

**LASERKEILAUSLAITTEISTON MÄÄRITTELY, HANKINTA
JA KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA**

Laukkanen Jasna

Opinnäytetyö

Konetekniikan koulutus
Insinööri (AMK)

2023

Konetekniikan koulutus
Insinööri (AMK)

Tekijä	Jasna Laukkanen	Vuosi	2023
Ohjaaja(t)	DI Jukka Joutsenvaara		
Toimeksiantaja	Etteplan Finland Oy, Kemi		
Työn nimi	Laserkeilauslaitteiston määrittely, hankinta ja käyttöönottosuunnitelma		
Sivumäärä	35 + 21		

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia markkinoilla olevia laserkeilauslaitteistoja Etteplan Finland Kemin toimipisteen tarkoituksiin. Toimipisteen vaatimukset laitteistolle määriteltiin haastatteleamalla toimipisteen henkilöstöä. Tavoitteena oli löytää teknisiltä ominaisuuksiltaan sekä kustannuksiltaan sopivin laitteisto.

Tietoa kerättiin haastatteluilla, tarjouspyynnöillä sekä osallistumalla laitevalmistajien järjestämiin luento tyyppeihin tapahtumiin.

Tuloksena saatiin kustannuslaskelmat sekä laitteistojen teknisten ominaisuuksien vertailut. Aineistoa voi hyödyntää investoinnin esiselvityksenä ja yritys voi sen perusteella jatkaa hankintaprosessia. Lisäksi tuloksena saatiin yleispätevä ohjeistus laitteiston käyttöönottoon sekä perehdyttämiseen.

Avainsanat
Muita tietoja

laserkeilaus, investoinnit, selvitys
Toimeksiantajalle toimitettu kustannuslaskelmat sekä käyttöönotto- ja perehdyttämissuunnitelmat

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Jasna Laukkanen	Year	2023
Supervisor(s)	Jukka Joutsenvaara, M.Sc.(Tech.)		
Commissioned by	Etteplan Finland Oy, Kemi office		
Title	Definition, Procurement and Implementation Plan of the Laser Scanning Equipment		
Number of pages	35 + 21		

The subject of this thesis is to investigate laser scanning equipment on prevailing market for the purposes of Etteplan Finland Oy Kemi office. The equipment requirements of the office were defined by interviewing employees. The aim was to find the most appropriate equipment by its technical features and costs.

Information was gathered by interviews, offer requests and participating to lecture type events of equipment manufacturers.

The cost calculations and comparisons of technical features were the results of the thesis work. The material can be utilized as an investment preliminary investigation and the company can continue the investment process based on the material. In addition, universal guides to equipment commissioning and introduction were compiled.

Keywords	laser scanning, investments, settlement of matters
Special remarks	Cost calculations and guides to equipment commissioning and introduction delivered to the client

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 LASERKEILAUS.....	7
2.1 Toiminnan kuvaus.....	7
2.2 Kehitys	8
2.3 Pistepilven rekisteröinti	10
2.4 Paikannus.....	11
2.5 3D-mallin luominen	11
3 LASERKEILAUS SUUNNITTELUN TYÖKALUNA ETTEPLAN FINLAND OY KEMIN TOIMIPISTEESSÄ.....	12
3.1 Etteplan Finland Oy	12
3.2 Käyttötarkoitus Kemlin toimipisteessä	12
3.3 Edut yritykselle.....	13
3.4 Edut asiakkaalle.....	13
4 HANKITTAVAN LASERKEILAUSLAITTEISTON MÄÄRITTELY	14
4.1 Kartoitus Etteplanin käyttämästä laitteistosta Suomen tasolla	14
4.2 Kemlin toimiston tarpeiden määrittely	14
5 HANKINTA	16
5.1 Tarjoukset ja teknisten ominaisuuksien vertaileminen	16
5.1.1 Leica BLK360.....	16
5.1.2 Trimble X7.....	20
5.1.3 Leica RTC360	23
5.2 Kustannuslaskennat	26
5.2.1 Kokonaistuoton vertailut laitteittain	26
5.2.2 Lisenssikustannusten vertailut laitteittain	29
6 KÄYTTÖÖNOTTO- JA PEREHDYTYSSUUNNITELMAT.....	31
7 POHDINTA.....	32
LÄHTEET.....	34
LIITTEET	35

ALKUSANAT

Haluan kiittää työnantajaani Etteplan Finland Oy Kemin toimistoa tämän opinnäytetyön suorittamisen mahdollistamisesta sekä annetusta aiheesta. Lisäksi haluan kiittää kaikkia haastattelemani työkavereita saamistani arvokkaista tiedoista.

Jasna Laukkanen 16.4.2023

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on määrittää yrityksen Etteplan Finland Oy:n Kemin toimipisteen tarpeisiin sopiva uusi laserkeilauslaitteisto sekä laskea kustannuslaskelmat ja takaisinmaksuohjelma siihen liittyen. Yhtenä keskeisenä tavoitteena on myös luoda käyttöönotto- sekä perehdytysuunnitelmat, jotta uuden keilaimen käyttöönotto on mahdollisimman tehokasta ja uudet työntekijät saadaan perehdytettyä laserkeilaamiseen sujuvasti.

Mahdollisuuksien mukaan tavoitteena on myös yhtenäistää Etteplan Finland Oy:n laitteistot sekä laserkeilauskäytännöt koko Suomen tasolla. Tällä hetkellä eri paikkakuntien kohdalla on eroavaisuuksia. Tämä opinnäytetyö ei kuitenkaan ota kantaa muiden toimipaikkojen laitteistoon tai käytänteisiin.

Etteplan Finland Oy tarjoaa suunnittelupalveluita teollisuuden tarpeisiin muun muassa mekaniikka-, putkisto- ja laitossuunnittelua. Suunnittelussa voidaan käyttää lähtötietona itse tuotettua pistepilviaineistoa laserkeilaten. Kemin toimiston käytössä oleva laserkeilain on jo usean vuoden vanha ja kertaalleen korjattu, eikä vastaa enään tarkkuudeltaan ja käytettävyydeltään suunnittelutoimiston tarpeita, joten on tullut aiheelliseksi uusia laitteisto.

Työ toteutetaan pääosin haastattelemalla yrityksen henkilöstöä, näin saadaan kartoitettua lähtötilanne sekä määriteltä tarpeet. Sen jälkeen haetaan tietoa markkinoilla olevista laitteistoista sekä vertaillaan niiden ominaisuuksia ja valitaan sopivin, josta lasketaan kustannukset sekä tehdään käyttöönotto- ja perehdytysuunnitelmat.

2 LASERKEILAUS

2.1 Toiminnan kuvaus

Laserkeilaus on nopea tapa kerätä kolmiulotteista tietoa eri ympäristöstä, kuten rakennuksista, teollisuuden laitoksista tai vaikkapa metsistä. Se on tarkka mitausmenetelmä, jossa laserkeilauslaitteisto (Kuvio 1) lähettää lasersäteen kohteen pintaan, joka heijastuu takaisin laitteistoon. Kohteen ja laitteen välinen etäisyys mitataan valon nopeudella tunnetulla nopeudella etenevän laserpulssin edestakaisen kulkuajan perusteella. Lisäksi tarvitaan tarkat tiedot laserkeilaimen asennosta ja paikasta, jotta tieto etäisyydestä voidaan muuttaa kohteen sijainniksi. Useiden keilausten avulla saadaan muodostettua keilattavasta kohteesta kolmiulotteinen aineisto, pistepilvi (Kuvio 2). (Hotakainen. 2015.)

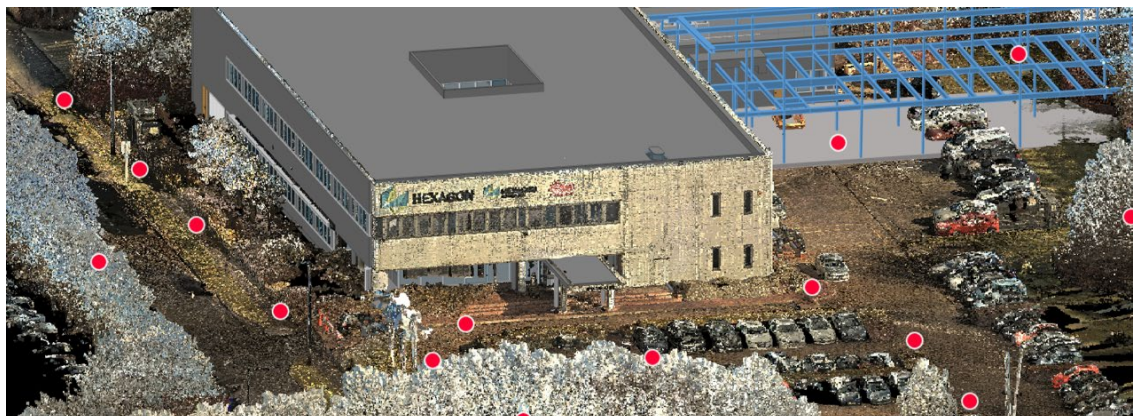


Kuvio 1. Leican laserkeilainlaitteistoa (Leica Geosystems 2023b.)

