



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Taru Lahtinen

# Kaupunkisuunnittelu peliympäristössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriyö

5.3.2019

Tekijä Otsikko	Taru Lahtinen Kaupunkisuunnittelu peliympäristössä
Sivumäärä Aika	37 sivua 5.3.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine	Pelisovellukset
Ohjaaja	Lehtori Antti Laiho
<p>Insinööriyön tavoitteena oli selvittää, voisiko virtuaalitodellisuutta ja siihen liittyvää teknologiaa hyödyntää kaupunkien suunnittelussa ja ihmisten osallistamisessa kaupunkisuunnittelussa. Projektin toteutti Metropolia Ammattikorkeakoulun soveltavan digiteknologian tutkimus- ja kehitysyksikkö Electria, ja sen asiakkaana oli Vantaan kaupunki.</p> <p>Vantaan kaupunki halusi prototyypin sovelluksesta, jolla voitaisiin testata, miten hyvin virtuaalimaailmaan saisi toteutettua kaupunkisuunnitteluun tarvittavia työkaluja, miten maailmassa luotua suunnitelmaa voisi esitellä ihmisille ja miten ihmisten mielipiteet suunnitelmasta saataisiin kerättyä mahdollisimman tehokkaasti ja selkeästi. Prototyyppi kehitettiin Unity-pelimootorilla ja virtuaalitodellisuus-alustana oli HTC-Vive.</p> <p>Insinööriyön tuloksena saatiin karkea prototyyppi sovelluksesta, jossa sovelluksen sisällä olevaa mallia voi tarkastella, muokata tietyin rajoituksin ja kommentoida. Prototyypin lisäksi saatiin kerättyä tietoa ihmisiltä siitä, mitä mieltä he olivat sovelluksesta ja olisivatko he valmiita käyttämään vastaavanlaista sovellusta, jos sellainen joskus tehtäisiin. Suurin osa suhtautui prototyyppiin positiivisesti, vaikka ongelmia ilmeni, eikä kaikkea ollut hiottu loppuun asti. Virtuaalitodellisuusteknologia on kuitenkin vielä hyvin rajoitettavaa ja tuntematonta monille, mikä aiheutti monia haasteita prototyypin kanssa. Tulokset kuitenkin antavat pientä toivoa siitä, että vastaavanlainen sovellus voisi auttaa kaupunkisuunnittelijoita, kunhan nämä rajoitteet saadaan ratkaistua.</p> <p>Vielä ei ole tietoa, mihin suuntaan prototyypin kehitys lähtee etenemään, vai lähteekö ollenkaan. Kuitenkin testeistä saatua materiaalia voi tarvittaessa hyödyntää tulevaisuudessa, kun teknologia kehittyy.</p>	
Avainsanat	virtuaalitodellisuus, kaupunkisuunnittelu, Unity, HTC-Vive

Author Title	Taru Lahtinen Urban planning in game environment
Number of Pages Date	37 pages 5 March 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and Communication Technology
Professional Major	Game Applications
Instructors	Antti Laiho, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to study if virtual reality and related technology could be used to help urban planning process and to encourage people into participating in it. The project was done by Metropolia's research and development unit Electria for the city of Vantaa.</p> <p>The city of Vantaa wanted a prototype which could be used to determine how well virtual reality environment could be used to hold many tools used by urban planners, how the plans made with the prototype could be shown to others and how others could comment the plans. The prototype was made with Unity game engine for HTC Vive virtual reality platform.</p> <p>As a result, a prototype was done where a model of a city plan can be inspected, modified and commented on. In addition, information was collected from people to find what they thought of the prototype and whether they would like to use a similar application if one is made. Most of the people reacted positively to the prototype even though there were still many problems in the prototype. The technology behind virtual reality is still limited and strange to people which causes some problems. The results still give a hint for the future that this kind of application could be useful when the hardware problems are solved.</p> <p>It is not known if the prototype will be developed more or not. However, the material gained in the demos can be used in the future when technology develops.</p>	
Keywords	Virtual Reality, Urban Planning, Unity, HTC-Vive

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kaupunkisuunnittelu pähkinänkuoressa	2
2.1	Kaupunkisuunnittelun yleisiä haasteita	4
2.2	Mahdollisia ratkaisuja	5
2.3	Kaupunkisuunnittelu peleissä	7
3	Tikkuraitti-sovelluksen ominaisuuksia	16
3.1	Ominaisuuksia suunnitteluun	17
3.2	Ominaisuuksia kaupunkilaisille	24
4	Projektin eteneminen	26
5	Kaupunkisuunnittelutyökalun tulosten analyysi	29
6	Yhteenveto	32
	Lähteet	34

## Lyhenteet

- AR Lisätty todellisuus (Augmented Reality). Teknologia, jossa tietokoneella tuotettu elementti, esimerkiksi kuva lisätään todellista ympäristöä kuvaavaan näkymään. Yleensä tätä näkymää katsellaan mobiililaitteiden tai AR-lasien kautta.
- GIS Paikkatietojärjestelmä (Geographic information system). Se on tietokanta, jonne voidaan tuottaa ja tallentaa paikkatietoa. Tätä tietoa voi sitten hallita ja analysoida järjestelmään kuuluvan käyttöliittymän ja mahdollisten analysointikalujen avulla.
- VR Virtuaalitodellisuus (Virtual reality). Tietokonesimulaation tuottamien aistimusten avulla luotu keinotekoinen ympäristö, jota käyttäjä tarkastelee esimerkiksi virtuaalitodellisuuslasien avulla.

## 1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena oli tehdä VR-sovellus (Virtuaalitodellisuus, engl. Virtual Reality) Vantaan kaupungille, jolla haluttiin selvittää, olisiko virtuaalitodellisuudesta apua kaupunkisuunnittelussa. Insinööriyön aihe saatiin Metropolia Ammattikorkeakoulun soveltavan digiteknologian tutkimus- ja kehitysyksikön Electrician sekä Vantaan kaupungin tietohallinnon sisällä toimivan muotoilulaboratorion Smartlabin yhteistä projektista, joka alkoi tammikuussa 2018. Projektin tarkoituksena oli luoda VR-sovellus, jonka avulla kaupunkisuunnittelijat pystyisivät rakentamaan kolmiulotteisen mallin suunnitelmastaan yksin tai yhdessä kolmen muun kanssa ja esittämään sen sitten muille virtuaalimaailmassa.

Insinööriyön aihe valikoitui insinööriyön tekijän kiinnostuksesta VR-sovelluksiin ja niiden mahdollisiin hyötyihin pelimaailman ulkopuolella, sekä Vantaan kaupungin halusta nähdä, olisiko virtuaalitodellisuudesta hyötyä kaupunkien ja niiden osien suunnittelussa ja kehittämisessä. Sovellus oli insinööriyön tekohetkellä vasta karkea prototyyppi, jonka jatkokehityksestä ei ollut vielä sen enempää tietoa.

Insinööriyöraportin tietoperusta käsittelee peliteknologian kehitystä hyvin pinnallisesti, sekä kaupunkisuunnittelun perusasioita, haasteita ja jo olemassa olevia ratkaisuja näihin haasteisiin. Sen jälkeen työ esittelee suurimpia kaupunkisuunnittelupelejä sekä muita pelillisiä ratkaisuja erinäköisiin kaupunkisuunnittelijoiden ongelmiin. Tämän jälkeen pohditaan insinööriyön yhteydessä tehdyn prototyypin asemaa näiden muiden ratkaisujen rinnalla sekä sen tuomia mahdollisuuksia ja ongelmia. Tämä insinööriyö ei tarjoa suoraa ratkaisua mihinkään tässä työssä esitettyihin ongelmiin, vaan enemmänkin ehdotuksia siitä, miten ongelmia voisi mahdollisesti kokeilla ratkaista, jos resursseja on riittävästi.

## 2 Kaupunkisuunnittelu pähkinäkuoressa

Kaupunkeja on suunniteltu ja rakennettu jo kauan sitten, mutta varsinaisesti kaupunkisuunnittelun alku lasketaan alkavaksi suurin piirtein 1800-luvun puolivälistä, kun väestön määrä kasvoi räjähdysmäisesti ja kaupunkien koko kasvoi. Kaupunkisuunnittelu on tilan ja alueiden suunnittelua monesta eri näkökulmasta. Kaupunkisuunnittelussa pitää ottaa huomioon monia asioita, kuten talojen sijainti toisiinsa nähden, mitä kaikkea mikäkin talo pitää sisällään sekä miten ihmiset pääsevät liikkumaan alueelta toiselle. Esimerkiksi yhdelle alueelle ei kannata rakentaa vain asuintaloja, vaan siellä täällä olisi hyvä olla myös erilaisia palveluita, kuten ruokakauppoja. Sen lisäksi pitää kaupunkisuunnittelussa ottaa huomioon kaiken tämän vaikutus ympäristöön, ja miten ympäristö vaikuttaa kaupunkiin tai sen osaan. Esimerkiksi Kanadassa, Vancouverissa, kaupunki pyritään suunnittelemaan niin, että melkein mistä tahansa rakennuksesta tai julkiselta avoimelta alueelta voi nähdä Queen Elizabeth Parkin ja North Shore -vuoret. Rakennukset pitää myös rakentaa niin, että Queen Elizabeth Parkista näkee Mount Bakerin. (1, s. 1–2; 2, s. 3.)

Kokonaisuus kasvaa suureksi nopeasti, ja yhdellä ammattikunnalla yksinään ei ole riittävästi tietoa ja taitoa hallita sitä, vaikka ihmisiä olisi useampia. Tämän takia kaupunkisuunnitteluprosessiin tarvitaan usean eri ammattikunnan edustajia, kuten insinöörejä, arkkitehtejä, suunnittelijoita, taloustieteilijöitä, kartografeja ja niin edelleen. Kaupunkisuunnittelussa käytetään myös monien eri tieteenalojen metodeja, kuten tilastotiedettä ja kasvun ennustetta. (3.)

Sen lisäksi tarvitaan vielä itse kaupungin asukkaiden mielipiteitä suunnitelmasta, jotta voidaan varmistaa ihmisten viihtyvyys kaupungissa. Suomen lakiin on jopa kirjattu, että kaikilla, joihin muutos vaikuttaa jotenkin, on oltava mahdollisuus vaikuttaa suunnitelmaan ja antaa mielipiteensä siitä (4, 62§; 65§). Suomessa kaupunkisuunnittelu aloitetaan aina kaavoituksella. Kaavoittamalla suunnitellaan alueen maankäyttöä, jotta kokonaisuus säilyy tasapainoisena ja täyttää kaikki vaaditut tarpeet. Suomessa kaavoituksesta säädetään laissa. (5, s. 1.)

Kaavan laajuudesta riippuu, miten tarkkoja ja yksityiskohtaisia suunnitelmia sillä tehdään. Suomessa kaavoitusprosessi on jaettu kolmeen osaan: maakuntakaavaan, yleiskaavaan ja asemakaavaan. Mitä alemmalle tasolle kuvan 1 kaaviossa mennään, sitä pienempi on myös kaavoitettava alue. (6.)



Kuva 1: Kaavoituksen tasot (Tampere.fi, Kaavoituksen tasot; 7)

Maakuntakaava on kaikista laajin ja käsittelee kokonaisen maakunnan, esimerkiksi Uudenmaan, yleisiä kysymyksiä kuten tieverkoston suunnittelua. Siinä pitää ottaa huomioon valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet, jotka määrätään maankäyttö- ja rakennuslaissa. Maakuntakaavan laatii maakunnan liitto, jonka jälkeen maakunnan liiton liittovaltuusto hyväksyy sen, ja ympäristöministeriö vahvistaa sen lopuksi. (5, s. 2; 6.)



Yleiskaava on kuntakohtainen, ja se määrittelee yleisellä tasolla alueen kaavoituksen, esimerkiksi rajaukset asunto- ja työpaikka-alueille suurin piirtein, sekä yhteydet näiden paikkojen välillä. Se rakennetaan maakuntakaavan pohjalta. Yleiskaava voi koskea koko kuntaa tai vain yhtä sen osaa, jolloin puhutaan osayleiskaavasta. Kaavan suunnittelusta vastaa kunta itse ja sen hyväksyy kaupungin- tai kunnanvaltuusto. Tähän suunnitteluvaiheeseen sopivat hyvin myöhemmin tässä insinööriyössä käsiteltävät simulatio-sovellukset, kuten Cities: Skylines ja Tygron Platform. (5, s. 4; 6.)

