



Juho Ainasoja

360-kuvauksen hyödyntäminen talonrakennushankkeessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

9.11.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Juho Ainasoja
Otsikko: 360-kuvauksen hyödyntäminen talonrakennushankkeessa
Sivumäärä: 40 sivua
Aika: 9.11.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine: Rakentamisen projektihallinta
Ohjaajat: Projektipäällikkö Mikko Borg
Lehtori Anu Ilander

Insinööriyön tavoitteena oli tuottaa Skanska Talonrakennus Oy:lle selvitys 360-kuvauksesta sekä kuvaukseen liittyvien ConTech-ohjelmistojen mahdollisuuksista rakennusprojektien seurantaan tekoälyn avustamana. Lisäksi tutkimus selvitti tämänhetkistä 360-kuvamateriaalin käyttöä Skanskalla usean työmaan näkökulmasta sekä tutki kuvauskohteiksi sopivia työvaiheita ja kuvauksen toteutustahtia. 360-kuvauksella on tarkoituksena taklata dokumentoinnin haasteita ja mahdollistaa sijainnista rippumaton tarkkailu. Tekoälyllä tehostettuna kuvamateriaalin hyödyntäminen toimisi tehokkaana tukena työmaan kokonaisvaltaiselle seurannalle.

Teoriaosuudessa perehdyttiin rakennushankkeen kulkuun, sen sisältämiin haasteisiin sekä teknologian tuomiin mahdollisuuksiin parantaa rakentamisen projektihallintaa tekoälyllä suoritettavien automaattisten toimintojen avulla. Tietoa haettiin lukuisista webinaareista aiheen ympäriltä, kirjallisuudesta ja useista artikkeleista. Näiden lisäksi tutkimuksessa haastateltiin useita henkilöitä, joissa saatujen vastausten perusteella teoriaa saatiin yhdistettyä käytännön työhön.

Tämä insinööriyö yhdistää rakennushankkeen kulun teoriaosuudessa läpikäytyihin teknologisiin apuvälineisiin. Lisäksi työ selkeyttää kuvausteknologian hyödynnettävyyden rakentamisvaiheen aikana sekä hankkeen valmistumisen jälkeisenä aikana ja tarjoaa ehdotuksia, kuinka 360-kuvamateriaalin käytön jalkautus työmaalle toteutetaan.

Avainsanat: 360-kuvaus, rakentamisen dokumentointi, rakentamisen digitalisointi, tekoäly rakentamisessa

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Juho Ainasoja
Title: Utilization of 360-Filming in Construction Project
Number of Pages: 40 pages
Date: 9 November 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Construction Project Management
Supervisors: Mikko Borg, Project Manager
Anu Ilander, Senior Lecturer

The objective of this graduate study was to provide clarification of 360-filming and the possibilities to keep track of construction projects with ConTech-sofwarees for Skanska Talonrakennus Oy. The thesis also investigates the current usage of 360-footage from the perspective of several different construction sites also including the study about the timing of the filming and the best suited working stages to record. The purpose of 360-filming is to tackle the challenges of documentation and enable observation possibilities without the limitations tied to location. The utilization of the 360-footage enhanced with AI would work as a significant benefit for the overall observation of the construction site.

The theoretical part covered the course of the construction project, the challenges it includes and the possibilities to improve project management with the automated actions provided by AI. The information was obtained from numerous webinars around the subject, literature and several different articles. The theory in the thesis was linked to the practical work through the answers received from several interviews with professionals.

This bachelor's thesis combines the course of construction projects to the technological tools dealt with in the theoretical part. In addition, this study clarifies the usage of 360-technology in the building stage and the coming phases while providing suggestions on how to implement and use the footage on the construction site.

Keywords: 360-filming, construction documentation, digitalization of construction, AI in construction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Tilaajan esittely	1
1.3	Tavoitteet	1
1.4	Rajaukset	2
1.5	Tutkimusmenetelmät	2
2	Talonrakennushanke	3
2.1	Hankkeen kulku	3
2.1.1	Tarveselvitys	4
2.1.2	Hankesuunnittelu	5
2.1.3	Ehdotussuunnittelu	5
2.1.4	Yleissuunnittelu	5
2.1.5	Toteutussuunnittelu	6
2.1.6	Rakentaminen	6
2.1.7	Käyttöönotto	7
2.1.8	Takuuaika	7
3	360-kuvaus rakentamisessa	9
3.1	360-kuvaus	10
3.2	360-kuvausohjelmistoja rakennusalalla	12
3.3	Kuvauksen tietosuojavelvoitteet	12
3.4	Kuvauskalusto	13
3.5	Käyttömahdollisuudet 360-kuvaukselle	14
3.5.1	Dokumentointi	15
3.5.2	Raportointi	15
3.5.3	3D-mittaus	16
3.5.4	Työmaan tilannekuva	18
3.5.5	Puutteiden havainnointi	22
4	360-kuvaus kohdeyrityksessä	24
4.1	OpenSpace-yritys	24

4.2	OpenSpace-ohjelmisto	25
4.3	Haastattelututkimus	28
4.4	Haastattelujen tulokset	29
4.4.1	360-kuvauksen hyödyntämismahdollisuudet	29
4.4.2	Tärkeimmät kuvauskohdat ja kuvauksen aikataulutus	31
4.4.3	360-kuvamateriaalin säilytys projektin jälkeen	32
4.4.4	360-kuvauksen haasteet	32
4.5	Käytönaikaiset huomiot	33
5	Analyysi	36
5.1	Kuinka kuvamateriaalia hyödynnetään	36
5.2	Kehitysehdotukset	37
5.3	Tutkimustulosten kritiikki	39
6	Yhteenveto	40
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1: Rakennushankkeen kulku ja 360-kuvaus	

Lyhenteet

ConTech: Construction technology. Rakentamisen teknologia. Ilmaisua, jota käytetään kuvamaan kaikkea rakennusteollisuuteen liittyvää teknologiaa.

VTT: Valtion omistama teknologian tutkimuskeskus.

FPS: Lyhenne englannin sanoista Frames Per Second. Kertoo ruudunpäivitysnopeuden, eli kuinka monta kuvaa voidaan näyttää sekunnissa.

IT: Lyhenne englannin sanoista Information Technology eli tietotekniikka.

Congrid: Rakennustyömaiden laadun- ja turvallisuudenhallintaan keskittyvä yritys.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Rakennusallalla digitaalisten työkalujen käyttö on jatkuvan kasvun ja kehityksen alla. Yksi näistä työkaluista on 360-kuvaus, jonka käyttöä tässä opinnäytetyössä selvitetään. 360-kuvauksella tarkoitetaan tässä tapauksessa still-kuvaa, jolloin kuva ei keskity mihinkään tiettyyn kohtaan, vaan katsoja voi vapaasti pyöritellä kuvaa mihin suuntaan tahansa. Tutkimus toteutetaan Skanska Talonrakennus Oy:n toiveesta selvittää mitä tarpeita ja mahdollisuuksia 360-kuvauksen suhteen on sekä missä ja miten syntyvää kuvamateriaalia voi rakennushankkeessa hyödyntää.

1.2 Tilaajan esittely

Skanska AB-konserni on Ruotsissa perustettu rakennusalan yritys. Toimintaa Skanskalla on Pohjoismaissa, Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Suomessa toiminta on Skanska Oy:n alla, joka on pilkottu pienempiin liiketoimintayksiköihin. Näistä yksi on Skanska Talonrakennus Oy, joka toimii tilaajana tälle opinnäytetyölle. Skanska Oy:llä on toimintaa rakentamispalveluiden sekä asuntojen ja toimitilojen projektikehityksen parissa. Työllistävyys Suomessa oli 2022-vuoden lopussa noin 2000 henkilöä, mutta koko konsernin mittakaavassa päästään noin 28 000 henkilöön. Skanska Talonrakennus Oy:llä on toimintaa pääkaupunkiseudun lisäksi myös useassa muussa suuremmassa kaupungissa. (1; 2.)

