



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Ville Rinkinen

# Mobiilikartoituksen hyödyntäminen Loviisan voimalaitoksella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

5.4.2021

Tekijä Otsikko	Ville Rinkinen Mobiilikartoituksen hyödyntäminen Loviisan voimalaitoksella
Sivumäärä Aika	28 sivua + 1 liite 5.4.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Koneensuunnittelu
Ohjaajat	Digitalisaatioratkaisujen koordinaattori Niklas Hurmerinta Yliopettaja Jyrki Kullaa
<p>Insinööriä tehtiin Fortum Power and Heat Oy:lle. Insinööriössä selvitettiin mobiilikartoituksen tuomia hyötyjä Loviisan voimalaitoksella.</p> <p>Työn tarkoituksena oli tutustua mobiilikartoitustekniikkaan sekä sovellukseen, jolla päästään käsiksi kartoitettuun materiaaliin ja näiden avulla saavutettaviin hyötyihin Loviisan voimalaitoksella. Todellisuuden tallentamistyökaluna tässä työssä käytettiin eSiteview-työkalua, joka on NavVis indoorviewerin pohjalta Fortum eSiten kehittämä selainpohjainen työkalu.</p> <p>Loviisan voimalaitoksella eSiteview on käyttöönottoaiheessa ja tämän insinööriön tarkoituksena oli tuottaa materiaalia käyttöönottoa varten. Insinööriön aikana suoritettiin haastatteluita, joiden perusteella selvitettiin saavutettavia hyötyjä sekä kehitysehdotuksia tulevaisuuden kehitysprojekteja varten.</p>	
Avainsanat	Mobiilikartoitus, Todellisuuden tallentaminen

Author Title	Ville Rinkinen Utilization of Mobile Mapping at the Loviisa Power Plant
Number of Pages Date	28 pages + 1 appendix 5 April 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Machine Design
Instructors	Niklas Hurmerinta, Digitalization Coordinator Jyrki Kullaa, Principal Lecturer
<p>The thesis was commissioned by Fortum Power and Heat Oy. The benefits of mobile mapping at the Loviisa Power Plant were investigated in the thesis.</p> <p>The purpose of the thesis was to get acquainted with mobile mapping technology and the application giving access to the mapped material. In addition, the thesis discusses the benefits that can be achieved with mobile mapping technology at the Loviisa Power Plant. The reality-recording tool used in this thesis was eSiteview. eSiteview is a browser-based tool developed by Fortum eSite based on NavVis Indoorviewer.</p> <p>The eSiteview is in a deployment phase at the Loviisa Power Plant. The purpose of this thesis was to produce material for the commissioning process. When writing this thesis, interviews were also conducted, based on which the achievable benefits were analyzed and development proposals for future development projects were determined.</p>	
Keywords	Mobile mapping, Reality capture, Digital Twin

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Fortum oyj	2
2.1	Fortum Oyj	2
2.2	Loviisan voimalaitos	2
2.3	Fortum eSite	4
3	Mobiilikartoitus	5
3.1	Pistepilvi	7
3.2	Kamerat	7
3.3	Paikannus	8
3.4	Datan käsittely	10
4	Mobiilikartoituslaitteet	12
4.1	NavVis M6	12
4.2	NavVis VLX	13
5	eSiteview	14
5.1	eSiteview mittausominaisuus	14
5.2	Kohdepisteet	15
5.3	Pistepilvi	16
6	Ydinturvallisuus ja eSiteview	17
7	eSiteview-hyötyjen kartoitus	19
7.1	Haastattelut	19
7.2	Menetelmät	19
8	Kartoituksen tulos	20

8.1	eSiteview-hyödyt ydinvoimalaitoksella	20
8.2	Kehitysideat haastatteluiden pohjalta	23
9	Rajoitteet opinnäytetyössä	24
9.1	Rajoitteet	24
9.2	Suosituksset	24
10	Yhteenveto	26
11	Lähteet	27

## Liitteet

Liite 1. Haastattelu kysymykset

## Lyhenteet

PWR	Pressurized water reactor. Painevesireaktori
YVA-Menettely	Ympäristövaikutusten arviointimenettely
YVL-ohjeet	Ydinturvallisuusohjeet
POI	Point of interest. Kohdepiste
AR	Augmented Reality. Lisätty todellisuus
VR	Virtual reality. virtuaalinen todellisuus
RC	Reality capture. Todellisuuden tallentaminen
XR	Extended reality. Laajennettu todellisuus
Covid-19	Coronavirus disease 2019. Koronavirustauti 2019
LOMAX	Loviisan voimalaitoksen kunnossapitojärjestelmä
LiDAR	Light detection and ranging. Valotutka
SLAM	Simultaneous localization and mapping. Menetelmä, jonka avulla luodaan kartta ja se paikantaa laitteen kyseiseen karttaan samanaikaisesti.

## 1 Johdanto

Tämä insinööriö tehtiin Fortum Power and Heat Oy:lle. Työn tarkoituksena oli selvittää saavutettavia hyötyjä todellisuuden tallennuksen avulla Loviisan ydinvoimalaitoksella.

Insinööriöissä tutustuttiin mobiilikartoitustekniikkaan, laitteisiin ja materiaalin katselusovellukseen. Mobiilikartoituksen avulla voidaan luoda virtuaalinen malli kartoitettavasta objektista. Virtuaalisen mallin avulla voidaan tutustua virtuaalisesti todelliseen alueeseen ilman fyysistä paikalla oloa. Tarkoituksena on käyttää insinööriöissä kuvattuja menetelmiä jatkossa Loviisan ydinvoimalaitoksen päivittäisessä toiminnassa.

Työn yhtenä tavoitteena oli saada materiaalia mobiilikartoitusmenetelmien laajempaa käyttöönottoa varten Loviisan voimalaitoksella. Fortumin sisäinen startup Fortum eSite tuottaa muun muassa mobiilikartoituspalveluita ulkopuolisille toimijoille. Loviisan voimalaitokselle mobiilikartoituslaitteistot tulivat käyttöön Fortum eSiten kautta.

Insinööriöissä tutkittiin mobiilikartoituksen tuomia etuja ydinvoimalaitokselle. Työssä tutkittiin säteilyturvakeskuksen määräyksiä koskien ydinvoimalaitoksia ja eSiteview´n soveltumista ydinvoimalaitoksen työkaluksi ohjeiden perusteella.

Insinööriön aikana suoritettiin haastatteluita, joiden perusteella kartoitettiin mahdollisia hyötyjä, joita voidaan saavuttaa mobiilikartoittamalla Loviisan ydinvoimalaitos. Haastatteluiden avulla pyrittiin myös kartoittamaan kehitettäviä asioita jatkokehitystä varten.