Pistepilvi muodostuu miljoonista yksittäisistä pisteistä, jotka sisältävät kohteen tarkan geometrian, sijainnin ja mahdollisen värin. Laitteiston tarkkuudesta ja laadusta riippuen pistepilven tarkkuus on parhaimmillaan millimetrin luokkaa. Laserkeilaimen kameroiden avulla pisteet saavat todellisen värinsä ja aineisto saadaan näyttämään siten hyvin realistiselta. (Keittaanniemi. 2021.)

Mikäli keilaus on suoritettu pimeässä tilassa, ei kamera pysty tallentamaan värejä, joten on myös mahdollista tuottaa mustavalkoisia pistepilviä.

Laserkeilaus sisältää yleensä kolme vaihetta: itse laserkeilaus, eri aineistojen rekisteröinti ja muodostaminen pistepilvestä 3D-malleiksi tai CAD-piirroksiksi. (Keittaaniemi. 2021).



Kuvio 2. Esimerkki pistepilvestä (Leica Geosystems 2023c.)

2.2 Kehitys

Laserkeilauslaitteet ovat yleistyneet merkittävästi viime vuosikymmeninä, kun teknologian kehittyminen on mahdollistanut laitteistojen pienentämisen ja tehokkuuden parantamisen sekä hinnan alenemisen. Dataa voidaan käsitellä entistä monipuolisemmin ja hyödyntää entistä laajemmin. Tutkimus- ja sovellusalana se on kuitenkin suhteellisen nuori, vaikka sitä käytetään jo monissa eri yhteiskunnan sekä elämän alueilla mm. rakennusteollisuudessa, kaavoituksessa, ympäristötutkimuksessa ja arkeologiassa, mutta jopa myös pelikonsoleissa. Sen syntyajan kohtaa on vaikea määrittellä, mutta tiedetään, että tekniikka oli käytössä 1980- ja 1990-luvun vaihteessa ja ensimmäinen kaupallinen laserkeilain tuli markkinoille vuonna 1994. Tekniikkaa hyödynnettiin silloin, ja edelleenkin, sukellusveneiden etsinnässä Itämerellä, sillä vihreä laser mittaa sameassa vedessä jopa 2,5 kertaa syvemmälle kuin tavallinen valo. (Hotakainen. 2015.)

Koska laserkeilaus on aktiivinen menetelmä eli siinä lähetetään tunnetulla aallonpituudella lasersäde, joka palaa takaisin laitteen vastaanottimeen sirottuaan, voidaan laitteistoa käyttää myös yöllä pimeään aikaan samalla tavoin kuin esimerkiksi mikroaaltotutkaa. Olisi jopa otollisempaa kuvata esimerkiksi ilmakuvauksia yöllä kuin aurinkoisella säällä päivällä, jolloin lasersäteen sironta auringon valaisemalta pinnalta voi olla liian heikkoa. Myös muita häiriötekijöitä, kuten liikennettä

on öisin vähemmän. Tekniikalla on siis myös rajoituksensa, kuten sääolosuhteet. Sade ja sumu estävät lasersädettä etenemästä riittävällä teholla, kun taas aurin gon valaisema pinta heikentää lasersäteen takaisin heijastumista, tällöin ei saada luotettavaa pistedataa aikaiseksi. (Hotakainen. 2015.)

Ensimmäiset kaupalliset keilaimet olivat lentolaserkeilaimia ja niitä käytettiin lentokoneissa. Niiden jälkeen otettiin käyttöön kolmijalan päällä siirrettävät maastolaserkeilaimet, joissa ei vielä silloin ollut inertiamittareita tai GPS-vastaanottimia, mutta ne olivat hankinta- ja käyttökustannuksiltaan edullisempia kuin lentolaserkeilaimet. Liikkuvat laserkeilaimet tulivat vuoden 2005 tienoilla ja sen jälkeen kehitys on ollut vauhdikasta niin laitteistojen, kuin sovelluskohteidenkin osalta. Tekniikka on tulossa vauhdilla tutkimusten lisäksi myös ihmisten arkeen helpottamaan jokapäiväistä elämää, tekniikkaa käytetään nykypäivänä mm. itseohjautuvissa autoissa. (Hotakainen. 2015.)

Lentolaserkeilauksessa saadaan satojatuhansia pisteitä sekunnissa, kun taas mobiililaitteissa luku on jopa parin miljoonan tienoilla. Muutaman tunnin lentokeilauksella tuotettu pistepilvi on joidenkin miljardien kokoinen. Sellaisen datamäärän käsittely ei vielä vaadi paljoakaan tehoa tietokoneelta, millä pistepilveä aletaan käsittelemään, mutta yhtenä haasteena pistepilvidatassa on useimmiten niiden suuret koot keilattavan kohteen laajuudesta ja pistetarkkuudesta riippuen. (Hotakainen. 2015.)

Ensimmäiset lentolaserkeilaimet olivat satojen kilojen painoisia lentokoneiden avulla liikuteltavia paketteja. Nykyään lentolaserkeilauslaitteisto voidaan koostaa pieneen lennokkiin tai droneen niiden painon ollessa jopa alle kaksi kiloa. Koon pienetessä myös kustannukset ovat kutistuneet. Kehityksen alussa ensimmäiset lentolaserkeilaimet maksoivat 1,5 miljoonaa euroa ja nykyään ammattitasaista dataa tuottavan lentolaserkeilaimen komponentit saadaan hankittua muutamilla tuhansilla eurolla. (Hotakainen. 2015.)

2.3 Pistepilven rekisteröinti

Pistepilvi on kokoelma kolmiulotteisia koordinaatteja, jotka on tallennettu tietokoneen muistiin. Jokainen piste sisältää vähintään x-, y- ja z-koordinaatit, jotka kuvaavat pisteen sijaintia kolmiulotteisessa avaruudessa. Pistepilvet voivat sisältää myös väri-informaatiota, mikäli laserkeilaimessa on kamera ja keilaus on suoritettu valaistussa tilassa, jotta kamera onnistuu keräämään tiedon väreistä. Pistepilvi kohteesta muodostetaan keilaamalla esimerkiksi maalaserkeilaimella (Kuvio 3) useasta kohteen eri sijainnista useita eri keilauksia, joista jokainen keilaus kerää siitä sijainnista lähetettyjen lasersäteiden avulla omat pisteensä. Näistä jokainen keilaus linkitetään toisiinsa rekisteröintiohjelman avulla ja siten saadaan muodostettua kohteesta kattava kolmiulotteinen aineisto, missä on jokaisen keilauksen keräämät pisteet yhdessä oikeilla sijainneillaan. Jotta rekisteröinti onnistuu, ja saadaan aikaiseksi laadukas aineisto, täytyy keilaussijainnit sijoittaa toisiinsa nähden siten, etteivät ne ole liian kaukana toisistaan tai niiden välillä ole jokin este esim. seinä. (Punkkinen & Joala. 2023.)



Kuvio 3. Keilaaja operoimassa kolmijalan päällä olevaa laserkeilainta tabletin avulla

2.4 Paikannus

Laserkeilaimissa voi olla itsessään GPS-vastaanotin, joka vastaanottaa signaaleja GPS-satelliiteilta ja määrittää siten tarkan sijainnin maapallolla. GPS-sijainnin tarkkuus riippuu vastaanottimista ja käytetystä signaalista ja voi heitellä alle metristä useisiin metreihin. Toinen tapa saada pistepilvelle sijainti on tähysten käyttäminen (Kuvio 4). Tähys asetetaan esimerkiksi yhdistelmätakymetrillä tai tavallisella takymetrillä tarkkaan sijaintiin määritettyyn paikkaan. Laserkeilain tunnistaa tähykset ja pistepilvi voidaan siten paikoittaa tähysten avulla pistepilvenkäsitteilysovelluksessa. Yksi tapa paikoittaa pistepilvi on manuaalinen tapa, tätä tapaa käytetään Kemin toimistolla. (Punkkinen & Joala. 2023.)



Kuvio 4. Tähys (Ingeo 2023.)

2.5 3D-mallin luominen

Laserkeilaus ei suoraan tuota 3D-mallia, kuten ehkä yleisesti luullaan, vaan pistepilvestä saadaan luotua 3D-malli siihen soveltuvilla ohjelmistoilla esimerkiksi Leica 3DR -sovelluksella. Ohjelmistot tunnistavat pistepilvestä pintoja ja muotoja, kuten esimerkiksi seiniä ja putkia, ja osaa luoda niistä 3D-pintamalleja, eli mesh-malleja. Mesh-mallit ovat kolmiulotteista kolmioverkkomallia, kun taas pistepilvi on pelkkiä pisteitä. Pintamallit on geometrisia tilavarausmalleja, joilla on koko ja sijainti, ne rakentuvat geometrisista objekteista, joiden perustana on pistepilvi. (Neopoint 2023.)