1.3 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda kattava selvitys 360-kuvamateriaalin käytöstä ja sen mahdollisuuksista. Tutkimuksessa selvitetään kuvauksen resurssi- ja ajankäyttötarpeita esimerkkikohteeseen viitaten, mutta saatuja tutkimustuloksia voidaan käyttää apuna tulevissa hankkeissa. Opinnäytetyössä selvitetään myös mitä kuvamateriaalille tehdään rakennushankkeen päätyttyä, sekä miltä osin kuvamateriaalia on kannattavaa säilöä. 360-kuvamateriaalille selvitetään

myös käyttökohteita talonrakennushankkeen eri työvaiheissa, sekä ketkä tätä pystyisivät hyödyntämään ja millä tavalla. Itse kuvauksen suhteen opinnäytetyö vastaa siihen, mitkä ovat sopivia kuvauskohteita ja millä tahdilla kuvausta on kannattava suorittaa eri osapuolten näkökulmasta.

1.4 Rajaukset

Tutkimustyö 360-kuvamateriaalin hyödyntämisestä tehdään uudis- ja korjauskentämiseen sopivaksi. Haastattelut suoritetaan kuitenkin vain Skanskan omalle henkilöstölle, johon kuului muun muassa työnjohtajia, insinöörejä ja eri tehtävien asiantuntijoita. Kuvauksen ja siihen yhdistettävien muiden ohjelmistolisäysten mahdollisuuksia tutkitaan muiltakin palveluntarjoajilta. Haastattelut ja esimerkki kohteessa käytetty ohjelmistoselvitys on rajattu OpenSpace-nimiseen ohjelmistoon, koska tämä ohjelmisto on tutkimushetkellä käytössä Skanskalla.

1.5 Tutkimusmenetelmät

Tässä opinnäytetyössä esimerkkikohteena oli Skanska Talonrakennus Oy:n urakoima Delfiinikortteli, johon sisältyy pysäköintihallin lisäksi kaksi tornitaloa. Toinen tornitaloista kantaa nimeä Hyperion ja se on 24-kerroksinen asuinrakennus. Viereinen tornitalo Atlas tulee olemaan 33-kerroksinen. 360-kuvausta ja esimerkkimateriaalia tästä opinnäytetyöstä löytyy molemmista kohteista. Samaista kuvamateriaalia käytettiin haastatteluissa esimerkkinä. Haastattelut suoritettiin puolistrukturoituna, koska tarkoituksena oli saada selville päällimmäiset ajatukset 360-kuvamateriaalista ja sen hyödyntämisestä talonrakennushankkeessa.

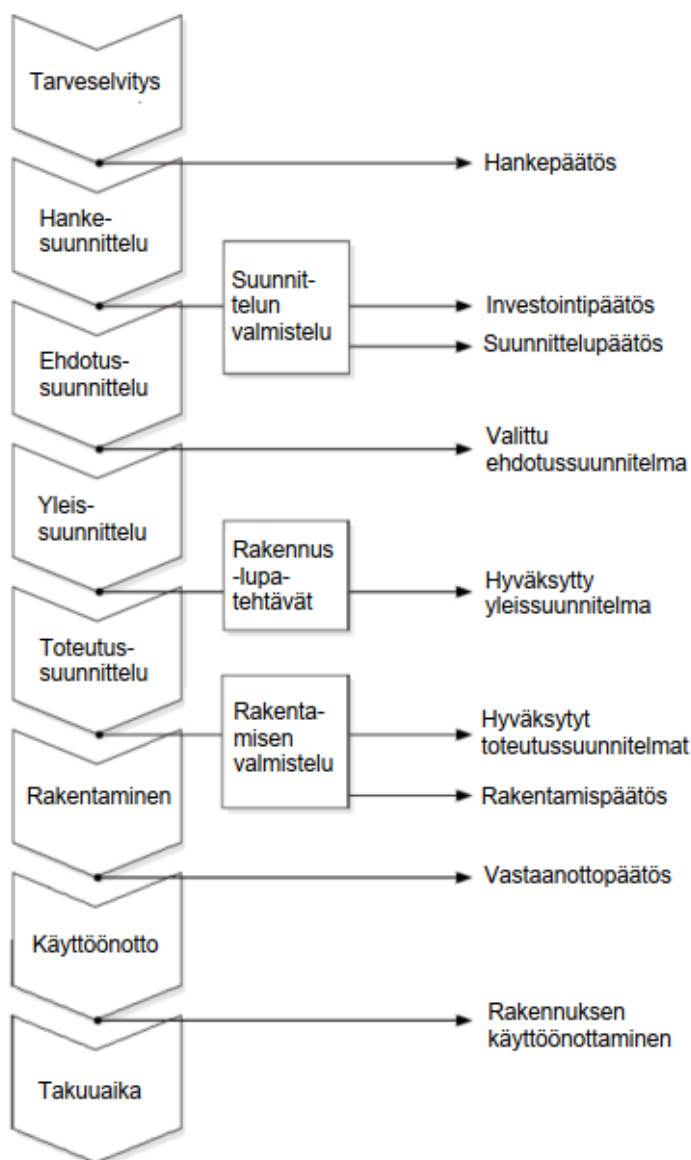
Tutkimuksessa hyödynnettiin rakennusalaa käsittelevää kirjallisuutta ja tieteellisiä artikkeleita kuvaukseen liittyen. Näitä tietoja käytettiin haastattelujen tukena ja selventämässä mitä rajoitteita ja mahdollisuuksia 360-kuvaukseen liittyy. Tutkimustyötä varten kuunneltiin myös ohjelmistotarjoajien webinaareja, missä keskusteltiin aihealueesta. (3.)

2 Talonrakennushanke

Rakennushanke lähtee liikkeelle tarpeesta rakentaa uudet tilat tai korjata vanha rakennus. Tarkoituksena rakennushankkeella on vastata muuttuneeseen tilantarpeeseen käyttäjälle tai tuottaa yhteiskunnan tai yrityksen toiminnan kannalta oleellinen rakenne tai verkosto. Tilantarpeen muutoksille on useita syitä. Syynä voi olla esimerkiksi julkisyhteisön yhteiskunnallisten velvoitteiden täyttäminen, yritysten liiketoimintamuutokset, jotka muuttavat tilantarvetta tai sijoittajan aloitteesta käynnistää rakennushanke. Myös yksittäisen henkilön tilantarpeen muutokset voivat käynnistää rakennushankkeen. (4, s. 10.) Tilantarpeen muutokset talonrakentamisessa ilmenevät myös VTT:n 2020-vuoden kesäkuussa julkaisussa Asuntotarve 2020-2040-tutkimuksessa. Tutkimuksen mukaan Suomessa tulisi rakentaa jopa 35 000 asuntoa vuosittain. Kokonaisuutena tämä tarkoittaisi 700 000 asunnon rakentamista vuoteen 2040 mennessä. (5, s. 5-6.)

2.1 Hankkeen kulku

Rakennushankkeen kulku voidaan pilkkoa ajallisesti eri vaiheisiin (kuva 1), joita ovat tarveselvitys, hankesuunnittelu, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, toteutussuunnittelu, rakentaminen, käyttöönotto ja takuu-aika. Hankkeen osittelun avulla mahdollistetaan projektin helpompi hallinta ja ohjaus. Pienempien kokonaisuuksien avulla saadaan myös eri vaiheissa vaadittavat päätökset kohdistettua oikea-aikaisiksi. Hankkeen toteutusmuodosta riippuen projektin eri vaiheet voivat kuitenkin limittyä keskenään. (4, s. 10.)



