

# Animacija u Blenderu

---

**Bodružić, Andrej**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

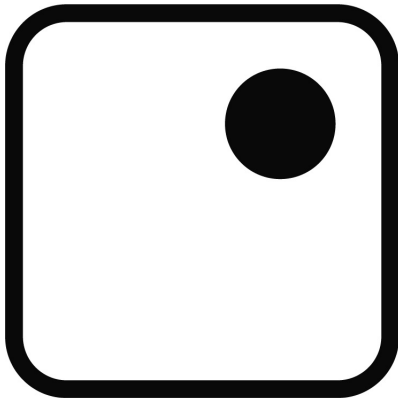
**2016**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:810616>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-31**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET

# ZAVRŠNI RAD

Andrej Bodružić



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: dizajn grafičkih proizvoda

# ZAVRŠNI RAD

Animacija u Blenderu

Mentor:

Prof. dr. sc. Lidija Mandić

Student:

Andrej Bodružić

Zagreb, 2016.

Rješenje o odobrenju teme završnog rada

## **Sažetak**

Tema završnog rada je računalna animacija. U teoretskom dijelu rada je prikazana povijest animacije i objašnjeno je 12 principa animiranja koje su napisali Ollie Johnston i Frank Thomas, majstori animatori u Walt Disney Studiu u kojemu je izrađena vlastita animacija i opisan proces. Animacija se bavi mladim čarobnjakom koji isprobava čarolije. Kao softver za izradu animacije korišten je primarno Blender, zatim Photoshop za kreaciju tekstura potrebnih za modele i storyboard i Audacity za obradu zvukova.

## **Ključne riječi**

Blender, Animacija, 3D, Storyboard, Rigg, Modeliranje, Teksturiranje, Osvjetljenje, Video obrada

## Sadržaj

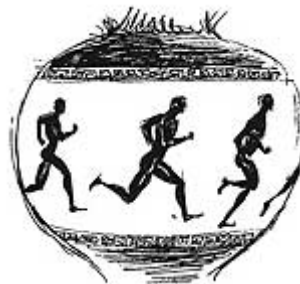
1.	Uvod u animaciju .....	3
2.	Povijest animacije .....	3
3.	12 principa animacije .....	10
3.1.	Spljošti – rastegni (Squash and stretch) .....	10
3.2.	Iščekivanje (Anticipation) .....	11
3.3.	Režiranje (Staging) .....	11
3.4.	Od početka do kraja i od poze do poze (Straight Ahead and Pose to Pose).....	12
3.5.	Prateća i preklapajuća akcija (Follow through and overlapping action) .....	13
3.6.	Lagani ulaz i izlaz (Slow in and slow out) .....	15
3.7.	Kretanje u lukovima (Arcs).....	15
3.8.	Sekundarna radnja ( <i>Secondary action</i> ) .....	16
3.9.	Trajanje ( <i>Timing</i> ) .....	17
3.10.	Pretjerivanje ( <i>Exaggeration</i> ) .....	18
3.11.	Čvrst, jasan crtež ( <i>Solid Drawing</i> ).....	19
3.12.	Uvjerljivost ( <i>Appeal</i> ) .....	20
4.	Eksperimentalni dio.....	21
4.1.	Storyboard.....	21
4.2.	3D Modeliranje .....	22
4.3.	Postavljanje materijala i teksturiranje .....	25
4.4.	Osvjetljenje.....	26
4.5.	<i>Rigging</i> .....	28
4.6.	Animacija.....	30
4.7.	Simulacija odjeće i tekućine.....	32
4.8.	Render.....	34
4.9.	Post produkcija.....	35
5.	Zaključak .....	37
6.	Literatura.....	38

## 1. Uvod u animaciju

Riječ animacija dolazi od latinske riječi anima koja predstavlja živuću silu u svakom biću. Iz toga možemo vidjeti da animirati znači oživjeti, dati život. Zapravo se radi o optičkoj iluziji koja nastaje zahvaljujući tromosti oka zbog čega nam utisak slike koju vidimo ostaje u mrežnici oka približno 1/25 sekunde. Uža definicija animacije je brzi prikaz slika dvodimenzionalnih ili trodimenzionalnih objekata s ciljem davanja iluzije pokreta. [1]

## 2. Povijest animacije

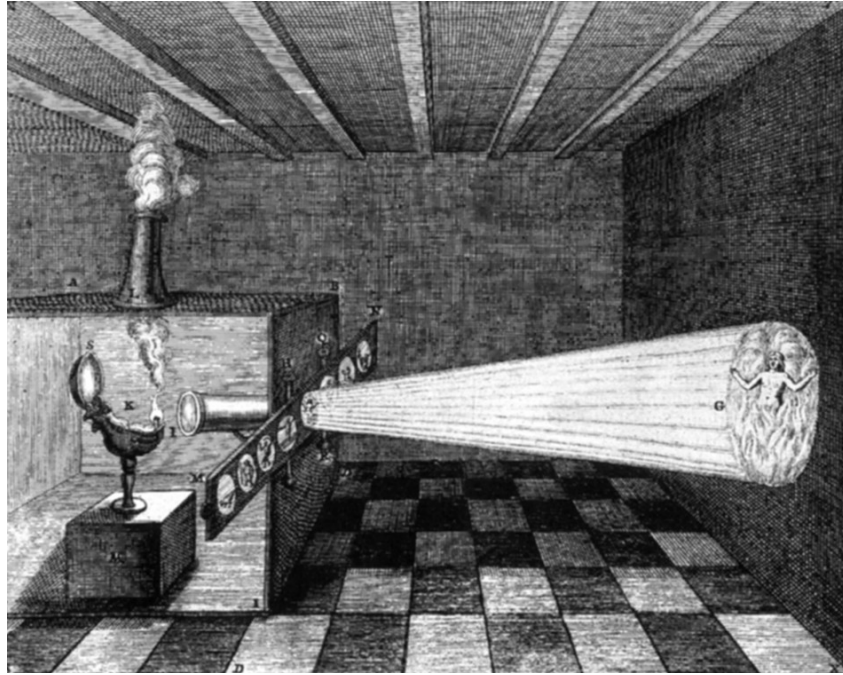
U starijem kamenom dobu se pojavljuju prvi pokušaji animacije, kada su ljudi u pećinama prikazivali životinje s različitim položajima nogu pokušavajući ostvariti dojam kretanja. Stari Grci su također oslikavali zdjele sa crtežima ljudi u različitim pozama pokreta, te su okrećući posudu pokušavali dočarati kretnju drugih ljudi (Slika 1). [2]



Slika 1. Posuda sa crtežima iz Grčke

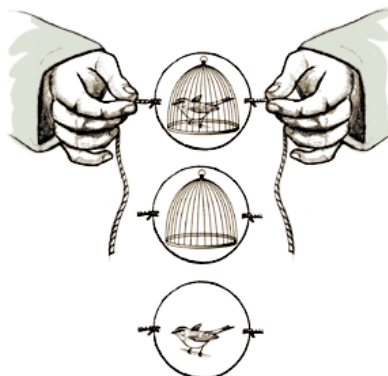
(<http://ralph.nugob.org/B/2/>)

Prvi pokušaj projiciranja pokreta na zid napravio je njemački svećenik, fizičar i matematičar Athanasius Kircher u 17. stoljeću. Konstruirao je uređaj *Magic Lantern* pomoću kojega je noću projicirao slike na suprotnoj zgradi na koju je stavio veći papir, a izvor svjetla bila je obična svijeća (Slika2). Crtao je figure na staklu u ključnim pozama koje je stavljao u svoj uređaj, a zatim je stvarao pokret pomicanjem stakla pomoću žica koje su bile pričvršćene za stakla. Za dobivanje oštre slike ispred crteža je stavljao leću. [2]



Slika 2. Magic Lantern uređaj  
(<http://cyfroteka.pl/catalog/ebooki/86569/120828/ff/101/OEBPS/Text/section004.xhtml>)

Intenzivniji razvoj animacije počinje tijekom 19. stoljeća kada se pojavljuju jednostavniji uređaji i igračke koje su prikazivale iluziju pokreta. 1824. godine britanski fizičar John Ayrton Paris izumio je thaumatrop, napravu koja se često smatra pretečom filma. Riječ je o okruglom kartonu koji je razapet između dvije uzice. Na jednoj strani je najčešće bila nacrtana krletka, dok je na poleđini ptica, na mjestu koje odgovara sredini krletke. Nakon što bi se karton zavrtio dovoljno brzo gledatelj bi dobio dojam kao da se ptica nalazi u krletci (Slika 3). [2]



Slika 3. Thaumatrop  
(<https://sadako5primaria.files.wordpress.com/2012/01/thaumatrop.gif>)



Fenakistoskop se pojavio 6 godina kasnije, naprava koja je brzim prikazom slika izazivala iluziju pokreta. To je okrugli karton pričvršćen na dršku u središtu kartona. Na rubovima kartona se nalaze slike pokreta u određenom trenutku, s tim što se kroz otvor u kutiji u kojoj se disk nalazio vidjela samo jedna slika. Nakon što se karton zavrti oko svog središta, slike na rubu stvaraju dojam pokreta (Slika 4). [2]



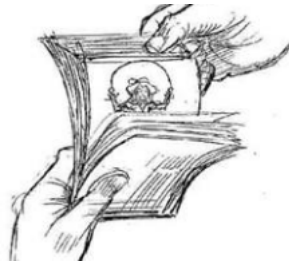
Slika 4. Karton za fenakistoskop  
(<http://beta.newsweek.rs/kultura/68337-kratka-istorija-animacije-od-5200-godina-starih-vaza-do-prvog-crtanog-filma-foto-video.html>)

Kolo života ili još poznat kao Zoetrop se pojavio 1834 godine. Imao je duge trakice od papira na kojima su bile sekvence crteža u različitim pokretima i taj se papir ubacivao u pomični cilindar. Pokretanjem uređaja i gledanjem kroz proreze promatrač je dobio dojam pokreta tih crteža kao što je prikazano na slici 5. [2]



Slika 5. Zoetrop  
(<http://jbutlerphd.com/VRinERSCS/VRER08Zoetrope.htm>)

Širom svijeta se 1868. godine pojavio The flipper book. To je hrpa crteža povezanih u blok sa jedne strane. Kada se jednom rukom drži za povezani kraj, drugom se rukom okreću stranice i na taj se način stvara iluzija pokreta (Slika 6). Taj je način ostao popularan i danas kod klasičnih animatora prije nego počnu s testiranjima. Crteži se stavljaju u određenu sekvencu i označavaju rednim brojevima u kutu crteža, nakon čega se okreću stranice odozdo prema gore da bi se provjerio tok akcije. Cilj takvog načina provjere je da se dobije dovoljno dobar rezultat koji će odgovarati zamišljenim vremenskim trajanjem scena i pronalaženje grešaka ili crteža koji zahtijevaju određenu doradu. [3]



