



Laura Lehtinen

## Interaktiivinen Kaksonen

Case Kekkonen työhuone: Museotilan 3D-mittausmalli  
interaktiivisen sovelluksen pohjana

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Muotoilija (AMK)

Muotoilun tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

5.12.2023

## Tiivistelmä

Tekijä(t):	Laura Lehtinen
Otsikko:	Interaktiivinen Kaksonen – Case Kekkonen työhuone: Museotilan 3D-mittausmalli interaktiivisen sovelluksen pohjana
Sivumäärä:	39 sivua
Aika:	5.12.2023
Tutkinto:	Muotoilija (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Muotoilun tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto:	XR Design
Ohjaaja(t):	Lehtori Ale Torkkel, Lehtori Markku Luotonen

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on erilaisiin digitaalisiin 3D-toisintoihin tutustuminen ja niiden käyttö interaktiivisen kaksosen inspiraationa. Interaktiivinen kaksonen on tätä opinnäytetyötä varten kehitetty termi, jonka tarkoitus on erottaa se jo vakiintuneista digitaalitoisintotermeistä, kuten digitaalinen kaksonen tai digitaalinen malli. Opinnäytetyön työosuudessa esitellään Tamminiemessä sijaitsevan Kekkonen työhuoneen interaktiivinen kaksonen, joka pitää sisällään tilamallin, siellä sijaitsevien objektien 3D-malleja, kuva-, video- ja äänisisältöä sekä lyhyen, pelillistetyn kokemuksen. Työosuudessa käydään läpi interaktiivisen kaksosen työprosessi pelimoottorissa.

Tutkimusosuudessa syvennytään erilaisten digitaalisten toisintojen määritelmiin sekä kerrotaan toimeksiantajatahon (Rakennetun ympäristön mittaus- ja mallinustalinstituutti MeMon) aiheeseen liittyvistä projekteista ja menetelmistä, joilla työosuuden tila- ja ympäristömalli on toteutettu. Tämän lisäksi tutkimusosuudessa käydään läpi erilaisia virtuaalisia museoita, joista on myös haettu inspiraatiota interaktiiviseen kaksoseen.

Opinnäytetyön lopuksi pohditaan interaktiivisen kaksosen jatkokehityspotentiaalia sekä mahdollisuuksia tapahtumakäytössä interaktiivisena kiintopisteenä.

Avainsanat: digitaalinen kaksonen, 3D-mallinnus, virtuaalimuseo, interaktiivinen kaksonen

---

## Abstract

Author(s): Laura Lehtinen  
Title: Interactive Twin – Case  
President Kekkonen’s  
Office: 3D Measuring  
Model as a Basis for an  
interactive application  
Number of Pages: 39 pages  
Date: 5 December 2023

Degree: Bachelor of Culture and  
Arts  
Degree Programme: Design  
Specialisation option: XR Design  
Instructor(s): Senior Lecturer  
Ale Torkkel, Senior Lec-  
turer Markku Luotonen

---

The main objective of this thesis is to explore various digital 3D renditions and their use as inspiration for an interactive twin. The term “interactive twin” was created for this thesis to separate it from established terms such as digital twin or digital model. In the practical part of the thesis, an interactive twin of President Kekkonen's workspace (Tamminiemi, Helsinki) is introduced, along with the process of creating the twin itself with a game engine. This twin encompasses a spatial model, 3D models of objects within the space, image, video, and audio content, as well as a simple, gamified experience.

In this thesis different 3D renditions are defined while also discussing projects and methods related to the topic from the commissioning party, the Research Institute of Measuring and Modeling for the Built Environment (MeMo). These methods will outline how the spatial and environmental model in the practical

section was executed. Additionally, this section will include observations of different virtual and digital museum spaces that served as inspiration for the interactive twin.

The final segment of the thesis showcases the practical part itself, detailing the development of the interactive twin application, its functionality, and the public reception of the final product during its inclusion in a pop-up event.

Keywords: digital twin, 3D modeling, virtual museum, interactive twin

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Digitaaliset tosinnot	2
2.1	Termin määrittely	2
2.2	Interaktiivinen kaksonen	2
2.3	Digitaalinen malli	3
2.4	Digitaalinen kaksonen	4
2.5	Digitaalinen varjo	5
3	Digitaaliset tosinnot museokohteiden käytössä	6
3.1	Toisintojen hyödyt museokohteissa	6
3.2	Tosinnot monipuolisessa käytössä	6
3.3	Nykytilanne ja tulevaisuus	7
3.4	Sisältömateriaalin tekijänoikeudet, aineeton pääoma ja avoimen datan käyttö	9
4	Kohde: Tamminiemi ja Kekkonen työhuone	10
5	Toimeksiantajan käyttämät 3D-mittausmenetelmät ja mallinnusohjelmat	12
5.1	Toimeksiantaja	12
5.2	MeMon kulttuurialaa käsitteleviä hankkeita ja julkaisuja	13
5.2.1	Kohti kulttuurialan digitaalisia kaksosia	13
5.2.2	3D-kulttuurihubi	13
5.2.3	Modus 3D Journal	14
5.3	Menetelmiä ja laitteistoa	14
5.3.1	Työhuoneen tilamallin taltiointi	14
5.3.2	Menetelmät	14
5.4	Aineiston käsittely	17
5.4.1	Fotogrammetriamallit	17
5.4.2	Valmiin mallin topologian muokkaus	17
5.4.3	Referenssikuvista mallintaminen	18
6	Sovellusdemon työvaiheet	20

6.1	Interaktiivisen kaksosen tavoitteet ja tarkoitus	20
6.2	Sovelluksen toimintaperiaate	21
6.3	Sovelluksen suunnittelu	21
6.4	Sisältönä käytetty materiaali	23
6.5	Työskentely pelimootorissa	27
6.6	Lopputulos	29
6.7	Demon testaaminen tapahtumakäytössä	30
6.8	Sovellusdemon jatkokehityspotentiaali	33
7	Reflektointi	34
8	Lopuksi	36
	Lähteet	37

# 1 Johdanto

Meilahden rannassa sijaitsee museoitu, historiallisesti merkittävä rakennus nimeltä Tamminiemi. Tamminiemeä ovat asuttaneet aikanaan niin tanskalaisen kauppiaan Jörgen Nilssenin perhe, Hufvudstadsbladetin päätoimittaja Amos Anderson kuin moni istuva presidentti vuosina 1940–1986. Näistä viimeisin ja tunnetuin lienee presidentti Urho Kaleva Kekkonen, jonka kuoleman jälkeen talo museoitiin. (Kansallismuseo i.a.)

Yksi näistä museoiduista huoneista on Kekkonen entinen työhuone. Sen äänieristetyin oven takaa aukeaa aikakapseli, joka näyttää huoneen sellaisena, kuin se Kekkonen aikana on ollut – työpöydän irtaimistoa myöten.

Museokohteiden digitaalinen taltiointi tuo kulttuurikentälle arvokasta lisäsisältöä. Kuvat, videot ja kolmiulotteiset mallit mahdollistavat tarkkojen digitaalisten kopioiden luomisen, ja interaktiivista lisäsisältöä niihin voidaan tuottaa esimerkiksi pelimoottoreiden avulla. Interaktiivisia komponentteja kohteiden digitaalisiin malleihin lisäämällä saadaan aikaiseksi elämyksellistä sisältöä, jonka kautta voidaan visualisoida kohteen historiaa ja sen kehitysvaiheita.

Opinnäytetyö on toteutettu toimeksiantona Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti MeMolle ja opinnäytetyön sisältömaterialina käytetään MeMon mittaus- ja mallinnusmateriaalia.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, kuinka Kekkonen työhuone taipuu digitaaliseen muotoon kehittämällä siitä interaktiivinen kaksonen. Tavoitteena työssä on toimeksiantajan demonstraatiotarkoituksiin sopiva sovelluspohja, josta voidaan jatkossa työstää sisällöltään laajempi versio. Tämän lisäksi opinnäytetyön kirjallisen osuuden tavoitteena on toimia dokumentaationa toimeksiantajan materiaalin käyttämisestä sovellussuunnittelussa.

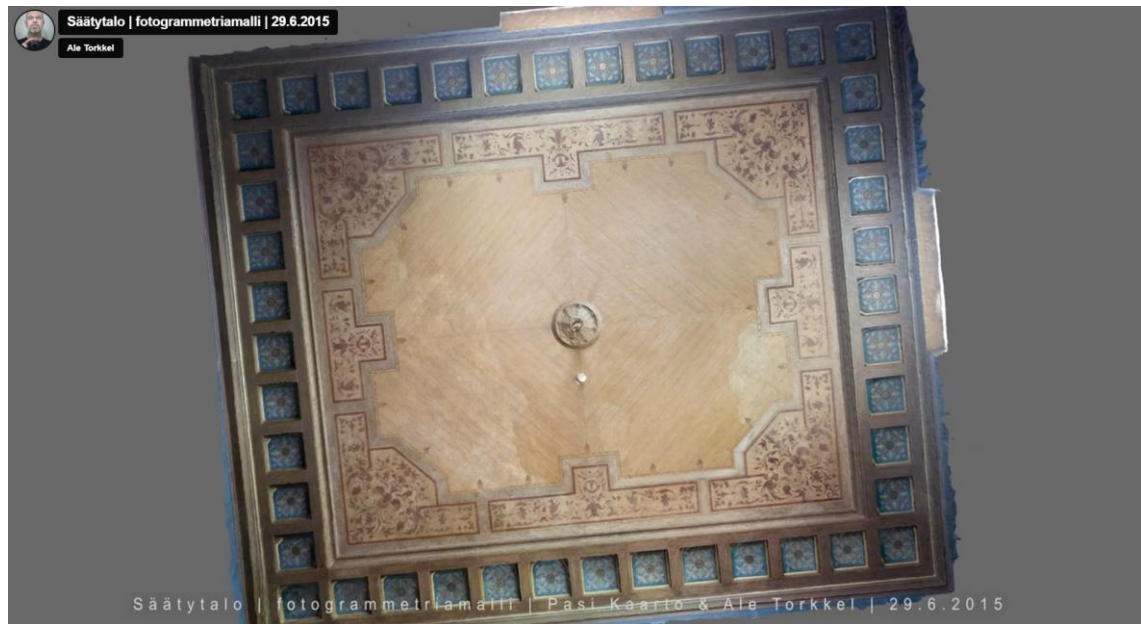




Tässä opinnäytetyössä esitelty interaktiivinen kaksonen on näistä kaikkein lähimpänä digitaalista mallia, mutta sisältää myös joitakin ominaisuuksia digitaalisesta varjosta ja kaksosesta. Se sisältää mittausaineiston pohjalta kootun kopian fyysisestä kaksosestaan, johon on pelimoottoria käyttäen lisätty interaktiivisia ominaisuuksia. Interaktiivisen kaksosen tarkoituksena on tuoda kohteelle lisää arvoa antamalla käyttäjälle mahdollisuus vuorovaikuttaa digitaalisen version kanssa. Interaktiivisella kaksosella on myös tarpeen vaatiessa mahdollisuus toimia osittain digitaalisen varjon tavoin, mikäli lopputuotteessa on mahdollista muuntaa sovelluksen sisältöä fyysisen kohteen sisällön muuttuessa (esimerkiksi vaihtuvat näyttelysisällöt).

