

# 3D simulacija modeliranja biljke bršljana

---

**Hackenberger Kutuzović, Anna Maria**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:897291>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-20**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAFIČKI FAKULTET**

**ANNA MARIA HACKENBERGER KUTUZOVIĆ**

**3D SIMULACIJE MODELIRANJA BILJKE  
BRŠLJANA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2016.**



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

**ANNA MARIA HACKENBERGER KUTUZOVIĆ**

# **3D SIMULACIJE MODELIRANJA BILJKE BRŠLJANA**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

izv.prof.dr.sc. Sanja Bjelovučić Kopilović

Student:

Anna Maria Hackenberger Kutuzović

Zagreb, 2016.

## SAŽETAK

Grafika u smislu trodimenzionalnog stvaralaštva godinama nastoji shvatiti, a time i reproducirati mnoge elemente životnog okruženja, tako i biljke koje su različite svaka na svoj način. Svaka biljka, ima različit oblik i građu i zbog problema složenosti grananja danas postoje mnoga područja grafičkih 3D oblikovanja koji taj problem rješavaju. Kao takve nastojimo ih što vjernije i kvalitetnije prikazati različitim 3D modelima. Kako bi bolje shvatili biljne vrste potrebno ih je dobro proučiti i shvatiti njihov rast. Biljka bršljana je biljka penjalica koja raste najčešće prema gore. Ovisno o položaju, odnosno području, klimi i vegetaciji raste proizvoljno sa različitim brojem grananja. Modeliranje takvih biljaka danas postaje brže i jednostavnije uz pomoć različitih računalnih sustava, odnosno kombinacijom njihovih jezika. One spadaju u žive sustave, stoga biljke spadaju u mehaniku živih sustava, odnosno biomehaniku. Za stvaranje različitih biljnih vrsta postoje mnogi dodaci unutar 3D programa pomoću kojih se lako i brzo izrađuju različite biljne vrste sa promjenom različitih parametara. Takvi parametri vrlo su bitni za samo modeliranje i danas sve više napreduju. U radu su se istražili i usporedili parametri za izradu modela biljke bršljana unutar Blender programa i Autodesk 3ds Max programa, te utvrdile prednosti i mane tih programa kod različitih parametara za brzinu i kvalitetu izrade gotovih modela. Izrađeni modeli dobiveni su slično, ali ne i potpuno isto kao referentne fotografije. Dodatak za izradu bršljana u 3ds Max programu ima mnogo više parametara, time se i model bršljana može više kontrolirati za razliku od Blendera. Ipak Blender ima jednostavniji pristup i mogućnost bržeg stvaranja modela bršljana.

**KLJUČNE RIJEČI:** 3D sustav, Blender, 3dsMax, biomehanika, Ivy Generator

## **ABSTRACT**

The graphics in terms of three-dimensional creativity is trying for years to understand, and thus reproduce many of the elements of the environment, as well as plants that are different in their own way. Each plant has a different shape and structure and due to the complex problem of plant branching today there are many areas of 3D graphic design shapes that resolve that problem. As such we try to depict every plant as faithfully and accurately to their original state. To better understand the plant species they have to be thoroughly studied and understood in their growth. The plant ivy is a plant that grows mostly climbing herself up. Depending on the situation or area, climate and vegetation ivy grows arbitrarily with different branching positions. Modeling of such plants has become faster and easier with the help of various computer systems or a combination of their language. They are categorized as a living system, so therefore plants belong to the mechanics of living systems and biomechanics. To create a different plant species there are many accessories within the 3D program which can easily and quickly produce different plant species with changing various parameters. These parameters are very important for modeling and today are more and more advanced. In the paper are result of investigating and comparing parameters for modeling the plant ivy in the Blender program and Autodesk 3ds Max program and also identifying strengths and weaknesses of these programs in a variety of parameters for speed and the quality of producing finished models. Developed models were obtained similarly, but did not exactly look the same as the reference image. Add-on for the production of ivy in 3ds Max program has many more parameters, thus the model of ivy can be more controlled and specified unlike ivy in Blender program. However, Blender has easier access and faster possibility of creating a model of ivy.

**KEY WORDS:** 3D system, Blender, 3dsMax, biomechanics, Ivy Generator

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.2. Metodologija i plan istraživanja .....	1
1.3. Cilj i hipoteze .....	2
2. TEORIJSKI DIO.....	3
2.1. Simulacije biljaka.....	3
2.2. Biomehanika biljaka.....	4
2.2.1. Biomehanika rasta biljke bršljana .....	4
2.2.2. Sustavi za izradu biljka penjalica .....	5
2.3. 3D računalna grafika.....	8
2.3.1. 3D procesi proizvodnje .....	9
2.3.1.1. Pred-produkcija .....	10
2.3.1.2. Produkcija .....	10
2.3.1.3. Završna produkcija .....	11
2.4. Blender.....	12
2.4.1. Blender sučelje .....	13
2.5. Autodesk 3ds Max .....	14
2.5.1. Autodesk 3ds Max sučelje .....	15
2.6. Razlike između Blender i 3ds Max programa.....	15
2.7. Zajednička svojstva 3D programa.....	16
2.7.1. Formati .....	16
2.7.2. Teksturiranje.....	17
2.8. Dodaci programima.....	19
2.8.1. Ivy Gen dodatak Blenderu.....	19
2.8.2. Ivy Generator dodatak Autodesk 3ds Max programu .....	21
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	22
3.1. Priprema materijala .....	22
3.2. Izrada scena u Blenderu .....	22
3.2.1. Izrada scene bršljana u tegli.....	22
3.2.2. Izrada scene bršljana na zidu.....	29
3.2.3. Izrada scene bršljana na drvetu .....	34
3.3. Izrada scena u 3ds Maxu .....	38
3.3.1. Izrada scene bršljana u tegli.....	38

3.3.2. Izrada scene bršljana na zidu.....	43
3.3.4. Izrada scene bršljana na drvetu.....	46
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	49
5. ZAKLJUČAK.....	54
6. LITERATURA.....	55

## 1. UVOD

Već u prošlosti ljudi su pokušavali interpretirati životno okruženje raznim sredstvima za kreativno izražavanje. Kako se život razvijao i kako su ljudi počeli shvaćati sve više životnu sredinu u kojoj se nalaze, svoj vrhunac doživljavaju u napretku i shvaćanju znanosti i tehnologije. Tehnološkim napretkom čovjek nastoji proizvesti elemente životnog okruženja što vjernije i realnije. Znanost i tehnologija danas omogućavaju i još uvijek pronalaze različite alate kojim se životno okruženje danas na lak i što realniji način može interpretirati. Razlozi prikaza realnog i nerealnog životnog okruženja ima mnogo. Pronalazimo ih u video sadržaju, filmovima, reklamama, video igrama, fotografiji i slično. Čak i oni nerealni prikazi različitih sadržaja proizlaze iz realnih izvora životnog okruženja. Ipak, elemente životnog okruženja treba prvobitno proučiti i razumjeti kako bi se stvorio jedan tehnološki aspekt izrade virtualne stvarnosti.

### 1.2. Metodologija i plan istraživanja

Rad se temelji na izradi biljaka kao dio životnog okruženja i njihova interpretacija unutar 3D računalnih programa. U teoretskom dijelu ovog rada opisati će se biomehanika biljaka kao živih sustava, općenito o tijeku izrade 3D scena, te opisati karakteristike računalnih programa za izradu 3D sadržaja Blender i 3ds Max.

U istraživačkom dijelu ovog rada korištena su dva računalna programa za izradu trodimenzionalnih sadržaja. Autodesk 3ds Max i Blender su 3D programi u kojima se ispitivao način rada dodataka za izradu biljke bršljana Ivy Generator. Kao referentne slike korištene su fotografije prema kojima su se izradila tri modela unutar svakog programa. Fotografije teksture lišća, kore i ostalih elemenata scene su korištene unutar programa za što vjerniji prikaz 3D izrađenih modela biljke bršljana i cjelokupne scene. Korištene verzije 3D programa su Autodesk 3ds Max 2015. te Blender verzija 2.74. Računalno koje je korišteno prilikom izrade modela i iscrtavanja scene je igrače prijenosno računalo Asus G751JY 17 inčni, procesor Intel® Core™ i7-4860HQ CPU@2.40GHz 2.39 GHz, instalirani RAM 16,0 GB, 64-bitni operacijski sustav, procesor x64, Windows 8.1 Pro. U eksperimentalnom dijelu opisati će se rad oblikovanja scene, te kombiniranje i mijenjanje parametara dodataka za izradu



simulacije bršljana sva tri modela u svakom pojedinom programu i uvidjeti mane i vrline tih dodataka, tako i samih 3D programa korištenih u istraživanju. Dobiveni rezultati prikazivati će modele svake pojedine scene što sličnije modelima dobivenih prema referentnim fotografijama. Usporediti će se i opisati parametri unutar Blendera i 3ds Max programa kod samih dodataka za izradu bršljana, te opisati i usporediti parametri za iscrtavanje, vrijeme i kvalitetu prikaza scene.

### **1.3. Cilj i hipoteze**

Cilj ovog rada je izraditi što sličnije 3D modele u odnosu na referentne slike biljke bršljana na različitim modelima. Usporediti dodatke za izradu biljke bršljana unutar Blender i 3ds Max programa, te uočiti prednosti i mane tijekom izrade scena i modela biljke bršljana.

Prva hipoteza ovog rada je da je 3ds Max kod izrade bršljana sa dodatkom Ivy Generator puno složeniji u odnosu na Blender u smislu sučelja i same izrade bršljana, ali da ima puno više mogućnosti vezanih za samu modifikaciju izgleda i načina ponašanja biljke bršljana.

Druga hipoteza ovog rada je ta da se programi ne mogu uspoređivati međusobno prema dobivenim modelima jer sve ovisi o upotrebi alata, materijala i osvjetljenja koja su potrebna za što vjerniji prikaz rezultata, a za to je potrebno puno više znanja i vremena.

Treća hipoteza je da se ovakvi programi kao što su Blender i 3ds Max mogu koristiti u obrazovne svrhe lako i jednostavno uz osnovno znanje svakog pojedinog programa.

## 2. TEORIJSKI DIO

Biljke su od uvijek bile dio svakodnevnog života, njihov se rast i razvoj godinama proučava i nastoji shvatiti. Razvitkom programa, odnosno jezika za izradu trodimenzionalnih prikaza modela, simulacija i animacije, te razvitkom fotografije dolazi do sve boljih, kvalitetnijih i realističnijih sadržaja koje korisnici koriste. Osim što se nalaze svuda u realnom svijetu, koriste se, odnosno nalaze i u raznim računalnim igrama kao dio krajolika u kojima se korisnici nalaze. Zbog potrebe izrade različitih trodimenzionalnih sadržaja u raznim područjima znanosti i tehnologije dolazi do potrebe stvaranja velike količine složenih modela koje korisnici moraju izraditi. To zahtjeva mnogo vremena i truda, čime dolazi do zastoja u samom procesu stvaralaštva. Pošto su biljke živi sustavi koji se razlikuju svaka na svoj način, postoji problem unutar samog procesa stvaranja modela biljaka i njihovih promjena.

### 2.1. Simulacije biljaka

Izrada 3D modela biljaka i sličnih složenih sustava unutar različitih programa za modeliranje i animaciju, zadaje velike probleme prilikom stvaranja. Modeliranje jedne biljke kao takve nije problem, ali kada dolazi do situacije kada treba izraditi puno više biljaka slične vrste tada nastaje problem. Biljke su dio životnog okruženja i svaka biljka je različita na svoj način. Izrada modela biljaka unutar 3D programa zahtjeva puno vremena kako bi se one oblikovale, stoga ručna izrada modela složenih sustava kao što su biljke nije lako mijenjati. Postoje mnoge studije i teorije o shvaćanju rasta biljaka koje pomažu u realizaciji oblikovanja unutar trodimenzionalnih programa, a to najbolje opisuje biomehanika. Danas postoji mnoštvo računalnih programa koji u sebi imaju skripte za stvaranje različitih oblika biljaka poput drveća, trave, različitih vrsta grmova i cvijeća. Takvi programi služe se već unaprijed određenom skriptom pomoću koje je lako odrediti oblik i količinu grana i grananja, lišća i slično. Programi poput Autodesk 3ds Max, Autodesk Maya, Blender, TreeD sadrže raznovrsne dodatke pomoću kojih se mijenjanjem parametara mogu dobiti različite vrste biljaka. Danas postoje mnogi dodaci pomoću kojih je moguće lako upravljanje različitim parametrima kako bi se dobila određena struktura različitih modela biljaka. Upotreba takvih dodataka trebala bi biti jednostavna i razumljiva korisniku. Dodatak, odnosno program kojeg korisnik koristi trebao bi isključiti bilo kakvu upotrebu modela koji zahtijevaju teške matematičke pojmove.

Ipak parametri kod izrade modela trebaju zadovoljiti zahtjeve i dozvoliti slobodu izrade od strane kreatora.

## **2.2. Biomehanika biljaka**

Biomehanika biljaka proučava biološke funkcije i strukture biljaka uz pomoć mehaničkih metoda i funkcija. Te metode obuhvaćaju mehaniku fluida, dinamiku, statiku, modeliranje, strukturalnu analizu, čvrstoću materijala itd. Mogu se primijeniti na unutarnje tvari, tekućine biljnih organa i stanica, kao i za interakciju sa tekućinama i tvarima u okolišu.[1] Biomehanika biljaka se može definirati i kao proučavanje strukture i funkcije bioloških sustava, u smislu proučavanja njihovog rasta, što sve utječe na njih, te kako se biljke gibaju. Potrebno je istražiti i shvatiti biljku kroz nekoliko aspekata. Raspored grana i način grananje, te lišća sa samom geometrijom, teksturom i materijalom. Količina i smjer grananja. Simultan način rasta biljke gdje starije grane trebaju biti deblje, a mlađe tanje. Listovi također igraju glavnu ulogu kod biljaka, njihovo širenje po biljci, kako su raspoređeni, kao i njihova veličina. Tropizam je važan kod samog rasta biljke, razlozi zbog kojeg biljke rastu su raznoliki, kao primjerice utjecaji na biljku poput gravitacije, količine izlaganja prema suncu i prisutnost vjetra. Tropizam je također važan kod gibanja biljke i njihovih priraslih dijelova koje može biti usmjereno pozitivnim vanjskim podražajem, u smjeru podražaja i negativnim podražajem, u suprotnom smjeru podražaja. Potrebno je istražiti kojim načinom biljke rastu, da li utječu jedna na drugu i kako se one križaju sa smjerom rasta. Također i shvatiti kako biljka reagira u slučaju dodira sa drugim objektom, što se direktno odnosi na biljke penjalice. Penjanje biljaka je najvažniji dio ako se radi o biljkama penjalicama. Penjanje je izuzetno važno jer se biljka penjalica direktno spaja na objekt i prianja na njega u nastojanju da će se još više razviti, te se uzima i u obzir interakcija sa okolinom. [2]

### **2.2.1. Biomehanika rasta biljke bršljana**

Biljka bršljana je biljka penjalica koja raste najčešće prema gore. Postoje različite vrste bršljana. Sastoji se od korijenja koji na sebi osim lišća sadrži i mikroskopske korijenje koji omogućuju da se biljka prianja na druge objekte, zidove i različite strukture materijala koje se nalaze u neposrednoj blizini. Mikroskopski korijeni, odnosno dlačice izlučuju tvari pomoću kojih se prianjaju na neposredni objekt koji se nalazi u blizini. Korijeni ovakvih biljaka rastu

na različitim površinama, a kada stari korijeni postanu suhi stvaraju nove korijenje koji se opiru teksturi, odnosno površini na kojoj se nalaze kako bi dalje mogli rasti.[3]

Zbog vrlo kompleksne i elastične strukture biljka penjalica, tako i bršljana pridodaje se velika važnost realističnom vizualnom obliku unutar računalnih alata, odnosno dodataka. Cilj takvih alata je reorijentirati, odnosno pomicati sve segmente u biljci i onda kada se novi segmenti dodaju. Modeliranje biomehanike ovakvih biljaka poput bršljana može se tako što se zanemari težina uzrokovana novim dodanim segmentima biljke koji su u mogućnosti mijenjati se, odnosno orijentirati, a ovisi o općem smjeru rasta biljke. Biljke penjalice rastu prema gore oko zadane geometrije, te se segmenti koji su dodani manje opterećeni težinom prethodnih segmenata na biljci. To uzrokuje da je svaki segment samostojeći i da se prijanja na određenu geometriju oblika uz pomoć adhezivnog sredstva. Ipak kod grafičkog pogleda na biomehaniku biljaka mnogi stručnjaci tvrde kako oblik grananja modela nije toliko važan u pružanju vizualne uvjerljivosti. Proučavajući uzorke biljaka i uvodeći nekoliko pravila, moguće je učinkovito simulirati biljke, pa tako i biljke penjalice. [4]

Uzorci kod biljaka u prirodnom okruženju nastoje stvoriti različite strukture poput grana, lišća, korijenja, pupoljaka i slično. Takve strukture tvore fraktalne oblike koji kreiraju strukture u biljkama. Biljka bršljana kao biljke penjalice pokušava pokriti određenu površinu na kojoj se nalazi što je više moguće. Biljka bršljana giba se prema izvoru svjetlosti, prema smjeru izvora podražaja može se pozitivno gibati, ali i u suprotnom smjeru, tzv. negativni tropizam. Geotropizam također utječe na rast biljke bršljana, tj. utjecajem sile teže kao i fototropizam koji je induciran izvorom podražaja. [2]

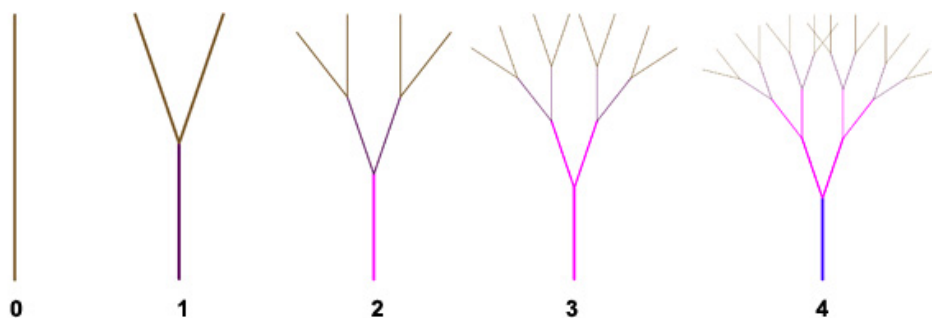
### **2.2.2. Sustavi za izradu biljka penjalica**

Modeliranje biljaka unutar 3D programa postepenom ručnom metodom crtanja krivulja ili stvaranjem poligona dovodi do velikih poteškoća i gubitka vremena. Svaka biljka ima svoju strukturu grananja, i svaka biljka je posebna na svoj način prema geometriji, izgledu, rastu, načinu gibanja itd. Modeliranjem biljke potrebni su sati uloženog vremena i truda, a još više ako se žele napraviti promjene i ako korisnik želi izmijeniti izradeni model biljke. 3D modeli biljaka su poznati osim u filmskoj industriji, također i u industriji igara gdje se pridodaje više pozornosti na detaljima krajolika. Biljke su sastavni dio krajolika koji nas okružuje.

