

**GPS-avusteisen lisätyn todellisuuden sovelluksen
hyödyntäminen kiinteistörajojen paikantamisessa**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäki, Tieto ja viestintäteknikka

kevät, 2020

Herkko Laine

Tieto- ja viestintäteknikka
Riihimäki

Tekijä	Herkko Laine	Vuosi 2020
Työn nimi	GPS-avusteisen lisätyn todellisuuden sovelluksen hyödyntäminen kiinteistörajojen paikantamisessa	
Työn ohjaaja	Toni Laitinen	

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan, miltä osin Trimble SiteVision -lisätyn todellisuuden sovellusta voidaan hyödyntää kiinteistörajojen tarkastelussa maastossa, ja voidaanko uudenlaisella tekniikalla korvata perinteisemmät CAD-kuvaan ja GNSS-sijaintiin perustuvat järjestelmät. Luotettavaan kiinteistörajojen toteamiseen maastossa liittyy kaksi haastetta. Kartalla esitetyt kiinteistörajat eivät välttämättä ole totuuden mukaiset. Todellinen kiinteistörajan sijainti määräytyy maastosta löytyvistä rajapyykeistä. Toinen huomioitava asia on, että SiteVisionin näkymässä on jonkin verran epäluotettavuutta sijainnin suhteen. SiteVisionin tarkkuuden selvittämiseksi opinnäytetyössä tehtiin testimittaus, jossa verrattiin SiteVisionin näkymää maastosta tunnistettaviin kohteisiin, joiden sijainti oli luotettavasti mitattu.

Tarkkuustestien tuloksena SiteVisionin näkymä on pääsääntöisesti todenmukainen, jos tarkasteltavat kohteet ovat lähellä ja GNSS-mittauksellisesti on hyvät olosuhteet. Lisätyn todellisuuden näkymässä olevat virheet kerätyvät, mitä kauemmaksi katsotaan. Lisäksi puustoiset olosuhteet aiheuttavat häiriötä tarkan sijainnin saantiin.

Tutkimustuloksena SiteVisionia voidaan hyödyntää kiinteistörajojen tarkastelussa, jos kolme määrittävää tekijää täyttyvät. GNSS-olosuhteiden on oltava hyvät, kiinteistöraja-aineisto on luotettava ja tarkkuusvaatimus on desimetriluokkaa. Jos vaatimustaso on tarkempi ja maastossa pitää pysyä määrittämään rajapyykeistä kiinteistöraja, perinteisemmät laitteet ovat oikea työkalu. Lisätty todellisuus kuitenkin tuo uuden ulottuvuuden kiinteistörajojen tarkasteluun. Tekniikka on visuaalista ja havainnollistaa asioita paremmin kuin perinteinen tekniikka. Tämän myötä myös uudet käyttäjäkunnat saattavat alkaa hyödyntää kiinteistörajojen tarkastelua SiteVisionin avulla.

Avainsanat Lisätty todellisuus, kiinteistöraja, GNSS-mittaus

Sivut 28 sivua

Information and Communication Technology
Riihimäki

Author	Herkko Laine	Year 2020
Subject	Boundary survey of property using SiteVision – a GNSS based augmented reality system	
Supervisors	Toni Laitinen	

ABSTRACT

This thesis project examined how to use the SiteVision system to study the boundaries of property. SiteVision is based on GNSS technology and augmented reality technology which is new technology in the field. SiteVision is compared to traditional methods where the equipment is more expensive. There were two main problems detected in this project. Boundaries on the map did not always correspond to the reality in the field. Also the view in SiteVision has its own source of errors.

This thesis can be divided to two parts. The first part examines how reliable the view of SiteVision is. The view proved to be reliable in short ranges where the environment was optimal for the GNSS positioning. The further the object examined through SiteVision was the bigger the error as well. The second part examines how to implement SiteVision for a boundary survey.

The result of the project was that SiteVision could replace traditional systems when three requirements met. There should be an optimal GNSS environment. The quality of the cadastral must be reliable and the accuracy requirement is one decimeter or more. However, there is still room for traditional methods when the accuracy requirement is at a centimeter level or the property boundary needs to be defined in the field.

Keywords Augmented reality, cadastral survey, GNSS

Pages 28 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TEORIA.....	2
2.1	Trimble SiteVision	2
2.2	Googlen lisätyn todellisuuden tekniikka	3
2.3	GNSS-mittaustekniikka.....	5
2.4	Suomen kiinteistörajat	6
2.5	Kiinteistöraja-aineiston latauspalvelu.....	8
3	TRIMBLE SITEVISIONIN TARKKUUDEN TESTAUS	9
3.1	Testin valmistelu	9
3.2	Pistemäiset kohteet	11
3.3	Viivamaiset kohteet	13
3.4	Yhteenvedo tarkkuustestistä	16
4	TRIMBLE SITEVISIONIN KÄYTÄNNÖN TESTAUS KIIINTEISTÖRAJOILLA	16
4.1	Aineiston valmistelu	16
4.2	Testimittauksien tekeminen.....	20
5	YHTEENVETO JA POHDINTA.....	26
5.1	Yhteenvedo	26
5.2	Pohdinta	27
	LÄHTEET	29

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä selvitetään mahdollisuuksia hyödyntää lisätyn todellisuuden sovellusta Trimble SiteVisionia kiinteistörajojen määrittämiseen maastossa. Kiinteistörajojen sijainti maastossa kiinnostaa suomalaisia yksityishenkilöitä ja yrityksiä erinäisistä syistä. Suomessa ei esimerkiksi saa rakentaa liian lähelle rajaa tai toisen kiinteistön puolelle. Myös vahingossa naapurin puolelta kaadetun puun voi joutua korvaamaan. Kiinteistörajojen laadukas paikantaminen vaatii tällä hetkellä yli 10 000 euron arvoisen mitalaitteen omistamisen. Edulliset kännykkäratkaisut puolestaan sijaintitarkkuuden puolesta eivät mahdollista rajalinjan määrittämistä, kun paikannuksen tarkkuustaso on parhaimmillaankin useita metrejä, mutta voi olla kymmeniäkin. Kentälle kaivataan toimivaa edullisempaa laitteistoa silloin, kun kiinteistörajoja halutaan kartoittaa vain satunnaisesti. Tässä opinnäytetyössä selvitetään miltä osin Trimble SiteVision lisätyn todellisuuden sovellus sopisi kiinteistörajojen tarkasteluun.

Opinnäytetyö jakautuu kolmeen tutkimusosaan. Ensimmäisessä osassa kuvataan, mitä SiteVisionilla tarkoitetaan ja miten laite kykenee yhdistämään lisättyä todellisuutta puhelimen kameranäkymään. Lisäksi selvitetään Suomen kiinteistörajajärjestelmää ja minkälaisia asioita sen hyödyntämisessä tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi maastossa sijaitseva kiinteistöraja voi olla eri paikassa kuin kartalla näkyvä rajalinja.

Toisessa tutkimusosassa tehdään SiteVisionin tarkkuuden testausta. Testissä tutkitaan, kuinka luotettavasti ja tarkasti tietoa voidaan näyttää SiteVisioniin yhdistetyn puhelimen näytöltä. Testin tarkoitus on auttaa ymmärtää laitteen mahdollisuuksia ja rajoituksia kiinteistörajojen paikantamisessa. Testillä selvitetään myös, näkyvätkö rajapyykit ja kiinteistörajat oikeassa paikassa. Vertailu tehdään tarkasti mitattuihin pisteisiin urheilukentällä, jossa vertailupisteet ovat helposti tunnistettavissa maastosta. Virheiden suuruutta arvioidaan silmämääräisesti.

Kolmanneksi tutkitaan, mitä työvaiheita edellytetään, jotta kiinteistörajaineistojen käyttöönottoaminen ja käyttäminen olisi havainnollista ja tehokasta maastossa. Tätä varten tehdään testiprojekti asuinalueella, jossa mennään maastoon tarkastelemaan laitteella kiinteistörajoja. Samalla tarkastellaan laitteen yleistä toimivuutta.

Lopuksi tehdään vielä yhteenveto ja pohditaan, mitä hyötyjä uusi tekniikka tuo sekä verrataan sitä perinteisempään GNSS- ja cad-kuvapohjaiseen paikantamiseen.

Lisätyllä todellisuudella pystytään aiempaa paremmin hahmottamaan ja visualisoimaan kohteita, jotka ovat ihmisisiltä näkymättömissä. Tällaisia ovat esimerkiksi maanalaiset kohteet, merkitsemättömät

kiinteistörajalinjat tai suunnitteluvaiheessa olevat rakennelmat. Tämän kaltaiset sovellukset tulevat oletettavasti jatkossa lisääntymään, minkä vuoksi on mielenkiintoista tutustua tähän teknologiaan varhaisessa vaiheessa.

2 TEORIA

2.1 Trimble SiteVision

Trimble SiteVision on lisätyn todellisuuden sovellus ammattikäyttöön, jolla puhelimen näytön lävitse visualisoidaan kolmiulotteisia suunnittelumalleja hyödyntäen senttimetritason paikannusteknologiaa. Trimble julkaisi tuotteen vuoden 2019 syksyllä. Vastaavanlaisia tarkkoja lisätyn todellisuuden sovelluksia ei ole aiemmin juurikaan julkaistu maanmittausalalla. (Simonen, 2019)

Trimble SiteVisionissa on mahdollisuus tehdä mittauksia ja raportointeja puhelimen näkymästä. Kokonaisuus muodostuu SiteVision-sauvasta (kuva 1), jossa on etäisyysmittari sekä senttimetritarkkuuksinen GNSS-vastaanotin. Lisäksi kokonaisuuteen kuuluvat tehokas matkapuhelin, jossa toimii SiteVision-sovellus, sekä Trimble Business Center -ohjelmisto, jolla aineistoja voidaan käsitellä. Toimiva palvelu edellyttää lisäksi Trimble Connect pilvipalvelutunnuksia tiedonsiirtoon, sekä Trimnet korjauspalvelua tarkan paikan määrittämiseen. (Simonen, 2019)



Kuva 1. Havainnekuva SiteVisionista ja puhelimen lävitse katsottavasta lisätystä todellisuudesta. (Trimble, 2020)

Laitteiston käyttöönotto vaatii Trimble Connect -tilin luomisen, sekä lisenssin aktivoimisen Trimblen lisenssienhallinnassa. Laitteiston mukana tulee kaksi kappaletta puhelinkiinnikettä, jolla käyttäjän puhelin kiinnitetään SiteVision-sauvaan. Kiinnikkeen liimaaminen oikeaan kohtaan tapahtuu hyödyntäen paketin mukana tullutta ristikkolevyä, jonka risti tulee saada vastaamaan SiteVision-sovelluksesta löytyvää ristiä mahdollisimman

