se koristi *Object Origin*, postoji opcija **Mirror Object** koja omogućuje da drugi objekt postane „referentna točka“ za zrcaljenje duž njezinih lokalnih osi. Na slici niže referentni objekt je kugla.



Slika 69. Objekt kao referentna točka

Također, jako korisna opcija kada se želi spojiti objekt sa zrcalnom verzijom objekta je opcija **Clipping**. Kada je uključena, pri ekstruziji objekta prema sredini objekt i zrcalna verzija tog objekta ne prelaze jedan preko drugog, odnosno ne ignoriraju se međusobno pri kontaktu, nego se spoje pri doticaju kao što je prikazano niže na slici.



Slika 70. Postavka Clipping

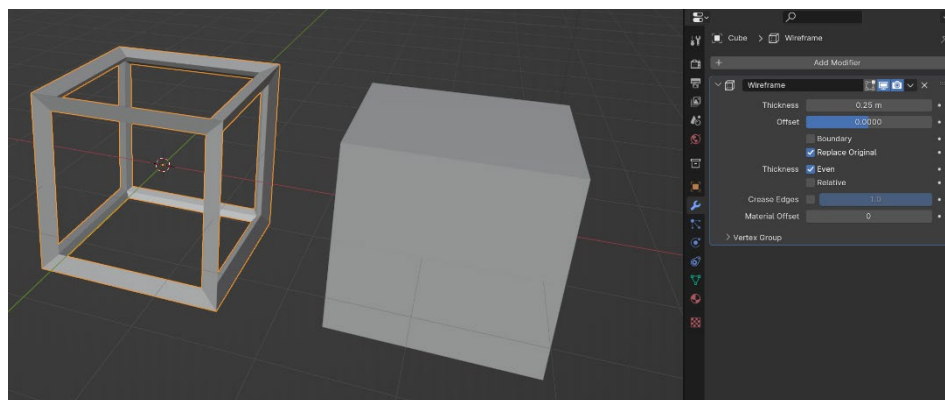
Subdivision Surface: modifikator koji se koristi za izgladivanje i dodavanje detalja modelima pomoću podjele površine. Kada primijenite *Subdivision Surface modifier* na objekt, Blender će automatski podijeliti površinu objekta na više manjih segmenata stvarajući izgladeniji izgled. Ovaj modifikator povećava gustoću mreže dodajući više geometrijskih detalja, ali istovremeno čuva osnovni oblik objekta. Može se kontrolirati razina podjele kako bi se postigao željeni stupanj glatkoće i detalja. Modifikator *Subdivision Surface* često je korišten u modeliranju glatkih površina poput ljudskih likova, vozila ili arhitektonskih elemenata kako bi se postigla realističnija i estetski privlačnija finalna verzija modela. Od postavki za *Subdivision Surface* bitne su **Levels Viewport** i **Render**. *Levels Viewport* ili *Levels* omogućuje da se odredi koliko se razina podijeljenosti želi primijeniti na objekt. Veći broj razina rezultira glatkijim objektom, ali može povećati broj poligona i utjecati na performanse, dok *Render* ili **Render Levels** kontrolira broj razina podijeljenosti koji će biti primijenjeni tijekom faze renderiranja scene. Korisno je ako se žele koristiti više razine podijeljenosti tijekom renderiranja kako bi se dobila visoka kvaliteta rendera, dok je u isto vrijeme moguće koristiti manje razine u preglednom načinu rada kako bi se održale performanse.



Slika 71. Primjer za modifikator Subdivision

Wireframe: modifikator koji pretvara mrežu u žičani okvir prikupljajući sve bridove i pretvarajući te bridove u četverokutne poligone. Bitno je da mreža ima lica da bi se mogla prikazati kao žičani okvir. Debljinu,

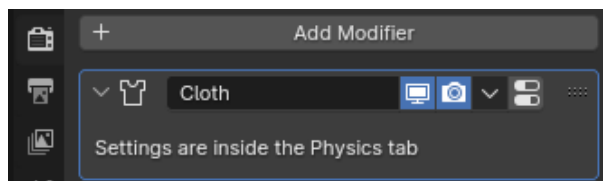
materijal i druge parametre generiranog žičanog okvira može se definirati putem opcija modifikatora. **Thickness** određuje dubinu ili veličinu žičanog okvira, ako se omogući **Replace Original**, originalna mreža zamjenjuje se generiranim žičanim okvirom. Ako nije uključeno, žičani okvir se generira preko originalne mreže. **Offset** postavka, koja ima vrijednosti između -1 i 1, odlučuje da se generira žičani okvir unutar ili izvan originalne mreže. Kada je postavljeno na nulu, pomak će centrirati žičani okvir oko originalnih bridova. Na slici niže s lijeve strane vidi se kocka s postavljenim modifikatorom *Wireframe*.



Slika 72. Primjer modifikatora *Wireframe*

3.1.2. Physics modifikatori

U Blenderu *Physics* modifikatori omogućuju simulaciju različitih fizičkih efekata na objektima unutar scene. No, za razliku od *Generate Modifier* grupe modifikatora pri dodavanju *Physics* tipa modifikatora postavke se nalaze se unutar posebnog prozora pod **Physics Properties**. *Physics* modifikatori će biti vidljivi unutar *Modifier Properties*, ali će biti prikazan tekst „Settings are inside the Physics tab“ kao što je prikazano niže na slici:

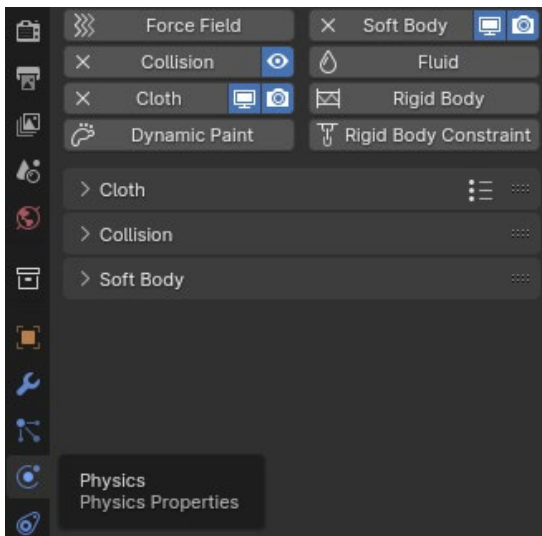


Slika 73. *Physics* modifikator prikazan u *Modifier Properties*

Physics modifikatori zbog svoje kompleksnosti i broja postavki koje su dostupne za svaki od modifikatora pozicionirani su pod poseban prozor radi lakše preglednosti. Važno je samo imati na umu, da će, kada se dodaju *Physics Properties*, taj odabir biti vidljiv na listi *Physics* modifikatora i obratno, osim par iznimki.

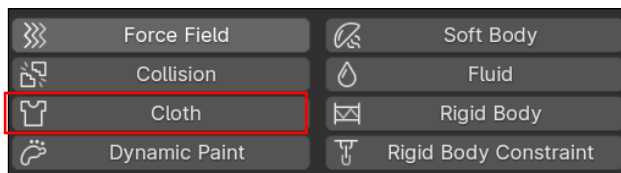
3.2. Physics properties

Physics properties u Blenderu su svojstva koja se primjenjuju na objekte kako bi se simulirali različiti fizički efekti unutar scene. Ova svojstva omogućuju objektima da reagiraju na različite sile poput gravitacije, trenja, sudara i drugih interakcija unutar 3D prostora. Također omogućuju detaljnu kontrolu nad simulacijom fizičkih efekata i stvaranje realističnih animacija. Kako bi se najlakše objasnili neki od fizičkih svojstva i gdje se koriste, kao primjer će se uzeti kocka koja pada na komad tkanine. Interakcija između tih dvaju objekata zahtijeva dodavanje nekoliko vrsta svojstava fizike na svaki od tih objekata. Svojstva koja će se koristiti su **Collision**, **Cloth** i **Soft Body**.



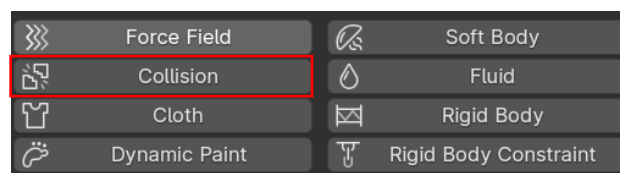
Slika 74. Prikaz uključenih svojstva fizike

Cloth (Tkanina) omogućuje simulaciju tkanine na objektima. Simulacija tkanine jedan je od najtežih aspekata računalne grafike. Naizgled jednostavan predmet koji se u stvarnom svijetu uzima olako zapravo ima vrlo složene unutarnje i okolišne interakcije. Tkanina se obično modelira kao 2D mreža kako bi se simulirali predmeti poput zastava ili transparenta, ali također se može koristiti za modeliranje 3D predmeta kao što su plišane životnije, jastuci, baloni ili lopte.



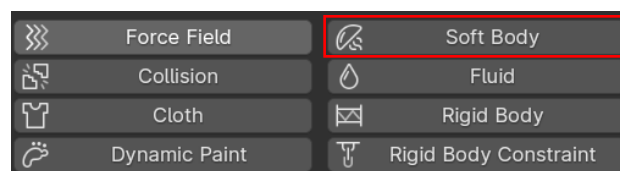
Slika 75. Simulacija tkanine

Collision (kolizija) omogućuje simulaciju sudara između objekata unutar scene. Kada je primijenjen na objektu, ovaj modifikator omogućuje tom objektu da reagira na sudar s drugim objektima u sceni, poput odbijanja ili prolaska kroz njih.



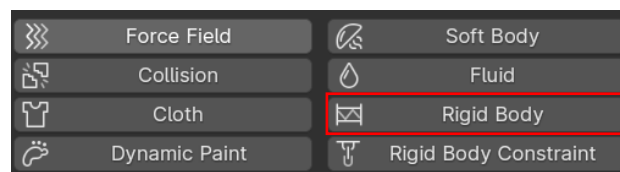
Slika 76. Simulacija kolizije

Soft body (Meko tijelo) koristi se za simuliranje mekih objekata koji se deformiraju. Primarno je osmišljen za dodavanje sekundarnih pokreta animaciji, poput trešnje koja simulira ponašanja želea. Također se koristi za simuliranje općenitijih mekih objekata koji se savijaju, deformiraju i reaguju na sile poput gravitacije i vjetrova, ili se sudaraju s drugim objektima. Za tkanine i slične objekte nije idealan izbor, unatoč tome što ih može simulirati. U tim slučajevima koristi se već spomenuti modifikator *Cloth* koji je osmišljen upravo za tu svrhu. Meka tijela mogu međudjelovati s drugim objektima putem kolizija. Mogu međudjelovati i sami sa sobom, gdje se točke istog objekta međusobno udaraju, pomoću postavke *Self Collision*.



Slika 77. Simulacija mekih objekata

Rigid Body (Kruto tijelo) simulira kruto tijelo te se može koristiti za simuliranje kretanja čvrstih objekata. Utječe na položaj i orijentaciju objekata i ne deformira ih. Za razliku od drugih simulacija u Blenderu, simulacija krutog tijela radi bliže s animacijskim sustavom. To znači da se kruta tijela mogu koristiti kao obični objekti i s animacijskim ograničenjima. Primjerice, postoji opcija koja omogućuje da se objekt može isključivo kretati korištenjem animacijskog sustava. O tome više kasnije. Postoje dva tipa krutih tijela: aktivna i pasivna. Aktivna tijela se dinamički simuliraju, dok pasivna tijela ostaju statična. Tip krutih tijela može se postavljati u opcijama.



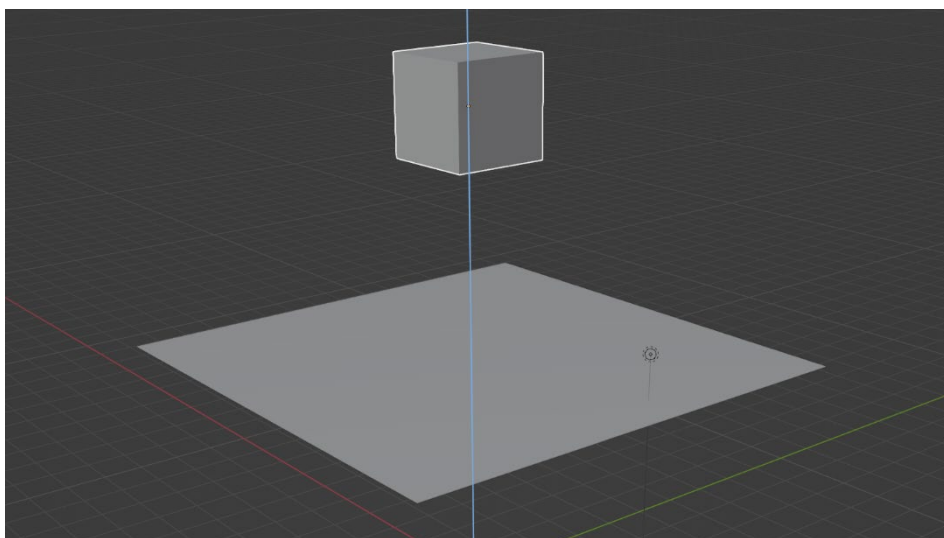
Slika 78. Simulacija krutih tijela

Važna napomena vezana za mekana tijela i kruta tijela: u Blenderu interakcija između objekta s modifikatorom *Soft Body* i objekta s *Rigid Body* nije moguća. Svi objekti u interakciji moraju imati *Rigid Body* aktivan da bi simulacija funkcionirala ili, u slučaju objekata sa *Soft Body*, meka tijela samo djeluju međusobno ili s objektima koji imaju modifikator *Collision*. Ukratko, interakcija između objekta s modifikatorom *Cloth* i padajućeg objekta s modifikatorom *Rigid Body* pokazao se kao lošiji izbor u ovom slučaju, ne pridonosi dobre rezultate. Čini se da Blenderov *physics engine*, „pokretač“ koji je zadužen za fiziku, nije idealan za

ovakve radnje te ga ne podržava. Iz ovog razloga u sljedećem primjeru koristiti će se modifikatori *Soft Body* i *Collision* koji bolje reagiraju sa simulacijom tkanine.

3.2.1. Simulacija tkanine i kolizije

Već navedene fizičke modifikatore najbolje će se objasniti primjerom, gdje će biti interakcija dvaju objekata. Ravna ploha koja će se prilagoditi tkanini te kocka koja će pasti na tu tkaninu. Za početak, nova datoteka, kocka je već automatski dodana tako da je samo potrebno dodati ravnu plohu koja će se koristiti kao platno. [Shift] + [A] → *Mesh* → **Plane** za dodavanje ravne ploha u scenu, koju je zatim potrebno povećati pet puta. Kada je ploha selektirana, tipkom [S] skalira se ploha te se pritisne brojka po izboru, u ovom slučaju tipka [5]. Sada su svi objekti u sceni i potrebno ih je podesiti po osi z. Za brže podešavanje koristit će se kratice gdje god je praktično. Zatim treba označiti kocku lijevom tipkom miša [LMB], te ju namjestiti na visinu od 10 jedinica, odnosno tipka [G], odabere se z-os tipkom [Z] te se upiše broj deset. Unutar prozora *Transform* (tipka [N]) vidi se da je pod *Location* vrijednost Z = 10. Isto načelo je za platno, samo će se platno podesiti na Z = 5. Pozicija objekata mora biti kao na slici niže.

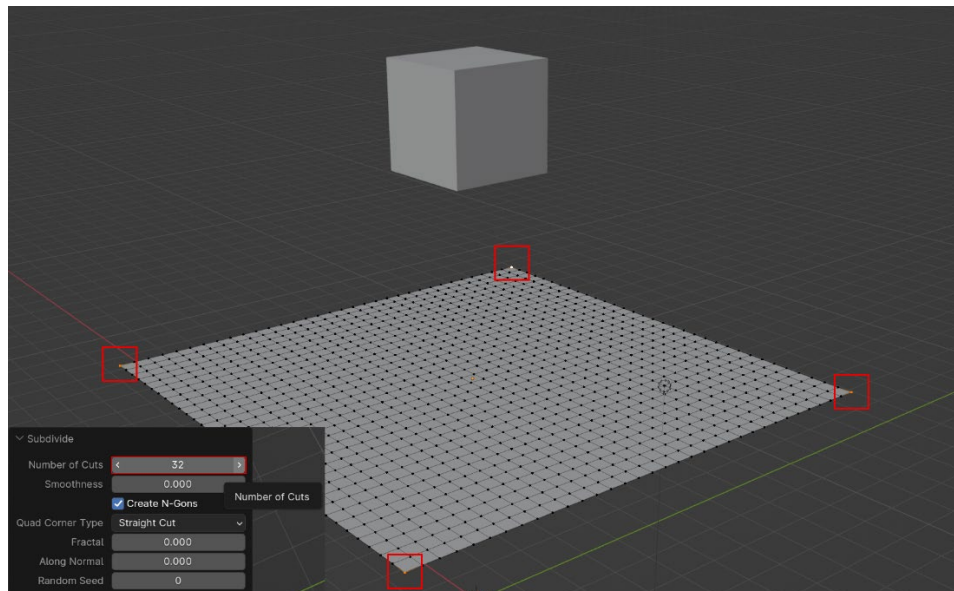


Slika 79. Postavljanje kocke i plohe

Svi su objekti na pozicijama, a sada je potrebno izraditi tkaninu koristeći plohu. Da bi ploha adekvatno mogla simulirati tkaninu, potrebno ju je podijeliti na manje cjeline koristeći alat *Subdivide*. Provjerite je li odabran „alat *Select Box* te zatim selektirajte plohu lijevom tipkom miša [LMB], odaberite rad u *Edit Modeu* (kratica za prebacivanje iz *Object Modea* u *Edit Mode* je tipka [Tab]) te desnom tipkom miša [RMB] odaberite *Subdivide*. Nakon što je *Subdivide* primijenjen, potrebno je podesiti broj podjela ili *Number of Cuts* u postavkama u donjem lijevom kutu sučelja, i to na 32 podjele.

Pravilo je što je veći broj podjela ploha će bolje simulirati ponašanje tkanine, no veći broj podjela dolazi s većim zahtjevima na računalo što se tiče brzine procesuiranja. Nakon što je postavljen adekvatan broj

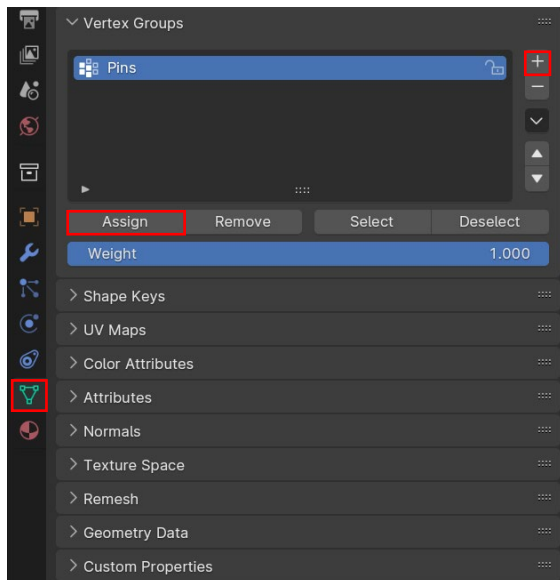
podjela, potrebno je označiti jednu kutnu točku kako bi nestala selekcija s ostalih točaka plohe. Zatim se drži tipka [Shift] i selektiraju se ostale kutne točke kako bi bile grupno označene. Na slici niže prikazane su točke koje se trebaju označiti, unutar crvenih okvira. Te točke će služiti kao „kuke“ te će držati tkaninu u zraku. U protivnom bi kocka i tkanina samo padale bez da dođu u kontakt.



Slika 80. Postavljanje kuka za platno

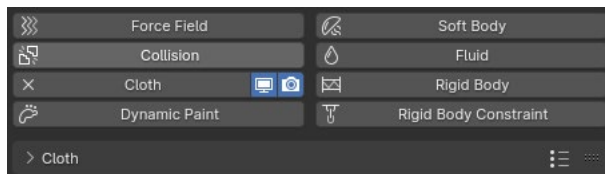
Da bi se podesile „kuke“, potrebno je stvoriti **Vertex Group** odnosno grupu točaka. Grupe točaka stvaraju se pod **Data** unutar prozora **Properties**. Kada su željene točke označene, pritiskom na ikonu plusa odnosno na **Add Vertex Group** pojavi se „**Group**“ koji je u ovom slučaju preimenovan u „**Pins**“, kao što je prikazano na slici niže. Ako se želi preimenovati grupa, potreban je dvostruki pritisak na ime pa će se omogućiti upis novog naziva.

Kada je grupa stvorena, treba se prihvatiti točke dodijeljene toj grupi pritiskom na **Assign**. Odabirom **Remove** točke koje su dodijeljene određenoj grupi se brišu te grupa postaje „prazna“, dok **Select** i **Deselect** služe za selektiranje odnosno uklanjanje selekcije točaka koje su dodijeljene određenoj grupi. Kada su točke selektirane, imaju narančastu boju.



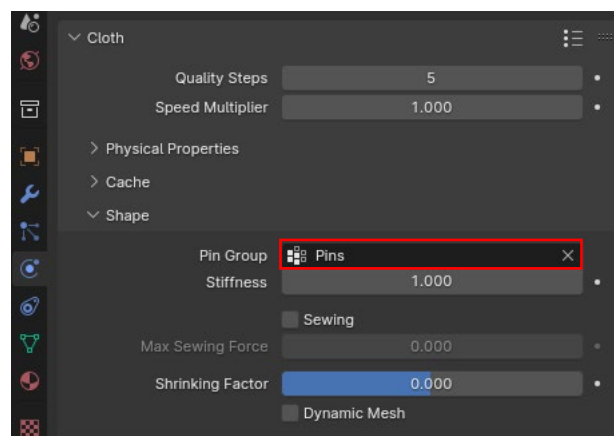
Slika 81. Dodjeljivanje točaka grupi

Ploha je spremna te je sljedeći korak dodjeljivanje modifikatora. Prvo će se krenuti s modifikatorom *Cloth*. Dodavanje ide putem *Physics properties* te pritiskom na *Cloth*. Unutar kartice *Cloth* pojavljuju se tri nove ikone. Na lijevoj strani pojavljuje se križić, koji služi za micanje modifikatora s aktivnog objekta te sa desne strane ikone ekrana i kamere. Ikona ekrana pod nazivom **Realtime** omogućuje da korisnik uključi ili isključi efekt modifikator u sceni, u ovom slučaju ploha će ostati ravna i neće se deformirati kao tkanina. Ikona kamere odnosno **Render** služi za uključivanje i isključivanje modifikatora tijekom renderiranja scene. Drugim riječima, tijekom renderiranja ploha se neće ponašati kao tkanina.



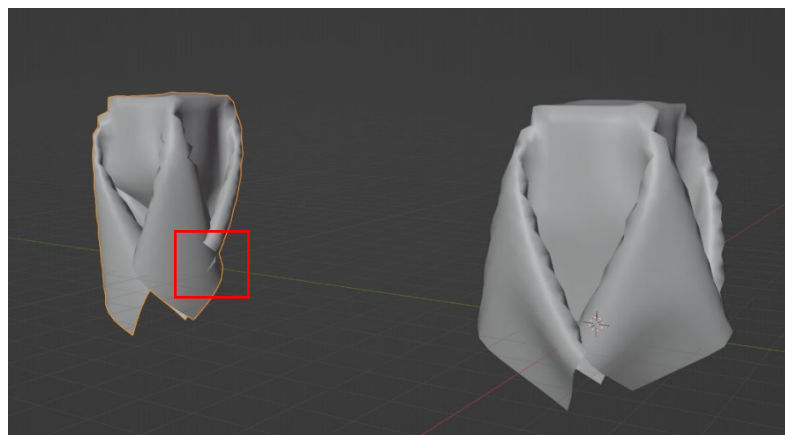
Slika 82. Uključeni modifikator Cloth

Modifikator *Cloth*, kao i svi ostali modifikatori unutar *Physics properties*, ima dosta postavki koje su dostupne za podešavanje. Za ovaj zadatak u primjeru potrebne su dvije. Prva postavka vezana je za već spomenute „kuke“ i kako ih namjestiti. Pod *Cloth* → *Shape* → **Pin Group** potrebno je izabrati grupu točaka „Pins“, koja je namijenjena da drži tkaninu. *Pin Group* služi za odabir grupe točaka koje će poput igli držati objekt i na taj način kontrolirati oblik. Ostale postavke unutar *Shape* ostavljaju se kakve jesu. Postavka je prikazana na slici niže.



Slika 83. Odabir grupe točaka

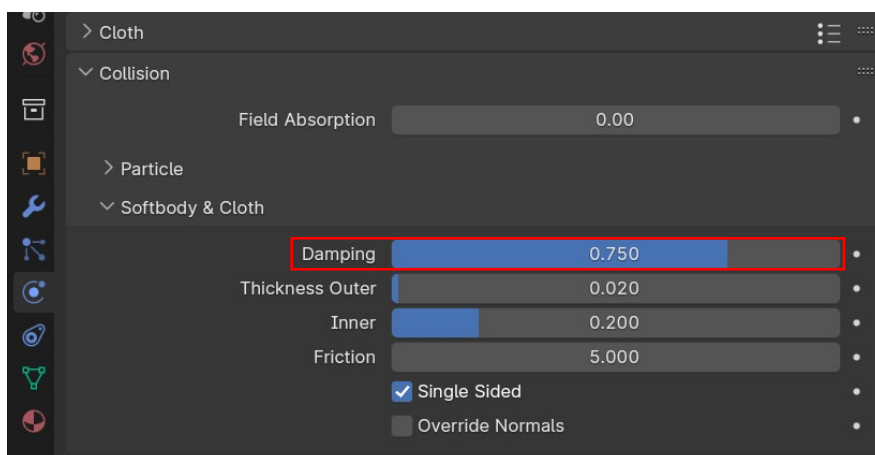
Sljedeća postavka nalazi se pod *Cloth* → *Collisions* → **Self Collisions**. Ovu postavku potrebno je uključiti da tkanina ne krene probijati samu sebe tijekom animacije, nego da se prepozna kao zaseban objekt koji ne može prolaziti kroz samog sebe, kao i pravi komad tkanine. Na slici niže prikazan je test gdje tkanine padaju na kocke, s lijeve strane je tkanina s isključenim *Self Collisions*, a s desne s uključenom postavkom. Na prvi pogled ne vidi se neka značajna razlika, ali ako se bolje pogleda na lijevoj kocki, dio platna prolazi kroz samog sebe, kao što je bilo za očekivati, jer je opcija isključena. Proboj se može vidjeti unutar crvenog okvira.

Slika 84. Primjer sa i bez uključene postavke *Self Collisions*

Sada je potrebno aktivirati modifikator *Collision* koji omogućuje interakciju između objekata, odnosno da dođe do kolizije. U protivnom bi kocka prošla kroz platno. *Collision* se može isključiti ikonom oka s desne strane kartice. Na slici niže označeno crvenim okvirom vidi se ikona kada je *Collision* isključen. Korisno za testiranje pri uspoređivanju efekta sa i bez uključenog modifikatora.

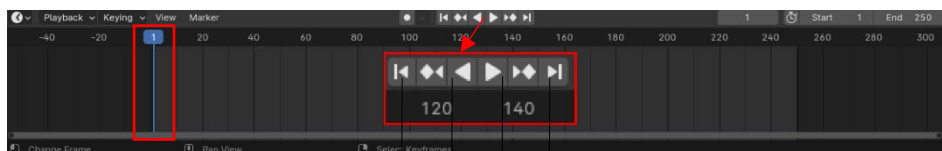
Slika 85. Isključivanje modifikatora *Collision*

Od postavki za modifikator *Collision* pod *Softbody & Cloth* → **Damping** potrebno je podesiti na 0.750. *Damping* ili prigušivanje je vrijednost koja se može namjestiti između 0 i 1. Kada je namješteno na vrijednosti 0, to predstavlja maksimalno odskakanje od objekta koji dođe u kontakt s platnom, dok vrijednost od 1 kompletno priguši taj efekt i nema odskakivanja pri kontaktu. Što je veća vrijednost, to je manje odskakivanje. Pokazalo se da vrijednost 0.75 donosi najbolji efekt, najvjernije simulira kako bi to u realnosti izgledalo. Niže na slici je prikazana postavka *Damping*.



Slika 86. Postavljanje vrijednosti *Damping*

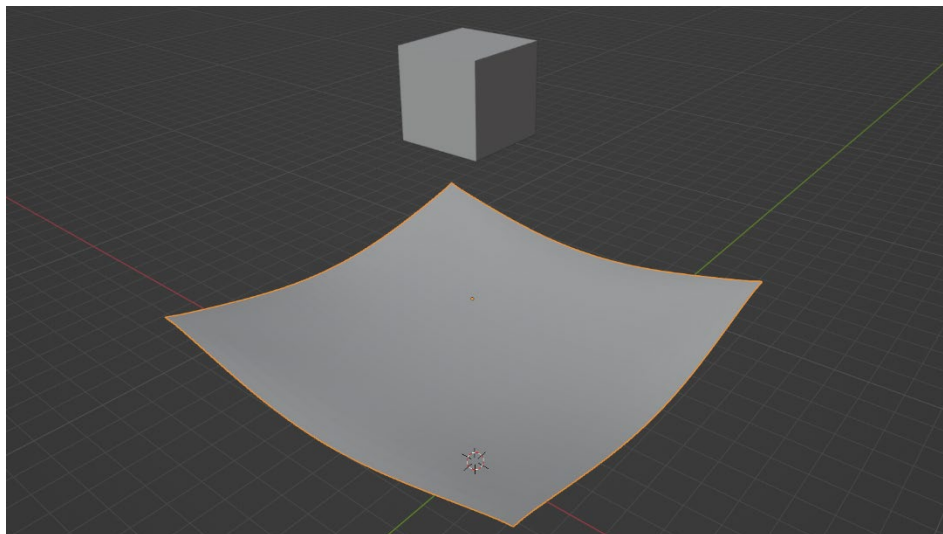
Pošto su sve postavke za plohu namještene, vrijeme je da se provjeri funkcioniraju li modifikatori. Kako biste to provjerili, potrebno je koristiti vremensku traku (**Timeline**) te pokrenuti animaciju. Za sada spomenut će se samo osnove korištenja trake za svrhu pokretanja animacije, kasnije će se objasniti u više detalja. Na slici niže prikazan je *Timeline*, na samom dnu Blenderova sučelja, gdje su unutar crvenog okvira **Transport Controls**, naredbe za kontrolu toka animacije. Da bi se pokrenula animacija, potrebno je pritisnuti **Play Animation** označen brojem 3, a za pokretanje animacije unatrag ikonu označenu brojem 2. Ikone označene brojkama 1 i 4 služe za prebacivanje animacije na prvi ili zadnji kadar. Prije pokretanja animacije potrebno je izaći iz *Edit Modea* i ući u *Object Mode*. Animacija završava kada plava linija na početku trake dođe na desnu stranu te pokazuje brojku 250, brojku koja predstavlja standardnu postavku za duljinu vremenske trake, odnosno 250 kadrova ili **Frames**.



Slika 87. Dijelovi vremenske trake

Kada pokrenemo animaciju i pustimo da se odigra do kraja, platno će se opustiti i ostat će visjeti na „kukama“. Prije nego što se krene s doradama na kocki, na platnu se može primijeniti još jedna postavka. Ako se bolje pogleda na platno, mogu se primijetiti kvadratići na površini. Njih se može ukloniti, odnosno površina se može izgladiti tako da više

nisu vidljivi. To je moguće primjenom alata **Shade Smooth**, kojim se geometrija objekta ustvari ne mijenja, nego se mijenja način na koji Blender kalkulira raspodjelu sjena po površini objekta dajući iluziju glatke površine. Dok je platno selektirano, tipkom [RMB] otvara se prozor s opcijama gdje se na vrhu nalazi *Shade Smooth*.

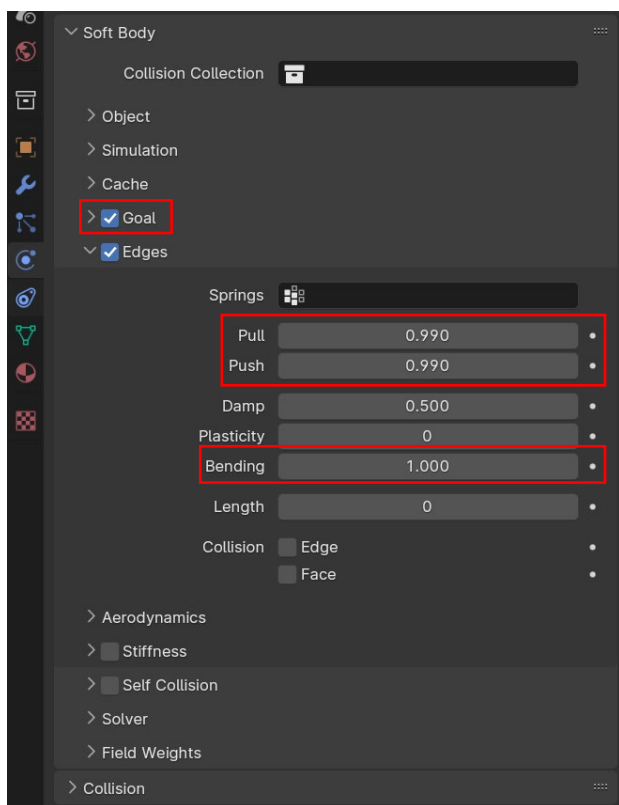


Slika 88. Ploha oponaša tkaninu

Prvi dio simulacije je spreman, ploha se ponaša poput tkanine kako je određeno, a sada je potrebno podesiti postavke za kocku koja bi trebala pasti na površinu tkanine. Kocka, kao i tkanina, mora imati prisutan modifikator *Collision* s istim postavkama, znači Damping na 0.75. Preostaje još dodati modifikator *Soft Body* i podesiti njegove postavke. Kao prvi korak potrebno je isključiti postavku **Goal** jer kada je *Goal* uključen, objekt ostaje u zraku i ne reagira na fizičke modifikatore. Kocka s trenutnim postavkama može pasti na platno, no pri kontaktu primjetno je da se ne ponaša kao stabilno tijelo jer *Soft Body* simulira promjenjive objekte koji ima kretnje poput želea te se na kraju uruši, no to se može prilagoditi da simulira kruto tijelo.

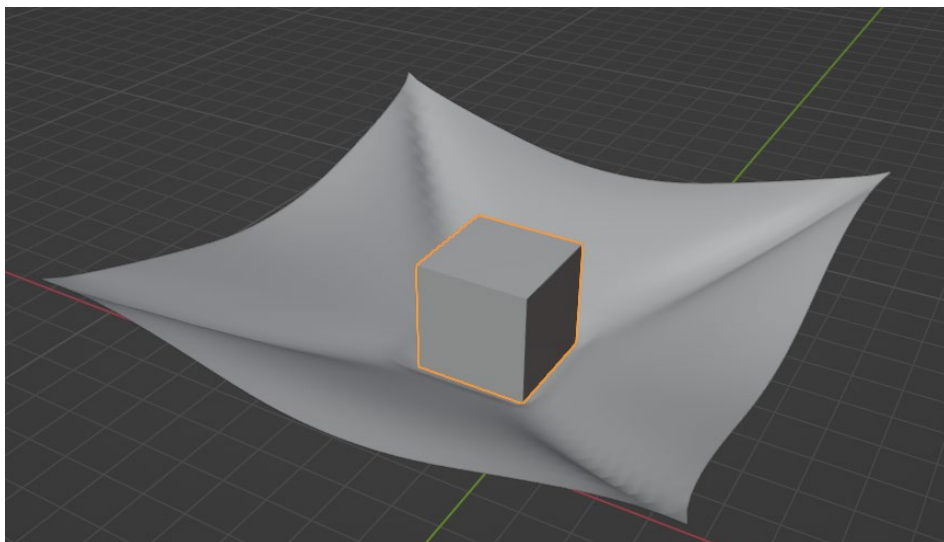
Pod kategorijom *Edges* nalazi se postavka **Pull** koja određuje koliko je rubovima objekta dozvoljeno da se rastegnu. Niska vrijednost čini objekt više elastičnim, dok visoka više krutim. **Push** određuje koliko će se *Soft Body* odupirati skrućivanju. Niska vrijednost vuče na ponašanje tkanine, a visoka na kruto tijelo. *Pull* i *Push* se oba postavljaju na vrijednost 0.99. Nakon pokretanja animacije na prvi pogled se čini da sve radi kako je predviđeno, no nakon par sekundi kocka se uruši na površinu tkanine, što znači da je potrebno prilagoditi postavku **Bending**. Što je veća *Bending* vrijednost, to se objekt teže spljošti, odnosno uruši, te je potrebno staviti na vrijednost 1. Nakon određivanja postavke *Bending* treba skrenuti pažnju na jedan detalj. Na slici niže *Pull* i *Push* su namješteni na 0.990, što je jako blizu maksimalnoj vrijednosti koja je 0.999. Razlog zašto je postavljeno na nešto nižu vrijednost je zbog probijanja kocke kroz tkaninu pri maksimalnoj vrijednosti. Na samom kraju animacije vidljivo je da dolazi do proreza na tkanini. Ovo je jedan od primjera gdje je potrebno eksperimentirati vrijednostima kako bi se

došlo do zadovoljavajućeg rezultata. Finalne postavke za *Soft Body* trebaju biti kao na slici niže.



Slika 89. Postavke *Soft Body*

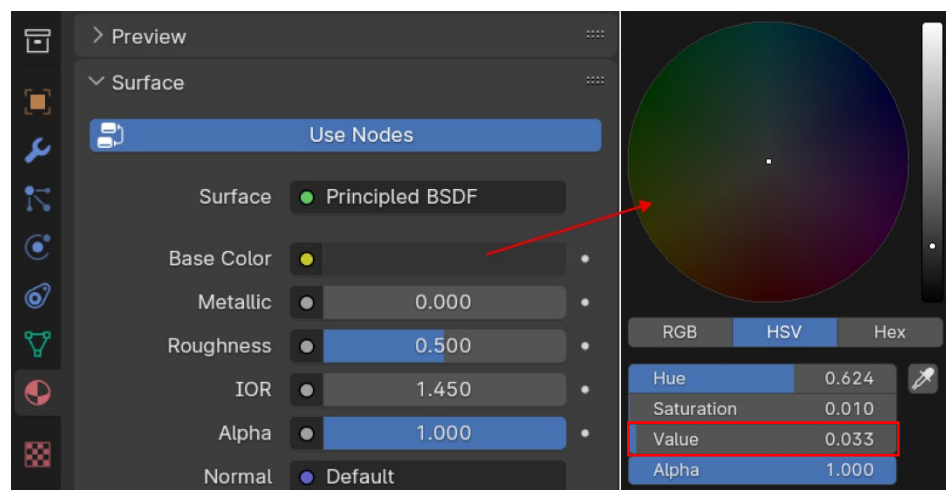
Physics properties su spremni te je sada potrebno ponovno pokrenuti animaciju te provjeriti radi li kako je predviđeno. Rezultat bi trebao biti kao na slici niže.



