

# 3D vizualizacija automobila uporabom računalnih programa

---

**Muža, Robert**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2014**

*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:216:549376>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**GRAFIČKI FAKULTET**

**ROBERT MUŽA**

**3D VIZUALIZACIJA AUTOMOBILA  
UPORABOM RAČUNALNIH  
PROGRAMA**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2014



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

**ROBERT MUŽA**

**3D VIZUALIZACIJA AUTOMOBILA  
UPORABOM RAČUNALNIH  
PROGRAMA**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:  
Doc. dr. sc. Tajana Koren

Student:  
Robert Muža

Zagreb, 2014

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	TEORETSKI DIO .....	2
2.1.	Modeliranje .....	3
2.1.1.	Modeliranje sa poligonima.....	4
2.1.2.	NURBS krivulje .....	5
2.1.3.	Modeliranje dijeljenjem površine .....	6
2.2.	Izrada materijala i teksturiranje .....	7
2.3.	Animiranje .....	10
2.4.	Osvjetljavanje.....	14
2.4.1.	Osvjetljavanje uporabom HDRI slike .....	15
2.4.2.	Kamera u Mayi.....	19
2.5.	Renderiranje .....	21
2.5.1.	Vrste renderiranja u <i>Autodesk Maya</i> programu.....	23
2.5.2.	Vray render .....	24
2.5.3.	Antialias .....	25
2.5.4.	Indirektno osvjetljavanje ( <i>Indirect illumination</i> ) .....	26
2.6.	Postprodukcija.....	27
3.	EKSPERIMENTALNI DIO.....	29
3.1.	Tijek rada i metodologija .....	29
3.2.	Priprema scene i modeliranje .....	33
3.3.	UV Mapiranje .....	40
3.4.	Teksturiranje i izrada materijala.....	41
3.5.	Osvjetljavanje.....	47
3.6.	Renderiranje .....	51
3.7.	Postprodukcija.....	56
4.	REZULTATI I DISKUSIJA .....	62
5.	ZAKLJUČAK .....	72
6.	LITERATURA.....	74

## SAŽETAK

U ovom radu se ispituje kvaliteta vizualizacije produkta nastalog primjenom računalnih 2D i 3D programa u odnosu na rješenja dobivena metodom fotografiranja. Cjelokupni proces vizualizacije produkta uporabom 3D programa je kompliciran postupak, kako zbog njihove kompleksnosti tako i zbog potrebe poznavanja programiranja u ponekim segmentima rada. Ovisno o željenoj kvaliteti i namjeni produkta vrijeme potrebno za njegovu izradu prilično varira.

Za realizaciju je potrebno dobro poznavanje 3D programa koji omogućavaju izradu konačnog produkta. Programi za obradu slike dodatno povećavaju kvalitetu, te poboljšavaju izgled konačnog računalnog 3D produkta. U ovom diplomskom radu se prikazuje proces izrade vizualizacije automobila korištenjem programa *Autodesk Maya*, *Adobe Photoshop* i *Adobe After Effects*. U procesu su prikazani svi koraci, od početka izrade do konačnog produkta; od pripremanja referentnih slika, modeliranja objekta, preko izrada UV mapa, osvjetljavanja scene, teksturiranja objekta i scene, renderiranja, te postprodukcije. Konačni produkt se koristi u završnom dijelu rada radi usporedbe računalno generirane vizualizacije s vizualizacijama postignutim metodom fotografiranja.

**Ključne riječi: vizualizacija, 3D programi, fotografija, kvaliteta, Maya**

## **ABSTRACT**

In this paper we investigate the quality of visualization of product generated by using the computer 2D and 3D programs compare to the solutions obtained from the standard photographing. The entire process of production using 3D visualization software is a complicated process due to its complexity and the need for knowledge of programming in some segments of production. Time of production and development varies, depending on product quality and needs in production.

To realize and make good quality product, takes a good knowledge of 3D programs that allow making the final product. Using programmes for postproduction for image processing further enhances the quality and enhance the final appearance of the 3D computer product. This thesis will show the process of creating visualizations of cars by using Autodesk Maya , Adobe Photoshop and Adobe After Effects . The process will be shown step by step , from the beginning of creation to the final product , such as preparing the reference image , modeling evaluation, UV maps, lighting the scene , texturing the object, scene rendering and post-production . The final product will be used in the final part of the paper in order to compare computer-generated visualization with visualization achieved using photography .

**Keywords : visualization , 3D programs , photography , quality , Maya**

## 1. UVOD

3D modeliranje se svrstava među najzahtjevnije procese u računalnoj grafici. Tehnika 3D vizualizacije postala je često korišteni alat vizualizacije i prezentacije proizvoda u mnogim industrijama, pa tako i u automobilskoj. U osnovi, 3D modeliranje je proces kreiranja i vizualizacije određenog objekta pomoću računalnih programa. Kako bi završni model izgledao što realnije potrebno je dobro poznavanje rada u programima za modeliranje i naknadnu obradu. Osim poznavanja programa, potrebno je poznavanje fizikalnih svojstava objekata, materijala i okoline kako bi model bio vizualno što sličniji realnom objektu. Završnim procesom 3D renderiranja može se stvoriti 2D ili 3D slika modela iz jedne ili više perspektiva [1].

Postavlja se pitanje koji način vizualizacije produkta je bolji, brži i isplativiji; fotografiranje ili realizacija 2D i 3D računalnim programima. Tehnologija koja je danas prisutna omogućava veliki izbor načina vizualizacije.

U radu će se prikazati cijeli proces vizualizacije automobila marke Audi A4 2013 koristeći 3D program *Autodesk Maya 2013*, ali i dodatnih programa za obradu slike. Procesi kroz koje će se obraditi u radu su: modeliranje, izrada UV mapa, teksturiranje, osvjetljavanje, renderiranje, postprodukcija. Osim 3D programa *Autodesk Maya* upotrijebiti će se i programi poput *Adobe Photoshop*, *UV Layout* i *After Effects* koji će olakšati i ubrzati cijeli proces izrade. Tijek rada koji se koristi u eksperimentalnom dijelu, standardiziran je postupak, te se kao takav primjenjuje i u realnim firmama za izradu vizualizacija.

U eksperimentalnom dijelu rada izraditi će se vizualizacije automobila pomoću navedenih programa, te će se provesti ispitivanje. U ispitivanju će se dobivene 3D slike usporediti s vizualizacijama koje su nastale klasičnom metodom fotografiranja.



## 2. TEORETSKI DIO

Danas postoji mnoštvo programa koji se koriste za 3D modeliranje kao što su: *Autodesk Maya*, *Autodesk 3D Studio Max*, *Cinema 4D*, *Blender*, *Lightwave*, ... Svaki od tih programa, ukoliko se koristi na pravilan način, može dati vrlo kvalitetne i realne izlazne vizualizacije (sliku ili video). Kvalitetna vizualizacija proizvoda, koja će se koristiti u reklamama, promotivnim materijalima, promociji proizvoda i sl. bitan je faktor kod odabira tehnike vizualizacije. Obje tehnike (3D modeliranje i fotografiranje) imaju svoje prednosti i mane. Ukoliko se fotografiranje koristi kao tehnika rada, mane mogu biti: iznajmljivanje opreme, iznajmljivanje studija, plaćanje troškova prijevoza produkta do lokacije ili studija, čekanje povoljnih vremenskih uvjeta, nemogućnost kasnijeg mijenjanja osvjetljenja i drugih faktora poput kamere, lokacije i slično [2]. S druge strane kod izrade računalno generirane vizualizacije mane mogu biti: rad većeg broja ljudi u jednom timu, potrebno je vrlo dobro iskustvo i znanje pojedinaca unutar tima, sigurnost podataka ukoliko se radi o neobjavljenoj vizualizaciji, vrijeme, novac.

Kako bi se dobila kvalitetna 3D vizualizacija potrebno je detaljno proći kroz sve procese izrade modela u 3D programu. Prvi korak izrade je modeliranje pomoću kojeg se pokušava dobiti što realniji objekt sa što više detalja. Drugi korak je izrada UV mapa koje omogućavaju pravilno prikazivanje tekstura na površini modela. Treći korak je izrada materijala i tekstura koje objektu daju osobine poput boje, sjaja, refleksije, refrakcije i slično. Slijedeći korak je osvjetljavanje. Koristeći različite vrste osvjetljenja, materijala koji isijavaju svjetlost i tehnika poput osvjetljavanja na bazi slike (*Image base lighting*), cijeloj sceni ili samo objektu daje se vidljivost. Nakon toga slijedi animiranje pomoću kojeg se objektima u sceni daje pokret. To je korak koji nije uvijek prisutan jer ukoliko je ideja da se u konačnici napravi slika, model nije potrebno animirati. Renderiranje je najčešće posljednji korak koji se odvija unutar 3D programa. Tu dolazi do kalkulacije izlazne slike ili videa. O kvaliteti izrade vizualizacije u svim prethodnim koracima ovisiti će i konačna slika. Postprodukcija je posljednji korak u procesu gdje se provode potrebne korekture na izlaznoj slici ili videu i time dobiva konačni produkt. U postprodukciji se doraduju i korigiraju mnogi detalji, ali i dodaju određeni efekti (sjene) koji daju na većoj realnosti konačne vizualizacije.

## 2.1. Modeliranje

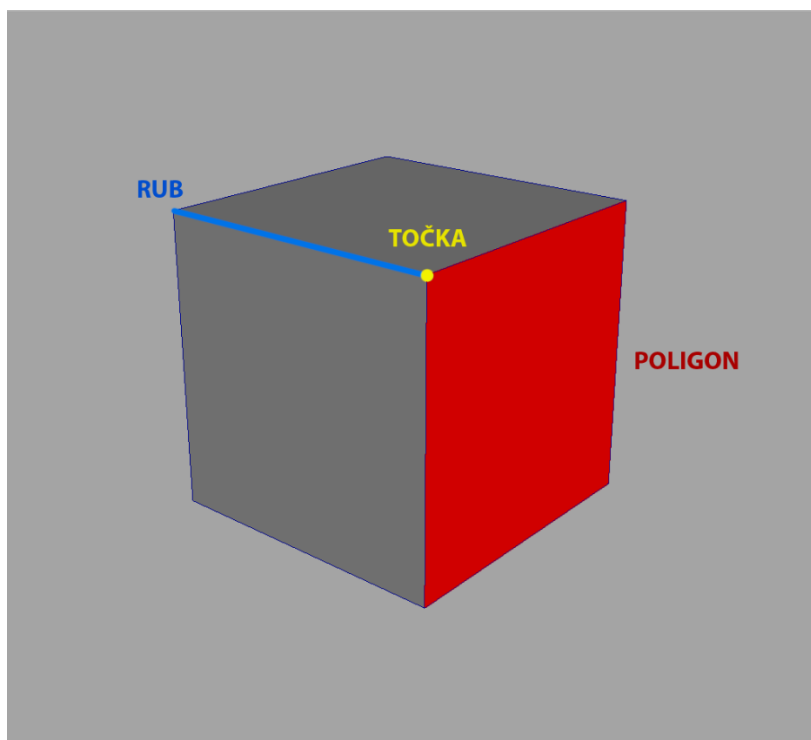
3D modeliranje je proces kreiranja matematičke reprezentacije trodimenzionalnog objekta. Ovisno o kompleksnosti objekta koji se pokušava modelirati ono može trajati od doslovno nekoliko sekundi pa i do nekoliko mjeseci. Za modeliranje se koriste skice, referentne slike ili makete modela koje su napravljene za taj specifični projekt. Osim stvaranja modela kroz korištenje specijalnih programa, moguće je kreirati modele kroz razne algoritme (proceduralno modeliranje) ili na način koji danas postaje sve uobičajeniji, a to je skeniranjem objekta i njegovo prevođenje u prepoznatljivi format na računalu. U filmskoj industriji ona se koristi u mnoge svrhe, od prikazivanja scena koje su nestvarne do prikaza scena u kojima glumci nisu mogućnosti snimati zbog prevelikog rizika za sigurnost. U medicini ona se koristi kako za edukaciju tako i za kompleksne simulacije ljudskoga organizma, u arhitekturi za vizualizacije zgrada i naselja u izradi, u auto industriji za simulacije automobila, te za njihovu vizualizaciju i slično.

Za potrebe izrade 3D modela koristi se nekoliko glavnih tehnika modeliranja, a to su: modeliranje sa NURBS krivuljama, modeliranje putem poligona i modeliranje *subdivision* površinama. Sa sve tri tehnike možemo dobiti jednaki konačni produkt, ali ovisno o izgledu objekta koji se izrađuje ponekad odluka o pravoj tehnici štedi vrijeme i smanjuje mogućnost nastanka komplikacija. Modeliranje glatkih, organskih površina bilo bi osjetno lakše uporabom NURBS tehnike dok bi za modeliranje objekata sa oštrim rubovima bila prikladnija uporaba tehnika modeliranja putem poligona.

U 3D programima postoje i takozvani primitivni objekti poput kocke, kugle, valjka, stošca, ravne pravokutne površine, kruga, kvadrata koji pomažu pri startu modeliranja ili pak kao konačni produkti [4].

### 2.1.1. Modeliranje sa poligonima

Osnova pri modeliranju 3D objekta je točka (*vertex*) u trodimenzionalnom prostoru. Dvije točke koje su međusobno povezane čine rub poligona (*edge*), tri točke međusobno povezane sa tri ruba definiraju trokut (*tris*) koji je najjednostavniji poligon (*polygon*) (Slika 1.). Četiri međusobno povezane točke čine četiri ruba i definiraju kvadratni poligon. Kvadratni poligoni su u većini slučajeva najpoželjniji poligoni (mekše, zaobljenije linije) jer pri animaciji dolazi do manje pojave pogrešaka no s druge strane razni programi i strojevi u industriji za rad trebaju upravo objekte koji su izgrađeni od trokuta. Kvadratni poligoni pružaju još jednu prednost, a to je da su površine objekata glatkije od površina izgrađenih trokutima. Neki 3D programi ne koriste striktno teoriju geometrije pa se može dogoditi slučaj da dvije točke budu povezane sa dva ruba ili da dvije točke dijele istu poziciju u trodimenzionalnom prostoru. Takve situacije mogu dovesti do problema u procesu izrade krajnjeg produkta i zbog toga se moraju ručno uklanjati.

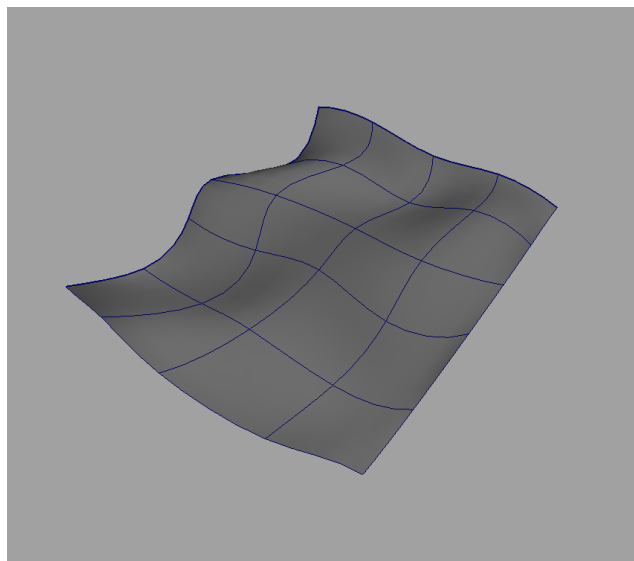


Slika 1. Prikaz točke (*vertex*), ruba poligona (*edge*) i poligona (*polygon*).

Iako je moguće izraditi model pomicanjem svake točke ručno puno jednostavnije je izraditi objekt koristeći neke od alata koje program nudi. Broj alata ovisi od programa do programa i njegovoj kompleksnosti. Neki od najvažnijih alata koji služe modeliranju u programu *Autodesk Maya 2013* su: *extrude*, *bridge*, *bevel*, *merge*, *slide edge*, *mirror geometry*, *smooth* [5]. Broj poligona na objektu povezan je sa rezolucijom, odnosno količinom detalja na njemu. Pri izradi kvalitetnih modela vrlo je važno imati lijepe linije poligona. To znači da se poligoni trebaju ravnomjerno povećavati i smanjivati, te imati pravilan tok kroz model. Time će se olakšati daljnji rad na modelu poput teksturiranja i modeliranja.

### 2.1.2. NURBS krivulje

Modeliranje sa NURBS ( *Non-Uniform Rational B-Splines* ) krivuljama u programu *Autodesk Maya* omogućava izradu 3D površina[6]. Najčešće se koriste za modeliranje organskih vrlo glatkih površina (Slika 2.). Za izradu objekta NURBS krivuljama koristi se puno manje krivulja nego što bi se koristilo poligona u modeliranju s poligonima. Prednost krivulja je to što daju točniju i detaljniju raspodjelu geometrije kroz objekt. Kvaliteta NURBS površina je linearna. Bez obzira na blizinu kamere naspram objekta njegova kvaliteta ne opada za razliku od objekata izrađenih od poligona, kod kojih se vide površine iz koje su izrađeni.

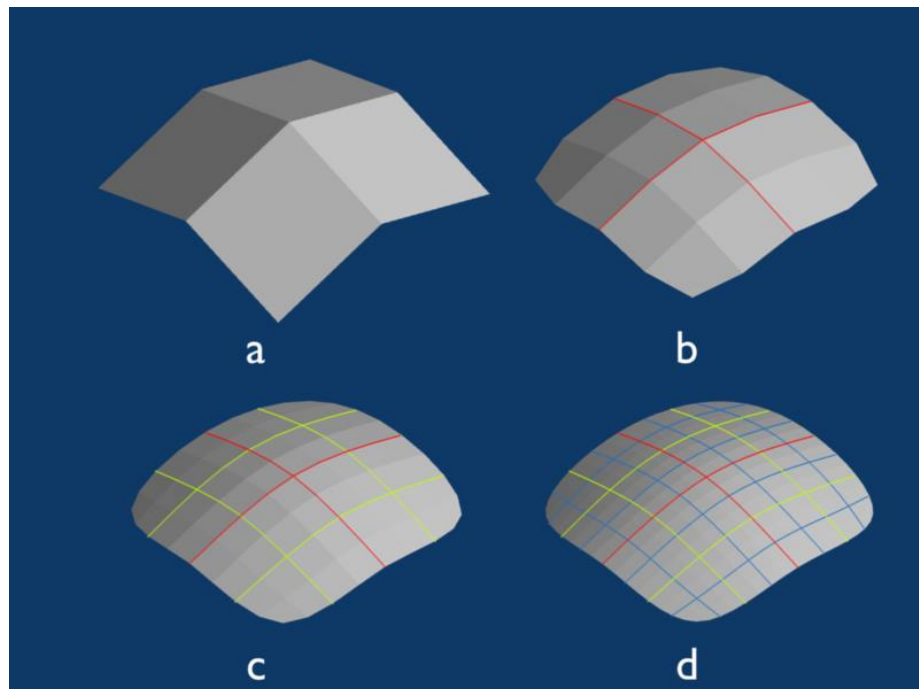


*Slika 2. NURBS površina*

Pri modeliranju sa krivuljama najprije se postave kontrolne točke kojima označimo put krivulje i uporabom tih točaka odredimo geometriju. Kontrolne točke su uglavnom postavljene izvan geometrije i njihovim pomicanjem pomičemo dio geometrije. Tijek izrade geometrije trebao bi početi s osnovnom jednostavnijom geometrijom. Kasnije tijekom rada trebali bi se dodavati novi detalji i dodatno oblikovati objekt.

### 2.1.3. Modeliranje dijeljenjem površine

Modeliranje dijeljenjem (eng. *subdivide*) površine ima karakteristike poligonarnog modeliranja i modeliranja NURBS krivuljama. Izrada objekta ovom tehnikom započinje izradom oblika putem poligona nakon čega slijedi dijeljenje površine. To znači da se svi rubovi poligona smatraju krivuljama i između njih se primjenjuje algoritam NURBS krivulja. NURBS krivulje lako je pretvoriti u poligone i obratno tako da se u bilo kojem trenutku modeliranje objekta može nastaviti drugom tehnikom, ovisno o želji kreatora (Slika 3.).



Slika 3. Podjeljivanje površine kroz 4 koraka

(Izvor: <http://cse1.net/recaps/13-av.html>)

## 2.2. Izrada materijala i teksturiranje

Nakon prvog koraka izrade modela, u drugom koraku se modelu daju površinska tekstura, boja i ostali detalji. Teksturiranje je proces postavljanja slike ili videa na površinu 3D objekta. To si najlakše možemo predočiti kao zamatanje poklona u ukrasni papir. Teksture mogu biti fotografirane, crtane ili generirane u obliku videa, a uglavnom ih je potrebno korigirati ukoliko su slikane fotoaparatom. Za potrebe izrade tekstura koriste se programi poput npr. *Adobe Photoshop-a*, *Adobe Illustrator-a*, *Crazy bump*. Veličina tekstura koje postavljamo na 3D objekt ovisna je o međusobnoj udaljenosti objekta i kamere koja ga snima. Bliže postavljanje kamere površini objekta iziskuje veće teksture na površini objekta. Kako bi se teksture postavile na objekt moraju se mapirati što znači da se mora provesti proces preslikavanja teksture na površinu objekta. Mapiranje se prema obliku može podijeliti na sferično, cilindrično, kubično, planarno ili UV mapiranje.

**Planarno mapiranje** – se provodi poput ortografskog preslikavanja teksture na objekt. Idealno za ravne plosnate objekte, no ne i za kuglu, kocku ili slične trodimenzionalne objekte.

**Sferično mapiranje** – se koristi za objekte sferičnog oblika poput lopte.

**Cilindrično mapiranje** – se upotrebljava za cilindrične oblike modela poput čaša i sličnih valjkastih objekata.

**Kubično mapiranje** – Radi na principu planarnog mapiranja, ali na malo kompleksniji način. Pri toj vrsti mapiranja upotrebljavaju se 6 ortografskih projekcija na objekt.

**UV mapiranje** – Za savršeno prianjanje tekstura na površinu objekta potrebno je koristiti ovaj način mapiranja. Mapiranje se provodi koristeći alate unutar 3D programa ili pak koristeći druge vanjske programe.