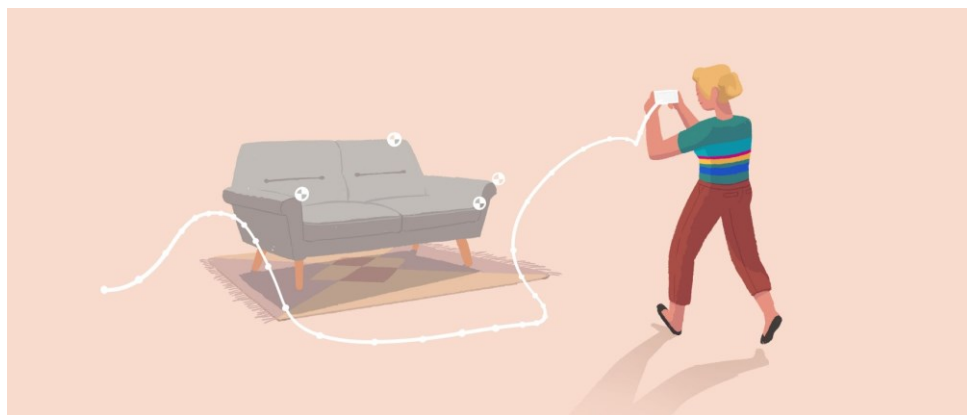
tarkasti. Tämän tekemiseen kannattaa käyttää huolellisuutta. Väärin liimattuna laitteen kalibrointiarvoihin tulee virhettä, joka kertautuu etäisyyden kasvaessa. Tällöin aineisto voi näyttäytyä varsin vääristyneeltä. SiteVisionin applikaatioasetuksiin tulee määrittää laitteistokohtaiset Trimnet-asetukset, jotta GNSS-vastaanotin saavuttaa halutun tarkkuusluokan. (Simonen, 2019)

Cad-aineiston, esimerkiksi kiinteistörajojen siirtäminen toimistolta maastoon tapahtuu pilvipalvelun kautta. Tämä toteutetaan pääsääntöisesti hyödyntäen Trimble Business Center -ohjelmistoa, jossa on oma tiedonsiirtoformaatti SiteVisionia varten. (Trimble, 2020)

2.2 Googlen lisätyn todellisuuden tekniikka

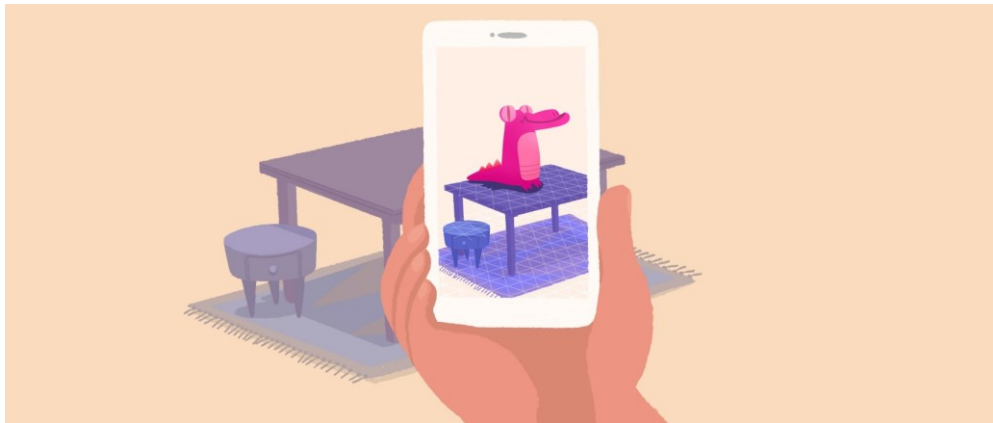
Trimble SiteVision hyödyntää Googlen ARCore-tekniikkaa luomaan lisätyn todellisuuden kokemusta. Tekniikka perustuu siihen, että laitteisto rakentaa oman käsityksensä maailmasta ja yhdistää sen laitteistosta saatuu sijaintitietoon. Google jakaa ARCore-tekniikan vielä kolmeen pääajatuksen: liikkeen tunnistukseen, ympäristön sekä valaistuksen tunnistamiseen. (Google developers, 2019)

Liikkeentunnistuksessa Googlen ARCore-tekniikka hyödyntää ”concurrent odometry and mapping” -prosessia, mikä auttaa laitteistoa ymmärtämään, miten se liikkuu ympäristöön nähden. Laitteen kamera luo ympäristöstä kohdepisteitä (kuva 2) ja vertailee niiden muutoksia luoden itselleen käsitystä ympäristöstä. Tämä tieto lisätään IMU-tietoihin (inertial measurement unit), jossa tulevat laitteen suunta ja orientointitieto yhdistettynä nopeustietoon. Tällä tavoin ARCore kykenee luomaan itselleen kolmiulotteisen kartan, missä se toimii. Vastaavaa tekniikkaa voidaan myös kutsua muussa yhteydessä SLAM-tekniikaksi (Simultaneous localization and mapping). Tätä tekniikkaa hyödynnetään mm. itseohjautuvissa autoissa tai käsilaserskannereissa. (Google developers, 2019; Jakl, 2018)



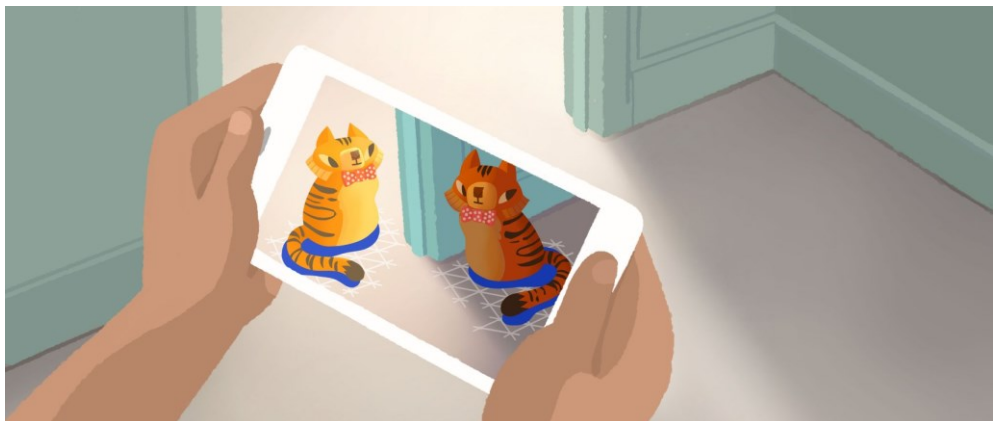
Kuva 2. Havainnekuva, kuinka ARCore muodostaa käsitystä tilasta kohdepisteiden avulla. (Google developers, 2019)

Toinen ARCore-tekniikan pääajatus on ympäristön ymmärtäminen. ARCore oppii luomaan ympärilleen vaak- ja pystysuuntaisia tasojen esimerkiksi pöydänpinnoista tai seinistä. Tämä auttaa lisättyä todellisuutta toimimaan paremmin, kun kohde voidaan kohdistaa jonkin tason pinnalle, kuten kuvassa 3. Kunnolla toimiakseen kohteissa tulee olla tekstuuria, jotta ARCore osaa tulkita ne omiksi pinnoiksi. Valkoinen seinämä voi esimerkiksi olla haastava tulkittava. (Google developers, 2019)



Kuva 3. Havainnekuva, kuinka ARCore muodostaa tasojen pinnoista. (Google developers, 2019)

Kolmas periaate on valituksen säätäminen sopivaksi. ARCore määrittää lisätyn todellisuuden kohteille valotusarvon ympäristön mukaan. Tämä luo realistisuuden tuntua (kuva 4). (Google developers, 2019)



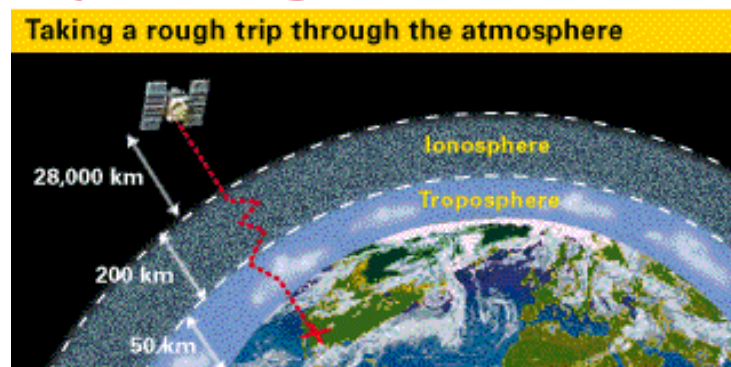
Kuva 4. Havainnekuva, kuinka ARCore huomioi valituksen muuttumisen luoden realistisuuden tuntua. (Google developers, 2019)

2.3 GNSS-mittaustekniikka

GNSS-tekniikalla tarkoitetaan paikannussatelliiteista laskettavaa sijaintitietoa, jossa käytetään yhtä tai useampaa satelliittijärjestelmää. Suomessa käytettävissä olevia satelliittijärjestelmiä ovat Yhdysvaltojen omistama GPS, Venäläinen Glonass, Eurooppalainen Galileo, Kiinalainen Beidou, sekä Intian IRNSS ja Japanin QZSS. (European Global Navigation Satellite Systems Agency, 2017)

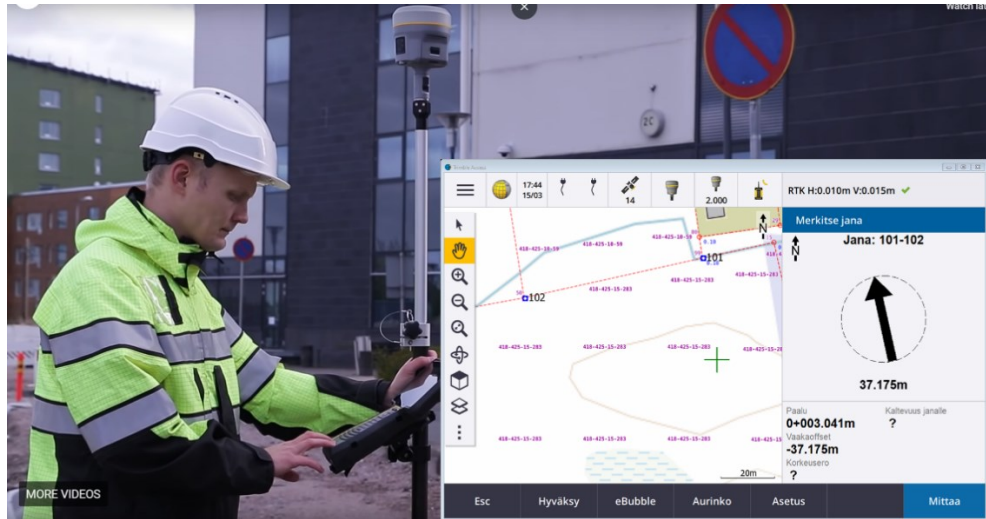
GNSS-signaalit kulkevat ilmakehän lävitse, jolloin signaalin kulku vääristyy kohdatessaan paksumpia ja ohuempia ilmassoja (kuva 5). Tämä aiheuttaa vääristymää signaalin kulku-aikaan, jonka perusteella sijaintitieto lasketaan GNSS-vastaanottimessa. Mikäli vääristymää ei korjata mitenkään, paikannustarkkuus on parhaimmillaan muutamassa metrissä. Ilmakehästä aiheutuneita vääristymiä voidaan korjata satelliittikorjauspalvelulla, jolloin paikannustarkkuudeksi voidaan saada muutama senttimetri parin metrin sijaan. Opinnäytetyössä käytettiin Geotrimin satelliittikorjauspalvelua Trimnettiä. (Trimble, n.d.; ks myös Geotrim n.d.)