Slika 90. Kocka pada na tkaninu

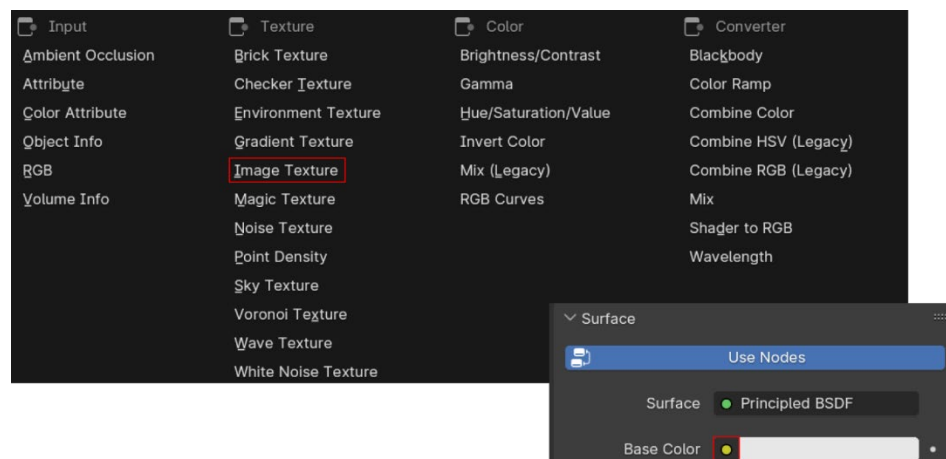
Kao zadnji korak može se dodati malo detalja na te objekte. Za kocku dodat će se nešto osnovno poput drugačije boje. Da bi se boja promijenila na selektiranoj kocki, treba se prebaciti na prozor *Material Properties* te izabrati boju po želji na *Base Color*. Za ovaj primjer

postavljeno je na tamnosivu podešavajući vrijednost **Value** na 0.033 kao na slici niže.



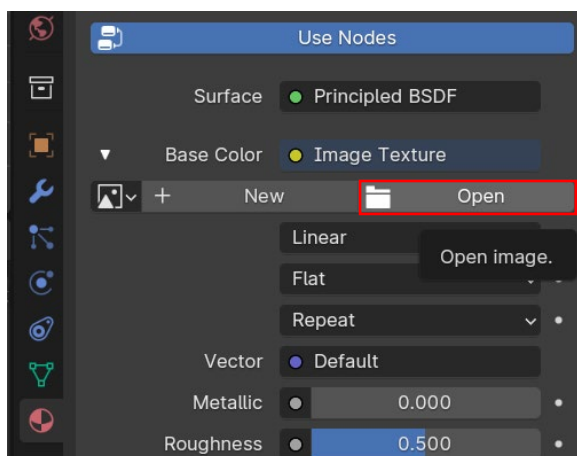
Slika 91. Postavljanje vrijednosti Value

Za tkaninu koristit će se tekstura, a kako bi se to omogućilo, treba se odabrati *Image Texture*, koji će zamijeniti boju pod *Base color* u *Material Properties*. Pritiskom na žutu točku pored *Base Color* otvara se novi prozor, a unutar novog prozora pod *Texture* treba odabrati *Image Texture*.



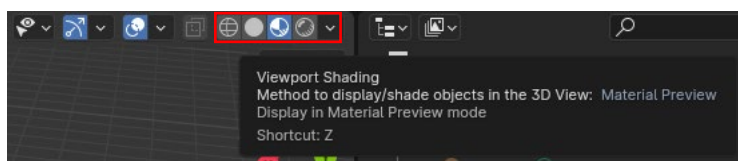
Slika 92. Odabir teksture umjesto boje za platno

Ispod *Base Color* pojavit će se nove opcije vezane za *Image Texture*, za ovaj primjer neće se dirati te opcije i ostavit će se preddefinirane postavke i vrijednosti. Jedino što je potrebno jest dodati teksturu odnosno sliku s uzorcima koja se nalazi u materijalima. Pritiskom na **Open**, vidljivo niže na slici, odabere se slika **Fabric_texture_2K.jpg** (slika se nalazi u mapi Vježbe).



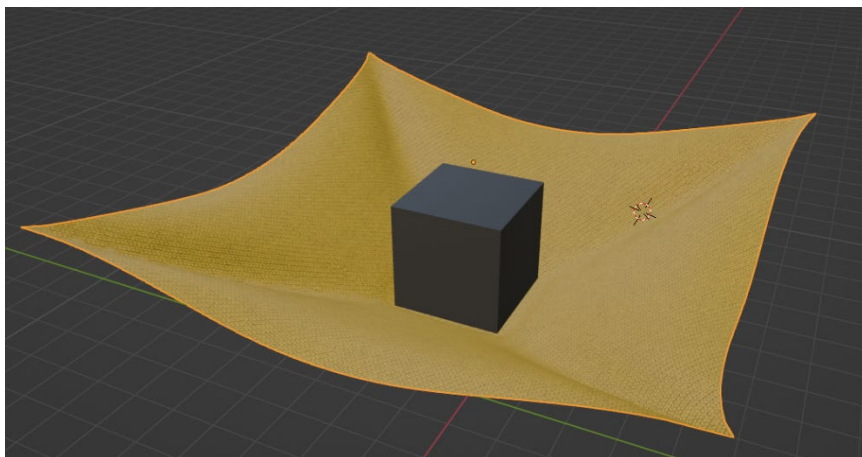
Slika 93. Otvranje slike za teksturu

Trenutno promjene nisu vidljive jer je potrebno promijeniti postavke unutar *Viewport Shading*, koji se nalazi u gornjem desnom kutu 3D sučelja. Trenutno je postavljeno na **Display in Solid Mode**, osnovni način prikaza namijenjen za modeliranje, a potrebno je postaviti na **Material Preview** kako bi postavljene materijali odnosno teksture i boje bili vidljivi. Odabirom treće ikone sučelje je postavljeno na *Material Preview*, kao što je vidljivo niže na slici.



Slika 94. Material Preview je uključen

Niže je prikazan finalni produkt nakon dodavanja boje i teksture.

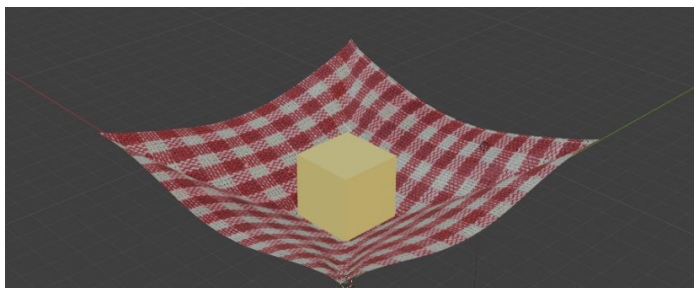


Slika 95. Izgled završenog primjera

3.3. Vježba: Kocka pada na tkaninu

Nakon odrađenog primjera s tkaninom iz prijašnjeg poglavlja potrebno je ponoviti simulaciju:

1. Ploha i kocka trebaju biti na istim pozicijama, u *Object Modeu* kocku se treba podignuti na **Z = 10** a plohu na **Z = 5**.
2. Ploha se povećava za 5 puta. *Scale* se postavlja na 5.
3. Selektirajte plohu te se tipkom [Shift], prebacite u *Edit Mode*, a zatim desnom tipkom miša [RMB] izaberite naredbu *Subdivide*. Niže lijevo unutar prozora *Subdivided* pod *Number of Cuts* upišite 32. Držeći [Shift], selektirajte točke na kutovima plohe te pod *Data Properties*  dodajte *Vertex Group* pritiskom na plus, a zatim, kada se pojavi grupa, pritisnite *Assign*. Grupu preimenujte u „Igle“ duplim pritiskom na naziv.
4. Vratite se u *Object Mode* te pod *Physics Properties*  uključite modifikatore *Cloth* i *Collision*. Pod *Cloth* → *Shape* → **Pin Group**, postavite grupu točaka nazvanu „Igle“. Zatim pod *Cloth* → *Collisions* → **Self Collisions** stavite kvačicu da se uključi opcija. Na modifikatoru *Collision* pod *Softbody & Cloth* → **Damping** postavite na vrijednost 0.75. Zadnji korak je [RMB] za plohu, odabrali *Shade Smooth* za uredniji izgled.
5. Selektirajte kocku te pod *Physics Properties*  uključite modifikatore *Soft Body* i *Collision*. Pod *Soft Body* → *Edges* → **Pull** i **Push** postaviti na 0.99 i **Bending** na 1.0. Isključite opciju **Goal**, uklonite kvačicu. Za *Collision* modifikator, iste postavke kao za plohu.
6. Zatim, dok je kocka selektirana u *Object Modeu*, dodati boju, *Material Properties* → *Surface* → **Base Color** i podesiti vrijednosti: *Hue* (0.140), *Saturation* (0.860), *Value* (0.8).
7. Selektirati plohu te dodati teksturu *Material Properties* → *Surface* → *Base Color* →  → *Image Texture* → *Open image* → **fabric_pattern_2_2k.png**. Za lakše pronalaženje teksture treba spremi sliku na radnu površinu.
8. Postavite na *Material Preview*  te pokrenite animaciju na *Play Animation*. Pustite da se animacija odigra do kraja (kadar 250) te bi scena trebala izgledati kao na slici niže:



Slika 96. Izgled završene vježbe 3.3.

4. Animiranje pomoću trake Timeline

Po završetku ovoga poglavlja moći ćete:

- koristiti traku Timeline
- postavljati ključne točke na traci Timeline
- kontrolirati i pozicionirati kameru
- izraditi animacije koristeći ključne točke.

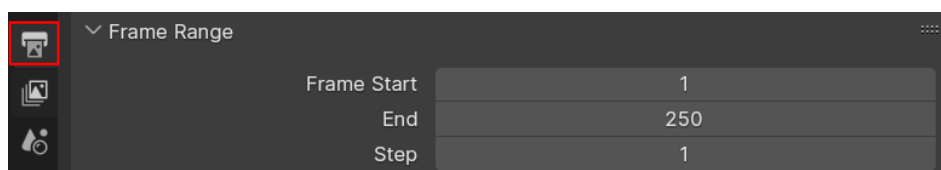
4.1. Traka Timeline

Traka *Timeline* je editor koji se može identificirati s ikonom sata te služi za manipuliranje **Keyframesom** i pomicanje **Playheada**. Korisniku daje širok pregled animacije scene prikazujući trenutni kadar, ključne kadrove odnosno *keyframes* aktivnog objekta, početne i završne kadrove animacijske sekvence, kao i oznake postavljene od strane korisnika. Timeline se sastoji od sljedećih komponenti:

1. **Playhead** je plava vertikalna linija koja označava na kojem je kadru trenutno stala animacija, broj kadra je prikazan na vrhu linije. *Playhead* se može postaviti ili premjestiti na novu poziciju pritiskom ili držanjem [LMB] u području brisanja na vrhu vremenske crte. *Playhead* se može premještati u koracima od jednog kadra pritiskom [Strelica lijevo] ili [Strelica Desno], ili možete skočiti na početak ili kraj kadra pritiskom [Shift]+[Strelica lijevo] ili [Shift] + [Strelica Desno].
2. **Ključni kadar** (engl. *Keyframes*) za aktivne i odabrane objekte, *keyframes* se prikazuju u obliku dijamanta. Može se pritisnuti desnom tipkom miša [RMB] da bi se odabrao jedan po jedan, a može se odabrati i više odjednom držeći [Shift] ili povlačenjem okvira oko ključnih kadrova koristeći tipku [B]. Moguće je premještati pojedinačne ključne kadrove ili više njih koristeći [RMB] ili pritiskom na tipku [G] i povlačenjem miša u željenom smjeru.
3. **Naredbe za kontrolu** (engl. *Transport Controls*) tijekom animacije, namijenjene za kontrolu nad plavom vertikalnom linijom. **Jump to Start** (I ◀), kratica [Shift] + [Strelica Lijevo] vraća plavu liniju na početak raspona kadrova odnosno *Frame Rangea*. **Jump to Previous Keyframe** (◀ ◆) [Shift] + [Strelica Dolje] vraća plavu liniju na na prijašnji *keyframe*. **Rewind** (◀) [Shift] + [Ctrl] + [Spacebar], vraća animacijsku sekvencu unazad. Kada se pritisne tipka za pokretanje, postaje tipka za pauzu (⏏). **Play** (▶) [Spacebar], pokreće animacijsku sekvencu, isto kao kod *Rewind*, kada se pokrene postaje tipka za pauzu. **Jump to Next Keyframe** (▶ ◆) [Shift] + [Strelica Gore] postavlja plavu liniju na sljedeći *keyframe*. **Jump to End** (▶ I) [Shift] + [Strelica Desno]

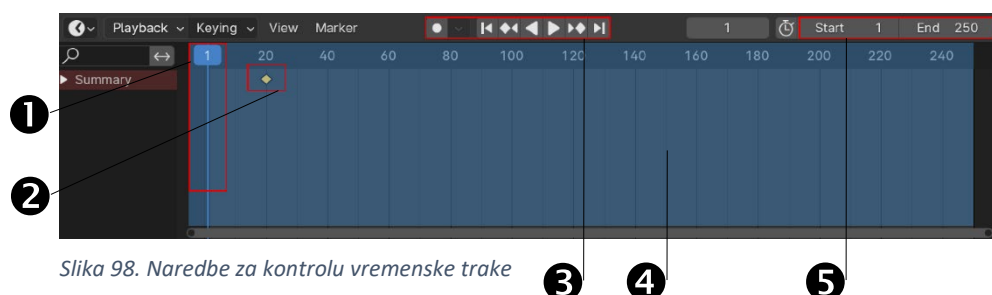
postavlja plavu liniju na sam kraj raspona kadrova. Pause () [Spacebar] zaustavlja animaciju. **Auto Keying** () dodaje i/ili zamijeni postojeće ključne kadrove za aktivni objekt kada ga se transformira u 3D prikazu. Primjerice, kada je omogućen, prvo se postavi plava linija na željeni kadar, a zatim se pomakne objekt u 3D prostoru ili se postave nove vrijednosti unutar prozora *Transform* kako bi *Auto Keying* uspješno spremio promjene.

4. **Frame Range** je zadani raspon kadrova koji počinje s kadrom 1 i završava s kadrom 250. Može se promijeniti raspon okvira u gornjem desnom kutu zaglavlja vremenske trake ili unutar **Output Properties** prikazanih na slici niže.



Slika 97. Zadani raspon kadrova

5. **Frame control** služi za promjenu raspona okvira odnosno *Frame range*. Vrijednost **Start** predstavlja početak raspona, dok **End** zadnji kadar raspona. **Current Frame** je trenutna lokacija *Playheada*: kako se pomiče plava linija tako se mijenja vrijednost trenutnog kadra.



Slika 98. Naredbe za kontrolu vremenske trake

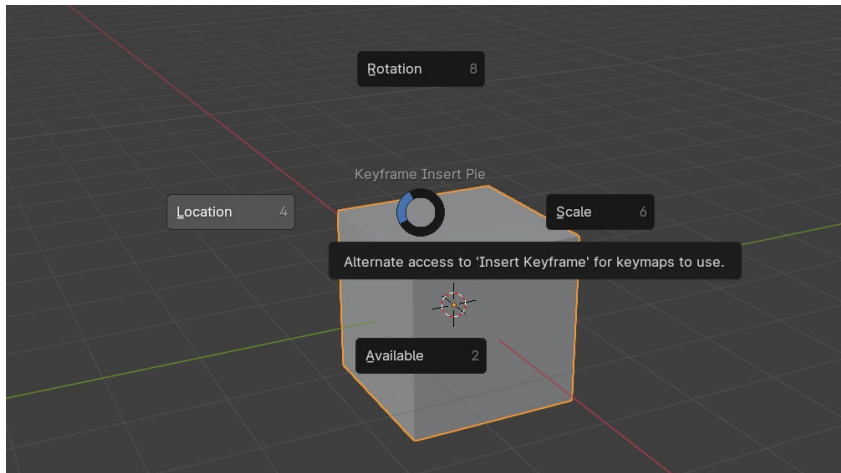
4.1.1. Korištenje keyframeova

Keyframe ili ključni kadar je oznaka vremena koja pohranjuje vrijednosti određenog objekta. Primjerice, ključni kadar može definirati da je horizontalni položaj kocke na 5 m u prvom kadru. Svrha ključnog kadra je omogućiti interpoliranu animaciju, što znači da korisnik može dodati drugi *keyframe* u kadru 10 navodeći horizontalni položaj kocke na 20 m, a *Blender* će automatski odrediti ispravan položaj kocke za sve kadrove između kadrova 1 i 10.

Dodavanje ključnih kadrova je jednostavno i ima nekoliko metoda:

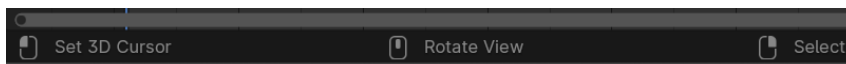
- U 3D prostoru Blendera pritiskom tipke [I] postavljaju se ključni kadrovi na predefinirane vrijednosti kao što su *Location*, *Rotation* i *Scale*. Pritiskom i držanjem tipke [I] otvorit će se izbornik u kojem se može odrediti što se želi dodati ključnom kadru. Niže na slici prikazane su opcije. **Pie Menu**, koji je prikazan niže, prvo se mora uključiti u postavkama. Pod *Edit* → *Preferences* → *Keymap* → *Preferences* → *3D View* → **Pie Menu on Drag** treba

postaviti kvačicu. **Location, Rotation, Scale** odnose se na lokaciju, rotaciju i skalu, dok **Available** zahvaća automatski sve te vrijednosti, ali prethodno mora postojati barem jedan *Keyframe* na *Timelineu* da bi ta opcija imala efekta. Pri dodavanju prve ključne točke miš treba biti pozicioniran unutar 3D preglednika (3D *Viewport*), a svi naknadni *keyframe*ovi mogu se dodavati i kada je miš pozicioniran iznad trake *Timeline*.



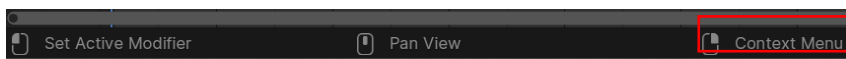
Slika 99. Uključen Pie Menu on Drag

- Prelaskom miša preko svojstva i pritiskom na tipku [I] ili desnim pritiskom miša [RMB] na svojstvo po izboru u **Context Menu** (kontekstnom izborniku) odabere se **Insert Single Keyframe**. Blender koristi razne tipove izbornika za pristup opcijama i alatima. Sadržaj kontekstnog izbornika ovisi o položaju pokazivača miša. Primjerice, kada je miš na objektu unutar 3D prostora, statusna traka na dnu pokazuje drugačije opcije vezane za tipke miša, uključujući i desnu tipku miša koja trenutno služi kao *Select*.



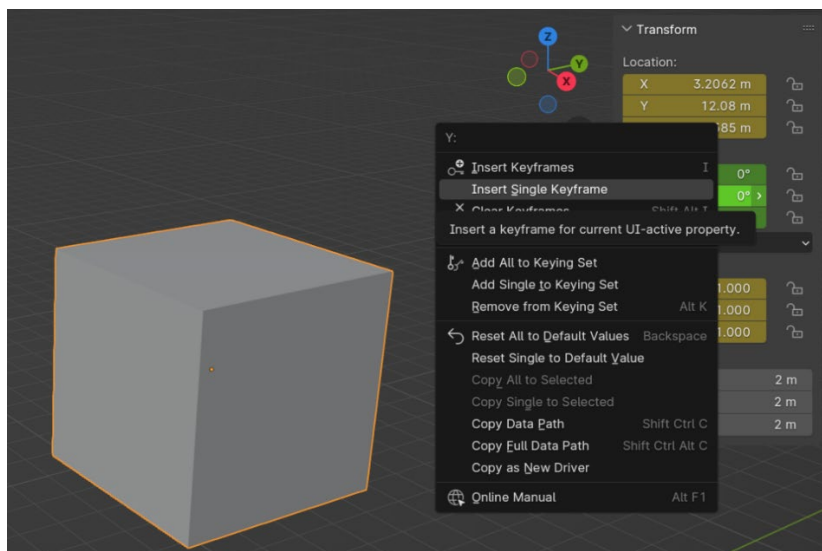
Slika 100. Statusna traka dok je miš na objektu

Dok kod slike niže služi za otvaranje kontekstnog izbornika budući da je miš pozicioniran na prozoru *Properties*.



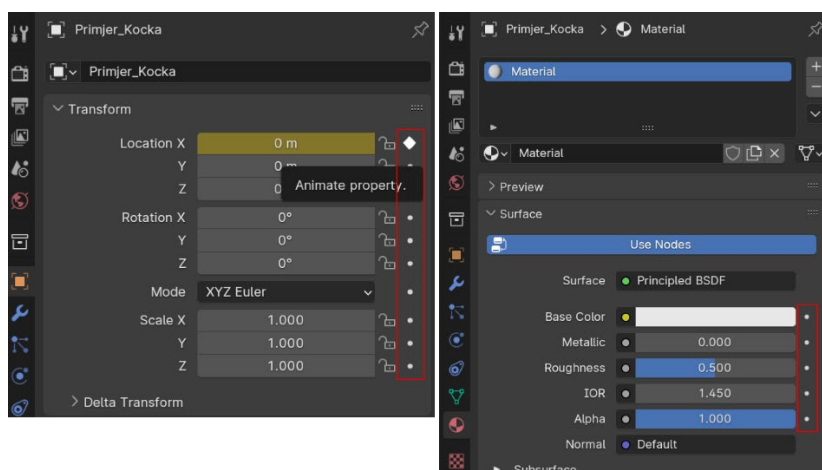
Slika 101. Statusna traka dok je miš na prozoru Properties

Niže je prikazan jedan od kontekstnih izbornika gdje se dodaje *keyframe* odabirom *Insert Single Keyframe*.



Slika 102. Kontekstni izbornik za dodavanje keyframeova

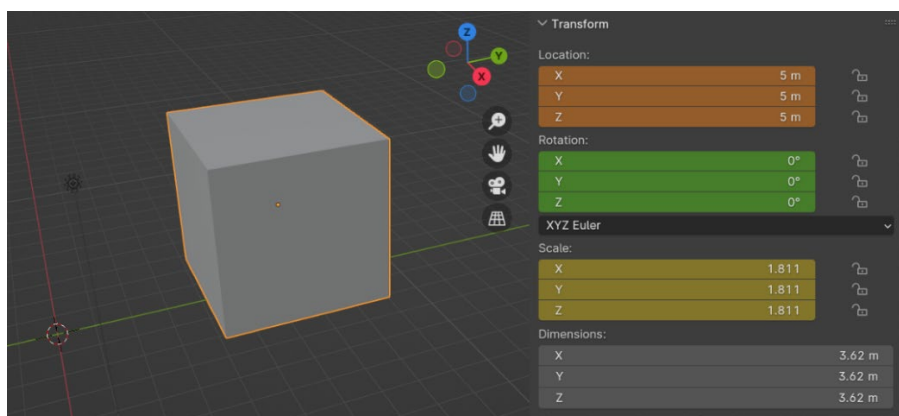
- Unutar prozora *Properties* također se mogu dodati *keyframes* za mijenjanje vrijednosti. S desne strane svake vrijednosti nalazi se točka na kojoj se prikaže tekst *Animate Property* kada se iznad drži miš. Pritiskom na točku promijeni se u ikonu dijamanta, a ta ikona ima dva stanja, ispunjeno i prazno. Ispunjena ikona  znači da je omogućeno spremanje *keyframea* te da je određena vrijednost zabilježena i spremljena na trenutni kadar, dok prazna  obavještava da je omogućeno spremanje, ali da na trenutnom kadru ništa još nije spremljeno. Dodavanje *keyframeova* putem *Properties* prozora bit će potrebno za mijenjanje vrijednosti kao što su boja materijala i drugih postavki vezanih za materijale poput transparentnosti i hrapavosti. Također, moguće je dodavati *keyframes* na modifikatore. Na slici niže prikazani su *Object Properties* s lijeve strane, gdje se mogu dodavati *keyframes* za vrijednosti *Transform*, dok su s desne strane *Material Properties* za vrijednosti vezane za materijal odnosno površinu objekta.

Slika 103. Dodavanje keyframeova unutar prozora *Properties*

- Uključivanjem opcije *Auto Keying* dodaju se i/ili zamjenjuju postojeći *keyframes* za aktivni objekt kada ga se transformira u 3D prikazu. Primjerice, kada je omogućeno, prvo se postavi

plava linija na željeni kadar, a zatim se pomakne objekt u 3D prostoru ili se objekt pomiče mijenjanjem vrijednosti unutar prozora *Transform*. Važno je napomenuti da automatsko postavljanje ključnih kadrova neće početi dok barem jedan ključni kadar nije dodan, koji je potrebno ručno dodati. Program provjerava prijašnje ključne kadrove i, ako postoji promjena, vrijednosti, postavit će novi ključni kadar. Ako nema promjene vrijednosti, automatsko postavljanje ključnih kadrova neće raditi.

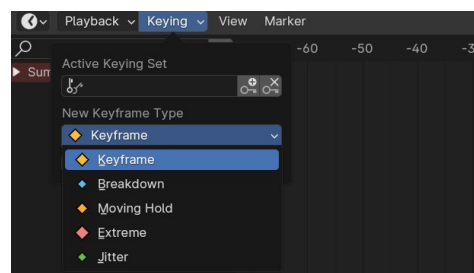
Kod postavljanja ključnih kadrova u vrijednostima koje se mijenjaju može se primijetiti promjena pozadinske boje iz sive u zelenu, narančastu ili žutu. Promjena pozadinske boje ukazuje na različita stanja, što se odnosi na ključne kadrove na određenoj lokaciji vremenske trake. Siva boja upućuje da nema ključnog kadra za taj određeni objekt, žuta pokazuje da je postavljen ključni kadar u trenutnom kadru, zelena znači da nema ključnog kadra u trenutnom kadru te narančasta pokazuje da je vrijednost promijenjena, ali da ključni kadar još nije postavljen. Niže na slici su prikazani primjeri svih stanja sa svojim odgovarajućim bojama.



Slika 104. Prikaz različitih stanja ključnih kadrova

Za lakše snalaženje i organizaciju, kada je veći broj ključnih točaka na vremenskoj traci, može se odabrati drugačiji izgled ikone za lakše diferenciranje između ključnih točaka i tipova podataka što ih spremaju. Primjerice, ako su na određenoj ključnoj točki spremljeni samo *Location* podaci, a na susjednoj točki samo *Rotation* podaci, može se za svaku vrstu podataka postaviti i posebna ikona.

Niže na slici prikazani su **Key Frame Types** odnosno različiti izgledi ključnih točaka koji su na izboru. *Key Frame Types* imaju imena po naprednijim efektima u animaciji budući da je je njihova originalna namjena za kompleksnije animiranje. No to ne znači da se ikone ne mogu koristiti za druge svrhe. Kako bi se koristio određeni *Keyframe Type*, prvo se odabere jedan od ponuđenih na *drop down* listi te se prati postupak već navedenih načina za dodavanje ključnih kadrova. Kada se sljedeći put doda ključni kadar, bit će drugačije boje i veličine.



Slika 105. Tipovi ključnih kadrova

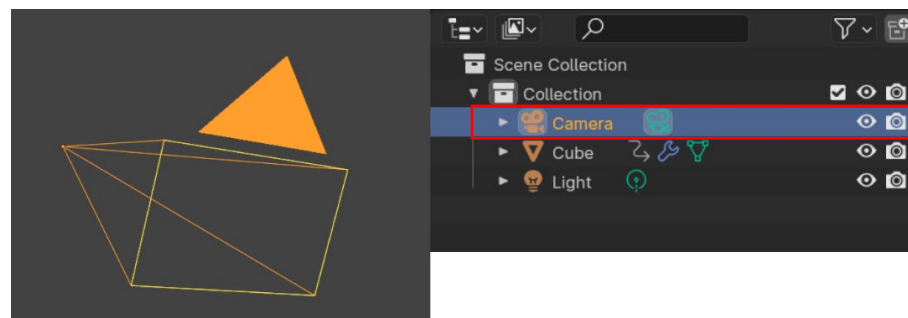
4.2. Animiranje objekata

Kroz primjer će se objasniti cijeli postupak animiranja objekta dodavajući ključne kadrove te prijelaz iz jednog ključnog kadra u drugi, mijenjajući lokaciju, rotaciju, skalju i boju objekta, boju pozadine 3D sučelja i podešavanje modifikatora. Kako bi se lakše pratio postupak, promjene vezane za ključne kadrove će se raditi putem prozora *Properties*.

Prije nego što se počnu postavljati ključni kadrovi, potrebno je odrediti u kojem prostoru će se odvijati animacija. U ovom primjeru neće se renderirati scena, ali je dobro se držati okvira kamere kao orijentira kako bismo sigurno obuhvatili sve pokrete objekta koji se animira. Kamera se može podesiti na samom kraju, nakon što su svi ključni kadrovi postavljeni za animaciju, a važno je da su svi pokreti vidljivi unutar okvira kamere. Za primjer ovog zadatka postavljanje kamere će biti prvi korak.

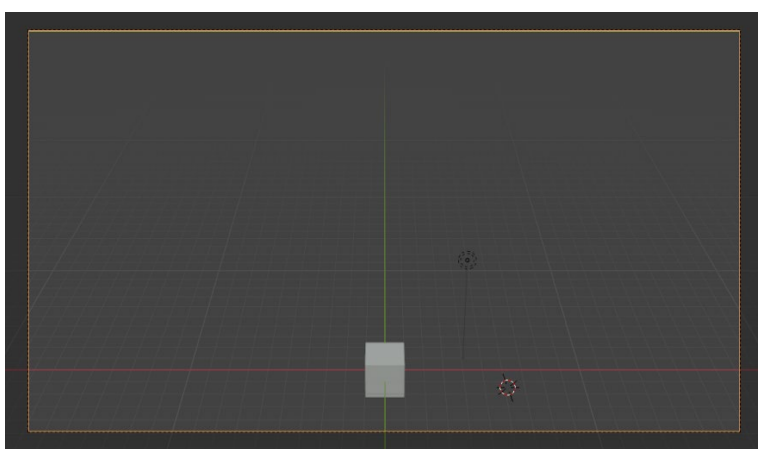
4.2.1. Camera view

Uz kocku i rasvjetu, **Camera** je jedan od osnovnih objekata koji dolaze sa scenom pri otvaranju nove datoteke. Kamera je bitna pri renderiranju scene, daje pogled u dio scene koji će se renderirati. Bilo radi stvaranja slike ili snimke. Kamera u sceni izgleda kao što je prikazano niže na lijevoj strani slike, dok je s desne strane slike prikazana na listi objekata (*Outliner*). Ikona oka s desne strane služi za skrivanje kamere u sceni, dok ikona fotoaparata služi za skrivanje kamere da ne bude vidljiva tijekom faze renderiranja, primjerice kada ima više kamera unutar scene. Kada je više kamera unutar scene, to automatski znači da ima i više **Camera Perspectives** odnosno više perspektiva gledanja. Perspektive se mogu mijenjati pomoću ikone zelene kamere. Kada se pritisne na ikonu zelene kamere, pregled scene prebacuje se na tu određenu kameru.



Slika 106. Izgled kamere

Prebacivanje u pregled kroz aktivnu kameru, *View*→*Cameras*→**Active Cameras**, kratica [NumPad 0]. Pomicanje kamere, kao i drugih objekata u sceni, moguće je preko prozora *Transform* ili jednostavnijim načelom, pomoću tipke [G] i pomicanjem miša namješta se perspektiva kamere. Držanjem srednje tipke miša ili koluta [MMB] te pomicanjem miša naprijed i nazad zumira se i odzumira, odnosno kontrolira se koliko će kamera biti udaljena od objekta koji je trenutno u fokusu. Niže na slici je prikazana početna pozicija kocke koja će se koristiti u ovom primjeru. Može se primijetiti narančasti okvir, koji predstavlja perspektivu kamere i sve što je vidljivo u sceni kroz tu kameru. Kamera je dovoljno udaljena od objekta, tako da ima adekvatnog prostora da su sve kretnje i transformacije kocke vidljive unutar narančastog okvira. *Transform* vrijednosti kamere su sljedeće: *Location* (X = 0 m, Y = -40 m, Z = 28 m) i *Rotation* (X=62°, Y=0°, Z=0°).

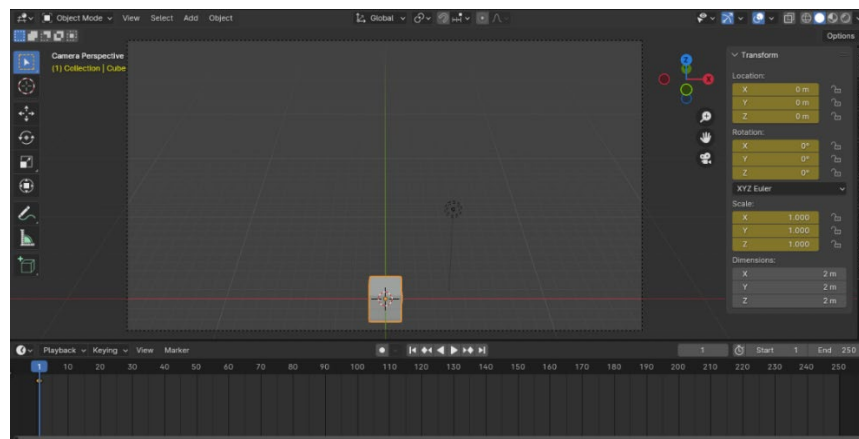


Slika 107. Pozicioniranje kamere

Kako bi se krenulo sa slaganjem animacije, prvo se treba postaviti prvi ključni kadar, koji sadrži referentne vrijednosti. U tom ključnom kadru, koji se nalazi na kadru 1, nema promjena, spremaju se vrijednosti vezane za početnu lokaciju kocke koje su identične vrijednostima kada se otvori novi projekt. Treba selektirati kocku te tipkom [I] dodati prvi ključni kadar koji će služiti kao referentna točka za daljnje ključne kadrove. Na vremenskoj traci pojavila se žuta ikona dijamantnog oblika na **kadru 1** te su vrijednosti unutar prozora *Transform* spremljene budući da žuta boja pozadine ukazuje da je dodan ključni kadar koji sadrži te vrijednosti.

Zanimljivosti i napomene

Tipke numeričke tipkovnice (*Numpad*) često se koriste u Blenderu i nemaju istu funkciju kao obične brođane tipke. Ako imate tipkovnicu bez numeričke tipkovnice, Blender može standardne brođane tipke tretira kao *Numpad* tipke tako da se uključi opcija *Emulate Numpad*. *Edit*→*Preferences*→*Input*→*Keyboard*→**Emulate Numpad**.

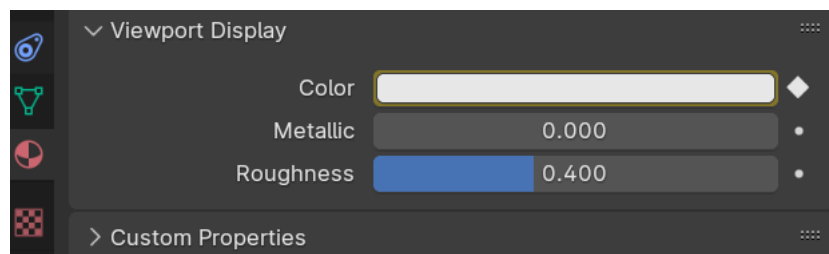


Slika 108. Postavljen prvi ključni kadar

Sljedeći korak je dodavanje ključnog kadra na **kadar 30**. Za razliku od prijašnjeg ključnog kadra, tu će biti novih informacija i te vrijednosti je potrebno spremati. Prvo, prije ikakvih promjena na objektu, mora se postaviti plava linija na kadar po želji, u ovom slučaju na kadar 30, te se onda unesu nove vrijednosti. Kocka će se pomaknuti po osi y za 30 m, ostale vrijednosti ostaju iste. Zatim se pritisne tipka [I] i izabere se *Location* za spremanje budući da se mijenjala samo vrijednost pod *Location*, ostale vrijednosti ostaju iste kao na prijašnjoj ključnoj točki. Dalje se ide na **kadar 60**, u ovom slučaju bit će više promjena, kocka se pomiče na lijevu stranu scene, pod *Location* se upisuje $X = -15\text{m}$, a pod *Rotation* ($X = -5^\circ$, $Y = 35^\circ$, $Z = 0^\circ$). Ostale vrijednosti ostaju iste te se sprema tipkom [I]. Sljedeći ključni kadar je na **kadru 90**, kocka se miče na desnu stranu scene i rotira se u prvobitno stanje. Pod *Location* $X = 15\text{ m}$, dok pod *Rotation* sve se vrijednosti vraćaju na 0° . Isto kao i kod prijašnjeg ključnog kadra, spremanje je tipkom [I]. Zatim je potrebno pripremiti promjenu boje kocke i boje pozadine u sljedećem ključnom kadru postavljanjem referentne vrijednosti. Pod *Material Properties* selektirane kocke, na *Viewport Display* treba ostaviti zadanu ili *default* boju. Za spremanje je također potrebno pritisnuti tipku [I], no u ovom slučaju miš mora biti pozicioniran iznad trake za boju da bi se naredba prihvatila. Niže na slici vidi se traka sa zadanom bojom, a desno je vidljiva ikona ispunjenog dijamanta koja informira da je vrijednost spremljena.

Zanimljivosti i napomene

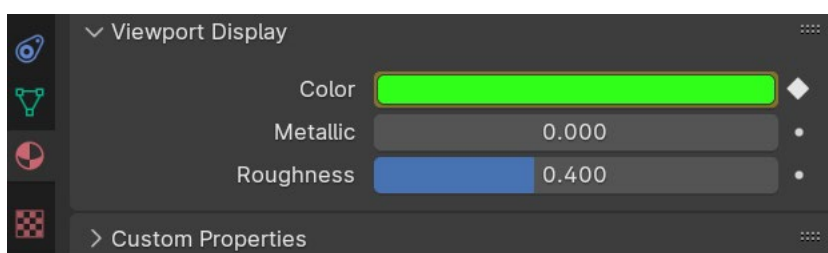
Viewport Display pod *Color* prikazuje boju koja se vidi unutar *Solid Modea*, dok *Base Color* pod *Surface* prikazuje boju za rendering. Budući da za sada rendering proces nije potreban, koristi se boja pod *Viewport Display*.



Slika 109. Postavljanje ključnog kadra za boju

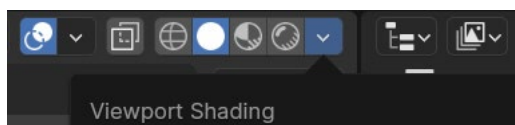
Za promjenu pozadine je isti postupak kao kod postavljanja zadane boje kocke za referentnu vrijednost. Pod *World Properties* mora se podesiti boja pod *Viewport Display* i pritisnuti tipka [I] kad je miš pozicioniran iznad trake za boju.

Ključni kadar postavljen na **kadar 120** će uključiti i nove informacije vezane za boju kocke i pozadine te će biti potrebno postavljati ključne kadrove unutar prozora *Properties*. U ovom segmentu kocka će se rotirati i skalirati, a smjer kretanja je prema nazad, u donji desni kut kadra. Prvo treba namjestiti *Transform* vrijednosti, *Location* ($X = 12\text{ m}$, $Y = 0\text{ m}$, $Z = 0\text{ m}$), *Rotation* ($X = -5^\circ$, $Y = -40^\circ$, $Z = 20^\circ$) te pod *Scale* sve postaviti na 2. Zadnji korak je promjena boja kocke i pozadine. Za promjenu boje na kocki treba otići ponovno pod *Material Properties* selektirane kocke te pod *Viewport Display* izabrati zelenu boju, *Hue*(0.33), *Saturation* (0.99), *Value*(1.0) i *Alpha*(1.0). Za spremanje treba pritisnuti tipku [I], paziti da je miš pozicioniran iznad trake za boju da bi se naredba prihvatila. Niže na slici vidi se traka s odabranom bojom i desno je vidljiva ikona ispunjenog dijamanta te je vrijednost spremljena.



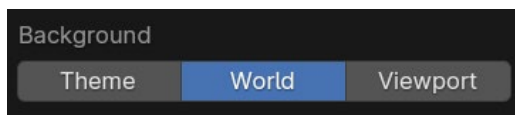
Slika 110. Postavljanje ključnog kadra za promjenu boje

Još preostaje boja pozadine 3D prostora. Kako bismo nju promijenili, potrebno je podesiti nekoliko stvari. Pod *World Properties* , isto kao i kod kocke, mora se podesiti boja pod *Viewport Display*. Postupak je isti te je boja postavljena na bijelu. Informacije o boji su *Hue*(0.0) *Saturation*(0.0) i *Value*(1.0). Može se primijetiti da se, unatoč tome što je boja pozadine drugačija, promjene trenutno ne vide. Nova boja kocke se vidi, dok je pozadina i dalje nepromijenjena. Da bi se to podesilo, mora se promijeniti jedna postavka pod *Viewport Shading*.



