

3D-malli AR-sovellukseen

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Tieto- ja viestintäteknikka
Kevät 2021
Jenna Seppä

Tiivistelmä

Tekijä(t) Seppä, Jenna	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 36	Valmistumisaika 2021
Työn nimi 3D-malli AR-sovellukseen		
Tutkinto Insinööri (AMK), Tieto- ja viestintätekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Suomen Moottoripyörämuseo		
Tiivistelmä <p>Työssä selvitettiin 3D-mallin tekemistä AR-sovellukseen ja tutkittiin, millaisia rajoitteita ja vaatimuksia tällaisilla malleilla on. Tämän lisäksi perehdyttiin AR:n historiaan, laitteistoon ja käyttökohteisiin sekä esiteltiin ohjelmistoja, joiden avulla saatiin kehitettyä AR-sovellus. Sovelluskehitys alkoi tässä työssä mallinnusohjelmasta, josta malli vietiin pelimoottoriin. Pelimoottoriin ladattiin AR-kehitysalusta, jotta sovellukseen saatiin AR-ominaisuudet. AR-kehitysalustoina käytettiin ARCorea ja ARFoundationa.</p> <p>Työn tuloksena on AR-sovelluskäyttöön optimoitu 3D-malli ja testaussovellus, jolla mallia pystyy tarkastelemaan. Testaussovellusta voidaan tarvittaessa käyttää myös muiden mallien tarkasteluun. Tällöin moottoripyörämallin tilalle vaihdetaan haluttu malli.</p>		
Asiasanat lisätty todellisuus, AR, 3D-malli, Blender, Unity		

Abstract

Author(s) Seppä, Jenna	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2021
	Number of Pages 36	
Title of Publication 3D model for AR application		
Name of Degree Engineer (UAS), Information and Communications Technology		
Name, title and organization of the client Finland's Motorcycle Museum		
Abstract <p>This paper deals with the making of a 3D model for an AR application and investigates the limitations and requirements of such models. In addition, the history, software and applications of AR were studied, as well as the software for AR application development. Application development in this work began from modeling program from which the model was exported to a game engine. AR frameworks were loaded into the game engine to provide the AR capabilities. In this work the used frameworks were ARFoundation and ARCore.</p> <p>The result of the work is a 3D model optimized for AR application and a testing application with which the model can be viewed. If necessary, the test application can also be used to view other models by replacing the model created in this work with the desired model.</p>		
Keywords Augmented Reality, AR, 3D model, Blender, Unity		

Sisällys

1	Johdanto.....	2
2	Lisätty todellisuus	3
2.1	Historia.....	3
2.2	Laitteisto	7
2.3	Käyttökohteet.....	8
2.3.1	AR opetuksessa.....	9
2.3.2	AR sosiaalisessa mediassa ja peleissä	9
2.3.3	AR kunnossapidossa	11
2.3.4	AR terveydenhuollossa	12
3	3D-mallit mobiililaitteisiin	14
3.1	Vaatimukset	14
3.2	Tekstuurit	14
3.3	Topologia	16
3.4	High poly ja low poly	17
4	Ohjelmistot	19
4.1	Mallinnusohjelmat	19
4.1.1	Blender.....	19
4.1.2	Autodesk 3DS Max	20
4.1.3	Maya	20
4.2	Pelimoottorit.....	20
4.2.1	Unity.....	20
4.2.2	Unreal Engine	21
4.3	AR-kehitysalustat.....	21
4.3.1	ARKit.....	22
4.3.2	ARCore	23
4.3.3	AR Foundation	23
4.3.4	Vuforia Engine	24
5	Case: Suomen Moottoripyörämuseo.....	25
5.1	Projektin esittely.....	25
5.2	Suunnittelu	25
5.3	Optimointi.....	27
5.4	Tekstuurit	28
5.5	Vienti Unityyn	29
5.6	AR-sovelluksen luominen Unityssä	30
5.7	Testaus (sovellus puhelimessa)	30
6	Yhteenveto	32
	Lähteet.....	33

1 Johdanto

Työn päätavoitteena on selvittää, kuinka mallinnetaan kevyt mutta näyttävä 3D-malli AR-sovellukseen. Tavoitteena on myös selvittää, mitä AR on, missä sitä käytetään ja mitä AR-sovelluksen toteutukseen tarvitaan. Teoriaosuudessa, luvuissa 2–4, perehdytään tietoon, jonka avulla 3D-malli saadaan toteutettua. Käytännön osuudessa, luvussa 5, esitellään projekti, jonka ympärille opinnäytetyö rakentuu.

Teoriaosuudessa selvennetään AR:n historiaa, laitteistoa ja AR:n käyttökohteita nykypäivänä. Siinä käydään läpi myös tärkeimmät vaatimukset AR-malleille. Mobiilisovelluksiin tarkoitetuilla malleilla on tiettyjä rajoitteita, jotka on hyvä ottaa huomioon jo ennen kuin mallinnus aloitetaan. Näitä rajoitteita käsitellään luvussa kolme. Rajoitteiden jälkeen esitellään mallinnusohjelmia, pelimoottoreita ja AR-kehitysalustoja. Työhön valikoituneet ohjelmat ovat suosituimpia ohjelmia omissa kategorioissaan.

Käytännön osuuden projekti toteutettiin Suomen Moottoripyörämuseolle. He järjestävät vuonna 2021 muistonäyttelyn ratamoottoripyöräilijä Jarno Saariselle, ja sinne haluttiin saada mahdollisuus tarkastella Saarisen ajamaa Yamaha TD 2B -moottoripyörää AR:n avulla. Käytännön osuudessa mallinnetaan kyseinen moottoripyörä hyödyntäen teoriaosuuden tietoja. Käytännön osuudessa tehdään myös yksinkertainen AR-testaussovellus, jolla voidaan tarkastella mallinnettua moottoripyörää.

2 Lisätty todellisuus

2.1 Historia

Lisätyllä todellisuudella (AR) tarkoitetaan teknologiaa, jonka avulla oikeaan ympäristöön sijoitettuja tietokoneella tehtyjä grafiikoita pystytään tarkastelemaan näyttölaitteen avulla. Nämä grafiikat voivat olla muun muassa kuvia ja 3D-malleja.

Ensimmäinen maininta lisästä todellisuudesta tehtiin vuonna 1901. Tuolloin kirjailija L. Frank Baum teoksessaan *The Master Key* mainitsi idean elektronisista silmilaseista, jotka näyttäisivät tietoa oikeassa ympäristössä. Tässä tapauksessa tieto näytettäisiin ihmisten otsalla. (Mote & Beam 2012.)

Elokuvaaja Morton Heilig rakensi vuonna 1962 Sensorama-teatterin prototyypin (History of Information). Sensorama-teatterin (kuva 1) oli tarkoitus luoda käyttäjälle realistinen kokemus elokuvasta. Sensorama tarjosi käyttäjälleen virtuaalisen kymmenen minuuttia kestävän moottoripyöräajelun läpi New Yorkin. Sen lisäksi, että käyttäjä näki elokuvan, hän myös tunsu tuulen vireen kasvoillaan, tunsu moottoripyörän tärinän, aisti erilaisia tuoksuja sekä kuuli äänen stereoäänenä. (Medienkunstnetz.de.)



Kuva 1. Morton Heiligin Sensorama-teatteri (Medienkunstnetz.de)

Ensimmäinen lisätyn todellisuuden teknologia kehitettiin vuonna 1968 Harvardissa tietojenkäsittelytieteilijä Ivan Sutherlandin toimesta. Sutherland kehitti ensimmäisen päässä pidettävän AR-näyttölaitteen (kuva 2). (Javornik 2016.)



Kuva 2. Ivan Sutherland, "Head-Mounted-Display" (Medienkunstnetz.de)

Vuonna 1975 tietokonetieteilijä Myron Krueger kehitti Videoplace-projektin. Videoplace koostui kahdesta eri huoneesta. Kun käyttäjä astui huoneeseen, hän näki heti oman heijastuksensa edessä olevalla ruudulla. Jos huoneessa oli muita, myös heidän heijastuksensa näkyivät samalla ruudulla. Käyttäjä liikutti omaa heijastustaan liikkumalla itse (kuva 3). Heijastuksen kokoa pystyi muuttamaan: sitä sai käännettyä sekä sen väriä pystyi vaihtamaan. Edellä mainittujen lisäksi käyttäjä pystyi olemaan vuorovaikutuksessa täysin virtuaalisten objektien kanssa. (aboutmyronkrueger.weebly.com.)



Kuva 3. Myron Kruegerin Videoplace (Seung 2018)

Vuonna 1980 tietokonetieteilijä Steve Mann kehitti ensimmäisen puettavan tietotekniikan laitteen nimeltä EyeTap (kuva 4). Tämä laite kuvaa käyttäjän ympäristöä ja upottaa siihen tietokoneella tehtyä dataa.



Kuva 4. EyeTapin kehittäjä Steve Mann yllään EyeTap-laite (Wikipedia)

Samana vuonna, 1980, Gavan Lintern Illinoisin yliopistosta julkaisi ensimmäisen tutkimuksen heijastusnäytön (kuva 6) hyödyistä lentotaitojen opetuksessa. Heijastusnäytöllä tarkoitetaan mitä tahansa läpinäkyvää näyttöä, josta käyttäjä näkee dataa ilman, että tämän täytyy siirtää katse pois näköpisteestään. Etenkin sotilaslentokoneissa käytetään heijastusnäyttöä, mutta nykyään ne ovat alkaneet yleistyä myös ajoneuvoissa. (Wikipedia 2020.)



Kuva 5. Heijastusnäyttö F/A-18 hävittäjässä (Wikipedia 2020)

Vasta vuonna 1990 keksittiin termi lisätty todellisuus. Tämän termin keksi tutkija Thomas Claudel Boeing-yhtiöstä. Termillä viitattiin päässä pidettävään näyttöön, joka opasti työntekijöitä lentokoneen sähköjohtojen kytkennässä. (Sawers 2011.)

Ensimmäisenä kunnolla toimivana AR-tekniikkana voidaan pitää Louis Rosenbergin keksintöä vuodelta 1992. Keksintö oli nimeltään Virtual Fixtures ja suunniteltiin korvaamaan nopean 3D-grafiikan suorituskyvyn puutetta. Virtual Fixtures käytti kahta fyysistä robotia, joita ohjattiin käyttäjän yllä olevalla ulkoisella tukirangalla (exoskeleton). Käyttäjä näki robotin kädet siinä, missä hänen omat kätensä olivat. Ohjelmassa käytettiin myös tietokoneella tehtyä dataa: simuloituja fyysisiä esteitä ja opasteita, jotka avustivat käyttäjää tämän suorittaessa oikeaa fyysistä tehtävää. (Norman.)

Vuonna 2000 julkaistiin ensimmäinen ulkona pelattava AR-mobiilipeli nimeltä ARQuake (kuva 6). Peli oli AR-versio id Softwaren tunnetusta pelistä Quake. ARQuake-pelissä käyttäjällä oli yllään päähän kiinnitettävä näyttö ja selkärepussa kannettava tietokone. Lisäksi käyttäjällä oli myös aseensa muotoinen ohjain (kuva 6). (Ultimate history of videogames.)