3 LASERKEILAUS SUUNNITTELUN TYÖKALUNA ETTEPLAN FINLAND OY KEMIN TOIMIPISTEESSÄ

3.1 Etteplan Finland Oy

Etteplan Oy on 1983 perustettu teknologian alan palveluyritys, joka tarjoaa ratkaisuja valmistavan teollisuuden yrityksille teollisuuden laite- ja laitossuunnitteluun, ohjelmisto- ja sulautettuihin järjestelmiin sekä tekniseen dokumentointiin. Maailmanlaajuisesti yritys työllistää noin 4000 henkilöä, kahdeksassa eri maassa. Toimipisteitä sijaitsee Suomessa, Ruotsissa, Hollannissa, Kiinassa, Saksassa, Puolassa, Tanskassa ja Yhdysvalloissa. (Etteplan 2023.)

Tämä opinnäytetyö on tehty Etteplan Finland Oy Kemin toimistolle. Kemin toimisto tarjoaa laitossuunnittelupalveluita sekä teknisen dokumentoinnin palveluita. Kemin toimisto sisältyy Pohjoisen alueen divisioonaan ja työllistää kaikkiaan 59 henkilöä. (Etteplan 2023.)

3.2 Käyttötarkoitus Kemin toimipisteessä

Laserkeilausta ja siitä saatavaa pistepilvidataa käytetään suunnittelutyön apuna laitossuunnittelussa yleisimmin mekaniikka, putkisto- ja laitesuunnittelussa. Myös pelkkää laserkeilausta ja pistepilven käsittelyä ilman suunnittelupalvelua myydään tarpeen mukaan, esimerkkinä vanhan voimalaitoksen keilaaminen asbestikartoitusta varten.

Suunnittelun avuksi pistepilviaineisto käsitellään sopivan kokoiseksi tiedostoksi käsittelyyn tarkoitetulla sovelluksella esimerkiksi Autodeskin ReCap. Se talletetaan suunnitteluohjelmasta riippuvaan tiedostomuotoon, esimerkiksi Inventoriin voidaan tuoda tiedostomuoto rcp (Autodesk ReCap Scan). Pistepilvi tuodaan ohjelmaan referenssinä ja sille määritetään sijainti. Suunniteltaessa pystytään sijoittamaan mallinnus suoraan oikeaan paikkaan pistepilviympäristön avulla sekä mittaamaan etäisyyksiä ja hakemaan sopivia ratkaisuja.

3.3 Edut yritykselle

Laserkeilauksen avulla pystytään tarjoamaan mittatarkasti hyvin laadukasta, tuloksellista ja kilpailukykyistä suunnittelupalvelua asiakkaille. Se nostaa muiden suunnittelupalveluiden kysyntää ja parantaa lopputuloksen luotettavuutta ja laatua. Suunnittelijan näkökulmasta pistepilvidata helpottaa ja nopeuttaa työskentelyä, sekä vähentää työvaiheita mm. siten, ettei paikan päällä tarvitse käydä keilaamisen jälkeen, vaan kaikki tarkennusmittaukset voidaan tehdä suoraan pistepilvestä, kun huomioidaan laitteen tarkkuus ja sen luoma virhemarginaali. Jos verrataan siihen, ettei laserkeilainta olisi käytössä, täytyisi suunnittelukohteessa käydä paikan päällä useita kertoja itse mittaamassa tarvittavia mittoja. Lisäksi asiakkaan täytyisi toimittaa erinäisiä piirustuksia kohteesta, joiden paikkansapitävyys olisi aina syytä tarkastaa kuitenkin paikan päällä. Tehdasvierailut vähentyvät, mikä on positiivista, niin aikataulu-, kustannus-, kuin turvallisuusmielessäkin.

3.4 Edut asiakkaalle

Asiakkaan näkökulmasta keilaus helpottaa heidän työtään, kun suunnittelijalle ei tarvitse etsiä lähtötietoja, kuten vanhoja piirustuksia. Keilauksella saadaan myös huomattavaa luotettavuutta verrattuna piirustuksiin, jotka ovat voineet jäädä päivittämättä. Asiakas voi myös lunastaa pistepilviaineiston itselleen ja hyödyntää sitä jatkossa useisiin eri tarkoituksiin, vaikka erinäisiin tarjouskyselyihin, tai pahimmassa tapauksessa onnettomuustutkintaan. Iäkkäämpiäkin tuotantolaitoksia voidaan tuoda nykypäivään laserkeilauksen avulla, pistepilvimateriaalia voi käyttää esimerkiksi koulutuksissa ja uuden henkilökunnan perehdyttämisessä.

4 HANKITTAVAN LASERKEILAUSLAITTEISTON MÄÄRITTELY

4.1 Kartoitus Etteplanin käyttämästä laitteistosta Suomen tasolla

Jotta paikkakuntien laitteisto saatiin kartoitettua, täytyi kontaktoida Suomessa laserkeilauspalvelua tarjoavat Etteplanin toimipisteet Kemissä, Raahessa, Oulussa, Kouvolassa ja Tampereella. Laitteistoksi kaikilla paikkakunnilla on valikoitunut Leica Geosystems:n keilain (Taulukko 1).

Taulukko 1. Etteplan Finland keilauspalvelua tarjoavien toimipisteiden laitteisto

Paikkakunta	Merkki	Laite
Kemi	Leica	BLK360
Raahe/Oulu	Leica	BLK360
Kouvola	Leica	BLK360
Tampere	Leica	RTC360

4.2 Kemin toimiston tarpeiden määrittely

Tällä hetkellä Kemin toimistolla on käytössä Leican laserkeilain BLK360 G1 sekä sille tarkoitettut ohjelmistot Field360 ja Cyclone Register. Keilausta on alettu tarjoamaan vuonna 2019, jolloin kyseinen laite on hankittu. Kemin toimiston tarpeet määriteltiin palaverissa, johon osallistui keilauksia suorittava henkilöstö. Esille nousi pitkälti nykyisen keilaimen puutteet ja sen ohjaamana mietittiin uudelle laitteelle kriteerejä. Yhdeksi tärkeäksi kriteeriksi nousi hämärässä toimivuus, sillä nykyisen keilaimen mukana joutuu pääsääntöisesti aina kuljettamaan erilaisia valaisimia, koska yleisesti keilauskohteet sijoittuvat tuotantolaitoksiin ja keilattavat kohteet voivat olla hyvinkin huonosti valaistuja. Palaverissa nousi esiin myös heikko toimivuus kylmissä olosuhteissa. Jo 0 astetta riittää kuluttamaan akut loppuun, niin itse keilaimesta, kuin tabletista, jolla keilainta ohjataan.

Kolmijalka, minkä päälle keilain asetetaan, on myös hyvin kevytrakenteinen, eikä ollenkaan teolliseen ympäristöön sopiva. Tästä johtuen nykyinen keilain on kaatunut jo kahteen kertaan ja joutunut pitkäksi ajaksi huoltoon, mikä johti taas siihen, ettei keilauksia voitu Kemin toimistolla suorittaa neljään kuukauteen vuonna 2022. Uuden keilaimen hankinta poistaisi tällaiset katkokset, kun toimistolla olisi

kaksi keilainta käytössä. Mikäli toinen on huollossa tai toisella suunnittelijalla käytössä, voisi toisella laitteella keilata sillä aikaa.

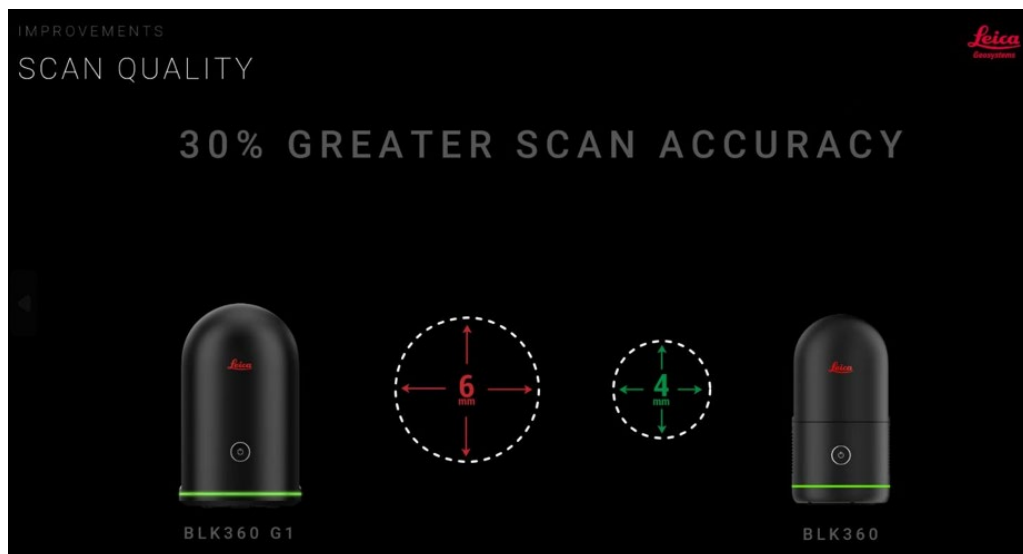
5 HANKINTA

5.1 Tarjoukset ja teknisten ominaisuuksien vertaileminen

Tarjouksia pyydettiin määrittelyjen ohjaamana kahdelta eri toimittajalta. Laitteistojen välillä oli pieniä teknisiä eroavaisuuksia. Ohjelmistoissa ja kustannuksissa eroavaisuudet olivat merkittävämmät. Tarjoukset pyydettiin Leica Geosystems:ltä laitteista BLK360, RTC360 LT sekä RTC360 (Liite 3). Geotrim Oy:ltä pyydettiin tarjous laitteesta Trimble X7 (Liite 4). Koska Leican tuotteissa RTC360 ja RTC360 LT oli pienet eroavaisuudet toisiinsa nähden, jätettiin huonomman tarkkuuden omaava LT -versio vertailuista pois. Tekniset ominaisuudet ja niiden vertaileminen on koostettu laitteittain lukuihin 5.1.1 – 5.1.3.