Kuva 1. Rakennushankkeen eri vaiheet (4, s. 11.)

2.1.1 Tarveselvitys

Tarveselvityksessä perustellaan uusien tilojen tarpeellisuus tai miksi olemassa olevaa tilaa kannattaisi muuttaa. Selvityksessä kuvataan tarvittavat tilat ja mitä niiltä vaaditaan sekä tutkitaan vaihtoehtoisia käyttömahdollisuuksia. Tarveselvityksessä tehdään myös alustava kustannusmääritelmä hankkeelle, jossa arvioidaan mitä eri ratkaisut tulisivat kustantamaan. (6.) Tavoitteena näillä on selvittää toimivin ratkaisu käyttäjän tilatarpeiden mukaisesti, sisältäen rakennuttajan tavoitteet ja selvityksen ratkaisuvaihtoehdoista sekä näiden tuomista

kustannusvaikutuksista hankkeelle. Tarveselvityksen lopputuloksena tehdään hankepäättös, joka toimii suunnitteluohjeena ja luo puitteet jatkotoimenpiteille. (7, s. 2-3.)

2.1.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa selvitetään rakennushankkeen lopullinen ratkaisumalli, jonka lähtötietoina toimivat muun muassa tarveselvityksen pohjalta luotu tilaohjelma, tilojen ominaisuudet ja toteutusaikataulu. Suunnittelun edetessä hankkeelle asetetaan tarkat tavoitteet kustannusten, aikataulujen, energiatehokkuuden ja elinkaaritavoitteiden suhteen sekä kaikki hankkeen laajuutta, laatua, toimivuutta ja toteutustapaa koskevat päätökset tehdään tässä vaiheessa. Lopputuloksena tästä syntyy hankesuunnitelma ja usein seuraavana tulee investointipäättös. (4, s. 26; 8, s. 52-54.)

2.1.3 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnittelun tarkoituksena on laatia vaihtoehtoisia ratkaisuja hankkeen toteuttamiselle, joita vertaillaan keskenään. Ratkaisumalleissa tutkitaan esimerkiksi hankkeen kaavatilannetta ja sen sijoittumista valitulle tontille, kunnallistekniikkaa, perustamisolosuhteita, sopivuutta ympäristöön ja kaupunkikuvaan sekä kustannusarvioita. Ehdotukset on luotava sellaisella tarkkuudella, että niitä pystytään vertailemaan keskenään ja jatkokehittämään toteutuskelpoiseksi kokonaisuudeksi. (4, s. 53; 9.)

2.1.4 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa rakennushanke jaetaan kiinteään perusosaan kuten julkisivut ja kantavat rakenteet sekä muuntuviin tila-alueisiin, joita voidaan muokata vielä toteutussuunnitteluvaiheessa. Tilaratkaisuille yleissuunnitelmassa voidaan esittää vaihtoehtoisia toteutustapoja. (10, s. 7.) Valittu ehdotussuunnitelma tarkennetaan siten, että rakenteiden, kustannusten ja käytön sekä huollon kannalta oleelliset asiat voidaan määritellä päätöksentekoa varten.

Lopputuloksena tästä syntyy yleissuunnitelma ja pääpiirustukset rakennusluvan hakemiseen. (8, s. 58-59.)

2.1.5 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelussa aikaisemmat suunnitelmat jalostetaan rakentamisen ja hankintojen kannalta sopiviksi, samalla sisältäen hankkeen tuote- ja järjestelmäsuunnittelun. Suunnitelmat voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, joista ensimmäinen vaihe kattaa riittäväällä tarkkuudella hankkeen ja tarvittavien rakennusosien laajuuden, määrät sekä toteutustavan. Samalla voidaan määrittää myös laatutaso, jotta toteutuskustannukset saadaan arvioitua. (10, s. 10.)

Rakentamisen ja hankkeen toteutuksen kannalta oleelliset suunnitelmat kehitetään toisessa vaiheessa täydentämällä hankintoja koskevat suunnitelmat, jotka sisältävät rakentamisen vaatimat tuotemäärittelyt ja mitoitettut suunnitelmat. Hankkeen toteutuksen vaatimat detaljisuunnitelmat tehdään myös toteutussuunnitteluvaiheessa. (10, s. 10.)

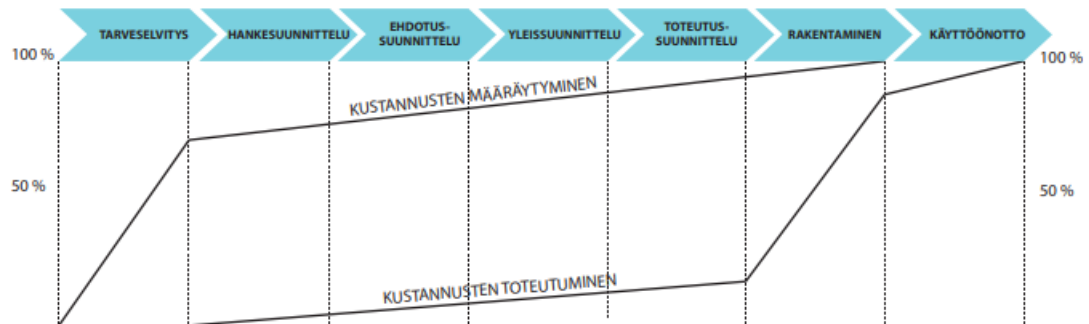
Toteutussuunnitteluvaihetta seuraa valmiit toteutussuunnitelmat, joiden perusteella rakennushanketta lähdetään toteuttamaan. Rakentamisen aikana suunnitelmia joudutaan kuitenkin usein täydentämään esimerkiksi erilaisten asennus- tai valmistussuunnitelmien osalta. (4, s. 55.)

2.1.6 Rakentaminen

Rakentamista edeltää vielä rakentamisvaiheen valmistelevat työt, jossa hankkeen organisointi päätetään ja kilpailutukset hoidetaan sekä muut sopimusneuvottelut, että urakka- ja hankintasopimukset laaditaan. Valmistelevat työt päättyvät rakentamispäätökseen. (11, s. 21.)

Rakentamisvaiheessa aloitetaan suunnitelmien ja sopimusten mukainen vaihe hankkeen toteutukselle, jossa myös suurin osa kustannuksista alkavat realisoi-
tua (kuva 2). Rakentamisvaiheen on täytettävä useat lakisääteiset velvollisuudet

sisältäen muun muassa säännösten ja määräysten mukaista toteutusta ja eri osapuolten kelpoisuusvaatimusten täyttymistä sekä rakentamista koskevien useiden turvallisuusmääräysten noudattamista. Lopputuloksen on täytettävä hankkeelle asetetut tavoitteet, sekä mahdollistaa tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet. (11, s. 24.) Rakentaminen päättyy rakennusvalvontaviranomaisen hyväksyntään (12, § 5.).



Kuva 2. Rakennushankkeen kustannusten kertyminen. (8, s. 8.)

2.1.7 Käyttöönotto

Käyttöönotossa asiakkaalle luovutetaan kohteen käyttö- ja huolto-ohjeet, joista löytyy ohjeet myös asukkaille ja kuvaus huolloista, joita heidän on toteutettava. Käyttö- ja huolto-ohjeista ilmenee muun muassa huollon- ja kunnossapidon lähtötiedot, rakennusosien käyttöiät ja kunnossapitovälit sekä tiedot eri tarkastusten ja huoltojen sisällöistä. Ohjeiden lisäksi järjestetään myös käyttöopastus sekä varmistetaan järjestelmien toimivuus. (13, s. 9.) Käyttöönottoa edellyttää rakennusvalvontaviranomaisen loppukatselmus ja hyväksyntä siitä, että rakennuksen tai sen osan saa ottaa käyttöön (14, § 153a.).