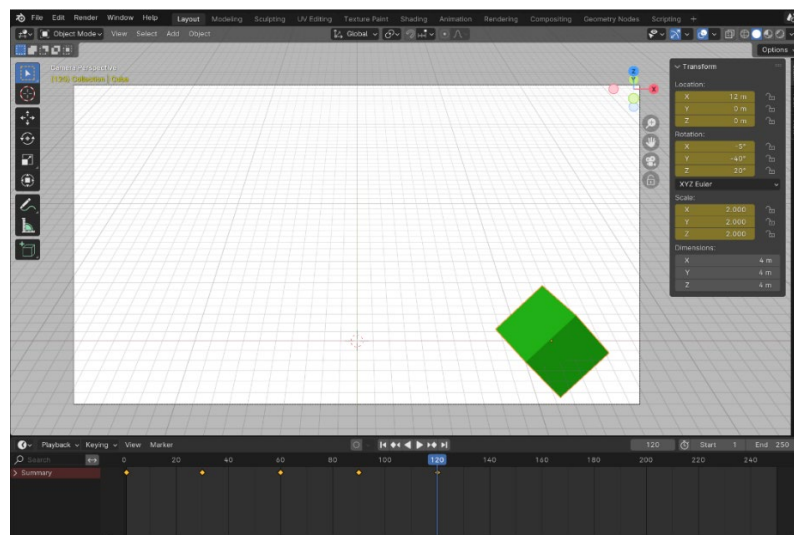
Slika 111. Otvaranje Viewport Shading prozora

Kada se otvori prozor, segment **Background**, postavljen je na **Theme**, a da bi boja bila vidljiva, potrebno je promijeniti na **World** kao niže na slici.



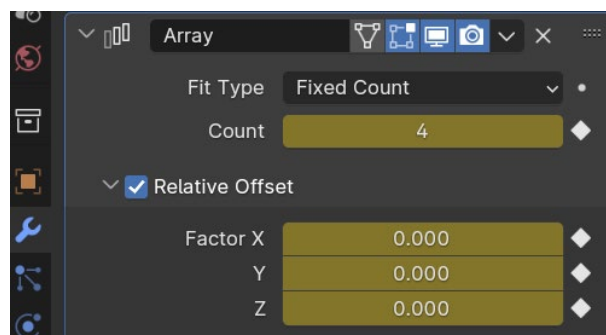
Slika 112. Postavke Background

Nakon što je ključni kadar na kadru 120 postavljen, trenutno stanje animacije trebalo bi izgledati kao na slici niže. Ako se pomiče plava linija prema nazad, sada se može primijetiti postupno mijenjanje boje iz bijele nazad u tamnosivu i obratno kada se vrati na kadar 120.



Slika 113. Pozicija kocke na kadru 120

Nastavlja se dalje te se dodaje ključni kadar na **kadar 150**. Budući da se kocka vraća na početnu poziciju, sve *Location* vrijednosti vraćaju se na 0 m, *Rotation* (X = -130°, Y=15°, Z = -180°) te se *Scale* vraća na 1. Što se tiče boja, za sada se ništa ne mijenja. Ostaju još dva ključna kadra, predzadnji na **kadru 180** vraća vrijednosti rotacije na 0, te *Location* vrijednosti ostaju iste kao na prijašnjem, *Scale* također ostaje isti. Boja kocke prebacuje se na tirkiznu: *Hue*(0.5), *Saturation*1.0) i *Value*(1.0) i *Alpha*(1.0) te boja pozadine postaje crna *Hue* (0.0) *Saturation* (0.0) i *Value*(0.0). Prije nego se krene sa zadnjim ključnim kadrom, dodat će se još i modifikator *Array*, koji se nalazi pod *Generate*. Unatoč tome što će efekt modifikatora biti vidljiv tek na sljedećem ključnom kadru, ista logika vrijedi i za spremanje vrijednosti modifikatora. Moraju postojati referentne vrijednosti vezane za taj modifikator. Na kadru 180 stanje modifikatora treba izgledati kao na slici niže.

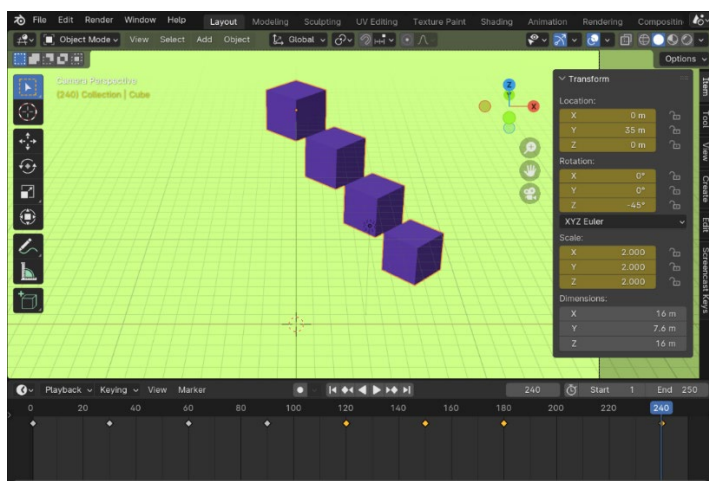


Slika 114. Stanje modifikatora na kadru 180

Za zadnji ključni kadar, **kadar 240**, sve prijašnje navedene vrijednosti će se promijeniti, kocka se pomiče prema sredini scene i pomoću modifikatora *Array* formirat će se stepenice.

Pod *Location* jedino se mijenja vrijednost Y, koja iznosi 35 m. *Rotation* vrijednosti ostaju iste osim Z, koji iznosi -45° te se *Scale* vraća na 2. Boja kocke prebacuje se na ljubičastu *Hue*(0.7), *Saturation*(0.9) i *Value*(1.0) i *Apha*(1.0) isto tako i boja pozadine se mijenja u limetu *Hue*(0.25), *Saturation*(0.75) i *Value*(1.0). Što se tiče *Array* vrijednosti,

Count ostaje 4, no *Relative Offset* se mijenja, $X = 1$, $Y = 0.3$, $Z = -1$.
Scena na samom kraju animacije trebala bi izgledati kao na slici niže.



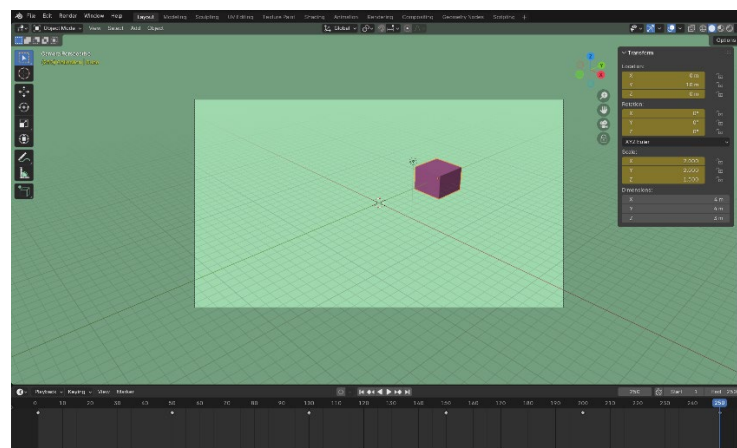
Slika 115. Izgled scene na kraju animacije

4.3. Vježba: animiranje kocke

Animirat će se kocka koristeći ključne točke. Potrebno je otvoriti novu datoteku te su ključne točke i njihove vrijednosti sljedeće:

1. **Kadar 1:** lokacija, rotacija i skala ostaju iste. Radi se o referentnoj vrijednosti. Pritisnite tipku [I] da se spremne referentne vrijednosti. Pod *Viewport Shading* → *Background*, postaviti na **World**.
2. **Kadar 50:** lokacija se mijenja, vrijednosti su $X = -10$ m, $Y = 10$ m, $Z = 5$ m. Za promjenu boje kocke na sljedećem ključnom kadru, prvo postaviti referentnu točku na *Material Properties* → *Viewport Display* → **Color** držeći miš na traci za boju, zatim pritisnite tipku [I] da se spremi vrijednost.
3. **Kadar 100:** namjestiti vrijednosti *Location* ($X = 0$ m, $Y = 20$ m, $Z = 0$ m) i postaviti boju kocke. Izbor boje je proizvoljan, važno je da se primijeti prijelaz iz jedne boje u drugu. Spremiti vrijednosti.
4. **Kadar 150:** *Location* ($X = 10$ m, $Y = 10$ m, $Z = 5$ m), a za rotaciju, sve vrijednosti su 45° . Spremiti vrijednosti.
5. **Kadar 200:** vrijednosti *Location* i *Rotation* vraćaju se na početno stanje, postavljaju se na 0. Boja kocke se mijenja, izbor boje je proizvoljan. Za promjenu boje pozadine na sljedećem ključnom kadru potrebno je prvo postaviti referentnu točku, na *World Properties* → *Viewport Display* → **Color** držeći miš na traci za boju, pritisnuti tipku [I] da se spremi vrijednost.
6. **Kadar 250:**, *Location* ($X = 0$ m, $Y = 10$ m, $Z = 0$ m) *Rotation* ($X = 0^\circ$, $Y = 0^\circ$, $Z = 0^\circ$) te *Scale* ($X = 2$, $Y = 2$, $Z = 1.5$). U ovom ključnom kadru potrebno je promijeniti boju kocke i pozadine. Boju za kocku postavite na sljedeće vrijednosti: *Hue*(0.9), *Saturation*(0.75), *Value*(0.8) i *Alpha* ostaje isti. Boju za pozadinu postavite na sljedeće vrijednosti: *Hue*(0.37), *Saturation*(0.5), *Value*(0.7).

Namjestite kameru tako da je cijela animacija vidljiva kroz perspektivu kamere. Izgled scene na zadnjem ključnom kadru na slici niže:



Slika 116. Izgled scene na zadnjem kadru vježbe 4.3.

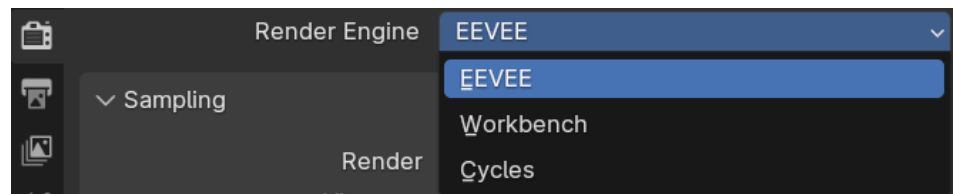
5. Render pogoni i čvorovi

Po završetku ovoga poglavlja moći ćete:

- razlučiti vrste *render enginea* i njihove svrhe
- koristiti osnovne čvorove (*Nodes*) i njihove editore
- koristiti *Geometry* čvorove
- koristiti *Shader* čvorove

Rendering je proces generiranja slike ili animacije putem računalnog softvera. Ovaj proces koristi informacije o geometriji, teksturama, osvjetljenju i kamerama kako bi stvorio finalnu sliku koja se može vidjeti na ekranu. *Rendering* se koristi u raznim područjima, kao što su 3D računalna grafika, *web-dizajn*, grafički dizajn i animacije kod stvaranja 2D i 3D grafičkih prikaza i animacija.

Rendering može biti u stvarnom vremenu (engl. *real-time*) ili izvan mreže (engl. *offline*). *Real-time rendering* koristi se u aplikacijama kao što su videoigre i simulacije, gdje je brzina ključna, dok se *offline rendering* koristi u aplikacijama kao što su filmska produkcija i visokokvalitetne vizualizacije, gdje je kvaliteta slike prioritet. Niže su prikazane vrste renderiranja u Blenderu, pod *Render properties* → **Render Engine**. Tri su izbora: *EEVEE*, *Workbench* i *Cycles* te će se u ovom poglavlju objasniti njihove uloge.



Slika 117. Izbor *Render Engine-a*

5.1. Render engine EEVEE

EEVEE (Enhanced Environment for Virtual Engine) je jedan od *render enginea* u softveru Blender. EEVEE je razvijen kao *real-time render engine*, što znači da je optimiziran za brze vizualizacije i interaktivne prikaze, za razliku od tradicionalnih *render enginea* koji su usmjereni na fizički točne simulacije svjetla i materijala.

Glavne karakteristike EEVEE-a uključuju:

- *Real-time rendering*: EEVEE koristi tehnike rasterizacije koje omogućuju brzo renderiranje, što ga čini idealnim za pregledavanje scena u stvarnom vremenu.
- PBR (*Physically Based Rendering*) Shading: podržava PBR materijale koji omogućuju realistično osvjetljenje i sjenčanje.

- *Soft Shadows*: podržava meke sjene koje mogu poboljšati realističnost scena.
- *Subsurface Scattering* (SSS): omogućuje realističan prikaz materijala poput kože, voća, i drugih objekata kroz koje svjetlo može prolaziti.
- *Ray Tracing*: omogućuje naprednije *real-time* osvjetljenje i sjene povećavajući brzinu i vizualnu preciznost scena renderiranih u Eevee. Iako Eevee *Ray Tracing* nije fizički točan kao Cycles, približava se realističnijem renderiranju s boljim performansama, osobito za korisnike s jačim GPU-om.
- *Depth of Field* i *Motion Blur*: podržava efekte dubinske oštine i zamućenja u pokretu.

Eevee posebno je koristan za izradu animacija, interaktivnih aplikacija i pregleda scena dok se razvijaju jer pruža dobar balans između brzine i kvalitete renderiranja. Iako ne nudi isti nivo fizičke točnosti kao Cycles, drugi popularni *render engine* u Blenderu, Eevee je vrlo efikasan za mnoge kreativne procese gdje su brzina i povratne informacije u stvarnom vremenu ključne.

Također, ako se cilja na stilizirani ili nefotorealističan izgled, Eevee je odličan izbor. No, budući da Eevee proizvodi više stilizirane ili nefotorealistične rendere, nije na razini postizanja fotorealizma kao što je moguće kod *rendera* Cycles.

Zanimljivosti i napomene

Ray tracing je tehnika za generiranje slika koja prati put svjetlosnih zraka dok prolaze kroz scenu, simulirajući njihovu interakciju s objektima na temelju fizikalnih zakona optike. Cilj je stvoriti visokorealistične slike modeliranjem efekata kao što su refleksija, refrakcija, sjene i globalno osvjetljenje.

5.2. Render engine Cycles

Cycles je jedan od glavnih render enginea u Blenderu, poznat po svojoj sposobnosti da generira visokokvalitetne, fotorealistične slike. Cycles je baziran na tehnici *Path Tracing*, što znači da simulira stvarne fizičke procese svjetla kako bi stvorio izuzetno realistične renderirane slike.

Glavne karakteristike enginea *Cycles* uključuju:

- *Path Tracing*: tehnika za simulaciju svjetla, što omogućava visoku razinu realizma. *Path tracing* prati putanje svjetlosnih zraka kako se odbijaju i lome kroz scene, što rezultira preciznim osvjetljenjem i sjenama.
- *Global Illumination*: Podržava globalno osvjetljenje, što znači da računa indirektno osvjetljenje koje dolazi od refleksija i refrakcija svjetla unutar scene. Ovo je ključno za stvaranje realističnih svjetlosnih efekata.
- *PBR Shading*: Cycles koristi PBR (*Physically Based Rendering*) materijale koji omogućuju realistično prikazivanje materijala sa svim njihovim fizičkim svojstvima, kao što su difuzno, reflektivno, i refraktivno ponašanje.

- *Adaptive Sampling*: *Cycles* može prilagoditi broj uzoraka po pikselu na temelju složenosti scene, što može smanjiti vrijeme renderiranja, dok zadržava kvalitetu slike.
- *GPU i CPU Rendering*: *Cycles* podržava renderiranje pomoću CPU-a (engl. *Central processing unit*) ili procesora i GPU-a (engl. *graphics processing unit*) ili grafičke kartice. GPU renderiranje može znatno ubrzati proces na odgovarajućem hardveru.
- *Denoising*: Integrirani *denoising* alati mogu smanjiti šum u renderiranim slikama, što je posebno korisno za smanjenje vremena renderiranja, dok se održava kvaliteta slike.
- *Subsurface Scattering* (SSS): omogućuje simulaciju materijala kroz koji svjetlo djelomično prolazi, kao što su koža, voće, vosak i slično, što je važno za stvaranje realističnih bioloških materijala.
- *Volumetric Effects*: podržava volumetrijske efekte kao što su magla, dim, vatra i drugi atmosferski efekti.
- *Caustics*: omogućava prikaz složenih efekata svjetla koje se lomi i reflektira kroz prozirne ili reflektirajuće površine.

Cycles je izuzetno moćan alat za korisnike koji žele postići visok nivo realizma u svojim renderima. Zbog svoje točnosti i kvalitete često se koristi u profesionalnim produkcijama za filmove, animacije, arhitektonske vizualizacije i druge aplikacije gdje je fotorealistični prikaz ključan. *Cycles* je izvrstan za stvaranje fotorealističnih rendera zgrada i unutarnjih prostora kako bi se prikazalo kako će 3D dizajn ili maketa izgledati u stvarnom životu. Također je odličan za predstavljanje proizvoda koji su još u fazi razvoja ili za vidjeti kako se neka ideja realno transformira.

Cycles koristi napredniju varijantu tehnike *Ray Tracing*, već spomenuti *Path Tracing*, za razliku od *EEVEE*. Scene s kompleksnim osvjetljenjem ili kompleksnim globalnim osvjetljenjem područje je gdje *Cycles* znatno bolje izvršava zadatak nego *EEVEE*. Kada su potrebni precizni efekti globalnog osvjetljenja i praćenja zraka (*Ray tracing*) te za projekte gdje vrijeme renderiranja nije presudno i gdje se može priuštiti dulje vrijeme renderiranja za izvanredne rezultate *Cycles* je najbolji izbor.

5.3. Render engine Workbench

Workbench je jedan od render enginea u *Blenderu*, prvenstveno dizajniran za pregled i vizualizaciju 3D scena tijekom procesa modeliranja. Njegova glavna svrha nije stvaranje finalnih rendera, već pružanje brzih i jednostavnih pregleda scene kako bi se olakšalo rad na modelima. *Workbench* je renderni mehanizam koji prikazuje vašu scenu u 3D prikazu kada ste u načinu prikaza *Solid* . Pruža određenu količinu osvjetljenja s malom količinom kontrole.

Glavne karakteristike enginea *Workbench* uključuju:

- **Brzina:** Optimiziran je za brzinu omogućujući glatko i brzo pregledavanje scena, čak i kada su složene.
- **Jednostavno sjenčanje:** Podržava osnovne tehnike sjenčanja, kao što su *studio*, *matcap* i *flat*, koje su korisne za pregledavanje geometrije bez ometanja detaljnim teksturama i materijalima. Nalaze se pod *Viewport Shading* → **Lighting**.
- **Vizualizacija žičanog okvira (*Wireframe*):** Omogućuje prikaz žičanog okvira modela, što je korisno za pregled topologije.
- **Pregledavanje tekstura:** Iako nije namijenjen za detaljno renderiranje tekstura, omogućava osnovni pregled tekstura na modelima.
- **Osvjetljenje:** Podržava osnovno osvjetljenje koje je korisno za pregledavanje oblika i volumena modela.

Workbench je posebno koristan za brz pregled modela bez dugih perioda renderiranja, brzo sastavljanje i organiziranje scena prije detaljnijeg renderiranja s Cycles ili Eevee, pregledavanje topologije i strukture modela kroz prikaz *Wireframe*. *Workbench* je praktičan alat za svakodnevni rad u Blenderu, koji korisnicima omogućuje da se usredotoče na kreiranje i uređivanje modela bez brige o dugom vremenu renderiranja i složenim materijalima.

5.4. Čvorovi

Čvorovi (engl. *Nodes*) u *Blenderu* su osnovni gradivni blokovi za različite vrste grafičkog rada, uključujući materijale, teksture, kompoziciju, pa čak i geometrijske obrade. Oni predstavljaju pojedinačne operacije ili funkcije koje se mogu kombinirati i povezivati kako bi se postigli složeni efekti i rezultati. *Nodes* se vizualno prikazuju kao blokovi u sučelju, s ulazima i izlazima koji omogućuju povezivanje s drugim čvorovima. Pomoću *nodes* sustava, korisnici mogu fleksibilno i precizno kontrolirati izgled i ponašanje svojih scena i objekata.

Postoji nekoliko glavnih vrsta *Node Editor*a u Blenderu:

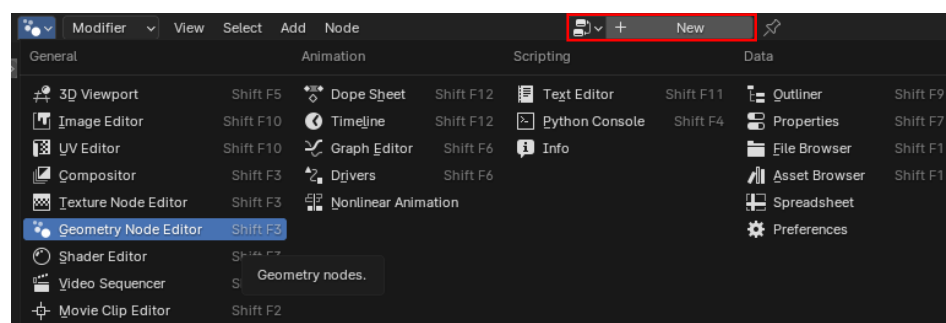
- **Shader Nodes Editor** : koriste se za izradu i prilagođavanje materijala.
- **Texture Nodes Editor** : koriste se za stvaranje i manipulaciju tekstura.
- **Compositing Nodes Editor** : omogućuju postproduksijske efekte i kombiniranje različitih render slojeva.
- **Geometry Nodes Editor** : omogućuju proceduralno stvaranje i manipulaciju geometrije.

Svaki od navedenih *node editor*a ima velik izbor raznih čvorova na raspolaganju, tako da će se proći par jednostavnijih primjera unutar *Shader Editor*a i *Geometry Editor*a budući da će se tijekom tečaja

isključivo raditi u njima. Generalno, najbolji pristup za učenje rada s čvorovima je kroz upute za određeni efekt ili želje korisnika, prolaziti kroz sve vrste čvorova jedan po jedan čini se dosta kontraproduktivno. S dva navedena *editora* se mogu postići impresivni rezultati s relativno malo truda. Za početak, krenut će se s primjerom unutar *Geometry Nodes Editora*.

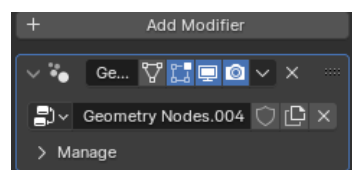
5.4.1. Geometry Nodes

Geometry Nodes u Blenderu je moćan alat koji omogućava proceduralno modeliranje koristeći čvorove. Ova funkcionalnost uvedena je u Blenderovoj verziji 2.92 i značajno je unaprijeđena u kasnijim verzijama. Kroz *Geometry Nodes* korisnici mogu kreirati kompleksne geometrijske oblike i efekte bez potrebe za ručnim modeliranjem koristeći vizualni jezik za programiranje. Svaki čvor obavlja određenu funkciju, kao što je modifikacija geometrije, generiranje novih objekata, transformacije i slično. Za postavljanje *Geometry Node Editora* treba odabrati objekt u 3D *viewportu*, odabrati *Editor Type* → **Geometry Node Editor** kao što je prikazano niže na slici. Zatim treba pritisnuti na *Create a new geometry node* označeno niže crvenim okvirom.



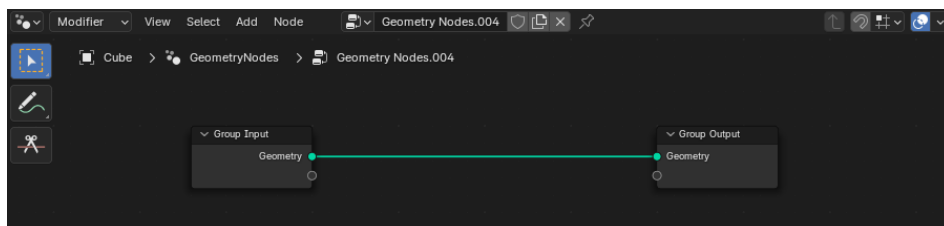
Slika 118. Otvaranje Geometry Node Editor-a

Drugi je način putem prozora *Properties* na sekciji *Modifier*. Pritisnite na *Add Modifier* i izaberite *Geometry Nodes* te *Create a new geometry node*, isto kao u prijašnjem načinu. U oba slučaja bit će vidljiva promjena unutar sekcije *Modifier* objekta, što je prikazano niže na slici.



Slika 119. Otvaranje Geometry Nodes putem Add Modifier

Unutar prozora *Editor* pojavit će se dva čvora, **Group Input** i **Group Output**. U *Geometry Nodes* u Blenderu, *Group Input* i *Group Output* čvorovi igraju ključnu ulogu u stvaranju prilagodljivih i ponovo upotrebljivih **čvornih stabala** (engl. *nodetree*). Oni omogućavaju korisnicima da definiraju ulaze i izlaze čvornog stabla, što je posebno korisno za organizaciju složenih čvornih stabala.



Slika 120. Group Input i Group Output

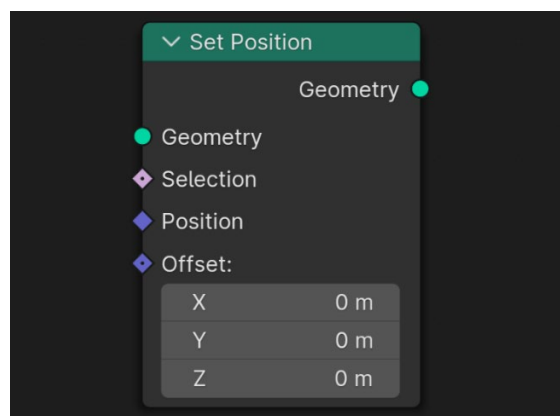
Čvorna stabla predstavljaju način vizualnog programiranja koji korisnicima omogućava stvaranje složenih efekata, materijala, tekstura, kompozicija i drugih elemenata kroz povezivanje različitih čvorova. Svaki čvor predstavlja određenu funkcionalnost, a povezivanjem čvorova mogu se stvarati kompleksne mreže koje definiraju konačni izgled ili efekt. Čvorovi su povezani žicama (engl. *links*), koje prenose podatke između njih.

Žice povezuju ulaznu i izlaznu utičnicu (engl. *socket*). Nodeovi imaju ulazne i izlazne priključke kroz koje prolaze podaci. Ulazni *socket* prima podatke, dok izlazni *socket* šalju rezultate obrade.

Oblici utičnica koriste se za prikazivanje koje su utičnice polja, a koje su obični podaci. Postoje tri moguća oblika utičnica, od kojih svaki vizualizira svoj „status polja“:

- **Krug:** zahtijeva jednu stvarnu vrijednost, ne može prihvatiti unos polja. Za izlazne utičnice to znači da čvor uvijek daje jednu vrijednost.
- **Dijamant:** može prihvatiti unos polja ili daje polje. Konstantna pojedinačna vrijednost može se povezati s ovim utičnicama, ali tada izlaz često neće varirati po elementu.
- **Dijamant s točkom:** može biti polje, ali trenutno je pojedinačna vrijednost. Ovo je korisno jer omogućuje praćenje gdje se izračunavaju pojedinačne vrijednosti, umjesto polja s mnogo različitih rezultata. Također znači da će Inspekcija utičnica pokazati vrijednost umjesto imena ulaza polja.

Niže na slici su prikazane sve vrste oblika utičnica u različitim bojama. Boje niže predstavljaju različite vrste podataka koji se prenose, što je praktično radi lakšeg prepoznavanja različitih vrsta podataka i da se izbjegne povezivanje nespojivih tipova podataka.



Slika 121. Set Position čvor

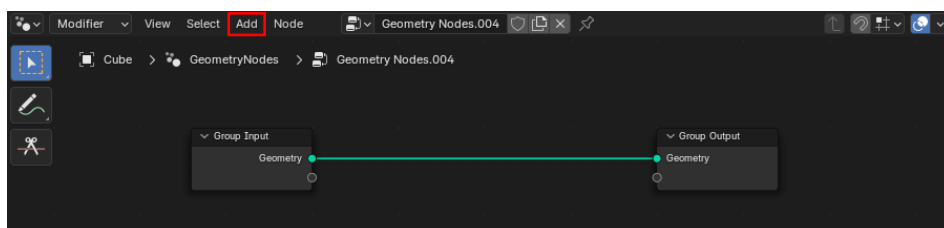
Osnovne boje utičnica i što predstavljaju:

- **Žuta:** Predstavlja boju (*Color*). Ovi *socketi* prenose informacije o boji i obično su korišteni za teksture i boje materijala.
- **Siva:** Predstavlja skalarnu vrijednost (*Value*). Ovi *socketi* prenose pojedinačne numeričke vrijednosti, kao što su faktori ili intenziteti.
- **Zelena:** Predstavlja vektorsku vrijednost (*Vector*). Ovi *socketi* prenose trodimenzionalne vektorske vrijednosti kao što su pozicije, normalni vektori ili UV koordinate.
- **Plava:** Predstavlja shadere (*Shader*). Ovi *socketi* prenose *shader* informacije, koje se koriste za definiranje izgleda površine materijala.
- **Ljubičasta:** Predstavlja teksture (*Texture*). Ovi *socketi* koriste se za povezivanje tekstura i proceduralnih tekstura.

Ima i drugih boja koje predstavljaju druge vrste informacija, kao primjerice roza na slici iznad koja predstavlja *Boolean* vrijednost, odnosno *true* ili *false* za točne ili netočne vrijednosti. No većina čvorova će koristiti osnovne utičnice koje su gore navedene.

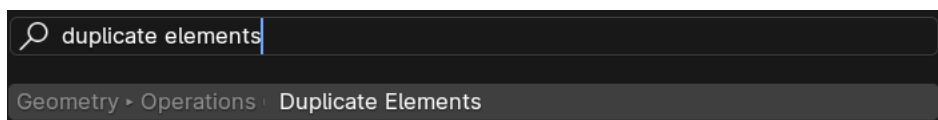
Kao primjer za *Geometry* čvorove uzet će se čvor **Duplicate Elements**, koji služi za dupliciranje objekata. Uz njega uzet će se čvor *Set position* koji će omogućiti da se objekt ponavlja po određenoj osi.

Kao što je već objašnjeno, za postavljanje *Geometry Node Editor* treba otvoriti novi projekt te selektirati objekt u 3D sučelju (koristit će se standardna kocka) odabrati *Editor Type* → **Geometry Node Editor** kao što je prikazano niže na slici. Zatim pritisnuti na *Create a new geometry node* označeno niže crvenim okvirom. Unutar prozora *Editor* pojavit će se čvorovi *Group Input* i *Group Output*.



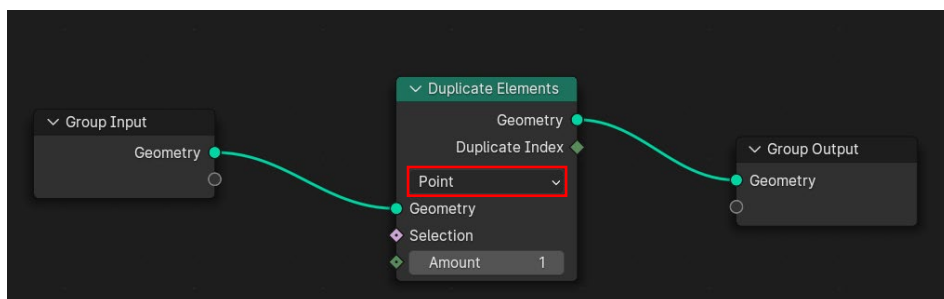
Slika 122. Dodavanje novog čvora

Kako bi se dodali novi čvorovi, treba pritisnuti *Add* na slici iznad ili postaviti pokazivač miša unutar prozora *Geometry Node Editor* te, koristeći prečac [Shift] + [A], odabrati čvor po želji koristeći *Search* te ručno upisati ime čvora ili pod kategorijama potražiti čvor koji je potreban. U ovom slučaju, budući da se točno zna koji će se čvor koristiti, potrebno je upisati *Duplicate elements* u tražilicu kao na slici niže te odabrati ponuđeno. *Geometry* → *Operations* → **Duplicate Elements** ako se traži ručno.



Slika 123. Upisivanje imena čvora u tražilicu

Pritiskom na ponuđen izbor čvora pojaviti će se *Duplicate Elements* čvor koji je potrebno spustiti između *Group Input* i *Group Output*, točno iznad linije koja ih spaja te će se automatski spojiti *Geometry* priključci kao na slici niže.

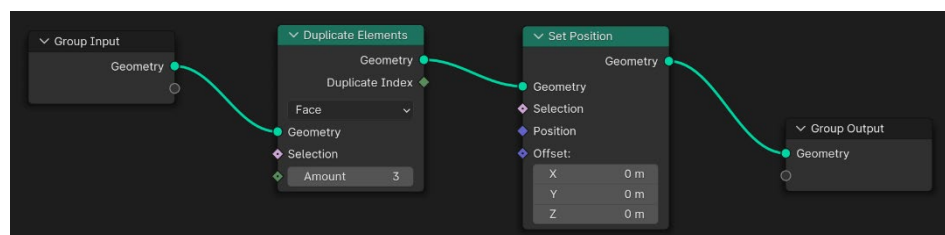


Slika 124. Duplicate Elements postavke

Duplicate Elements ima nekoliko postavki koje se mogu mijenjati. Padajući izbornik, označen crvenim okvirom, ima više opcija na odabir. **Point**, koji je predefinirana postavka, stvara kopije vrhova objekta, dok **Edge** i **Face** stvaraju kopije objekta koristeći linije odnosno lica. Opcija **Instance** stvara kopije cijelog objekta, u ovom slučaju, potrebno je dodati čvor *Geometry to Instances*, između *Group Input* i *Duplicate Elements* čvorova. Razlika na prvi pogled nije značajna budući da odabir *Face* u suštini radi istu stvar. No *Instances* se pokazao kao znatno brži izbor, a to je zato što render može bolje upravljati istim geometrijskim podacima na mnogim različitim lokacijama nego kada su podaci duplicirani. Drugim riječima, efikasniji način rada koji je idealan kada se uključuje puno više geometrije u rezultat, bez dupliciranja stvarnih podataka. To neće biti potrebno jer će primjer koristiti jedan objekt.

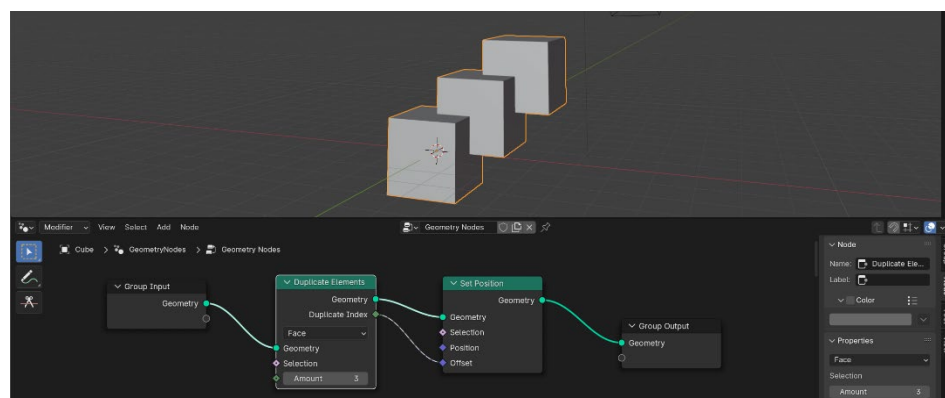
Postoji još jedna opcija, **Spline**, no ona je rezervirana za krivulje, tako da ju u ovom primjeru možemo ignorirati.

Odabrat će se **Face**, postavka **Amount**, koja služi za definiranje broja kopija. Za sada postavljamo vrijednost na 3. Kao što se može primijetiti u 3D pregledniku, ne vidi se kopija tog objekta. Razlog je što je pozicija kopije jednaka poziciji originalnog objekta. Potrebno je ubaciti dodatne čvorove da se definira smjer i udaljenost ili ofset gdje će se generirati kopije. Prvo se dodaje **Set Position**, čvor koji kontrolira lokaciju svake kopije, a koristi se za postavljanje ili premještanje pozicije vrhova u mreži odnosno *meshu* objekta. Prečac [Shift] + [A] upišite u tražilicu *Set position* ili tražite po kategorijama *Geometry* → *Write* → **Set Position**. Treba spustiti čvor između *Duplicate Elements* i *Group Output*, kao na slici niže.



Slika 125. Postavljanje čvorova *Duplicate Elements* i *Set Position*

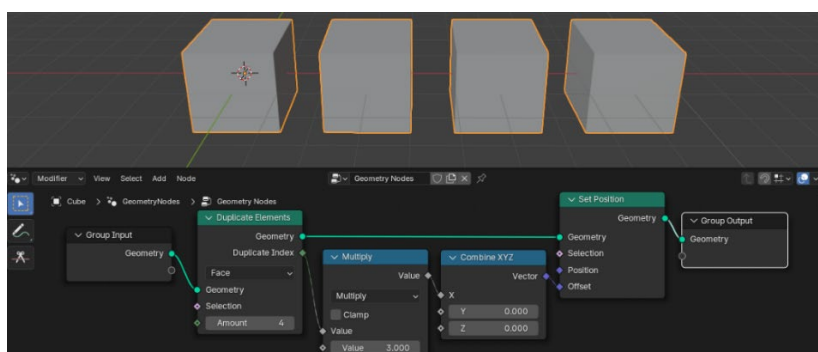
Nakon dodavanja novog čvora i dalje nema vidljivih promjena na kocki, no ako se spoje utičnice *Duplicate Index* i *Offset*, pojavit će se kopije objekta raspoređene prema vrijednosti upisanoj unutar postavke **Amount**. Počevši od 0 povećava se za svaku sljedeću kopiju za 1 m, primjerice ako se postavi vrijednost 3, ofset će biti 2 m po svakoj osi. Ako se stavi vrijednost 4, ofset će biti 3 m i tako dalje, referentno na originalni objekt. *Offset* vrijednosti X, Y i Z će se mijenjati ovisno o vrijednosti unutar postavke **Amount**. Primjerice, ako je **Amount** postavljen na 3, *Offset* vrijednosti će biti postavljene na 2 m unatoč tome što vrijednosti više nisu vidljive unutar čvora *Set Position* nakon spajanja. Niže na slici vidi se kako se kopije slažu dok su *Duplicate Indeks* i *Offset* spojeni.