### 2.3 Digitaalinen malli

Digitaalinen malli, tässä tapauksessa kolmiulotteinen eli 3D-malli, on digitaalinen versio olemassa olevasta kohteesta, kuten esimerkiksi ympäristöstä, rakennuksesta tai esineestä. (Barlow, Day, Fan & Fuller 2020.) Kohteen malli voidaan muodostaa kuvamateriaalista, laserkeilausmateriaalista tai referenssejä apuna käyttäen mallintaa 3D-mallinnusohjelmassa. (Teittinen, 2020.) 3D-malli voidaan tallentaa erilaisiin formaatteihin käyttökohteen mukaisesti; esimerkiksi interaktiivista kaksosta varten Kekkonen työhuoneen tilamallista valmistettiin optimoitu, topologiaaltaan yksinkertaistettu kolmiulotteinen versio, joka pohjautuu monimutkaisempaan kolmioverkkomalliin rakennetta ja mittasuhteita mukaillen.



Kuva 2: Säätytalon sisäkaton 3D-malli (Kaarto, Torkkel 2016).

Historiallisten kohteiden digitaalisia malleja, kuten esimerkiksi Säätytalon koristeellisen sisäkaton realistinen malli voidaan taltioida fotogrammetriaa hyödyntäen (ks. sivu 23, 5.4: Aineiston käsittely). (Kaarto, Torkkel 2016.)

## 2.4 Digitaalinen kaksonen

Digitaalisen kaksoella esimerkiksi esineiden internetissä (IoT, internet of Things) sekä rakennus- ja kunnossapitoaloilla puolestaan tarkoitetaan fyysisen vastineen tarkkaa virtuaalista mallia, johon fyysisen kaksoisen havainnoima data siirtyy. Digitaalisesta kaksosesta data kulkee myös fyysisen kaksoisen suuntaan, jolloin digitaalisessa kaksoessa tehdyt muutokset vaikuttavat sen fyysisen versioon. Sen käyttökohteita löytyy esimerkiksi rakennusalalta. Digitaalinen kaksonen toimii symbioottisesti fyysisen kaksoisen kanssa, ja tieto kulkee näiden välillä molempiin suuntiin: muutokset fyysisessä kaksosesta vaikuttavat digitaaliseen kaksoseen ja päinvastoin. IEEE:n julkaisu Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research esittää digitaalisen kaksoisen kriteeriksi automaattisen tiedonkulun molempiin suuntiin, mutta termiä käytetään löyhähkösti myös silloin, kun kyseessä olisi IEEE:n kriteereillä digitaalinen malli. (Barlow, ym. 2020.)

Kaupunkisuunnittelussa digitaalisella kaksosella tarkoitetaan yhdistelmää avat-  
tuja tietolähteitä ja päivittyvää tietoa. Kaupungin digitaalisen kaksosen pohjana  
on useimmiten 3D-kaupunkimalli, jonka avulla voidaan esimerkiksi visualisoida  
kaupunkitilaa ja joka toimii pohjana erilaisille tutkimusmenetelmille maantieteen,  
geoinformatiikan tai arkkitehtuurin aloilla. (Aalto-yliopisto 2021.)

Digitaalisille kaksosille löytyy käyttötarkoituksia monipuolisesti myös kulttuu-  
rialalla. Aalto-yliopiston julkaisu ”Luovien alojen nykytila, näkymät ja kasvupo-  
tentiaali Creve 2.0 - Yrityspalvelut ja yhteistyömallit hankkeen tuloksia ja visi-  
oita” (Talvela, Hyyppä, Ahlavuo & Kurkela 2020) nostaa esille erilaisia kulttuu-  
rialan yhteistyöhankkeita, joissa digitaalisten kaksosten potentiaalia on havain-  
nollistettu:

Digitaaliset kaksoset ovat yksityiskohtaisia, dynaamisia ja alkupe-  
räisen mallinnuskohteen kanssa vuorovaikutuksessa olevia virtuaa-  
limalleja. Niiden tuotanto-, suunnittelu- ja hallintatekniikoiden kehiti-  
tyessä kulttuurialalle tulee mahdolliseksi luoda teknisesti, mutta  
myös käytettävyydeltään, saavutettavuudeltaan ja käyttöiltään yhä  
monipuolisempia sisältöjä ja toteutuksia.

Digitaaliset kaksoset ovat osaltaan ratkaisemassa jo nyt, kuinka  
kulttuurialalle on mahdollisuus luoda yhä kiinnostavampaa tarinan-  
kerrontaa. Nämä pohjautuvat virtuaaliseen tuotteeseen, prosessiin  
tai palveluun, joka perustuu sen interaktiivisuudelle ja päivitettävyy-  
delle. Lisäksi niitä voidaan hyödyntää myös simulaatioalustoina eri-  
laisten kulttuuritapahtumien, prosessien ja palvelutuotannon tarpei-  
siin. (Talvela, ym. 2020.)

## 2.5 Digitaalinen varjo

Digitaalinen varjo (engl. digital shadow) eroaa digitaalisesta kaksosesta siten,  
että informaatio kulkee fyysisestä kaksosesta digitaaliseen palaamatta takaisin.  
Fyysisestä kohteesta saatavaa informaatiota voidaan digitaalisessa varjossa  
havainnollistaa ja simuloida sen perusteella erilaisia skenaarioita. Informaatio ei  
digitaalisesta kaksosesta poiketen kulje digitaalisesta versiosta fyysiseen. (Bar-  
low, ym. 2020.)

### 3 Digitaaliset tosinnot museokohteiden käytössä

#### 3.1 Toisintojen hyödyt museokohteissa

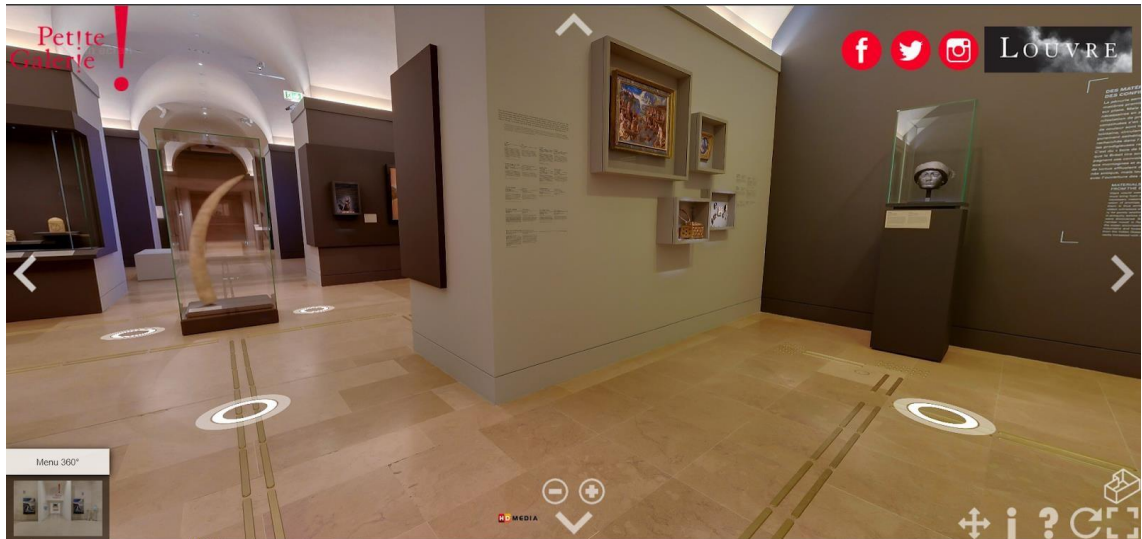
Taide- ja kulttuurikentällä digitaalisten toisintojen eduksi voidaan laskea paitsi näytävyyden kautta saatava lisäarvo, myös saavutettavuus: vaikeapääsuisistä paikoista luodut digitaaliset tosinnot voidaan tuoda käyttäjälle näyttöpäätteen, mobiililaitteen tai virtuaalilasien avulla, kuvailutulkkaus ja muut avustavat toiminnot voidaan lisätä olemassa olevaan tilaan ja hauraat, valolle arat ja herkästi hajoavat esineet voidaan toisintaa realistisen näköisinä ja kokoisina. Tieteen alojen museoissa digitaalisia toisintoja voidaan hyödyntää tutkimuskäytössä luoden simulaatioympäristöjä, joissa voidaan toteuttaa erilaisia skenaarioita ja tarkastella niiden vaikutuksia hallitusti. (De Gasperis, Cucchiara & Cordisco 2018.)

#### 3.2 Tosinnot monipuolisessa käytössä

Museokohteet voivat hyödyntää digitaalisia toisintoja monipuolisesti. Esi-merkkeinä tästä voidaan mainita seuraavat:

- Museotilojen osittain tai kokonaisuudessaan toteutetut digitaaliset versiot verkkoalustoilla ja tietokonesovelluksina, kuten museoiden Louvre (Pariisi, Ranska) ja MASP - Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand (São Paulo, Brasilia) virtuaalikerrokset, jotka sisältävät museokierroksen lisäksi käyttäjäinteraktoita. Opinnäytetyön työsuutena suunniteltu interaktiivisen kaksosen sovellusdemo toimii myös esimerkkinä tällaisesta ratkaisusta.
- Digitaalisesti konservoidut, historiallisesti merkittävät paikat ja esineet, joihin ei joko osittain tai kokonaan ole pääsyä, kuten Mennan hautakammio. (TT69, Egypti.)
- Tutkimustiedon kerääminen, havainnollistaminen ja visualisointi, kuten Luonnonhistoriallisen museon (Lontoo, Englanti) digitaalisia kaksosia hyödyntävä muuttuvan ympäristön tutkimushanke.
- Erilaiset XR-ratkaisut, kuten AR- ja VR-sovellukset, kuten Designmuseon Pop-up VR-museo (Helsinki, Suomi) ja National Museum of Singapore (Singapore, Singapore) Story of the forest -interaktiivinen näyttelykokonaisuus

- 360-kuvamateriaalia ja kuunnelmaa yhdistävä ääni-installaatio Ääniä sielujen huoneista.x (YLE 2016.)
- Smithsonian 3D Digitization on museoaineiston digitointikoelma, jossa museon esineistöä taltioidaan 3D-malleiksi. Tämän lisäksi kokoelma sisältää esineistön alkuperäisen löytöpaikan tilamalleja. Näitä malleja käyttäjät voivat tarkastella verkossa. (Smithsonian Museum of Natural History, Smithsonian 3D Digitization Program Office USA.)



Kuva 3: Petite Galerien digitaalinen versio, jossa käyttäjä voi tutkia museotilaa klikkaamalla ympäristöä (Louvre, Ranska).

### 3.3 Nykytilanne ja tulevaisuus

Lontoossa sijaitseva Luonnonhistoriallinen museo julkisti lokakuussa 2022 aloitavansa digitaalisen kaksosen kehittämisen museon tutkimuskäyttöön. Valmistuessaan tätä ympäristön biodiversiteetin tarkkailuun ja mallintamiseen suunniteltua digitaalista kaksosta käytetään ympäristön muutosten simulointiin, jonka pohjalta voidaan tehdä tutkimusta sen vaikutuksesta ihmisen elinympäristöön. (Gooding 2020.)

