



KMTK
Kansallinen
maastotietokanta

Kansallinen maastotietokanta

Suosituksia viistoilmakuvatuotteiden ja 360-mobiilikartoituskuvien valintaan ja tilaamiseen



Esipuhe	2
1. Johdanto	2
2. Kuvausteknologiat ja kuvatuotteet	3
2.1 Kuvausteknologiat	3
2.2 Kuvatuotteet.....	4
3. Käyttötapaukset	6
3.1 Viistoilmakuvien käyttötapaukset	6
3.2 360-mobiilikartoituskuvausten käyttötapaukset	7
3.3 Käyttötapauksen luokittelu.....	7
4. Laatumittarit.....	7
4.1 Geometrinen tarkkuus.....	8
4.2 Radiometrinen laatu.....	9
4.3 Spatiaalinen erotuskyky.....	10
4.4 Kuvien häiriöt.....	10
5. Laatusuositukset viistoilmakuvaukselle	11
5.1 Kuvauskalusto.....	11
5.2 Kuvauslennon laatu	11
5.2.1 Kuvaustoleranssit	11
5.2.2 Spatiaalinen erotuskyky.....	12
5.2.3 Radiometrinen laatu	12
5.2.4 Kuvilla esiintyvät häiriöt	13
5.3 Orientoitujen ilmakuvien laatu.....	13
6. Laatusuositukset 360-mobiilikartoituskuvaukselle	13
6.1 Kuvauskalusto.....	13
6.2 Kuvankeruun laatu.....	14
6.2.1 Kuvaustoleranssit	14
6.2.2 Spatiaalinen erotuskyky.....	14
6.2.3 Radiometrinen laatu	14
6.2.4 Kuvilla esiintyvät häiriöt	15
6.3 Orientoitujen kuvien laatu.....	15
7. Henkilötietosuoja (GDPR)	15
8. Mittaustuotteet	16
8.1 Viistokuvat	16
8.2 360-mobiilikartoituskuvat	16
9. Kuvausten tilaaminen	16
Liitteet:	16

Esipuhe

KMTK-Uudet kuvamittausteknologiat (KMTK-UTEK/es) oli vuosina 2018-2019 käynnissä ollut Maanmittauslaitoksen esiselvitysprojekti. Projekti kuuluu kansallisen maastotietokanta -hankkeeseen (KMTK), joka puolestaan on Paikkatietoalusta-hankkeen (PTA) osahanke. PTA-hanke pyrkii yhtenäistämään kuntien, maakuntien ja valtion paikkatiedot ja tuomaan ne yritysten ja yhteisöjen käyttöön. KMTK-osahanke luo Suomeen digitaalisen, yhtenäisen ja nykypäivän tarpeita vastaavan paikkatietovarannon - kansallisen maastotietokannan.

KMTK-UTEK/es-hankkeessa selvitettiin miehitetyistä lentokoneista tehtävän viistoilmakuvauksen ja ajoneuvoista tehtävän 360-mobiilikartoituskuvauksen käyttöä tiedonlähteinä paikkatiedon tuotannossa kunnissa osana kansallista maastotietokantaa. Projektin keskeinen tavoite oli suositusten antaminen uusiin kuvamittausteknologioihin perustuvaa kuvatuotantoa ja -tilausta varten. Suositusten tarkoitus on auttaa kuntia uusien tekniikoiden käyttöönotossa helpottamalla tehtäviin sopivien aineistojen tuotantoa, valintaa ja tilausta. Erityisesti keskeisiä tavoitteita ovat selvittää viistoilmakuvauksen ja 360-mobiilikartoituskuvauksen käyttötapaukset sekä määrittellä kuhunkin käyttötapaukseen soveltuvat aineistot.

Projektin aikana tehtiin yhteistyötä erityisesti kuntien mittaus- ja kiinteistötoimen sekä kaavoituksen kanssa käyttötapauksien osalta ja koetöissä.

Suositukset on laatinut työryhmä Eija Honkavaara, Teemu Mielonen, Ehsan Khoramshahi ja Tomi Rosnell.

1. Johdanto

Paikkatiedon tuottamisessa käytettävä kuvaustekniikka on kehittynyt nopeasti viime vuosina. Perinteisen pystyilmakuvauksen ohella tärkeiksi teknologioiksi ovat kohonneet viistoilmakuvaus sekä maanpäällä liikkuvilta alustoilta tehtävä 360-mobiilikartoituskuvaus. Nämä tekniikat mahdollistavat ympäristön kokonaisvaltaisemman ja yksityiskohtaisemman tarkastelun. Miehitettömiin lentolaitteisiin perustuva ilmakuvaus on myös kiinnostava vaihtoehto kaupunkien kartoitustehtäviin, mutta tämä tekniikka ei sisälly näihin suosituksiin.

Sekä viisto- että maastokuvauksen ensimmäiset käyttötapaukset ovat perustuneet lähinnä visuaaliseen tarkasteluun, esimerkkeinä kaupunkien viistoilmakuvaukset tai Googlen Streetview kuvaukset. Viistoilmakuvien hyödyntämisessä ollaan siirtymässä kohti mittauskäyttöä. Mittaus voi tapahtua yksikuva- tai monikuvamittauksena ja tuloksena voi olla mm. vektoritietoa, pistepilviä, ortokuvia tai kaupunkimalleja. 360-mobiilikartoituskuvat ovat viistokuvia uudempi tietolähde kunnissa. 360-mobiilikartoituskuvien avulla voidaan mm. kartoittaa tiestöä, tuottaa tietoa kadun rakenteista, tienpinnasta ja -kuljettavuudesta, tunnistaa erilaisia kohteita, kuten liikennemerkkejä, sekä tuottaa tietoa rakennusten seinistä sekä kasvillisuudesta.

Keskeiset kuva-aineistojen käytettävyyteen ja laatuun vaikuttavat tekijät ovat sensorijärjestelmän laatu, sensori- ja järjestelmäkaliibrointi, mittausalustan paikannus ja orientointi GNSS/IMU-tekniikoilla sekä kuvien orientointi. Tässä suosituksissa esitetään keskeisille tunnistetuille käyttötapaukselle suositellut menetelmät.

Suosituksen rakenne on seuraava. Kappaleessa 2 tarkastellaan lyhyesti uusia sensoritekniikoita sekä näistä tuotettavia lopputuotteita. Kappaleessa 3 tarkastellaan uusien aineistojen käyttötapauksia. Kappaleessa 4 määrittellään kuvatuotteiden laadun mittarit. Seuraavaksi esitellään suositellut kuvatuotantomenetelmät viistoilmakuvauksille Kappaleessa 5 ja 360-mobiilikartoituskuvaukselle Kappaleessa 6. Lopuksi Kappaleessa 7 täsmennetään käyttötapauksittain aineistojen laatusuositukset.