## 2 Fortum oyj

### 2.1 Fortum Oyj

Fortum Oyj on Suomen johtava energiayhtiö. Suomen valtion omistusosuus yhtiöstä on noin 50,8 % (Tietoa Fortumista, 2020). Yrityksen pääkonttori sijaitsee Espoon Keilalahdessa. Fortum tuottaa Suomessa sähköä, kaukolämpöä ja -kylmää asiakkailleen. Fortumin myymä sähkö on suomessa CO<sub>2</sub>-päästötöntä. Fortum tarjoaa myös asiantuntijapalveluita muille yrityksille energiateollisuudessa. (fortum.fi, 2020.)

Loviisan ydinvoimalaitos on Fortumin omistuksessa. Fortum on myös osaomistajana olkiluodon voimalaitoksessa sekä rakenteilla olevassa Hanhikiven voimalaitoksessa. Ruotsissa Fortum on osakkaana Oskarshamn 3 voimalaitoksessa ja Forsmarkin voimalaitoksissa. (Tietoa Fortumista, 2021.)

Fortum omistaa ja on osakkaana yhteensä 33 vesivoimalaitoksessa. Vesi- ja ydinvoiman lisäksi Fortum omistaa yhdistettyjä sähkön ja lämmön tuotantolaitoksia, jotka sijaitsevat Espoossa ja Naantalissa. (fortum.fi, 2020.)

### 2.2 Loviisan voimalaitos

Loviisan voimalaitos sijaitsee Loviisan saaristossa Hästholmenin saarella noin 15 kilometrin päässä Loviisan keskustasta. Loviisan voimalaitoksella työskentelee päivittäin noin 530 Fortumlaista ja noin 100 henkilöä muiden yritysten kautta (fortum.fi, 2020).

Loviisan voimalaitos käsittää kaksi ydinvoimalaitosyksikköä, kuvassa 1. vasemmalla Loviisa 1 ja oikealla Loviisa 2. Loviisa 1 on otettu käyttöön vuonna 1977 ja Loviisa 2 on käynnistetty ensimmäistä kertaa vuonna 1980. Molemmat voimalaitosyksiköt tuottavat noin 4 TWh sähköä vuodessa eli yhteensä noin 8 TWh, joka vastaa noin 10 % Suomen sähkön tuotannosta. Loviisan voimalaitoksen 1 ydinvoimalaitosyksikön käyttöluva on voimassa 2027 ja 2 ydinvoimalaitosyksikön käyttöluva on voimassa 2030. (fortum.fi, 2020.)





Kuva 1. Loviisan voimalaitos (fortum.fi, 2020)

Ydinvoimalaitoksen toimintaperiaate on tuottaa lämpöä fission avulla, joka muutetaan sähköksi. Fissiossa uraaniatomit halkeavat ja siitä vapautuu energiaa. Fissioreaktiossa vapautunut energia siirretään veteen, joka muuttuu höyryksi. Höyry ohjataan turbiinille, jolloin energia muutetaan liike-energiaksi. Turbiiniin on kytketty generaattori, joka muuttaa liike-energian sähköenergiaksi. (Miten ydinvoimalaitos toimii, 2015.)

Loviisan voimalaitoksen molemmat reaktorit ovat Neuvostoliittovalmisteisia VVER-440 painevesireaktoreita. LO1-kapasiteetti on 507 MW ja LO2 507 MW. Molempien reaktoreiden nettotehoa on voitu nostaa alkuperäisestä 440 MW nykyiseen 507 MW laitoksille tehtyjen prosessin modernisointien johdosta. Loviisan voimalaitoksen molempien yksiköiden yhteenlaskettu teho on 1014 MW. (fortum.fi, 2020.)

Fortum on käynnistänyt YVA-menettelyn, jonka tarkoituksena on selvittää Loviisan ydinvoimalaitoksen ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutusten perusteella voidaan arvioida jatkoluvan hakemista Loviisan voimalaitosyksiköille. YVA-menettelyssä tarkastellaan kolmea eri vaihtoehtoa. Vaihtoehto 1, molempien voimalaitosyksiköiden käyttöluvan uusimista enintään 20 vuodella. Vaihtoehto 0, voimalaitoksen alasajo nykyisten käyttöluvien umpeutuessa. Vaihtoehto 0+, laitosisyksiköiden alasajo, mutta voimalaitosalueella voitaisiin vielä käsitellä pieniä määriä matala- ja keskiaktiivista jätettä. (fortum.com, 2020, 3–8.)

### 2.3 Fortum eSite

eSite on Fortumin sisäinen startup-yritys, joka on perustettu 2019. eSite perustettiin Fortumin ydinvoimapalveluliiketoiminnan alaisuuteen, kun huomattiin uusien menetelmien ja työkalujen tarvetta myös ulkopuolisilla toimijoilla. eSiten periaatteena on parantaa teollisuuden työskentelymenetelmiä uusien teknologioiden avulla, parantaen samalla turvallisuutta. (eSite, 2020.)

eSiten tuottaa asiakkailleen virtuaalitodellisuuden palveluita. eSiten tekemien virtualisointien jälkeen voidaan työskennellä vaihtoehtoisin menetelmin teollisuusympäristöissä. (eSite, 2021.)

Tässä insinööriyössä käytettiin eSiten kehittämää eSiteview-työkalua. Mobiilikartoituslaitteet tulivat myös eSiten kautta Loviisan voimalaitokselle.

### 3 Mobiilikartoitus

Mobiilikartoitus on menetelmä, jonka avulla voidaan tallentaa kartoitettavan kohteen pinnanmuoto ja värit pistepilveksi, josta saadaan kartoitettavan objektin ulkomuotoa jäljittelevä 3D-pintamalli tiedostomuotoon. Mobiilikartoittamiseen tarvitaan muutamia erilaisia menetelmiä, joiden avulla saavutetaan virtuaalinen kaksonen kartoitettavasta kohteesta. Pistepilvi luo pohjan virtuaaliselle kaksoselle. Kameroiden avulla saadaan realistinen kuva kartoitettavasta objektista esim. huonetilasta. Mobiilikartoitusprosessissa tarvitaan myös pisteiden sijaintien ja kuvien sijaintien yhdistämiseen tarkka paikkatieto. Lopuksi mobiilikartoitettu materiaali käsitellään, jonka jälkeen se siirretään erilliseen katseluohjelmaan, jossa sitä voidaan käyttää erilaisissa työtehtävissä.

Mobiilikartoituksen aikana kartoitettavaa kohdetta ei tarvitse koskettaa laitteella, toisin kuin koskettavin menetelmin toimivien laitteiden, joiden toimintaperiaate perustuu pinnanhavainnointiin kosketuksen avulla. 3D-skannaus laitteet voidaan jakaa yleisesti toimintaperiaatteiden mukaan koskettaviin ja ei koskettaviin menetelmiin. Ei koskettavat menetelmät voidaan myös jakaa vielä aktiivisiin ja passiivisiin menetelmiin. Passiivisessa menetelmässä laitteisto käyttää hyväkseen ympäristöstä esiintyvää valoa tai säteilyä. Aktiivisella menetelmällä toimiessa skannauslaite sisältää itsessään säteilylähtimen. Tässä insinööriyössä tutustutaan tarkemmin jälkimmäisellä periaatteella toimivaan menetelmään eli aktiiviseen menetelmään.