Kuva 6. Näyttökuvaa pelistä ARQuake ja peliin vaaditut varusteet (Ultimate history of videogames)

Ensimmäinen mainoskäyttöön tarkoitettu sovellus ilmestyi vuonna 2008 Saksassa. Lehteen suunniteltu mainos BMW Ministä mahdollisti sen, että käyttäjä näki auton 3D-mallin tietokoneen näytöltä. Koska 3D-malli oli kiinnitetty markkereilla lehden mainokseen, käyttäjä pystyi katsomaan autoa eri kulmista pyörittämällä mainosta. (Javornik, 2016.)

Vuosien aikana tapahtunut teknologian kehitys on mahdollistanut myös entistä käytännöllisemmät AR-laitteistot. Tänä päivänä esimerkiksi älypuhelimet ovat niin kehittyneitä, että niillä voidaan pelata AR-pelejä. Tästä esimerkkinä muun muassa vuonna 2016 hitiksi nousut Pokémon Go.

2.2 Laitteisto

Virtuaalinen sisältö voidaan kokea monin eri tavoin esimerkiksi mobiililaitteella tai puettavilla AR-laseilla (Virtanen ym. 2020). Viime vuosien aikana tapahtunut teknologian kehitys on mahdollistanut entistäkin vaativampien AR-sovellusten toiminnan. Laitteiden käytännöllisyyskin on parantunut, koska niiden koko on pienentynyt.

Mobiililaitteella AR toteutetaan video see-through -tekniikalla, eli mobiililaitteen kameran videonäkymän päälle lisätään käyttäjän katsoma sisältö. AR-lasit puolestaan käyttävät optical see-through -tekniikkaa, jossa käyttäjä näkee katsomansa sisällön läpinäkyvän näyttöpinnan läpi. Virtuaalista sisältöä voidaan myös heijastaa todelliseen maailmaan 3D projection mapping -tekniikalla. (Virtanen ym. 2020.)

Yleisimpiä komponentteja, joita AR tarvitsee toimiakseen, ovat prosessori, näyttö, sensorit ja syöttölaite (input device). Yleensä älypuhelimesta löytyvät edellä mainitut komponentit ja niiden lisäksi erilaisia kiihtyvyyssmittareita sekä GPS, kamera, kaiutin ja mikrofoni, joita voidaan myös hyödyntää AR-sovelluksessa. Mobiililaitteiden näyttöjen lisäksi AR-dataa voidaan näyttää myös päähän kiinnitettävästä näytöstä, silmä- ja piilolaseista sekä heijastusnäytöistä. (Interaction Design Foundation.)

Vuonna 2021 yksi tunnetuimmista AR-laseista on Microsoft HoloLens 2 (kuva 7). Tämä käyttää yhdistettyä todellisuutta, jossa yhdistyy lisätty todellisuus ja virtuaalitodellisuus. Lasit auttavat yritystä toimimaan tuottavammin ja parantavat työntekijöiden tuottavuutta. Eri-laisten sovellusten avulla on mahdollista esimerkiksi oppia työ nopeammin vaihekohtaisten ohjeiden avulla, ja tarvittaessa jakaa reaaliaikainen näkymä etäasiantuntijoille, jotta saa tarvittavan avun. Molemmissa esimerkeissä työntekijän kädet pysyvät vapaana, koska kaikki tieto näkyy laseista. Lasit ovat myös langattomat, mikä parantaa työturvallisuutta. (Microsoft 2021.)



Kuva 7. Microsoft HoloLens 2 -älylasit (Microsoft 2021)

2.3 Käyttökohteet

AR-teknologiaa hyödynnetään nykyään erittäin laajasti eri aloilla eri käyttötarkoituksiin. AR:ää käytetään muun muassa opetuksessa, mainostamisessa, teollisessa muotoilussa, navigoinnissa ja viihteessä kuten peleissä. Myös armeija käyttää AR:ää, etenkin sotilaslentokoneissa ja -kypärissä. (Interaction Design Foundation.)

AR-teknologiaa hyödynnetään myös teollisuudenalojen kunnossapitotöissä. AR:n käyttö teollisuudessa tehostaa tuottavuutta ja parantaa työntekijöiden turvallisuutta. AR saattaa muuttaa pysyvästi kunnossapitotyön sen suurien hyötyjen vuoksi. (Orange Business 2020.)

2.3.1 AR opetuksessa

Erilaisten lisätyn todellisuuden sovellusten käyttö opetuksessa lisääntyy jatkuvasti. Näiden sovellusten avulla opetukseen voidaan lisätä tarinallisuutta ja havainnollistaa vaikeita käsitteitä luonnontieteissä. Näin oppikirjoista voidaan rakentaa yhteyksiä oikeaan elämään, mikä elävöittää opiskelua. Lisätyllä todellisuudella opetuskäytössä on merkittäviä hyötyjä. Se tarjoaa oppilaille uudenlaisia virikkeitä ja vie opiskelun ulos luokista. Erilaiset opiskelumahdollisuudet tukevat erilaisia oppilaita, ja aktiivinen toiminta saattaa motivoida opiskelemaan ahkerammin. Näin ollen myös opiskeluun sitoutuminen saattaa parantua. (Laakso 2020.)

Kirjoissa voidaan hyödyntää lisättyä todellisuutta 3D-mallien ja videoiden avulla. Lastenkirjoissa voidaan esimerkiksi jatkaa tarinaa animaatiohahmoilla. Nämä edellä mainitut tavat saattavat kuitenkin viedä lukijan keskittymisen pois itse kirjan sisällöstä. (Laakso 2020.)

Opiskeluun soveltuvia valmiita AR-sovelluksia löytyy alakouluikäisille lapsille sekä akateemisille opiskelijoille. Näiden sovellusten mukana tulevat tarvittavat markkerit, joiden avulla AR-sisältö tuodaan esiin. Alakoululaisille on olemassa muun muassa värityssovelluksia, joissa valmiit väritykset voidaan herättää henkiin animaatioin. Akateemiseen käyttöön soveltuvat sovellukset kattavat muun muassa seuraavia aiheita: kemia, anatomia, kasvitiede, aritmetiikka ja geometria. Tämän tyyppiset sovellukset tarjoavat monenlaisia hyötyjä. Opiskelijat pystyvät tekemään erilaisia kemiallisia kokeiluja turvallisessa AR-ympäristössä ilman, että he joutuvat käsittelemään kemikaaleja oikeassa ympäristössä. Kasvien vaikutusta ympäristöön ja niiden kasvukausia pystyy opiskelemaan nopeammin AR-sovelluksen avulla, koska niitä ei tarvitse seurata luonnossa. AR-sovellusten avulla pystytään myös säästämään budjetissa, koska erilaisia kokeiluja ja analyysejä ei tarvitse tehdä luokissa ja luonnossa vaan ne hoituvat AR-sovellusten kanssa. Näin ollen budjetti ei ole rajoittamassa opiskelijoiden oppimismahdollisuuksia. Geometrian opiskeluun tarkoitettavat sovellukset auttavat hahmottamaan erilaisia geometrisia muotoja helpommin, koska niitä pystyy katsomaan monista eri kulmista. (ViewSonic 2019.)

2.3.2 AR sosiaalisessa mediassa ja peleissä

AR:n käyttö sosiaalisessa mediassa yleistyy jatkuvasti. Snapchatin julkaistua ensimmäiset AR-sisällöt myös Facebook, Instagram, Pinterest ja TikTok ovat julkaisseet alustoillaan erilaisia linssejä, filttäreitä ja efektejä. Brändäyksen ja viihteen lisäksi tämän kaltaista AR-tekniologiaa voidaan käyttää myös mainonnassa. Yhä useammat yritykset tarjoavat palvelua, jolla tuotetta, esimerkiksi aurinkolaseja tai kenkiä, pystyy kokeilemaan kotona AR:n avulla. Vuonna 2020 Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa, Augmented Reality in Social Media, odotettiin, että 43,7 miljoonaa käyttäjää käyttäisi AR:ää sosiaalisessa mediassa vähintään

kerran kuukaudessa. Tämä vastaa 20,8 % kaikista sosiaalisen median käyttäjistä Yhdysvalloissa. Samassa tutkimuksessa odotettiin Snapchatin olevan hallitseva alusta AR:n käytössä. (Williamson 2020.)

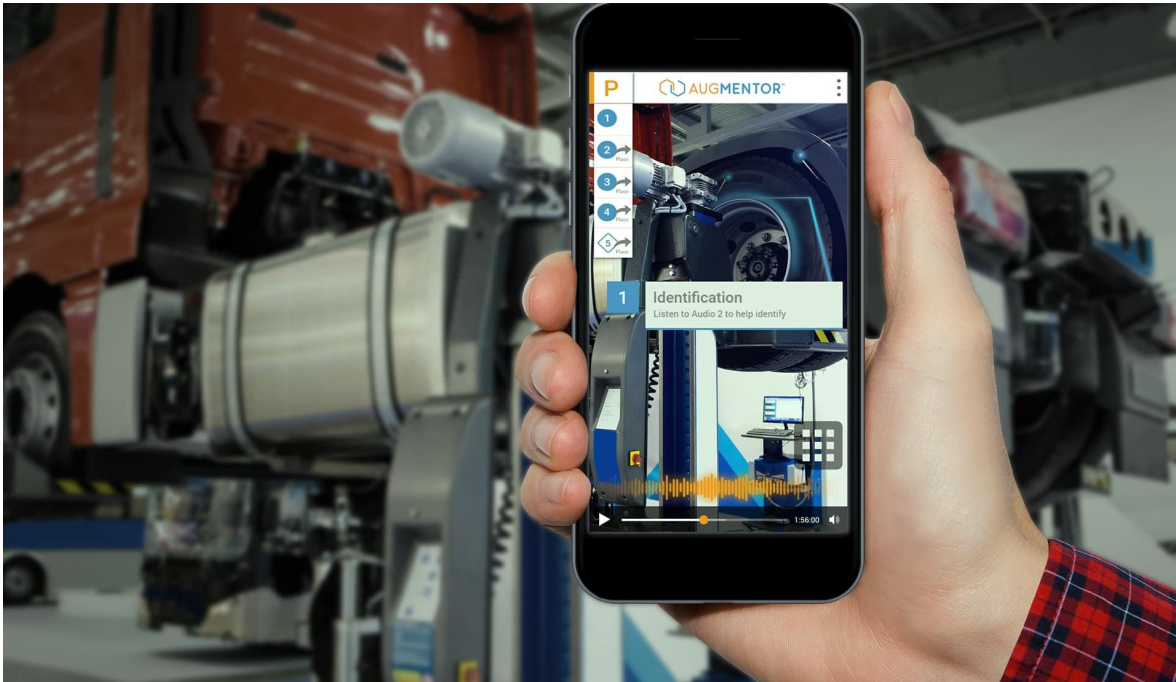
AR määrittelee pelialaa uudelleen. Se mahdollistaa entistä mukaansatempaavien pelien kehittämisen, mikä houkuttelee lisää käyttäjiä. Jatkuva käyttäjämäärän kasvu puolestaan innostaa AR-kehittäjiä kehittämään omaa osaamistaan, mikä johtaa uusiin ideoihin ja teknologioihin niin peleissä kuin konsolipeleissä. AR:n avulla peleistä saadaan tehtyä käyttäjään vetoavia, koska käyttäjä tuntee itse olevansa vuorovaikutuksessa digitaalisen ympäristön kanssa. Tällaiset sovellukset tarjoavat käyttäjälle kokemuksen, joka poikkeaa huomattavasti tavallisista konsolipeleistä. AR:n odotetaan olevan pelien tulevaisuus. Tämä teknologia on kerta toisensa jälkeen ylittänyt odotukset ja markkinoiden arviot tuomalla markkinoille ennennäkemätöntä teknologiaa. Yksi tunnetuimmista AR-peleistä on Pokémon Go (kuva 8), joka julkaistiin vuonna 2016. Pelissä pyydystetään ja koulutetaan virtuaalisia Pokémon-hahmoja. Koska Pokémonit esiintyvät oikeassa maailmassa eri paikoissa, pelaajan täytyy lähteä itse ulos liikkumaan. Tämä erilainen pelikokemus houkutteli valtavasti käyttäjiä maailmanlaajuisesti. Vielä vuonna 2021 peli on neljänneksi tuottoisin mobiilipeli maailmassa. (Garg 2019.)