Slika 126. Stvaranje kopija objekta pomoću *Duplicate Indeks*

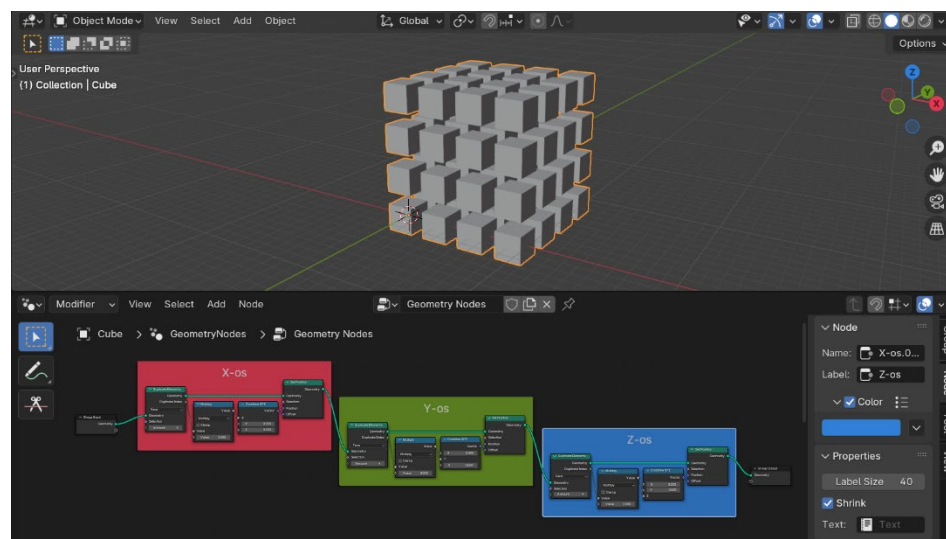
Za veću kontrolu nad pozicioniranjem kopija bit će potrebni dodatni čvorovi. Sljedeći čvorovi koji će se dodati su **Math** i **Combine XYZ**. Kao i do sada, dodavanje se izvodi prečicom [Shift] + [A] te se odabere

Utilities→*Math*→**Math** i *Utilities*→*Vector*→ **Combine XYZ** pa ih postavite između *Duplicate Elements* i *Set Position* čvorova. *Math* čvor, kao što mu ime sugerira, služi za izvođenje matematičkih operacija, u ovom slučaju želimo postaviti na *Multiply* umjesto *Add*. Čvor *Combine XYZ* će omogućiti da se odabere po kojoj će se osi kopirati objekt. Priključci *Duplicate Index* i *Value* spajaju se na čvoru *Math*. Budući da je čvor *Math* postavljen na *Multiply*, te dvije vrijednosti će se množiti. Vrijednost *Duplicate Index* prati postavljenu vrijednost *Amount*. Ako je *Amount* vrijednost 4, *Duplicate Index* vrijednosti kreću se od 0 do 3 (načelo polja i indeksa u programiranju) te se množe s *Value* koji je 3. Znači, prvo množenje je 0×3 , znači da nema pomaka, a sljedeće je 1×3 , što pomiče prvu kopiju kocke za 3 m, zatim 2×3 , što pomiče sljedeću kopiju za 6 m i zadnji je 3×3 , što pomiče treću kopiju za 9 m. Zadnji korak je spajanje izlaznog priključka *Value* na čvoru *Math* s čvorom *Combine XYZ* izabiranjem jednog od triju priključaka, od kojih svaki predstavlja jednu od triju osi. Kao primjer uzet će se x-os, jer se želi postići pomicanje po x-osi. Još je potrebno u potpunosti zatvoriti krug tako da se spoje priključci *Vector* i *Offset* na čvoru *Set Position*. Niže na slici vide se vrijednosti unutar čvorova i način kako su međusobno spojeni te željeni rezultat u 3D sučelju.



Slika 127. Ubačeni Math i Combine XYZ čvorovi

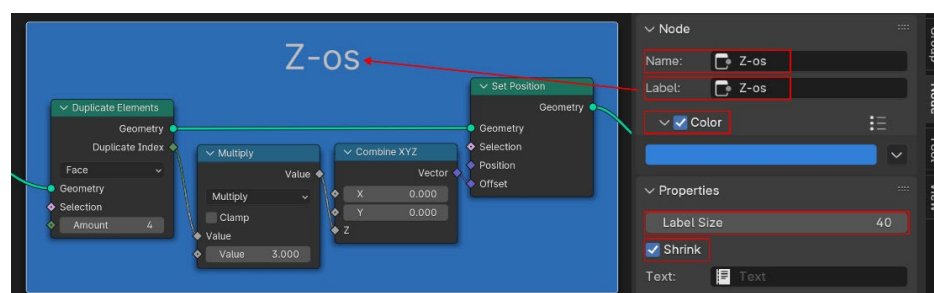
Primjer je gotov, no ako se želi postići isti rezultat po svim osima istovremeno, to je jako lako izvedivo. Potrebno je kopirati iste čvorove dva puta te samo podesiti pod *Combine XYZ* na odgovarajuću os. Niže na slici vide se tri grupe dodanih čvorova, po jedna grupa za svaku os. U crvenom okviru su postavke za x-os, u zelenom za y-os te u plavom za z-os. Spajanje je jednostavno: *Geometry* izlaz čvora *Set Position* unutar crvenog okvira spaja se s *Geometry* ulazom *Duplicate Elements* unutar zelenog okvira, načelo je isto kao sa spajanjem čvorova unutar zelenog i plavog okvira. Od postavki je samo potrebno podesiti *Combine XYZ* čvorove. Za zeleni okvir *Value* priključak od čvora *Multiply* spaja se s Y-priključkom čvora *Combine XYZ* budući da je riječ o raspodjeli kopija po y-osi, dok se za plavi okvir, umjesto na Y-priključak, spaja na Z-priključak budući da je riječ o raspodjeli po z-osi. Rezultat spajanja tih grupa je kocka koja se sastoji od manjih kocki kao što je prikazano niže na slici.



Slika 128. Postavljanje čvorova u grupe za svaku os

Unutar *Geometry Node Editor* moguće je dodati okvir oko čvorova radi lakšeg prepoznavanja i bolje organizacije. Kao na prijašnjoj slici, okviri mogu biti u raznim bojama i imati naslov. Dijaloški okvir, lociran na desnoj strani unutar *Geometry Node Editor*, sadrži nekoliko korisnih postavki za dorađivanje dodanih okvira. Za početak, kako bi se dodao okvir, potrebno je prvo zaokružiti čvorove koji bi bili unutar određenog okvira te, kada su označeni, koristiti naredbu **Join** prečicom [Ctrl] + [J]. Kada se pojavi okvir, selektirajte ga te pogledajte ponuđene postavke unutar dijaloškog okvira.

Name služi za preimenovanje okvira, dok **Label** omogućuje da se prikaže tekst na okviru radi lakše preglednosti. Kvačica pod **Color** omogućuje da se mijenja boja okvira, **Label Size** podešava veličinu teksta, a **Shrink**, kada je postavljena kvačica, automatski prilagođava veličinu pozadine ovisno o sadržaju unutar okvira. Kada je uklonjena kvačica, korisniku je omogućeno mijenjanje veličine okvira. Na slici niže prikazana je grupa čvorova s pozadinom i nadesno njezine postavke.



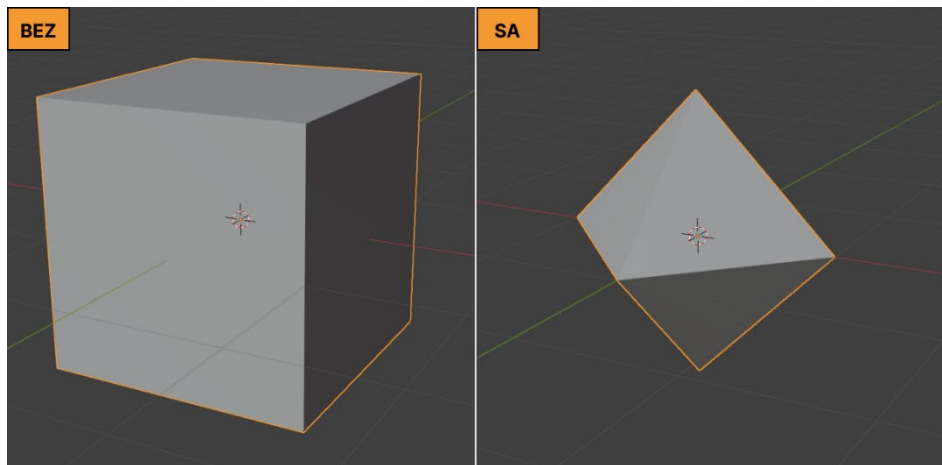
Slika 129. Grupa čvorova Z-os s postavkama

Od ostalih osnovnih *Geometry Nodes*, korisnih za daljnje učenje, mogu se izdvojiti sljedeći:

Transform Geometry: mijenja poziciju, rotaciju i skaliranje geometrije.

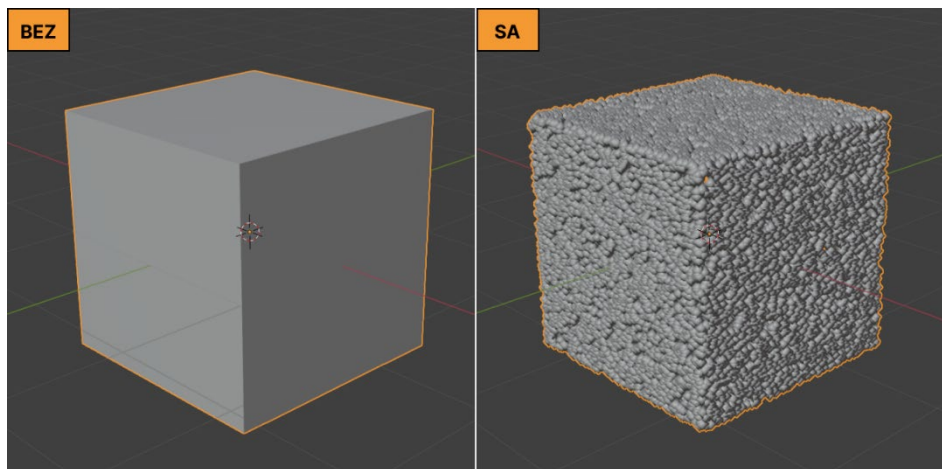
Primitives: služi za dodavanje osnovnih oblika poput kocke, cilindra, konusa, kugle i drugih.

Dual Mesh: koristi se za generiranje dualne mreže od postojeće mreže (*mesh*). Dualna mreža zamjenjuje vrhove i plohe izvorne mreže. Ovo je korisno za razne zadatke u modeliranju, uključujući geometrijske transformacije i manipulaciju mrežom.



Slika 130. Prije i poslije upotrebe čvora Dual Mesh

Distribute Points on Faces: koristi se za distribuciju točaka na površinama (*faces*) geometrije. Ovaj čvor posebno je koristan za generiranje rasporeda točaka koje mogu biti korištene za različite svrhe, kao što su stvaranje čestica ili definiranje uzoraka na mrežama.



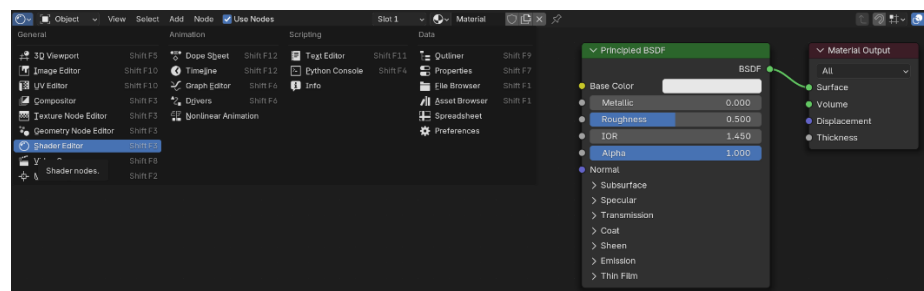
Slika 131. Prije i poslije upotrebe Distribute Points čvora

Join Geometry: Kombinira više geometrija u jednu, što je jako korisno kada se želi složiti kompleksniji oblik. Drugim riječima, dva ili više objekata postaju jedan.

5.4.2. Shader Nodes

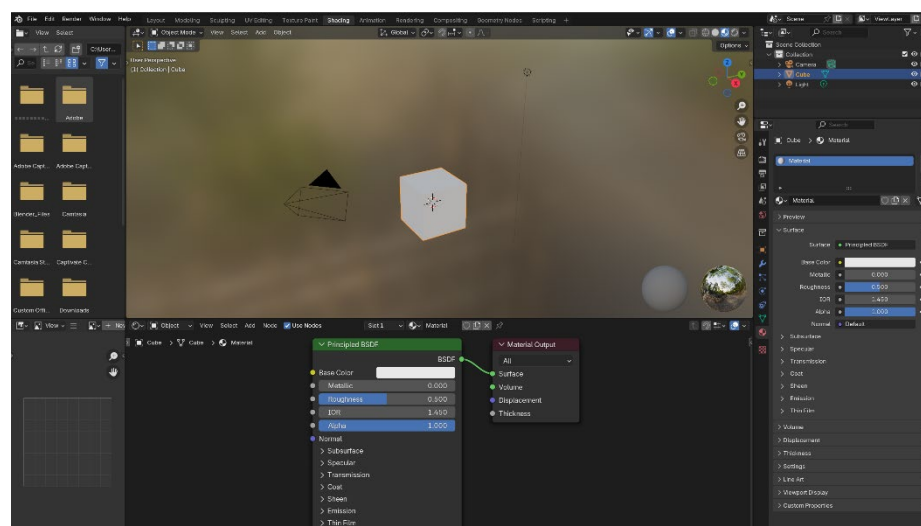
Shader Nodes su alati u Blenderu za stvaranje složenih materijala. Oni korisnicima omogućuju da kombiniraju različite teksture, boje i efekte kako bi postigli realistične ili stilizirane rezultate. U ranijem poglavlju govorilo se da je *shader* set instrukcija ili program koji diktira na koji će se način materijal ponašati u odnosu na svjetlosne izvore. Prošlo se kroz par osnovnih *shadera* kao što su *Diffuse BSDF*, *Glass BSDF*, *Glossy*

BSDF, *Principled BSDF*, *Emission* i druge koji su također dostupni putem **Shader Editora**. Za postavljanje *Shader Editora* treba odabrati objekt u 3D *viewportu*, odabrati *Editor Type* → **Shader Editor** kao što je prikazano niže na slici. Čvor *Principled BSDF* je automatski dodan budući da je *defaultni* čvor kada se otvori *Shader Editor*.



Slika 132. Otvaranje Shader Editora

Također, *Shader Editor* automatski se pojavi promjenom radnog prostora, odabirom kartice **Shading**. Odabirom tog radnog prostora sve postavke koje su potrebne za rad u *Shader Editoru* su uključene. Također, može se *Geometry Node Editor* otvoriti putem kartice *Geometry Nodes* na traci za radne prostore. Niže je prikazan radni prostor *Shading* u kojem će se raditi sa *Shader* čvorovima.

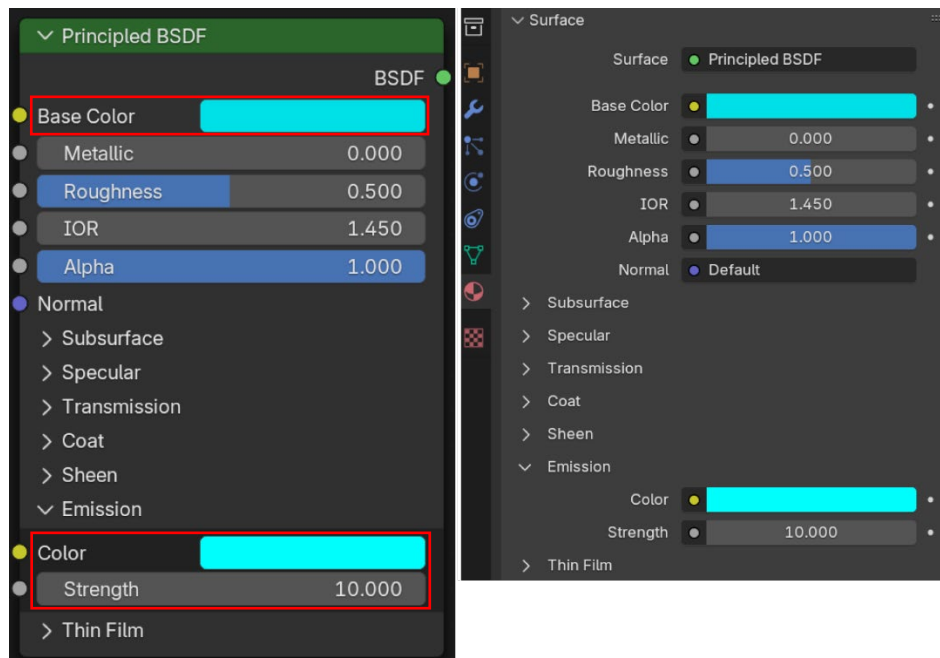


Slika 133. Radni prostor Shading

Za upoznavanje s osnovnim *Shader* čvorovima koristit će se *defaultni* čvor *Principled BSDF* kojim će se postići da objekt svijetli, odnosno isijava poput svjetlosnog izvora kao što je žarulja. Nakon što se postigne željeni efekt, dodat će se i *Geometry* čvorovi koji su bili korišteni u prijašnjem primjeru i pokazati kako se mogu kombinirati *Geometry* i *Shader* čvorovi. Prvi korak je proučiti što je sve dostupno unutar čvora *Principled BSDF* i koje opcije su potrebne da se postigne željeni efekt.

Može se primijetiti da *Principled BSDF* kao čvor ima iste opcije kao pod *Material Properties* → **Surface** budući da se radi o istom *shaderu* na drugačijoj lokaciji unutar sučelja. Kako se mijenjaju postavke unutar čvora, slika niže s lijeve strane, tako se mijenjaju postavke unutar *Material Properties* s desne strane i obratno. Postavke koje treba

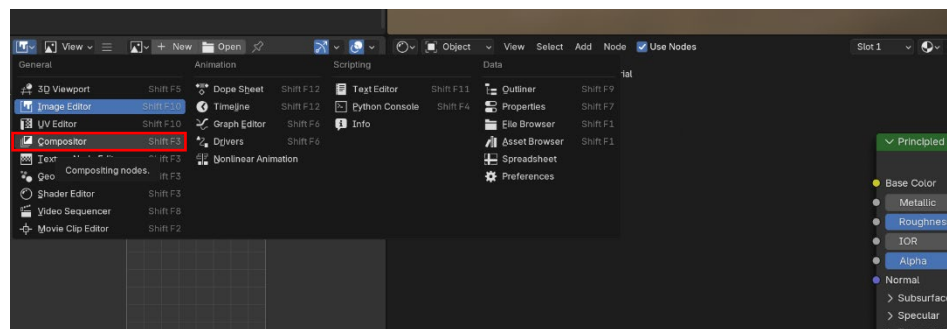
mijenjati su *Base Color* i pod *Emission*, promijeniti vrijednosti *Color* i *Strength*. *Emission* se koristi za stvaranje objekata koji emitiraju vlastitu svjetlost umjesto da reflektiraju svjetlost iz drugih izvora. Vrijednosti *Base Color* i *Emission Color* će biti iste, *Hue*(0.5), *Saturation*(1.0) i *Value*(1.0). Vrijednost *Strength* pod *Emission* treba postaviti na 10. Niže na slici podešene su postavke.



Slika 134. Principled BSDF kao čvor i unutar Material Properties

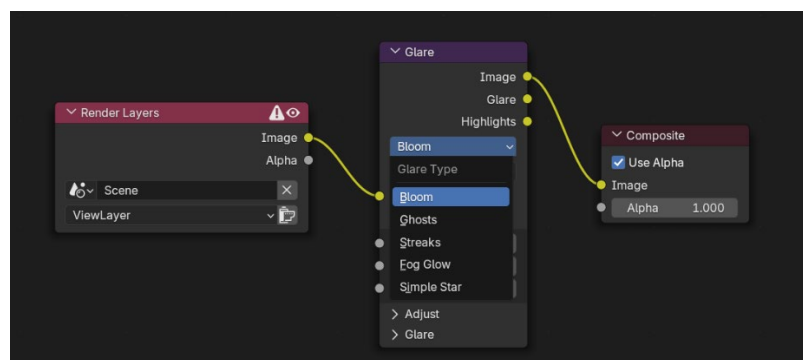
Kada se promotri kocka nakon postavljenih postavki, i dalje se ne primjećuje isijavanje, kocka je bijele boje i bez primjetnog sjaja. Da bi efekt isijavanja bio vidljiv, potrebno je uključiti postavku **Bloom** putem *Compositing Nodes*. *Bloom* je optički efekt koji simulira raspršivanje svjetlosti u sceni stvarajući dojam jače svjetlosti koja se prelijeva i djelomično zamagljuje okolne objekte. Ovaj efekt često se koristi u renderiranju kako bi se dodao osjećaj realizma ili stilski izgled scenama s visokim nivoima svjetlosti, kao što su sunčeve zrake ili svjetla u noćnim scenama. Počevši od Blenderove verzije 4.2.0, efekt *Bloom* više nije pod postavkama *Render Properties*, nego je sada ukomponiran unutar *Glare* čvora kojeg će se dodati putem *Compositora*, koji služi za postproduksijske efekte i kombiniranje različitih *render* slojeva. Za početak mora se otvoriti *Compositor*, idealno u donjem lijevom prozoru, umjesto *Image Editor*, koji je predefinirana (*default*) postavka na toj poziciji kada se otvori *Shading Workspace*.

Niže na slici prikazano je kako se postavlja *Compositor*. Svojevoljno se može podesiti veličina prozora koji će sadržati *Compositor*. Podešavanje je jednostavno: potrebno je postaviti pokazivač miša iznad crte između lijevog i desnog dijela dok se pokazivač miša ne promijeni u bijelu ikonu koja prikazuje dvosmjernu strelicu. Zatim treba pritisnuti i povući lijevo ili desno pa postaviti kvačicu na **Use Nodes** unutar prozora *Compositor*, da bi čvorovi bili vidljivi.



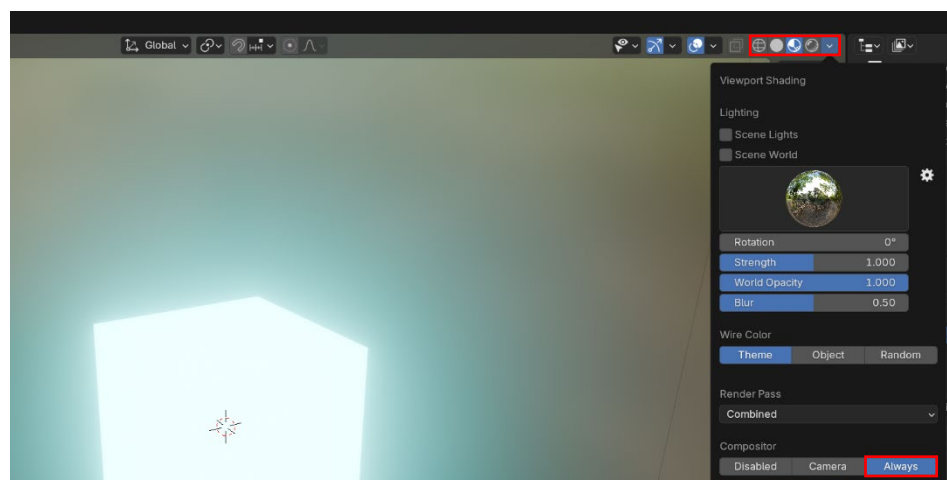
Slika 135. Otvaranje prozora Compositor

Unutar prozora *Compositor* potrebno je pritisnuti [Shift] + [A] te dodati čvor *Glare*, pod *Filter* → **Glare** koji se koristi za dodavanje svjetlosnih bljeskova, magle i sjaja oko svijetlih dijelova slike. Čvor *Glare* treba postaviti između čvorova *Render Layers* i *Composite* te pod **Glare Type**, koji je prvi padajući izbornik, odabrati *Bloom*. Niže na slici vide se spomenuti čvorovi.



Slika 136. Dodani čvor Glare s postavkom na Bloom

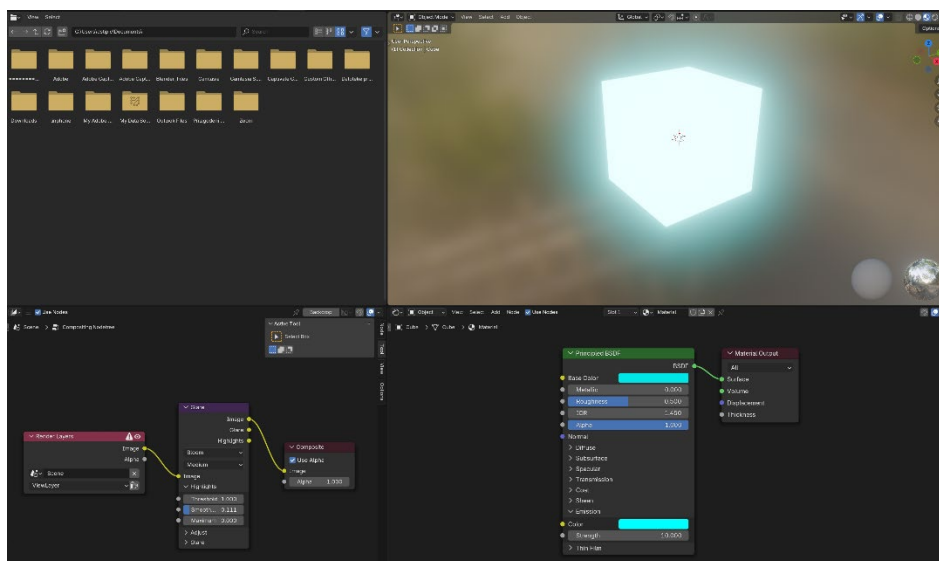
Za zadnji korak, budući da još nije vidljiv efekt čvora, potrebno je postaviti pod *Viewport Shading* → *Compositor* → opciju **Always** kako bi efekti u prozoru *Compositor* bili vidljivi. Niže na slici postavljeno je prema uputama i može se vidjeti u lijevom donjem kutu kako je kocka počela svijetliti, što znači da sve radi kako je zamišljeno.



Slika 137. Postavke Viewport Shading

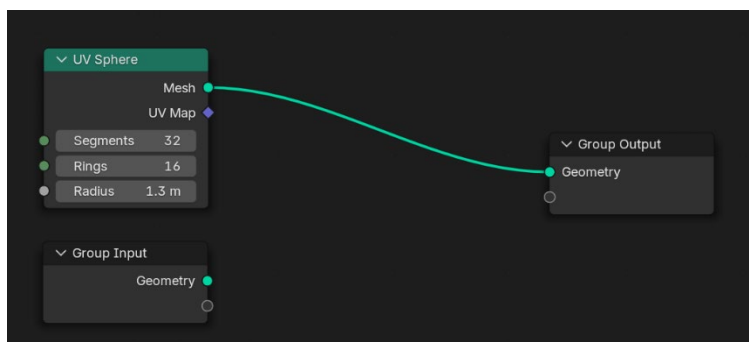
Niže na slici vidi se rezultat postavki na kocki, no u ovom primjeru pokazat će se kako postići isti efekt na kugli ili za bilo koji drugi osnovni

oblik putem *Geometry Nodes Editor*. Praktično je što se oblici mogu izmjenjivati, a postavke ostaju iste. Ime materijala treba promijeniti s *Material* na *Mat_Svjetlo* unutar prozora *Material Properties*.



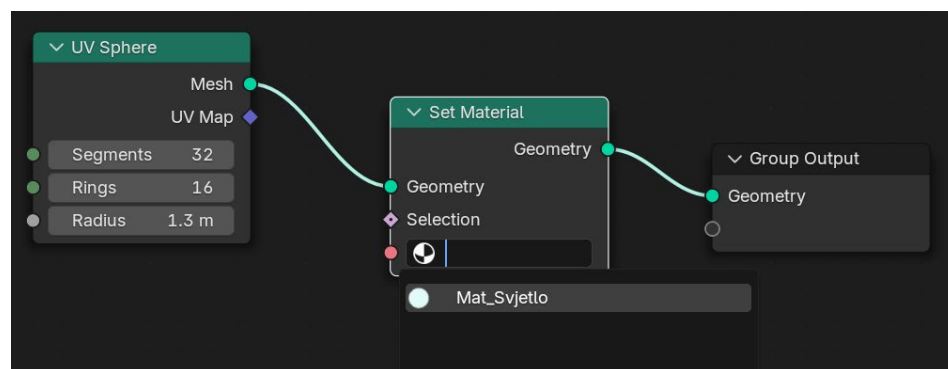
Slika 138. Rezultat postavki na kocki

Prebacite se u *Geometry Nodes Editor*, treba dodati novu grupu čvorova **New** te dodati *Mesh* → *Primitives* → **UV Sphere** pa otkaçiti liniju s utičnice *Geometry* na čvoru *Group Output* kako bi se mogli spojiti čvorovi *UV Sphere* i *Group Output*. Utičnica *Mesh* spaja se s utičnicom *Geometry* kao što je prikazano niže na slici. Postavke na čvoru *UV Sphere* ostaju iste, osim *Radius* koja će se postaviti na 1.3 m.



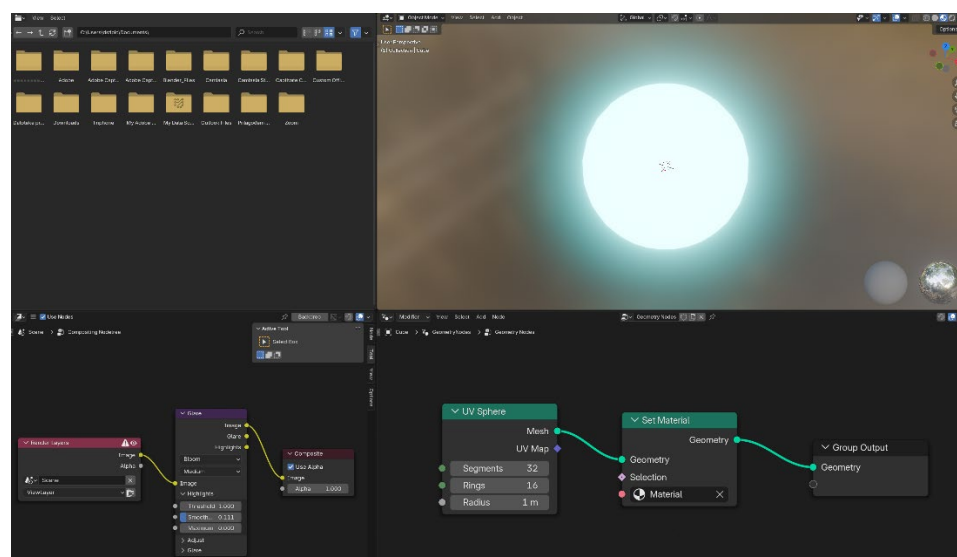
Slika 139. Dodavanje čvora *UV Sphere*

Da bi se isti efekt pojavio na sferi koja je upravo dodana, potrebno ju je spojiti s istim materijalom koji koristi kocka. To je lako izvedivo pomoću čvora *Set Material*, lociranog pod *Material* → **Set Material**. Taj čvor omogućuje poveznicu s već korištenim materijalom i svim efektima koji su vezani za njega. Treba ga spustiti između čvorova *UV Sphere* i *Group Output*, a oni će se automatski spojiti s njim. Potom je potrebno izabrati *Mat_Svjetlo* u popisu materijala kao na slici niže.



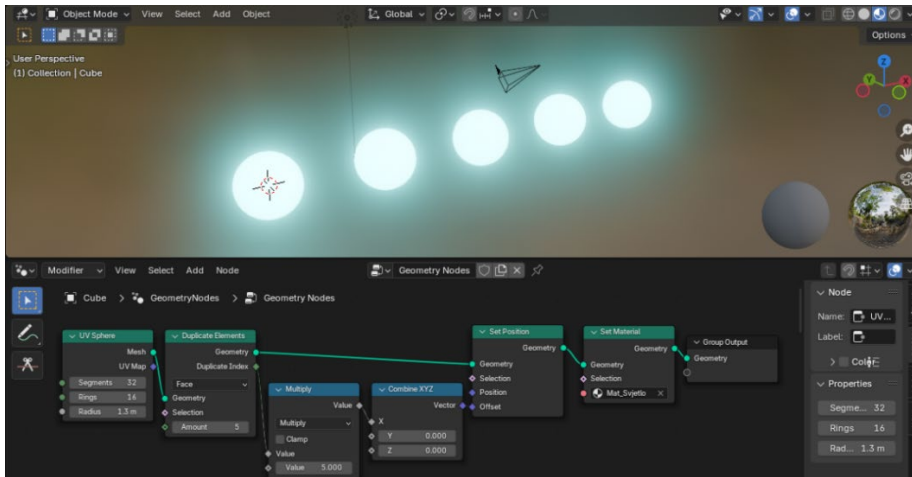
Slika 140. Odabir materijala unutar čvora Set Material

Nakon odabira *Mat_Svjetlo* sfera je poprimila materijal i efekte koji su bili ranije viđeni na kocki. Ovaj pristup radi za svaki od objekata koji se mogu odabrati među *Mesh* → *Primitives* osim odabira koji nemaju lica poput *Mesh Line* i *Mesh Circle*.



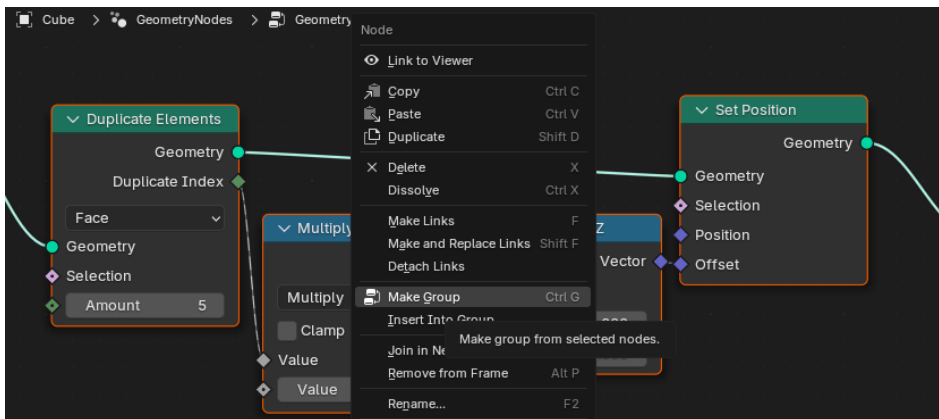
Slika 141. Sfera je poprimila vizualne efekte od kocke

Ista kombinacija čvorova kao u primjeru u poglavlju s *Geometry Nodes*, gdje se koristio čvor *Duplicate Elements*, ubacit će se u ovom primjeru kako bi se postigla grupacija svijetlećih objekata. Načelo je identično i postavke su iste, samo se u ovom primjeru primjenjuju efekti i boje na materijalu uz drugačiji odabir objekta te su vrijednosti *Amount* pod *Duplicate Elements* i *Value* pod *Math* postavljene na vrijednost 5. Treba dodati *Geometry* → *Operations* → **Duplicate Elements**, *Geometry* → *Write* → **Set Position**, *Utilities* → *Math* → **Math** i *Utilities* → *Vector* → **Combine XYZ** čvorove. *Multiply* čvor treba biti spojen na X-utičnicu čvora *Combine XYZ*. Na slici niže prikazani su spojeni čvorovi.



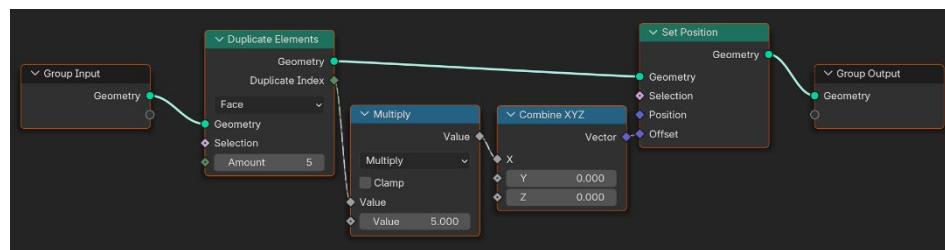
Slika 142. Spojeni čvorovi za sferu

Sljedeći korak, potrebno je dodati istu grupu čvorova za preostale osi, za y-os i z-os. Kao i prije, treba kopirati grupe čvorova za osi y i z i podesiti postavke. Za y-os grupu, koja počinje s *Duplicate Elements*, spaja se sa *Set Position* prve grupe koja predstavlja x-os. Uz to potrebno je podesiti po kojoj se osi nižu kopije, znači priključak *Value* se spaja sa y-priključkom. Ponoviti isto za z-os te se na samom kraju slijeda spaja *Set Material* na čvor *Set Position* kako bi se zahvatile sve osi i njihove kopije objekta. Kako se sada već radi o malo većem broju čvorova, ovo je odlična prilika da se pokaže kako se čvorovi mogu podesiti da zauzimaju manju površinu te da prostor djeluje malo urednije. Pomoću **Node Groups** moguće je grupirati čvorove: potrebno je zaokružiti određene čvorove te desnom tipkom miša odabrati *Make Group* kako bi se postavila grupa, a može se i otići na meni *Node* → **Make Group**.



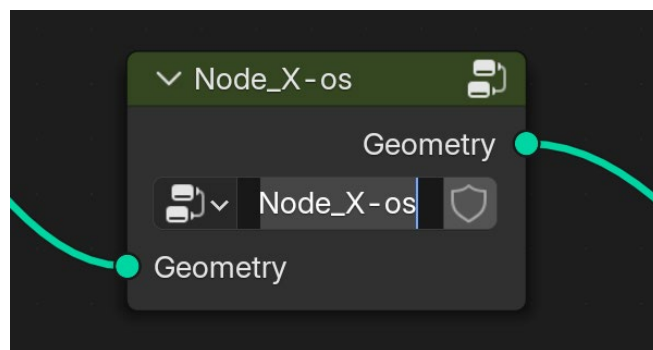
Slika 143. Grupiranje zaokruženih čvorova

Naredba *Make Group*, koja ima prečac [Ctrl]+[G], omogućava grupiranje nekoliko pojedinačnih čvorova u jedan kompaktni čvor. Nakon što se stvori grupa, prikaže se sadržaj grupe kao na slici niže. Svaka od grupa dobije svoje čvorove *Group Input* i *Group Output* kao što se vidi na slici.



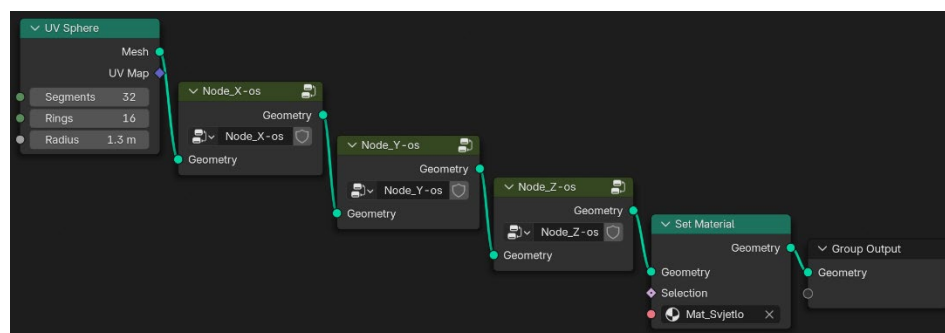
Slika 144. Group Input i Group Output dodani za grupu

Dok je grupa otvorena, ostatak čvornog stabla nije vidljiv. Za vraćanje na početni pregled, odnosno da bi se izašlo iz pregleda čvorne grupe, mora se pritisnuti tipka [Tab]. Kada se izađe iz pregleda grupe, pojavi se poseban čvor na mjestu grupiranih čvorova koji predstavlja tu grupu čvorova. Ako se želi pristupiti toj čvornoj grupi, potrebno je selektirati jedan od tih posebnih čvorova i pritisnuti tipku [Tab] kako bi se dobio pristup sadržaju unutar grupe. Na slici niže prikazan je jedan od tih posebnih čvorova. Može se promijeniti naziv te grupe pritiskom na tekst i upisivanjem željenog naziva.