Virtuaalisen todellisuuden (VR) ympäristöihin tuodut museotilat ja -esineet tuovat käyttäjän kokemuksen keskipisteeksi. Tällaisen sisällön avulla saadaan vi-

sualisoitua immersiiivinen kokemus, jossa käyttäjä voi siirtyä digitaalisesti restauroituun, maanjäristyksessä pahoin vaurioituneeseen Santa Maria Paganican kirkkoon ja liikkua tilassa VR-laitteiston avulla. (De Gasperis ym., 2018.)

Lisätyn todellisuuden (AR) sovelluksilla voidaan tuoda käyttäjälle lisäsisältöä mobiililaitteen kautta, kuten National Museum of Singaporen näyttelyssä Story of the Forest on tehty (ks. kuva 4).



Kuva 4: Story of the Forest (Victoria Ho 2016).

Vuonna 2020 puhjennut COVID-19-pandemia vaikutti museotilojen kävijämääriin radikaalisti, sillä julkisia tiloja jouduttiin joko kokonaan tai osittain sulkemaan. Ratkaisuna tähän pyrittiin luomaan erilaisia virtuaalisia elämyksiä, jotka sekä sopivat tietotekniikan arkikäyttäjille että toivat museoelämykset näyttävinä ja informatiivisina tietokoneeseen tai mobiililaitteeseen. Pandemianjälkeisessä ajassa tällaisten elämysten tarve ei ole niinkään kadonnut vaan muuttunut; museoiden digitaalisia versioita voidaan yhdistää fyysisen parinsa kanssa kokonaisuudeksi. (Gilmore, Jay, Noehrer & Yu 2021.)

Kotimaisista esimerkeistä Kansallismuseo on tuottanut digitaalista sisältöä museoyleisön käyttöön sekä verkossa että museotiloissa. Digitaaliset sisällöt ovat

yleisesti nähtävillä Avoin museo -sivuilla sekä Kansallismuseon Youtube-kanavalla. MeMo-instituutti on tuottanut näitä sisältöjä yhdessä Humanistisen Ammattikorkeakoulun kanssa osana Digi2 -hanketta. (Rönöback 2022.)

### 3.4 Sisältömateriaalin tekijänoikeudet, aineeton pääoma ja avoimen datan käyttö

Suunniteltaessa museoitua kohdetta esittelevää sovellusta on otettava huomioon tekijänoikeuksia suojaava lainsäädäntö, joka saattaa museoiden avoimen datan kohdalla monimutkaistua. Avoimen datan määritelmä Suomen valtiovarainministeriön teettämän esitutkimuksen mukaan on:

Avoin julkinen data on mikä tahansa julkisen organisaation tuottama tai hallinnoima tieto (varanto), joka on konekielisessä muodossa ja maksutta kenen tahansa käytettävissä, muokattavissa ja jaettavissa sekä yksityisiin että kaupallisiin tarkoituksiin (Koski 2015).

Avoimen datan käyttöä pohtivassa opinnäytetyössä Museot ja avoin data – näkökulmia kulttuuriperinnön avaamiseen (Sainio 2015) todetaan seuraavasti:

Tekijänoikeuslaki herättää avoimen datan yhteydessä paljon kysymyksiä. Museoilla ei välttämättä ole tiedossa ovatko aineiston tekijänoikeudet enää voimassa tai kenelle ne kuuluvat. Toisaalta ongelmia voi tulla vastaan myös luovutus sopimusten myötä. Menneinä vuosikymmeninä kokoelmia on saatettu ottaa vastaan pelkän suullisen sopimuksen perusteella, jolloin kokoelman tekijänoikeudellinen tilanne on edelleen tänä päivänä epäselvä (Sainio 2015, 17).

Luovaa pääomaa, jota voidaan kutsua myös aineettomaksi pääomaksi (IP, intellectual property), ilmentävät mm. innovaatiot, taiteelliset teokset ja keksinnöt. Aineettoman pääoman oikeuksissa tekijänoikeuden suojan tulkinta voi muuttua haasteelliseksi. Tekijänoikeuden suoja ei ole automaattinen; teoksen suoja-oikeuden kriteereiksi lasketaan itsenäisyys, omaperäisyys ja tekijänsä henkisen luomistyön ilmentäminen. (Talvela, ym. 2020.)



Digitaalisilla toisinoilla on yritetty myös tarjota eräänlaista ratkaisumallia kolonisoitujen valtioiden kulttuurihistoriallisesti merkittävien kokoelmien palauttamisessa lähtömaihin. Tässä konseptissa alkuperäinen materiaali palautettaisiin, mutta palauttavan tahon käyttöön jäisi siitä mittatarkka malli digitaalisena. Ongelmalliseksi tämän tekee se, ettei kohteesta tuotetun digitaalisen mallin omistajuus ole yksiselitteisesti mallin tuottaneen tahon omistuksessa, jos materiaalina on käytetty esimerkiksi siirtomaahallinnon alla olleesta valtiosta ryöstettyjä taide-esineitä. Jotkin alkuperäisen kokoelman palauttaneet museotahot ovat palauttamisen yhteydessä päätyneet siirtämään myös digitaalisten versioiden pääasiallisen käyttöoikeuden. Alalla ei kuitenkaan ole tämän suhteen luotu varsinaista standardisoitua käytäntöä. (Cieslik, 2023.) Readingin ja Exeterin yliopistojen julkaisussa *Recommendations on Digital Restitution and Intellectual Property* esitetään suositus aineettoman kulttuuriperinnön huomioimisessa palautettaessa kokoelmia lähtömaihinsa. (Pavis & Wallace 2022.)

Tuotettaessa yhteistyökumppanin, kuten sovellusdemon tapauksessa Kansallismuseon, kanssa sisältöä on kiinnitettävä huomiota yhteistyökumppanin tarjoaman sisällön tekijänoikeuksien merkitsemiseen. Finna-tietokannasta löytyvän, presidentti Kekkosesta tallennetun aineiston ohjeistuksissa materiaalien, kuten valokuvien, käyttöoikeusmerkinnäksi on laitettu CC BY 4.0, joka tarkoittaa, että tiedostoa voi käyttää vapaasti myös kaupallisiin tarkoituksiin. Kuviin tulee kuitenkin merkitä asianmukainen lähde. (Creative Commons i.a.)

MeMon tuottamaan sisältöön, kuten malleihin, kuviin ja videoihin, on tässä opinäytetyössä merkitty käyttöoikeuksien haltijaksi materiaalin tuottanut organisaatio. Lisätietoina esimerkiksi topologiaaltaan siistityssä sisätilamallissa on kuitenkin nimetty erikseen mallin tekijä.

## **4 Kohde: Tamminiemi ja Kekkosen työhuone**

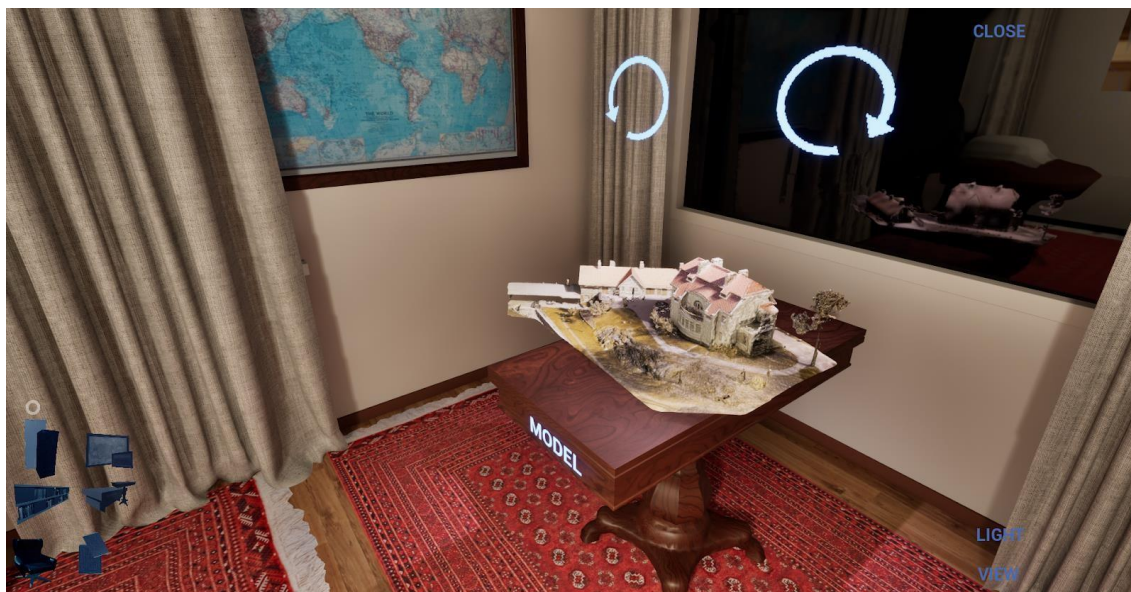
Sovelluksen ympäristönä toimii Tamminiemessä sijaitsevan presidentti Urho Kekkosen museoidun virka-asunnon työhuone. Vuonna 1904 valmistunut, arkkitehtien Sigurd Forsteruksen ja Gustaf Stengellin suunnittelema, jugend-tyylinen

rakennus toimi alun perin tanskalaisen tukkukauppiaan Jörgen Nilssenin perheen asuntona. Vuosina 1940–1986 rakennusta asutti tasavallan presidentti, joista viimeisin oli Kekkonen. Kekkonen kuoleman jälkeen museovirasto sai opetusministeriöltä tehtäväksi muodostaa Tamminiemestä Kekkonen museon. (Kansallismuseo i.a.)



Kuva 5: Tamminiemi (Museovirasto, 1907).

Työhuone itsessään tarjoaa interaktiiviselle kaksoselle sopivan ja mielenkiintoisen pohjan; presidentti Kekkonen käytössä ollut huone on museoitu sellaisena, kuin se alkuperäisessä käytössään oli, ja tilassa sijaitsevat esineet sopivat komponenteiksi pelimoottorissa toteutettuun ympäristöön. Näihin esineisiin voidaan lisätä kuva- ja äänisisältöjä, jotka käyttäjä aktivoi klikkaamalla esinettä.



Kuva 6: Tamminiemen pienoismalli Kekkonen työhuoneen interaktiivisessa kaksosessa (MeMo 2023).

Pitkäaikainen yhteistyö Kansallismuseon kanssa on tarjonnut mahdollisuuden kerätä suuren määrän dataa, joka soveltuu hyvin sovelluskehitykseen – interaktiiviset sovellukset lisäävät kohteiden informaation sisältöä, laajentavat kohderyhmää ja toimivat kohteiden digitaalisena arkistona. Kohteen kiinnostavuutta lisää myös siihen vahvasti liittyvä Kekkonen, joka on tullut tunnetuksi paitsi pääministerinä ja presidenttinä, myös vahvasti omalaatuisena hahmona.

## 5 Toimeksiantajan käyttämät 3D-mittausmenetelmät ja mallinnusohjelmat

### 5.1 Toimeksiantaja

MeMo on Aalto-yliopiston ja Maanmittauslaitoksen yhteinen tutkimusinstituutti, joka tuottaa kansainvälisen tason kehitys- ja tutkimustyötä maanmittauksen, sekä rakennus-, ympäristö- ja kulttuurialojen tarpeisiin. Instituutin työ perustuu 3D-mittauksen ja -mallinnuksen kautta saatavan tiedon hallintaan. Interaktiivisen kaksosen kehittämisessä hyödynnettiin MeMon laitteistolla kerättyä materiaalia.