Slika 6. The flipper book  
([http://arenamalleswaram.com/a/animation\\_facts.html](http://arenamalleswaram.com/a/animation_facts.html))

Praksinoskop je uređaj koji je 1877. godine izumio Charles-Émile Reynaud (Slika 7). Sastojao od manjeg valjka s ogledalima, okruženog crtežima s unutarnje strane većeg valjka. Okretanjem slika u ogledalu bi se pojavio fiksni odraz koji je reflektirao pokretnu sliku. Nekoliko godina kasnije nastaje Theatre Optique, veliki praksinoskop namijenjen javnom prikazivanju animacija. [3]



Slika 7. Praksinoskop  
([http://arenamalleswaram.com/a/animation\\_facts.html](http://arenamalleswaram.com/a/animation_facts.html))

Prvi animirani film bio je Humorous Phases of funny faces. Napravio ga je Amerikanac Blackton koji je bio prvi animator koji je predstavio koncepte tehnike stop animacije i animacije ručnih crteža. U toj animaciji koristio je 3000 crteža, te se stoga smatra praocem animiranih filmova (Slika 8). [3]



Slika 8. Crtež iz Humorous Phases of funny faces  
(<http://filmabinitio.blogspot.hr/2010/06/first-animated-film-1906-humorous.html>)

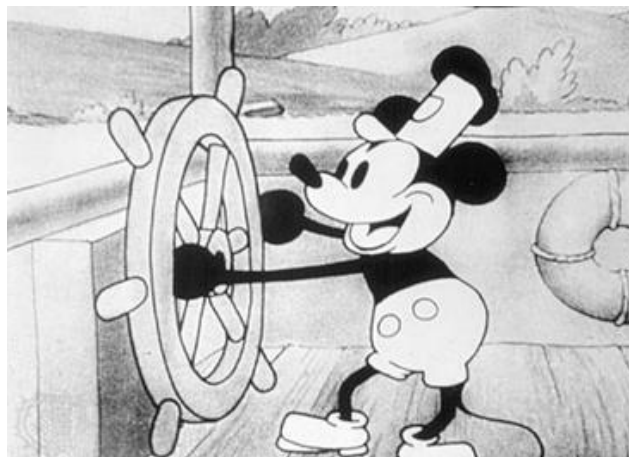
Ubrzo nakon Duhovitih faza nastala je industrija animiranih filmova, namijenjena prikazivanju animiranih filmova. Prvi dugometražni animirani film se zove El Apostol, a nastao je u Argentini 1917. godine. Nakon El Apostola pojavili su se mnogi animirani junaci, a jedan od najvećih je mačak Feliks koji je prva zvijezda nijemog filma iz 1919. (Slika 9) Stvorili su ga poznati Pat Sullivan i Otto Messmer. Ti kratki animirani filmovi sa Felixom bili su inovativni jer su iskakali iz okvira prosječne animacije. Felixov osebujan karakter prihvatila je publika širom svijeta, te je odmah postao pravi hit. [4]



Slika 9. Mačak Felix

(<http://animatedviews.com/2004/presenting-felix-the-cat-the-otto-mesmer-classics-1919-1924/>)

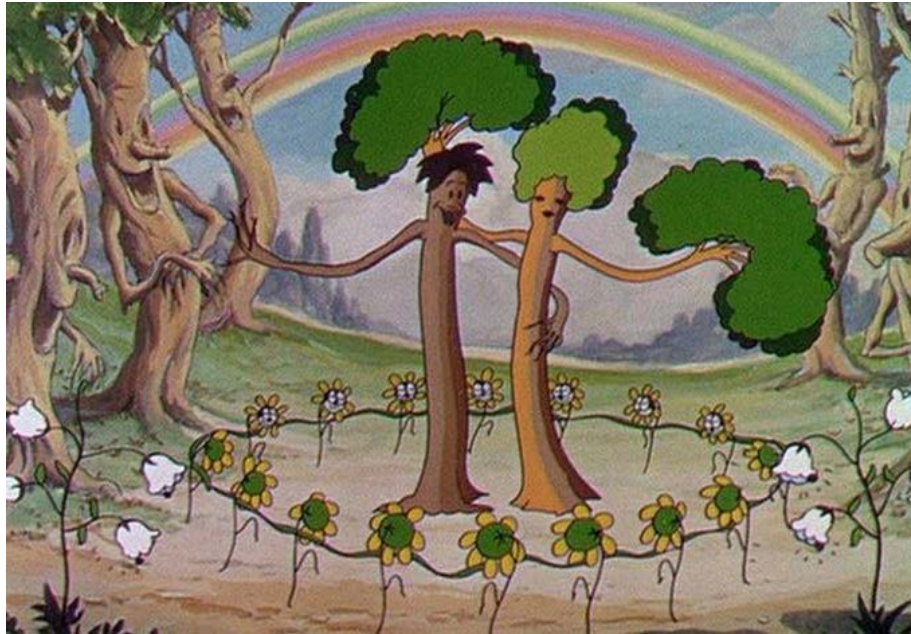
1928. godine pojavio se Walt Disney sa Mickey Mouseom u animiranom filmu Steamboat Willie. To je bio prvi animirani film sa sinkroniziranim zvukom, a Mickey Mouse je ostao Disneyjev zaštitni znak (Slika 10). [5]



Slika 10. Mickey Mouse u Steamboat Willie  
([https://en.wikipedia.org/wiki/Steamboat\\_Willie](https://en.wikipedia.org/wiki/Steamboat_Willie))

Disney je također prvi napravio animirani film u boji 1932. godine, pod nazivom Flowers and trees (Slika 11). Nakon godinu dana napravljen je Three little pigs. Ovaj animirani film postigao je veliki uspjeh najviše zbog karaktera malih prašćića koji su veoma osebujni, te su se ljudi mogli prepoznati u samim likovima i povezati se s njima. Nakon Three little pigs Disney je napravio Snjeguljicu i sedam patuljaka koji je postigao veliki financijski uspjeh, te dobio

dobre kritike. Ovaj animirani film postao je odskočna daska za Walt Disneya. Nakon toga uslijedilo je zlatno doba Disneyevih animiranih filmova. [5]



Slika 11. Animirani film Flowers and trees  
(<https://trueclassics.net/2014/02/01/saturday-morning-cartoons-flowers-and-trees-1932/>)

Pojavom televizije javlja se potreba za što brže produciranje projekata što dovodi do zahtjeva za što jednostavnijim i grubljim radom animatora. Također su se počeli osnivati i mnogi drugi animatorski studiji sa istim ili drukčijim tehnikama izrade. Međutim, pojavom računala se animacija jednim dijelom ponovno vraća na početke, odnosno novi animatori prihvaćaju znanja i savjete starih umjetnika iz zlatnog doba animacije. S druge strane, pojavom računala moderniziraju se postupci animacije. Računalna animacija nalazi sve širu primjenu, i to ne samo u filmskoj industriji. Vrlo brzo razvijaju se alati za jednostavnu animaciju koji su dostupni svima. Tehnologije animacije i dalje intenzivno napreduju čime se razvija snažna filmska i industrija video igara. [6]

### 3. 12 principa animacije

Principi animacije predstavljaju vodiče, pravila učenja i razumijevanje tematike na kojoj se radi. Uvažavanje principa će svakome pomoći stvoriti realne, poučne i zabavne animacije. Među autorima postoje male razlike u tumačenju pravila principa animacije, ali ne postoje suštinska odstupanja. [7]

#### 3.1. Spljošti – rastegni (Squash and stretch)

Princip spljošti i rastegni je jedan od osnovnih principa svake animacije, a daje osjećaj težine i fleksibilnosti nacrtanih objekata. To se može primijeniti na jednostavne objekte poput loptice ali i složenije konstrukcije, kao muskulature ljudskog lica, tijela i slično (Slika 12). Najbolje ga je prikazati na principu loptice koja pada sa neke visine. Kada loptica udari o tlo, teži da se malo spljošti, dok se odbijanjem nazad u zrak malo rastegne zadržavajući cijelo vrijeme svoju masu. Taj efekt govori gledatelju koliko je loptica mekana ili tvrda, jer ako se više spljošti znači da je mekanija, dok ona koja se samo malo spljošti pri udaru je prilično tvrda. Prvi je efekt u prirodi gotovo neprimjetan, dok se u animaciji koriste oba "neprirodna stanja" kako bi se naglasilo kretanje i njegova posljedica, čime se naglašava efekt kretanja. Najvažniji aspekt ovog principa je činjenica da objekt ima volumen i taj volumen se ne smije promijeniti kada je objekt spljošten ili rastegnut. [7]

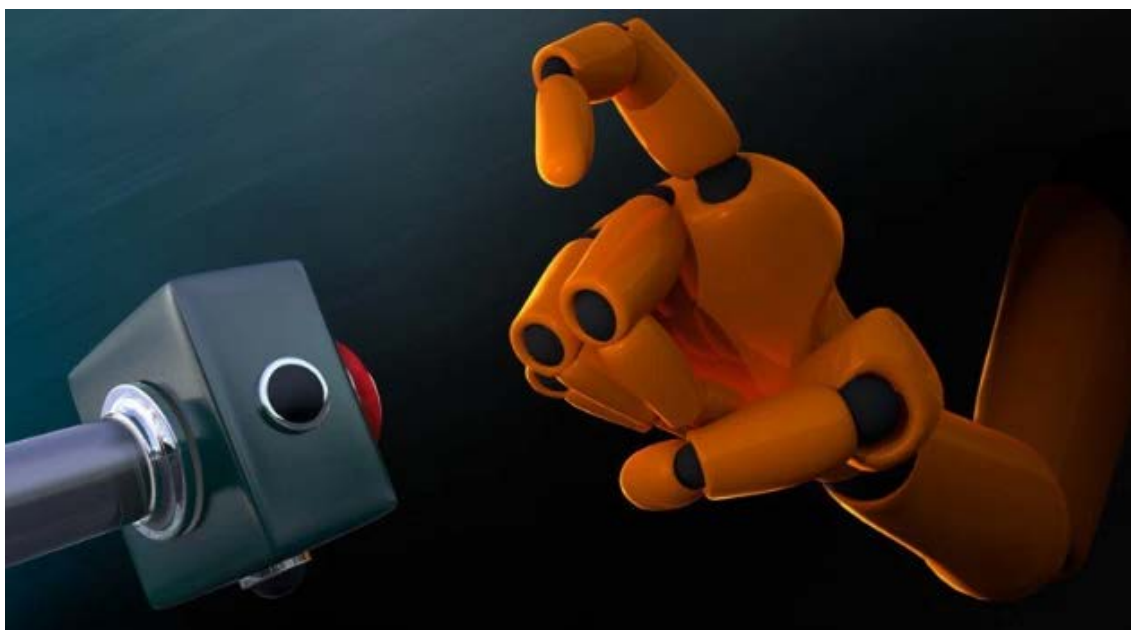


Slika 12. Princip spljošti – rastegni  
(<http://blog.digitaltutors.com/understanding-12-principles-animation/>)