2. Kuvausteknologiat ja kuvatuotteet

2.1 Kuvausteknologiat

3D-ympäristötiedon tarve on viime vuosina kiihdyttänyt tehtävään soveltuvien sensoriteknologioiden kehittymistä. Ilmaviistokuvausta ja 360-mobiilikartoituskuvausta voidaan tehdä tavallisilla kuluttajakameroilla, mutta tehokkuuden ja laadun varmistamiseksi tehtävää varten on kehitetty useita kameroita yhdistäviä erikoiskameroita. Kuvaussensoreiden ohella paikannusteknologiat (GNSS/IMU) ja sensorikalibrointi ovat tärkeä osa aineistojen tehokasta prosessointia ja hyödyntämistä. Tarkasti georeferoidut aineistot voidaan yhdistää muihin paikkatietoaineistoihin.

Ilmaviistokuvauksessa suosittu sensorimalli tehokkaassa kartoitusprosessissa on ns. Maltan risti-ratkaisu, jossa yksi kamera katsoo alaspäin ja muut neljä kameraa katsovat eteen, taakse ja molemmille sivuille (Kuva 1). Usein viistokuvausta tehdään myös yksittäisillä kameroilla.



KUVA 1. FIGURE 1, ILMAVIISTOKUVAUKSESSA USEIN KÄYTETTÄVÄ MALTAN RISTI-PERIAATE (VASEMMALLA) JA FAIRCILD T3A KUVISTA OIKAISTU MOSAIKKI. (B) ULTRACAM OSPREY VIISTOIULMAKUVAKAERA. (LÄHDE: MATHIAS LEMMENS, DIGITAL OBLIQUE AERIAL CAMERAS, APRIL 2014, GIM INTERNATIONAL.)

Mobiilikartoituskuvauskamerat voidaan luokitella neljään pääluokkaan: (1) pyöriväpäiset kameralat, (2) monioptiikkaiset kalansilmäkamerat, (3) monioptiikkaiset projektiiviset kameralat sekä (4) katadioptriset kameralat. Esimerkkejä monioptiikkaisesta projektiivisesta kamerasta sekä kalansilmäkamerasta esitetään Kuva 2:ssa.



(A)

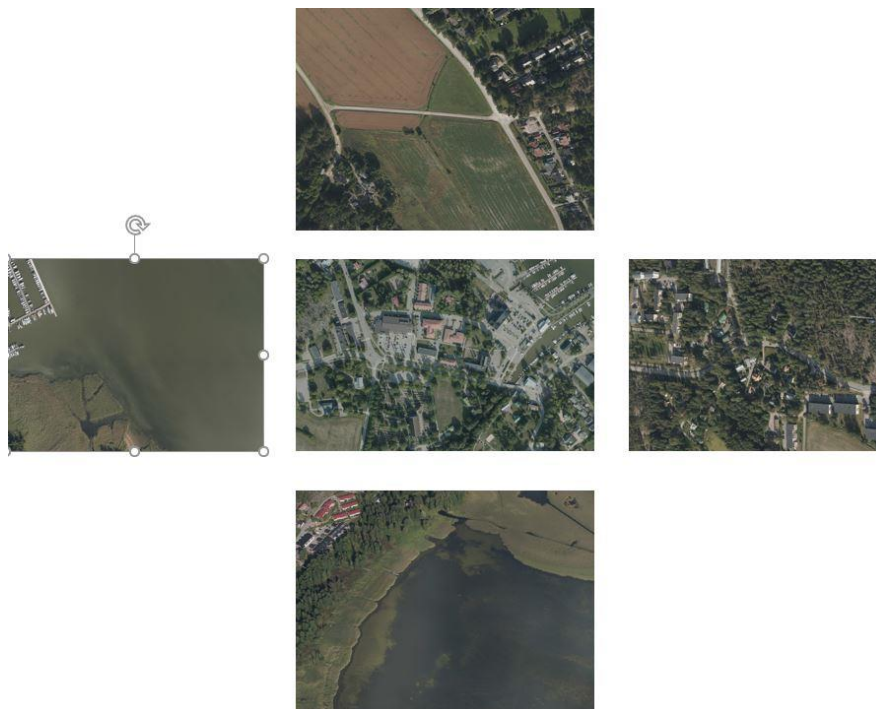


(B)

KUVA 2. (A) PAIKKATIETOKESKUKSEN MOBIILIKARTOITUSJÄRJESTELMÄ: LADYBUG 5+, NOVATEL IMU-ISA-100C JA NOVATEL VEXXIS GNSS-850 SATELLIITTI ANTENNI ASENNETTUNA KATTOTELINEELLE. GNSS VASTAANOTIN SEKÄ OPEROINTI- JA TALLENNUSTIETOKONEET OVAT AUTON SISÄLLÄ (KUVA: HARRI KAARTINEN). (B) HENKILÖKOHTAINEN MOBIILIKARTOITUSSYSTEEMI: (A) KANTOALUSTA JA SENSORIT; (B) YLÄNÄKYMÄ ALUSTASTA SISÄLTÄEN 360-KALANSILMÄKAMERA JA GPS VASTAANOTIN; (C) NAVIGOINTISENSORIT; SEKÄ (D) ESIMERKKI METSÄN KARTOITUKSESTA. (LÄHDE: CAMPOS, M.B.; TOMMASELLI, A.M.G.; HONKAVAARA, E.; PROL, F.D.S.; KAARTINEN, H.; EL ISSAOUI, A.; HAKALA, T. A BACKPACK-MOUNTED OMNIDIRECTIONAL CAMERA WITH OFF-THE-SHELF NAVIGATION SENSORS FOR MOBILE TERRESTRIAL MAPPING: DEVELOPMENT AND FOREST APPLICATION. SENSORS 2018, 18, 827.)

2.2 Kuvatuotteet

Riippuen järjestelmän toteutuksesta, kerätyt kuvat saadaan yksittäisinä kuvina tai mosaiikeiksi tai panoraamoiksi laskettuina. Esimerkkejä kuva-aineistoista esitetään Kuva 3:ssa. Erityisesti viistoilmakuvauksesta tuotetaan myös 3D pistepilviä joita voidaan hyödyntää sellaisenaan esim. visualisointiin ja vektoritiedon irrotukseen sekä Mesh-malleja, joita erityisesti käytetään visualisointitarkoituksiin (Kuva 4). Mobiilikartoituskuvaussessa pistepilvet usein tuotetaan laserkeilauksella.