## 5.2 MeMon kulttuurialaa käsitteleviä hankkeita ja julkaisuja

### 5.2.1 Kohti kulttuurialan digitaalisia kaksosia

Julkaisussa ”Luovien alojen nykytila, näkymät ja kasvupotentiaali: Creve 2.0 – Yrityspalvelut ja yhteistyömallit hankkeen tuloksia ja visioita” artikkelissa Kohti kulttuurialan digitaalisia kaksosia käydään läpi kuusi erilaista MeMon pilotoimaa living lab -projektia, joissa kulttuurialan kohteille on luotu dynaamista, digitaalista sisältöä.

Artikkelissa kuvataan 3D-tekniikan mahdollisuuksia kulttuurialojen sisällöntuottoon, joista living lab -esimerkkeinä mainittakoon:

- Museoesineiden 3D-digitointi, jossa Museoviraston kanssa yhteistyössä fotogrammetriaa hyödyntäen taltioituista esineistä luotiin kolmiulotteisia malleja.
- Kansallismuseon ”Lentävä matto” -tyyppinen virtuaalinen kierros, jossa museota kierretään lentävän maton kyydissä. Museon tornin seinä avautuu poikkileikkausnäkyväksi, jolloin voidaan havainnoida sen muutoin yleisöltä suljettua sisätilaa realistisena mallina.
- Hillastories-työryhmän kanssa toteutettu lisätyn todellisuuden (AR) sisältö kirjassa. Lisätyn todellisuuden sovellus kommunikoi kirjan sisällön kanssa tuoden uuden immersion tason tarinaan.  
(Talvela, ym., 2020.)

### 5.2.2 3D-kulttuurihubi

3D-kulttuurihubi on Aalto-yliopiston ja Humanistisen Ammattikorkeakoulun yhteistyöhanke, jossa pilotoitiin virtuaalisen ja kolmiulotteisen ympäristön avointa kehitysympäristöä kulttuurialalle. (Aalto-yliopisto & Humak 2020.) Esimerkkejä kulttuurihubiin liittyvistä julkaisuista:

- Ahlavuo, Hyyppä, 2018: Pari vuosikymmentä digitaalisen kulttuurin kelkassa. Julkaisussa kerrotaan 3D-mittaus ja mallinnustekniikoiden avulla toteutetusta sisällöstä kulttuurin monipuolisessa käytössä. (Ahlavuo & Hyyppä 2018)

- Ahlavuo, Hyyppä, 2018: Matkailu- ja teatteriala fanittavat maanmittausosaamista. Julkaisu käsittelee maanmittaustekniikan hyödyntämistä matkailualan tarpeisiin sekä teatterituotannoissa. (Ahlavuo & Hyyppä 2018.)

### 5.2.3 Modus 3D Journal

Modus 3D Journal on MeMon ylläpitämä verkkolehti, jossa julkaistaan asiantuntija-artikkeleita sekä nostoja liittyen 3D-mittaukseen ja mallinnukseen, geoinformatiikkaan, rakennettuun ympäristöön, insinööritieteisiin, teknologia- ja innovaatiojohtamiseen sekä kulttuuriin ja luoviin aloihin. (3D Modus Journal i.a.)

## 5.3 Menetelmiä ja laitteistoa

### 5.3.1 Työhuoneen tilamallin taltiointi

MeMon asiantuntijat kävivät kuvaamassa sekä mittaamassa laitteistollaan Tamminiemen sisä- ja ulkotilat vuonna 2017. Kuvauksiin sisältyi Kekkosen työhuoneen taltiointi aserkeilaimella, 360-kameralla sekä sisätilakartoitin Matterportilla. Näistä aineistoista työstettiin jatkokäyttöä varten 3D-malleja, kuvia ja videoita, joita käytettiin opinnäytetyössä käsiteltävän sovelluskehityksen sisältönä.

### 5.3.2 Menetelmät

MeMon 3D-mittausmalleja tuotetaan mm. seuraavilla menetelmillä:

#### Laserkeilain

- Laserkeilaus on menetelmä, jolla kartoitetaan ympäristön kolmiulotteista tietoa hyödyntämällä lasersäteitä etäisyyksien mittaamiseen. Tämä mittaus perustuu yleisesti ottaen lasersäteen matkaan laitteesta kohteeseen ja takaisin. Laserin luomaan pistepilveen voidaan myös sisällyttää samanaikaisesti otettuja kuvia, mikä mahdollistaa jokaiselle kolmiulotteiselle laserpisteelle oman väriarvon määrittämisen digitaalikuvien avulla (Ahlavuo, Hyyppä & Ylikoski 2016.)
- Laserkeilaimella taltiointiin opinnäytetyön sovelluskohteessa sisä- ja ulkotiloja.

## Sisätilakartoitin Matterport

- Matterport 3 on sisätilakartoitin, joka käyttää niin ikään laserkeilausteknologiaa yhdistäen sitä laitteen ottamaan valokuvamateriaalin tilasta. Laitteen ohjelmisto yhdistää kuva- ja laserkeilausmateriaalin luoden niistä automaattisen tilamallin. (Limaye 2023.)
- Matterportilla mitattiin kohteen sisätiloja
- Matterportin materiaali on tarkasteltavissa laitevalmistajan omassa, selainpohjaisessa palvelussa, josta sitä voi halutessaan ladata.



Kuva 7: Matterport-laitteella kuvattu näkymä Kekkosen työhuoneesta (MeMo 2017).

## Suuntaukseton eli 360-kamera (InstaPro 360)

- Suuntauksettomalla kameralla tarkoitetaan laitetta, jolla voidaan ottaa kuvia koko laitetta ympäröivästä tilasta joka suuntaan samanaikaisesti muodostaen 360-panoraamakuvia. (Insta360 User Manual.)
- Kamerasta saatava materiaali "stitchataan" eli siitä muodostetaan laitteen oman ohjelman avulla panoraamakuvia ja -videoita. 360-kameran materiaalista voidaan myös koostaa fotogrammetriamalleja.



Kuva 8: 360-panoraamakuva Kekkosen työhuoneesta (MeMo 2017).

### Drone

- Drone eli drooni on kauko-ohjattava, lentävä laite, jota käytetään esimerkiksi fotogrammetriaan (3D-mallien muodostaminen kuvien pohjalta) ja valo- sekä videokuvaamiseen. (Teittinen 2017.)
- MeMon käytössä drone on fotogrammetriamallien koostamisessa. Dronella päästään kuvaamaan ulkotiloja kuten rakennuksia ja muuta ympäristöä ylhäältä ja laitteella voidaan ohjaimen avulla lentää haluttua reittiä. Dronella kuvatuista kamera-ajoista voidaan koostaa making of -esittelymateriaalia, dynaamista tarina- ja informaatio sisältöä sekä fotorealistisia 3D-malleja.
- Laitteella kuvattiin Tamminiemen ulkopuoli ja materiaalista koostettiin kolmiulotteinen malli.

### Kamerat, videokamerat

- Kameroilla ja videokameroilla kuvataan making of -materiaalia, jonka lisäksi niiden materiaalin pohjalta voidaan koostaa fotogrammetriamalleja.

## 5.4 Aineiston käsittely

### 5.4.1 Fotogrammetriamallit

Fotogrammetriamalleja käyttäen voidaan tosielämän esineitä ja tiloja tuoda pelimoottori- ja 3D-mallinnusympäristöihin fotorealistisina toisintoina. 3D-mallit luodaan valokuvista, joita otetaan kohteesta useasta kuvakulmasta niin, että kuvissa on riittävästi päällekkäisyyttä. Korkearesoluutioisista, eri etäisyyksiltä ja korkeuksilta otetuista kuvista koostetaan pistepilvi, joka toimii pohjana kolmiulotteisen kuvan rakentamiselle. (Viitamäki 2021.)

### 5.4.2 Valmiin mallin topologian muokkaus

Kekkosen työhuone taltioitiin MeMon mittalaitteistoilla ja siitä saadusta mallista voidaan havainnoida tilan muoto, värit ja kohtalainen määrä yksityiskohtia.

Suoraan mittalaitteistosta saatu malli ei kuitenkaan ei kuitenkaan sellaisenaan sovellu käytettäväksi pelimoottorissa, sillä se on liian raskas; näyttävyystarpeella raskaan mallin voisi perustella, mutta Matterport-mallin laatu ei tätä tarvetta täytä.

3D-mallinnusohjelma Blenderissä sisätilan mallista MeMon 3D-artisti työsti yksinkertaisempia geometrisia muotoja sisältävän mallin, joka on paitsi ulkoasultaan siistimpi, myös optimaalisempi ratkaisu pelimoottorilla toteutetun sovelluksen sisällöksi.





Kuva 9: Valokuva Kekkonen työpöydästä (MeMo 2023).



Kuva 10: 3D-malli Kekkonen työpöydästä (Sebastian Aho / MeMo 2021).

#### 5.4.3 Referenssikuvista mallintaminen

Toisinaan kohteesta ei ole mahdollista saada täydellistä mallia tallointimenetelmien avulla. Tähän voivat vaikuttaa esimerkiksi olosuhteet, kuten valon määrä,

dronekuvaamisen estävä tuulinen ja sateinen sää tai muutoin luoksepääsemätön paikka. Tilasta saattaa myös puuttua jokin malli, joka on visualisoinnin, tarinankerronnan tai toiminnallisuuden kannalta oleellinen. Tässä opinnäytetyössä “puuttuva” malli oli videoprojektori; tilassa sijaitsevan videosisällön vuoksi oli perusteltua luoda komponentti, joka tunnistettavasti toimii sisällön aktivoijana (projektorin klikkaus avaa videosisällön).



Kuva 11: 3D-mallinnettu videoprojektori Kekkosen työhuoneen tilamalliin sijoitettuna (MeMo 2023).

## 6 Sovellusdemon työvaiheet

### 6.1 Interaktiivisen kaksosen tavoitteet ja tarkoitus

Pohjana interaktiiviselle kaksoselle toimi tarve saada MeMon mittalaitteiston materiaalia esitettäväksi helposti ymmärrettävään, interaktiiviseen muotoon. Tämän käyttötarkoitukseen soveltuu hyvin loppukäyttäjälle intuitiivinen ja toimintoiltaan suoraviivainen, pelimoottorissa rakennettu tarkastelusovellus.

Tarkastelusovellus liitettiin osaksi laajempaa kokonaisuutta, joka on tuotettu MeMon käyttöön eräänlaiseksi presentaatiopohjaksi; kolmiulotteisia malleja esitellessä pelkän kuvan tai videon avulla ne muuttuvat kaksiulotteisiksi medioiksi, jolloin erillisen mallien kolmiulotteisuutta hyödyntävän sovelluksen tarve on perusteltu.

Tällaisia tarkastelusovelluksia tarjoavat jo muutamat tahot, kuten laitevalmistaja Matterport, joka tarjoaa käyttäjälleen mahdollisuuden koostaa laitteella kuvastusta materiaalista 360-sisältöä ja lisätä siihen ääni- ja kuvamateriaalia. Tämän lisäksi käyttäjä voi halutessaan erillistä maksua vastaan ladata 360-sisällön pohjalta koostetun mallin omaan käyttöönsä valitsemassaan formaatissa. Lisäksi vastaavanlaista palvelua tarjoavat esimerkiksi dokumentointiin, valokuvaajille sekä muuhun visualisointiin keskittynyt My360 Tours ja lähestulkoon pelkästään kiinteistövälityksen työkaluksi tarkoitettu Zillow 3D Home. (Slashdot.com.)