Umetanjem biljki i takvih detalja u nerealan ili realan virtualni prikaz pridodaje se na većem doživljaju korisnika unutar svijeta u kojem se nalazi. Kako bi se skratio i olakšao rad sa biljkama izrađeni su sustavi koji olakšavaju rad u modeliranju biljaka, te omogućuju automatsko dodavanje biljaka i njihovu kontrolu unutar različitih programa za 3D modeliranje.

Postoji mnogo sustava koji se bavi modeliranjem botaničkih struktura. Primjerice Aono i Kunii, De Reffye, L-sustavi (Prusinkiewicz i Lindenmayer), Chiba, GreenLab, AMAP, PlantVR, Rodkaew itd. Simulacije biljnih modela uz pomoć raznih algoritama imaju velik doprinos u virtualnoj realnosti. [7]

Jedan od najpoznatijih modela je L- sustav ili Lindenmayerov jezik. L-sustav razvio je njemački biolog Lindenmayer 1968. godine koji je model rasta stanica primijenio na rast biljaka Slika 1. 80-ih godina računala su postajala sve brža te su znanstvenici uz pomoć računalne grafike iskoristili L- sustav za simulaciju rasta biljke. Time su se priključili i fizičari koji su proučavali biomehaniku biljaka, matematičari i informatičari koji su pridonijeli razvoju algoritama. Već spomenuti uzorci kod biljaka, fraktali, te postavljanje pravila koja utječu na rast sustava, Lindenmayer je to uvidio u svom izvornom djelu modela rasta biljaka.



*Slika 1. Jednostavan prikaz rada L- sustava prema stadijima  
<http://fractalfoundation.org/OFC/OFC-2-4.html>*

Način rada L- sustava se temelji na jednostavnom principu, a koristi nekoliko temeljnih elemenata. Sustav koristi abecedu u smislu definiranja određenih aksioma koji prezentiraju originale koji se ponavljaju. Kako bi se ostvarilo grananje potreban je još jedan element, a to je uvođenje određenih pravila. Slika 2 prikazuje jednostavan prikaz rada L-sustava koji u

nultom, tj. početnom stadiju ima ravnu okomitu liniju. To se naziva početno uvjetovan aksiom nazvan „F“. Primjena pravila na početnu liniju „F“ dobivamo pravilo u kojem se dobivaju i formiraju nove grane. Pravilo  $F = F [+ F] [-F]$  znači da će se sljedeći stadij sastojati od aksioma F sa grananjem F koji se usmjerava prema desno (oznaka +) i grananje F koji je usmjeren ulijevo (oznaka -). Nakon toga sljedećim stadijima se ponavlja isto pravilo koje je rekurzivno za svako grananje stvarajući novo ponavljanje što se vidi u drugom trećem i četvrtom stadiju grananja na slici. Primjećujemo da se ponavljanje u trećem stadiju sastoji od dvije kopije od drugog stadija, te da se ponavljanje četvrtog stadija sastoji od četiri kopije drugog stadija. Time možemo vidjeti da se kod pravila u L-sustavu koriste sebi slični uzorci slični geometrijskim fraktalima. [6]

Sustav čestica je drugi model pomoću kojeg su pokušali izraditi sustav biljaka i potpuno se razlikuje od L-sustava. Ideju su prvu osnovali Reeves i Blau, a kasnije su model proširili Arvo i Kirk koji su za razliku od Reevesa i Blaua su uvrstili interakciju s okolišem. Arvo i Kirk kasnije su dodali model s mogućnosti interakcije s okolinom. Greene je prezentirao sličan model za simulaciju rasta biljaka sa značajnom razlikom od modela Arva i Kirka, po tome što je njegov model rabio voksel prostor za otkrivanje sudara umjesto korištenja zraka. Ovi modele su Benes i Millan dodali za modeliranje rasta biljaka - dodajući na primjer traumatično ponavljanje da se može nositi sa problemima koji dolaze kod sudara. Prilikom korištenja sustava čestica biljke su diskretizirane na strunama čestica gdje raste svaka čestica. Ovisno o lokalnim informacijama, ponašanje čestice je definirana svojim unutrašnjim stanjem i vanjskim uvjetima. Vanjski uvjeti mogu biti primjerice izlaganje svjetlosti, gravitacija i sila vjetra, dok unutarnje stanje čestica definira ulogu čestice u biljci. Sustav čestica koji koristi ovakve inteligentne čestice naziva se AMAP. [5]



*Slika 2. 3D model bršljana od Krzysztofa Cebula izrađen na temelju Ivy Generator sustava koji se temelji na alatu Thomas Lufta*

Postoje dva načina modeliranja, odnosno pristupa korištena u računalnoj grafici za stvaranje biljaka penjalica, od kojih su L-sustav i sustav čestica. Sustav čestica kojeg su utemeljili Benes, Millan i Luft radi na principu da iz svake grane biljke penjalice proizlazi niz drugih čestica Slika 2. Softver koristi stohastički pristup u kojem grane nemaju biomehanička svojstva, ali imaju uvjerljive vizualne rezultate. Thomas Luftov postupak koriste danas mnogi programi kao dodatak za 3D modeliranje biljaka penjačica, poput Blendera i Autodesk 3ds Maxa. U softveru Thomasa Lufta postoji nekolicina faktora koji su važni u stvaranju takvih biljaka u kojem grane rastu prema općem smjeru rasta pod utjecajem gravitacije, zatim fototropizam, slučajni utjecaji i otkrivanje sudara. [5]

### **2.3. 3D računalna grafika**

3D računalna grafika obuhvaća i sjedinjuje mnoga područja vezana za druge znanosti poput biologije, psihologije, fizike, matematike, informatike, dizajna, fotografije, vizualnih umjetnosti itd. Može se reći da je 3D računalna grafika skup procesa pomoću kojih se mogu dobiti različiti proizvodi za konačni vizualni doživljaj. 3D grafika koristi trodimenzionalni prikaz različitih objekata koji se pohranjuju na računalu, a u završnici opet bivaju prikazani, odnosno iscrtani kao 2D produkt. Osim krajnjeg dvodimenzionalnog produkta u konačnici to može biti 3D prikaz oblika ako se radi o 3D printerima, hologramima i slično. [8]

### 2.3.1. 3D procesi proizvodnje

3D proizvodnja može se svrstati u nekoliko procesa koji obuhvaćaju određene zadaće, a ovise o ciljanom sadržaju, odnosno projektu kojeg se želi izraditi. Ovisno o ciljanom sadržaju, zahtjevima, složenosti i veličini tog sadržaja procesi se mogu razvrstati kao kratkotrajni i dugotrajni. Kratkotrajni procesi proizvodnje 3D sadržaja mogu biti profesionalni ili amaterski, dok su profesionalni procesi najčešće dugotrajni. Profesionalnost ljudi zahtjeva znanje, vještine i kvalitetan završni produkt na kojem se zarađuje, dok je amaterski rad više baziran na pojedinca, njegovo učenje, brzi rad i napredak u cilju izrade produkta za samostalne svrhe. Proces proizvodnje 3D projekata se mogu razvrstati u pred- produkciju, produkciju i završnu produkciju Slika 3. Pred- produkcija može sadržavati ideje, scenariji, *storyboard*, šturu 2D animaciju prikaza cjelokupne scene, dizajn likova, scena, objekata, prostora itd. U produkciju spada sama izrada 3D modela, a bazira se na procesu pred- produkcije. Sadržava modeliranje, izradu kostura ako se radi o animaciji, izradi simulacija, tekstura, vizualnih efekata, osvjetljenja itd. Posljednji proces je završna produkcija, montaža u kojoj se usavršavaju detalji ako je to poželjno, dodaje zvuk i/ili govor, dodaju vizualni efekti, korekcije kontrasta, boje, svjetline itd. [9]



### 2.3.1.1. Pred-produkcija

U pred-produkciji stvaraju se ideje, za ideje mogu služiti razne reference poput fotografija, crteža i skica. Stvaranje scenarija i knjige snimanja (eng. *storyboard*) uvelike pomažu 3D umjetnicima kako bi se što bolje snašli sa cjelokupnom idejom i projektom. Dizajn likova (eng. *character design*) i njihovih ponašanja i osobina, te izrada scena i prostora su bitni prilikom izrade 3D grafičkih projekata. U ovoj fazi vrlo je bitna organizacija, određivanje vremenskog perioda, tijek priče, prikaz scena i likova u smislu prikaza i dočaravanja onog što se želi prikazati u sceni. Dobro postavljanje kadrova i planova u sceni, te dobro promišljanje oko projekta daje vrlo kvalitetne i pouzdane rezultate na kraju proizvodnog procesa.

### 2.3.1.2. Produkcija

Ova faza koristi pred-produkciju kao temelj stvaranja elemenata od kojih se projekt sastoji. U produkciji nakon stvaranja koncepta, modeleri najčešće modeliraju objekte u različitim programima poput ZBrush ili MudBox programa. 3D modeli su prikazi različitih geometrijskih oblika sjedinjeni i oblikovani u jednu cjelinu. Također postoje programi u kojima se cijela produkcija može primijeniti, poput Blendera, Autodesk Maya i Autodesk 3ds Max programa. Modeliranje se najčešće započinje stvarajući jednostavne geometrijske oblike te dodavanjem detalja, spajanjem i modificiranjem tih oblika dobivaju kompleksne likove, scene i slično. 3D modeli se sastoje od niza točaka (eng. *vertices*) koje zajedno tvore plohe koje spojene zajedno čine objekt Slika 4. U produkciji za stvaranje računalnih igara vrlo je bitna kvaliteta prikaza 3D modela i scena, kao i u filmskoj industriji. Uključuje također i teksturiranje, armaturu (eng. *rigging*), izradu simulacija, animaciju, osvjetljenje i renderiranje. Teksturiranje je dio ovog procesa u kojem se uči više o sjenama, materijalima, samim teksturama, stvaranjem mapa i mnogim drugim elementima koji pridonose boljem i vizualnom doživljaju modela. Armatura (eng. *rigging*) je faza u kojoj se kreiraju i kontroliraju kosti (eng. *bones*) modela, odnosno animiraju njihovi pokreti, grimase i slično. Pomoću vremenske linije animator koristi ključne kadrove (eng. *keyframes*) kako bi kreirao pokret određenog dijela modela, te tako kreirao animaciju. Osvjetljenje kontrolira većinu elemenata u sceni, prikazuje određenu dozu subjektivnosti, a može se podešavati i nakon renderiranja u nekom drugom programu. [10]

Simulacijama se prikazuju fizikalne pojave stvarnog svijeta, poput dima, vatre, kiše, magle, odjeće, vode, sudara itd. Simulacije poput sustava čestica (eng. *particle system*) može se primjerice koristiti za simulaciju kose, kiše, dima i jata. Postoje još i razne simulacije poput mekih tijela (eng. *soft bodyes*), krutih tijela (eng. *rigid bodyes*), fluida (eng. *fluids*), simulacija sila polja (eng. *force fields*) itd.



*Slika 4. Prikaz 3D modela; lijevom modelu su označene točke (eng. vertices), u sredini model na kojem su označene linije (eng. edges), te na desnoj strani model kojem su označene plohe (eng. faces).*

Renderiranje, odnosno iscrtavanje (eng. *rendering*) je proces stvaranja slika uzimajući u obzir postavljenu kameru koja određuje sliku, postavljeno osvjetljenje, teksturu i materijal. Renderiranje može biti kratkotrajno u svega par sekundi i dugotrajno koje traje satima, a sve ovisi o složenosti scena, jačini računala iz kojeg se renderira, te o samim postavkama i mogućnostima unutar samog 3D programa. [11]

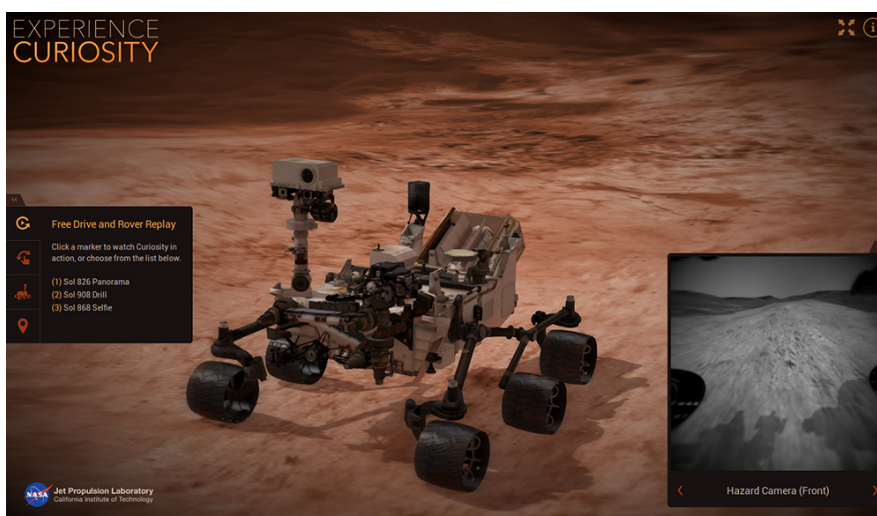
### **2.3.1.3. Završna produkcija**

Završna faza 3D projekta je krajnja produkcija ili montaža. U završnu produkciju ubrajaju se korekcije boje, kontrasta i svjetline, dodavanje drugih vizualnih efekata, dodavanje zvuka i glazbe. Također postoji mogućost montiranja različitih video snimaka i/ili fotografija koji su ukomponirani zajedno u renderiranu scenu ili sliku kombinirajući slojeve (eng. *layers*) ili koristeći zeleno platno (eng. *green screen*). [12]

## 2.4. Blender

Blender je besplatan *open source* 3D program utemeljen u Nizozemskoj koji se može koristiti u bilo kojem području industrije. Može se pokrenuti na Macintosh, Windows i Linux operativnim sustavima. Početak razvoja Blendera datira iz 1993. godine. Prvi film izrađen u Blender programu bio je „*Elephant Dream*“ kojem je tada trebalo 125 dana da se renderira cijeli projekt dugačak 10 minuta i 54 sekundi, svega ukupno 15696 sličica u sekundi. Također su poznati filmovi poput „*Big Buck Bunny*“, „*Sintel*“, „*Tears of Steel*“ i „*Cosmos Laundromat*“. Osim animiranih filmova u Blender programu mogu se izrađivati i igre. Prva igra izrađena u Blenderu naziva se „*Yo Frankie*“. Blender program vežu mnoge zanimljivosti, primjerice 3D modeli izrađeni u Blenderu koristi NASA, također se Blender koristi i za 3D printanje različitih modela koji se mogu iskoristiti za različite svrhe Slika 5. [13]

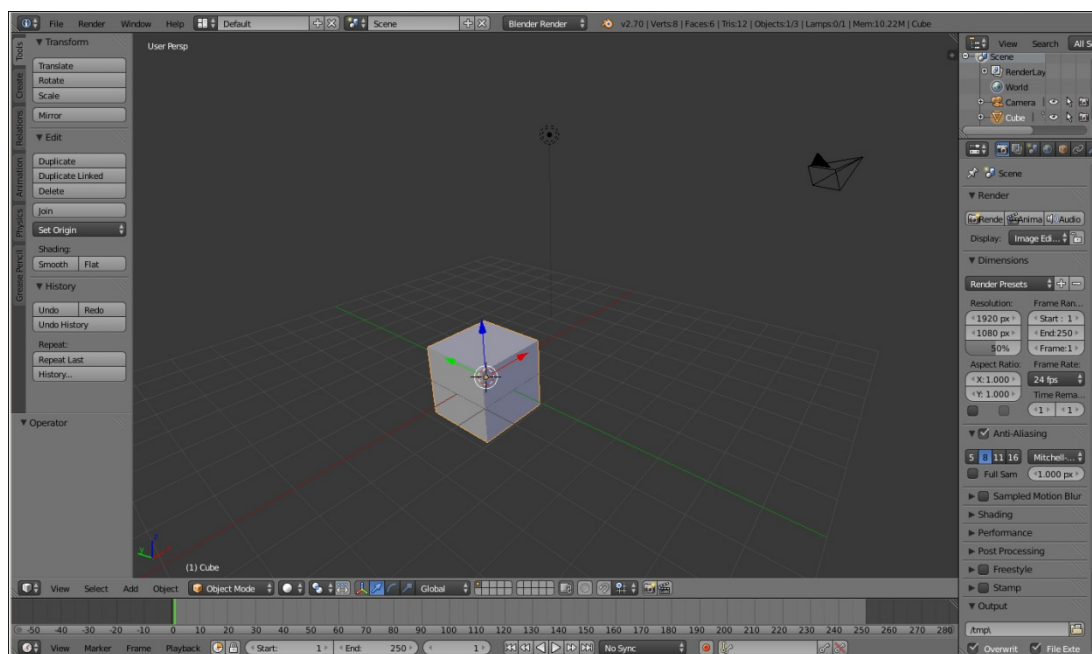
Blender podržava cijeli 3D produkcijski proces od modeliranja, armature, animacije, simulacija sve do renderiranja, video editiranja, kreiranje igara, i praćenja pokreta. Koristi Python konzolu, i svakih nekoliko mjeseci se nadograđuje, odnosno stvaraju nove verzije. Sastoji se od dva iscrtavača (eng. *render*), *Blender render* i *Cycle render*. Dobro je prilagođen za amatere, odnosno pojedince i male studije. Blender se razvija od stotinu ljudi iz cijeloga svijeta koji uključuju umjetnike, znanstvenike, stručnjake za vizualne efekte, znanstvenike i mnoge druge koje zajedno povezuje cilj da program bude što bolji potpuno besplatan 3D softver. [14]



Slika 5. Web aplikacija NASA informativnog projekta u sklopu 3 godine postojanja poznatog Curiosity Mars rovera izrađena uz pomoć Blender softvera

### 2.4.1. Blender sučelje

Blender sučelje je podijeljeno u nekoliko traka. 3D prostor ili traka zaslona je radni prostor u kojem se modelira, animira i renderira krajnji rezultat, a može prikazivati ortogonalnu ili geometrijsku perspektivu. Prozor sa četiri pogleda (eng. *quad view*) potrebno je posebno uključiti kako bi se podijelio na četiri prozora koji prikazuju tlocrt, nacrt, bokocrt i 3D pogled na perspektivu. Blender se služi kraticama (eng. *shortkeyes*) koje uvelike ubrzavaju proces rada. Pomoću glavne trake upravlja se cijelim dokumentom (spremanje, eksportiranje, umetanje, sadrži korisničke opcije (eng. *user preferences*) gdje se može mijenjati sučelje, uključiti različiti dodaci i slično Slika 6. Alatna traka koja se nalazi sa lijeve strane sučelja podijeljena je u nekoliko grupa, transformacije, kreiranje objekata, grupiranje, stvaranje roditeljskih veza, animacija i fizika. Vremenska traka po standardnom sučelju nalazi se skroz dolje, a prikazuje vremenski period, tj. početnu i krajnje vrijeme trajanja scene. Traka koja se najviše koristi nalazi se na skroz desnoj strani, a sadrži različite opcije za renderiranje, scenu, objekte, ograničenja, modifikacije, materijale, teksture, čestice i fiziku. Iznad vremenske trake nalazi se traka u kojoj je moguće podešavanje načina pogleda na objekt Object, Edit, Sculpt, Weigh, Texture Paint, Pose Mode itd. Svaka traka u lijevom kutu ima mogućnost mijenjanja različitih editora, primjerice Phyton console za skriptiranje različitih opcija kod izrade igara i interakcije, Uv Image, Video Sequence, NLA, Graph, Dope Sheet Editor itd.