Kuva 8. Pokémon Go -pelin käyttäjänäkymä (Holly 2017)

2.3.3 AR kunnossapidossa

Teollisuudessa kunnossapidolla on tärkeä rooli. Sillä on suora vaikutus suorituskykyyn, tuottavuuteen ja tuotteen laatuun. Yrityksissä kunnossapitoa kehitetään jatkuvasti ja AR:n tarjoaman teknologian ansioista tätä kehitystä voidaan viedä huomattavasti eteenpäin. Kunnossapidossa käytetään AR:ää niin mobiililaitteilla (kuva 9) kuin AR-laseilla. (Potter 2019.)

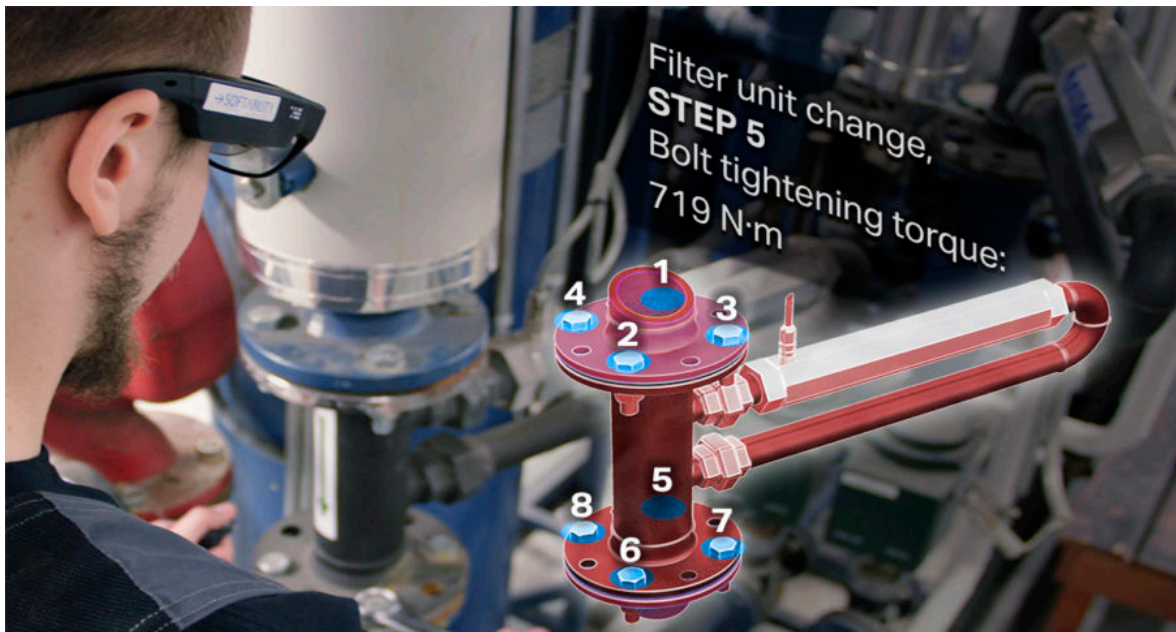


Kuva 9. Esimerkki kunnossapidossa käytettävästä AR-sovelluksesta (Augmentor 2020)

AR:n käytöstä kunnossapidossa on monia hyötyjä. Niistä tärkeimpiä ovat ihmisten tekemien virheiden väheneminen, työn suoritusajan lyhentyminen, kulujen pienentyminen ja tuottavuuden kasvu. AR:n avulla myös työntekijöiden turvallisuus parantuu. Yritykset GE Avitation ja GE Renewable Energy ovat ottaneet käyttöön AR-teknologiaa ja kokeneet sen tuomia hyötyjä. GE Avitation on ilmoittanut 8–12 % prosentin kasvusta tehokkuudessa, ja GE Renewable Energyn kytkijöiden tuottavuus on noussut 34 %. (Potter 2019.)

Kunnossapidossa käytetään jo infrapuna- ja lämpökuvausta, joiden avulla työntekijät muun muassa näkevät virheelliset kytkennät ja laitteiden lämpötilat ilman, että heidän tarvitsee koskea laitteisiin. Erilaiset AR-sovellukset tarjoavat näiden lisäksi monia uusia hyötyjä. Yritykset voivat kehittää sovelluksia itse tai valita valmiit sovellukset oman käyttötarpeen mukaisesti. AR-sovellukset mahdollistavat esimerkiksi vaiheittaiset ohjeet (kuva 10) viallisten kytkentöjen korjaamiseen, ja jos ohjeet eivät riitä, on mahdollista ottaa yhteys etäasiantuntijaan, joka ohjeistaa työntekijää kytkennän korjaamisessa. AR:n avulla työntekijä voi myös

nähdä laitteen tiedot, jolloin esimerkiksi uusien työntekijöiden opastus työhön on nopeampaa. Heidän ei tarvitse heti oppia ulkoa kaikkia laitteen tietoja, vaan he näkevät tarvittaessa tiedot AR:n avulla. Korjaustöissä he myös voivat seurata tarkkoja valmiita ohjeita ja olla yhteydessä asiantuntijoihin. (Potter 2019.)



Kuva 10. Työohjeet ohjeet AR-laseilla (Jauhola 2018)

2.3.4 AR terveydenhuollossa

AR:n käyttö terveydenhuollossa jakaantuu pääsääntöisesti kahteen ryhmään: koulutukseen ja harjoitteluun sekä diagnosointiin ja hoitoon. AR:n avulla on mahdollista parantaa hoidon laatua huomattavasti. Leikkauksissa käytettävät AR-laitteet näyttävät kirurgille potilaan elintoiminnot ja muut relevantit tiedot, mikä pienentää leikkauksen mahdollisia riskejä. (Archer.)

Opiskelussa voidaan AR:ää käyttää ihmisen anatomian opiskeluun. Applen Complete Anatomy -sovellus on yksi esimerkki tähän käyttöön soveltuvista sovelluksista. Sovelluksella voidaan lisäksi tarkastella potilaan liikkuvuutta. Kuvassa 11 on esimerkki liikkuvuuden tarkastelusta AR-sovelluksella.



Kuva 11. Liikkuvuuden tarkastaminen Complete Anatomy -sovelluksella (Apple)

Lääketieteen opiskelijoilla on mahdollisuus harjoitella erilaisia leikkauksia ja toimenpiteitä AR-sovelluksien avulla. Näin vältetään vakavilta leikkaus- ja hoitovirheiltä. Myös kirurgien on mahdollista käydä leikkaus etukäteen läpi AR:n avulla ja pohtia, mitä ongelmia leikkauksessa saattaa tulla vastaan. Tällä tavoin vähennetään leikkauksiin liittyviä riskejä. On olemassa myös videostriimaussovelluksia, joiden avulla kirurgi pystyy opastamaan etänä kollegoitaan. (Archer.)

AR:ää käytetään myös mielenterveyden hoidossa. Sen avulla potilas pystyy turvallisessa ympäristössä ja hoitajien läsnä ollessa totuttelemaan ahdistaviin oikean maailman tilanteisiin. AR helpottaa myös lääkäreiden etäkonsultaatioita potilaiden kanssa, jos potilaalla ei ole mahdollisuutta etäisyyden vuoksi päästä sairaalaan. Näin lääkäreiden on helpompi lukea potilaansa tunteita ja ylläpitää katsekontaktia, mahdollisesti myös lukea potilaan elintoimintoja kuten sykettä. Etäkonsultaatio on käytössä Intiassa ja Antarktiksella amerikkalaisilla tutkimuslaitoksilla. (Archer.)

Sairaaloissa käytetään AR:ää myös navigointiin. Potilaan saatua vakavan kohtauksen ei ole aikaa hukattavaksi. Navigointisovelluksen avulla hoitaja löytää nopeasti oikean huoneen tai laitteen, jota potilas tarvitsee. Tämä on hyödyllinen sovellus etenkin vastavalmistuneiden lääkäreiden käyttöön sekä suuriin sairaaloihin. (Archer.)

3 3D-mallit mobiililaitteisiin

3.1 Vaatimukset

Mobiililaitteilla on enemmän rajoitteita suorituskyvyn suhteen kuin tietokoneilla, minkä vuoksi mobiililaitteeseen tarkoitettujen mallien viimeistely on tärkeää. Viimeistely malli tarjoaa käyttäjälle sujuvan mutta laadukkaan kokemuksen. Viimeistelyllä voidaan myös vaikuttaa käyttäjämäärään. Kaikilla käyttäjillä ei ole käytössään uusinta ja tehokkainta älypuhelinlaiteita, joka jaksaisi pyörittää raskasta mallia. Viimeistely malli on kevyempi ja toimii myös vanhemmilla älypuhelimilla. On siis tärkeää löytää tasapaino mallin ulkonäön ja koon suhteen. (Ferrari 2020.)

Mallista kannattaa jättää pois kaikki, mikä ei ole käyttäjän kannalta erityisen tärkeää. Esimerkiksi moottoripyörää mallinnettaessa moottoria ei tarvitse mallintaa täydellisesti, koska se jää katteiden taakse, jonne käyttäjä ei näe kunnolla. Lisäksi kaikkia pikkuosia ei kannata mallintaa. Esimerkiksi ruuvien kannat kannattaa luoda tekstuureilla. Näin vältetään turhien polygonien luonnilta. Polygonien määrä on hyvä pitää niin matalana kuin mahdollista, jotta malli ei kasva kooltaan liian suureksi. Uudet ja laadukkaat älypuhelimet jaksavat näyttää 3D-malleja, joissa on noin 300 000 polygonia. Vanhemmilla puhelimilla saattaa olla vaikeuksia näyttää näin suuria malleja. Myös objektien määrä on hyvä pitää niin alhaisena kuin mahdollista. Ideaalinen määrä objekteille on alle kymmenen. Objektien suuri määrä hidastaa renderointiaikaa mobiililaitteissa. (Brio.)

Mallin koko on sen rajoittavin tekijä. Suositeltu koko AR-mallille, joka näkyy mobiililäimellä, on 10 Mt. Tämä tarjoaa sujuvamman kokemuksen käyttäjille. Tällaisen mallin ehdoton koon yläraja on kuitenkin 20 Mt. Koon kasvaessa käyttökokemus kuitenkin huononee. Suurempi malli latautuu hitaammin, eikä sen katselu ole yhtä vaivatonta kuin pienemmän mallin. Sosiaalisessa mediassa mallien koko on vieläkin rajoitetumpaa, ja esimerkiksi Instagramissa AR-tiedoston maksimikoko on 4 Mt. (Gstoll 2020.)