Miten siis voidaan perustella pelimoottoripohjaisen sovelluksen tuottaminen vastaavanlaiseen käyttöön? Esimerkkejä oman sovelluksen hyödyistä ovat:

- Sisällön ja sen esittämistapojen hallinta; ei tarvetta käyttää kolmannen osapuolen verkkopalvelua ja ladata sisältöjä sinne.
- "Kustomoitavuus" eli tyyllillisten ja mekaniikallisten valintojen muokkaaminen yksilöllisiksi projektin tarpeiden mukaan.

- **Jatkokäyttömahdollisuudet:** koska kyseessä on prototyyppi ja sen toimintalogiikkaa voidaan monistaa, voidaan tulevaisuudessa tehdä samanlainen sovellus eri sisällöllä erilaiseen käyttötarkoitukseen.

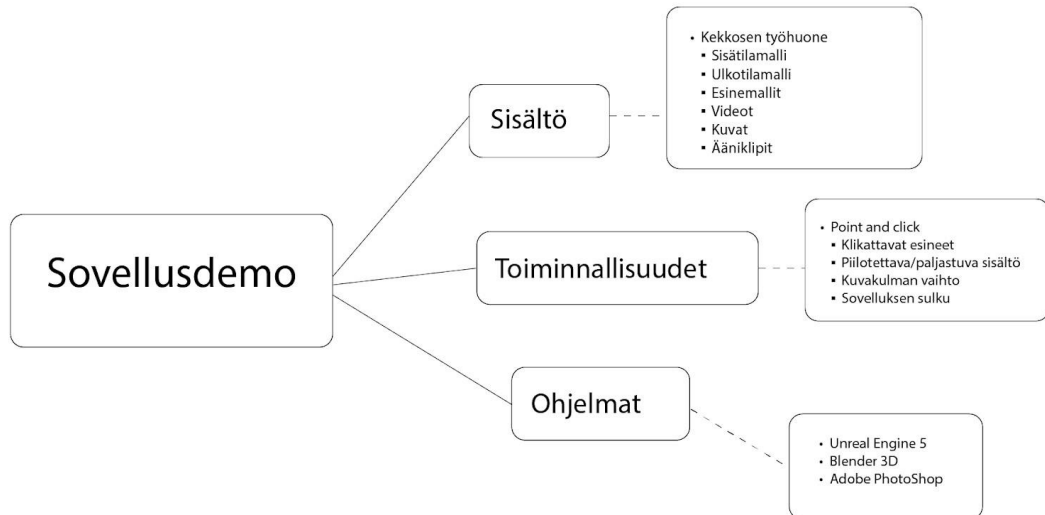
Opinnäytetyönä projektiosuuden tavoitteena oli toimivan sovellusdemon rakentaminen. Tämä tarkoittaa sitä, että opinnäytetyön valmistuessa on sovellus edelleen kehitysvaiheessa; siinä toteutuvat sovellussuunnittelulle tärkeät peruselementit, joiden pohjalta sovelluksen jatkokehittäminen on mahdollista. Kyseessä on siis niin kutsuttu MVP - Minimum Viable Product; toimiva mutta ulkoasullisesti viimeistelemätön sovellus.

## 6.2 Sovelluksen toimintaperiaate

Näyttöpäätekäyttöön suunnitellussa sovelluksessa käyttäjä tarkastelee tietokoneen näytöltä sovelluksen - tässä tapauksessa museon digitaalisen mallin - sisältöä käyttäen tietokoneen hiirtä. Sovelluksen sisällä liikutaan klikkaamalla lattiapintaa hiiren vasemmalla painikkeella ja näkymää käännetään painamalla hiiren oikeaa painiketta pohjassa - mekaniikka, jonka käyttöä voidaan verrata esimerkiksi Google Earthin käyttämään Street View -näkyvän liikkumistapaan (Google Earth). Muut interaktiot sovelluksen sisällä toimivat niin ikään hiiren vasemmalla painikkeella; auki klikattava sisältö, kuten videot, ääniraidat sekä kuvat aukeavat näiden interaktioiden kautta. Lisäksi erillisen, sovelluksen käyttäjänäkymään sijoitetun graafisen käyttöliittymän nappien toimintoja ohjataan klikkaamalla hiiren vasenta painiketta.

## 6.3 Sovelluksen suunnittelu

Alkuvaiheesta asti interaktiivisen kaksosen sovellusdemon suunnittelua on ohjannut sisällön visualisoinnin mahdollistamisen lisäksi käyttäjälähtöisyys. Millainen on loppukäyttäjä? Mitä ominaisuuksia sovelluksen tulee sisältää ollakseen käyttäjälle mahdollisimman luonteva ja intuitiivinen? Millaiseen ympäristöön sovellus sijoitetaan?



Kuva 12: Sovelluksen suunnitelmasta laadittu kaavio (MeMo 2023).

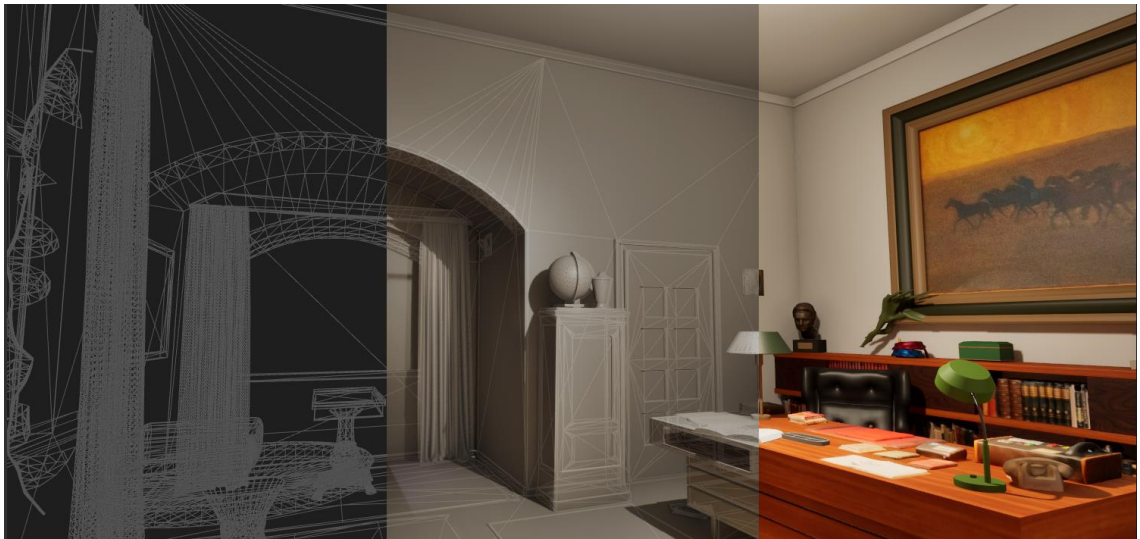
Interaktiivinen kaksonen on ensisijaisesti toteutettu demokäyttöön. Tämän vuoksi suunnittelussa oli tärkeää ottaa huomioon se, missä ja miten MeMon aineistoa esitellään. Erilaisiin esittelytilaisuuksiin, yhteistyökumppanien tapaamiin ja yleisötilaisuuksiin kootaan MeMon aineistoa monipuolisesti esille ja interaktiivisia komponentteja sisältävät demonstroivat materiaalia kaikkein luontevimmin. Kolmiulotteiset kappaleet ja ympäristöt on helpointa esittää alustalla, joka tukee muutakin, kuin kuva- ja videotiedostoja. Interaktiivisen kaksosen demo on näistä yksi esimerkki; näyttöpäätteellä hiirtä käyttämällä ohjattava sovellus, joka sisältää valmiiksi kaikki esiteltävät osuudet ollen kuitenkin video- tai kalvoesitystä monipuolisempi.

Mahdollisena loppukäyttäjänä MeMon lisäksi sovelluksella voisivat olla paitsi sisällön omistava museotaho, myös mahdollisesti museovieraat. Keskimääräistä museokävijää on vaikea profiloida, minkä vuoksi käytettävyyteen oli kiinnitettävä erityistä huomiota. Hiiren klikkauksiin perustuvat interaktiot, yksinkertaiset, symboleita tekstin sijasta sisältävät ohjeistukset, sekä vastaavanlaisia, suuren yleisön tuntemia toimintamekaniikkoja mukailevat toiminnot.

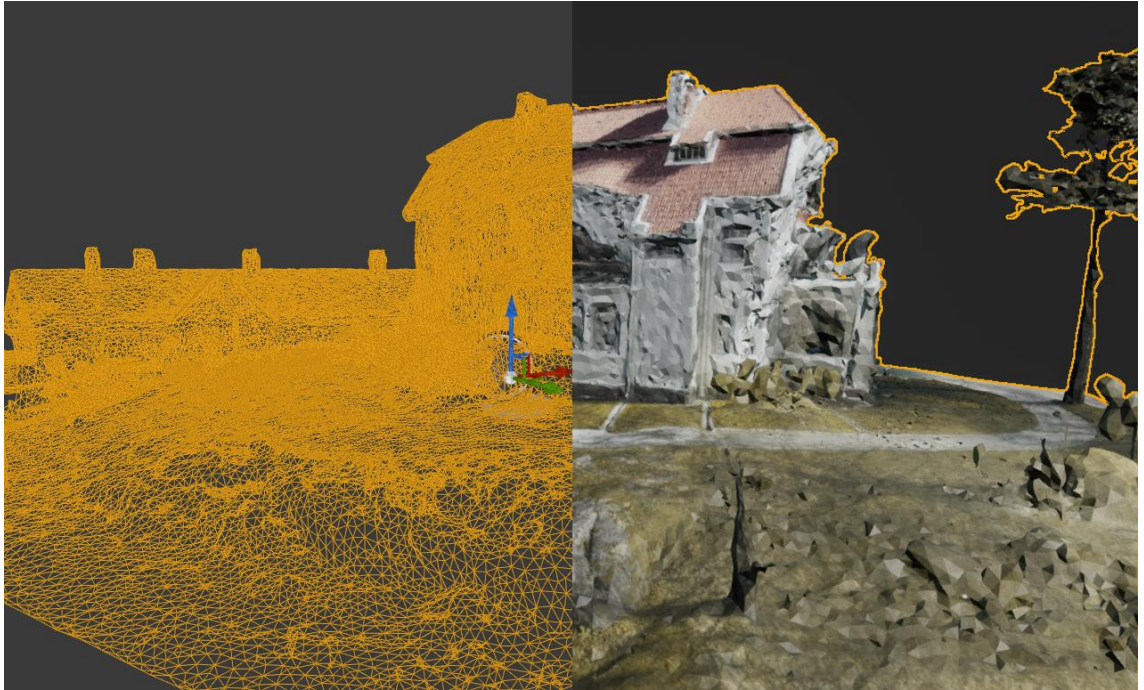
## 6.4 Sisältönä käytetty materiaali

Interaktiivisen kaksosen 3D-sisällöstä määräsi MeMon tuottama materiaali, jota oli toteutettu mittaamalla ja kuvaamalla kohdetta. Raakamateriaalista tuotettiin jatkokäyttöön sopivissa tiedostomuodoissa sisältöä, kuten 3D-mallit, videot ja kuvat. Sovelluksen ympäristönä toimii kevennetty, topologiaaltaan yksinkertaisempi versio tilan 3D-mallista oikeassa mittakaavassa. Kevyemmän version kolmioverkkomäärää on huomattavasti pienennetty, mikä tekee siitä pelimoottoriin käyttöön soveltuvamman.