Proces izrade materijala i tekstura je vrlo bitan faktor koji utječe na realan izgled modela. U tom procesu izrađuju se materijali (*shaderi*) kako bi se prikazale metalne, plastične, gumene, staklene, tekstilne i ostale površine (Slika 4.). Postoji gotovo neograničena mogućnost

kombinacije materijala i postavki kako bi se dobile sve vrste materijala pa čak i neke izgled materijala koji ne postoje u realnoj okolini (boje, svjetlost, teksture). Ovisno o programu koji se koristi, alati za izradu materijala, se razlikuju po funkcijama, načinu izrade i kompleksnosti.

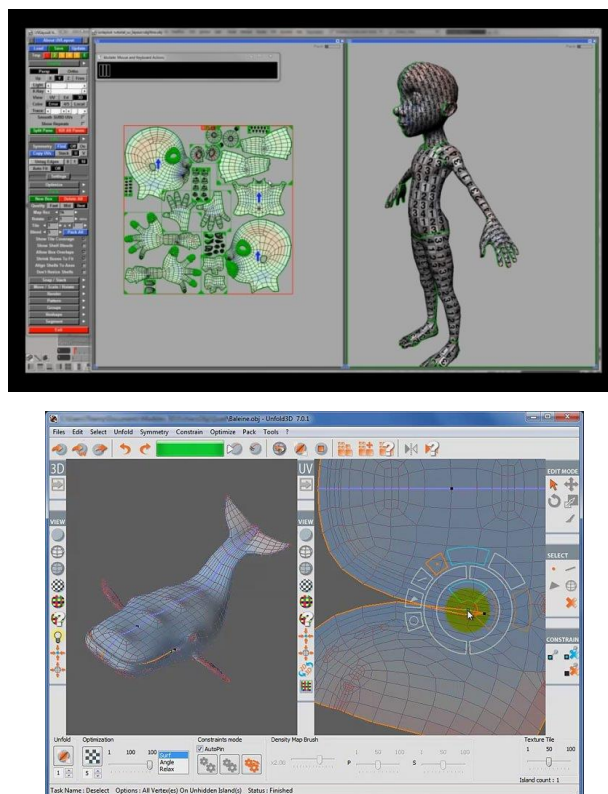
Izrada osvjetljenja u sceni direktno utječe na izgled materijala pa ukoliko kreator modela nije iskusan i pažljiv vrlo lako dolazi do poteškoća u izradi konačnog fotorealističnog produkta. Vrlo je važno sve parametre unutar scene držati što bliže realnima. Tako bi na primjer pri vizualizaciji modela sata dimenzije trebale biti u granicama normale, a ne nekoliko metara što se nerijetko događa neiskusnim kreatorima. Isto pravilo vrijedi i za uporabu osvjetljenja.



*Slika 4. Različiti 3D materijali*

(Izvor: <http://area50one.deviantart.com/art/Cinema-4d-Vray-Materials-345052820> )

Kako bi dobili pravilno postavljene teksture i materijale na površini modela potrebno je izraditi UV mape. Svaki dio modela koji je zaseban objekt treba imati zasebnu UV mapu. One se mogu izraditi unutar 3D programa ili pak koristeći posebne vanjske programe. Neki od takvih programa su *UV Layout* i *Unfold 3D* (Slika 5.). Izrada mapa je vrlo slična u svim programima Program *UV Layout* za razliku od Mayinog internog alata *UV Texture Editor* prikazuje dijelove previše rastegnute ili previše skupljene teksture. To uvelike olakšava pronalazak iskrivljenih dijelova teksture i njihovu lakšu korekciju. *UV Layout* također ima poveznice za *import* i *eksport* objekata u *Mayu* i obratno što štedi vrijeme zasebnog *eksportiranja* objekata i mapa.



Slika 5. Prikaz *UV Layout* (gore) i *Unfold 3D* programa (dolje)

(Izvor: [http://www.headus.com/phpbb/files/tutorial-uvlayout-screenshot\\_s\\_100.jpg](http://www.headus.com/phpbb/files/tutorial-uvlayout-screenshot_s_100.jpg) )



### 2.2.1 Vray materijali

U eksperimentalnome dijelu rada koristi se program *Autodesk Maya* sa plugin renderom *Vray*. Unutar Maya programa postoji dvanaest različitih Vray materijala. Vray materijali su jedni od najkompleksnijih unutar 3D programa i nude gotovo beskonačnog broj mogućih kombinacija boja, fizikalnih osobina, tekstura i dr.

***VRayMtl*** – standardni materijal koji sadrži sve opcije potrebne za izradu realnog materijala.

***VRayMtl2Sided*** – materijal koji omogućava vidljivost svjetla iza objekta poput papira, lišća, kože, svijeće,...

***VRayLightMtl*** – specijalni materijal koji omogućuje objektu da emitira svjetlost.

***VRayMtlWrapper*** – omogućuje renderiranje samo željenih i određenih svojstava objekata (npr. renderiranje samo sjena objekta).

***VRayMtlRenderStats*** - omogućuje određivanje dodatnih render postavki za određeni materijal.

***VRayFastSSS2*** – specijalni materijal dizajniran za renderiranje poluprozirnih površina (koža).

***VRayBlendMtl*** – opcija za spajanje i kombinaciju svojstava različitih materijala.

***VRaySymbiontMtl*** – materijal koji omogućava renderiranje *Vray Dark Tree shadera*.

***VRayMeshMaterial*** – materijal koji spaja *shadere* na *Vray proxy*.

***VRayBumpMtl*** – opcija koja omogućuje dodavanje bump i normal mapa na željeni materijal.

***VRayCarPaintMtl*** – kompleksan materijal koji simulira metalik boju automobila.

***VRayHairMtl3*** – materijal potreban za renderiranje kose i krzna.

U eksperimentalnom dijelu rada uz *VrayMat* materijal koristiti će se i *VrayCarPaintMtl* koji je kompleksan materijal i izrazito dobro simulira metalik boju automobila. Dobivanje točno specifične metalik boje u 3D programu je kompleksan proces jer uključuje korištenje

različitih svojstava (specifična svojstva metalnih boja, sjene, refleksija). Prvi sloj je boja osnovnog metala automobila koja je djelomično reflektivna, drugi sloj je glavni lak, treći sloj boja je sa metalik zrnacima i četvrti, površinski je reflektivni sloj. Vray materijal za simulaciju automobilske boje se sastoji od 3 sloja. To su: osnovna boja, zrnaca i površinski reflektivni sloj. Svaki od ta tri dijela materijala ima dodatne postavke gdje se određuju količina refleksije svakog od sloja, tekstura izbočina za sloj laka, veličina, gustoća, boja, orijentacija metalik zrnaca i druge postavke. *VRayMtl* je najosnovniji materijal koji se koristi unutar *Vray Maya* rendera. On nudi veliku paletu različitih postavki i mogućnosti. Kako se Mayini materijali zasnivaju na izradi korištenjem *nodova* tako se izrađuju i Vray materijali [7].

*Nodovi* su proceduralne teksture generirane u Mayi ili importirane u program kao bitmape, a koriste se za definiranje materijala (boje, atributi materijala, izgled površine materijala). Za razliku od ovog načina neki drugi programi izradu materijala zasnivaju na uporabi *layera*. Sada će se ukratko opisati 6 osnovnih termina materijala koji se koriste u Vrayu.

**Boja (*Color*)** - predstavlja osnovnu boju materijala, ali ne i izlaznu boju nakon rendera jer ovisi o količini refleksije i prozirnosti materijala.

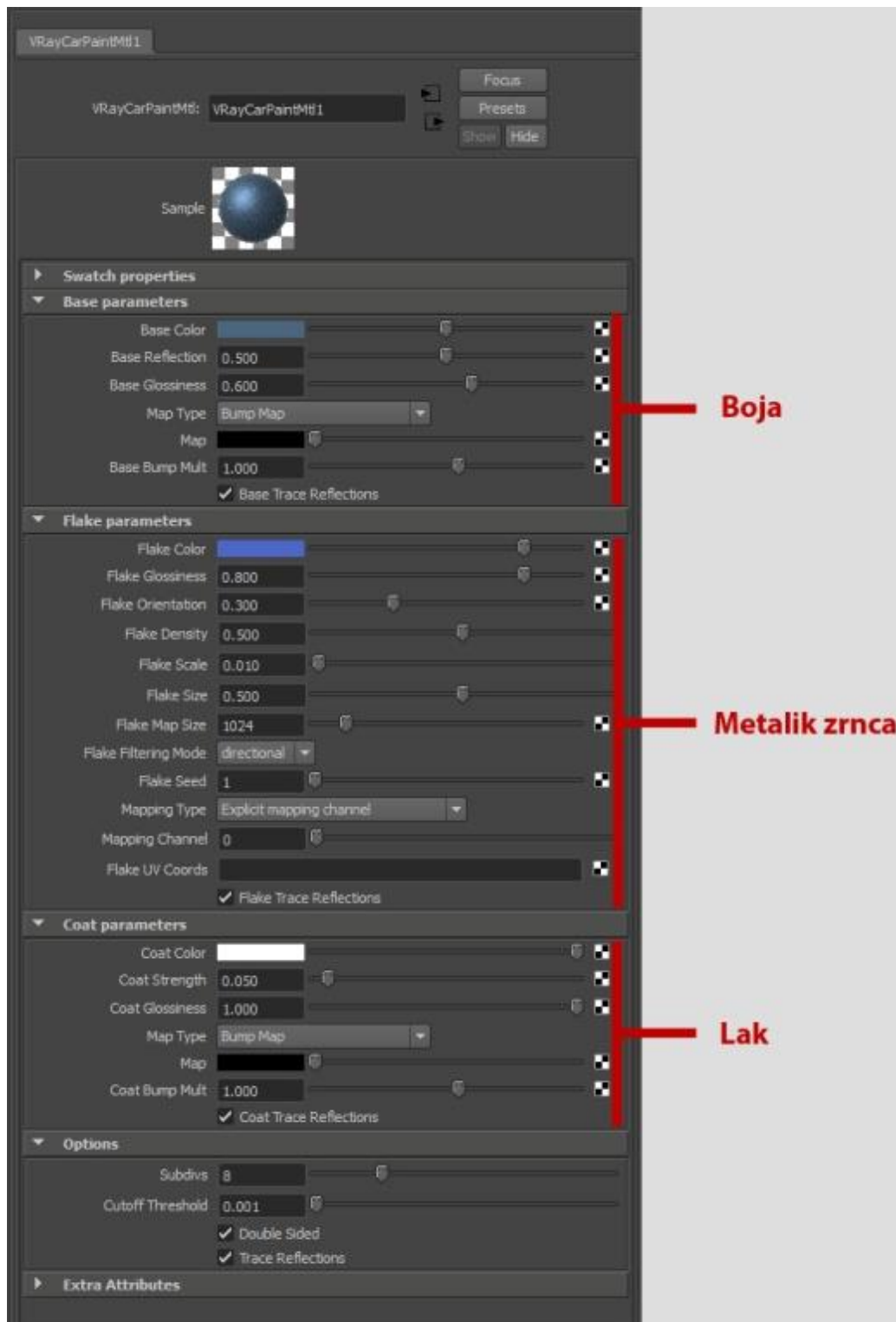
**Isijavanje (*Self-illumination*)** – predstavlja samoisijavanje svjetlosti iz samog objekta. Objekt koji isijava svjetlost nema sjena.

**Refleksija (*Reflection*)** – predstavlja refleksiju materijala (metal, zrcalo,...).

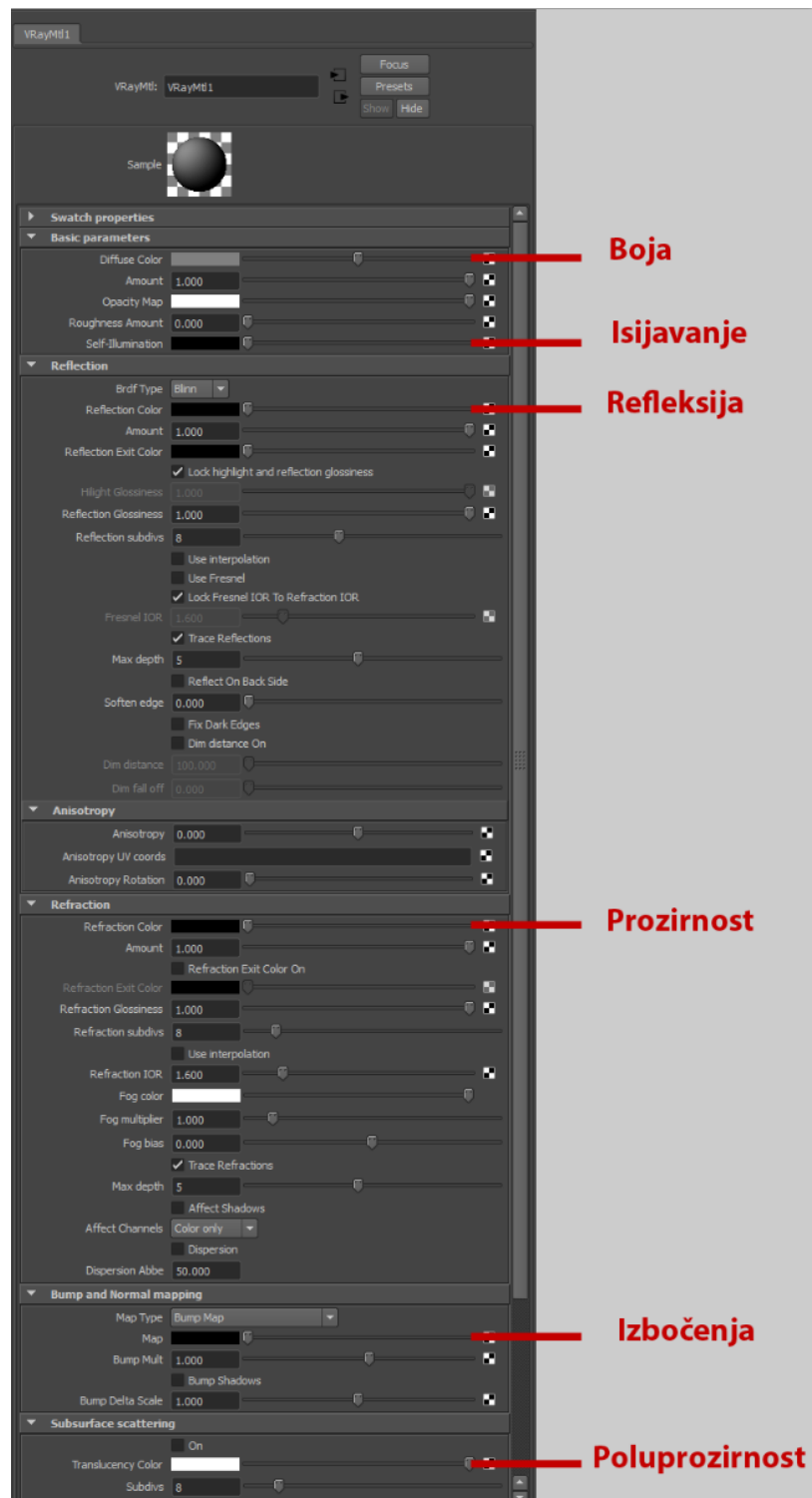
**Prozirnost (*Refraction*)** – predstavlja prozirnost materijala (voda, staklo,...).

**Izbočenja (*Bump and Normal mapping*)** – predstavlja izbočenja na površini materijala uporabom *bump* ili *normal* mape. Izbočenja nisu geometrijska već 2D (prividna) .

**Poluprozirnost (*Subsurface scattering*)** – predstavlja poluproziran materijal odnosno materijal kroz koji se može vidjeti pod jakim osvjetljenjem (koža, papir, svijeća).



Slika 6. Prikaz VrayCarPaintMtl materijala



Slika 7. Prikaz izgleda VrayMat atributa

### 2.3. Animiranje

Računalna animacija je proces izrade animiranih slika koristeći računalnu grafiku. Uzastopno ponavljanje sličnih slika brzinom od 24 do 30 slika u sekundi dovodi do prividnog kretanja objekta na zaslonu. Proces animacije se izvodi unutar 3D programa upotrebljavajući nekoliko tehnika.

Tehnike koje se mogu koristiti su:

**Keyframe Animacija** – je postavljanje animacije unutar vremenske trake. Svaki zasebni segment animacije koja se želi dodati na vremensku crtu, se postavlja unutar *keyframe-a*. Keyframe označava poziciju i interval na vremenskoj crti. Pomicanjem objekta na novu poziciju i određivanjem novog vremena postavlja se drugi *keyframe*. Između ta dva *keyframe-a* izrađuje se interpolacija, te računa pozicija objekta u vremenskom intervalu između dva zadana.

**Animacija po krivulji puta (*Path Animacija*)** – metoda koja pomiče objekt po točno određenom putu na prethodno definiranoj krivulji. Put se postavlja izradom NURBS krivulje za koju se „pričvršćuje“ objekt uporabom alata unutar programa. Drugi korak je određivanje u kojem vremenskom razdoblju će objekt preći put po krivulji.

**Simulacija dinamike (*Dynamic Animation*)** – metoda izrade animacije korištenjem alata koji simuliraju fizičke karakteristike objekata. Simulacije mogu biti različitog tipa poput simulacije krutih tijela (*rigid body simulation*), simulacije mekih tijela (*soft body simulation*), simulacija fluida (*fluid simulation*). Dok se simulacije krutih i mekih tijela izvode na jednostavniji način pridodavanja fizičkih svojstva objektu, simulacije fluida su puno kompleksnije. Za njih je potrebno izraditi čestice (*particles*) koje imaju međusobnu interakciju i interakciju sa okolinom. Takve simulacije koriste vrlo mnogo računalne memorije pa ih je zato i teže kreirati.

## 2.4. Osvjetljavanje

Osvjetljavanje je jedan od najbitnijih koraka pri dobivanju fotorealističnog modela. Korak osvjetljavanja posebno je bitan u vizualizaciji objekta poput npr. automobila, jer je potrebno simulirati svjetlo umjetnih lampi koje se koriste kod fotografiranja u studiju. Osoba koja radi na fazi osvjetljavanja mora biti vrlo dobro upoznata sa ponašanjem svjetla u prirodi kako bi to znanje iskoristila u programu, a u svrhu što realnijeg konačnog izgleda izlazne slike (render slike). Za potrebe osvjetljavanja, ali i konačne kompozicije vizualizacije, potrebno je vrlo dobro poznavanje fotografije jer su osnovni principi rada obje metode vrlo slični. Osvjetljavanju se u 3D modeliranju ne pridaje dovoljno pažnje. Mali je broj stručnjaka u tom području koji su u mogućnosti izraditi potpuno realistične slike ili video. Nerijetko je slučaj da se modeliranjem dobije model vrlo visoke kvalitete, ali se lošom uporabom svjetala dobiju nezadovoljavajući rezultati. Način osvjetljavanja scene nije proces koji se jednostavno može primijeniti na sve druge scene, a da se dobije jednaki konačni rezultat. Osim pozicije rasvjete potrebno je namjestiti i niz različitih parametara za osvjetljenje i render kako bi se dobila kvalitetna izlazna slika. Korištenjem različitih parametara osvjetljenja utječe se na izgled izlaznih slika i krajnji doživljaj vizualizacije kod promatrača. Iako su renderi slika posve realistični ponekad slici nedostaje određena emocija, zbog koje promatrač može jasno uočiti razliku između 3D vizualizacije i fotografije. Broj postavljenih rasvjeta unutar scene je ovisan o samoj sceni i o želji autora da ju prikaže u određenom tonu i raspoloženju. Tako scene mogu sadržavati od jednog pa do nekoliko desetaka svjetala po sceni.

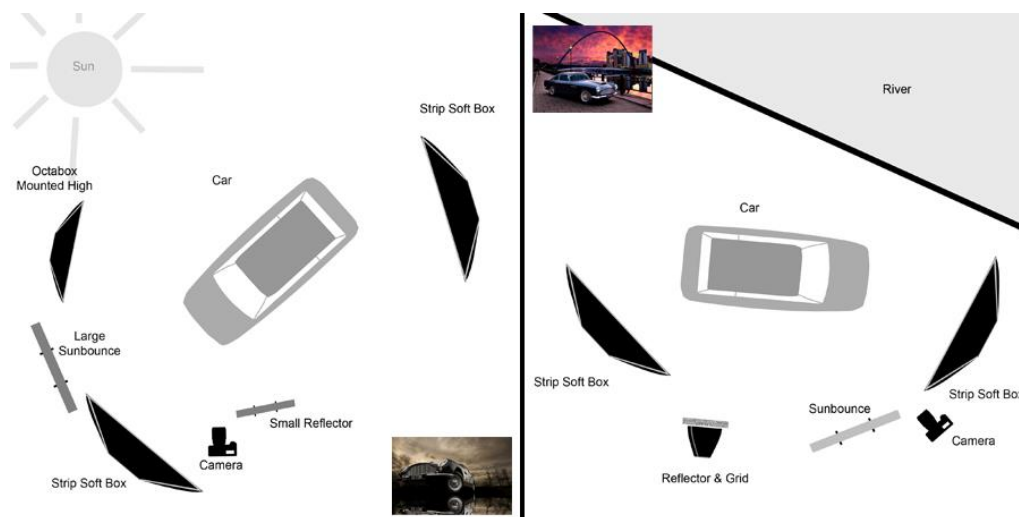
Fotografiranje unutar i izvan studija zahtijeva različit način osvjetljavanja. Studijsko osvjetljavanje u većini slučajeva zahtijeva uporabu većeg broja svjetala nego što bi se koristilo u vanjskim uvjetima (Slika 8.). Njihovo postavljanje nije jednostavno i zahtijeva mnogo iskustva. Glavni način osvjetljavanja je koristeći *softbox svjetla*, reflektore i odbijače svjetla gdje reflektori ponajviše služe u svrhu osvjetljavanja okolnog prostora automobila[8].



*Slika 8. Studijsko osvjetljavanje automobila*

(Izvor: <http://s3files.core77.com/blog/images/2012/02/0carphotogr09.jpg>)

Ukoliko se fotografiranje vrši izvan studija u prirodnom okruženju pri dnevnom osvjetljenju može se upotrijebiti ista tehnika osvjetljavanja no uglavnom, ovisno o uvjetima, nije potrebno koristiti isti broj svjetala (Slika 9.).