Asemakaava on kaavoista yksityiskohtaisin, ja siinä keskitytään pienen alueen järjestämisen, rakentamisen ja kehittämisen suunnitteluun. Se määrittää tietyn alueen tulevan käytön, kuten mitä alueella säilytetään, mitä rakennetaan ja mihin sekä millä tavalla rakennetaan. Asemakaava voi koskea vain yhtä tonttia tai jopa kokonaista asuntoaluetta, johon kuuluu alueen asuin-, työ- ja virkistysalueet. Myös asemakaava hyväksytään kunnanvaltuustossa. Tämän insinööriyön yhteydessä luotu Tikkuraitti-prototyyppi on nimenomaan suunniteltu helpottamaan asemakaavan suunnitteluprosessia ja auttamaan sen visualisoinnissa. Myös esimerkiksi myöhemmin tässä työssä käsiteltävä Playsign-sovellus pyrkii helpottamaan nimenomaan asemakaavan luomista ja kehittämistä. Jokainen edellä mainituista suunnitelmista esitetään kartan avulla, johon liitetään selitykset kaikesta tarpeellisesta tiedosta, joka tarvitaan kaavan ymmärtämiseksi ja johon pitää kiinnittää huomiota kussakin kaavassa. 5, s. 6; 6.)

## 2.1 Kaupunkisuunnittelun yleisiä haasteita

Kaupunkien suunnitteluun liittyy niin paljon eri asioita, ja niin monia asioita pitää ottaa huomioon, ettei edes useampi ihminen kykene täysin hahmottamaan kokonaisuutta, ennen kuin se on saatu toteutettua. Esimerkiksi pelkästään ympäristöön liittyviä asioita, joita kaupunkisuunnittelijoiden tulee ottaa huomioon, ovat juomaveden saanti, puhtaus ja riittävyys, ilman laatu ja jätteiden huolto. Energian tuotanto ja siihen liittyvät ympäristökysymykset nousevat myös nopeasti esille sekä kysymys siitä, mistä kaupunki saa raaka-aineita ja tuotteita, kuten ruokaa ja muuta kulutustavaraa. Tavaroiden tuominen kaukaa rasittaa ympäristöä, jolloin esimerkiksi puutavaran jalostamoa ei kannata rakentaa alueelle, joka on kaukana metsäalueista. (8, s. 22, 24.)

Lisäksi tulee ottaa huomioon alueellinen ilmasto ja sen muutokset (8, s. 28). Jos alueella on taipumusta maanjärjestyksiin, kannattaa kaupungin rakennukset rakentaa tavalla, joka kestää ainakin pieniä maanjärjestyksiä vahingoittumatta suuresti. Sen lisäksi pitäisi ottaa huomioon ihmisten tarpeet. Miten ihmiset liikkuvat alueella, alueelta ja alueelle? Mitä palveluita ihmisille pitäisi tarjota kävelyetäisyydellä? Minkälaisia ja miten paljon virkistys-alueita, kuten puistoja lähialueelle rakennetaan? Miten kaikki nämä vaikuttavat toisiinsa? Kokonaisuus kasvaa nopeasti todella suureksi, jolloin kaikkea on mahdotonta hahmottaa pelkän kynän ja paperin avulla. Kaupunkisuunnittelijoiden on myös hankala kerätä kattavaa kuvaa naapurustotasolla siitä, miten asiat tulisi toteuttaa, jotta tavallisen ihmisen arki sujuisi mahdollisimman mutkitta. Näihin ongelmiin on yritetty kehittää monenlaisia ratkaisuja, jotka perustuvat erityisesti tiedon keräämiseen alueiden asukkailta (9; 10). Nämä menetelmät toimivat parhaiten silloin, kun ruvetaan parantamaan jo olemassa olevaa ja toteutettua suunnitelmaa. Kuitenkin erityisesti silloin, kun pyritään rakentamaan täysin uutta ja erilaista, ei ihmisillä ole vielä käsitystä siitä, miten asiat ehkä saattaisivat toimia käytännössä.

Kun kaikki edellä mainitut asiat on vihdoin saatu päätettyä, pitäisi suunnitelma vielä jakaa kaikkien niiden ihmisten kanssa, jotka alueelle olisivat muuttamassa. Siitä ei tee yhtään helpompaa se, että kaupunkisuunnittelijoiden ja ihmisten välillä on eräänlainen kuilu. Karttoja ja kaavoja voi tavallisen ihmisen olla hankalaa ymmärtää ja hahmottaa, sekä kaupunkisuunnittelijoiden ammattikieli voi tuottaa hankaluuksia kommunikoinnissa. Tavallinen ihminen ei todennäköisesti pysty antamaan täysin rehellistä mielipidettä asiasta, koska ei täysin ymmärrä tai hahmota suunnitelmaa.

## 2.2 Mahdollisia ratkaisuja

Kuten edellä nähtiin, kaupunkisuunnittelussa on monia haasteita, ja niiden ratkaisut riippuvat hyvin paljon tilanteesta. On kuitenkin olemassa mahdollisia ratkaisuja, jotka ainakin helpottavat ongelmien ratkaisua, jos eivät täysin niitä ratkaisekaan. Nykyajan tietokoneilla pystytään simuloimaan hyvinkin monenlaisia tilanteita erittäin tarkasti, jolloin suurimmat virheet ja aukot suunnitelmissa voidaan huomata jo suunnittelupöydällä. Tämä tarjoaa myös kaupunkisuunnittelijoille mahdollisuuden kokeilla luovia ja erikoisem-

piakin ratkaisuja joihinkin ongelmiin. Vielä ei tietenkään pystytä täysin realistisia simulaatioita luomaan, mutta suhteellisen hyvällä tarkkuudella voimme jo tarkastella tiettyjä tilanteita. Monia kaupunkisuunnittelusovelluksia on jo tehty, jotka tuovat hyvin esiin sen, miten hyvin asioiden simulointi onnistuu jo nykyään. Niitä käsitellään tarkemmin myöhemmin tässä työssä.

Kommunikointia suunnittelijoiden ja asiakkaiden välillä on myös pyritty parantamaan tietotekniikan avulla. Yhtenä esimerkkinä on Swecon Cave -virtuaaliympäristö, jossa Cave tilan seinille heijastetaan stereoskooppinen kuva 3D-suunnitelmasta, jota katsotaan 3D-lasien lävitse. Tällä tavoin katsoja, asiakas tai kaupunkilainen pääsee näkemään realistisen kolmiulotteisen suunnitelman kaupungista oikeassa mittakaavassa, jolloin suunnitelma on helpompi hahmottaa. Tätä metodia käytetään kuitenkin enemmän rakennusten sisätilojen tarkasteluun ja siihen se sopiikin paremmin. (11.)

Tikkuraitti-prototyyppi pyrkiikin olemaan yksi ratkaisu nimenomaan kaupunkisuunnittelun kommunikointihaasteisiin. Ajatuksena on, että VR-maailmaan rakennetaan huone, jossa on kolmiulotteinen suunnitelma muokattavasta alueesta; tässä tapauksessa Tikkurilan Tikkuraitista. Kaupunkisuunnittelijat rakentavat pohjan, jossa kaikki suunniteltujen rakennusten 3D-mallit ovat oikeilla paikoillaan oikeassa mittakaavassa. Tämän jälkeen lisätään kaikki yksityiskohdat, kuten puut ja penkit. Ajatuksena oli myös, että mahdollisessa valmiissa versiossa voisi olla mahdollisuus rakentaa useampi erilainen vaihtoehto, jotka voitaisiin asettaa vieretysten, ja sitten niitä voisi katsoa ja kommentoida. Sen lisäksi, että vaihtoehtoja voi tarkastella ylhäältä käsin kokonaisuuksina, voi käyttäjä myös kutistaa itsensä Tikkuraitille ja katsella sitä tavallisen jalankulkijan näkökulmasta oikeassa mittakaavassa. Tällä tavoin ihmisten on helpompi hahmottaa suunnitelma ja nähdä, miltä alue näyttäisi, kun se on valmis, jo ennen kuin yhtään muutosta on ehditty tehdä. Mahdollisesti kaupunkilaisille voisi antaa myös mahdollisuuden lisätä itse haluamiaan elementtejä ehdotuksena kaupunkisuunnittelijoille. Näin asukkaat saataisiin mukaan tekemään kaupungista viihtyisämpi heille.

Tarkasteltuaan ehdotuksia käyttäjä pystyy antamaan kommentteja sekä rakennuksista ja muista elementeistä että ihan yleisesti koko alueesta. Näin kaupunkisuunnittelijat pystyvät helposti ottamaan huomioon yleisiä toiveita ja ehdotuksia. Tämä antaa paljon enemmän vapauksia vaikuttaa asioihin ja kokeilla uusia asioita kuin Swecon ratkaisu, ja se antaa paremman mahdollisuuden tarkastella laajempaa aluetta. Tämä sovellus toimii kuitenkin lähinnä asemakaavan visuaaliseen suunnitteluun, eikä siinä ole ainakaan vielä esimerkiksi minkäänlaista simulaatiota.

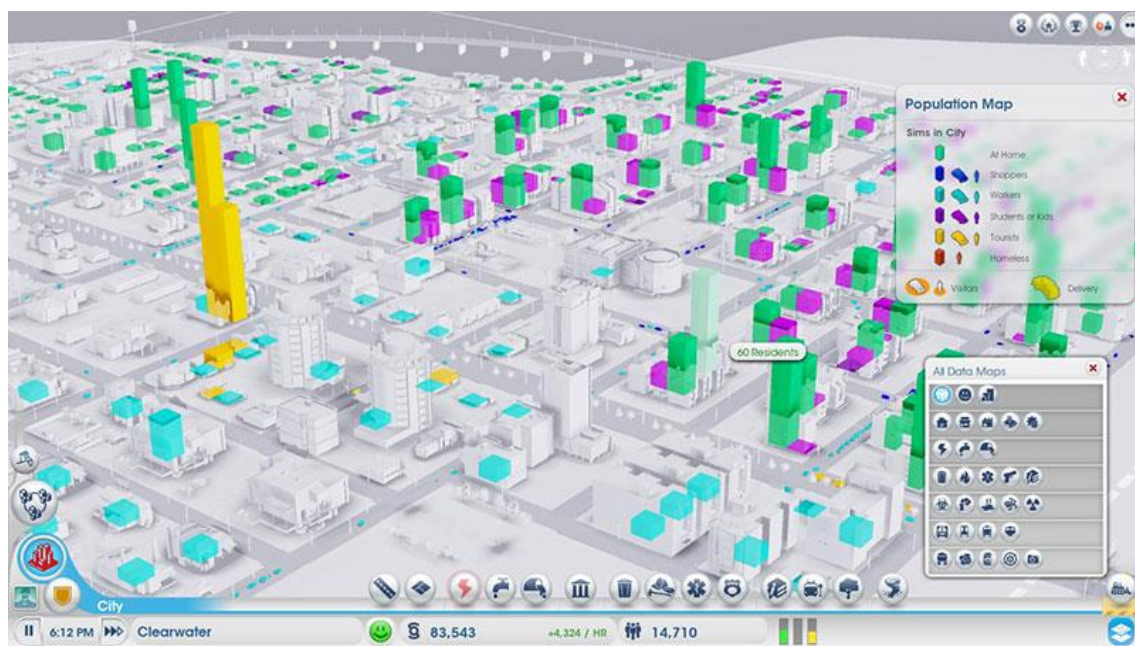
Sekä tietokoneet että virtuaalitodellisuus saivat alkunsa täysin muualta kuin peliteknologian tarpeista, mutta nykyään molemmat liitetään vahvasti osaksi peliteknologiaa ja videopelejä. Tämän ansiosta ne ovat myös kehittyneet ja kehittyvät koko ajan, kun koneista yritetään tehdä tehokkaampia, ja virtuaalitodellisuuslustoilla yritetään ratkaista ongelmia, joita pelatessa on ilmennyt, kuten johtoihin sotkeutuminen. Tämän kehityksen ansiosta monet muutkin alat voivat nauttia ja hyötyä näiden teknologioiden tuomista mahdollisuuksista, kuten tehokkaista ja nopeista tietokoneista. Tämä tarkoittaisi kaupunkisuunnittelun kannalta sitä, että asioiden simulointiin saadaan yhä enemmän tehoja, jolloin niistä voidaan tehdä tarkempia. Täysin tarkkoja simulaatioita pystytään tuskin koskaan saavuttamaan, mutta tietyn rajan jälkeen ei sillä ole niin paljoa merkitystä. Myös virtuaalitodellisuuden kehittyminen auttaisi, sillä silloin monia tällä hetkellä esiintyviä ongelmia, kuten resoluution pienuus ja johtoihin kompastuminen saataisiin korjattua. Sovelluksista voitaisiin myös tehdä mahdollisesti hieman monipuolisempia, kun tehoja on enemmän.