### 3.2. Iščekivanje (Anticipation)

Iščekivanje je princip koji govori da animacija karaktera znatno ovisi o pravilnom tempiranju (Slika 13). Da bi se pojačao dramatičan ili komičan efekt bilo koje bitne akcije lika, potrebno je signalizirati publici da će se nešto dogoditi prije nego se dogodi. Brzina kojom se nešto kreće daje osjećaj što predstavlja taj objekt i zbog čega se on kreće. S obzirom da se u animaciji događanja zbivaju znatno brže nego u snimkama žive akcije, na ovaj način publici se daje vrijeme da shvati što se događa, te se povećava njen interes. Kao primjer možemo navesti lik koji trči. Kada se animirani lik sprema krenuti u trk, najprije ga se postavlja u položaj u kojemu se može vidjeti da se priprema za trčanje i tek nakon toga će izvršiti samu radnju trčanja. [7]



Slika 13. Princip iščekivanja  
(<http://blog.digitaltutors.com/character-animation-fundamentals-anticipation/>)

### 3.3. Režiranje (Staging)

Režiranje predstavlja kompleksnost poslova za umjetničko i tehničko postavljanje na sceni. To je princip koji nije toliko specifičan za animaciju koliko općenito za filmsku umjetnost i snimanje. Njegova je svrha usmjeriti pozornost publike na situaciju od velikog značaja koja se odvija na sceni, što znači da se

odnosi na dobar raspored likova i predmeta u kadru, dobro postavljeno osvjetljenje, kao i kut i kretanje kamere (Slika 14). Gledatelj ne smije doći u fazu gdje će se zapitati što je redatelj htio reći sa određenom scenom, pa je bit ovog principa držanje fokusa gledatelja na onome što je relevantno. [7]



Slika 14. Princip režiranja (loše lijevo i dobro desno)  
(<https://www.smashingmagazine.com/2012/10/motion-and-animation-a-new-mobile-ux-design-material/>)

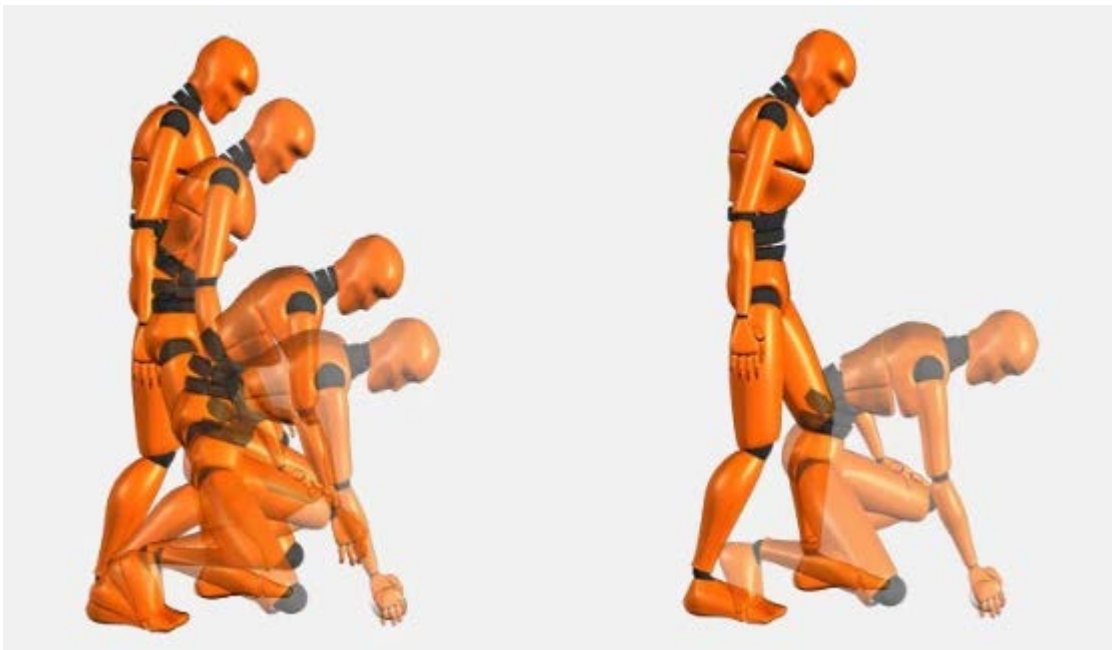
### **3.4. Od početka do kraja i od poze do poze (Straight Ahead and Pose to Pose)**

To su dva različita pristupa u procesu crtanja animacije sa istim ciljem (Slika 15). Kod prvog se započinje s početnim kadrom i do kraja animacije se kadrovi crtaju jedan za drugim. Na taj način se postiže prikaz dinamičnih i brzih scena gdje gubljenje veličine ili proporcija objekta koji se animira čak nije toliko važno. Od početka do kraja animacija se koristi pri izradi brzih realnih aktivnosti.

Od poze do poze koristi se kod dramskih ili emocionalnih scena, gdje je cijeli odnos prema okolini od veće važnosti. U realnom svijetu je svaki naš svaki pokret ili akcija popraćena prisustvom mnoštvo elemenata, od ekspresija lica na dalje. Međutim, u animaciji se teži prikazu minimalno potrebnog broja ključnih pokreta za neku karakterističnu i prepoznatljivu radnju. Takav način je moguć jer



naše oko popunjava praznine i vidi i ono čega nema. U današnje vrijeme, kompjuterski generirane animacije gotovo savršeno mogu oponašati realan život i pri tome prikazivati najsitnije detalje, a da pri tome koriste i velik broj različitih kadrova. Važno je da se akcija od poze do poze prikaže što realnije, a da se pri tome ne izazove sumnja, bilo da je u pitanju prikaz procesa, kretanje objekata ili gibanje figura. Glavni animator je najčešće zadužen za crtanje nekih ključnih kadrova i smišljanje daljnjeg tijeka animacije dok animatori nižeg ranga dopunjavaju međukadrove. Veličina i proporcija objekta se na ovaj način bolje kontroliraju i zbog toga se takav pristup crtanju animacije koristi kod sporijskih scena gdje je bitna interakcija objekta s okolinom ili scena u kojima se može predvidjeti radnja. [7]



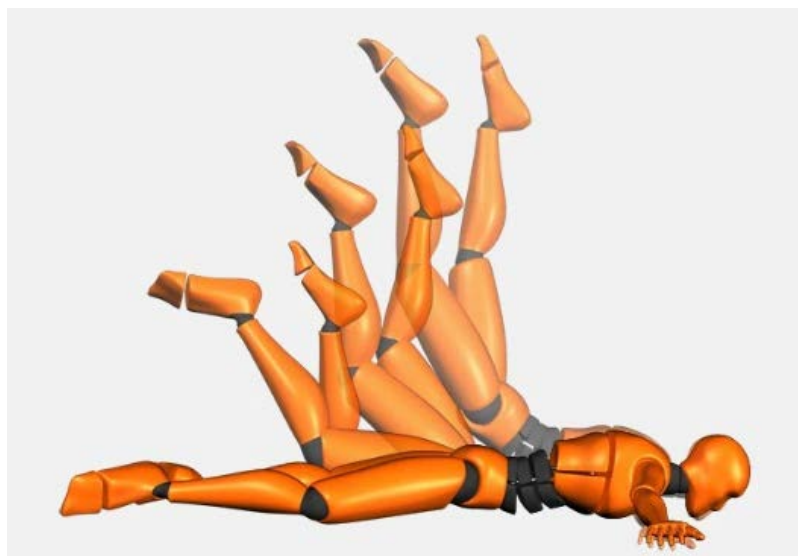
Slika 15. Princip od početka do kraja (lijevo) i od poze do poze (desno)  
(<http://blog.digitaltutors.com/understanding-12-principles-animation/>)

### **3.5. Prateća i preklapajuća akcija (Follow through and overlapping action)**

Ova dva principa usko su povezana, te se njihovim isprepletenim korištenjem dobivaju realni pokreti i kretnje likova za koje vrijede zakoni fizike. „Prateća akcija“ znači da se određeni dijelovi tijela budu nastavili kretati iako je

lik upravo zaustavljen (Slika 16). Kao primjer se može navesti bacanje koplja. Nakon što se akcija dogodi (bacač izbacuje koplje), njegova ruka neće samo odjednom naglo stati u zraku i ostati tamo, nego će se nastaviti gibati dalje u smjeru akcije. Gibanje ne mora biti dugotrajno, ali je bitno da postoji kako bi lik izgledao realnije.

„Preklapajuća akcija“ je tendencija da dijelovi tijela za vrijeme kretanja lika sustižu tijelo u cilju naglašavanja aktivnosti. Pretjerana upotreba ove tehnike može ispasti neželjeno komična. Taj dio je ponajviše usmjeren na crtanje i takav oblik animacije, ali se kao i svi ostali principi može primijeniti i na animiranu grafiku. Najprije se nacrtava osnovni oblik pa se nakon toga nadopunjavaju različiti detalji koji se kreću u skladu sa samim likom, poput odjeće ili kose, kako bi dobili sukladan i realan pokret. Kod animirane grafike to znači da akcija ne prati samo glavni dio lika, nego da taj pokret ide postepenim kretanjem kroz ključne dijelove tijela za tu akciju o kojoj se radi.