Step 5: Correcting errors



Kuva 5. Havainnekuva satelliittisignaalin vääristymistä ilmakehässä. (Trimble, n.d.)

GNSS-tekniikkaa käytetään pääsääntöisesti kiinteistörajojen määrittämisessä esimerkiksi maanmittauslaitoksen toimesta. Laitteisto muodostuu kartoitussauvaan kiinnitetystä senttitarkasta GNSS-vastaanottimesta sekä maastotietokoneesta, jolla hallitaan mittaamista. Maastotietokoneen näytöltä voidaan tarkistaa oman sijainnin suhdetta cad-aineistoon, jossa on esimerkiksi tuotuna kiinteistörajat. Kuvassa 6 on näkymä mittauskalustosta sekä kuvakaappaus maastotietokoneen näytöstä. Laitteisto osaa kertoa käyttäjälleen tarkalleen sijainnin suhteessa rajamerkkiin tai rajalinjaan.



Kuva 6. Kuvassa on käytössä perinteinen GNSS-mittauskalusto, johon kuuluvat GNSS-vastaanotin ja maastotietokone. Oikeassa alakulmassa kuvakaappaus mittalaitteen näytöltä, jossa merkitään kiinteistörajaa. Mittaaja on reilun 37 metrin päässä kiinteistörajasta.

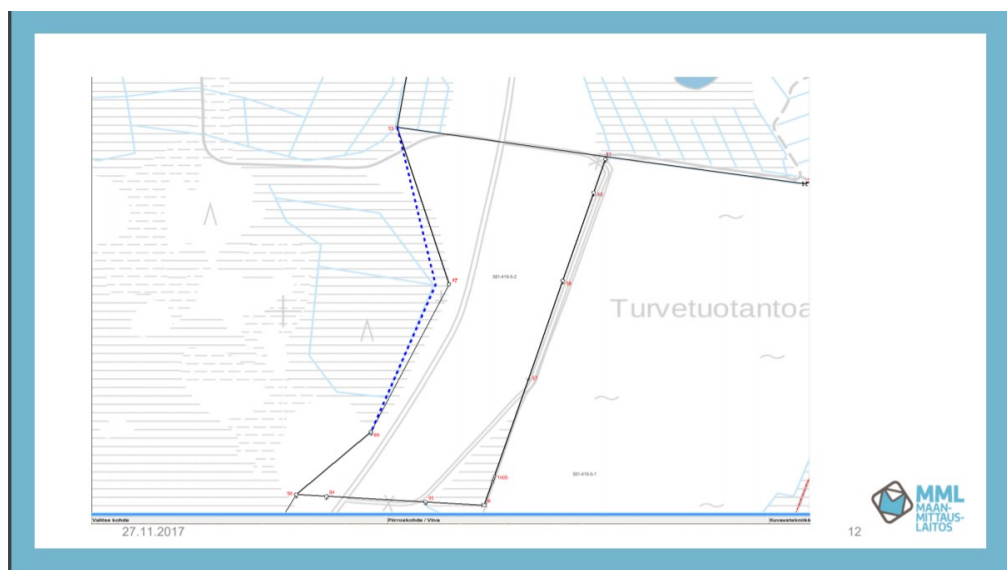
2.4 Suomen kiinteistörajat

Suomessa kiinteistörekisteriä ylläpitävät Maanmittauslaitos sekä osa kunista. Rekisteriin tulee koko ajan muutoksia kiinteistökauppojen myötä ja sitä päivitetään jatkuvasti. Kiinteistörekisterin ylläpidolla on pitkä historia. Eri aikakaudet ja eritasoiset dokumentointityökalut vaikuttavat siihen, että kiinteistörekisterikartassa esiintyy puutteita ja epäluotettavuutta. Eroavaisuudet ovat aluekohtaisia, esimerkiksi rakennetuilla alueilla ja Etelä-Suomessa on keskimäärin parempi tarkkuus kuin harvemmin asutuilla alueilla (taulukko 1). Rajapyykeille annetaan sijaintitarkkuusluku, jolloin voidaan olettaa rajapyykin löytyvän 68 %:n todennäköisyydellä kyseisen säteen sisältä. (Pyykkönen, 2019)

Taulukko 1. Rajamerkkien sijaintitarkkuuksien lukumäärät alueittain. (Maanmittauslaitos, 2012)

Rajamerkkien määrät RSK-lukuluokittain (kpl)							
MMT	≤0,5 m	0,51–2,0 m	2,1–4,0 m	4,1–10,0 m	> 10,0 m	Yhteensä	% kaikista
ESUOMI	1 208 582	81 436	391 355	6 216	1 029	1 688 618	14,1
VASU	818 336	52 160	274 516	10 404	833	1 156 249	9,7
PISA	1 008 598	77 170	411 454	7 707	764	1 505 693	12,6
KASU	484 791	45 021	203 706	905	87	734 510	6,1
ESAVO	408 204	33 619	127 315	52 909	924	622 971	5,2
PSAVO	496 312	64 104	228 457	6 215	850	795 938	6,6
PKAR	349 050	58 229	106 584	51 547	592	566 002	4,7
KESU	435 078	33 378	239 093	1 789	264	709 602	5,9
POH	1 154 937	75 726	530 297	7 731	519	1 769 210	14,8
PPOH	594 429	134 748	260 703	20 552	630	1 011 062	8,4
KAIKO	408 223	102 606	48 852	54 796	823	615 300	5,1
LAPPI	351 095	244 422	42 458	158 013	3 060	799 048	6,7
Koko maa	7 717 635	1 002 619	2 864 790	378 784	10 375	11 974 203	100,0

Kiinteistöraja määrittyy maastosta löytyvistä rajamerkeistä, eikä kiinteistörekisterikartan mukaan (kuva 7). Epäselvissä tilanteissa rajankäynti toteutetaan rajankäyntitoimituksessa, jonka suorittaa Maanmittauslaitos. (Pyykkönen, 2019)

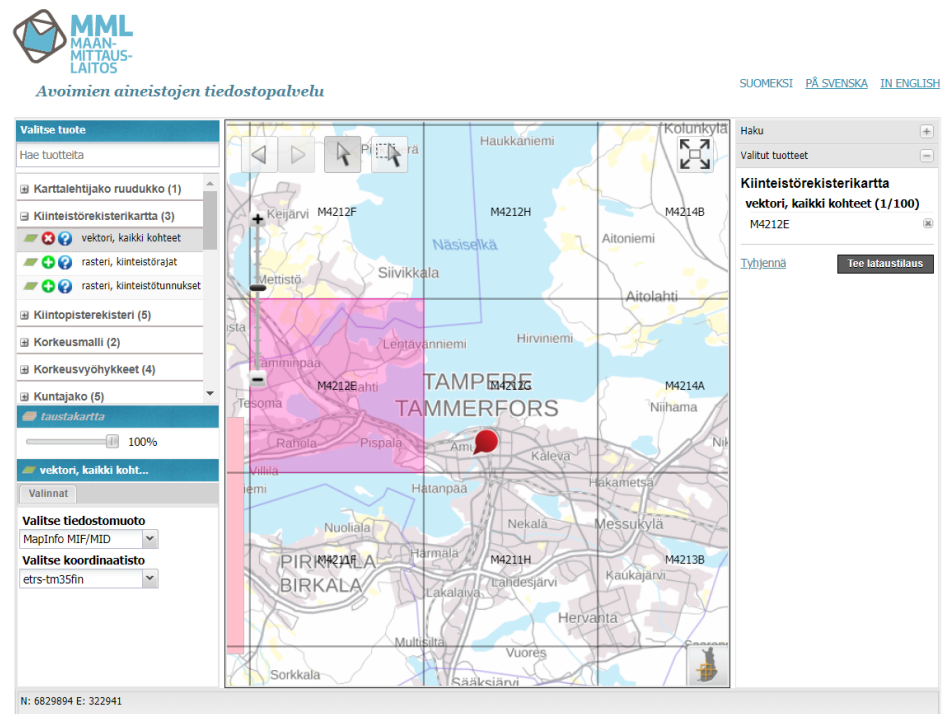


Kuva 7. Esimerkki kartan ja maaston eroavaisuudesta. Sinisellä katkoviivalla maastossa todettu kiinteistörajan sijainti ja mustalla aiemmin kartalla ollut kiinteistöraja. (Kotakorva, 2017)

2.5 Kiinteistöraja-aineiston latauspalvelu

Suomen kiinteistörekisterikartta on jokaisen suomalaisen tarkasteltavissa esimerkiksi paikkatieto.fi-palvelussa. Lisäksi kansalaisilla on vuodesta 2017 lähtien ollut oikeus ladata kiinteistörajoja tiedostoina Maanmittauksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta (kuva 8). Aineisto on jokaisen käytettävissä, mutta kaupalliseen käyttöön tarvitaan oma lupa. (Maanmittauslaitos, n.d.)

Vuonna 2020 avoimien aineistojen tiedostopalvelusta voi ladata kiinteistörajat joko rasterimuotoisena png-kuvatiedostona tai vektorimuotoisina mif-, shape- tai gmd-tiedostoina. Vektorimuotoiset kiinteistörajat sisältävät koordinaattitiedon lisäksi lisätietoa esimerkiksi rajapyykin arvioidusta tarkkuudesta. Kaikki aineistot ovat ETRS-TM35FIN-tasokoordinaattijärjestelmässä. Lataukset tehdään karttalehti kerrallaan sähköpostiin tulevan linkin kautta. Yksittäisen alueen lataamiseen kestää muutaman minuutin.



Kuva 8. Kuvakaappaus Maanmittauslaitoksen Avoimien aineistojen tiedostolatauspalvelusta. Kiinteistörajat ladataan karttalehdittään sähköpostiin tulleen linkin kautta. Sivustolla valitaan aineisto ja tiedostomuoto.

3 TRIMBLE SITEVISIONIN TARKKUUDEN TESTAUS

Jotta saadaan käsitys siitä, kuinka luotettavasti ja tarkasti SiteVision pystyy esittämään kiinteistörajat ja -pyykit puhelimen näytöltä suhteessa todelliseen maastoon, oli tärkeää tehdä testaus. Tästä saatiin käsitys minkälaisia mahdollisuuksia tai rajoituksia laitteella on. Testauskohteeksi valittiin urheilukenttä, jossa on selkeät maastolinjat, jolloin vertaaminen todellisen ja lisätyn todellisuuden välillä on helpompaa. Kiinteistörajojen ja rajapyykkien suoraan vertaaminen kiinteistörajatietokantaan ei olisi ollut järkevää, koska silloin olisi jäänyt selvittämättä, johtuuko mahdollinen vääristymä raja-aineiston huonosta laadusta vai laitteen kuvantamisesta. Testauskohteeksi valikoitui kalkkiviivojen risteyskohdat kuvantamaan yksittäisiä pistemäisiä kohteita kuten rajapyykkejä. Kiinteistörajojen kuvantamiseen valittiin juoksuratojen rataviivat, jotka olivat joko suoria tai kaarevia viivoja.