### 2.3 Kaupunkisuunnittelu peleissä

Ensimmäisen kerran kaupunkisuunnittelu siirtyi pelimaailmaan vuonna 1989, kun EA julkaisi ensimmäisen SimCity-kaupunkirakennuspelin (12). Sitä ei kuitenkaan ollut tarkoitettu kaupunkisuunnittelun apuvälineeksi vaan tavallisille ihmisille hauskaksi peliksi. Sarjaan on vuosien varrella tullut useita osia, jotka ovat jatkaneet samalla linjalla, kuitenkin muuttuen koko ajan realistisemmiksi. SimCityt ovat kuitenkin luoneet pohjan sille, miten vastaavanlaiset pelit ja sovellukset toimivat, ja monet kaupunkirakennuspelit ovatkin ottaneet vaikutteita SimCity-sarjasta. Muitakin kaupunkirakennuspelejä on tullut ajan saatossa, mutta ne eivät saavuttaneet samanlaista suosiota kuin SimCityt. Colossal Order -

niminen pelifirma muutti kaiken julkaistessaan pelinsä Cities: Skylines vuonna 2015 (13). Kuitenkin jo vuonna 2014 Tygron-niminen hollantilainen yritys julkaisi Tygron Geodesign Platform -nimisen sovelluksen, joka oli tarkoitettu nimenomaan kaupunkisuunnittelijoiden työvälineeksi (14). Tässä luvussa käsitellään edellä mainittujen esimerkkien lisäksi myös muutama muu sovellus, jotka on luotu kaupunkisuunnittelun eri vaiheita varten.

SimCity on pelisarja kaupunginrakennuspelejä, jotka simuloivat yksinkertaisesti ja hauskaasti kaupungin suunnittelun ja rakentamisen perusasioita, kuten kaavoittamista, palveluiden maksua ja verojen keräämistä. Vuosien varrella sarja on kehittynyt realistisemmaksi, mutta pitää huolen, että peli on edelleen hauskaa pelata. Vaikka jotkut perusasiat ovat vuosien varrella pysyneet samoina, keskitytään tässä insinööriydessä käsittelemään lähinnä vuonna 2013 ilmestynyttä SimCityä, sillä se on sarjan uusin versio tietokoneelle ja täten realistisin kaikista aiemmista. Pelistä löytyvät kaikki kaupunkisuunnittelun perusperiaatteet: kaavoitus, rahan hallinta, tärkeiden rakennusten, kuten koulujen ja sairaaloiden rakentaminen ja asettaminen niin, että kaikilla on mahdollisuus kyseisiin palveluihin, jätteistä huolehtiminen ja niin edelleen.

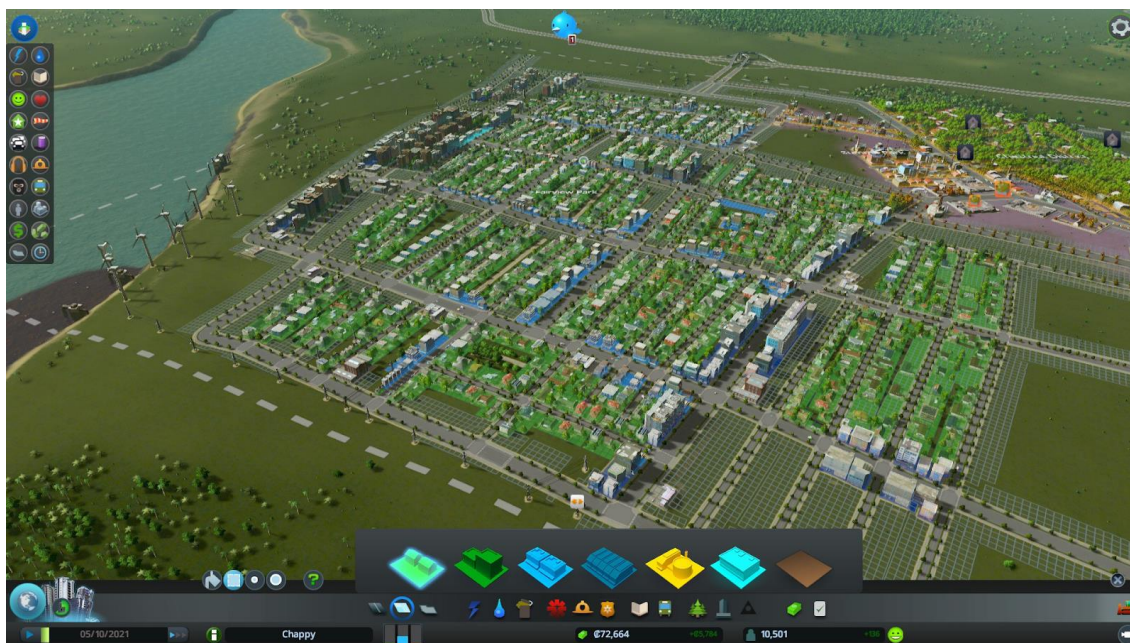


Kuva 2: 2013 julkaistun SimCityn käyttöliittymä (Rawkes.com. VizCities Development diary; 15)

Kuten kuvasta 2 huomataan, SimCityn käyttöliittymä on yksinkertainen ja selkeä. Pelaaja pystyy halutessaan tarkastelemaan kaupunkinsa eri ominaisuuksia, esimerkiksi miten väestö jakautuu kaupungissa, helposti selkeiden kaavioiden ja värien avulla. Peli ei kuitenkaan ole kovin realistinen simulaationsa kanssa, sillä sen perimmäinen tarkoitus on olla hauska. Monia mutkia on vedetty suoraksi. Esimerkiksi julkinen liikenne on hyvin yksinkertaista, ja riittää, että pelaaja hankkii kaupunkiinsa bussiterminaalin ja ripottelee pysäkkejä sinne tänne. Myös kriisinhallintaa on yksinkertaistettu paljon. Erilaisia mahdollisia katastrofeja on vain 8 erilaista, joista osa on realistisia, kuten maanjäristys tai tornado, ja osa vähemmän realistisia, kuten ufojen hyökkäys tai jättimäinen tulta syöksevä lisko. Katastrofeihin ei voi myöskään juuri varautua muuten kuin pitämällä huolen paloasemista ja sairaaloista sekä paloautojen ja ambulanssien riittävydestä katastrofin jälkeen. (16.)

Näillä perusteilla voi sanoa, ettei SimCity suoraan sovellu kaupunkisuunnittelijoiden työkaluksi simuloimaan oikean elämän ongelmia, mutta siitä voi oppia kaupunkisuunnittelun perusajatustapoja, joiden avulla on helppo lähteä esimerkiksi opettamaan uusille kaupunkisuunnittelijoille perusasioita, joiden päälle on hyvä rakentaa tarkempaa tietämystä muilla tavoilla. Sarjaan on itse asiassa olemassa opetuskäyttöön soveltuva versio, SimCityEDU, joka antaa opettajille mahdollisuuden luoda ja jakaa tehtäviä, jotka opettavat kriittistä ajattelua nykykaupunkien ongelmien ratkaisemisessa muille opettajille. (17.) SimCityssä on myös ominaisuuksia, joita voisi soveltaa mahdollisessa oikeassa simulaatiosovelluksessa, kuten selkeä käyttöliittymä. Moni myöhemmin tässä työssä mainittu sovellus onkin ottanut vaikutteita kyseisestä sarjasta.

Cities: Skylines on Colossal Order nimisen suomalaisen pelifirman tekemä kaupunginrakennuspeli, joka on ottanut paljon vaikutteita SimCityistä sekä muista kaupunkisuunnittelupeleistä. Perusidealtaan se onkin hyvin samankaltainen kuin SimCity, mutta se tekee monia asioita omalla tavallaan.



**Kuva 3: Cities: Skylines pelin käyttöliittymä (Matchstickeyes.com. Thoughts on Cities: Skylines; 18)**

Kuvasta 3 näkee, miten siisti ja selkeä myös Cities: Skylinesin käyttöliittymä on. Samoin kuin SimCityssä, myös Cities: Skylinesissa on myös mahdollisuus tarkastella eri asioita, kuten ilmansaasteita tai rikollisuutta värien avulla. Cities: Skylines vie kuitenkin simulaatio-osuutta hieman pidemmälle kuin SimCity simuloimalla jokaisen henkilön reitit täysin. Ihmiset esimerkiksi asuvat jossain tiettyssä talossa ja työskentelevät tiettyssä paikassa, ja liikkuvat näiden kahden paikan välillä simuloidusti samoin kuin oikeassa elämässä. Myös julkinen liikenne on simuloitu lähes realistisesti. (19.) Sitä onkin kehitetty erittäin tarkaksi kaupunginrakennussimulaatioksi (20).

Tämäkään peli ei kuitenkaan ole täysin tarkka esitys kaupunkisuunnittelun monimutkaisuudesta, sillä senkin on samalla tarkoitus olla hauska. Pelissä ei esimerkiksi tarvitse ottaa huomioon autojen pysäköintiin liittyviä ongelmia, kuten parkkipaikkoja ja niiden sijoittelua (21).

Kuitenkin peliä on jo käytetty osallistamaan kansalaisia kaupunkisuunnittelussa, kun Hämeeenlinna järjesti kilpailun, jossa pelin avulla pystyi kuka tahansa luomaan valmiille karttapohjalle oman ehdotuksensa tulevalle osalle kaupunkia ja sen jälkeen lataamaan sen muiden nähtäväksi (20). Pelistä on myös julkaistu opetuskäyttöön soveltuva versio (22). Cities: Skylines Education Editionissa on kahdeksan skenaariota, jotka opettavat esimerkiksi kestävästä kaupunkisuunnittelusta, aktiivisesta kansalaisuudesta sekä ihmisen kehityksen indeksiä (23). Ruotsissa peliä on myös käytetty erään alueen, Norra Djurgårdstaden, suunnitteluun. Tukholmassa järjestettiin työpaja, jossa tutkittiin mahdollisuuksia toteuttaa alue niin, että se tukee tulevien asukkaiden tarpeita (24). Eri ikäryhmiltä kerättiin mielipiteitä siitä, millainen alueesta pitäisi heidän mielestään tehdä (25).

Cities: Skylinesia pystyy tietyissä rajoissa hyödyntämään maakuntakaavan, yleiskaavan ja asemakaavan suunnittelussa ja suunnitelman esittämisessä. Pelin sisällä on myös mahdollisuus luoda omaa sisältöä peliin, joka antaa käyttäjille mahdollisuuden luoda pelistä realistisemmän antamalla heille mahdollisuuden esimerkiksi lisätä puuttuvia rakennuksia peliin helposti. Tämä ei tietenkään anna mahdollisuutta ihan kaikkeen, mutta lisää pelin soveltuvuutta jonkinlaisena suunnittelutyökaluna.

Hollantilainen yritys nimeltä Tygron on myös tehnyt kaupunkisuunnittelusovelluksen nimeltä Tygron Platform, joka on tarkoitettu nimenomaan kaupunkisuunnittelun visualisointiin ja ideoiden testaamiseen ennen toteutusta. Sovellus antaa myös indikaatiota siitä, miten ajatukset toimisivat oikeassa elämässä. Tämäkään peli ei ole aivan täysin tarkka tosielämän kanssa, mutta se on riittävän tarkka, jotta sen avulla voidaan suunnitella asioita. (26.)