5.1.1 Leica BLK360

Leica BLK360 (Kuvio 5) on valittujen vertailukohteiden pienin ja edullisin vaihtoehto. Se on kehittyneempi, toisen sukupolven versio jo Kemin toimiston käytössä olevasta ensimmäisen sukupolven BLK360 G1 mallista, joka on hankittu vuonna 2019. Toisen sukupolven BLK360 julkaistiin vuonna 2022 (Punkkinen & Joala, 2023).



Kuvio 5. Leica BLK360 G1 ja BLK360 laserkeilaimet (Punkkinen & Joala, 2023.)

Teknisiä ominaisuuksia mallien välillä on saatu kehitettyä (Kuvio 7). Muun muassa nopeus on saatu nousemaan vanhan mallin 360 000 pts/sec (pistettä sekunnissa) nopeudesta uuden mallin nopeuteen 680 000 pts/sec. Myös kameras HDR -kuvien laatu on kehittynyt (Kuvio 6). Lisäksi uuteen BLK360 laitteeseen on tuotu hyödyllinen VIS (Visual Inertial System) ominaisuus, joka hyödyntää valokuvatekniikkaa linkittäessään keilauksia toistensa välillä. Ensimmäisen sukupolven BLK360 laitteessa ei ole VIS ominaisuutta, jonka johdosta keilauksien väliset linkitykset saattavat joskus epäonnistua haastavimmissa kohteissa. (Punkkinen & Joala. 2023.)



Kuvio 6. HDR kuvien laatuvertailu BLK360 G1 ja BLK360 välillä (Punkkinen & Joala. 2023.)

Uutta BLK360 operoidaan samalla sovelluksella kuin ensimmäisenkin sukupolven BLK360 laitetta, Leica Cyclone Field 360 -sovelluksella. Sovellusta voi käyttää tabletilla tai kännykällä. Kemin toimiston kokemukset sovelluksesta ovat hyvät, keilaukset linkittyvät toisiinsa yleensä helposti sekä sovelluksen käyttö on selkeää. Pistepilven rekisteröintiin käytetään Kemin toimistolla jo käytössä olevalla Cyclone REGISTER 360 PLUS BLK Edition -sovelluksella. Mikäli halutaan jatkokäsittelä pistepilveä 3D-malliksi, tarvitaan siihen Leican 3DR -sovellus, jota ei Kemin toimistolla ole ollut käytössä. (Punkkinen & Joala. 2023.)

Keilaimen kylmänsietokyky on parantunut 5 asteella. Edelleen huonona puolena laitteessa on se, että mukana tulee hento kolmijalka, joka ei sovellu Kemin toimiston vaatimukseen. Tämä voidaan kuitenkin ratkaista hankkimalla tukevampi kolmijalka erikseen. Hämärätoimivuuden kehityksestä ei ole takuuta. Huonona puolena mainittakoon myös keilaimen muoto ja liukas pintamateriaali, ne vaativat käsittelyssä varovaisuutta. Leica export-tiedostot E57, RCP, PTX, PTG, PTS, LGS. (Punkkinen & Joala. 2023.)

	BLK360 G1	BLK360
DISTANCE MEASUREMENT SYSTEM		
Maximum range	60 m	45 m
Maximum scan rate	360,000 pts/sec	680,000 pts/sec
Selectable sensitivity levels	✗	✗
Resolution settings	3 (5/10/35 mm @ 10 m)	4 (6/12/25/50 mm @ 10 m)
Laser class	1	1
Laser wavelength	830 nm (invisible)	830 nm (invisible)
Tilt sensor, Tilt accuracy	IMU	IMU
3D accuracy	6 mm @ 10 m 8 mm @ 20 m	4 mm @ 10 m 8 mm @ 20 m
IMAGING SYSTEM		
Internal camera	✓	✓
HDR	✓	✓
External camera	✗	✗
IR camera	✓	✗
ENVIRONMENTAL		
Operating temperature	+5°C to +40°C	0°C to +40°C
Solid particle/Liquid ingress protection	IP54	IP54
SURVEY/SETUP FUNCTIONALITY		
Quick orientation	✗	✗
Set azimuth	✗	✗
Known backsight	✗	✗
Resection	✗	✗
Auto resection	✗	✗
Traverse	✗	✗
REGISTRATION		
Onsite pre-registration (Cyclone FIELD 360)	✓	✓
Cloud to cloud post-processing	✓	✓
Target based post-processing	✓	✓
GENERAL FUNCTIONALITY		
Onboard target acquisition	✗	✗
Check & Adjust	✗	✗
One button scan control	✓	✓
Scan area definition from video or scan	✗	✗
Batch job scanning	✗	✗
Double scan for moving objects removal	✗	✗
Remote control	✓	✓
UPGRADE OPTIONS		
Upgrade options	✗	✗
ADDITIONAL SENSORS		
IMU	✓	✓
GNSS	✗	✗
Altimeter	✗	✗
Compass	✗	✗
Visual Inertial System (VIS)	✗	✓
PORTABILITY		
Weight	1.1 kg	0.85 kg
Size	100 x 100 x 165 mm	80 x 80 x 155 mm

Kuvio 7. BLK360 G1 ja BLK360 välinen vertailutaulukko (Leica Geosystems 2023a.)

5.1.2 Trimble X7

BuildingPoint Finlandin markkinoima Geotrim Trimble X7 (Kuvio 8) on teknisiltä ominaisuuksiltaan Leica BLK360-laitteen kanssa kilpaileva laserkeilain. Ulkomuodoltaan se on jyrkempi ja rakenteeltaan kestävämpi, ja selvästi työmaakäyttöön suunniteltu. Se on vertailukohteista IP-luokitukseltaan sietokykyisin, luokitus IP55. Laitetta markkinoidaan enemmänkin rakentamisen tarpeisiin, kuin teolliseen käyttöön. Sen ulkomuodosta ja käytettävyydestä huomaa, että tuote on suunniteltu rakentamisen tarkoitukseen, mutta yhtä hyvin se sopii myös laitosuunnitteluun. Laitteen mukana tulee vakaa kolmijalka sekä tabletti, missä on hyvänä lisänä kaulanauha tabletin kuljettamiseen työmaalla. Laitteisto on helppokäyttöinen ja suomenkielinen, halutessaan sen voi muuttaa myös englanninkieliseksi. Kantamaksi on ilmoitettu 0,6 – 80 metriä, sekä kantaman tarkkuudeksi 2 mm (Kuvio 9). Keilaimessa on automaattinen itsetasaus, eli jos laite saa kolhaisun, osaa se itse kalibroida itsensä, eikä sitä tarvitse sen takia huoltaa. (Anttila & Tikka. 2023.)



Kuvio 8. Trimble X7 laserkeilain sekä FieldLink-ohjelmistolla operoitava Trimble T100 tabletti (Anttila. 2023.)

X7 keilainta operoidaan Trimble FieldLinkillä. Ohjelmistossa on automaattinen pistepilven rekisteröinti kuten esimerkiksi Leican BLK360 keilaimessakin. Pistepilveä jälki käsitellään Trimble RealWorks ohjelmistolla. Export-tiedostomuodot ovat RCP, E57, LAS, PTX, RWP, TDX, TZF. Yhteensopivuus mm. Teklan ohjelmistot, NavisWorks, Revit, ArchiCad, SketchUp. (Anttila. 2023.)

RealWorks sisältää mallinnustyökaluja 3D-muotojen luomiseen. Ohjelmistoon on saatavilla myös laitossuunnitteluun suunniteltu Plant-moduuli, mikä sisältää monipuolisia työkaluja putkien ja palkkien automaattiseen mallinnukseen. Tämä Plant moduuli sopisi Kemin toimiston tarpeisiin, sillä keilausta käytetään pääsääntöisesti juuri laitossuunnitteluun. Työkaluvalikoima mahdollistaa poikkilinjausten, mesh-tietojen, käyrien, tilavuuksien linjojen, ortokuvien ja mallien luomisen. (Anttila & Tikka. 2023.)

Kemin keilaustiimi pääsi testaamaan Trimble X7 keilainta Oulussa, BuildingPoint Finlandin järjestämällä demopäivillä. Testikohteeksi valittiin määrittelyjen ohjaamana täysin pimeä huone ja siellä otettiin muutaman keilauspisteen testi. Testikeilauspisteet linkittyivät toisiinsa automaattisesti ja muodostunut pistepilvi oli selkeä, sekä tarkkalaatuinen pimeydestä huolimatta. Nopeudeltaan X7 vastasi Kemin toimiston käytössä olevaa BLK360 keilainta. Käytävyydeltään X7 vaikutti helpolta ja operointisovellus FieldLink oli kehitetty hyvin.