Todellisen näkymän ja lisätyn todellisuuden vertaaminen tehtiin SiteVisionista saadun kuvan perusteella silmämääräisesti. Tarkka numeerinen mittaaminen ei olisi ollut mahdollista, koska lisätyn todellisuuden kuvantamiseen liittyy SiteVisionin osalta jatkuvaa sijainnin vaihtumista. Silmämääräisellä vertailulla saavutettiin tutkimukseen riittävä käsitys laitteen luotettavuudesta.

3.1 Testin valmistelu

Testiä varten mitattiin helposti tunnistettavia kohteita senttimetrin tarkalla Trimble R12 GNSS-vastaanottimella. Testimittausalueeksi valikoitui yleisurheilukenttä, koska siellä on selkeästi erottuvia kohteita ja GNSS-mittauksellisesti se oli otollinen. Kuvassa 9 näkyvät oranssilla mitatut viivamaiset kohteet sekä valkoisella pistemäiset kohteet.



Kuva 9. Kuvakaappaus mittauksista ilmakuvan päällä.

Mitatut kontrollipisteet siirrettiin Trimble SiteVisioniin tarkastelua varten. Silmämääräisesti tarkasteltiin, miten kohteet osuvat niille mitattuihin pisteisiin. Tarkastelua helpotti läpinäkyvyystyökalu, jolloin oli mahdollista tarkastella samanaikaisesti kameranäkymästä kontrollimittauksia sekä olemassa olevia kohteita.

Trimble SiteVisionille oli ominaista, että aineisto orientoi itsensä tasaisesti sitä mukaa mihin laitetta suunnattiin tai liikuteltiin. Tämä aiheutti aineistossa pientä elämistä sijainnin suhteen. Sama kohde saattoi näyttäytyä yhdestä kuvakulmasta hyvältä ja toisesta siltä, että kohteet ovat väärässä sijainnissa. Hetken päästä kohteet saattoivat hypätä oikeaan paikkaan, jonka jälkeen hyppäsivät taas väärään sijaintiin.

Kohteiden sijaintiin vaikuttavat tekijät:

- 1) SiteVisionin GNSS-paikannus
- 2) Samsung S10plus -kameran kalibrointi
- 3) Google AR-tekniikan ympäristön tunnistus

Kaikilla edellä mainituilla asioilla on omat virhemarginaalinsa, jotka vaikuttavat siihen, mitä kameran näytöltä nähdään. Tarkkoja arvoja ei voida antaa, mutta lähtövirheet kertautuvat aina etäisyyden kasvaessa. Näillä kaikilla on vaikutuksensa siihen, kuinka aineisto eli näytöllä. Eläminen oli kuitenkin nytkähtelevää, mikä oli selkeästi parempi vaihtoehto kuin jatkuvasti sijainnin vaihtuminen.

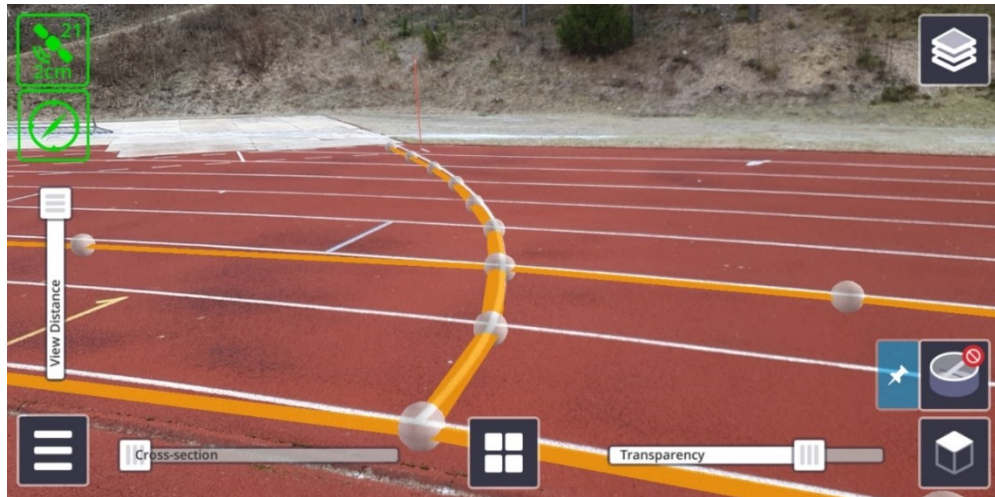
3.2 Pistemäiset kohteet

Pistemäisen kohteen mittauksessa oli tarkoitus selvittää, näkykö kiinteistörajan pyykki siinä kohdassa, jossa se koordinaateilla on määritetty. Tätä varten mitattiin GNSS-pisteet urheilukentällä kahdesta kohdasta, jossa valkoiset viivat risteävät (kuva 10). Nämä kohteet ovat helposti tunnistettavissa maastosta.



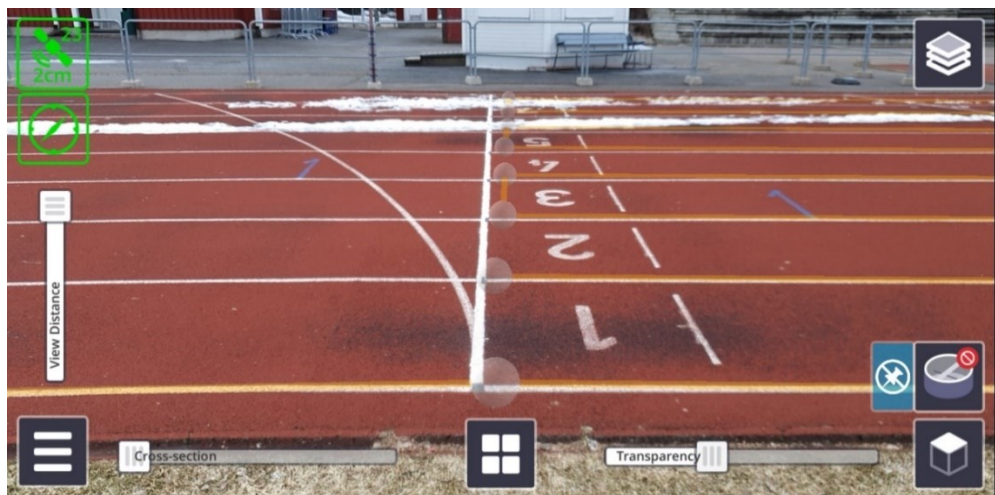
Kuva 10. Kuvakaappaus cad-ohjelmasta, jossa sinisten pisteiden sijaintia verrataan SiteVisionissa.

Kuten aiemmin tutkimuksessa on käynyt ilmi, kohteiden sijainnit elivät hiukan sitä mukaa, miten laitteistoa maastossa liikutti. Välillä pisteet osuivat oikeille kohdilleen (kuva 11), mutta välillä pisteet siirtyivät sivuttain. Molemmissa testikohteissa virhe tuntui kertautuvan, mitä kauempana kohde oli. Lähellä kohdetta ollessa kohteet pysyivät paremmin kohdillaan. Suhteessa virheet olivat aina saman suuntaisia toisiinsa nähden.



Kuva 11. Kuvakaappausnäkyvä SiteVisionista. Parhaimmillaan mitatut pisteet kuvantuivat näytöllä erittäin hyvin todellisiin sijainteihin.

Juoksuradan lähtöpaikalla pisteet ovat suorassa rivissä toisiinsa nähden. Pisteiden sijainti toisiinsa nähden käyttäytyi samalla tavalla kuin kaarevassa kohdassa mitatut pisteet. Lähellä olevat kohteet osuivat paremmin oikealle paikalle ja etäämmällä olevissa kohteissa virhe kertautui samansuuntaisesti. Juoksuradan leveys on noin 10 metriä ja viimeinen piste oli silmämääräisesti 10 cm:n päässä oikeasta paikastaan (kuva 12).



Kuva 12. Kuvakaappausnäkyvä SiteVisionista. Välillä kohteet siirtyvät hiukan paikaltaan. Virhe kertautuu, mitä kauempana kohteet ovat. Juoksuradan leveys on noin 10 metriä. Silmämääräisesti piste on noin 10 cm:n päässä oikeasta kohdasta.

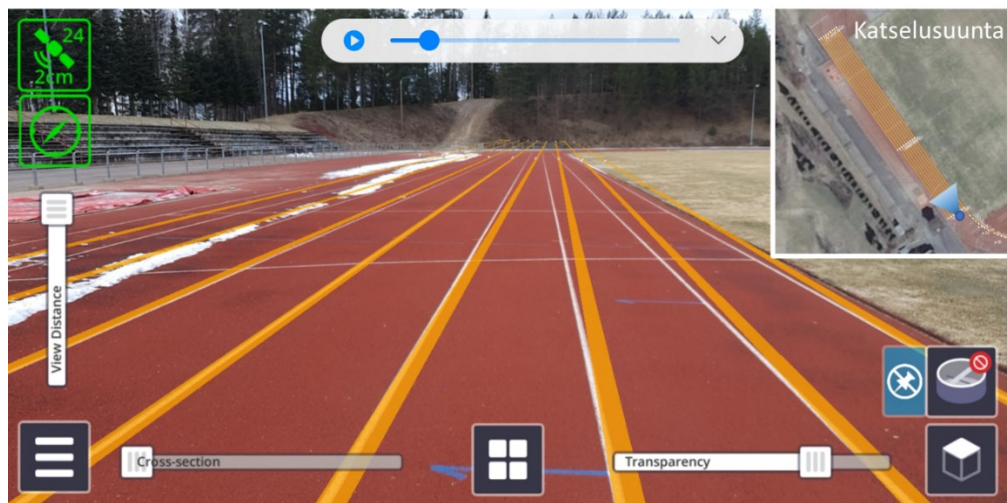
3.3 Viivamaiset kohteet

Viivamaisten kohteiden testillä oli tarkoitus selvittää, kuinka kiinteistöraja näyttäytyy kamerassa, kun etäisyys kasvaa. Tätä varten valittiin juoksura-dalta sadan metrin radat, jotka mitattiin. Lisäksi mitattiin toinen juoksura-dan kaarteista, josta mitattiin kaksi linjaa (kuva 13). Kiinteistörajat harvoin ovat kaarevia, mutta tarkoitus oli selvittää tarkemmin laitteen käyttöomi-naisuuksia.