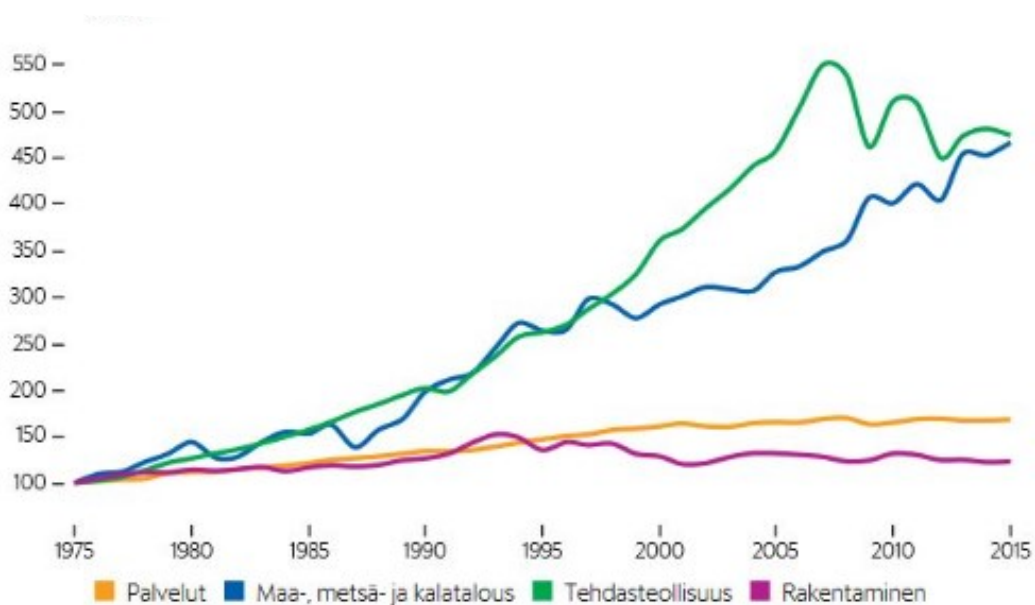
2.1.8 Takuu aika

Varsinaisen rakentamisen loputtua, kun rakennus on käyttöön otettu tai vastaanottotarkastettu ja vastaanotettu seuraa urakoitsijan takuu aika, jonka normaali-kesto on kaksi vuotta, ellei urakkasopimuksessa ole tehty muutoksia takuun keston. (15, § 29.) Urakoitsija on vastuussa myös varsinaisen takuuajan

jälkeen ilmenneistä korjauksista usean vuoden ajan. Tämä edellyttää, ettei tilaaja ole voinut vastaanottotarkastusten tai varsinaisen takuuajan yhteydessä ongelmia voinut havaita ja voi näyttää toteen näiden vahinkojen syntyneen urakoitsijan laiminlyönneistä. (15, § 15, 30.) Mahdollisesti löytyvien ongelmien tai puutteiden korjausten lisäksi takuuajan puitteissa seurataan myös rakennuksen toimivuutta sekä tehdään tarvittavat tarkastukset ja säädöt (13, s. 6.).

3 360-kuvaus rakentamisessa

Digitaalinen transformaatio on tutkimusten mukaan ollut rakennusalaalla erittäin heikkoa. Tutkimuksista ilmeni, että Euroopassa rakennusala olisi heikoin digitaalisten työkalujen hyödyntäjä muihin aloihin verrattuna. Yhdysvalloissa ainoa rakennusala heikompi digitalisoituja oli maatalousala. (16, s. 56.) Heikkoja tilastollisia näkymiä rakennusalaalla on ollut myös tuottavuuden kehityksessä. Tilastokeskuksen vuoteen 2015 päättyneessä tutkimuksessa kävi ilmi, ettei rakennusalan tuottavuus ollut juurikaan kehittynyt viimeiseen 40-vuoteen (kuva 3.). Yhtenä syynä heikolle kehitykselle on koko tuotantoketjun läpi johtavat puutteet suunnittelussa ja suunnittelun ohjauksessa. Hankkeen läpi kulkeutuva epäluottamus lisää puskureita työvaiheissa ja venyttää aikatauluja. (17.)



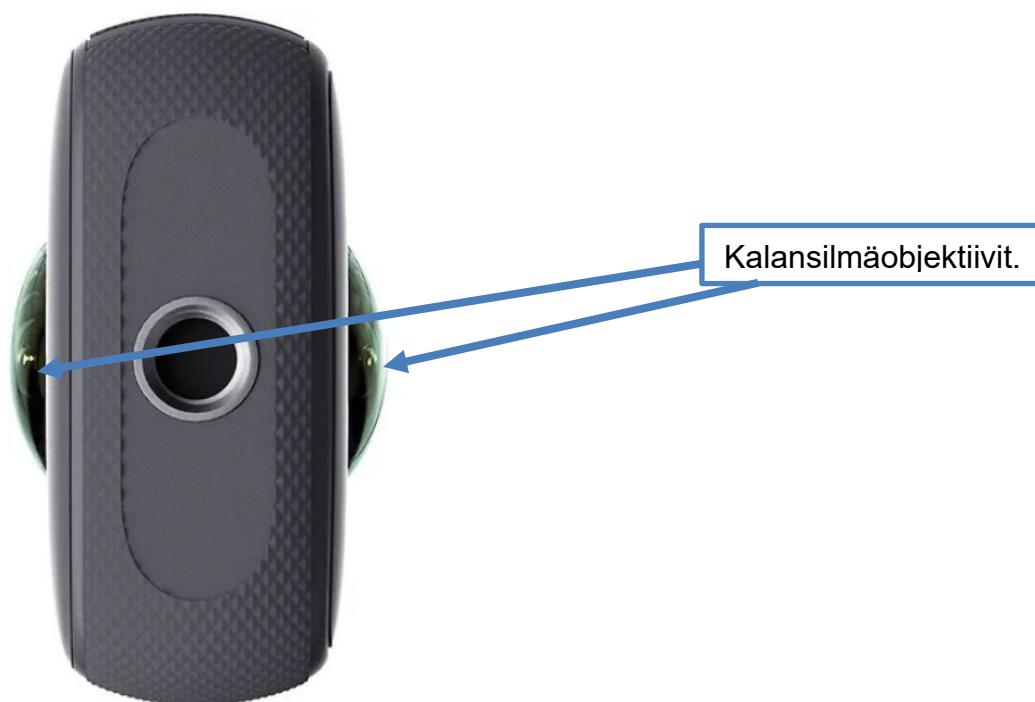
Kuva 3. Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuuden kehitys toimialoittain. (17.)

Yhtenä ratkaisuvaihtoehtona rakennusalan haasteiden vähentämiseen on digitalisaation lisääminen. Digitaalisia työkaluja on muun muassa tietomallit, joista voidaan lukea esimerkiksi mitta- ja määrätietoja, useat erilaiset pilvipalvelut datan jakoon ja tallennukseen sekä 360-kuvauksen käyttö. Kamerateknologioiden

kehittyessä ja 360-kameroiden yleistyessä, rakennusala yhdessä rakentamisen parantamiseen tähtäävien teknologiayritysten kanssa on lähtenyt pilotoimaan kuvauksen hyödyntämistä useasta eri näkökulmasta. Kehitystä vauhdittamassa oli myös globaali pandemia, jonka rakennusosalalle tuomia haasteita pyrittiin ratkaisemaan muun muassa 360-kuvausta hyödyntämällä. (18; 16, s. 61.) Yhtenä esimerkkinä kuvauksella on pyritty ratkaisemaan sijainnista riippumatonta tilatarkastelua tai toimimaan apuvälineenä laadunvarmistuksen ja dokumentoinnin hallinnassa (19.).

