

## HOLO BOREALIS

HoloLens-sovelluksen kehittäminen

Pikkuaho Joni  
Taikina-aho Juha-Matti

Opinnäytetyö  
Digitaaliset ratkaisut  
Tieto- ja viestintäteknikka  
Insinööri (AMK)

2019

Digitaaliset ratkaisut  
Tieto- ja viestintätekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijät</b>	Joni Pikkuaho, Juha-Matti Taikina-aho Vuosi 2019
<b>Ohjaajat</b>	Maisa Mielikäinen, Toni Westerlund
<b>Toimeksiantaja</b>	pLAB
<b>Työn nimi</b>	Holo Borealis HoloLens-sovelluksen kehittäminen
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	33 + 5

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa Microsoft HoloLens -hybriditodellisuuslaseille sovellus, joka projektoi käyttäjän näkökentässä oleviin linsseihin virtuaalisia revontulia sekä esittää tähtitieteellisen napapiirin sijainnin. Opinnäytetyön suurimmat vaikutukset tulevat esille turismin yhteydessä. Yksi Lapin suurimpia houkutusia turisteille ovat revontulet, mutta niitä ei voi ikinä varmaksi luvata. Tämän sovelluksen avulla annettaisiin mahdollisuus kokea Lapin taikaa riippumatta olosuhteista.

pLABilta oli pitkään toivottu tämän tyyllisen projektin toteuttamista lappilaisille matkailuyrityksille, mutta tämä oli toistaiseksi jäänyt suunnitteluasteelle. Otimme aiheen vastaan, koska olemme kiinnostuneita modernista teknologiasta ja halusimme edesauttaa Lapin turismin kehitystä ja sen mahdollisuuksia. Teimme opinnäytetyön kahdestaan SCRUM-metodeja hyödyntävänä projektina.

Työn ensimmäisenä haasteena oli saada HoloLens-kehitysalusta toimimaan. Tämän lisäksi haasteita olivat todenmukaisten revontulien toteuttaminen sekä tähtitieteellisen napapiirin esittäminen HoloLensillä. GPS:n puuttuminen virtuaalilaseista hankaloitti tätä työvaihetta, minkä takia meidän piti tutkia vaihtoehtoisia ratkaisuja. Työn toteuttamiseen käytettiin Unity-pelimoottoria, Visual Studioa sekä Unity Asset Storesta ostettua asettipakettia.

Tutkimusmateriaaleina käytettiin erinäisiä internetistä löytyneitä lähteitä sekä meille toimitettua napapiirilaskuria. Valitsemamme tutkimuskohde oli sen verran tuore ja ennestään käsittelemätön, että valmista materiaalia ja tietoa oli vähän saatavilla. Iso osa projektin ajasta käytettiin teknologioiden tutkimiseen ja niiden yhteensopivuuden varmistamiseen.

Opinnäytetyön tuloksena paljastui, että tehtävänannon mukainen sovellus on täysin toteutettavissa annetulla alustalla, mutta sovelluksen lopulliseen versioon jääneet puutteet johtuivat itse kehitysalustassa olevista rajoituksista. Sovellusta pystytään kehittämään entistä pidemmälle sen jälkeen, kun hybriditodellisuuden teknologia kehittyy nykytilanteesta tai mikäli käytetään ulkoisia lisäosia korvaamaan laitteen puutteita.

**Avainsanat** hybriditodellisuus, lisätty todellisuus, napapiiri, ohjelmistokehitys, revontulet, turismi, virtuaalitodellisuus

Digital Solutions  
Degree Programme in Information  
and Communication Technology  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Joni Pikkuaho, Juha-Matti Taikina-aho	Year 2019
<b>Supervisor</b>	Maisa Mielikäinen, Toni Westerlund	
<b>Commissioned by</b>	pLAB	
<b>Subject of thesis</b>	Holo Borealis Developing a HoloLens-application	
<b>Number of pages</b>	33 + 5	

---

The goal of the thesis was to develop an application for Microsoft HoloLens, which projects virtual aurora borealis and displays the true arctic circle onto the lenses in the user's field of vision. The biggest impact of the thesis will be with tourism. One of the larger reasons why tourists come to Lapland is the beautiful nature and especially the aurora borealis. The problem is that they cannot be guaranteed for every visitor. This project and its outcome could give everyone a chance to experience the magic of Lapland, regardless of the circumstances.

pLAB had been asked previously to do this kind of a project for travel companies in Lapland, but until now it had remained in the planning-stages. We took on this idea for a thesis, since we are interested in modern technologies and would like to help co-develop Lapland's tourism and its possibilities. This project utilized SCRUM-methods and was done by the two of us.

The first major obstacle of the thesis was getting the HoloLens development platform to work as we wanted. In addition to this, we had some difficulties with creating realistic-looking aurora borealis and displaying the true arctic circle on HoloLens. The lack of GPS on the device forced us to look for alternative ways to complete the assignment. For this project we used Unity game-engine, Visual Studio and an asset pack bought from Unity Asset Store.

For our sources, we used materials found on the internet and an arctic circle calculator that was provided to us. Our subject matter was largely unknown before, due to it being a fairly new concept, so we had very little material to begin with. Big part of the project time was used to see if the desired result could be accomplished, and to make sure that the used technologies were compatible with each other.

The result of our thesis showed us that it's fully possible to produce the application with the given platform. The shortcomings in the final version were because of the platform and its limitations. It's possible to develop this application further when the hardware has developed, or if external add-ons are used to compensate for the hardware's lacking features.

**Key words** arctic circle, augmented reality, mixed reality, northern lights, software development, tourism, virtual reality

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	PROJEKTI HOLO BOREALIS .....	9
2.1	Unity-pelimoottori .....	11
2.2	Revontulet.....	12
2.3	Pohjoinen napapiiri .....	13
2.4	Merkitys turismille .....	14
3	SOVELLUKSEN TOTEUTUS HOLOLENS-LASEILLA .....	16
3.1	SCRUM ja projektin läpivienti .....	16
3.2	Revontulien luonti .....	18
3.3	Tähtitieteellisen napapiirin sisällytys .....	19
3.4	Sovelluksen ohjelmointi .....	21
3.5	Näkymän interaktiivisuus .....	23
4	TESTAUS .....	25
4.1	Sovellus .....	25
4.2	HoloLens.....	26
5	PROJEKTIN JOHTOPÄÄTÖKSET .....	27
5.1	Ongelmat .....	27
5.1.1	HoloLens .....	27
5.1.2	Revontulet .....	28
5.1.3	Napapiiri .....	29
5.2	Jatkokehitys .....	30
6	POHDINTA .....	31
	LÄHTEET .....	32
	LIITTEET .....	34

## ALKUSANAT

Haluamme kiittää pLABia opinnäytetyön tehtävänannosta sekä HoloLens-laitteen lainaamisesta työn toteuttamista varten. Erityisesti haluamme kiittää Toni Westerlundia hyödyllisistä materiaaleista ja jatkuvasta tuesta sekä avusta projektin toteutuksen aikana.

Kiitokset myös R54T15S-ryhmän muille opiskelijoille toveruudesta, kaikista pienistä asioista ja hännämisestä tietenkin. Hyvä asenne ja hyvät ystävät ovat kantaneet pitkälle.

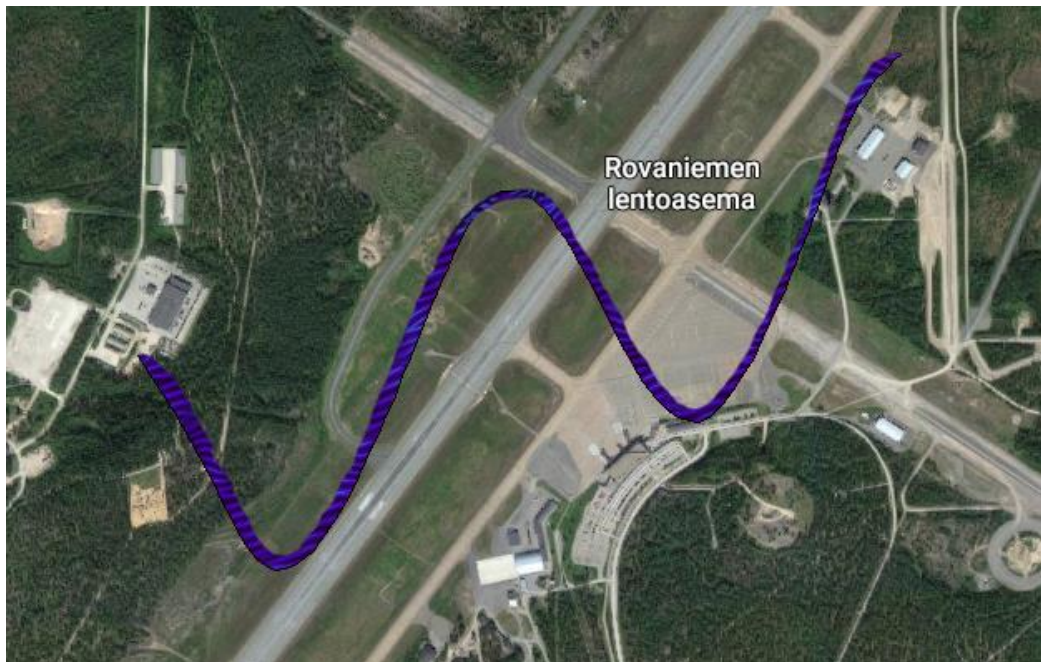
## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

AR	Augmented Reality (lisätty todellisuus)
Assetti	ohjelmistokehityksessä käytettävää sisältöä, esimerkiksi 3D-malleja ja tekstuureja
Bluetooth	langattomaan kommunikointiin käytetty avoin standardi
Burndown chart	kaavio, joka näyttää jäljellä olevan työn määrän verrattuna jäljellä olevan ajan määrään
Generoida	jonkin asian luominen ohjelmistokehityksessä
Konfigurointi	jonkin asian käyttötarkoituksen valmistelu/säätäminen
MR/XR	Mixed Reality, Hybrid Reality (hybriditodellisuus)
Parentointi	elementin liittäminen toiseen pelimoottorissa
Product backlog	lista asioista, jotka pitää tehdä projektin aikana
Vesiputousmalli	perinteinen vaiheistettu ohjelmistokehitysprosessi
Visual Studio	Microsoftin ohjelmistokehitysympäristö, joka tukee useita ohjelmointikieliä
VR	Virtual Reality (virtuaalitodellisuus)

## 1 JOHDANTO

Lapin yksi olennaisimmista elinkeinoista on turismi. Tämä on helposti nähtävillä, kun kulkee vaikka Rovaniemen kaduilla. Ihmiset tulevat ympäri maailmaa kokemaan suomalaisen kulttuurin, luonnon taian ja raikkaan ilman. Kiistatta yksi kauneimmista luonnonilmiöistä, mitä Lappi voi tarjota, ovat revontulet. Nämä kauniit taivaalla näkyvät valot ovat olleet ihmisille pitkään hämmästyksen aihe. Menneisyydessä uskottiin, että revontulet ovat silta tuonpuoleiseen ja joissakin kulttuureissa jopa uskotaan, että revontulien todistaminen voi kasvattaa mieskuntoa. Myös esimerkiksi Kiinassa uskotaan revontulien todistamisen kasvattavan hedelmällisyyttä ja parantavan mahdollisuutta saada miespuolinen lapsi. Tätä luonnonilmiötä ei kuitenkaan voida pakottaa ilmestymään aina tarpeen vaatiessa, joten miksei samaa taikaa voitaisi tuoda virtuaalisessa muodossa.