(A)



(B)



(C)

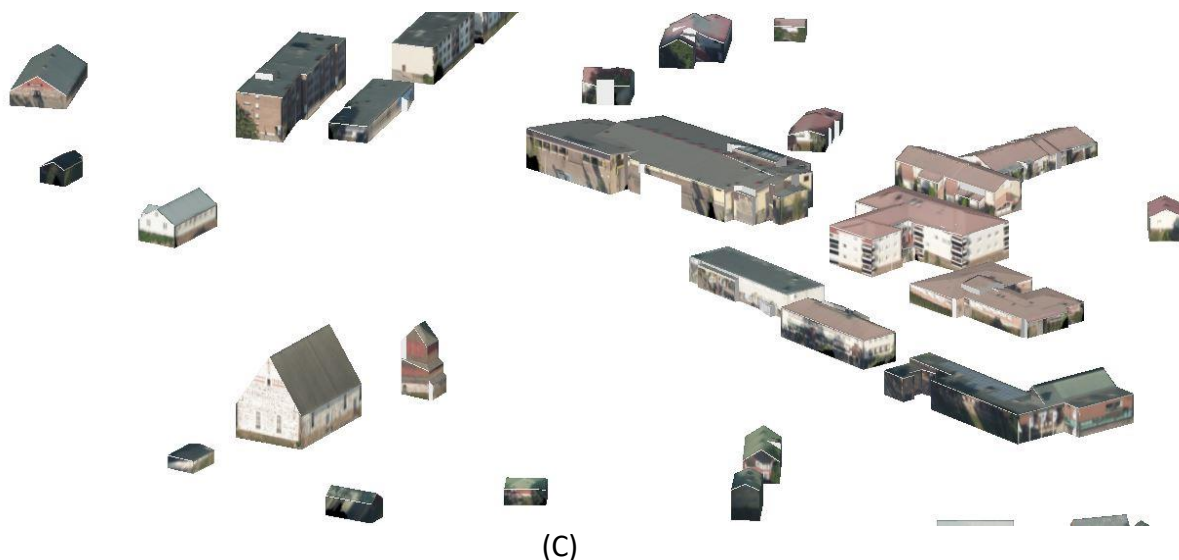
KUVA 3. (A) ULTRACAM OSPERY:N YHDELLÄ KUVANOTOLLA KERÄÄMÄT PYSTYKUVA (KESKELLÄ) JA NELJÄ VIISTOKUVAA. (B) LADYBUG 5+ MULTIKAMERAN KERÄÄMÄT VIISI KUVAA SEKÄ (C) YHDISTETTY PANORAAMAKUVA.



(A)



(B)



KUVA 4. (A) ULTRACAM OSPREY KUVISTA TUOTETTU RGB-VÄREILLÄ VÄRJÄTTY PISTEPILVI, (B) MESH-MALLI SEKÄ (C) PISTEPILVIAINEISTOSTA JOHDETTU VEKTORIMALLI.

3. Käyttötapaukset

Käyttötapausselvitys tehtiin kuntahaastatteluina sekä laajempaa näkökulmaa selvitettiin KMTK-PALKO/ko -projektin yhteydessä tehdyssä kuntakyselyssä. Käyttötapausselvityksen tarkoituksena oli selvittää viistoilmakuvien ja 360-mobiilikartoituskuviin käyttötappauksia ja kokemuksia niiden käytöstä. Kuntahaastattelut tehtiin Helsingin, Espoon ja Vantaan kunnissa, joilla oli kokemuksia näiden aineistojen käytöstä. Kuntakyselyyn osallistui 50 kattavasti ympäri Suomen jakautunutta kuntaa.

Kuntakyselyn perusteella 36/50 (72 %) vastanneista kunnista on käytössä viistoilmakuvia ja/tai 360-kuvia. Kaikilla kyllä-vastauksen antaneilla oli viistoilmakuvia käytössä. 360-kuvia on käytössä tai ollut testissä ainakin 13/50 kunnassa (26 %). Uudet kuvamittausteknologiat ovat siis laajasti kuntien käytössä etenkin viistoilmakuvauksen osalta. Kuva-aineistoja on enemmän käytössä isoimmissa kunnissa, minkä voidaan olettaa johtuvan isompien kuntien suuremmista resursseista. Yksittäiset pienetkin kunnat ovat ottaneet viistoilmakuvia käyttöön. Pienten kuntien mahdollisuudet hyödyntää uuden kuvamittausteknologian tarjoamaa kuva-aineistoa paranevat miehitettyjen lentolaitteiden yleistymisen ja edullisten hintojen vuoksi.

Kuntahaastattelujen tulosten perusteella kuvamateriaali on laajasti yhteiskäytössä kuntien eri osastojen välillä. Mittaustoimen lisäksi tunnistettiin yleisesti seuraavat kuva-aineistojen käyttäjäryhmät: kiinteistönmuodostus, rakennusvalvonta, kadunrakennus ja liikenteen suunnittelu, kaavoitus sekä ympäristöpalvelut. Kuvat ovat laajasti kunnan työntekijöiden saatavilla, joten haastateltavat olettivat kuva-aineistojen hyödyntäjiä olevan vielä huomattavasti useammalla osastolla.

3.1 Viistoilmakuvien käyttötappaukset

Viistoilmakuvien pääkäyttökohde on kaupunkimallien luominen. Mesh-malli ja kaupunkimallin teksturointi ovat olennaisimmat jatkopalaukset viistoilmakuville. Yksi merkittävä käyttötarkoitus on eri kohteiden (esimerkiksi rakennusten) seuranta ja valvonta, mikä tapahtuu viistoilmakuvien visuaalisella tarkastelulla. Pelkällä kohteiden visuaalisella tarkastelulla viistoilmakuvilta pystytään vähentämään maastokäyntejä. Viistoilmakuvia on lisäksi käytössä suunnittelun apuna (kaavoitus, infrahankkeet ja kunnallistekniset hankkeet), vektoroinnissa, viheralueiden hallinnassa, ympäristönsuojelussa, rakennusmittauksissa ja markkinoinnissa. Lisäksi viistoilmakuvauksista on tehty ortokuvia ja/tai tosi-ortokuvia. Haastattelujen ja kuntakyselyn perusteella viistoilmakuvauksien käyttötappauksien määrä vaihteli paljon kuntien välillä.

Suurimmassa osissa kunnista, etenkin jos viistoilmakuva-aineistoa on käytössä koko kunnan alueelta, on viistoilmakuva-aineisto useamman kuin yhden kunnan osaston käytössä.

Tiivistetyksi käyttötapaukset ovat seuraavia:

- Mesh-malli (kuorimalli)
- Kaupunkimallin teksturointi
- Suunnittelun tukena (kaavoitus, infrahankkeet, kunnallistekniset hankkeet)
- Kohteiden seuranta ja valvonta (mm. rakennukset)
- Ortokuvien/tosi-ortokuvien tuottaminen
- Markkinointi
- Viheralueiden hallinta (ympäristönsuojelu)
- Vektorimallinnus
- Rakennusmittaukset

3.2 360-mobiilikartoituskuvausten käyttötapaukset

360-kuville havaittiin kaksi selkeää ja merkittävää käyttökohdetta. Yksi käyttökohde on kohteiden visuaalinen seuranta ja valvonta, millä vähennetään virkamiesten maastokäyntejä. Toinen käyttökohde on infraomaisuuden kartoitus ja hallinta. Haastattelujen ja kuntakyselyn perusteella 360-kuvia ei käytetä infraomaisuuden hallintaan kaikissa kunnissa, joissa kuva-aineistoa olisi saatavilla.

360-mobiilikartoituskuvaus

- Kohteiden seuranta ja valvonta
- Infraomaisuuden kartoitus ja hallinta

3.3 Käyttötapausten luokittelu

Käyttötapaukset luokitellaan metrisiin ja ei-metrisiin sovelluksiin Taulukko 1:ssä. Luokkien suurin ero on että metrisissä sovelluksissa suositellaan käytettäväksi järeämpiä laitteistoja. Osa käyttötapauksista on sijoitettu molempiin luokkiin ja käyttäjä päättää käytön perusteella mihin luokkaan käyttötapaus kuuluu. Mikäli aineistosta suoritetaan mittauksia tai jos halutaan seurata kohteen muuttumista, usein on suositeltavaa noudattaa metristen sovellusten suosituksia.