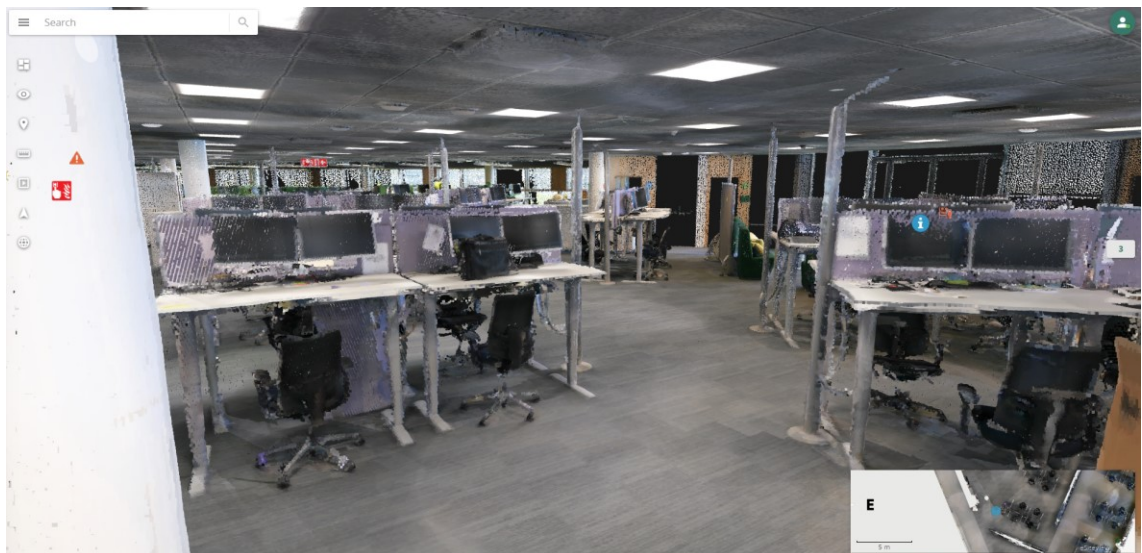


Kuva 2. Perinteinen laserskanneri (AEC Magazine, 2014)

Mobiilikartoitus eroaa perinteisestä laserskannauksesta. Perinteisessä laserkeilauksessa, on ainoastaan laserskanneri, joka skannaa ympäristöään muodostaen pistepilven. Laserskannauksessa laite on paikallaan skannauksen ajan, mobiilikartoittaessa laite voi liikkua kartoittajan mukana. Mobiilikartoituslaitteessa on kameroita ja paikannusominaisuus. Perinteisellä laserkeilauksella yksittäisestä kohdasta tallennetusta pistepilvestä saadaan tarkka laserskannaus. Mobiilikartoituksessa lopputulos ei välttämättä ole aivan yhtä tarkka lyhyellä perspektiivillä, mutta pistepilvi sisältää pisteitä tallennettuna käytännössä monesta eri suunnasta, joten mobiilikartoitettu materiaali soveltuu hyvin moneen käyttötarkoitukseen. Mobiilikartoituksen suurin hyöty verrattaessa laserskannaukseen on nopeus sekä tässä työssä esiteltävällä tekniikalla tehtynä myös 360° kuvat. (In the Scan, 2020.)

### 3.1 Pistepilvi

Tässä insinööriyössä tutustuttiin pistepilven luontiin LiDAR-, eli light detection and ranging -menetelmällä. Etäisyyksien mittaamisella saadaan talletettua kartoitettavan kohteen ja kartoituslaitteen välinen etäisyys eli pinnan muodot. Mobiilikartoituslaite lähettää jopa useita satoja tuhansia lasersäteitä kohteeseen, jotka heijastuvat takaisin laitteeseen. Laite laskee valonnopeuden avulla kuluneesta ajasta etäisyyden, jonka lasersäde on kulkenut laitteesta kohteeseen ja takaisin. Laite laskee matkalla kuluneesta ajasta yksittäisille pisteille tarkan sijainnin xyz-koordinaatistoon. Täten luodaan suuresta määrästä yksittäisiä pisteitä pistepilvi, joka muodostaa pintamallin kartoitettavasta kohteesta tiedostomuotoon. (GeoSLAM, 2021.)



Kuva 3. eSiteview näkymä, pistepilvi mobiilikartoitetusta tilasta

### 3.2 Kamerat

Mobiilikartoituslaitteessa oleva kamerat mahdollistavat kuvien ottamisen, joiden perusteella määritellään kartoitettavan kohteen väritiedot luotavaan pistepilveen. Mobiilikartoituslaitteessa voi olla useita kameroita, jotka mahdollistavat 360°-kuvat. 360°-kuvien avulla voidaan liikkua kartoitetussa kohteessa.



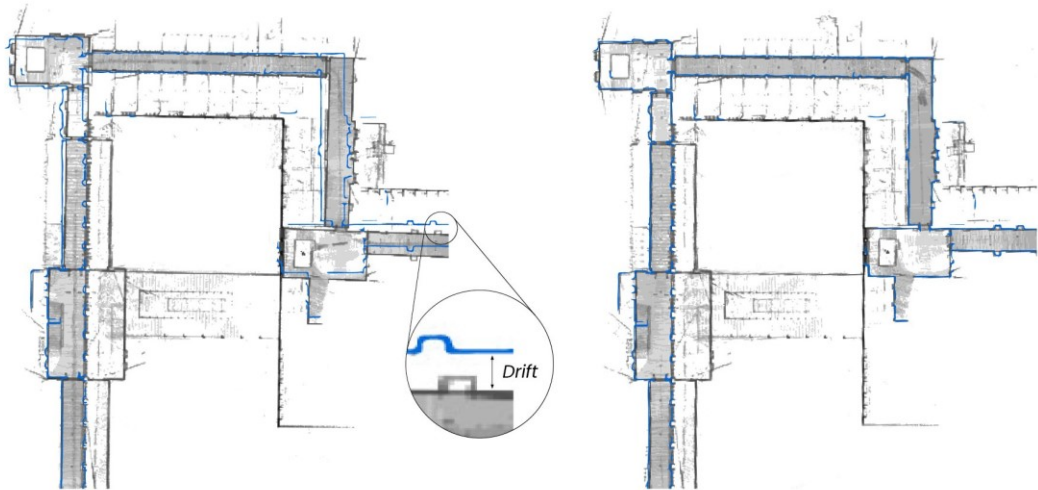


Kuva 4. eSiteview näkymä mobiilikartoitetusta tilasta

### 3.3 Paikannus

Mobiilikartoituksessa paikannuksen avulla yhdistetään kartoitettu ja kuvattu materiaali, jolloin saadaan luotua virtuaalinen malli kohteesta. Tässä insinööriyössä tutustuttiin mobiilikartoituslaitteisiin, jotka hyödyntävät paikannuksessa SLAM-algoritmia. Kartoittaessa laite paikantaa itsensä ja luo samalla 2D-kartan kartoitetusta tilasta.