Topologiaaltaan kevyempi tilamallin versio on mittausdatasta saatuun malliin pohjaava, mutta ei kuitenkaan rekonstruktio. Sitä voidaankin siis kutsua presentaatiomalliksi – se sisältää oikean mittakaavan, oikeanlaisen esineistön ja rekonstruktiohallin pohjalta tehdyt tekstuurit. Tällä tavoin pyritään tasapainoilemaan mahdollisimman tunnistettavan mallin ja sitä toistavan digitaalisen alustan suorituskyvyn välillä. (Spallone, Lamberti, Guglielminotti Trivel, Ronco & Tamantini 2021.)



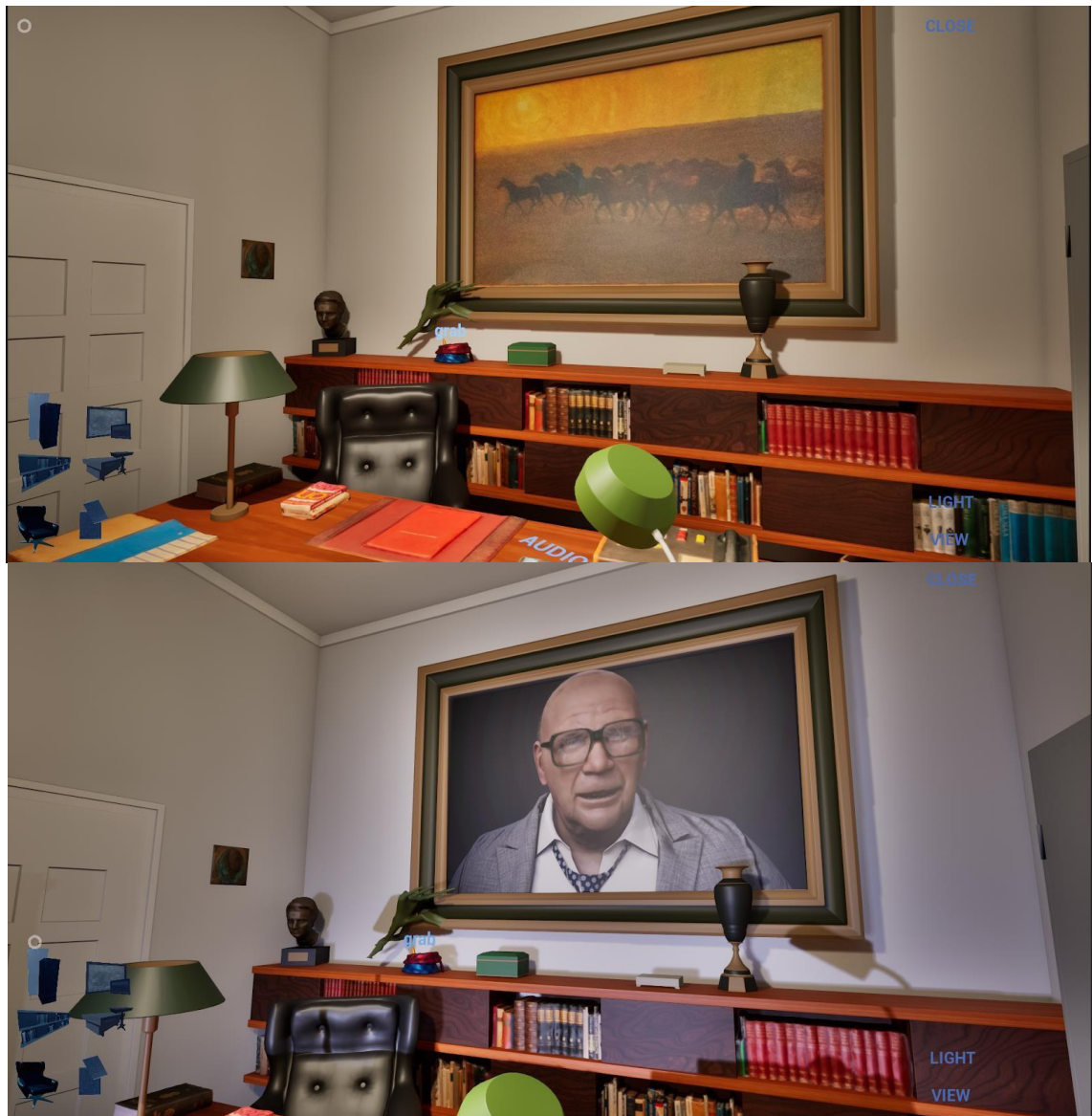
Kuva 13: Screenshot työhuoneen kevennetystä mallista, jossa näkyy kolmioverkko (Sebastian Aho / MeMo 2023).



Kuva 14: Esimerkki talon ulkopuolen mallin topologiasta; kolmioverkkomalli on tiheämpi kuin sisäpuolen kevennetyssä mallissa (MeMo 2023).

Interaktiivisessa kaksoosessa käytettiin sisältöateriaalia, joka tekee siitä tunnistettavan, kuten Kekkosen työhuoneen 3D-mallia, kuvaa, ääntä ja videomateriaalia.

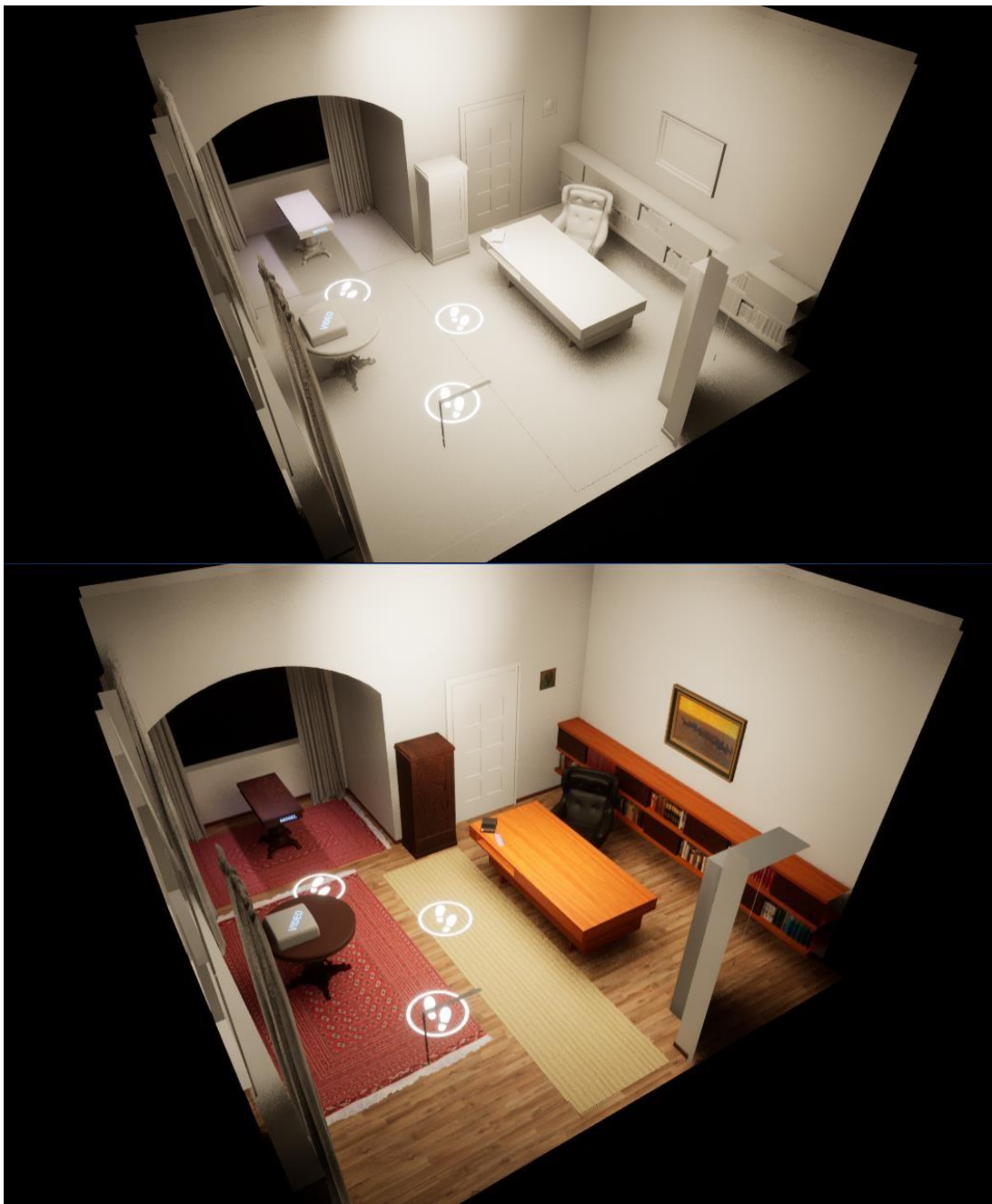
Interaktioiden kautta avattavana sisältönä lopputuotteessa ovat kuvat, videot ja 3D-mallit, joita on valmistettu eri menetelmillä tuotetuista sisällöstä.



Kuva 15: Tamminiemen tilamallissa sijaitsevaan tauluun heijastettua videosisältöä (MeMo 2023).

3D-mallit, jotka toimivat sovelluksen ympäristönä sekä osittain sen interaktiivisina komponentteina, on tuotettu kohteen mittausaineistosta. Jotta 3D-malleista saatiin pelimoottoriin soveltuvia, ne oli koostettava mesh- eli kolmioverkkomalleiksi. Pelimoottoreista Unreal Engineillä on mahdollista toistaa myös pistepilvimalleja ohjelman sisään rakennetun lisäosan avulla.





Kuva 16: Työhuoneen malli teksturoimattomana sekä teksturoituna (MeMo 2023).



Kuva 17: Tamminiemen ulkopuolen pistepilvimalli pelimoottorissa (MeMo 2023).

## 6.5 Työskentely pelimoottorissa

Lopputuotteen ollessa tietokonesovellus, oli sen suunnitteluun luontevaa valita pääasialliseksi työkaluksi pelimoottori, eli videopelin ohjelmistokehys. Pelimoottorin sisältämät ominaisuudet soveltuvat paitsi pelien, myös muiden interaktiivisten sovellusten, kuten tämän opinnäytetyön toiminnallisuuksien suunnitteluun.

Unreal Engine -pelimoottoriin 3D-mallit tuotiin .fbx -tiedostoina, jotka sisälsivät itse mallin lisäksi sen tekstuurikomponentit. Tämän jälkeen niitä luokiteltiin kategorioihin, joille luotiin ”isäntäkomponentti”, joka sisältää mallin tai tarvittaessa useampia sekä toiminnallisuuksia (Unreal Enginessa näitä kutsutaan nimellä “actor”).



Pelimoottorissa sovelluksen ympäristönä toiminut malli sijoitettiin siten, että käyttäjän kameranäkymä on keskiössä; käyttäjä näkee ympäristön, kuin sijaitisi siinä itse ja voi tarkastella komponentteja (mallit, kuvat ja videot) sekä vuorovaikuttaa niiden kanssa yksinkertaisen osoitus ja klikkaus (eng. point and click) -mekaniikan avulla. Koska koko sovelluksen suunnitteluprosessia ohjasi ennen kaikkea yksinkertaisuus loppukäyttäjän näkökulmasta, ei sovellusdemon lisätty lainkaan näppäimistökomentoja.