3.1 360-kuvaus

Kuvaukseen soveltuvia 360-kameroita löytyy useammalta valmistajalta aina muutaman sadan euron hinnasta ylöspäin lähtien. Kuvausperiaate kaikissa kompakteissa 360-kameroissa on kuitenkin usein sama. Kameroista löytyy kaksi kappaletta vastakkain asetettua kalansilmäobjektiveja (kuva 4.) ja yhdellä objektivilla saadaan vähintään 180 asteen kuvakulma. Kameroihin liittyvä ohjelmisto muokkaa automaattisesti molemmista objektiveista tulleen kuvan ja yhdistää ne toisiinsa luoden 360 asteen kuvan. Itse kuvaustyö työmaalla sisältää yksinkertaisuudessaan vain kameran kiinnityksen apuvälineeseen, mobiilipohjaisen ohjelmiston käytön ja liikkumisen työmaalla. (20; 21; 22.)



Kuva 4. Insta360 One X2-kamera. (23.)

Kuvaus toteutetaan videokuvauksen mahdollistavilla kameroilla, mutta varsinaista TV:stä tuttua sulavaa videokuvaa tässä opinnäytetyössä tutkitut rakentamiseen kehitetyt 360-kuvamateriaalia hyödyntävät ohjelmistot eivät käytä. (24.) Käytettävät ohjelmistot madaltavat käytetyn kuvataajuuden (fps) normaalia alhaisemmaksi. Käytössä on vain 2 fps, joka on huomattavasti alhaisempi verrattuna esimerkiksi Yle Areenaan, jossa on käytössä 50 fps. Alhaisemman kuvataajuuden on todettu olevan riittävä, jotta ohjelmistoissa hyödynnettävä tekoäly kykenee analysoimaan kuvamateriaalista tarvittavat tiedot rakentamisen seurantaan. Kuvataajuutta madaltamalla on myös kyetty säästämään huomattavasti kuvamateriaalin säilömiseen käytettävää tilaa ja mahdollistamaan pienemmän kameran käytön. (25; 26; 27.)

Fps kertoo kuvien määrän jokaista sekuntia kohden. Videota katsoessa kuvataajuudella on suuri merkitys siihen, kuinka yksityiskohtaiselta videokuva näyttää. Mitä enemmän kuvia sekuntia kohden on, sitä yksityiskohtaisemmalta myös videokuva näyttää. (28.)

3.2 360-kuvausohjelmistoja rakennusalalla

360-kameroihin liittyviä rakentamiseen suunniteltuja ohjelmistoja löytyy usealta eri tarjoajalta kuten Buildots, Dalux, BIM 360 ja OpenSpace. Kaikilla tarjoajilla on useita innovaatioita, joilla pyritään kehittämään rakennusprosessia ja lisäämään rakennusalalla käytettäviä digitaalisia työkaluja. Uutena tulokkaana 360-kuvaus on saanut paljon pilotti hankkeita, joissa käyttäjänä on ollut muitakin isoja suomessa toimivia yrityksiä Skanskan lisäksi. Esimerkiksi NCC Suomi Oy on käyttänyt Buildots-ohjelmistoa omissa hankkeissaan ja JM Suomi Oy on käyttänyt Dalux:in kehittämää SiteWalk-ominaisuutta. Skanskalla käytössä oleva ohjelmisto on OpenSpace. (19; 24; 29; 30; 31.)

3.3 Kuvauksen tietosuojavelvoitteet

Kuvausta suorittaessa on muistettava huomioida henkilöiden tietosuojaoikeudet. Euroopan alueella alettiin soveltaa vuonna 2018 muuttunutta GDPR eli General Data Protection Regulation -lakia (yleinen tietosuoja-asetus), joka sääntelee henkilötietojen käsittelyä. Tarkoituksena tällä on parantaa henkilön tietosuojaoikeuksia ja henkilötietojen suojaa. (32.) Ohjelmistoissa kuvauksen toteuttaminen on mahdollistettu tekoälyn toteuttamalla kasvojen sumennuksella. Sumentaminen on erikseen aktivoitava ominaisuus kuvamateriaalia hyödyntävässä ohjelmistossa. Aktivoituna ohjelmiston tekoäly sumentaa kaikki tunnistamansa kasvot automaattisesti (kuva 5.). (33.)



Kuva 5. Tekoälyn sumentamat henkilöt.

3.4 Kuvauskalusto

Kuvaukseen tarvittavat resurssit ovat verrattain vähäiset. Valitun ohjelmiston lisäksi kuvaus vaatii vain työmaalla edellytetyt henkilökohtaiset turvavarusteet sekä kameran. Kameran voi kiinnittää suoraan kypärään siihen soveltuvilla osilla joko kiinteästi tai esimerkiksi magneetin avulla (kuva 6.), jolloin kameran asennus on nopeaa. Vaihtoehtoisesti kameraa voi käyttää käyttöön sopivien varsien päähän kiinnitettynä, jolloin taltioitavassa kuvassa on vähemmän näköesteitä. (34.)



Kuva 6. Insta360 One X2 kiinnitettynä kypärään magneetin avulla.

3.5 Käyttömahdollisuudet 360-kuvaukselle

360-kuvauksen käyttömahdollisuuksia rakennushankkeen eri vaiheissa on tutkittu, kehitetty ja koekäytetty niin ohjelmistokehittäjien kuin rakentamisen parissa työskentelevien henkilöiden puolesta useissa eri kohteissa. Käyttökokeemukset ja niistä saadut hyödyt ovat olleet erittäin positiivisia. Ohjelmistokehittäjien Case-kohteista saaduissa tuloksissa korostuu käytön helppous, dokumentoinnin laajuus ja ajansäästö eri ominaisuuksia hyödyntäessä. (35; 36.) Esimerkiksi Suomessa NCC Suomi Oy:n toteuttamasta hankkeesta raportoitiin, että 360-kuvauksen ja toteuman seurannan avulla saavutettiin huomattavasti enemmän ajallaan toteutuneita tehtäviä. Lisäksi manuaalisesti tehtävän raportoinnin kerrottiin vähentyneen 70 %. (37.)

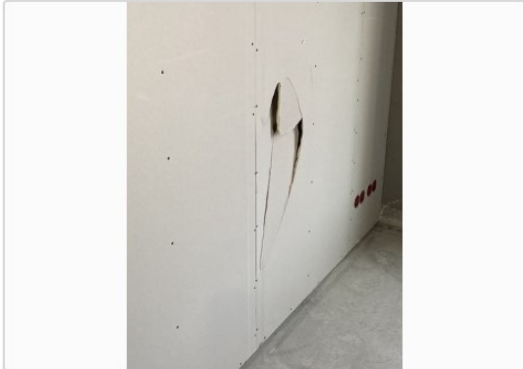

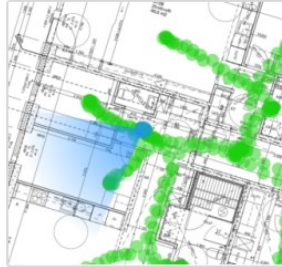
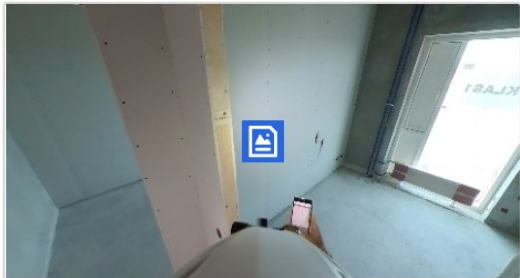
3.5.1 Dokumentointi