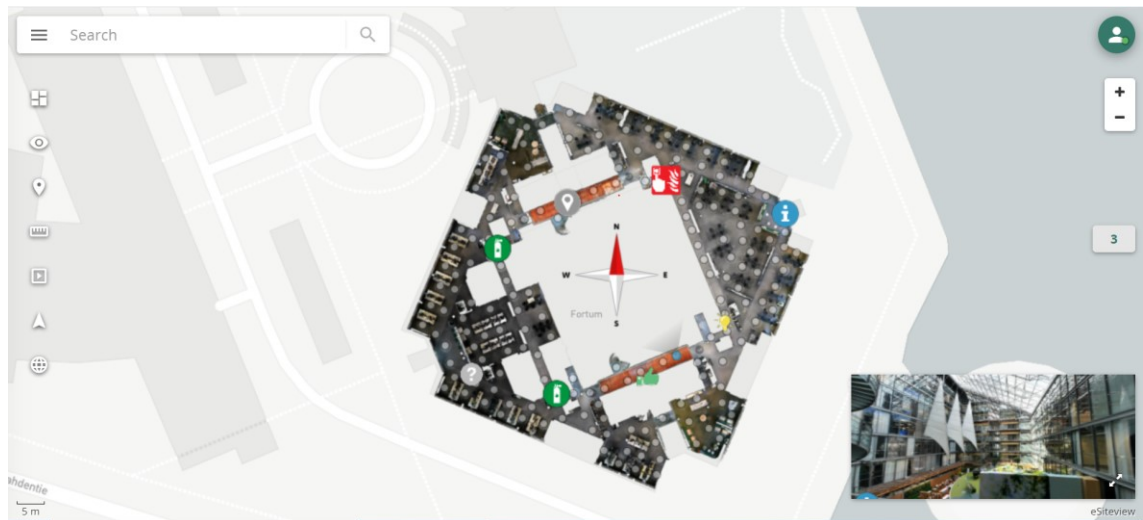
SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) on paikannus- ja kartoitusmenetelmä. SLAM-menetelmässä hyödynnetään LiDAR-antureita, kameroita ja muita antureita, joita laitteistosta löytyy. SLAM-algoritmia hyödyntävät laitteistot määrittävät reaaliajassa ympäröivän alueen ja näin myös paikantaa itsensä. Paikkatieto lasketaan peräkkäisten sensorihavaintojen perusteella. (Maanmittauslaitos.fi, 2021.)



The images below demonstrate the impact of NavVis Precision SLAM technology. The left image depicts a long corridor mapped with a conventional SLAM system where the drift error has occurred. The blue outline shows how the map deviates from the true structure. The image on the right shows the significantly improved map accuracy obtained when mapping the same area using the NavVis VLX or M6 with Precision SLAM technology.

#### Kuva 5. SLAM vääristymä (Higgins, 2020)

Mobiilikartoittaessa saattaa esiintyä vääristymiä SLAM-algoritmia käytettäessä. SLAM-algoritmin määrittää paikkatiedon peräkkäisten anturi parametrien perusteella, joka tarkoittaa mahdollisesti virheiden monistumista. Vääristymistä voi tapahtua erityisesti kartoitettavissa kohteissa, jotka ovat hyvin saman kaltaisia muodoiltaan, kuten pitkät käytävät. Tarkkuutta voidaan tällaisissa tapauksissa parantaa mittaamalla kartoitettavaan kohteeseen kohdistuspisteitä, joiden avulla saadaan tarkka paikkatieto. SLAM-algoritmia hyödyntävällä laitteella kartoittaessa muodostetaan silmukoita, jotta laitteella on koko kartoituksen ajan jokin jo tiedossa oleva paikka. Näin laite muodostaa 2D-kartan kohteesta ja paikantaa laitteen kartalle.



Kuva 6. eSiteview-näkymä, SLAM-algoritmin avulla luotu kartta

### 3.4 Datan käsittely

Mobiilikartoitettu materiaali jälki käsitellään ennen katseluohjelmaan viemistä. Jälkikäsitelyllä tarkoitetaan kartoitetun raakamateriaalin käsittelyä. Materiaalia voidaan käsitellä, siten että poistetaan turhia pisteitä ja näin saadaan tarkkuutta lisättyä joissain tapauksissa. Jälkikäsitelyssä voidaan rajata ja kohdistaa pistepilveä tarkemmaksi. Jälkikäsitelyssä voidaan myös yhdistää eri laitteilla kartoitettua materiaalia. (Higgins, 2020.)

Jälkikäsitelyssä voidaan yhdistää erilaisilla tallennuslaitteilla tallennettua materiaalia. Yleisesti voidaan ajatella paremman lopputuloksen vaativat enemmän aikaa kartoittaessa ympäristöä ja voidaan toisaalta ajatella, että nopeammin tallennettu materiaali ei ole niin tarkkaa. Jälkikäsitelyssä voidaan yhdistää erilaisilla laitteilla tallennettua materiaalia, jolloin saadaan luotua virtuaalinen malli nopeasti ja halutuilta osin erittäin tarkka.

Jälkikäsitelyssä suodatetaan kartoitettua materiaalia siten, että siitä poistetaan objekteja, jotka ovat liikkuneet kartoituksen aikana, kuten ihmiset tai ovet, jotka ovat avautuneet ja sulkeutuneet kartoituksen aikana. Ohjelma päättää, onko piste dynaaminen vai staattinen ja sen perusteella se voidaan poistaa. (Higgins, 2020.)



Jälkikäsittelyssä ohjelma poistaa myöskin kohinaa. Kohinaa voi syntyä esim. teräville reunoille, siten että osa lasersäteistä menee ohi kohteesta ja näin reuna ei ole terävä. Kartoitettavan kohteen pinnan kiiltävyys häiritsee kartoituksen laatua. (Higgins, 2020.)

## 4 Mobiilikartoituslaitteet

Tässä kappaleessa esitellään NavVis M6 ja VLX mobiilikartoituslaitteita.

### 4.1 NavVis M6

NavVis M6 on pyörillä kulkeva sisämallinnuslaite, joka on julkaistu vuonna 2018. M6 sisämallinnus laite sisältää kuusi kameraa, joiden avulla saadaan tallennettua 360°-kuvia. NavVis M6 laite sisältää 4 kappaletta LiDAR-antureita. Laite painaa valmistajan mukaan 40 kilogrammaa. (Scalable Reality Capture with NavVis M6. 2020.)