3.2 Tekstuurit

Tekstuurien määrä on hyvä pitää niin alhaisena kuin mahdollista, eikä kuvien tulisi olla suurempia kuin 2048 x 2048 pikseliä. Jotta tekstuurien määrä pysyy alhaisena, tulee ulkonäöllisesti samankaltaisia objekteja yhdistää keskenään. Näin saadaan myös vähennettyä objektien määrää, jonka tulisi olla alle kymmenen. Mitä pienempiä kuvat ovat kooltaan, sitä paremmin malli toimii mobiililaitteilla. Esimerkiksi polkupyörässä voidaan yhdistää renkaat sekä ohjaustangon kumiosat, jolloin saadaan yksi objekti ja materiaali neljän sijasta. Polkupyörän rungon tekstuuri voi olla 2048 x 2048 pikseliä logojen vuoksi, mutta pienempien

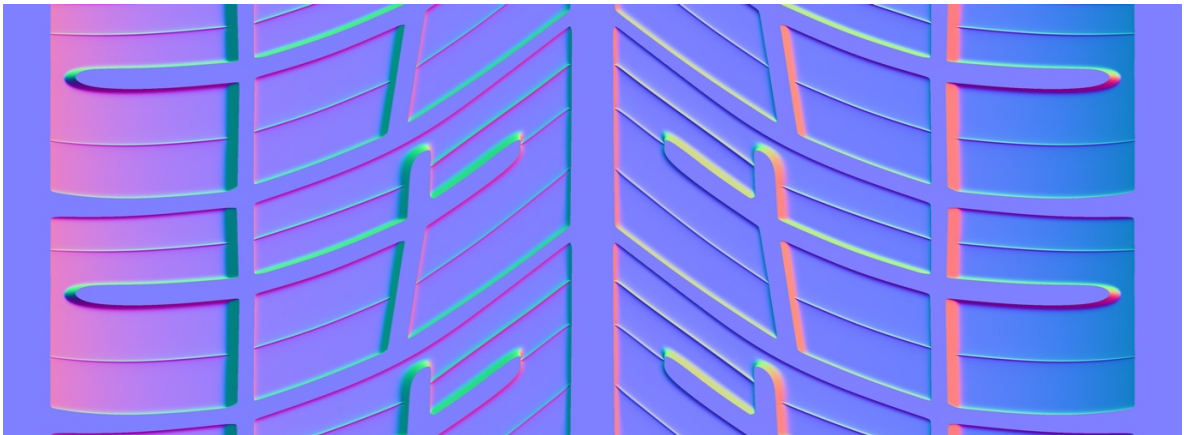
osien, kuten ruuvien, tekstuurien tulisi olla huomattavasti pienempiä, esimerkiksi 512x512 pikseliä. (Brio.)

Normal mapeilla saadaan vähennettyä mallin polygonien määrää. Esimerkiksi edellä mainitussa polkupyörässä renkaiden urat saadaan luotua normal mapilla. Kuvassa 12 on esimerkki rengasurista, jotka on tehty normal mapiä käyttäen. Kuvan mallit ovat rakenteeltaan samanlaiset. Oikeanpuoleiseen malliin on lisätty normal map, jota ilman se näyttäisi yhtä sileältä kuin vasemmanpuoleinen rengas.



Kuva 12. Esimerkki normal mapilla tehdyistä rengasurista

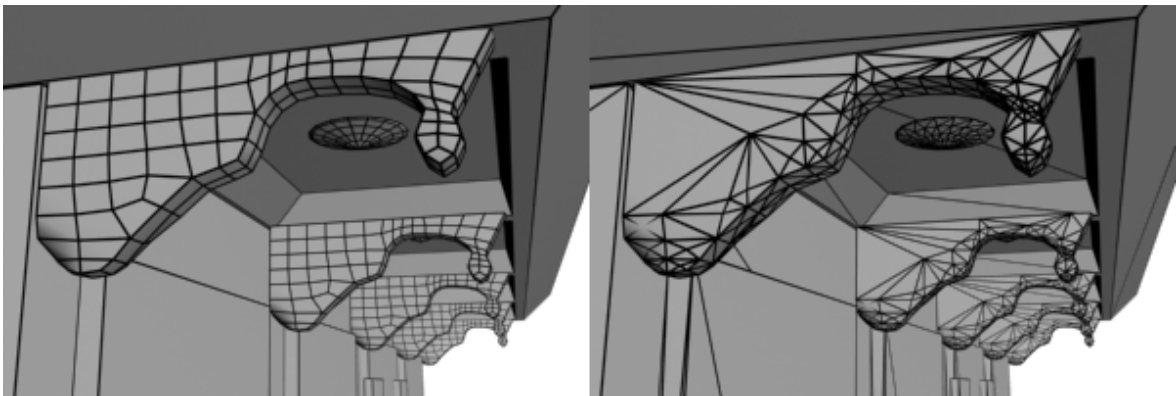
Normal mapissä kuvaan tallentuu mallin normaalien XYZ-koordinaatit tavallisten RGB-arvojen sijasta. Normal mapiin tallentuu siis mallin pintojen korkeuseroja. Esimerkiksi kuvan 12 oikeanpuoleisesta mallista voi selkeästi erottaa renkaan urat, jotka on tehty normal mapilla. Kuvan 13 normal mapista voidaan hahmottaa nämä samat kyseessä olevat urat, jotka näkyvät kuvassa 12. Projektista riippuen internetistä voidaan löytää siihen sopivat normal mapit, mutta usein miten normal mapit on tehtävä itse. Tämä tapahtuu siten, että ensin tehdään high poly -malli, josta korkeustiedot siirtyvät normal mapiin. High poly -mallin lisäksi tarvitaan samasta mallista yksinkertaisempi low poly -malli, johon liitetään normal map, jossa on high poly -mallista saadut korkeustiedot. Beikkaukseksi kutsutaan prosessia, jossa high poly -mallin yksityiskohdat siirtyvät normal mapiin.



Kuva 13. Renkaiden urien tekoon käytetty normal map (Blender Artists)

3.3 Topologia

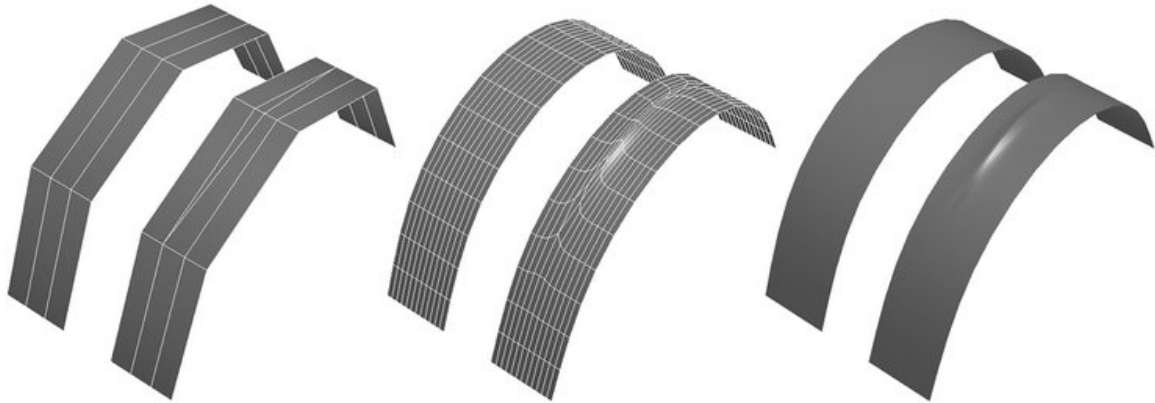
Topologialla tarkoitetaan 3D-mallin reunojen (edge) jakaantumista ja niiden rakennetta. Kaksi renderoitua mallia voi näyttää samanlaisilta, vaikka niillä on täysin erilainen topologia. Kuvassa 14 näkyy kaksi erilaista topologiaa. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on käytetty nelisivuisia polygoneja (quads) ja oikeanpuoleisessa on käytetty kolmisivuisia polygoneja (tris). (Turbosquid.)



Kuva 14. Kaksi erilaista topologiaa (Turbosquid)

Topologia vaikuttaa myös siihen, kuinka valo heijastuu mallista. Quad-topologia heijastaa valoa yleensä realistisemmin. Mallin muokkaaminen jatkossa, samoin kuin UV-mappien muokkaaminen, on helpompaa quadeja käytettäessä. Malli, jossa on käytetty quadeja, on helpompi muun muassa animoida myöhemmin. (Turbosquid.)

Kuvassa 15 on esimerkki hyvästä ja huonosta topologiasta. Kuvassa alempana olevaan malliin on lisätty tris-polygoneja, jotka vaikuttavat mallin lopputulokseen huomattavasti.



Kuva 15. Esimerkkikuva hyvästä ja huonosta topologiasta (Ismail 2017)

3.4 High poly ja low poly

3D-mallin käyttötarkoitus määrittää, käyttääkö high poly - vai low poly -mallinnustapaa. High poly -malleista saa tehtyä erittäin realistisen näköisiä, ja niitä käytetään usein mainoksissa, 3D-tulostuksessa ja muissa visualisoinneissa, joissa tietokoneen tai muun laitteen ei tarvitse jatkuvasti laskea kuvaa uudelleen vaan riittää, että mallista renderoidaan kerran kuva tai video, jota käytetään esimerkiksi mainoksissa. Low poly -malleja puolestaan käytetään videopeleissä sekä AR- ja VR-sovelluksissa, joissa laitteen tarvitsee laskea jatkuvasti kuvaa. (Denham.)

Low poly -malleissa käytetään mahdollisimman vähän polygoneja, jotta mallit toimivat ongelmitta esimerkiksi peleissä. Projektista riippuen polygonien määrä vaihtelee. Joissakin peleissä rajana on 3 000 polygonia ja toisissa projekteissa rajana on 20 000 polygonia. Myös pelin tyyli vaikuttaa polygonien määrään. Jos halutaan tehdä low poly -tyylinen peli (kuva 16), on polygonien määrä helppo pitää alhaisena. AR-sovelluksiin tarkoitetuissa malleissa on yleensä 50 000–70 000 polygonia. Tämä määrä on vähäinen verrattuna high poly -malleihin. Esimerkiksi autojen high poly -malleissa on useimmiten yli miljoona polygonia. (Verma 2021.)



Kuva 16. Low poly -tyylinen ympäristö (McDowall 2018)

Pelikehityksessä luodaan usein ensin high poly -malli, josta beikataan normal map low poly -malliin. Kuvassa 17 on tästä esimerkki. Vasemmanpuoleinen malli on low poly -malli, jossa ei ole yksityiskohtia juuri lainkaan. Oikeanpuoleinen malli puolestaan on high poly -malli, johon on mallinnettu pienimmätkin yksityiskohdat, mikä tarkoittaa suurta polygonien määrää. Keskimmäinen malli on sama kuin vasemmanpuoleinen. Siihen on ainoastaan lisätty high poly -mallista beikattu normal map.