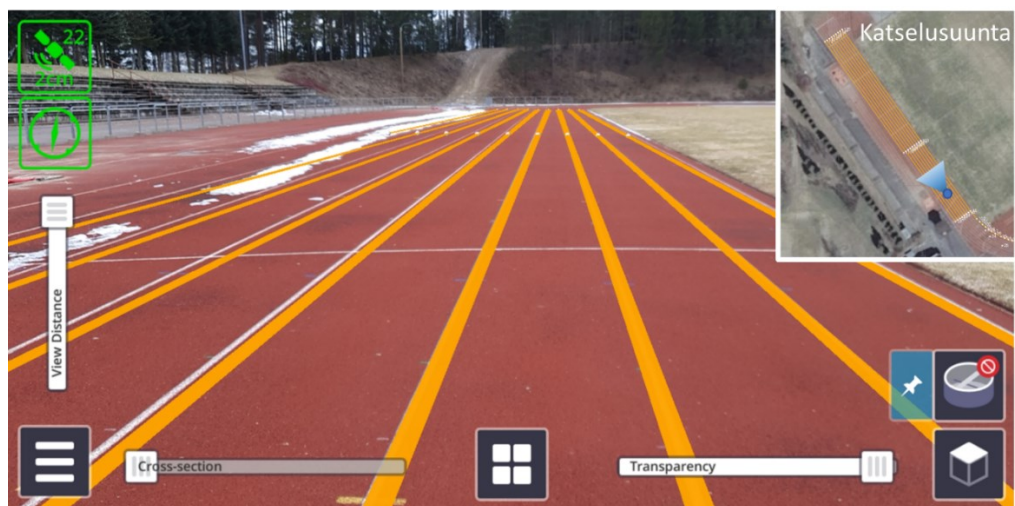
Kuva 13. Näyttökuvaa cad-ohjelmasta, jossa urheilukentän kaaren kaksi mitattua juoksurataa näkyvät oranssilla.

Viivamaiset kohteet käyttäytyivät samantapaisesti kuin pistemäiset koh-teet. Sijaintien suhteen oli elämistä. Mitä kauempana kohteet olivat, sitä enemmän heittoa kohteisiin tuli (kuva 14). Vaikutti kuitenkin siltä, että kohteet näyttäytyivät paremmin, jos oma sijainti oli kohteen sisällä, eikä sitä tarkasteltu ulkopuolelta (kuva 15). Tällöin viivat kohdistuivat parem-min. Juoksuradan alusta katsottuna ratojen suuntaus ja korkeus vääristyy, mitä kauemmaksi katsotaan. Kohteet kuitenkin pysyivät suorina ja saman suuntaisina. Vääristymät olivat saman suuntaiset.



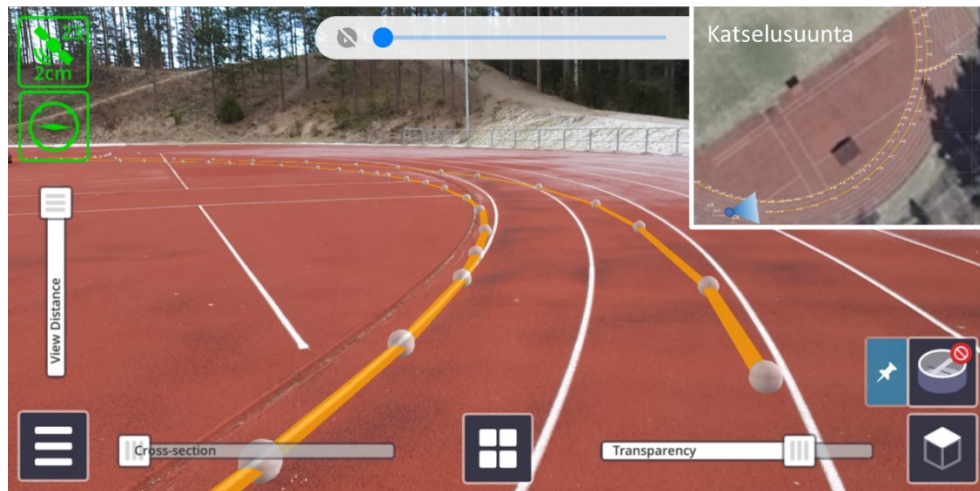
Kuva 14. Kuvakaappausnäky SiteVisionista juoksuradan alusta. Kohteiden sijaintitarkkuus karkaa kauempana.

Kävellessä kohteiden keskelle, sijaintitieto asettui todenmukaisempiin paikkoihin. Pientä perspektiivivääristymää on havaittavissa reunoilla: puhelimen näytön vasemmalta reunalta kohteet ovat liian oikealla ja näytön oikealla puolella liian vasemmalla. Korkeutta tarkasteltaessa kohteet näyttävät sijoittuvan oikein.

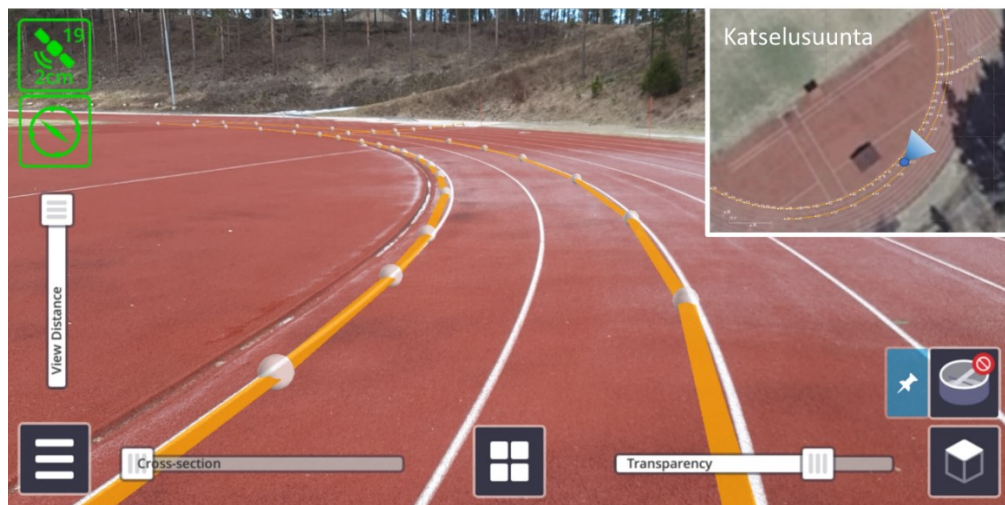


Kuva 15. Kuvakaappausnäky SiteVisionista juoksuradan keskeltä. Kohteiden sijaintitarkkuus osuu hyvin kohdilleen. Sivusuunnassa on pientä vääristymää.

Kaarevilla kohteilla sijainnin käyttäytyminen oli samanlaista kuin suorilla kohteilla. Muoto säilyy ehjänä ja oikeanlaisena, mutta sijainnissa on jonkin verran vääristymää, varsinkin silloin, kun kohde oli etäällä. Käveltäessä kohteet asettuivat paremmin paikoilleen (kuvat 17 ja 18).



Kuva 16. Kuvakaappausnäkyminen SiteVisionista juoksuradan alusta. Kohteiden muoto pysyy oikean kaltaisena, mutta sijainti on osittain väärässä paikassa.



Kuva 17. Kuvakaappausnäkyminen SiteVisionista juoksuradan keskeltä, jolloin kohteet osuvat melko hyvin kohdilleen.

3.4 Yhteenveto tarkkuustestistä

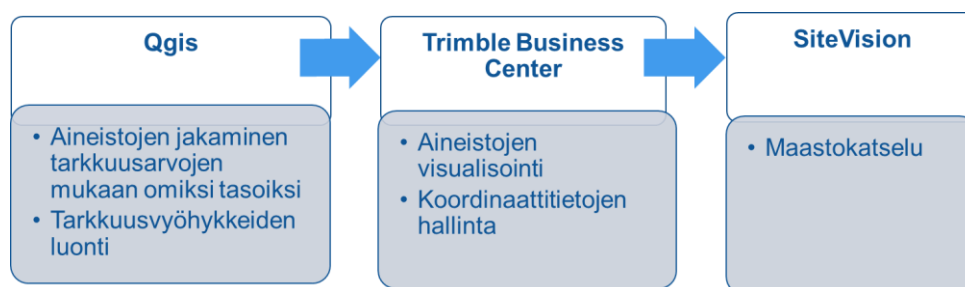
Tarkkuustestin tekeminen oli hyödyllinen ajatellen kiinteistörajojen paikannusta, koska se antoi hyvän käsityksen siitä, miten laite käyttäytyy ja kuinka luotettava se on. Testin mukaan Trimble SiteVisionia käyttäessä ei voida olettaa mittauspisteiden olevan täydellisesti oikeissa kohdissa. Tämä on otettava mittauksissa huomioon. Mitä lähempänä kohdetta oltiin ja mitä keskemällä kuvaruutua kohde sijaitsi, sitä paremmin kohde näyttyi oikeanlaiselta. Virheet puolestaan kertautuivat etäisyyden kasvaessa. Hyvä käytäntö on varmasti katsoa haluttua kohdetta useammasta kuvakulmasta ja suhteellisen läheltä, esimerkiksi alle 10 metrin päästä, jolloin saadaan hyvä käsitys kohteen todellisesta sijainnista.

Viivamaisissa kohteissa paras tapa on tarkastella niitä kohteiden sisältä, jolloin kohteet asettuvat parhaiten paikoilleen.

Kevyen testin pohjalta voisi pitää nyrkkisääntönä sitä, että virhe on noin prosentin verran etäisyyden kasvaessa. Esimerkiksi kuvassa 12 juoksuradan starttipaikka on 10 metriä leveä ja mittauksessa oli noin 10 cm virhettä.

4 TRIMBLE SITEVISIONIN KÄYTÄNNÖN TESTAUS KIINTEISTÖRAJOILLA

Käytännön testauksessa haluttiin selvittää, mitä välivaiheita on ja mitä mahdollisuuksia on ottaa kiinteistöraja-aineisto käyttöön Trimble SiteVisionissa. Lisäksi testattiin laitteen yleistä toimivuutta kiinteistörajojen paikallistamisessa, jotta saataisiin käsitys laitteiston hyödyntämismahdollisuuksista ja rajoittavista tekijöistä. Testialueena oli asuinalueympäristö, jossa oli paljon kiinteistöjä. Testissä hyödynnettiin toimistossa Qgis- ja Trimble Business Center -ohjelmistoja raja-aineistojen käsittelyyn. Tämän jälkeen aineisto siirrettiin SiteVisioniin maastotarkastelua varten (kuva 18).



Kuva 18. Prosessikaavio käytännön testauksen työvaiheista.

4.1 Aineiston valmistelu

Suomessa kiinteistörajat ovat kaikkien vapaasti ladattavissa Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostolatauspalvelusta. Ensimmäinen

työvaihe oli ladata kiinteistörajat latauspalvelusta vektorimuotoisena. Lataus onnistui sähköpostilla tulleesta linkistä, josta ladattiin tietokoneelle pakattu zip-tiedosto. Purettu zip-tiedosto sisälsi neljä eri aineistoa, joista jokainen aineisto sisälsi neljä tiedostoa (kuva 19). Aineistot olivat kiinteistörajat, palsta-alue, palstatunnus ja rajamerkit. Tämän tutkimuksen kannalta hyödyllisimmät olivat kiinteistörajat- ja rajamerkkitiedostot.