**Kuva 4: Tygron Platformen käyttöliittymä (Smart City Embassy. Tygron – Collaborative Urban Planning; 27)**

Kuvasta 4 näkee, miten Tygron Platformissa on otettu vaikutteita SimCitystä esimerkiksi käyttöliittymän suhteen. Peli tarjoaa erilaisia suunnitteluhaasteita, jotka pelaajien tulee suorittaa tietyn ajan kuluessa. Peli tarjoaa kolmiulotteisen maailman, joka käyttää oikean elämän indikaattoreita kaupungin tietokokoelmista ja GIS-paikkatietojärjestelmästä (Geographical Information system) kuvamaan käyttäjän päätösten vaikutusta maailmaan. Näin käyttäjän on helppo nähdä omien tekojensa seuraukset simuloitussa ympäristössä. Käyttäjän pitää esimerkiksi ottaa huomioon alueen asumiskelpoisuus, parkkipaikkojen sijainti ja riittävyys sekä asumistiheys, unohtamatta kuitenkaan määrättyä budjettia ja valtiollisia määräyksiä. Tygron Platformia on jo käytettykin oikean elämän projekteissa, esimerkiksi Manhattanissa, New Yorkissa. (28.)

Muitakin sovelluksia on tehty ympäri maailmaa auttamaan erilaisissa kaupunkisuunnittelun haasteissa. Kaikkia ei tässä työssä pystytä käsittelemään, sillä niitä on liian paljon sellaiseen eikä monista ole edes kovin paljoa tietoa vielä julkistettu. Playsign-niminen suomalainen yritys on luonut samannimisen moninpelisovelluksen tietokoneelle, jossa kaupunkisuunnittelun eri tahot voivat yhdessä esittää ja kokeilla ideoita ja ajatuksia siitä, miten asiat voisi toteuttaa, sekä keskustella helposti keskenään. Sovelluksella voidaan myös kerätä tavallisten ihmisten mielipiteitä ja ajatuksia helposti yhteen paikkaan, jolloin tietoa ei tarvitse metsästää eri lähteistä. (29.)



**Kuva 5: Playsign-sovelluksen käyttöliittymä (Playsign.com; 30)**

Kuvasta 5 näkee, miten tämänkin sovelluksen käyttöliittymä on saanut vaikutteita Sim-Citystä. Tämän ansiosta se on monelle jo alkuun paljon intuitiivisempi käyttää, jolloin ihmisten on helpompi päästä mukaan sovelluksen käyttöön ja antaa mielipiteitään ilman, että heidän tarvitsee ensin käyttää aikaa sovelluksen opetteluun alusta asti. Sovellusta on käytetty esimerkiksi Oulun Hiukkavaaran suunnitteluun ja ihmisten osallistamiseen siinä (31).

Placticity on Mathias Fuchsin ja Steve Manthorpin vuonna 2006 kehittämä monen käyttäjän sovellus, jossa käyttäjä voi tutkia ja muokata Bradfordin keskustan aluetta Pohjois-Englannissa (32). Käyttäjä pystyy liikkumaan Bradfordin alueella ja esimerkiksi tuhoamaan vanhoja rakennuksia ja luomaan uusia, sekä muokkaamaan niitä. Käyttäjä pystyy myös suunnittelemaan vesialueita Bradfordin alueelle ja nostamaan tai laskemaan niiden vedenpinnan korkeutta. (33, s. 4-5.)

Placticity keskittyykin nimenomaan kaupungin ulkonäön muokkaamiseen, ei käytännön asioihin, kuten vesiputkien sijoitteluun (32, s. 2). Placticityä ei varsinaisesti ole tarkoitettu kaupunkisuunnittelun välineeksi suoraan, vaan enemmän kommentiksi kaupungin uudelleenrakennussuunnitelmaan (33, s. 5).



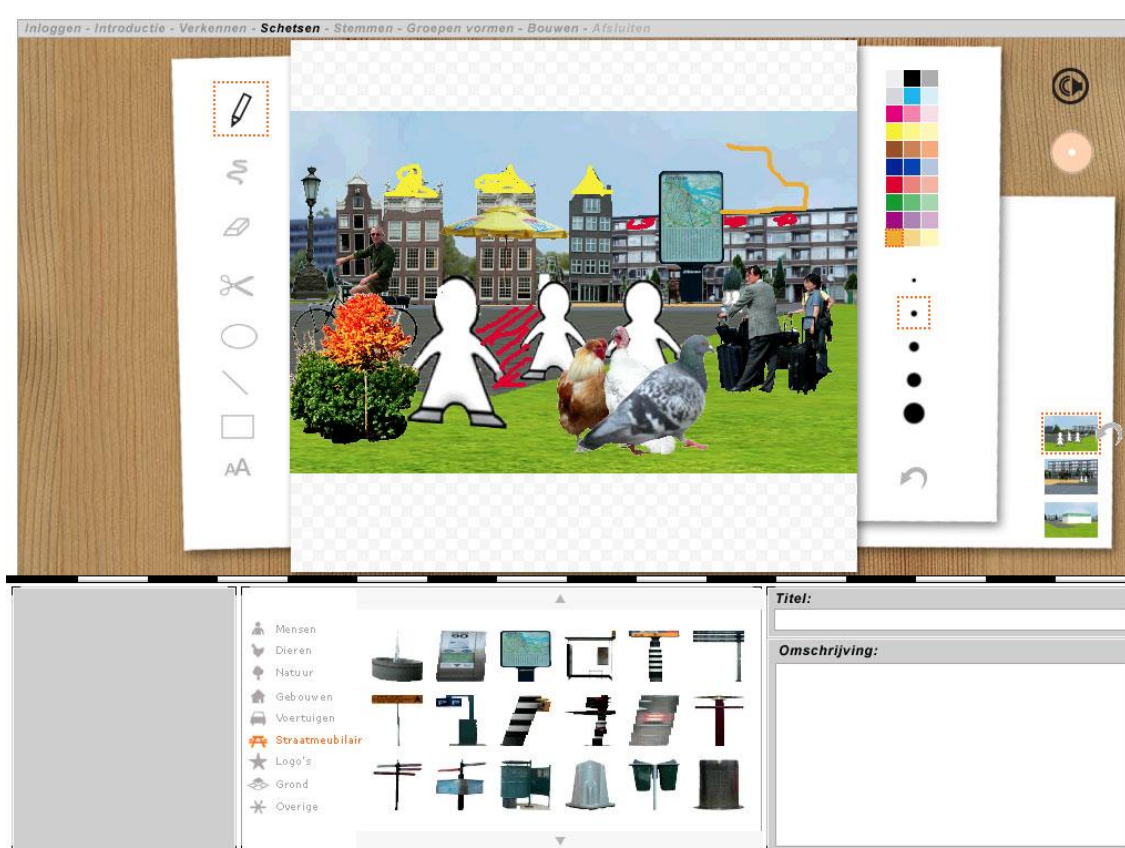
**Kuva 6: Placticity-pelin näkymä, kun pelaaja kulkee talojen keskellä (Plasticity, Mathias Fuchs; 34)**



**Kuva 7: Plasticity-pelin näkymä katsottuna kaukaa (Creativegames.org. PlastiCity - A Multiplayer Urban Planning Game; 35)**

Sovelluksessa on kaksi vaihtoehtoista tapaa katsella kaupunkia, jotka nähdään kuvista 6 ja 7. Joko käyttäjä voi kävellä kaduilla katsellen kaupunkia tai sitten katsoa sitä taivaalta käsin ja nähdä koko kaupungin kokonaisuudessaan. Samanlaista ajatusta käytettiin myös Tikkuraitti-prototyypissä, mutta siinä käyttäjä pystyy katselemaan kaupunkia ensimmäisessä persoonassa, toisin kuin Plasticityssä.

Face your world on hollantilaisen UrbanLab Slotervaartin tekemä peli, jolla pyrittiin saamaan kaupungin nuoriso osallistumaan kaupungin uudistusprosessiin. Käyttäjät voivat valita joko valmiista kaksiulotteisista elementeistä haluamansa, tai piirtää kuvan haluamastaan objektista, esimerkiksi skeittirampista, ja asettaa sen sitten kolmiulotteiseen maailmaan, kuten kuvasta 8 voidaan nähdä. (36.)



Kuva 8: Face your world -sovelluksen käyttöliittymä (Faceyourworld.net; 37)

Kuvassa 8 nähdään, miltä Face your worldin maailma näyttää, ja miten sitä voi muokata. Tämäkin peli muistuttaa hieman Tikkuraitti-prototyyppiä sillä, että molemmissa käyttäjä pystyy liikkumaan kolmiulotteisessa ympäristössä ja lisäämään sinne haluamiaan elementtejä. Tosin Tikkuraittiprototyyppissä kaikki esineet ovat kolmiulotteisia, mutta se myös rajoittaa esineet vain valmiisiin esineisiin, eikä pelaaja voi itse luoda omia esineitä.

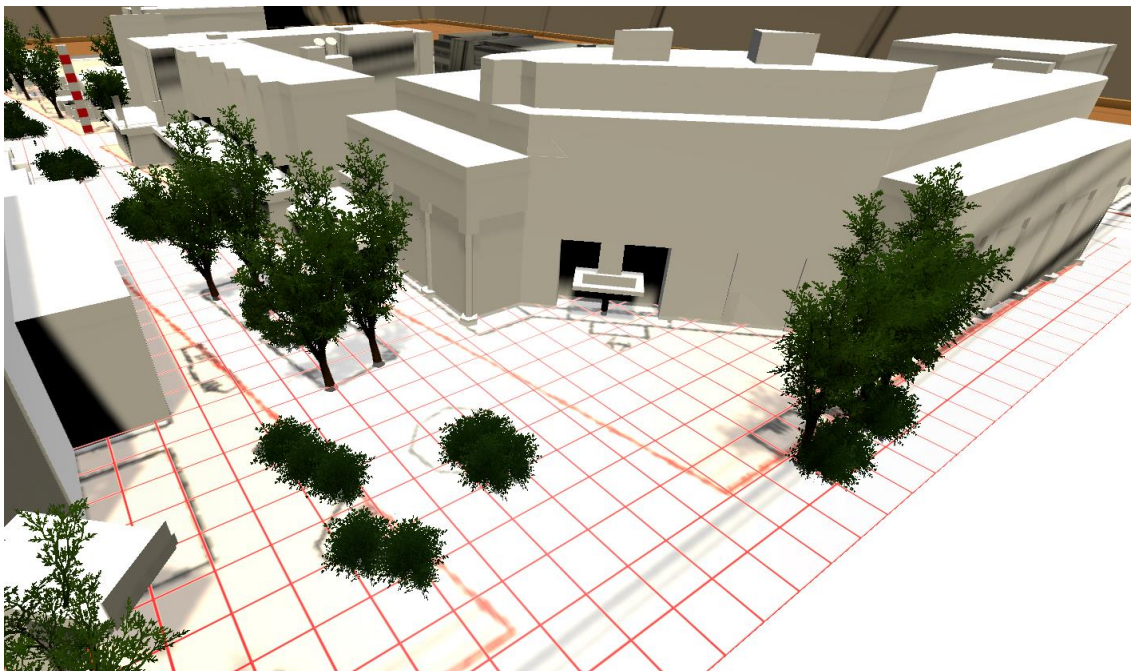
### 3 Tikkuraitti-sovelluksen ominaisuuksia

Tässä luvussa käsitellään, mitä ominaisuuksia insinööriyön yhteydessä tehtävään projektiin haluttiin laittaa ja mitä lopulta päätyi projektiin. Suurin osa näistä ominaisuuksista saatiin asiakkaalta. Koska sovellusta on tarkoitus käyttää sekä itse suunnitteluun että suunnitelmien kommentointiin, pyritään tässä työssä erottelemaan suunnittelijoiden ja kommentoijien työkaluja hieman. Jako ei kuitenkaan ole kiveen hakattu, ja molemmat

osapuolet voivat halutessaan tutustua myös toisen osapuolen työkaluihin. Jako perustuukin enemmän eri osapuolien oletettuun tarpeeseen; suunnittelija todennäköisemmin haluaa tarkastella useampia eri penkkejä yhdessä kohdassa, ja kommentoija haluaa mahdollisesti nähdä vain muutaman parhaan vaihtoehdon ja antaa oman mielipiteensä niistä.