Lämpötilansieto tällä laitteella on vertailukohteiden paras, jopa -20 asteesta +50 asteeseen. Huonona puolena mainittakoon VIS ominaisuuden puuttuminen. Tässä laitteessa parasta on edullisen hankintahinnan lisäksi edulliset lisenssikutannukset, niin pistepilven rekisteröintisovelluksen Trimble FieldLink osalta, kuin 3D-mallintamiseen tarkoitettuun sovelluksen Trimble Real Works Core osalta, mikä sisältää Kemin toimiston tarpeita ajatellen hyödyllisiä työkaluja, kuten putkistojen mallinnusautomaatiikkaa. Hyvän puolena myös pakettiin sisältyvä tabletti kaulanauhoineen, mitä ei Leica Geosystems tuotteissa ole. (Anttila. 2023.)



TRIMBLE X7 3D LASER SCANNING SYSTEM



Trimble X7 Specifications	
Scanning EDM Laser Class	Laser class 1, eye safe in accordance with IEC EN60825-1
Scanning Speed	Up to 500kHz
Scan Duration ⁴	Fastest 1 min 34 sec without images, 2 min 34 sec with images.
Range Principle	High speed, digital time-of-flight distance measurement
Range ¹	0.6 m - 80 m
Range Accuracy ²	2 mm
Range Noise ²	<3 mm @ 60 m on 80% albedo ³
Imaging	
Imaging Sensors	3 coaxial, calibrated 10MP cameras
Raw Image Capture	Fast 1 minute - 15 images - 158MP Quality 2 minutes - 30 images - 316MP
Automatic Level Compensation	
Range	± 5°
Accuracy	<3" = 0.3 mm @ 20 m
Environmental	
Operating Temperature	-20 °C to 50 °C (-4 °F to 122 °F)
Ingress Protection Rating	IP55 (dust protected and water jet)
Weight & Size	5.8 kg (12.78 lbs), 178 mm (W) x 353 mm (H) x 170 mm (D)
Controller	Trimble T10 Tablet with Trimble Field Link over WiFi or Cable
Integrated Calibration System ⁵	Full auto-calibration of range and angular systems in 25 seconds with no user interaction or targets

Trimble Field Link Features	
Trimble Registration Assist	X7's IMU that tracks scanner orientation when moving from one station to the next. Automatic registration, alignment and refinement ensure the scan data is right before leaving the field.
Scan & Model ⁶	Scan data can now be viewed with BIM model data for infield analysis.
Infield Georeference	Reference scan data to the project coordinate system.
Integrated Laser Pointer	Allows for collection of single point measurements as well as field layout workflows.
Export Formats	RCP, E57, LAS, PTX, RWP, TDX, TZF

1 On matte surface with normal angle of incidence
 2 Specification given as 1 sigma
 3 Albedo given @ 1550nm
 4 Including automatic leveling & calibration
 5 Laser Class 2, visible, 620-650 nm, for auto calibration
 6 See Field Link datasheet for info on BIM model and point data types
 Specifications subject to change without notice.



Contact your local dealer today

© 2019, Trimble Inc. All rights reserved. Trimble and the Globe & Triangle logo are trademarks of Trimble Inc., registered in the United States and in other countries. VISION is a trademark of Trimble Inc. Microsoft, and Windows are either registered trademarks or trademarks of Microsoft Corporation in the United States and/or other countries. All other trademarks are the property of their respective owners.

NORTH AMERICA
 Trimble Inc.
 10368 Westmoor Drive
 Westminster CO 80021
 USA

EUROPE
 Trimble Germany GmbH
 Am Prime Parc 11
 65479 Raunheim
 GERMANY
 +49-6142-2100-0 Phone
 +49-6142-2100-140 Fax

ASIA-PACIFIC
 Trimble Navigation
 Singapore Pty Limited
 80 Marine Parade Road
 #22-06, Parkway Parade
 Singapore 449269
 Singapore
 +65-6348-2212 Phone
 +65-6348-2232 Fax



Kuvio 9. Trimble X7 datasheet (Trimble 2020.)

5.1.3 Leica RTC360

Leica Geosystems'in RTC360 (Kuvio 10) on vertailukohteiden teknisesti suorituskykyisin laite (Taulukko 2). RTC360 keilainta operoidaan samalla Cyclone Field 360 -sovelluksella, kuin BLK360 mallejakin. Rekisteröintisovellus on myös sama kuin Kemin toimiston nykyinen Cyclone REGISTER 360 PLUS. 3D-mallin luomiseen käytetään samaa ohjelmaa kuin BLK360 mallissakin, 3DR. (Punkkinen & Joala. 2023.)



Kuvio 10. Leica RTC360 laserkeilain (Leica Geosystems 2023d.)

RTC360 parhaita ominaisuuksia on nopeus, kantama ja tarkkuus, verrattuna keilaimiin BLK360 sekä Trimble X7. Nopeus on 2 miljoonaa pistettä sekunnissa, mikä on melkein kolme kertaa nopeampi kuin uuden sukupolven BLK360 (680 000 pistettä sekunnissa). Tarkkuus 50 metrin keilausetaisyydellä on 6,4 mm, mutta toisaalta uuden sukupolven BLK360 pääsee 4 mm tarkkuuteen 10 metrin keilausetaisyydellä. Koska RTC360 on nopea ja suhteellisen tarkka pitkälläkin kantamalla, ja sen maksimikantama on 130 metriä, voidaan sillä keilata isoja kohteita nopeammin, kuin kummallakaan verroilla. RTC360 sisältää myös VIS ominaisuuden. Näistä ominaisuuksista päätellen RTC360 luultavasti vaatii laadukkaan pistepilven tuottamiseen vähemmän keskenään linkitettäviä keilauksia, kuin kumpikaan vaihtoehdoista, tämä säästää työaikaa ja vaivaa. (Punkkinen & Joala. 2023.)

Huonoja puolia RTC360 on korkeat kustannukset, niin hankinnan kuin lisenssien suhteen. Lisäksi se sietää kylmää miltei yhtä heikosti kuin Leican muutkin vaihtoehdot, vain -5 astetta (Kuvio 11).

Taulukko 2. Teknisten ominaisuuksien paremmuustaulukko laitteittain

	Leica RTC360	Trimble X7	BLK360
max range	X		
max scan rate pts/sec	X		
weight			X
accuracy	X		
operating temperature		X	
ingress protection		X	

X = best result

	RTC360	BLK360 G1	BLK360
DISTANCE MEASUREMENT SYSTEM			
Maximum range	130 m	60 m	45 m
Maximum scan rate	2 mio pts/sec	360,000 pts/sec	680,000 pts/sec
Selectable sensitivity levels	×	×	×
Resolution settings	3 (3/6/12 mm @ 10 m)	3 (5/10/35 mm @ 10 m)	4 (6/12/25/50 mm @ 10 m)
Laser class	1	1	1
Laser wavelength	1550 nm (invisible)	830 nm (invisible)	830 nm (invisible)
Tilt sensor, Tilt accuracy	IMU, 18 arcsec	IMU	IMU
3D accuracy	6.4 mm @ 50 m 12.5 mm @ 100 m	6 mm @ 10 m 8 mm @ 20 m	4 mm @ 10 m 8 mm @ 20 m
IMAGING SYSTEM			
Internal camera	✓	✓	✓
HDR	✓	✓	✓
External camera	×	×	×
IR camera	×	✓	×
ENVIRONMENTAL			
Operating temperature	-5°C to +40°C	+5°C to +40°C	0°C to +40°C
Solid particle/Liquid ingress protection	IP54	IP54	IP54
SURVEY/SETUP FUNCTIONALITY			
Quick orientation	×	×	×
Set azimuth	×	×	×
Known backsight	×	×	×
Resection	×	×	×
Auto resection	×	×	×
Traverse	×	×	×
REGISTRATION			
Onsite pre-registration (Cyclone FIELD 360)	✓	✓	✓
Cloud to cloud post-processing	✓	✓	✓
Target based post-processing	✓	✓	✓
GENERAL FUNCTIONALITY			
Onboard target acquisition	×	×	×
Check & Adjust	✓	×	×
One button scan control	✓	✓	✓
Scan area definition from video or scan	×	×	×
Batch job scanning	×	×	×
Double scan for moving objects removal	✓	×	×
Remote control	✓	✓	✓
UPGRADE OPTIONS			
Upgrade options	×	×	×
ADDITIONAL SENSORS			
IMU	✓	✓	✓
GNSS	✓	×	×
Altimeter	✓	×	×
Compass	✓	×	×
Visual Inertial System (VIS)	✓	×	✓
PORTABILITY			
Weight	5.3 kg	1.1 kg	0.85 kg
Size	120 x 240 x 230 mm	100 x 100 x 165 mm	80 x 80 x 155 mm

Kuvio 11. BLK360 G1, BLK360 ja RTC360 välinen vertailutaulukko (Leica Geosystems 2023a.)