Yhtenä yleisimpänä mahdollisuutena hyödyntää 360-kuvausta esille nousee rakentamisen dokumentointi. Kuvan kertoessa enemmän kuin tuhat sanaa, on helppo perustella miksi koko työmaan kattava 360-kuvamateriaali voisi olla hyödyksi. (36; 37; 38.) Rakentamisen dokumentoinnin tärkeästä asemasta kerrotaan myös Kotopro Oy:n ja VTT:n tekemässä ”Asumisen tulevaisuus -hankkeessa”. Hankkeessa kävi ilmi, että kattavampi dokumentaatio voisi tuoda merkittäviä säästöjä sekä parantaa rakentamisen laatua ja läpinäkyvyyttä. Hankkeen tulosten mahdollistaminen edellyttäisi, että työvaiheiden dokumentointia rakentamisen koko ajalta vaadittaisiin suoritettavaksi. Dokumentaation on ajateltu tuovan mahdollista hyötyä esimerkiksi rakennuksen luovutuksen jälkeen alkavassa takuuvaiheessa, jossa kattavalla dokumentaatiolla saataisiin todettua, miten rakentaminen on toteutettu. (39, s. 11; 40.) Rakentamisen dokumentointiin 360-kuvaus ja sen käyttöön liittyvät ohjelmistot tuovat suuren avun helposti käytettävässä muodossa, jota tarvittaessa voi jakaa myös ulospäin muille osapuolille. (41.)

3.5.2 Raportointi

Työnaikaisten havaintojen teko ja tiedonjako osalla ohjelmistoista onnistuu sujuvasti, eikä se vaadi videokuvauksen katkaisemista. Mobiili-applikaation avulla luotavaan raporttiin voidaan kuvan lisäksi tallentaa myös tarkentavat kommentit havaintoon liittyen. Raporttiin mukaan tallentuu automaattisesti havainnon sijaintitiedot ja linkki, josta pääsee tarkastelemaan havaintoa 360-näkymässä (kuva 7.). Jokaiselle raportille kuvaaja voi valita vastuuhenkilön, jolle tieto lähetetään. Ilmoitus tulee sähköpostiin, josta löytyy linkki raportin tarkasteluun. Toiminnon avulla työmaan puutteiden hallinta selkeytyy ja tiedonkulku havaintoon liittyen nopeutuu eri osapuolten välillä. Sama työkalu kykenee myös

seuraamaan havainnolle asetettua aikataulullista takarajaa ja ilmoittamaan tilanmuutoksista. (42.)

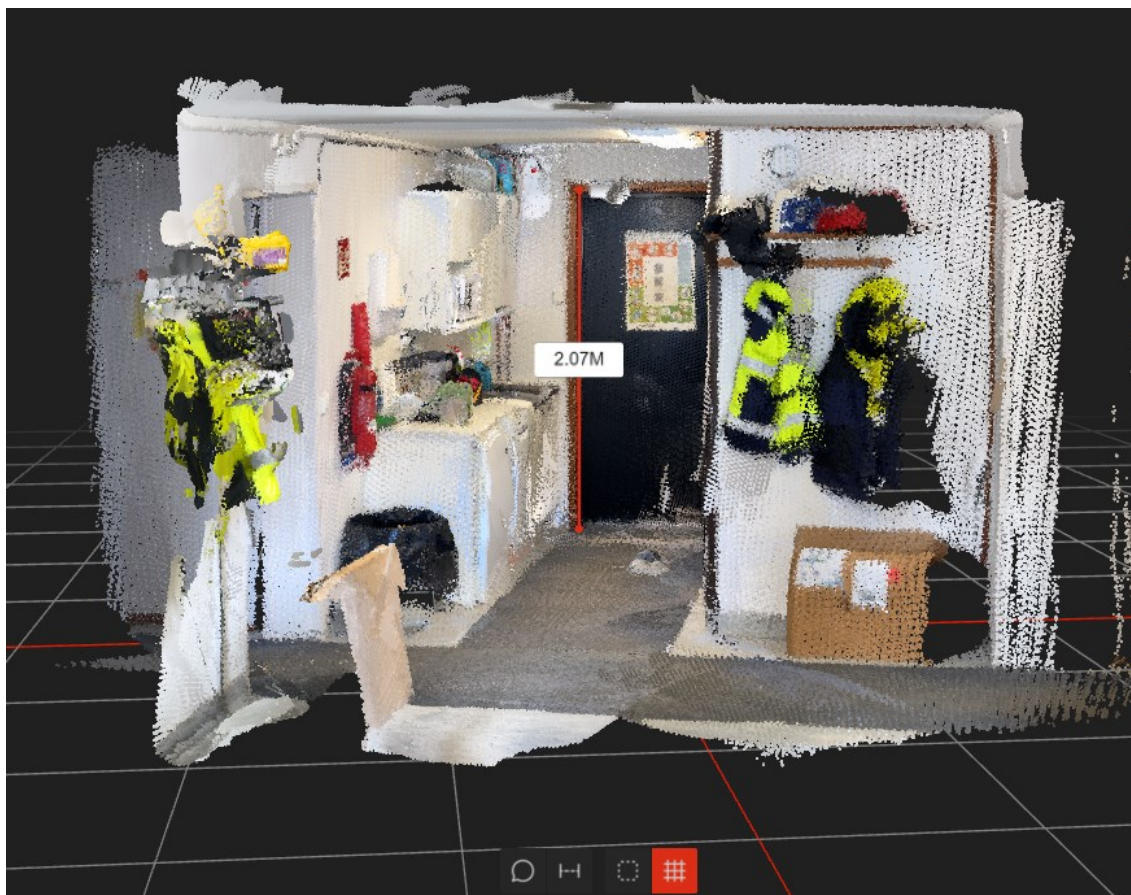
Field Note Photo	Overall Map View	Field Note Location
		
360° View 	<p>Floor 15. kerros Pohjapiirustus.pdf</p> <p>Created by Juho Ainasoja</p> <p>Created on April 20, 2023</p> <p>Due date —</p> <p>Status —</p> <p>Tags —</p> <p>Description S</p>	
VIEW FIELD NOTE IN OPENSOURCE →		

Kuva 7. Esimerkki OpenSpace:lla luodusta raportista.

3.5.3 3D-mittaus

Ohjelmistokohtaisia eroja käyttömahdollisuuksissa voi olla, mutta esimerkiksi SiteScape -ohjelmistolla voi hyödyntää työmaan 3D-mittausta LiDAR:in avulla. OpenSpace:lla 360-kuvamateriaalin tukena on myös mahdollista toteuttaa 3D-mittausta. Molemmat hyödyntävät LiDAR:in skannauskykyjä piirtääkseen mittatiedoilla varustetun 3D-kuvan kohteesta, jota voi tarkastella ulkopuolelta (kuva 8.). Kyseisessä kuvassa näkyvä mittatieto 2,07m oli mittanauhalla mitattuna 2,08m. Skannauksen mittatarkkuuden kerrotaan olevan $\pm 2,5\text{cm}$. (43; 44.) Skannaukseen soveltuvia mobiililaitteita, josta LiDAR-ominaisuus löytyy on