Slika 16. Princip prateće i preklapajuće akcije  
(<http://blog.digitaltutors.com/understanding-12-principles-animation/>)

Ovaj princip se također odnosi i na više različitih aktivnosti u kojima sudjeluju dva i više lica ili objekata koje se mogu dešavati u stvarnosti. Radnje koje se odvijaju mogu započeti ili završavati u isto ili različito vrijeme. Te različite aktivnosti mogu se međusobno i vremenski preklapati ili nadovezivati, te

zahtijevaju da se međusobno prate ili preklapaju, kako bi cijeloj radnji dali nekakav smisao. [7]

### 3.6. Lagani ulaz i izlaz (Slow in and slow out)

Kretanje ljudskog tijela, kao i većina drugih objekata, nema istu brzinu na početku i na kraju kretanja kao i na sredini, nego treba vremena da bi se ubrzalo i usporilo. Tijelo ili objekt na početku kretanja kreće se usporeno (Slika 17). Nakon nekog vremena postiže određenu brzinu, dolazi do njene maksimalne vrijednosti, te počinje polako usporavati. Pri kraju puta, kretanje ne staje naglo, već se odvija postupno do krajnje točke. Iz tog razloga animacija izgleda realnije ako ima više crteža blizu početka i kraja akcije, a manje u sredini. [7]

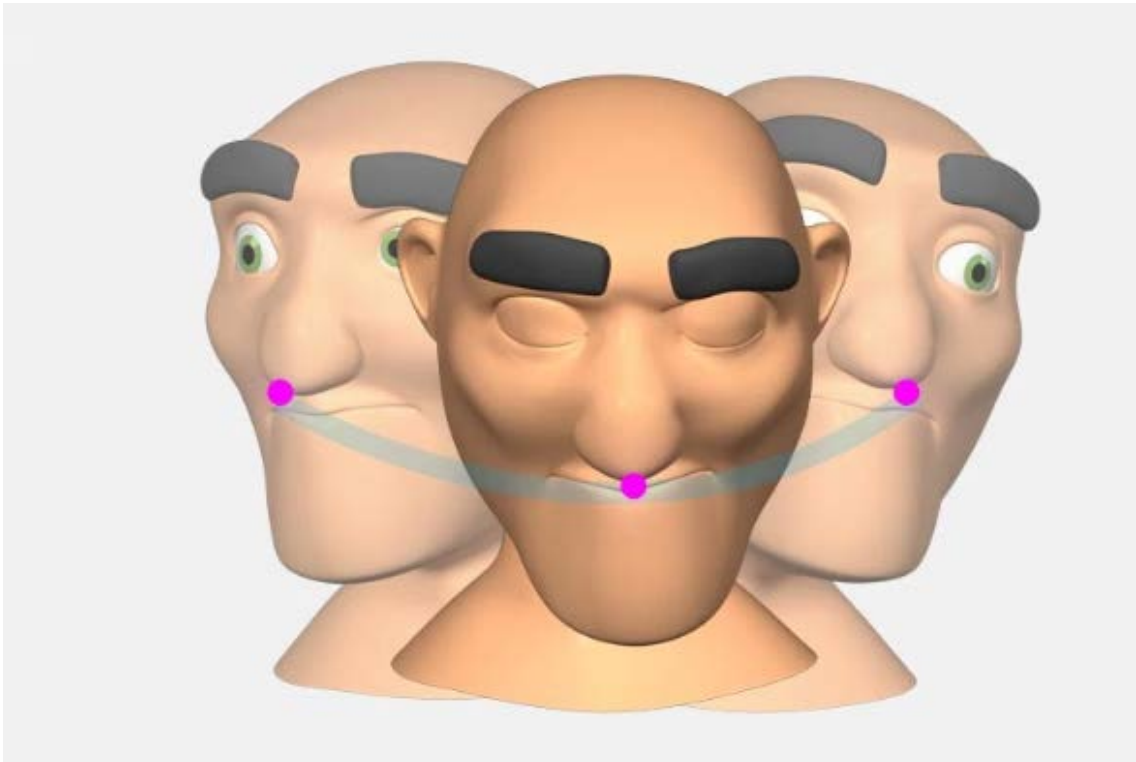


Slika 17. Princip lagani ulaz i izlaz  
(<http://blog.digitaltutors.com/understanding-12-principles-animation/>)

### 3.7. Kretanje u lukovima (Arcs)

Ideja ovog principa je da se sve kretanje izvršavaju lagano u kružnom luku, iako to nije toliko primjetno (Slika 18). To se pogotovo odnosi na kretanje likova koji kao bazu imaju kostur te udove za kretanje, a iznimka za ovo pravilo su roboti

i mehaničke naprave. Udovi su spojeni zglobovima koji im omogućuju kretanje, a ono se odvija u obliku kružnog luka, kao primjerice savijanje koljena, hodanje, mahanje ili savijanje ruke ili prstiju u zglobu. Kada se radi o objektima, možemo zamisliti primjer bacanja loptice u zrak koja će u jednom trenu doseći svoj vrh u zraku prije nego je gravitacija povuče prema dolje, te će na taj način ostvariti kretanje u obliku luka. To su razlozi zašto je važno ovaj princip uključiti u proces animacije. [7]



Slika 18. Princip kretanja u lukovima  
(<http://blog.digitaltutors.com/understanding-12-principles-animation/>)

### 3.8. Sekundarna radnja (*Secondary action*)

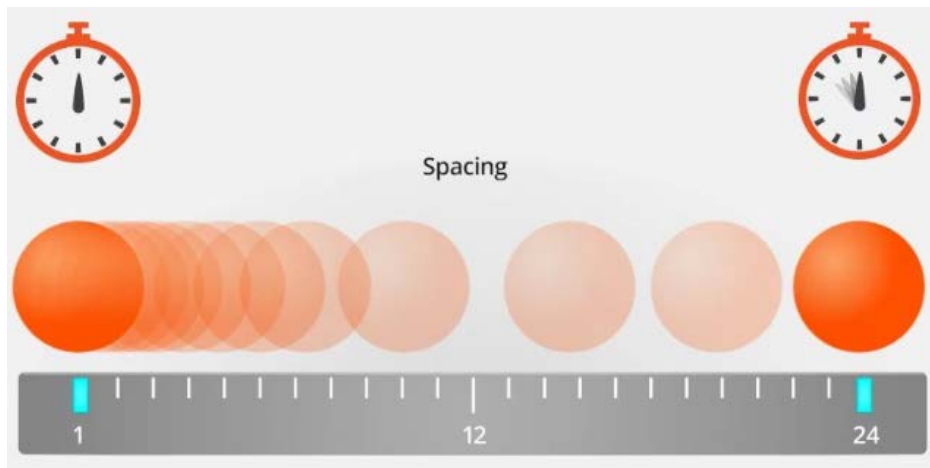
Dodavanje sekundarne radnje na glavnoj akciji služi za naglašavanje napetosti i zanimljivost scene, kao i davanje sceni više života. Na primjer lik prilikom hodanja istovremeno može njihati ruke ili ih držati u svojim džepovima, može govoriti ili zviždati, ili može izraziti osjećaje kroz izraze lica. Važna stvar o sekundarnim radnjama je istaknuti glavnu radnju, ne smije se dogoditi da preuzme inicijativu i postane glavni fokus gledatelja (Slika 19). [7]



Slika 19. Princip sekundarne radnje (ogrnica)  
(<http://flylib.com/books/en/2.750.1.25/1/>)

### 3.9. Trajanje (*Timing*)

Osjećaj za vrijeme je jedan od elementa animacije koje je najteže pogoditi, a potrebno je kako bi se izvršila neka akcija, pokret ili cijeli niz događaja (Slika 20). To je brzina kojom se pojedine akcije izvršavaju, a savladava dugo jer se samo uz puno prakse i ponavljanja može naučiti koliko je vremena potrebno da bi se neka radnja izvršila. Ako je jedan element vremenski loše tempiran, postoji mogućnost da će cijeli prizor biti neuspješan bez obzira koliko je dobro sve ostalo napravljeno. Iz tog razloga ne postoji točan način da animator nauči kako ispravno odrediti trajanje vremena aktivnosti nego sjesti, raditi i učiti putem pokušaja i pogrešaka. [7]



Slika 20. Princip tajminga  
(<http://blog.digitaltutors.com/understanding-12-principles-animation/>)

### 3.10. Pretjerivanje (*Exaggeration*)

Animacija je u svojoj srži zapravo ograničena samo maštom animatora, te je zbog toga pretjerivanje u animaciji česta pojava. Savršeno oponašanje stvarnosti može izgledati statično i dosadno u animiranim filmovima. Stoga stupanj pretjerivanja ovisi o tome koliko želimo naglasiti kretnju, može biti svedeno na minimalnu razinu, a može biti i potpuno drukčije. Ako scena sadrži nekoliko elemenata, treba postojati ravnoteža u tome koji su elementi pretjerani u odnosu na druge kako bi se izbjegla konfuznost gledatelja. Postupak pretjerivanja se koristi kada želimo istaknuti određenu radnju, karakter ili objekt, te ga time učiniti vidljivim i skrenuti pažnju gledatelja upravo tamo gdje animator želi. Pretjerivanje se ne mora odnositi samo na veličinu nečega, nego može biti izraženo na mnoge različite načine, primjerice kroz brzinu kretanja i slično. Pretjerivanje prvotno služi kako bi dalo dodatnu komičnu notu animaciju, te za stvaranje posebnog stila (Slika 21). [7]



Slika 21. Princip pretjerivanja  
(<https://www.smashingmagazine.com/2012/10/motion-and-animation-a-new-mobile-ux-design-material/>)



### 3.11. Čvrst, jasan crtež (*Solid Drawing*)

Princip jasnog crteža se u animiranoj grafici ne koristi u smislu kakvom se koristio prije u Disneyu i pri izradi njihovih animacija koje su bile temeljene na crtanju. Tada je to bilo cjelodnevno crtanje, te isprobavanje novih načina crtanja radi što kvalitetnijih i realnijih animacija. U današnje vrijeme to znači razumijevanje likova i njihovih proporcija kako bi ih se moglo smjestiti u 3D prostor u pozu koja odgovara njihovim fizičkim karakteristikama. Da bi animacija izgledala dobro crteži moraju imati težinu, dubinu, balans i ostale elemente koji naglašavaju trodimenzionalni prostor na papiru. Umijeće jasnog crteža najviše koristi prilikom crtanja likova, njihove odjeće i dodatnih rekvizita, te kreiranja same scene i pokreta (Slika 22). [7]



Slika 22. Princip jasnog crteža  
(<https://www.smashingmagazine.com/2012/10/motion-and-animation-a-new-mobile-ux-design-material/>)

### 3.12. Uvjerljivost (*Appeal*)

Animirani lik mora imati ono što se kod glumaca naziva karizma. Neovisno o tome kojeg lika obrađuje, animator mora stvoriti likove i njihovu okolinu tako da budu privlačni gledateljima koji će se na taj način povezati s njima, te bolje uživjeti u animaciju. Kod likova treba stvoriti nešto posebno na likovima pomoću određenih specifičnih detalja, jakih boja ili veoma kvalitetne izrade. Pozornost gledatelja se također može zadobiti i samo pomoću pokreta likova. Cilj principa uvjerljivosti je da zbog specifičnog izgleda likovi postanu prepoznatljivi u cijelom svijetu i izrastu u puno više od običnog lika iz animiranog filma (Slika 23). [7]



Slika 23. Princip uvjerljivosti  
(<http://pixar-animation.weebly.com/wall-e.html>)



## 4. Eksperimentalni dio

### 4.1. Storyboard

Storyboard je grafički opis koji govori kako će se odvijati razvoj animacije, od slike do slike. Sastavljen je od nekoliko sličica, ovisno o tome koliko animacija traje ili koliko je kompleksna, te kratkim opisom govori o čemu se radi u svakoj slici (Slika 24). Izrada storyboarda možda zvuči kao nepotreban dodatni korak, no postoje 3 razloga zašto je storyboard potreban u razvoju animacije:

1. Najbolji način da se podijeli vizija - služi kao vizualno pomagalo koje omogućava lakše razumijevanje i dijeljenje toka događaja unutar animacije.
2. Olakšava produkciju - kada se postavi zadnja verzija storyboarda, onda se zapravo i postavi tok produkcije koji u sebi sadrži sve informacije o interakcijama od kadra do kadra.
3. Ušteda vremena - sama izrada storyboarda se možda čini kao utrošak vremena ali dugoročno gledano štedi vrijeme na način da proces izrade animacije ide brže zbog toga što je animacija predefiniрана.