### 3.1 Ominaisuuksia suunnitteluun

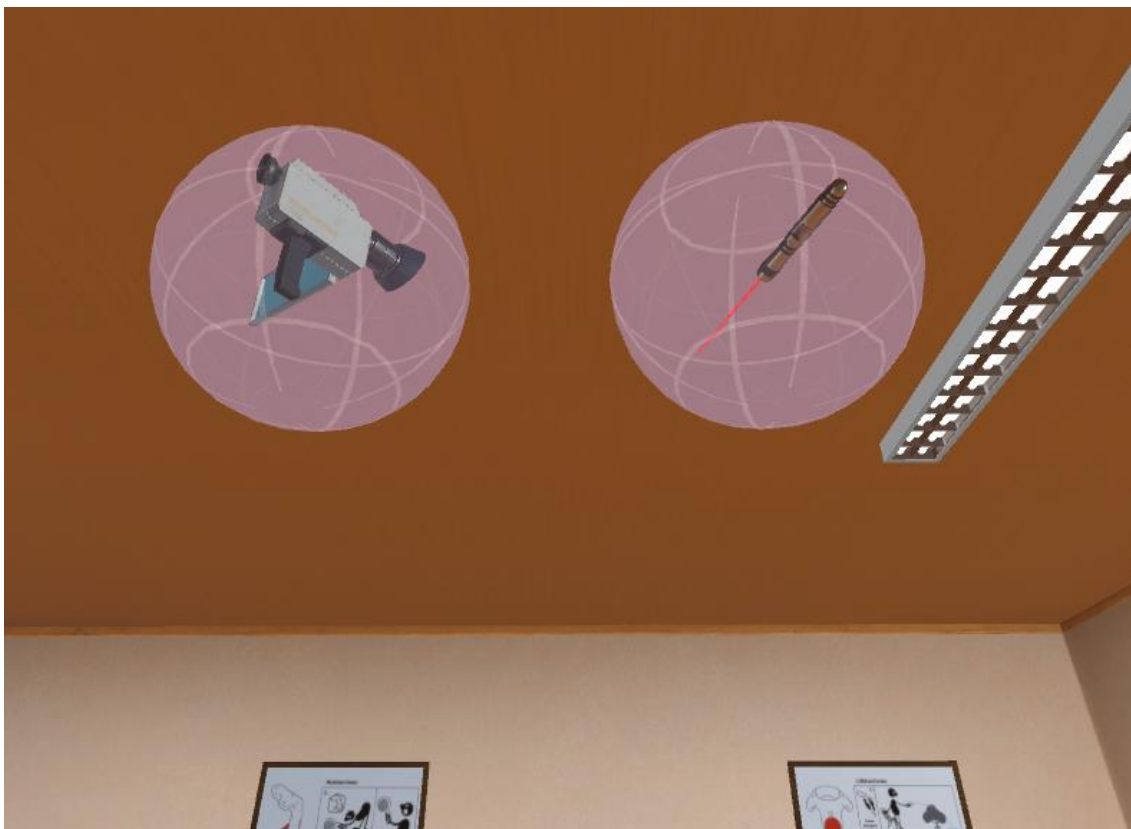
Tärkeimpiä ominaisuuksia suunnittelua varten oli ruudukkosysteemi, johon rakennukset ja esineet asettuvat ja lukittuvat. Sen tarkoitus oli helpottaa suunnittelijoita asettamaan esineitä oikeaan paikkaan oikein päin. Se on myös ollut jo valmiiksi tuttu työkalu monille kaupunkisuunnittelijoille ja erittäin käytetty kaupunkisuunnittelussa. Ruudukkoa oli myös tarkoitus pystyä säätämään, erityisesti ruutujen kokoa ja määrää, jotta suunnittelijat voivat päättää missä mittakaavassa esineitä asettelevat. Esimerkiksi rakennuksia voi olla helpompi asetella isommassa mittakaavassa ja puita vähän pienemässä. Ruudukkoa piti pystyä myös kääntämään erikseen kyseessä olevan tontin mukaan, sillä kaikki tontit eivät olleet samansuuntaisia.



**Kuva 9: Kuva ruudukkosysteemistä kehityksen alkuvaiheessa**

Kuvasta 9 nähdään, miltä kahden metrin ruudukko näytti. Se jätettiin kuitenkin pois, sillä se oli erittäin raskas ominaisuus, ja sen optimointi olisi tarvinnut huomattavasti enemmän aikaa. Se ei myöskään ole niin luonnollinen VR-ympäristössä kuin tavallisessa 3D-ympäristössä, koska esineiden liikuttamista ei voi rajoittaa yhtä helposti, kuin perinteisemmissä ympäristöissä, kuten 3D-kaupunkirakennuspeleissä.

Suunnittelijat tarvitsivat työkaluja työskennellessään sovelluksessa, jolloin niiden piti olla helposti saatavilla. Tässä sovelluksessa ne sijoitettiin pelaajan yläpuolelle puolikaareen eräänlaiselle työkaluvyölle, josta niitä oli helppo poimia ja johon niitä oli käytön jälkeen helppo palauttaa. Kuvasta 10 nähdään, kuinka selkeästi ja intuitiivisesti työkaluvyö on sijoitettu.



**Kuva 10: Työkaluvyö**

Työkaluista tärkein suunnittelijalle oli tabletti, josta hän pystyi esimerkiksi lisäämään tavaroita pöydälle. Tabletti oli erittäin monipuolinen työkalu, ja sillä pystyi tekemään paljon muutakin. Se piti sisällään kaiken informaation sekä suunnittelijoille että kommentoijille. Kuvasta 11 nähdään tabletti käytössä ja miten sen sisällä pystyy helposti liikkumaan eri ominaisuuksien, kuten esimerkiksi tehtävien ja kommentoinnin välillä.





**Kuva 11: Tabletti**

Tehtävien avulla sekä suunnittelijat että tavalliset testaajat saatiin helposti ohjattua kokeilemaan haluttuja ominaisuuksia tarjoten samalla pelin sisällä opastusta niiden toimintaan. Myös kommentointi tapahtui tabletin avulla. Toinen hyödyllinen työkalu oli magneettityökalu, jolla suunnittelija pystyi poimimaan esineitä lyhyen etäisyyden päästä. Tällöin suunnittelijan ei esimerkiksi tarvinnut kumartua poimimaan lattialta sinne pudonneita esineitä jatkuvasti.

Kommunikointia varten sovellukseen toteutettiin ääniyhteys eri käyttäjien välille, jolloin heidän ei tarvinnut olla samassa tilassa tehdessään töitä yhdessä. Jokaiseen henkilöön liitettiin myös kuvassa 12 oleva indikaattori, joka ilmaisi, milloin ja kuka hahmoista puhui milloinkin.



**Kuva 12: Puheindikaattori ja henkilön nimi näkyvät henkilön yläpuolella**

Kommunikointia helpottamaan tehtiin myös laserosoitin, jolla suunnittelijoiden oli tarkoitus pystyä osoittamaan tarkemmin, mistä esineestä he puhuvat. Selkeyden vuoksi haluttiin, että laserosoitin korostaisi esineen, jota sillä osoitettiin, kaikille, mutta käytännössä tätä ominaisuutta ei saatu kunnolla toimimaan netin ylitse. Suunnittelijat pystyivät myös ottamaan valokuvia kameralla ja tarkastelemaan niitä yhdessä muiden kanssa valokuvaseinän luona.



**Kuva 13: Valokuvaseinä ja kahva, jolla sitä voi selata ylös ja alas**

Kompensoimaan sovelluksen mahdollisia puutteellisia esinevaihtoehtoja, haluttiin sovellukseen toteuttaa 3D-piirto-ominaisuus. Tällöin suunnittelija tai käyttäjä pystyisi piirtämään haluamansa asian tai esineen, ja kohdella sitä sen jälkeen samalla tavalla, kuin mitä tahansa sovelluksessa valmiiksi olevaa esinettä. Tämä ominaisuus jouduttiin kuitenkin jättämään pois, koska piirroksen synkronoinnissa internetin yli tuli ongelmia. Sovellukseen olisi myös haluttu piirtoseinä, jota pystyisi käyttämään ajatusten visualisointiin tai asioiden kirjoittamiseen ylös, mutta se jäi lisäämättä, koska sen toteuttaminen aloitettiin liian myöhään, eikä sitä saatu ajoissa valmiiksi.

Suunnittelijoille haluttiin myös antaa mahdollisuus manipuloida esineiden kokoa ja ulkonäköä, esimerkiksi väriä tai rakennusten ulkoasua. Tämä ominaisuus saatiin lisättyä, mutta vain yhdelle rakennukselle. Esineitä piti myös pystyä lisäämään ja liikuttamaan paikasta toiseen vapaasti, ja se toteutettiin heti ensimmäisten ominaisuuksien joukossa. Ongelmia tuli, kun esineiden sijaintia yritettiin saada päivittymään netin yli muille pelaajille erityisesti silloin, kun esine oli jonkun kädessä. Ongelmat saatiin korjattua muuttamalla esineiden päivitystä ja fysiikkaominaisuuksia silloin, kun ne olivat jonkun kädessä.

Teitä ja muita alueita haluttiin pystyä kaavoittamaan uudelleen mahdollisimman helposti, jotta sovellusta voisi hyödyntää tehokkaammin useammanlaisissa suunnittelutehtävissä. Tämä ominaisuus ei aikasyistä kuitenkaan koskaan päässyt ajatustasoa pidemmälle. Kun suunnitelma oli luotu, se piti pystyä tallentamaan ja myöhemmin lataamaan uudelleen, jotta sitä voi jatkaa tai esitellä muille. Ratkaisuja haluttiin pystyä esittämään useampi rinnakkain, jotta niitä olisi helpompi vertailla keskenään ja päättää yhdessä mahdollisista vaihtoehdoista, joita lähteä toteuttamaan. Ratkaisujen tallennus ja lataaminen saatiin toteutettua, mutta vain yksi kerrallaan, sillä aika loppui kesken.

Kun suunnitelma on tehty, se pitäisi pystyä jakamaan mahdollisimman monelle. Valokuvaamisen lisäksi haluttiin käyttäjälle antaa mahdollisuus ottaa videokuvaa joko itse liikuttamalla kameraa tai tekemällä kameralle reitin, jota se voi seurata. Myös 360° panoraamakuvia ja videota haluttiin kyetä ottamaan. Näistä ominaisuuksista vain valokuvaaminen päätyi lopulliseen versioon, sillä muita ei ehditty kiillottaa riittävästi, jotta ne olisivat sopineet ihmisten käytettäväksi. 360° panoraamakuvien ja videoiden kanssa oli myös paljon ongelmia, sillä valmiit ratkaisut, joita projektissa yritettiin soveltaa ajan säästämiseksi, eivät toimineet kunnolla, ja niiden säätäminen ei ollut tärkeimpien asioiden listalla.

Lopuksi oli vielä pienempiä ominaisuuksia, jotka eivät olleet millään tavalla pakollisia, mutta jotka olisivat voineet tuoda hieman lisäarvoa sovellukselle. Auringon valon simulointi parina tiettyinä kellonaikana pariin eri vuodenaikaan olisi antanut suunnittelijoille mahdollisuuden tarkastella suunnitelmaa erilaisessa valaistuksessa, esimerkiksi miltä kaupunki näyttäisi keväisenä aamuna tai syksyisenä iltana. Myös eri säätilojen simulaatiolla olisi pystynyt tarkastelemaan hieman tarkemmin pieniä yksityiskohtia, kuten miten lumisade vaikuttaa alueeseen. Nämä ominaisuudet jäivät kuitenkin vain ajatustasolle, sillä aikaa oli erittäin rajoitetusti

### 3.2 Ominaisuuksia kaupunkilaisille

Kaupunkilaisia varten tärkein ominaisuus oli asioiden kommentointi. Kommentoida pystyi joko äänikommentilla, tekstikommentilla tai peukuttamalla, ja sovelluksen käyttäjä pystyi itse päättämään, mitä metodia halusi käyttää. Kommentit tallennettiin erilliselle Electrian ylläpitämälle palvelimelle, josta ne sitten jaettiin muille sovelluksen sisällä oleville henkilöille tarkasteltaviksi. Myös kommentoija pystyi ottamaan itseään kiinnostavista asioista valokuvia, jolloin suunnittelijat ja päättäjät näkivät helposti ja selkeästi, mikä ihmisiä kiinnostaa.