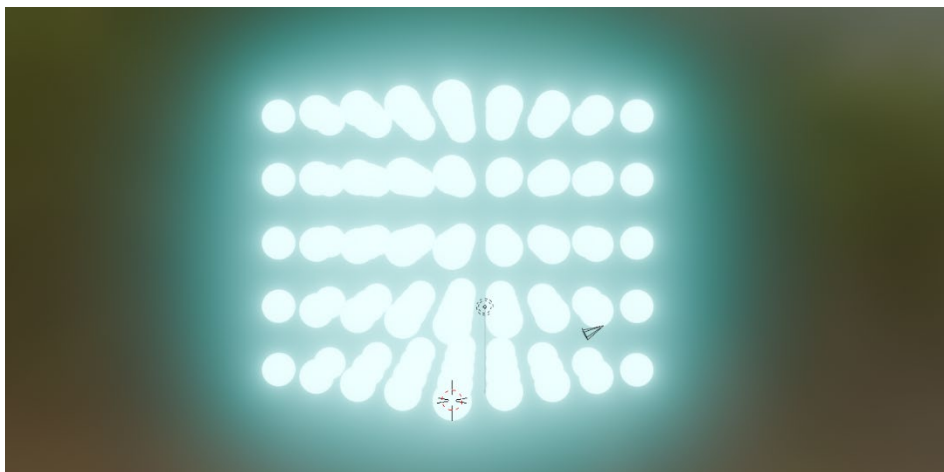
Slika 145. Čvor predstavlja određenu grupu

Isto načelo grupiranja čvorova koristit će se s ostatkom čvornog stabla, odnosno čvorovi koji su potrebni za formiranje kopija objekta po y-osi i z-osi će se također grupirati te će se dobiti rezultat kao na slici niže. Pomoću ovog načela dobije se puno urednija i preglednija situacija unutar *Geometry Node Editor*.



Slika 146. Međusobno spojene grupe

Kada su svi čvorovi adekvatno postavljeni i njihove postavke namještene, unutar 3D preglednika će se pojaviti grupacija kugla koje su postavljene da čine oblik kocke.

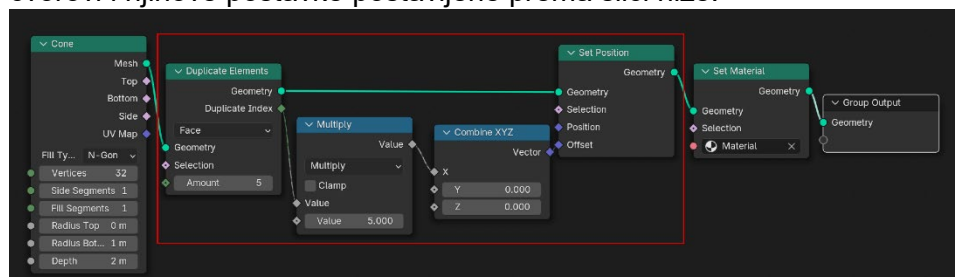


Slika 147. Izgled sučelja nakon finalnih postavki

5.5. Vježba: Čvorovi

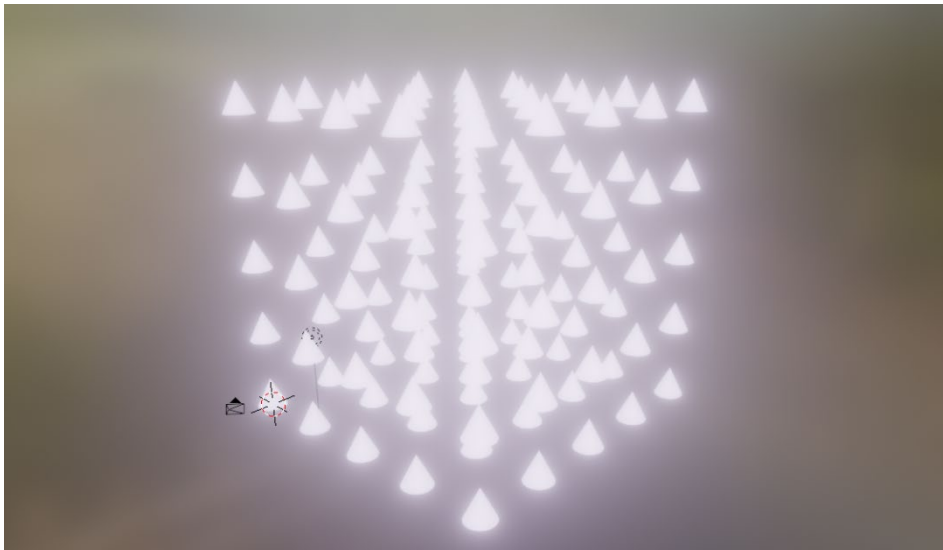
U ovoj vježbi ponovit će se postupak prijašnjeg zadatka, slaganje kocke, koristeći ponavljanje osnovnih oblika u Blenderu pomoću čvorova, s manjim promjenama u postavkama.

1. Otvorite novu datoteku *File*→ *New*→ **General** te odaberite *Shading workspace*. Selektirajte objekt te unutar *Shading Editor* na čvoru *Principled BDSF* promijenite vrijednosti *Base Color* i *Emission Color* na *Hue*(0.750), *Saturation*(0.950) i *Value*(1.0). Pod *Emission*, postavite vrijednost *Strength* na 10.
2. Otvorite *Compositor*, u donjem lijevom prozoru, umjesto *Image Editor*. Postavite kvačicu na **Use Nodes** unutar prozora *Compositor* da bi čvorovi bili vidljivi. Unutar prozora *Compositor* pritisnite [Shift] + [A] te dodajte čvor *Glare*, pod *Filter*→ **Glare**. Čvor *Glare* postavite između čvorova *Render Layers* i *Composite*, a pod *Glare Type*, koji je prvi padajući izbornik, odaberite *Bloom*. Za vidljivost efekta čvora potrebno je postaviti pod *Viewport Shading*→ *Compositor*→ opciju **Always**, za vidljivost efekta rada u prozoru *Compositor*.
3. Prebacite se u *Geometry Nodes Editor* na mjestu prozora *Shader Editor*, dodajte novu grupu čvorova  + **New** te dodati *Mesh*→ *Primitives*→ **Cone** te otkaçiti liniju s *Geometry* utičnice na čvoru *Group Output* kako bi se mogli spojiti čvorovi *Cone* i *Group Output*. Utičnica *Mesh* spaja se s utičnicom *Geometry*. Postavke na *Cone* čvoru ostaju iste.
4. Stožac spojite s istim materijalom koji koristi kocka. Ubacite čvor *Set Material* pod *Material*→ **Set Material** te ga spustite između čvorova *Cone* i *Group Output* i automatski će se spojiti s njim. Na čvoru *Set Material* izaberite već izrađeni *Material*.
5. Dodajte čvorove *Geometry*→*Operations*→ **Duplicate Elements**, *Geometry*→ *Write*→ **Set Position**, *Utilities*→ *Math*→ **Math** i *Utilities*→ *Vector*→ **Combine XYZ**. Postaviti čvorove prema poretku na slici niže. Na čvoru *Duplicate Elements Amount* postavite na vrijednost 5 i postavku *Point* zamijenite postavkom *Face*. Zatim na čvoru *Math* (piše *Add*) postavite na *Multiply* te pod *Value* na vrijednost 5. Čvor mijenja ime prema odabranoj matematičkoj funkciji. Čvor *Multiply* treba biti spojen na x-utičnicu čvora *Combine XYZ*. Provjerite da li su čvorovi i njihove postavke postavljene prema slici niže.



Slika 148. Pravilan redoslijed spojenih čvorova

6. Ponovite postupak iz prijašnjeg koraka za osi y i z te podesiti postavke. Za y-os grupu, koja počinje sa *Duplicate Elements*, se spaja sa *Set Position* prve grupe koja predstavlja x-os, uz to potrebno je podesiti po kojoj se osi nižu kopije, znači *Value* priključak se spaja sa y priključkom. Ponoviti isto za z-os, te na samom kraju slijeda, se spaja *Set Material* na *Set Position* čvor kako bi se zahvatile sve osi i njihove kopije objekta. Grupirati čvorova koji predstavljaju određenu os, tako da ih se zaokruži te desnom tipkom miša odabrati *Make Group* kako bi se postavila grupa ili kratica [Ctrl]+[G]. Nazvati grupe po osobnom izboru. Tipkom [Shift] se izlazi ili ulazi u čvornu grupu.
7. Provjeriti postupak i postavke tako da scena izgleda kao na slici niže.



Slika 149. Izgled scene kada je vježba 5.5. gotova

6. Renderiranje u Blenderu

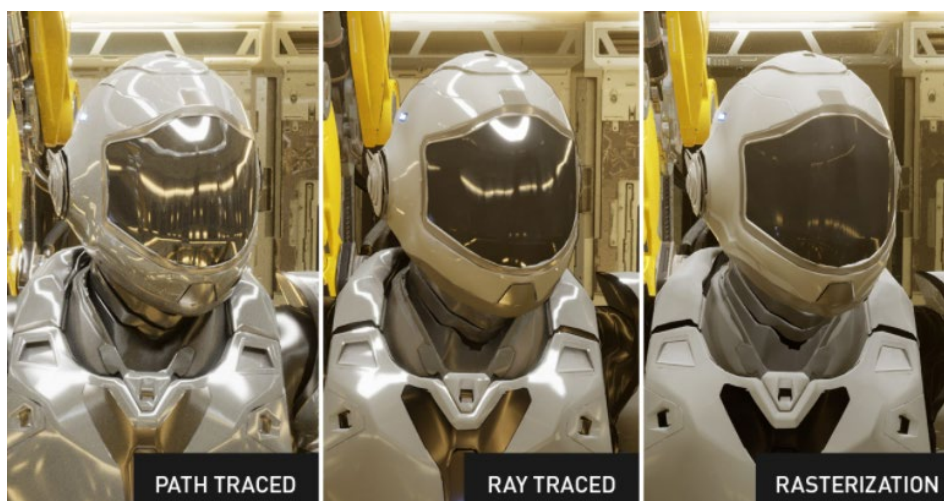
Po završetku ovoga poglavlja moći ćete:

- razlikovati render engine
- koristiti osnove enginea EEVEE
- razumjeti interakciju svjetlosnih zraka s objektima na sceni
- renderirati slike.

Na početku poglavlja spominjale su se opcije *render enginea* i njihove uloge te je sada vrijeme za renderiranje kratke animaciju koristeći jednu od tih opcija. *Cycles* i *EEVEE* renderiranje su dvije opcije koje dolaze u obzir kod stvaranja animacija odnosno finalnih rendera. *Cycles* je Blenderov fizički baziran *path tracer* za produkcijsko renderiranje, što znači da se temelji na stvarnim zakonima fizike o ponašanju svjetla te koristi fizički bazirane modele osvjetljenja i materijala kako bi simulirao stvarni svijet što je moguće realnije. Kako bi bilo jasnije što je *Path Tracing*, potrebno je objasniti *Ray Tracing*.

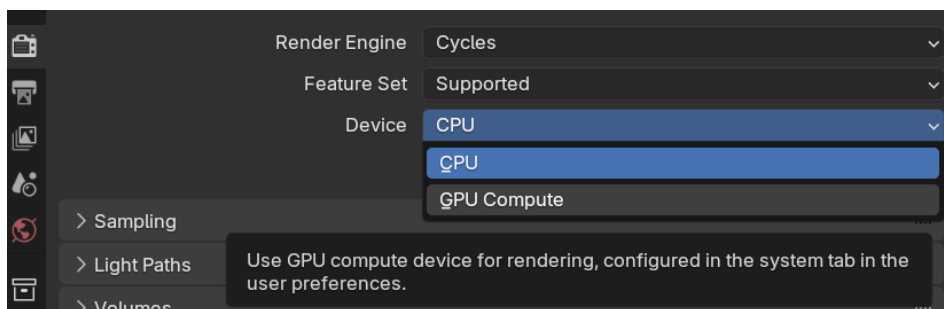
Ukratko, *Ray Tracing* je tehnika koja prati zrake svjetlosti koje su emitirane iz kamere. Za svaki piksel koji čini kadar jedna ili više zraka emitira se iz kamere prema sceni. Naravno, ne doslovno, generira se vektorska jednačica s parametrima postavljenim na temelju položaja kamere i piksela. Svaka zraka predstavlja jedan piksel te, kada zraka pogodi površinu, ta zraka nastavi putovati prema izvorima svjetlosti te se na taj način određuje boja tog piksela. *Ray Tracing* uključuje izračunavanje putanje refleksije ili loma svake zrake te njihovo praćenje sve do jednog ili više izvora svjetlosti.

Osim što prati znatno veći broj odbijanja zraka po pikselu, *Path Tracing* razlikuje se od *Ray Tracinga* i po tome što, umjesto da se fokusira na sve zrake kroz cijelu scenu, algoritam prati samo najvjerojatnije putanje svjetlosti te simulira indirektno osvjetljenje i globalno osvjetljenje puno preciznije od standardne tehnike *Ray Tracing*. Iz ovog razloga tehnika se zove *Path Tracing* jer ne prati samo jednu zraku s nekoliko odbijanja, već simulira složene i razgranate putanje svjetlosti kroz cijelu scenu. Ova metoda preciznije modelira način na koji svjetlost djeluje u stvarnom svijetu. *Cycles* iz toga razloga može proizvesti rezultate visoke kvalitete i realističnosti. Niže na primjeru vide se tri metode renderiranja: rasterizacija, tehnika koja proizvodi sliku kako se vidi iz jedne točke gledišta, standardni je izbor koji se koristi u videoigrama, te primjeri za *Ray Tracing* i *Path Tracing* koji prikazuju gledište iz više točaka. Vidi se značajna razlika između rasterizacije i tehnike *Ray Tracing*, dok je *Path Tracing* kategorija za sebe sudeći po detaljima, razini odsjaja i svjetlosti koja je uhvaćena.



Slika 150. Usporedba rendering tehnika

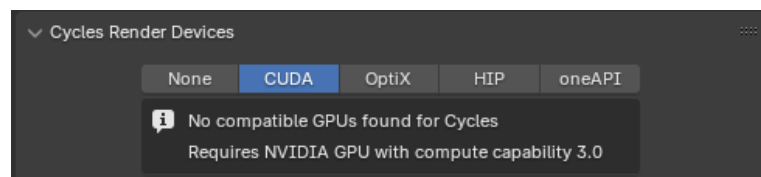
Još jedna prednost kod *Cycles* je što podržava renderiranje pomoću CPU-a i GPU-a. GPU renderiranje može znatno ubrzati proces na odgovarajućem hardveru, dok *EEVEE* nema opciju renderiranja pomoću GPU-a. Niže se vidi opcija postavljanja na renderiranje pomoću grafičke kartice odnosno opcija *GPU Compute*, kada je *Cycles* odabran kao *Render Engine*.



Slika 151. Postavka GPU Compute

Kada se postavi na opciju *GPU Compute*, može se primijetiti da su postavka *Device* i opcija koja je odabrana tamnosive boje umjesto bijele, što signalizira da opcija nije aktivna iz nekog razloga. Potrebno je u *Preferences* podesiti dodatne opcije da bi sve proradilo. Pod *Edit* → *Preferences* → *System* → *Cycles Render Devices* → **CUDA** u slučaju da se koristi grafička kartica NVIDIA, dok je za AMD-ovu grafičku kraticu potrebno postaviti na opciju **HIP**. CUDA (engl. *Compute Unified Device Architecture*) je platforma za paralelnu obradu i API (engl. *Application programming interface*) razvijena od strane tvrtke NVIDIA, čiji se grafički procesori sastoje od nekoliko stotina ili tisuća (za novije kartice) CUDA procesorskih jezgri koje su specijalizirane za renderiranje slika. Osim obrade slika, ova tehnologija vrlo je korisna u područjima poput umjetne inteligencije, strojnog učenja, simulacija, znanstvenih istraživanja i mnogih drugih gdje je potrebno obraditi velike količine podataka. To znači da se zadaci, koji bi inače bili izvršavani na središnjem procesoru (CPU), mogu podijeliti na više manjih dijelova i izvršavati paralelno na velikom broju jezgara unutar GPU-a. Kada se izabere CUDA kao *Render Device*, renderiranje je znatno ubrzano za razliku od

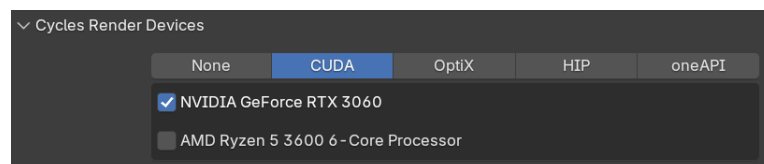
renderiranja na klasičan način, pomoću CPU-a. CUDA je samo dostupna kao opcija kada je prisutna Nvidijina grafička kartica. U slučaju niže gdje se koristi standardni laptop ta opcija nažalost nije dostupna, budući da većina laptopa ima integriranu grafičku karticu koja je znatno slabija od odvojene ili *dedicated* grafičke kartice.



Slika 152. Nije pronađena Nvidijina grafička kartica

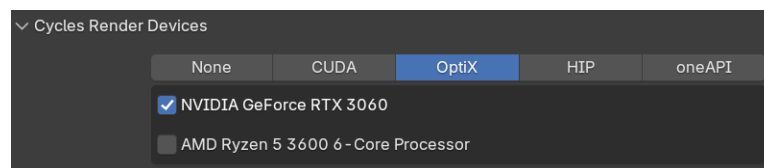
Nasuprot tome, na slici niže, gdje se koristilo stolno računalo s opremom koja je više namijenjena za renderiranje te ima ugrađenu Nvidijinu grafičku karticu, pokazuju se kompatibilni procesori kao opcije. Moguće je koristiti grafičku karticu i procesor simultano za renderiranje te je potrebno je označiti obje opcije. U određenim situacijama korištenje oboje može ubrzati proces renderiranja, najčešće ako se radi o sporijoj grafičkoj kartici i bržem procesoru. U tom scenariju isplati se koristiti oboje. Generalno, GPU je znatno brži od CPU-a za ovaj tip zadataka te se pokazalo da je kontraproduktivno kada rade zajedno jer CPU zna usporiti proces.

Kada je GPU brži od CPU-a kod kombiniranog renderiranja, može doći do CPU *bottlenecka*. To se događa kada CPU ne može dovoljno brzo obraditi i poslati podatke GPU-u, zbog čega GPU mora čekati da CPU završi svoje zadatke prije nego što može nastaviti s renderiranjem. Mora se napomenuti da u slučaju kada se renderira samo GPU-om, CPU i dalje ima ključnu ulogu, ali je ta uloga ograničena.



Slika 153. Cycles Render Devices postavljeno na CUDA

Za još bržu i efikasniju obradu može se odabrati i API **OptiX**. Budući da je API poput „mosta“ koji dozvoljava softveru pristup određenim funkcijama hardvera, tako OptiX dozvoljava Blenderu pristup RT jezgrama grafičke kartice, koje su specijalizirane za Ray-Tracing kalkulacije. Pomoću ovog API-ja može se znatno ubrzati *rendering* u slučaju da kartica ima taj tip jezgri.



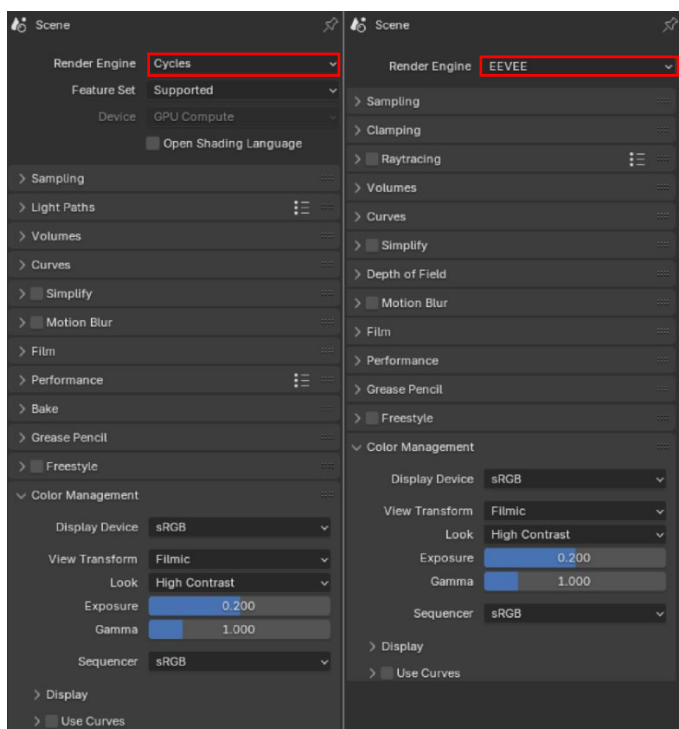
Slika 154. Cycles Render Devices postavljeno na OptiX

Unatoč prednostima *Cycles* renderiranja, jedna od većih prednosti renderiranja putem *EEVEE* je fleksibilnost i mogućnost solidnih rezultata

koristeći slabije opremljena računala, bila riječ o laptopu ili stolnom računalu. Iako ne nudi isti nivo fizičke točnosti kao *Cycles*, *EEVEE* se pokazao kao vrlo efikasan za mnoge kreativne procese gdje su brzina i povratne informacije u stvarnom vremenu ključni. Kao što se već spomenulo na početku poglavlja, treći *render engine* odnosno *Workbench engine* nije namijenjen za stvaranje finalnih rendera, već za pružanje brzih i jednostavnih pregleda scena kako bi se olakšao rad na modelima, tako da će se za daljnja renderiranja koristiti *EEVEE* animacija.

6.1. Razlike između *EEVEE* i *Cycles* renderiranja

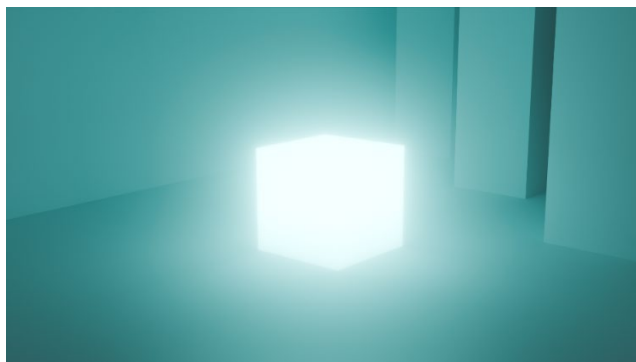
Kako bi se bolje dočarala razlika između *EEVEE* i *Cycles* renderiranja, kratko će se proći kroz postavke koje se koriste za *Cycles* i *EEVEE rendering* te usporediti vrijeme renderiranja ovim dvjema opcijama. Generalno pravilo je da *Cycles* namijenjen za detaljnije rendere koji bi predstavljali izgled finalnog produkta, s višom kvalitetom, ali i s dužim vremenom generiranja slika u usporedbi s *EEVEE* renderima. Promatrajući opcije i postavke dvaju *render enginea*, na prvi pogled se može zaključiti da su jako slični. Većina opcija prisutna je u oba primjera, no razlika je u postavkama unutar određenih opcija. Svega par opcija su identične u oba primjera, ostale opcije se podosta razlikuju jedna od druge. Proći će se kroz opcije i postavke za *EEVEE render engine* u primjeru kasnije.



Slika 155. Postavke *Cycles* i *EEVEE*

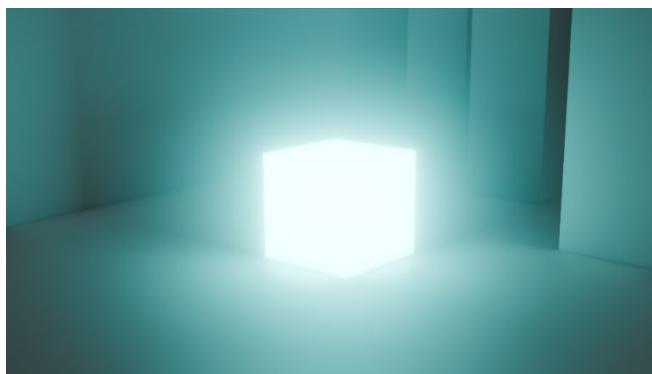
Važna distinkcija između dvaju *render enginea* je što je *EEVEE real-time engine* (procesuiru scenu u stvarnom vremenu) sličan onima koji se koriste u videoigrama. Drugim riječima, *EEVEE* omogućuje renderiranje scene u pravom vremenu koristeći rasterizaciju za prikaz scene.

Rasterizacija je način na koji se većina videoigara prikazuje. To je proces u kojem grafička kartica „slaže“ scenu u tri dimenzije. Poligoni u sceni pretvaraju se u 2D točke a, zatim se podešavaju sjenčanjem, osvjetljenjem, bojama i teksturama. Mana ovog načela su pogrešni svjetlosni efekti. Ova tehnika ne može pratiti zrake svjetlosti i prikazati realističnu simulaciju odbijanja svjetlost o razne objekte. Međutim, EEVEE može koristiti rasterizaciju zajedno s jednostavnijom verzijom *Ray Tracinga*, slično kao što videoigre koriste *Ray Tracing*. Dok je, s druge strane, *Cycles Path Tracing engine* koji u potpunosti renderira scenu koristeći napredniju verziju *Ray Tracinga*. Često dolazi do pomutnje vezano za *Ray Tracing* budući da se većinom koristi jedan izraz za dvije slične, ali različite metode renderiranja svjetlosti i sjene. Niže su prikazane dvije slike iste scene renderirane koristeći različite *render engine*. Na prvi pogled razlike nisu velike, no kada se promotri prva slika, koja predstavlja primjer *Cycles* renderiranja, vidi se da svjetlost koja isijava iz objekta ne baca sjenu jer objekt isijava iz svih smjerova, odnosno sve stranice kocke bacaju svjetlo.



Slika 156. Primjer Cycles rendera

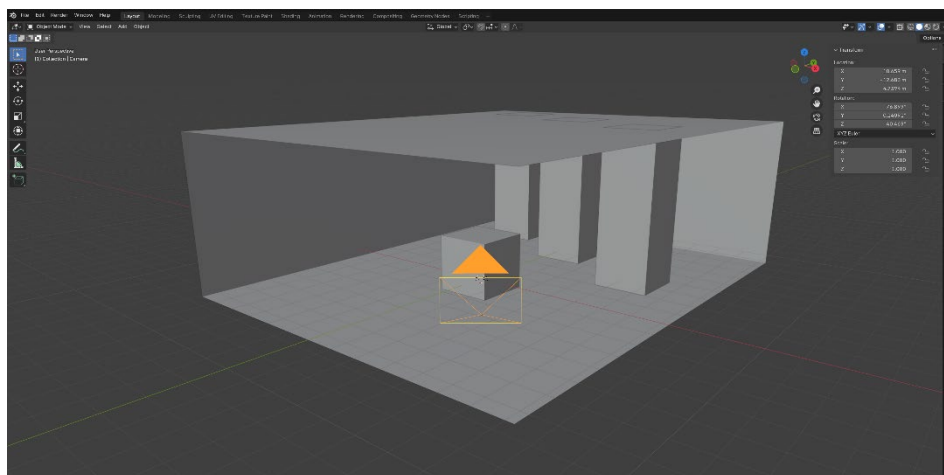
Kod drugog primjera sa EEVEE renderiranjem, unatoč što sve plohe objekta svijetle kao i u primjeru s *Cycles*, može se vidjeti da objekt baca sjene osim kod prednjih stranica kocke, a to je iz razloga što EEVEE koristi ograničenu varijantu *Ray Tracinga* te generira sjene koje nemaju smisla u stvarnom svijetu. Tu se mogu primijetiti prvi limiti EEVEE renderiranja. No zato ima prednost brzine generiranja slika i manje zahtjeve za računalo. Bilo je potrebno 35 sekundi da se generira slika niže, dok je za varijantu *Cycles* trebalo približno 10 min. Određene postavke znaju značajno usporiti proces, tako da su se u primjeru koristile standardne postavke. O njima više u sljedećem dijelu.



Slika 157. Primjer EEVEE rendera

6.2. Eevee rendering

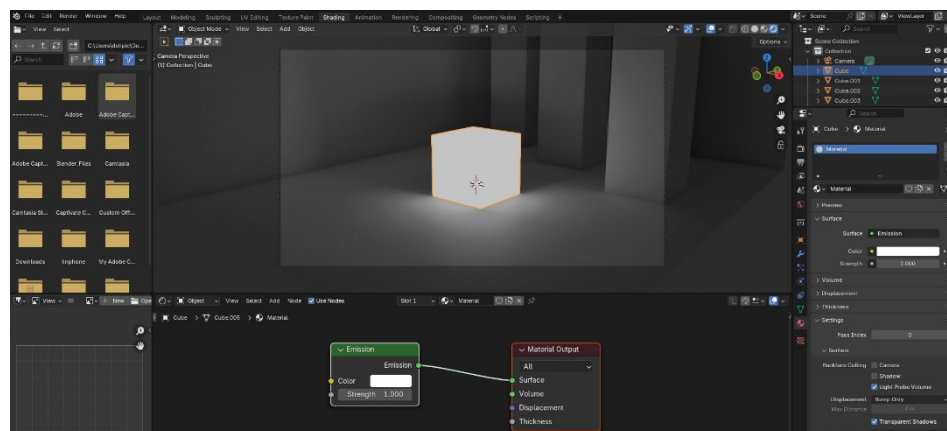
Krenut će se s rekreiranjem scene koja je bila korištena za demonstraciju razlike između Eevee i *Cycles* renderiranja. Kroz postavljanje i pripremanje scene objasniti će se osnovne postavke za Eevee. Zatim, koristeći tu istu scenu, renderirat će se jednostavna animacija, gdje će se proći kroz postavke za **Output Properties**, čija je uloga podešavanje formata i kvalitete animacije ili slike koja se generira. Otvorit će se jednostavna scena na kojoj su već postavljeni osnovni oblici, ali bez aktivnih efekata. Iz mape Vježbe treba izabrati datoteku *EEVEE_scena.blend* na koju će se dodavati efekti i podešavati opcije i postavke za Eevee rendering. Otvaranjem *EEVEE_scena.blend* prikazat će se sljedeća scena, s kojom će se dalje raditi.



Slika 158. Izgled scene *EEVEE_scena.blend*

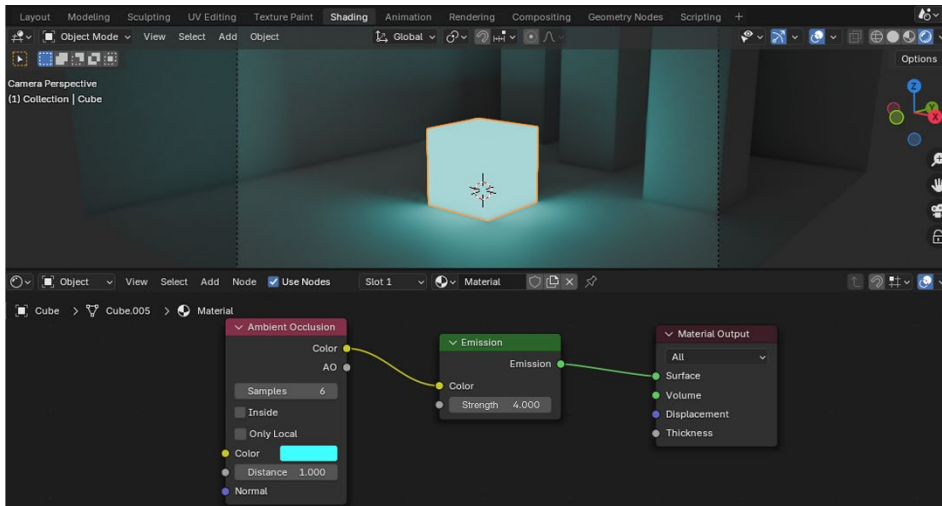
U ovom primjeru, osim što će se fokusirati na postavke za Eevee rendering, prije renderiranja slika će se finalizirati koristeći *Compositing*. *Compositing* u *Blenderu*, kao što je ranije već objašnjeno, odnosi se na proces kombiniranja različitih vizualnih elemenata kako bi se stvorila konačna slika ili animacija. U ovom kontekstu različiti slojevi slike (koji mogu uključivati 3D objekte, pozadine, efekte i druge elemente) spajaju se u jedan finalni vizual. U *Blenderu* to se postiže korištenjem *Node Editor*a, gdje korisnici mogu povezivati različite čvorove kako bi primijenili efekte poput osvjetljenja, boje, zamućenja te kreirali slojevitte kompozicije. *Compositing* se često koristi u postprodukciji za dodavanje efekata kao što su boje, sjene, svjetlosni efekti, pa čak i specijalni efekti poput eksplozija, dimnih efekata ili prilagođavanja kontrasta i svjetline, čime se poboljšava vizualni izgled projekta. Više o toj fazi kasnije, nakon što se podesi i renderira osnovna slika. Nakon otvaranja datoteke fokus se prebacuje na kocku u sredini kadra. Potrebno je pritisnuti tipku [0] na *Num Padu* na stolnim računalima ili tipku [0] u retku s brojkama na prijenosnim računalima da se prebaci u *Camera View*. Kada se prebaci u *Camera View*, potrebno je selektirati kocku pomoću [LMS], kojoj će se dodavati efekti i podešavati osvjetljenje. Ona predstavlja svijetleći objekt u sceni. Kada je kocka selektirana, treba otići na *Add a new material* i nastaviti dalje prema *Material Properties* unutar prozora *Properties*, te pod *Surface* izabrati *Emission* umjesto predefinirane postavke

Principled BSDF. Zatim se valja prebaciti na *Shading workspace* tako da je niže prikazan *Shader Editor* . Sada kada je postavljeno sve za početnu fazu, treba prebaciti na *Rendered*  pod *Viewport Shading* te bi sučelje trebalo izgledati kao na slici niže:



Slika 159. Izgled otvorene scene kroz Viewport Shading

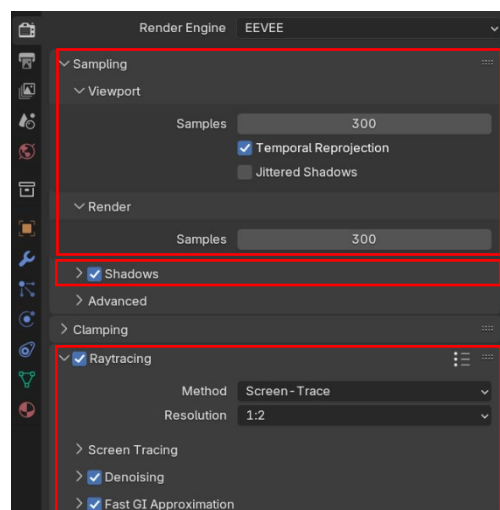
Kako je postavljeno na *Emission*, primijeti se „emisija“, vidi se da kocka lagano emitira vlastitu svijetlost. Sada je potrebno promijeniti boju, no prije toga će se dodati još jedan čvor. Efekt ovog čvora je donedavno bio EEVEE opcija, no sada je uklonjena te je dostupna kao čvor, a to je **Ambient Occlusion**. Kratica [Shift] + [A] te zatim pod *Input* → *Ambient Occlusion* spojite s utičnicom *Color* čvora *Emission*. Utičnice *Color* čvorova se spajaju. *Ambient Occlusion* je tehnika koja simulira ponašanje svjetlosti u stvarnom svijetu, posebno kada se nalazi u zatvorenim prostorima ili blizu objekata. Dodaje suptilne sjene tamo gdje se svjetlost teško probija, primjerice u kutovima, ispod objekata ili na mjestima gdje se objekti nalaze jedan blizu drugoga. Kada je spojen čvor *Ambient Occlusion*, potrebno je promijeniti postavku *Color* na njemu. *Hue* treba postaviti na vrijednost 0.5 te *Saturation* na 0.95 kako bi se dobila tirkizna boja. Treba postaviti *Strength* vrijednost čvora *Emission* na 4. *Ambient Occlusion* ima postavku *Samples*, koja određuje broj uzoraka koji će biti korišteni za *Ray Tracing*. Što je veća vrijednost, to su veći zahtjevi za računalo. Preporučuje se držati nižih vrijednosti. U primjeru će biti postavljeno na 6. Niže je prikazano kako bi trebalo trenutno izgledati.



Slika 160. Ambient Occlusion postavke

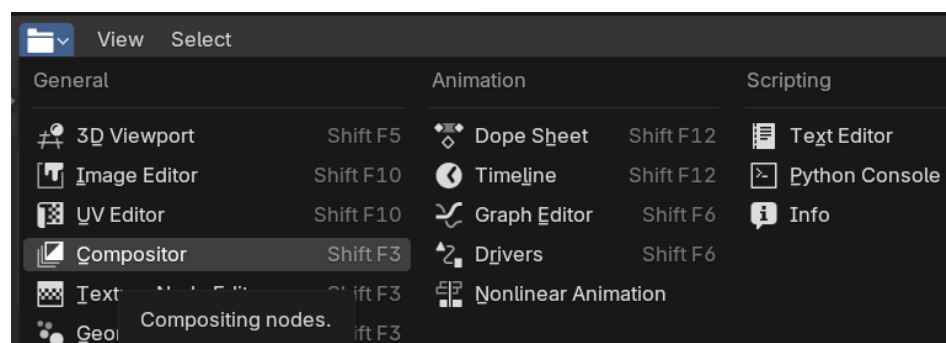
Sljedeći korak je prikaz postavki za *EEVEE rendering*. Niže su prikazane unaprijed podešene postavke koje će biti korištene u ovom primjeru. Prvi crveni okvir prikazuje *Sampling* postavke. Određuje koliki broj uzoraka odnosno svjetlosnih zraka će biti korišteno po pikselu. *Ray Tracing* funkcionira tako što simulira putanje svjetlosnih zraka koje kreću iz kamere, prolaze kroz svaki piksel i sudaraju se s objektima u sceni. Kada zraka udari u objekt, algoritam izračunava kako se svjetlost reflektira, lomi ili apsorbira na toj površini. Ovaj proces omogućava generiranje realističnih sjena, refleksija i refrakcija. Što je veći broj uzoraka, to je viša kvaliteta renderirane slike.

Sampling ima postavku za broj uzoraka za preglednik dok se priprema scena pod *Viewport* → **Samples** i za renderiranje kada je scena spremna pod *Render* → **Samples**, tako da to treba imati na umu prije nego što se krene generirati slika. Do 300 uzoraka sasvim je dovoljno za kvalitetnu sliku, veće vrijednosti znatno povećavaju vrijeme renderiranja s minimalnim poboljšanjima, pogotovo kod jednostavnijih scena. Pod *Viewport* uključena je i postavka **Temporal Reprojection**, koja smanjuje šum pri kretanju kroz scenu i tijekom pokretanja animacija. U sljedećem crvenom okviru postavka **Shadows** omogućuje generiranje sjena. Treći crveni okvir obuhvaća postavke za *Ray Tracing*. Kada je uključen, omogućuje dodatne postavke. **Method** omogućuje biranje *Ray Tracing* metoda, postavljen je na **Screen-Trace** kao postavku. To je metoda koja se koristi za izračunavanje određenih efekata kao što su refleksije i sjene koristeći informacije koje su već prikazane na ekranu. Ova metoda analizira piksele. Svaki piksel ima određenu vrijednost dubine koja predstavlja udaljenost tog piksela od kamere, koja je vidljiva u trenutnom okviru i koristi te informacije kako bi generirala refleksije, sjene ili druge efekte bez potrebe za dodatnim složenim izračunima u cijeloj sceni. **Resolution** se odnosi na prostornu rezoluciju na kojoj se izvode *Ray Tracing* izračuni tijekom renderiranja. Ako je, primjerice, konačna rezolucija rendera 1920 x 1080 piksela, s postavkom 1:2 će se izračuni raditi na 960 x 540 piksela. Svrha je brže renderiranje sa što manjim gubicima na kvaliteti. Kada je uključena postavka **Denoising**, pridonosi smanjenju šum kod *Ray Tracing* efekata.



Slika 161. Render Properties

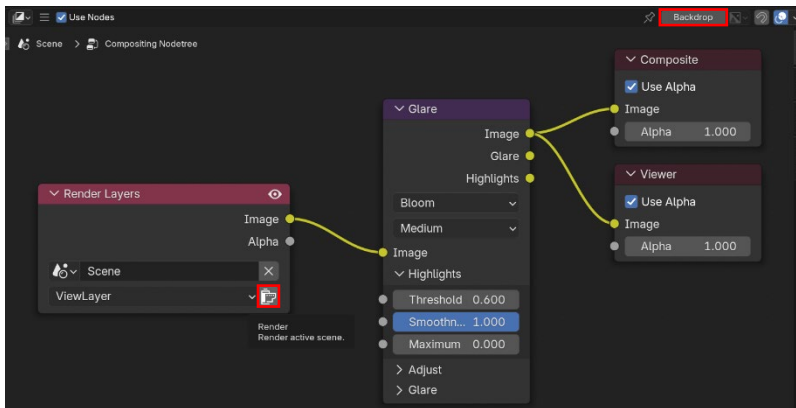
Postavke su spremne te se prelazi na *Compositing Nodes Editor*. Ponovno će se koristiti efekt *Bloom*, koji je dostupan putem *Compositing* čvora **Glare**. *Compositor* će se otvoriti umjesto *File Browser* prozora u lijevom kutu sučelja. *File Browser* služi za brži pristup datotekama, no sada nije potreban, pa će se umjesto njega postaviti *Compositor*.