Samaan aikaan tähtitieteellinen napapiiri on aihe, josta moni ei tiedä. Jokainen pystyy löytämään ja näkemään napapiirin rajan merkin Rovaniemen lentoasemalla. Vastoin yleistä käsitystä tämä raja liikkuu vuodesta toiseen omalla rytmillään. Kuvio 1:ssä on havainnollistettu napapiirin liike aikavälillä 15.6.1985 – 24.12.2015 (Napapiiri 2018).



Kuvio 1. Napapiirin rajan liike aikavälillä 15.6.1985 – 24.12.2015

Näistä lähtökohdista muodostettiin tämä kahden hengen opinnäytetyöprojekti. Projektin tavoitteena oli toteuttaa Microsoft HoloLens-hybriditodellisuuslaseille

sovellus, nimeltään Holo Borealis. Lasit visualisoivat käyttäjälle virtuaalisia revontulia, joita voidaan katsella lasien linssien läpi oikeaa taivasta vasten. Sen lisäksi käyttäjä voi halutessaan laskea etäisyytensä napapiirin rajasta sovelluksen sisällä. Rovaniemen ohjelmistotekniikan laboratorio pLAB tarjosi meille käyttöön tarvittavan laitteiston sekä tilat projektin toteuttamista varten. pLAB oli jo aikaisemmin saanut pyyntöjä lappilaisilta matkailuyrityksiltä tämän kaltaista projektia koskien, mutta sellaisen toteutus oli jäänyt toistaiseksi alkutekijöihinsä. Aihe otettiin vastaan, koska tätä kohdetta ei ole ennen tutkittu ja se voi antaa hyötyä pLABille sekä jopa mahdollisesti Lapin tai koko Suomen turismille ajan kuluessa yhdessä tai toisessa muodossa.

Sovelluksen kehitysalustana on Microsoft HoloLens ja sen moottorina toimii Unityn ilmaisversio. Projektin kokonaiskestoksi arvioitiin noin kolme kuukautta, mutta todellinen kesto oli noin neljä kuukautta, johtuen myöhemmin dokumentissa selitetyistä ongelmista. Projekti toteutettiin SCRUM-menetelmiä hyödyntämällä 2 – 3 viikon sprinteillä.

Työnjako molempien projektin osapuolten välillä jaettiin seuraavasti: Joni Pikuaho toimi SCRUM masterina ja hoiti projektin dokumentaation ylläpidon. Hänen osuutensa sovelluksen kehityksessä oli napapiirin laskennan kaavojen ja implementoinnin selvittäminen. Teoriaosuudessa hänen tehtävänä oli tutkia HoloLensin käyttöä sekä Unityä ja pohjoista napapiiriä. Juha-Matti Taikina-aho tuotti projektin koodin ja työsti Unityssä vaaditut työt. Tämän lisäksi hän suoritti revontulien tutkimisen, napapiirin laskennan sisällyttämisen koodiin sekä teki tutkimusta turismista. Hän myös osallistui dokumenttien luomiseen ja muokkaamiseen.



## 2 PROJEKTI HOLO BOREALIS

Microsoftin vuonna 2016 julkaisemat HoloLens-hybriditodellisuuslasit (Kuvio 2) toimivat tämän projektin kulmakivenä. Ohjelmistotekniikan laboratorio pLAB omistaa kehittäjäversion HoloLens-laseista ja näiden avulla toteutus oli mahdollista.



Kuvio 2. HoloLens pöydällä

Alla olevassa kuvio 3:ssa Joni Pikkuaho demonstroi HoloLens-lasien käyttöä. Laitteen päänympärysvaaraa saa säädettyä sen takana olevalla rullalla, mikä mahdollistaa laitteen turvallisen käytön eri ihmisillä, pään koosta riippumatta.

Laite on mukava päässä, vaikka käyttäjällä olisi silmälasit. Kun HoloLens on käytössä, ohjataan sen eri toimintoja joko äänikomennoilla tai erinäisillä eleillä, kuten kuvassa tehdään. Liite 1 sisältää tarkemmat ohjeet HoloLensin peruskäyttöön.



Kuvio 3. HoloLens käytössä

HoloLensin käyttämää teknologiaa kutsutaan hybriditodellisuudeksi (*MR/XR, Mixed Reality*). Hybriditodellisuus voidaan katsoa yhdeksi lisätyn todellisuuden muodoksi (*AR, Augmented Reality*), mutta se poikkeaa virtuaalitodellisuudesta (*VR, Virtual Reality*) ja lisäystä todellisuudesta muutamilla selkeillä tavoilla. Virtuaalitodellisuudessa käyttäjän ympärille luodaan kokonaan keinotekoinen digitaalinen ympäristö, kun taas lisätyssä todellisuudessa käyttäjän omaan todelliseen ympäristöön lisätään digitaalista sisältöä omana kerroksenaan ja lisättyä sisältöä käsitellään digitaalisena. Hybriditodellisuudessa digitaalista sisältöä on mahdollista käsitellä samoin, kuin fyysistä objektia ja edelleen digitaaliset sisällöt voivat vaikuttaa fyysisiin, todellisen maailman objekteihin. Esimerkiksi pöytä, jota katsotaan lasien lävitse voi saada erilaisen pinnan, kuin mikä sillä olisi normaalisti. (Rouse 2018.)

HoloLens-laite itsessään painaa 579 grammaa. Laskennasta huolehtii Intelin 32-bittinen prosessori ja sen ohella toimii tätä varten kehitetty Microsoftin oma holografinen prosessointiyksikkö (*HPU, Holographic Processing Unit*). Laitteessa on kaksi gigatavua RAM-muistia sekä 64 gigatavua sisäistä muistia. Akun kesto on noin 2 – 3 tuntia aktiivista käyttöä ja se pystyy olemaan valmiustilassa kaksi viikkoa. HoloLens on täysin käytettävissä latauksen aikana ja pysyy hiljaisena passiivisen jäähdytyksen ansiosta. Siihen voidaan kytkeä 3.5 millimetrin liittimellä varustetut kuulokkeet, mutta valittavissa ovat myös sisäänrakennetut kaiuttimet. Sekä ääntä että näyttöjen kirkkautta pystytään säätämään sivuilla olevista painikkeista ja akun varaus on ilmaistu LED-valoina laitteen takaosassa. Yhteyksiä varten löytyy Bluetooth-, Wi-Fi- sekä micro-USB -liitäntä. HoloLens kommunikoi ympäristön kanssa erilaisten sensoreiden, neljän ympäristöä ymmärtävän sekä yhden syvyyttä ymmärtävän kameran kautta. Yksi lisäkamera pystyy tallentamaan virtuaaliodellisuutta tai ympäristöä yksin tai myös yhdistettynä. Ääntä mittaavat neljä eri mikrofonia. Laitetta ohjataan sekä ääni, että elekomennoin ja se pystyy myös seuraamaan käyttäjän katsetta. Käyttäjälle näytettävästä kuvasta huolehtivat kaksi HD-tasosta valomoottoria. (Microsoft 2018a.)

## 2.1 Unity-pelimoottori

Unity on Nicholas Francisin, Joachim Anten ja David Helgasonin luomus. Vuonna 2002 Francis työskenteli alunperin yksin itsenäisen pelimoottoriprojektin parissa. Francis ja Ante tapasivat toisensa ensimmäistä kertaa nettifoorumilla, kun Francis oli tullut kysymään apua ongelmaan. Tähän aikaan Ante työsti myös omaa pelimoottoriaan, mutta jonkin aikaa jatkuneen viestittelyn jälkeen molemmat päättivät keskeyttää yksittäiset suunnitelmansa työskennelläkseen yhdessä kokonaan uuden pelimoottorin parissa. Kuultuaan tästä Helgason kiinnostui kaksikon ideasta ja liittyi myös projektiin mukaan. (GameToolKits 2018.) Alunperin kolmikun suunnitelmana oli luoda pelimoottori, tehdä sillä videopeli todistaakseen sen toimivuuden ja jälkeempäin lisensoida sitä muille.

Unityn kehitys vauhdittui, kun Ante muutti Saksasta Tanskaan liittyäkseen Francisin ja Helgasonin seuraan. Keskenään he vuokrasivat asunnon, josta käsin Unity lopulta tehtiin. Toimitusjohtajan tehtävä päättyi lopulta Helgasonin harteille,

koska hän oli tiimin ulospäin suuntautunein ja kolmikko koki, että kaikki muut mahdolliset tehtävään haastatellut olivat hieman heitä jäljessä teknologian kehityksessä. (MCV UK 2009.)

Useiden vuosien kehityksen ja lukemattomien versioiden jälkeen Unity on kehittynyt ja kasvanut yhdeksi maailman käytetyimmistä pelimoottoreista. Päätös käyttää Unityä HoloLensille asennettavan sovelluksen toteuttamiseen oli ilmi-selvä, koska se on pLABille sekä projektin jäsenille tuttu alusta ja moottorin perusversio on täysin ilmainen. Tähän valintaan vaikutti keskeisesti myös se, että Unityyn lisättiin vuonna 2017 valmis tuki hybriditodellisuuslaitteille. Tämä tuki mahdollistaa muun muassa omien HoloLens-sovellusten kehittämisen sekä niiden julkaisun Microsoftin omaan sovelluskauppaan. (Unity 3D 2018.) Moottorin mukana tullut valmis yhteensopivuus suoraviivaisti työprosessia huomattavasti.

Unityn ohella toimii Microsoftin Visual Studio -ohjelmistokehitysympäristö. Visual Studion avulla käyttäjä pystyy muokkaamaan ja lisäämään koodia luotuihin Unity-projekteihin. Unityssä tehdyt luomukset ja muokkaukset generoituvat automaattisesti koodimuotoon ja tähän koodiin tehdyt lisäykset vaikuttavat suoraan Unity-projektiin, joten molemmat ohjelmistot toimivat tehokkaasti käsi kädessä. (Microsoft 2018b.)

## 2.2 Revontulet

Revontulet (Aurora Borealis/Northern Lights) ovat auringosta alkunsa saava luonnonilmiö. Aurinkotuulena saapuvat hiukkaset syöksyvät ylhäältä alaspäin ionosfäärin happi- ja typpi-atomeihin, jotka tästä virittyvät ja purkautuessaan vapautuvat fotonina, eli valona. (Ilmatieteen laitos 2018.) Tämä valo voi olla havaittavissa useissa värin eri aaltopituuksissa, riippuen siitä millä korkeudella hiukkaset reagoivat. Kun hiukkaset ovat 240 kilometrin korkeudessa tai korkeammalla, valo on punaista. Tämä johtuu siitä, että happea on niissä korkeuksissa vähemmän, joten ne pääsevät ”kiihtymään” suuremmalla aaltopituudella tai taajuudella. Joskus harvemmin voi revontulien seassa nähdä myös pinkkiä ja keltaista. Nämä ovat yleensä kovan auringon aktiivisuuden takia, ja ne ovat sekoitus muita värejä. (The Aurora Zone 2018.)