TAULUKKO 1 KÄYTTÖTAPAUSTEN LUOKITTELU.

	Käyttötapaus	Metrisen	Ei-metrisen
	Mesh-malli	x	
	Kaupunkimallin teksturointi	x	
	Suunnittelu (kaavoitus, infrahankkeet, kunnallistekniset hankkeet)	x	
	Kohteiden seuranta ja valvonta (mm. rakennukset)	x	x
	Orto- ja tosiortokuvat	x	
	360-panoraamakuvat	x	x
	Vektorimallinnus	x	
	Rakennusmittaukset	x	
	Infraomaisuuden kartoitus ja hallinta	x	
	Viheralueiden hallinta		x
	Markkinointi		x

4. Laatumittarit

Fotogrammetrisessä kartoituksessa laatumittarit voidaan jaotella geometriseen, radiometriseen ja spatiaaliseen laatuun sekä muihin häiriötekijöihin. Seuraavissa kappaleissa esitetään mittarit, joilla näitä

laatutekijöitä voidaan mitata. Mittarit perustuvat lähteeseen ”Kansallisen maastotietokannan laatumalli: ilma- ja ortokuvat”

(https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2017/05/KMTK_ilmakuvalaatukasikirja_2017-01-02.pdf).

4.1 Geometrinen tarkkuus

Geometrinen tarkkuus voidaan määrittää kunkin koordinaattiakselin suuntaisena erikseen (koordinaattivirhe), tasokoordinaattien tarkkuutena (2D tarkkuus, pistevirhe) tai 3D koordinaattien tarkkuutena. Geometrisen tarkkuuden mittareita ovat tarkistettavaa aineistoa tarkemmilla referenssipisteillä määritettävä koordinaattivirhe, pistevirhe, systemaattinen virhe, satunnainen virhe, kokonaisvirhe sekä ns. ympyrävirhe (Circular error), orto- ja panoraamakuvilla epäjatkuvuus mosaiikkisaumalla sekä pistepilvien laatuindikaattorit (Taulukko 2).

TAULUKKO 2 GEOMETRISEN TARKKUUDEN LAATUMITTARIT.

Laatumittari	Laskentakaava
Koordinaattivirhe lasketaan kunkin koordinaattiakselin suunnassa vertaamalla aineistosta määritettyä koordinaattia (havainto) tarkempaan referenssikoordinaattiin.	$dX_i = X_{havainto_i} - X_{ref_i};$ $dY_i = Y_{havainto_i} - Y_{ref_i}; dZ_i = Z_{havainto_i} - Z_{ref_i}$
Systemaattista virhettä kuvaa otoskeskiarvo, joka lasketaan tarkistuspisteillä lasketuista koordinaattivirheistä. n=tarkistuspisteiden lukumäärä.	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n dX_i; \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n dY_i;$ $\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n dZ_i,$
Satunnaista virhettä kuvaa koordinaattivirheistä laskettu otoskeskihajonta (s_x, s_y, s_z).	$s_x = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}; s_y = \sqrt{\frac{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}};$ $s_z = \sqrt{\frac{\sum(Z_i - \bar{Z})^2}{n-1}}$
Kokonaisvirhe , eli neliöllinen keskiarvo (RMSE; root-mean-square-error) lasketaan koordinaattivirheistä.	$RMSE_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n dX^2}; RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n dY^2}; RMSE_z = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n dZ^2}$
Pistevirhe (2D-virhe)	$RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$
3D-virhe	$RMSE_{3D} = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2 + RMSE_z^2}$
Jos $RMSE_x = RMSE_y$, niin säteittäinen kokonaisvirhe on	$RMSE_r = 1,4142 * RMSE_x = 1,4142 * RMSE_y$
Pistevirhe CE90 kuvaa tilannetta, jossa 90 % virheistä on tämän ympyräsäteen sisäpuolella, ja vastaavasti CE95 antaa 95 % ympyrävirheen.	$CE90 = 2,146 * RMSE_r,$ $CE95 = 2,4477 * RMSE_r$
Otoksen 95% luottamusväli lasketaan	$[\bar{X} - 1,96 s / \sqrt{n}, \bar{X} + 1,96 s / \sqrt{n}].$
Epäjatkuvuus mosaiikin/panoraamamosaiikin saumalla	dm_x, dm_y ; Epäjatkuvuus mosaiikkisaumalla kuvan x- ja y-koordinaattiakselien suunnassa (dm_x ja dm_y) arvioidaan jatkuvissa kohteissa (esim. tie, oja, rakennuksen seinä).

Pistepilven tiheys	PC_{dens} ; Pistepilven tiheys (pistettä/m ²) lasketaan erilaisille kohteille (esim. tienpinta, nurmikenttä, sileä rakennuksen katto tai seinä)
Pistepilven kohina	PC_{noise} ; Tasaisilla kohteilla laskettu pistepilven keskihajonta (esim. sileä rakennuksen katto tai seinä, tienpinta).

4.2 Radiometrinen laatu

Kuvausensorin ominaisuudet spektraaliherkkyys, pikselisyvyys, dynamiikka, sävyntoisto ja radiometrinen tarkkuus vaikuttavat voimakkaasti kuvien radiometriseen laatuun (Taulukko 3). Sensorin ohella kohde, kuvausolosuhteet ja valotusasetukset määrittävät kuvien radiometrisen laadun, joten on tarpeen mitata kuvien toteutunut radiometrinen laatu kuvien histogrammien avulla. Käytettäviä histogrammien laatumittareita ovat tehokkuus-, 99 % -tehokkuus-, 0-saturaatio, maksimisaturaatio, tukkeutuminen ja puhkipalaminen, mutta toistaiseksi viisto- ja 360-mobiilikartoituskuvauksen osalta ei ole tarvittavaa kokemusta toleranssien määrittämistä varten.