Kako bi se izradio kvalitetan storyboard mora se paziti da su sve informacije u njemu prikazane jasno bez dodatnog objašnjavanja, da bude logičan i koherentan slijed događaja te da sadrži sve relevantne detalje (pozadina scene, tekst na ekranu, prijelazi iz kadra u kadar, interakcija likova, koja poruka se šalje itd.). [8,9]



Slika 24. Isječci storyboarda

## 4.2. 3D Modeliranje

Proces kreiranja matematičke reprezentacije nekog trodimenzionalnog objekta naziva se modeliranje, a ono što nastane naziva se 3D modelom. Kroz proces 3D renderiranja, može se dobiti 2D slika 3D modela iz jedne perspektive ili kao alternativa, 3D model se može iskoristiti kao resurs u real-time grafičkoj simulaciji.

Postoje 6 načina 3D modeliranja:

### 1. Spline modeliranje

Metoda modeliranja sa krivuljama u 3D prostoru. Najčešće su to bezierove krivulje ili NURBS-i (*Non-uniform rational Basis spline*).

### 2. Box modeliranje

Metoda modeliranja sa jednostavnim primitivima poput kocke ili sfere.

### 3. Poly modeliranje

Metoda modeliranja sa točkama, linijama i poligonima, gdje korisnik manualno određuje poziciju svake točke te ih spaja u poligone.

### 4. Procedural modeling

Metoda u kojoj korisnik ne izrađuje modele manualno nego se kreiraju koristeći kompjuterske algoritme. Najčešće se koristi kod izrade drveća ili terena.

### 5. Digital sculpting

Metoda slična stvarnom kiparstvu. Korisnik koristi brusheve kako bi oduzeo ili dodao geometriju nekom početnom primitivu i time bi stvorio novi oblik. Najčešće se koristi kod izrade lica ili kamenja.

### 6. 3D scanning

Metoda kojom se model slika u stvarnom svijetu sa 360°. Zatim se te fotografije spajaju u 3D softweru kako bi se dobio model velike preciznosti i visokim brojem poligona.

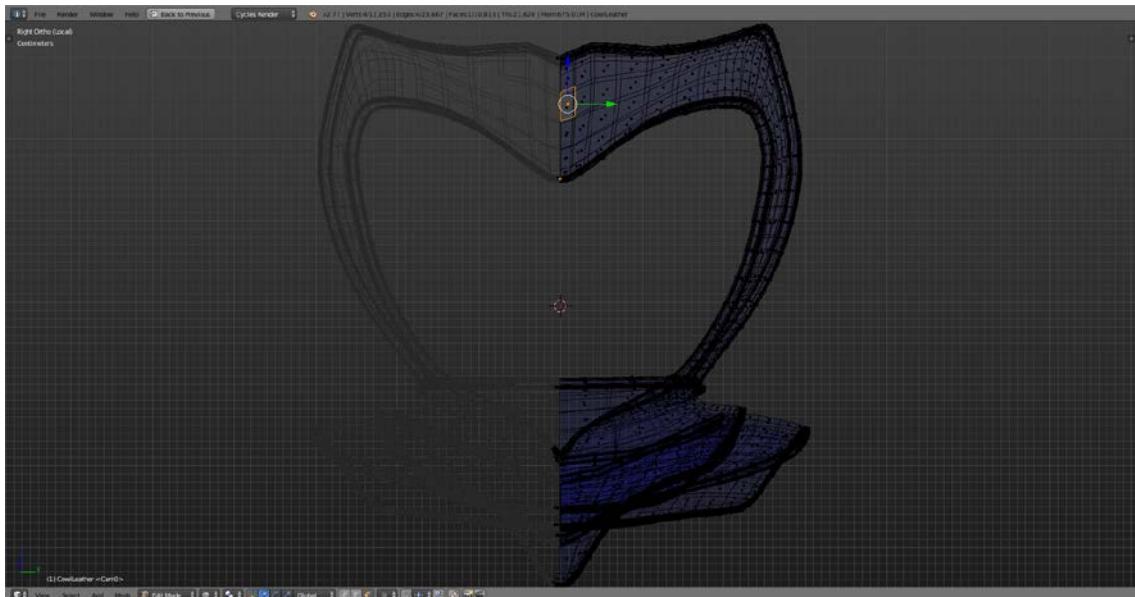
U ovoj animaciji najviše je korišteno Box modeliranje zbog toga što se scena sastoji od raznih rekvizita koji svojim finalnim oblikom podsjećaju na primitive. Ovo je najbrži način izrade rekvizita.

Za malo kompliciranije oblike poput glavnog lika korištena je metoda Poly modeliranja i manualno određena pozicija svake točke i detalja. Ovo je malo preciznija metoda ali nije toliko brza kao Box modeliranje, no daje puno detaljnije rezultate što uvelike utječe na konačan izgled samog modela. Za izradu lišća na zidu i sam zid korištena je Procedural modeling uz pomoć IvyGen i WallFactory addona koji je integriran u Blender. Za izradu trave korišten je Blenderov Partical sistem, pomoću kojega se jedan oblik može kopirati nekoliko tisuća puta bez velikog terećenja radne memorije računala. Ovim načinom su napravljena 3 različita modela trave, 2 modela lišća, nekoliko modela korova i par malih kubusa zemlje koji se pomoću čestica dupliciraju po zadanoj površini i time tvore malu livadu koja se nalazi u labosu glavnog lika (Slika 25).



Slika 25. Snimka izrade scene

U 3D modeliranju postoje *High-poly mesh* i *Low-poly mesh*. *Mesh* je oznaka za mrežu koja se sastoji od poligona, trokuta ili n-gona. Trokuti se sastoje od 3 točke, poligoni se sastoje od 4 točke, a n-goni imaju više od 4 točke kojima stvaraju jedno lice. *High-poly* meshevi se sastoje od puno poligona (tipično od 100.000 pa na više) i koriste se za objekte koji su najviše u fokusu i bliže kameri jer sadrže više detalja pa s time pridodaju konačnom izgledu animacije. Dok se *Low-poly* meshevi koriste za objekte koji popunjavaju prostor i nisu u centru pažnje unutar animacije. Njih je obično puno više od *high-poly* mesheva jer nam isto tako treba jako puno malih detalja unutar jedne scene kako bi privukli pažnju gledatelja. Služe nam kao rekviziti oko kojih se odvija radnja (Slika 26). [8,9]



Slika 26. Primjer poly modelinga

### 4.3. Postavljanje materijala i teksturiranje

Materijali su glavni prikaz nekog objekta koji u sebi sadrži sve teksture ili generiranu boju, refleksije ili prozirnost.

Kako bi se održao prividan balans detalja u objektima ne koristi se samo broj poligona već i teksture koje u sebi sadrže informacije o geometriji objekta u odnosu na izvor svjetlosti. Osnovne teksture dijelimo na:

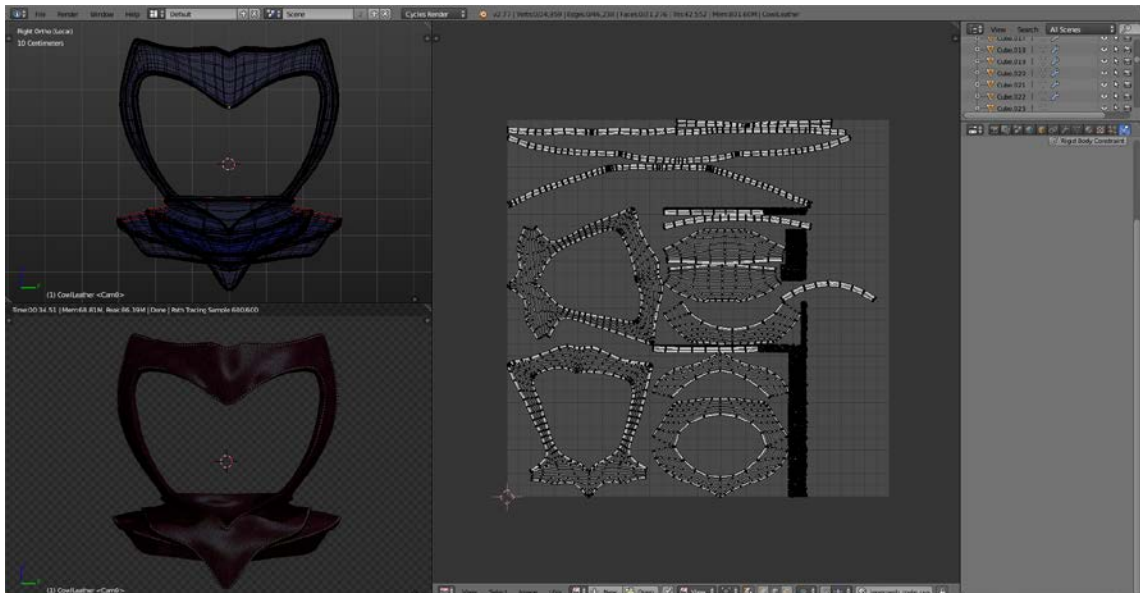
- *Diffuse*  
Sadrže boje elementa kojeg želimo dočarati.
- *Specular*  
Crno bijela slika koja sadrži informacije o tome koliko je neki dio površine više reflektira od drugoga. Obično bijeli dio slike predstavlja one dijelove koji se najviše reflektiraju dok crni dijelovi slike prikazuju one dijelove koji nemaju refleksije.
- *Bump map*  
Crno bijela slika koja sadrži informacije o tome koliko je neki dio površine izbočeniji od drugoga. To nam daje prividan dojam zakrivljenosti površine koja može biti gruba ili glatka bez dodavanja više polygona.
- *Normal map*  
Slika u boji koja ima istu ulogu kao i bump mapa ali je prikaz zakrivljenosti puno detaljniji jer sadrži 3 boje RGB sustava koje predstavljaju XYZ osi u odnosu na normale objekta. Na taj način normal mapa sadržava puno više informacija o udubljenju i izbočinama od bump mape te daje realniji prikaz.