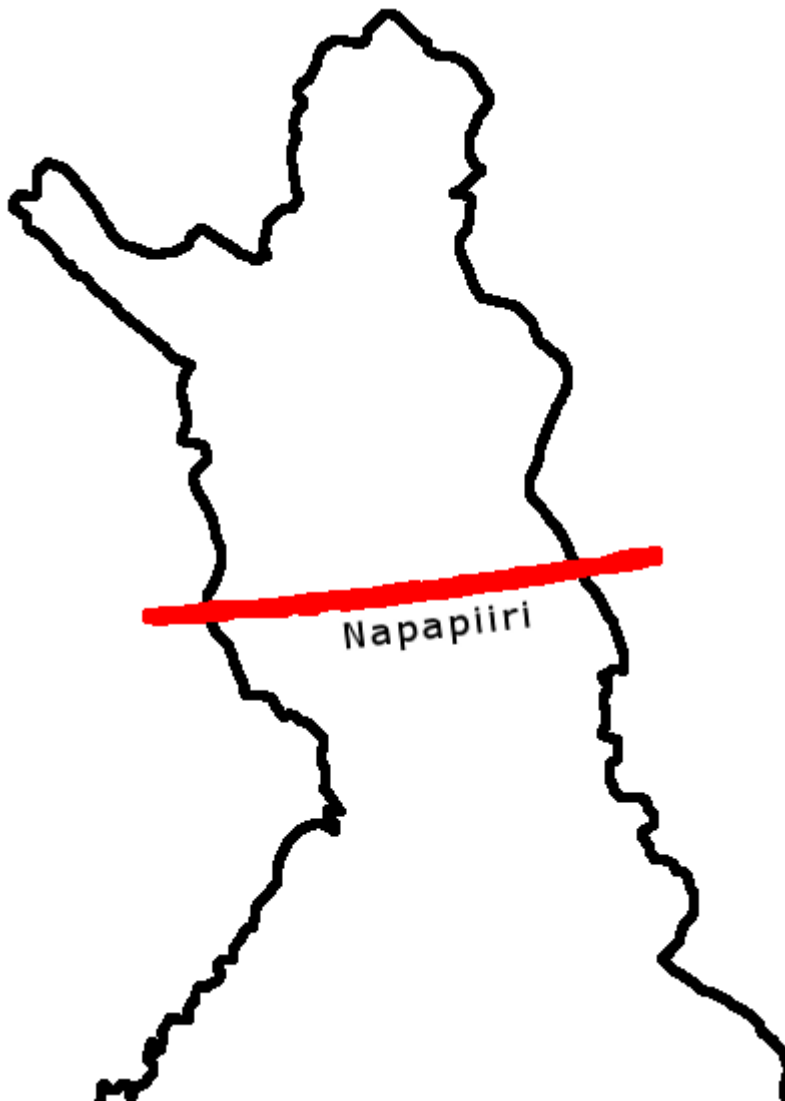
Yleisin revontulien väri, vihreä, muodostuu 100 – 240 kilometrin korkeudessa käyvän aktiivisuuden kautta. Tämän lisäksi ihmissilmä havaitsee vihreän aallonpituuden helpommin, mikä tekee tästä väristä eniten havaitun. Tämän lisäksi revontulissa havaitaan myös sinistä ja violettiä. Näiden värien takana on se, kun hiukkasten reaktio tapahtuu korkeintaan sadan kilometrin korkeudella. Näissä korkeuksissa hapen sijasta, reaktio tapahtuu typen kanssa, mikä antaa sille ominaisen värinsä. Tämän takia näitä värejä havaitaan useimmiten revontulien alakulmassa. (The Aurora Zone 2018.)

Revontulien esiintymiseen tietyillä alueilla vaikuttaa maan dipolimainen magneettikenttä, joka ohjaa varattuja hiukkasia magneettisia napoja ympäröiville alueille. Näitä kutsutaan revontuliovaaleiksi. Näiden sijainti, leveys ja muut ominaisuudet ovat riippuvaisia auringon aktiivisuudesta. Nämä renkaat ovat aina olemassa, ja revontulia voi ilmestyä milloin vain mutta auringonvalo estää yleensä näkemästä tätä ilmiötä päiväsaikaan. (Ilmatieteen laitos 2018.)

### 2.3 Pohjoinen napapiiri

Pohjoinen napapiiri on useiden eri maiden läpi kulkeva vyöhyke, jonka yläpuolella voidaan kokea esimerkiksi keskiyön aurinko kesällä ja vastaavasti valoton päivä talvella. Tämä linja kulkee Suomen, Ruotsin, Norjan, Venäjän, Pohjois-Amerikan (Alaska), Grönlannin, Kanadan ja Islannin läpi. Itse napapiirin sijainti ei ole paikallaan pysyvä, sillä maan akseli liikkuu jatkuvasti 22.1 ja 24.5 asteen välillä 41 1000 vuoden välillä. Nykyisellä hetkellä maan akseli pienenee, minkä vuoksi napapiiri liikkuu vuosittain noin viisitoista metriä pohjoista kohti. (Beautiful World 2019.)

Kuvio 4:ssä on esitetty napapiirin leikkauskohta Suomen halki (Travel Pello 2019).



Kuvio 4. Napapiirin sijainti Suomen kohdalla

#### 2.4 Merkitys turismille

Turismi ja matkailu kasvavat Suomessa. Vuonna 2017 Lapin matkailu kasvoi jopa 30 prosenttia, kun taas koko suomen matkailu kasvoi yhteensä 16 prosenttia. Joka vuosi Lapissa rekisteröidään jopa 2,6 miljoonaa yöpymistä, joko muualta Suomesta tulleille turisteille tai ulkomailta tulleille. Tämä ei kuitenkaan vastaa totuutta. Noin puolet tai jopa kaksi kolmasosaa vierailuista jää merkitsemättä, koska kaikkien pienmajoittajien ei tarvitse rekisteröidä yöpymisiä. (Kärki 2017.)

Vuonna 2017 kiinalaisilla (ml. Hong Kong) oli eniten merkittäviä yöpymisiä Rovaniemellä ulkomaista. Näitä oli 42 000. Toiseksi tulivat britannialaiset (35 800) ja kolmanneksi israelilaiset, joille merkittiin öitä 34 100. (Visit Rovaniemi 2017.)

Isoja myyntivaltteja ovat raikas ilma ja vesi, joita Suomi tarjoaa. Tämän lisäksi kauniit maisemat, villi luonto sekä tietenkin revontulet tarjoavat mahdollisuuden lomakokemukseen, jota ei helposti unohda. Näistä asioista raikas ilma, puhdas vesi ja rauhallisuus ovat asioita, joita voidaan tarjota jokaiselle matkailijalle. Revontulet ovat tästä poikkeus. Tämä luonnonilmiö ei ole ihmisen käskettävissä. Mikäli tätäkin kokemusta voidaan tarjota luotettavasti kaikille matkailijoille, voisi se tarjota mielenkiintoisen mahdollisuuden mainostajille Suomen matkoja myytävässä.

### 3 SOVELLUKSEN TOTEUTUS HOLOLENS-LASEILLA

Työtä tehtäessä oli huomioitava tarkkaan se, mitä versioita mistäkin Microsoftin tai Unityn ohjelmistosta oli käytössä. Microsoftin sivuilla annetuissa ohjeissa kerrottiin tarkalleen se, että mitä versiota pitää käyttää. Mikäli asioita ei tehty tarkalleen ohjeiden mukaan, yleensä jokin osa kokonaisuudesta ei toiminut kuten sen olisi pitänyt. Tämä taas yleensä pakotti aloittamaan vähintään yhden vaiheen, ellei jopa kokonaisuuden, uudelleenasetuksen.

Työn alussa piti olla valmiina asennettuna tietokoneelle Unity-moottori sekä siihen ladattavat hybriditodellisuuden lisäosat Microsoftin sivuilta. Nämä antoivat muokkausmahdollisuudet, joilla pystyttiin hyödyntämään HoloLens-laseja. Konkreettisesti tämä tarkoitti sitä, että luotiin kokonaan uusi, tyhjä Unity-projekti. Tähän projektiin lisättiin Mixed Reality Toolkit -lisäosa, joka antoi edellä mainitut työkalut. Unityn sisälle ilmestyi uusi valikko, josta pystyttiin konfiguroimaan sekä projektin, että näkymän asetukset. Näiden uusien asetusten avulla Unity-projektin scene, eli näkymä, orientoitiin valmiiksi hybriditodellisuutta hyödyntävää sovellusta varten.

Varsinainen työ pystyttiin aloittamaan sen jälkeen, kun yllä mainitut vaiheet oli tehty. Mixed Reality Toolkit osoittautui erinomaiseksi avuksi työn aikana, sillä se antoi valmiit komponentit lähes kaikkeen, mitä HoloLens-sovelluksen tekoon tarvitaan. Esimerkiksi sovellukseen ei tarvinnut alkaa erikseen ohjelmoimaan tukea elekomennoille, vaan niitä varten löytyi Toolkitistä valmis komponentti.

#### 3.1 SCRUM ja projektin läpivienti

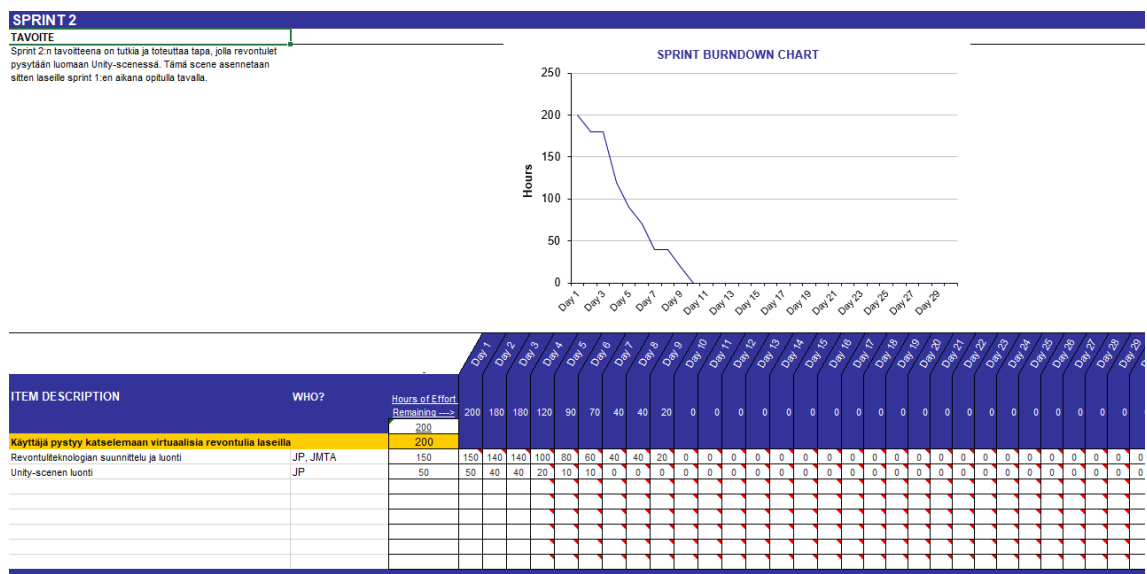
Projekti toteutettiin SCRUM-menetelmiä hyödyntäen. SCRUM on yksi käytetyimmistä ja suosituimmista ketterän kehityksen menetelmistä. Se poikkeaa perinteisemmästä vesiputousmallista eniten rooleissa ja aikataulutuksessa. Kaikki projektin parissa työskentelevät jäsenet kuuluvat kollektiivisesti tiimiin ja tiimin sisällä ei ole muita rooleja. SCRUM-projektissa ei ole projektipäällikköä, vaan SCRUM master, jonka tehtävänä on pitää huoli, että muu tiimi pystyy työskentelemään mahdollisimman optimaalisesti. Tämän varmistamiseksi hän toimii ensisijaisesti ongelmanratkojana ja vetäjänä. (Sininen Meteoriiitti 2013.) Tässä pro-



jektissa SCRUM master toimi poikkeuksellisesti myös normaalina tiimin jäsenenä, johtuen tiimin pienestä koosta.