Kuva 17. High poly -mallin muuttaminen low poly -malliksi normal mapilla (Polycount 2014)

4 Ohjelmistot

4.1 Mallinnusohjelmat

3D-mallinnuksella luodaan muun muassa hahmoja ja esineitä peleihin, animaatioihin sekä AR:ään ja VR:ään (virtuaalitodellisuus). 3D-malleja käytetään myös 3D-tulostamisessa, jolloin mallin pitää olla erittäin tarkka ja oikein mitoitettu, jotta tulostus onnistuu.

3D-mallinnus jakaantuu kahteen eri osa-alueeseen. Hard surface -mallinnuksella (kovapintamallinnus) tarkoitetaan ihmisten luomia esineitä ja asioita, kuten ajoneuvoja ja elektroniikkaa sekä taloja. Orgaaninen mallinnus puolestaan tarkoittaa eloperäisten asioiden, kuten kasvien ja eläinten mallintamista. Kovapintamallintaminen ja orgaaninen mallintaminen eroavat toisistaan myös siten, että eloperäiset mallit ovat usein muodoiltaan pehmeämpiä ja pyöreämpiä kuin kovapintamallit. (Everis US, 2019.)

4.1.1 Blender

Blender on ilmainen avoimen lähteen 3D-grafiikan mallinnusohjelma, joka kattaa mallinnuksen, skulptauksen, luurangon teon, animoinnin, simuloinnin, renderoinnin, kompositoinnin ja motion trackingin. Lisäksi myös videoiden muokkaus ja pelien tekeminen on mahdollista Blenderin avulla. Kehittyneemmät Blenderin käyttäjät voivat tarvittaessa muokata sovellusta ja luoda erikoistyökaluja Blenderin Python-ohjelmointirajapinnan (API) avulla. Blender sopii erityisesti yksityishenkilöille ja pienille studioille, jotka hyötyvät Blenderin yhtenäisestä työskentely-ympäristöstä ja responsiivisesta kehitysprosessista. (Blender.)

Blender ei ole alustariippuvainen sovellus, vaan toimii Windows-, Linux- ja Macintosh-tietokoneilla. Sen käyttäjäpintana toimii OpenGL, joka tarjoaa yhtenäisen käyttökokemuksen. (Blender.)

Koska Blender on yhteisöjohteinen hanke, käyttäjien on mahdollista tehdä niin pieniä kuin suuriakin muutoksia sen koodiin. Tämä johtaa uusiin toimintoihin, bugien korjaamiseen ja parempaan käyttäjäkokemukseen. Blender on siis ilmainen sovellus, mutta halutessaan voi myös tehdä lahjoituksia sille tai tilata Blender Cloudin. Blender Cloud tarjoaa opetusta erilaisilla projekteilla sekä lisätyökaluja ja asetteja, joita ovat esimerkiksi hahmot ja esineet. (Blender.)

4.1.2 Autodesk 3DS Max

Autodesk 3DS Max on yksi käytetyimmistä 3D-mallinnus- ja renderointiohjelmistoista, joiden lisäksi Maxia käytetään pelikehityksessä sekä animoinnissa. Ohjelma toimii vain Windows-ympäristössä. Ohjelman vahvuudet ovat plug-in-toiminnoissa ja mallinnusominaisuuksissa. Autodesk 3DS Max -versiosta 4 eteenpäin siihen on ollut yhdistettynä Character Studio -lisäohjelma, joka on tarkoitettu hahmojen animointiin. Tämän lisäohjelman avulla saa entistä helpommin luotua hahmoille virtuaaliset skeletonit, luurangot, ja hahmojen animointi onnistuu helpommin. 3DS Maxin sisäänrakennettu Arnold-renderoija takaa korkealaatuiset renderoinnit niin hahmoista, tehosteista kuin näkymistäkin. (Autodesk 2021.)

4.1.3 Maya

Maya on ohjelmisto 3D-animointiin, mallinukseen, simulointiin ja renderointiin. Näitä ominaisuuksia voidaan käyttää peleissä, televisio-ohjelmissa sekä elokuvissa. Maya toimii Windows-, MacOS- ja Linux-ympäristöissä. Myös Mayaan on mahdollista ladata laajennuksia. Yksi laajennuksista on Bifrost, joka tarjoaa mahdollisuuden fyysisesti tarkkoihin simuloiteihin, kuten esimerkiksi tuleen ja savuun. Mayakin käyttää Arnold-renderoijaa, joten korkealaatuiset renderoinnit on taattu. (Autodesk 2021.)

4.2 Pelimoottorit

Pelimoottorit mahdollistavat sovellusten ja pelien kehittämisen. Näillä voidaan kehittää pelejä niin konsoleille, mobiililaitteille kuin tietokoneillekin.

Pelimoottorit tarjoavat valmiita perustoiminnallisuuksia kehittäjille ja näin ollen säästävät aikaa. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa grafiikan renderointi, fysiikkamallinus 2D- ja 3D-grafiikoille, komentosarjat (scriptit), animointi, audio, tekoäly sekä tarvittavat ominaisuudet verkkoon ja muistinhallintaan.

Niin sovellus- kuin pelikehityksessä pelimoottoriin kerätään kaikki tarvittavat objektit (assetit). Asetteja ovat muun muassa hahmot, esineet, kentät ja scriptit eli pelin lähdekoodit. Pelimoottorissa nämä assetit yhdistetään pelin graafisiin komponentteihin ja toiminnallisuuksiin. Kun nämä on yhdistetty, saadaan aikaan valmis peli.

4.2.1 Unity

Unity on yksi suosituimmista pelimoottoreista. Unitylla tehdyt sovellukset voidaan julkaista yli 25 alustalla ja eri teknologioille, esimerkkeinä muun muassa iOS, PlayStationVR ja tvOS.

Unity tunnetaan etenkin 2D- ja 3D-pelien kehittämisalustana. Lisäksi Unitylla voidaan kehittää AR- ja VR-pelejä sekä sovelluksia. Unityn AR- ja VR-ominaisuuksia käytetään ajoneuvo-, -kuljetus ja teollisuustuotannonaloilla. Muun muassa Audi ja Toyota ovat kertoneet käyttävänsä Unitya. Teollisuusalojen lisäksi Unitya käytetään animointiprojekteissa sekä arkkitehtuurisissa visualisoinneissa. (Unity 2021.)

Vuonna 2021 julkaistu Unityn versio 2021.1.0 toimii Windows-, macOS- ja Linux-ympäristöissä. Unitysta on saatavilla ilmaisversio opiskelijoille sekä henkilökohtaiseen käyttöön, jolloin tuotot eivät saa ylittää vuodessa satatuhatta euroa. Opiskelijoilla ei ole kyseistä rajaa. Pienstudioille sekä yrityksille on erikseen omat versiot, hinnat alkaen 399 dollaria vuodessa. (Unity 2021.)

Aloitteleville käyttäjille Unity tarjoaa runsaasti erilaisia tutoriaaleja Unityn käyttöön ja pelien tekoon. Koska Unity on yksi suosituimmista kehitysalustoista, internetistä löytyy runsaasti infoa ja apua ongelmiin. Myös Unityn oma foorumi tarjoaa käyttäjille mahdollisuuden kysyä kysymyksiä ja saada avuliaita vastauksia moniin pulmiin.

4.2.2 Unreal Engine

Unreal Engine on monipuolinen kehitysympäristö. Se tarjoaa työkalut designin visualisointiin ja elokuvamaisiin kokemuksiin. Näiden lisäksi myös korkealaatuisia pelejä on mahdollista julkaista PC-, konsoli-, mobiili-, AR- ja VR-alustoille. Yhteistyötä Unrealin kanssa tekevät monet suuret ja tunnetut yritykset kuten muun muassa Sony, Nasa, Disney ja Gameloft. (Unreal Engine 2021.)

Unreal toimii Windows-, macOS- ja Linux-ympäristöissä. Saatavilla on kaksi ilmaisversiota, joista toinen on tarkoitettu pelikehitykseen ja toinen visualisointiin. Pelikehitykseen tarkoitettussa versiossa tulee ottaa huomioon, että se on ilmainen niin kauan, kuin peleistä saatu tuotto on alle miljoona dollaria, jonka jälkeen Unreal vaatii viiden prosentin rojaltilit. Yrityksille on erikseen omat versiot. (Unreal Engine 2021.)

4.3 AR-kehitysalustat

AR-sovellusten kehityksessä tarvitaan AR-kehitysalustoja. Jotkin kehitysalustat mahdollistavat sovellusten kehityksen joko iOS- tai Android-laitteille, kun taas toisia alustoja voidaan käyttää sekä iOS- että Android-laitteille kehitettävissä AR-sovelluksissa. Ennen sovelluksen kehityksen aloitusta kannattaa valmiiksi miettiä, mitä ominaisuuksia siinä tullaan tarvitsemaan ja millä alustoilla sen pitää toimia. Mietinnän jälkeen on hyvä tutustua muutamiin eri kehitysalustoihin ja valita niistä itselleen sopivin vaihtoehto.

AR-kehitysalustat tuovat sovellukseen sen AR-ominaisuudet. Eri kehitysalustoilla on hieman toisistaan poikkeavia ominaisuuksia, mutta kaikkien alustojen pääpiirteet kuitenkin ovat samat. Kehitysalustat käyttävät mobiililaitteen komponentteja ja sensoreita näyttääkseen AR-sisällön. Ne myös tunnistavat pinnat, joilla sisältö näytetään.

4.3.1 ARKit

ARKit on Applen AR-kehitysalusta iOS-laitteille. Se mahdollistaa kehittäjille tavan luoda helposti ja nopeasti AR-sovelluksia ja -pelejä. ARKit käyttää iOS-laitteen kameraa, prosessoreja ja liiketunnistimia AR-sisällön näyttämiseksi. Tämä kehitysalusta käyttää Visual Inertial Odometry -teknologiaa tunnistukseen ympäristön laitteen ympärillä, eli laite tunnistaa, kuinka se liikkuu esimerkiksi huoneessa. Tästä saadulla datalla analysoidaan huoneen pohja sekä tunnistetaan horisontaaliset pinnat kuten lattiat ja pöydät. Näiden tietojen avulla mahdollistetaan AR-sisällön näyttäminen huoneen pinnoilla. (Tillman 2019.)

Yksi parhaista esimerkeistä ARKitin käytöstä on Ikea-sovellus (kuva 18). Tällä sovelluksella käyttäjä pystyy katselemaan, miltä jokin huonekalu näyttää omassa kodissa, ennen kuin tekee ostoksen. Vuonna 2018 julkaistun ARKit 2:n tärkein ominaisuus oli moninpeli. Tällä eri käyttäjät pystyivät näkemään saman AR-näkymän. Samassa versiossa esiteltiin mahdollisuus tallentaa AR-näkymä ja palata myöhemmin muokkaamaan sitä. Tämä esiteltiin sisustusesimerkin avulla, missä käyttäjällä oli mahdollisuus palata jatkamaan keskeneräistä sisustusta useita kertoja päivässä monien päivien ajan. (Tillman 2019.)