Kuva 7. NavVis M6 (NavVis GmbH, 2020)

## 4.2 NavVis VLX

NavVis VLX on kompakti kannettava mobiilikartoituslaite. NavVis VLX laitteesta löytyy kaksi LiDAR-sensoria ja neljä kameraa, joiden avulla saadaan muodostettua 360-kuvia. NavVis VLX on kompakti mobiilikartoituslaite, joka soveltuu hyvin kentällä tapahtuvaan kartoitukseen. Laitteessa on näyttö, jossa näkyy kartoituksen aikana SLAM-algoritmin kautta syntynyt 2D-kartta kulkureitin mukaan kartoitetusta alueesta. (NavVis GmbH, 2020.)



Kuva 8. NavVis VLX (NavVis GmbH, 2020)

## 5 eSiteview

eSiteview on kartoitetun materiaalin katseluohjelma, jonka avulla päästään tutustumaan virtuaalimaailmaan. eSiteview perustuu NavVis Indoorviewer sovellukseen, eSiteview on kehittänyt ohjelmaa vastaamaan paremmin teollisuusasiakkaiden tarpeita. eSiteview on selainpohjainen työkalu eli ohjelmaa ei tarvitse asentaa tietokoneelle. eSiteview sisältää useita toimintoja, joiden avulla voidaan tutustua tallennettuun materiaaliin sekä kehittää materiaalia. 360°-kuvat toimivat eSiteview'n pohjana, niiden avulla voidaan kulkea kartoitetussa kohteessa. 360°-kuvien ansiosta saadaan erittäin tarkka kuva kartoitetusta ympäristöstä.

### 5.1 eSiteview mittausominaisuus

eSiteview ohjelmassa voidaan tehdä mitata pistepilven ansiosta. Kuvassa on otettu mittoja lokerikosta. Suurennuslasissa näkyy pistepilvinäkymä. Punaisella pisteellä suurennuslasissa valitaan haluttavat pisteet mittaukselle. Mittaustyökalulla voidaan ottaa vaakamittoja tai pystymittoja, ohjelma valitsee tällöin samassa tasossa olevat pisteet. Ohjelmalla voidaan myös mitata pinta-aloja.



Kuva 9. Mittauksia kuvassa

## 5.2 Kohdepisteet

eSiteview-ohjelmaan voidaan lisätä POI (point of interest) eli kohdepisteitä. Kohdepisteiden avulla voidaan lisätä virtuaalimalliin tietoa. Esimerkiksi voidaan merkitä virtuaalimallista löytyvään pumppuun kohdepiste, jonka avaamalla aukeaa kyseisen pumpun tekniset tiedot.

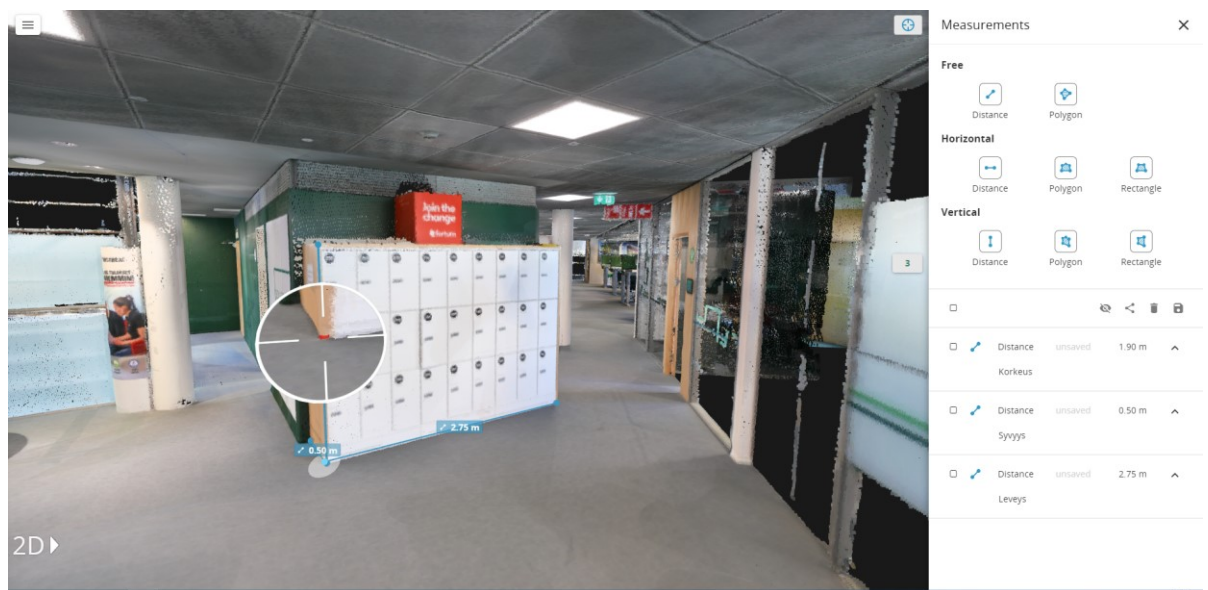


**Kuva 10. Kohdepisteiden havainnointi**

Kuvassa on kohdepiste on hätäpoistumistien ovelta. Vasemmalla ylhäällä kohdepisteiden selitys. Tähän kohdepisteeseen on yhdistetty äänite hätäpoistumistien käytöstä. Kohdepisteisiin voidaan yhdistää esimerkiksi tekstiä, valmistajan käyttöohjeet tai teknisiä piirustuksia. Kohdepisteillä voidaan myös merkitä mm. etäkokouksia, varoituksia.

### 5.3 Pistepilvi

Kuvassa on kuvan 9. näkymä pistepilvenä, väritieto saadaan pistepilveen kameroiden avulla. Ohjelmassa voidaan poistaa tarvittaessa väritieto pistepilvestä. Pistepilveä voidaan leikata tietyltä alueelta ja se voidaan siirtää 3D-mallinnusohjelmaan tarpeen mukaan. Pistepilvinäkymässä voidaan edetä vapaasti virtuaalimaailmassa, esimerkiksi seinien läpi.



Kuva 11. Pistepilvinäkymä kuvasta 8.



## 6 Ydinturvallisuus ja eSiteview

Säteilyturvakeskus valvoo ydinturvallisuutta. Ydinvoimalaitoksen omistaja eli voimayhtiö vastaa voimalaitoksen ydinturvallisuudesta, mutta STUK valvoo voimalaitoksien toimintaa koko laitoksen elinkaaren ajan eli suunnittelusta aina ydinvoimalaitoksen sulkemiseen asti (Ydinvoimalaitokset, 2013). STUKLEX on säädöskokoelma, joka käsittää säädöksiä, STUKin viranomaisohjeita ja viranomaisten määräyksiä. (Stuklex.fi, 2021.)