M4213D_kiinteistoraja.dbf	DBF-tiedosto	90 kt	Ei
M4213D_kiinteistoraja.prj	PRJ-tiedosto	1 kt	Ei
M4213D_kiinteistoraja.shp	3dsshp	661 kt	Ei
M4213D_kiinteistoraja.shx	SHX-tiedosto	38 kt	Ei
M4213D_palstaalue.dbf	DBF-tiedosto	32 kt	Ei
M4213D_palstaalue.prj	PRJ-tiedosto	1 kt	Ei
M4213D_palstaalue.shp	3dsshp	590 kt	Ei
M4213D_palstaalue.shx	SHX-tiedosto	14 kt	Ei
M4213D_palstatunnus.dbf	DBF-tiedosto	32 kt	Ei
M4213D_palstatunnus.prj	PRJ-tiedosto	1 kt	Ei
M4213D_palstatunnus.shp	3dsshp	44 kt	Ei
M4213D_palstatunnus.shx	SHX-tiedosto	6 kt	Ei
M4213D_rajamerkki.dbf	DBF-tiedosto	114 kt	Ei
M4213D_rajamerkki.prj	PRJ-tiedosto	1 kt	Ei
M4213D_rajamerkki.shp	3dsshp	166 kt	Ei
M4213D_rajamerkki.shx	SHX-tiedosto	23 kt	Ei

Kuva 19. Avoimesta aineiston latauspalvelusta tulleet shape-tiedostot. Yksi tiedosto muodostuu neljästä samannimisestä tiedostosta. Opinnäytetyössä hyödynnettiin kiinteistöraja- ja rajamerkki-tiedostoja.

Jotta maastossa ja toimistolla olisi helpompi käsitellä rajamerkkien luotettavuutta, rajamerkit jaettiin vielä viiteen tarkkuusluokkaan rajamerkkien sisältämän ominaisuustiedon perusteella.

Tarkkuusluokat olivat:

RMS arvo 10 cm

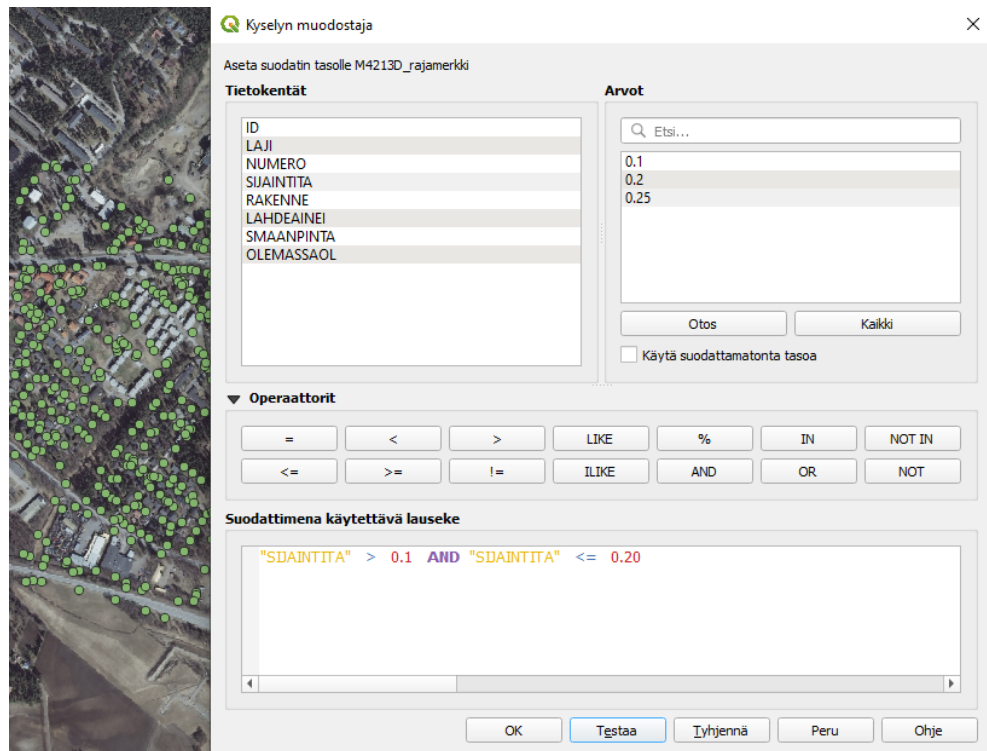
RMS arvo 20 cm

RMS arvo 25-35 cm

RMS arvo 40-100 cm

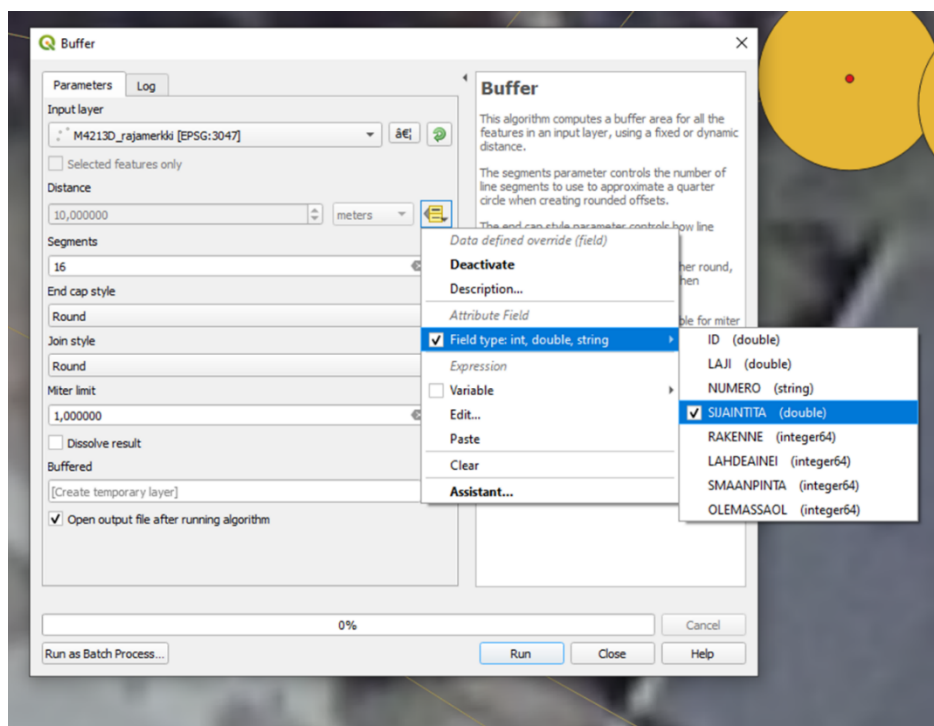
RMS arvo alle 400 cm

Kohteet suodatettiin Qgis-ohjelman tietokantakyselyillä. Jokaisesta suodatetusta aineistosta tehtiin oma tiedosto ja taso myöhempää käyttöä varten (kuva 20).

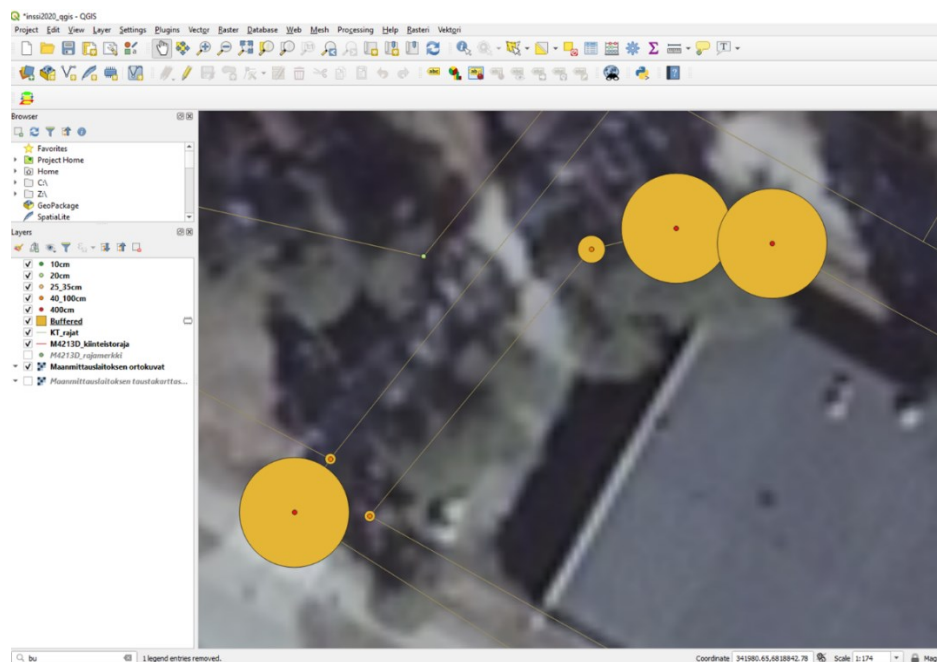


Kuva 20. Kuvakaappausnäky OGIS-ohjelmasta. Rajamerkit jaoteltiin tekemällä yksinkertaisia kyselyitä sijaintitarkkuuden perusteella.

Sijaintitarkkuusarvo voi olla osassa tapauksissa väärin. Tämän oikeellisuuden selvittämiseksi tehtiin aineistolle paikkatietoanalyysi maastotestejä varten. Analyysissa kohteille muodostettiin ympyrämuotoinen säde, jonka pituus määräytyi sijaintitarkkuuden arvosta. Analyysin tekemiseen käytettiin Bufferi-työkalua (kuva 21), joka luo automaattisesti määritellyn kokoisin vyöhykkeen kohteen ympärille (kuva 22).



Kuva 21. Kuvakaappausnäky OGIS-ohjelmasta ja sen Buffer-työkalusta, joka muodostaa rajamerkkien ympärille vyöhykkeet.

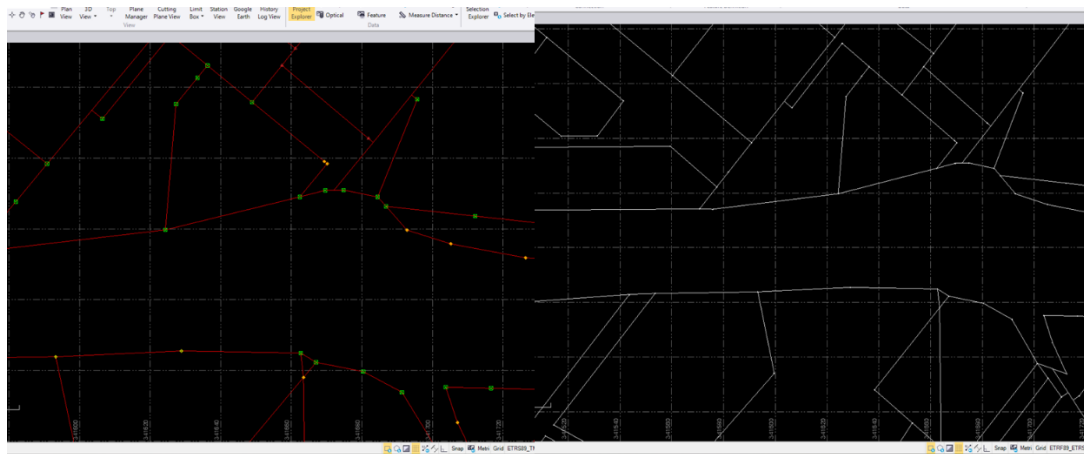


Kuva 22. Rajamerkkien ympärille muodostettiin ympyrän muotoiset vyöhykkeet sijaintitarkkuuden mukaan. Mitä huonompi sijaintitarkkuus on, sitä isompi on vyöhyke.

Qgis-ohjelma valikoitui käyttöön, sillä siinä on hyvät työkalut käsitellä aineistoja ja tehdä tietokantapohjaisia kyselyitä. Ohjelmasta käytettiin versiota 3.8.1.