Aikataulutus SCRUMissa pohjautuu sykleihin. Tiimi kokoontuu joka päivä pitämään daily SCRUMin eli päiväpalaverin. Tämän aikana jokainen jäsen kertoo lyhyesti, mitä hän teki edellisen päivän aikana, mitä hän aikoo tehdä tulevan päivän aikana ja onko hän törmännyt ongelmiin. Näiden palaverien tarkoitus on pitää kaikki jäsenet tilanteen tasalla. (Sininen Meteoriitti 2013.)

Projektin alussa suunnitellaan ja listataan kaikki työtehtävät, jotka projektin aikana pitää tehdä ja tarvittaessa jaetaan pienempiin osiin. Näistä osista suunnitellaan sprintit, joiden kesto voi vaihdella, mutta tavoitteena on saada aina kaikki sprintille listatut työtehtävät valmiiksi sen loppuun mennessä. Aikataulutukseen tyypillisesti hyödynnetään muun muassa product backlogia ja burndown chartteja. (Sininen Meteoriitti 2013.) Kuviossa 5 näkyy esimerkki tässä projektissa käytetystä burndown chartista.



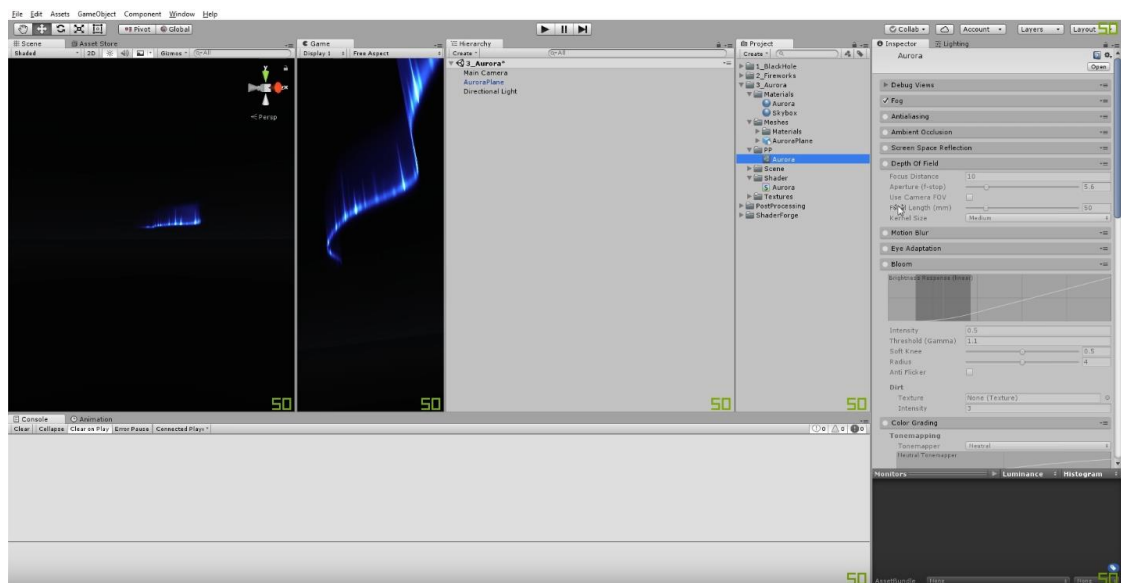
Kuvio 5. Burndown chart sprintiltä 2

Tämän projektin tapauksessa jokainen sprintti kesti 2 – 3 viikkoa ja sprinttejä oli yhteensä viisi. Ensimmäinen sprintti oli hieman myöhempiä kevyempi, sillä se keskittyi laitteiston kokeiluun ja alustavan dokumentaation kirjoittamiseen. Myöhemmät sprintit keskittyivät projektin eri osa-alueiden työstämiseen, alkaen virtuaalisten revontulien luonnista ja edeten kohti sovelluksen viimeisen version

julkaisua. Neljäs sprint oli alunperin varattu pienelle HoloLensin kameraa hyödyntävälle lisätehtävälle, joka oli tarkoitus tehdä ajan puitteissa. Kolmannen sprintin tehtävät osoittautuivat odotettua työläemmäksi, jonka takia tehtiin päätös perua neljäs sprint ja käyttää sille varattu aika kolmannen sprintin tehtävien jatkamiseen. Viimeisen ja viidennen sprintin alkaessa sovelluksen kehitys oli viety päätökseen, joten tämä sprintti oli omistettu kokonaan opinnäytetyön viimeistelyyn. Tuntimäärällisesti projektin kestoksi arvioitiin 625 tuntia yhteensä ja aikataulussa pysyttiin onnistuneesti, koska todellinen työmäärä oli 550 tuntia.

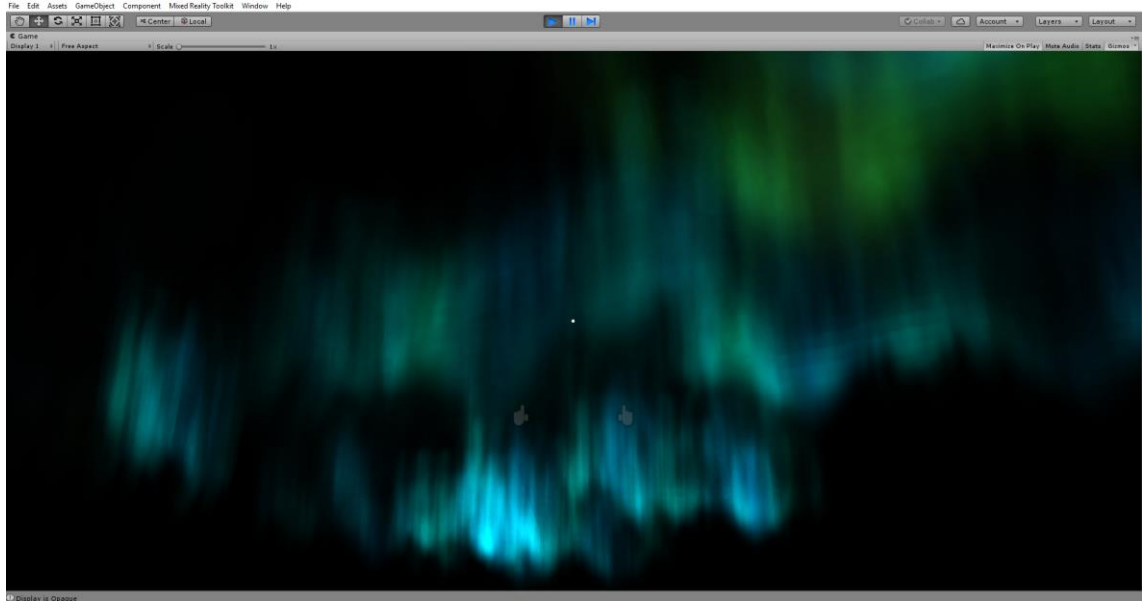
### 3.2 Revontulien luonti

Sovelluksen kehittämisvaiheessa hyödynnettiin internetistä löytynyttä partikkeliefektiä, joka mukaili revontulien mallia ja väriä. Tämän avulla kyettiin helposti muokkaamaan ja testaamaan erilaisia värejä, kuvioita ja asetuksia, joka antoi hyödyllistä tietoa lopullisessa version työstämisessä. Myös revontulien asettelu ja hyväksyttävä koko saatiin tämän efektin avulla helposti päätettyä. Kuvio 6:ssä on esimerkki käytetystä partikkeliefektistä. (Kevin 2017.)



Kuvio 6. Partikkeliefekti Unityssä

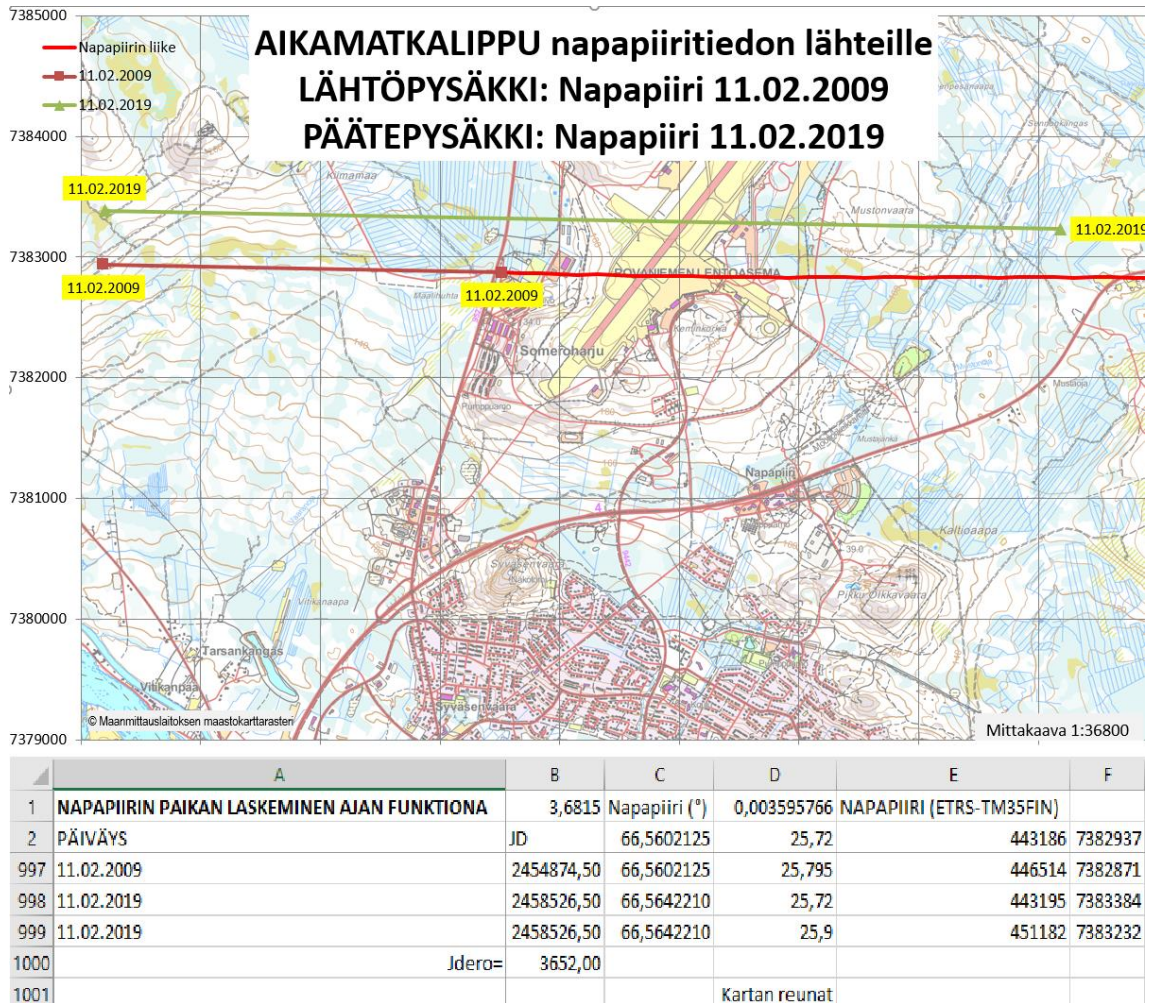
Lopullista versiota varten hankittiin Unity Asset Storesta erillinen paketti revontulia varten, jotta lopullisesta versiosta saataisiin mahdollisimman viehättävä visuaalisesti (Kuvio 7). Assettipaketin nimi on Northern Lights Pack ja sen on luonut Ian Scilipoti (Scilipoti 2019).