Kuva 18. Ikean sovellus (Tillman 2019)

4.3.2 ARCore

ARCore on Googlen AR-kehitysalusta Android-laitteille. ARCorella on kolme pääominaisuutta, joiden avulla se pystyy integroimaan virtuaalisen sisällön oikeaan maailmaan puhelimen kamerasta katsottuna: Liiketunnistin suhteuttaa puhelimen sijainnin ympäristöön. Ympäristön ymmärtäminen tunnistaa tasaiset vertikaaliset, horisontaaliset ja vinot pinnat. Valon arviointi auttaa arvioimaan sen hetkistä ympäristön valaistusta. (ARCore 2020.)

Vaikka ARCore on tarkoitettu Androidin AR-sovellusten kehittämiseen, se toimii myös osalla iOS-laitteista. Jotkin ARCoren API:sta toimivat sekä Android- että iOS-laitteilla ja mahdollistavat jaetun AR:n kokemukset. Yksi esimerkki jaetusta AR:sta on peli, jossa on monta osallistujaa. Jokainen pelaa omalla mobiililaitteellaan, mutta kaikki näkevät saman AR-näkymän. (ARCore 2020.)

4.3.3 AR Foundation

AR Foundation on ohjelmistokehitysalusta, jolla on mahdollista luoda AR-sovelluksia ja sitten julkaista ne monille eri mobiililaitteille ja puettaville AR-laitteille. AR Foundation sisältää pääominaisuudet ARKitistä, ARCoresta, Magic Leapista ja HoloLensistä. Tällä ohjelmistokehityksellä on mahdollista hyödyntää edellä mainittujen parhaita puolia AR:n kehittämiseen ja

luoda yhdellä kertaa sovellus, joka esimerkiksi toimii niin iOS- kuin Android-puhelimella. (Unity 2021.)

4.3.4 Vuforia Engine

Vuforia Engine on yksi käytetyimmistä AR-kehitysohjelmista. Se tarjoaa kehittyneen tietokonenäyn, vahvan suorituskyvyn ja julkaisemisen useille alustoille. Julkaisuja voidaan tehdä AR-tuetuille puhelimille ja tableteille niin iOS-, Android- kuin Windows 10 -ympäristöille. Tällä ohjelmalla on mahdollista tehdä näyttäviä 3D-tuote-esittelyitä, interaktiivisia brändikampanjoita tai kehittää sovelluksia käyttäjille, jotta he voivat katsella ja muokata tuotteita kotonaan. (Ptc 2021.)

5 Case: Suomen Moottoripyörämuseo

5.1 Projektin esittely

Opinnäytetyö toteutettiin Suomen Moottoripyörämuseolle syksyllä 2020. Tehtävänä oli mallintaa Yamaha 250 TD 2B -moottoripyörä, jolla ratamoottoripyöräilijä Jarno Saarinen, 1945–1973, voitti kaudella 1971 MM-osakilpailun ja MM-sarjassa pronssia. Pyörän 3D-mallia käytetään Saarisen muistonäyttelyä varten tehdyssä mobiilisovelluksessa.

3D-mallin tekemiseen käytettiin Blenderiä ja valmis malli testattiin Unityllä tehdyllä AR-sovelluksella. Mallinnusohjelmaksi valikoitui Blender, koska se oli jo ennestään tuttu ja koska internetistä löytyy helposti ratkaisuja mahdollisissa ongelmatilanteissa. Unity valikoitui samoin perustein kuin Blender.

Tehtäväni oli mallintaa moottoripyörä ja testata, että se näkyy oikein AR-sovelluksissa. Testausta varten luotiin yksinkertainen AR-testaussovellus, jolla pystyy tarkastelemaan mallia. Lopullisen AR-sovelluksen Moottoripyörämuseolle toteuttivat muut projektissa työskennelleet opiskelijat. Tämän projektin pääpaino on vahvasti 3D-mallintaminen. AR-testaussovellus tunnistaa pinnat ja sijoittaa 3D-mallin pinnalle. Sovelluksessa ei ole kiinnitetty huomiota esimerkiksi valaistukseen, eikä siinä ole valikoita. Käyttäjän avatessa sovelluksen kamera käynnistyy ja alkaa etsiä tasaisia pintoja, joille malli on mahdollista sijoittaa.

5.2 Suunnittelu

Ensimmäinen vaihe työtä aloittaessa oli huolellinen suunnittelu. Tarvittava malli oli jo tiedossa, kun työ aloitettiin, joten aikaa ei kulunut oikean mallin etsimiseen. Internetistä löytyi huonosti kuvia kyseisestä moottoripyörästä, mutta Moottoripyörämuseolla oli vastaava moottoripyörä, josta saatiin otettua tarvittavat referenssi kuvat. Tärkeimmät kuvakulmat ovat sivulta, edestä ja takaa. Lisäksi on hyvä olla kuvia myös pienemmistä yksityiskohdista, jotta mallista saadaan mahdollisimman realistisen näköinen. Kun kaikki tarvittavat kuvat oli otettu, ne vietiin PureRef-sovellukseen, jossa kaikkien kuvien tarkastelu samaan aikaan on helppoa ja nopeaa (kuva 19).



Kuva 19. Moottoripyörän kuvat PureRef-sovelluksessa

Tarvittaessa kuviin zoomaaminen käy nopeasti ja kuvien laatu säilyy hyvänä (kuva 20).

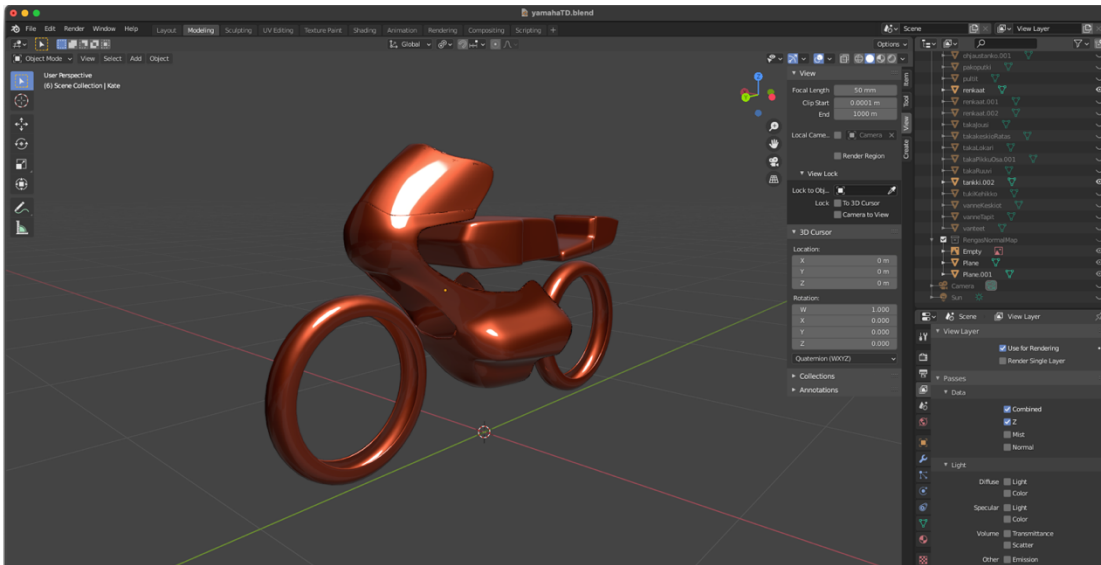


Kuva 20. Esimerkki zoomauksesta PureRef-sovelluksessa

Kun kuvat oli saatu, seuraavaksi mietittiin pyörän tunnusomaiset piirteet. Tässä tapauksessa tunnusomaisia piirteitä olivat kate, tankki ja istuin, joten niihin tuli kiinnittää huomiota, jotta moottoripyörä olisi helppo tunnistaa. Näin ollen edellä mainittuihin osiin tuli suhteessa

enemmän polygoneja kuin muihin. Koska tässä tapauksessa mallia käytetään mobiilisovelluksessa, sillä on koon suhteen tiettyjä rajoituksia. Kaikista osista ei voi tehdä tarkkoja kopioita oikean maailman mallista.

Kun mallinnetaan hard surface- eli kovapintamalleja, kannattaa jo mallinnuksen alussa valita malliin jokin kiiltävä ja valoa heijastava materiaali. Näin nähdään jo alusta alkaen, että valo heijastuu pinnoilta realistisen näköisesti. Blenderistä näitä valmiita Viewport Shading -asetuksia löytyy monia. Kuvassa 21 on käytetty Mat Cap -valikon metal_carpaint-asetusta.



Kuva 21. Metal_carpaint -asetus käytössä

Kun tunnusomaiset piirteet on saatu mallinnettua, voi siirtyä pienempiin osiin. Vieläkin on tärkeää muistaa, että malli menee AR-mobiilisovellukseen, joten aivan kaikkea ei voi mallintaa. Tässä vaiheessa viimeistään on myös hyvä alkaa pohtia, mitä tekstuureja voidaan toteuttaa normal mapoja käyttäen. Esimerkimmallisesti normal mapia käytettiin vain renkaiden uriin, mutta sitä olisi myös voinut käyttää esimerkiksi kahvojen ja jalkatappien kumiosiin, jos niihin olisi haluttu saada hieman rosopintaa.

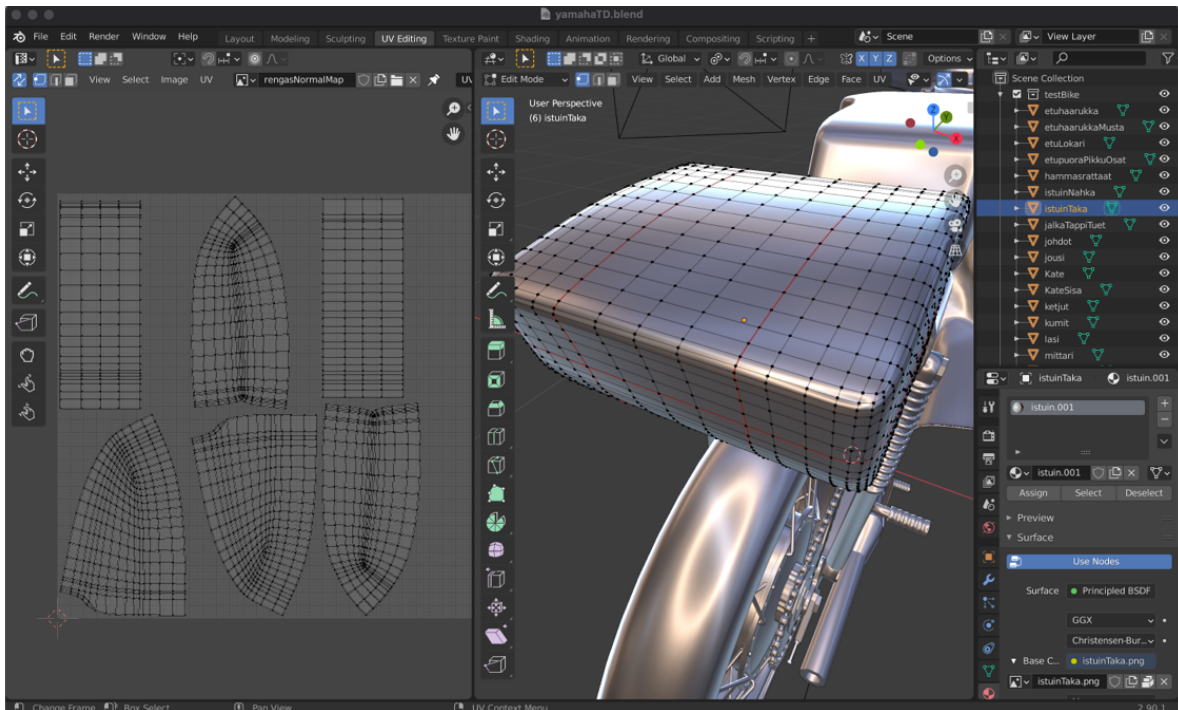
5.3 Optimointi

Kun malli on saatu mallinnettua loppuun, on aika tarkastaa se. Tässä vaiheessa ei ole vielä lisätty materiaaleja. Optimoinnilla tarkoitetaan, että mallista poistetaan kaikki ylimääräinen. Tarkistetaan, ettei ole päällekkäisiä tai irrallisia verteksejä ja asetellaan osia eri tavoin, jos ne kulkevat toistensa läpi eikä niin ole tarkoitus. Samankaltaiset meshet on hyvä yhdistää, koska se lyhentää renderointiaikaa. Osien yhdistäminen auttaa myös myöhemmin, kun lisätään tekstuureja. Näin jokaiselle pikkuosalle, esimerkiksi muttereille, ei tarvitse luoda omaa materiaalia vaan kerralla saa määrättyä kaikille muttereille materiaalin. Koska osien