TAULUKKO 3. ILMAKUVASENSORIN RADIOMETRISET LAATUMITTARIT

Laatua kuvaava mittari Selitys	
Spektraali herkkyys	Spektraali herkkyys kertoo millä spektrin alueella kuvat on kerätty. Fotogrammetriset kamerat tyypillisesti ovat ns. multispektraaleja kameroita, jotka keräävät kuvia sinisen (B), vihreän (G), punaisen (R) ja lähi-infrapun (NIR) aallonpituusalueilla. Multispektraalien kanavien avulla voidaan tuottaa nelikanavaisia multispektrikuvia tai värikuvia (R, G, B) tai väärävärikuvia (NIR, R, G). Sensorin spektraalit ominaisuudet määritetään laboratoriokalibroinnissa.
Pikselisyvyys	Pikselisyvyys kertoo kuinka monta bittiä/pikseli/kanava on käytetty. Tyypillisesti fotogrammetriset kameran dynaaminen alue on 8 tai 12 bittiä ja kuva tallennetaan 8, 12 tai 16 bitin pikselisyvydellä. Jälkikäsitelyssä pikselisyvyys usein tiivistetään 8 bittiin. Pikselisyvyys on ensisijaisesti kuvausjärjestelmän ominaisuus, mutta kuvalla toteutuneeseen sävymäärään vaikuttavat merkittävästi kuvausolosuhteet, kuvanotossa käytetyt asetukset sekä kuvien jälkikäsitely. Toteutunut sävyjen määrä voidaan selvittää kerätystä kuva-aineistosta käyttäen histogrammistatistiikkoja laatumittareina.
Dynamiikka	Sensorin dynaamisella alueella tarkoitetaan pienintä ja suurinta säteilyenergiaa, jonka sensori pystyy mittaamaan. Suurimman säteilyenergian ylittyminen aiheuttaa kuvalla saturaation eli puhkipalamisen. Pienintä säteilyenergian tasoa, joka pystytään mittaamaan, sanotaan kohinakynnykseksi. CCD-sensorilla esim. 10-12 bitin dynaaminen alue on mahdollinen. Kuvan dynamiikalla eli sävykkyydellä tarkoitetaan kuinka laaja kohteen kirkkausjakauma kuville on rekisteröity ilman kirkkaiden tai tummien sävyarvojen saturoitumista, sekä kuinka pieniä kohteen kirkkauseroja kuville pystytään tulkitsemaan. Kuvien dynamiikan laatumittareina käytetään histogrammistatistiikkoja.
Sävyntoisto	Sävyntoisto määrittää, miten sensoriin tuleva säteilyenergia muutetaan sävyarvoksi. Digitaalisella sensorilla (CCD, CMOS) sävyntoistokäyrä on yleensä lineaarinen, mutta jälkiprosessoinnissa informaatio muutetaan usein epälineaarisilla menetelmillä visuaalisiin sovellutuksiin sopivaan muotoon.
Radiometrinen tarkkuus	Radiometrinen tarkkuus kertoo kuinka tarkasti kuvan sävyarvot kuvaavat kohteen fysikaalisia heijastusominaisuuksia. Radiometrisesti tarkan kuvan sävyarvot käsitellään tarkoilla prosessointimenetelmillä. Radiometrisen tarkkuuden

	laatumittarina voidaan käyttää reflektanssitarkkuutta, joka voidaan määrittää vertaamalla kuvan reflektanssiarvoja kuvalla olevien referenssiobjektien reflektanssiin. Tällaisia kohteita ovat esim. reflektanssipaneelit. Viisto- ja 360-mobiilikartoituskuvauksen valaistusolosuhteet ovat haastavia mm. vastavalosta johtuen, ja siksi kriteerejä reflektanssikalibroituja tuotteiden laadunvalvontaan ei vielä tunneta.
Sävykorjaus	Suosittelavaa tasata radiometrisiä eroja muodostettaessa lopputuotteita useiden kameroiden ottamista kuvista.

4.3 Spatiaalinen erotuskyky

Keskeinen spatiaalisen erotuskyvyn mittari on maastopikselikoko, GSD (Ground Sample Distance). Käytännössä kuvan todellinen erotuskyky voi olla heikompi kuin GSD johtuen mm. kuvausolosuhteista tai kuvaliikkeestä. On myös tärkeä huomata että viisto- ja mobiilikartoituskuville syvyysvaihtelu on suurta, joten GSD vaihtelee huomattavan paljon kuvan alueella. Keskeiset spatiaalisen erotuskyvyn mittarit ovat GSD, kuvaliike ja kuvan terävyys (Taulukko 4).

TAULUKKO 4. SPATIAALISEN EROTUSKYVYN LAATUMITTARIT

Laatua kuvaava mittari	Selitys
GSD Pystyilmakuvaus	Sensorin fyysiseen pikselikokoon ja lentokorkeuteen perustuvan kuvausmittakaavan avulla laskettu nimellinen maastopikselikoko.
GSD Viistoilmakuvaus	Sensorin fyysiseen pikselikokoon ja kuvausetäisyyteen perustuvan kuvausmittakaavan avulla laskettu nimellinen maastopikselikoko kuvan ala- ja yläreunassa [GSD_{min} , GSD_{max}].
GSD 360-mobiilikartoituskuvaus	Sensorin fyysiseen pikselikokoon sekä määritettyyn kuvausetäisyyteen perustuvan kuvausmittakaavan avulla laskettu nimellinen maastopikselikoko. Kuvausetäisyytenä voidaan käyttää esim. 3 m.
Kuvaliike	Sensorin kulkema matka valotuksen aikana. Mikäli kuvaliike valotuksen aikana on suurempi kuin GSD näkyy tämä kuvan epäterävyytenä. Kuvaliike voidaan kompensoida kompensattorin avulla.
Kuvan terävyys	Kuvan terävyyttä arvioidaan visuaalisesti mm. rakennusten seinistä, ajoratamaalauksista

4.4 Kuvien häiriöt

Kuvilla voi esiintyä erilaisia häiriöitä. Ilmakuvauksessa satunnaisia häiriöitä voivat olla pilvet, pilvenvarjot, autere, sumu, lumi, savu jne. Laitteiston häiriöt ovat usein systemaattisia, ja niitä voivat olla mm. yksittäisten kameroiden toimintahäiriö (esim. tarkennus), linssin huurtuminen, poikkeuksellinen kuvausalustan rakenteiden näkyminen kuvilla esim. äärimmäisistä kallistuksista tai asennusvirheestä johtuen. Häiriöt voivat estää kohteen tulkintaa. Kuvien satunnaisille häiriöille voidaan käyttää laatumittarina mm. pinta-alaprosenttia, joka tulee pääosin kysymykseen satunnaisten virheiden tapauksessa. Systemaattisten järjestelmähäiriöiden osalta häiriön merkitys arvioidaan tapauskohtaisesti.

TAULUKKO 5. KUVIEN HÄIRIÖIDEN LAATUMITTARIT

Laatua kuvaava mittari	Selitys
Kuva Häiriö%	Satunnaisten häiriöiden peittämän pinta-alan osuus yksittäisen kuvan pinta-alasta (%)
Kuvaus Häiriö%	Satunnaisten häiriöiden peittämän pinta-alan osuus koko kuvauksen pinta-alasta (%)
Tekninen häiriö	Häiriöt ja arvio niiden vaikutuksista lopputuotteen laatuun.

5. Laatusuositukset viistoilmakuvaukselle

Viistoilmakuvauksen laatusuositukset koskevat kuvauskalustoa, kuvauslennon laatua sekä lopputuotteiden laatua.

5.1 Kuvauskalusto

Kuvauskalustoksi suositellaan pääsääntöisesti viisikamerajärjestelmää, jotta kerättävän aineiston avulla voidaan muodostaa laadukas näkymä kaikkiin suuntiin (ks. kappale 2.1). Erityisesti ei-metrisissä sovelluksissa riittävä laatusuositus on mahdollista saavuttaa myös käyttämällä yksittäistä kameraa.