5.2 Kustannuslaskennat

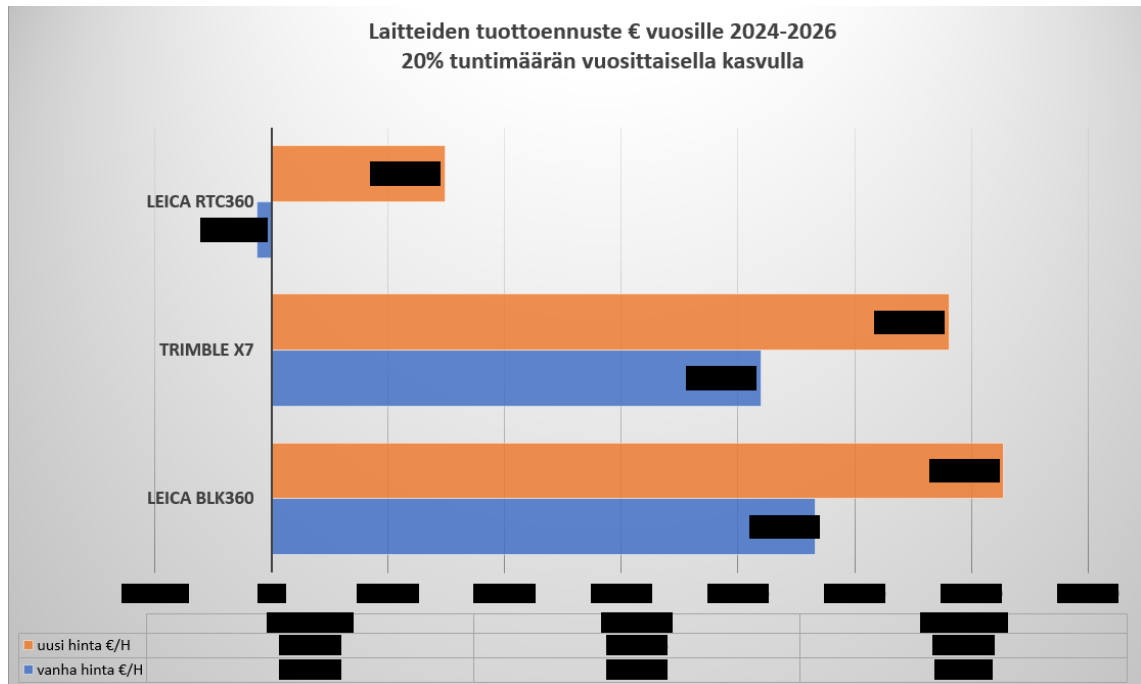
5.2.1 Kokonaistuoton vertailut laitteittain

Leasingsopimuksen sopimuskausi toimeksiantajan edellisen laserkeilaimen kohdalla on ollut 3 vuotta, sopimus on päättynyt ja laite on lunastettu. Uuden laitteen kohdalla voitaisiin mennä samalla kolmen vuoden sopimuskaudella. Koska laite on tarkoitus hankkia vuoden 2023 viimeisellä kvartaalilla, tarkastellaan laskelmissa kokonaisia vuosia ja lasketaan tuotot vuosille 2024-2026.

Laskelmien (Liite 5) tekeminen saatiin liikkeelle kolmen edellisen vuoden (2020-2022) keilaus ja pistepilven käsittelyyn laskutettujen tuntimäärien ohjaamana. Eri vuosina laskutettuja tuntimääriä vertailemalla saatiin selville vuosittaisten tuntimäärien nousutrendit, joista pystytään tekemään laskutettavien tuntimäärien ennusteita vuosille 2024-2026.

Kokonaistuoton laskelmissa on huomioitu laitteen hankintahinta sekä valmistaja-kohtaiset rekisteröintisovelluksen lisenssikustannukset. Nykyinen asiakasveloitushinta on hyvä ja kilpailukykyinen, joten laskelmat tehtiin sen mukaisesti. Laskelmiin otettiin myös toiseksi vaihtoehdoksi noin 22 % korotetulla uudella asiakasveloitushinnalla lasketut tuotot, mikäli halutaan lähteä kasvattamaan voittoa. Uusi hinta perustuu kustannusten nousun ja laitteiston teknologian kehittymiseen.

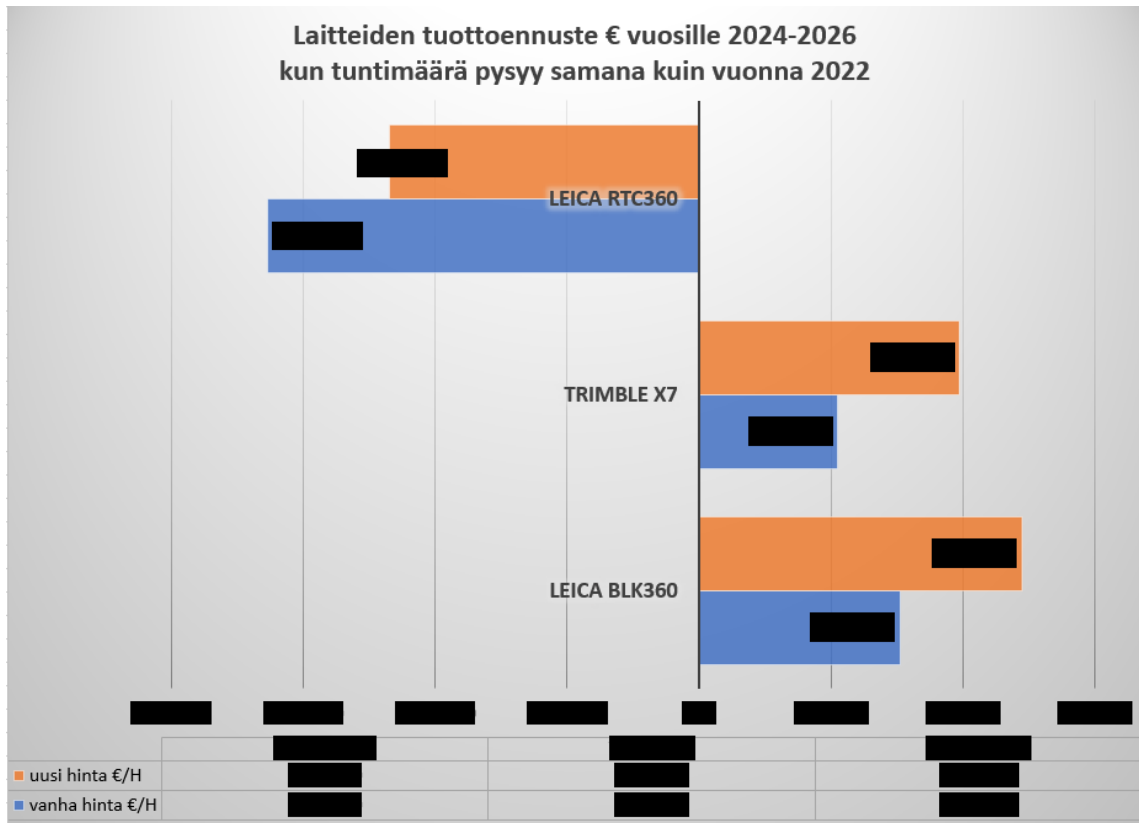
Aiempina vuosina laskutettuja tuntimääriä vertailemalla saatiin selville vuosittaisten tuntimäärien nousutrendit, joista pystytään tekemään ennusteita vuosille 2024-2026. Koska nousut olivat olleet aiempina vuosina niin suuria, valittiin realistisempi 20 % nousutavoite seuraaville vuosille. Laskelma on toteutettu vanhalla (sininen palkki) sekä uudella (oranssi palkki) asiakasveloitushinnalla (Kuvio 12).



Kuvio 12. Kolmen vuoden tuottoennuste vuosittain 20 % nousevalla laskutettavalla tuntimäärällä, kun laitteen hankintahinta ja pistepilven rekisteröintisovelluksen kustannukset on otettu huomioon

Kaaviosta (Kuvio 12) käy ilmi, että mikäli nousua tapahtuu vuosittain 20%, päästään vanhallakin laskutushinnalla Trimble X7:n ja Leica BLK360:n kohdalla hyvään tuottoon kolmen vuoden ajanjaksolla, uudella hinnalla tulos on 22% parempi. RTC360 taas jää vanhalla hinnalla tappiolle, mutta uudella hinnalla päästään tuottavan puolelle kolmen vuoden ajanjaksolla.

Laskelmiin otettiin myös toiseksi vaihtoehdoksi ikään kuin varmuuskertoimeksi laskelma (Kuvio 13), missä käytettiin jokaiselle vuodelle 2024-2026 samaa laskutustuntimäärää, kuin vuonna 2022 oli laskutettu. Tämä on hyvä ottaa huomioon ihan maailman tilanteenkin vuoksi.