Slika 162. Postavljanje na Compositor umjesto na File Browser

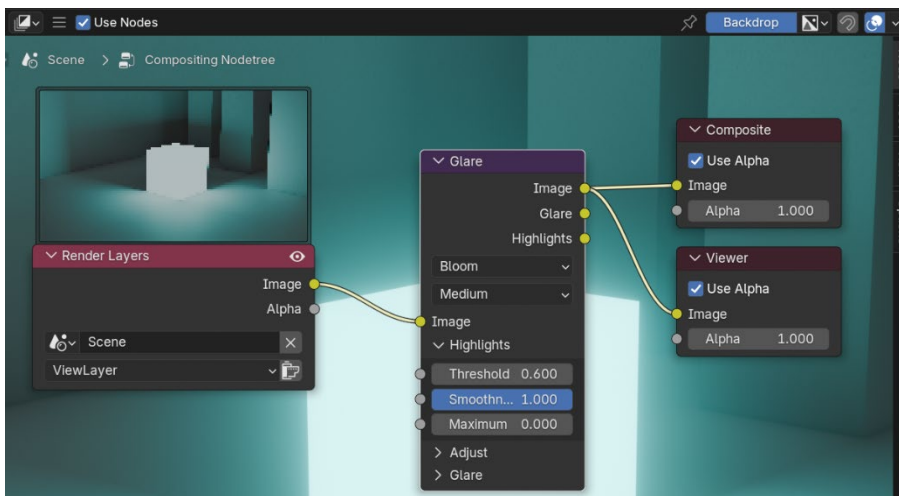
U prozor *Compositor* će se prvo dodati čvor *Glare* kraticom [Shift] + [A] te se izabere *Filter* → **Glare**, čvor koji se koristi za dodavanje odsjaja leća, magle i sjajeva oko svijetlih dijelova slike. Zatim se dodaju ostali čvorovi koji su potrebni u stablu čvorova, *Output* → **Composite** čvor je mjesto gdje se stvarni izlaz iz kompozitora povezuje s rendererom. Ovaj čvor ažurira se nakon svakog renderiranja, ali također odražava promjene u stablu čvorova (pod uvjetom da je povezan barem jedan završeni ulazni čvor). *Output* → **Viewer**, omogućuje privremeni prikaz podataka čvorova. Može se priključiti bilo gdje kako bi se pregledala slika u stablu čvorova. Input → *Scene* → čvor **Render Layers** čita slojeve renderiranja i prolaze iz scene u graf čvorova za kompoziciju. Niže na slici prikazano je stablo čvorova i pravilan način spajanja za željeni efekt. Cilj je pojačati blještavilo renderirane kocke. Čvor *Glare* ima nekoliko tipova blještavila odnosno *Glare Type* od kojih će se odabrati opcija *Bloom* koja raspršuje vrlo svijetle piksele oponašajući artefakte leća pravih kamera. Unatoč postavkama za sada se ne vidi efekt. Da bi se to omogućilo, ovaj put će se upotrijebiti **Render Active Scene** na čvoru *Render Layers* i pritisnuti na **Backdrop** kako bi se u pozadini

prozora *Compositor* pojavilo trenutno stanje renderirane slike nakon primjene postproduksijskih efekata. Obe opcije prikazane su niže na slici unutar crvenih okvira.



Slika 163. Postavljanje pozadine u prozoru *Compositor*

Nakon aktivacije navedenih opcija iznad čvora *Render Layers* će se pojaviti slika renderirane scene koja će se koristiti kao osnova na kojoj se primjenjuju daljnje promjene, dok se u pozadini prikazuje trenutno stanje dorade slike nakon što su se promjene primijenile. Čvor *Viewer* omogućuje tu opciju, da se može u pravom vremenu pratiti promjene na renderiranoj slici prikazanoj iznad čvora *Render Layers*.

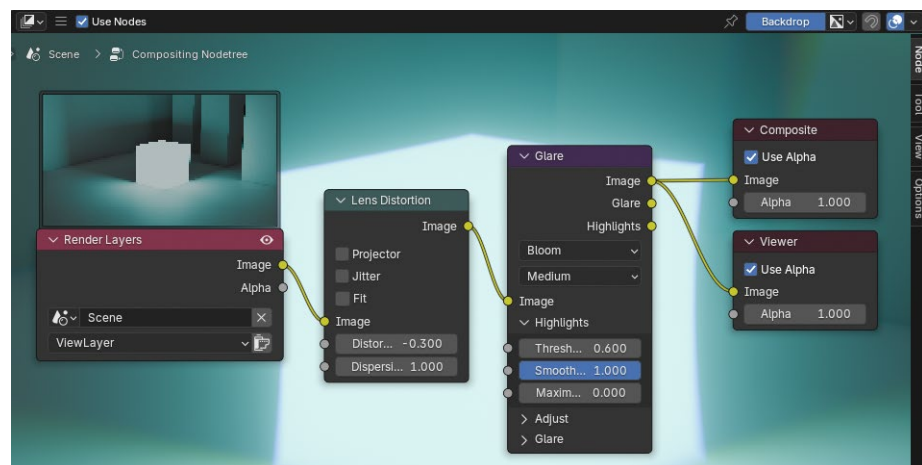


Slika 164. Prikaz pozadine u prozoru *Compositor*

Glare postavke će se ostaviti kakve jesu. postavka **Quality** ima opcije od *Low* do *High*. Ako je postavljeno na *Low* ili *Medium*, efekt čvora primjenjuje se na kopiju originalne slike niže rezolucije za razliku od postavke *High*. *Medium* se pokazao kao dovoljno dobar, iako nije problem ni postaviti na *High*. Razlika u renderiranju nije značajna jer se radi o jednostavnijem primjeru. Na kompleksnijim scenama razlika bi mogla biti značajnija. postavka **Mix** je dosta korisna jer daje fleksibilnost kombiniranja između originalne slike, koju predstavlja vrijednost -1, te vrijednost 1, koja predstavlja samo dio slike na kojoj je primijenjen efekt *Bloom*. Vrijednost 0 je ravnomjerna kombinacija tih dviju varijanti slike. *Mix* ostaje na vrijednosti 0. Postavka **Threshold** je poput filtera, niže vrijednosti čine blještavilo jačim, dok više vrijednosti priguše to

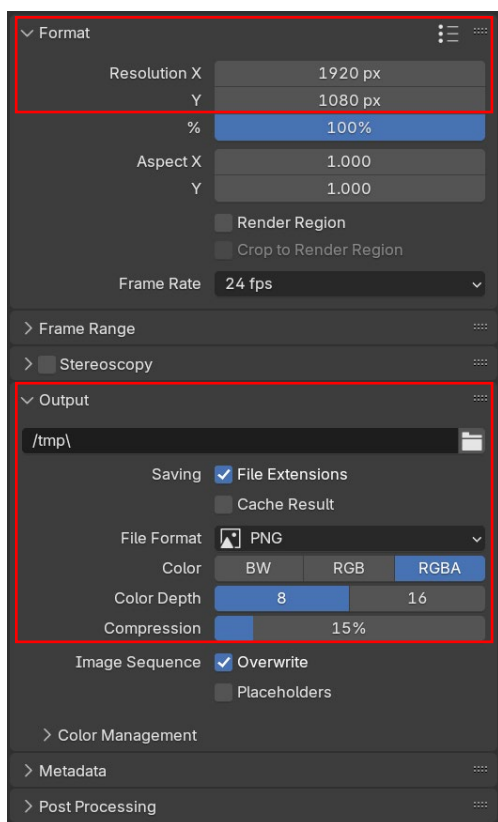
blještavilo. Postavlja se na vrijednost 1. **Size** određuje količinu blještavila. Moguće je postaviti vrijednosti od 1 do 9. Ostavit će se zadana vrijednost 8.

Zadnji efekt u ovom primjeru će simulirati izobličenje koje proizvode kamere dodavanjem čvora **Lens Distortion**. Lociran je pod *Transform* → **Lens Distortion**, a postavlja se između čvorova *Render Layers* i *Glare*. Od postavki za taj čvor podesit će se **Distortion** i **Dispersion**. Podešavanjem *Distortion* ili distorzije stvara se efekt ispupčenja ako je vrijednost veća od nule ili stiskanja iz središta slike ako je vrijednost manja od nule. *Dispersion* ili disperzija simulira kromatske aberacije (efekt optičke leće kada ne može fokusirati svjetlost različitih boja) gdje se različite valne duljine svjetlosti lome malo drugačije stvarajući rub u duginim bojama. Postavit će se *Distortion* na -0.3., primjerice, da bi se prikazalo „stiskanje“ slike iz središta slike, te *Dispersion* na 1 da bi se postigla kromatska aberacija stvaranje ruba u duginim bojama. Niže na slici prikazani su svi čvorovi sa svojim postavkama.



Slika 165. Ubačen čvor *Lens Distortion* sa svojim postavkama

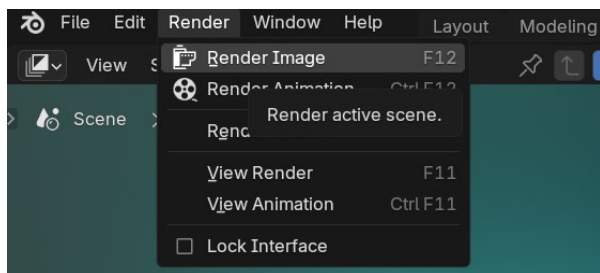
Kao zadnji korak prije renderiranja finalne verzije slike treba se proći kroz postavke unutar *Output Properties* unutar prozora *Properties*, gdje se nalaze postavke za format i kvalitetu slike. Pod **Resolution** treba ostaviti zadanu rezoluciju od 1920 x 1080px uključujući ostale postavke pod **Format**. Pod **Output** linija gdje piše */tmp/* predstavlja **Output Path** te služi za određivanje putanje prema mapi za spremanje renderiranih materijala. **File Format** služi za odabir formata datoteke za spremanje. Ovisno o tome koji format koristite dostupne su i druge opcije poput modela boja, dubine boje (engl. *color depth* ili *bit depth*) i razine kompresije. Pod format će se ostaviti PNG. **Color Depth** ostaviti na 8 bita te vrijednost pod **Compression** ostaje na 15 %. Kada je postavljeno na 0 %, najveća je kvaliteta slike, ali tako zauzima najviše memorije.



Slika 166. Postavke Format i Output

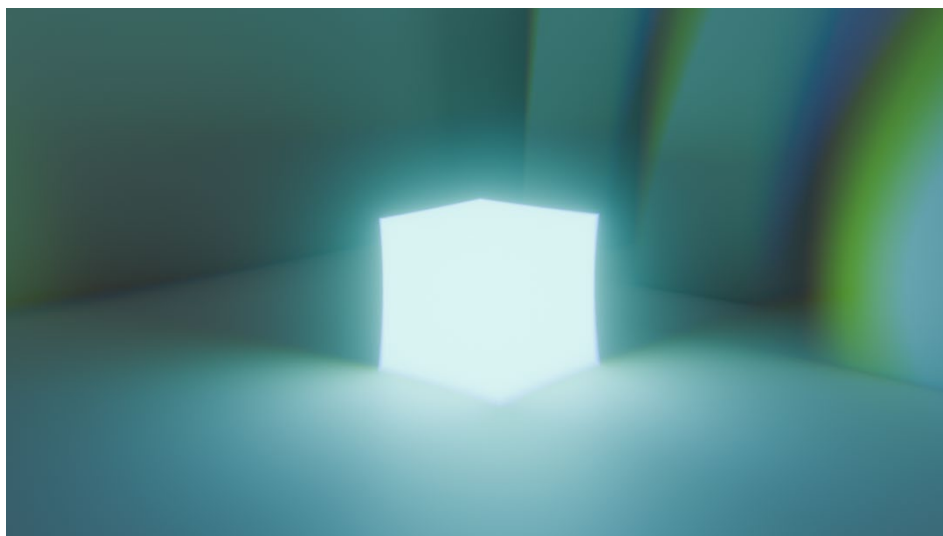
Postavke su spremne te je samo potrebno pokrenuti renderiranje slike. Provjerite još jednom jesu li sve postavke unesene kao prema primjeru.

Za renderiranje aktivne scene treba odabrati *Render* → **Render Image** prikazano niže na slici.



Slika 167. Render Image

Sada treba pričekati da se pojavi rezultat renderiranja, prosjek je ispod 60 sekundi, ovisno o računalu. Finalni produkt nakon renderiranja trebao bi izgledati kao na slici niže.



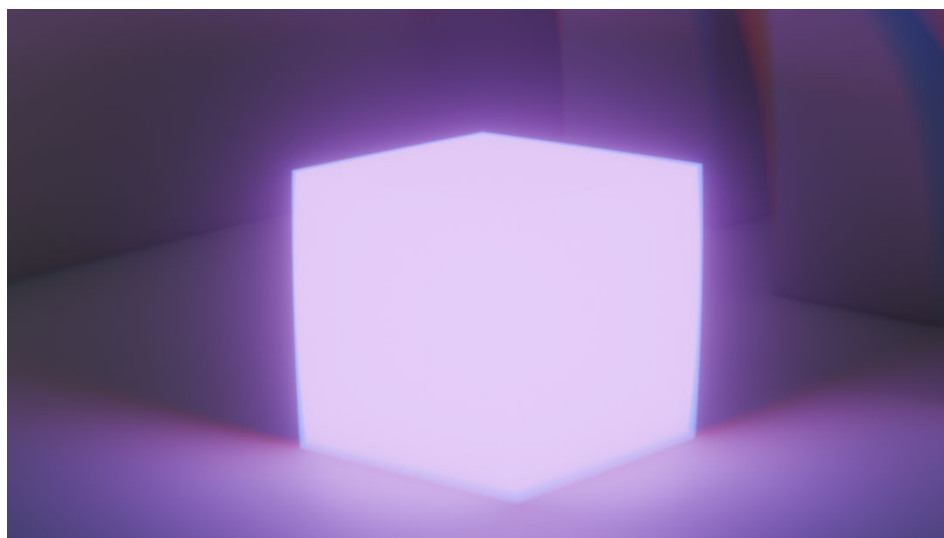
Slika 168. Finalni render

6.3. Vježba: Svijetleći objekt s efektom

Zadatak će se bazirati prema prijašnjem primjeru, no ovaj put će se koristiti drugačije postavke:

1. Ponovno otvorite datoteku **EEVEE_scena.blend** te odaberite *Shading workspace* i prebacite na *Rendered* .
2. Selektirajte kocku koja je u sredini kadra. Zatim na *Material Properties*  dodajte novi materijal, odnosno *Add a new material* te pod *Surface* odaberite *Emission*. U prozoru niže, gdje je otvoren *Shader Editor* , pojavit će se čvorovi *Emission* i *Material Output*. Dodajte čvor *Ambient Occlusion* kraticom [Shift] + [A], lociran pod *Input* → **Ambient Occlusion**. Čvorove *Ambient Occlusion* i *Emission* spojite preko *Color* utičnica.
3. Na čvoru *Ambient Occlusion*, pod *Color*, postavite *Hue* na vrijednost 0.75 i *Saturation* na vrijednost 0.95. Ostale postavke nije potrebno mijenjati. Na čvoru *Emission* postavite *Strength* na vrijednost 4.
4. U lijevom prozoru, gdje je trenutno *File Browser*, prebacite na *Compositor*. Unutar prozora *Compositor* dodajte čvorove u sljedećem redoslijedu: *Input* → *Scene* → **Render Layers**, *Filter* → **Glare**, *Output* → **Composite**, *Output* → **Viewer**. Čvorove *Render Layers* i *Glare* spojite putem *Image* utičnica te s druge strane čvora *Glare*, spojite čvorove *Viewer* i *Composite* koristeći utičnicu *Image*. Na čvoru *Glare* pod *Glare Type* postavite *Bloom* umjesto zadanog *Streaks*. Pod čvor *Render Layers* pritisnite *Render active scene*  i nakon kratkog čekanja trebala bi se pojaviti mala slika rendera scene iznad čvora. Zatim pritisnite *Backdrop*, lociran na traci *Compositora*, kako bi se u pozadini prozora pojavila slika trenutnog stanja scene sa dodanim efektima.
5. Potrebno je dodati zadnji čvor, *Transform* → **Lens Distortion**, te ga postaviti između *Render Layers* i *Glare* čvorova, koristeći *Image* utičnice. Na *Lens Distortion*, postaviti *Distortion* na 0.3 da se postigne efekt laganog ispupčenja slike i *Dispersion* na 0.6, te staviti kvačicu na *Fit* tako da se skalira slika na način da nisu vidljivi crni rubovi.
6. Pod *Render properties*  na *Sampling* → *Viewport* → **Samples** i *Sampling* → *Render* → **Samples** postavite vrijednost 250, a pod *Ray Tracing* → **Resolution** stavite na 1:1. Ostale postavke ostaju iste.

7. Provjerite sve postavke te pritisnite *Render* → **Render Image**.
Niže je prikazana slika finalnog rendera.



Slika 169. Finalni render vježbe 6.3.

7. Renderiranje animacija

Po završetku ovoga poglavlja moći ćete:

- renderirati animacije
- izrađivati animacije s tekstom
- koristiti čvorove *Noise Texture* i *Color Ramp*
- koristiti čvorove *Mesh Line* i *Instance on Points*.

Renderiranje animacija u Blenderu može biti zahtjevan proces, ali Blender nudi veliku fleksibilnost zahvaljujući već spomenutim različitim rendererskim pogonima kao što su *Cycles* i *Eevee*, ovisno o potrebama određenog korisnika i vrsti zadatka. Za sada je bilo riječi samo o renderiranju slika scene, a za animacije postoje dodatne postavke koje se trebaju uzeti u obzir. Na slici niže prikazan je prozor *Output Properties* te se unutar prvog okvira pod **File Format** vide dvije kategorije, **Image** i **Movie**. *Image*, kao što riječ sugerira, predstavlja formate za renderiranje slika, no pod *Movie* se nalazi samo **FFmpeg Video**, format koji će se koristiti za renderiranje animacija. Unutar drugog okvira pod *Encoding* → **Container** je datotečni format koji “pakira” i pohranjuje video, audio i ostale elemente (kao što su titlovi i metapodaci) u jednu datoteku. U ovom slučaju samo video. Svaki od formata pod *Container* ima specifične karakteristike i koristi se u različite svrhe. Par primjera i njihove karakteristike:

- **Matroska** (MKV) je fleksibilan i svestran format koji podržava visoku kvalitetu slike i zvuka te može pohraniti različite vrste podataka u jednoj datoteci. Može držati više audio- i videozapisa, titlove i metapodatke, sve u jednoj datoteci. Često se koristi za *streaming*, arhiviranje i projekte u kojima je želja zadržati različite verzije audio- ili titlovanih zapisa zajedno s videom.
- **MPEG-4** (MP4) jedan je od najčešće korištenih formata u digitalnim medijima zbog široke kompatibilnosti i efikasne kompresije. Zadržava dobru kvalitetu uz malu veličinu datoteke, što ga čini popularnim izborom za *online* distribuciju (npr. YouTube). Najbolji izbor za dijeljenje videozapisa na internetu ili za projekte gdje je potrebna manja datoteka bez prevelikog gubitka kvalitete.
- **AVI** (engl. *Audio Video Interleave*) je stariji format koji se koristi već dugo u videoindustriji. Omogućava visoku kvalitetu slike, ali datoteke mogu biti veće zbog manje efikasne kompresije. Koristi se za projekte gdje je kvaliteta važnija od veličine datoteke, ili za rad s formatima koji su kompatibilni sa starijim uređajima i softverima.
- **QuickTime** (MOV) je format koji je razvio Apple, primarno za rad s njihovim uređajima i softverom. Visoke je kvalitete te se često

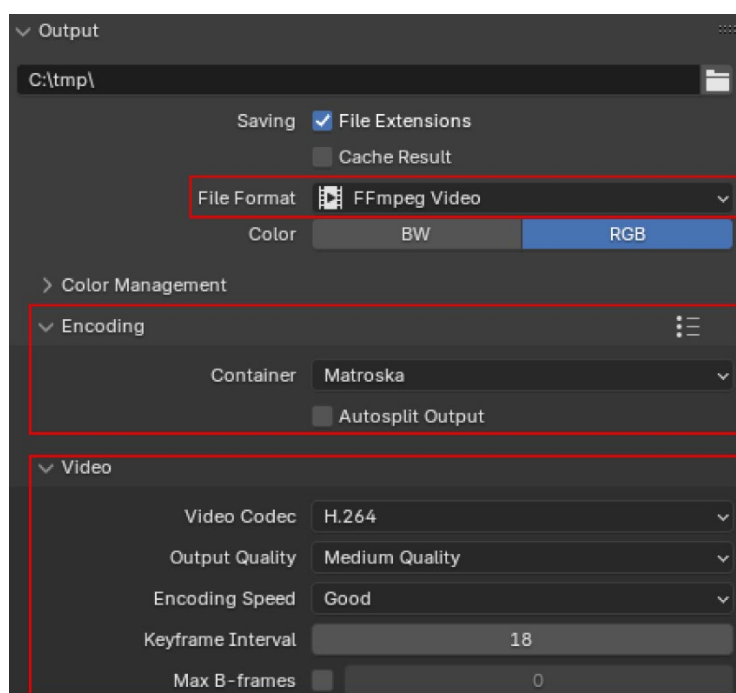
koristi u profesionalnim filmskim i TV projektima, kao i na Appleovim platformama.

Za najširu kompatibilnost i uobičajenu upotrebu MPEG-4 je najbolji izbor jer se može reproducirati na gotovo svim uređajima i platformama. Ako je cilj kvaliteta, primjerice u profesionalnoj industriji, *QuickTime* (MOV) je možda bolji izbor, dok je MKV najbolji za projekte s više audiozapisa ili zapisa s titlovima.

Unutar zadnjeg okvira pod *Video* → **Video Codec** postoji nekoliko različitih videokodeka za renderiranje animacija, sa svojim specifičnim namjenama i prednostima. Kodek je algoritam koji se koristi za kompresiju i dekompresiju audio- i videopodataka te određuju način na koji su video- i audiopodaci komprimirani unutar datoteke. Niže su najčešće korištenih kodeci i njihova svrha:

- **H.264** je najpopularniji i najčešće korišten videokodek za opću upotrebu. Omogućava visokokvalitetnu kompresiju koja zadržava dobru sliku uz relativno malu veličinu datoteke, što je idealno za dijeljenje videozapisa *online*. Koristi se za stvaranje videozapisa koji će se gledati na uređajima ili objavljivati na platformama poput YouTubea. Dobar izbor za manju veličinu datoteke bez žrtvovanja previše kvalitete.
- **MPEG-4 (divx)** je standard koji koristi H.264 kao primarni kodek, ali često se odnosi na stariju verziju H.263, koja nije toliko učinkovita. Manja kompatibilnost s modernim uređajima u usporedbi s H.264, ali ipak solidna kvaliteta za osnovne projekte. Preporučuje se za starije sustave ili projekte gdje nije ključna visoka kvaliteta slike, nego je važnija široka podrška uređaja.
- **QuickTime Animation** je nekomprimirani (engl. *lossless*) ili gotovo nekomprimirani kodek unutar *containera QuickTime MOV*, dizajniran za zadržavanje što veće količine informacija u videu, bez uobičajenih gubitaka koje donosi kompresija. Pogodan je za profesionalnu postprodukciju, kada je potrebna visoka kvaliteta slike i kada su boje i detalji presudni, kao u animacijama, 2D i 3D vizualima, grafičkom dizajnu i radu s efektima.
- **AV1** je videokodek otvorenog koda razvijen od strane Alliance for Open Media, organizacije u kojoj su sudjelovali Google, Netflix, Amazon i drugi tehnološki giganti. Dizajniran je da bude besplatan za korištenje bez licencijskih troškova, s naglaskom na vrlo učinkovitu kompresiju i visoku kvalitetu slike. Pruža bolju kompresiju od H.264 i H.265/HEVC, što znači da stvara manje datoteke uz zadržavanje visoke kvalitete. AV1 je sve popularniji za online streaming i distribuciju visokokvalitetnog sadržaja jer omogućava prijenos HD, 4K, pa čak i 8K videa uz manju potrošnju podataka. YouTube i Netflix već koriste AV1 za streaming na određenim uređajima i preglednicima.

Za animacije za *online* distribuciju ili opću upotrebu H.264 obično je najbolji izbor zbog balansa kvalitete i veličine datoteke. Za profesionalne projekte ili dodatnu post produkciju, *QuickTime Animation* može biti bolji zbog kvalitete koju nudi. Za potrebe ovoga tečaja H.264 bit će idealan izbor, te će se koristiti kod daljnjih zadataka. Ispod *Video Codec* postavke, još se može dodatno podesiti omjer brzine i kvalitete, odabirom drugačijih razina kvalitete pod **Output Quality**. Izbor ide od **Lowest Quality**, što predstavlja najnižu kvalitetu, ali s malom veličinom datoteke. Opcija **Lossless** je najkvalitetnija i sa značajnom razlikom u veličini datoteke. Razlika u vremenu renderiranja je zanemariva što se tiče različitih odabira kvalitete, tako da je fokus na kompromisu između kvalitete slike i veličine datoteke. **High Quality** se pokazao kao najbolji izbor jer značajno smanjuje veličinu datoteke uz minimalan gubitak u kvaliteti slike u usporedbi s opcijom *Lossless*.



Slika 170. Postavke za File Format, Encoding i Video

Za renderiranje animacija, kao i za renderiranje slika, nastaviti će se koristiti *EEVEE* kako bi se dobio solidan rezultat u što kraćem vremenu.

7.1. Animiranje teksta i dodavanje efekata

Osim osnovnih oblika koji su dostupni u Blenderu, moguće je manipulirati tekстом, koji dopušta razne zanimljive efekte koristeći čvorove. Uz već poznate čvorove koji su se koristili u prijašnjim primjerima, u ovom primjeru će se ukomponirati dodatni čvorovi koji su idealni za više kreativne i apstraktne efekte. Prije nego što se krene s primjerom, ukratko će se objasniti novi čvorovi koji će se koristiti, počevši od najzanimljivijeg čvora – **Noise Texture**.

Noise Texture u Blenderu je čvor koji generira uzorak buke, koji se može koristiti za stvaranje tekstura koje izgledaju nepravilno i prirodno. Vrlo je

koristan za dodavanje varijacija i realističnih detalja materijalima kao što su kamen, drvo, oblaci, koža i slično.

Ključne postavke čvora *Noise Texture*:

Dimenzije (2D, 3D, 4D):

- 2D: Koristi samo x- i y-os, što je dovoljno za plošne teksture.
- 3D: Koristi x-, y- i z-os omogućujući više dubine i trodimenzionalan izgled.
- 4D: Dodaje vrijednost W koja mijenja varijacije buke. Promjenom vrijednosti W zapravo se „putuje“ kroz beskonačne varijacije uzorka buke, što omogućuje da se uzorak dinamički mijenja.

Scale: Kontrolira veličinu uzorka buke. Veća vrijednost smanjuje šare i čini ih manjima, dok manja vrijednost stvara veće oblike u uzorku buke.

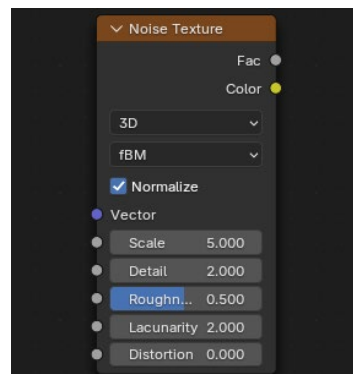
Detail: Kontrolira količinu finih detalja u teksturi. Viša vrijednost dodaje sitnije varijacije, dok niža stvara glatkiji izgled.

Distortion: Ova postavka stvara efekt savijanja ili pomicanja uzorka buke dajući mu organski i nepravilan izgled. Koristi se za prirodne materijale kao što su voda i oblaci.

Roughness : Ova postavka utječe na glatkoću ili hrapavost prijelaza u teksturi. Manja hrapavost daje mekše prijelaze, dok veća hrapavost stvara oštrije granice između tamnijih i svjetlijih dijelova.

Normalize: Kontrolira kontrast buke i utječe na izlazne vrijednosti. Može ga se isključiti tako da se ukloni kvačica.

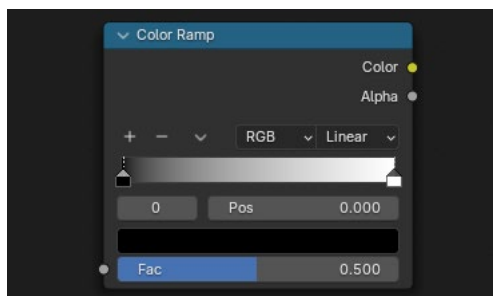
Čvor se može izabrati pod *Texture* → **Noise Texture**. Niže na slici je prikazan izgled čvora *Noise Texture*:



Slika 171. Noise Texture čvor

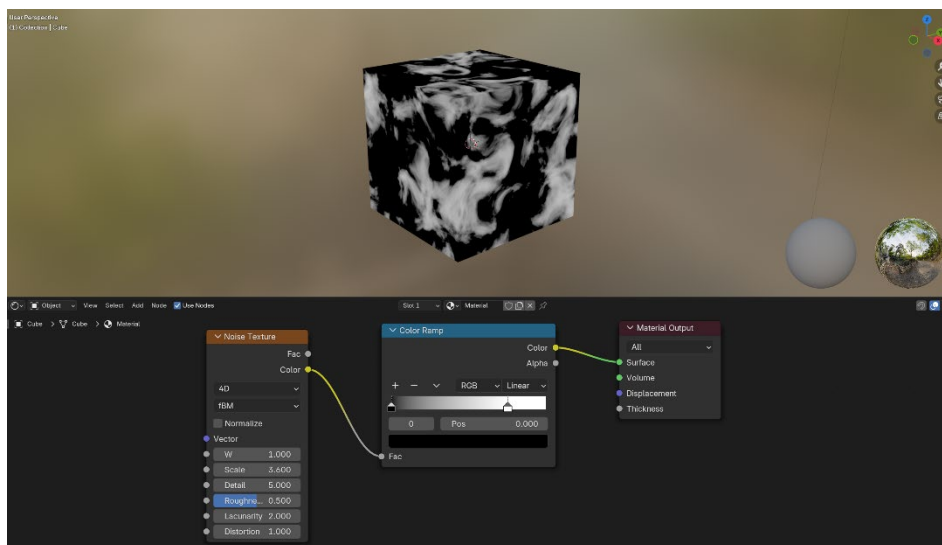
Noise Texture može se koristiti u kombinaciji s drugim čvorovima kako bi se dodatno prilagodio izgled, primjerice s *Converter* → **Color Ramp** koji može promijeniti boje unutar uzorka buke stvarajući složenije materijale. Čvor *Color Ramp* služi za prilagodbu i manipulaciju boja teksture ili uzorka omogućujući stvaranje prijelaza između različitih boja ili podešavanje kontrasta i nijansi. Ovaj čvor vrlo je koristan kod kontrole kako se boje ili tonovi prikazuju na nekoj površini. Na slici niže vide se

klizači koji predstavljaju točku na rampi s odabranom bojom. Moguće je dodavati nove klizače, mijenjati boje i postavljati njihovu poziciju kako bi se stvorio prijelaz po želji. Povlačenjem klizača lijevo i desno mijenja se položaj boje u prijelazu. To omogućuje preciznu kontrolu nad tim gdje i kako se boje miješaju. Načini na koje se boje miješaju mogu biti **Linear** (linearno miješanje boja), **Ease** (ublaženo miješanje), **Constant** (nagla promjena između boja bez prijelaza).



Slika 172. Color Ramp čvor

Čvorovi *Noise Texture* i *Color Ramp* zajedno mogu stvarati jako zanimljive uzorke na teksturama i izbor varijacija je realno neograničen. Na slici niže je primjer uzorka koji se može postići ovom kombinacijom čvorova.



Slika 173. Primjer uzorka stvorenog s čvorovima Noise Texture i Color Ramp

Za primjer s tekstom treba prvo otvoriti novu scenu pod *File* → *New* → **General** te obrisati *default* kocku jer neće biti potrebna kada se ubaci tekst. Dodavanje teksta u scenu radi se na istom načelu kao i s ostalim osnovnim objektima, [Shift] + [A] te se odabere **Text**. Za bolji pregled potrebno se prebaciti u *Top View* pritiskom na tipku [7] na *Num Padu* te prebaciti u *Shading workspace*. Treba provjeriti da je tekstualni objekt selektiran te će se s desne strane preglednika unutar *Properties* prozora, pojaviti **Object Data Properties**  ikona s postavkama za doradu i pozicioniranje teksta. Na slici niže vidi se dodani tekst te postavke koje će se podešavati s desne strane, podijeljene na dva crvena okvira. U prvom okviru su postavke **Font**, koje omogućuju odabir fonta za osnovne varijante ili stilove fonta. Baza fontova je ograničena

na izbor koji je na računalu. Moguće je odabrati font po želji pritiskom na ikonu **Open Font**, koja otvara listu dostupnih fontova. U ovom primjeru koristit će se zadani font.

Sljedeći okvir sadrži postavke **Paragraph** koje omogućuju kontrolu nad načinom poravnanja i raspored teksta u odlomku. Opcija **Alignment**, omogućava poravnavanje teksta unutar objekta pomoću dviju postavki, **Horizontal Alignment** i **Vertical Alignment**. Ove postavke određuju poravnavanje teksta u horizontalnom i vertikalnom smjeru. Pod *Horizontal Alignment* postoje sljedeće opcije:

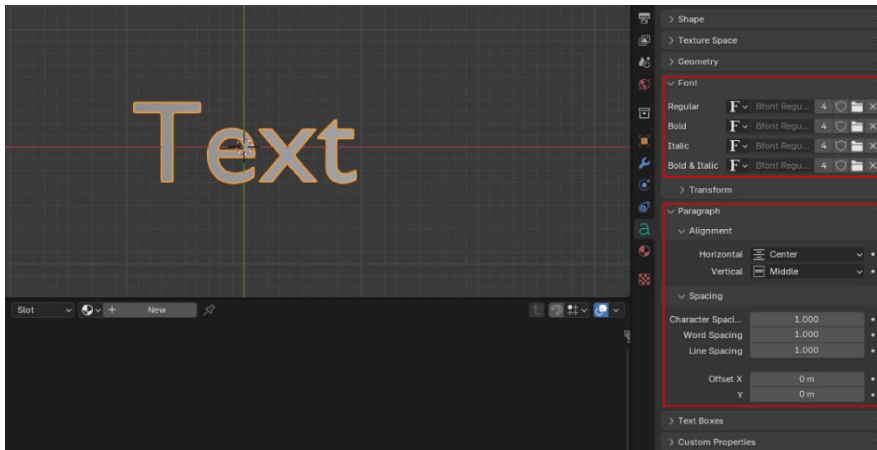
- **Left**: Poravnava tekst uz lijevu stranu okvira.
- **Center**: Centrira tekst unutar okvira.
- **Right**: Poravnava tekst uz desnu stranu okvira.
- **Justify**: Razvlači tekst tako da popuni cijeli redak.
- **Flush**: Tekst se prilagođava tako da se svaka linija u okviru popuni ravnomjerno, osim zadnje linije, s efektom sličnim *justify* opciji, ali s dodatnom prilagodbom.

Pod *Vertical Alignment* izbor je sljedeći:

- **Top**: Poravnava tekst uz gornji rub okvira.
- **Top Baseline**: Poravnava tekst prema bazičnoj liniji pri vrhu okvira.
- **Middle**: Centrira tekst vertikalno unutar okvira.
- **Bottom**: Poravnava tekst uz donji rub okvira.
- **Bottom Baseline**: Poravnava tekst prema bazičnoj liniji pri dnu okvira.

Horizontal Alignment treba postaviti na *Center*, a *Vertical Alignment* na *Middle* da se centrira tekst radi preglednosti i lakšeg rada s tekstom.

Nakon podešavanja *Alignment* postavki, još preostaju **Spacing** postavke koje služe za namještanje razmaka. **Character Spacing** postavlja horizontalni razmak među slovima, **Word Spacing** postavlja horizontalni razmak među riječima, dok **Line Spacing** određuje vertikalni razmak među linijama teksta unutar tekstualnog objekta. **Offset X** i **Y** služe za vertikalni i horizontalni pomak teksta upisujući vrijednost. Za sada ove postavke ostaju po zadanim vrijednostima. Tekst je moguće uređivati tako da se selektira i pritisne tipka [Tab].

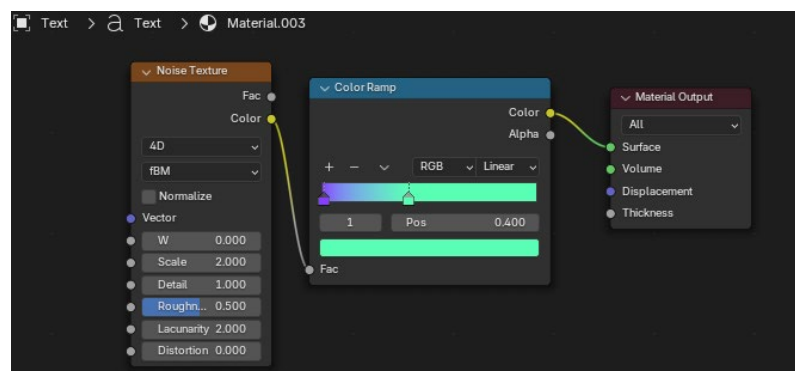


Slika 174. Postavke za tekst

Tekst je pozicioniran i postavke su podešene te je cilj ovog primjera prikazati kako se može složiti animacija s tekstom u kojoj se tekst podiže prema kameri, koristeći kopije koje se slažu poput slojeva te se penju pod određenim kutom i simultano se razmak među slovima povećava. Tekst će također imati teksturu s uzorkom koji će se sastojati od dviju boja te će se taj uzorak mijenjati kroz kadrove koristeći čvor *Noise Texture*.

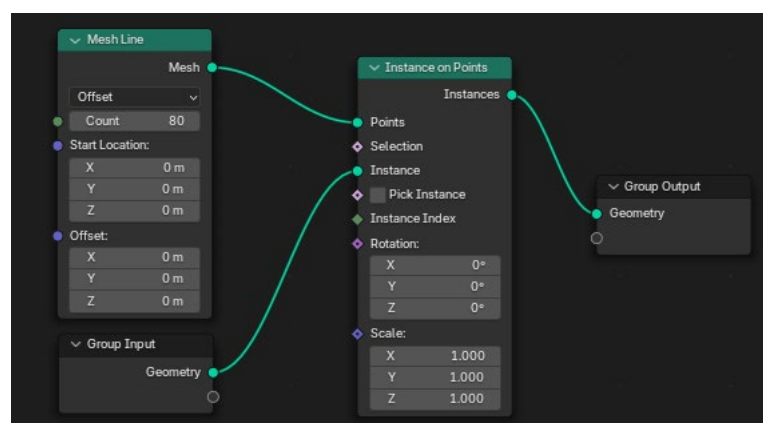
U *Shader Editoru* treba dodati novi materijal te ubaciti čvorove *Noise Texture* i *Color Ramp* te spojiti utičnicu *Color*, lociranu na čvoru *Noise Texture* s utičnicom *Fac* na čvoru *Color Ramp*. Zadani čvor *Principled BSDF* treba ukloniti te spojiti *Material Output* s dvama dodanim čvorovima. Zatim treba podesiti postavke *Noise Texture* tako da se ukloni kvačica s *Normalize* koji kontrolira kontrast buke i utječe na izlazne vrijednosti generirane različitim tipovima buke, primjerice **fBM** (engl. *Fractal Brownian Motion*) koji je postavljen kao zadani tip. U ovom primjeru koristit će se *fBM* tip buke. Broj dimenzija treba postaviti na 4D umjesto 3D, vrijednost *Scale* postaviti na 2 i *Detail* na vrijednost 1. Ostale postavke ostaviti kakve jesu.