Sovellus	Laatusuositus
Metriin sovellus	Matriisisensoreihin perustuva RGB-viistoilmakuvakamerajärjestelmä, joka sisältää vähintään viisi kamerasensoria, joista yksi sensori kuvaa pystykuvia ja neljä sensoria kuvaavat viistokuvia. Kameroissa tulee olla keskussulkimet. Kameroiden optiikoiden tulee olla kiinteäpolttovalaisimia. Kameroiden tarkennuksen tulee olla lukittu äärettömyyteen kuvausten aikana. Viistosensorin optisen akselin on oltava välillä 30° - 50° nadiirista. Kamerajärjestelmän rakenteen tulee olla niin stabiili, että kameroiden keskinäistä orientointia voidaan pitää riittävänä kuvauskampanjan aikana. Yksittäisten kameroiden on oltava ajallisesti synkronoitu keskenään. Kameroihin on synkronoitu RTK-tason GNSS- ja inertiajärjestelmä tarvittavan paikannustarkkuuden saavuttamiseksi.
Ei-metriin sovellus	Viistokuvat voidaan kerätä yhdellä tai useammalla hyvälaatuisella järjestelmäkameralla. Metriin sovelluksen yksittäisiä kameroita koskevien ohjeiden noudattaminen on suositeltavaa. GNSS/IMU-paikannusta suositellaan prosessoinnin helpottamiseksi.

5.2 Kuvauslennon laatu

Kuvauslennon laatu määrittää ilmakuviin laadun ja käytettävyyden. Laatumittarit sisältävät kuvaustoleranssit, kuvauksen spatiaalisen erotuskyvyn, kuvien radiometrisen laadun sekä häiriöt.

5.2.1 Kuvaustoleranssit

Ilmakuvauksen laatusuositukset sisältävät kuvausolosuhteita, toteutunutta kuvauskorkeutta, kuvien peittosuhteita ja kuvien asentoa koskevia vaatimuksia (Taulukko 6).

Kuvausajankohdan osalta keskeinen kysymys on halutaanko minimoida kasvillisuuden aiheuttamat häiriöt esim. rakennusten teksturoinnissa ja suorittamalla kuvaus lehdettömään aikaan, vai halutaanko kuvata lehdelliseen aikaan kesällä tai syksyllä paremman visuaalisen laadun saavuttamiseksi.

TAULUKKO 6. ILMAKUVAUKSEN LAATUSUOSITUKSET

Laatumittari	Laatusuositus
Kuvausajankohta	Määritetään käyttötapauksen mukaan.
Häiriöt	Yksittäisen ilmakuviin alalla ei saa esiintyä sumua, pilvettä, pilvenvarjoa tai muuta maanäkkyvyyden peittävää estettä häiriötä yli 10 % kuvan alasta. Koko kuvausalueen pinta-alasta sallitaan pilvettä tai pilvenvarjoa 1 %.

Kuvaaminen	Ilmakuva-aineisto kerätään siten, että kukin kuvausalueen maastokohde näkyy stereoskooppisesti pystysuunnassa sekä ainakin neljästä eri viistosuunnasta kohteen kaikilta puolilta. Saman lentojonon kuvilla pitää pystyä tuottamaan aukotonta osakamerakohtaista stereopeittoa. Eli jonon peittoalueen vasemmalle, oikealle, eteen, taakse ja alas suunnattujen kameroiden tulee kuvata stereopeitolla. Pystysuorien maastokohteiden, kuten rakennusten seinien, pitää sisältyä pistepilveen ja mesh-malliin.
Peittoprosentti	Alas suunnatun kuvaussensorin pituuspeittoprosentin pitää olla vähintään 80 %. Alas suunnatun kuvaussensorin sivupeittoprosentin pitää olla vähintään 60 %. Yksittäisten kuvien toteutuneet peittoprosentit saavat alittaa tilaajan määrittämät nimellisarvot korkeintaan 5%:lla, jolloin 60 % peitolla alaraja on 57 % ja 80 % peitolla alaraja on 76 %. (AQL 4).
Kuvauskorkeus	Yksittäisillä kuvilla kuvauskorkeus saa poiketa kuvaussuunnitelmasta korkeintaan $\pm 5\%$. Kuvauskorkeuden tulee olla sellainen, että suunniteltu maastopikselikoko (GSD) ei ylitä enempää kuin 5 %.
GNSS/IMU prosessointi (metrinen sovellus)	GNSS:iin perustuvan keskipistepaikannuksen sisäisen (suhteellisen) koordinaattikeskivirheen tulee olla RTK-tasoa (10 cm tai parempi). Kulmamäärityksen suhteellisen kulmakeskivirheen tulee olla $0,01^\circ$ tai parempi.
Kuvaussää	Suosittelut kuvausolosuhteet ovat tasainen yläpilvi, joka ei aiheuta varjoja, tai aurinkoinen ja pilvetön sää.
Auringon korkeuskulma	Auringon korkeuskulman tulee olla vähintään 25° horisontista. Poikkeuksellisissa tapauksissa ja rajatuilla alueilla, joista on sovittava dokumentoidusti, voidaan ilmakuvaus suorittaa auringon korkeuskulman ollessa 20° horisontista tai suurempi.

5.2.2 Spatiaalinen erotuskyky

Spatiaalisen erotuskyvyn suositukset esitetään Taulukko 7:ssa.

TAULUKKO 7. SPATIAALISEN EROTUSKYVYN LAATUSUOSITUKSET.

Laatumittari	Laatusuositus
GSD	Toteutuneen kuvauskorkeuden ja maaston minimikorkeuden perusteella laskettu GSD: <ul style="list-style-type: none"> Maastopikselin koko alas suunnatulla kameralla tulee olla vaadittu GSD Viistokuvilla maastopikselin tulee olla välillä $[GSD_{min}, GSD_{max}]$.
Kuvaliike	Kuvaliikkeen tulee olla $<GSD$. Vaihtoehtoisesti kameran tulee olla varustettu lennonsuuntaisen kuvaliikkeen kompensattorilla ja kameran tulee olla asennettu stabiloidulle kuvausalustalle.
Kuvien terävyys	Kuvien terävyyden tulee olla sellainen, että kartoitettavien kohteiden tulkinta onnistuu. Tiemaalausten ja suojateiden tulee erottua selkeästi.

5.2.3 Radiometrinen laatu

Radiometrisen laadun suositukset esitetään Taulukko 8:ssa.

TAULUKKO 8. RADIOMETRISEN LAADUN SUOSITUKSET.

Laatumittari	Laatusuositus
Spektraali herkkyys	Kuvien tulee sisältää R, G, B kanavat.

Pikselisyvyys	8 bit/pikseli/kanava
Kuvan sävykyvyys	Kameran dynamiikan ja valotusasetusten laadun tulee olla sellaiset, että kohde on kokonaisuudessa mitattavissa, sisältäen mahdollisesti varjossa olevat kohteet, ja kirkkailla kohteilla ei ole mittausta häiritsevää puhkipalamista.