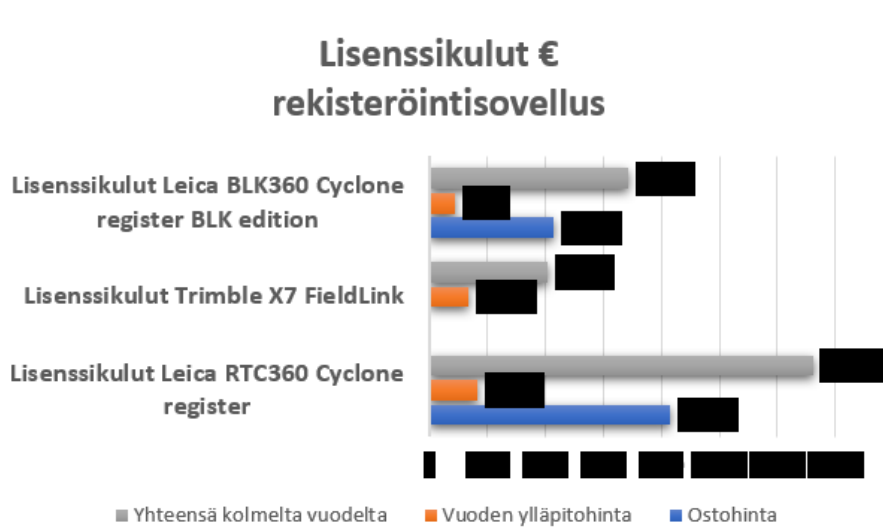


Kuvio 13. Kolmen vuoden tuottoennuste vuoden 2022 tason laskutettavalla tuntimäärällä, kun laitteen hankintahinta ja pistepilven rekisteröintisovelluksen kustannukset on otettu huomioon

Kaavioista (Kuvio 13) käy ilmi, että mikäli tuntimäärä pysyy vuoden 2022 tasolla jokaisen kolmen vuoden ajan, päästään siitä huolimatta hyvään tuottoon Trimble X7:n ja Leica BLK360 kohdalla. RTC360 taas menee tappiolle jopa uudella hinnalla, joten sen hankinnassa on kustannusmielessä riski tällä laskutusmäärällä.

5.2.2 Lisenssikustannusten vertailut laitteittain

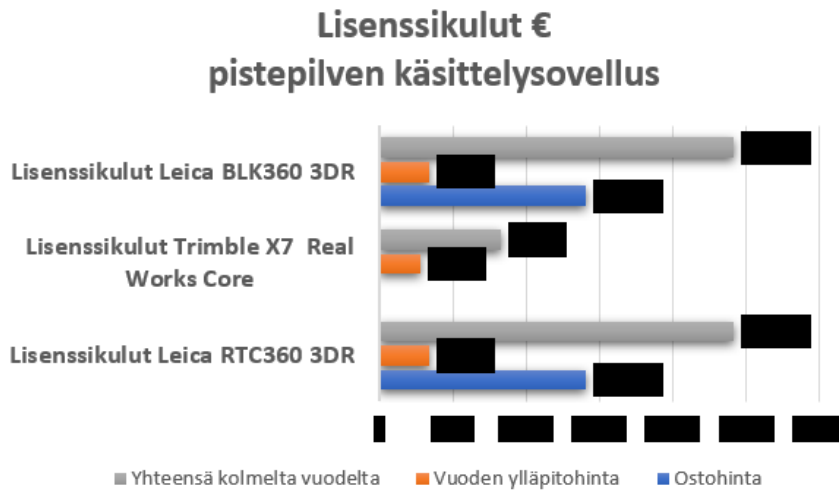
Leicalla ja Trimblellä oli eroavaisuuksia lisenssikustannuksien maksuvaihtoehtoissa, Leicalla oli eri vaihtoehtoja lisenssien lunastamiseen, näissä laskelmissa on käytetty Leican edullisinta vaihtoehtoa lunastaa lisenssit käyttöön. Trimblellä oli yksi selkeä vuosihinta kaikille lisensseille, eikä erikseen lisenssinhankintahintaa, kuten Leicalla (Kuvio 14).



Kuvio 14. Lisenssikulujen erot pistepilven rekisteröintisovelluksen osalta laitteittain

Rekisteröintisovellus on välttämättömyys, jotta keilauksesta saadaan muodostettua yhtenäinen pistepilvitiedosto. Kaaviosta (Kuvio 14) näkee kuinka paljon enemmän Leican rekisteröintisovellukset kustantavat verrattuna Trimbleen. RTC360:n kohdalla tarvitaan suorituskykyisempi versio rekisteröintisovelluksesta, ja se näkyy myös hinnassa.

Pistepilven käsittelyohjelma ei ole välttämättömyys, mutta siitä olisi huomattavaa etua, sillä se helpottaisi sekä nopeuttaisi työskentelyä Kemin toimiston nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Lisäksi sen avulla voitaisiin tarjota asiakkaille 3D-malleja.



Kuvio 15. Lisenssikulujen erot pistepilven käsittelysovelluksen osalta laitteittain

Kaaviosta (Kuvio 15) voidaan todeta, että Leican ja Trimblen pistepilven käsittelyohjelmien välinen kustannusero on merkittävä.

6 KÄYTTÖÖNOTTO- JA PEREHDYTYSSUUNNITELMAT

Käyttöönotto- (Liite 1) ja perehdytysuunnitelmat (Liite 2) tehdään opinnäytetyön aikana ohjeeksi yleisellä tasolla määrittelemättä laitetta ja ohjelmistoja. Suunnitelmat täydennetään laitteisto- ja ohjelmistokohtaisiksi, kun laitteisto hankitaan.

Käyttöönottosuunnitelmassa opastetaan käyttöönottoon liittyvät vaiheet ja vastuhenkilöt sekä aikataulu. Ensimmäinen vaihe on tarvittavien ohjelmistojen asentaminen keilaustiimin pc:lle ja keilaimen operointiin tarkoitettulle tabletille, sekä huolehtia, että lisenssit toimivat niissä. Tästä vastaa Etteplanin IT-tuki. Toinena vaiheena on laitevalmistajan järjestämä käyttöönottokoulutus. Käyttöönottokoulutuksen aikana tai sen jälkeen tulee keilaustiimin tehdä testiprojekti ja testata laitteen käyttö. Aikataulu käyttöönotolle on mahdollisimman pian hankinnan jälkeen, kun keilain saadaan toimitettua perille, ja kokonaisuudessaan siihen on hyvä varata yhdestä kahteen työpäivää.

Perehdytysuunnitelmassa opastetaan laitteiston ja ohjelmistojen käyttöä niin, että henkilön on helppo perehtyä laserkeilaamiseen kyseisellä laitteella, niin tabletin, keilaimen kuin pc:nkin osalta. Tarvittavat ohjelmistot opastetaan ohjelmistokohtaisesti, sekä niitä voidaan täydentää keilaustiimin toimesta sitä mukaa, kun esimerkiksi huomataan tärkeitä työkaluja, mistä muidenkin olisi hyvä tietää. Perehdytysuunnitelma toimii uuden työntekijän perehdyttämisessä laserkeilaamiseen kyseisellä laitteella ja koko keilaustiimiä varten ohjeena ja muistilistana. Perehdytysuunnitelmassa opastetaan käytäntö pistepilvitiedostojen tallentamisesta, jotta arkistointi on yhtenäistä ja laadukasta.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää toimeksiantajan tarpeet ja kriteerit uuden laserkeilauslaitteiston suhteen, selvittää niiden ohjaamana markkinoilla saatavilla olevat sopivat laitteistot ja vertailla niiden teknisiä ominaisuuksia sekä kustannuksia. Yhtenä tavoitteena oli myös yhtenäistää Etteplan Finland Oy:n kesken laserkeilauslaitteistot sekä käytänteet.

Opinnäytetyö valmistui suunnitellussa aikataulussa. Aikataulussa pysymistä helpotti suunnitteluvaiheessa luotu projektisuunnitelma. Opinnäytetyön tuloksena saatiin vertailut toimeksiantajan tarpeisiin sopivista laserkeilauslaitteistoista teknisien ominaisuuksien sekä kustannuksien osalta. Opinnäytetyössä ei oteta suoraan kantaa siihen, mikä laite toimeksiantajan tulisi hankkia, vaan esitän tässä pohdinta osuudessa oman näkemykseni asiasta.

Mielestäni sopivin valinta olisi Trimble X7, sillä sen käyttökustannukset ovat edulliset, sekä hankintahinta kohtuullinen. Silti laitteiston tekniset ominaisuudet ovat hyvää luokkaa ja tuote on suunniteltu nimenomaan työmaakäyttöön, mikä palvelee toimeksiantajaa. Laite kestää hyvin kylmiä sekä kuumia olosuhteita. Lisäksi laitteiston mukana tulee kaikki tarvittava: jyrävä kolmijalka, kaulanauhassa kuljettava tabletti ja kätevä kuljetusreppu. Näkemystäni tukee myös BuildingPoint Finlandin järjestämä demopäivä tapahtuma, missä päästiin testaamaan laitetta. Laitteen toimivuus pimeässä huoneessa oli vakuuttava. Tämä vastaisi toimeksiantajan tarpeita ja määrittelyjä hankittavan laitteen ominaisuuksista.