SiteVisionia varten koordinaatisto- ja geoidimallien hallinta sekä oikeanlaisen tiedostomuodon luominen tehdään Trimble Business Center -ohjelmassa. Tähän ohjelmaan tuotiin Qgis:ssä luodut tarkkuusluokkaa kuvaavat tiedostot, sijaintitarkkuusvyöhykkeet sekä kiinteistöraja-aineistot.

Aineistojen visuaalista tarkastelua varten luotiin kuvaustiedosto Feature Definition Managerilla, joka on Trimble Business Centerin aliohjelma. Kuvaustiedostossa määritellään kohteille oma kuvantamistapa: pistemäisille kohteille väri ja symboli sekä viivamaisille kohteille viivan tyyli, väri ja pakkaus. Tämä helpottaa kiinteistörajojen käytettävyyttä (kuva 23).



Kuva 23. Kuvakaappausnäky Trimble Business Center -ohjelmasta. Kuvan oikealla puolella on kiinteistöraja-aineisto ilman kuvaustyyliä ja vasemmalla puolella tyylit on otettu käyttöön. Värien ja symbolien perusteella voidaan päätellä rajamerkkien sijaintitarkkuuksia. Pisteiden symboli- ja väritiedot eivät siirry Trimble SiteVisioniin.

Kun aineisto oli valmis ja oli varmistettu, että kyseessä oli ETRS TM35Fin -koordinaatisto, se ladattiin SiteVision AR exporter -formaattissa Trimble Connect -pilvipalveluun. Trimble Business Center loi Connectiin automaattisesti kolme samannimistä tiedostoa, joiden tiedostopäätteet olivat .vce .jxl ja .trb.

4.2 Testimittauksien tekeminen

Maastotesteissä testattiin laitteen yleistä toimivuutta asuinalueympäristössä. Aiemmin tehdystä tarkkuustestistä saatujen kokemusten perusteella oli hyvä yleiskuva laitteen toimivuudesta ja tarkkuudesta.

Maastoon lähteminen SiteVisionin kanssa oli helppoa ja sujuvaa. SiteVisioniin yhdistetyllä puhelimella sisäänkirjaututtiin SiteVision-sovellukseen, joka oli suoraan yhteydessä Trimble Connect -pilvipalveluun. Pilvipalvelusta ladattiin käyttöön käsitellyt kiinteistörajat. SiteVision kommunikoi puhelimen kanssa USB-kaapelin välityksellä. Noin parin minuutin sisällä laitteen käynnistämisestä oli saatu laskettua tarkka sijaintitarkkuus laitteelle. Sijainnin suuntaamiseen tarvittava orientointi kohteille tapahtui kävelemällä 10 metriä suoraan, jolloin kohteet napsahdivat paikalleen. Tämän jälkeen oltiin valmiita tarkkailemaan kiinteistörajajoja.

SiteVisionissa oli muutama työkalu, joilla kiinteistörajajojen havainnointiin pystyi vaikuttamaan. Koska kiinteistöraja-aineisto oli nollakorossa, kohteet näyttivät aluksi olevan noin sata metriä alempana (kuva 24). SiteVisionissa on toiminto, jolla kohteet saatiin nostettua nykyiseen korkeustasoon. Korkeustaso määräytyi laserosoitin tulkitsemasta maanpinnan tasosta. Kohteita pystyi valitsemaan ”päälle/pois päältä” tasoittain, sen mukaan miten kohteet oli jaettu Trimble Business Centerissä. Lisäksi kohteiden läpinäkyvyyttä pystyi säätämään liukutyökalun avulla. Etäällä olevia kohteita pystyi myös säätämään ”pois päältä” niin ikään liukutyökalun avulla (kuva 25).



Kuva 24. Kuvakaappausnäkyvä SiteVisionista. Kohteet näkyvät oletuksena merenpinnan tasolla. Maanpinnan korkeus on noin 100 metriä testipaikalla.



Kuva 25. Kuvakaappausnäky SiteVisionista. Oranssilla neliöllä on korostettu SiteVisionin sijainti- ja orientointitarkkuuden symbolit. Keltaisella merkityllä liukutyökalulla voidaan suodattaa näkymää etäisyyteen perustuen. Punaisella korostetulla työkalulla voidaan vaihtaa läpinäkyvyyttä. Sinisen neliön sisällä on työkalu, jolla voidaan tuoda nollatasoiset kohteet maanpinnan korkeuteen. Vihreän neliön sisältä löytyy tasojen hallintatyökalu.

SiteVision auttoi hyvin havainnollistamaan kiinteistöjen sijoittumista maastossa sellaisissa paikoissa, joissa rajojen tulkitseminen ei ole maastossa mahdollista joko selkeiden rajalinjojen puuttumisen tai kiinteistöjen hankalien muotojen vuoksi (kuva 26). Tämä on hyödyllistä varsinkin sellaisissa tapauksissa, joissa kartan lukeminen on vaikeaa maasto-olosuhteiden takia tai jos kartan tulkitseminen ei ole käyttäjälle tuttua. Maastossa liikkuessa on pidettävä mielessä, että kiinteistörajakartta on suuntaa antava eikä välttämättä perustu maastosta löytyviin sijainteihin. Lisäksi SiteVisionin näkymätarkkuus saattaa valehdella jonkin verran (kuva 27).

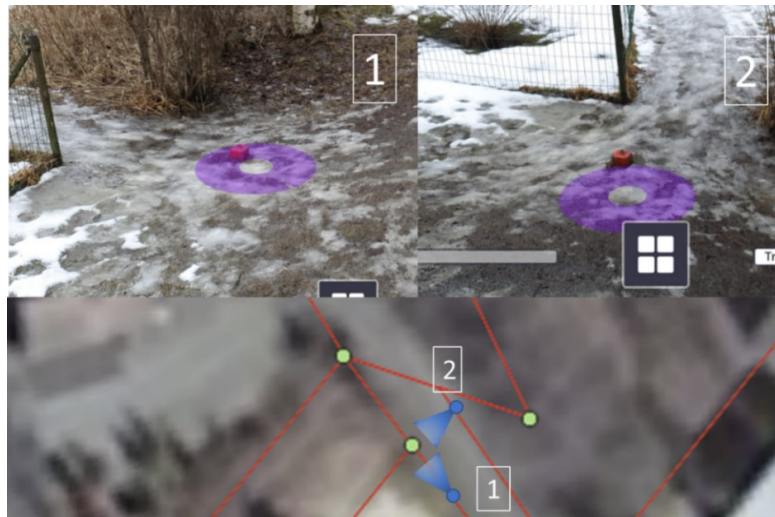


Kuva 26. Kuvakaappausnäky SiteVisionista. SiteVision auttaa hahmotamaan hankalia kiinteistörajoja maastossa.



Kuva 27. Kuvakaappausnäky SiteVisionista. Sinisen nuolen alussa on kameranäkymässä kuviteltu rajapyykin sijainti, vaikka maastossa sijainti on nuolen päässä. Näkymästä aiheutunut vääristymä johtuu todennäköisesti sekä kartassa olevasta vääristymästä että laitteen kuvautumisvääristymästä. Sitä, kummasta tekijästä suurempi virhe tulee, ei voida todeta yhden kuvan perusteella.

Sijaintitarkkuuksien perusteella rajapyykkien ympärille piirretyt vyöhykkeet autoivat määrittämään, mistä rajapyykistä on kysymys, kun lähelläkin oli usea pyykki. Lisäksi vyöhykkeiden perusteella pystyi suurin piirtein toteamaan, pitävätkö sijaintitarkkuustiedot paikkaansa, vaikka tämä ei ollut aukottomasti todettavissa (kuva 28). Vyöhykkeet myös helpottivat havaitsemaan maastosta rajapyykkien sijainnit, sillä väritys oli selkeästi havaittavissa näytöltä verrattuna vaaleaan sijaintipalloon. Tästä oli hyötyä varsinkin silloin, kun maassa oli lunta ja rajapyykki oli peittynyt lumen alle (kuva 29).



Kuva 28. Sijaintitarkkuusvyöhyke auttaa arvioimaan pitävätkö sijaintitarkkuusarvot paikkaansa. Katselukulmasta riippuen sijainnin siirtyminen aiheuttaa sen, ettei tähän voida aukottomasti luottaa kaikissa tapauksissa. Alapuolisessa kuvassa on esitetty katselusuunnat samaan pisteeseen nähden.



Kuva 29. Sijaintitarkkuusvyöhykkeet autoivat paikallistamaan rajapyykki silloinkin, kun pisteet olivat piilossa.

Maastotesteissä selvitettiin, kuinka hyvin SiteVisionin avulla voidaan määrittää kiinteistön rajat. Ajatuksena oli saada selville, voiko SiteVisionia hyödyntää esimerkiksi raja-aitojen tarkasteluun tai kumman kiinteistön puolelle rakennettu omaisuus tai puu kuuluvat. Tarkkuustesteistä saatiin aiemmin selville, ettei SiteVisionin näytön tarkkuus riitä määrittämään kohteita, jos kyseessä on tiukka toleranssi. Selvissä tapauksissa voidaan yksiselitteisesti todeta kummalle puolelle kiinteistörakennelmat kuuluvat. Esimerkiksi kuvassa 30 valaisinpylväiden sijainti rajan suhteen vaihtelee hieman riippuen siitä, mistä suunnasta katsotaan. Sen sijaan kiinteistö, johon sähkömuuntamo on asennettu, voidaan sen sijainti luotettavasti todentaa.



Kuva 30. SiteVisionilla ei voida määrittää tiukoissa tilanteissa kummalle puolelle rajalinjaa esimerkiksi valaisinpylväät kuuluvat. Kuitenkin ruskea sähkömuuntamo voidaan hyvin todeta kuuluvan rajalinjan vasemmalla puolella olevalle kiinteistölle.

Ennako-oletuksena oli, että SiteVision ei toimi hyvin alueilla, jossa GNSS-olosuhteet ovat hankalat, esimerkiksi puustoisissa kohteissa. Testialueella käytiin puustikkoisessa paikassa, jolloin laitteen sijaintitarkkuus karkasi heti metriluokan tarkkuuteen. Kiinteistöraja pysyi hetken kohdillaan luultavasti AR-tekniikan avulla. Kuitenkaan tämä ei ole mahdollista metsässä, joten tämän kaltaiseen ympäristöön laite ei sovellu. Hyvänä puolena on, että laite antaa kuitenkin visuaalisesti palautetta laitteen GNSS-tarkkuudesta ja orientoinnin tilasta (kuva 31).



Kuva 31. Metsäisissä olosuhteissa SiteVisionin sijaintitarkkuus heikkenee nopeasti. Vasemmassa yläkulmassa oleva satelliitin symboli muuttui punaiseksi ja antoi sijaintitarkkuuden metriluokassa. Kuitenkin rajalinjan orientointi pysyi paikallaan hyödyntäen Googlen ARCore-tekniikkaa.