Kuva 14 Tekstikommentointi

Asiakas toivoi myös erilaisia ihmishahmoja elävöittämään esitettyä aluetta. Toiveena oli myös mahdollisesti antaa osalle ihmishahmoista hieman parempi tekoäly, jotta ne voisivat opastaa sovelluksen käyttäjää pelimaailmassa ja antamaan vinkkejä. Vaihtoehtoisesti yksi henkilö voisi toimia pelin sisällä ohjaajana uusille ihmisille. Tällä johtohahmolla voisi olla eri oikeudet sovelluksen eri ominaisuuksiin, kuten mahdollisuus muiden ihmisten yli puhumiseen. Sovellukseen voisi lisätä muitakin rooleja tarpeen mukaan. Pohja roolien lisäämiseen onkin olemassa jo, mutta sitä ei ehditty hioa täysin loppuun, jotta sitä olisi voitu kunnolla käyttää. Myös oman hahmon ulkonäköön toivottiin voitavan vaikuttaa ainakin hieman. Sovelluksessa onkin kahdeksan eri hahmovaihtoehtoa, joista käyttäjä voi valita mieleisensä.



Kuva 15: 8 erilaista pelaajahahmoa, joista pelaaja sai valita

## 4 Projektin eteneminen

Tein projektin Vantaan kaupungille ollessani Electrician palveluksessa. Projektin tarkoituksena oli saada aikaan prototyyppi, jonka avulla nähdään, olisiko virtuaalitodellisuudesta apua kaupunkisuunnittelussa ja ihmisten osallistamisessa kaupunkisuunnitteluun. Prototyypin tekemiseen käytettiin Unity-pelimoottoria ja C#-ohjelmointikieltä. Projektissa oli mukana yhteensä kuusi harjoittelijaa, joista olin yksi. Projektissa työskenteli kolme ohjelmoijaa ja kolme artistia sekä kaksi Electrician henkilöä vetämässä projektia ja kommunikoimassa asiakkaan kanssa. Ohjelmoijilla ei suoraan ollut mitään erikoisosa-alueita, vaan jokainen sai tehtäviä sitä mukaan, kun sai edellisiä tehtyä. Virtuaalitodellisuuden alustana oli HTC:n ja Valven yhteistyössä kehittämä HTC Vive (38), joita oli käytössä neljä kappaletta: jokaiselle ohjelmoijalle oma, ja yksi ryhmän vetäjälle, joka myös ohjelmoi asioita.

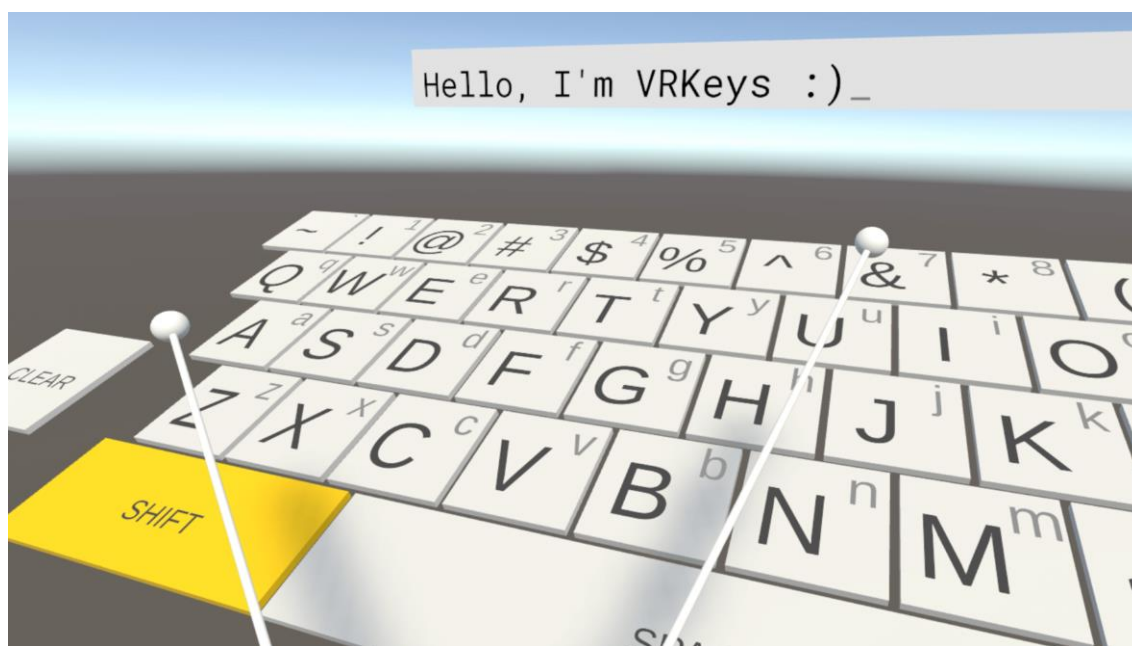
Projekti kesti kahdeksan kuukautta, jonka aikana sitä esiteltiin kaksi kertaa suuremmalle yleisölle, kerran noin puolessa välissä projektia ja toisen kerran ihan lopussa. Projektia esiteltiin myös moneen kertaan toimistolla eri kokoisille ryhmille, joiden koot vaihtelivat yhdestä ihmisestä vajaaseen pariinkymmeneen ihmiseen. Näin jo projektin aikana saatiin kerättyä tärkeää tietoa siitä, mikä toimi ja mikä ei sekä mitä ongelmia pitäisi vielä ratkaista ennen viimeistä esittelyä.

Projektin nettiyhteys toteutettiin aluksi UNetillä, joka on Unityn sisäinen verkkorajapinta. Sen käyttö oli ilmaista, mutta nettiliikenteen määrä oli hyvin rajoitettu, jolloin sovellusta ei pystynyt käyttämään kuin muutaman minuutin kerrallaan, ennen kuin raja tuli vastaan. UNetin nettiliikenteen rajaa olisi pystynyt nostamaan maksamalla joka kuukausi käytetystä liikenteestä. Tämä ei ollut hyvä, sillä silloin maksaminen olisi jäänyt asiakkaan huo-leksi projektin päättymisen jälkeen. Siispä uudeksi verkkorajapinnaksi päätettiin ottaa Photon, sillä siihen riitti kertamaksu, jonka jälkeen sitä pystyi käyttämään vapaasti.

Suurin osa ongelmista liittyi asioiden päivittämiseen netin yli kaikille, ja jotkut ominaisuudet, kuten piirtäminen, jäivät laittamatta sovellukseen sen takia, vaikka ominaisuus muuten toimi ihan hyvin. Erityisesti asioita poimittaessa esineiden fysiikat aiheuttivat pieniä ongelmia. Poimittaessa esine poistettiin sen fysiikat hetkellisesti käytöstä, jotta esine ei yrittänyt pudota takaisin maahan heti. Tämä tieto ei välittynyt netin yli, jolloin esineen

sijainti päivittyi kyllä toisen pelaajan käteen, mutta saman tien muilla pelaajilla esine putosi maahan fyysikkojen takia. Kun esineen sijainti päivitettiin uudestaan muille, hyppäsi se taas pelaajan käteen ja jatkoi jojottelua, kunnes esineen haltija päästi siitä irti. Tämä ongelma saatiin korjattua suhteellisen helposti heti, kun sen syy löydettiin.

Kommentointien tekeminen vei myös paljon aikaa. Ongelmina oli erityisesti kommenttien tallentaminen ulkoiselle palvelimelle niin, että ne saatiin myös palautettua takaisin kaikille pelaajille. Myös muut tiedot, kuten kommentin tallentajan nimi, piti saada yhdistettyä oikeaan kommenttiin siinä samalla. Tekstikommenttien yksi suurimmista ongelmista oli saada virtuaalitodellisuudessa kirjoittamiseen tarkoitettu kirjoituskone, VRKeys, toimimaan halutulla tavalla. Sen pohja oli valmis netistä löydetty versio, jota sitten muokattiin projektiin sopivaksi. Kuvasta 18 nähtävä ksylofonimainen kirjoitustapa osoittautui erittäin toimivaksi ja helpoksi tavaksi käyttää näppäimistöä VR-ympäristössä. Ihmiset myös oppivat sen nopeasti.



Kuva 16: VRKeys näppäimistö, jonka pohjalta projektin ratkaisu toteutettiin (Git Hub. VR Keys; 39)



Äänikommentoinnin suurin ongelma oli saada sovellus tallentamaan ääntä ja säätämään sen volyyymiä niin, ettei se ollut liian hiljainen tai liian kova. Kumpikaan näistä ominaisuuksista ei kuitenkaan aiheuttanut mitään ylitsepääsemätöntä estettä.

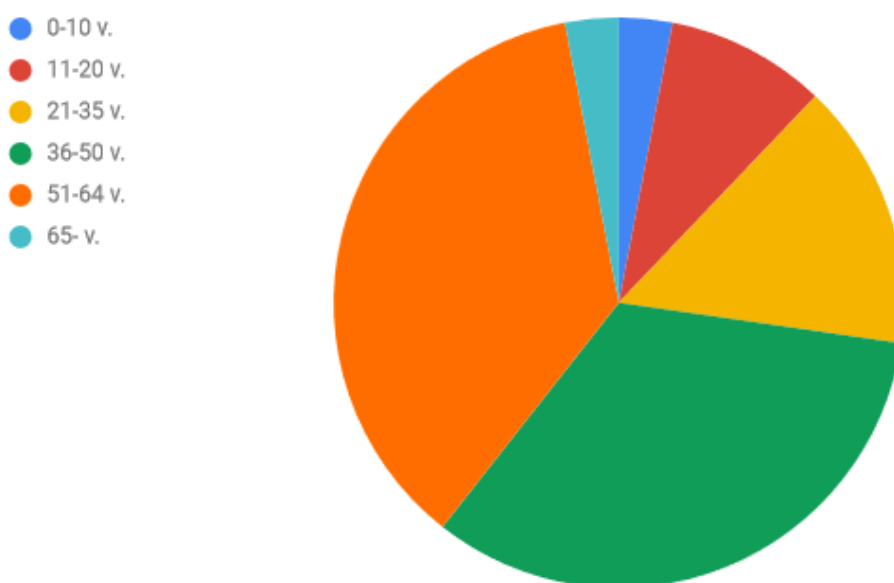
Ominaisuuksien optimointi osoittautui myös useaan otteeseen haastavaksi tehtäväksi. Esimerkiksi ruudukkosysteemi jäi osittain sen takia tekemättä, että sitä ei saatu kunnolla optimoitua niin, että se olisi silti säilyttänyt kaikki ominaisuudet, joita siltä vaadittiin toimintaan halutulla tavalla. Suuria optimoinnillisia haasteita toi myös se, että Vantaan kaupungilta saadut rakennusten 3D-mallit olivat aivan liian tarkkoja ja raskaita tällaista projektia varten, ja niiden tekstuurit oli toteutettu erittäin huonosti. Ne saatiin kuitenkin onneksi korjattua, kun projektiin saatiin mukaan artisteja.

Vaikka koodarit tekivätkin monia ominaisuuksia itse, ei aikasyistä kaikkea voitu tehdä täysin itse. Osa ominaisuuksista hankittiin valmiina Unityn Asset Storesta. Puheyhteys esimerkiksi on hyvin hankala ominaisuus toteuttaa ja siihen menee paljon aikaa. Tästä syystä projektissa käytettiin Dissonance-nimistä liitännäistä, sillä se oli kehuttu ja kohtuullisen hintainen. Se oli myös suhteellisen helppo integroida osaksi projektia. Valokuvien ja videon ottamiseen käytettiin myös valmista pakettia, koska niihin löytyi valmis kohtuuhintainen toteutus suoraan VR-laitteille tehtynä. Niitä piti kuitenkin hieman muokata, ennen kuin ne toimivat täysin halutulla tavalla. Kuitenkin vain valokuvausominaisuus päätyi tämänhetkiseen valmiiseen versioon, sillä ajan puutteen vuoksi ei videokameran toimintaa ehditty kunnolla kiillottaa. Myöskään 360-panoraamakuvia ei saatu toimimaan, sillä niihin käytetty valmis ratkaisu ei toiminut juuri tässä projektissa, eikä ominaisuus ollut niin tärkeä, että siihen olisi kannattanut käyttää aikaa siinä kohtaa.