yhdistäminen vähentää tekstuurien tarvetta, tulee mallista kooltaan myös kevyempi. Viimeiseksi on hyvä poistaa kaikki ylimääräiset osat tai valita vain ne osat, jotka halutaan viedä pelimoottoriin. Kaksoiskappaleita ei kannata jättää päällekkäin, koska ne lisäävät verteksien määrää, eivätkä näy valmiissa mallissa.

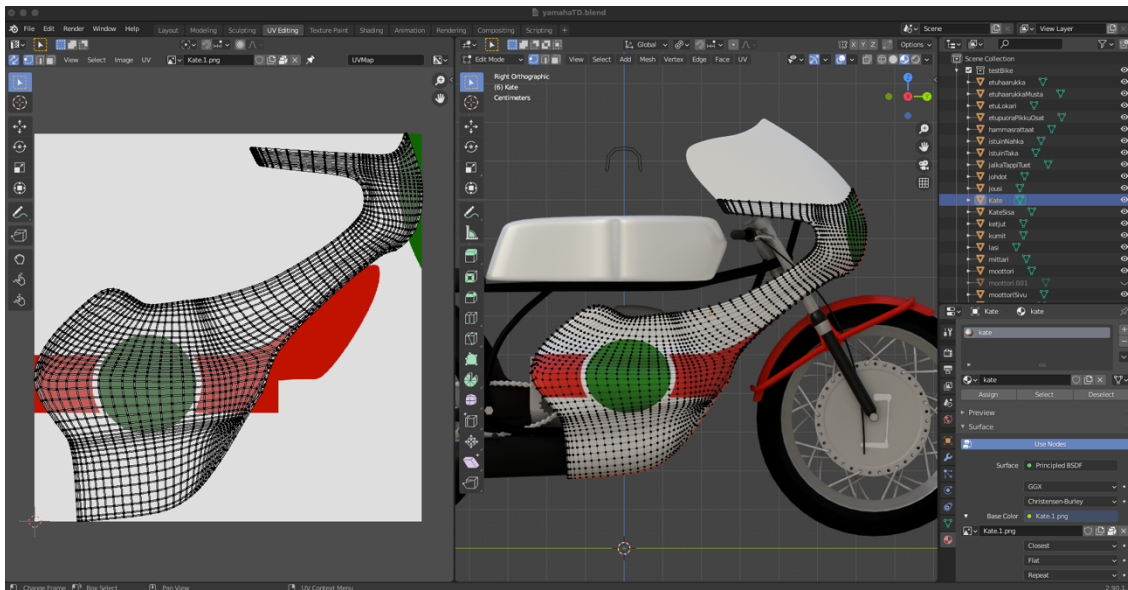
5.4 Tekstuurit

Lähes kaikki materiaalit luotiin Blenderillä. Ainoat poikkeukset ovat tankin ja istuimen materiaalit, joissa kulkee suora raita. Näiden materiaalit viimeisteltiin Photoshopilla, kun niille oli tehty UV unwrap Blenderissä. UV unwrap tarkoittaa prosessia, jolla 3D-mallin pinnasta luodaan tasainen kuva (kuva 22), UV mapilla viitataan prosessista saatuun kuvaan. Kuvassa 22 on esimerkki UV mapista ja saumojen merkkauksesta. Kuvassa vasemmalla puolella on UV map vasemmanpuoleisesta istuimesta. Punaista raitaa ympäröivät edget on merkattu saumoiksi, jolloin unwrappaus noudattaa niitä.



Kuva 22. UV map, UV unwrap ja saumojen merkkauks

Katteen materiaali toteutettiin kokonaan Blenderissä texture paint -ominaisuutta hyödyntäen. Järkevän UV unwrappauksen sai otettua pyörän sivuprofilista Project from View -unwrap-vaihtoehdolla. Tämä unwrap-vaihtoehdo tekee meshestä unwrapin, niin kuin se näkyy 3D-näkymässä. Kuvassa 23 on esimerkki tämän havainnollistamiseen. Kuvassa näkyy myös katteeseen tehty materiaali.



Kuva 23. Project view -unwrap

Moottoripyörän kaikki tekstuurit on luotu Principled BSDF shaderin arvoja säädellen. Kiiltoa ja metallisuutta on lisätty metallic- ja roughness-arvoilla. Jotta tekstuurista saa kiiltävän, metallic-arvoa lisätään ja roughness-arvoa pienennetään. Kumipinnoilla säätö on päinvastainen: metallic-arvo on pieni ja roughness-arvo on suuri.

Moottoripyörän renkaiden urat on luotu normal mapia käyttäen, jotta polygonien määrä pysyy mahdollisimman alhaisena. Tätä aihetta käsiteltiin aiemmin luvussa 3.2. Tässä tapauksessa normal map on kuitenkin itse tehty internetistä löydetyllä tutoriaalilla (PIXO 3D 2020). Normal mapin beikkaus onnistuu Blender 2.8:ssa Cycles-renderoijalla.

5.5 Vienti Unityyn

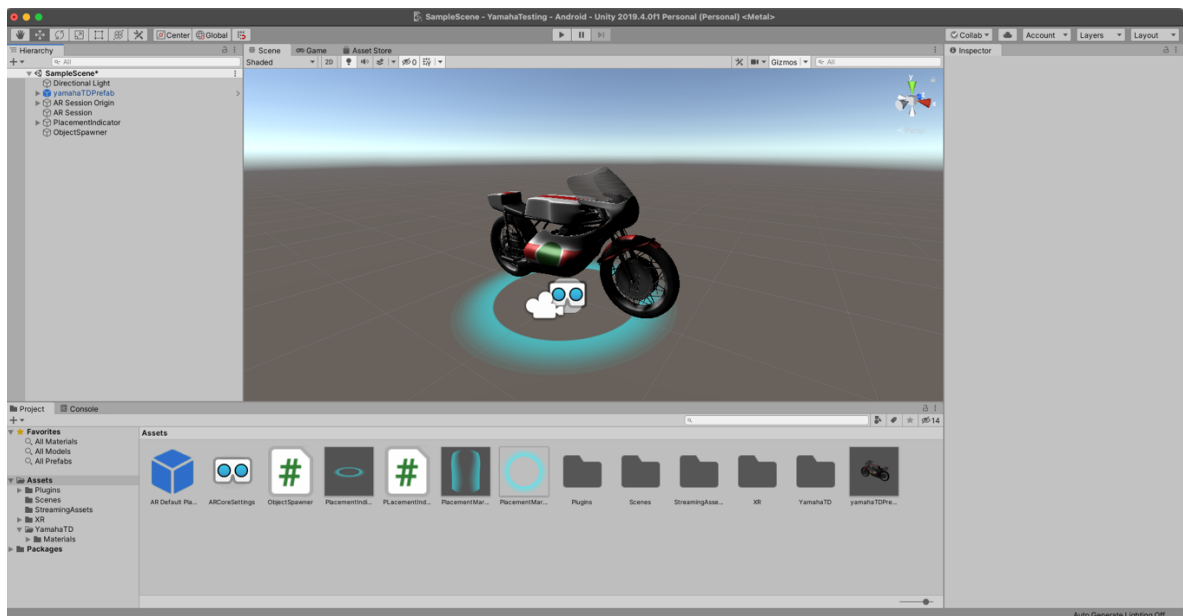
Unityyn viennissä ilmeni muutamia ongelmia. Moottoripyörä olisi pitänyt pystyä viemään Unityyn kaikkien materiaalien kanssa fbx-muodossa, mutta tämä vientitapa ei jostain syystä toiminut, eikä internetistä löytynyt apua ongelmaan. Mahdollisesti ongelma johtui siitä, että käytössä oli eri ohjelmistoversiot kuin internetin tutoriaaleissa.

Ongelma ratkaistiin siten, että materiaalit ja malli vietiin erikseen Unityyn. Materiaalit ja malli olisi käytännössä pitänyt pystyä tallentamaan suoraan Unityyn luotuun projektiin, mutta tämäkään ei toiminut, eikä ongelmaan löytynyt ratkaisua. Materiaalit tallennettiin ensin omalle tietokoneelle png-muodossa ja malli fbx-muodossa, ja sieltä ne siirrettiin Unity-projektiin. Kun materiaalit ja malli oli saatu siirrettyä Unityyn, piti moottoripyörään lisätä vielä kaikki materiaalit. Tämä tapahtui lisäämällä moottoripyörä Unityn sceneen ja vetämällä materiaalit yksitellen sen päälle oikeille kohdille.

5.6 AR-sovelluksen luominen Unityssä

Sovelluksen ohjelmistokehyksenä käytettiin AR Foundationia ja lisäksi ARCore XR plug-inia. Jälkimmäinen valikoitui, koska sovellus testattaisiin myöhemmin Android-puhelimella. Jos sovellus olisi testattu iOS-laitteella, ARCore XR:n tilalle olisi valikoitunut ARKit XR plug-in. Molempia XR-plug-ineja olisi voitu käyttää, jolloin testaus olisi onnistunut niin Android kuin iOS-laitteilla.

Sovelluksessa on kaksi C# scriptiä. Toinen niistä näyttää indikaattorin, merkin siitä, mihin kohtaan malli sijoitetaan ympäristössä. Tämä scripti yksinkertaisuudessaan tunnistaa tasaiset pinnat ja osoittaa ne käyttäjälle. Toisella scriptillä lisätään moottoripyörän malli, josta on tehty prefab, indikaattorin osoittamaan kohtaan. Kuvassa 24 on kuvakaappaus Unity-projektista, josta näkee sovelluksessa käytetyt assetit ja sceneen tarvittavat komponentit.