Toinen merkittävä hyöty laitteesta olisi Leicaan nähden huomattavasti edullisempi pistepilven käsittely ohjelma, millä pystytään tekemään pistepilvestä 3D-malli. Lisäksi sovellukseen on saatavilla Plant-moduuli, mikä sisältää työkaluja muun muassa putkien ja säiliöiden tunnistukseen ja automatiikkaa, joka muuttaa nämä tunnistetut muodot mesh -malliksi. Mikäli toimeksiantaja päätyy hankkimaan Trimble X7:n, saa se täyden hyödyn laserkeilauslaitteistosta kohtuulliseen hintaan. X7:n rinnalle kannattaa jättää myös nykyisen laitteen käyttölisenssit voimaan, sillä kustannus ei ole merkittävä. Näin saadaan kaksi laitetta käyttöön rikoantumisen tai suuremman kysynnän varalle.

Mikäli toimeksiantaja päätyy hankkimaan jommankumman Leican laitteistosta, ei sillä ole kuitenkaan kustannusmielessä kannattavaa hankkia Leican pistepilven käsittely ohjelmaa, sillä se on todella kallis. Silloin täysi hyöty laitteistosta jää saamatta. Leican laitteisiin ei myöskään kuulu tablettia. Lisäksi Leican laitteet eivät siedä kylmää.

Tätä opinnäytetyötä voidaan hyödyntää hankintaprosessissa investoinnin esiselvitystyönä. Laitteiden kustannukset ja tekniset ominaisuudet tulevat tässä opinnäytetyössä selkeästi ilmi ja toimeksiantajalla on sen perusteella hyvät edellytykset tehdä valinta laitteesta ja viedä hankintaprosessi eteenpäin.

Opinnäytetyön tavoitteet täyttyivät. Laitteistojen ja käytänteiden yhtenäistäminen Etteplan Finland Oy:n kesken otettiin huomioon valitsemalla vaihtoehtoiksi muiden toimipisteiden suosimaa valmistajaa, Leicaa. Hankinnasta päättävällä toimella on näin mahdollisuus yhtenäistää laitteisto halutessaan.

LÄHTEET

Anttila, T & Tikka, T. 2023. BuildingPoint Finland. Luento demotapahtumassa Trimblen uudet ratkaisut mittaamiseen, laserkeilaukseen ja lisättyyn todellisuuteen. 27.1.2023.

Anttila, T. 2023. Tarjouspyyntö laserkeilainpaketista/Etteplan Finland Oy, Kemi. 19.01.2023. Viestin saaja: Jasna Laukkanen.

Etteplan 2023. About us. Viitattu 17.2.2023. <https://www.etteplan.com/about-us>

Hotakainen, M. 2015. Tieteessä tapahtuu. Laser mallintaa maailmaa. Viitattu 17.2.2023. <https://www.tieteessatapahtuu.fi/kategoriat/arkistosta/12015/laser-mallintaa-maailmaa>

Ingeo Oy 2023. Tähys laserskannerille. Viitattu 4.4.2023. <https://www.ingeo.fi/tuotteet.html?id=74/301>

Keittaanniemi, A. 2021. BuildingPoint Finland. Mikä on pistepilvi ja mihin sitä käytetään talonrakentamisessa? Viitattu 17.2.2023. <https://buildingpointfinland.fi/mika-on-pistepilvi-ja-mihin-sita-kaytettaan-talonrakentamisessa/>

Leica Geosystems AG – Part Of Hexagon 2023a. 3D Laser Scanner Comparison Chart. Viitattu 4.4.2023. <https://leica-geosystems.com/products/laser-scanners/scanners/laser-scanner-comparison-chart>

Leica Geosystems AG – Part Of Hexagon 2023b. Laserkeilaimet. Viitattu 4.4.2023. <https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/laser-scanners>

Leica Geosystems AG – Part Of Hexagon 2023c. Leica Cyclone ENTERPRISE. Viitattu 4.4.2023. <https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/laser-scanners/software/leica-cyclone/leica-cyclone-enterprise?redir=w222>

Leica Geosystems AG – Part Of Hexagon 2023d. Leica RTC360 3D-laserskanneri. Viitattu 4.4.2023. <https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/laser-scanners/scanners/leica-rtc360>

Neopoint Oy 2023. 3D-mallinnus. Viitattu 3.4.2023. <https://www.neopoint.fi/fi/palvelut/3d-mallinnus>

Punkkinen, E & Joala, V. 2023 Leica Geosystems. Esitys Leica laserkeilaimet ja ratkaisut – Etteplan teams-kokouksessa. 7.2.2023.

Punkkinen, E. 2023. Tarjous Leica RTC360 laserkeilaimesta. 30.01.2023. Viestin saaja: Jasna Laukkanen.

Trimble Field Technology 2020. Datasheet – Trimble X7 3D Laser Scanner. Viitattu 4.4.2023. <https://fieldtech.trimble.com/resources/product-guides-brochures-datasheets/datasheet-trimble-x7-3d-laser-scanner>

LIITTEET

Liite 1. Käyttöönottosuunnitelma

Liite 2. Perehdytysuunnitelma

Liite 3. Tarjous Leica (salassa pidettävä)

Liite 4. Tarjous Trimble (salassa pidettävä)

Liite 5. Kustannuslaskelmat (salassa pidettävä)

Laserkeilauslaitteiston

Käyttöönottosuunnitelma

Laukkanen Jasna
Kemi
17.3.2023

Laserkeilauslaitteiston

17.3.2023

Käyttöönottosuunnitelma

1	JOHDANTO	2
2	KÄYTTÖÖNOTTOVAIHEEN YLEISKATSAUS	2
	2.1.1 Käyttöönoton jälkeen	2
	2.1.2 Käyttöönoton henkilöstö.....	2
	2.1.3 Henkilöstön perehdytys.....	2
	2.1.4 Käyttöönoton aikataulu	2
3	TIEDOTTAMINEN.....	2
4	JÄRJESTELMÄTUKI	2

1 Johdanto

Tämän materiaalin tarkoitus on opastaa uuden laserkeilauslaitteiston käyttöönotto. Käyttöönottosuunnitelmaa täydennetään hankintapäätöksen jälkeen.

2 Käyttöönottovaiheen yleiskatsaus

1. Tarvittavien ohjelmistojen ja lisenssien asentaminen/päivittäminen pc:lle ja tablettiin – vastuhenkilö: IT-osaaja Etteplan
2. Käyttöönottokoulutus laitevalmistajalta – vastuhenkilö: laitteiston myyjä järjestää kouluttajan
3. Testiprojekti – vastuhenkilö: keilaustiimi Etteplan

2.1.1 Käyttöönoton jälkeen

Käyttöönoton jälkeen noudatetaan perehdytysuunnitelmassa määritettyjä ohjeita uusien projektien ja pistepilvien tallentamisen suhteen

2.1.2 Käyttöönoton henkilöstö

IT-osaaja, keilaustiimi, laitevalmistajan kouluttaja.

2.1.3 Henkilöstön perehdytys

Henkilöstön perehdytykseen laaditaan oma perehdytysuunnitelma.

2.1.4 Käyttöönoton aikataulu

Käyttöönotto tapahtuu mahdollisimman nopeasti hankinnan jälkeen, kun uusi laitteisto toimitetaan perille. Lisenssit ja ohjelmistot voidaan asentaa etukäteen, kun hankintapäätös on tehty.

3 Tiedottaminen

Laitteen hankintapäätöksestä ja aikataulusta informoidaan keilaustiimiä, tiedonkulusta vastaa osastopäällikkö.

4 Järjestelmätuki

Tuesta vastaa Etteplanin IT-osaaja sekä laitevalmistajan yhteyshenkilö.

Laserkeilaus

Perehdytys suunnitelma

Laukkanen Jasna
Kemi
17.3.2023

Laserkeilaus

17.3.2023

Perehdytysuunnitelma

1	JOHDANTO	2
2	LAITTEISTON KÄYTTÄMINEN	2
2.1	TABLETTI	2
2.2	KEILAIN.....	2
2.3	PC	2
3	OHJELMISTOJEN KÄYTTÄMINEN	2
3.1	REKISTERÖINTISOVELLUS	2
3.2	PISTEPILVEN KÄSITTELYSOVELLUS	2
4	PISTEPILVEN TALLENNUS	2
5	MUISTILISTA.....	2
6	KÄYTTÄJÄTUNNUKSET	2

17.3.2023

1 Johdanto

Tämän materiaalin tarkoitus on opastaa laserkeilauslaitteiston ja -ohjelmistojen käyttöä, yhtenäistää toimintatapoja ja hallita datan arkistointia. Perehdytysuunnitelma täydennetään laitteen hankinnan jälkeen ja sitä ylläpidetään keilaustiimin toimesta.

2 Laitteiston käyttäminen

2.1 Tabletti

2.2 Keilain

2.3 PC

3 Ohjelmistojen käyttäminen

3.1 Rekisteröintisovellus

3.2 Pistepilven käsittelysovellus

4 Pistepilven tallennus

5 Muistilista

6 Käyttäjätunnukset