Slika 27. Primjeri nekih tekstura

Postoje još i *Ambient occlusion*, *alpha*, *emission* i druge.

Kako bi se postavila 2D tekstura na 3D model prvo se model mora razvući na 2D površinu. To se radi pomoću UV unwrappa. Metoda kojom se linije mesha pretvaraju u šavove (eng: “*seams*“) na kojima se razdvaja 3D model u 2D sliku tokom unwrappa (Slika 28). Šavovi kontroliraju gdje se 3D model reže pa zato moramo paziti da šavova ima što manje dok slika mora biti što bolje razvučena bez da se lica modela preklapaju, što kod kompleksnijih modela zahtjeva više linija šavova. Za jedan model je moguće imati više UV mapa što znači da se za taj model možemo koristiti više slika kako bi, uz pomoć tekstura, imali detaljniji prikaz materijala na modelu. [8,9]



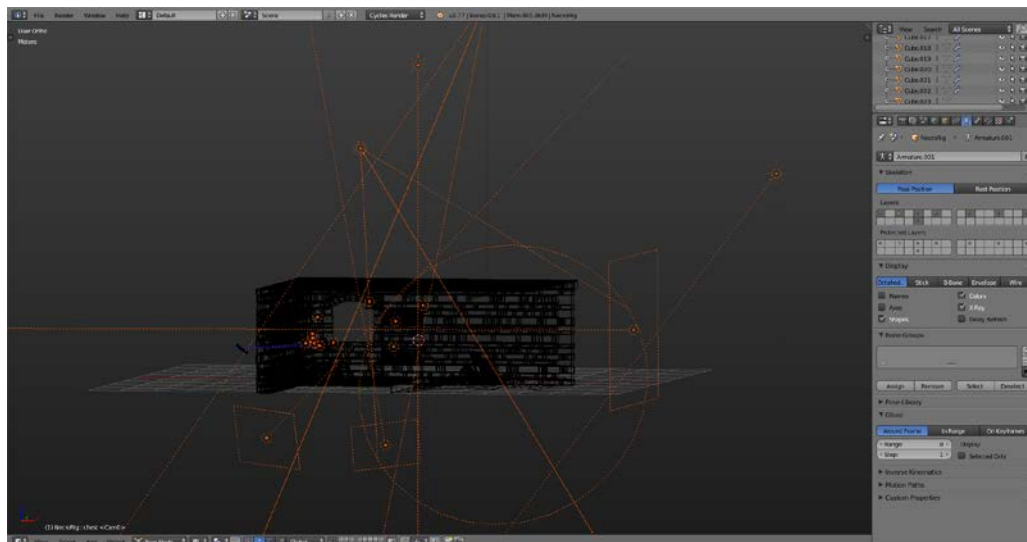
Slika 28. Primjer UV unwrappa kapuljače

#### 4.4. Osvjetljenje

Drugi najvažniji faktor na konačan dojam cijele animacije je osvjetljenje. Ako imamo veoma detaljan model sa odličnim materijalima to ne znači ništa ako ga ne možemo vidjeti. Ovdje se koristimo lampe i emisijski objekti ili slike kako bi stvorili rasvjetu za scenu i time prikazali model. Najčešće korišten sistem rasvjete modela je *3-point* rasvjeta, koja se sastoji od jednog glavnog bijelog svjetla

(obično pozicionirano iznad modela), jedno svijetlo-narančasto svjetlo koje je pozicionirano malo bliže glavnom svjetlu te stvara dojam prirodne tople rasvjete i jedno plavkasto svjetlo koje se pozicionira iza modela i osvjetljuje sjene lagano plavkastom bojom koje bi inače bile samo crne mrlje i stvarale neprivlačan dojam. Na ovaj sistem se može dodati još izvora svjetla kako bi se bolje postigao željeni dojam rendera.

U ovoj animaciji je korištena posebna rasvjeta koja se sastoji od 3 glavne *point* lampe koje predstavljaju svijeće, jedne *sun* lampe koja predstavlja mjesecinu, te još 5 površinskih i *spot* lampi čija je funkcija osvjetljavanje prostora kojeg glavne lampe nisu pokrile te još nekoliko lampi koje predstavljaju svijetlost od raznih kristala i tekućina koje se nalaze na stolu i policama scene. Ovaj sistem se rabi kako bi postigli željen dojam scene a sustav rasvjete sa 3 lampe nije dovoljan. Također se broj lampi povećao jer se radi o zatvorenom noćnom prostoru, a sa manjim brojem lampi dobiva se jako veliko vrijeme renderiranja jer čekamo da svijetlost popuni prostor. Kako bi ovo izbjegli dodaje se veći broj lampi i smanjujemo broj zraka koje lampe emitiraju kako bi ubrzali proces renderiranja (Slika 29). [8,9]

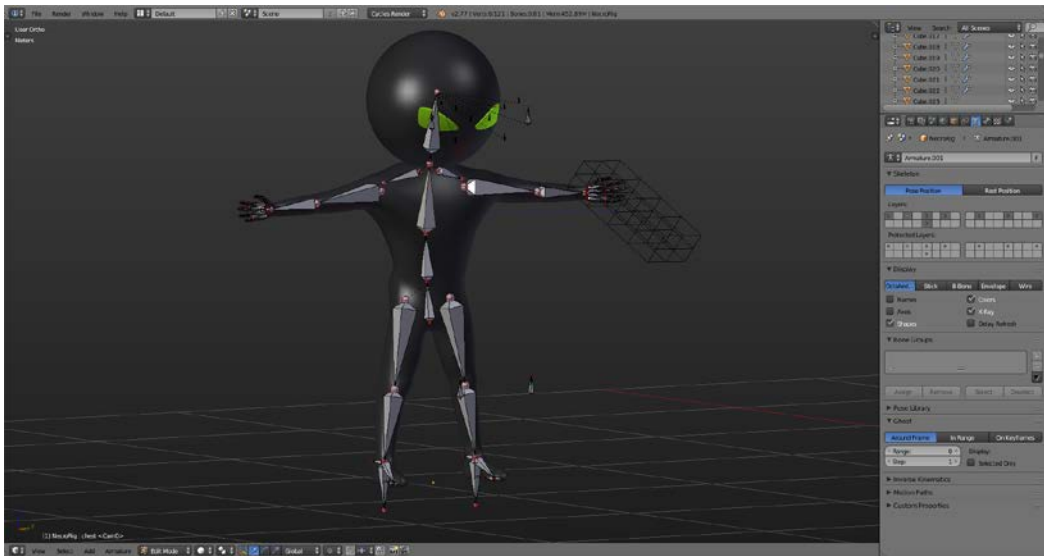


Slika 29. Prikaz rasvjete scene



## 4.5. Rigging

Prije nego što se krene sa animacijom lika mora ga se prvo pripremiti za animaciju. A to se postiže tako da se lik postavi na sistem kosti, zglobova i drivera koji se zatim animira. Ovaj digitalni kostur može biti veoma jednostavan i iznimno kompleksan. Kostić se postavljaju baš kao i u pravom svijetu, zglobovi idu tamo gdje su zglobovi na liku a kosti tamo gdje su ruke, noge, glava i kralježnica. Ovo je najjednostavniji dio ovog procesa. S obzirom da lik nije pretjerano kompleksan može se proći sa jednostavnijim kosturom (Slika 30).



Slika 30. Primjer kostura glavnog lika

Najvažniji dio rigga je hijerarhija zglobova. Naime, svaki zglob mora biti spojen na neku kost kako bi osigurali tečnu animaciju bez većih komplikacija. Prva kost koju postavimo na lika kontrolira čitav *mesh*, dok svaka druga kost kontrolira samo jednu sekciju kojom je okružena. Koje područje kontrolira koja kost se određuje uz pomoć *Weight Painta*. U kojem svaku točku spajamo sa određenom kosti te u tom procesu zadajemo koliko će ta kost kontrolirati pojedinu točku na ljestvici od 0 do 1. Ako je 0 onda se točka se neće pomicati sa kosti dok 1 predstavlja točku koja potpuno prati kost.

U ovom procesu postoje 2 glavne tehnike za izradu rigga:

1. *FK (Forward kinematics)*

Ovo je način konstrukcije kostura da svaka kost kontrolira drugu kost



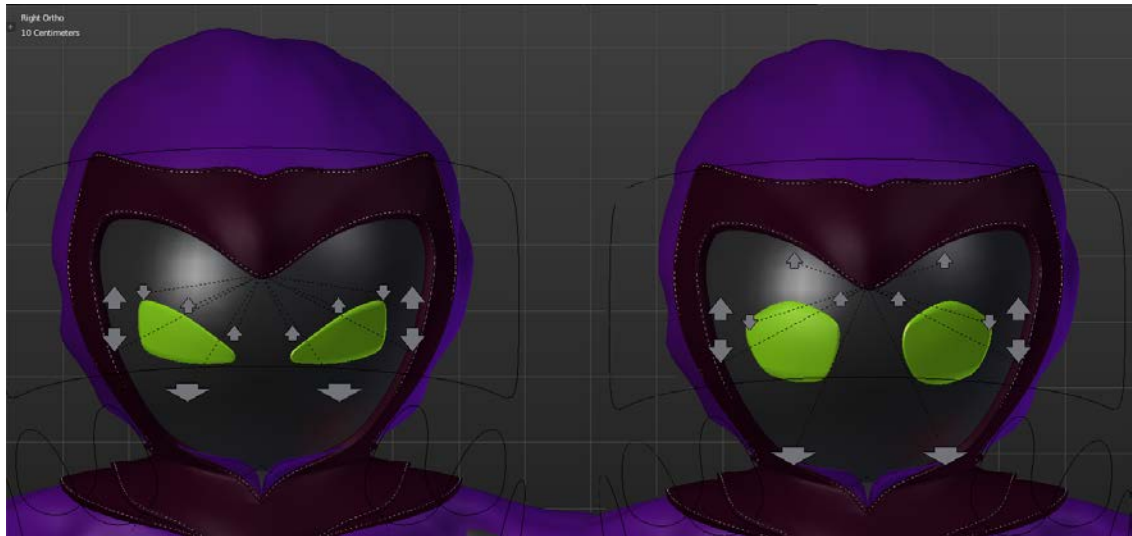
koja je ispod nje u hijerarhijskom lancu kostura. (Npr. ako na liku rotiramo nadlakticu onda će šaka i podlaktica pratiti kretanje nadlaktice, dok će ostatak modela ostati na mjestu. Jer je nadlaktica postavljena iznad podlaktice u lancu)

## 2. *IK (Inverse kinematics)*

To je način konstrukcije kostura da zadnja kost u lancu kontrolira one kosti iznad nje. Koliko kosti iznad definira korisnik. (Npr. kada bi pomicali stopalo onda bi potkoljenica i bedrena kost pratile stopalo a ako bi pokušali pomaknuti bedrenu kost ništa se ne bi događalo.)

Na kosturu lika koristi se i jedna i druga metoda. *IK* se koristi na nogama jer su one najčešće prikovane uz zemlju pa *IK* konstrukcija omogućava da se pomiče tijelo bez pomicanja nogu sa poda osim ako to ne želimo. Ova konstrukcija tako olakšava animiranje trčanja, hodanja ili čak plesanja. Za ruke i ostatak tijela koristi se *FK* konstrukcija, koja pomaže kod nekih kompleksnijih pokreta da ruke ostanu uz tijelo i prate njegovo kretanje. Ovo pomaže kod animacija lika kroz prostor ali odmaže kad postoji interakcija između lika i nekih objekata.

Za konstrukciju očiju koriste se *Shape key* driveri koji su spojeni na sam *rigg* tako da se pomakom strelice pomiče i segment oka te se na taj način stvaraju izrazi lica u animaciji. [8,9]



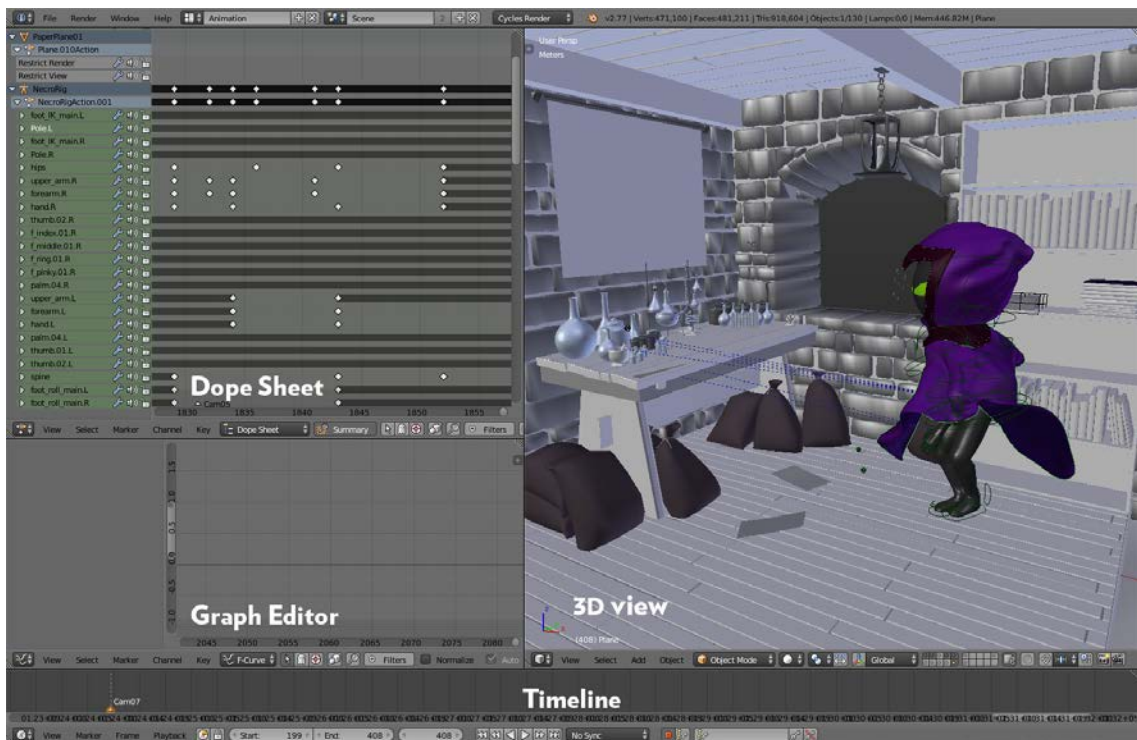
Slika 31. Rigg lica

#### 4.6. Animacija

Za animaciju lika korišteno je 12 principa animiranja prethodno spomenutih. Pažnja je usmjerena da su svi pokreti u luku, sugerira se reakcija iščekivanjem, te se lika ne postavlja tako da je okrenut od kamere.

U Blenderu se animira pomoću *3D viewera* (desno), *Dope Sheet* editora (gore lijevo) i *Graph* editora (dolje lijevo) kao što je prikazano na slici (slika 32.). U 3D prostoru manualno se kontrolira lik uz pomoć prethodno postavljenog rigga. Nakon što je lik namješten, u jednom frameu snima se pokret kao *Key Frame* i nastavlja se na sljedeći frame. *Key Frame*-ovi se prikazuju u *Timeline*-u (dolje na slici 32.) za svaku kost posebno ili u *Dope Sheet*-u kao skup točaka.

*Dope sheet* vizualno pomaže predočiti sve radnje lika u nekom vremenu (vrijeme je predstavljeno kao linija koja ide s lijeva na desno) te zbog toga omogućava da se neka radnja uspori ili ubrza i da se slična radnja kopira više puta ako je to potrebno. Najbolji dio toga je što se može kopirati radnja za pojedine kosti dok se druge mogu promijeniti manualno i time se postiže nova radnja koja se bazira na prijašnjoj ali izgleda drugačije. Ovaj način ne djeluje repetativno i uvelike ubrzava proces animiranja.



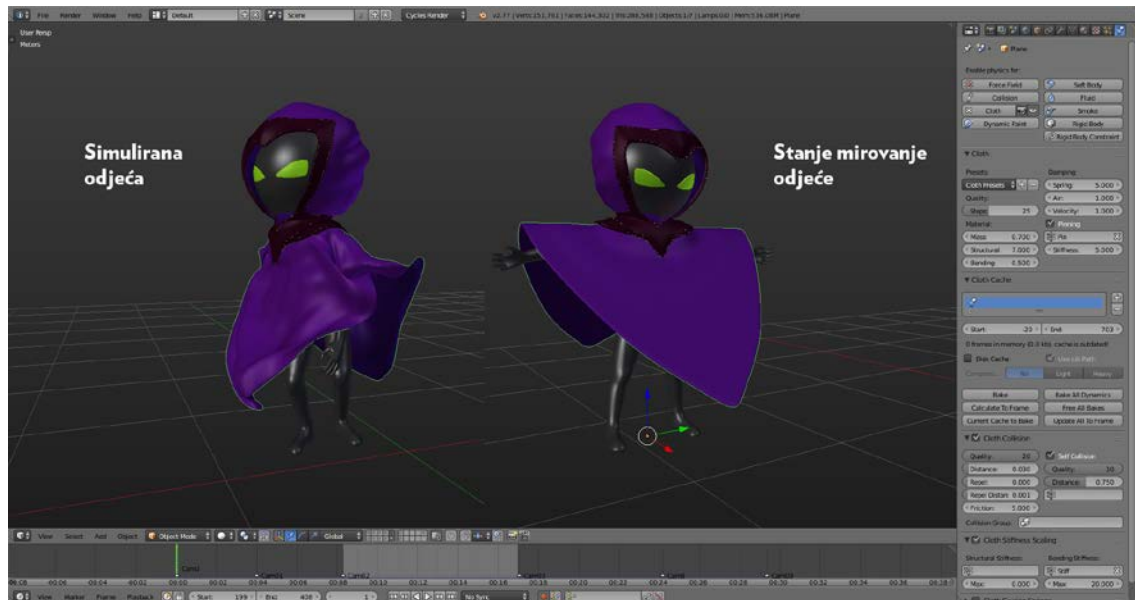
Slika 32. Prikaz radnog prostora za animaciju

*Graph editor* je korišten kako bi olakšao tranzicije između *Key Frame-a*, te pomoću krivulja za svaku radnju osigurao da se one uvijek drže laganog ulaza i laganog izlaza. Ovo je standardna opcija interpolacije unutar graph editora koja se može promijeniti manualno ili pritiskom na tipku „T“ možemo promijeniti vrstu interpolacije što ubrzava proces rada te olakšava upotrebu principa preklapajući akcije.

Princip animiranja lika je isti kao i princip od poze do poze. Iz početne točke se pomakne malo dalje na timelineu i zada se sljedeća poza te se zatim vrati unatrag i ispunjava prostor key framea sa sekundarnim radnjama. A nakon završetka poziranja još se nadoda preklapajuća akcija. [8,9]

## 4.7. Simulacija odjeće i tekućine

Odjeća je sekundarna radnja koja prati lik i pridodaje već postojećoj animaciji. Ovaj proces se također može kontrolirati *rigg-om* ali to ne rezultira uvjerljivo, stoga je odjeća simulirana u Blenderovom *Cloth* simulatoru.



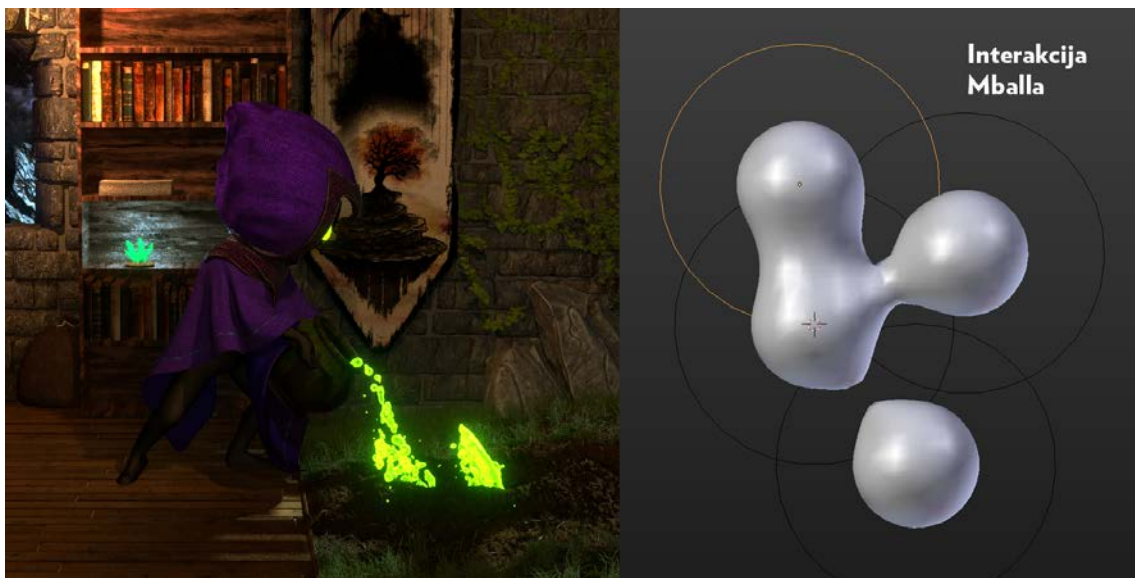
Slika 33. Primjer simulacije odjeće

Simulacija odjeće je jedan od najtežih aspekata kompjutorske grafike odmah iza simulacije tekućine. U stvarnom svijetu djeluje strašno jednostavno dok je ona u kompjutorskoj grafici generirani element sa strašno puno internih i eksternih interakcija.