Ne työskentelyyn käytettävässä huonetilassa olevat kohteet, jotka sisältävät merkittävässä määrin radioaktiivisia aineita, on suojattava kiinteillä säteilysuojilla. Jos kohdetta ei voida suojata kiinteillä suojilla, on tilojen mitoituksessa ja rakenteissa varauduttava siirrettävien suojien käyttöön. Suojat on suunniteltava nopeasti asennettaviksi ja purettaviksi. Mahdolliset suojien asennuksen tiellä olevat laitteet on voitava nopeasti poistaa ja asentaa uudelleen. Radioaktiivisia aineita sisältävät putkistot on tarvittaessa suojattava esim. betonikouruilla. Niissä tiloissa, joihin säteilysuojia voidaan joutua rakentamaan, rakenteet on suunniteltava kestämään säteilysuojien aiheuttama kuormitus. [2013-11-15] (Stuklex.fi, 2019, 404.)

Edellä kuvatun kaltaisessa tilanteessa voidaan hyödyntää eSiteview'n tuomia uusia työskentelytapoja suoritettaessa esisuunnittelua. eSiteview-ympäristöön voidaan merkitä kohdepisteitä ja lisätä tietoa. Esimerkiksi voidaan havainnollistaa kulkureittejä ja säteilysuojien kiinnitystapoja käymättä työkohteessa.

Huonetilat on luokiteltava suunnitteluvaiheessa todennäköisen annosnopeuden, pintakontaminaation (aktiivisuuskatteen) ja ilman radionuklidikonsentraation perusteella vähintään kolmeen vyöhykkeeseen, jotka yhdessä muodostavat valvonta-alueen. (Stuklex.fi, 2019, 407.)

Lainauksessa kerrotut vyöhykkeet merkitään vihreällä, oranssilla ja punaisella värillä. Värikoodit voidaan syöttää eSiteview-kohdepisteinä esimerkiksi huoneen ovelle, jolloin eSiteview-ympäristössä kuljettaessa voidaan käydä kohteissa tutustumassa turvallisesti ja kohteeseen mentäessä ei tarvitsisi tehdä turhaa tutustumista. Edellä mainitulla tavalla työskentelemällä voidaan saavuttaa pienentyneitä säteilyannoksia työntekijöille.

Tieto on luokiteltava sen tietoturvallisuus- ja turvallisuusmerkityksen mukaan [2021-02-12] (Stuklex.fi, 2021, 319).

Tietoa on suojattava luokituksen mukaisesti luvattomalta käytöltä, muuttamiselta ja tuhoamiselta. Tiedon saatavuus luvalliselle käyttäjälle on turvattava. [2021-02-12] (Stuklex.fi, 2021, 319a.)

Käyttöönottoaiheessa tulee huomioida tietoturvallisuusnäkökulma. Lainauksien mukaan tieto on luokiteltava ja se on suojattava luvattomalta käytöltä, estämättä luvallisen käyttäjän toimintaa.



## 7 eSiteview-hyötyjen kartoitus

### 7.1 Haastattelut

Insinööriyön aikana suoritettiin haastatteluita, joiden tarkoituksena oli selvittää Loviisan voimalaitoksella eri työtehtävissä työskentelevien henkilöiden näkemystä eSiteview'n soveltuvuudesta heidän työtehtävien työkaluksi. Haastatteluilla pyrittiin myös löytämään mahdollisia kehityskohteita, joihin tulisi kiinnittää huomiota kehitettäessä menetelmiä tulevaisuutta ajatellen. Haastateltavina oli Loviisan ydinvoimalaitoksen henkilöstöä, jotka työskentelivät kunnossapitotekniikkayksikössä, työ- ja vuosihuoltosuunnittelussa, suunnittelussa, säteilysuojelussa sekä käyttöyksikössä.

### 7.2 Menetelmät

Haastattelut toteutettiin Covid-19 pandemiasta johtuen etäyhteyksiä hyödyntäen. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoitavalla menetellä. Puolistrukturoitavassa haastattelussa haastateltaville esitetään samat tai saman kaltaiset kysymykset. (FSD, 2021). Haastattelutilanteen alussa esiteltiin eSiteview-työkalua ja sen jälkeen esitettiin kysymykset. Haastatteluiden kesto oli noin 30 minuuttia. Haastatteluiden jälkeen aineisto käytiin läpi ja kirjattiin hyödyt sekä kehitysehdotukset tulevaisuutta ajatellen.

## 8 Kartoituksen tulos

### 8.1 eSiteview-hyödyt ydinvoimalaitoksella

Haastatteluissa selvitettiin hyötyjä, joita Loviisan ydinvoimalaitoksella voidaan saavuttaa eSiteview-työkalun avulla. Haastatteluista ilmeni, että eSiteview-työkalun avulla voidaan tutustua työkohteeseen virtuaalisesti, mikä mahdollisesti nopeuttaisi työtehtäviä. Ydinvoimalaitoksella on tiloja, jonne meneminen altistaa säteilylle, joten työkohteeseen tutustuminen voitaisiin suorittaa virtuaalisesti, mikä vähentäisi säteilylle altistumista. Mahdollisuus kokouksien järjestämisestä virtuaaliympäristössä osoittautui joidenkin haasteltavien mukaan hyödylliseksi ominaisuudeksi.

Nro.	Kysymys	Vastauksien linja
1.	Millaisia hyötyjä näet eSiteview-työkalun tuovan työtehtäviin Loviisan voimalaitoksella?	Kaikki haasteltavat kokivat eSiteview työkalun olevan hyödyllinen Loviisa voimalaitoksella. Haastatteluista ilmeni saavutettavina hyötyinä mm. nopeammin hoidetut työt, pienentyneet säteilyannokset.

Mobiilikartoitettu materiaali on digitaalinen kopio tilasta, kun kartoitus on tehty. Jos tilassa tehdään paljon ulkonäköä muuttavia muutoksia, on harkittava sen osuuden uudelleenkartoitusta muutoksien jälkeen. Kysymyksellä pyrittiin selvittämään mahdollisia keinoja mobiilikartoituksen herätteelle. Haastatteluissa esiintyi muutamia vaihtoehtoisia menetelmiä; Vuosihuoltojen jälkeen laitoksen uudelleenkartoitus, suunnittelijoiden ottaessa huomioon uudelleenkartoitus suunniteltaessa muutoksia, jotka vaikuttaisivat kartoituksen ajantasaisuuteen. Havaintoraporttiin/työmääräimeen uudelleen kartoitus kohta, joka voitaisiin valita tarvittaessa uudelleen kartoitusta ja projektiaineistoon etulehti merkintä, jos projekti vaikuttaa mobiilikartoituksen ajantasaisuuteen.