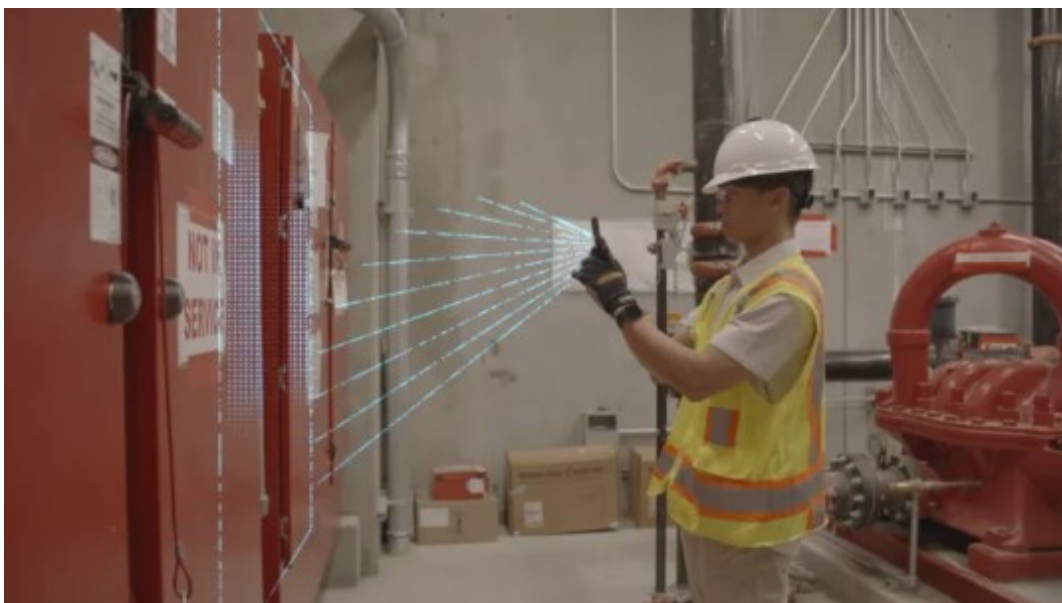
suhteellisen vähän. Applelta tarjontaa löytyy esimerkiksi uusista iPhone Pro-malleista (45.).



Kuva 8. Sitescape-ohjelmiston ilmaisversiota hyödyntäen luotu kuva työmaako-
pista.

Valotutka eli LiDAR on lyhenne englannin kielen sanoista light detection and ranging. Se toimii "ampumalla" laser säteitä, jotka kimpoavat takaisin laitteeseen (kuva 9.). Ammutun ja vastaanotetun säteen perusteella laite kykenee las-
kemaan säteen lentoajan ja luomaan sen perusteella mittatiedot skannatusta

kohteesta. OpenSpace:ssa tämä on lisäominaisuus, jota hyödyntämällä tilan mittaukseen kuluu enää murto-osa aikaisemmin vaaditusta ajasta. (46; 47; 48.)



Kuva 9. Havainnekuva LiDAR:in toiminnasta. (41.)

3.5.4 Työmaan tilannekuva

Työmaan tilannekuvan seuranta on olennainen osa hankkeen valmistumiseen halutussa aikataulussa. Erityisesti oikea aikaisuus korostuu tahtituotannon parissa, jossa työvaiheiden on tarkoitus edetä täsmällisessä aikataulussa toinen toistaan seuraten. Ongelmien ilmetessä niin tahtiaikataulua kuin perinteistäkin aikataulua käyttävillä työmailla reagoinnin on tapahduttava nopeasti. (49.) Yhtenä vaihtoehtona parantamaan työmaan yleistä tilannekuvaa on kokeiltu 360-kuvausta hyödyntäviä apuohjelmia, samalla kehittäen myös aikataulullista seuranta. (50.) Buildots-ohjelmistossa on esimerkiksi tarjolla ominaisuus, joka seurannan lisäksi hälyttää käyttäjää mahdollisista työtahdin muutoksista (kuva 10.) (51.).

Progress Tracking



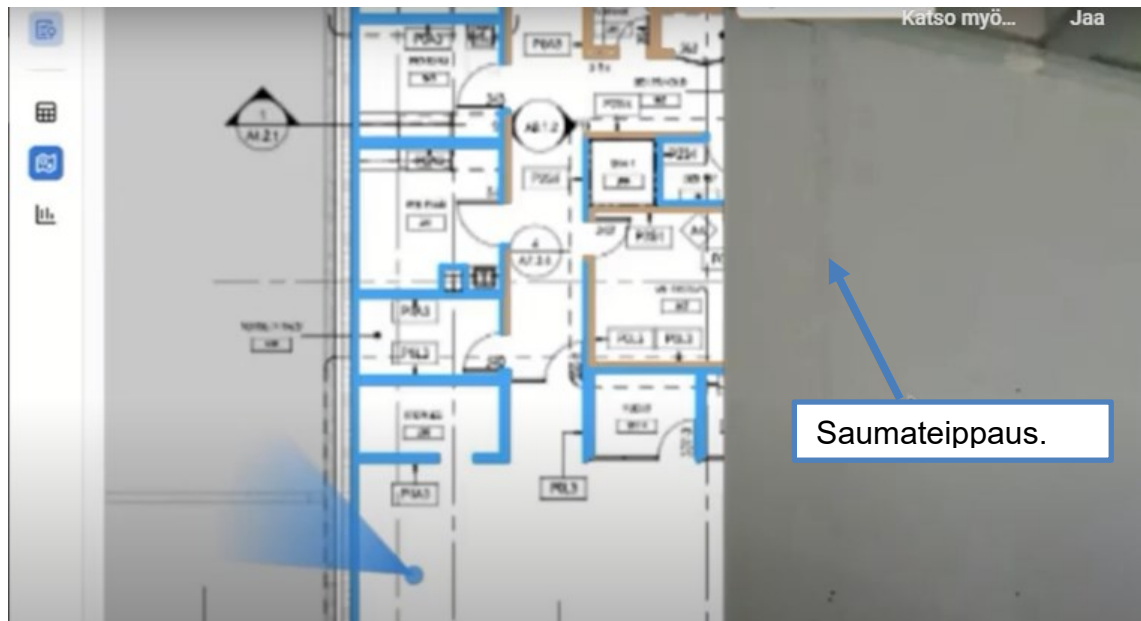
	UFH	Screed	SVP	Ventilation	Sprinklers	Gas Piping	Paint
Level 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Level 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Level 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Level 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Level 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Level 6	✓	+58%		✓	✓		
Level 7	-			✓	✓	+6%	
Level 8	✓				✓		
Level 9	-				✓		
Level 10	+29%						