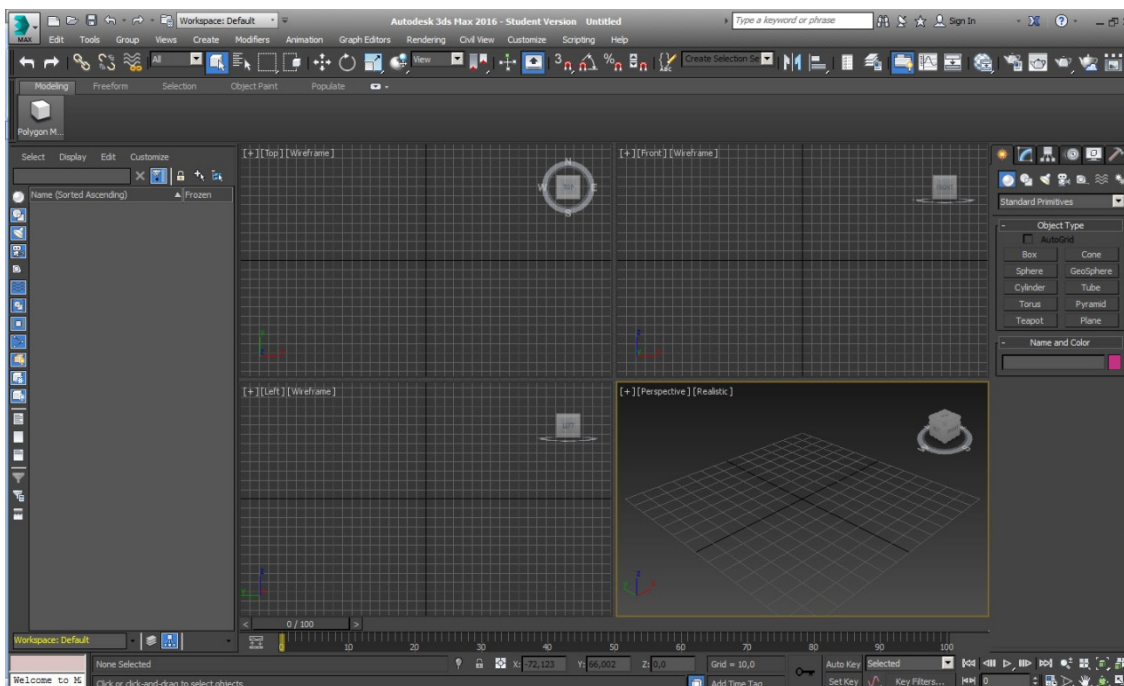


Slika 6. Izgled početnog sučelja Blender programa

## 2.5. Autodesk 3ds Max

Autodesk 3ds Max program koristi se prvenstveno za kreiranje video igara i izradu arhitekture. Također se može koristiti i za druga područja. 3ds Max ima najveću grupu korisnika od svih ostalih softvera koji su usmjereni prema 3D industriji, a sjedište je u SAD-u. 3ds Max ima svoj vlastiti sustav za iscrtavanje, glavni sustav je *mental ray*. Ovaj program se može koristiti samo za Windows operativni sustav. Za razliku od AutoCAD programa koristi kratice na tipkovnici koje korisnicima pomaže u lakšem manipuliranju objektima i sceni Slika 7.[15]

Autodesk 3ds Max je 3D program koji nudi najraznolikiji skup i prilagodbu različitih alata koje koristi. 3ds Max je dio Autodesk korporacije skupa sa drugim programima poput Maya, AutoCAD, Alias, Inventor, Simulation Products, Revit, Vault itd. Program koristi i sustav za iscrtavanje poput Mental Ray i V Ray sustava. Jezik kojim se koristi je MAXScript. Kao i Blender koristi mnoge dodatke koji se posebno mogu ugraditi u program kako bi se mogli koristiti. Program se također nadograđuje, te svake godine izlazi nova poboljšana verzija. [16]



Slika 7. Prikaz Autodesk 3ds Max sučelja

### 2.5.1. Autodesk 3ds Max sučelje

3ds Max koristi se za modeliranje kompleksnih trodimenzionalnih formi modela, za animaciju modela i za renderiranje kreirajući time predivne slike izrađenih modela. Ovisno o jačini računala programu treba malo duže vremena da se pokrene i otvori početni prozor. Unutar sučelja u gornjem lijevom kutu nalazi se logotip 3ds Max programa u kojemu se mogu sačuvati dokumenti, otvoriti prijašnji dokumenti ili objekti i slično. Daje mogućnost detaljnih promjena u dimenzijama različitih modela postavljajući određene mjerne jedinice.

Karakteristično za 3ds Max je što se otvaranjem programa odmah nalaze četverodijelni prostor u kojem su prikazani tlocrt, nacrt i bokocrt i traka zaslona, to se može mijenjati kraticama na tipkovnici ili u gornjem lijevom kutu svakog prozora unutar uglate zagrade. Glavna alatna traka iznad 3D prostora sadržava glavne funkcije poput alata za odabiranje objekta, translaciju, rotaciju i povećanje objekata, način pogleda na objekte, zrcaljenje itd. Traka za kreiranje nalazi se na desnoj strani 3ds Max sučelja pomoću koje se lako odabiru tipovi objekata iz menija, poput različitih vrsta objekata, osvjetljenja i kamera. Na istom djelu sučelja nalazi traka modifikacija koji mijenjaju različite značajke modelima. Prozor za iscrtavanja finalne slike (eng. *rendering*) prikazuje svaku promjenu i opciju unutar 3D prostora, odnosno scene koju kontroliramo. *Material Editor* je jedan od najvažnijih dijelova renderiranja, unutar programa moguće je koristiti mnoge materijale kao i teksture kojim se dobiva realan izgled modela u sceni i same scene. [17]

### 2.6. Razlike između Blender i 3ds Max programa

Iako je 3dsMax najrašireniji program u 3D industriji, nudi puno više alata i koristi se za profesionalne svrhe, Blender je napredovao i napredovati će još više. 3ds Max je za razliku od Blendera potpuno drugačiji prema sučelju i načinu rada. Također Autodesk 3ds Max je besplatan samo u obrazovne svrhe, a neki dodaci se moraju platiti, a Blender besplatan za sve korisnike u potpunosti i uvijek će biti besplatan.

Što se tiče samog sučelja kod Blendera i 3ds Maxa, Blender ima mogućnost rada sličnih navigacija po sceni kao kod 3ds Maxa. 3ds Max ima mnogo više objekata koji se automatski stavljaju u scenu i koji se mogu razlikovati po različitim bojama koje ne ovise o pravoj boji

materijala i teksture, kod modeliranja objekata prvo se određuje baza zatim visina. Kod Blendera 3D modela ima manje, svi su sive boje i automatski se stavljaju u scenu već određenih dimenzija. Kod samog otvaranja programa Blender se otvara puno brže, od 3ds Maxa. Blender koristi puno više kratica (eng. *shortkeys*) na tipkovnici čime skraćuje vrijeme različitih faza rada u programu. Također parametri u 3ds Maxu više su bazirani na tekstualnom pojašnjavanju i odabiru, dok je kod Blendera dosta alata popraćeno različitim ikonama, odnosno sličicama. Instalacija Blendera je besplatna, nije zahtjevna i ne uzima veliki prostor na računalo. Instalacija 3ds Maxa je malo složenija, mora se otići na njihovu stranicu popuniti formular da se program služi isključivo u obrazovne svrhe te je za instalaciju tog programa potrebno puno više memorije u računalo (otprilike oko 4 GB). 3ds Max se može kombinirati i sa drugim Autodesk programima. Kratice korištene prilikom modeliranja, animacije i renderiranja koriste se u oba programa, a u najviše ih ima u Blenderu.

## **2.7. Zajednička svojstva 3D programa**

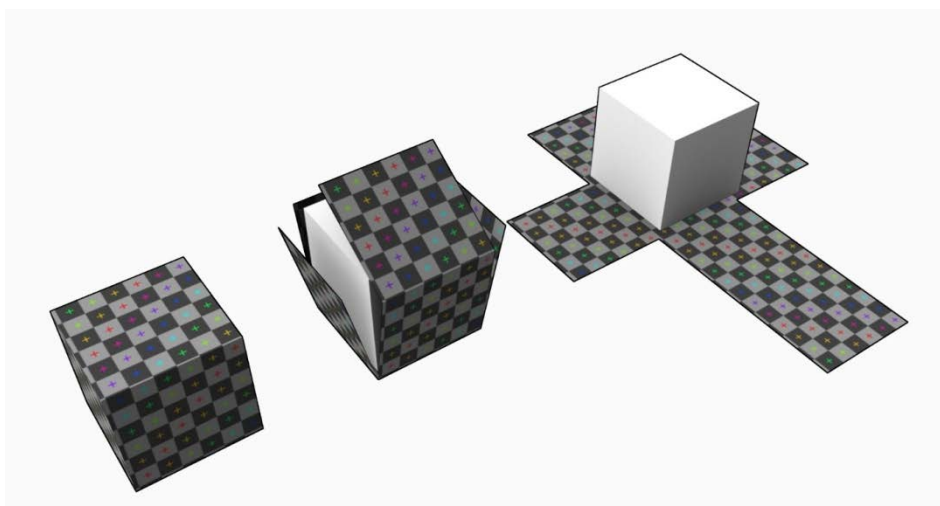
Svaki 3D program ima različite alate s kojima se korisnici služe. Alati unutar 3D programa služe kako bi korisnik što bolje i lakše izradio određeni zadatak. Pomoću određenih alata mogu se stvarati različiti zahtjevi. Jedan od bitnih zahtjeva su poboljšanje kvalitete iscrtane slike, osvjetljenje, kvalitetni prikazi tekstura pomoću UV mapiranja, pretvaranje objekata u krivulje ili obrnuto i slično. Prilikom izrade određenih modela biljaka unutar 3D programa treba se posebno osvrnuti na izradu teksture lišća, UV mapiranje i stvaranje alfa kanala.

### **2.7.1. Formati**

Modeli i scene se mogu pretvarati u različite formate, ovisno o potrebi korisnika. Formati služe kako bi se sadržaj u 3D prostoru mogao nadograđivati i prilagođavati drugim programima. Mnogi 3D umjetnici koriste više programa odjednom te se služe različitim formatiranjem kako bi mogli koristiti iste modele u različitim programima. Primjerice, za 3D printanje pogodni su obj i stl. Blender podržava umetanje i stvaranje datoteka poput Blender obj, 3ds, stl, fbx, ply itd. 3ds Max podržava formate 3ds, fbx, ase, ai, dxf, dwg, itd.

## 2.7.2. Teksturiranje

Teksturiranje je proces u kojem se dodaje 2D grafika na poligonalni objekt. 2D grafika može biti u raznim oblicima, od fotografije do različitih originalnih radova u rasterskom ili vektorskom formatu. Zbog kompleksnosti određeni 3D modela potrebno je prilagoditi svaki model kako bi se mogla dodati odgovarajuća tekstura. Prilagodba modela vrši se uz pomoć UV i UVW mapa Slika 8. Te mape služe kako bi se model mogao razdijeliti na nekoliko dijelova. UV mapa razdjeljuje dijelove 3D modela na ravne površine koje se mogu staviti na definiranu teksturu bez efekta rastezanja. Svaki piksel je jedinstveno područje na kojem se može postavljati boja. UVW mapa projicira blokove teksture na 3D objekt i određene dijelove UV mape može pomicati. [18]

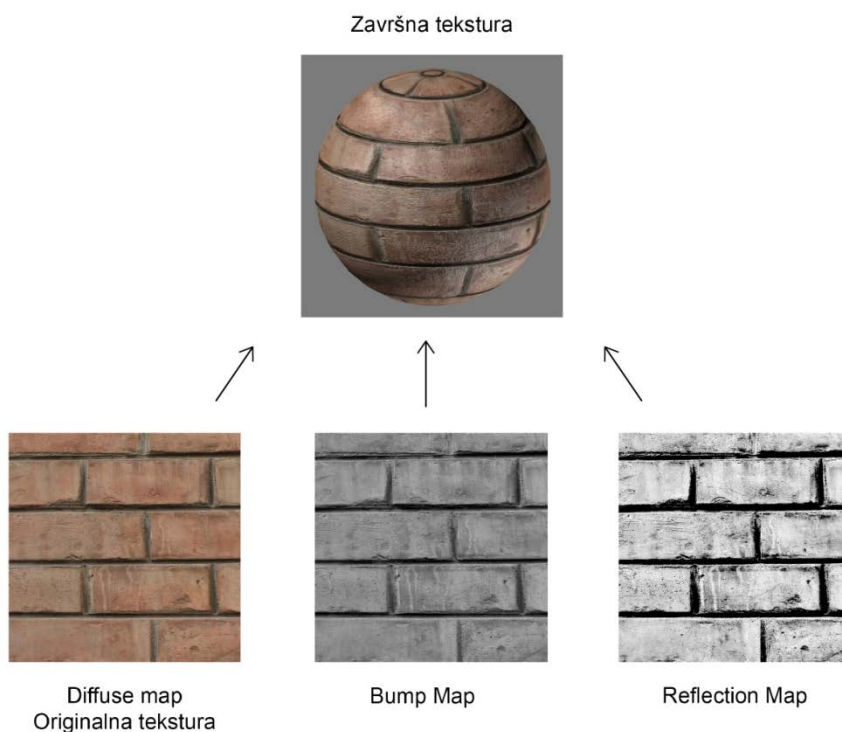


*Slika 8. Prikaz modela kocke i UV mape koja može sadržavati određenu teksturu  
<https://forum.zone-game.info/showthread.php?t=34849>*

Refleksija materijala govori koliko neka površina materijala reflektira svjetlost. U osnovi to je refleksija svijetla od teksture kojoj daje sjajni izgled. Potrebno je koristiti određenu refleksiju za različite materijale, te ih dobro proučiti. Teksture koje simuliraju površinski sloj, udubine materijala gdje raspoređuju sjene i remete refleksiju. Sastavni su dio svakog materijala gdje stvara iluziju dubine ili reljefa na teksturi. Postoje sva tipa takvih tekstura to su *Bump Maps* i *Normal Maps*. Razlika između tih dviju tekstura je što *Bump Maps* koristi siva područja boje u kojima su, dok *Normal Maps* koristi RGB sustav boje koji odgovara sa x, y



i z orijentacijom na površini. Oba sustava su slična i stvaraju određeni razinu detalja bez da se osloni na veliku razinu izradene geometrije iako se kod *Normal Maps* mogu dobiti više informacija o detaljima na površini. Transparentnost određenih materijala, odnosno tekstura dobiva se uz pomoć alfa kanala *eng. Alpha Channels*. Alfa kanal koristi crnu i bijelu boju kako bi se istaknula područja transparentnosti. Slika 9 prikazuje postavljanje spomenutih tekstura kako bi se dobio što realističniji model. Svaka tekstura može se obrađivati u različitim programima za obradu slika poput Adobe Photoshop ili Gimp programa.



*Slika 9. Sjedinjenjem originalne teksture, teksture za simulaciju sjaja i teksture za simulaciju udubina dobiva se krajnja tekstura koja izgleda realističnije*

## 2.8. Dodaci programima

Postoji mnoštvo dodataka (eng. *Add-ons*) programima poput 3ds Max i Blendera. Mnogi dodaci se koriste samo onda kada je to korisniku prijeko potrebno. Neki dodaci nisu besplatni, pa korisnici moraju te dodatke kupiti. Dodaci programima vrlo su korisni, olakšavaju način rada, poboljšavaju rad u smislu kvalitete i skraćuju vrijeme potrebno da se određeni projekt odradi. U Blenderu i 3ds Maxu postoji mnogo dodataka koji se moraju posebno uključiti kako bi se mogli koristiti.

Autodesk 3ds Max ima mnoštvo dodataka, primjerice *Voro Frag* dodatak pomoću kojeg se objekti fragmentiraju, *ImpressObjects*, *AutoModeller* koji omogućuje primjenu geometrijske teksture (skupina poligona) na postojeći oblik. *Weight pro V2.0*, *ProjectShowcase*, *OverMorpher PoseSpace*, *Overmorpher MeshSpace* itd.

Iako je Blender besplatan program neki dodaci nisu *RetopoFlow*, *TheGrowe*, *Mirage*, *IK-Text Effects* itd. Postoji i mnoštvo drugih besplatnih dodataka poput *EasyFX*, *Matalogue*, *Animation Nodes*. Unutar samog programa postoje dodaci koji se moraju posebno uključiti primjerice *Sapling*, *Extra Objects*, *Loop Tools*, *ANT Landscape*, *Bolt Factory* itd. Jedan od dodataka koristiti će se u eksperimentalnom dijelu ovoga rada pod nazivom *Ivy Gen*. [18]

### 2.8.1 Ivy Gen dodatak Blenderu

Ivy Gen je besplatni dodatak blenderu koji se nalazi unutar samog programa. Potrebno ga je uključiti unutar *User Preferences* panela kako bi bio vidljiv. Ono što je važno kod ovog dodatka je što se mora označiti određeni dio uz pomoć kursora (eng. *cursor*) područje gdje se želi postaviti model bršljana ili neke druge biljke penjalice. Ivy Gen dodatak nalazi se u posebnoj skupini krivulja za dodavanje u 3D prostor (*Add Ivy to Mesh*). Ivy Gen je dodatak autora Andrew Hale (Truman Blending), PKHG, Testscreening baziran na radu Thomasa Lufta. Blender dodatak Ivy Gen pisan je Python konzola, a služi se L- sustavom. L-sustav u Blenderu je u osnovi skup različitih niza pravila koji se mogu koristiti za izradu grana i grananja, te lišća. Kao i svaki dodatak ima svoje dodatne zahtjeve unutar Pythona. Mijenjajući pravila tog niza i broja ponavljanja dobivamo različite strukture grana. [18]

Unutar dodatka za izradu bršljana potrebno je mijenjati parametre, te svaku promijenu ponoviti ažuriranje kako bi se vidjela promjena na samom modelu. Ivy gen dodatak ima nekoliko parametara koji utječu na sam model biljke Slika 10. Generiranje grupnih stavki (eng. *Generation settings*) su postavke za nasumični odabir modela bršljana. Postavke za veličinu (eng. *Size settings*) su parametri koji se odnose na duljinu bršljana, izdizanje i privrženost objektu na kojem se nalazi. Postavke za težinu (eng. *Weight settings*) koristi za mijenjanje parametara utjecaja gravitacije i privrženosti objektu. Postavke za grane (eng. *Branch settings*) gdje su parametri vezani za vjerojatnost grananja i veličinu grana. Parametri za lišće (eng. *Leaf settings*) vezani su za vjerojatnost pojave lišća i veličinu lišća.



Slika 10. Prikaz Blender modela sa modelom bršljana  
<http://darkscarab.com/view/92>

## 2.8.2. Ivy Generator dodatak Autodesk 3ds Max programu

Ivy Generator dodatak za izradu bršljana u Autodesk 3ds Max programu je ponešto drugačiji od onog u Blenderu. Dodatak za izradu bršljana je dizajniran tako da raste u sceni realne veličine. Instalacija za ovaj dodatak je ponešto drugačiji od Blendera, mora se prvo otići na Internet stranicu u kojoj je postavljena besplatna verzija za preuzimanje, zatim unutar instalacije gdje se nalazi 3ds Max program postaviti datoteku unutar datoteke za dodatke. Dodatak je također baziran na radu Thomasa Lufta Slika 11.

Proces izrade bršljana dodatkom Ivy Generator u 3ds Maxu je jednostavan. Selektiranjem na dodatak sami odabiremo uz pomoć miša gdje će se početak bršljana nalaziti. Kada smo zadovoljni sa početnom točkom na objektu na kojem bršljan treba biti mijenjamo različite parametre po želji. Nakon mijenjanja parametara za rast, duljinu gana, broj grana i slično, počinje proces stvaranja bršljana. Ovisno o parametrima taj proces može biti dugotrajan ili kratkotrajan. Uz pomoć ovog dodatka za razliku od Blendera dodatak već ima predefimirane materijale i teksturu za grane i lišće, a mogu se uvijek promijeniti. Ovisno o vrsti 3ds Max programa dodatak je imao nekoliko poteškoća tijekom primjene dodatka, stoga je poželjno imati verziju 3ds Maxa iz 2015. ili 2016. godine.



*Slika 11. Prikaz primjene bršljana u 3ds Max programu*  
[http://graphics.uni-konstanz.de/~luft/ivy\\_generator/images/Grunio\\_01.jpg](http://graphics.uni-konstanz.de/~luft/ivy_generator/images/Grunio_01.jpg)

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

Istraživanje će obuhvatiti izradu biljke bršljana u 3ds Max i Blender programima. Istraživati će se uporaba alatnih dodataka za izradu modela biljke bršljana kako bi se utvrdile prednosti i mane svakog pojedinog dodatka, te kako bi se ukazalo na njihovo poboljšanje. Istraživanje će obuhvatiti opis svih parametara koji su korišteni pri izradi modela. Iako u ovom radu ne postoji knjiga snimanja niti scenarij, ipak postoje referentne fotografije prema kojima su rađeni modeli. Pomoću referentnih fotografija pokušati će se dobiti sličan kadar biljke bršljana i modela na kojem se ona nalazi. Cilj eksperimentalnog dijela je izraditi slične modele prema referentnim fotografijama i usporediti ih. Također usporediti rad prilikom izrade modela biljke bršljana u parametrima, brzini ažuriranja modela i završnog iscrtavanja cjelokupne scene. Dodaci će se detaljno proučiti i opisati.

#### 3.1. Priprema materijala

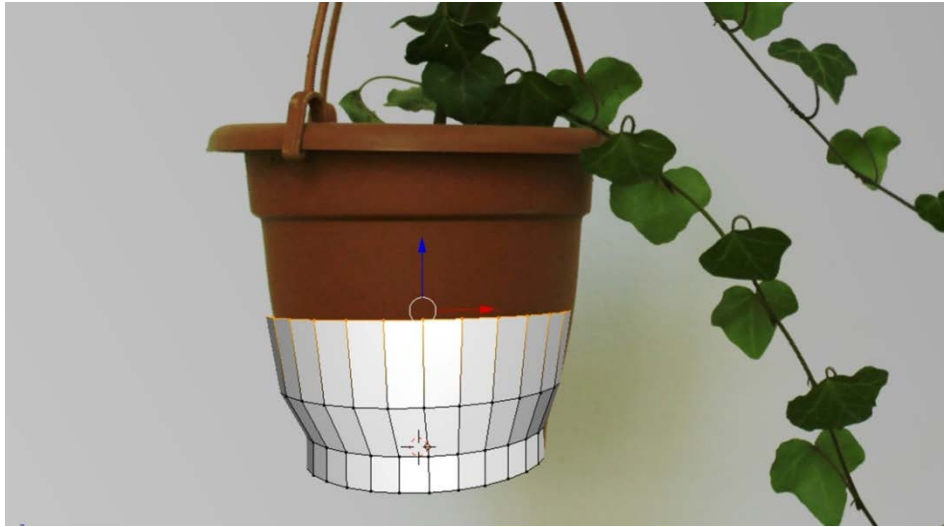
Prije same uporabe 3D programa, potrebno je prikupiti sve potrebne materijale kako bi se olakšao rad za daljnji nastavak istraživanja. Referentne fotografije zabilježene su DSLR fotoaparatom Canon EOS 1100D. Osim referentnih fotografija slikani su listovi i kore biljke bršljana kako bi se dobile teksture, te da bi modeli izgledali što realističnije. Svaka scena modela bršljana i objekt na kojem se nalazi su različiti.

#### 3.2. Izrada scena u Blenderu

Pomoću referentnih slika modeli su se modelirali u Blenderu pomoću osnovnih objekata i krivulja koji su se modificirali, dijelili, ponavljali itd. Referentne slike su se unijele u program i time pripomogle u stvaranju što sličnijeg modela.

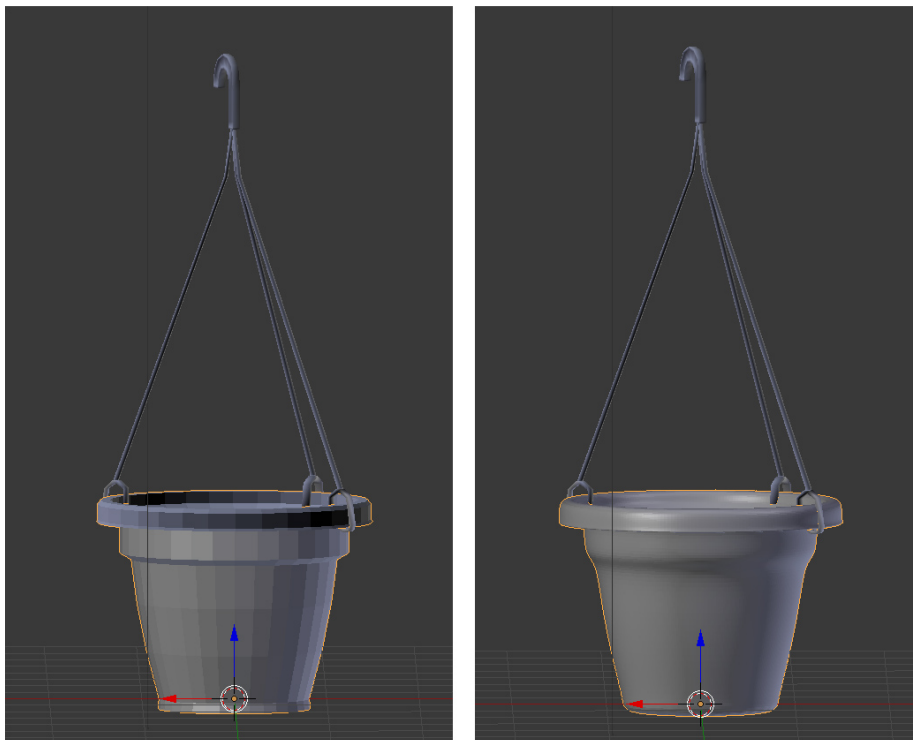
##### 3.2.1 Izrada scene bršljana u tegli

Izrada scene bršljana koji se nalazi u tegli za cvijeće modelirano je u Blenderu. Početni koraci za izradu modela su proizašli iz jednostavnog preddefiniranog objekta kruga koji se sastoji od 32 točke radijusa 1. Za pomoć pri izradi modela tegle korištena je referentna slika koja se postavila unutar 3D prostora uz pomoć dodatka kojeg se posebno moralo uključiti u korisničkim postavkama Blendera pod nazivom *Images as Planes*. Taj dodatak omogućuje da se fotografije nalaze unutar 3D prostora, te koje možemo vidjeti sa svih kutova Slika 12.



*Slika 12. Prikaz referentne slike i izrađenog kruga kao početnog objekta za modeliranje tegle*

Nakon što se izradio krug, Blender nudi prebacivanje u različite editore kao što je Edit Mode u kojem se mogu podešavati različite točke, plohe i linije. U Edit Mode pomoću opcije za razvlačenje i ujedno dodavanje novih linija dobivale su se jednake točke koje su se odabrale te se povlačile prema Z osi. Time se stvorio oblik tegle koja se nalazi u sceni. Nakon izrađenog oblika tegle, na sličan način izradili su se držači, samo što je početni objekt bio kvadrat.



*Slika 13. Lijevo model tegle bez primijenjenih modifikatora. Desno model tegle sa primijenjenim modifikatorima.*

Slika 13 prikazuje model tegle zajedno sa držačima na kojima su nanijeti modifikatori. Modifikatori koji su se nanijeli modelima su *Subdivision Surface* i *Solidify*. Subdivision surface je metoda dijeljenja ploha objekta na više dijelova kako bi se dobile kompleksnije i zaglađenije plohe. Solidify uzima bilo koji objekt i stvara širinu, odnosno debljinu tom objektu.

Nakon izrađenog modela tegle, izradio se krug na kojeg će se primijeniti dodatak Ivy Generator. U Blenderu položaj, odnosno početna točka iz koje proizlazi model bršljana se izrađuje pomoću kursora. Prvo se odredi mjesto kursora, zatim unese dodatak Ivy Generator. Kada se postavio Ivy Generator na određenu točku podešavaju se parametri kako bi se dobio oblik bršljana što sličniji referentnoj slici. Tablica 1 pokazuje parametre korišteni za izradu jedne grane bršljana sa listovima.

Generation Settings	
Random seed	7
Maximum Time	0
Size Settings	
Max Ivy Lenght	3
Ivy Size	0.02
Max Float Lenght	0.17
Max Adhesion Lenght	0.17
Weight Settings	
Primary Weight	0.73
Random Weight	0.80
Gravity Weight	0.76
Adhesion Weight	0.06
Branch Settings	
Branching Probabillity	0.001
Ivy Branch Size	0.0010
Leaf Settings	
Ivy Leaf Size	0.010
Leaf Probabillity	0.65

Tablica 1. Parametri za izradu bršljana u tegli

Parametri su podijeljeni u pet grupa. Prva grupa je vezana za mijenjanje cjelokupnog oblika bršljana gdje je *Random Settings* parametar za nasumično stvaranje bršljana, odabrana je vrijednost 7. *Maximum Time* vrijednost za vrijeme pokretanja *Ivy Generator* dodatka,

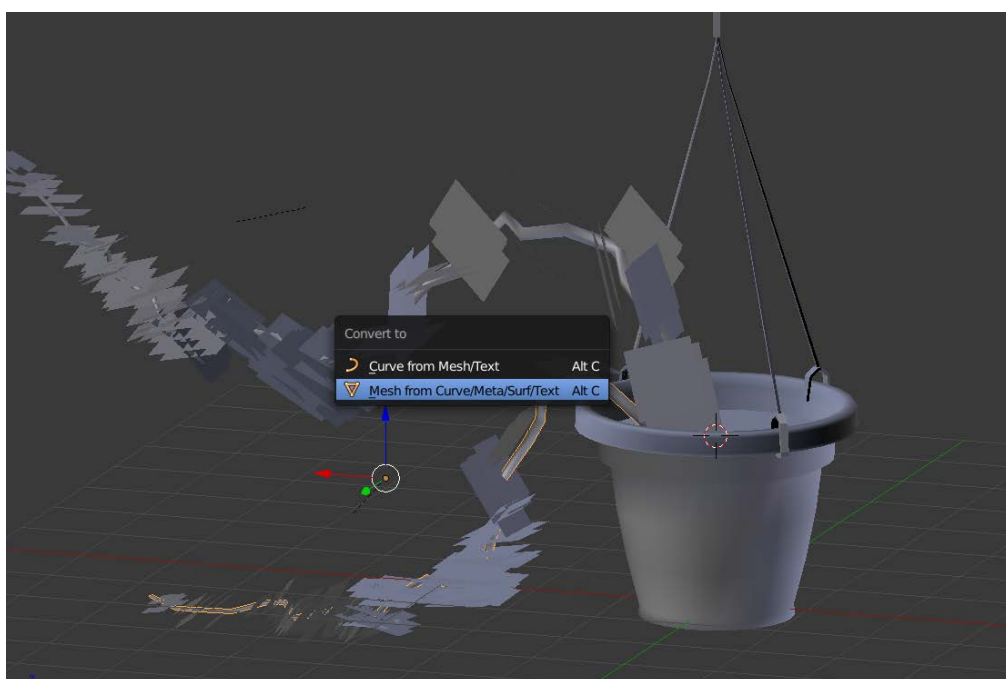
korisno za sprečavanje računala od usporenog rada vrijednost je postavljena na 0. Grupa parametra za veličinu je *Size Settings*, *Max Ivy Length* je maksimalna duljina bršljana mjerena u *Blender Units* gdje je jedan *Blender Units* jednak jednom metru, a postavljena je na broj 3. *Ivy Size* utječe na duljinu bršljana u odnosu na objekt na kojem se nalazi, što je veća vrijednost bršljan biva rašireniji po objektu i grane će biti međusobno udaljenije, vrijednost za ovaj parametar je 0.02. *Max Floath Length* kontrolira maksimalnu udaljenost do koje grana može rasti prije nego se prestane prijanjati uz objekt, vrijednost koja je odabrana je 0.17. *Max Adhesion Length* kontrolira maksimalnu udaljenost bršljana od objekta. Ova vrijednost ne utječe toliko na model zbog ranije postavljenih parametara, postavljena je na 0.17. *Primari Weight* je parametar iz skupina *Weight Settings* koji kontrolira stupanj do kojeg grane bršljana rastu prema smjeru u kojem su se kretale, vrijednost je 0.73. *Random Weight* određuje količinu slučajnog smjera rasta grana, vrijednost je 0.80, a *Adhesion Weight* kontrolira stupanj do kojeg se grane bršljana žele držati, odnosno rasti uz objekt na kojem se nalaze, vrijednost je 0.06. *Branch Settings* je grupa parametara u kojoj se kontroliraju vrijednosti vjerojatnosti i veličine grana, vrijednosti su podešene na *Branch Probabillity* vjerojansost 0.001 i *Ivy Branch Size* na 0.0010 veličinu grana. *Leaf Setting* je grupa koja upravlja parametrima za veličinu i vjerojatnost listova. U ovom slučaju listovi su rijetki i mali odabrane su vrijednosti 0.010 za *Ivy Leaf Size* i *Leaf Probability* vjerojatnost 0.65.

Kada se izradio model bršljana i prebacilo u Edit Mode način rada, svi parametri nestali su što znači da se nikako na već izrađenom modelu ne može vratiti korak unatrag, stoga se pažljivo uvijek mora modelirati kako ne bi došlo do nestanka parametara. Dolazimo do problema, jer se ne mogu mijenjati parametri i pomicati cijeli model bršljana, a da parametri ne nestanu. Također mora se posebno ažurirati svaki parametar kako bi se vidjela promjena na modelu što nije baš najbolje rješenje kod ovakvih alata u kojem se automatski podešavaju određeni elementi. Drugi problem je što se neki parametri moraju pažljivo pomicati kako ne bi došlo do zastoja rada 3D programa. Treći problem je što veličina bršljana u odnosu na sam objekt varira, stoga ga je potrebno naknado povećati.

Kada su se podesili svi parametri za izradu bršljana, model se sastoji od dva dijela. Prvi dio su grane koje su u obliku krivulje. Krivulje koje tvore grane bršljana mogu se uređivati,



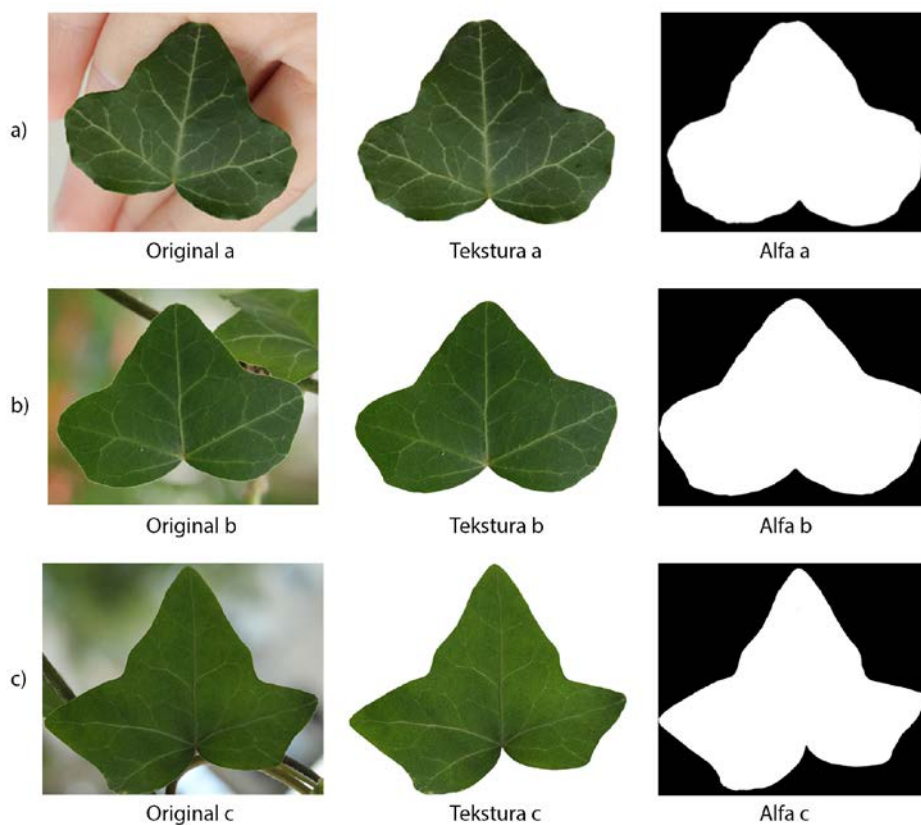
dodavati i pomicati kako bi se zadovoljio određeni izgled, odnosno zakrivljenost grana. Drugi dio su lišće koji su u obliku kvadrata, ovisno o parametrima različitih su veličina, smjera i gustoće. Lišće, u ovom slučaju kvadrati mogu se dodavati kopiranjem i brisati. Slika 14. prikazuje model bršljana koji je nastao različitim kombiniranjem parametara, te pretvorbu grana iz krivulja u plohe. U ovom slučaju model prema referentnoj slici ima dvije slične grane koje se odvajaju jedna od druge i stoje u tegli na zraku. Prvi izrađeni model se duplicirao te izmijenio pomoću pomicanja glavnih točaka krivulja od koje se prvobitno sastoji bršljan.



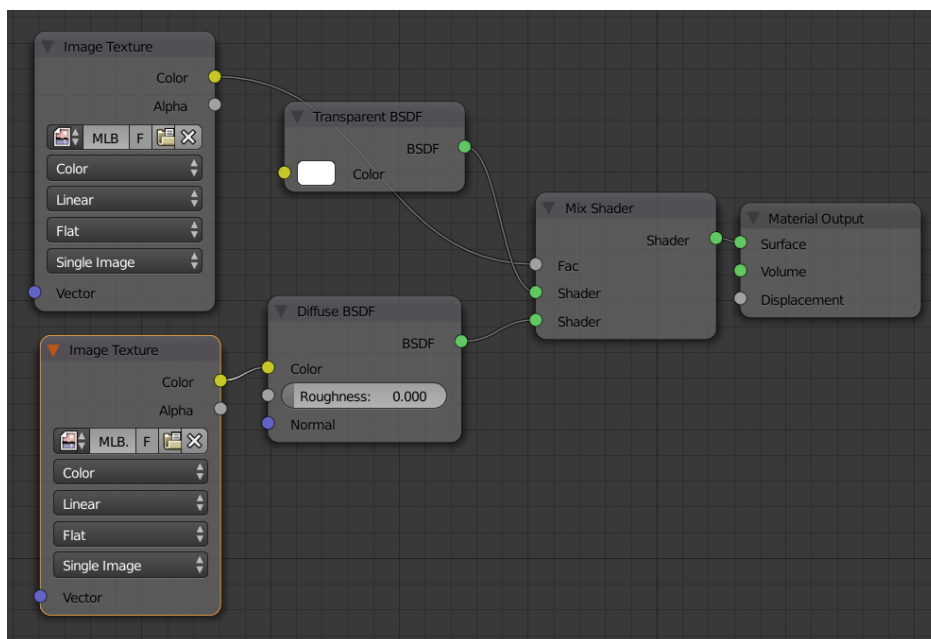
*Slika 14. Prikaz izrade bršljana i mijenjanje modela grane iz krivulja u plohe*

Model se naknadno uređivao kako bi bio što sličniji referentnoj slici jer je nemoguće dobiti potpuno identičan model prema referentnoj fotografiji. Nakon izrađenih modela nadjenuli su se potrebni materijali i tekstura za teglu. U Blenderu prvobitno se morao izraditi materijal kako bi se tekstura mogla vidjeti. Pomoću označavanja mjesta koja predstavljaju „šavove“ odnosno područja koja razdjeljuju model na više dijelova, tzv. UV mapiranje. Tekstura se posebno fotografirala kako bi tegla izgledala što sličnije originalnoj fotografiji kao i tekstura lišća i granja bršljana. Unutar Node editora za stvaranje materijala kod tegle koristila se tekstura i difuznost materijala. Kod materijala za lišće i grane koristili su se transparentnost,

difuznost te kombinacija teksture lista i alfa kanala. Svaka fotografija uređivala se u programu za obradu slika Adobe Photoshop CS6. Svaka fotografija lista se posebno označavala i rezala te stvarala prozirna pozadina kako bi plohe u Blenderu tijekom iscrtavanja prikazivala oblik lista Slika 15. Kako ne bi svaki list bio isti izradile su se tri grupe različitog oblika lišća bršljana iste vrste, svaki sa svojim alfa kanalom. Materijali i teksture su se skupa kombinirali unutar Node Editora Slika 16. Za listove kombinirale su se dvije teksture, tekstura lista i alfa.



*Slika 15. Fotografije originalnih listova bršljana sa svojim konačnim oblikom teksture lista i alfa kanalom*



Slika 16. Materijali i teksture korištene za izradu lišća u Node Editoru

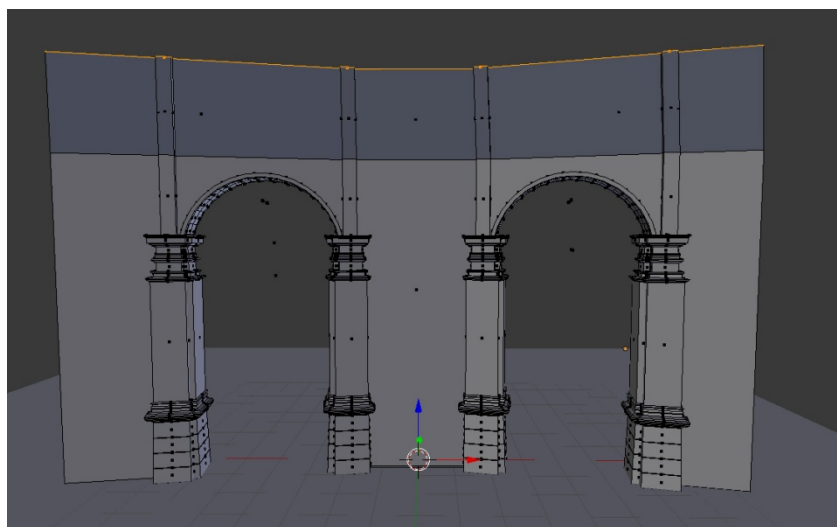
Kada se zadovoljio izgled cjelokupnog modela bršljana i predmeta na kojem se nalazi izrađivalo se osvjetljenje koje je potrebno kako bi se scena prilikom iscrtavanja vidjela. Posebno se obratila pažnja na to u kojem prostoru se nalazi model. Model se nalazio u zatvorenom prostoru, iako ne možemo odrediti točno koje jačine je svijetlo bilo u tom trenutku, vizualno se izrađivalo nekoliko vrsta osvjetljenja unutar Blender programa kako bi se dobila željena konačna iscrtana slika. Koristila su se tri *Sun* izvora svijetla različitih jakosti uperena prema modelu, dva odozgora ispred modela i jedan postrance. Pošto se model nalazio ispred bijelog zida, zidu se nanijela određena emisija svijetla. Usporedimo li obje slike vidjeti ćemo razlike u detaljima, također u refleksiji svijetla i bojama koje nisu dobivene kao na originalnoj slici Slika 17. Prilikom iscrtavanje gotove slike modela došlo je do pojave šuma, odnosno zrnatosti. Pošto se simulacije odvija unutar *Blender Cycles* tipa, šum se podesio pomoću raznih parametara unutar *Render* i *World* skupine. Nakon zadovoljavajućeg rezultata dobivena slika se spremila kao JPEG datoteka i usporedila sa originalnom referentnom fotografijom.



*Slika 17. Usporedba originalne slike (lijevo) i 3D modela (desno)*

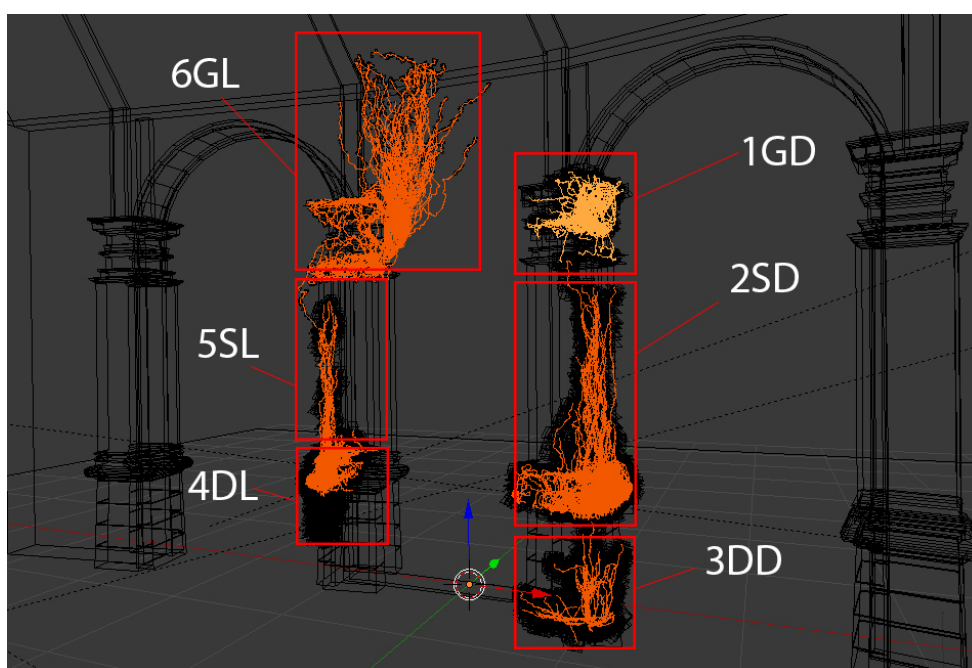
### **3.2.2. Izrada scene bršljana na zidu**

Izrada scene bršljana na zidu uključuje izradu modela dijela zida koji je snimljen na zagrebačkom Mirogoju. Pomoću referentne slike početan model zida modelirao se u nekoliko koraka. Kako je cilj dobiti sličan model, te uvidjeti način rada Ivy Generator dodatka za izradu bršljana nije se morao modelirati u potpunosti cijeli model kupole već samo određeni dio. Prilikom izrade modela zida koristili su se kvadrati, te kombinirali različiti osnovni elementi oblikovanja i primjene unutar Blender 3D programa. Slika 18. prikazuje već izrađeni model zida koji se sastoji od nekoliko dijelova. Stup koji se izradio dupliciran je kako bi bili identični te kako bi se proces modeliranja ubrzao.



*Slika 18. Model zida sa stupovima izrađen u Blender programu (Edit Mode)*

Nakon modeliranja zida i stupova izradili su se bršljani koji se nalaze na modelu na različitim mjestima. Pošto se bršljan nalazi na većoj površini modela, moralo se nekoliko puta postaviti središnji kursor koji označava početak rasta bršljana. Posebno se trebala obratiti pozornost na smjer bršljana tako da odgovara referentnoj slici. Slika 19. prikazuje područja na kojima su se postavljani bršljani. Za svaki dio koristili su se svi parametri i za grananje i za lišće. Različiti parametri su se koristili za svaki od ovih područja Tablica 2. U tablici su raspoređeni svi parametri vezani za svaku grupu bršljana. Kao i u prošlom primjeru Blender nudi mogućnost raspodjele, oblikovanja ili brisanja određenih neželjenih elemenata bršljana.



Slika 19. Prikaz mrežnog oblika zida i mjesta na kojem se bršljani nalaze u narančastoj boji

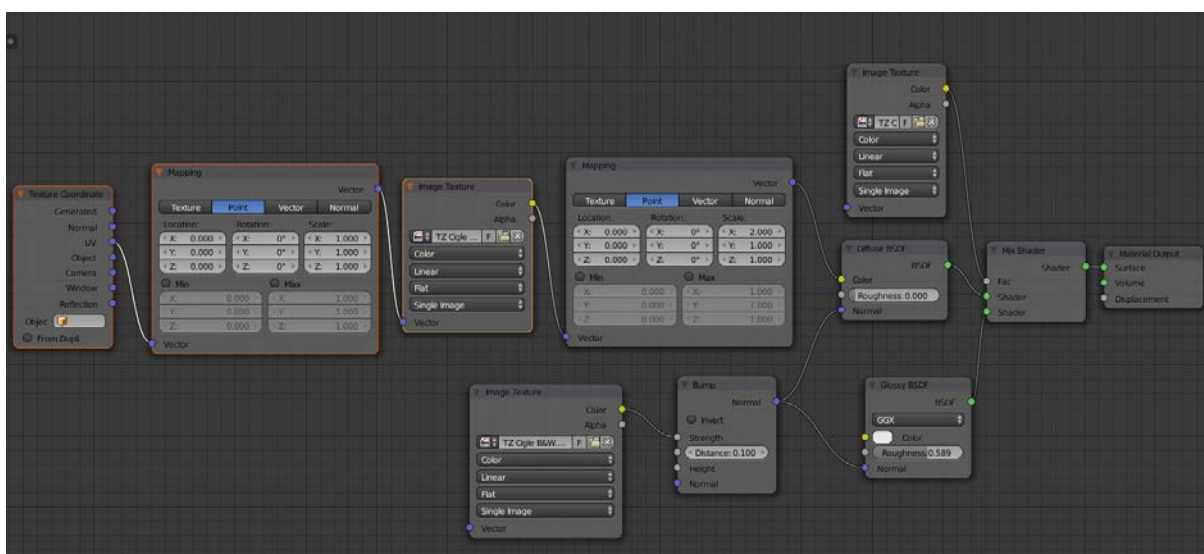
Parametri korišteni prilikom izrade bršljana uz pomoć dodatka Ivy Generator pretjerano se ne razlikuju. *Random Seed* parametar grupe *Generation Settings* ima veliku ulogu prilikom izrade bršljana, to je parametar koji sadrži velik broj naizmjeničnih promjena modela koji nasumično izobličava cjelokupni izgled strukture bršljana, najveću promjenu u ovom parametru imaju modeli 1GD, 2SD i 6GL. *Max Ivy Length* grupe *Size Settings* za određivanje veličine bršljana razlikuju se kod modela 1GD, 3DD i 4DL gdje je broj puno manji oko 1.00 za razliku od ostalih modela 2SD, 5SL i 6GL gdje je taj broj maksimalan i iznosi 3.00. Taj parametar kontrolira maksimalnu duljinu bršljana u Blender jedinicama. Bršljan je kraći u

dijelovima stupova koji su izbočeniji Slika 16. Max Float Length iste grupe parametara najviše se razlikuje kod 5SL modela gdje je najniži sa 0.25 jedinica. Parametri *Primary Weight*, *Random Weight* i *Adhesion Weight* grupe *Weight Settings* najmanji su kod modela 3DD, redom sa 0.33, 0.23 i 0.10 BU. Ti parametri su uglavnom vezani za duljinu i gustoću grananja. Pošto se model nalazi na samom dnu stupa zida, gravitacija manje utječe na biljku, biljka je u ovom djelu gušća od ostalih *Branch Probability* grupe *Branch Settings* za svojstva grananja najveću promjenu imaju modeli 5SL i 6GL jer se najviše granaju, posebice 6GL sa grananjem prema gore. Također manje listova bršljana ima model 6GL sa 0.020 BU unutar parametra *Ivy Leaf Size* grupe *Leaf Settings*, odnosno svojstva lišća. Ostali parametri se ne mijenjaju posebno, neki modeli imaju jednake parametre dok se neki pretjerano ne mijenjaju. Potpuno jednaki parametri su kod *Maximum Time* gdje je vrijednost 0.00, *Ivy Branch Size* za veličinu, odnosno debljinu grana vrijednosti 0.0010. Kod *Ivy Leaf Size* parametra za veličinu lišća kasnije se manualno mijenjala veličina ponekih lišća kako ne bi sva lišća bila jednake veličine.

Grupe modela bršljana (slika 16)	1GD	2SD	3DD	4DL	5SL	6GL
<b>Generation Settings</b>						
Random seed	147	122	445	445	445	409
Maximum Time	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Size Settings</b>						
Max Ivy Length	1.59	3.00	1.15	1.29	3.00	3.00
Ivy Size	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.05
Max Float Length	1.00	1.00	0.70	0.70	0.25	1.00
Max Adhesion Length	1.00	0.77	2.00	2.00	0.53	0.59
<b>Weight Settings</b>						
Primary Weight	0.98	0.98	0.33	1.00	0.70	1.00
Random Weight	0.91	0.97	0.23	1.00	1.00	1.00
Gravity Weight	0.88	0.85	1.00	0.55	0.76	1.00
Adhesion Weight	0.67	0.64	0.10	1.00	1.00	1.00
<b>Branch Settings</b>						
Branching Probability	0.05	0.05	0.05	0.05	0.41	0.44
Ivy Branch Size	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
<b>Leaf Settings</b>						
Ivy Leaf Size	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.020
Leaf Probability	0.14	0.20	0.35	0.35	0.17	0.23

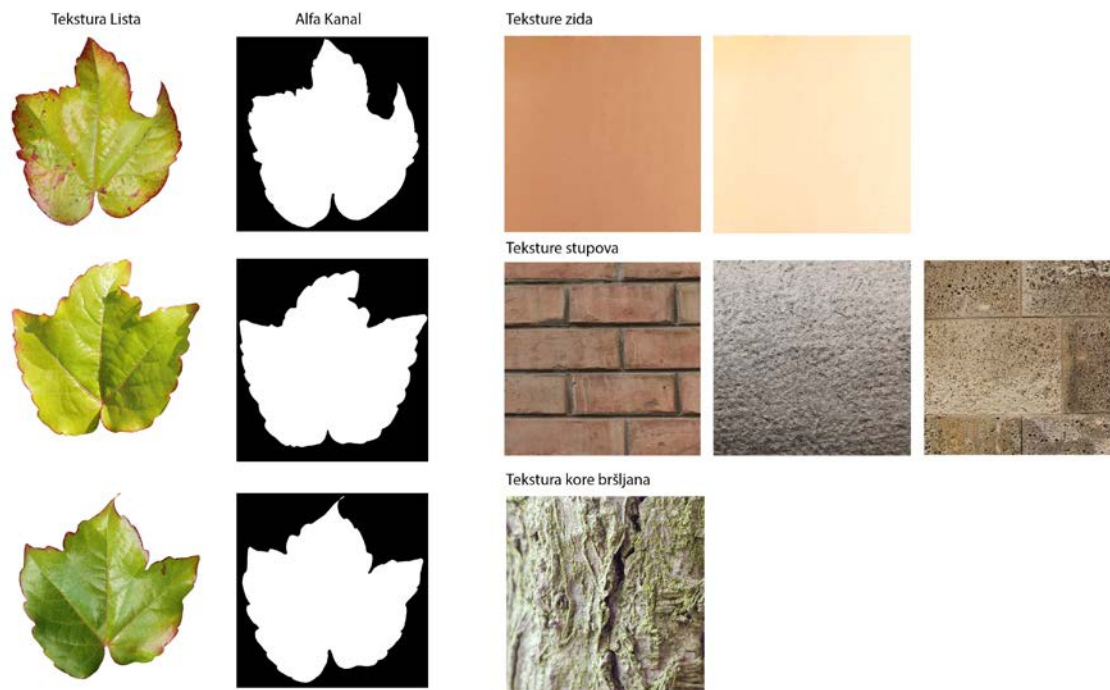
Tablica 2. Grupirani parametri za izradu bršljana na zidu

Dio bršljana koje čine grane grupirao se i pretvorio iz krivulja u objekt. Nakon zadovoljavajuće izrade modela bršljana obradile su se fotografije tekstura lišća i grana bršljana, te dijelova zida i stupova. Slika 20 prikazuje primjer postavljenih materijala i teksture za zid i stupove. Koristile su se UV koordinate, mapiranje, mix shader, bump, diffuse



Slika 20. Materijali i teksture upotrijebljene za zid

i *glossy* materijali skupa sa tri teksture. Za jedan materijal koristile su se tri teksture kako bi se prikazale što realističnije. Jedna od tekstura sadržavala je originalnu teksturu u kojoj se nije ništa mijenjalo. Druga tekstura ističe udubinu materijala, raspoređuje sjene i remeti refleksiju (eng. *Bump map*), a dobiva se ili uz pomoć sivo bijelog kontrasta (eng. *grayscale*) ili sa *Normal Map*. Treća tekstura je reflektirajuća (eng. *Reflection Map*) koja ističe refleksiju sjene, određuje koji dijelovi materijala su sjajni, a koji ne. Sve tri teksture obradile su se u Adobe Photoshop CS6 programu za obradu slika. Posebno su se grupirali materijali, te preimenovali. Koristio se UV *mapping* za izradu plašta teksture za svaki drugi materijal koji se koristio, odnosno svaki drugi dio zida ili stupa. Teksture za lišće koristile su se na isti način kao i kod prijašnjeg primjera samo što su bile drugačije fotografije lišća bršljana zbog druge vrste, kako bi bilo što sličnije referentnoj slici. Teksture koje su se koristile za izradu bršljana također je bilo tri. Veličina svake grupe lišća bršljana varirala je ovisno o mjestu na kojima se nalaze. U donjim dijelovima lišće je bilo veće dok je u gornjim dijelovima bilo manje, posebice područje na kojem je bilo više i rasprostranjenije grananje Slika 21.



Slika 21. Teksture listofa sa alfa kanalima i teksture zida

Nakon zadovoljavajućih postavki materijala i tekstura postavila su se osvjetljenja. Referentna slika slikana je unutar poluzatvorene kupole stoga se svjetla nalaze i sa stražnje i sa vanjske strane. Upotrijebljena su tri svjetla, jedno koje gleda prema kupoli i dva iza kupole kako bi dobili sjene koje se nalaze kao i na referentnoj slici. Svjetla koje se koristila su Sun jačine 5.000 BU za svjetla koja se nalaze iza zida i 1.000 BU ispred kupole.

Iscrtavanjem dobio se loš rezultat, potrebno je bilo ponoviti postupke kao iz prošlog primjera kako bi kvaliteta slike bila što bolja. Slika 22. prikazuje referentnu sliku, zatim sliku dobivenu prvim iscrtavanjem loše kvalitete i sliku dobivenim poboljšanjem parametara bolje kvalitete za smanjenje zrnatosti koja se najviše javljala kod sjene sa lijeve strane slike.



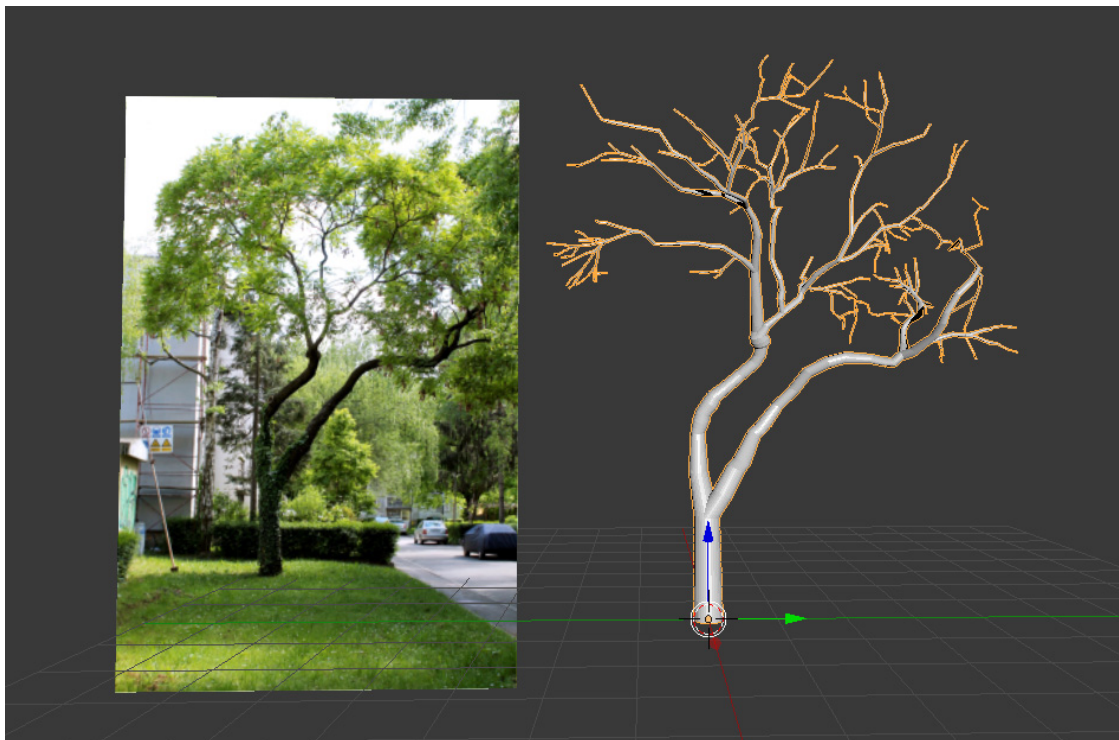


Slika 22. Materijali i teksture upotrijebljene za zid

### 3.2.3. Izrada scene bršljana na drvetu

Treći primjer izrade bršljana je na drvetu. Iako postoji *Sapling* dodatak za automatsku izradu drveta, u ovom slučaju se nije koristio. Razlog tome je to što nije moguće precizno izraditi sličan model kao što je to na referentnoj slici unutar *Sapling* dodatka. Početni objekt pomoću kojega se izradio model drveta je krug. Povlačeći i stvarajući, odnosno duplicirajući svaki slijedeći krug, te razvlačeći i smanjujući ili povećavajući određene krugove dobio se oblik stabla. Na isti princip radile su se grane. Modeliranje je u ovom slučaju bilo složenije od modeliranja unutar *Sapling* dodatka, ali zbog preciznosti i cilja da model bude što sličniji referentnoj slici modeliralo se ručno korak po korak. Slika 23. prikazuje izradu modela drveta izrađenog iz krugova. Nakon izrade modela drveta primijenio se *Subdivision Surface* modifikator za simulaciju ugladenosti modela.

Slično kao i kod ostalih primjera odredio se početni kursor (eng. *cursor*) na mjestu na kojem se želio postaviti početni položaj bršljana. Bršljan koji je rađen na drvetu uz pomoć dodatka Ivy generator imao je samo jedno početno područje, odnosno samo jedan model bršljana. U ovom primjeru bršljan se nastojao prikazati što gušće, posebice u dijelu debla.



Slika 23. Materijali i teksture upotrijebljene za zid

Parametri koji su se koristili za izradu bršljana na stablu pokušali su što sličnije oponašati bršljan sa referentne slike Tablica 3. *Random Seed* parametar za nasumično oblikovanje bršljana postavio se na vrijednost 221. *Max Time* kao u svakom prošlom primjeru stavio se na vrijednost 0.00. Grupa parametara za svojstva veličine ili *Size Settings* gdje je *Max Ivy Length* postavljena na maksimalnu vrijednost 3.00 kao najveća vrijednost duljine bršljana. *Ivy Size* koji utječe na veličinu bršljana u odnosu na model drveta na kojem se nalazi je 0.02. Označava malu vrijednost zbog toga što je bršljan gušći. Kod visokih vrijednosti bršljan je rjeđi i rasprostranjeniji. *Max Float Length* parametar za kontroliranje maksimalne udaljenosti do koje grane mogu rasti postavljen je na 0.08. *Max Adhesion Length* parametar je postavljan također na malu vrijednost 0.01 zbog toga što se bršljan prianja uz model drveta. Grupa parametara za svojstva težine, odnosno *Weight Settings* gdje su *Primary Weight* i *Gravity Weight* na većim vrijednostima od *Random* i *Adhesion Weight*. *Primary Weight* je stavljen na vrijednost 0.40, a označava do kojeg stupnja će grane rasti u smjeru u kojem su se kretale. *Gravity Weight* je ima veliku vrijednost 0.70 zbog toga što bršljan raste na stablu prema gore, što je ova vrijednost veća grane imaju tendenciju rasta prema gore.

*Random Weight* vrijednosti 0.19 označava količinu slučajnog smjera rasta grana, a *Adhesion Weight* na 0.01 vrijednost koja kontrolira stupanj do kojeg se grane žele držati. Grupa parametara za grananje ili *Branch Settings* koji kontroliraju postotak vjerojatnosti razgranjivanja ili *Branch Probabillity* vrijednosti 0.05 i veličinu grana ili *Ivy Branch Size* postavljena na vrijednost 0.0010. Kod grupe parametara za izradu lišća bršljana ili *Leaf Settings* veličina bršljana ili *Leaf Size* iznosila je 0.040 i *Leaf Probabillity* za kontrolu vrijednosti pojavljivanja lišća na granama na 0.98 zbog velike gustoće na stablu.

Generation Settings	
Random seed	221
Maximum Time	0
Size Settings	
Max Ivy Lenght	3
Ivy Size	0.02
Max Float Lenght	0.08
Max Adhesion Lenght	0.01
Weight Settings	
Primary Weight	0.40
Random Weight	0.19
Gravity Weight	0.70
Adhesion Weight	0.01
Branch Settings	
Branching Probabillity	0.05
Ivy Branch Size	0.0010
Leaf Settings	
Ivy Leaf Size	0.040
Leaf Probabillity	0.98

Tablica 3. Grupirani parametri za izradu bršljana na zidu

Izrada lišća drveta radila se na sličnom principu kao što je raden bršljan, samo bez dodatka. Izradio se pravokutnik koji se nekoliko puta razdijelio i oblikovao kako ne bi bila ravna ploha. Kvadrat se duplicirao nekoliko puta kako bi se stvorila grupa pravokutnika koji će simulirati lišće. Duplicirale su se izrađene grupe i raspodijelile po modelu drveta. Drvo je snimano u svibnju te nije bilo mogućnosti snimanja lišća izbliza, stoga se iz udaljene fotografije obradila skupina lišća koje su služile kao fotografije za teksturu. Tekstura lišća koristila je slične parametre za obradu materijala i teksture kao i kod lišća bršljana.

Grane bršljana koje su odvojene od lišća pretvorilo se iz krivulja u objekt kako bi što bolje mogli nanijeti teksturu i materijal potreban za stvaranje prikaza bršljana. Modeli koji se nalaze na sceni koristili su već pripremljene teksture. Rađena scena je u Cycles Render Blenderovom sustavu, a teksture i materijali su se radili u Node Editoru. Prije nanošenja tekstura svaki element, odnosno model u sceni morao se razdijeliti u plašt (eng. *Unwrap*). Za teksturu drveta kao i za teksturu grana bršljana nakon razmotavanja modela primijenili su se materijali poput *Bump*, *Glossy*, *Diffuse*, *Hue/Saturation Value*, *Color Ramp* itd.

Materijali korišteni za teksturu lišća su kombiniranje ukupno tri tekstura od kojih jedna sadrži originalnu sliku (eng. *Diffuse Map*), druga koja je simulirala površinski sloj, odnosno udubine materijala (eng. *Bump Map*) i treću koja je simulirala pukotine i praznine, odnosno međuprostor i rupe na teksturi (eng. *Reflection Map*). Sve tri teksture obradile su se u programu za obradu slika Adobe Photoshop CS6 i sačuvale u .png formatu jednakih veličina.

Prije iscrtavanja dodala su se još četiri svjetla tipa *Sun* jačine 6BU. Tri su svjetla postavljena ispred modela drveta i jedno sa stražnje strane modela. Iscrtavanje konačne scene sa parametrima koji su se koristili za prošla dva primjera prikazuje Slika 22. Na slici listovi imaju neobičnu strukturu i slično izgledaju. Kako bi se popravili detalji i neželjeni listovi posebno se treba ući u Edit Mode sustav kako bi se obrisali neželjeni elementi sa modela.



Slika 22. Referentna fotografija bršljana na drvetu i dobivena slika iscrtavanjem i simulacijom bršljana u Blenderu

### 3.3. Izrada scena u 3ds Maxu

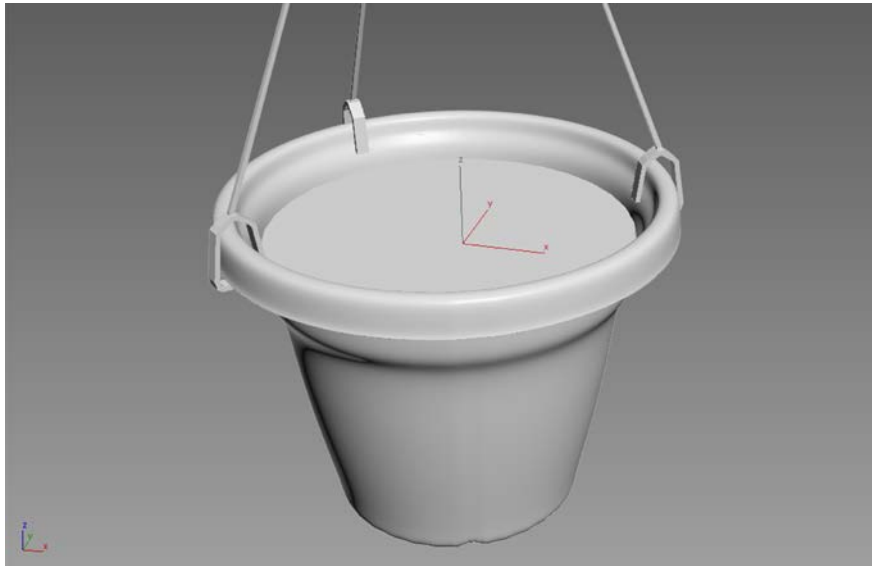
Scene u 3ds Maxu rađene su tako da su se već izrađeni modeli u Blenderu pretvorili u .fbx datoteku koja se unijela u 3ds Max program. Već izrađeni modeli smanjili su vrijeme i ponavljanje sličnih postupaka prilikom modeliranja. Za svaki od modela korištene su iste referentne slike kako bi se u konačnici usporedile dobivene slike i vrijeme koje je potrebno za iscrtavanje svake pojedine slike. Teksture koje su se koristile u Blenderu za svaki pojedinačni model koristiti će se i za izradu u 3ds Max programu. Osvjetljenje, teksture i materijali, kao i izrada modela simulacija bršljana posebno su se dodali u 3ds Max program.

#### 3.3.1. Izrada scene bršljana u tegli

Model tegle se unio u 3ds Max program kao .fbx datoteka. Model nije dobio nikakve deformitete niti ikakve nedostatke određenih elemenata modela koji se unio u 3D polje programa. Model tegle postavio se u centar 3D prostora.

Za izradu bršljana u programu Autodesk 3ds Max potrebno je malo složenije pristupiti programu. Naime, za razliku od Blendera u 3ds Maxu se ne dobiva poseban dodatak koji se uključuje ili isključuje kada je za to potreban već ga je potrebno posebno instalirati unutar 3ds Max instalacijskih datoteka. Kako bi se došlo do dodatka za izradu simulacija modela bršljana prvotno se otišlo na stranicu [www.guruware.at](http://www.guruware.at), te se preuzela .zip datoteka. Unutar datoteke preuzela se datoteka sa godinom instalacije 3ds Max programa, te se prenijela na mjesto gdje se program instalirao u datoteku pod imenom *plugins*. Instalirala se datoteka za 2015. godinu pošto je 3ds Max instalacija iz te godine. Nakon instalacije pokrenut je 3D program.

Unutar 3D programa u *Create* panelu gdje se nalaze različiti objekti koji se mogu stvarati u 3D prostoru, pod *Geometry* svojstvima odabrao se *Guruware* za izradu modela bršljana. Za razliku od Blendera u kojem je važan kursor iz kojeg proizlazi početak rasta bršljana, u 3ds Maxu se pritiskom na *gwIvy* pokazivač mijenja u osi koje imaju funkciju odabira mjesta za početak stvaranja simulacije bršljana. Dolazi do problema u stvaranju bršljana gdje se parametri za stvaranje bršljana ne mogu podešavati unutar *Create* panela već se mora otići na *Modify* panel u kojem se onda tek mogu podešavati parametri te pritiskom na *Grow Ivy* uvidjeti mogućnosti mijenjanjem parametara i ostalih svojstava za izradu bršljana.



Slika 23. Početna točka na modelu kojom se određuje početak simulacije modeliranja bršljana u 3ds Max programu

Kako bi se odredio početak izrade simulacije modela bršljana bilo potrebno odrediti početnu točku iz koje bršljan nastaje. Slika 23 prikazuje gdje se nalazi početna točka iz koje će proizlaziti model bršljana pomoću tri, tj. x, y i z osi. Nakon što se odredila početna točka u panelu *Modify* namještali su se parametri koji bi bili što sličniji referentnoj slici. Parametri koji su se mijenjali tijekom modeliranja bršljana prikazani su u Tablici 4. *Grow size* određuje maksimalnu vrijednost po ponavljanju, ovaj parametar je stavljen na vrijednost 50,00 mm. *Up-vector* je parametar koji određuje vrijednost rasta, stavljen je na 0,2. *Primary Weight* je vrijednost za posljednji smjer rasta, a iznosi 1,0. *Random Weight* je parametar za nasumično mijenjanje vrijednosti, a postavljen je na vrijednost 0,5. *Gravity* vrijednost za utjecaj gravitacije postavljena na 1,0, ovaj parametar je najčešće prema dolje. *Adhesion* parametar za čvrstoću prijanjanja postavljen na 0,1. *Adhesion distance* za maksimalnu udaljenost objekta u kojem prijanjanje utječe na rast odredila se vrijednost 200,0 mm. *Branching* parametar koji govori o vjerojatnosti grananja odabrana je vrijednost 0,1. *Max lenght* parametar koji određuje varijacije, odnosno maksimalne promjene samog modela bršljana, vrijednost je 300,0mm. *Lenght Variation* je postavljen na 20,0, to je parametar koji određuje varijaciju duljine maksimalne promjene. *Max Parents* je maksimalni broj roditeljskih veza gdje je 0 jednaka jednom ogranku bez drugih grananja, odabrana je vrijednost 4. *Seed* parametar

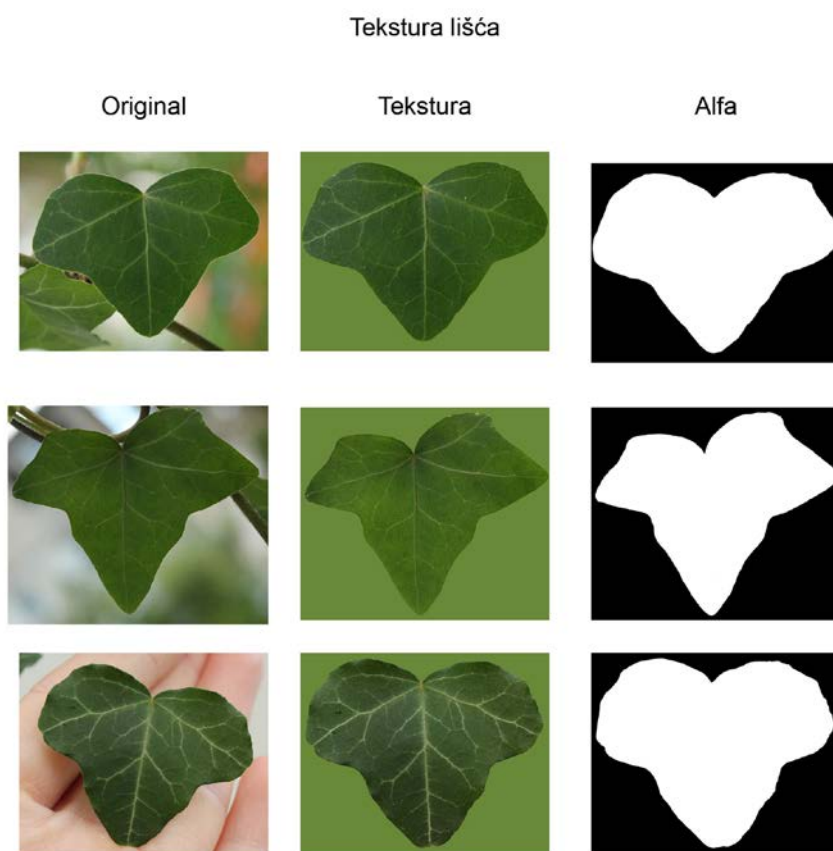
unutar grupe *Grow* je podešen na vrijednost 2000. *Threads* je vrijednost za broj niti koje rastu unutar procesora i ostavljen je na početnu vrijednost 8. Kada su se podesili parametri odabrala se funkcija *GrowIvy* koja postepeno stvara model bršljana, odnosno simulira nastajanje i rast bršljana na modelu. Ovisno o modelu i plohi na kojoj se bršljan stvara može se na istom mjestu gdje se funkcija nalazila paudirati *Pause*. U ovom slučaju to nije bilo potrebno. Kao i kod Blendera postoje posebni parametri za promjenu veličine i oblika grana i lišća. Za razliku od Blendera ti parametri se mogu podešavati i nakon izrade simulacije bršljana, odnosno pritiska na tipku *Grow Ivy*. Parametri za izradu veličine grana bršljana (eng. *Branches*) odnosno radijus pod nazivom *Size* je 5mm, *Sides* je broj podijele grane na određene dijelove, što je veća vrijednost to se grana se doima zaglađenom, parametar je postavljen na vrijednost 8.

Grow-Parameters	
Grow-Size	50,0mm
Up-Vector	0,2
Primary Weight	1,0
Random Weight	0,5
Gravity	1,0
Adhesion	0,5
Adhesion Distance	200,0mm
Branching	0,1
Max Lenght	300,0mm
Lenght Variation	20,0
max. Parents	4
Grow	
Seed	2000
Threads	4
Mesh (Branches)	
Size	5,0mm
Sides	8
Aspect	1,0
CS-Distance	1,0mm
Mesh (Leaves)	
Speed	4268
Chaos	1,0
Size	40,0mm
Density	1,0

Tablica 4. Parametri za izradu bršljana u tegli Guruware dodatka Ivy Generator u 3ds Max programu

Aspect parametar za zadebljanje, odnosno proširenje grana, postavljen je na vrijednost 1, te *CS-Distance* poravnava grane podešen na vrijednost 1,0 mm. Za parametre koji određuju lišće (eng. *Leaves*), parametar za raspodjelu lišća i orijentaciju *Seed* postavljen je na 4268, *Chaos* parametar za različitu orijentiranost listova na 1,0, *Size* parametar za veličinu listova na 40,0 mm i *Density* na vrijednost 1,0.

Nakon izrade modela bršljana problem je bio u tome što je bršljan mal u odnosu na model tegle. Stoga se model bršljana morao povećati kako bi zadovoljio izgled sličan referentnoj slici. Drugi dio modela bršljana se duplicirao i ručno izmijenio. Na grane su se primjenili dva modifikatora za zadebljanje *Face Extrude* vrijednosti 0,45 za gornju granu i 0,4 za donju granu za ugladenost *Mesh Smooth* za obje vrijednost je bila. Također unutar Ivy Generator dodatka automatski su dodane već početne teksture lišća bršljana koje se mogu promijeniti. Slično kao i kod primjera unutar Blender dodatka za izradu bršljana dodale su se tri različite vrste tekstura za lišće i grane bršljana te ostale druge teksture modela tegle i ostalih elemenata koje su se kombinirale skupa sa materijalima [Slika 23](#).



Slika 24. Obradene tekstura lišća za bršljan na tegli u 3ds Max programu



Za izradu materijala i primjenu određenih tekstura koristio se *Material Editor*. Kao što se već spomenulo određene teksture već postoje, kako bi se izradile različite teksture lišća bršljana unutar Material Editora zamijenili su se sa željenim teksturama. Prije nego što su se izradile nove teksture, svaku od tekstura lišća bršljana se obradila u programu za obradu fotografija Adobe Photoshop CS6, gdje su se izradile dvije slike .tga vrste datoteke. Prva tekstura označavala je alfa kanal i preimenovala se kao ImeBrojTeksture\_o.tga u mjestu za prozirnost (eng. *Opacity*), a druga je bila sama tekstura lista sa zelenom pozadinom i preimenovala se kao ImeBrojTeksture\_d.tga (eng. *Diffuze*).

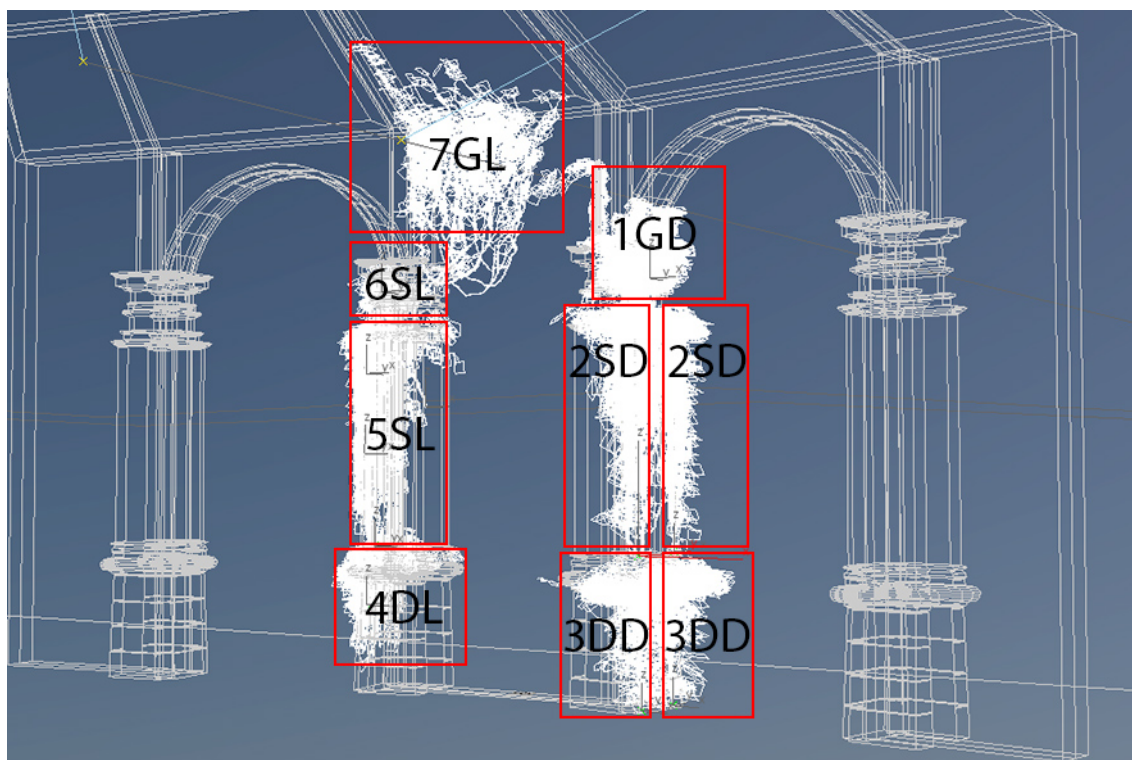
U scenu su se dodala dva osvjetljenja, oba usmjerena prema modelu jedno koje se nalazi ispred modela i drugo sa desne strane modela. Oba svjetla su *Spot* standardne vrste svjetla, sa uključenim prikazom sjena. Korišteno je *ActiveShade* iscrtavanje koje koristi već zadane postavke kako bi se unaprijed vidio rezultat dobivene scene. Dobivena završna slika iscrtavanjem i referentna slika prikazuje Slika 25.



Slika 25. Usporedba referentne slike modela tegle (lijevo) i iscrtane slike u 3ds Maxu (desno)

### 3.3.2. Izrada scene bršljana na zidu

Već izrađen model iz Blendera pretvoren je u .fbx datoteku, te se unutar 3ds Max programa unijela datoteka modela zida. Model zida nije imao nikakve nedostatke unutar same scene. Slijedilo je stvaranje modela bršljana. Pošto se već unio Ivy Generator dodatak za izradu bršljana, unutar programa se više ne mora posebno uključivati. Slijedilo je postavljanje ishodišne točke za stvaranje simulacije bršljana. Slično kao i kod izrade modela u Blenderu postavilo se nekoliko ishodišnih točaka. Postavljanje modela i samo jedan klik na određeni dio modela zida određuje početno mjesto gdje se odvija simulacija rasta bršljana. Parametri koji su se koristili za izradu bršljana koji se nalaze na određenim dijelovima modela zida unutar Ivy Generator dodatka prikazuje Slika 26. Svaka grupa ima različite parametre. Sveukupno gledajući parametre ne razlikuju se posebno, osim što se neki modeli bršljana ponavljaju, te imaju jednake parametre u dva slučaja kod 2SD i 3DD modela. Uspoređujući sve modele bršljana unutar grupe parametara za rast bršljana ili *Grow-Parameters*, *Grow-Size* 20,0mm, *Primary Weight* 0,5, *Gravity* 1,0 i *max. Parents* 4 su jednake vrijednosti za svaki od modela biljke bršljana. Modeli se razlikuju kod parametra *Up-Vector* gdje je najveća



Slika 26. Izdvojene grupe bršljana od kojih svaka ima posebne parametre, osim duplikata prikazanih jednakim nazivima u 3ds Max mrežnom prikazu prostora

vrijednost 1,0 kod modela 3DD, parametar označava količinu rasta grana, u ovom dijelu je model bršljana gušći od ostalih. Također najmanju vrijednost 10,0mm ima model 3DD kod parametra za maksimalnu udaljenost od objekta na kojeg će priranjnje utjecati na rast *Adhesion Distance*, ovdje također imaju male vrijednosti modeli 1GD sa 70,0mm i 7GL sa 50,0mm. Najmanju vrijednost sa 0,3 ima model 2SD kod parametra *Branching* za grananje. Za rast parametri su bili jednaki za sve modele i kod *Seed* sa vrijednošću 1234 i kod *Threads* sa vrijednošću 8 Tablica 5.

Nazivi modela	1GD	2SD	3DD	4DL	5SL	6SL	7GL
Grow-Parameters							
Grow-Size	20,0mm	20,0mm	20,0mm	20,0mm	20,0mm	20,0mm	20,0mm
Up-Vector	0,1	0,3	1,0	0,1	0,1	0,2	0,1
Primary Weight	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Random Weight	0,5	0,3	0,1	0,5	0,5	0,2	0,5
Gravity	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Adhesion	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1	0,3
Adhesion Distance	70,mm	100,0mm	10,0mm	200,0mm	100,0mm	50,0mm	200,0mm
Branching	1,0	0,3	1,0	1,0	1,0	0,1	1,0
Max Lenght	80,0mm	200,0mm	300,0mm	100,0mm	100,0mm	100,0mm	100,0mm
Lenght Variation	30,0	20,0	20,0	30,0	30,0	30,0	30,0
max. Parents	4	4	4	4	4	4	4
Grow							
Seed	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234
Threads	8	8	8	8	8	8	8
Mesh (Branches)							
Size	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Sides	4	4	4	4	4	4	4
Aspect	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CS-Distance	1,0mm	1,0mm	1,0mm	1,0mm	1,0mm	1,0mm	1,0mm
Mesh (Leaves)							
Speed	1234	1234	1234	1234	1234	1234	1234
Chaos	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Size	80,0mm	150,0mm	150,0mm	150,0mm	80,0mm	80,0mm	50,0mm
Density	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Tablica 5. Parametri za izradu bršljana na zidu sa različitim modelima unutar Guruware dodatka Ivy Generator u 3ds Max programu

Kod parametara za izgled i oblik grana veličina je u svim modelima jednake veličine *Size* 5. Kod parametara za kontrolu lišća koji su se mogli i naknadno mijenjati ističu se veličine listova u pojedinom dijelu zida. Najmanju vrijednost ima model 7GL sa vrijednošću 50,0mm jer je liše u tom području manje od ostalih. U donjem dijelu lišće bršljana je najveće stoga su velike vrijednosti pridodane modelima 2SD, 3DD i 4DL sa vrijednostima 150,0mm u parametru *Size*. Ostali parametri za udaljenost, rasprostranjenost i orijentaciju su jednakih vrijednosti. Kada su se izradili modeli bršljana ponoviti će se postupci izrade tekstura u programu za obradu fotografija Adobe Photoshop CS6. Teksture, odnosno fotografije koje su se koristile su iste kao i one u Blenderu. Za lišće korištene su tri teksture koje su se posebno dodavale na određene dijelove modela zida u 3ds Maxu. Koristio se *UVW Unwrap* za izradu i bolje prianjanje teksture na određeni dio stupa. Prikaz materijala, odnosno tekstura korištenih i primijenjenih u sceni. Korišteni su *Bump map* tekstura koja simulira površinski sloj, tj. pukotine i udubine, *Specular Level* teksturu koja simulira koji dijelovi materijala su sjajni, a koji ne i *Diffuse Color* odnosno originalnu teksturu. Koristilo se standardno *NVIDIA Mental Ray* renderiranje, odnosno završno iscrtavanje. Podesila se rezolucija slike na 1920 x 1080px HDTV Slika 27.



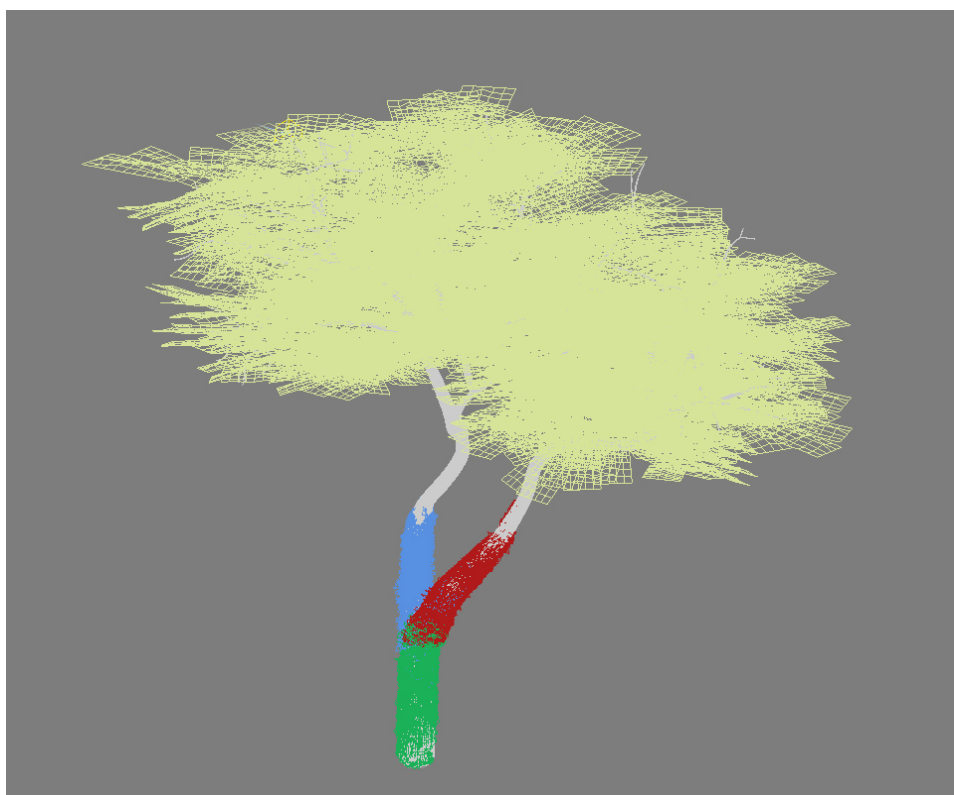
Slika 27. Referentna fotografija modela zida (lijevo) i iscrtana slika u 3ds Max programu (desno)

### 3.3.4. Izrada scene bršljana na drvetu

Proces izrade modela bršljana na drvetu u programu Autodesk 3ds Max sličan je kao i kod prva dva primjera. Model drveta se prebacio u .fbx datoteku, te otvorio unutar 3ds Max programa. Kao i kod prva dva primjera model kao takav nije imao nikakve nedostatke prilikom prebacivanja u drugi 3D program.

Nakon unosa modela u 3ds Max trodimenzionalan prostor započelo se modeliranje simulacije bršljana. Odabrane su polazišne točke koje su predstavljale početne točke rasta bršljana. Ukupno je bilo tri polazišne točke, odnosno tri modela bršljana. Slika 28. prikazuje mrežni pogled na model drveta gdje su tri modela bršljana označena bojama, zelenom, plavom i crvenom.

Svaki model je zasebno imao svoje određene parametre. Parametri za izradu bršljana na modelu drveta prikazuje sva tri modela simulacije bršljana. Prvi model zelene boje, drugi model plave boje i treći model crvene boje označeni na slici. Tablica 6 prikazuje skupine



*Slika 28. Mrežni pogled na model drveta u 3ds Max 3D prostoru gdje su modeli bršljana označeni sa zelenom, plavom i crvenom bojom*

parametara za svaki od pojedinog modela. *Grow-Size* parametar za odabiranje veličine rasta biljke bršljana kod svih modela podešen je na 20,0 mm. *Up-Vector* parametar za podešavanje količine rasta prema gore također je kod svih modela podešen jednako sa vrijednošću 0,1. *Primary Weight* parametar za količinu posljednjeg pravca rasta kod svih podešen je sa 0,5 kao i kod parametra za nasumični utjecaj *Random Weight*. Gravitacija je kod crvenog modela malo veća od ostala dva sa 1,0 vrijednosti, druga dva podešena su sa vrijednošću 0,7. *Adhesion* parametar za količinu prijanjanja bršljana na model drveta je jednak kod sva tri modela sa vrijednosti 0,3. *Adhesion Distance* parametar za maksimalnu udaljenost na objektu prema kojem prijanjanje utječe na rast kod zelenog i plavog objekta podešeno je na 200,0mm, a kod crvenog na 300,0mm.

Nazivi modela	1Zeleni	2Plavi	3Crveni
Grow-Parameters			
Grow-Size	20,0mm	20,0mm	20,0mm
Up-Vector	0,1	0,1	0,1
Primary Weight	0,5	0,5	0,5
Random Weight	0,5	0,5	0,5
Gravity	0,7	0,7	1,0
Adhesion	0,3	0,3	0,3
Adhesion Distance	200,mm	200,0mm	300,0mm
Branching	1,0	1,0	1,0
Max Lenght	200,mm	200,0mm	300,0mm
Lenght Variation	30,0	30,0	30,0
max. Parents	4	4	4
Grow			
Seed	1234	1234	1234
Threads	4	4	4
Mesh (Branches)			
Size	0,3	3,0	0,2
Sides	4	4	4
Aspect	1,0	1,0	1,0
CS-Distance	1,0mm	1,0mm	1,0mm
Mesh (Leaves)			
Seed	1234	1234	1234
Chaos	-1,0	-1,0	1,0
Size	150,0mm	85,0mm	80mm
Density	1,0	0,5	1,0

Tablica 6. Parametri za izradu bršljana na drvetu sa različitim modelima pomoću Guruware dodatka Ivy Generator u 3ds Max programu

*Branching* ili vjerojatnost grananja podešeno je kod sva tri modela na maksimalnu vrijednost 1,0. *Max Length* vrijednosti 200,0mm kod zelenog i plavog modela, te 300,0mm za crveni model. *Length Variation* promjena maksimalne udaljenosti podešena je jednako za svaki model sa vrijednosti 30,0. *Max Parents* maksimalni broj roditeljskih veza za svaki model podešena je jednaka vrijednost 4. Kod grupe za izradu grana parametri su podešeni jednako za sve modele. Model bršljana je toliko gust da se ne vide grane, ipak postoje pa su se uključile u simulaciju. Kod grupe za izradu lišća *Seed* vrijednost je bila ista za sva tri modela 1234. Za nepravilnu orijentaciju lišća ili *Chaos* kod zelenog i plavog modela postavljen je vrijednost na -0,1. a kod crvenog na 1,0. Veličina lišća ili *Size* gdje je zeleni model za 150,0mm puno veći od ostala dva koji imaju vrijednost plavi 85,0mm i crveni 80,0mm. *Density* ili gustoća lišća na granama jednaka je kod zelenog i crvenog modela sa 1,0 vrijednosti, dok je plavi model podešena na vrijednost 0,5. Dobiveni modeli bršljana pretvorili su se iz krivulja u objekte kako bi im se mogle nanijeti određene teksture.

Prije nanošenja tekstura model stabla drveta pretvorio se u plašt uz pomoć *Unwrap UVW* koji se nalazi unutar *Modify* panela. Za svaku od tekstura korištene su tri vrste, *Bump Map* tekstura za simulaciju udubina, *Diffuze* tekstura originalne slike i *Specular* za dobivanje određenog sjaja materijala. Iste teksture korištene su iz primjera u Blenderu. Koristilo se NVIDIA Mental Ray iscrtavanje, rezolucije 1920x1080px HDTV [Slika 28](#).



*Slika 29. Referentna fotografija modela drveta (lijevo) i iscrtana slika u 3ds Max programu (desno)*

#### 4. REZULTATI I RASPRAVA

Prilikom same izrade trodimenzionalnih modela u Blenderu i Autodesk 3ds Maxu zamijetile su se neke bitne karakteristike, vrline i mane pojedinog Ivy Generator dodatka za izradu simulacija bršljana. Tablica 7 prikazuje koje prednosti ima Blender, a koje 3ds Max. Do ovih rezultata došlo je prilikom izrade sva tri modela u jednom i u drugom 3D programu. Pod rednim brojem 1, Blender ima lakši pristup samom dodatku, tj. dodatak je već prilikom instalacije uključen, ali nevidljiv. Kako bi se dodatak vidio potrebno ga je uključiti pod *User Preferences*. Kod 3ds Maxa potrebno je bilo posebno preuzeti sa interneta određenu datoteku za instalaciju te ga posebno instalirati u 3ds Max datoteku za dodatke stoga u ovom slučaju Blender ima veću prednost za razliku od 3ds Maxa. Bitna razlika između 3ds Max i Blendera kod izrade modela bršljana je umetanje ishodišne točke. Pod rednim brojem 2 umetanje ishodišne točke kod Blendera je potpuno drugačija od one u 3ds Maxu. U Blenderu umetanje početne točke za stvaranje simulacije bršljana je pomoću kursora (eng. *cursor*) koji se odabire lijevom tipkom miša na određeni dio modela. U ovom slučaju moralo se biti što precizniji i upotrijebiti četiri pogleda kako bi se sa sigurnošću odredio točan položaj za stvaranje modela bršljana. U 3ds Max programu je postavljanje početne točke puno lakše zbog toga što se prilikom odabiranja dodatka miš pretvara u tri x,y i z osi. Pomoću tih osi točno se odabire mjesto početka stvaranja simulacije modela bršljana. Pod rednim brojem 3, prilikom modeliranja i primjene parametara nekoliko puta je došlo do nestanka parametara u Blender programu. Čim se pomakne scena ili objekt u 3D prostoru prilikom modeliranja bršljana nestanu svi parametri te se postupak mora ponoviti. U 3ds Maxu parametri su uvijek uključeni i ne nestaju stoga u ovom slučaju 3ds Max ima prednost nad Blenderom. Kod uzorka broj 4 nekoliko puta se Blender program prilikom promjene parametara srušio zbog preveliko unesenih vrijednosti. Kod 3ds Maxa bršljan se stvarao korak po korak. U 3ds Maxu postoji parametar za zaustavljanje simulacije kojom se u ovom slučaju potvrđuje prednost stvaranja simulacije modela bršljana. Pod rednim brojem 5 kod Blendera se konstantno mora svaki korak promjene ažurirati, dok se kod 3ds Maxa nakon promjene parametara tek kasnije vidi učinak parametara. U ovom slučaju Blender je bolji jer se točno zna koji parametar se promijenio u kojoj vrijednosti. Kod 3ds Maxa svaki model se ponovno mora mijenjati iako



program pamti korake i parametre podešene prije brisanja modela. Kod uzorka 6 broj parametara je veći u 3ds Max programu nego u Blenderu. 3ds Max ima puno više parametara od Blendera i kod stvaranja samog rasta, oblikovanja lišća i grana, tekstura itd. Teksture lišća u 3ds Maxu su unaprijed definirane i moguće je primijeniti druge željene teksture, dok kod Blendera toga nema, stoga je 3ds Max u prednosti kod uzorka pod rednim brojem 7. Modeli bršljana i u jednom i u drugom programu mogu se pretvoriti iz krivulja u objekte što je pozitivno kod uzoraka 8. Renderiranje u 3ds Max programu ima više oblika poput NVIDIA Mental Ray i V Ray iscrtavanja, dok se kod Blendera koristi samo jedan oblik iscrtavanja što prikazuje uzorak 9.

Redni broj	Ispitivani uzorci	Blender	3ds Max
1	Instalacija (umetanje) dodatka Ivy Generator	+	-
2	Umetanje ishodišne točke	-	+
3	Modeliranje bršljana sa promjenom parametara bez uvjeta	-	+
4	Zaustavljanje simulacije u bilo kojem trenutku stvaranja simulacije	-	+
5	Vraćanje parametara i ažuriranje	+	-
6	Veći broj parametara za izradu modela	-	+
7	Unaprijed definirane teksture lišća	-	+
8	Pretvaranje iz krivulja u objekte	+	+
9	Renderiranje	+	+

*Tablica 7. Prednosti između Blender i 3ds Max programa prilikom izrade modela bršljana pomoću dodatka Ivy Generator*

Uspoređujući dobivene slike iscrtavanjem iz oba programa sa originalnom fotografijom dobivamo velika odstupanja. Slika 30. prikazuje sve tri dobivene fotografije tegle, prva tegla dobivena uz pomoć fotoaparata, druga iscrtavanjem u Blenderu i treća iscrtavanjem u 3ds Max programu. Sve tri fotografije imaju različita odstupanja u vizualnom smislu. Već u prvom primjeru modela za izradu bršljana vide se određene različitosti. Za razliku od originalnog modela, model iscrtan u Blenderu razlikuje se prema nedovoljnoj transparentnosti listova koji su iscrtavanjem dobiveni tamniji. To može biti razlog i zbog upotrebe svjetla ili nedovoljne upotrebe svjetla. Listovi bršljana u 3ds Maxu su puno bolje iscrtani od Blendera.



*Slika 30. Referentna fotografija, iscrtana slika u Blenderu i iscrtana slika u 3ds Max programu*

Oblik grana koje su dobivene iscrtavanjem u Blenderu pravilnije su od referentne fotografije u kojoj su grane oblike kao i iscrtana slika u 3ds Max programu. U prvom primjeru izrade bršljana možemo vidjeti da bolji rezultat izrade bršljana prema što sličnijim karakteristikama referentne daje model iscrtane slike u 3ds Max programu. Prilikom same izrade bršljana problem koji je također uočljiv u oba dva primjera iscrtanih slika su u tome što nema automatsko podešavanje zakrivljenosti lišća. Listovi su previše ravni iako imaju različitu usmjerenost, ipak treba postojati određen stupanj zakrivljenosti kako bi listovi izgledali realnije.

Slika 31 prikazuje originalnu fotografiju i iscrtane modele bršljana na zidu. Za razliku od prošlog primjera gdje je bršljan bio izdvojen od tegle, u ovom slučaju modeli bršljana su usko vezani na model zida. Uspoređujući tri primjera sa slike vidimo da je primjer dobiven iscrtavanjem u Blenderu bolje ispao prema sličnosti od originalne fotografije nego model iscrtan u 3ds Maxu. To može biti iz više razloga, nedostatak upotrebe određene vrste svjetla ili pak manje iskustva u korištenju programskog alata. Listovi kod modela iscrtanog u Blenderu ponašaju se sličnije originalnoj slici. Ipak gornji lijevi dio gdje se nalaze mladi listovi svjetliji su u Blenderu nego u 3ds Maxu iako se nalaze u sjeni. Kod primjera iscrtanog modela u 3ds Max programu model ima ravne listove, te previše strše prema naprijed. U Blenderu ne



*Slika 31. Referentna fotografija, iscrtana slika u Blenderu i iscrtana slika u 3ds Max programu*

strše toliko, ali su također previše ravni, unutar Ivy Generator dodatka nema automatskog podešavanja zakrivljenosti listova osim rotacije stoga je manualno potrebno zakriviti listove, odnosno dodati krivulje svakom pojedinom listu kako bi postojala zakrivljenost.

Treći primjer prikazuje usporedbu modela bršljana na drvetu dobivenih iscrtavanjem u Blenderu i 3ds Maxu sa originalnom slikom. Na slici 32, gledajući sva tri primjera vidimo kako postoji bitna razlika među modelima. Za razliku od originalne slike oba modela primaju premalo ili previše svjetla. Gledajući originalnu sliku (slika lijevo) vidimo da ju okružuju mnogi drugi objekti koji utječu na njezino osvjetljenje. Deblo drveta je tamno, jer svjetlo pada odozgora, pored njega se nalaze i druga stabla koja prave sjenu. Pošto se u 3D prostoru nisu stavljali dodatni modeli, a osvjetljenje se primijenilo za oba iscrtana primjera drugačija su od originalne slike. Model bršljana iako su korištene jednake teksture izgleda svjetlije na iscrtanoj slici u 3ds Max programu prema iscrtanom modelu u Blenderu. Pošto su izrađeni modeli bršljana gusto raspoređeni na deblu drveta nije potrebno da listovi budu zakrivljeni. Model bršljana na drvetu je udaljen stoga se ni ne primjećuje pojedinačni oblik i pozicija listova kao takvih.



*Slika 32. Referentna fotografija (lijevo), iscrtana slika u Blenderu (sredina) i 3ds Max programu (desno)*

## 5. ZAKLJUČAK

Izrađeni modeli bršljana u zadanim 3D programskim alatima dobiveni su slično, ali i ne potpuno jednako u odnosu na referentne fotografije. Najsličniji model bršljana dobiven je kod modela tegle. Sama izrada simulacije modela biljke bršljana zadovoljava u oba 3D programa. Usporedbom dodataka za izradu modela bršljana, program 3ds Max ima puno veća svojstva i mogućnosti prilikom simuliranja modela, te već ima predefinirane teksture koje uspješno prikazuju simulaciju bršljana. Prilikom stvaranja modela bršljana u 3ds Max programu moguće je u bilo kojem trenutku zaustaviti rast, dok se kod Blendera konstantno mora paziti na vrijednosti i ponavljati postupci stvaranja modela. Oba programa veoma su dobra za izradu 3D modela bršljana i mogu dobro prikazati 3D okruženje. Iako imaju dobro temelje za izradu što realnijih sadržaja nikada neće moći prikazati savršenstvo prirode. Pomoću dodataka za izradu modela bršljana ne može se napraviti u potpunosti identična slika kao što je referentna fotografija. Kako bi se izradila što realnija slika u odnosu na referentnu sliku, svaki dio bi se posebno trebao manualno izraditi. Unutar Blender i 3ds Maxa dodatka za izradu bršljana postoji problem ne zakrivljenosti listova koji dodatno narušavaju cjelokupni realni izgled modela bršljana. Kako bi izgledao model što realističnije referentnoj slici trebale bi se izraditi ključne točke unutar 3D programa po kojima bi model bršljana rastao, time bi se dobila velika vjerojatnost i brža izrada modela što sličnijeg originalu.

Potvrđena je prva hipoteza koja govori da je 3ds Max dodatak Ivy Generator složeniji u odnosu na Blender dodatak u smislu sučelja i same izrade bršljana. 3ds Max ipak ima puno više mogućnosti za kontrolu i stvaranje simulacije modela bršljana.

Druga hipoteza govori o usporedbi programa prema dobivenim modelima. Dobiveni modeli mogu se uspoređivati među programima, ali ne znači da su se neki alati unutar pojedinog programa u potpunosti iskorišteni, a to ovisi o vremenu i znanju. Ipak, za što vjerniji prikaz scene potrebno je uložiti puno više vremena i znanja kako bi ti modeli bili što sličniji i realniji originalu.

Blender i 3ds Max su izvrsni trodimenzionalni programski alati koji se mogu koristiti u obrazovne svrhe, a upotreba ovakvih dodataka se može iskoristiti ipak uz malo znanja o svakom pojedinom programu. Treća hipoteza je potvrđena.

## 6. LITERATURA

- [1] Hatze H. (1974). The meaning of the term biomechanics, Journal of Biomechanics 7: 189–190 str.
- [2] Knutzen J. (2009). Generating Climbing Plants Using L-Systems, dostupno na: <http://www.cse.chalmers.se/~uffe/xjobb/climbingplants.pdf>
- [3]\*\*[https://www.reading.ac.uk/web/FILES/tsbe/Thomsit\\_TSBE\\_Conference\\_Poster\\_2013.pdf](https://www.reading.ac.uk/web/FILES/tsbe/Thomsit_TSBE_Conference_Poster_2013.pdf) 18 ožujka 2016.
- [4] Grgošić B. (2016). Simulacije modeliranja i animacije drveća u Blenderu, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet
- [5]\*\*<http://fractal.foundation.org/OFC/OFC-2-4.html>, 12. travnja 2016.
- [6]\*\*<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.119.3733&rep=rep1&type=pdf>, 14. travnja 2016.
- [7]\*\*[https://www.sciencedaily.com/terms/3d\\_computer\\_graphics.htm](https://www.sciencedaily.com/terms/3d_computer_graphics.htm) 14 travnja 2016.
- [8]\*\*<http://blog.digitaltutors.com/understanding-a-3d-production-pipeline-learning-the-basics/>, 20. travnja 2016.
- [9]\*\*<http://blog.digitaltutors.com/understanding-a-3d-production-pipeline-learning-the-basics/>, 25. travnja 2016.
- [10]\*\*<https://www.blender.org/manual/physics/introduction.html>, 5. svibnja 2016.
- [11]\*\*<http://www.upcomingvfxmovies.com/2014/03/3d-production-pipeline-pixar-vs-dreamworks/> 10. travnja 2016.
- [12]\*\*<http://www.moonman-pictures.com/10-interesting-blender-facts.html>, 11. travnja 2016.
- [13]\*\*<https://www.blender.org/about/>, 12. travnja 2016.
- [14] Hess R. (2010). Blender Foundations, © Elsevier, Burlington
- [15]\*\*[https://web.iit.edu/sites/web/files/departments/academic-affairs/Academic%20Resource%20Center/pdfs/3dsmax\\_interface.pdf](https://web.iit.edu/sites/web/files/departments/academic-affairs/Academic%20Resource%20Center/pdfs/3dsmax_interface.pdf), 10. lipnja 2016.
- [16]\*\*<http://blog.digitaltutors.com/cover-bases-common-3d-texturing-terminology/>, 10. lipnja 2016.
- [17]\*\*<http://michelanders.blogspot.hr/p/creating-blender-26-python-add-on.html>, 10. lipnja 2016.

[18]\*\*<http://blender.stackexchange.com/questions/6416/transparent-image-textures-in-cycles>, 12. lipnja 2016.