## 5 Kaupunkisuunnittelutyökalun tulosten analyysi

Projektin lopputuloksena oli karkea prototyyppi, jota testattiin 34 ihmisellä, joista nuorin oli alle 10-vuotias ja vanhin yli 60-vuotias. Testaajien keski-ikä oli n. 40 vuotta. Kuvasta 16 näkee testaajien ikäjakauman. Näiden henkilöiden lisäksi yhdellä pisteellä kuka tahansa pääsi hetkeksi testaamaan sovellusta, mutta heiltä ei kerätty sen kummempaa palautetta.

Testaajien ikäjakauma



Kuva 17: Testaajien ikäjakauma

Henkilöt testasivat prototyyppiä noin 45 minuuttia tehden sovelluksen sisällä annettuja tehtäviä ja antoivat sen jälkeen palautetta. Testaajien joukossa oli niin kaupunkisuunnittelijoita, kaupungin päättäjiä, ja ihan tavallisia kansalaisia. Suurimmalla osalla testaajista, noin 60 prosentilla, ei ollut ennestään tai oli hyvin vähän tuntemusta kaupunkisuunnitteluun liittyvistä asioista. Noin 97 % testaajista, joilta palautetta kerättiin, piti sovellusta mielenkiintoisena ennen testausta, mikä kertoo siitä, että ihmiset voisivat hyvinkin olla kiinnostuneita käyttämään VR-sovelluksia vaikuttamiseen.

Noin 87% testaajista piti sovelluksen oppimista melko helppona, mutta monet kommentoivat, että aluksi kontrollit olivat sekavia ja että aluksi tarvittiin opastusta toiselta ihmiseltä, jotta niistä saatiin kiinni. Tämä olikin yksi suurimmista ongelmista kehityksen aikana, ja siihen pitäisi käyttää vielä lisää aikaa, jotta ohjeista sovelluksen sisällä saadaan mahdollisimman selkeitä kaikille. Tärkeimpänä palautteena oli kuitenkin, että noin 94 % sanoi sovelluksen kasvattavan heidän mielenkiintoaan osallistua enemmän kaupunkisuunnitteluun, ja noin 97 % piti sovelluksesta kokonaisuutena. Tämä kertoo siitä, että tämän kaltaisesta sovelluksesta voisi oikeasti hyötyä kaupunkisuunnittelussa ja ihmisten osallistamisessa ja heidän mielipiteidensä keräämisessä ja että vastaavan kaltaiset sovellukset kiinnostavat ihmisiä.

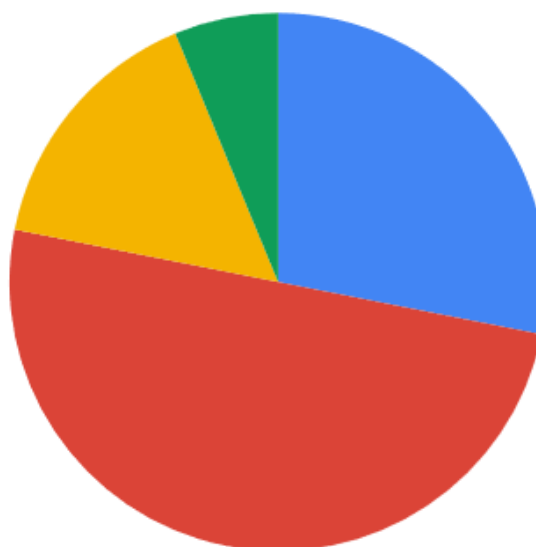
Otos oli vielä suhteellisen pieni, joten sen avulla ei voi vielä tehdä varmoja johtopäätöksiä, mutta se antaa hyvää suuntaa sovelluksen mahdollista jatkokehitystä varten. Tämän insinööriyön kirjoitushetkellä Tikkuraitti-prototyypin tulevaisuus on vielä täysin auki, eikä kukaan tiedä, tullaanko sitä kehittämään enää. Siitäkin huolimatta, että sovellusta ei enää kehitettäisi, on sen avulla kuitenkin saatu arvokasta tietoa siitä, olisiko mahdollisesti tulevaisuudessa tehtävästä samankaltaisesta sovelluksesta iloa joskus ja mitä sellaisen tekemisessä olisi hyvä ottaa huomioon.

Sovellus toteutettiin VR-ympäristössä siksi, että Vantaan kaupunki halusi kokeilla, toisiko VR jotakin lisäarvoa tämän kaltaiselle sovellukselle verrattuna tähänhetkisiin vaihtoehtoihin eli karttoihin ja joissain tapauksissa karkeisiin 3D-malleihin. Toki VR tuo sovellukseen oman lisänsä päästämällä käyttäjän katselemaan mallia ikään kuin pienoismallina ja yhdessä muiden ihmisten kanssa. Kuitenkin VR-maailman ylläpitäminen on aika raskasta tietokoneelle laskea, jolloin se syö tehoja mahdollisesti monilta tärkeiltä ominaisuuksilta, joita sovellukseen mahdollisesti haluttaisiin lisätä. Näistä syistä VR ei välttämättä ole täysin paras alusta kaupunkisuunnitteluovellukselle varsinkin, kun kevyempiäkin versioita on jo toteutettu, esimerkiksi aiemmin mainittu Playsign-sovellus. Kuitenkin teknologia kehittyy jatkuvasti, ja ehkä se joskus tarjoaa paremman alustan myös virtuaalisovellukselle, sillä käyttökokemus on tämänkaltaisella sovelluksella kuitenkin aina hieman erikoisempi ja mieleenpainuvampi kuin tavallisilla sovelluksilla.

Suurimalle osalle VR-ympäristö oli vieras. 9 ihmistä 34:stä ei ollut koskaan aiemmin käyttänyt VR- tai AR-sovelluksia (lisätty todellisuus, engl. Augmented Reality) ja suurin osa eli 16 kertoi käyttävänsä VR- tai AR-sovelluksia vain muutamia kertoja vuodessa. Ne eivät siis ole vielä monille niin tutut ympäristöt toimia, jolloin sovelluksen käyttö on heille hankalaa aluksi, vaikka sovelluksesta kuinka yritettiin tehdä helppokäyttöistä.

### Kuinka usein käytät lisätyn todellisuuden tai virtuaalitodellisuuden sovelluksia, esim. kännykällä, tabletilla, tietokoneella tai konsolilla?

- En koskaan
- Muutamia kertoja vuodessa
- 1-3 kertaa kuukaudessa
- Viikottain
- Päivittäin tai lähes päivittäin



**Kuva 18: Ihmisten aikaisempi virtuaalitodellisuuskokemus**

Tämäkin ongelma saattaa muuttua, jos VR-tekniikka kehittyy ja siitä tulee helpommin saatavaa tavallisillekin ihmisille. Siihen asti kuitenkin tämä ei ehkä ole paras alusta, joita voisi käyttää insinööriyössä esitettyjen ongelmien ratkaisemiseksi. Ehkä kuitenkin joskus vastaavaa sovellusta voidaan oikeasti hyödyntää tietyissä tilaisuuksissa, mutta sitä on vielä hankalaa sanoa.

Loppujen lopuksi kaikkein tärkeimmät ominaisuudet saatiin prototyyppiin, jotta sitä voidaan käyttää siihen tarkoitukseen, johon se tarkoitettiin, eli kaupunginosan esittelyyn ja muokkaamiseen. Esineitä voi siirrellä vapaasti ja uusia esineitä pystyy helposti lisäämään haluamaansa paikkaan. Muutoksia voi tarkastella sekä ylhäältä että alueella seisten, ja niistä pystyy keskustelemaan muiden kanssa. Rakennuksia prototyypin sisällä ei tässä versiossa pystynyt siirtämään, mutta lähinnä siksi, ettei testeissä haluttu ihmisten muuttavan talojen sijaintia, sillä ne oli päätetty jo. Tämän ominaisuuden voisi lisätä kuitenkin sitten, kun ihmisten roolitus ja eri roolien oikeudet tehdä eri asioita saadaan toimimaan. Kommentointi ja kommenttien ja valokuvien tallennus toimi hyvin, ja ihmiset pääsivät antamaan mielipiteitään Tikkuraitin uudesta suunnitelmasta toivotulla tavalla.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyössä selvitettiin, olisiko virtuaalitodellisuudesta apua kaupunkisuunnittelussa ja ihmisten osallistamisessa siihen. Insinööriyön tuloksena syntyi prototyyppi kaupunkisuunnitteluovelluksesta, jolla kaupunkisuunnittelijat voisivat helpommin ja selkeämmin esittää muille kaupunkisuunnittelijoille ja kaupungin asukkaille, minkälainen tietystä alueesta voisi tulla remontin jälkeen, sekä muut voisivat sitten kommentoida näitä suunnitelmia ja esittää omia näkemyksiään asioista. Prototyyppiä testattiin projektin lopussa eri ihmisillä, jotka antoivat palautetta testauksen jälkeen. Monilla ihmisillä oli hieman alkukankeutta sovelluksen käyttämisen kanssa, koska teknologia oli heille vierasta, eikä suurin osa ollut ikinä käyttänyt virtuaalitodellisuuslaitteita. Tästä huolimatta sovellus sai erittäin positiivisen vastaanoton ja monet olivat sitä mieltä, että tämänlaisen kaltainen sovellus saisi heidät osallistumaan enemmän kaupunkisuunnitteluun. Tämän perusteella voisi siis suhteellisen varmasti sanoa, että jotain kiinnostusta tämän tyyppistä sovellusta kohtaan olisi olemassa, mutta otos oli vielä niin pieni, että täysin varmoja johtopäätöksiä ei kannata tehdä. Kuitenkin tämä projekti osoitti hyvin sen, miten teknologiaa ja pelejä voi hyvin soveltaa pelimaailman ulkopuolella ja kuinka se voi tarjota hyvinkin mielenkiintoisia ratkaisuja erilaisiin ongelmiin.

Virtuaalimaailmassa kaupunkilaisen on paljon helpompi hahmottaa ja ymmärtää ammatilaisen suunnittelema suunnitelma, kuin mitä vanhoista kartoista. Kaupunkilaisen on myös helppo antaa kommentteja sovelluksen avulla sekä mahdollisesti esittää omia ehdotuksia siitä, miten suunnitelmaa voisi parantaa. Kaupungin suunnitteleminen virtuaalitodellisuudessa on myös hauskaa ja helppoa, varsinkin, jos sitä saa tehdä yhdessä muiden kanssa keskustellen ja näyttämällä omia näkemyksiä, sekä arvioiden muiden ajatuksia ja ehdotuksia. Sovellusta on helppo käyttää ja objekteja on helppo lisätä, jolloin myös tavallinen ihminen, jolla ei ole tietämystä kaupunkisuunnittelusta, voi kertoa mielipiteensä ja antaa ehdotuksia siitä, miten alueesta voisi saada viihtyisämmän.