Zatim na čvoru *Color Ramp* treba podesiti dvije boje. Potrebno je selektirati prvi klizač, koji je trenutno crne boje, te pritisnuti na crnu liniju, koja predstavlja trenutni odabir boje tog klizača. Potrebno je podesiti na *Hue* (0.7), *Saturation* (0.95), *Value* (1.0), a *Alpha* ostaviti kako jest da bi se dobila ljubičasta boja. Drugi klizač, koji je bijele boje, podesiti na *Hue* (0.40), *Saturation* (0.99), *Value* (1.0) i vrijednost *Alpha* također ostaje ista da bi se dobila nijansa zelene boje. Ljubičasti klizač ostaje na istom mjestu, dok će zeleni klizač mijenjati poziciju. Pozicija se može mijenjati manualno koristeći *drag and drop* po rampi ili tako da se selektira klizač i upiše vrijednost unutar **Set Position**. Potrebno je upisati vrijednost 0.4. Na slici niže su postavke za čvorove *Shader*.



Slika 175. Postavke za čvorove Noise Texture i Color Ramp

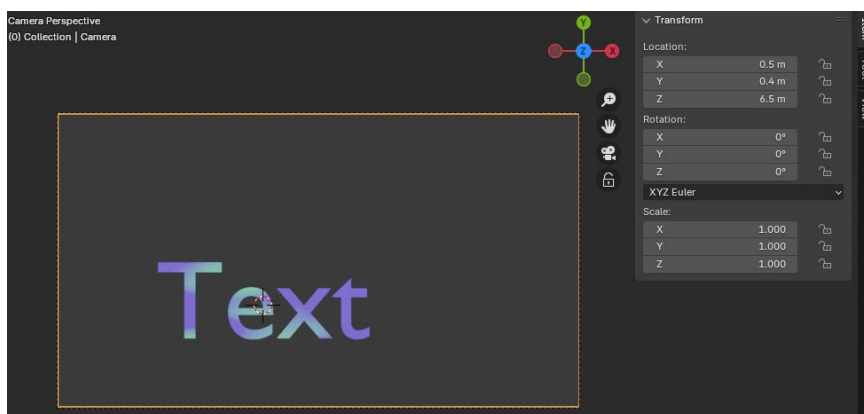
Umjesto *File Browsera* na lijevoj strani treba otvoriti *Geometry Node Editor* i dodati novu grupu čvorova New. U *Geometry Editor* će se dodati novi čvorovi koji će omogućiti instanciranje, odnosno stvaranje kopija objekta, u ovom slučaju teksta, i to po određenoj liniji. Prvo će se dodati *Mesh* → *Primitives* → čvor **Mesh Line** koji je zadužen za stvaranje imaginarne linije koja se sastoji od točaka. Svaka točka predstavlja poziciju jedne kopije objekta. Broj točaka određuje se postavkom **Count** te će se podesiti, primjerice, na vrijednost 80 budući da je potreban veći broj da bi se postigao željeni efekt. **Start Location** ostaje nepromijenjen, on predstavlja poziciju prve točke. **Offset** vrijednosti trenutno ostaju kakve jesu, one kontroliraju u kojem će se smjeru formirati linija i kolika je udaljenost između točaka. Sada se može dodati *Instances* → čvor **Instance on Points**, koji se spaja putem svojeg **Points** priključka s priključkom **Mesh** čvora *Mesh Line* tako definirajući točke na kojima će se instance odabranog objekta pozicionirati. Na priključak **Instance** čvora *Instance on Points* spaja se objekt koji se želi kopirati. Spojit će se čvor *Group Input* jer on predstavlja objekte na sceni, odnosno tekst. Da bi sve radilo i rezultat bio vidljiv, još je potrebno spojiti izlazni priključak **Instances** s čvorom *Group Output*. Postavke za čvor *Instance on Points* nije potrebno mijenjati. Niže na slici prikazan je poredak čvorova i njihove postavke.



Slika 176. Poredak čvorova Mesh Line i Instance on Points

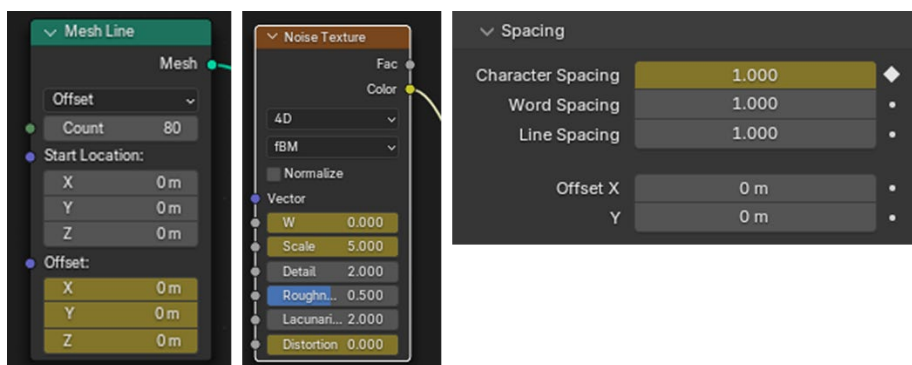
Svi su čvorovi postavljeni i podešeni, još je potrebno podesiti kameru da bi animacija teksta bila u potpunosti uhvaćena. Treba selektirati kameru, podesiti vrijednosti pod *Location*, X = 0.5m, Y = 0.4 m, Z = 6.5 te vrijednosti *Rotation* sve postaviti da iznose 0. Na slici niže prikazan je

pregled scene kroz kameru kada se pritisne tipka [0] budući da se treba gledati odozgo.



Slika 177. Pozicioniranje kamere

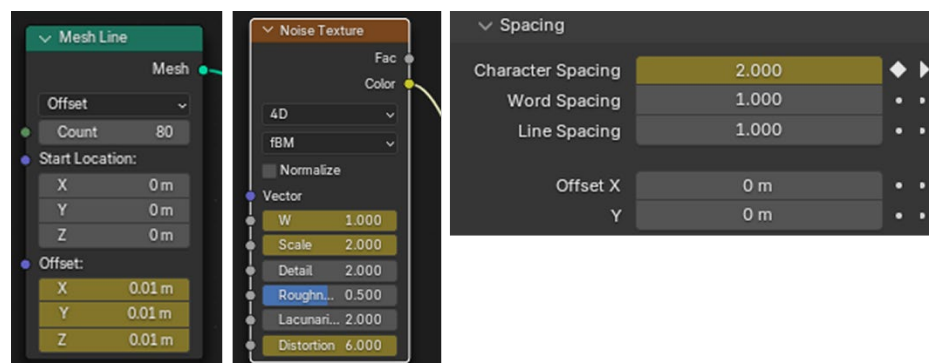
Uzorci u bojama vidljivi su na površini teksta, znači da sve radi kako je namijenjeno. Još preostaje animirati tekst koristeći *Keyframes*, odnosno ključne kadrove. Radi preglednosti treba otvoriti prozor *Timeline* umjesto *Image Editor* u donjem lijevom kutu, prilagoditi širinu prozora po volji i odrediti da je *End*, koji predstavlja finalni kadar, postavljen na 125, da se broj kadrova smanji za pola jer toliki broj neće biti potreban sa ovu animaciju i želi se uštediti na vremenu renderiranja. Počet će se s postavljanjem ključnih kadrova za čvor *Noise Texture*, kao i u prijašnjim primjerima treba definirati referentni ključni kadar, tako da se pozicionira *Playhead* ili plava vertikalna linija na kadar 0 te se pritisne tipka [I] iznad vrijednosti *W*, *Scale* i *Distortion*. Zatim pod *Object Data Properties* pod *Spacing* → **Character Spacing** treba također ubaciti *keyframe*. Na čvoru *Mesh Line*, pod *Offset* potrebno je ubaciti ključni kadar za svaku vrijednost. Niže na slici prikazane su sve lokacije na kojima su potrebni referentni ključni kadrovi.



Slika 178. Prikaz vrijednosti gdje su dodane referentni ključni kadrovi

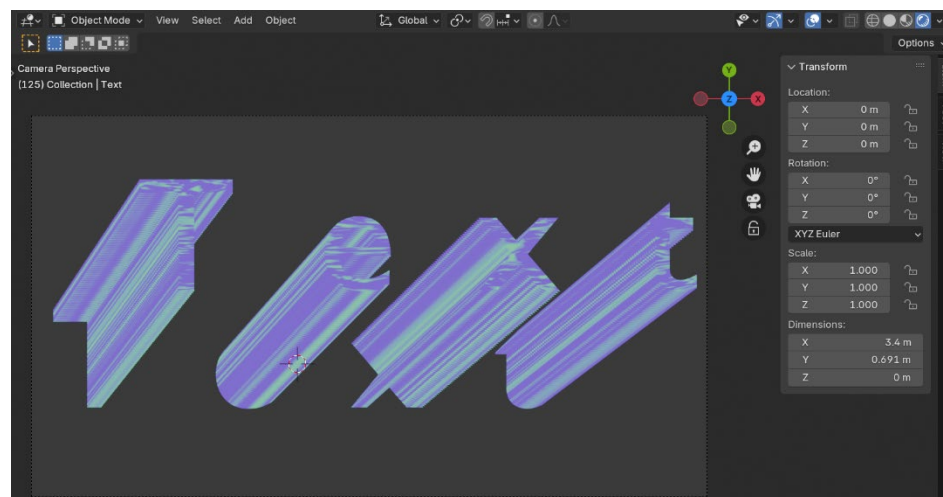
Kada su referentne točke postavljene, može se krenuti s postavljanjem ostalih ključnih kadrova. Potrebno je prebaciti *Playhead* na kadar 120 i podesiti postavke na čvoru *Mesh Line* da su vrijednosti za *Offset* sve na 0.01. Na čvoru *Noise Texture* treba promijeniti postavku *W* na vrijednost 1, *Scale* na vrijednost 2 te *Distortion* na vrijednost 6 kako bi se vidjela promjena uzoraka po kadrovima. I za kraj valja promijeniti *Character Spacing* na vrijednost 2 da se primijeti širenje razmaka među slovima.

Provjeriti da se za svaku vrijednost pritisnula tipka [I]. Niže na slici su prikazane izmijenjene vrijednosti.



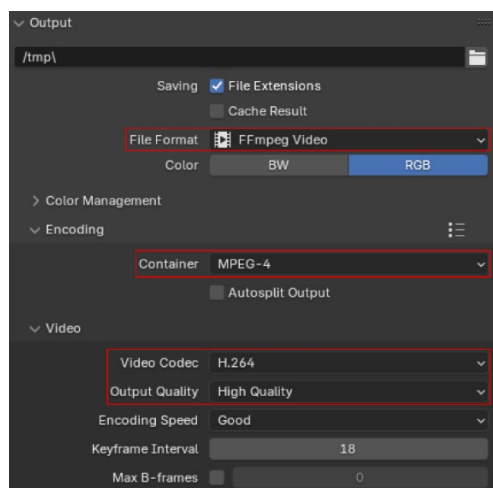
Slika 179. Prikaz vrijednosti ključnih kadrova na 120. kadru

Ako su svi ključni kadrovi točno pozicionirani, može se provjeriti tijekom animacije pomicanjem plave vertikalne linije po traci *Timeline* i njenim pozicioniranjem na kadar 125 ili pritiskom na *Play Animation* i pustiti do kadra 125. Ako je sve dobro, tekst bi trebalo izgledati kao na slici niže.



Slika 180. Prikaz scene na kraju animacije

Još preostaje renderirati animaciju, no prije toga treba još podesiti postavke za *Output Properties* kao što su prikazane unutar crvenih okvira na slici niže.



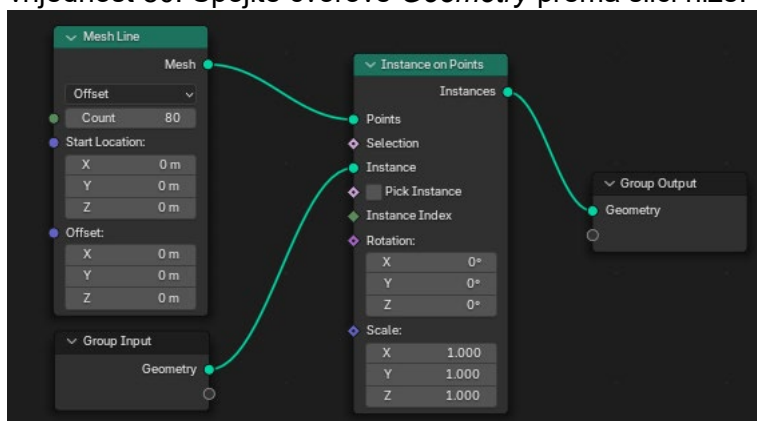
Slika 181. Output Properties

Kada je sve spremno, može se pokrenuti renderiranje animacije odabirom **Render**→ **Render Animation** ili kraticom [Ctrl] + [F12]. Pričekati nekoliko minuta i pratiti pomak vertikalne plave linije na traci *Timeline*. Kad linija dosegne zadnji, 125. kadar, proces je završen.

7.2. Vježba: Animiranje teksta

Zadatak će se bazirati na prijašnjem primjeru, no ovaj put će se koristiti drugačije postavke:

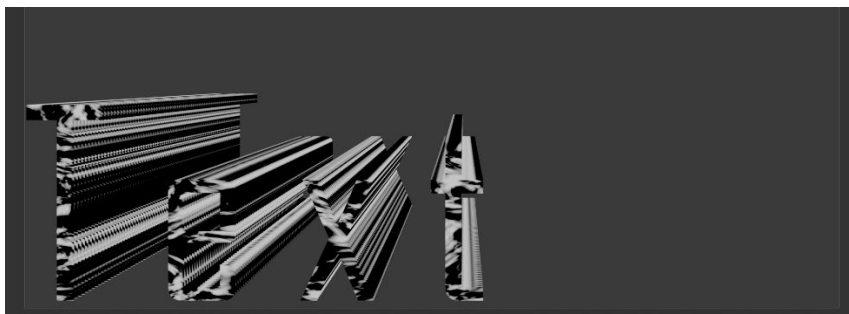
1. Otvorite novu datoteku *File* → *New* → **General** te odaberite *Shading workspace*. Selektirajte *defaultnu* kocku te ju obrišite i dodajte tekstualni objekt, kratica [Shift] + [A] i odaberite **Text**. Prebacite se u *Top View* pritiskom na tipku [7]. Selektirajte kameru, podesite vrijednosti pod *Location* na X = 0.5 m, Y = 0.4 m, Z = 6.5 te sve vrijednosti *Rotation* postavite da iznose 0. Prebacite selekciju na tekst.
2. Promijenite font unutar *Object Data Properties* , pod *Font* → **Regular** pritisnite na ikonu *Open Font* te odaberite font *Agency FB Regular* iz baze fontova. Zatim postavite *Paragraph* → *Alignment* → **Horizontal** na **Centar** i *Paragraph* → *Alignment* → *Vertical* na postavku **Middle**.
3. U *Shader Editoru* dodajte novi materijal te ubacite čvorove *Noise Texture* i *Color Ramp*. Spojite utičnicu *Color*, lociranu na čvoru *Noise Texture*, s utičnicom *Fac* na čvoru *Color Ramp*. Čvor *Principled BSDF* uklonite te spojite *Material Output* dvama dodanim čvorovima. Na čvoru *Noise Texture* uklonite kvačicu s postavke *Normalize*, ostavite *fBM* tip buke, broj dimenzija postavite na 4D. Vrijednosti *W* i *Distortion* postavite na 1, ostale postavke ostaju iste. Na čvoru *Color Ramp*, selektirajte klizač bijele boje i postavite ga na poziciju 0.5.
4. Umjesto *File Browsera* na lijevoj strani otvorite *Geometry Node Editor* i dodajte novu grupu čvorova . Ubacite čvorove *Mesh* → *Primitives* → **Mesh Line** i *Instances* → **Instance on Points**. Postavku čvora *Count Mesh Line* postavite na vrijednost 80. Spojite čvorove *Geometry* prema slici niže.



Slika 182. Postupak spajanja čvorova *Geometry*

5. Otvorite prozor *Timeline* umjesto *Image Editor* u donjem lijevom kutu te pozicionirajte *playhead* na kadar 0. Postavite prve odnosno referentne ključne točke na:
 - **W** i **Distortion** za čvor *Noise Texture*
 - **Offset** za čvor *Mesh Line*
 - **Character Spacing** za *Object Data Properties* pod *Spacing*.

6. Tekst se treba duplicirati tako da završi u lijevom donjem kutu kadra a da se istovremeno mijenjaju uzorci. Pozicionirajte *playhead* na kadar 120 te dodajte ključne točke na postavke iz prijašnjeg koraka sa sljedećim vrijednostima:
 - ***W* = 2 i *Distortion* = 5** za čvor *Noise Texture*
 - ***Offset*** (X= -0.001, Y= 0, Z= 0.035) za čvor *Mesh Line*
 - ***Character Spacing* = 1.3** za *Object Data Properties* pod *Spacing*
7. Provjerite mijenja li se tekst kako je bilo navedeno u prošlom koraku pritiskom na *Play Animation* ili pomičući *playhead* od kadra 0 do kadra 120. *End*, koji predstavlja finalni kadar, postaviti na 125. Kada je sve podešeno, može se krenuti s renderiranjem animacije.
8. Za snimanje animacije unutar prozora *Output Properties* pod *Output* trebaju se podesiti sljedeće postavke:
 - *File Format* namjestite na ***FFmpeg Video***
 - Zatim pod *Encoding* postavite *Container* na ***MPEG-4***
 - Pod *Video* promijenite *Video Codec* na ***H.264***, a *Output Quality* postaviti na ***High Quality***
9. Pokrenuti snimanje animacije odabirom *Render* → ***Render Animation*** ili kraticom [Ctrl]+[F12]. Zadnji kadar trebao bi izgledati kao na slici niže.



Slika 183. Izgled zadnjeg kadra vježbe 7.2.

8. Uvod u 3D ispisivanje

Po završetku ovoga poglavlja moći ćete:

- razlikovati tipove 3D pisača
- razumjeti osnovno načelo rada standardnih 3D pisača
- SVG datoteku pretvoriti u Blender objekt
- pripremiti STL datoteku za 3D ispis.

Trodimenzionalno ispisivanje (engl. *3D printing*) ili aditivna proizvodnja proces je u kojem se trodimenzionalni objekti stvaraju sloj po sloj koristeći različite materijale. Umjesto tradicionalnog odstranjivanja materijala, kao kod klesanja ili rezanja, 3D printanje dodaje materijal, obično plastiku, metal, smolu ili čak beton kako bi stvorilo željeni oblik prema digitalnom modelu. Ovaj digitalni model, najčešće izrađen u softverima poput Blendera, prenosi se u format koji pisač može interpretirati (najčešće formate STL ili OBJ).

Proces funkcionira tako da 3D pisač čita slojeve digitalnog modela i, pomoću mlaznica ili lasera, nanosi materijal u preciznim linijama dok se slojevi ne spoje u trodimenzionalni oblik. To omogućava izradu kompleksnih struktura koje bi bilo teško ili skupo postići drugim tehnikama proizvodnje.

Prvi 3D pisač izumio je Charles „Chuck“ Hull 1984. godine koristeći proces koji je nazvao stereolitografija (SLA). Ova tehnologija koristi ultraljubičasto svjetlo kako bi očvrstnula tekući fotopolimer sloj po sloj, što omogućava kreiranje trodimenzionalnih objekata. Hull je ideju dobio dok je radio s UV svjetlom na očvršćivanju premaza za stolne površine, a ubrzo nakon toga razvio je i prvi funkcionalni prototip. Njegova tehnologija postala je temelj suvremenih 3D pisača i dovela do osnivanja tvrtke 3D Systems, koja je pionir u industriji 3D ispisa. Hull je također jedan od ljudi koji su zaslužni za stvaranje formata STL, standardnog formata datoteka za 3D ispis. Format STL (engl. *Standard Tessellation Language*) omogućava pretvaranje CAD (engl. *Computer-Aided Design*) modela u podatke koje 3D pisač može koristiti za izradu slojeva objekta.

Ubrzo nakon SLA tipa pisača počeli su se razvijati drugi tipovi 3D pisača. Godine 1988. Carl Deckard, student na Sveučilištu u Teksasu, licencirao je tehnologiju selektivnog laserskog sinteriranja (SLS) – vrstu 3D ispisa koja koristi laser za sinteriranje, odnosno okrupnjivanje praškastog materijala u čvrste strukture. Nedugo zatim, 1989., Scott Crump patentirao je tehnologiju modeliranja taloženjem rastaljenog materijala (FDM), poznatu i kao izrada s fuzijskim filamentom (FFF) te osnovao tvrtku Stratasys, koja je i danas jedan od glavnih igrača u industriji 3D ispisa. Te iste godine Hullova tvrtka, 3D Systems Corporation, predstavila je SLA-1 3D pisač.

8.1. Vrste 3D pisača

Mnogi patenti podneseni 1980-ih za tehnologiju FDM ušli su u javnu domenu 2006. godine, što je dodatno potaknulo rast tržišta proizvođača 3D pisača. Jedan od zapaženih primjera je Makerbot, tvrtka osnovana 2009. godine. Makerbot je značajno doprinio popularizaciji 3D ispisa i otvorio ih profesionalcima i amaterima. Tvrtka je prodavala DIY (uradi-sam) setove otvorenog koda omogućujući kupcima da sastave vlastite 3D pisače. Makerbotova *online* baza podataka, Thingiverse, sadrži stotine tisuća besplatnih i plaćenih datoteka za 3D ispis koje se mogu preuzeti. Stranica je ubrzo postala najveća *online* zajednica za 3D ispis na svijetu. Osnovni tipovi 3D pisača i najviše dostupni široj javnosti u današnje vrijeme su sljedeći:

- **FDM** (engl. *Fused Deposition Modeling*) – najpristupačnija i najrasprostranjenija tehnologija. Koristi se za ispis slojeva termoplastičnog filameta, pa je idealna za hobbiste i izradu prototipova.
- **SLA** (engl. *Stereolithography*) – stereolitografija koristi UV svjetlost za očvršćivanje tekuće fotopolimerne smole (engl. *resin*), čime se postiže velika preciznost i glatka završna obrada, što je idealno za nakit, detaljnije figurice i dentalne aplikacije.
- **SLS** (engl. *Selective Laser Sintering*) – koristi laser za sinteriranje praha, najčešće plastike ili metala i nudi čvrste, funkcionalne dijelove pogodne za primjenu gdje su potrebne složene geometrije i izdržljive komponente kao što su automobilska i aeronautička industrija.

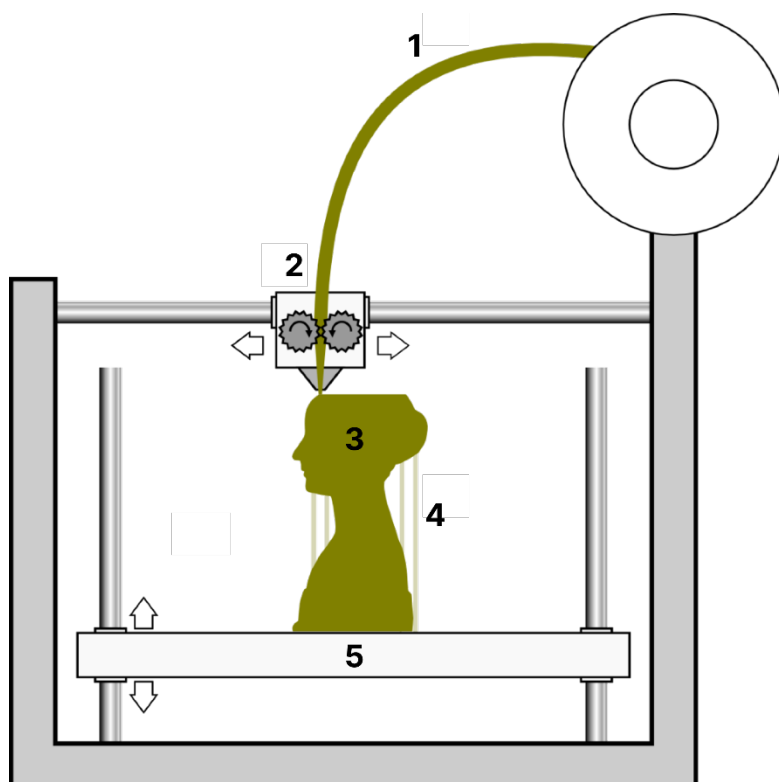
Fokus će biti isključivo na FDM i SLA pisačima jer su cjenovno pristupačniji široj javnosti od SLS pisača. Unatoč najavama o jeftinijim varijantama SLS pisača, cijena im je i dalje do deset puta veća od prosječnog FDM i SLA pisača, ne računajući materijale koji idu uz pisač. SLS pisači još su u prijelaznoj fazi gdje je cijena poprilično visoka, ali se čini da bi u skoroj budućnosti bi mogli doći do prihvatljive cijene.

8.1.1. FDM 3D pisači

Tehnologija *Fused Filament Fabrication* (FFF), poznata i kao *Fused Deposition Modeling* (FDM), funkcionira tako da koristi termoplastični filament koji se zagrijava i taloži sloj po sloj kako bi se izradio trodimenzionalni objekt. Filament se dovodi s velike role kroz pomični, zagrijani *ekstruder* pisača i taloži na rastućem radu. *Ekstruder* je mehanizam koji pritišće filament prema glavi za ispis. Postoje dvije vrste *ekstrudera*: direktni *ekstruder*, koji je integriran s glavom pisača, i *Bowden ekstruder*, gdje su *ekstruder* i glava pisača smješteni odvojeno i povezani s cijevi. Glava za ispis kreće se pod računalnom kontrolom kako bi se definirao oblik ispisa. Obično se glava kreće u dvije dimenzije kako bi položila jedan horizontalni sloj odjednom. Zatim se radna platforma ili glava za ispis pomiče vertikalno za malu količinu kako bi započela novi sloj. Brzina glave *ekstrudera* također se može kontrolirati

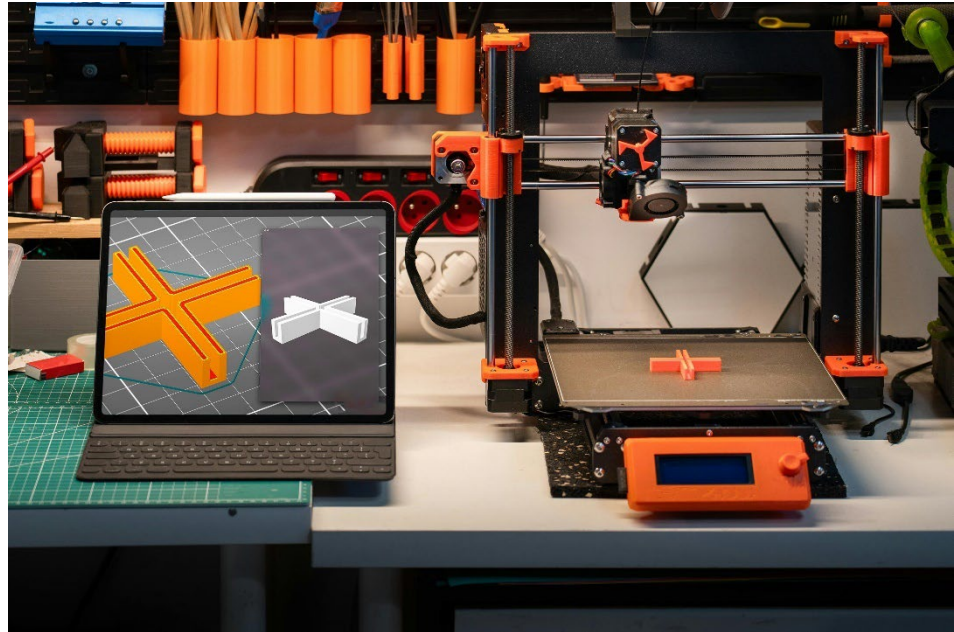
kako bi se zaustavilo i ponovno pokrenulo taloženje te stvorila prekinuta površina bez stvaranja ili kapanja između dijelova.

Niže na slici prikazan je FDM pisač kako taloži rastaljeni filament [1] od plastičnog materijala koji prolazi kroz zagrijanu pomičnu glavu (engl. *hotend*) [2] koji ga tali i ekstrudira taložeći ga sloj po sloj i stvarajući željeni oblik [3]. Pomična platforma [5] spušta se nakon svakog novog sloja. Ovo je jedno od načela rada FDM pisača, a postoji i druga varijanta u kojoj se podloga pomiče naprijed i nazad po y-osi, dok se pomična glava koristi za kretanje po x- i z-osi, odnosno lijevo/desno i gore/dolje. Kod ovog tipa 3D pisača potrebne su dodatne vertikalne potporne strukture (engl. *supports*) [4] kako bi se podržao prevjes. Potporne strukture manje su gustoće od samog objekta radi uštede na materijalu i lakšeg uklanjanja nakon ispisivanja.



Slika 184. Osnovni dijelovi FDM pisača

Kada *ekstruder* nanese materijal, on se hladi i stvrdnjava, čime se sloj stabilizira. Neki FDM pisači koriste dodatne ventilatore za brzo hlađenje i poboljšanje preciznosti. Objekti ispisani ovim tipom pisača mogu biti vrlo čvrsti, ovisno o tipu materijala. PLA (polilaktična kiselina) najrašireniji je filament materijala za FDM 3D ispis jer se najčešće koristi za prototipove i dekorativne objekte. Niske je cijene i vrlo je ekološki prihvatljiv budući da se dobiva iz biorazgradivih elemenata. No nije podložan visokim temperaturama ili jačim opterećenjem jer je krut i relativno lomljiv pod stresom i krene se mekšati na temperaturama većim od 60 °C. Niže je prikazan primjer FDM 3D pisača.



Slika 185. Primjer FDM pisača

8.1.2. SLA 3D pisači

SLA (stereolitografija) je tip 3D pisača koji koristi tekuću fotopolimernu smolu i lasersku tehnologiju za izradu preciznih modela sloj po sloj. Ova tehnologija je poznata po visokoj razlučivosti i detaljima, zbog čega je popularna u industrijama gdje je potrebna visoka preciznost, kao što su dentalna medicina, prototipiranje i izrada nakita. *Resin* printovi, unatoč svojim prednostima, većinom su krhki. Postoji više vrsta fotopolimernih smola i neke od njih su izdržljive, ali dolaze s većom cijenom. SLA pisači imaju nekoliko varijanti:

- **Klasični SLA** koristi lasersko izlaganje za očvršćivanje smole.
- **DLP** (engl. *Digital Light Processing*) koristi projektor za izlaganje cijelih slojeva odjednom, što omogućava brže ispisivanje.
- **MSLA** (engl. *Masked Stereolithography*) koristi LCD ekran za izlaganje slojeva smole pružajući slične prednosti kao DLP, ali s višom razlučivosti. Trenutno najčešće korištena varijanta.
- **PolyJet** - koristi *inkjet* tehnologiju za ispis više vrsta smola u jednom procesu omogućavajući miješanje boja i materijala.

Budući da je MSLA trenutno je najčešće korištena varijanta SLA tehnologije za 3D ispisivanje, fokusirat ćemo se na rad ovog tipa. MSLA pisači koriste LCD ekrane za prikazivanje maski svjetlosti na slojevima smole omogućujući bržu izradu s visokom preciznošću. Ekran je podijeljen u piksele, pri čemu svaki piksel može biti aktiviran ili deaktiviran kako bi propuštao UV svjetlo na određenim područjima smole.

Standardni LCD ekran koji se koristio za SLA bio je **RGB LCD** ekran. Ovi ekrani koriste crvene, zelene i plave filtere za prikaz boja, što ih čini

pogodnima za opću upotrebu u uređajima poput televizora ili monitora. U kontekstu 3D ispisivanja njihova upotreba nije optimalna jer filteri smanjuju prozračnost i time otežavaju prolazak UV svjetlosti potrebne za očvršćivanje smole. To rezultira duljim vremenom otvrdnjavanja, nižom kvalitetom ispisa i kraćim vijekom trajanja ekrana, obično od 200 do 700 sati ovisno o modelu i upotrebi.

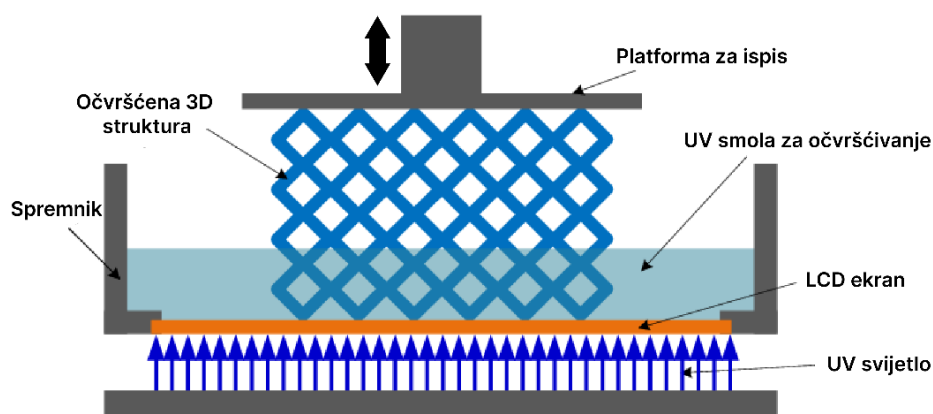
Monokromatski LCD-ovi, s druge strane, nemaju boje, već rade s jednom valnom duljinom svjetlosti, obično oko 405 nm, što je optimalno za većinu smola. Njihova prednost leži u većoj prozračnosti, što omogućava brže otvrdnjavanje smole. Monokromatski LCD-ovi imaju duži vijek trajanja, često do 2000 sati, i brže ispisivanje, što ih čini popularnim izborom među korisnicima 3D pisača.

Ovi uređaji su popularni i zbog nižih cijena u usporedbi s tradicionalnim SLA pisačima koji koriste lasere za polimerizaciju smole. Zahvaljujući ovim prednostima, MSLA je postao široko prisutan u hobističkim i profesionalnim zajednicama 3D ispisivanja, uključujući područja kao što su zubna medicina i izrada preciznih modela.

MSLA 3D pisači sastoje se od sljedećih komponenti:

- **LCD ekran:** MSLA koristi LCD ekran koji prikazuje cijeli sloj kao sliku. Ekran selektivno propušta UV svjetlo kroz područja gdje je smola potrebna.
- **Izvor UV svjetla:** Smješten ispod LCD ekrana i projicira UV svjetlost kroz njega očvršćujući smolu u obliku sloja odjednom.
- **Spremnik za smolu:** Kao i kod SLA pisača, posuda za smolu gdje se smola očvršćuje.
- **Platforma za ispis (Z-os):** pomiče se prema gore nakon svakog sloja omogućujući stvaranje trodimenzionalnog objekta.
- **Kontrolni sustav:** Upravljanje zaslonom, UV izvorom i platformom kako bi slojevi bili precizno postavljeni.

Niže na slici prikazano je načelo rada MSLA pisača. Platforma drži na svojoj površini 3D strukturu koja je uronjena u smolu i, podižući se prema gore, stvara nove slojeve.



Slika 186. Osnovni dijelovi SLA pisača

Kada je ispisivanje gotovo, platforma će se podići do vrha vodilice koja kontrolira kretanje platforme. Kao i kod FDM pisača, 3D struktura je podržana potporama, koje se lagano mogu ukloniti. Niže na slici prikazan je gotov ispis s potporama.



Slika 187. Gotov print s potporama

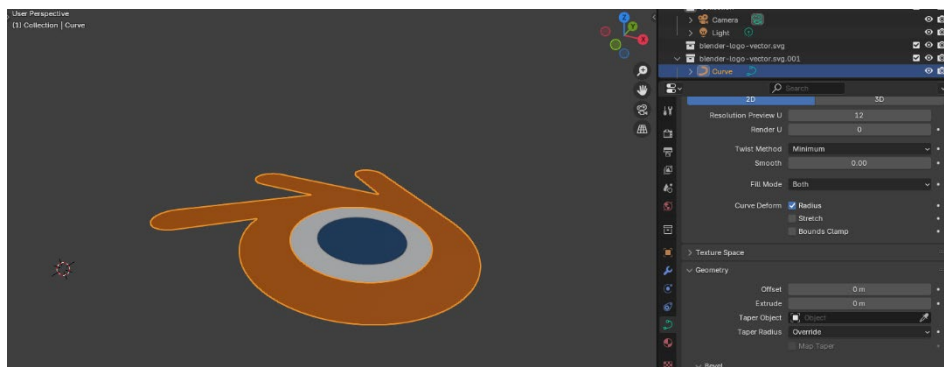
Kao zadnji korak potrebno je proći kroz proces čišćenja kako bi se uklonili ostaci smole i dobio gotov i čvrst model. Prvo, model se odvaja od platforme i zatim ispiru u izopropilnom alkoholu (IPA) ili drugom otapalu kako bi se uklonila tekuća smola koja je ostala na površini. Aceton isto nije loš jer se može koristiti više puta. Ovaj korak je krucijalan budući da može utjecati na pravilno očvršćivanje modela. Nakon ispiranja u otapalu treba proći vodom da se uklone ostaci smole i otapala. Zadnja faza je **Post-Curing** ili dodatno očvršćivanje, kad se model stavlja pod UV svjetlo kako bi ga se dodatno očvrstnulo. Taj proces dodatnog očvršćivanja osigurava da model postigne željenu čvrstoću i stabilnost. Preporuka je ukloniti potpore s modela prije zadnje faze očvršćivanja. Niže na slici prikazana je naprava **Curing Station** u kojoj se postavlja model za finalnu fazu očvršćivanja. Ima i opciju čišćenja koja obavlja prijašnji korak.



Slika 188. Primjer Curing station naprave

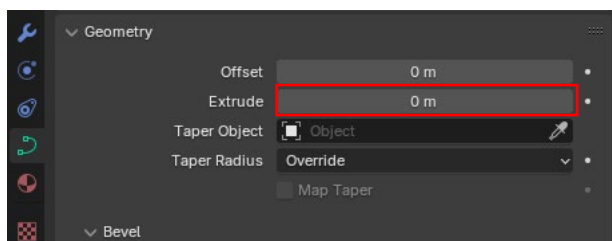
8.2. Spremanje objekta u formatu STL u Blenderu

Kao zadnji primjer uvest će se Blenderov logo koji je SVG datoteka te će se konvertirati u *mesh* objekt, pripremiti za 3D ispisivanje i spremiti kao STL datoteku. Prvo treba otvoriti novu datoteku te uvesti datoteku *blender-logo-vector.svg* iz mape Vježbe tako da se odabere **File** → **Import** → **Scalable Vector Graphics (.svg)**, selektirati SVG datoteku i pritisnuti **Import SVG**. Trebao bi se pojaviti logo kao na slici niže. Može se selektirati tri segmenta u tom objektu, vanjski narančasti krug i dva unutarnja kruga bijele i plave boje.