2	Miten teidän näkemyksenne mukaan heräte uudelleenkartoitukseen tulisi järjestää Loviisan voimalaitoksella?	Eräs haastateltava mainitsi vuosihuoltojen jälkeen kokolaitoksen uudelleenkartoituksen. Yksi haastateltava mainitsi uudelleenkartoituksen otettavan huomioon projektiaineistoissa.
---	--	--

Haastatteluissa selvitettiin myös tarvetta luoda yhteys muihin käytössä oleviin ohjelmiin. Jokainen haastateltava mainitsi yhteyden kunnossapitojärjestelmään olevan hyödyllinen. Loviisan voimalaitoksen käyttöpaikka- ja laitetietoja ylläpidetään kunnossapitojärjestelmässä. Kaikki Loviisan voimalaitoksella toteutuvat huolto-, korjaus- ja muutostyöt vaativat hyväksytyt työtilauksen ja siitä tehtävän työmääräimen. Havaintoraportin voi tehdä kaikki Loviisan voimalaitoksen henkilöt sekä urakoitsijoiden työnjohto. Havaitessa voimalaitoksella laitevika, häiriö toiminnassa tai jonkin muu puute, joka voi aiheuttaa vahinkoa laitteisiin tai järjestelmiin, tehdään havaintoraportti. Havaintoraportin hyväksynnän jälkeen tehdään työmääräin, jossa määritellään mm. työn suoritettava osapuoli, mahdolliset varaosta, materiaalit, työnvaatimat luvat esim. säteily ja paloluvat. (Villikka P. 2020).

Haastatteluissa ilmeni, että olisi toivottavaa lisätä yhteys kunnossapitojärjestelmään. Kunnossapitojärjestelmään voitaisiin lisätä jokaiselle käyttöpaikalle linkki eSiteview-järjestelmään ja näin kunnossapitojärjestelmän kautta päästäisiin suoraan kyseiselle käyttöpaikalle virtuaalisesti.

3	Olisiko teidän mielestänne hyödyllistä lisätä yhteys johonkin jo käytössä olevaan ohjelmaan?	Jokainen haastateltava kuvaili yhteyden kunnossapitojärjestelmään olevan hyödyllinen. Eräs haastateltava mainitsi yhteyden dokumenttien hallintajärjestelmään olevan mahdollisesti tarpeellinen.
---	--	--

Haastatteluissa kartoitettiin myös muiden lisäominaisuuksien tarvetta. Kaikki haastateltavat kokivat, että layout-piirustukset voisivat helpottaa virtuaaliympäristössä työkohteeseen suunnistaessa. Eräältä haastelevalta tuli ehdotus säteilyvaaramerkin lisäämisestä kohdepistekirjastoon. Säteilyvaarasymboli voidaan lisätä ohjelmaan manuaalisesti lataamalla kuva, mutta kehitysehdotuksena se voisi olla valmiina symbolikirjastossa. Eräältä haastattelevalta tuli ehdotus tenttimahdollisuudesta. Tenttiominaisuuden avulla voitaisiin harjoittaa esimerkiksi vaarojen tunnistamista turvallisesti virtuaaliympäristössä.

4	Muut mahdolliset lisäominaisuudet?	Muita lisäominaisuuksia olivat mm. Yhdessä haastattelussa ilmeni koulutuksen kannalta koemahdollisuuden puuttuminen. Yhdessä haastattelussa esiintyi idea säteilyvaara symbolin lisäämisestä kohdepistekirjastoon.
---	------------------------------------	--

## 8.2 Kehitysideat haastatteluiden pohjalta

Haastatteluiden perusteella saatiin kehitysideoita käyttöönottoa varten sekä jatkokehitystä varten Loviisan ydinvoimalaitoksella. Käyttöönottoa varten saatiin haastatteluiden perusteella ideoita uudelleenkartoituskysymykseen, joita voidaan hyödyntää käyttöönottaessa eSiteview-ohjelmaa. Jatkokehitystä varten saatiin vahvistusta ohjelmien yhdistämiseen sekä kehityskohteita, jotka tukisivat eSiteview'n käyttöä ydinvoimalaitoksella.

Yksi tunnistettu kehityskohde on yhteys kunnossapitojärjestelmän ja eSiteview välille. Tämän avulla voitaisiin hyödyntää Loviisan voimalaitokselta jo valmiiksi dokumentoituja tietoja, kuten laitetietoja.

## 9 Rajoitteet opinnäytetyössä

### 9.1 Rajoitteet

Opinnäytetyön aikana tutustuttiin mobiilikartoitustekniikkaan ja saatiin myös selville mobiilikartoittamiseen liittyviä rajoitteita. Valaistuksen heikkous vaikuttaa kartoituksen aikana otettaviin kuviin mikä vaikuttaa negatiivisesti lopputulokseen. Kiiltävät pinnat heijastavat lasersäteitä ei-toivotulla tavalla, mikä myös heikentää lopputulosta.

eSiteview ei ole vielä Loviisan voimalaitoksella käytössä, eSiteview esiteltiin haastattelutilanteessa. tämän pohjalta voidaan arvioida haastateltavien vastauksia. Haastattelussa olisi mahdollisesti saatu kattavampaa tutkimusmateriaalia, jos eSiteview'n käytöstä olisi haastateltavilla enemmän kokemusta.

Haastatteluissa selvitettiin mahdollisia eSiteview'n tuomia hyötyjä. Haastatteluissa ilmeni pienentyneet säteilyannokset. eSiteview'n ja pienentyneiden säteilyannoksien yhteyttä ei selvitetty tämän tarkemmin opinnäytetyön laajuudessa. Myöskään eSiteview'n yhteyttä nopeammin hoidettuihin töihin ei selvitetty haastatteluista tarkemmin.

### 9.2 Suositukset

Opinnäytetyön laajuudessa tunnistettiin asioita, jotka vaativat jatkokehitystä. Käyttöönoton yhteydessä tulisi ratkaista reitti uudelleenkartoituksen herätteelle. eSiteview'n tullessa Loviisan voimalaitokselle käyttöön, voitaisiin lisätutkimuksien avulla selvittää mobiilikartoittamisella saavutettavia säästöjä eri näkökulmista. Lisätutkimuksia voitaisiin tehdä esimerkiksi, säteilyannoksien pienentämisestä mobiilikartoituksen tuomien uusien työskentelymenetelmien avulla. Kustannuksien näkökulmasta voitaisiin tarkastella nopeutuneita työtehtäviä.

eSiteview'n tullessa Loviisan voimalaitokselle käyttöön, tulisi pohtia uudelleen kartoituksen näkökulmasta oman mobiilikartoituslaitteen hankintaa Loviisan voimalaitokselle. Ennen mobiilikartoituslaitteen hankintaa tulisi myös selvittää uudelleen kartoituksen tarve ja sitä kautta selvittää investoinnin tarve. Mobiilikartoituslaitteen ollessa Loviisan

voimalaitoksella voitaisiin suorittaa uudelleenkartoitukset nopeammin ja mahdollisesti edullisemmin.