*Slika 9. Osvjetljenje u vanjskim uvjetima*

(Izvor: <http://www.ambientlife.co.uk/section208954.html>)

Unutar 3D programa postoje različiti izvori svjetla, a to su gledajući *Autodesk Maya* program: *ambient light*, *directional light*, *point light*, *spot light*, *area light*, *volume light*. Osim korištenja navedenih izvora svjetlosti u Mayi je moguće emitirati svjetlost uporabom određenih materijala. Apliciranjem materijala (u eksperimentalnom dijelu Vray materijal *VrayLightMtl*) na objekt on postaje izvor svjetlosti. Osim navedenih načina postoje još dva načina osvjetljavanja. Prvi način je korištenjem *Sun* i *Sky node*-a čime se scena obasjava svjetlošću jednakim kao što u prirodi obasjava Sunce. Drugi način je vrlo efikasan i gotovo neophodan način dobivanja realističnog osvjetljavanja scene, a postiže se uporabom slike (*Image based lighting*).

**Ambijentalno svjetlo (*Ambient light*)** – svjetlo koje osvjetljava u dva koraka ili načina. Prva svjetlost osvjetljava u svim smjerovima, slično kao i *point light* (točkasti izvor svjetla), dok je drugi dio svjetlosti postavljen tako da osvjetljava iz svih smjerova. Ambijentalno svjetlo mogli bi usporediti sa žaruljom upaljenom na otvorenom prostoru pri dnevnom svjetlu.

**Usmjereno svjetlo (*Direct light*)** – usmjereno svjetlo se ponaša kao daleki i jaki izvor svjetlosti kao što je Sunce. Ono svijetli ravnomjerno u jednome smjeru pri čemu se zrake svjetlosti paralelne jedna s drugom. Rotacijom pozicije svjetla u programu određuje se smjer kretanja zraka koje osvjetljavaju objekt ili scenu. Također je moguće i odrediti točan kut pod kojim će se objekt osvjetljivati. Može se koristiti za simulaciju automobilskih svjetala ili lampe.

**Površinsko svjetlo (*Area light*)** – šalje svjetlo iz dvodimenzionalnog izvora koje ima oblik pravokutnika. Za razliku od drugih svjetala vrijeme potrebno za renderiranje je duže jer daje realističnije osvjetljenje objekata i njihove sjene. To osvjetljenje ima karakteristike realnog izvora svjetla (*physically accurate light*). Uglavnom se upotrebljava za simulaciju svjetla koje dolazi kroz prozore ili za osvjetljenje iz zaslona poput monitora.



**Volumno svjetlo (*Volume light*)** – svjetlo koje je po osnovnim svojstvima osvjetljavanja jednako točkastom izvoru svjetla. Promjenom postavki u programu mijenja se oblik i veličina svjetla čime se dobivaju posve drugačije linije osvjetljenja.

**Točkasti izvor svjetla (*Point light*)** – svjetlo čije se zrake kreću ravnomjerno u svim smjerovima iz jedne beskonačno male točke. Takav izvor se koristi pri osvjetljenju prostora žaruljom ili kako bi se simulirala svijetlost zvijezde.

**Reflektorsko svjetlo (*Spot light*)** – svjetlo koje ravnomjerno šalje zrake točno određene širine.

Svaki izvor svjetlosti se može razdijeliti na četiri glavne komponente: intenzitet, smjer, boja, veličina. Ponekad se u terminologiji za navedene komponente koristi ime “Kvaliteta svjetla“ (*Quality of light*).

**Intenzitet** - intenzitet svjetla može se jednostavno definirati kao količina svjetla koju izvor emitira. Pretjerivanjem u intenzitetu svjetla dolazi do preeksponiranja objekta i gubljenje detalja koje je gotovo nemoguće u kasnijim procesima korigirati.

**Smjer** – postavljanje pravilnoga smjera svjetla omogućuje iscrtavanje detalja modela kako bi se naglasile određene linije ili karakteristike. Nepravilno postavljen smjer uzrokuje “ispiranje“ boje i detalja.

**Boja** – odabirom toplih, hladnih ili kombinacijom boja utječe se na ugođaj slike.

**Veličina** – Veličina izvora svjetla ima najveći utjecaj na sveopće raspoloženje scene. Maleni izvori svjetla uzrokuju vrlo oštre sjene unoseći “nemir“ u scenu. Takvi izvori svjetla su poput ručne svjetiljke ili žarulje. Veliki izvori svjetla daju mekše sjene i time daju osjećaj “opuštenosti“ scene.

#### 2.4.1. Osvjetljavanje uporabom HDRI slike

*Image based lighting* je tehnika osvjetljavanja scene uporabom HDRI slike (*High Dynamic Range Image*)[9]. HDRI slika je visoko dinamična slika koja sadrži mnogo više podataka o osvjetljenju od fotografije nastale standardnim načinom fotografiranja (Slika 10.). Razlog iz kojeg HDRI slika ima više podataka je u tome što su takve slike dobivene korištenjem nekoliko različitih ekspozicija. Nakon snimanja se uz pomoću posebnog programa spoje u jednu visoko dinamičku sliku koju koristimo unutar 3D programa. Korištenjem HDRI panoramske slike od 360 stupnjeva objekti dobivaju visoku dozu realizma. Količina osvjetljenja, sjene i nastale refleksije potpuno odgovaraju realnom osvjetljenju. Kako bi se dobilo takvo realistično osvjetljenje potrebno je koristiti određene postavke rendera koje omogućuju kalkulaciju odbijanja svjetlosti unutar scene.



*Slika 10. HDRI slika*

(Izvor: [http://s3.amazonaws.com/estock\\_dev/fspid13/48/26/88/ginza-handheld-hdri-482688-o.jpg](http://s3.amazonaws.com/estock_dev/fspid13/48/26/88/ginza-handheld-hdri-482688-o.jpg))

#### 2.4.2. Kamera u Mayi

Kamere u 3D okruženju tj. 3D programima služe za snimanje scene i dobivanje 2D ili 3D slike. U realnom okruženju kamere bi zapravo bile isto kao i fotoaparat ili ljudsko oko. Prednost kamerama u odnosu na fotoaparate je pozicioniranje kamere u prostoru. Virtualna kamera može se zakretati i pomicati u bilo kojem smjeru, dok npr. fotoaparat tj. fotograf ne može. Krajnji rezultat pozicije kamere je dvodimenzionalna slika objekta u prostoru. Također kameri se može dodati svojstvo kretanja za snimanje animacija, što također drži određenu prednost nad snimanjem realnih scena (mogućnost lakog korištenja svojstva fotografiranja i snimanja) (Slika 11.). Kamere u 3D programu nisu ograničene kao npr. fotoaparat svojom težinom i veličinom, a omogućuju snimanje sitnih, ali i glomaznih objekata itd. [10]. Snimanje scene omogućava da se koriste i kamere s različitim fokusima koji mogu s time smanjiti ili povećati ukupnu veličinu slike.

U programu Maya postoje četiri kamere koje prikazuju neku scenu.

To su:

- kamera perspektive
- prednja - nacrt
- stražnja -bokocrt
- tlocrt

Osim četiri osnovne, postoje i kamere koje koriste određene karakteristike materijala, pogled kroz staklo, određene specijalne teksture, kamera koja „baca“ sjenu itd.

Prema vrsti kamere se mogu podijeliti na:

- statičke
- animirane
- stereoskopske

Statičke i animirane kamere koriste se kod statičkih (bez pokreta) i animiranih (pokretnih) scena. Stereoskopska kamera koristi se kod kreiranja trodimenzionalnih iluzija i doživljaja, kada je potrebno dodati dubinu polja u scenu. U programu Maya preko posebnih algoritama izračunavaju se sve vrijednosti koje utječu na dobivanje dubine.



Slika 11. Različiti pogledi kamere

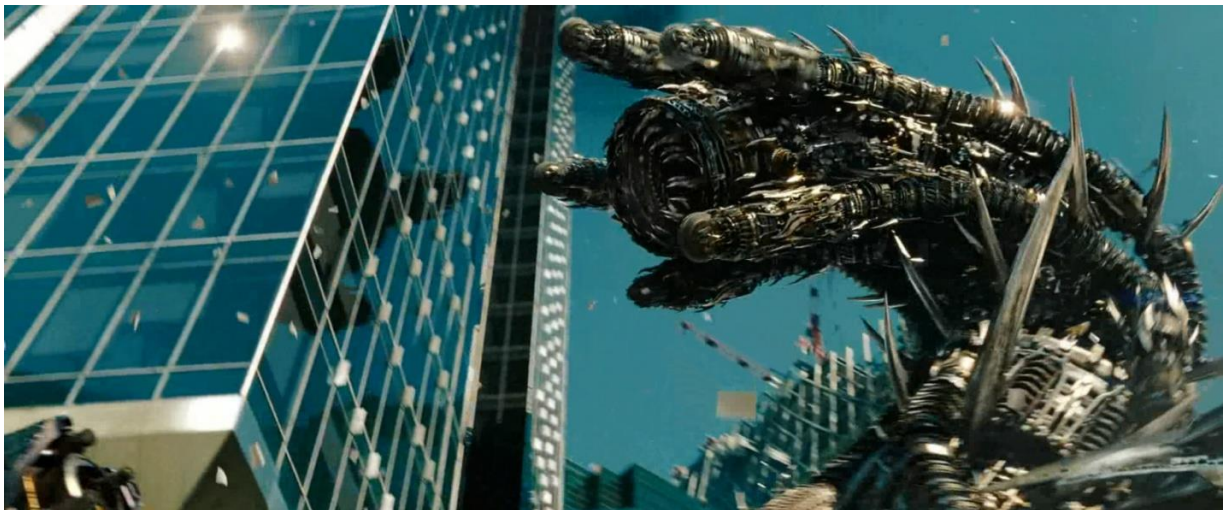
(Izvor: <http://www.cgw.com/images/media/News/Marc/Motionbuilder2013Viewer450.jpg>)

Prilikom rada s kamerom i kasnijeg snimanja važno je odrediti veličinu slike i podesiti ju u programu. Odabir prave veličine slike isključivo ovisi o upotrebi modela nakon modeliranja i obrade, željama klijenata i sl.

## 2.5. Renderiranje

Renderiranje je posljednji korak pri izradi 3D produkta, a predstavlja stvaranje izlazne slike modela. Renderirana scena sadrži mnoge informacije kao što su podaci o objektima i elementima kao što su podaci o geometriji, poziciji, teksturi, osvjetljenju. Svi ti podaci šalju se u render program na obradu kako bi dobili izlazni produkt (slika ili video). Uporaba GPU-a (*Graphic procesor unit*) i CPU-a (*Central procesor unit*) bitna je pri prikupljanju i analiziranju tih podataka. Što je veća grafička i procesorska moć računala, podaci će biti

brže prikupljeni i obrađeni. Danas postoje mnogi programi za renderiranje koji mogu biti integrirani unutar određenog 3D programa. Neki od programa za renderiranje su: Mental ray, Vray, Octane, Maxwell, Key shot,... Poznavanje render postavki je bitan faktor kako bi se dobile realistične slike i optimiziralo njihovo generiranje. Vrijeme potrebno za generiranje slike ovisi o svim ranije navedenim koracima izrade modela, odnosno o kompleksnosti cijele scene. Male i jednostavne scene mogu biti renderirane u roku nekoliko sekundi dok za veće scene, poput filmskih scena s velikim brojem objekata, kompleksnih tekstura i izvora svjetlosti renderiranje može trajati i po nekoliko dana za jednu sliku. Na primjer tako je u filmu *Transformers: Dark of the Moon* u određenim scenama vrijeme za render jedne slike bio 288 sati (Slika 12.).



*Slika 12. Slika za čiju je izradu render trajao 288 sati*

*(Izvor: <http://transformers.wikia.com/wiki/Driller> ).*

Performanse računala su se zadnjih godina se drastično povećala povećale stoga se i rad u programima poput 3D programa znatno olakšao i ubrzao. Kompleksne simulacije poput vatre, dima, ili vode i ostalih fluida postale su sastavni dio filmova, slika i reklama. Takve simulacije izvode se u gotovo svim 3D programima, no za još bolje rezultate koriste se i vanjski programi poput *Realflow*, *Houdini*, *Fume FX*,...

### 2.5.1. Vrste renderiranja u Autodesk Maya programu

Program Maya nudi nekoliko različitih načina renderiranja ovisno o željenom konačnom produktu. Tako nudi: *Maya Software Render*, *Maya Hardware Render*, *Maya Vector Render*, *Mental Ray*.

***Maya Software Render*** – je napredni *multi-thread* render kojeg je moguće povezati sa svim dijelovima Maya programa. To je hibridni render koji nudi mogućnost *raytracing*-a i brži render naspram *scan-line*-a. Također, još jedna od prednosti je IPR render (*Interactive Photo Realistic rendering*). To je alat koji omogućuje interaktivno podešavanje izlazne slike rendera što je velika prednost pri render produktivnosti.

***Maya Hardware Render*** – je render koji upotrebljava grafičku karticu kako bi se dobila konačna izlazna slika. Time renderom moguće je napraviti dovoljnu kvalitetu slike za konačnu isporuku no ne i uvijek.

***Maya Vector Render*** – koristi se kako bi se renderirale stilizirane slike u različitim izlaznim formatima poput TIFF - a, IFF - a i drugih, te za neke od 2D vektorskih formata poput *Adobe Flash*, *Adobe Illustrator*, *Postscript*,....

***Mental Ray*** – render koji daje fotorealistične rezultate iz razloga što nudi mnoge funkcije koje nisu uključene u ostale načine renderiranja. Omogućava interaktivno renderiranje sa Mayinog radnog zaslona. Također je potpuno prilagodljiv za programiranje što omogućava rad na potpuno viskom nivou.

U eksperimentalnom dijelu rada se neće upotrebljavati niti jedan od navedenih rendera već će se koristiti Vray render čije će se postavke obraditi u daljnjem dijelu rada.

### 2.5.2. Vray render

Vray render kao ugrađeni plugin za Autodesk Maya program podržava većinu standardnih geometrija i *shadera* koje koristi Maya. Ono što nije omogućeno Vray renderom je uporaba Maya materijala, te je stoga potrebno izrađivati već spomenute Vray materijale. Da bi se render mogao upotrebljavati potrebno ga je aktivirati u *Plug-in Manager*-u, te u odjeljku *Render Settings* ga postaviti kao uporabni render. Postavke rendera su odvojene u zasebne stranice gdje je svaka podijeljena u nekoliko izbornika. Stranice se dijele na: *VRay Common*, *Vray*, *Indirect illumination*, *Settings*, *Translator*, *Render Elements*, *RT Engine*[11].

***Vray Common*** – stranica u kojoj je omogućeno namještanje izlaznog formata slike ili videa, zatim kamera koja se upotrebljava za render , te rezolucija izlazne slike

***VRay*** – stranica u kojoj je moguće namjestiti postavke poput *antialiasing* filtera, zatim okruženja koje možemo simulirati postavljanjem spomenutih HDRI slika, određivanje transformacija boja, postavke kamere, uporabu *Vray Sun and Sky* i još nekih manje bitnih postavki u ovome radu.

***Indirect Illumination*** – jedna od najbitnijih stranica za dobivanje realističnog osvjetljenja. Stranica u kojoj se omogućava uporaba *Global Illumination*-a.

***Settings*** – postavke koje služe za manipuliranje kvalitetom slike poput refleksija, dubinske oštine, sjena, zamagljenosti materijala i slično. S tim postavkama se utječe i na konačno iskorištenje memorije renderiranja.

***Translator*** – stranica koja omogućuje eksport Maya scene u Vray scenu kako bi se ona mogla otvoriti u samostalnom programu Vray.

***Render Elements*** – stranica koja omogućuje odabir layera koji će posebno sahraniti kako bi imali veću kontrolu pri postprodukciji. Neki od takvih layera su: sjene, svjetla, refleksija, *global illumination*, dubinska oštrina.

***RT Engine*** – stranica sa postavkama za interaktivni Maya render.

### 2.5.3. Antialias

Antialias je tehnika koja se koristi u računalnoj grafici za „omekšavanje“ rubova objekata kako bi izgledali realističnije i ljepše. Rubovi objekata se mekšaju na način da se do rubnih dijelova objekta (piksela) dodaju novi pikseli nastali uzimanjem prosječne boje okolnih piksela. Kod Vray rendera postoji nekoliko algoritama koji izvode filtriranje slike: *Fixed rate sampler*, *Adaptive DMC sampler* i *Adaptive subdivision sampler*. Uporaba određenog filtera ovisi uvelike o sceni no postoje neka pravila. *Adaptive subdivision* se preporuča za jednostavne scene koje imaju nekoliko efekata koji reproduciraju zamućenje (*blurry effects*) i jednostavne teksture. *Adaptive DMC* je najbolje upotrebljavat u situacijama renderiranja detaljnih tekstura sa puno geometrije i nekoliko efekata zamućenja. Za kompleksne scene sa mnogo efekata zamućenja i detaljnih tekstura *Fixed rate sampler* je najbolji izbor (Slika 13.).



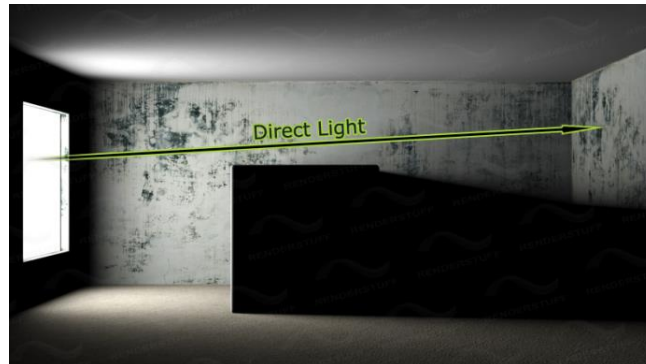
Slika 13. Prikaz slova bez primjene (lijevo) i sa primjenom (desno) filtera za antialias  
(Izvor: <http://www.joelonsoftware.com/articles/fog0000000041.html> )

### 2.5.4. Indirektno osvjetljavanje ( *Indirect illumination* )

Indirektno osvjetljavanje je algoritam korišten u 3D računalnoj grafici za dobivanje realnog osvjetljenja scene. Takav algoritam ne računa samo svjetlost koja direktno dolazi iz izvora svjetla na objekt već i svjetlost koja se sa tog objekta reflektira, jednako kako se ponaša svjetlost u prirodi (Slika 14.). Neki od algoritama koji se upotrebljavaju pri izračunu



indirektnog osvjetljavanja su: *radiosity*, *beam tracing*, *ambient occlusion*, *photon mapping*, *image based lighting*.



Slika 14. Razlika direktnog (lijevo) i indirektnog (desno) osvjetljavanja

(Izvor: [www.cs.berkeley.edu/~sequin/CS184/TOPICS/GlobalIllumination/renderstuff\\_bounces.png](http://www.cs.berkeley.edu/~sequin/CS184/TOPICS/GlobalIllumination/renderstuff_bounces.png))

## 2.6. Postprodukcija

Postprodukcija objedinjava sve procese koji se događaju i izvode nakon kreiranja modela i renderiranja. Može se odnositi na procese kojima se obrađuje film, fotografija, zvuk i dr. Pojam objedinjava niz postupaka, od kojih se za potrebe doradivanja nemoraju svi koristiti.

Podjela procesa postprodukcije[12]:

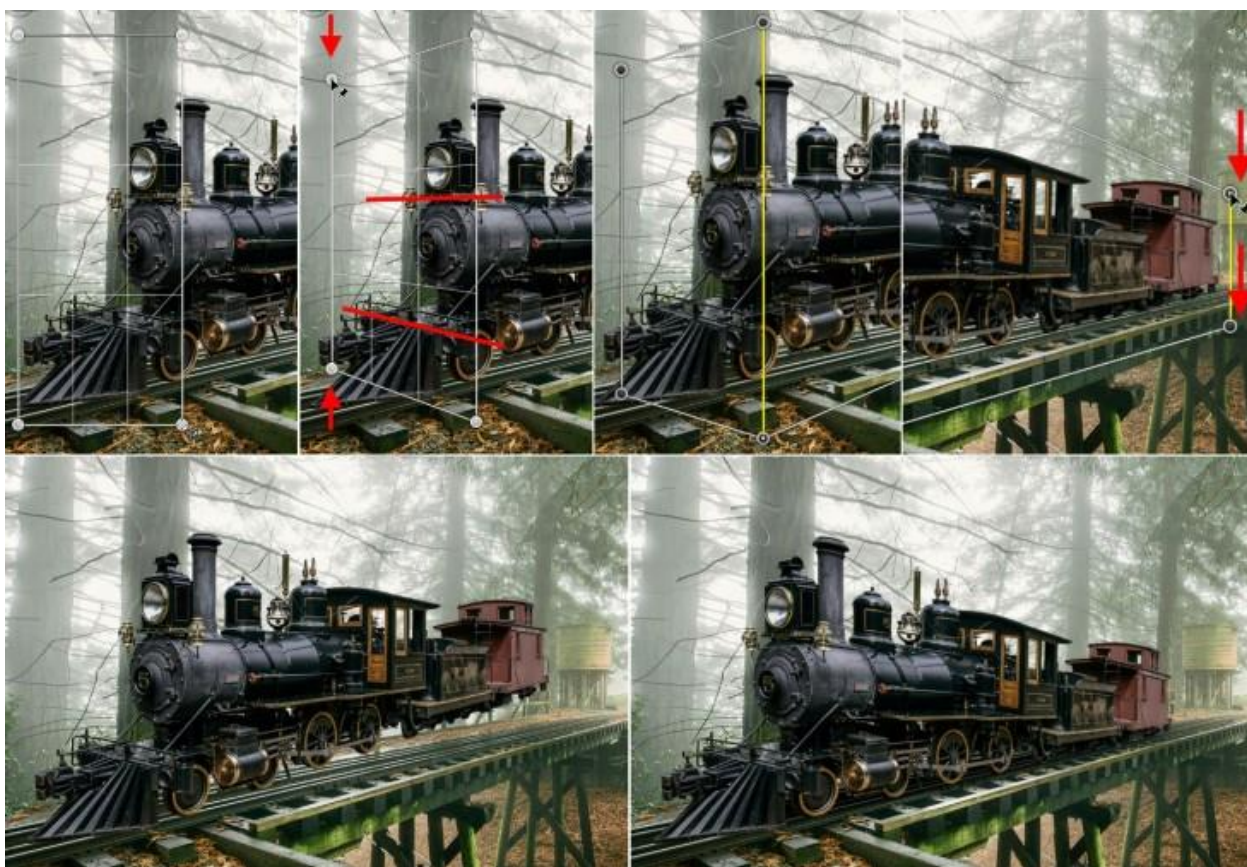
- Montaža slike/ videa
- Specijalni efekti
- Korekcija boja
- Kompresija, spremanje u odgovarajući format

Ovisno o kompleksnosti scene, slike ili animacije procesi unutar postprodukcije mogu trajati gotovo isto kao i modeliranje i priprema scene. U procesu postprodukcije pokušava se dobiti veća kvaliteta i realističnost scene koja se ne može potpuno kreirati u 3D programima. Gotovo niti jedno modeliranje danas ne može bez te zadnje faze produkcije. Neki od programa za audio, video ili digitalnu produkciju slika su: *Adobe Photoshop*, *Adobe After Effects*, *Adobe Premiere*, *Nuke*, *Final Cut Pro*, *Avid*, *Sony Vegas*, *Cinelerra* i *Lightworks*.

U ovom radu, radi postizanja realističnosti scene, koristiti će se primarno dva programa za obradu. U *Adobe Photoshopu* napraviti će se osnovna korekcija boja, svjetline, kontrasta, upotreba maski, uporaba *clone tool*-a, te će se koristiti određeni kistovi kako bi se dodali detalji i ispravile nastale greške. U *Adobe After Effects-u* dodat će se efekti kao što su distorzija leće, *glow* efekt, odbлесак sunca, te dodatna korekcija boja i sl.

*Adobe Photoshop*, ili skraćeno *Photoshop*, je grafički računalni program, kreiran od strane tvrtke *Adobe Systems*. Jedan je od najpoznatijih programa za obradu fotografija. U programu se može koristiti bilo kakav alat koji može poboljšati kvalitetu rasterske slike. Bazira se na radu na pikselima. Glavnu upotrebu ima kod upravljanja bojama. Program radi na principu mnogobrojnih matematičkih algoritama koji preračunavaju matrice piksela. Za obradu 3D fotografije koristi se gotovo isti postupak kao i kod obrade fotografije nakon slikanja pravom kamerom. Postupak se ne razlikuje previše i traje gotovo jednako. Na obje vrste fotografije pokušava se dobiti realističnost i vizualni balans.

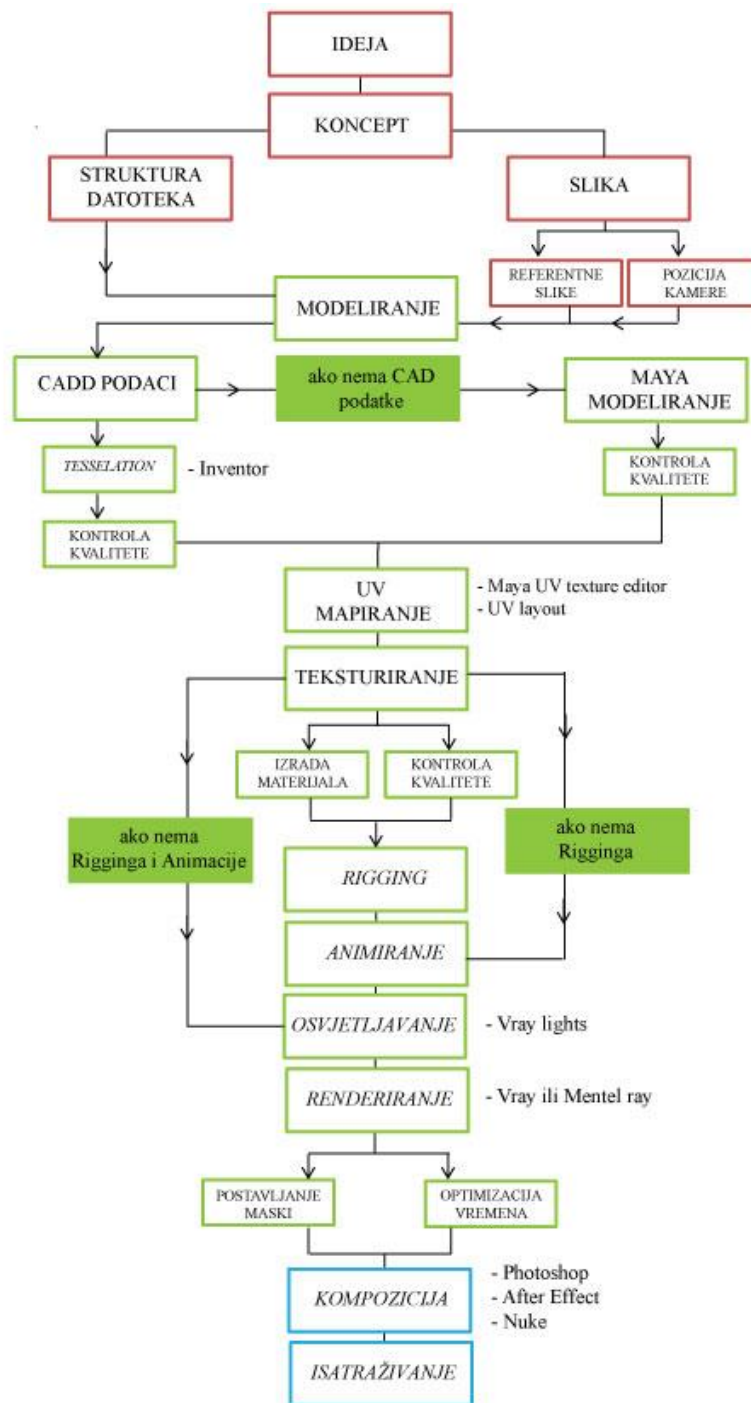
*Adobe After Effects* je program koji se koristi za pokretnu grafiku, vizualne efekte (Slika 15.). Svi postupci obrade fotografije mogući su i u *After Effects-u*, no uz male razlike u primjeni. Već ugrađeni alati za simuliranje određenih pojava u okolini nešto olakšavaju rad i korekciju fotografije u ovom programu. Program je moguće integrirati s ostalim programima kao što su *Illustrator*, *Photoshop*, *Premiere Pro*, *Encore*, *Flash*, i 3D programima kao što su *Cinema 4D* i *Autodesk 3ds Max*.



*Slika 15. Prikaz postprodukcije na modeliranom vlaku  
(Izvor:<http://cdn0.tnwcdn.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2014/01/perspective-before-after1-730x503.jpg>).*

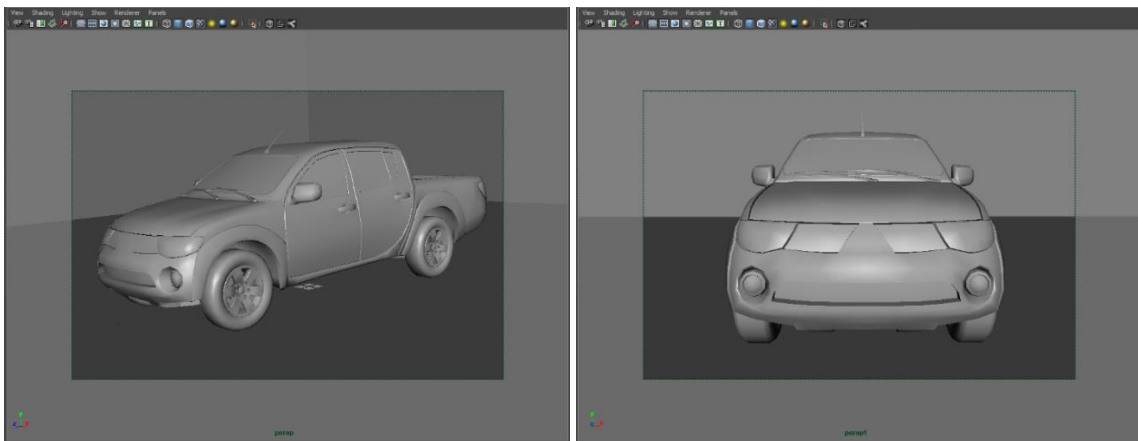
### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Tijek rada i metodologija

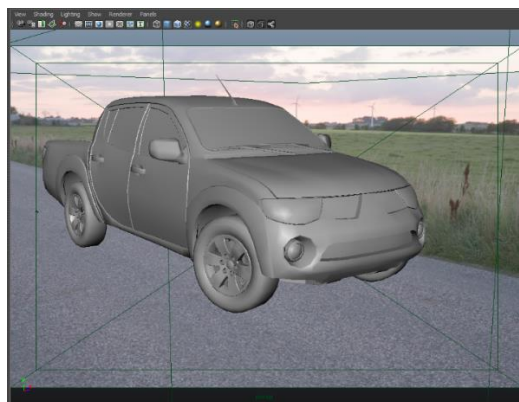


Slika 16. Tijek rada u eksperimentalnom dijelu rada.

Eksperimentalni dio započinje izradom sheme rada odnosno organizacijom izvedbenog procesa (Slika 16.). Ideja koja se u ovome radu realizira je vizualizacija računalno generiranoga Audi A4 2013 automobila, visoke kvalitete, odnosno fotorealističnosti. Izlazni produkt su tri slike automobila iz različitih perspektivnih pogleda od čega će dvije biti studijske verzije dok će jedna biti auto s kompozicijom u okolini. Sljedeći korak u procesu je izrada koncepta projekta što znači da su se trebale postaviti određene vodilje kroz projekt kao i kreirati kvalitetnu organizaciju datoteka za pohranu podataka tijekom izrade. U ovom radu početna vodilja je bila izrada pozicije kamere u odnosu na automobil pri čemu će se koristiti program *Autodesk Maya 2013*. Tim postupkom se pokazalo koji su dijelovi automobila vidljivi i potrebni za modeliranje, a na koje je potrebno uložiti manje vremena i preciznosti ili ih uopće ne modelirati. Za tu svrhu u scenu se postavio testni model kako bi se namjestila točna pozicija kamere, a model auta preuzeo se sa Internet stranice <http://www.turbosquid.com/>, nakon čega se unio u program *Autodesk Maya*. Isprobavanjem različitih pozicija odredila se konačna željena pozicija za završnu vizualizaciju (Slika 17.).



*Slika 17. Konačna pozicija kamere i testni model za dvije slike studijske verzije.*



*Slika 18. Konačna pozicija kamere i testni model za sliku u okolini.*

Koristeći Internet, promotivne materijale i kataloge prikupile su se referentne slike kako bi se olakšala izrada modela tokom svih faza produkcije (Slika 19.). Kako bi se pravilno mogao izraditi automobil vrlo je važno bilo pronaći kvalitetnu shemu automobila, odnosno njegov nacrt, tlocrt, bokocrt i stražnji nacrt. Sa Internet stranice [http://www.the-blueprints.com/vectordrawings/show/8381/audi\\_a4/](http://www.the-blueprints.com/vectordrawings/show/8381/audi_a4/) preuzela se jedna takva referentna datoteka. Glavni izvori referentnih slika, čime se omogućava uvid u detaljnije dijelove automobila poput prednjih i stražnjih svjetala i unutrašnjosti, bile su Internet stranice poput [www.boldride.com/ride/2013/audi-a4](http://www.boldride.com/ride/2013/audi-a4) i [www.netcarshow.com/audi/2013-a4/](http://www.netcarshow.com/audi/2013-a4/). Osim internet stranica koristili su se i službeni promotivni materijali automobila uzeti iz prodavaonice Audi automobila.



*Slika 19. Neke od referentnih slika Audi A4 automobila.*

Održavanje strukture datoteka projekta urednom je bilo uvelike važno iz razloga kako bi se u svakome trenutku snašlo u manipuliranju s većom količinom različitih podataka i datoteka. Sljedeći korak izrade vizualizacije je bilo modeliranje. Uporabom referentnih slika započela je izrada modela. Tijekom rada nije postojala mogućnost korištenja inženjerskih podataka poput CAD datoteka, već će se kompletno modeliranje izraditi ručno korištenjem različitih tehnika modeliranja. Ukoliko, kao u ovome slučaju, ne postoje takve CAD datoteke, po završetku izrade modela moguća su odstupanja u dimenzijama i obliku određenih dijelova od realnog produkta. Nakon izrade modela bilo je potrebno napraviti kontrolu kvalitete na način da se na model apliciraju materijali kojima se olakšava uvid u nastale površinske greške. Ukoliko je kut usmjerenja između dvije susjedne točke (vertices) prevelik, tada mogu nastati površinske greške modela koje bi bile vidljive pri završnome renderiranju. Korekture takvih grešaka (normala) su se izvodile na jednostavan način. Odabirom rubnog dijela poligona (*edge*) na kojem se nalazi greška normale primijenio se alat *Soften edge* koji se nalazi u padajućem izborniku *Normals*. Nakon korekture normala dodatno se provjerila cijela geometrija i detalji modela.

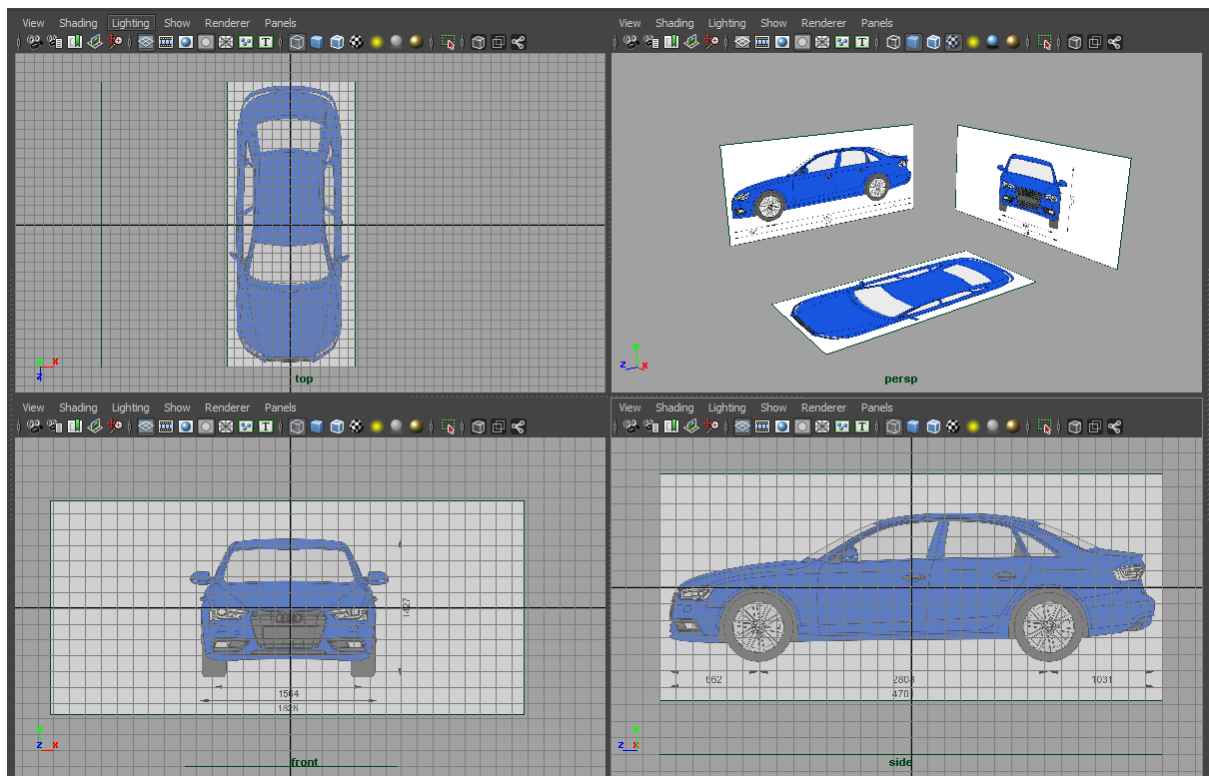
Faze UV mapiranje i izrade tekstura i materijala za potrebe ovog rada radile su se jedna iza druge. Izrada *rigginga* nije bila potrebna kao ni proces animiranja, te su se zbog toga ti dijelovi rada preskočili. Preostala dva dijela procesa odvijala su se zasebno jedan za drugim, krenuvši sa izradom UV mapa u programu *UV Layout* i Mayinom *UV Texture Editoru*, a zatim i izradom tekstura i materijala (*shadera*) koristeći Vray materijale. Taj dio procesa također je zahtjevao kontrolu kvalitete kako bi se provjerila realnost prikaza samih materijala. Osvjetljavanje modela izvodilo se koristeći Vray svjetla, a renderiranje završne izlazne slike Vray renderom. Razlaganje scene na segmente i njihovo zasebno renderiranje koristilo se kako bi se imalo više kontrole u post-produkciji. Završna obrada slike odvijala se uporabom programa *Adobe Photoshop* i *Adobe After Effect*. Na kraju procesa provelo se istraživanje. U istraživanju anketom se provjeravala kvaliteta računalno generiranih slika nastalih u 3D programu s obzirom na slike nastale klasičnom metodom fotografiranja.

### 3.2. Priprema scene i modeliranje

Prije početka samoga modeliranja bilo je potrebno pripremiti scenu. Otvaranjem nove scene u *Autodesk Maya 2013* programu postavio se direktorij u koji su se zapisivali svi podaci koji su potrebni za pravilan rad čitave scene. Na taj način ukoliko bi se prenio direktorij na drugo računalo, svi podaci za ponovno pokretanje scene bili bi sačuvani. Izrada direktorija se izvršila na način da se u padajućem izborniku *File* odabrao *Project - New Project*, te upisao naziv projekta i direktorij gdje se projekt pohranio. Drugi dio pripreme scene je bio postavljanje referentnih slika automobila (nacrt, tlocrt, bokocrt i stražnji nacrt). U referentnoj datoteci preuzetoj s Interneta sve projekcijske slike automobila su zapisane u jednoj slici. Takva slika se podijelila na četiri zasebne slike pomoću programa *Adobe Photoshop*. Slike su trebale biti jednakih dimenzija odnosno omjera. Pravilnim postavljanjem slika u 3D programu neće doći do većih odstupanja pri modeliranju. Svaku od 4 projekcijske slike postavilo se kao zasebnu sliku u odgovarajućem pogledu u programu (nacrt - *front*, tlocrt - *top*, bokocrt - *side*, stražnji nacrt - *front1*). Tim postupkom se scena pripremila za sljedeći korak, modeliranje (Slika 20.) .

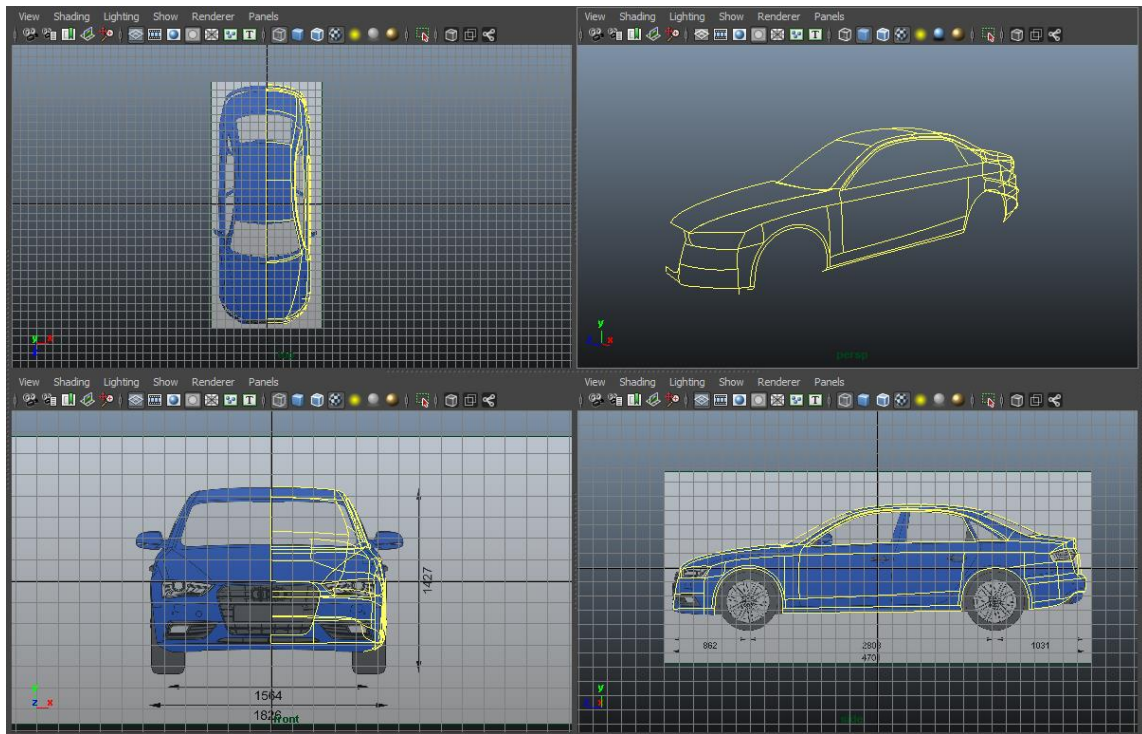
U radu se koristila tehnika modeliranja krivuljama. Prednost ove tehnike je u tome što se dobivaju pravilne linije poligona i na taj način površina geometrije ostaje “čista“ bez grubih i nepravilnih izbočina. Kako se već na početku rada odredila pozicija kamere, modelirali su se samo oni dijelovi koji su vidljivi za kameru, što znači da objekti poput mjenjača automobila, papučica za gas, kvačilo i kočnica, te slični drugi objekti nisu bili modelirani. Krivulje koje su se koristile tijekom modeliranja su EP krivulje (*EP Curves*). EP krivulje, za razliku od CV krivulja, rade na principu postavljanja točaka kroz koje će krivulja prolaziti bez naknadnog odstupanja dodavanjem nove točke. Koristeći samo krivulje bilo bi vrlo teško modelirati cijeli automobil. Izradio se samo osnovni model koji se kasnije drugim tehnikama dovršio. Ulaskom u padajući izbornik *Create* i odabirom alata *EP Curve Tool* krenulo se sa izradom krivulje koja će iscrtavati glavne linije karoserije automobila na referentnim slikama (*blueprints*) postavljenim unutar programa.





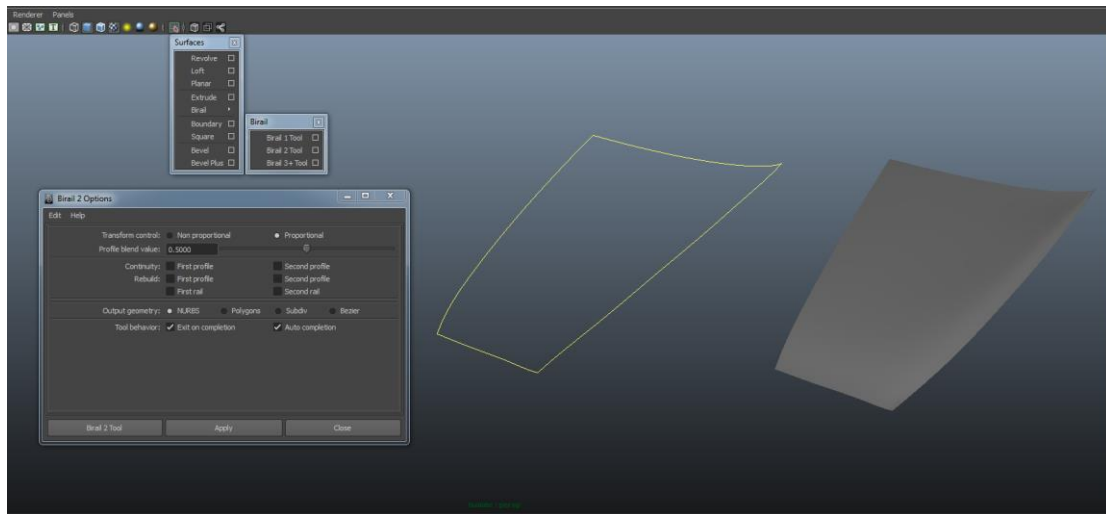
Slika 20. Prikaz postavljenih referentnih projekcijskih slika.

Prelaskom u bočni pogled (*side view*) programa iscrtale su se prve linije. Poželjno je bilo reducirati broj točkica, kako se ne bi izgubila zaobljenost linije i kako bi se smanjio broj grešaka odnosno odstupanja u daljnjem radu. Linije se nisu iscrtavale sa obje strane modela jer se u kasnijem dijelu rada upotrijebio alat *Mirror Geometry* kojime se izradila simetrija modela. Kada bi linije bile iscrtavane sa obje strane, vrijeme izrade modela bi se udvostručilo, te bi gotovo sigurno došlo do odstupanja odnosno asimetrije. Dok su se iscrtavale linije bilo je potrebno raditi *snapping* početne i krajnje točke na drugu krivulju kako bi daljnji alati koji se upotrebljavaju pravilno funkcionirali. Na taj se način dobio model koji je potpuno povezan.



Slika 21. Prikaz iscrtanih krivulja automobila.

Po završetku iscrtavanja, koristila su se dva alata koja su povezala prostore između linija u svrhu dobivanja NURBS površina (Slika 21.). Alatima *Attach curves* i *Detach curves* spajale su se ili odvajale krivulje kako bi se omogućilo dobivanje pravilnih linija poligona korištenjem sljedeća dva alata. Ukoliko je bilo potrebno povezati dvije nasuprotne krivulje koristio se alat *Loft* koji se nalazi u *Surfaces* padajućem izborniku, no ukoliko se popunjavao prostor između više krivulja, koje čine jednu površinu, koristio se *Birail Tool* iz istog izbornika (Slika 22.). Ono što je vrlo važno je da su se prije uporabe *Loft* i *Birail* alata krivulje morale na neki način prilagoditi. Kod ta dva alata dvije nasuprotne linije moraju imati jednak broj točaka kako bi poligoni bili ravnomjerno i pravilno raspoređeni kroz čitavu površinu. To se postiglo na način da se prvo odredio broj točaka koji je optimalan za izradu NURBS površine, o čemu ovisi i broj poligona, te uporabom *Rebuild Curve* alata postavio broj točaka (*spans*) na krivulji.



Slika 22. Izrada poklopca motora korištenjem Braiil alata.

Primjenom ta dva alata na sve izrađene krivulje dobio se model izrađen NURBS površinama. Slijedeći korak je bio pretvorba dobivene površine u poligone. Pretvorba se vršila na vrlo jednostavan način uporabom *Modify – Convert - NURBS to Polygons* alata.

Postavke alata su bile:

Type: Quads

Tessellation method: General

Initial Tessellation Controls: U type – Per span #of iso params

Number U: 1

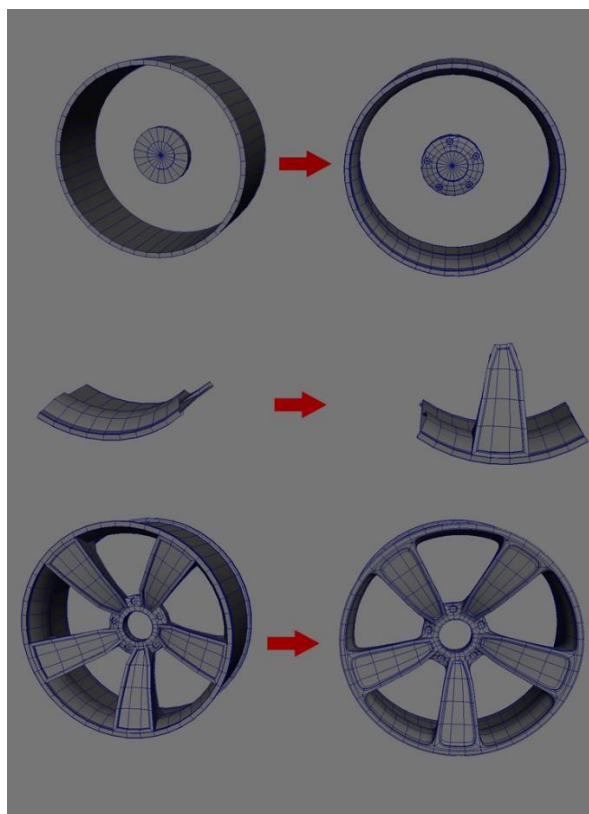
U type – Per span #of iso params

Number U: 1

Postavke su važne iz razloga što je potrebno da geometrija modela (poligoni) bude u kvadratima, a ne trokutima. Odabirom metode teselacije na *General* odredilo se koliki će biti broj poligona na površini nakon pretvorbe. Postavke 1 za U i V tip znače da se koristi minimalni broj poligona, odnosno broj linija (*isoparms*) na NURBS površini je jednak broju rubnih linija poligona (*edge*) na pretvorenom modelu. Prije povezivanja cijelog modela u jedan objekt postavilo se nekoliko novih linija (*edge*) kako bi broj točaka između

dva dijela bio jednak. Označavajući dodirne točke (*vertices*) između dijelova koji su pretvoreni iz NURBS površina i korištenjem alata *Merge* povezale su se dvije površine u jednu. Na nekim dijelovima modela napravila se retopologija kako bi kasnije rezanje modela na dijelove bilo lakše. Rezanje modela na dijelove se izradilo s ciljem dobivanja zasebnih objekata kao što su i u realnom svijetu (vrata, poklopac goriva, branik, prtljažnik, poklopac motora,...). Kako bi se to napravilo neke linije modela su se korigirale korištenjem *Slide Edge Tool*–a iz izbornika *Edit Mesh* i pomicanjem točaka koristeći *Snap to curve* opciju. Završetkom postavljanja svih rubova poligona i točaka na pravo mjesto alatom *Extract* su se izrezali označeni poligoni, te dobili zasebni objekti. Dobivenim zasebnim objektima dana je određena debljina da bi izgledali realnije. Označavanjem rubnih dijelova (*border edge*) svakoga objekta i uporabom *Extrude* alata dobila se debljina objekta. Nije bilo potrebno raditi *Extrude* svih poligona iz razloga što ih većina nije vidljiva. Imati na umu što je vidljivo, a što ne uvelike je pomoglo u kasnijem radu na sceni iz razloga što je računalo lakše i brže radilo sa manje geometrije. Time je završila izrada karoserije automobila. Slijedeći korak je bio uporabom osnovnoga modeliranja poligonima (*polygon modeling*) napraviti ostale dijelove automobila, poput interijera, guma, kočnica, prednjih i stražnjih svjetala, retrovizora i slično. Osnovni alati koji su se koristili u tom načinu modeliranja su gotovo svi već navedeni alati ( *Extrude*, *Slide Edge Tool*, *Insert Edge Loop tool*, *Merge*,...) uz još neke poput *Bridge*, *Bevel*, *Delete edge tool*. U ovom radu se ne ulazi u način izrade svakog od modela već ukratko opisuje modeliranje na jednome primjeru jer se tehnika može primijeniti na gotovo svaki od modela. Kao primjer obrađuje se izrada aluminijskih naplataka. Na početku izrade izabrao se jedan od primitiva koji je početna točka za daljnje modeliranje. U ovom primjeru korištena je tuba jer se zaključilo iz oblika naplataka da bi bila najbolji izbor. Nakon što se odredio radijus, visina i debljina tube potrebno je bilo odrediti broj poligona. Pošto je naplatak izrađen iz pet jednakih i ravnomjerno raspoređenih krakova mogao se modelirati samo jedan, te pomoću alata za dupliciranje izraditi i preostala četiri. Broj poligona koji se koristio morao je biti takav da kada se dio tube izrezao, kako bi se napravio jedan krak, te zarotirao u krug, da se dobiju 4 nova kraka, činio 360 stupnjeva. Stoga, broj poligona koji se koristio za početak izrade je 45, odnosno 9 poligona za jedan krak. Uz tubu koja je služila za izradu kraka i vanjskog

rubu naplatka, kreirala se još jedna tuba koja je predstavljala središnji dio modela (Slika 23.). Koristeći ponajviše alat *Insert edge loop* kreirao se osnovni oblik vanjskog ruba naplatka. Nakon što se izradio oblik, potrebno je bilo izbrisati sve poligone u krugu vanjskog ruba, te ostaviti samo 9 poligonskih nizova okomitih na zakretanje kruga. Iz tih preostalih poligona se izvlačio krak prema središnjici modela alatom *Extrude*. Krak koji se izradio i koji je spojen na vanjski rub naplatka potrebno je bilo, kako je već navedeno, zarotirati za 360 stupnjeva. Označavanjem objekta i odlaskom u padajući izbornik Edit–Duplicate special, te korigiranjem parametara za rotaciju po x osi za 72 stupnja i postavljanjem broja kopija na 5, dobio se puni krug dupliciranih krakova. Zatim, krakovi su se spojili međusobno i sa središnjicom korištenjem *Merge tool* alata. Time alatom spajale su se točke novonastalih krakova sa susjednim točkama i točkama središnjice pritom pazeći na topologiju modela, odnosno pravilno usmjerenje poligona po modelu.

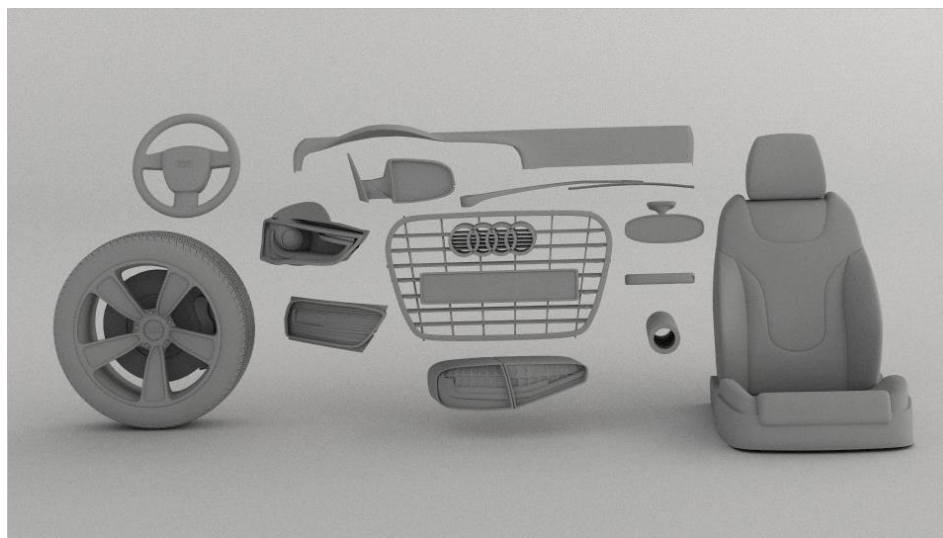


Slika 23. Izrada automobilskih naplataka.

Na podjednak način primjenom jednakih alata modelirali su se svi preostali dijelovi automobila. Pri završetku modeliranja proveda se završna kontrola kvalitete. Pregledavanje modela s nanesenim materijalom koji daje određenu količinu odbljeska sa površine, slično kao i lakirana difuzna površina u realnome svijetu, omogućio je uočavanje nepravilnih oblika na površini modela. Naneseni materijal je osnovni Maya *Blinn* materijal sa povećanom vrijednosti *Eccentriciti* parametra. Pregledom automobila sa svih strana i kutova završio je korak modeliranja, te se krenulo na izradu UV mapa objekata (Slika 24.).



*Slika 24. Konačni izgled izrađenog modela.*

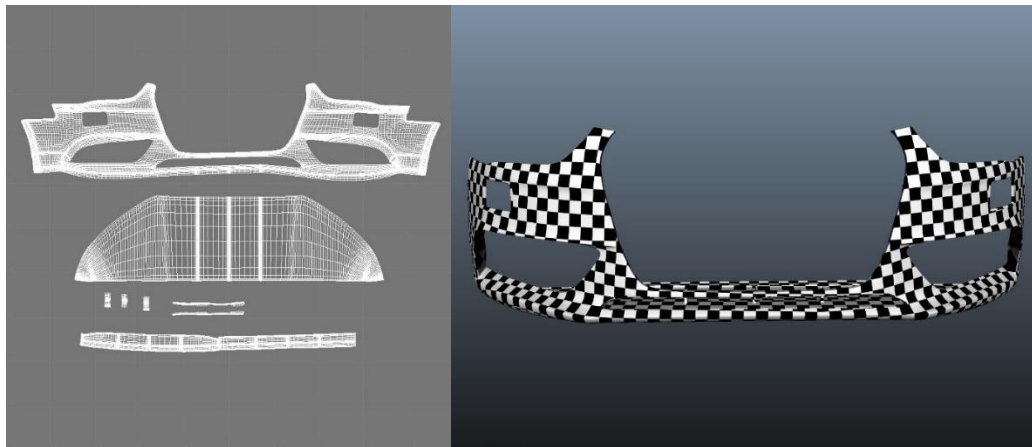


Slika 25. Modeli izrađeni tehnikom poligonarnog modeliranja.

### 3.3. UV Mapiranje

Za svaki od modela, koji je sadržavao neku specifičnu teksturu ili materijal (poput automobilske boje) zahtjevala se izrada UV mape (Slika 26.). Pravilno izrađene mape spriječile su rastezanje ili skupljanje tekstura i time su doprinijele realističnom izgledu materijala. Postoje dva programa za njihovu izradu. *UV Layout* koji je zaseban program sa plugin poveznicom za *Autodesk Maya 2013* program i *Maya-in UV Texture Editor*. Na objektu branika prikazala se izrada UV mape. Objekt se poslao direktno iz programa *Maya* u *UV Layout* pritiskom na tipku *Send* u prozoru plugin-a. Kako bi se ušlo u izradu UV-a unutar programa potrebno je kursor miša postaviti na površinu objekta i pritisnuti tipku “D” na tipkovnici. Time se objekt poslao u dio programa za izradu UV mapa. Pritiskom tipke “F” na tipkovnici objekt se počeo rastezati i skupljati, te je program automatski pokušavao napraviti UV mapu. Pošto je objekt kompleksniji, odnosno pošto je sadržavao nekoliko većih i naglih zaobljenja potrebno ga je bilo razrezati. To se radilo na način da se opcijom rezanja u programu, podijelio na više dijelova. Donji dio branika izrezao se označavajući rubne linije poligona, te pritiskom na tipku “Enter” se odvojio od ostalih površinskih mapa. Na novonastaloj mapi izradilo se još nekoliko rezova kako bi se odvojili dijelovi koji predstavljaju rešetke. Sam program olakšao je izradu mapa obojenjem područja u crvenu i

plavu boju, na područjima na kojima mapa nije dovoljno dobro izrađena. Crvena boja označavala je da je mapa previše skupljena dok je plava označavala suprotno (da je previše rastegnuta). Zeleni tonovi površine indicirali su da je mapa na tim područjima zadovoljavajuća. Završetkom izrade mapa, pritiskom na tipku *Send* u programu *UV Layout* mapa se aplicirala direktno na objekt u programu *Maya*. Koristeći *UV Texture Editor* na UV mapi je napravljen *Unfold*. *Unfold* je naredba odnosno alat koji dodatno automatski pokušava rastegnuti mapu, te ju samim time i poboljšati. Prije prelaska na novi objekt kojemu je potrebno izraditi mapu, provjerila se kvaliteta mape apliciranjem tekstuure šahovnice na model. Šahovnica je ispunjena bijelim i crnim poljima pa su se na taj način mogle uočiti nepravilnosti. Tim postupkom završila je izrada UV mape.



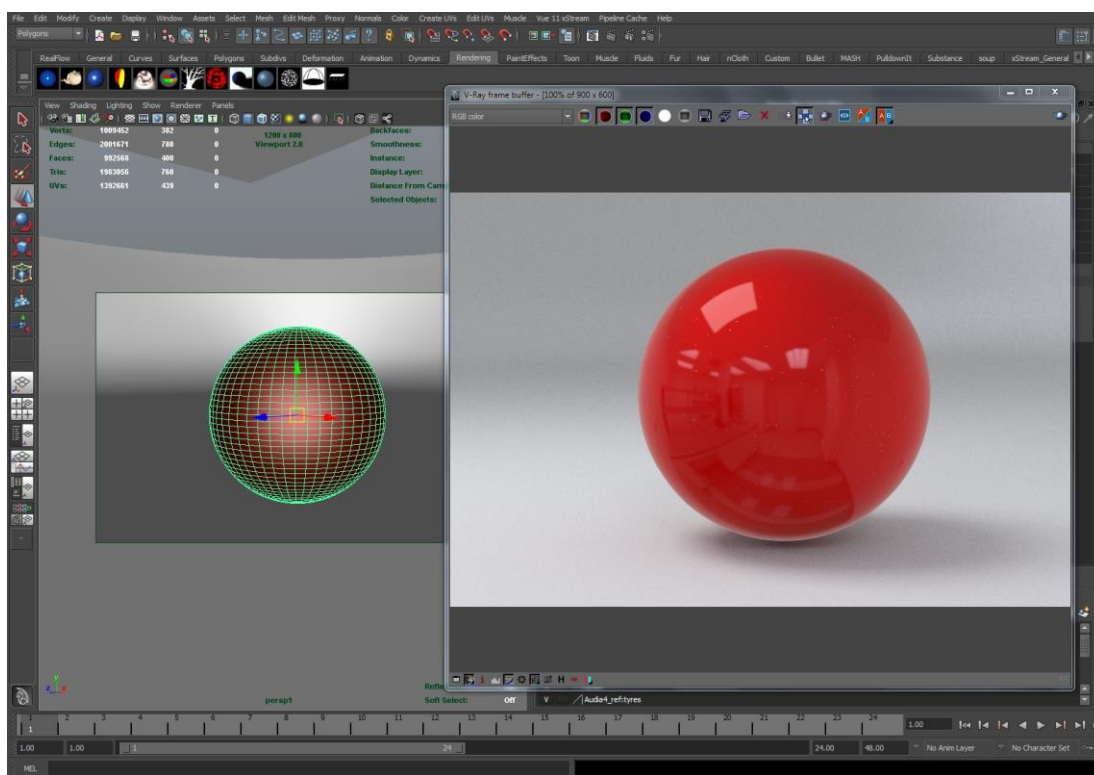
Slika 26. Izrađena UV mapa ( lijevo ) i pregled njene kvalitete (desno).

### 3.4. Teksturiranje i izrada materijala

Kompleksnost materijala koji se izrađuje ovisi o poziciji kamere, odnosno udaljenosti od objekta. Primjer toga su kožna sjedala, tekstilna unutrašnjost ili plastika. Izrada materijala započinje izradom *Vray* materijala *VRayMtl* i *VRayCarPaintMtl*. Različiti materijali zahtijevaju različito uređene postavke, pa tako glavne postavke (već u teoretskom dijelu navedene) koje je bilo potrebno promijeniti su: boja, refleksija i prozirnost, dok je u nekoliko bilo potrebno postaviti teksturu izbočenja koja će dati prividnu geometriju na površini materijala. Prilikom same izrade materijala vrlo je važno bilo koristiti interaktivni



render kako bi se mogla vršiti kontrola kvalitete odnosno konačni renderirani izgled materijala. Interaktivni Vray render uključio se klikom na ikonu *Render View* u gornjem dijelu Maya sučelja (Slika 27.). Time se otvorio novi prozor u čijem se padajućem izborniku odabrao *Options – Test Resolution* kako bi se odredila željena rezolucija renderirane slike, te nakon toga pod padajućim izbornikom IPR se odabrala kamera. Pomicanjem kamere ili promjenom postavki materijala automatski su bile vidljive promjene u renderiranoj sceni. Prednost takvog načina kontrole kvalitete je bio u tome što render ne započinje izradu slike na visokoj kvaliteti već postupno povećava kvalitetu i na taj način su se u kratkom vremenu dobili testni rezultati. Sve dok se nije promjenila pozicija kamere ili neke od drugih postavki unutar scene, renderiranje slike se nije prekinulo čime se kvaliteta samoga rendera povećavala.



Slika 27. Interaktivni Vray render (IPR render).

Osnovni materijali koji su se napraviti su: automobilska boja, krom, krom sa efektom zamućenja, staklo, koža, metal, plastika, guma. Svi navedeni materijali osim automobilske

boje izradili su se uporabom *VrayMtl* materijala dok se automobilska boja izradila uporabom *VrayCarPaintMtl*.

Izrada materijala započela je tako da se u padajućem izborniku *Windows* izabrao *Rendering Editors – Hypershade*. Nakon toga se otvorio novi prozor gdje se sa njegove lijeve strane odabrao *VrayMtl*. Time se kreirao novi materijal čije se postavke prikazuju sa desne strane Maya sučelja. Prvo što se nudilo u postavkama je odabir boje materijala koja ovisno o sceni neće biti konačna boja. Ona je ovisna i o drugim efektima poput prozirnosti, refleksije, osvjetljenja i sl. Tako pri odabiru boje materijala za kožu koristila se bež i crna, gumu i plastiku crna, metal siva, staklo bijela i krom bijela boja. Osim odabira boje u izborniku “Osnovne postavke” (*Basic parametar*), moguće je korigirati još neke od postavki. Drugi kanal je “Refleksija” (*reflection*). Pod postavkama refleksije promijenila se vrijednost *reflection color* parametara gdje su svjetliji tonovi predstavljali jaču refleksiju dok tamniji nereflektivni materijal (bijela boja – potpuna refleksija, crna boja – nereflektivni materijal). Efekt glatkosti refleksije (*reflection glossines*) je parametar koji regulira da li materijal daje glatku zrcalnu refleksiju ili daje efekt zamućenja. Tako je guma kao materijal imala vrlo nisku količinu refleksije i pri tome vrlo nisku glatkoću (visoka zamućenost). Vrlo slične postavke koristile su se i za izradu kože. Krom sa druge strane imao je gotovo potpunu refleksiju (bijela boja - 0.95) sa efektom zamućenja (glatkoća – 0.99). Svi korišteni materijali osim materijala kože koristili su jednaki model odbijanja svjetlosti sa površine materijala, a to je *Blinn model* koji se inače ponajviše koristi za reflektivne sjajne površine. Za materijal kože koristio se *Ward model* koji daje mekše, difuznije odbijanje svjetlosti sa površine objekta. Osim gore svih navedenih materijala, za teksturiranje automobila koristili su se još neki modificirani materijali dobivenih iz osnovnih. Tako za materijal metala koji se koristio za izradu registarskih pločica potrebno je bilo upotrijebiti dodatni kanal koji je omogućio postavljanje prividne geometrije na površini modela (*Bump and Normal mapping* kanal). Uporabom teksture (slika 28.) pločice koja se postavila u kanal *Basic parametars* (pod *color* parametar), pritiskom na ikonu šahovnice na desnoj strani parametra, te odabirom *node-a File* koji omogućuje učitavanje slike sa određene lokacije na računalu, materijalu se dodala boja slike. Jednaka slika u crno

bijeloj verziji, sa korigiranim kontrastom kako bi se dobili oštrije prijelazi između svijetlih i tamnih tonova, koristila se u *Bump and Normal mapping* parametru. Na isti način kao i kod boje unijela se crno bijela slika sa računala, te postavljanjem *Bump Mult* parametra na 0.1, dobila su se izbočenja na površini materijala. Crn tonovi na slici označavali su mjesta izbočenja dok su bijeli označavali mjesta udubljenja. Jednaki postupak za dodavanje nepravilnih površina na materijalu koristili su se i kod gume kako bi se dodao tekst koji se nalazi na njenoj vanjskoj strani (Slika 28.).



Slika 28. Izgled tekstura koje su se koristile u materijalu registarskih pločica.

*Tekstura za boju (gore) i tekstura za izbočenja (dolje).*

Posljednji materijal koji se razlikovao u izradi od drugih je materijal za staklo. Razlika je u uporabi kanala “Prozirnost” (*Refraction*) koji omogućuje da svjetlost prolazi kroz materijal. Kao i kod ostalih parametara svjetlina boje koja se postavila u *Refraction color* parametru određivala je prozirnost materijala (bijela boja – potpuno proziran, crna boja – neproziran materijal).

Tablica 1. Parametri osnovnih materijala.

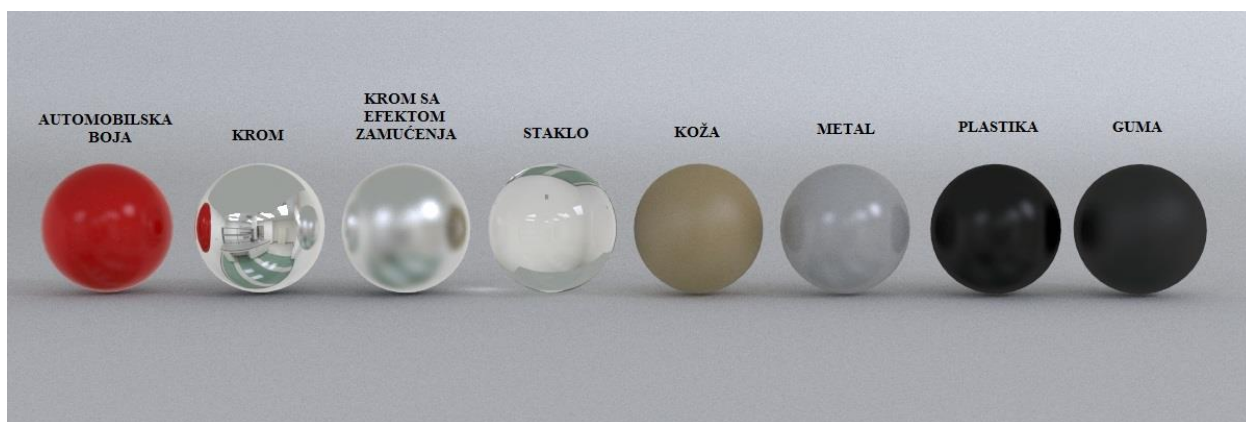
Parametri	Krom	Krom sa efektom zamućenja	Staklo	Koža	Metal	Plastika	Guma
Boja ( RGB )	128,128,128	128,128,128	50,50,50	11,10,7 185,161,114	195,195,195 26,26,26	38,38,38	28,28,28
Refleksija (RGB)	242,242,242	242,242,242	35,35,35	11,11,11	32,32,32	24,24,24	13,13,13
Efekt zamućenja refleksije	0.99	0.75	1s0	0.53	0.92	0.64	0.75
Prozirnost (RGB)	x	x	245,255,245	x	x	x	x
Izbočenja	x	x	x	x	- 0.1	x	- 0.1

U tablici 1 su navedeni parametri koje je bilo potrebno promijeniti u standardnom Vray materijalu kako bi se dobio željen izgled konačnog materijala. Ostale parametri nisu se mijenjali.

*VrayCarPaintMtl* je materijal koji se kreirao na jednak način kao i *VrayMtl* materijal. Razlika između ta dva je u različitim postavkama. *VrayCarPaintMtl* omogućuje izradu automobilske boje koja u konačnici daje vrlo realističan izgled. Ovisno o vrsti scene odnosno tri slike koje su se izradile u ovome radu koristile su se različite boje i postavke materijala. U *Base parameters* kanalu odredila se osnovna boja materijala koja predstavlja najdonji sloj materijala, u *Flake parameters* kanalu odredile su se postavke za metalik zrnca (koja se nalaze umiješana u metalik boji) poput njihovog sjaja, boje, veličine, gustoće. U *Coat parameters* kanalu su se kontrolirale postavke laka. Postavke korištene pri različitim scenama za *VrayCarPaintMtl* su prikazana u tablici 2.

Tablica 2. Različite postavke *VrayCarPaintMtl* korištene po različitim scenama.

	SCENA 1	SCENA 2	SCENA 3
Osnovna boja ( RGB )	216, 216, 216	33, 33, 33	0, 0, 0
Refleksija osnovnog sloja / efekt zamućenja	1.0 / 0.5	0.5 / 0.5	0.5 / 0.5
Boja metalik zrnaca	222, 222, 222	212, 212, 212	52, 52, 52
Efekt zamućenja zrnaca	0.8	0.8	0.8
Boja laka	235, 235, 235	223, 216, 216	46, 46, 46
Efekt zamućenja laka	0.9	0.8	0.98



Slika 29. Razni materijali korišteni pri teksturiranju automobila.

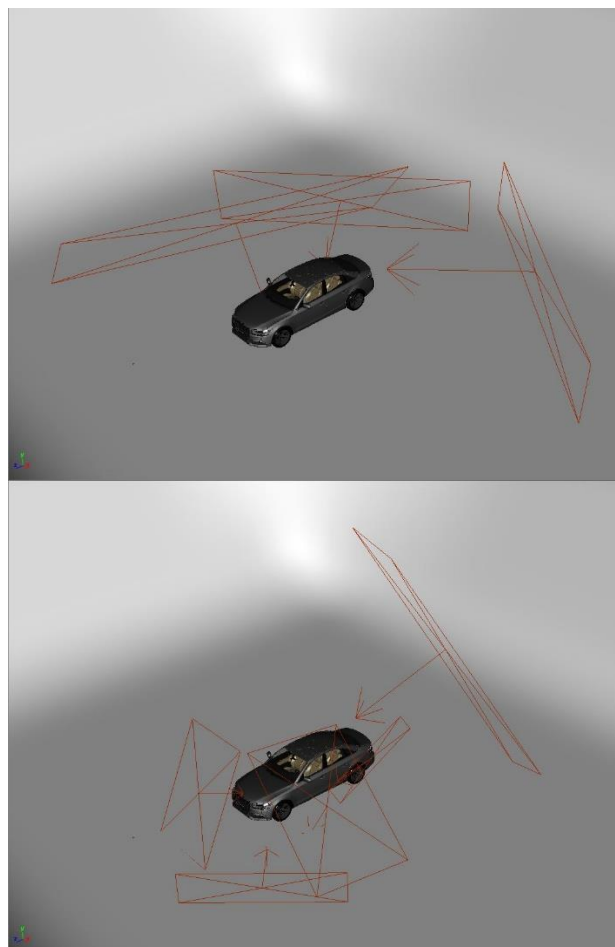
Vrlo važan materijal koji se koristio kako bi se dobile zasebno sjene automobila na podlozi, na kojoj se nalazi automobil, je *VrayWrapperMtl*. Njihovom izolacijom postiže se više kontrole pri postprodukciji. Kako bi se izolirale sjene promijenilo se nekoliko parametara materijala. Pod kanalom *Matte Properties* uključilo se *Matte Surface* opciju i postavilo *Alpha Contribution* na  $-1.0$ . Uključivanjem opcije *Shadows* omogućilo se renderiranje zasebnih sjena.

### 3.5. Osvjetljavanje

Jedna od najkompleksnijih faza u dobivanju konačne vizualizacije je proces osvjetljavanja. Vrlo često se pridodaje malo pažnje načinu osvjetljavanja, no upravo ono ako će dobro podešeno utječe na postizanje visoke realnosti cijele scene. Tijekom osvjetljavanja scene koristila su se Vray svjetla, *Area* i *Spot lights*, a kao dodatno osvjetljenje koristilo se *Image based lightning* (osvjetljavanje uporabom slike). Kako postoje tri različite scene postojale su i tri različite skupine osvjetljenja. Pozicija svjetala nije proizvoljna ili nasumična već se ona postavljaju na način kako bi se naglasile određene linije ili karakteristike vozila. Osvjetljenje se moralo izraditi na način da se prilagođavalo iz pogleda kamere pri čemu je bilo neophodno koristiti interaktivni render. Kamera se odabrala u izborniku *Panels - Perspective - Camera 1* koji se nalazi unutar okvira osnovnog perspektivnog pogleda.

#### Scena 1

Unutar prve scene se koristilo 8 različitih *Area lights* svjetala, te HDRI slika. Sa uključenim interaktivnim renderom prvo su se postavila glavna svjetla koja su u najvećoj mjeri osvjetljavala automobil. Tri glavna svjetla koja su se na početku podesila su: *Rim light* (pozadinsko svjetlo), *Key light* (glavno svjetlo) i *Fill light* (dodatno svjetlo). *Rim light* je svjetlo koje dolazi iz pozadine modela odnosno njegove stražnje strane. Ono ima važnu ulogu kako bi odvojilo model od same pozadine, te stvorilo svjetlosni obris oko njega. *Key light* ima ulogu glavnog svjetla, odnosno svjetla koje će u najvećoj mjeri osvijetliti model. *Fill light*, odnosno dodatno svjetlo ima ulogu upotpunjavanja tamnih dijelova automobila koji nisu dovoljno osvijetljeni. Podešene pozicije glavnih i dodatnih izvora svjetala moguće je vidjeti na slici 30.



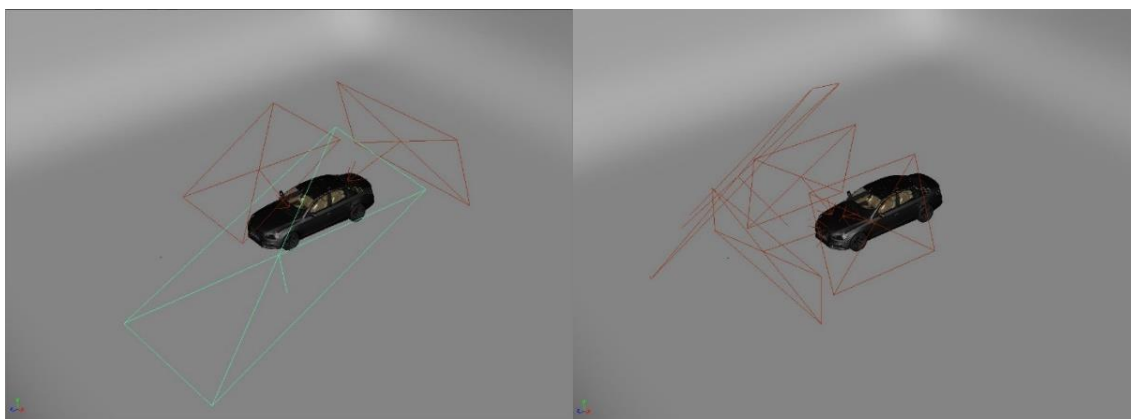
Slika 30. Podešeni glavni (gore) i dodatni izvori svjetlosti (dolje) za prvu scenu.

Kako bi se naglasile sve linije i dobilo zadovoljavajuće osvjetljenje automobila koristilo se i nekoliko dodatnih svjetala. Broj svjetala nije ograničen već ovisi o tome kakav konačni rezultat se priželjkuje dobiti. Ponekad je čak i jedan izvor svjetlosti dovoljan kako bi se osvijetlila cijela scena. Novi izvor svjetlosti se dodao odabirom elementa *Area light* pod izbornikom *Create – Lights*. Izvoru se nakon označavanja pridodala oznaka odlaskom na stranicu *areaLightShape* unutar *Attribute editor-a*, te pod *Attributes* padajućim izbornikom odabere *Vray – LightAttributes*. Time su se promijenile postavke izvora svjetlosti i koristile Vray postavke. Svakom korištenom izvoru svjetlosti morala se odrediti i namjestiti njegova veličina, pozicija i intenzitet dok je boja osvjetljenja za svaki od izvora biti bijela. HDRI slika u ovome slučaju nije služila kao glavni izvor svjetlosti već samo kao dodatno svjetlo koje će sceni dati bolju kvalitetu. HDRI slika se postavila ulaskom u *Hypershade* alat, te

kreiranjem novoga *node*-a *VrayDomeLight*. Odlaskom u postavke novog kreiranog *node*-a, u kanalu *Texture* uključila se opcija *Use Dome Tex*. Pritiskom na ikonu šahovnice odabrao se *node File*, te provodila jednaka procedura kao i kod učitavanja slike za materijal registracijskih tablica.

## Scena 2

Jednako kao i u prvoj sceni prvo je bilo potrebno kreirati tri glavna izvora svjetlosti (*key*, *rim* i *fill light*). Svjetla nisu bila postavljena jednako kao i u prvoj sceni već se za svaku od scena zasebno postavio svaki od izvora. Za razliku od prve scene u drugoj sceni se koristilo 7 *Area light* izvora i HDRI slika. Postupak za njihovo kreiranje i namještanje unutar scene izvodilo se jednako kao i za prvu scenu (Slika 31.).



Slika 31. Podešeni glavni (lijevo) i dodatni izvori svjetlosti (desno) za drugu scenu.

## Scena 3

Pri trećoj sceni jedina tehnika osvjetljavanja koja se koristila je *Image based lightning*. Razlog je to što scena prezentira automobil u prirodi, te slika koja se koristi za njegovo osvjetljavanje sadrži dovoljno informacija o svjetlosti same okoline, tako da nije bilo potrebno koristiti druge tehnike osvjetljavanja kako bi dobili realan rezultat. Postavljanje



HDRI slike se izvodilo jednako kao i prijašnje navedenim scenama (Slika 33.). Međutim, vrlo je bitno bilo orijentirati model na način da je usklađen s korištenom fotografijom okoline.



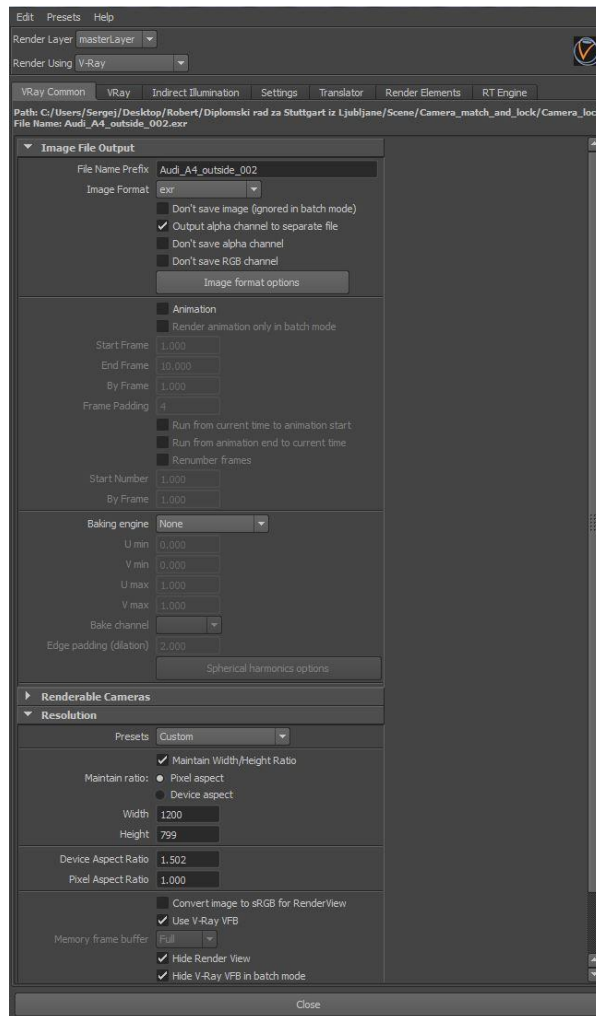
*Slika 33. Korištena HDRI slika.*



*Slika 32. Podešena HDRI slika za treću scenu.*

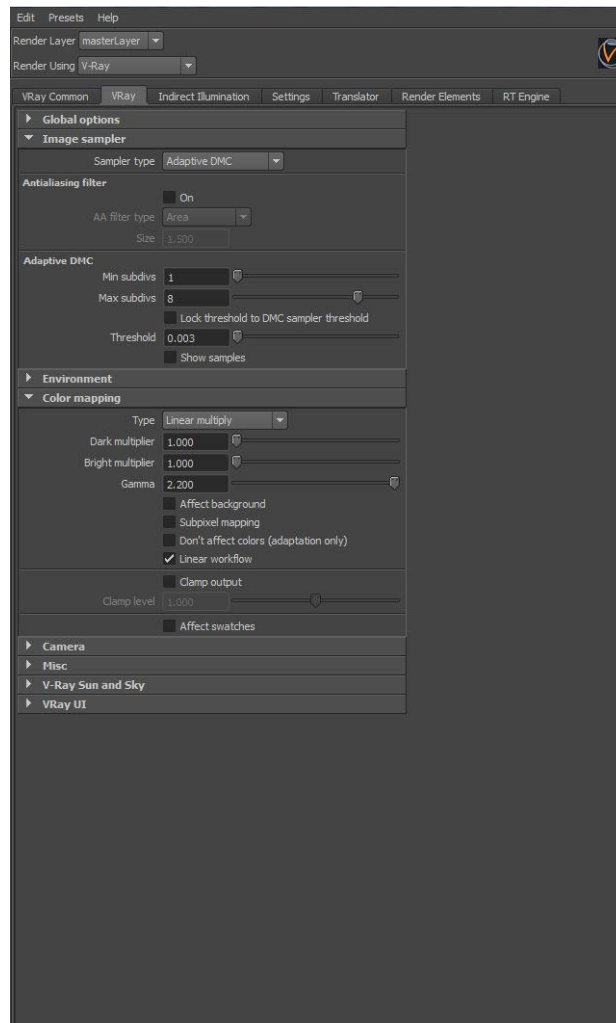
### 3.6. Renderiranje

Ukoliko bi se koristio render dobivenih scena, rezultat ne bi bio potpuno zadovoljavajući. Razlog leži u tome što su određeni dijelovi automobila imali previše ili premalo refleksije nastale uporabom većeg broja svjetala. Kako bi se imalo više kontrole u postprodukciji, scena se prije samog renderiranja razložila na segmente. To znači da se pohranilo više datoteka iste scene sa razlikom u nekim od elemenata. Prva i druga scena, pošto su međusobno vrlo slične razložile su se na jednake zasebne segmente. Prvi segment je sadržavao originalnu scenu u kojoj podloga, na kojoj se nalazio automobil, nije bila vidljiva i na taj način se dobila samo renderirana slika automobila bez okruženja. Označavanjem podloge i odlaskom u *Attribute editor-Render stats*, te isključivanjem opcije *Primary visibility* onemogućila se vidljivost objekta. Drugi segment je sadržavao scenu bez ijednog izvora svjetlosti osim HDRI izvora osvjetljenja, te također postavljenom podlogom na “nevidljivo”. Ovako renderiranom scenom imalo se više kontrole nad refleksijama automobila. Treći i konačni segment bila je scena koja uključuje automobil i jedan aktivan izvor svjetlosti i to glavni (*key light*) kako bi se dobila oštra sjena modela na podlozi. U trećoj sceni izradila su se samo dva segmenta i to originalna scena sa podlogom i pozadinskom slikom postavljenom na “nevidljivo” i drugi segment, scena u kojoj su se generirale sjene automobila na podlozi. Render postavke unutar sve tri scene su bile gotovo jednake. Prvo što je bilo potrebno napraviti je postaviti, odnosno uključiti Vray render. On se postavio tako da se unutar *Render Settings* prozora pod *Render Using* opcijom odabera *Vray*. Izlazni format slike koji se koristio je 16 bitni *exr file* kako bi se imalo više mogućnosti pri korekciji boje u postprodukciji i mogućnost korištenja alpha kanala slike. Kao i drugi formati slike poput *png* ili *tiff* formata, *exr* u sebi sadrži podatke o transparentnosti. Unutar render postavki postoji niz parametara koje je moguće promijeniti kako bi se utjecalo na izlaznu sliku stoga je potrebno dobro poznavanje mogućnosti samoga rendera, a kako bi ona bila na visokoj razini. Pod *Vray Common* stranicom unutar *Render Settings* prozora osim odabira izlaznog formata odredio se i naziv izlazne slike kao i njena rezolucija (Slika 34.). Rezolucija koja se koristila za prvu scenu je 1280 x 720, za drugu scenu renderirana rezolucija je bila 1200 x 650, dok u trećoj 1200 x 800 piksela.