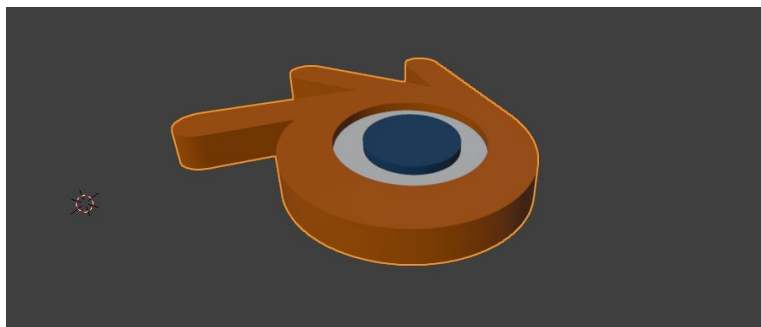
Slika 189. Ubačena STRL datoteka

Budući da je trenutno bez dubine, potrebno ga je prvo proširiti po z-osi, ali svaki sloj se treba zasebno proširiti. Potrebno je selektirati narančasti sloj te otići na **Object Data Properties** → **Geometry** → **Extrude** i upisati vrijednost 0.04. Ponoviti postupak za preostala dva sloja, samo kod bijelog sloja, umjesto 0.04, postaviti vrijednost na 0.02.



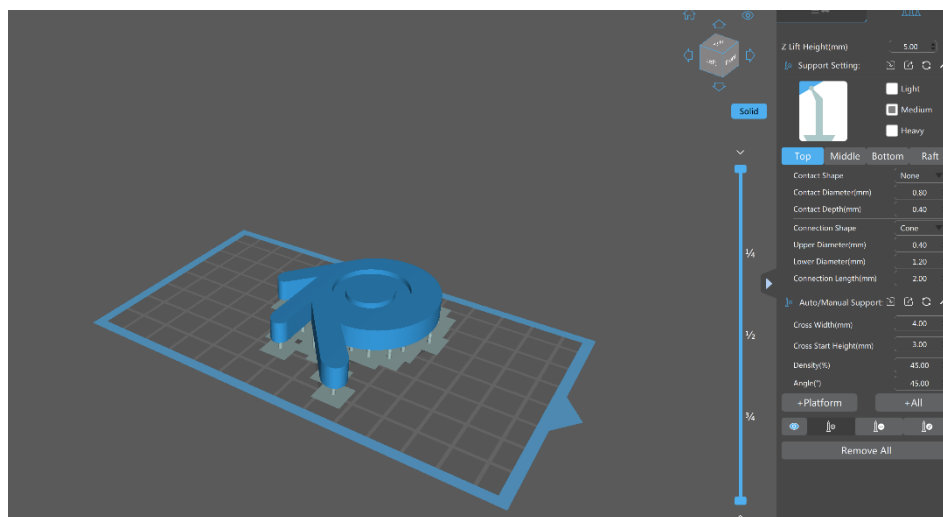
Slika 190. Extrude postavka

Kada su slojevi podešeni, potrebno ih je sve zaokružiti i konvertirati u drugačiji tip objekta. Logo je trenutno **Curve** tip objekta, što ukazuje da je taj objekt krivulja. Kako bi se omogućilo daljnje uređivanje i priprema za konverziju u STL datoteku, treba ga konvertirati u *mesh* objekt. Nakon što su svi selektirani, treba pritisnuti [RMB] i odabrati **Convert to** → **Mesh**. I usput, kada su selektirani, opet pritisnuti desnu tipku miša i odabrati naredbu **Join** kako bi ih se spojilo u jedan objekt. Nakon spajanja objekt bi trebao izgledati kao na slici niže.



Slika 191. Konverzija u mesh tip objekta

Još preostaje zadnji korak, a to je eksportiranje u format STL odabirom *File* → *Export* → **STL (.stl)**, a zatim treba odabrati mapu gdje će se spremiti pod nazivom *Blender_logo.stl* i pritisnuti *Export STL*. Datoteka je spremna i sad treba provjeriti prepoznaje li ga uistinu jedan od softvera za pripremanje 3D modela. Ti softveri se zovu **slicer** iz razloga što je njihova uloga da pripreme 3D modele za ispisivanje tako što ih „režu“ na tanke slojeve (engl. *slice*). Ovi slojevi sadrže informacije koje 3D pisac koristi za postupno građenje fizičkog modela sloj po sloj. *Slicer* softver pretvara 3D model (najčešće u formatu STL ili OBJ) u **G-kod**, specifičnu vrstu datoteke s uputama koje 3D razumije i koristi kao upute za ispisivanje. Među popularnijim *Slicer* softverima su [Ultimaker Cura](#), [PrusaSlicer](#), [Lychee Slicer](#) i [ChituBox](#). Kao primjer koristit će se ChituBox za otvaranje STL datoteke za provjeru i niže na slici se može vidjeti da ga je softver prepoznao i da ga se može podesiti za ispisivanje. Ovisno o softveru, postupak je sličan, treba se odabrati model 3D pisca unutar tog softvera da bi se „rezanje“ objekta uspješno završilo.

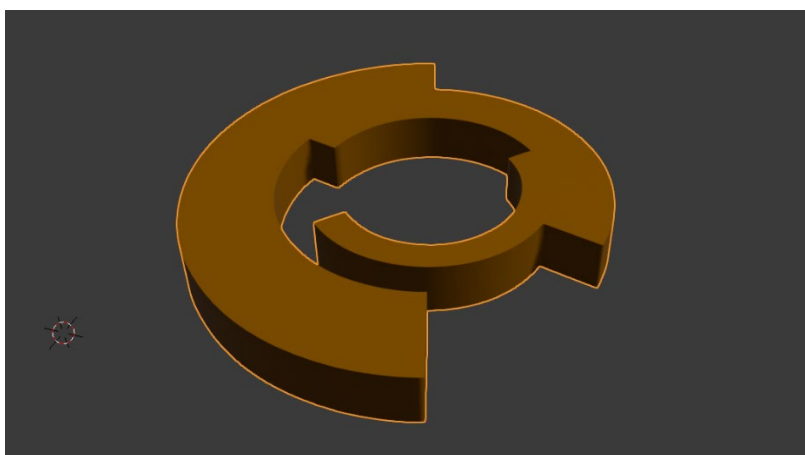


Slika 192. Sučelje softvera ChituBox

8.3. Vježba: Spremanje objekta u formatu STL

Zadatak će se bazirati prema prijašnjem primjeru koristeći drugačiji logo:

1. Otvorite novi *file* te učitajte datoteku *City_17_logo.svg* iz mape Vježbe tako da odaberete *File*→ *Import*→ **Scalable Vector Graphics (.svg)**, selektirate SVG datoteku i pritisnete **Import SVG**.
2. Selektirajte logo te otiđite na *Object Data Properties*→ *Geometry*→ **Extrude** i upišite vrijednost 0.01.
3. Selektirajte objekt te pritisnite [RMB] i odaberite *Convert to*→ **Mesh**. Objekt ima samo jedan sloj, tako da naredba *Join* nije potrebna. Niže je prikazan logo nakon konverzije u *mesh* tip objekta.



Slika 193. Objekt nakon konverzije u mesh tip objekta

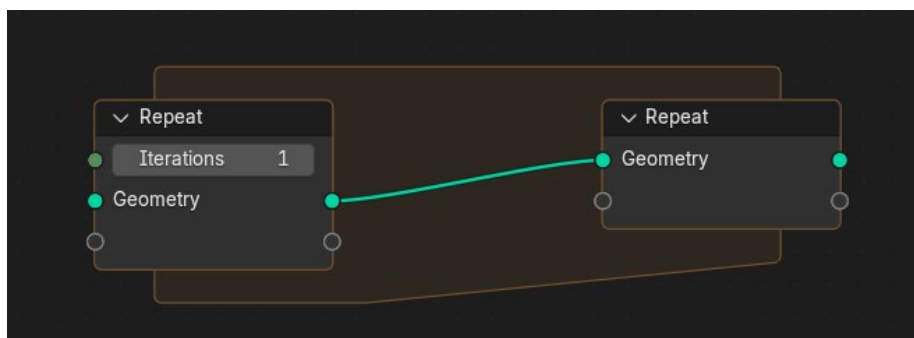
4. Zadnji korak je eksportirati u format STL odabirom *File*→ *Export*→ **STL (.stl)**, zatim odabrati mapu gdje će se spremiti pod nazivom *City_17_logo.stl* i pritisnuti *Export STL*.

Prilog 1. - Repeat Zone

Po završetku ovoga poglavlja moći ćete:

- izraditi *workspace* po svojim potrebama
- koristiti *Repeat Zone*
- koristiti čvorove *Extrude Mesh* i *Scale Elements*
- koristiti čvor *Random Value*

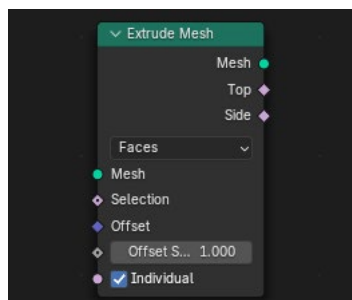
Repeat Zone u Blenderu je način za ponavljanje skupa čvorova u petlji. Omogućava ponavljanje određenih operacija unutar definiranog područja (engl. *zone*) određen broj puta, bez ručnog dupliciranja čvorova. Koristi posebne čvorove **Repeat Input** i **Repeat Output** za upravljanje ponavljanjima unutar definirane zone. Ulazi povezani na čvor *Repeat Input* učitavaju se na početku, prije nego što se pokrene ponavljanje. Zatim se proslijeđuju unutar zone gdje se mogu mijenjati i prenose se u sljedeću iteraciju. Taj se proces ponavlja određen broj puta, ovisno o broju iteracija pod **Iterations**. Drugi čvorovi izvan te zone mogu biti povezani kao ulazi unutar *Repeat Zonea*. Oni su konstantni kroz svaku iteraciju i temeljeni na svojoj vrijednosti u trenutnom okviru. Izlazi iz zone moraju biti povezani kroz čvor *Repeat Output*.



Slika 194. Čvor Repeat zone

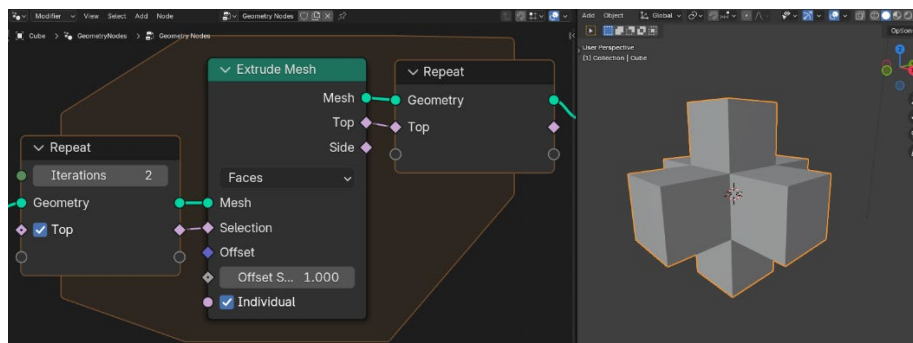
Kao primjer uzet će se *Mesh* → *Operations* → čvor **Extrude Mesh** unutar *Repeat Zonea* kako bi se generirale ekstruzije svakog lica na *default* kocki. Čvor *Extrude Mesh* omogućava izduživanje postojeće geometrije modela kako bi se stvorile nove površine. Koristan je kod modeliranja složenih objekata jer omogućava dodavanje detalja bez potrebe za ručnim stvaranjem novih elemenata. U sredini čvora može se izabrati **Mode**, on odlučuje hoće li čvor utjecati na *Faces* (lica), *Edges* (bridove) ili *Vertices* (vrhove). *Faces* je *default* postavka te će se ona koristiti. S lijeve strane čvora dostupno je nekoliko ulaza ili priključaka. **Mesh** je osnovni ulazni priključak za objekte koje će čvor ekstrudirati. **Selection** se koristiti za kontrolu dijelova objekta koje će čvor ekstrudirati. **Offset** i **Offset Scale** određuju za koliko će se ekstrudirati selektirani dijelovi objekta. Opcija **Individual** samo je dostupna sa selekcijom *Faces* te određuje hoće li se lica ekstrudirati zasebno, svaka po svojoj normali ili zajedno kao regija. S desne strane čvora je izlazni priključak *Mesh* te priključci **Top** i **Side**. *Top* se odnosi na vrhove novostvorene geometrije

objekta, dok *Side* za novostvorenu bočnu geometriju. Na slici niže je prikazan čvor *Extrude Mesh*.



Slika 195. Čvor Extrude Mesh

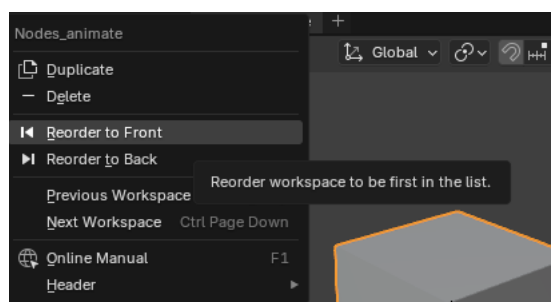
Na jednostavnom primjeru će se prikazati utjecaj *Repeat Zone* na *Extrude Mesh*. Da bi zona radila, za početak trebaju se spojiti čvorovi *Group Input* i *Repeat Input* te čvorovi *Group Output* i *Repeat Output* kako bi se zatvorio krug i rad na objektu bio vidljiv. Sada se može ubaciti čvor *Extrude Mesh* unutar zone. On će se automatski spojiti s *Repeat Zone* čvorovima koristeći svoje *Mesh* priključke. Kao primjer izabrat će se ekstradiranje vrhova novostvorene geometrije, odnosno koristit će se priključak *Top*. *Repeat Zone* čvorovi mogu stvarati nove priključke, a budući da moraju biti upareni radi prijenosa podataka kroz sve iteracije, oni međusobno utječu jedan na drugog. Drugim riječima, ako jedan čvor dobije novi priključak, dobit će ga i drugi. Znajući to, može se spojiti *Top* priključak na prazan priključak čvora *Repeat Input* te će se tako pojaviti priključak *Top* na oba *Repeat Zone* čvora. Oba čvora imaju izlaznu i ulaznu varijantu priključka, a na čvoru *Repeat Input*, pokraj ulaznog priključka *Top* pojavilo se prazna polje za stavljanje kvačice. Sada je moguće selekciju ograničiti na vrhove budući da je *Repeat Input* dobio izlazni priključak *Top* koji je sada moguće spojiti s ulaznim priključkom *Selection* čvora *Extrude Mesh*. Nakon točnog spajanja čini se da zona i dalje ne radi jer se kocka nije promijenila. Razlog za to je što priključak roza boje, što znači da radi s *Boolean* podacima *True* (istina) ili *False* (laž) te je potrebno na čvoru *Repeat Input* staviti kvačicu na *Top*. Sada kada prijedete mišem na priključku pored kvačice piše *True* i rezultat je postao vidljiv. Niže na slici prikazani su čvorovi i njihove postavke te desno rezultat ekstruzije vrhova na kocki.



Slika 196. Postavke čvorova i rezultat postavki

Prije nego se počne s konkretnim primjerom bilo bi dobro urediti radnu površinu ili *Workspace* da se ukomponira tri *Node Editor*a koja su bila

korištena u prijašnjim primjerima i uključiti traku *Timeline* budući da će svi biti potrebni za ovaj zadatak. Umjesto da se svaki put prilagođava radna površina kada se otvori nova scena postoji način da se napravi *Workspace* po željama korisnika te da ta varijanta *Workspacea* uvijek bude dostupna kao opcija umjesto samo *default* radnih površina koje dolaze s Blenderom. Potrebno je odabrati bilo koji *Workspace*, primjerice *Shading Workspace* jer se on čini kao najbliži izgledu koji će biti potreban za ovaj zadatak te će biti brža prilagodba. *3D Viewport* treba podesiti da je otprilike istih dimenzija kao što su ostali prozori, a zatim umjesto prozora *File Browser* i *Image Editor* postaviti prozore *Geometry Node Editor* i *Compositor* te ubaciti traku *Timeline* unutar prozora *3D Viewport* da se nalazi na dnu jer nije potrebno previše prostora. Potrebno je postaviti *Use Nodes* unutar prozora *Compositor* uključen da ostane kao *default* postavka u tom *workspaceu*. Daljnja podešavanja dimenzija prozora izvode se prema potrebama korisnika. Kada je sve spremno, dvostrukim pritiskom na ime *workspacea* treba ga preimenovati po želji, primjerice u *Custom_Workspace*. Zatim ga je potrebno spremati da je dostupan svaki put kada se otvori nova scena tako da se ode na *File* → *Defaults* → **Save Startup File**. *Workspace*, bio predefiniran (*default*) ili napravljen od strane korisnika, može se pomicati na početak ili na kraj trake koristeći **Reorder to Front** i **Reorder to Back** te se mogu brisati i stvarati duplikati trenutnog *workspacea*. Ikona plusa na samom kraju trake služi za dodavanje *workspaceova* koji dolaze s Blenderom i onih koji su složeni i spremljeni od strane korisnika.

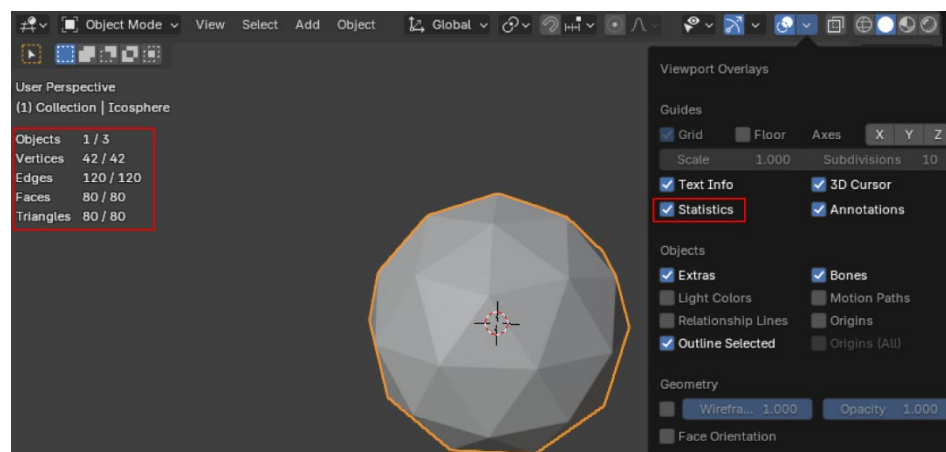


Slika 197. Postavljanje poredka radnih površina

Workspace je spreman tako da se sada može krenuti s primjerom.

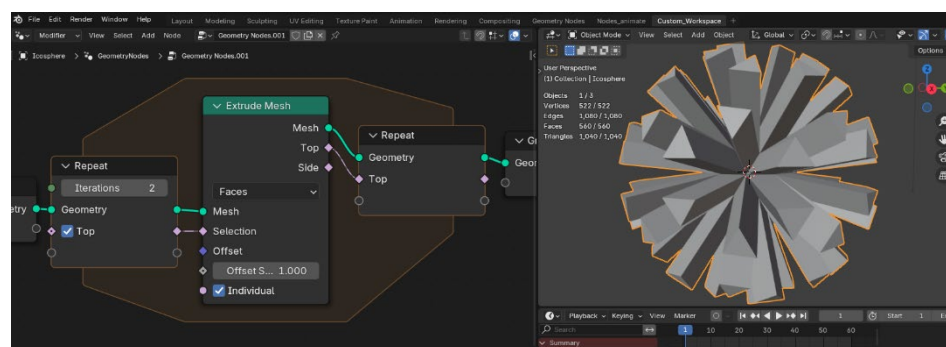
Animiranje s Repeat Zone

Umjesto *default* kocke koja se briše, kraticom [Shift] + [A] pod *Mesh* treba dodati **Ico Sphere**, sferu koja se sastoji od 80 trokuta. Informacije o svakom objektu poput broja točaka, rubova i lica dostupne su kada se uključi postavka *Viewport Overlays* → **Statistics**. Niže na slici je lokacija postavke *Statistics* i s lijeve strane koje informacije prikazuje na ekranu.



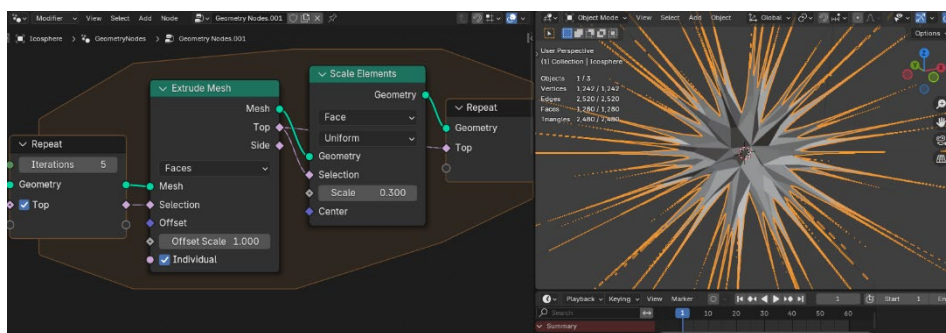
Slika 198. Uključena postavka Statistics

Ico Sphere će se koristiti jer je cilj kreirati objekt s puno špicastih krakova da sliči zvijezdi, a to će se postići *Repeat Zoneom*. Krenut će se prvo s prozorom *Geometry Node* dodajući novu grupu čvorova na *New*. Zatim treba ubaciti čvor *Repeat Zone* i *Extrude Mesh*, kao u kratkom primjeru te ih spojiti na isti način. Opet će se koristiti *Top* jer su potrebni vrhovi. Na slici niže prikazano je kako bi to trebalo izgledati s istim postavkama koje su se koristile u prijašnjem primjeru.



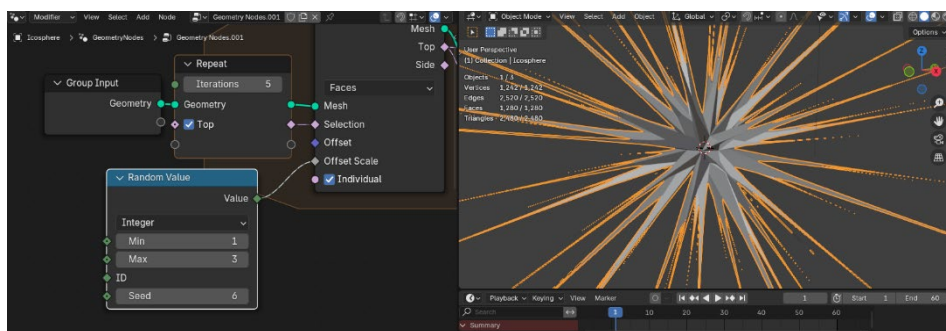
Slika 199. Izgled Ico Sphere objekta s čvorom Extrude Mesh

No, kako bi se postigao špicasti vrh, potrebno je ubaciti dodatni čvor, koji bi suzio vrhove, a to se može pomoću čvora **Scale Elements**. Nalazi se pod *Mesh* → *Operations* → **Scale Elements** te ga se ubacuje između čvorova *Extrude Mesh* i *Repeat Output* i automatski se spaja s njima. Koristit će se zadane postavke, pod **Domain** ostaje **Face** i pod **Scale Mode** ostaje **Uniform**, tako da se svako lice skalira istim faktorom u svim smjerovima, odnosno jednako u odnosu na sve osi. Pod **Scale** treba upisati vrijednost 0.3. Spojiti priključak *Top* na čvoru *Extrude Mesh* s priključkom *Selection* na čvoru *Scale Elements* tako da je skaliranje ograničeno samo na vrhove. Broj iteracija odnosno broj ponavljanja na čvoru *Repeat Input* treba postaviti na vrijednost 5. Krakovi trebaju biti duži da bi se lakše postigao željeni efekt. Niže na slici vidi se sljedeći korak u dorađivanju izgleda i potrebne postavke čvorova.



Slika 200. Izgled Ico Sphere objekta s dodanim Scale čvorom Elements

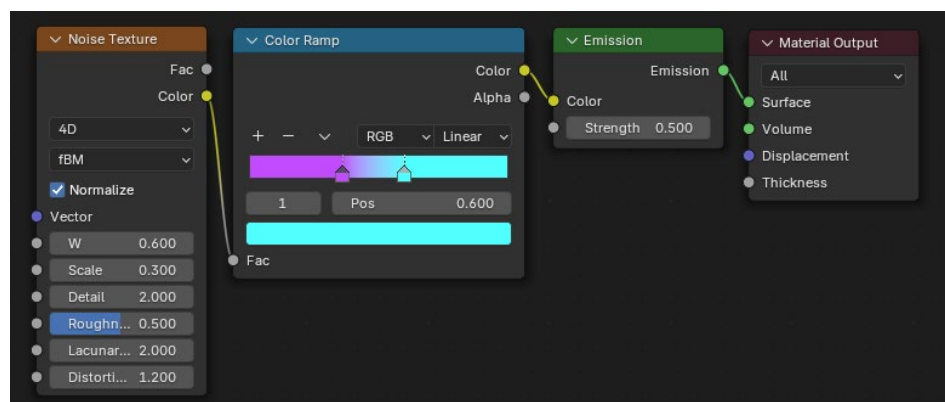
Osnovni oblik je podešen do kraja, još preostaje ubaciti malo nasumičnosti za dužinu krakova. *Offset Scale* određuje koliki je pomak između svake iteracije te, ako se ubaci nasumičnost u tu vrijednost, dobit će se različitost u dužinama krakova. Ovo se može postići ako se doda pod *Utilities*→ čvor **Random Value** i spoji na priključak *Offset Scale* na čvoru *Extrude Mesh*. Čvor *Random Value* radi s nekoliko vrsta podataka koji se mogu odabrati na postavci **Data Type**. **Float** generira decimalne brojeve, **Integer** radi s cijelim brojevima, **Vector** koristi vektorske vrijednosti te **Boolean** daje vrijednosti koje su *True* ili *False*, što omogućuje nasumičnost generiranja krakova, ovisno o postavci **Probability**. Što je vrijednost *Probability* veća, to je veći broj krakova. *Boolean* nije loš izbor, no bolji izbor je korištenje *integer* tipa podatka. *Integer* raspolaže trima vrijednostima, **Min**, **Max** i **Seed**. *Min* i *Max* predstavljaju minimalnu i maksimalnu vrijednost mogućeg pomaka, čvor *Random Value* nasumično bira vrijednosti u tom rasponu vrijednosti. *Seed* se koristi da se generiraju različiti setovi nasumičnih vrijednosti. Promjenom vrijednosti *Seed* mijenja se slijed generiranih slučajnih vrijednosti, što daje varijaciju. Treba postaviti vrijednost *Min* na 1, vrijednost *Max* na 3 te *Seed* proizvoljno po izboru korisnika, promatrati kako se krakovi objekta mijenjaju te postaviti po osobnom izboru, svatko će imati malo drugačiju varijantu. Niže na slici vidi se dodani čvor *Random Value* s postavkama i rezultat promjena na objektu unutar *3D Viewporta*.



Slika 201. Izgled Ico Sphere objekta nakon dodanog Random Value čvora

Rad u *Geometry Node Editoru* je gotov, preostaje dodati materijal i efekte. Potrebno je selektirati „zvijezdu“ te dodati novi materijal unutar prozora *Shader Editor*. Čvor *Principled BSDF* treba ukloniti i zamijeniti čvorom *Emission* te dodati čvorove *Color Ramp* i *Noise Texture*. Čvorovi *Color Ramp* i *Emission* spajaju se koristeći *Color* priključke, a *Noise Texture* i *Color Ramp* koristeći priključke *Color* i *Fac*. Koristit će se dvije

boje. Treba selektirati prvi klizač i postaviti ga na poziciju 0.360 te podesiti vrijednosti boje na *Hue* (0.75), *Saturation* (0.930), *Value* (1.0) i *Alpha* (1.0) da se dobije ljubičasta boja. Zatim treba selektirati drugi klizač, postaviti ga na poziciju 0.6 i podesiti vrijednosti boje na *Hue* (0.5), *Saturation* (0.920), *Value* (1.0) i *Alpha* (1.0) za tirkiznu boju. Na čvoru *Emission* postaviti vrijednost *Strength* na 0.5, više vrijednosti su previše intenzivne. Postavke za *Noise Texture* urediti tako da je pod *Dimensions* postavljeno na 4D, a *W*-vrijednost neka iznosi 0.6. *Scale* postaviti na 0.3, na većim vrijednostima uzorak izgleda previše zasićen. Potrebno je *Detail* postaviti na vrijednost 2 da bi se dobio magloviti izgled uzorka te *Distortion* na vrijednost 1.2. Niže su prikazani čvorovi sa svojim postavkama.



Slika 202. Čvorovi i njihove postavke u Shader Editoru

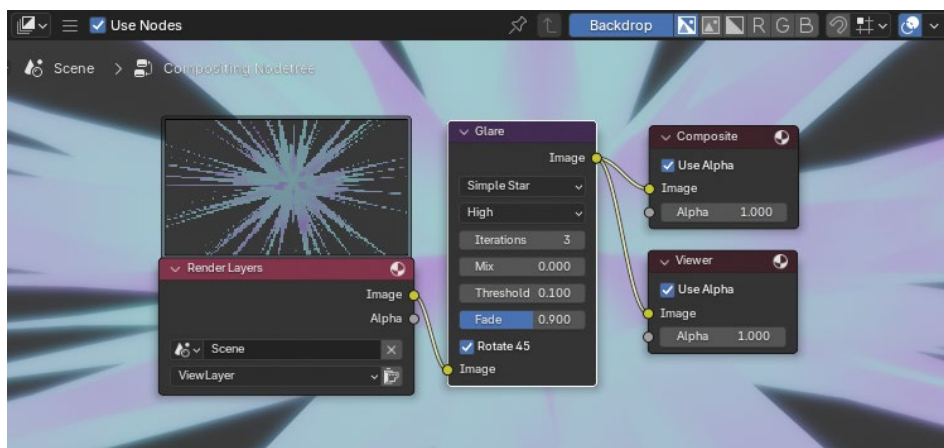
Prije nego se nastavi dalje s *Compositor* postavkama, treba podesiti kameru da je veći dio objekta vidljiv. Unutar prozora *3D Viewport*, kada se pritisne tipka [N] za otvaranje *Sidebara*, treba pronaći karticu **View** te uključiti postavku **Camera to View** koja omogućava da svi pomaci koji se naprave u prikazu (povlačenje srednje tipke miša i držeći [Shift], zumiranje ili rotiranje) pomiču cijelu kameru. Niže na slici prikazana je lokacija opcije *Camera to View* gdje treba postaviti kvačicu za uključivanje.



Slika 203. Uključivanje postavke Camera to View

Potrebno je podesiti poziciju kamere prema izboru korisnika, važno je da glavni objekt većinski vidljiv i da nije previše zumiran. Sada kada je kamera podešena može se krenuti na *Compositor* postavke. Kao i u

drugim primjerima iz prijašnjih poglavlja, izbor čvorova i njihovo postavljanje je isto, ubacuju se čvorovi *Glare* i *Viewer*, uz već prisutne čvorove *Render Layers* i *Composite* koji dolaze automatski. Jedina je razlika što će se na čvoru *Glare* odabrati drugačiji tip blještavila. Pod *Glare Type* treba postaviti na *Simple Star* koji, kao što i sam naziv sugerira, stvara efekt jednostavne zvjezdane svjetlosti oko svijetlih dijelova slike. Na čvoru *Glare*, pod **Iterations** treba postaviti vrijednost 3. postavka *Iteration* kontrolira broj ponavljanja efekta blještavila, što povećava detalje i intenzitet efekta. Više iteracija znači da Blender ponavlja proces stvaranja blještavila više puta, što može učiniti zrake i svjetlosni efekt izraženijim, ali i zahtijeva više vremena za renderiranje. Više iteracija daje „mekši“ izgled efektu ili da ima više slojeva, što je korisno za postizanje suptilnijeg i prirodnijeg izgleda blještavila. Potrebno je postaviti da je *Threshold* na nižoj vrijednosti, poput 0.1, da se više izrazi blještavilo. Potrebno je uključiti *Backdrop* da se efekt čvorova vidi u pozadini prozora te pritisnuti na *Render Active Scene* na čvoru *Render Layers* da je vidljiva slika na kojoj će se primijeniti ti efekti. Na slici niže je prikazan *Compositor* prozor sa spojenim čvorovima i njihovim postavkama.



Slika 204. Prozor *Compositor* sa spojenim čvorovima

Još preostaje postaviti ključne kadrove prije nego se krene sa snimanjem animacije. U ovom zadatku samo će se zarotirati objekt u nasumičnim smjerovima, pomoću naredbe **Trackball Rotation** ili **Free Rotation**. Ona omogućava slobodnu rotaciju objekta u svim smjerovima, bez ograničenja na samo jednu os, što daje veću kontrolu nad orijentacijom objekta jer možete rotirati objekt u bilo kojem smjeru direktno iz perspektive pogleda. Nakon selekcije objekta pritisne se tipka [R] dva puta da bi se aktivirao *Free Rotation*. Prije postavljanja ključnih kadrova na traci *Timeline*, valja postaviti da je zadnji kadar na 60, odnosno upisati pod *End* vrijednost 60 radi uštede na vremenu renderiranja. Zatim još jednom provjeriti je li kamera podešena po osobnim željama te isključiti opciju *Camera to View*, neće više biti potrebna. Treba pripaziti da je *Playhead* postavljen na kadar 0 unutar trake *Timeline*. Zatim je potrebno pritisnuti na karticu *Item* unutar prozora *3D Viewport* te postaviti početne ključne točke na *Rotation* vrijednosti. Kada se pojave ključne točke, treba prebaciti na kadar 60 i pomoću naredbe *Free Rotation*, pritiskom na tipku [R] dva puta,

proizvoljno rotirati objekt i u jednom trenutku pustiti i ubaciti ključne kadrove unutar vrijednosti *Rotation*. I u suštini, to je sve za ovaj zadatak, sad još preostaje snimiti tu animaciju. Unutar prozora *Render Properties* treba postaviti na *EEVEE* za izbor *Render Enginea* i staviti kvačicu na *Raytracing*. Pod *Output Properties* promijeniti *File Format* na *FFmpeg Video* te pod *Encoding* postaviti *Container* na *MPEG-4* i za *Video Codec* postaviti na *H.264*. *Output Quality*, koji je opcija niže, može se postaviti na *High Quality*. Treba provjeriti još jednom da je sve postavljeno kako je navedeno i onda pokrenuti snimanje animacije na *Render* → **Render Animation**. Treba pričekati par minuta da se animacija renderira. Niže na slici je prikaz zadnjeg kadra renderirane animacije.



Slika 205. Prikaz zadnjeg kadra animacije

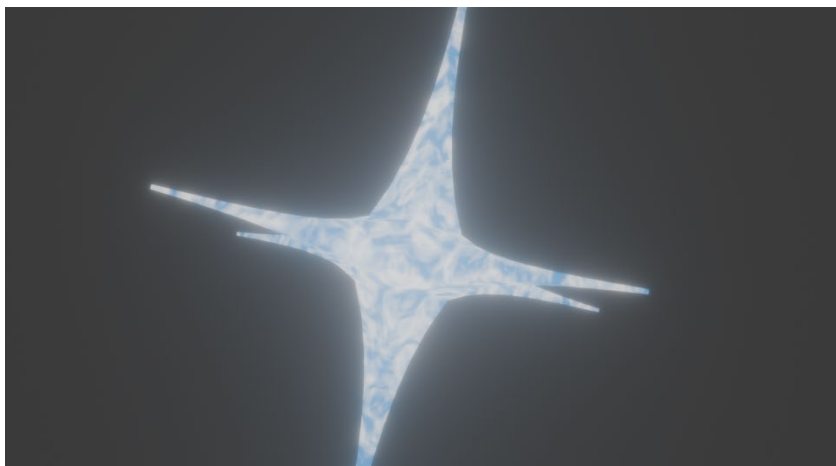
Vježba: Repeat Zone

Zadatak će se bazirati prema prijašnjem primjeru, a objekt na kojem će se raditi zadatak je bazična kocka s drugačijim postavkama:

1. Otvorite novu datoteku *File* → *New* → **General** te odaberite *Custom_ Workspace* ako već nije automatski postavljen. Selektirajte *defaultnu* kocku te dodajte *Utilities* → **Repeat Zone** unutar *Geometry Node Editor*a. Spojite čvorove *Group Input* i *Repeat Input* te čvorove *Group Output* i *Repeat Output* kako bi se zatvorio krug. Ubacite *Mesh* → *Operations* → **Extrude Mesh** unutar *Repeat Zone*a. Spojite priključak *Top* na prazan priključak čvora *Repeat Output* tako da se priključak *Top* pojavi na obama čvorovima *Repeat Zone*a. Spojite priključak *Selection* na čvoru *Extrude Mesh* sa rozim priključkom s desne strane (ako prijedete mišem na priključak, piše *Top*) na čvoru *Repeat Input* te stavite kvačicu unutar kućice pored priključka *Top*.
2. Ubacite *Mesh* → *Operations* → **Scale Elements** te ga pozicionirajte između čvorova *Extrude Mesh* i *Repeat Output*. Spojite priključak *Top* na čvoru *Extrude Mesh* s priključkom *Selection* na čvoru *Scale Elements*. Skaliranje je ograničeno samo na vrhove. Broj iteracija na čvoru *Repeat Input* postavite na vrijednost 8. *Scale* na *Scale Elements* postavite na vrijednost 0.7.
3. Prebacite se na *Shader Editor*, izbrišite čvor *Principled BSDF* i zamijenite ga čvorom *Emission*. Dodajte čvorove *Converter* → **Color Ramp** i *Texture* → **Noise Texture**. Čvorove *Color Ramp* i *Emission* spojite koristeći priključke *Color*, a *Noise Texture* i *Color Ramp* koristeći priključke *Color* i *Fac*.
4. Selektirajte prvi klizač i postavite ga na poziciju 0.4 te podesiti vrijednosti boje na *Hue* (0.6), *Saturation* (0.95), *Value* (0.8) i *Alpha* (1.0) da se dobije plava boja. Zatim selektirajte drugi klizač, postavite ga na poziciju 0.6 i ostavite bijelu boju. Postavku *Strength* na čvoru *Emission* podesite na vrijednost 0.5. Za čvor *Noise Texture* podesite *Dimensions* na 4D, *W*-vrijednost na 0.6, te *Scale* i *Distortion* na vrijednost 2.
5. Unutar prozora *Compositor* ubacite čvorove *Glare* i *Viewer*. Čvorovi *Render Layers* i *Composite* dolaze automatski. Čvor *Glare* ubaciti između čvorova *Render Layers* i *Composite*, a čvor *Viewer* spojite na čvor *Glare* preko utičnice *Image*. Na čvoru *Glare* postavite *Glare Type* na *Bloom*, vrijednost *Threshold* na 0.3 i *Quality* na *High*. Selektirati kameru te ju podesiti da uhvati cijeli objekt koristeći opciju *Camera to View*, pod karticom *View* (lociran na desno) unutar *3D Viewport*a. Isključite tu opciju kada je kamera podešena. Uključite *Backdrop* i pritisnite na *Render Active Scene* na čvoru *Render Layers*.
6. Na traci *Timeline* upišite pod *End* vrijednost 60. Postavite *Playhead* na kadar 0 unutar trake *Timeline*. Pritisnite na karticu *Item* unutar prozora *3D Viewport* te postavite početne ključne točke na *Rotation* vrijednosti. Prebacite na kadar 60, pod

Rotation upišite $X = 30^\circ$, $Y = 15^\circ$, $Z = 180^\circ$. Postavite ključne točke na *Rotation* vrijednosti za kadar 60.

7. Unutar prozora *Render Properties* postavite na *EEVEE* i stavite kvačicu na *Raytracing*. Pod *Output Properties* promijenite *File Format* na *FFmpeg Video* te pod *Encoding* postavite *Container* na *MPEG-4* i za *Video Codec* postavite na *H.264*. *Output Quality* postavite na *High Quality*. Provjerite postavke te pokrenite snimanje na *Render* → **Render Animation**. Pričekajte par minuta da se renderiranje završi. Niže na slici je prikaz zadnjeg kadra renderirane animacije.



Slika 206. Izgled zadnjeg kadra vježbe 9.2.

Bilješke: