

Jesse Vitikainen

BLENDER ANIMOINTI UNITY-PELIMOOTTORIIN

Opinnäytetyö

Liiketalouden ammattikorkeakoulututkinto

Tietojenkäsittelyn koulutus

2021



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Tradenomi (AMK)
Tekijä/Tekijät	Jesse Vitikainen
Työn nimi	Blender animointi Unity-pelimoottoriin
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu / Oppivan rakentamisen -hanke
Vuosi	2021
Sivut	38 sivua
Työn ohjaaja(t)	Jukka Selin

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, minkälaisia animointiominaisuuksia Blenderissä on käytössä ja minkälaisen ympäristön Blender tarjoaa yleisesti animointiin. Lisäksi tavoitteena on selvittää, kuinka animoitu hahmo tai objekti tuodaan Unity-pelimoottoriin animaation ja materiaalien kanssa. Selvitän myös, millaisia animointiominaisuuksia Unity itsessään tarjoaa. Opinnäytetyön tarkoituksena helpottaa animaatioiden käyttöä omissa peliprojekteissa.

Teoriaosuudessa käsitellään aluksi Blenderiä yleisesti sekä sen erilaisia animaatio ominaisuuksia. Tarkoituksena on selvittää, miten animaation tekeminen tapahtuu Blenderissä. Tarkoituksena käydä läpi vaiheittain, kuinka eri osat animaatioissa tehdään ja kuinka animaatio saadaan toimimaan. Työn toimeksiantajana toimii Oppivan Rakentamisen -hanke, joka on osa Xamkin tki-hankkeita.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa kerrotaan, miten animaation saa tehtyä Blenderissä ja tuotua Unityn pelimoottoriin. Teoriaosuudessa kerrotaan myös, kuinka Unityllä itsellään saa tehtyä animaatiota. Lisäksi käsitellään liikkeenkaappaus datan yhdistämistä Unityyn. Asiat esitetään käytännössä kuvankaappausten avulla ja selittämällä.

Opinnäytetyössä tutkitaan aluksi Blenderin animaation toimintaa. Käytännön osuudessa keskitytään kertomaan, kuinka Blenderiä hyödynnetään animaatioiden tekemisessä. Blender tarjoaa monipuolisia animointiominaisuuksia, joiden avulla voidaan muokata animaatiota haluttuun muotoon. Myös Unityn oma animaatiojärjestelmä mahdollistaa animaatioiden tekemisen.

Asiasanat: Animaatio, liikkeenkaappaus, hahmo, Blender, Unity

Degree	Bachelor of Business Administration
Author (authors)	Jesse Vitikainen
Thesis title	Blender animation for Unity game engine
Commissioned by	Southeast Finland University of Applied Sciences / the Oppivan rakentaminen project
Time	2021
Pages	38 pages
Supervisor	Jukka Selin

ABSTRACT

The aim of this thesis was to find out what kind of animation features Blender has in use and what kind of environment Blender offered for animation in general. In addition, the goal was to find out how an animated character or object was brought into the Unity game engine with animation and materials. I also studied what kind of animation features Unity itself offered. The purpose of the thesis was to facilitate the use of animations in one's own game projects.

The theory part first deals with Blender in general and its various animation features. The purpose was to find out how to make an animation in Blender and to go through the steps of making different parts of an animation and how to make the animation work. The work was commissioned by the oppivan rakentaminen project (learning construction), one of Southeast Finland University of Applied Sciences projects.

The theoretical part of the thesis explained how the animation could be done in Blender and imported into Unity's game engine. The theory section also explained how Unity itself could be animated. In addition, the integration of motion capture data with Unity was discussed. In practice, thesis topics were presented with the help of screenshots and explanations.

The thesis first examined the operation of Blender's animation. The practical part focused on how to use Blender to make animations. Blender offered a wide range of animation features that allow customizing the animation to the desired format. Unity's own animation system also allows making animations.

Keywords: Animation, motion capture, character, Blender, Unity

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	BLENDER.....	6
3	BLENDERIN ANIMOINTIOMINAISUUKSIA	10
3.1	Poseerauskirjasto	10
3.2	Epälineaarinen animaatio	11
3.3	Raiteet	12
3.4	Käänteinen kinematiikka.....	13
3.5	Eteenpäin-kinematiikka.....	13
4	MIXAMO-HAHMO BLENDERISSÄ.....	14
4.1	Mixamo-hahmon tuonti Blenderiin	15
4.2	Autodesk Character Generator -hahmon tuonti Blenderiin	20
5	ANIMOINTI BLENDERISSÄ	20
5.1	Pallon pyöriminen	21
5.2	Portaita alas vierivä pallo	25
6	ANIMAATION TEKO UNITYLLÄ.....	29
6.1	Potkurianimaatio Unityllä	29
6.2	Liikkeenkaappaus datan käyttö Unityssä.....	31
7	PÄÄTÄNTÖ	34
	LÄHTEET.....	35

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä on tarkoitus perehtyä Blenderin animointiominaisuuksiin ja sen tuomiin mahdollisuuksiin. Opinnäytetyössä esitetään käytännön ohje siitä, kuinka Blenderillä tehdään animoituja hahmoja ja objekteja sekä kuinka niiden tuominen tapahtuu pelimoottoriin. Opinnäytetyö tehdään toimeksiantajalle, joka on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Oppivan Rakentamisen -hanke. Opinnäytetyötä on myös tarkoitus käyttää erilaisissa opetustilanteissa ja sekä erilaisissa muissa hankkeissa.

Opinnäytetyössä on sekä teoria- että käytännön osiot, joiden tarkoitus on selvittää asiat ensin teoriassa ja sen jälkeen myös käytännössä. Ensimmäiseksi on teoriaosuus, jossa esitellään aluksi Blenderiä. Tässä osiossa esitellään perusteet ja avataan keskeiset käsitteet, mikäli eivät ole jo tuttuja. Tämän jälkeen esitellään, kuinka animointiominaisuudet toimivat Blenderissä.

Tämän jälkeen kerrotaan, kuinka saadaan tehtyä animoitu hahmo Blenderillä. Sen jälkeen esitetään, kuinka animoitu hahmo tuodaan pelimoottoriin, kuten Unityyn. Työssä kerrotaan myös, kuinka käytetään Mixamo- ja Autodesk Character Generator -palveluja ja kuinka niistä tuodaan pelihahmoja Blenderiin ja kuinka ne saa edelleen siirrettyä pelimoottoriin, eli Unityyn.

Työssä kerrotaan myös, miten Unityssa toimitaan animaation kanssa, eli miten saadaan animaatio tehtyä toimivavaksi animaatioksi. Lisäksi kuvataan itse Blenderillä tekemiäni animaatioita muutaman käytännön esimerkin avulla. Tässä kuvataan, miten ne tehdään Blenderissä ja miten ne saa tuotua Unityyn.

Viimeisessä osiossa kerrotaan, kuinka Unity-pelimoottorilla voi itsessään tehdä erilaisia toimivia animaatioita. Osiossa kuvataan muutamilla esimerkeillä, kuinka erilaisia animaatioita voidaan tehdä Unityllä. Eli kuinka tehdään liikkeenkaappaus Unityllä. Osiossa kuvataan animointi alusta loppuun asti, eli miten saadaan tehtyä toimivia animaatioita Unityssä.

2 BLENDER

Edistyneet käyttäjät luovat ja muokkaavat python-ohjelmointikielellä uusia erikoistyökaluja Blenderiin. Näitä sisällytetään usein tuleviin Blenderin versioihin. Tämä GNU General Public License (GPL) -yhteisön ohjaama projekti antaa kehittäjille valtuudet tehdä erilaisia muutoksia Blenderin koodiin. Näin Blenderiin syntyy jatkuvasti uusia ominaisuuksia. Myös virheisiin ja käytettävyyteen reagoidaan nopeasti ja niihin saadaan korjauksia.

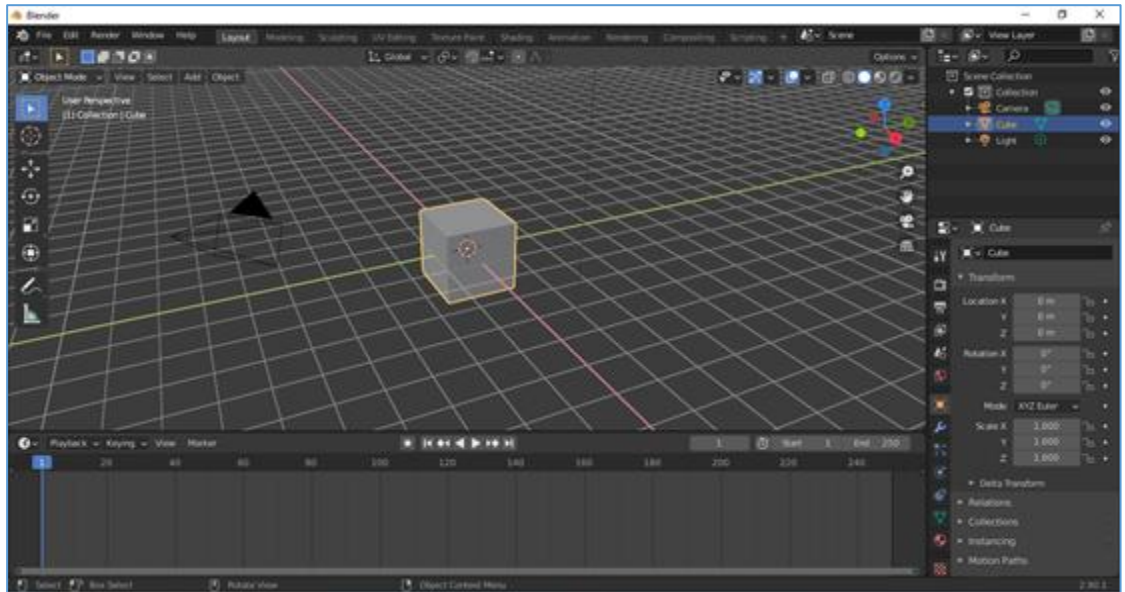
Blender on ilmainen ja avoimen lähdekoodin 3D-mallinnusohjelma. Blenderillä voidaan luoda 3D-visualisointia kuten pysäytyskuvaa, 3D-animaatiota, VFX otoksia ja videon muokkausta. Blender on monialustainen sovellus, joka toimii Linux-, macOS- ja Windows-käyttöjärjestelmissä. (Blender 2021a.) Blenderillä on vielä ehkä hieman vaatimaton asema suhteessa kaupallisiin 3D-mallinsohjelmiin, kuten 3ds Maxiin. Blenderissä käytetään OpenGL:llä tehtyä yhteenäistä käyttöliittymää ja käyttäjäkokemusta kaikissa tuetuissa laitteissa ja alustoissa.

Ketkä sitten käyttävät Blenderiä?

Blenderissä on suuri valikoima erilaisia työkaluja, joita voidaan soveltaa lähes mitä tahansa mediatuotannon tekemiseen. Studiot ja ihmiset eri puolilla maailmaa hyödyntävät Blenderiä mm. harrastusprojekteihin, mainoksiin ja elokuviin.

Blenderin käyttöliittymä

Blenderin-pääikkunan pitäisi näyttää kaikilla alustoilla suunnilleen samankaltaiselta kuin kuvassa 1 näkyy, koska Blenderin käyttöliittymä on kaikilla alustoilla yhdenmukainen (Blender 2021t).



Kuva 1. Blenderin oletusikkuna

Blenderissä käyttöliittymä jaotellaan kolmeen eri pääosaan. Yläpalkki on ylhäällä, alueet ovat keskellä ja tilarivi alareunassa. Yläpalkissa on eri toimintoja, kuten mallintaminen ja animointi. Keskellä olevat alueet ovat tila, jossa on varattu tilaa muokkaamiselle ja esimerkiksi 3D-näkymille. Tilarivillä näytetään erilaisiin toimintoihin liittyviä tietojen, kuten erilaisten pikanäppäinten, tulostusten tai varoitusten tietoa tai mm. tilastotietoa.

Yläpalkki

Yläpalkki on yleinen alue ikkunan yläosassa, joka on joka ikkunassa muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Poikkeuksen muodostavat väliaikaiset ikkunat, joilla määritellään käyttäjäasetuksia. (Lyczkowski 2017.) Yläpalkissa on erilaisia näppäimiä kuten sovellusvalikko, tiedostovalikko, muokkausvalikko, renderointivalikko, ikkunavalikko ja ohjevalikko (Blender 2021r).

Alue

Blender-ikkuna on jaoteltu useampiin erikokoisiin suorakulmioihin, joita sanotaan alueiksi. Alueet varaavat tilaa muokkaajalle, kuten 3D-näkymälle tai yleiskuvaukselle (engl. the outliner). Editori tarjoaa yleensä tavan tarkastella ja muokata Blenderin kautta työtä tai sen tiettyä osaa. Pikanäppäinten painaminen editorissa vaikuttaa toimintaan editorissa alueella, jossa hiiren osoitin on. Alueessa olevat rajat on osoitettu pyöristämällä tai viistetyillä kulmat. Alueita

voi myös muokata vastaamaan tiettyjä tehtäviä. Näitä kutsutaan työtiloiksi. Työtiloja voidaan nimetä ja tallentaa myöhäisempää käyttöönottoa varten.

Tilarivi

Tilarivi on Blender-ikkunan alaosassa ja siinä näytetään asiayhteyteen tietoa, mitkä liittyvät esimerkiksi pikanäppäimiin, varoitus- tai tulosviesteihin, sekä tilastotietoihin.

Aikajana

Kellokuvakkeesta tunnistettavaa aikajana muokkainta käytetään manipuloimaan avainkehysksiä ja liikuttamaan toistopäätä. Aikajanalla pyritään antamaan käyttäjälle kattava yleiskuva kohtauksessa olevasta animaatiosta näyttämällä nykyistä kehystä. Lisäksi näytetään aktiivisena olevan objektin avainkehukset, animaatiojakson alku- ja loppukehys ja myös merkit, joita käyttäjä voi asettaa.



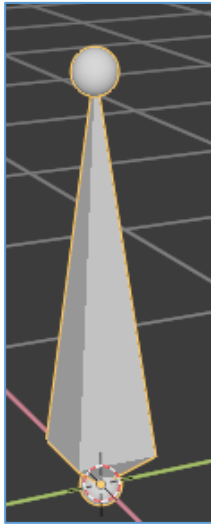
Kuva 2. Aikajana

Aikajana sisältää ohjaimet, joilla voidaan toistaa, keskeyttää tai ohittaa animaatiosarjoja. Aikajanaan sisältyy erilaisia työkaluja, joiden avulla voidaan käsitellä avainkehysksiä, avainjoukkoja ja merkintöjä. (Blender 2021q.)

Ankkuri

Blenderissä voidaan ankkurin ajatella olevan samanlaisia kuin oikean luurangon ankkurit ja toimivan kuin oikea luuranko (Blender 2021h). Ankkuri voi koostua monista eri luista. Näitä luita voidaan siirtää ympäriinsä, ja ne osat,

mihin luut on kiinnitetty tai mihin ankkurit ovat liittyneet, liikkuvat ja muuttavat suuntaa samalla tavalla. (Blender 2021c.)



Kuva 3. Oletusankkuri

Ankkuri on jonkinlainen objekti, jota käytetään yhteytenä. Tämä kokonaisuus liikkuu sätkynuken tavoin. Ankkuriobjekti pyrkii ottamaan mallia todellisesta luurangosta.

Avainkehys

Avainkehys on yksinkertaisesti vain ajan merkkaustapa, jolla tallennetaan ominaisuuden arvo tietyllä ajanhetkellä. Avainkehyksellä on tarkoitus sallia interpoloitu animaatio, mikä tarkoittaa sitä, että Blender määrittää automaattisesti objektin oikean sijainnin kaikissa kehyksen kohdissa, jotka ovat kahden avainkehysten välillä.

Takila

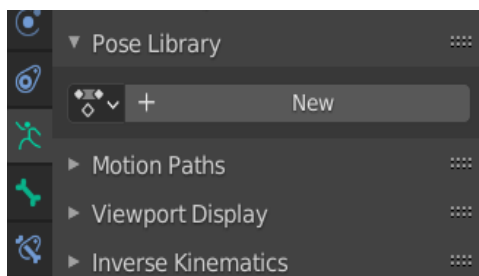
Takila on prosessi, jonka avulla rakennetaan ankkuri ja linkitetään se ankkuri-verkkoon. Ankkuria voidaan verrata savihahmojen luurankoon toiminnallisuudeltaan, jossa ihmiset näkevät vain saven ulkopuolisen kerroksen, mutta poseeraaminen ja liikkuminen tapahtuvat animaattorissa rungon sisällä.

3 BLENDERIN ANIMOINTIOMINAISUUKSIA

Animaation avulla saadaan objekti liikkumaan paikasta toiseen tai se voi myös olla esimerkiksi muodon muokkaamista ajan suhteen. Objekteja voidaan animoida monella eri tavalla, kuten liikuttamalla kokonaista esinettä. Animointi voi myös olla objektin asennon, suunnan tai koon muuttamista.

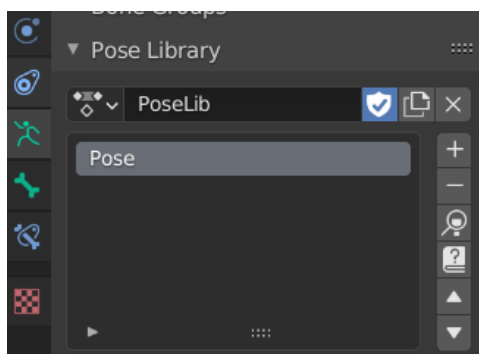
3.1 Poseerauskirjasto

Poseerauskirjasto on mahdollisuus tallentaa erilaisia poseerausasentoja, jotta samaa asentoa voidaan käyttää myöhemmin uudelleen. Poseerauskirjasto-paneelia käytetään ankkuriasentojen tallentamiseen, soveltamiseen ja hallintaan (Blender 2021m). Poseerauskirjaston saa näkyviin Object Data Properties -kohdasta.



Kuva 4. Poseerauskirjaston hallintaa Blenderissä

Poseerauskirjastoon saa luotua uuden kirjaston painamalla New-painiketta. Tämä avaa uuden kirjaston painikkeen alapuolelle. Kirjastoon on mahdollista luoda useampia erilaisia liikkeitä valmiiksi.



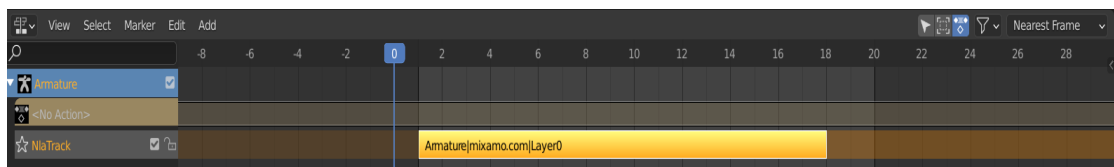
Kuva 5. Pose Library -paneeli

Oikeassa reunassa olevan valikon avulla saa tehtyä erilaisia toimintoja. Ensimmäisenä ylhäältäpäin katsottuna on pluspainike, jolla saa lisättyä uuden poseerauksen. Miinus-painike on poistopainike, jolla saa poistettua toiminnon. Suurennuslasin avulla voidaan aktivoida ja tarkastella valittuja luita. Ylä- tai ala- nuolilla voidaan siirtää poseerauskohtaa ylemmäksi tai alemmaksi listassa.

3.2 Epälineaarinen animaatio

Epälineaarinen animaatioeditori eli NLA, on lyhenne sanoista Non Linear Animation. Sen avulla voidaan manipuloida ja uudelleen käyttää avainkehyskiä nopeasti reaaliajassa. Epälineaarista animaatiota käytetään useimmiten tekemään laajoja, merkittäviä muutoksia animaatioiden kohtauksiin suhteellisen helposti. Sen avulla voidaan myös käyttää uudelleen ja ketjuttaa yhteen liikesarjoja, mikä helpottaa animaatioiden järjestämistä ja versionhallintaa. (Blender 2021k.)

Monissa animaatiosovelluksissa on ominaisuus, jonka avulla voidaan käyttää avainkehysryhmää uudelleen rakentamaan suurempia ja monimutkaisempia animaatioita. Näitä kutsutaan yleisemmin epälineaariksi muokkauksiksi. Ideana on toiminnon asettaminen avainkehyskiille kerran ja siten silmukan käyttäminen NLA-ryhmälle, kuten kävelykierrokselle. Animaatioita voidaan yhdistää ja siirtää ilman minkäänlaista keskeytystä tai rumaa ponnahdusta hahmon liikkumisessa.



Kuva 6. Epälineaarinen animaatio

Se voi myös kattaa useita eri toimintoja, kuten kävelykierron, silmänräpäyksen ja heiluvan käden. Blenderissä on nämä ominaisuudet, ja vaikka niitä on aluksi hankala ymmärtää, ne ovat kuitenkin yllättävän yksinkertaisia käyttää. Mutta ensin pitää ymmärtää käsitteet. Animaatio asennetaan tavalliselle avainkehyskiille tai se tuodaan sovelluksesta, kuten Mixamo, josta muutetaan ryhmä Action Stripiksi. Tätä Blender kutsuu NLA-estoksi. Lisäämällä Action

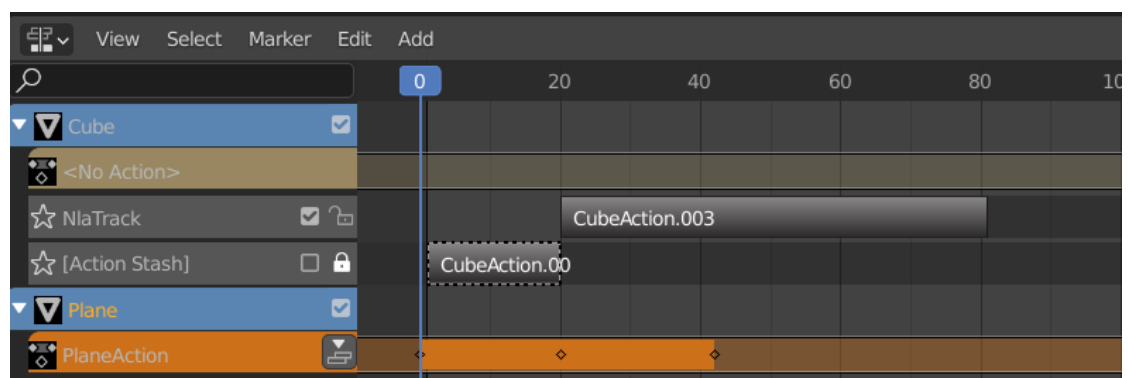
Strip NLA-raidalle, voidaan toistaa animaatio tai yhdistää se muihin animaatioihin. Tämä toiminto ei ole täysin tarkka, mutta se on tarpeeksi hyvä, jotta voidaan luoda todella hienoja animaatioita helpommin. (Versluis 2020.)

3.3 Raiteet

Raiteet ovat epälineaarisen animaation kerrosjärjestelmä. Perustasolla raiteet auttavat järjestämään nauhojen listaa. Raiteet kerrostavat liikettä samalla periaatteilla, mitä kuvankäsittelyohjelmassa tehdään pikseleille, jossa alimmainen kerros on ensimmäisenä ja ylhäällä on viimeiseksi luotu kerros.

Soolo eli tähti kuvakkeella voidaan vaihtaa sooloraita. Tämä aiheuttaa valittujen raitatehosteiden näkymisen kyseisessä animaatioissa. Tämä on hyvin hyödyllistä monimutkaisten animaatioiden virheiden korjaamisessa.

Mykistäminen puolestaan estää vaikutuksen kyseisen raidan animaatioon. Tämä toimii vain, jos ei käytä sooloa. Kun toiminto on aktiivisena, niin kaikkia nauhan raitoja esitetään mykistettyinä, jolloin niiden ympärille tulee katkoviihat.

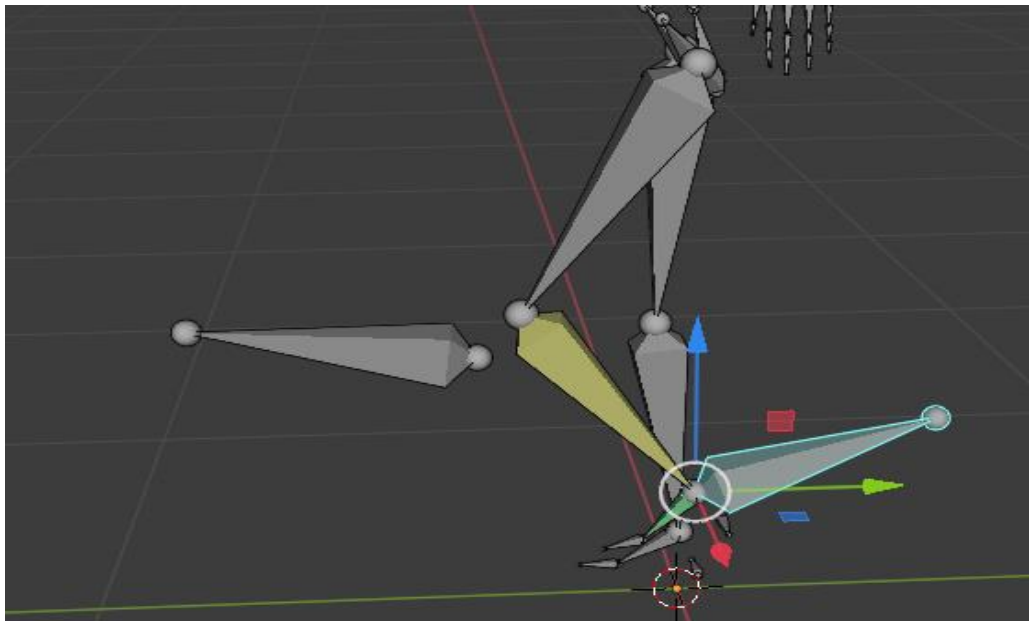


Kuva 7. Raiteet ja erilaiset kuvakkeet

Lukon tarkoituksena on estää valittuun kerrokseen tehtäviä muutoksia. Esimerkiksi se on hyödyllistä silloin, jos haluaa valita useita nauhoja ja siirtää niitä, mutta haluaa pitää muutaman raidan pois muutoksesta suljettuna, jolloin ne eivät siirry mukana. (Blender 2021s.)

3.4 Käänteinen kinematiikka

Käänteinen kinematiikka yksinkertaistaa animaatioprosessia ja mahdollistaa edistyneempien animaatioiden tekemisen pienemmällä vaivalla. Käänteisen kinematiikan avulla voidaan sijoittaa viimeiset luut luuketjuun ja muut luut sijoitetaan automaattisesti. Tämä on kuin sormen liikuttaminen saisi käsivarren seuraamaan sormen liikettä.

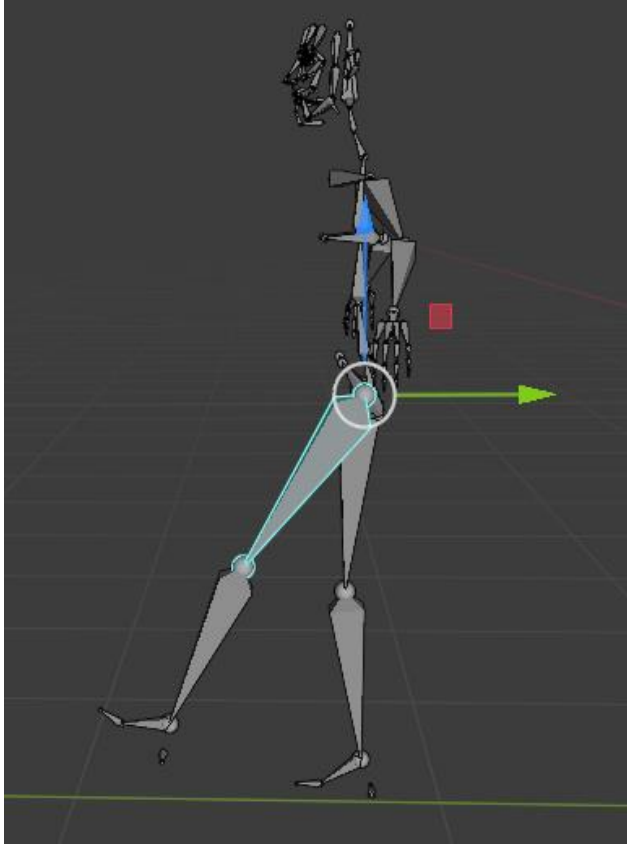


Kuva 8. Käänteinen kinematiikka

Normaaleilla poseerausmenetelmillä joutuu lähtemään juuriluusta ja asettamaan luut peräkkäin, kunnes saavuttaa luun kärjen. Kun kutakin ylemmän tason luuta liikutetaan, sen lapsiluut perii sijainnin ja kierron. Tästä johtuen pienten ja tarkkojen muutosten tekeminen asentoihin tulee vaikeammaksi mentäessä eteenpäin ketjussa, koska tällöin joutuu säätämään ensin kaikki ylemmän tason luut. (Blender 2021i.)

3.5 Eteenpäin-kinematiikka

Eteenpäin-kinematiikka on prosessi, jolla määritetään rungon tai mallin toisiinsa liittyvien segmenttien tai luiden liike järjestyksessä ylemmän tason luista aina lapsiluihin.



Kuva 9. Eteenpäin-kinematiikka

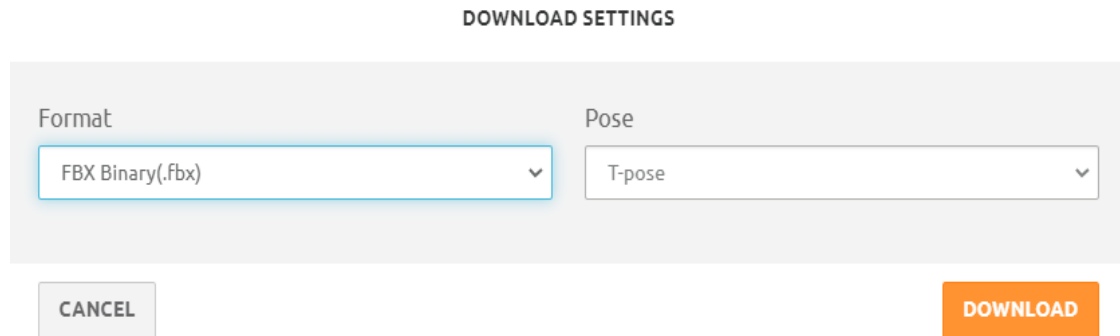
Käyttämällä eteenpäin suuntautuvaa kinematiikkaa hierarkkisesti strukturoidussa objektissa. Voidaan liikuttaa esimerkiksi olkavarsia ja siitä liike siirtyy käsivarteen ja käteen liikkeen mukaisesti. Ilman eteenpäin suuntautuvaa kinematiikkaa käsivarsi ja käsi irtoavat helposti olkavarresta ja liikkuvat itsenäisesti tilassa ilman kytkeytymistä toisiinsa.

4 MIXAMO-HAHMO BLENDERISSÄ

Mixamo on ensimmäinen tässä esiteltävä online-pohjainen hahmo animaatiopalvelu. Mixamo tarjoaa tällä hetkellä Avatar-hahmojen luonnin, tuhansia valmiita animaatioita ja automaattisen rigaus-palvelun. Projekti on joko peli, mainos tai animaatioon liittyvä. Mixamon avulla voidaan luoda nopeasti tarvittavia hahmoja. (Adobe Mixamo 2021.)

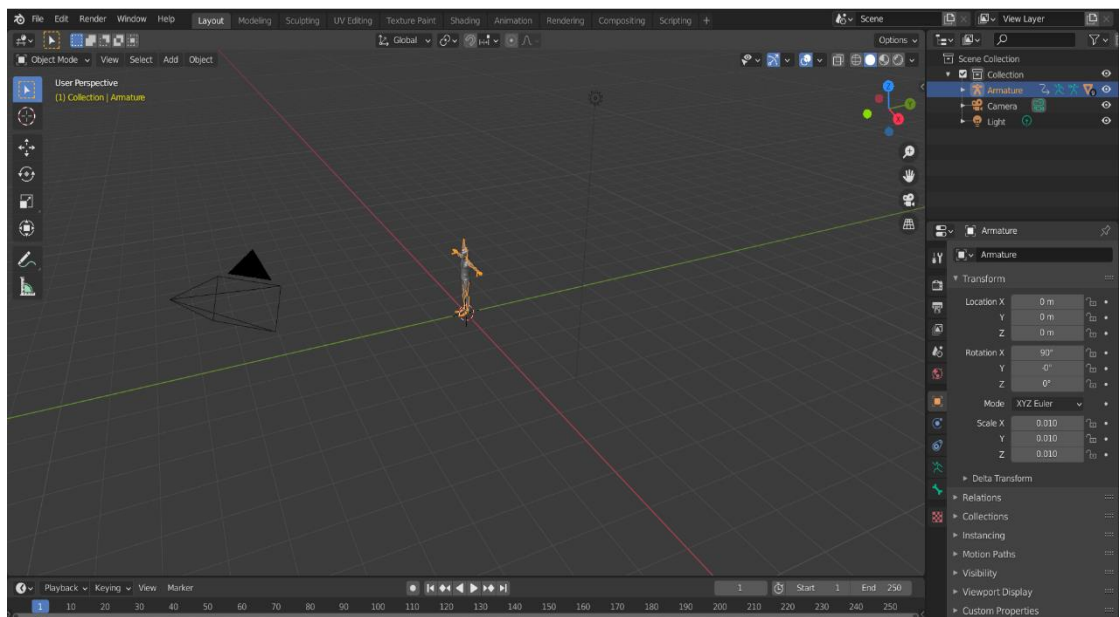
4.1 Mixamo-hahmon tuonti Blenderiin

Hahmon tuominen Mixamo-sovelluksesta Blenderiin alkaa kirjautumalla ilmaiseksi Mixamoon. Mixamosta voi valita useammasta vaihtoehdosta hahmon. Hahmon voi ladata Download-valinnalla, minkä jälkeen on valittava mallin formaatti ja Pose-kohdasta sopiva poseerausvaihtoehto.



Kuva 10. Mixamo-hahmon lataus

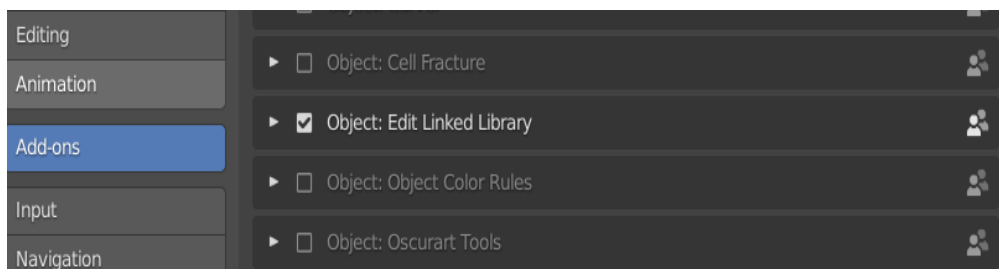
Latauksen jälkeen voidaan siirtyä Blenderiin, johon voidaan tuoda valittu hahmo. Ensimmäiseksi valitaan File → Import → FBX, jonka avulla valitaan tallennettu hahmo valitsemalla Import FBX. FBX tiedostomuodon avulla voidaan 3D-malleja siirtää laadukkaina eri ohjelmistojen ja työkalujen välillä. (Threekit 2020.)



Kuva 11. Mixamolla tehty hahmo tuotuna Blenderiin

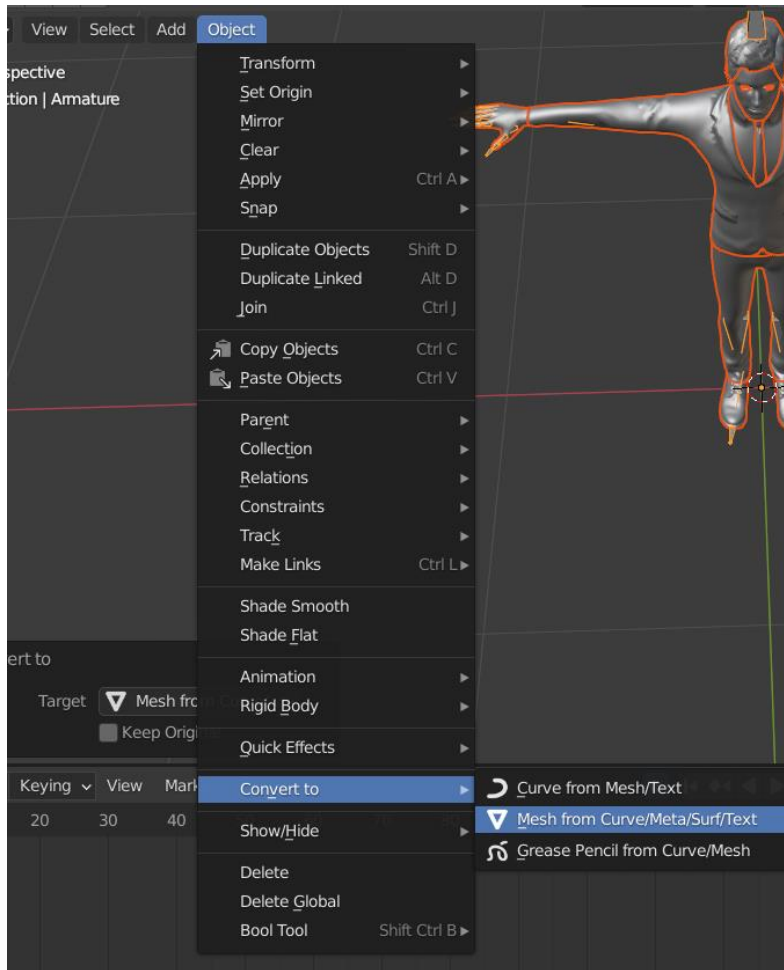
Animoinnissa on käytettävä Pose Librarya, jotta saa hahmon tietyt asennot, kuten kävelyn näyttämään luonnolliselta.

Hahmon tuominen Unityyn tapahtuu Blenderistä siten, että ensimmäinen vaihe on asentaa Blenderin asetuksista Object: Edit Linked Library. Tämä mahdollistaa linkitettyjen objektien muokkaamisen .blend-kirjastossa. Kun työskentelee isommissa projekteissa, näihin projekteihin liittyy kohtauksia, joiden resurssit ovat yhdistettyinä Blender tiedostoon. Näiden resurssien työstäminen on hyvin työlästä ja aikaa vievää monine vaiheineen. Object: Edit Linked Library -lisäosalla voidaan suorittaa edellä mainittu prosessi siten, että koko työn voi tehdä vain muutamalla hiiren napautuksella. Yhden napautuksen avulla pääsee suoraan linkitettyyn kirjastoon ja toisella likkauksella pääsee jatkamaan työskentelyä takaisin kohtauksessa. (Blender 2021f.)



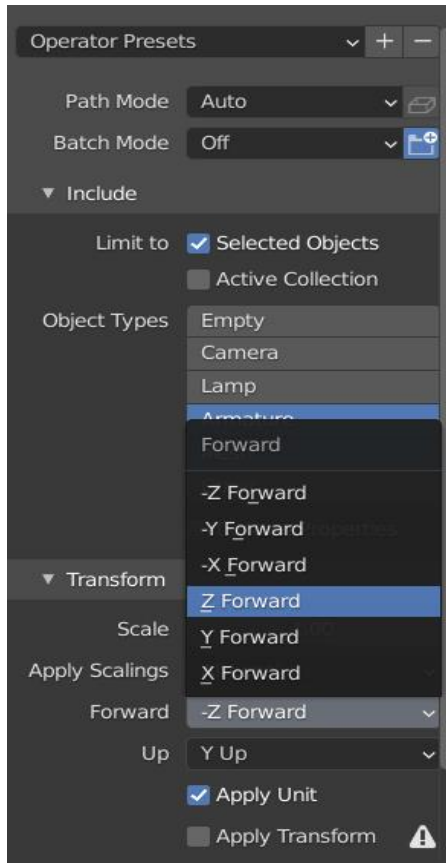
Kuva 12. Object: Edit Linked Library

Kun edellinen toiminto on asennettu, on siitä siirryttävä valitsemaan hahmossa olevat värit, jotta ne näkyisivät myös Unityssä. Sen tekemiseksi on mentävä Blenderissä Object-valikkoon ja valittava Convert to ja sieltä vaihtoehto Mesh from Curve/Meta/Surf/Text, jonka tarkoituksena muuttaa pinnat verkko objekiksi.



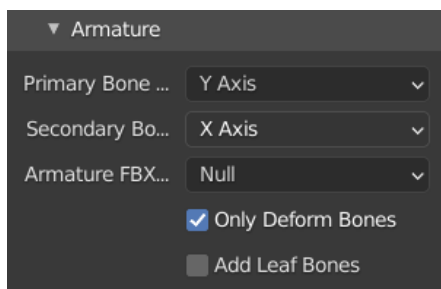
Kuva 13. Väriin valitseminen hahmoon

Seuraavaksi on hahmon viennissä valittava File→Export, josta on valittava Limit to-kohdasta Selected Objects, jonka tarkoituksena on viedä vain näkyvät ja valitut objektit. Tämän jälkeen on siirryttävä valitsemaan Object Types -kohdasta, mitkä kaikki asiat halutaan tuoda Blenderistä Unityyn. Näistä tärkeimmät ovat Armature (ankkuri) ja Mesh. Lisäksi vielä Transform kohdasta Forward-valinnalla on valittava Z Forward, joka on Unityn vasemman käden koordinaatisto.



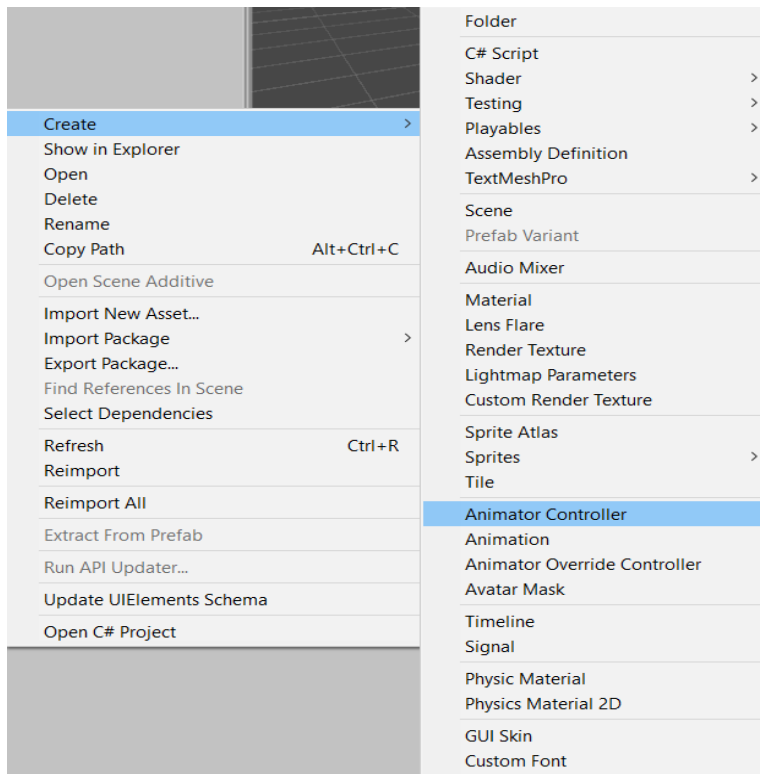
Kuva 14. Hahmon vientiasetukset

Armature-valinnan alta täytyy poistaa Add Leaf Bones -valinta ja laitettava rasti Only Deform Bones -valintaan. Tämä täytyy tehdä, jotta hahmo saadaan tuotua animoituna Unityyn.



Kuva 15. Armature-valintaan tehtävät muutokset

Näiden toimintojen jälkeen on Unityn Assettien alle luotava uusi kansio, johon haluaa tuoda animoidun hahmon Blenderistä. Blender-hahmon tuominen Unityn Assets -kansioon tehdään joko viemällä se suoraan Blenderistä tai kopioimalla hahmo siitä kansioon, johon se on Blenderillä tallennettu. Unityssä on hahmolle tehtävä Animator Controller -komponentti, jonka nimeksi voi antaa paremmin kuvaavan nimen, kun mitä Unity ehdottaa.



Kuva 16. Animator Controller -komponentin lisääminen hahmoon

Tämän jälkeen siirrytään Animator-ikkunaan, johon lisätään Assets-kansiossa olevan hahmon sisältä löytyvistä Blensristä tuoduista animaatioista ne, joita halutaan käyttää Unityssä. Näiden avulla hahmo saadaan liikkumaan pelinäkymässä.



Kuva 17. Animaatioiden valitseminen

Seuraavaksi Animation Controller on siirrettävä omaan hahmoon Inspector-ikkunassa. Animation Controlleri liitetään Animator-kohdassa olevaan Controller-kenttään. Tämä saa hahmon liikkeitä toimimaan Unityssä. Hahmo liikkumisen saa näkyviin Game-ikkunassa, kun on käynnistänyt ohjelman Play-napilla. Hahmon saa toistamaan samaa liikettä aktivoimalla sen ja laittamalla Inspector ikkunasta animaatiolle Loop Time -omianisuuden päälle

4.2 Autodesk Character Generator -hahmon tuonti Blenderiin

Autodesk Character Generator on Autodeskin kehittämä web-pohjainen 3D-suunnittelu- ja animaatiotyökalu, jossa voidaan luoda täysin valmiiksi rigattuja 3D-hahmoja eri pelimoottoreita varten.

Autodesk Character Generatorin avulla luodun hahmon tuominen Blenderiin tapahtuu File → Import → FBX-valinnalla. Tämän jälkeen on luotava hahmolle halutut animaatiot. Animaation luonti aloitetaan laittamalla automaattinen näppäin päälle, joka lisää automaattisesti avainkehysten asetettuun kehyksen kohtaan, kun ominaisuuden arvo muuttuu. Pose Libraryn avulla voidaan määrittellä erilaisia liikkeitä, jotta samaa asentoa voidaan käyttää myöhemmin uudetaan animaatiossa.

Valmiin animoidun hahmon saa vietyä Unityyn File → Export → FBX-valinnalla. Hahmon voi tallentaa haluamaansa kansioon tai suoraan Unityyn Assets-kansion alle haluttuun kansioon. Materiaalin saa Blenderistä vietyä Unityyn menemällä Shading-kohtaan ja valitsemalla Browse image, josta on valittava materiaalin nimi. Materiaalin saamiseksi Unityyn tarvitsee klikata kolme valkoista viivaa sisältävästä kuvakkeesta Blenderissä Shading kohdassa. Tätä kautta aukeaa valikko vaihtoehdoille näkymä ja kuva. Näistä on valittava image eli näkymä, josta on tallennettava materiaali joko suoraan Unityyn tai kansioon, johon haluaa materiaalin tallentuvan. Kun materiaalin on tallentanut, on valittava hahmo Unityssä ja siirrettävä se Hierarchy ikkunaan. Tällöin materiaalin pystyy liittämään hahmoon raahaamalla, jolloin Unity luo uuden materiaali kansion. Materiaalin liittäminen hahmoon tapahtuu Unityssä raahaamalla kyseinen materiaali hahmoon, jolloin se tulee näkyviin. Animaation lisääminen hahmoon tapahtuu luomalla uusi Animator Controller -komponentti ja liittämällä animaatiot luvussa 4.1 esitetyllä tavalla siihen.

5 ANIMOINTI BLENDERISSÄ

Blenderin fysiikkamoottorin avulla voidaan simuloida useita erilaisia reaali maailman fyysisiä ilmiöitä. Näiden järjestelmien avulla voidaan esimerkiksi luoda erilaisia staattisia ja dynaamisia efektejä erilaisiin 3D-malleihin kuten

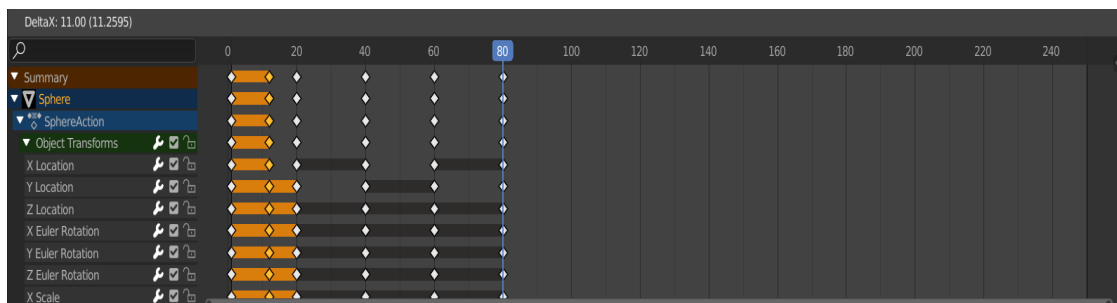
hiukset, ruohon, sadetta, savua, pölyä, vesi, kangas tai vaate. (Blender. Introduction, 2021j.) Blenderissä on myös nopea tehosteominaisuus, jolla saa tehtyä nopeasti savua tai vettä ilman, että tarvitsee tehdä monimutkaisia toimenpiteitä.

5.1 Pallon pyöriminen

Aloitetaan työ tekemällä Blenderissä uusi projekti. Tehdään aluksi uusi pallo Add valikosta tai shift + a, jolloin tulee valikko, jossa on useampi vaihtoehto valittavana. Pallon saa mesh-kohdasta UV Sphere, joka on tehty neliön ja kolmion muotoisista paloista (Blender 2021n).

Pallo näyttää kulmikkaalta. Pallon pinta saadaan sileämmäksi valitsemalla Shade Smooth -valikosta Object. Tämä toiminto sumentaa verkkopinnan reunoja ja saa reunat näyttämään sileämmiltä. (Blender 2021o.)

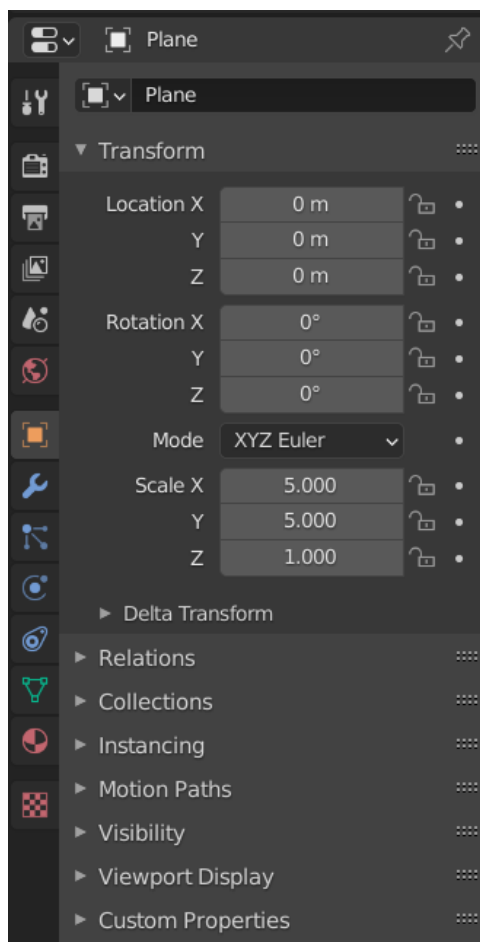
Animointi aloitetaan valitsemalla pallo ja klikkaamalla aikajanalta Auto Keyframe -nappia, joka lisää avainkehysten automaattisesti tietyn kehysten kohtaan aikajanalla (Blender 2021e). Tietyn kohdan animaatiosta voi monistaa ja siirtää sen seuraavaan kehysalueen kohtaan, jolloin sama animaatio toistuu. Tämä tapahtuu valitsemalla kyseisen avainkehysten, jolloin se vaihtaa värin keltaiseksi. Tämän jälkeen klikkaamalla hiiren oikeanpuoleista näppäintä avautuu valikko, josta löytyy monistus mahdollisuus tai myös valitsemalla shift + d ja liikuttamalla kyseistä avainkehystä haluttuun aikajanana kohtaan.



Kuva 18. Avainkehysten monistaminen

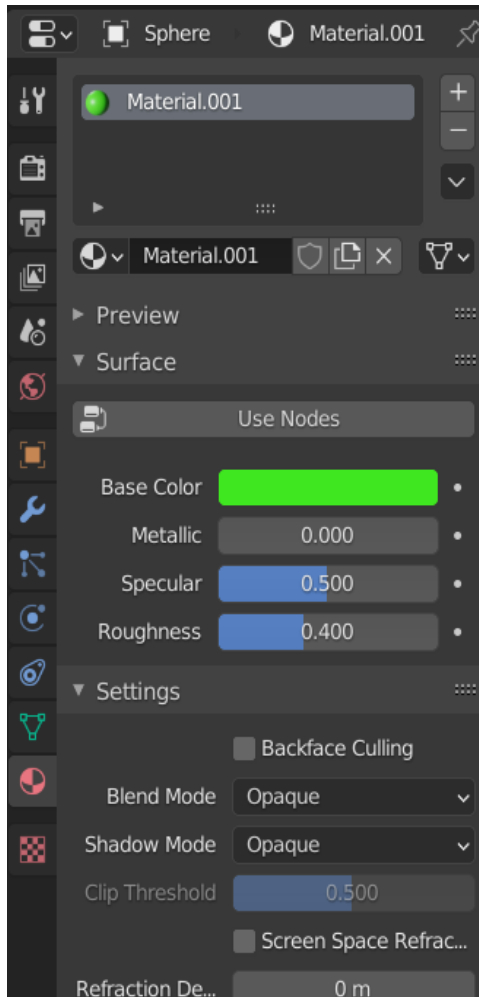
Seuraavaksi on vuorossa tason tekeminen, jonka päällä pallo liikkuu. Sen saa tehtyä lisäämällä Add-kohdasta mesh plane, jonka kokoa voi kasvattaa sopi-

vaksi. Tässä tapauksessa X ja Y arvoiksi valitaan 5. Arvon saa muutettua Object Properties -kohdasta valitsemalla Transform kohdasta Scale. Tämä antaa mahdollisuuden muuttaa tason kokoa.



Kuva 19. Alustan koon muuttaminen

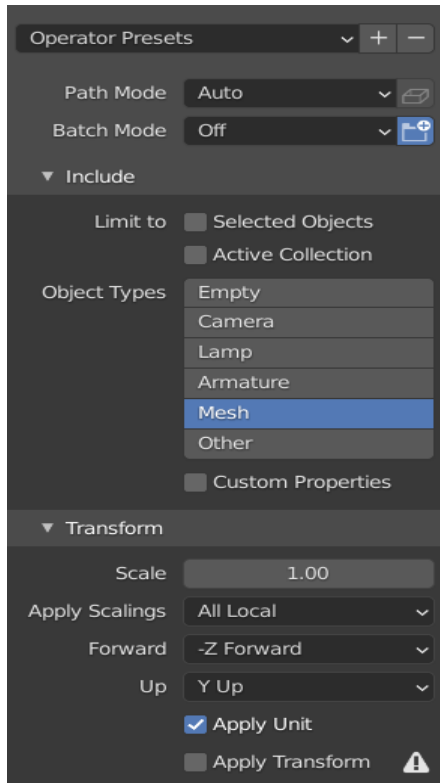
Objektit ovat oletusarvoisesti värittömiä ja värin valitseminen Blenderissä tapahtuu Material Properties -kohdasta New-painikkeella. Tämä aukaisee valikon, jossa on eri vaihtoehtoja värin suhteen. Jatkamalla värin valitsemista on klikattava Use Nodes -painiketta, josta värin saa valittua Base Color kohdasta, josta aukeaa värikartta. Vaihtoehtoina on RGB-väriavaruus, jonka tarkoituksena on rakentaa eri värit punaisen, vihreän ja sinisen yhdistelmästä. HSV on sävy, kylläisyys ja arvo, jotka ovat kaavoja, joilla kuvataan tapaa värien tuottamiseksi ihmisen näkevään muotoon. Hex-värillä on kuusi numeroiden ja kirjainten yhdistelmä, joiden tarkoituksena määritellä väri sekoittamalla punaista, vihreää ja sinistä väriä.



Kuva 20. Värin valitseminen

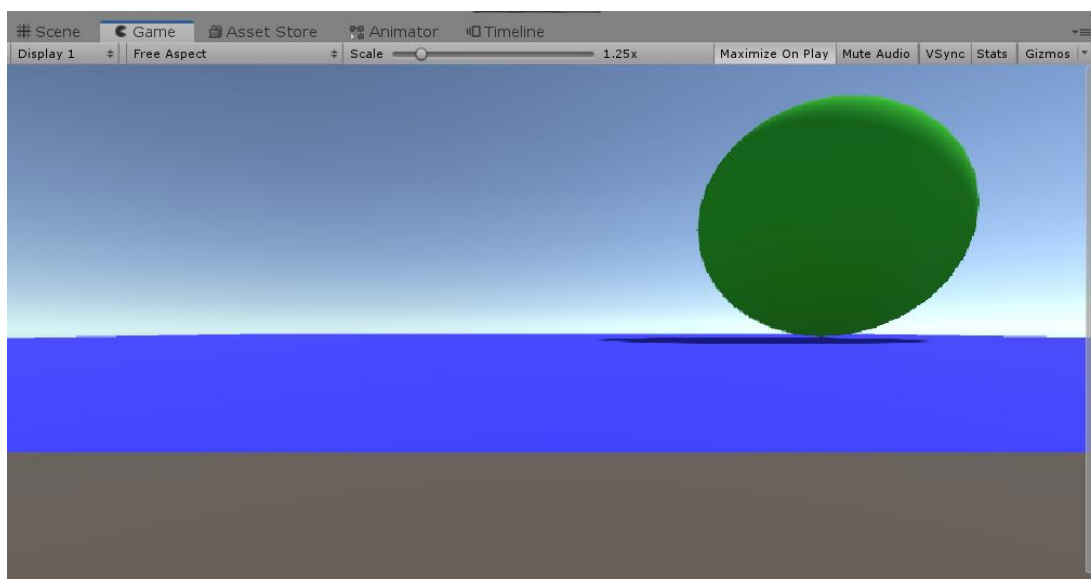
Animoidun objektin vieminen Unityyn tapahtuu siirtymällä Blenderissä File → Export → FBX-valintaan ja valitsemalla Include-kohdasta Mesh. Mesh on verkko, joka on kokoelma erilaisia pisteitä, reunoja ja pintoja, joiden tarkoitus on kuvata 3D-objektin muotoa (Wikibooks 2019).

Vietävän objektin voi tallentaa suoraan Unityn Assets -kansioon. Lopuksi klikataan Export FBX -painiketta, jonka seurauksena animoitu objekti siirtyy valittuun kansioon.



Kuva 21. Blender-valikko, kun animoitua objekta viedään Unityyn

Kun objekti on Unityssä, on tehtävä uusi Animator Controller -komponentti, jonka avulla voidaan ylläpitää ja hallita objektiin liittyviä animaatioita ja kaikkia niihin liittyviä siirtymiä (Unity 2021a). Haluttu animaatio lisätään Animator Controlleriin animoidusta objektista. Laitetaan myös Animator Controller -komponentti Inspector-ikkunassa pallon Animator-komponentin Controller-ominaisuuden arvoksi. Tämän jälkeen animaatioin pitäisi toimia Unityssä.

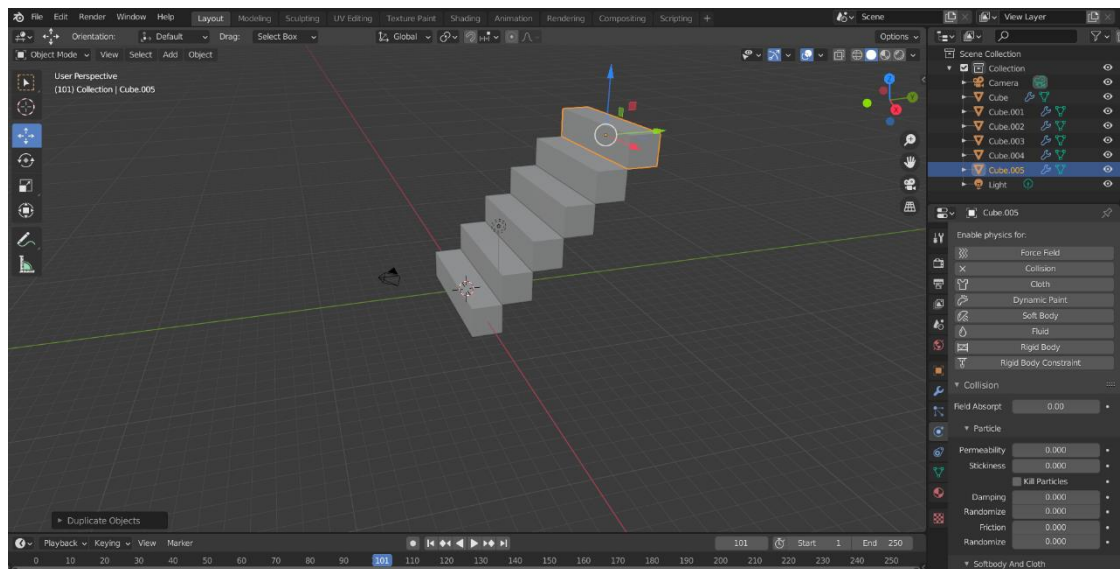


Kuva 22. Animoitu pallo liikkuu Unityssä

Play-napilla voidaan testata animaation toimivuus Unityssä. Pallo näyttäisi toimivan kuten on tarkoituskin Unityssä. Eli pallo tekee saman animoidun radan, jonka on tehty Blenderissä.

5.2 Portaita alas vierivä pallo

Portaita alas vierivän pallon tekeminen Blenderissä alkaa tekemällä uusi tyhjä näkymä. Tähän aloitetaan portaiden tekeminen tekemällä suorakuution muotoinen objektin, jonka Scale x-arvon on oltava suurempi kuin 1, jotta näyttäisi suorakuutiolta. Tästä on tarkoituksena tehdä portaat siten, että pallo kierii ylimmältä tasolta alas.

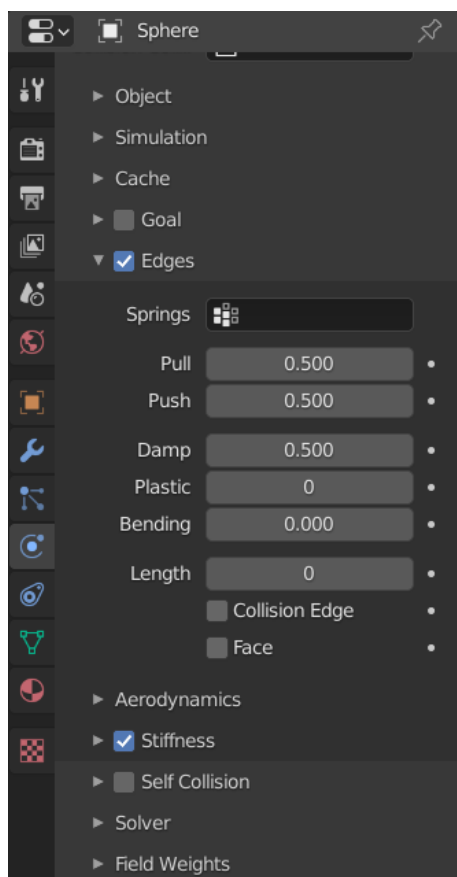


Kuva 23. Portaat Blenderissä

Seuraavaksi on lisättävä pallo ja siihen on lisättävä fyysiset ominaisuudet kohdasta Soft Body. Soft Body -simulaatiota käytetään pehmeiden esineiden muodonmuutosten simulointiin. Se on suunniteltu ensisijaisesti lisäämään toissijaisia liikettä animaatioon, kuten heiluttamaan liikkuvan hahmon rungon osia. (Blender 2021i.) Ominaisuuksista on otettava pois päältä Goal-ominaisuus. Sen tarkoituksena on Blenderissä kehottaa käyttämään esim. F-käyriä ja risti-koita animaatioiden simulaatiossa. (Blender 2021g.)

Lisäksi Bending-kohtaan on lisättävä 1 joka antaa vaihtoehdon luoda virtuaalisen yhteyden kärkipisteiden ja naapureihinsa liittyvien pisteiden välillä, johon sisällytetään diagonaaliset reunat. Tämä koskee myös vaimennuksessa näitä

liitäntöjä. Laitetaan seuraavaksi myös Stiffness, jonka avulla nelikulmioiden diagonaalisia reunoja käytetään jousina. Tämä estää nelikulmion faceja romahtamasta kokonaan törmäyksissä, mikä tapahtuisi ilman tätä asetusta. (Blender 2021d.)

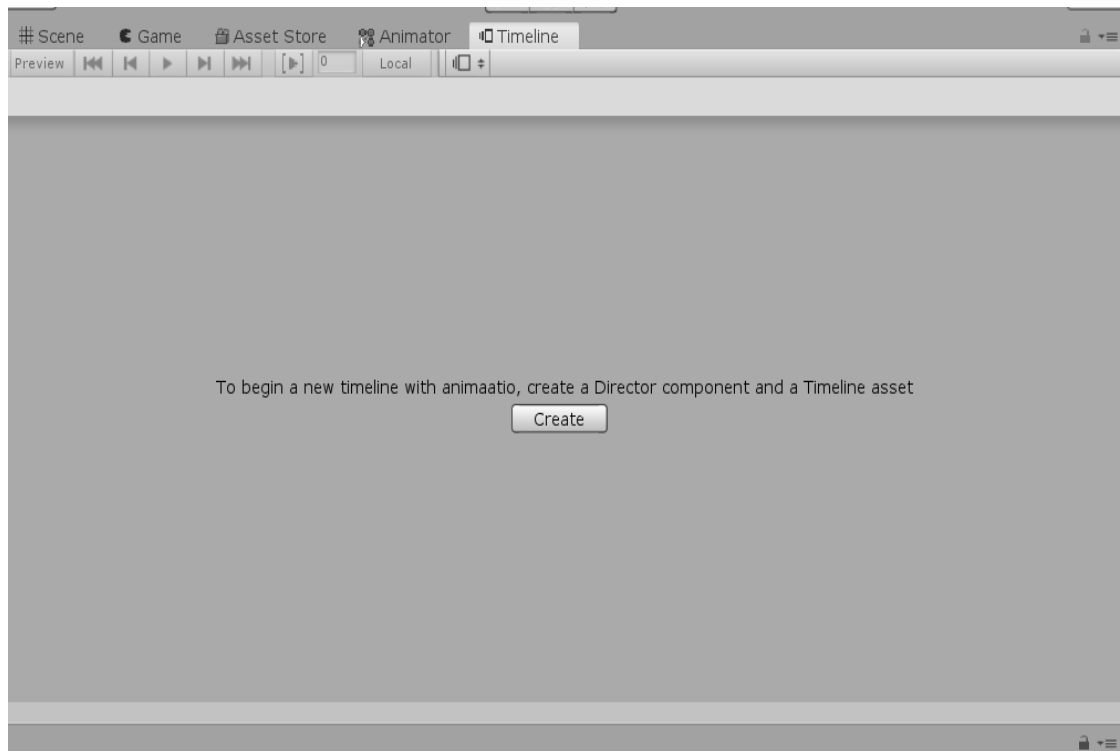


Kuva 24. Fysiikan ominaisuudet pallossa

Lisäksi on lisättävä myös alusta, johon pallo laskeutuu. Siihen on laitettava collision, jotta pallo ei menisi läpi ja tippuisi suoraan alaspäin. Palloon on laitettava fyysisestä ominaisuuksista collision, jonka avulla voidaan vähentää laskentaa, jonka pelimoottori joutuu tekemään kohtausten renderointiin (Blender 2019). Seuraavaksi on valittava Cache-kohdasta Baker, joka on prosessi, jolla lasketaan ja tallennetaan aikaa vievien laskutoimitusten tulokset, jotta prosessia ei tarvita laskea jokaisella kerralla uudelleen, kun haluaa katsoa, toimiiko kyseinen animaatio oikein Blenderissä. Lopputuloksena pallo toimii halutulla tavalla oikein Blenderissä.

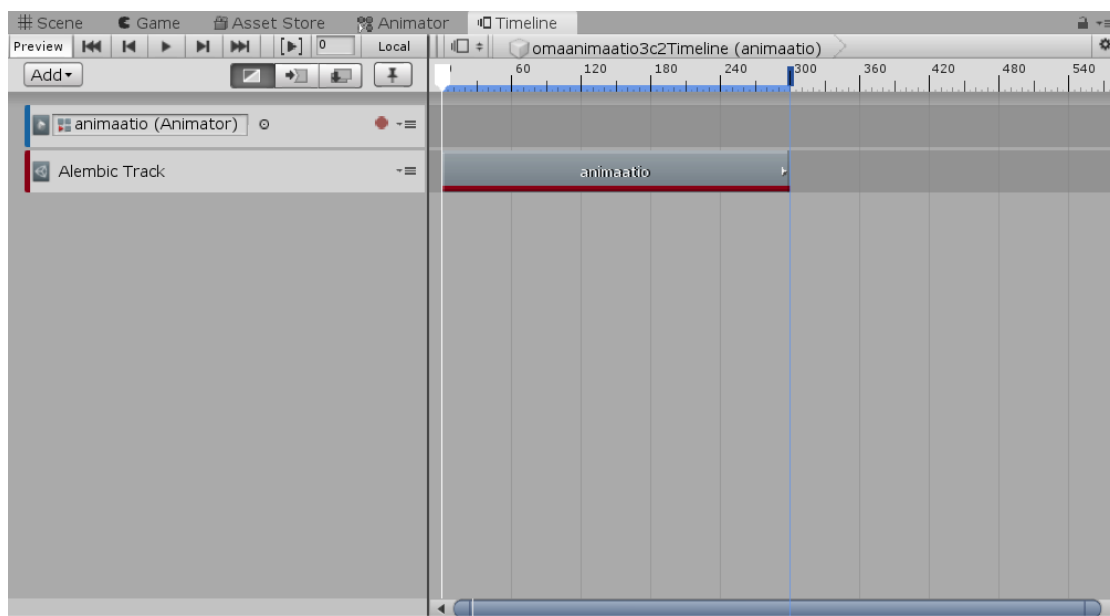
Tällaisen mallin vieminen Unityyn tapahtuu Blenderissä viemällä malli Alembic kohdasta, jossa kysytään mallin nimi ja tallennuspaikka. Paikan voi valita halutunlaiseksi. Alembiciä voi käyttää erilaisten animoitujen verkkojen (engl. mesh)

tallentamiseen ja se mahdollistaa kirjoitetun animaation lukemisen tehokkaasti ja nopeasti. Alembic on tarkoitettu keskittymään monimutkaisten geometrinen menetelmien ja rakenteiden laskemiseen, sekä tallentamaan tuloksia tehokkaasti. (Blender 2021b.) Unityssä joutuu asentamaan Alembic Package -paketin, joka on varasto, joka tallentaa erityyppisiä ominaisuuksia tai resursseja parantaakseen Unityn toimintaa. Unityn editorissa pääsee Package Manager -ikkunaan Windows → Package Manager -valikosta (Unity 2021c). Tämän jälkeen on luotava Timeline, joka luo pelisekvenssejä, elokuvamateriaalia, äänisekvenssejä ja monimutkaisia partikkeliefektejä Unityn Timeline -ominaisuuden avulla. (Unity 2021b.)



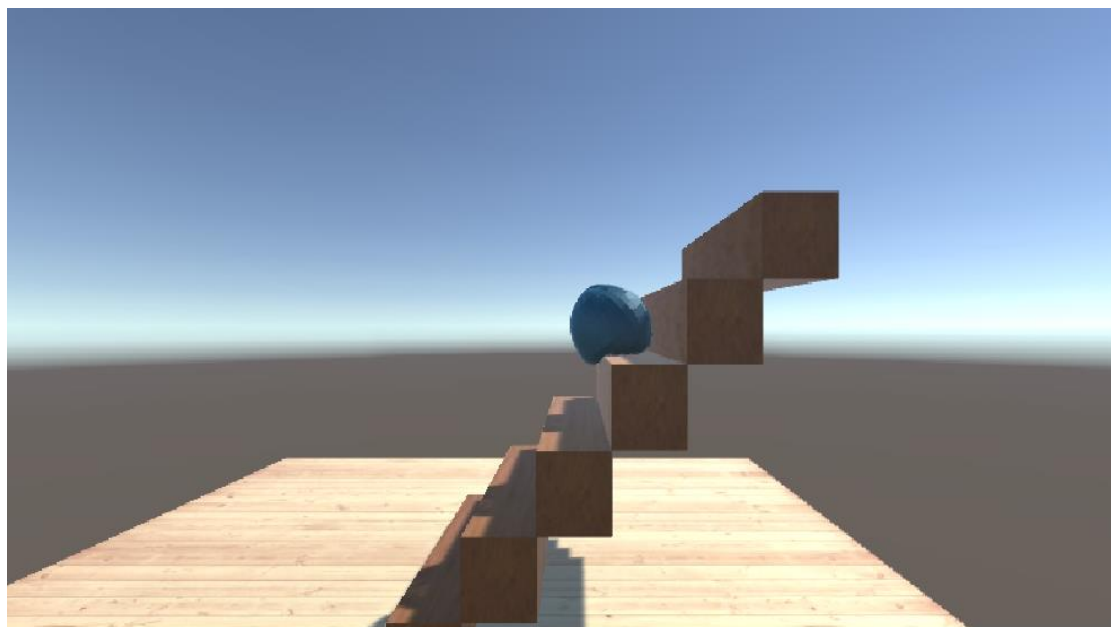
Kuva 25. Aikajanan luominen

Oman animaatio raahataan Unityn aikajanelle ja valitaan esiin tulevista tulevista vaihtoehdoista AddClip With Alembic Track. Aikajanan reunaan tulee kaksi vaihtoehtoa, joista on poistettava ylimääräinen Animator-kohta aikajanelta.



Kuva 26. Animaatio aikajanalla

Värien lisääminen tapahtuu tallentamalla kyseiset värit Blenderin Shading-kohdasta, josta aukeaa valikko, joka näyttää animoidussa objektissa käytetyt värit. Väriin saa tallennettua omaan kansioon tai vietyä Blenderistä suoraan Unityn Assets -kansioon alle. Värit on liitettävä Unityssä jokaiseen peliojektiin erikseen raahaamalla jokainen väri Assets kansioista oikeaan objektiin.



Kuva 27. Animaation toiminta Unity-pelimoottorissa

Tämän jälkeen voidaan Unityssä testata animaation toimivuus ajamalla sovellusta ja katsomalla tulosta Game-ikkunasta.

6 ANIMAATION TEKO UNITYLLÄ

Unityssä on itsessään mahdollisuus tehdä animaatioita. Tässä luvussa esitellään, kuinka Unityllä itsellään voidaan toteuttaa animaatioita ja kuinka näin luotuja animaatioita voidaan hallita ohjelmakoodilla. Lisäksi luvussa esitetään, kuinka valmista liikekaappausdataa voidaan käyttää hahmoanimaatioissa.

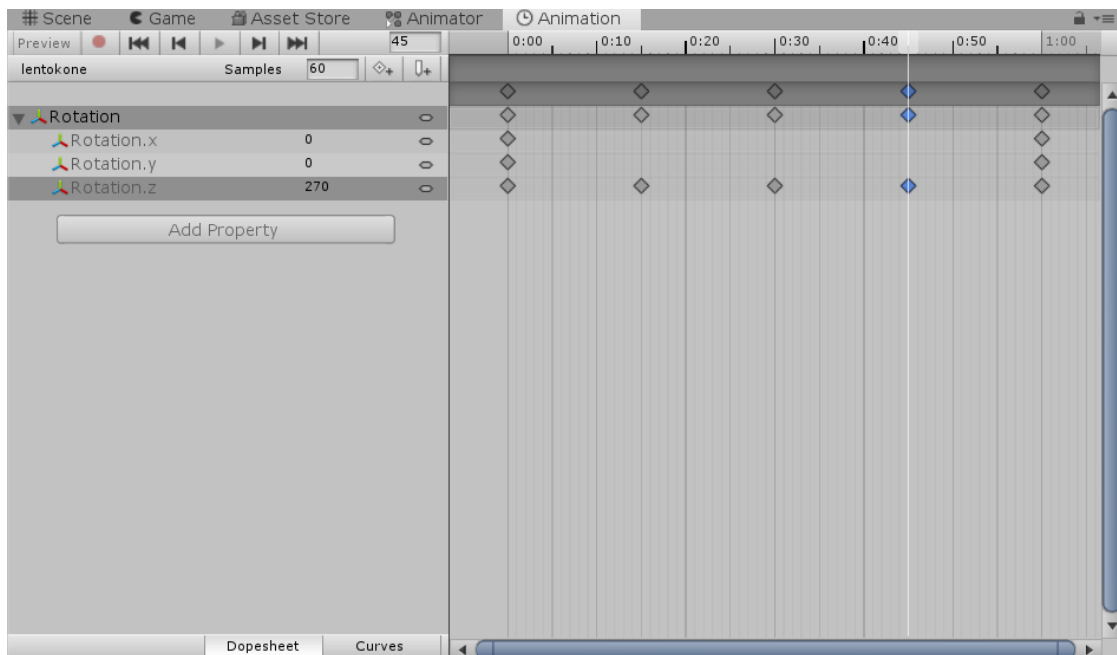
6.1 Potkurianimaatio Unityllä

Unityllä tehdään esimerkiksi animaatio lentokoneen potkurien pyörimisestä. Aloitettava tekemällä uusi Unity-projekti Unity Hubissa. Tässä projektissa valitaan projektin tyypiksi 3D, koska objekti on kolmiulotteinen lentokone. Luodaan aluksi uusi kansio Assettien alle nimellä lentokone. Seuraavaksi tuodaan lentokoneen 3D-malli Assets-kansioon. Tämän jälkeen etsitään lentokoneen mallista potkurit ja tanko, joka oli lentokoneeseen ja potkureiden välissä. Jotta pyörimisen saadaan aikaiseksi, on tehtävä erillinen peliobjekti, jonka alle laitetaan potkurin siivet ja akseli, jonka ympäri potkuri pyörii.



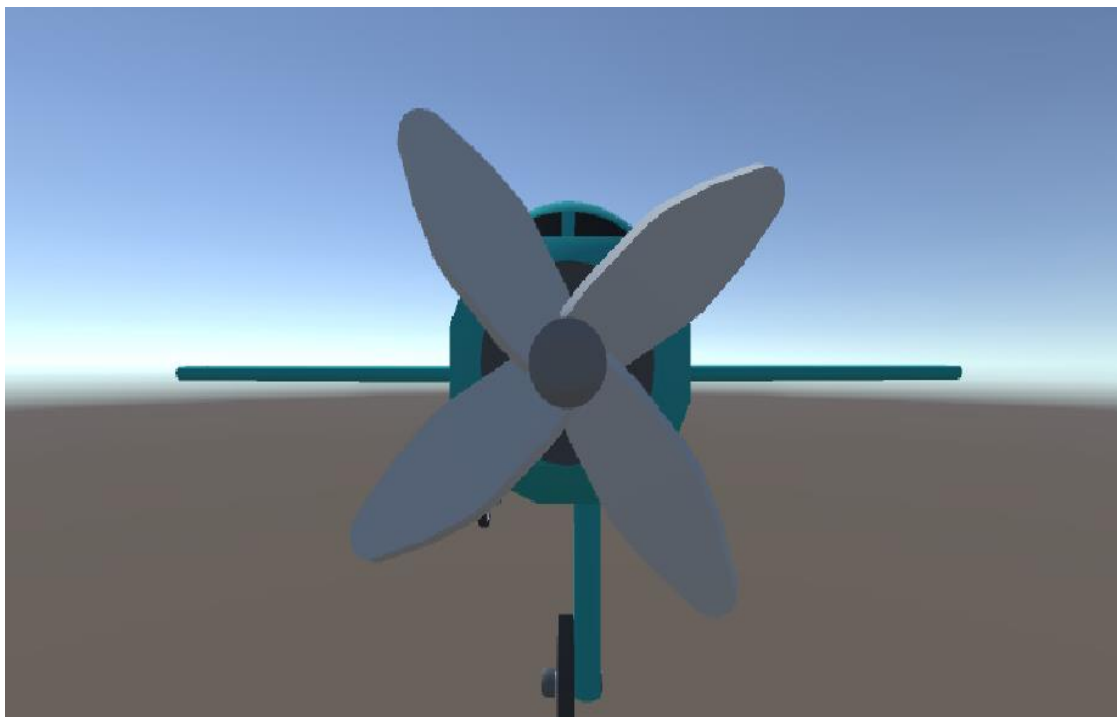
Kuva 28. Peliobjekti, jossa potkuri

Potkurille voidaan tehdä animaatio Unityn Animation-välilehdellä, joka luo uuden animaation kyseiselle objektille. Animaatio tallennetaan valitulla nimellä haluttuun kansioon. Kyseinen toiminto luo peliobjektin nimellä tallennetun animaation Assets-kansioon. Kun potkuri on valittuna peliobjektista, tulee Animation-ikkunassa Add Property aktiiviseksi. Valittava vaihtoehdoista Rotation, joka tekee pyörimisen ja pienestä kolmiosta napauttamalla aukeaa pyörimissuunnan x-, y- ja z-vaihtoehdot. Tässä tapauksessa potkurin saa pyörimään, kun lisätään z-akseliin astelukuja tietyissä kohdissa aikajanaa, mikä saa potkurin pyörimään akselinsa ympäri.



Kuva 29. Potkurin pyörimisen astelukuja laitettuna aikajanalle

Kun animaatio on tehty valmiiksi, voidaan ohjelma laittaa ajoon ja sitä päästään testaamaan Unityssä.



Kuva 30. Lentokoneen potkuri pyörii Unityssä

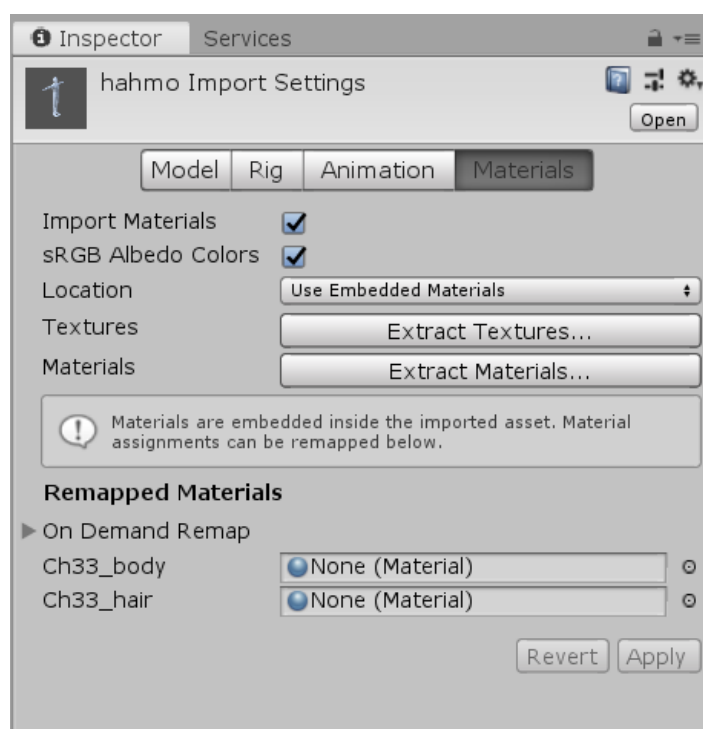
Potkurin pyöriminen näyttäisi toimivan halutulla tavalla Unityssä.

6.2 Liikkeenkaappaus datan käyttö Unityssä

Liikkeenkaappaus, jota myös kutsutaan nimellä mocap, on toiminta, jolla tallennetaan ihmisen liikettä digitaalisesti. Liikkeenkaappausa käytetään moniin eri tarkoituksiin. Pelinkehityksessä ja elokuvissa liikkeenkaappausa käytetään erilaisten toimintojen tallentamiseen esimerkiksi animaatioita tai visuaalisia tehosteita varten. (Xens 2021.)

Liikkeenkaappaus Unityssä

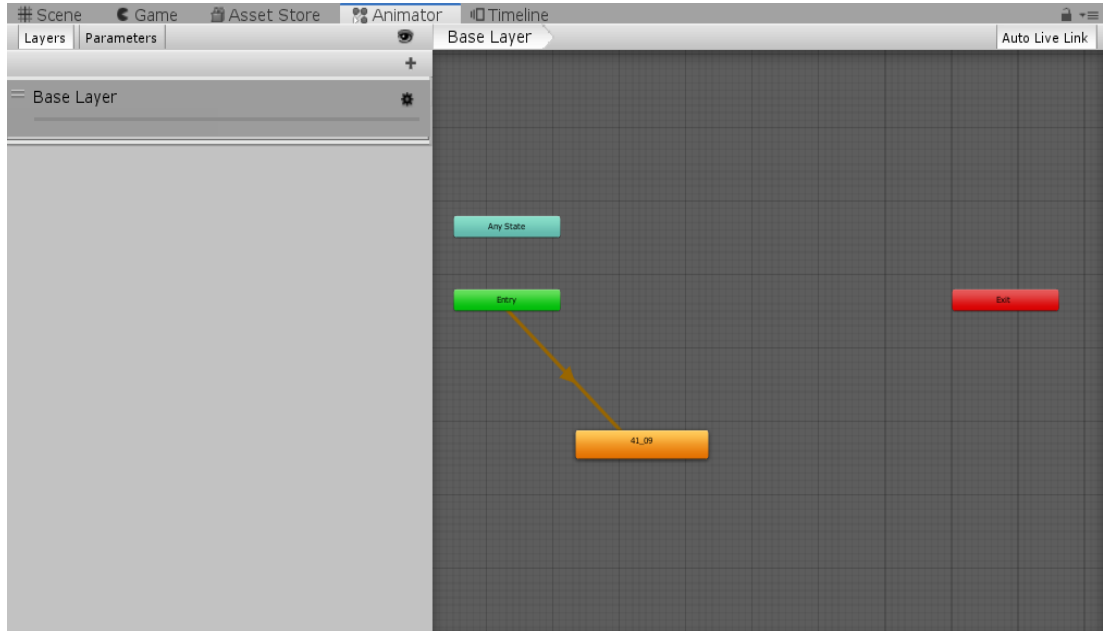
Aloitetaan tekemällä esimerkki Unityssä uusi 3D-pelimaailma. Tuodaan tähän maailmaan pelihahmo, joka oli luotu esimerkiksi Mixamolla. Tähän hahmoon pitää tehdä Inspector-ikkunassa tekstuurien tuontimäärittelyt. Tekstuurien tuonti tapahtuu Extract Textures -kohdasta, jossa määritellään, että materiaalit tuodaan omaan kansioonsa.



Kuva 31. Hahmon materiaalien määrittelyikkuna

Seuraavaksi on tarkoitus tehdä hahmolle uusi animaattorihjain Animator Controller, jonka saa luotua napsauttamalla hiiren oikeanpuoleista painiketta

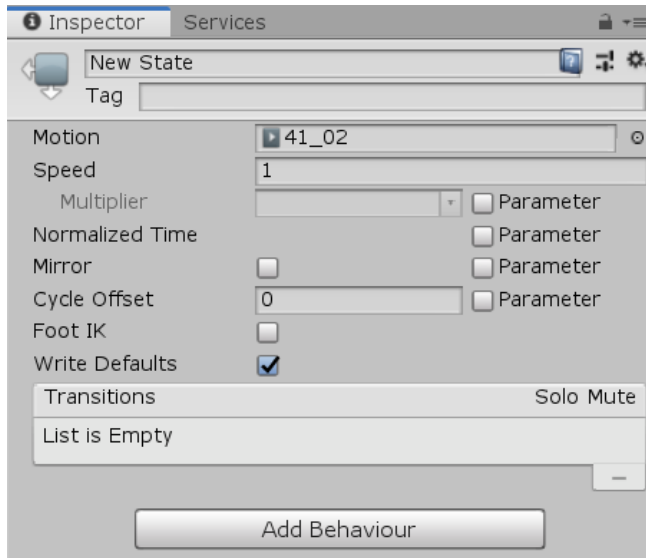
Project-ikkunassa. Seuraavaksi valitaan asseista liikkeenkaappausdataa sisältävä kansio ja valitaan haluttu liikkeenkaappaus. Tämä raahataan Animator Controller -ikkunaan.



Kuva 32. Liikkeenkaappaus Animator Controller -ikkunassa

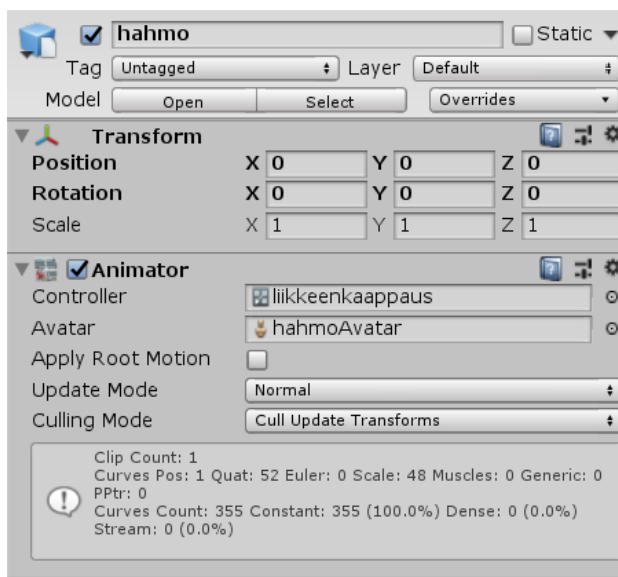
Liikkeenkaappaus voidaan myös määritellä suoraan Unityssä luomalla tyhjä tila, jonka saa tehtyä hiiren oikealla näppäimellä valitsemalla Create State. Tämän jälkeen valitaan edellä luotu tyhjä tila, joka on oletusnimeltään New State. Tilaan voidaan lisätä liikkeenkaappaus dataa Motion-ominaisuuden avulla.

Animator Controller -ikkunaan voidaan lisätä useampikin animaatio jonoksi raahaamalla useampi animaatio Animator Controller -ikkunaan ja napsauttamalla hiireen oikeaa näppäintä ensimmäisen animaation kohdalla. Tällöin avautuu valikko, josta valitaan Make Transition. Tällä toiminnolla voidaan tehdä animaatioiden välisiä tilasiirtymiä. Tekemällä tilasiirtymä viimeisestä animaatiosta Exit-kohtaan jatkaa animaation toimimista uudestaan, eikä lopeta pyörimistä ollenkaan. Oletusnimen New Staten voi korvata paremmin kuvaavalla nimellä Inspector-ikkunassa.



Kuva 33. Animaatiotilan määrittely Inspector-ikkunassa

Seuraavaksi siirryttävä lisäämään oma hahmo sceneen. Tämän toiminnon jälkeen valitaan kyseinen hahmo Hierachy-ikkunasta, jolloin se tulee näkyviin Inspector-ikkunassa. Sieltä valitaan Animator-komponentti. Animator on Mecanim animaatiojärjestelmän ohjaamiseen tarkoitettu komponentti, joka tarjoaa rajapinnan tähän järjestelmään. Mecanim-järjestelmä on tarkoitettu helpottamaan työnkulkua ja humanoidihahmoissa olevien animaatioiden määrittelyä. Tähän Animator-komponentin Controller-ominaisuuteen on lisättävä oma Animator Controller -komponentti. Tämä saa liikkeenkaappauksen toimimaan hahmossa, eli liikuttamaan sitä.



Kuva 34. Hahmoon laitettu animaatio

Tämän jälkeen voidaan testata liikkeenkaappaus datan toimivuus hahmossa ajamalla sovellus Unityssä ja katsomalla toimintaa Game-ikkunassa. Liikkeenkaappaus datan pitäisi nyt liikuttaa hahmoa.

7 PÄÄTÄNTÖ

Opinnäytetyön oli tarkoitus selvittää, miten Blenderillä saa tehtyä erilaisia animoituja hahmoja ja objekteja ja kuinka ne toimivat. Lisäksi oli tarkoitus selvittää, kuinka animoidun hahmon ja objektin saa tuotua Unity-pelimoottoriin animaatioiden ja materiaalien kanssa. Ohjeita Blenderin animointiin löytyy paljonkin. Niistä saa hyvin laajan käsityksen Blenderin animointi ominaisuuksista. Animaatioitujen hahmojen ja objektien luonnit olivat tehty mielestäni helposti lähestyttäväksi.

Jatkokehityksen näkökulmasta haluaisin oppia vielä paremmin tuntemaan Blenderin animaatio ominaisuuksista. Esimerkiksi pelillistämiseen liittyvät asiat kiinnostavat tulevaisuudessa. Myös 2D-animaatioiden tekeminen kiinnostaa.

Opin opinnäytetyötä tehdessäni enemmän Blenderin animaatio-ominaisuuksista ja kuinka lopputuloksen saa tuotua pelimoottoriin. Opinnäytetyötä tehdessäni tuli tutkittua monta artikkelia ja videoita, joiden avulla pääsi selville Blenderin animaatio ominaisuuksista, kuinka ne toimivat ja miten ne näkyvät animaatioissa. Ennen opinnäytetyön tekemistä Blenderin kokemukseni oli erilaisten objektien tekemistä ja huoneiden rakentamista. Sain näin ollen enemmän tietoa, mihin kaikkeen Blenderistä on ja kuinka sitä voi käyttää verrattuna maksullisiin ohjelmiin.

Sain hyvin löydettyä tietoa aiheesta. Opin myös mielestäni oikeanlaisia animaatiotekniikoita.

LÄHTEET

Adobe. 2021. Mixamo. WWW-dokumentti. Saatavilla:

https://www.adobe.com/devnet/author_bios/Mixamo.html [viitattu 6.2.2021]

Blender. 2021a. About the Software. WWW-dokumentti. Saatavilla:

<https://www.blender.org/about/> [viitattu 22.1.2021]

Blender. 2021b. Alembic. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla:

https://docs.blender.org/manual/en/latest/files/import_export/alembic.html [viitattu 18.2.2021]

Blender. 2021c. Armatures. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saata-

villa: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/introduction.html> [viitattu 26.3.2021]

Blender. 2021d. Edges. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla:

https://docs.blender.org/manual/en/latest/physics/soft_body/settings/edges.html [viitattu 8.2.2021]

Blender. 2021e. Editing. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla:

<https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/keyframes/editing.html> [viitattu 15.3.21]

Blender. 2021f. Edit Linked Library. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021.

Saatavilla: https://docs.blender.org/manual/en/latest/addons/object/edit_linked_library.html [viitattu 21.2.2021]

Blender. 2021g. Goal. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla:

https://docs.blender.org/manual/en/latest/physics/soft_body/settings/goal.html [viitattu 13.3.2021]

Blender. 2021h. Introduction. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saata-

villa: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/introduction.html> [viitattu 24.1.2021]

Blender. 2021i. Introduction. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: https://docs.blender.org/manual/es/2.92/animation/armatures/poising/bone_constraints/inverse_kinematics/introduction.html [viitattu 22.1.2021]

Blender. 2021j. Introduction. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/physics/introduction.html> [viitattu 22.1.2021]

Blender. 2021k. Introduction. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/editors/nla/introduction.html> [viitattu 5.2.2021]

Blender. 2021l. Introduction. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: https://docs.blender.org/manual/en/latest/physics/soft_body/introduction.html [viitattu 8.2.2021]

Blender. 2021m. Pose Library. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavissa: https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/armatures/properties/pose_library.html [viitattu 5.2.2021]

Blender. 2021n. Primitives. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/primitives.html> [viitattu 18.3.21]

Blender. 2021o. Shade Smooth & Flat. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/editing/face/shading.html#shade-smooth> [viitattu 13.3.21]

Blender. 2021p. Status Bar. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: https://docs.blender.org/manual/en/latest/interface/window_system/status_bar.html [viitattu 24.1.2021]

Blender. 2021q. Timeline. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/editors/timeline.html> [viitattu 24.1.2021]

Blender. 2021r. Topbar. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: https://docs.blender.org/manual/en/latest/interface/window_system/top-bar.html [viitattu 24.1.2021]

Blender. 2021s. Tracks. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/editors/nla/tracks.html> [viitattu 18.2.2021]

Blender. 2021t. Window System Introduction. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: https://docs.blender.org/manual/en/latest/interface/window_system/introduction.html [viitattu 22.1.2021]

KatsBits. 2019. Collision Meshes & Game Models. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.katsbits.com/tutorials/blender/collision-models.php> [viitattu 8.2.2021]

Lyczkowski P. 2017. Top Bar Design. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://developer.blender.org/T50845> [viitattu 24.1.2021]

Threekit. 2020. When should you use FBX 3D file format ?. 2020. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.threekit.com/blog/when-should-you-use-fbx-3d-file-format> [viitattu 26.3.2021]

Unity. 2021a. Animator Controller. Documentation. WWW-dokumentti. Päivitetty 25.2.2021. Saatavilla: <https://docs.unity3d.com/Manual/class-Animator-Controller.html> [viitattu 16.3.2021]

Unity. 2021b. Timeline. Documentation. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://docs.unity3d.com/Manual/com.unity.timeline.html> [viitattu 14.2.2021] on

Unity. 2021c. Unity's Package Manager. Documentation. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://docs.unity3d.com/Manual/Packages.html> [viitattu 14.2.2021]

Versluis J. 2020. Using Non-Linear Animation (NLA Features) in Blender 2.8. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.versluis.com/2020/03/using-non-linear-animation-nla-features-in-blender-2-8/> [viitattu 8.2.2021]

Wikibooks. 2019. Blender 3D: Noob to Pro/What is a Mesh?. WWW-dokumentti. Saatavilla: https://en.wikibooks.org/wiki/Blender_3D:_Noob_to_Pro/What_is_a_Mesh%3F [viitattu 16.3.21]

Xsens. 2021. Motion Capture. WWW-dokumentti. Saatavilla: <https://www.xsens.com/motion-capture> [viitattu 31.3.2021]