Kuvio 7. Demonstraatio revontulien esittämisestä Unityn sisällä

### 3.3 Tähtitieteellisen napapiirin sisällytys

Napapiirin sijainnin laskentaan käytettiin hyödyksi valmista Excel-taulukkoa. Taulukon valmiilla kaavoilla pystyttiin laskemisen lisäksi myös näyttämään napapiirin sijainti kartalla päiväkohtaisesti sekä napapiirin liike tietyn aikavälin aikana. Tämän taulukon sisältämiä matemaattisia kaavoja sekä internetistä löydettyjä matemaattisia yhtälöitä on hyödynnetty varsinaisessa HoloLens-sovelluksessa napapiirin sijainnin laskemisessa. Alla olevassa kuvio 8:ssä näkyy taulukon piirtämä napapiirin liike ja sen alla napapiirin koordinaattien muutos kerrotulla aikavälillä.



Kuvio 8. Napapiirin liike kymmenen vuoden ajalta ja koordinaattien muutos

Kuvio 9 kertoo, mitä kyseisessä funktiossa tapahtuu. Suurin osa laskennasta on selvästi nähtävillä, mutta pieni osuus koodia on peitetty sen kirjoittajan halusta. Kun lasku on suoritettu, käytetyt arvot nolldataan jotteivät ne pysty sekoittamaan seuraavia laskuja millään tapaa.

```

//Function where the distance of given location and arctic circle is calculated
public void Calculations()
{
    double rlatitude1 = Math.PI * latitude1 / 180;
    double rlatitude2 = Math.PI * latitude2 / 180;
    double theta = longitude1 - longitude2;

    double dist = Math.Sqrt(1 - Math.Cos(theta) * Math.Cos(rlatitude1 - rlatitude2) + Math.Cos(theta) * Math.Sin(rlatitude1) * Math.Sin(rlatitude2));

    dist = Math.Acos(dist);

    dist = dist * 180 / Math.PI;

    //dist = dist * 180 / Math.PI;

    dist = Math.Round(dist, 2);

    //Resetting values of variables so they won't mess up the next calculations.

    rlatitude1 = 0;
    rlatitude2 = 0;
    latitude1 = 0;
    longitude1 = 0;

    //Printing the distance in finnish and english in app

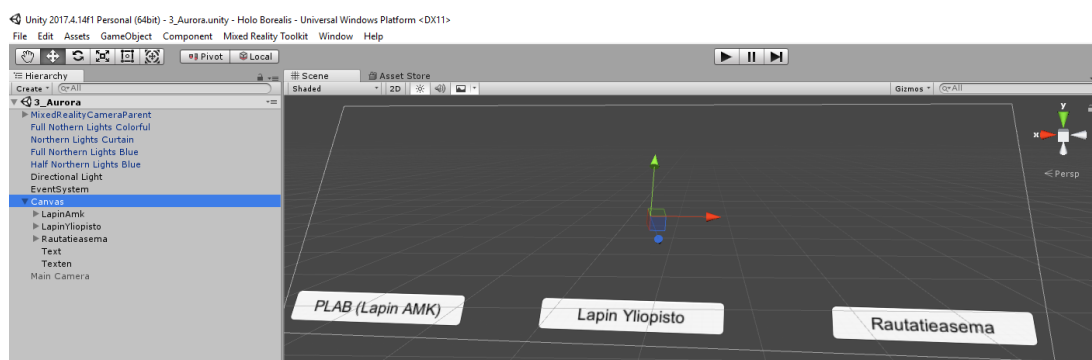
    TextComponent.text = "Etäisyys napapiiriin on " + dist + "km";
    TextComponenten.text = "The distance to arctic circle is " + dist + "km";
}

```

Kuvio 9. Osa matemaattisesta kaavasta koodissa

### 3.4 Sovelluksen ohjelmointi

Kohdassa 5.1.3 mainittujen ongelmien vuoksi jouduttiin projektin tämän osan kanssa tekemään muutoksia. Sen sijaan, että käyttäjän sijainti saatiin automaattisesti HoloLensin kautta, sovellukseen on kovakoodattu paikkoja joista käyttäjä voi valita yhden ja sitten ruudulla kerrotaan miten kaukana napapiiri on sekä suomeksi että englanniksi. Käyttäjän katsoessa alaviistoon sovelluksen käynnistymisen jälkeen, hän näkee edessään kolme interaktiivista painiketta, joista tämä valinta voidaan tehdä. Kuvio 10 havainnollistaa painikkeiden sijoittelua näkymässä.



Kuvio 10. Interaktiiviset painikkeet näkymässä



Kun käyttäjä painaa yhtä painikkeista, koodissa käynnistyy kuvion 11 mukainen switch-funktio, joka osaa kertoa, mitä painikkeista ollaan painettu. Tämä taas määrää muuttujille latitude1 ja longitude1 tietyt arvot, sekä käskee suorittamaan Calculations()-funktion joka esiteltiin kuviossa 9.

```

public void LocationSelect(int a)
{
    switch (a)
    {
        case (int)PrefixCordPos.ELapinAMK:
            {
                /*Tells the lat and lon of location to calculate, also tells to run the Calculations function.
                Same thing in the other cases*/

                latitude1 = 63.95556;
                longitude1 = 25.70556;
                Calculations();

                break;
            }
        case (int)PrefixCordPos.ELapinYliopisto:
            {
                latitude1 = 63.95556;
                longitude1 = 25.70556;
                Calculations();

                break;
            }
        case (int)PrefixCordPos.ERovaniemiJunasema:
            {
                latitude1 = 66.52556;
                longitude1 = 25.70556;
                Calculations();

                break;
            }
        default:
            {
                Debug.LogError("TestScript - LocationSelect() --> Unknown type");
                break;
            }
    }
}

```

Kuvio 11. Koodissa käytetty switch-funktio

Tämä funktio helpottaa huomattavasti uusien kohteiden lisäämistä tai vanhojen muokkaamista. Ohjelmiston koodissa voidaan helposti muokata jo olemassa olevia arvoja tarpeiden mukaisesti. Tämä vaatii halutun paikan pituus- sekä leveyskoordinaatit. Nämä arvot laitetaan halutun tilalle ja vastaavan interaktiivisen painikkeen teksti nimetään uudestaan Unityn editorissa.

### 3.5 Näkymän interaktiivisuus

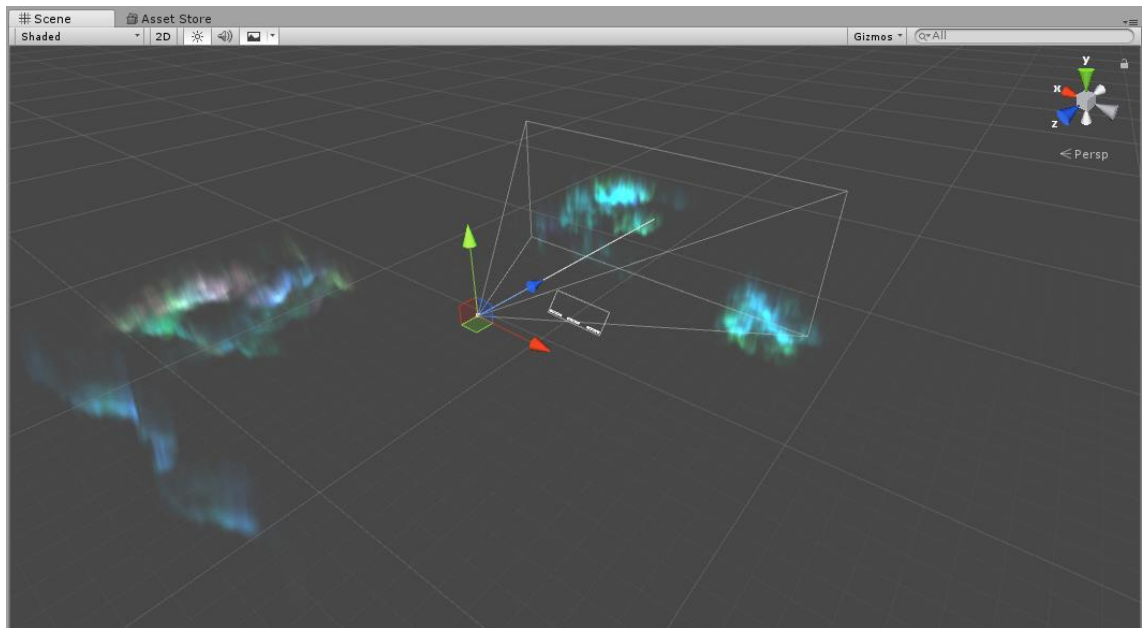
Samat 5.1.3 kohdassa kerrotut ongelmat vaikuttivat myös tähän työvaiheeseen. Koska ruudulle ei pystytty GPS:n puutteen takia ohjelmoimaan nuolta, joka liikkuu ja päivittyy automaattisesti napapiirin liikkeen mukaan, päädyttiin edellisissä kappaleissa selitettyyn yksinkertaisempaan painike-ratkaisuun.

Tämän lopputuloksen vuoksi, täytyi ohjelmasta siinä tapauksessa löytyä keino, jolla käyttäjä voi olla vuorovaikutuksessa virtuaaliympäristön kanssa. Tätä varten hyödynnettiin jälleen kappaleen 3 alussa mainittuja hybriditodellisuuden työkaluja Unityssä. Työkalujen mukana tuli kolme erillistä komponenttia, jotka yhdistämällä pystyttiin luomaan kameranäkymä, jossa on kiinni valintakursori sekä tuki elekomennoille. Nämä komponentit olivat MixedRealityCameraParent, eli itse kamera, InputManager, eli elekomentotuki, joka täytyi parentoida eli liittää edellä mainittuun kameraan, sekä DefaultCursor, eli ruudun keskellä oleva valintakursori, joka parentoitiin myös kameraan. Kuvio 12 näyttää lopullisen parentointijärjestyksen hybriditodellisuuden komponenteille Unityn hierarkiassa.



Kuvio 12. Komponenttien parentointi

Siinä vaiheessa, kun Unityn näkymästä löytyi revontulet, napapiirin sijainnin laskentakoodi, interaktiiviset painikkeet sekä toimivat elekomennot, pystyttiin näkymästä luomaan sovelluksen asennuspaketti HoloLens-laseja varten. Sovelluksen näkymän lopputulos on nähtävillä kuviossa 13. Tarkemmat ohjeet oman sovelluksen asennusprosessista on raportoitu liitteessä 2.