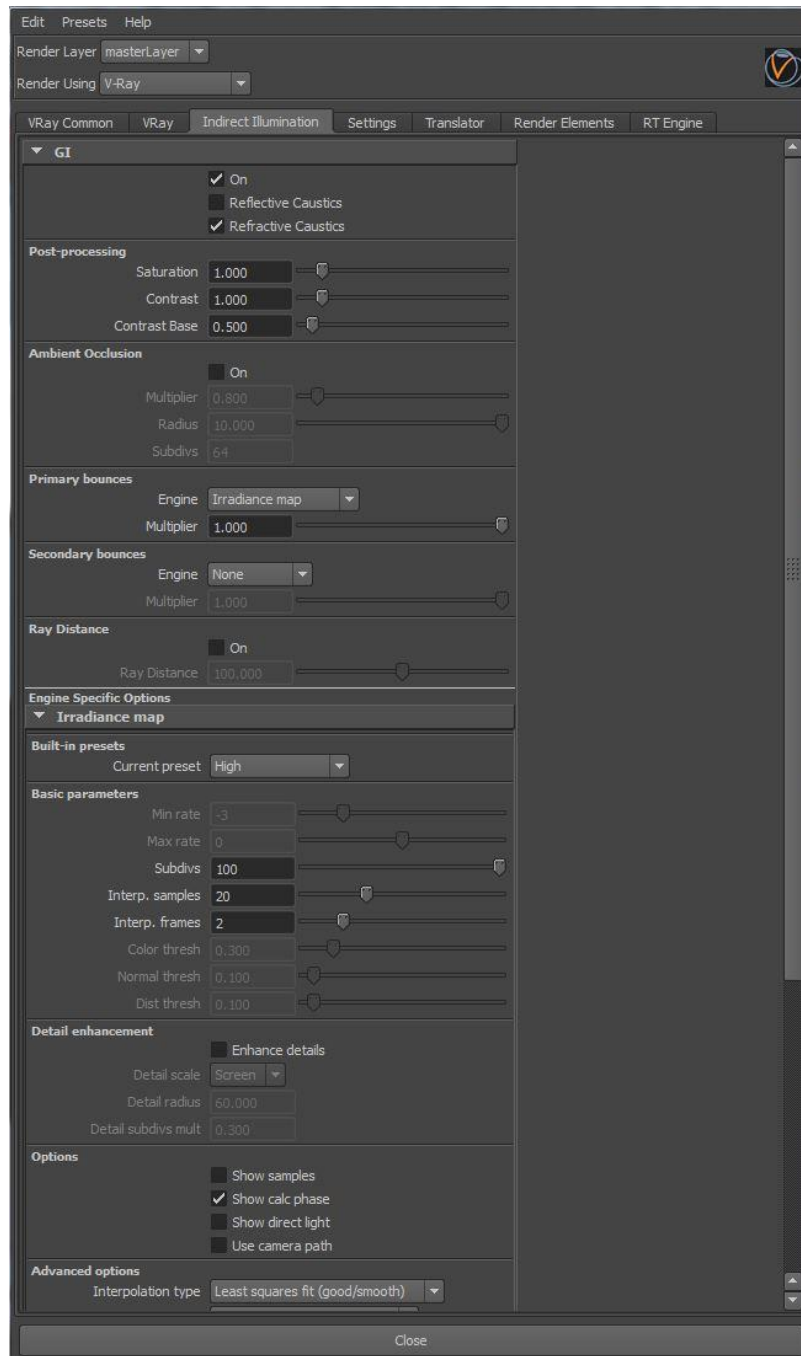
Slika 34. Vray Common stranica u render postavkama.

Pod sljedećom, Vray stranicom, u render postavkama promijenilo se unutar kanala *Image sampler*, *Sampler type* na *Adaptive DMC* i isključio *Antialiasing filter*. Pod postavkom *Adaptive DMC* minimalna vrijednost se postavila na 1, dok maksimalna na 8, a *Threshold* na 0,003. Tim postavkama se omogućilo dobivanje glatkih rubova objekata na slici, te dobivanje ljepših, glatkijih prijelaza gradijenta. Gradijent se pojavljuje na objektima sa većim efektom zamućenosti poput plastike i gume. Na istoj stranici u *Color mapping* kanalu *Type* opcija je bila postavljena na *Exponential*, te smanjen *Bright multiplier* na 0.6, a gama povišena na 2.2. Vrlo je važno bilo prilikom promjena tih postavki uključiti opciju *Linear workflow*. Ovi parametri su pomogli pri korekciji svjetline izlazne slike.



Slika 35. Vray stranica u render postavkama.

Sljedeća i posljednja stranica na kojoj su se promijenile postavke je *Indirect Illumination*. Ona je vrlo bitna kako bi se dobilo realno odbijanje svjetlosti unutar scene. Kao primarno odbijanje svjetlosti koristio se model *Irradiance map*, dok je drugo bilo isključeno. *Irradiance map* je samo jedan od modela koji kalkulira odbijanje svjetlosti sa površine objekta kada na njega padnu zrake svjetlosti. Postoji nekoliko već podešenih parametara koji se mogu upotrijebiti zavisno o željenoj kvaliteti. Za sve scene koristili su se jednaki, već podešeni parametri i to *High* sa promijenjenom (povišenom) *Subdivs* vrijednosti na 100. Tom promjenom dobile su se glatkije slike bez mogućnosti pojavljivanja “mrlja” nastalih lošom kalkulacijom svjetlosti.



Slika 36. Indirect Illumination stranica u render postavkama.

Namještanjem svih navedenih postavki za svaku od scena koje su se razložile na segmente, za rendiranje slike potrebno je bilo pritisnuti *Render the current frame* gumb koji se nalazi na vrhu Maya sučelja.



*Slika 37. Izgled scena neposredno prije renderiranja*

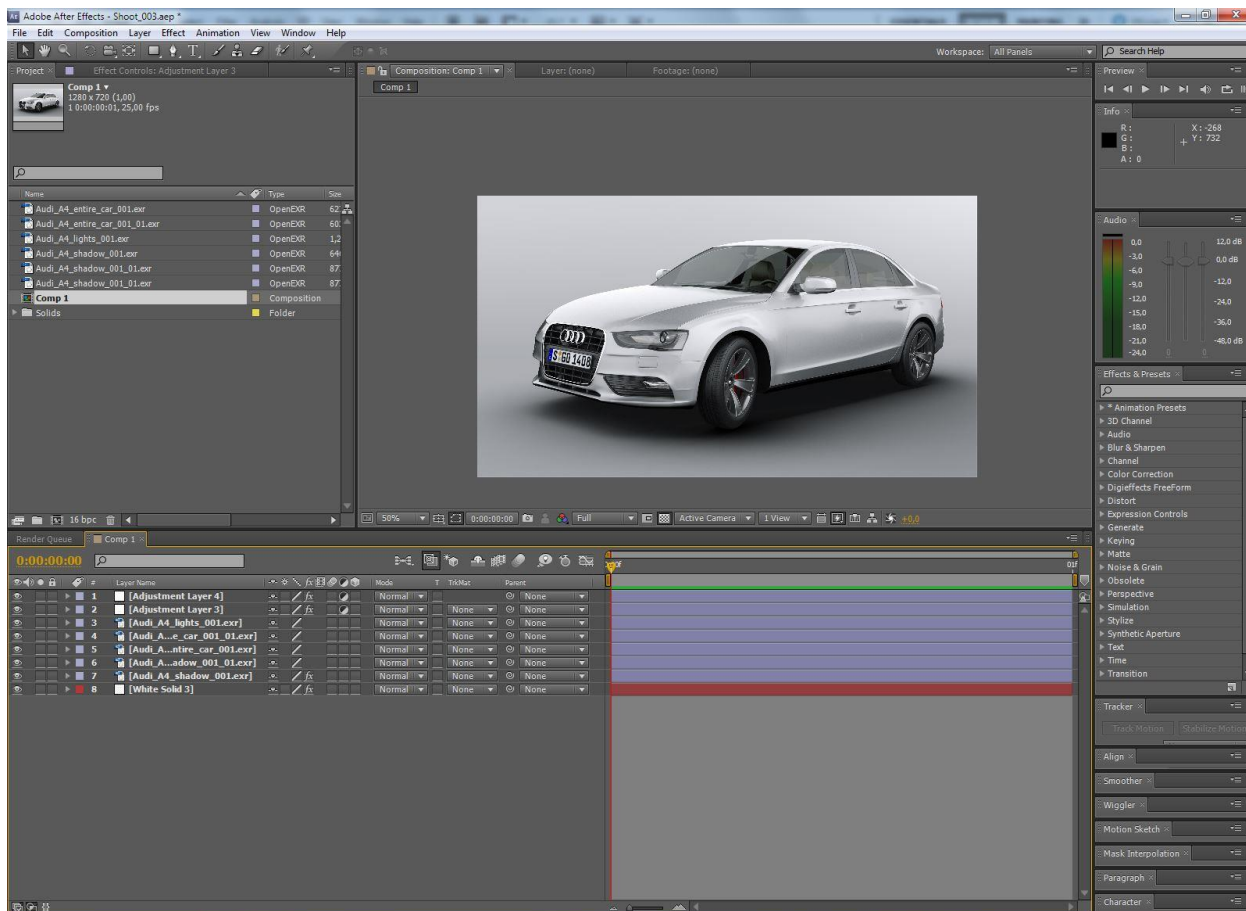
### 3.7. Postprodukcija

Završni korak izrade vizualizacije automobila proveo će se uporabom *Adobe After Effects* i *Adobe Photoshop* programa.

#### Scena 1.

Nakon otvaranjem *Adobe After effects* programa, te unosa renderiranih slika, potrebno je bilo izraditi novu kompoziciju unutar programa. Odabirom izbornika *Composition – New Composition* i postavljanjem rezolucije jednake renderiranim slikama omogućilo se ubacivanje slika u kompoziciju i njihovu obradu. Slike su se postavile tako da je najdonji *layer* bio onaj koji prikazuje kompoziciju sjena, zatim je slijedio *layer* modela automobila, te iznad toga *layer* drugog modela automobila koji je imao uključenu postavku osvjetljavanja samo uz pomoću HDRI slike. Pošto su sve od navedenih slika transparentne postavljena je pozadina. Kreiranjem novoga bijelog *layer*-a (*Solid layer*) i njegovim postavljanjem na najnižu razinu u hijerarhiji *layer*-a dobila se bijela pozadina. Desnim klikom na kreirani *layer*, te odabirom *Effects–Generate–4-Color Gradient* izradio se novi efekt koji je primijenjen na pozadinu. Četiri boje koje su se koristile u tom efektu su različiti tonovi bijele i sive boje. Pošto su prozori automobila, koji je renderiran sa uključenim svim izvorima svjetlosti, imali preveliku količinu refleksije, potrebno ju je bilo korigirati uporabom rendera automobila osvjetljenog HDRI slikom. Označavanjem automobila i odabirom *Pen Tool* alata iscrtale su se linije oko prozora. Time su se dobile maske odnosno izrezani dijelovi slike. Ponovnim označavanjem iste slike i pritiskom tipke “T” na tipkovnici, otvara se mogućnost promjene transparentnosti sloja, pa se tako opacitet postavio na 84%. Klikom desne tipke miša na kompoziciju i odabirom *New - Adjustment layer*, izradio se novi *layer* na koji su se postavili efekti korekcije boja. *Adjustment layer* utječe na sve slojeve koji se nalaze ispod njega. Na kreirani sloj se postavilo četiri efekta i to: *Levels*, *Sharpen*, *Photo filter* i *Curves*. *Levels* i *Curves* efektom se utjecalo na kontrast i svjetlinu tamnih i svijetlih tonova. U *Photo filter* efektu se postavio plavi filter i namjestila jačina njegove snage *Density* na 7%. Time se dobilo lagano prevladavanje plavih tonova. *Sharpen* efekt se koristio kako bi naglasio rubove i linije renderirane slike jer uglavnom sve renderirane slike iz 3D programa imaju vrlo “mekan”, “zamagljen” izgled. Kako bi se dodatno posvijetlila slika izradio se još jedan *Adjustment layer*, te postavio *Curves* efekt. Dobiveni rezultat pohranjen je odlaskom u izbornik *Composition - Add to Render Queue*. U novome prozoru odabrao se izlazni format *tiff*. i mjesto pohranjivanja. Pritiskom na tipku

Render slika se pohranila na određenu lokaciju na računalu. Time je završena obrada slike u *Adobe After Effects* programu, a renderirana slika se otvorila u *Adobe Photoshop* programu za daljnju obradu.



Slika 38. Postprodukcija prve scene u *After Effects* programu.

Otvaranjem slike u *Photoshop* programu izradio se novi sloj (*layer*). Odabirom *Brush* alata crne boje sa opacitetom postavljenim na 15% prelazilo se preko automobilskih guma kako bi im se korigirala (smanjila) svjetlina. Kreiranjem novoga sloja, te odabirom jednakog alata bijele boje, iscrtavale su se linije oko aluminijskih naplataka kako bi im se povećala svjetlina, te istaknuli rubovi. Pošto je okolina automobila izgledala relativno sivo, ponovnom uporabom *Brush* alata posvijetlila se okolina. Završna dva efekta koja su se



dodala su *Levels* za povećanje ukupne svjetline slike i *Color Balance* kako bi se lagano ispravili tonovi slike (Slika 38.).



Slika 39. Postprodukcija prve scene u Photoshop programu.

## Scena 2.

Na jednak način kao i u prvoj sceni izradila se kompozicija rezolucije kao i renderirana slika, te ih se postavilo u hijerarhiji na jednaki način. Prvi izrađeni *layer* postavljen je kao najdonji i predstavljao je bijelu pozadinu. Novi kreirani *Solid layer* sloj postavljen je iznad njega, te se primijenio *4-Color Gradient* efekt kako bi se dobila “dubina” pozadine. Pošto su renderirane sjene automobila izgledale vrlo tamno potrebno im je bilo smanjiti opacitet

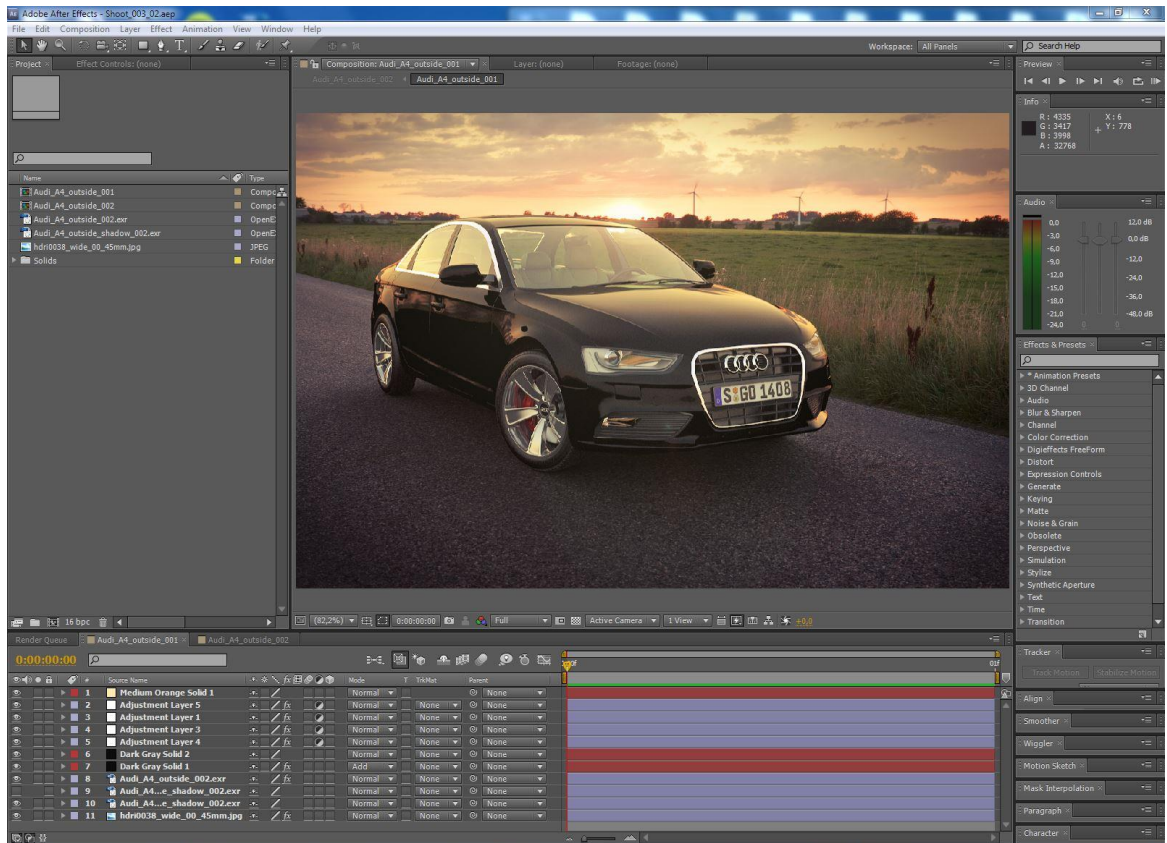
na 90%. Kao i u prvoj sceni, izrađene su maske na slici automobila pri kojem je korištena HDRI slika kao izvor osvjjetljenja. te joj je opacitet snižen na 90%. Izradom novoga sloja koji se postavio na vrh, odabrao se Ellipse alat kojim se izradila maska kako bi se dobio *vignette* efekt, odnosno efekt kod kojeg slika od sredine prema rubovima tamni. Posljednji sloj koji se dodao je *Adjustment layer* na koji se postavili efekti *Curves* i *Levels* za posvijetljavanje slike i povećavanje njenoga kontrasta, te *Sharpen* efekt čija uloga je već spomenuta. Zadnji korak je bio render izrađene slike bez naknadnog korištenja *Adobe Photoshop* programa (Slika 40.).



Slika 40. Postprodukcija druge scene u After Effects programu.

### Scena 3.

Postupak unosa i hijerarhije renderiranih slika se ponovio kao i u prve dvije scene. Za razliku od ostalih scena, unijela se pozadinska fotografija. Pozadinska i HDRI fotografija moraju biti slikane na istome mjestu u približno isto vrijeme kako bi se refleksije i osvjetljenja na automobilu poklapale s njom. Kao najdonji element umjesto izrade novoga sloja postavila se navedena pozadinska fotografija. Na renderiranu sliku automobile dodalo se nekoliko efekata. Već navedeni *Sharpen* i *Curves* efekti su imali jednaku ulogu kao i u scenama ranije, novi efekt koji se dodao je *Add Grain* efekt koji je omogućio bolje uklapanje renderirane slike u pozadinsku. Pozadinska fotografija kao i svaka druga ima neku dozu šuma u sebi dok je renderirana slika visoke kvalitete rendera nema. Stoga je bilo dodana mala količina šuma. Intenzitet u efektu je postavljen na 0.15, a veličina zrnaca šuma na 0.3. Kako je pozadinska fotografija snimana prema Suncu izrađen je novi *layer* na koji se dodao efekt *Lens Flare*. To je efekt koji simulira odbljesak sunca u leći fotoaparata što povećava dozu realizma. Iznad navedenog *layer*-a kreirao se novi na kojemu se izradio *vignette* efekt. Sljedeća četiri dodana sloja su bila *Adjustment layer*-i. Na prvi *layer* se postavio efekt *Curves*, drugi *Hue/Saturation* kojim se povećala zasićenost boja, treći *Levels*, a četvrti *Exposure*. *Exposure* efektom se korigirala gama sa 1.0 na 1.15 pri čemu su se naglasili detalji ceste. Posljednji kreirani *layer* je bio *Solid layer* blago narančaste boje kako bi simulirao boju sunca. Korištenjem *Ellipse* alata izradila se maska na *layeru*, na približnoj poziciji sunca. Odlaskom u postavke maske, dvostrukim pritiskom na tipke "M" na tipkovnici, pod *Mask Feather* opcijom postavila se vrijednost 516. Time se dobila mekana gradijentna maska. Nakon što se završio proces ispravljanja boja i dodavanja različitih efekata, prije samoga rendera slike korigirala se rezolucija slike odnosno promijenio njen format. Izradom nove kompozicije i postavljanjem rezolucije na 1200 x 650 piksela, prva kompozicija, koja se kreirala na početku izrade treće scene, postavila se unutar novokreirane. Na taj način se promijenila rezolucija slike. Posljednji korak koji je proveden je već opisani render slike.



Slika 41. Postprodukcija treće scene u After Effects programu.

#### 4. REZULTATI I DISKUSIJA

Prije početka samoga eksperimentalnoga dijela izradio se proces rada čime se znatno uštedjelo vrijeme potrebno za cjelokupnu izradu modela. Dvije studijske, te jedna vizualizacija u vanjskom okruženju izrađene su postupcima modeliranja, teksturiranja, osvjetljavanja, renderiranja i postprodukcije. Vizualizacije prednjeg i bočnog pogleda na model trebale bi predstavljati ili zamijeniti fotografiranje automobila u studiju, dok bi vizualizacija modela u vanjskom okruženju trebala zamijeniti vanjsko snimanje.

Konačne vizualizacije automobila predstavljaju slike 42, 43 i 44. Na slikama prednjeg i bočnog pogleda mogu se uočiti jasne linije i sjene koje su vrlo mekanog izgleda. Dodatni detalj koji pridodaje realističnosti su refleksije na prozorima modela, ali i lagana zamućenost stakla. Renderirana slika automobila i njegove sjene u vanjskom okruženju, koristeći Adobe After Effects program, se pridodala pozadinskoj slici čineći realističnu kompoziciju. Tako se može uočiti refleksija žute boje na autu kao rezultat svjetlosti u pozadini fotografije. Dodatna realističnost se postiže ili se postigla obradom guma i tablica na modelima. U postprodukciji su napravljene dodatne korekcije boja i tonova, kao i naglašavanje sjena.

3D vizualizacije uspoređene su s dvije vizualizacije nastale klasičnom metodom fotografiranja (fotografije automobila modela BMW i Honda). Fotografije odabrane za usporedbu su slikane iz iste perspektive, odnosno pozicija kamere korištena pri fotografiranju je slična poziciji kamere kreirane unutar 3D programa. Na slikama 45., 46. i 47. se nalaze modeli istih perspektiva označenih s a), b) ili c) oznakom, a koristili su se zbog međusobne usporedbe u anketi. Za potrebe ankete, u program Photoshop promijenile su se registarske pločice na automobilima, kako bi taj detalj isključili kao mogući oblik prepoznavanja 3D modela.