5 YHTEENVETO JA POHDINTA

5.1 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miltä osin Trimble SiteVisionia voitaisiin hyödyntää kiinteistörajojen tarkasteluun maastossa ja voitaisiinko sillä osin korvata arvokkaampien mittalaitteiden käyttö. Jotta Trimble SiteVisionia voitaisiin hyödyntää, oli tärkeää tutkia, minkälaisiin tarkkuuksiin laitteella päästäisiin ja kuinka sujuvaa laitteiston käyttö olisi maastossa kiinteistörajojen etsinnässä. Tässä tutkimuksessa tehtiin ensin Trimble SiteVisionin tarkkuuden testaus ja sen jälkeen tehtiin käytännöntestaus, jossa selvitettiin laitteen yleinen toimivuus kiinteistörajojen tarkasteluun.

Tarkkuustestin perusteella laite näyttää kohteet silmämääräisesti oikeaan paikkaan. Kuitenkin SiteVisionille on tyypillistä, että lisätyn todellisuuden kohteet hiukan elävät kuvaruudulla. Vaikutti siltä, että viivamaisia kohteita on parempi tarkastella keskeltä linjaa kuin linjan ulkopuolelta. Lähtökohteisesti kohteet, jotka olivat keskellä kuvaruutua ja lähellä mittaajaa paikantuivat näytöllä paremmin kuin kohteet, jotka olivat kuvan reunoilla tai etäällä mittaajasta, jolloin näkymä vääristyi enemmän. Tarkkuustesti osoitti, ettei laitetta voida pitää senttitarkkana mittaustyökaluna kaikissa olosuhteissa. Pistemäiset kohteetkin saattoivat liikkua huomattavasti riippuen mistä suunnasta pisteitä tarkasteltiin. Todellisessa maastossa harvoin on kontrollipisteitä, joilla voidaan varmentaa, milloin näkymä on oikein. Laitteen tarkkuus soveltuu hyvin esimerkiksi rajapyykkien etsimiseen koordinaatista tai rajalinjojen hahmottamiseen maastossa. SiteVisionilla ei kuitenkaan voida tehdä tarkoissa kohteissa päätelmää siitä, esimerkiksi kummalla puolella rajaa puu sijaitsee.

Kiinteistörajojen hyvin heterogeeninen sijaintitarkkuus tuottaa laitteen käyttöön haasteita. Kartassa oleva koordinaatti ei välttämättä vastaa maastossa rajapyykin tai -linjan todellista sijaintia. SiteVisionilla ei ole toiminnallisuutta määrittää maastosta löytyvien rajapyykkien avulla todellista rajalinjaa. Rajalinjan määrittäminen SiteVisionilla on mahdollista silloin, kun kartasta saatu sijainti on riittävän yhtenäinen maastosta löytyviin koordinaatteihin. Laitteen kanssa saattaa tulla tilanteita, joissa ei voida selkeästi todeta, onko kameran kuvassa näkymä vääristynyt laitteen tarkkuuden vuoksi vai aineiston huonon laadun vuoksi, kuten kuvassa 29 käy ilmi.

Käytännön testauksessa aineiston käsittely vaati kiinteistöraja-aineiston lataamisen ja aineiston käsittelemisen kahdessa erillisessä ohjelmassa. Kaikki työvaiheet eivät ole välttämättömiä, mutta helpottivat maastossa työskentelyä, kun saattoi valita haluamansa tasot ”päälle tai pois päältä”. Lisäksi kiinteistörajojen punainen viiva tai rajapyykkien sijaintitarkkuusvyöhykkeet auttoivat maastossa kohteiden hahmottamisesta. Toimistotyövaihe on välttämätön ennen maastoon menemistä.

Trimble SiteVisionin käyttäminen ja käyttöönottoaminen kiinteistörajojen tarkasteluun oli helppoa ja sujuvaa. Ohjelmaa oli intuitiivista käyttää ja erityisesti tasojenhallinta, kohteiden läpinäkyvyyden säätö ja aineiston nostaminen maanpinnantasolle olivat hyviä työkaluja. Käytännön testissä lisätyn todellisuuden havainnollisuus tuli hyvin vaikuttavasti esille. Kiinteistöjen muodostuminen alueilla oli varsin havainnollista. Laitetta käytettäessä ei tarvitse osata tulkita karttaa, koska kuvanäkymä on informatiivinen. Tämä on hyödyllistä esimerkiksi tapauksissa, joissa kiinteistöjaotusta on vaikea tulkita maaston muodon tai monimutkaisen kiinteistöjaotuksen takia. Vaikka laitetta ei voida hyödyntää tiukkojen toleranssien rajanpaikannuksessa, on myös paljon tilanteita, joissa pelkän rajalinjan summittainen hahmottaminen on riittävää.

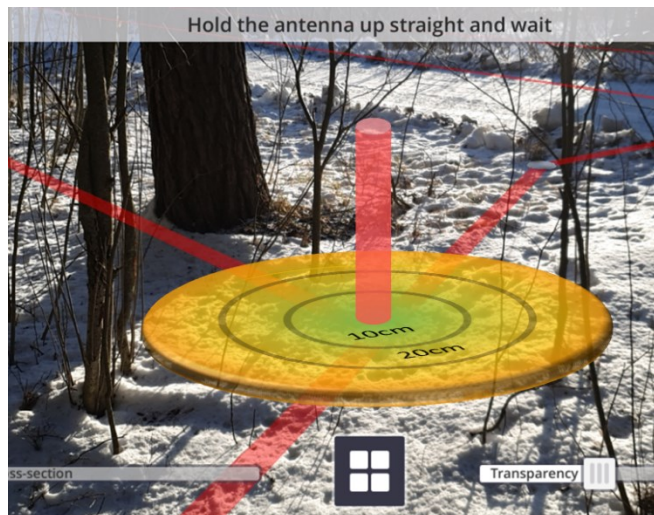
Kunnolla toimiakseen Trimble SiteVision vaatii hyvät GNSS-olosuhteet sekä puhelinyhteyden aineistojen lataamista ja GNSS-korjaussignaalia varten. Sijainninpaikannus toimii heikosti puustoisessa ympäristössä.

Trimble SiteVision soveltuu kiinteistörajojen etsimiseen joiltakin osin ja antaa visuaalisesti uuden lähestymistavan verrattuna perinteiseen GNSS-mittalaitemenetelmään. Kuitenkin perinteisillä GNSS- ja cad- pohjaisella paikannuksella on edelleen etunsa. Niiden avulla pystytään määrittämään senttimetrien tarkkuudella rajalinja maastosta löytyneistä kiinteistörajapyykeistä.

5.2 Pohdinta

Trimble SiteVision voisi olla hyvä vaihtoehto kiinteistörajojen etsimiseen, jos laitteelle on mittaajalla muutakin käyttöä. Aineistojen käsittely tehtiin opinnäytetyössä manuaalisesti. Työvaiheiden ja ajankäytön optimointi olisi harkinnan arvoinen asia, jos kiinteistörajoja etsittäisiin pääsääntöisesti. Tähän varmasti voisi sopia jokin datankäsittelyohjelma, kuten FME datan muunto-ohjelma. Kiinteistöraja-aineisto muuttuu hitaasti mutta jatkuvasti, joten aineistojen ylläpidosta tulisi huolehtia. Trimble SiteVision vaikutti kuitenkin kyvyllään käsitellä karttalehtijaon (6km x 6km) kokoisen alueen.

Jatkoselvittämistä varten voitaisiin perehtyä SiteVisionin kuvantamistyyleihän. Kuvantamista varten on luotu oma ohjelma SiteVision Visualization Manager. Ohjelmalla voidaan luoda kuvantamistyyliä piste- ja viivamaisille kohteille, jos aineisto sisältää ominaisuustietoja. Tämän työkalun tutkiminen varmasti toisi helpotusta maastossa toimiseen, jos rajapyykit esiintyisivät kolmiulotteisina seipäinä, joiden alle on luotu tarkkuusvyöhykkeet (kuva 32). Tarkkuusvyöhykkeen käyttäminen vaatii kuitenkin tarkkuuden paranemista, joka tulee tapahtumaan tulevaisuudessa.



Kuva 32. Havainnekuva siitä, miten SiteVisionin kuvausta kiinteistörajojen etsinnässä voisi kehittää. Rajapyykille tulisi määrittää kolmiulotteinen rajapyykki ja sen alle sijaintitarkkuutta vastaava sijaintitarkkuusvyöhyke.

Lisätty todellisuus toi kiinteistörajojen tarkasteluun uuden ulottuvuuden. Visuaalinen tarkastelu on hyvin luonteva tapa toimia maastossa. Siitä saatua palautetta ei erityisesti tarvitse osata tulkita. Käytettäessä on kuitenkin hyvä pitää mielessä ymmärrys paikannukseen liittyvistä tarkkuusrajoitteista. Tämän kaltaista tekniikkaa voisi mahdollisesti hyödyntää vaikkapa todistusaineistona naapureiden riitatapauksissa. Kuvakaappaus SiteVision sovelluksesta saattaa olla helpommin tulkittava kuin kaksiulotteinen karttakuva.

LÄHTEET

European Global Navigation Satellite Systems Agency. (2017) What is GNSS? Haettu 2.2.2020 osoitteesta

<https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/what-gnss>

Geotrim. (n.d.) Trimnet VRS. Haettu 2.2.2020 osoitteesta

<https://geotrim.fi/palvelut/trimnet-vrs/>

Google developers. (2019) ARCore overview Haettu 15.3.2020 osoitteesta <https://developers.google.com/ar/discover/>

Jakl, A. (2018) Basics of AR: SLAM – Simultaneous Localization and Mapping. Blogijulkaisu 14.8.2018. Haettu 1.3.2020 osoitteesta

<https://www.andreasjakl.com/basics-of-ar-slam-simultaneous-localization-and-mapping/>

Kotakorva, J. (2017) Karttasovellusten käyttö rajojen etsinnässä. Maanmittauslaitos. Haettu 22.2.2020 osoitteesta

<http://www.tasemo.fi/MMLesitys271117.pdf>

Maanmittauslaitos. (2012) Kiinteistörekisterikartan rajamerkkien sijaintitarkkuus. *Maanmittauslaitoksen julkaisusarja nr.112*. Haettu 15.2.2020 osoitteesta

<https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/ajan-kohtaista/lehdet-ja-julkaisut/julkaisut>

Maanmittauslaitos. (n.d.) Julkaisuoikeudet. Haettu 28.2.2020 osoitteesta

<https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/organsaatio/julkaisuoikeudet>

Pyykkönen, M. (2019) Rajan paikka tulee aina varmistaa etsimällä rajapyykki. Blogijulkaisu 1.3.2019. Haettu 2.3.2020 osoitteesta

<http://www.paijannemhy.fi/ajankohtaista/blogi/575-rajan-paikka-tulee-aina-varmistaa-etsimalla-rajapyykki-mauno-pyykkonen-12-18>

Simonen, J. (2019) Uusi tapa visualisoida 3D aineisto maastossa – Trimble SiteVision. Webinaari 12.12.2019, Geotrim Oy.

Trimble. (n.d.) GPS Tutorial. Haettu 2.2.2020 osoitteesta

https://www.trimble.com/gps_tutorial/howgps-error.aspx

Trimble. (2020) Trimble SiteVision System Help Portal. Haettu 10.3.2020 osoitteesta

https://sitevision.trimble.com/user-guides/PreparingData.html?toc-path=Preparing%20Your%20Data%7C_0