Kuvio 13. Kokonaiskuva valmiista näkymästä Unityssä



## 4 TESTAUS

Testaaminen tapahtui Unityn esikatselunäkymässä sekä HoloLensillä. Kaikki pienet muutokset ja lisäykset testattiin ensin Unityn omassa näkymässä ja vasta kun oltiin tyytyväisiä muutoksiin, vietiin niitä sovelluksen muodossa HoloLens-laseille. Tässä vaiheessa tehtiin lopullinen päätös siitä, oltiinko muutoksiin tyytyväisiä.

Testausta varten luotiin asianmukainen testaussuunnitelma, jota seuraamalla pystyttiin luomaan erillinen testausraportti. Tavoitteena oli pitää huoli, että testaussuunnitelmaan merkityt testitapaukset läpäisevät kaikki asetetut vaatimukset vähintään 90 prosentin tarkkuudella. Tämä tarkoitti, että pienet, ei-kriittiset virheet olisivat hyväksyttäviä, kunhan sovellus toimii oikeaoppisesti muilta osin. Testaus keskittyi itse sovelluksen toimivuuteen sekä lasien käyttäytymiseen eri ympäristöissä. Sovellusta testattiin sekä sisä- että ulkotiloissa, jotta pystyttiin varmistamaan lasien katkeamaton toimivuus myös muun elektroniikan keskellä sekä kohtuullisilla pakkaskeleillä. Yksi monia testejä vaatinut asia oli revontulien sijainti, koko sekä väri. Jälleen kerran alustan rajoitukset vaativat erityistä huomiota, varsinkin revontulien sijainnin kanssa.

Testauksen raportoinnissa todettiin, että sovellus läpäisi asetetut vaatimukset hyväksytysti. Tämän jälkeen sovellus oli valmis esiteltäväksi ohjaajille ja muulle yleisölle.

### 4.1 Sovellus

Sovelluksen testausta suoritettiin koko projektin aikana lähes joka työvaiheessa. Alkuperäinen suunnitelma oli käyttää Microsoftin omaa HoloLens-emulaattoria, mutta kappaleessa 5.1.1 selvitettyjen ongelmien vuoksi tätä suunnitelmaa piti muuttaa. Sovelluksen alustava testaus suoritettiin pääosin Unityn editorissa, jonka jälkeen testaus siirrettiin HoloLensiin. Pystyimme tämän avulla näkemään sovelluksen käyttäytymisen sille suunnitellulla alustalla, joka helpotti vikojen etsinnässä.

Testaamisen myötä selvisi muun muassa HoloLensin näköalueen koko ja piirtoetäisyyden pituus, joiden takia revontulien sijoittelu piti miettiä tarkoin uudelleen. Revontulien täytyi olla tarpeeksi kaukana käyttäjästä, jotta ne eivät ole käyttäjän silmien välittömässä läheisyydessä, mutta samalla myös HoloLensin piirtoalueen sisällä, jotta revontuliefekti näkyy kokonaisuudessaan. Lopulta revontulet jouduttiin asettelemaan hieman lähemmäs siitä, miten oli alunperin suunniteltu, mutta tavoiteltu lopputulos saavutettiin tyydyttävästi siitä huolimatta.

## 4.2 HoloLens

Projektia aloittaessa kumpikin osapuoli tutustui itsenäisesti ensimmäisten vaiheiden joukossa HoloLens-laseihin ja aloitti testauksen sen omia ominaisuuksia ja mahdollisuuksia kokeilemalla. Holo Borealis -sovelluksen testauksen alussa haluttiin heti varmistaa, että lasit kykenevät toimimaan ulkoilmassa matalilla lämpötiloilla. Sovellusta on tarkoitus hyödyntää esimerkiksi revontulisafareilla, joten toimivuus pakkasella on ensisijaisen tärkeää. Lasien käyttöä testattiin -22°C lämpötilassa 15 minuutin ajan. Akun kulutus oli odotetusti hieman normaalia nopeampi, mutta silti riittävän pitkäkestoinen tarkoitustaan varten. Laseja testattiin myös yhteensä useiden tuntien ajan sisätiloissa. Testausympäristönä toimi pLABin työskentelytilat, eli lasit olivat käytön aikana elektroniikan ja erilaisien langattomien yhteyksien keskuudessa. Sisätilatestauksen aikana ei havaittu elektroniikan tai langattomien yhteyksien aiheuttamaa häiriötä lasien käytössä. Käyttäjän on kuitenkin hyvä pitää huoli, että hänen ympärillään on tarpeeksi tilaa, jotta elekkomentojen teko onnistuu helposti.

Lasien akun kulutus oli yleisesti ottaen koko projektin ajan hyvä. Laseja pystyttiin käyttämään testaukseen yleensä noin kaksi viikkoa, viisi päivää viikossa, ennen kuin lasien akkua tarvitsi ladata uudelleen. Akkua oli myös helppo ladata tarvittaessa testauksen ohella kytkemällä lasit työasemaan kiinni micro-USB -kaapelilla.

## 5 PROJEKTIN JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokonaisuutena katsottuna projekti oli onnistuneesti toteutettu. Projekti oli ensimmäinen pLABissa toteutettu HoloLens-projekti, joka sisälsi myös paljon teoriaa ja sen itsenäistä soveltamista laitteistojen toiminnan suhteen. Melkein yhtä iso osa projektia oli tutkia itse käytettävän laitteen ominaisuuksia, mahdollisuuksia sekä puutteita. Tämän mukaan voitiin siten sovittaa projektin tavoitteita ja itse tuloksia. Kaikki työn tulokset menivät myös pLABin käyttöön ja hyväksi. Tämä onkin huomattavaa mahdollisten jatkotutkimusten ja töiden kannalta. Myöhemmät projektit pystyvät hyödyntämään tämän työn tuloksia ja teorioita.

Projektin toteutuksen aikana jouduttiin muuttamaan monia tavoitteita HoloLensin ominaisuuksien takia. Näitä olivat muun muassa napapiirin sijaintiin liittyvä paikantunnistus ja laskenta. Tämän lisäksi revontulien luominen ja esittäminen vaativat paljon testausta ja jatkuvaa versionhallintaa. Yksi erikseen positiivisella tavalla huomioitu ominaisuus laitteessa oli sen akun kesto, ottaen huomioon laitteen koon ja sen käyttötarkoituksen.

### 5.1 Ongelmat

Projektin isoimmat ongelmat ilmenivät HoloLensin, revontulien luonnin sekä napapiirin näyttämisen kanssa. Ongelmat HoloLensin ja napapiirin kanssa liittyivät lähinnä itse lasien omiin rajoituksiin ja ongelmat revontulien kanssa keskittyivät enemmän suunnittelupuolen haasteisiin.

Alla olevissa kappaleissa on selitetty tarkemmin kunkin työvaiheen suurimmat ongelmat ja tavat, joilla niistä selvittiin. Pyrkimys oli löytää aina mahdollisimman toimiva loppuratkaisu, mutta valitettavasti muutama kompromissi oli tehtävä, jotta haluttuun lopputulokseen päästiin.

#### 5.1.1 HoloLens

Raportointi omien sovellusten asentamisesta ja suorittamisesta HoloLensillä on jokseenkin rajattu, johtuen teknologian tuoreudesta sekä lasien rajallisesta saatavuudesta yksityiseen käyttöön. Tämän takia työn alussa kului paljon aikaa

sovellusten asentamiseen liittyvien ongelmien ratkomiseen. Toinen iso ongelmien aiheuttaja oli Microsoftin oma HoloLens-emulaattori, jolla käyttäjä pystyy testaamaan luomiaan HoloLens-sovelluksia suoraan työasemalla, ennen kuin sovellus asennetaan laselle. Valitettavasti emulaattori osoittautui yllättävän hankalaksi käyttää, sillä sen asennusvaatimukset vaativat täsmällisen tarkat Visual Studio -asennuspaketit sekä ajurit, jotta asennusohjelma suostui asentamaan emulaattorin tietokoneelle. Vaikka nämä vaatimukset olisivatkin täytetty, niin se ei silti taannut emulaattorin toimivuutta, vaan asennusohjelma saattoi silti keskeytyä virheen saattamana. Emulaattorin asentamista yritettiin useaan kertaan eri työasemalla, mutta lopulta päädyttiin luopumaan sen käyttämisestä kokonaan. Sovelluksen testaus päätettiin suorittaa suoraan HoloLens-laseilla, joka oli hieman enemmän aikaa vievää, mutta paljon luotettavampaa. Testaaminen tällä tavalla varmistaa myös sen, että kuva siitä, miltä kaiken pitäisi näyttää lopussa, on tarkempi.

Sovellusta käytettäessä on muistettava, että sovellus itse tai lasit eivät välitä ympäristöstä, jossa niitä käytetään. Joten esimerkiksi korkeiden rakennusten lähellä käytettäessä pitää muistaa, että revontulet myös piirtyvät rakennusten päälle.

HoloLensin hologrammien piirtoalue on myös huomattavan pienikokoinen. Tämä rajoite on osa lasien omaa suunnittelua, jonka takia näköaluetta ei voida parantaa ulkoisesti. Rajoitettu näköalue tarkoittaa, että revontulinäkymän tunnelma ja realismi kärsivät, jonka seurauksena käyttäjällä voi olla vaikeuksia kokea täysi immersio ohjelmaa käytettäessä.

### 5.1.2 Revontulet

Suurin ongelma revontulien luonnin ja projektin lisäämisen aikana oli saada ne mahdollisimman luonnollisen näköisiksi. Todenmukaisten revontulen luominen virtuaaliympäristössä on aikaa vievä ja vaativa prosessi.

Tämän ongelman kiertämiseen käytetty ratkaisu oli kappaleessa 3.2 mainittu asettipaketti. Alustavana ratkaisuna käytettiin itsetehtyä partikkeliefektiä, joka soveltui testaamiseen hyvin johtuen efektin pienestä koosta ja resurssinkäytös-

tä. Lopullisessa versiossa partikkeliefekti vaihdettiin asettipaketin revontuliefekteihin mahdollisimman hyvän visuaalisen ulkonäön toteuttamiseksi.

### 5.1.3 Napapiiri

Tähtitieteellisen napapiirin todellisen sijainnin esittämisessä suurimmaksi ongelmaksi muodostui se tosiasia, että HoloLens-laitteessa ei ole sisäänrakennettua GPS-laitetta. Tämä pakotti miettimään vaihtoehtoisia mahdollisuuksia. Suoraan toimivia ratkaisuja paljastui kaksi ja yksi epäsuora.

Ensimmäinen ratkaisu liittyisi siihen, että laitteeseen oltaisiin yhdistetty Bluetooth-yhteensopiva älypuhelin, tai muu laite jossa on Bluetooth-ominaisuus sekä GPS, jonka kautta voitaisiin saada vähintäänkin karkea sijainti. Ongelmana olisi tietenkin se, että tämä vaatisi kahden laitteen hankinnan sekä niiden virran ylläpitämisen. Bluetooth myös vaikuttaisi sekä HoloLensin, että laitteen käyttöön negatiivisesti akun kulutuksen kautta. Myös GPS vaikuttaisi käyttöikään. Positiivisena puolena tämä ei kuitenkaan olisi kovinkaan vaikea ratkaisu teoriassa. HoloLensiin saisi suhteellisen helpolla liitettyä älypuhelimien.