Yhtenä haasteena virtuaalitodellisuuden käyttämisessä on tämän työn kirjoitushetkellä sen uutuus. Kovin moni ei ole käyttänyt vielä virtuaalitodellisuus laitteita, eikä heille siitä syystä ole vielä tullut tutuksi moni virtuaalitodellisuuden toimintatapa. Tämän seurauksena käyttöliittymä pitää suunnitella mahdollisimman yksinkertaiseksi, mutta kuitenkin luontevaksi käyttää sekä mahdollisimman tehokkaaksi kaupunkisuunnittelua ja kaupunkilaisten vaikuttamista varten. Vaikka käyttöliittymä olisi virtuaalitodellisuuden konkarille hyvinkin yksinkertainen, voi se silti olla erittäin haasteellista ymmärtää, jos ei ole koskaan käyttänyt mitään vastaavaa. Tämä osoittautui yhdeksi suurimmista haasteista tässä projektissa erityisesti silloin, kun kenen tahansa pitäisi muutamassa minuutissa oppia käyttämään sovellusta. Haasteen tuo myös se, että HTC-Vive tarvitsee suhteellisen tehokkaan koneen, joka maksaa paljon. Tuotteen testaaminen ja esitleminen on myös hankalaa muualla kuin siellä, missä tuotetta kehitetään. Esimerkiksi tuotteen kanssa on hyvin hankala mennä sinne, missä ihmiset ovat, testaamaan ja pyytämään palautetta tuotteesta. Tällä hetkellä suunniteltava alue ei myöskään voi olla kovin suuri, sekä tarvittavien mallien tulee olla riittävän yksinkertaisia, jotta tietokone pystyy pyörittämään sovellusta riittävän tehokkaasti, jotta pahoinvoinnilta vältyttäisiin. Tällaisten sovellusten optimointi on erittäin tärkeää. Virtuaalitodellisuus ei siis välttämättä ole paras alusta tällaiseen projektiin ainakaan vielä, mutta sen avulla voidaan kyllä saavuttaa kelpo sovellus ja hyvä kokemus ihmisille.

## Lähteet

1. Fainstein, Susan. 2016. Urban Planning. Encyclopædia Britannica, inc. Verkkoaineisto. s. 1; s.2. <<https://www.britannica.com/topic/urban-planning>>. Luettu 20.5.2018.
2. Little mountain open house info board guiding principles. 2012. City of Vancouver Planning Department. Verkkoaineisto. <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwi245iqxsbdAhWlilsKHci-BAFkQFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fvancouver.ca%2Fdocs%2Fplanning%2Flittle-mtn-open-house-info-board-guiding-principles.pdf&usq=AOvVaw1ZVoNBRx6BBRqXuU399Eki>> Luettu 19.9.2018.
3. Rouault, Alicia. 2013. What are the scientifically proven urban planning methods you know and use? Quora. Verkkoaineisto. <<https://www.quora.com/What-are-the-scientifically-proven-urban-planning-methods-you-know-and-use>>. Luettu 16.6.2018.
4. Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999. 62§; 65§ <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L1>> Luettu 15.7.2018.
5. Kotomaa, Laura. Aloittelija kaavoitusopas. 2013. Turun luonnonsuojeluyhdistys. Verkkoaineisto. <<https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiC1tzcPneAhUih6YKHS1pBL8QFjAAegQICRAC&url=https%3A%2F%2Fwww.sll.fi%2Fvarsinais-suomi%2Fpaikallisyhdistykset%2Fturku%2Ftoiminta%2Fkaavarhythma%2Faloittelijankaavoitusopas&usq=AOvVaw004-IQNSNh1T-GGrjojKiP>>. Luettu 7.11.2018.
6. Tampere.fi. Verkkoaineisto. <<https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus/kaavoituksen-tasot.html>>. Päivitetty: 2.10.2015. Luettu 24.10.2018.
7. Tampere.fi. Kaavoituksen tasot. <<https://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus/kaavoituksen-tasot.html>> 16.1.2019.
8. Dalal-Clayton, Barry; Dodman, David; McGranahan, Gordon. 2013. Integrating the environment in urban planning and management. Nairobi: UNON/Publishing Section Services. s.22; 24; 28 Luettu 19.9.2018.
9. Horelli, Liisa. 2013. New approaches to urban planning. Aalto Yliopisto. Luettu 19.9.2018.

10. Staffans, Alja; Väyrynen, Erja. 2008. Oppiva Kaupunkisuunnittelu. Otaniemi. Luettu 19.9.2018.
11. Sweco. Kotisivut. Cave ympäristö. Verkkoaineisto. <<http://www.sweco.fi/palvelumme/kayttajalahtoinen-suunnitteluprosessi/>> Luettu 16.7.2018.
12. Bierend, Doug. 2014. SimCity That I Used to Know. Verkkoaineisto <<https://medium.com/re-form/simcity-that-i-used-to-know-d5d8c49e3e1d>>. Luettu 19.9.2018.
13. Paradox Interactive, verkkosivu. <[https://www.paradoxplaza.com/cities-skylines/CSCS00GSK-MASTER.html?utm\\_medium=search&utm\\_source=search-precis&utm\\_content=textad&utm\\_campaign=cisk\\_cs\\_search-exact\\_nordic\\_20170301\\_pla\\_a0&qclid=Cj0KCQiA8\\_PfBRC3ARIsAOzJ2ur0b6vdi-2oT-llmM5vFWwaUGQ9Kyvq4H9Kd\\_JWVTtQKOhzoggUoKpAaAoOQEALw\\_wcB](https://www.paradoxplaza.com/cities-skylines/CSCS00GSK-MASTER.html?utm_medium=search&utm_source=search-precis&utm_content=textad&utm_campaign=cisk_cs_search-exact_nordic_20170301_pla_a0&qclid=Cj0KCQiA8_PfBRC3ARIsAOzJ2ur0b6vdi-2oT-llmM5vFWwaUGQ9Kyvq4H9Kd_JWVTtQKOhzoggUoKpAaAoOQEALw_wcB)> Luettu 27.11.2018.
14. Tygron wiki. Julkaisu muistiinpanot. Verkkoaineisto <[http://support.tygron.com/wiki/Release\\_Notes](http://support.tygron.com/wiki/Release_Notes)> Luettu 27.11.2018.
15. Rawkes.com. VizCities Developement diary. <<http://rawkes.com/articles/vizicities-dev-diary-1>> 16.1.2019.
16. Khan, Haider. 2013 Verkkoaineisto. SimCity 2013 Disasters Guide – How To Unlock and Manage. <<https://segmentnext.com/2013/03/06/simcity-2013-5-disasters-guide-how-to-manage/>>. Luettu 19.9.2018.
17. Farokhmanesh, Megan. 2013. Verkkoaineisto. EA announces SimCityEDU for the classroom. <<https://www.polygon.com/2013/1/20/3896568/ea-announces-simcityedu-for-the-classroom>>. Luettu 19.9.2018.
18. Matchstickeyes.com. Thoughts on Cities: Skylines. <<http://www.matchstickeyes.com/2015/03/16/thoughts-on-cities-skylines/>> 16.1.2019.
19. Hallikainen, Mariina. 2015. Verkkoaineisto. Mariina Hallikainen on Cities: Skylines - Unite Europe 2015. <<https://www.youtube.com/watch?v=On5iRCYT8QQ>> Katsottu 19.9.2018.
20. Korppo, Karoliina. 2017. How a video game might help us build better cities. Ted2017. Verkkoaineisto. <[https://www.ted.com/talks/karoliina\\_korppo\\_how\\_a\\_video\\_game\\_might\\_help\\_us\\_build\\_better\\_cities](https://www.ted.com/talks/karoliina_korppo_how_a_video_game_might_help_us_build_better_cities)>. Katsottu 19.9.2018.



21. Hertz, Daniel. 2016. What Computer Games Taught Me About Urban Planning. Verkkoaineisto. <<https://www.theatlantic.com/business/archive/2016/02/urban-planning-computer-games/470895/>>. Luettu 19.9.2018.
22. Saarenoja, Panu. 2018. Cities: Skylines siirtyy luokkahuoneisiin – ja tietysti suomalaisvoimin. Pelaaja-lehti. Verkkoaineisto. <<https://www.pelaajalehti.com/uutiset/cities-skylines-siirtyy-luokkahuoneisiin-ja-tietysti-suomalaisvoimin>>. Luettu 19.9.2018.
23. Bayliss, Ben. 2018. Verkkoaineisto. New Cities: Skylines Education Edition as Paradox Interactive and TeacherGaming Form Partnership. <<https://www.dualshockers.com/cities-skylines-education-edition/>> Luettu 19.9.2018.
24. Donnely, Joe. 2016. Verkkoaineisto. Cities: Skylines used by Swedish city planners to design new city district <<https://www.pcgamer.com/cities-skylines-used-by-swedish-city-planners-to-design-new-city-district/>> Luettu 19.9.2018.
25. Video game Cities Skylines helps plan Stockholm development. 2017. Verkkoaineisto. <<https://www.bbc.com/news/av/39200838/video-game-cities-skylines-helps-plan-stockholm-development>> Luettu 19.9.2018.
26. Serious games for urban planning. Verkkoaineisto. Smartcitiesdive. <<https://www.smartcitiesdive.com/ex/sustainablecitiescollective/serious-games-urban-planning/294066/>>. Luettu 19.9.2018.
27. Smart City Embassy. Tygron – Collaborative Urban Planning <<http://www.smartcityembassy.nl/initiative/tygron-collaborative-urban-planning/>> 16.1.2019.
28. Gim international. 2015. Verkkoaineisto. Serious Gaming: Improving Stakeholder Communication in Urban Development Projects. <<https://www.gim-international.com/content/article/serious-gaming-improving-stakeholder-communication-in-urban-development-projects>> Luettu: 2.3.2019
29. Playsign. Kotisivu. Verkkoaineisto. <<http://www.playsign.net/product/>>. Luettu 19.9.2018.
30. Virtuaalimalli. Oulun kaupunki. <<https://www.ouka.fi/oulu/hiukkavaara/virtuaalimalli>> Luettu 19.9.2018.
31. Fuchs, Mathias. 2006. Verkkoaineisto. <<https://www.creativegames.org.uk/art/plasticity/index.htm>> Luettu 19.9.2018.

32. Fuchs, Mathias. The University of Salford. Verkkoaineisto. <[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwihyJLYrqHeAhWD1SwKHXOWCqUQFJA-BegQIBxAC&url=http%3A%2F%2Fcreativegames.org.uk%2FMS\\_CreativeGames%2Fhomepage\\_content%2Freadinglist\\_files%2Fdownloads%2FPlastiCity\\_Fuchs.pdf&usq=AOvVaw3gbnQKd8TGU\\_0SdUk1hPUE](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwihyJLYrqHeAhWD1SwKHXOWCqUQFJA-BegQIBxAC&url=http%3A%2F%2Fcreativegames.org.uk%2FMS_CreativeGames%2Fhomepage_content%2Freadinglist_files%2Fdownloads%2FPlastiCity_Fuchs.pdf&usq=AOvVaw3gbnQKd8TGU_0SdUk1hPUE)> . Luettu 19.9.2018.
33. Playsign.com. <<http://www.playsign.net/product/>> 16.1.2019.
34. Fuchs, Mathias. PlastiCity  
<[https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjr5rXNoufdAhVjsosKHRHZBUcQjhx6BAq-BEAI&url=http%3A%2F%2Fcreativegames.org.uk%2FMS\\_CreativeGames%2Fhomepage\\_content%2Freadinglist\\_files%2Fdownloads%2FPlastiCity\\_Fuchs.pdf&psig=AOvVaw37ghBao4qaNY-bVWMMJ\\_CLs&ust=1538552963927073](https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjr5rXNoufdAhVjsosKHRHZBUcQjhx6BAq-BEAI&url=http%3A%2F%2Fcreativegames.org.uk%2FMS_CreativeGames%2Fhomepage_content%2Freadinglist_files%2Fdownloads%2FPlastiCity_Fuchs.pdf&psig=AOvVaw37ghBao4qaNY-bVWMMJ_CLs&ust=1538552963927073)> 16.1.2019.
35. Creativegames.org. PlastiCity - A Multiplayer Urban Planning Game  
<<https://www.creativegames.org.uk/art/plasticity/index.htm>> 16.1.2019.
36. Face your world, Urban Slotevaar. 2011. Verkkoaineisto. <<http://www.faceyourworld.net/en/>> Luettu 19.9.2018.
37. Faceyourworld.net. <[http://www.faceyourworld.net/en/about/urbanlab\\_slotervaart/#2](http://www.faceyourworld.net/en/about/urbanlab_slotervaart/#2)> 16.1.2019.
38. D'Orazio, Dante; Savov, Vlad. 2015. Verkkoaineisto. <<https://www.theverge.com/2015/3/1/8127445/htc-vive-valve-vr-headset>> Luettu 19.9.2018.
39. Git Hub. VR Keys. <<https://github.com/campfireunion/VRKeys>> 16.1.2019.