## 10 Yhteenveto

Insinööriyössä tavoitteena oli tutustua mobiilikartoitustekniikkaan ja sillä saavutettaviin hyötyihin. Insinööriyön aikana perehdyttiin mobiilikartoitustekniikkaan, mikä oli yksi opin- näytetyön tavoitteesta. Haastatteluiden kautta päästiin selvittämään saavutettavia hyö- tyjä ydinvoimalaitoksella sekä kehitysideoita jatkoprojektia varten. Käyttöönotto Loviisan voimalaitoksella on vielä kesken, joten tässä insinööriyössä ei päästy suorittamaan ko- konaisuudessaan mobiilikartoitusprosessia alusta loppuun. Kuitenkin insinööriyön ai- kana päästiin kartoittamaan tiettyjä kohteita NavVis VLX mobiilikartoituslaitteella, sekä päästiin tutustumaan eSiteview-työkaluun testiympäristössä.

Haastatteluiden avulla saatiin kartoitettua mahdollisia hyötyjä Loviisan voimalaitoksella. Haastateltavat antoivat samankaltaisia vastauksia, mikä puhuu sen puolesta, että haas- teltavien määrä oli sopiva. Toisaalta kehitettävää jäi haastattelutilanteeseen. Haastatte- lukysymyksiä olisi voinut olla enemmän, toisaalta eSiteview on käyttöönottovaiheessa, joten haastateltavilla ei ollut merkittävää kokemusta eSiteview-työkalun käytöstä, joten lisäkysymyksiin ei olisi välttämättä saatu relevanttia tietoa. Haastatteluissa saatiin myös hyviä ehdotuksia käyttöönottovaiheeseen sekä myös jatkokehitysideoita tulevaisuuteen.



## 11 Lähteet

AEC Magazine. 2014. *The black art of laser scanning - AEC Magazine*. Verkkoaineisto. AEC Magazine <https://aecmag.com/opinion/the-black-art-of-laser-scanning-bim/>. Luettu 5.4.2021

eSite. 2021. *eSite - Capture your site. Control your world*. Verkkoaineisto. <https://esitevr.com/>. Luettu 2.4.2021.

eSite. 2020. *Fortum eSite ja turvallisuus - eSite*. Verkkoaineisto. <https://esitevr.com/fortum-esite-ja-turvallisuus/>. Luettu 1.12.2020.

fortum.com. 2020. *Loviisan ydinvoimalaitos | fortum.com*. Verkkoaineisto. [https://www.fortum.com/sites/default/files/documents/finnish\\_eia\\_programme\\_international\\_summary.pdf](https://www.fortum.com/sites/default/files/documents/finnish_eia_programme_international_summary.pdf). Luettu 8.1.2021.

Tietoa Fortumista 2020. *Suurimmat osakkeenomistajat | fortum.fi*. Verkkoaineisto. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/sijoittajille/osaketietoa/suurimmat-osakkeenomistajat>. Luettu 2.4.2021

fortum.fi. 2020. *Fortum Suomessa | fortum.fi*. Verkkoaineisto. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/uutishuone/tietopaketti-medialle/tietoa-toimintamaistamme/fortum-suomessa>. Luettu 10.11.2020.

fortum.fi. 2020. *Loviisan ydinvoimalaitos | fortum.fi*. Verkkoaineisto. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/loviisan-ydinvoimalaitos>. Luettu 8.11.2020.

fortum.fi. 2020. *Loviisan ydinvoimalaitos | fortum.fi*. Verkkoaineisto. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/loviisan-voimalaitos/voimalaitoksen-toiminta>. Luettu 8.11.2020

Tietoa Fortumista. 2021 *Ydinvoimalaitokset | fortum.fi*. Verkkoaineisto. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/voimalaitoksemme/ydinvoimalaitokset>. Luettu 3.2.2021

Miten ydinvoimalaitos toimii. 2015. *Miten ydinvoimalaitos toimii*. Verkkoaineisto. <https://www.stuk.fi/aiheet/ydinvoimalaitokset/miten-ydinvoimalaitos-toimii>. Luettu 16.11.2020.

Higgins, S. 2020. *How SLAM affects the accuracy of your scan (and how to improve it)*. Verkkoaineisto. <https://www.navvis.com/blog/how-slam-affects-the-accuracy-of-your-scan-and-how-to-improve-it>. Luettu 9.1.2021

Higgins, S. 2020. *6 ways NavVis post-processing software delivers point cloud quality*. Verkkoaineisto. <https://www.navvis.com/blog/6-ways-navvis-post-processing-software-ensures-ultimate-point-cloud-quality>. Luettu 20.1.2021

In the Scan. 2020. *Mobile Mapping System vs. Terrestrial Laser Scanner | In the Scan*. Verkkoaineisto. Lidar News. <https://blog.lidarnews.com/mobile-mapping-system-vs-terrestrial-laser-scanner/>. Luettu 4.2.2021].

Maanmittauslaitos.fi. 2021. *Autonominen ajaminen | Maanmittauslaitos*. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/autonominen-ajaminen>. Luettu 7.1. 2021.

Scalable Reality Capture with NavVis M6. 2021. NavVis. Verkkoaineisto. NavVis. <https://www.navvis.com/m6>. Luettu 2.3.2021

NavVis GmbH 2020. *Versatile Reality Capture with NavVis VLX*. Verkkoaineisto. NavVis. <https://www.navvis.com/vlx>. Luettu 2.3.2021

NavVis GmbH 2020. *It's time to rethink mobile mapping*. Verkkoaineisto. NavVis. <https://www.navvis.com/reality-capture>. Luettu 2.3.2021

Stuklex.fi. 2021. *STUKlex*. Verkkoaineisto. Stuk. <https://www.stuklex.fi/fi>. Luettu 14.2.2021.

Stuklex.fi. 2019. *YVL C.1 | Säännöstö | STUKlex*. Verkkoaineisto. Stuk. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLC-1>. Luettu 5.4.2021

Stuklex.fi. 2021. *YVL A.12 | Säännöstö | STUKlex*. Verkkoaineisto. Stuk. <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLA-12>. Luettu 5.4.2021

Villikka P. 2020 *Työnsuunnittelu- ja työmääräinkäytännöt*  
Sisäinen dokumentti. Fortum Power and Heat Oy. Luettu 5.4.2021

**Liite 1: Haastattelukysymykset**

nro.	Kysymys
1.	Millaisia hyötyjä näet eSiteview-työkalun tuovan työtehtäviin Loviisan voimalaitoksella
2.	Miten teidän näkemyksenne mukaan heräte uudelleenkartoitukselle tulisi järjestää Loviisan voimalaitoksella?
3.	Olisiko teidän mielestänne hyödyllistä lisätä yhteys johonkin jo käytössä olevaan ohjelmaan?
4.	Muut mahdolliset lisäominaisuudet?