Kuva 24. Kuvakaappaus projektiin luodusta AR-testaussovelluksesta

5.7 Testaus (sovellus puhelimessa)

Sovellus tunnistaa tasaiset pinnat, kuten pöydät ja lattiat, ja niille pystyy asettamaan mallinnetun moottoripyörän. Sovelluksessa ei ole valikoita eikä valaistus ole loppuun asti hiottu, koska sovellus on tehty vain testaustarkoitukseen. Kyseisellä sovelluksella pystyy riittävän hyvin tarkastelemaan, miltä valmis moottoripyörämalli siinä näyttää. Kuvassa 25 näkyy, miltä valmis moottoripyörän malli näyttää AR-sovelluksessa, jossa malli ei ole samankokoinen kuin oikea moottoripyörä.



Kuva 25. Valmis moottoripyörän malli testaussovelluksessa

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tutustua AR:ään ja sen käyttökohteisiin sekä siihen, mitä tulee ottaa huomioon, kun mallinnetaan 3D-malli AR-sovellukseen. Lisäksi työssä tutustutaan ohjelmistoihin, joita tarvitaan AR-sovelluksen kehittämisessä ja 3D-mallin teossa. Luvussa 5 tehty moottoripyörämallin ja AR-testaussovellus toteutettiin teoriaosuudessa opitun tiedon avulla.

Mallinnus onnistui hyvin, eikä siinä tullut suuria ongelmia vastaan. Moottoripyörän ominaispiirteet, jotka mallinnettiin huolellisesti, oli helppo päättää. Suurin haaste mallintamisessa oli pohtia, kuinka paljon pienempiin yksityiskohtiin voidaan panostaa. Joitakin yksityiskohtia piti myöhemmin muokata yksinkertaisemmaksi, koska muuten mallista olisi tullut liian suuri. Projektissa suurin ongelma tuli vastaan, kun valmis malli piti viedä Blenderistä Unityyn. Malli tekstuureineen olisi pitänyt pystyä viemään suoraan Unityyn, mutta tämä ei toiminut. Ongelma saatiin kuitenkin ratkaistua melko yksinkertaisella tavalla, ja lopulta malli oli Unityssä tekstuureiden kanssa.

Työn tuloksena on AR-sovelluskäyttöön optimoitu 3D-malli sekä AR-testaussovellus, jolla pystyy tarkastelemaan, miltä malli näyttää AR-sovelluksessa. Testaussovellusta voidaan tarvittaessa käyttää myös muiden 3D-mallien tarkasteluun. Tällöin moottoripyörämallin tilalle vaihdetaan jokin toinen haluttu malli.

Mallia pystyy vielä tarvittaessa optimoimaan yhdistämällä enemmän meshejä yhdeksi objektiksi. Mikäli tulevaisuudessa malli halutaan esittää lopullisessa käyttöön menevässä AR-sovelluksessa yhtä suurena, kuin se oikeasti on, täytyy materiaaleja parantaa ja luoda enemmän pieniä yksityiskohtia normal mapien avulla. Työn kirjoitushetkellä oli riittävä, että malli näkyy pienempänä, jolloin pieniä yksityiskohtia ei tarvita paljon.

Lähteet

- Apple. Augmented Reality. Viitattu 17.4.2021. Kuva Saatavissa <https://www.apple.com/augmented-reality/>
- Archer. How are augmented and virtual reality used in medicine? Viitattu 17.4.2021. Saatavissa <https://archer-soft.com/blog/how-are-augmented-and-virtual-reality-used-in-medicine>
- ARCore 2020. ARCore overview. Viitattu 18.4.2021. Saatavissa <https://developers.google.com/ar/discover>
- Augmentor 2020. Understanding Augmented and Virtual Reality for Maintenance and Repair. Viitattu 17.4.2021. Kuva. Saatavissa <https://goaugmentor.com/understanding-ar-and-vr-technology/>
- Autodesk 2021. 3DS Max. Viitattu 26.3.2021. Saatavissa <https://www.autodesk.fi/products/3ds-max/overview?panel=buy&term=1-YEAR>
- Autodesk 2021. Maya. Viitattu 26.3.2021. Saatavissa <https://www.autodesk.fi/products/maya/overview?panel=buy&plc=MAYA&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>
- Blender Artists 2018. How to add tyre tread using normal map? Viitattu 3.4.2021. Kuva. Saatavissa <https://blenderartists.org/t/how-to-add-tyre-tread-using-normal-map/1114861>
- Brio. OBJ And FBX Files For Virtual Reality & Augmented Reality. Viitattu 3.4.2021. Saatavissa <https://experience.brioxr.com/blog/obj-and-fbx-files-for-virtual-reality-augmented-reality/>
- Denham, T. What is high poly & low poly in 3D modeling? Concept Art Empire. Viitattu 3.4.2021. Saatavissa <https://conceptartempire.com/high-vs-low-poly-modeling/>
- Everis US 2019. Key processes of 3D modeling. Everis US. Viitattu 17.1.2021. Saatavissa <https://everisus.medium.com/key-processes-of-3d-modeling-49de59ed7a6>
- Ferrari, M. 2020. Optimizing 3D models for Augmented Reality. AR VR Journey. Viitattu 3.4.2021. Saatavissa <https://arvrjourney.com/optimizing-3d-models-for-augmented-reality-1cb0a3ed24b7>
- Garg, N. 2019. 5 ways Augmented Reality is redefining the gaming industry. E27. Viitattu 5.3.2021. Saatavissa <https://e27.co/5-ways-augmented-reality-is-redefining-the-gaming-industry-20190415/>

- Gstoll, A. 2020. 5 Tips for 3D Models in AR. AR Insider. Viitattu 17.1.2021. Saatavissa <https://arinsider.co/2020/06/03/5-tips-for-3d-models-in-ar/>
- Holly, R. 2017. The best places to use AR+ mode in Pokemon Go. IMore. Kuva. Viitattu 5.3.2021. Saatavissa <https://www.imore.com/best-places-use-ar-mode-pokemon-go>
- Interaction Design Foundation 2020. Augmented Reality – The Past, The Present and The Future. Viitattu 5.3.2021. Saatavissa <https://www.interaction-design.org/literature/article/augmented-reality-the-past-the-present-and-the-future>
- Ismail, A. 2017. 3D Modeling Artifacts - Flow Check Reflection Map - Zebra Stripe Diagnostic. Ebal Studios. Viitattu 3.4.2021. Kuva. Saatavissa <https://www.ebalstudios.com/blog/3d-modeling-artifacts-flow-check-reflection-map>
- Jauhola, H-K. 2018. Augmented reality in remote support combined with smart expert portal helps in service and maintenance work. Softability. Viitattu 17.4.2021. Kuva. Saatavissa <https://softability.fi/en/blog/ar-in-remote-support-helps-industrial-maintenance-workers/>
- Javornik, A. 2016. The maistreaming of augmented reality: A brief history. Harvard Business Review. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa <https://hbr.org/2016/10/the-mainstreaming-of-augmented-reality-a-brief-history>
- Laakso, M. 2020. Lisätty todellisuus opetuksessa. Speakerdeck. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa <https://speakerdeck.com/matleenalaakso/lisatty-todellisuus-opetuksessa?slide=18>
- McDowall, J. 2018. Pila "low poly" style environment. Artstation. Viitattu 18.4.2021. Kuva. Saatavissa <https://www.artstation.com/artwork/oGLJO>
- Microsoft 2021. Liiketoimintavalmiit ja ratkaisut HoloLens 2:lle. Viitattu 16.4.2021. Saatavissa <https://www.microsoft.com/fi-fi/hololens/apps>
- Myron Krueger. Videoplace 1975. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa <https://aboutmyronkrueger.weebly.com/videoplace.html>
- Norman, J. Louis Rosenberg Develops Virtual Fixtures, the First Fully Immersive Augmented Reality System. History of Information. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4696>
- Orange Business Services 2020. More than a quick fix: how augmented reality can change maintenance forever. Viitattu 16.4.2021. Saatavissa <https://www.orange-business.com/en/magazine/more-quick-fix-how-augmented-reality-can-change-maintenance-forever>

- Patel, A. 2018. Differences between High Poly Vs Low Poly 3D models. Medium. Viitattu 18.4.2021. Saatavissa <https://medium.com/@arjun07/differences-between-high-poly-vs-low-poly-3d-models-348cab56e82e>
- Pixxo 3D 2020. Viitattu 18.4.2021. Video. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=Kq0wIBlpGG0>
- Polycount 2014. Normal Map Gradients. Viitattu 18.4.2021. Kuva. Saatavissa <https://polycount.com/discussion/145681/normal-map-gradients>
- Potter, K. 2019. Augmented Reality becoming a focus in maintenance technology. Geospatial world. Viitattu 16.4.2021. Saatavissa <https://www.geospatialworld.net/blogs/augmented-reality-becoming-a-focus-in-maintenance-technology/>
- Ptc 2021. Develop AR experiences with Vuforia Engine. Viitattu 28.3.2021. Saatavissa <https://www.ptc.com/en/products/vuforia/vuforia-engine>
- Sawers, P. 2011. Augmented reality: The past, present and future. The next web. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa <https://thenextweb.com/insider/2011/07/03/augmented-reality-the-past-present-and-future/>
- Seung, H-K. 2018. Videoplace, Myron Krueger: from passive viewer to active user. Open Source Studio. Viitattu 5.3.2021. Kuva. Saatavissa <https://oss.adm.ntu.edu.sg/n1705308l/videoplace-myron-krueger-from-passive-viewer-to-active-user/>
- Tillman, M. 2019. Apple ARKit explained: Everything you need to know about Apple's augmented reality platform. Pocket-lint. Viitattu 28.3.2021. Saatavissa <https://www.pocket-lint.com/ar-vr/news/apple/141615-apple-ar-kit-explained>
- Ultimate history of video games. ARQuake. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa <https://ultimate-historyvideogames.jimdo.com/arquake/>
- Unity 2021. AR Foundation. Viitattu 28.3.2021. Saatavissa <https://www.pocket-lint.com/ar-vr/news/apple/141615-apple-ar-kit-explained>
- Unity 2021. Unity. Viitattu 28.3.2021. Saatavissa <https://unity.com/>
- Unreal Engine 2021. Unreal Engine. Viitattu 28.3.2021. Saatavissa <https://www.unrealengine.com/en-US/>
- Verma, G. 2021. Low Poly Modeling – The Outstanding Guide For Beginners. CGIA 3D. Viitattu 18.4.2021. Saatavissa <https://www.cginspiringartist.com/low-poly-modeling/>

ViewSonic 2019. 6 Benefits and 5 Examples of Augmented Reality in Education. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa <https://www.viewsonic.com/library/education/6-benefits-and-5-examples-of-augmented-reality-in-education/>

Virtanen, J-P., Julin, A., Jaalama, K. & Hyyppä, H. 2020. 3D-mallien esitys- ja katselutapoja. Modus 3D Journal. Viitattu 14.1.2021. Saatavissa <https://modus3djournal.fi/3d-blogisarja-osa-3-7/>

Wikipedia 2020. Heijastusnäyttö. Viitattu 4.3.2021. Saatavissa <https://fi.wikipedia.org/wiki/Heijastusn%C3%A4ytt%C3%B6>

Wikipedia 2021. EyeTap. Viitattu 4.3.2021. Kuva. Saatavissa <https://en.wikipedia.org/wiki/EyeTap>

Williamson, D. 2020. Augmented Reality in Social Media. EMarketer. Viitattu 5.3.2021. Saatavissa <https://www.emarketer.com/content/augmented-reality-in-social-media#page-report>