Osoitus- ja klikkausmekaniikkaa on sovellettu myös sovelluksen sisällä liikkumiseen. Pelimoottorin NavMesh-komponentilla luodaan tilan lattiapintaa varten alue, jota pitkin liikutaan klikkaamalla. Tämän kaltainen käyttöjärjestelmä mukaillee esimerkiksi Google Mapsin Street View -näkökulman liikkumismekaniikkaa.

## 6.6 Lopputulos

Sovellusdemon lopullinen pohjarakenne pitää sisällään

- tilassa liikkumisen.
- huonekalujen deaktivoimisen/aktivoimisen painikkeiden avulla; käyttäjä voi tutkia tilaa ilman huonekaluja – tämä auttaa esimerkiksi tilaan piilotettujen objektien löytämisessä.
- äänisisällön toistamisen.
- videosisällön toistamisen.
- pienoismalliesineiden aktivoimisen ja niiden tarkastelun eri puolilta pyörittämällä.
- klikkaamalla tapahtuvan pelisisällön (käyttäjä ”kerää” esineitä yksi kerrallaan klikkaamalla niitä ja kaikki esineet kerättyään saa auki lisäsisältöä).

Käytettävissä oleva laitteisto ja resurssit määrittivät sen, että lopputuotteena on niin kutsuttu ”Windows-buildi” eli Windows 10/11 käyttöjärjestelmää käyttävälle tietokoneelle valmistettu sovellustiedosto. Toimiakseen sovellus tarvitsee edellä mainittua käyttöjärjestelmää käyttävän tietokoneen. Sovellus on kohtalaisen kevyt (tiedostokoko noin 2GB), jolloin sen pyörittämiseen ei tarvita teho-

kasta pelikonetta. Tämä mahdollistaa sovelluksen asentamisen helposti käyttöön esimerkiksi museoon tai muuhun ajankohtaiseen kohteeseen, jossa sovellusta halutaan käyttää.

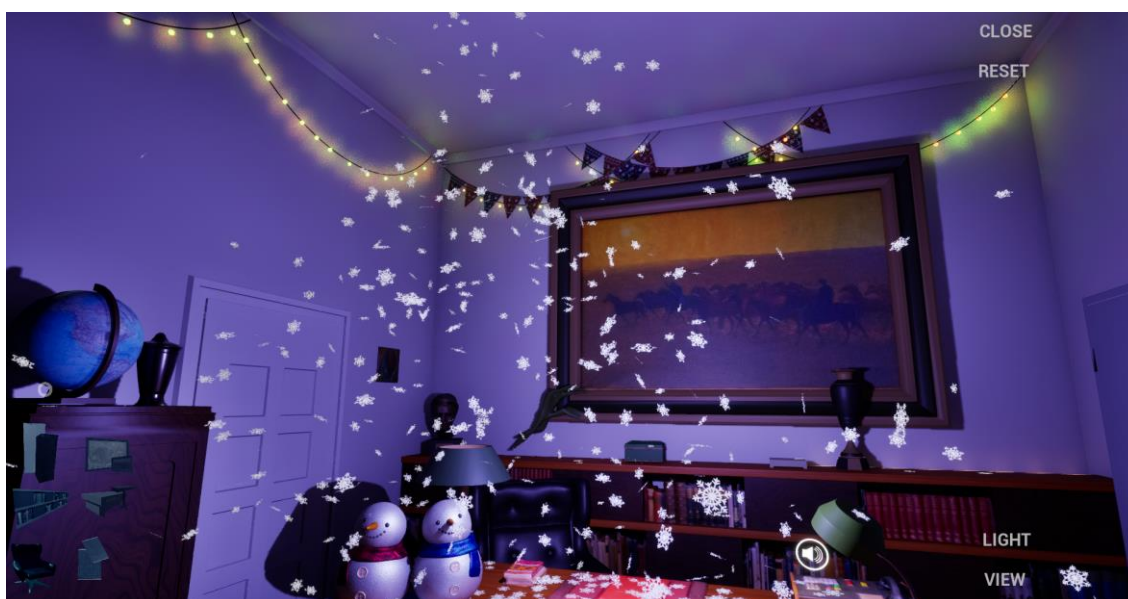
## 6.7 Demon testaaminen tapahtumakäytössä

Tamminiemen Retrojoulu -tapahtumassa 2.12.2023 interaktiivinen kaksonen pääsi ensimmäisen kerran testikäyttöön. Tapahtumaa varten demon ulkoasusta muokattiin jouluteemainen: käyttäjä voi halutessaan koristella työhuonetta jouluisiksi. Kansallismuseo mainosti sovellusta verkkosivuillaan osana tapahtumaa.

Tutustu Tamminiemen 3D-virtuaalikerrokseen, nonstop

Tutkijat ovat kehittäneet Tamminiemen retrojouluun pelillisen kurkistuksen Kekkonen museoituun työtilaan. Interaktiivisessa toteutuksessa käyttäjä voi klikkailemalla aktivoida tilasta löytyvää sisältöä; etsimällä ympäristöstä joulukoristeita Kekkonen työhuoneeseen voi vaikkapa luoda jouluisen tunnelman. Kurkistus Kekkonen työtiloihin on toteutettu Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti MeMon asiantuntijoiden tuottaman 3D-mittaus- ja mallinnusaineiston pohjalta.

(Kansallismuseo: Tamminiemen retrojoulu, 2023.)



Kuva 20: Jouluteemainen koristelu tapahtumaa varten (MeMo 2023).



Kuva 21: Jouluteemaan lisätyn minipelin kautta käyttäjä saa auki näkymän, jossa on Tamminiemen ulkotilan 3D-malli (MeMo 2023).

Jouluteeman kautta saatiin sovellukseen myös pientä pelillistä sisältöä. Klikattuun kaikki joulukoristeet näkyville käyttäjälle avautuu "elävä joulukortti", jossa on Tamminiemen ulkotilan 3D-malli ja sen ympärille rakennettu talvimaisema.

Sovelluksen testaaminen paikan päällä Tamminiemessä tapahtui kahdella näyttöpöydällä ja hiiren sisältävällä testauspisteellä, joka oli sijoitettu talon yläkerran neuvotteluhuoneeseen. Kävijöiden annettiin joko vapaasti tai tarvittaessa ohjeistettuna tutkia sovellusta itse, antaen samalla taustatietoa sovelluksen sekä sisällön toteutusmenetelmistä. Määrällisesti testaaajia oli arviolta noin kolmisenkymmentä, minkä lisäksi sovelluksesta muuten kiinnostuneita katsojia oli enemmän. Tapahtumassa oli kaiken kaikkiaan toista sataa kävijää, joista suurin osa löysi tiensä myös katsomaan sovellusdemoa. Testaajien ikä vaihteli ala-asteikäisistä lapsista seniori-ikäisiin. Varsinaista tilastointia esimerkiksi kyselylomakkeen muodossa ei tehty, jotta testaus saatiin pidettyä sujuvana.



Kuva 22: Tamminiemen Retrojoulu -tapahtumassa toteutettu testauspiste interaktiivisen kaksosen demolle (MeMo 2023).

Tapahtuman yhteydessä saatu palaute sovelluksesta oli pääosin erittäin positiivista. Kehuja sekä yleisöltä että Kansallismuseon taholta saivat varsinkin sovelluksen pelillistäminen sekä 3D-mallien toteutus. Kansallismuseon yleisösuhte-päällikkö Hanna Forssell mainitsee kommentissaan, että sovelluksen pelillinen osuus on toteutettu tarpeeksi rauhallisesti: käyttäjä ei koe kiirettä löytää ympäristön esineitä, vaan saa omaan tahtiinsa tutustua klikattavaan sisältöön. Tamminiemen, Hvitträskin sekä Seurasaaren museopalveluista vastaava Kansallismuseon intendentti Mikko Teräsvirta nostaa esille saavutettavuusnäkökulman: interaktiivinen kaksonen tarjoaa esteettömän pääsyn aidon tilan pohjalta toteutettuun ympäristöön, jonne vaikkapa apuvälineitä käyttävän henkilön ei olisi muutoin mahdollista päästä.

## 6.8 Sovellusdemon jatkokehityspotentiaali

Interaktiivinen kaksonen sisältää tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä perustoitteinnallisuudet ja osan käytettävissä olevasta sisällöstä, sillä tarkoituksena oli saada toimiva pohja jatkokehittämistä varten. Kyseessä on siis niin sanottu prototyyppi, josta voidaan tulevaisuudessa toiminnallisuuksia kopioida toisiin projekteihin, sekä pohjaa itsessään voidaan “monistaa” käyttäen nykyisen sisältöaineiston tilalla jotain vaihtoehtoista materiaalia tai tuoda sovellukseen kokonaan uusia sisällön esitysvaihtoehtoja.

Jatkotyöstämisen kannalta tärkeintä onkin eräänlaisen kehikon rakentaminen, joka sisältäisi sovellusdemon peruselementit ilman visuaalista sisältöä, jolloin se olisi mahdollisimman helppoa monistaa. Kehikon tulisi sisältää koodirakenne, joka pyörittää sovelluksen toimintoja, varsinaisen sisällön paikkoja merkkavat paikannäyttäjät (engl. placeholder) ja ohjeistus toiminnallisuuksien käyttöön. Lisäksi kansiorakenne tulee järjestellä siten, että kehikon komponentit ja sisällöllinen materiaali, kuten ulkopuolelta tuodut mallit, kuvat ja videot, ovat omissa, niille merkityissä kansioissa.

Unreal Engine -pelimoottorissa on mahdollista siirtää komponentteja projektista toiseen. Myös projektipohjia voidaan tallentaa ja käyttää erilaisten sisältöjen kanssa omina versioinaan.

Tamminiemen museon kanssa neuvotellaan sovellusdemon luovuttamisesta heidän käyttöönsä, koska se osoittautui testikäytössä varsinkin nuorille houkuttavaksi tavaksi esitellä Tamminiemeä.



## 7 Reflektointi

Tässä kappaleessa keskitytään lähinnä opinnäytetyön projektiosuuden työvaiheiden ja lopputuloksen reflektointiin. Projektiosuuden suhteen opinnäytetyön johdannossa mainitun tavoitteen työosuuden sovellusdemon tuottamisesta toimeksiantajan tarpeisiin voidaan katsoa täytyneeksi, sillä demo on tämän opinnäytetyön kirjallisen osuuden valmistuessa ollut jo testikäytössä tapahtumassa. Lisäksi voitaneen mainita, että tutkimusosuus on onnistunut katsaus digitaalisiin 3D-toisintoihin, virtuaalimuseoihin, sekä MeMon toimintaan; sovellusta suunniteltaessa huolellinen taustatutkimus on tärkeä osa työprosessia, jolloin on perusteltua sisällyttää se opinnäytetyöhön.

Tässä kohtaa voidaankin tarkastella tähänastisia tuloksia ja mitä niistä on mahdollista oppia jatkoa ajatellen.

Mikä onnistui?

- Ympäristön suunnittelu tunnistettavaksi ja mielenkiintoiseksi.
- MeMon materiaalin hyödyntäminen toimivan sovellusdemon pohjana.
- Erilaisten sovellusinteraktioiden esittäminen osana sovellusdemon-toimintamekaniikkaa.
- Käyttöliittymän suunnittelu helppokäyttöiseksi.