Toinen ratkaisu olisi hankkia erillinen GPS-laite, joka voitaisiin laittaa kiinni HoloLensiin. Samantyyllisiä ratkaisuja löytyy jo toteutettuna internetissä. Ratkaisu tarjoaisi mahdollisuuden GPS:n hyödyntämiseen, jopa suhteellisen tarkalla sijainnin saannilla. Tämän ratkaisun suurimmat ongelmat olisivat, että ei ole takuita sopisivatko oheislaitte sekä HoloLens yhteen ja voisiko oheislaitteen dataa sekä sijaintia hyödyntää työn sovelluksessa helposti. Tämän lisäksi selvän ongelman tarjoaisi jo se, että jokaisen HoloLens-laitteen ohelle pitäisi hankkia tämä mahdollisesti kallis lisälaitte jo valmiiksi hintavien lasien kanssa.

Epäsuora ratkaisu olisi puhtaasti ohittaa valmiiksi saadut GPS-sijainnit ja sen sijaan antaa käyttäjälle mahdollisuus joko itse kirjoittaa oma GPS-sijaintinsa, valita edellä ohjelmoiduista mahdollisuuksista yksi tai yksinkertaisimmillaan antaa vain yhden arvot, olettaen, että laite pysyy yhdessä fyysisessä paikassa. Tämä keino on helpoin kaikista näistä toteuttaa, mutta myös ominaisuuksiltaan kaikista epäystävällisin käyttäjälle.

## 5.2 Jatkokehitys

Projektin jatkokehittämismahdollisuudet ovat ilmiselvät. Kohdassa 5.1.3 mainittujen seikkojen pohjalta voisi tutkia, mikä tapa antaisi helpoimman ja halvimman tavan liittää projektiin ulkopuolelta saatu GPS-tieto ja sen implementointi. Tämä mahdollistaisi esimerkiksi nuolen, joka osoittaisi aina napapiiriä kohti ja piirtäisi napapiirin, kun laite on tarpeeksi lähellä sitä. Käyttäjä voisi silloin keskittyä vain sovelluksen tarjoamaan kokemukseen, ilman että hänen tarvitsee itse vaikuttaa sovelluksen toimintaan. Tämä mahdollistaisi käyttäjäystävällisemmän kokemuksen ja paremman immersion.

Microsoft on vahvistanut työskentelevänsä tällä hetkellä HoloLens 2:en parissa. Merkittävimmät parannukset, jotka ovat odotettavissa tähän versioon, ovat suurempi näköalue ja kevyempi paino. (Warren 2019.) Jos näköalue olisi isompi, sillä olisi positiivinen vaikutus Holo Borealis -sovellukseen. Käyttäjä pystyisi näkemään laajemmasti ympärilleen kerralla, joka syventäisi immersiota ja se antaisi myös sovelluksen ylläpitäjille mahdollisuuden sijoittaa revontulia kauemmas käyttäjän sijainnista. Tämän lisäksi HoloLens 2 tulee olemaan myös edeltäjänsä edullisempi, joka voi kasvattaa yritysten potentiaalia hankkia laitetta isommissa määrissä (Charlton 2018). Näiden parannusten myötä itse sovellusta voitaisiin kehittää entistä pidemmälle ja sitä olisi myös helpompi markkinoida lasien matalamman hinnoittelun ansiosta. Vielä ei ole varmuutta siitä, että tuleeko HoloLens 2 sisältämään omaa sisäänrakennettua GPS:ää, joten tähtitieteellisen napapiirin osalta sovellus jäisi toistaiseksi edeltävässä kappaleessa mainittuun tilaan.

## 6 POHDINTA

Teknologia kehittyi nopeasti. Mikä eilen oli vielä pelkkä haave, on tänään jo toimiva järjestelmä. Uusien ja kehittyvien teknologioiden seuraaminen ja hyödyntäminen sekä yksityisessä, että kaupallisessa käytössä voi tehdä kehittäjästä edelläkävijän, joka asettaa tulevaisuuden trendejä. Hybriditodellisuus voi helposti muodostua isoksi kokonaisuudeksi ihmisten elämässä tulevaisuudessa. Sitä voidaan hyödyntää melkein jokaiseen elämän osa-alueeseen, kunhan teknologia on kehittynyt tarpeeksi pitkälle. Me haluamme olla osa tarinaa siitä, kuinka hybriditodellisuus ilmestyi ihmisten elämiin. Haluamme olla ensimmäisten joukossa niitä, jotka käyttivät tätä teknologiaa edistääkseen ja parantaakseen turismin mahdollisuuksia Lapissa.

Projekti oli kokonaisuudessaan hyvin kiinnostava. Lähtökohta oli alue, joka oli ennestään kokonaan tutkimaton Lapin AMK:lla ja jolla voisi olla jonain päivänä suurikin vaikutus siihen, kuinka matkoja myydään Lappiin. Vaikka tätä työtä voisi jo itsessään käyttää myyntiin ja markkinointiin, on se kuitenkin vasta prototyyppi. Siitä huolimatta, se on yhtä lailla todiste teorian ja teknologian toimivuudesta ja siitä, että hybriditodellisuutta voidaan hyödyntää myös luomaan henkilökohtaisia, upeita kokemuksia ilman suuria kehitystiimejä ja määrärahoja.

Projekti oli mielestämme sopivan haastava taitotasoihimme nähden. Jouduimme tutkimaan uusia asioita ja opettelemaan uusia teknologioita. Välillä tuli vastaan seiniä, joiden yli pääsemiseen meni odotettua enemmän aikaa. Lopulta kuitenkin saimme kaikki ongelmat ratkottua ja projektin vietyä päätökseen. Opimme paljon uutta ja pääsimme myös harjaannuttamaan aikaisemmin opittuja taitoja käytännön tehtävissä.

Toivomme myös, että hybriditodellisuuslaitteiden hinnat muuttuvat edullisemmaksi tulevaisuudessa, kunhan laitteet kehittyvät ja eri firmat tuovat omia versioitaan markkinoille. Niiden tämänhetkinen lähtöhinta on yksi suurimpia syitä, joka estää harrastelijaprojektien yleistymisen hybriditodellisuuden parissa vielä tänä päivänä. Harrastuspohjaiset työt voivat hyvin helposti paisua isoiksi projekteiksi, jotka taas voivat johtaa kaupallisten, esimerkiksi elämää helpottavien sovellusten syntyyn.

## LÄHTEET

Charlton, A. 2018. Cheaper and 'significantly improved' Microsoft HoloLens to arrive in Q1 2019. Viitattu 5.2.2019

<https://www.gearbrain.com/new-microsoft-hololens-price-details-2577678726.html>.

Beautiful World 2019. The Arctic Circle. Viitattu 13.2.2019

<https://www.beautifulworld.com/north-america/the-arctic-circle/>

GameToolKits 2018. Unity Game Development History. Viitattu 11.2.2019

<http://gametoolkits.com/unity-game-development-history.html>.

Microsoft 2018a. HoloLens hardware details. Viitattu 12.2.2019

<https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/hololens-hardware-details>.

Microsoft 2018b. Visual Studio Tools for Unity. Viitattu 13.2.2019

<https://docs.microsoft.com/en-us/visualstudio/cross-platform/visual-studio-tools-for-unity?view=vs-2017>.

Ilmatieteen laitos 2018. Revontulet. Viitattu 13.11.2018

<https://ilmatieteenlaitos.fi/tietoa-revontulista>.

Kevin, L. 2017. Unity VFX Tutorials - 07 - Shaders (Aurora). Viitattu 4.2.2019

<https://www.youtube.com/watch?v=5NzJhWTPxPw&t=186s>.

Kärki, K. 2017. Lapin matkailu elää nyt allistytävän kasvun aikaa – myös paikallisten arjen on toimittava, muistuttaa tutkija. Viitattu 20.11.2018

<https://www.satakunnankansa.fi/kotimaa/lapin-matkailu-elaan-nyt-allistytavan-kasvun-aikaa-myo-paikallisten-arjen-on-toimittava-muistuttaa-tutkija-200631571>.

MCV UK 2009. United they stand. Viitattu 11.02.2019

<https://www.mcvuk.com/development/united-they-stand>.

Napapiiri 2018. Mikä on napapiiri. Viitattu 20.11.2018

<https://napapiiri.webnode.fi/>.

Rouse, M. 2018. What is mixed reality (hybrid reality, extended reality). Viitattu 13.11.2018

<https://whatis.techtarget.com/definition/mixed-reality>.

Scilipoti, I. 2019. Northern Lights Pack. Viitattu 6.2.2019

[https://assetstore.unity.com/packages/vfx/particles/environment/northern-lights-pack-86980?fbclid=IwAR2-FDjBQnVmTgxcYdU4yT\\_KDfM0XsyseqHjuJ-vzgwBRjMNf5UY58wlmBU](https://assetstore.unity.com/packages/vfx/particles/environment/northern-lights-pack-86980?fbclid=IwAR2-FDjBQnVmTgxcYdU4yT_KDfM0XsyseqHjuJ-vzgwBRjMNf5UY58wlmBU).

Sininen Meteoriitti 2013. Ketteryys haltuun: SCRUM pähkinänkuoressa.

Viitattu 13.2.2019

<https://www.meteoriitti.com/2013/06/06/ketteryys-haltuun-scrum-pahkinankuoressa/>.



The Aurora Zone 2018. Why are the Northern Lights sometimes coloured differently? Viitattu 13.11.2018 <https://www.theaurorazone.com/about-the-aurora/the-science-of-the-northern-lights/the-northern-lights-colours>.

Travel Pello 2019. Napapiiri - Pello - Lappi. Viitattu 21.1.2019 [https://travelpello.fi/etusivu/kartta\\_slide\\_de-2/](https://travelpello.fi/etusivu/kartta_slide_de-2/).

Unity 3D 2018. Microsoft Mixed Reality. Viitattu 20.11.2018 <https://unity3d.com/partners/microsoft/mixed-reality>.

Visit Rovaniemi 2017. Rovaniemen matkailun tunnuslukuja. Viitattu 28.01.2019 <http://www.visitrovaniemi.fi/wp-content/uploads/Matkailutilasto-kuukausiraportti-Rovaniemi-joulukuu-2017-SUOMI.pdf>.

Warren, T. 2019. Microsoft to hold HoloLens 2 press event next month. Viitattu 5.2.2019 <https://www.theverge.com/2019/1/16/18185318/microsoft-hololens-2-mobile-world-congress-press-event-date>.

## LIITTEET

- Liite 1. HoloLens-käyttöohjeet, asiakirja
- Liite 2. Omien sovellusten asentaminen HoloLens-laseille, asiakirja

**HoloLens-käyttöohjeet:**

- Virtanappi on pieni pyöreä painike lasien takaosassa.
- Lyhyt painallus, kun lasit ovat päällä: valmiustila.
- Pitkä painallus (kunnes kaikki virtavalot sammuvat): virta pois.
- Kirkkaussäätimet ovat lasien vasemmalla puolella ja äänenvoimakkuuspainikkeet lasien oikealla puolella ylhäältäpäin katsottuna.
- Lasien keskellä näkyvää kursoria ohjataan katseella.
- Päänvaraa voi säätää takana olevalla rullalla.