*Slika 42. Prednji pogled na model.*



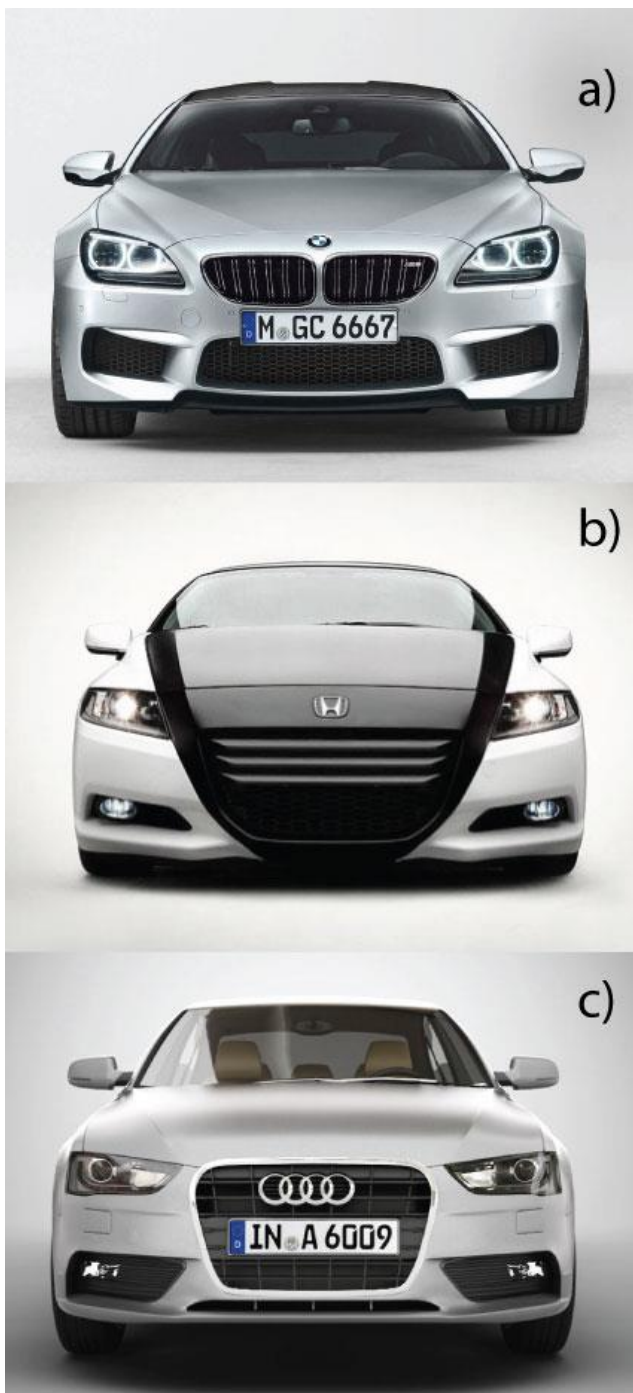
*Slika 43. Bočni pogled na model.*



*Slika 44. Model u vanjskom okruženju.*

Koristeći Internet servis <https://www.surveymonkey.com>, izrađena je anketa kojom se usporedila 3D vizualizacija s fotografijama. Na početku ankete postavljena su tri uvodna pitanja koja su dala odgovor na opće informacije o ispitanicima. Prvo pitanje odnosilo se na spol, drugo na dob, a treće na područje zanimanja ispitanika. Sljedeća tri pitanja u anketi odnosila su se na usporedbu slika. Svako pitanje je dodatno pojašnjeno na način da se dao kratak opis ispred svakog pitanja, Ispitanici su upućeni da za potrebe prepoznavanja i glasanja na anketi zanemare detalje poput: marke i modela automobila, boje automobila, registarskih pločica i sl. Upućeni su da usporedbu temelje na vizualnom doživljaju realističnosti modela. Također su dane informacije o tome kako su dvije slike automobila dobivene tehnikom fotografiranja, a samo jedna tehnikom 3D modeliranja.

Anketa je trajala tri dana, a ispunilo ju je ukupno 165 ispitanika.



*Slika 45. Usporedba vizualizacij prednjeg pogleda*

(Izvori:

a)

[http://image.motortrend.com/f/auto\\_shows/detroit/1212\\_bmw\\_m6\\_gran\\_coupe\\_first\\_look/45625185/2014-BMW-M6-Gran-Coupe-front.jpg](http://image.motortrend.com/f/auto_shows/detroit/1212_bmw_m6_gran_coupe_first_look/45625185/2014-BMW-M6-Gran-Coupe-front.jpg)

b)

<http://www.pinterest.com/pin/526780487634595439/>)





*Slika 46. Usporedba vizualizacija bočnog pogleda.*

*(Izvori*

*b)*

*[http://www.themotorreport.com.au/content/image/2/0/2013\\_bmw\\_m6\\_gran\\_coupe\\_verseas\\_01\\_1-1213.jpg](http://www.themotorreport.com.au/content/image/2/0/2013_bmw_m6_gran_coupe_verseas_01_1-1213.jpg)*

*c)*

*<http://assets.carwow.co.uk/blog/Honda+CR-Z+white.jpg>*



*Slika 47. Usporedba vizualizacija u vanjskom okruženju*

*(Izvori:*

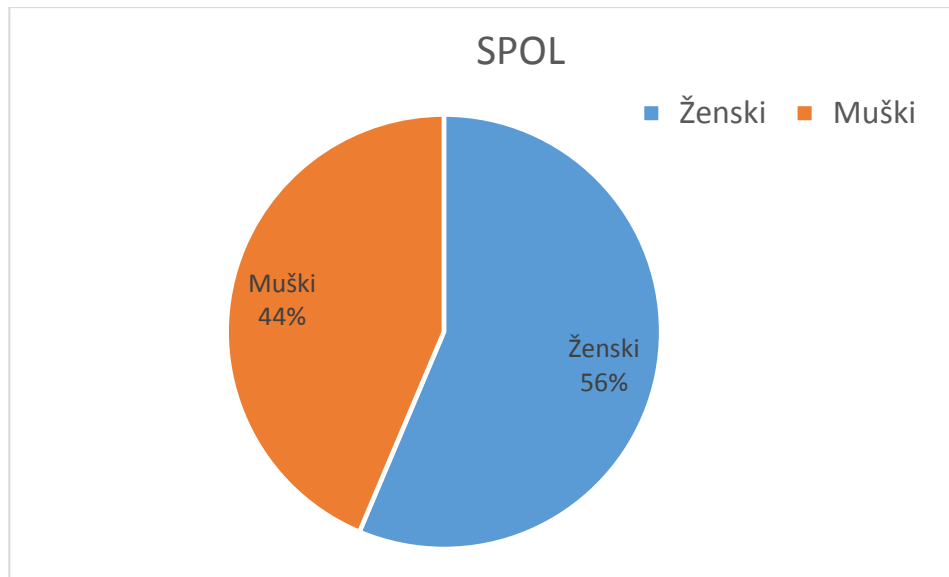
*a)*

*[http://st.gdefon.com/wallpapers\\_original/wallpapers/406563\\_bmv\\_chyornaya\\_gorod\\_solnce\\_blik\\_BMW\\_2048x1360\\_\(www.GdeFon.ru\).jpg](http://st.gdefon.com/wallpapers_original/wallpapers/406563_bmv_chyornaya_gorod_solnce_blik_BMW_2048x1360_(www.GdeFon.ru).jpg)*

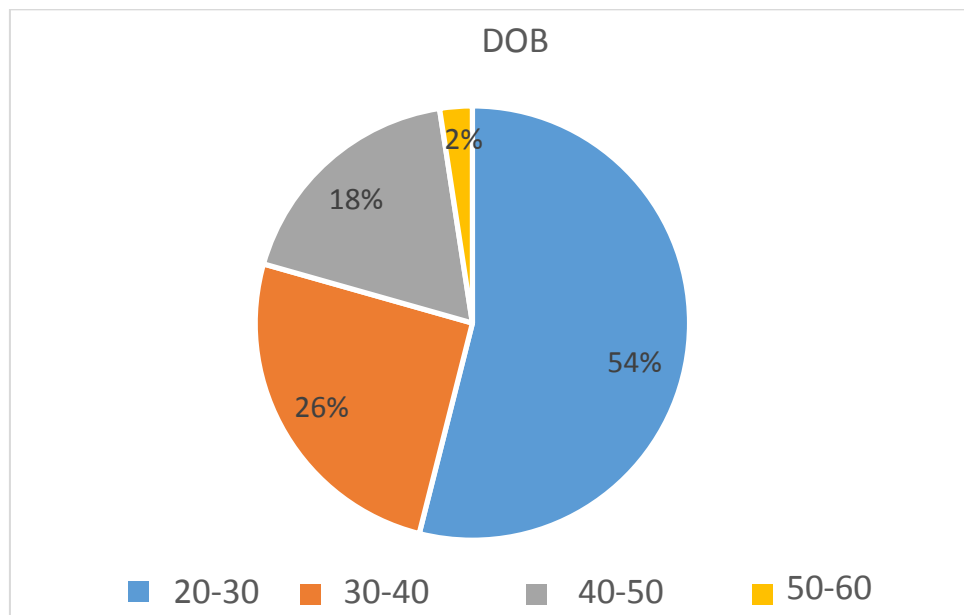
*b)*

*[http://www.octanefreaks.com/wp-content/uploads/2012/10/modp\\_1103\\_02\\_o+2011\\_honda\\_crz+left\\_side\\_view-1025x768.jpg](http://www.octanefreaks.com/wp-content/uploads/2012/10/modp_1103_02_o+2011_honda_crz+left_side_view-1025x768.jpg)*

Grafikon 1. Omjer ispitanika prema spolu

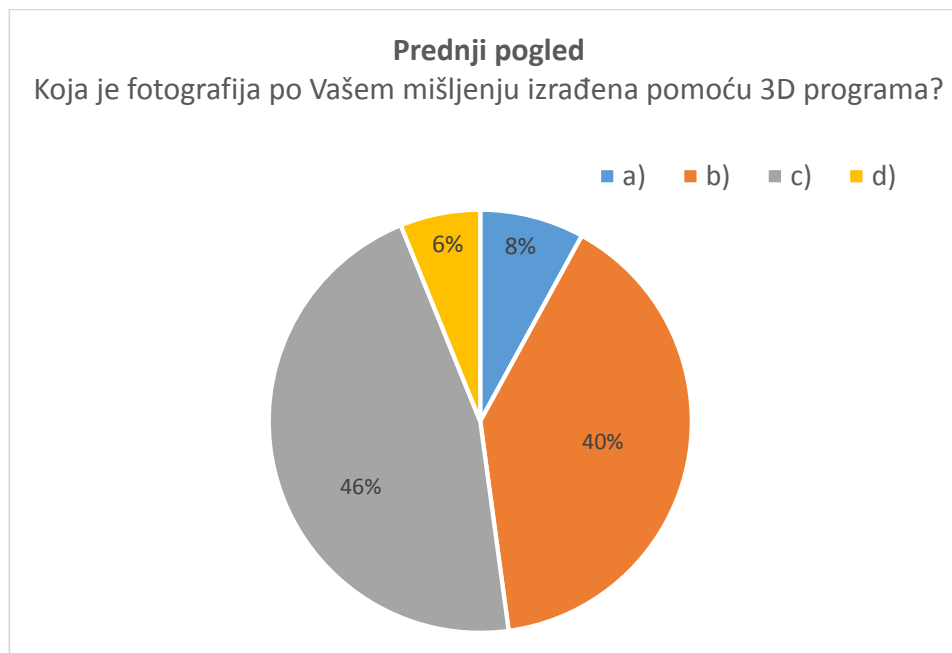


Grafikon 1. Prikazuje omjer ispitanika prema spolu. Iz prikazanog se može uočiti kako je anketi pristupilo 56% ispitanika ženskog spola, a 44% ispitanika muškog spola. Brojčano gledajući od 165 ispitanika, 93 ispitanika su bila ženskog spola, a 72 ispitanika muškog.



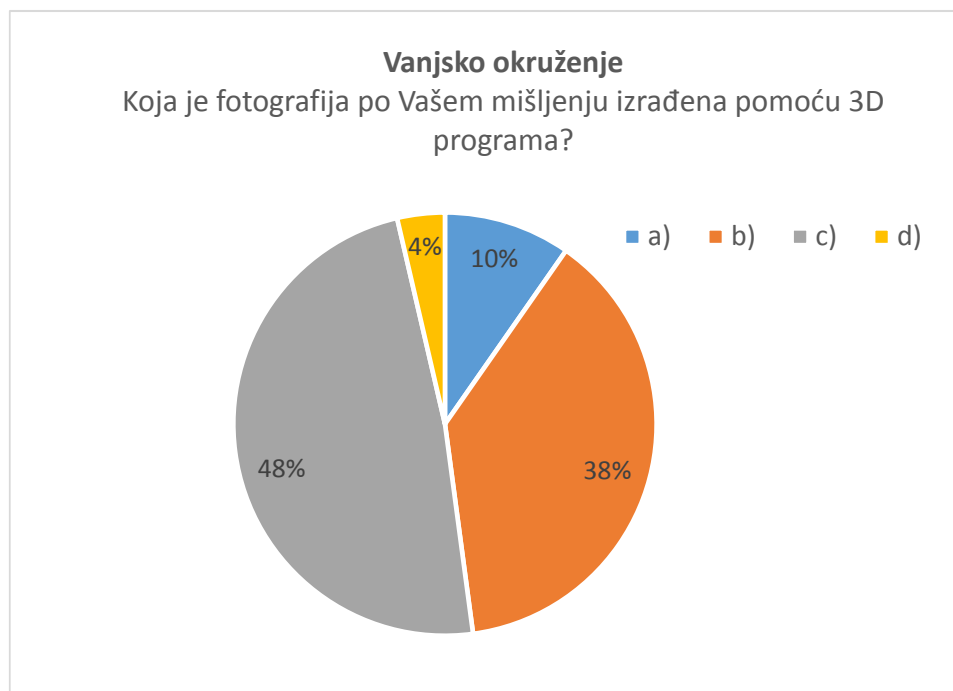
Grafikon 2. Omjer ispitanika prema dobnim skupinama

Grafikon 2. prikazuje ispitanike po dobnim skupinama. Najveći postotak ispitanika bio je od 20 do 30 godina(54%). Sljedeća kategorija dobne skupine je od 30 do 40 godina s 26%. Zatim od 40 do 50 godina s 18% i od 50 do 60 godina s 2% ispitanika.



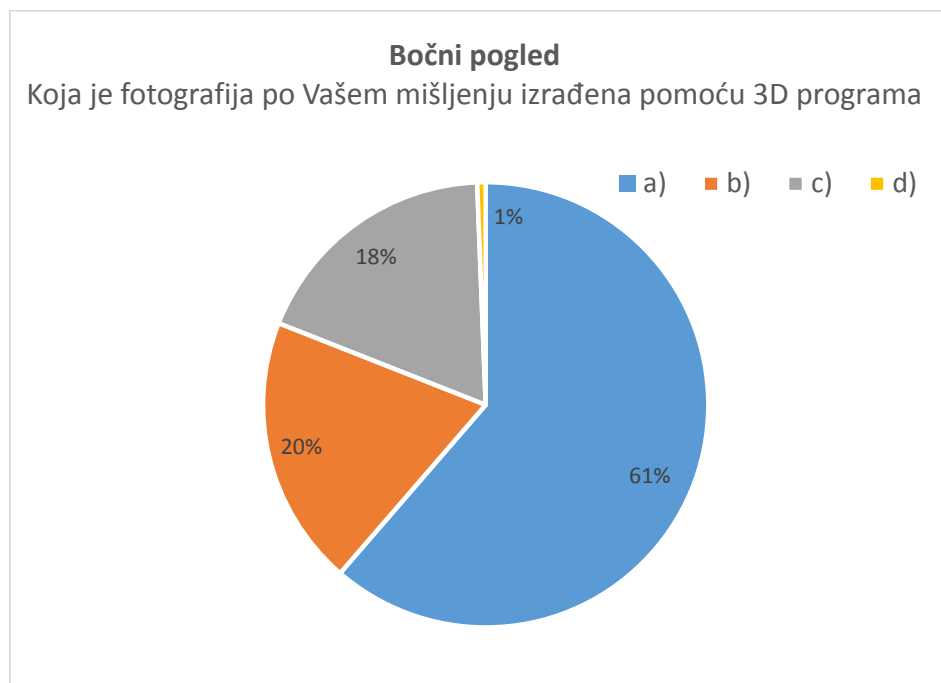
*Grafikon 3. Usporedba prednjeg pogleda*

U prednjem pogledu uspoređivale su se dvije fotografije automobila. Radi bolje usporedbe sva tri modela su sive metalik boje. Kada se gleda svaki rezultat posebno na odgovor c) je 46% ili 70 ispitanika odgovorilo potvrdno. Uspoređujući taj odgovor s ostala dva može se učiti kako su ispitanici ipak imali problema s raspoznavanjem 3D modela. Zbroj postotaka dviju fotografija, koje uspoređujemo s 3D vizualizacijom, je 48%. Zadnje pitanje također puno govori o mišljenju ispitanika. 6% ispitanika nije se moglo odlučiti između tri ponuđena odgovora.



*Grafikon 4. Usporedba vizualizacija u vanjskom okruženju*

Grafikon 4. Prikazuje slične rezultate kao prethodni. Manji broj ispitanika nije bio siguran u odgovor.



*Grafikon 5. Usporedba vizualizacija u vanjskom okruženju*

Najlošije rezultate ankete daje zadnja kategorija slika. Čak 61% ispitanika je prepoznalo 3D vizualizaciju automobila, naspram dvije ponuđene fotografije. U svoj odgovor nije bilo sigurno svega 1% ispitanika. Razlog tome je vjerojatno osvjetljenje i položaj 3D modela, ali i drugačija tekstura i boja (metalik siva) modela.

U analizi rezultata ankete ne uočava se specifična razlika u odgovorima, a koja bi bila definirana uvodnim pitanjima (spol, dob). Ispitanici koji su u uvodnom pitanju zanimanja ispunili odgovore poput: dizajner, grafičar, grafički inženjer i sl. u većini rezultata su prepoznali 3D model. Ispitanici koji su naveli zanimanje fotograf u 100% su omjeru prepoznali fotografije s obzirom na 3D model. Najviše pogrešnih odgovora davali su ispitanici s zanimanjima ekonomist ili ugostitelj. Ostala zanimanja ne pokazuju specifičnost.

## 5. ZAKLJUČAK

Sve veći razvoj računalnih programa i otvaranje novih mogućnosti za aplikaciju modela, omogućio je 3D tehnikama vizualizacije sve veću primjenu. Poznato je da određeni proizvođači mobitela, prehrane i slični više gotovo i ne koriste tehniku fotografiranja. 3D vizualizacije pružaju, dizajnerima, vizualnim 3D umjetnicima („3D artist“), ali i krajnjim klijentima, nove prezentacijske mogućnosti. Cilj ovoga rada je bio izraditi 3 različite vizualizacije automobila marke Audi A4, uporabom različitih računalnih programa. Nakon opsežnog rada dobivene su tri vizualizacije automobile u prednjem i bočnom pogledu i u vanjskom okruženju.

Konačan odabir odgovarajućeg načina izrade prezentacije i vizuala ima klijent, ali i krajnji korisnik. Iz rezultata dobivenih anketom, može se uočiti zbunjenost ispitanika i gotovo nemogućnost da točno ocjene koja od ponuđenih vizualizacija je bila izrađena u 3D programu, a koja je fotografija. Iz toga se zaključuje da 3D model može zamjeniti fotografiju. Svakako treba uzeti u obzir i činjenicu da u automobilskoj industriji, na procesu izrade 3D vizualizacije, radi veća skupina ljudi, koja je podijeljena u timove. Svaki tim specijaliziran je za određeno područje 3D produkcije, pa se tako dijele na tim za modeliranje, tim za izradu materijala, tim za postprodukciju itd.

Ukoliko bi određenu vizualizaciju bilo potrebno napraviti u kratkom vremenskom periodu, bolji odabir bi bio korištenje metode fotografiranja. No, ukoliko je za vizualizaciju potrebno često mijenjanje i prilagođavanje postavki poput boje, teksture, veličine modela i sl. preporuča se korištenje 3D modeliranja i računalnih programa. 3D modeliranje omogućava korištenje bilo kojeg objekta bez obzira na njegovu stvarnu veličinu, boju, teksturu i sl. Vizualizacije se mogu jednostavno obraditi u programima za postprodukciju ili dalje koristiti kod animiranja.

Dokazano je da se 3D računalnim programima uz podešavanje postavki može izraditi kvalitetna i realna vizualizacija (uz korištenje točno određenih postavki osvjetljenja,

materijala i tekstura). Glavni uvjeti za postizanje još kvalitetnije vizualizacije je podjela rada i iskustvo. Za predvidjeti je da će daljnjim razvojem uporaba 3D programa biti neophodna u određenim industrijama koje će svoje proizvode htjeti predstaviti na inovativan način, ali uz mogućnosti manipulacije, čestih promijena i prilagođavanja objekta, modela ili scene.



## 6. LITERATURA

- [1] <http://www.grad.hr/geomteh3d/perspektiva-sonja/perspektiva1.html> - 1. listopad 2013
- [2] B. Erzetič, H. Gabrijelčič, 3D od točke do upodobitve, Pasadena, 2009, Ljubljana
- [3] A.Gahan, 3D Automotive Modeling: An Insider's Guide to 3D Car Modeling and Design for Games and Film, Taylor & Francis , 2010, United Kingdom
- [4] QUAN, L. Image-Based Modeling. Springer, 2010.
- [5] T. Palamar, E. Keller, Mastering Autodesk Maya 2012, Wiley, John & Sons, 2011, New York
- [6] <http://web.math.pmf.unizg.hr/nastava/CG/nurbs.pdf> – 25. studeni 2013
- [7] <http://www.am.unze.ba/cad/2013/11.pdf> - 25. studeni 2013
- [8] [http://repro.grf.unizg.hr/media/download\\_gallery/HDR%20fotografija.pdf](http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/HDR%20fotografija.pdf) – 18. prosinac 2013
- [9] A. Sykut, F. M. Ragonha, Z. Korcsok, R. Tilbury, Photoshop for 3D Artists: Volume 1: Enhance Your 3D Renders! - Previz, Texturing and Post-Production, 3DTotal Publishing, United Kingdom 2011
- [10] [http://www.vray.com/vray\\_for\\_maya/](http://www.vray.com/vray_for_maya/)- 2. siječanj. 2014
- [11] [http://www.vray.com/vray\\_training/](http://www.vray.com/vray_training/) - 5. siječanj 2014
- [12] E. Connell, 3D for Graphic Designers, Sybex, 2011, United Kingdom