Simulacija se postavlja na način da se na zadani mesh postavi *cloth simulation modifier* koji se nalazi u *modifier panelu* ili u *physics panelu* gdje se nalaze i opcije za kontroliranje simulacije. U tim opcijama može se birati između standardnih tipova tkanine poput pamuka, svile ili traperera, a također se mogu manualno unesti opcije za tvrdoću, masu, kolizije, gdje i kako se veže ili kako se ponaša na vjetru. Ova simulacija je poprilično kompleksna jer se radi o jednom velikom komadu tkanine koji ima puno interakcija sa tijelom lika kao i sa vanjskim objektima. Zato je posvećeo više pažnje na simulaciju nego na samu animaciju lika, a za pronalazak pravih postavki koje odgovaraju animaciji korištena je

metoda pokušaja i promašaja jer je svaka simulacija odjeće posebna i ne postoje detaljne reference za svaki tip, što čini ovaj dio animacije izuzetno naporan.

Simulacija tekućine uspješno je pojednostavljena na način da je korišten Blenderov *Particale sistem* umjesto korištenja simulacije fluida. Ovo je lakši pristup simulaciji s kojim su postignuti dobri rezultati jer se ne radi o kompliciranoj simulaciji. Čestice (eng: „*particale*“) korišteni uz Blenderove *Meta ball-ove* (*Meta ball* ili *Mball* su objekti koji reagiraju na druge objekte oko njih unutar zadanog radiusa i s oblikom uvijek teže spajanju sa drugim *Meta* oblikom). Čestice možemo namjestiti da izlaze iz određenog objekta (eng: „*emiter*“) u zadanoj brzini i broju, pa u kombinaciji sa *Mball-ovima* daju privid simulacije fluida bez nepotrebnog kompjuterskog kalkuliranja koje može trajati satima (Slika 34). [8,9]



Slika 34. Primjer čestica i Meta balla



## 4.8. Render



Slika 35. Render jednog frame-a animacije

Kao što je navedeno, za render se koristi Cycles engine. Performance rendera mogu se odrediti u Blenderovom *Render panelu*. S obzirom da je ovo animacija koja se radi u dosta kratkom roku, postavke rendera postavljene su na nižu razinu kako bi se izbjeglo duže vrijeme renderiranja. Ali moramo paziti da se ne stave premale postavke, jer se radi o noćnoj sceni sa dosta izvora svjetla i u tom slučaju manji broj samplea znači zrnatu sliku.

Nekoliko termina koje moramo znati prije nego generiramo slike:

- **Render**  
Kompjutorska generacija slike. *3D software* uzima podatke modela, materijala i rasvjete kako bi generirao 2D sliku koju mi možemo upotrijebiti samostalno ili u animaciji.
- **Sample**  
*Cycles renderer* je baziran na *ray-tracing* tehnologiji koja iz kamere baca zrake prema okolini i kroz piksele interpolira podatke za izradu slike. Ako

imamo više zraka onda dobivamo čišću sliku. Broj zraka kontroliramo kroz sample opcije a možemo ih dodatno limitirati sa *Light Path* opcijama.

- **CPU/GPU rendering**

Kako bi ubrzali proces renderiranja koristimo GPU renderiranje. Ovaj način koristi procese grafičke kartice računala za generiranje slike.

Grafičke kartice načelno imaju više procesorne moći za generiranje od CPU, što naravno isto ovisi o tome koja je kartica. Za post-produkciju koristimo blender internal koji može koristiti samo CPU.

Za renderiranje se određuje 600 sample-a jer se dobiva relativno čista slika u kraćem vremenu ali dobivamo vrijeme renderiranja ~7min što se množi sa 4750 frameova animacije koje smo napravili i dobivamo vrijeme rendera od 23 dana. S obzirom da je to previše vremena za renderiranje na jednom računalu koristimo *online render* farmu SheepIt, koja omogućava da se projekt renderira preko više računala koja nisu međusobno povezana. I time se smanjuje vrijeme renderanja na 1 tjedan. [8,9]

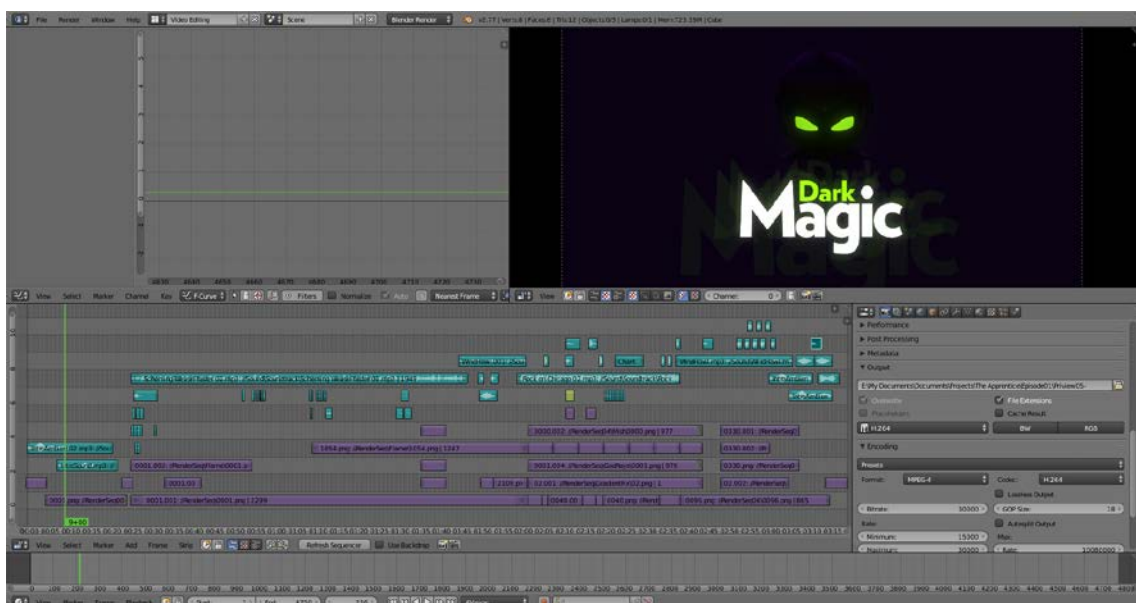
#### **4.9. Post produkcija**

Post produkcija obuhvaća izradu vizualnih efekata, audio zvukova i video editiranje. Ovo je zadnji proces u izradi animacije. Već je prije navedeno da za post produkciju koristimo *blender internal*. On se zapravo koristi za vizualne efekte koji nam se pojavljuju u animaciji poput magle, zraka mjeseca i specijalnih efekata magije.



Slika 36. Primjer post produkcije vizualnih efekata

Za spajanje svih slika i zvukva korišten je Blenderov *Video Editing panel*. Za obradu zvukova korišten je Audacity, koji je *open source* program za editiranje zvuka. Brz je, lagan za korištenje i pri tome besplatan. Zvukovi su nađeni na webstranici [Freesound.org](http://Freesound.org) gdje su svi zvukovi licencirana pod Creative Commons licencom, što znači da se mogu koristiti za ovakve projekte pod nekim manjim uvjetima (npr. priznanje autoru zvuka koji se koristi).



Slika 37. Video editiranje u post produkciji



Na slici 37. se vidi prikaz montaže ljubičastih i tirkiznih linija koje predstavljaju zvuk (tirkizno) i slike (ljubičasto). Slike se dodaju kao vrpce koja se odnosi na određeni set slika te se dodatno može malo obrađivati na način da popravimo boje, svjetlinu ili saturaciju. Ovo je finalni stadij obrade animacije prije nego se ponovno renderira u video. [8,9]

## **5. Zaključak**

Danas je animacija sve češće prisutna, ne samo u filmovima nego i u oglašavanju. 3D modeli poput auta ili namještaja koriste se kao reklamne slike sa visokim stupnjem realnosti kako bi se zavaralo promatrača u vjerovanje da taj model stvarno postoji.

U ovom završnom je napravljena animacija koja se bazira na 12 principa animacije napisanih od strane vrhunskih Disney animatora. Iako su ovih 12 principa napisani za 2D animaciju u ovom završnom ih uspješno primjenjujemo za 3D animaciju. Time dokazujemo kako se principi animiranja 2D i 3D animacija ne razlikuju puno. Razlikuje se samo način na koji ih postižemo.

## 6. Literatura

1. \*\*\*<http://history-of-animation.webflow.io/#Section-2> - *History of animation*, 20.08.2016.  
\*\*\*<https://www.nyfa.edu/student-resources/quick-history-animation/> - *New York Film Academy*, 20.08.2016.
2. \*\*\*<http://www.arena-multimedia.com/arena-zone-animation-industry.aspx> - *Animation Industry*, 19.08.2016.
3. \*\*\*[http://goanna.cs.rmit.edu.au/~gl/teaching/cosc1226/notes/anim\\_intro.pdf](http://goanna.cs.rmit.edu.au/~gl/teaching/cosc1226/notes/anim_intro.pdf) - *Introduction to Animation*, 20.08.2016.
4. \*\*\*[http://www.etstuzla.edu.ba/biblioteka/informatika/informatika2\\_2.pdf](http://www.etstuzla.edu.ba/biblioteka/informatika/informatika2_2.pdf) - *Interna skripta za učenike drugog razreda*, 21.08.2016.
5. \*\*\*<http://www.wisegeek.org/what-is-animation.htm> - *What is animation?*, 20.08.2016.
6. \*\*\*[https://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/animation/ri ck\\_parent/Intr.html](https://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/animation/ri ck_parent/Intr.html) - *Chapter 1. Introduction to computer animation*, 20.08.2016.
7. Frank T., Ollie J. (1995). *The Illusion of Life: Disney Animation*, Disney Editions, USA
8. Mealing S. (1998), *The Art & Science of Computer Animation*, UK
9. \*\*\*<https://www.blender.org/manual/> - *Blender 2.77 Manual*, 20.08.2016.