5.2.4 Kuvilla esiintyvät häiriöt

Laatusuositukset ilmakuvilla esiintyville häiriöille esitetään Taulukko 9:ssä.

TAULUKKO 9. LAATUSUOSITUKSET ILMAKUVILLA ESIINTYVILLE HÄIRIÖILLE

Laatumittari	Laatusuositus
Yleislaatu	Kuvilla ei saa olla häiriötekijöitä, jotka estävät kuvien tulkintaa tai häiritsevät kuvien orientointien määrittystä. Pilvet, pilviharsot ja pilvien varjot tulee voida poistaa kuvilta myöhemmin mosaikoinnilla tai muussa laskennassa. Autereesta tulee olla merkintä kuvauksen laaturaportissa. Kuvilla ei saa olla muitakaan tekijöitä jotka estävät kuvien mittausta ja tulkintaa (sumua, savua tai lunta).
Kuvan Häiriö%	Häiriön osuuden tulee olla <10% yksittäisen kuvan pinta-alasta.
Kuvausalueen Häiriö%	Häiriöiden peittämä osuus koko kuvausalueen pinta-alasta tulee olla <1 %.
Tekniset häiriöt	Häiriön vaikutuksen arviointi yhdessä asiakkaan kanssa.
Metatiedot	Häiriöistä tehdään merkintä kuvan metatietoihin

5.3 Orientoitujen ilmakuvien laatu

Orientoinnin laatu määritetään arvioimalla kuvauksesta tehtyjä tarkistuspistemittauksia sekä pistepilviä. Riippumattomassa laaduntarkistuksessa käytetään riippumattomia tarkistuspesteitä. Laatusuositukset RMSE:lle ja systemaattiselle virheelle esitetään Taulukko 10:ssä.

TAULUKKO 10. ORIENTOITUJEN VIISTOKUVIEN GEOMETRISEN LAADUN TARKISTUS RIIPPUMATTOMILLA TARKISTUSPESTEILLÄ

Laatumittari	Laatusuositus (Metrinen sovellus)
RMSE_x, RMSE_y	< GSD
RMSE_z	< 2 x GSD
$\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$	< GSD

6. Laatusuositukset 360-mobiilikartoituskuvaukselle

360-mobiilikartoituskuvauksen laatusuositukset koskevat kuvauskalustoa, kuvankeruuta sekä lopputuotteiden laatua.

6.1 Kuvauskalusto

Laatumittari	Laatusuositus
Kamerajärjestelmä	360-mobiilikuvauksineisto täytyy kerätä ajoneuvoon kiinnitetyllä monikamerajärjestelmällä, joka pystyy tuottamaan kuvia samanaikaisesti ajoneuvon eri puolilta muodostaen 360 astetta kattavan kuvien kokonaisuuden.
Metriset sovellukset	Yksittäisen kamerasensorin koko vähintään 5 Megapikseliä Kameroissa tulee olla keskussulkimet. Kameroiden optiikoiden pitää olla kiinteäpolttovalisiä. Kuvanvakainta ei tule käyttää. Kamerat tulee olla tarkennettu äärettömyyteen.

Kamerajärjestelmän rakenteen tulee olla niin stabiili, että kameroiden keskinäistä orientointia voidaan pitää riittävänä kuvauskampanjan aikana.

Yksittäisten kameroiden on oltava ajallisesti synkronoitu keskenään paremmalla kuin 0.1 GSD tarkkuudella.

Kameroihin on synkronoitu GNSS- ja inertiajärjestelmä tarvittavan paikannustarkkuuden saavuttamiseksi.

6.2 Kuvankeruun laatu

Kuvankeruun laatu määrittää 360-mobiilikartoituskuvien laadun ja käytettävyyden. Laatumittarit sisältävät kuvaustoleranssit, kuvauksen spatiaalisen erotuskyvyn, kuvien radiometrisen laadun sekä häiriöt.

6.2.1 Kuvaustoleranssit

360-mobiilikartoituskuvauksen laatusuositukset sisältävät kuvausolosuhteita sekä kuvien peittosuhteita ja suorapaikannusta koskevia suosituksia (Taulukko 6).

TAULUKKO 11. 360-MOBIIKARTOITUSKUVAUKSEN LAATUSUOSITUKSET

Laatumittari	Laatusuositus
Kuvausajankohta	Määritetään käyttötapauksen mukaan.
Kuvaaminen	360-mobiilikartoituskuva-aineistoa tulee kerätä sitten, että peittosuhteet mahdollistavat jatkuvan 360-mobiilikartoituskuvapeiton, sekä alla määritetyn mittaustarkkuuden koko kuvausalueelle
Peittoprosentti	Yksittäisen sensorin peräkkäisten kuvien välillä pitää olla 80%:n stereopeitto Yksittäisten kuvien toteutuneet peittoprosentit saavat alittaa tilaajan määrittämät nimellisarvot korkeintaan 5%:lla. (AQL 4).
GNSS/IMU prosessointi	Kameroiden ajoradasta interpoloidun sijaintikeskivirheen kussakin koordinaattisuunnassa (RMSE _x , RMSE _y , RMSE _z) tulee olla alle 10 cm.
Kuvaussää	Suosittelut kuvausolosuhteet ovat tasainen yläpilvi, joka ei aiheuta varjoja, tai aurinkoinen ja pilvetön sää.
Auringon korkeuskulma	Auringon korkeuskulman tulee olla vähintään 25° horisontista. Poikkeuksellisissa tapauksissa ja rajatuilla alueilla, joista on sovittava dokumentoidusti, voidaan ilmakuvaus suorittaa auringon korkeuskulman ollessa 20° horisontista tai suurempi.

6.2.2 Spatiaalinen erotuskyky

Spatiaalisen erotuskyvyn suositukset esitetään Taulukko 7:ssä.

TAULUKKO 12. 360-MOBIIKARTOITUSKUVAUKSEN SPATIAALISEN EROTUSKYVYN LAATUSUOSITUKSET.

Laatumittari	Laatusuositus
GSD	GSD on 3 m päässä kuvausalustasta.
Kuvaliike	Kuvaliikkeen tulee olla <GSD 3 m etäisyydellä kamerasta. Vaihtoehtoisesti kameran tulee olla varustettu kuvaliikkeen kompensattorilla ja kameran tulee olla asennettu stabiloidulle kuvausalustalle.
Kuvien terävyys	Kuvien terävyyden tulee olla sellainen, että kartoitettavien kohteiden tulkinta onnistuu. Tiemaalausten ja suojaiteiden tulee erottua selkeästi.

6.2.3 Radiometrisen laatu

Radiometrisen laadun suositukset esitetään Taulukko 8:ssä.

TAULUKKO 13. RADIOMETRISEN LAADUN SUOSITUKSET.

Laatumittari	Laatusuositus
Spektraali herkkyys	Kuvien tulee sisältää R, G ja B kanavat.
Pikselisyvyys	12-16 bit/pikseli/kanava
Kuvan sävykyvyys	Kameran dynamiikan ja valotusasetusten laadun tulee olla sellaiset, että kohde on kokonaisuudessa mitattavissa, sisältäen mahdollisesti varjossa olevat kohteet, ja kirkkailla kohteilla ei ole mittausta häiritsevää puhkipalamista.