**Käsieleet:**

Huom: Kursorin pitää muuttua pisteestä ympyräksi, kun teet käsielettä, muuten lasit eivät rekisteröi elettä ja mitään ei tapahdu. Jos tämän kanssa on vaikeuksia, varmista että kätesi on selkeästi lasien edessä ja että se ei ole liian kaukana tai lähellä.

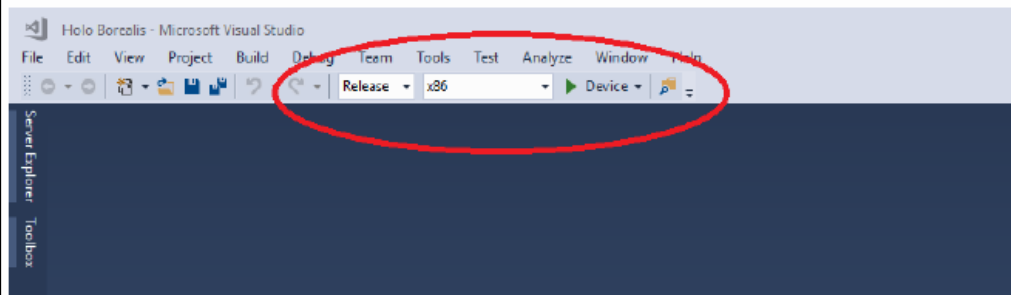
- Valikon avaus: pidä kättä lasien edessä sormenpäät yhteen vietyinä, osoittaen ylöspäin. Tämän jälkeen avaa sormesi.
- Klikkaus: pidä kättäsi löysästi nyrkissä, niin että etusormi osoittaa kohti kattoa. Kosketa etusormen päällä peukalon päätä ja nosta sitten etusormi takaisin ylös.
- Tarttuminen ja raahaus: toista sama käsiele kuin klikkauksessa, mutta sen sijaan että nostat etusormen takaisin ylös, pidä etusormi ja peukalo kosketuksissa toisiinsa (pinsettiote) ja sen jälkeen liikuta kursoria katseella.

**Muuta:**

- HoloLens-lasien tiettyjä toimintoja voi ohjata myös äänikomennoin. Äänikomentoja varten lasit ohjeistavat tilannekohtaisesti mahdolliset eri komennot, joita käyttäjä voi hyödyntää.

**Kääntäminen Visual Studiassa:**

1. Sen jälkeen kun valmis build on tehty Unityllä, aja buildin kansiossa oleva .sln-tiedosto Visual Studiolla.
2. Kytke lasit Micro-USB -kaapelilla tietokoneeseen.
3. Aseta ruudun yläreunassa olevat arvot Releaseksi ja x86:ksi. Valitse ajotavaksi Device. Jos tässä vaiheessa painaa play-ikonia, niin sovellus aukeaa suoraan laselle. Avautumisessa voi mennä parikin minuuttia ja jos Visual Studio antaa virheilmoituksen, niin varmista, että lasissa on virta päällä ja että ne eivät ole lepotilassa.
4. Jos haluat asentaa sovelluksen laselle, niin että sinun ei tarvitse pitää lasia johdon päässä, niin tarvitset HoloLensin IP-osoitteen, joka löytyy lasien verkkoasetuksista. Katso lisäohjeita alemmaa.

**HoloLensin ja tietokoneen paritus sovellusten asentamista varten:**

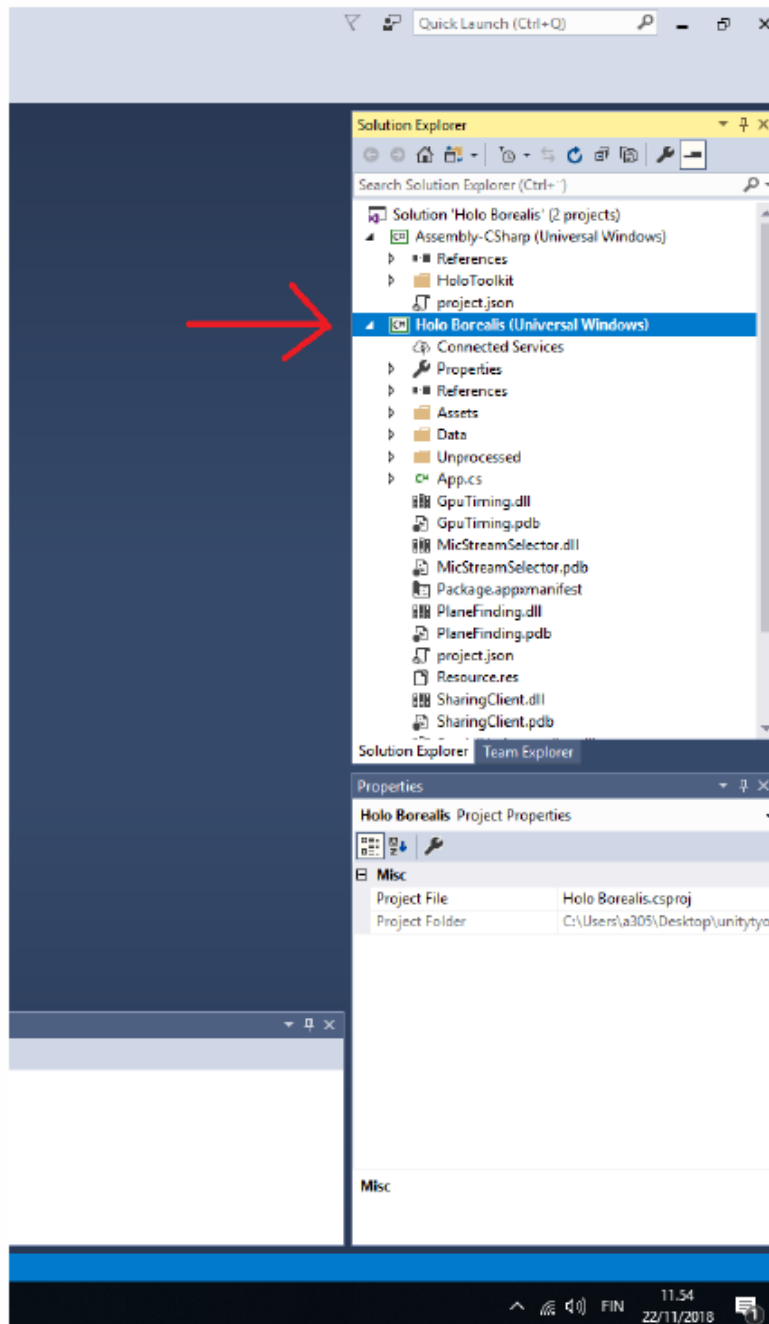
1. HoloLens ja tietokone pitää parittaa, jotta niiden välillä on yhteys. Aja sovellus ylläolevien ohjeiden mukaan Visual Studiolla.
2. Sinulta kysytään PIN-koodia ensimmäisellä ajokerralla. PIN-koodin näkee HoloLensin developer-asetuksista. Pidä huoli, että developer-asetukset ovat päällä sekä tietokoneella, että lasissa.

**Langaton yhteys ja Windows Device Portal:**

1. Varmista, että PC sekä HoloLens ovat samassa WiFi-verkossa.
2. Mene PC:llä haluamaasi selaimen ja kirjoita osoitteeksi <https://<HOLOLENSIN IP-OSOITE>>.
3. Ohita sertifiointivaroitus.
4. Luo tunnukset ruudulla olevien ohjeiden mukaan (tunnukset voi nollata tarvittaessa osoitteessa <https://<HOLOLENSIN IP-OSOITE>/devicesecurity.htm>).
5. Tämän jälkeen pääset Windows Device Portaliin. Tämän avulla pystyt asentamaan ja poistamaan sovelluksia HoloLensistä, ottamaan kuvankaappauksia ja videokuvaa HoloLensin kameranäkymästä yms.

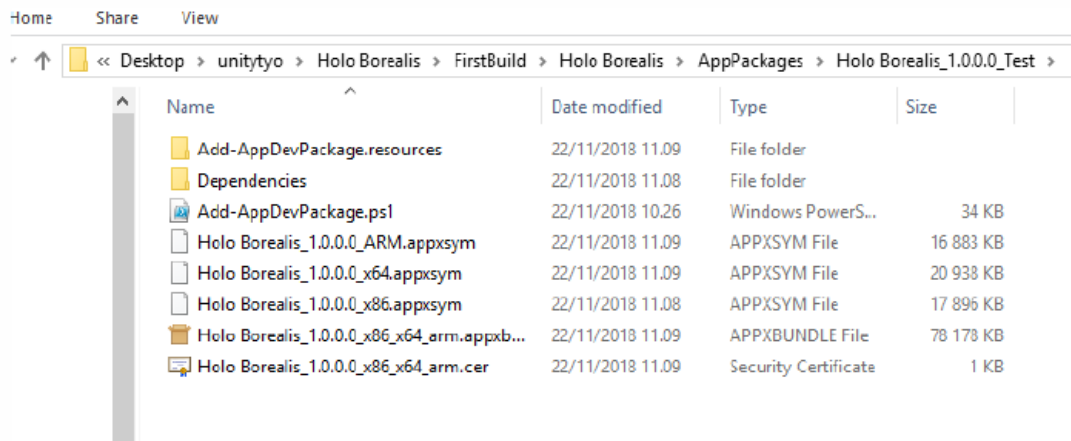
**Oman ohjelmiston asentaminen HoloLens-laseille:**

1. Visual Studiossa katso Solution Exploreria (eli ruudun oikea reuna)
2. Klikkaa oikealla hiiren napilla tiedostopuun kohtaa, jossa lukee projektin nimi ja sille valittu alusta. Valitse valikosta Store -> Create App Packages



3. Valitse "I want to create packages for sideloading"
4. Klikkaa Next ja sitten Create

5. Paketin luomisessa menee muutama minuutti. Luomisen jälkeen ohjelma kysyy, että haluatko käydä läpi varmenteet. Tämän voi ohittaa, jos olet luomassa pakettia vain omaan henkilökohtaiseen käyttöön.
6. Mene kansioon, jonne paketti luotiin. Sieltä pitäisi löytyä APPXBUNDLE-tiedosto, jonka pystyy asentamaan Windows Device Portalin kautta laseille.



7. Mene Windows Device Portalissa kohtaan Apps. Valitse lähteeksi paikallinen tietokone ja valitse ladattavaksi paketiksi yllämainittu tiedosto ja asenna se.
8. Jos asennus epäonnistuu, varmista että Wi-Fi -yhteys HoloLensin ja tietokoneen välillä on päällä ja että HoloLens ei ole lepotilassa. Pidä myös huoli, että mahdolliset vanhemmat versiot samasta paketista on poistettu HoloLensin muistista ennen asentamista. Muuten asennus epäonnistuu.
9. Asennuksen jälkeen ohjelmistosi löytyy HoloLensin All Apps -vaihtoehdon alta.

#### Muuta:

- Microsoft on julkaissut HoloLens-emulaattorin, jonka avulla sovellusten testaus onnistuu myös ilman laseja. Tätä emulaattoria ei ole hyödynnetty Holo Borealis -projektissa, johtuen ongelmista sen asennuksen kanssa, mutta sen voi halutessaan ladata ilmaiseksi Microsoftin sivuilta.