Mitä olisi voinut tehdä toisin?

- Alustana olisi voinut käyttää Unreal Enginen tilalla tutumpaa pelimoottoria, joskin Unreal Enginen käyttö oli tässä projektissa perusteltua.
- Ympäristöä olisi voinut laajentaa reippaasti – tämä on tosin vielä mahdollista, sitä mukaa, kun sovellukseen löytyy lisää tilamalleja ja muuta materiaalia.
- Sovelluksen käyttöä joutui testauksessa ohjeistamaan, sillä moni käyttäjä ohitti ruudulla näkyvät käyttöohjeet – tästä voitaneen päätellä, että jo käytön ohjeistus kannattaisi pelillistää käyttäjän interaktioista saatavalla palautteella.
- Suunnittelussa oli alustan käyttämisen opettelun vuoksi liiaksi kaootista yritystä ja erehdystä.

Mihin tulee jatkossa kiinnittää huomiota:

- Syvemmän tarinallistamisen tai pelillistämisen mahdollisuus; MeMon ulkopuoliseen käyttöön tästä voidaan jalostaa versioita, joissa on tarinallista, kohteeseen liittyvää sisältöä sekä monimutkaisempaa toiminnallisuusmekaniikkaa, joka luo pelinkaltaisen jatkumon käyttäjäkokemukseen.

Miten toimeksiantaja hyötyy sovellusdemosta:

- MeMon käyttöön jää sovellusdemon pohja, sekä tämänhetkisellä sisällöllä varustettu buildi, jota voidaan käyttää demonstraatiotarkoituksiin.
- Sovelluksen inspiraationlähteistä ja ideoinnista toteutukseen asti kulkeva työ.
- Pelimoottoriin rakennetun, kokonaisen ja Windows-buildiksi asti tuotetun sovellusdemon koko työmäärän läpikäynti antaa hyvän kuvan tämän kaltaisen projektin laajuudesta ja työmäärästä. Tapahtumakäytössä testaaminen eli ns. ”demottaminen” tuo myös arvokasta käyttäjäkokemusdataa, jonka pohjalta uusien vastaavien sovellusratkaisujen tuottamista voidaan kehittää.
- 3D-osaajien materiaalin vienti pelimoottoriin ja sovelluskehitys niiden pohjalta tarjoaa MeMolle kiinnostavia tapoja havainnollistaa kulttuurisisältöä.
- Toteutunut sovellusdemokonsepti tulee toimimaan MeMon pohjana suunniteltaessa vastaavia tuotoksia YLElle, seurakunnille ja museolle.

## 8 Lopuksi

Opinnäytetyön aihetta ja työmenetelmiä valittaessa korostettiin alkuseminaarissa sitä, ettei uusia menetelmiä ole järkevää tai hyödyllistä lähteä tässä vaiheessa opettelemaan. Tämä on erittäin perusteltua, sillä uusien ohjelmien ja laitteiden käyttöönotto vie oman aikansa ja kaikki se on pois itse opinnäytetyön tekemisestä.

Luonnollisesti päätin siis haastaa itseäni tämän opinnäytetyön kanssa ja ottaa käyttöön pelimoottorin, josta minulla oli kohtalaisen vähän aikaisempaa kokemusta. Täysin syvään päätyyn ei kuitenkaan tarvinnut hypätä, sillä jossain määrin samat lainalaisuudet pätevät Unreal Engineessä ja aikaisemmin käyttämäkseni Unityssä, minkä lisäksi olen tehnyt yksinkertaisia kokeiluja Unreal Enginellä. Opinnäytetyön projektiosuudeksi valikoitunut työ oli ensimmäinen, jossa pääsin kokeilemaan noodipohjaista koodausta tällä pelimoottorilla ja käymään läpi koko prosessin alusta loppuun, tyhjän projektipohjan avaamisesta sovelluksen Windows-buildiin asti.

Pyrkimykseni oli tämän opinnäytetyön myötä avata sovellusdemon suunnittelu- ja kehitysprosessia kokonaisuudessaan, ja tässä mielestäni onnistuin. Työvaiheiden dokumentointi on sovelluskehittäjälle erityisen tärkeää, sillä sitä kautta voi jatkossa arvioida työhön käytettävän ajan, tiivistää ydinasiat sovelluksen toimintaperiaatteesta, sekä pysyä kartalla käytetyistä ohjelmista.

Interaktiivinen kaksonen valmistui sille varatussa aikataulussa ja oli valmistuttuaan yksi Tamminiemen retrojoulun vetonauloista. Julkiseen testikäyttöön valmistaminen toi työskentelyyn oman lisähaasteensa, mutta teki sovelluksen kehittamisestä erityisen motivoivaa.

## Lähteet

Aalto-yliopisto 2021: 3D-kaupunkimalleille on satoja eri käyttötarkoituksia <<https://www.aalto.fi/fi/uutiset/3d-kaupunkimalleille-on-satoja-eri-kayttotarkoituk-sia>> (viitattu 19.11.2023)

Aalto-yliopisto & Humak 2020: 3D-kulttuurihubi <<https://memo.aalto.fi/projects/3d-kulttuurihubi/>> (Viitattu 20.11.2023)

ACRE.org: Tomb of Menna (TT69) in the Theban Necropolis, verkkosivu <<https://arce.org/project/tomb-menna-tt69-theban-necropolis/>> (viitattu 20.10.2023)

Ahlavuo, Marika & Hyypä, Hannu 2018. Matkailu- ja kulttuuriala fanittavat maanmittausosaamista <[https://www.maankaytto.fi/arkisto/la-taa.php?url=mk118/mk118\\_2026\\_ahlavuo\\_hyypa.pdf](https://www.maankaytto.fi/arkisto/la-taa.php?url=mk118/mk118_2026_ahlavuo_hyypa.pdf)> (viitattu 20.11.2023)

Ahlavuo, Marika & Hyypä, Hannu 2018. Pari vuosikymmentä digitaalisen kulttuurin kelkassa <[https://www.maankaytto.fi/arkisto/mk218/mk218\\_2055\\_ahlavuo\\_hyypa.pdf](https://www.maankaytto.fi/arkisto/mk218/mk218_2055_ahlavuo_hyypa.pdf)> (viitattu 20.11.2023)

Barlow, Chris & Day, Charles & Fan, Zhong & Fuller, Aidan 2020: Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research <[doi.org/ 10.1109/ACCESS.2020.2998358](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358)> (viitattu 18.9.2023)

Coates, Charlotte 2023: How Museums are using Augmented Reality <<https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>> (viitattu 6.11.2023)

Creative Commons: CC BY 4.0 DEED ><https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fi>> (viitattu 20.11.2023)

De Gasperis, Giovanni & Cucchiara, Francesco & Cordisco, Alessio 2018: Immersive Virtual Reality As A Resource For Unaccessible Heritage Sites <<http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/364/1/012035>> (viitattu 6.11.2023)

Gilmore, Abigail & Jay, Caroline & Noehrer, Lukas & Yu, Yehundi 2021: The impact of COVID-19 on digital data practices in museums and art galleries in the UK and the US <<https://www.nature.com/articles/s41599-021-00921-8>> (viitattu 6.11.2023)

Google Earth, käyttöohjeet 2023: <<https://www.google.com/earth/about/>> (viitattu 24.11.2023)

Ho, Victoria 2016, Mashable: Singapore museum adds an interactive virtual forest <<https://mashable.com/article/virtual-forest-singapore-national-museumteamlab>> (viitattu 20.10.2023)

Insta360: User manual, käyttöohje <https://onlinemanual.insta360.com/pro1/en-us/basic/prepare/3> (viitattu 6.11.2023)

Kaarto, Pasi & Torkkel, Ale 2016, video: House of the Estates Photogrammetry Model < <https://aletorkkel.com/2016/03/08/house-of-the-estates-photogrammetry-model/>> (viitattu 24.11.2023)

Kansallismuseo <<https://www.kansallismuseo.fi/fi/tamminiemi/tamminiemen-historiaa>> (viitattu 20.10.2023)

Kansallismuseo: Tamminiemen retrojoulu <<https://www.kansallismuseo.fi/fi/tahtumat/tamminiemen-retrojoulu>> (viitattu 4.12.2023)

Koski, Heli 2015: Avoimen tiedon vaikuttavuus – esitutkimus < <https://vm.fi/documents/10623/1107406/Avoimen+tiedon+vaikuttavuus/cd515174-dfeb-4959-a193-246ef2fbefc7?version=1.0>> (viitattu 20.11.2023)

Limaye, Abhijit 2023: Choose Pro3 for unprecedented scanning speed for substantial cost savings and increased productivity < <https://matterport.com/blog/choose-pro3-for-unprecedented-scanning-speed-for-substantial-cost-savings>> (viitattu 20.11.2023)

My360, käyttöohje < <https://my360tours.com/make-your-own-virtual-tours/>> (viitattu 24.11.2023)

Pavis, Mathilde & Wallace, Andrea 2023: Recommendations on Digital Restitution and Intellectual Property Restitution <<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4323678>> (viitattu 24.11.2023)

Petit Galerie, virtuaaligalleria <https://petitegalerie.louvre.fr/visite-virtuelle/saison2/> (viitattu 19.11.2023)

Rönneck, Sara 2022: Kulttuurihistoriallisen museon digitaaliset elämykset lapsille ja nuorille <<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022112323751>> (viitattu 19.11.2023)

Sainio, Riikka 2015: Museot ja avoin data - näkökulmia kulttuuriperintöaineiston avaamiseen < [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/102037/Sainio\\_Riikka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/102037/Sainio_Riikka.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> (luettu 19.11.2023)

Slashdot.org: Alternatives to Matterport <<https://slashdot.org/software/p/Matterport/alternatives>> (luettu 24.11.2023)

Smithsonian Museum of Natural History, Smithsonian Institution's Digitization Program Office, verkkosivu: <https://3d.si.edu/> (viitattu 19.11.2023)

Spallone, Roberta & Lamberti, F. & Guglielminotti Trivel, M. & Ronco, F. & Tamantini, S. 2021: 3D RECONSTRUCTION AND PRESENTATION OF CULTURAL HERITAGE: AR AND VR EXPERIENCES AT THE MUSEO D'ARTE ORIENTALE DI TORINO < [doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-697-2021](https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-697-2021)> (luettu 20.11.2023)

Talvela, Juhani & Hyyppä, Hannu & Ahlavo, Marika & Kurkela, Matti 2020: Luovien alojen nykytila, näkymät ja kasvupotentiaali Creve 2.0 - Yrityspalvelut ja yhteistyömallit hankkeen tuloksia ja visioita < <https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/97640/isbn9789526401140.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> (viitattu 19.11.2023)

Teittinen, Hannu 2017: Georeferoidun pistepilven tuottaminen miehittämättömällä lentoaluksella kerätystä kuva-aineistosta <<http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201704133594>> (viitattu 6.11.2023)

Viitamäki, Lauri 2021: Fotogrammetria – Case: Maaston mallinnus <<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021121025142>> (viitattu 19.11.2023)

YLE 2016: Ääniä sielujen huoneista <<https://yle.fi/a/3-9113064>> (viitattu 19.11.2023)

Zillow 3D home 2006: <<https://www.zillow.com/z/3d-home/>> (viitattu 24.11.2023)