6.2.4 Kuvilla esiintyvät häiriöt

Laatusuositukset ilmakuvilla esiintyville häiriöille esitetään Taulukko 9:ssä.

TAULUKKO 14. LAATUSUOSITUKSET ILMAKUVILLA ESIINTYVILLE HÄIRIÖILLE

Laatumittari	Laatusuositus
Yleislaatu	Kuvilla ei saa olla häiriötekijöitä, jotka estävät kuvien tulkintaa tai häiritsevät kuvien orientointien määrittystä. Kuvilla ei saa olla muitakaan tekijöitä jotka estävät kuvien mittausta ja tulkintaa (sumua, savua tai lunta).
Tekniset häiriöt	Häiriön vaikutuksen arviointi yhdessä asiakkaan kanssa.
Metatiedot	Häiriöistä tehdään merkintä kuvan metatietoihin
Anonymisointi	Kuvat tulee olla anonymisoitu, eli autojen rekisterikilpien ja kasvojen tulee olla sumennettu.

6.3 Orientoitujen kuvien laatu

Orientoinnin laatu määritetään arvioimalla kuvauksesta tehtyjä tarkistuspiistemittauksia sekä mosaiikkisaumoja. Riippumattomassa laaduntarkistuksessa käytetään riippumattomia tarkistuspiisteitä. Laatusuositukset esitetään Taulukko 10:ssä.

TAULUKKO 15. ORIENTOITUJEN VIISTOKUVIEN GEOMETRISEN LAADUN TARKISTUS RIIPPUMATTOMILLA TARKISTUSPISTEILLÄ

Laatumittari	Laatusuositus
RMSE_{XYZ} (Metrienen sovellus)	Kamerajärjestelmän tuottaman kuva-aineiston pitää olla mittatarkkaa. <10 cm tarkasti määritetyillä pisteillä / kohteilla, jotka sijaitsevat 3 - 7 metrin etäisyydellä kuvanotto paikasta.
Stitching	360-panoraamakuvien mosaikoinnin (stitching) laadun on oltava sellainen, että kartoitettavat kohteet ovat tulkittavissa niiltä.

7. Henkilötietosuojaja (GDPR)

Kuvatuotannossa tulee noudattaa henkilötietosuojaja-asetuksen (General Data Protection Regulation; GDPR) vaatimuksia.

Mobiilikartoituskuville näkyvät tiedot joiden perusteella yksittäiset henkilöt voidaan tunnistaa (kasvot, rekisteritunnukset) ovat henkilötietoja. Alkuperäiset aineistot, joilla henkilötiedot erottuvat, ovat turvaluokiteltuja suojaustasolla IV. Kuvahankinnan yhteydessä tulee huomioida, että rekisterinpitäjä ja henkilötietojen käsittelijä noudattavat suojaustason IV edellyttämiä tietosuojavaatimuksia. Mikäli aineistot tulevat julkisesti esille tai avoimeen käyttöön, tulee henkilötietojen olla sumennettu, eli aineistojen tulee olla anonymisoitu.

Toimijoiden tulee seurata lainsäädännön kehittymistä.

8. Mittaustuotteet

Kuvausten dokumentoimiseksi suositellut vaatimukset talletettavalle tiedolle ovat seuraavat.

8.1 Viistokuvat

- Digitaalinen kuvausindeksi, josta käyvät ilmi vähintään seuraavat tiedot:
 - Käytetty kuvausjärjestelmä
 - Toteutuneet lentolinjat kuvauspäivämäärineen (esimerkiksi värikoodaamalla lentolinjat päivämäärien mukaan)
- Kuva-aineisto pakkaamattomassa tif-formaatissa
- Kuvien ulkoisen orientoinnin tiedot (ID, X, Y, Z, omega, phi, kappa)
- RGB-kuvapistepilvi (esim. laz 1.2 formaatissa)
- Mesh-malli (esim. obj- tai ply-formaatissa)
- Maastotukipisteet ja tarkastuspisteet (ID, X, Y, Z)
- Lopputuotteiden koordinaattijärjestelmä: ETRS-TM35FIN (EPSG:3067) tai ETRS-GK - koordinaattijärjestelmä
- Lopputuotteiden korkeusjärjestelmä: N2000
- Kirjallinen kuvaus menetelmistä ja laitteistoista, joilla aineisto on muodostettu
- Raportti lopputuotteiden geometrisesta ja radiometrisestä tarkkuudesta
- Geometrinen tarkkuus perustuen maastotuki- ja tarkastuspistetietoihin
- Kameran kalibroititiedot (jotka voivat olla esim. prosessoinnissa itsekalibroinnista saatavat tiedot tai laboratoriolibroinnissa)

8.2 360-mobiilikartoituskuvat

- Digitaalinen kuvausindeksi. Indeksistä tulee ilmetä vähintään seuraavat tiedot:
 - Käytetty kuvausjärjestelmä
 - Toteutuneet kuvausreitit kuvauspäivämäärineen
- Anonymisoitu kuva-aineisto: monikamerakuvat sensoreittain sekä 360-panoraamakuvat. Kaikista kuvista on peitetty tarvittavat kohteet yksityisyyden suojan mukaisesti (muun muassa henkilöiden kasvot ja ajoneuvojen rekisteritunnukset).
- Kuvien ulkoisen orientoinnin tiedot monikamerakuville sensoreittain
- Lopputuotteiden koordinaattijärjestelmä: ETRS-TM35FIN (EPSG:3067) tai ETRS-GK - koordinaattijärjestelmä
- Lopputuotteiden korkeusjärjestelmä: esim. N2000
- Kirjallinen kuvaus menetelmistä ja laitteistoista, joilla aineisto on muodostettu
- Raportti lopputuotteiden geometrisesta ja radiometrisestä tarkkuudesta
 - geometrinen tarkkuus perustuen maastotuki- ja tarkastuspistetietoihin
- Kameroiden kalibroititiedot (kuvakoko pikseleinä, pikselikoko [mm], kameravakio [mm], pääpiste PPx PPy [mm], radiaalisen piirtovirheen K1-, K2 ja K3-termit, epäkeskisyyssiirtovirheen P1- ja P2-termit, mittakaava ja vinous)

9. Kuvausten tilaaminen

Liitteissä 1 ja 2 esitetään esimerkki viistoilmakuvausten sekä 360-mobiilikartoituskuvausten tilausten ehdottomista vaatimuksista. Esimerkin mukaiset tekniset vaatimukset oli määritelty tarkkaa tutkimustyötä varten tehdyssä tarjouspyynnössä ja sopimuksessa. Tarjouspyyntöä tai sopimusta laadittaessa ehdottomien vaatimusten ja/tai teknisten vaatimusten sisältö täytyy määritellä käyttötapauksen mukaan.

Liitteet:

1. Viistoilmakuvauksen ehdottomat vaatimukset esimerkkitarjouspyynnöstä

2. 360-mobiilikartoituskuvauksen ehdottomat vaatimukset esimerkkitarjouspyynnöstä