Severe drop in pace

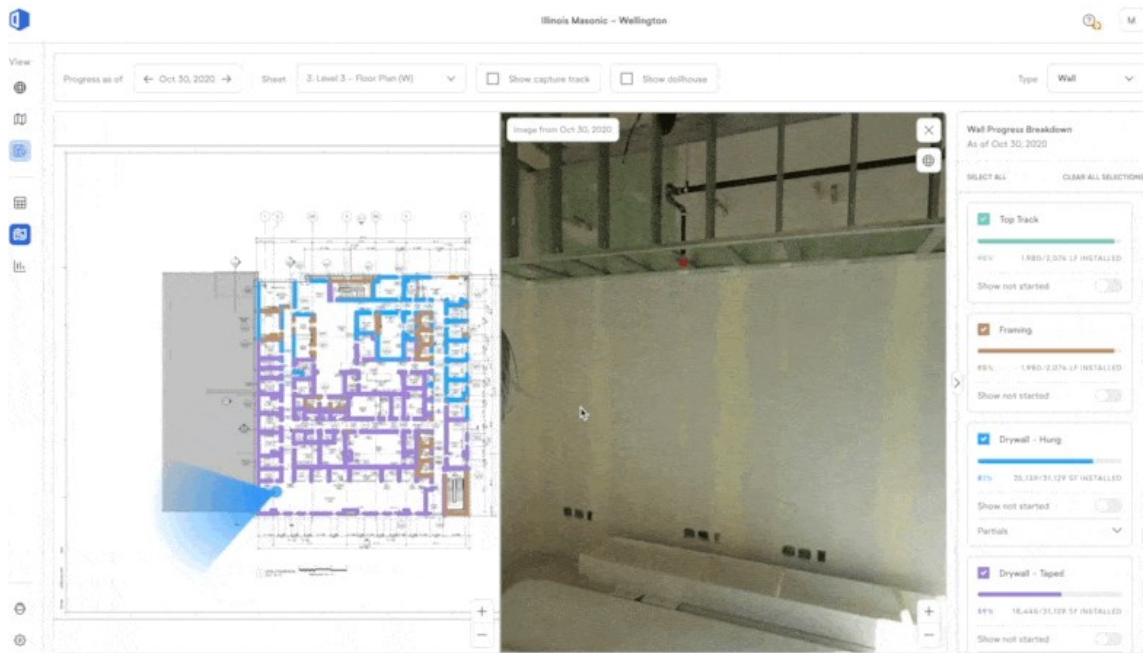
Kuva 10. Näkymä Buildots-ohjelmiston toteumaseurannasta, missä tekoäly on huomannut työtahdin hidastuneen. (51.)

Rakennusalalle kehitetyissä ohjelmissa tilannekuvan seuranta onnistuu verrattain helposti 360-kuvamateriaalia ja tekoälyä hyödyntäen. Esimerkiksi OpenSpace hyödyntää ClearSight toteuman seuranta työkalua, joka on erikseen hankittava lisäosa ohjelmapakettiin. ClearSight:in avulla järjestelmä pystyy näkemään eri työvaiheita, seuraamaan niiden etenemistä ja merkitsemään valmiit ja puutteelliset kohdat pohjakuvaan (kuva 11.). Kyseisessä kuvassa karttapohjaan on sinisellä merkitty teipatut väliseinäsaumat ja ruskealla keskeneräiset. (52.)



Kuva 11. Väliseinäsaumojen teippauksen seuranta OpenSpace:lla. (53.)

Työvaiheiden seurannan lisäksi ohjelmistoon on mahdollista syöttää ennakkoon laskettuja määrätietoja. Määrätietojen perusteella ohjelma pystyy vertaamaan laskettua ja toteutunutta määrää antaen tarkan tilannekuvan työvaiheen etene- misestä (kuva 12.). Edellä mainitussa kuvassa oikeassa laidassa näkyy seurata- vaksi valitut työvaiheet ja niiden prosentuaalinen toteuma sekä vasemmalla työvaiheiden seurantaa helpottava värikoodattu merkintä pohjakuvaan. (52.)



Kuva 12. Toteuman seuranta prosentuaalisesti OpenSpace:lla. (54.)

Rakennusprojektin aikataulu voidaan myös lisätä järjestelmän sisään. Tällöin 360-kuvauksen toteuman analysointi yhdessä aikataulutettujen tehtävien kanssa antaa helposti seurattavan datan siitä, missä vaiheessa työn kuuluisi olla. Näkymä (kuva 13.) on nähtävillä kaikille, joilta käyttöoikeus kyseiseen hankkeeseen löytyy. Kyseisestä kuvasta ilmenee OpenSpace-ohjelmistoon tehtävälle laadittu aikataulu ja tehtävän eteneminen. Tämä mahdollistaa ulkopuolisen tilannekatsauksen silloinkin, kun työvaiheesta ei saada tietoa esimerkiksi työnjohtolta. (53.) Yleisesti käytössä olevaan manuaaliseen tiedonkeruuseen ja aikataulun seurantaan lähes automaattinen digitalisoitu seuranta tuo tarkkuutta ja nopeutta, joka pystytään helposti todentamaan kuvamateriaalien avulla. Työmaan tilannetietoja luettaessa suoraan kuvamateriaalista pyritään välttymään inhimillisiltä virheiltä. (55.)



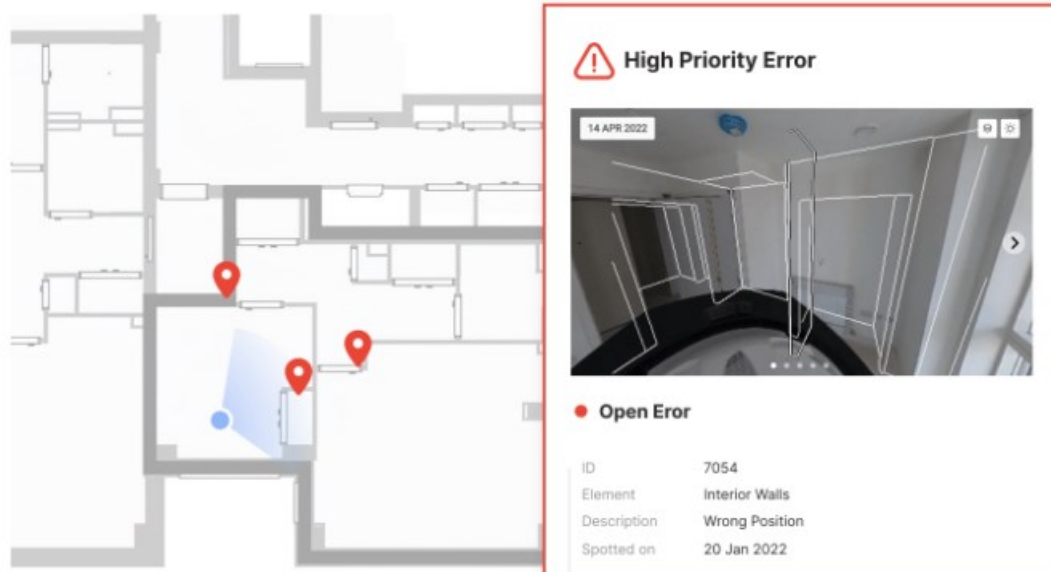
Kuva 13. Aikataulun ja toteuman yhdistelmä yksittäisestä työvaiheesta. (53.)

3.5.5 Puutteiden havainnointi

Rakentamisessa tapahtuu jatkuvasti paljon eri työtehtäviä, useassa eri sijainnissa ja eri henkilöiden toteuttamana. Tämän vuoksi on lähes mahdotonta pysyä kartalla jokaisesta suoritetusta asennuksesta ja siitä, onko asennus oikeassa kohdassa. Väärin toteutetuista asennuksista koituu jälkikäteen korjattuna lisää kustannuksia, jotka monesti myös kasvavat, mikäli virhettä ei huomata ajoissa. Esimerkkinä tähän on paikalle valetut rakenteet. Valuun jääviä asennuksia on helppo korjata tai siirtää ennen valuja, mutta kovan betonikerroksen ollessa päällä saman työn vaatima aika ja kustannukset lisääntyvät erittäin paljon. (56.)

Tekoälyllä huomiota vaativien kohtien seuranta on tehty helpoksi. Osassa ohjelmistoissa sisään ladatun tietomallin ja 360-kuvamateriaalin yhdistelmää seurattaessa järjestelmä kykenee havaitsemaan poikkeamia. Poikkeaman havaittuaan ohjelmisto ilmoittaa siitä automaattisesti. Kuvassa (kuva 14.) tekoäly on verrannut suunnitelmia toteumaan ja huomannut poikkeaman väliseinien sijainnissa pohjakuvaan verraten. Tällainen ominaisuus löytyy esimerkiksi Buildots-ohjelmistosta. (57.)

Apartment 302



Kuva 14. Ilmoitus poikkeamasta Buildots-ohjelmistossa. (57.)

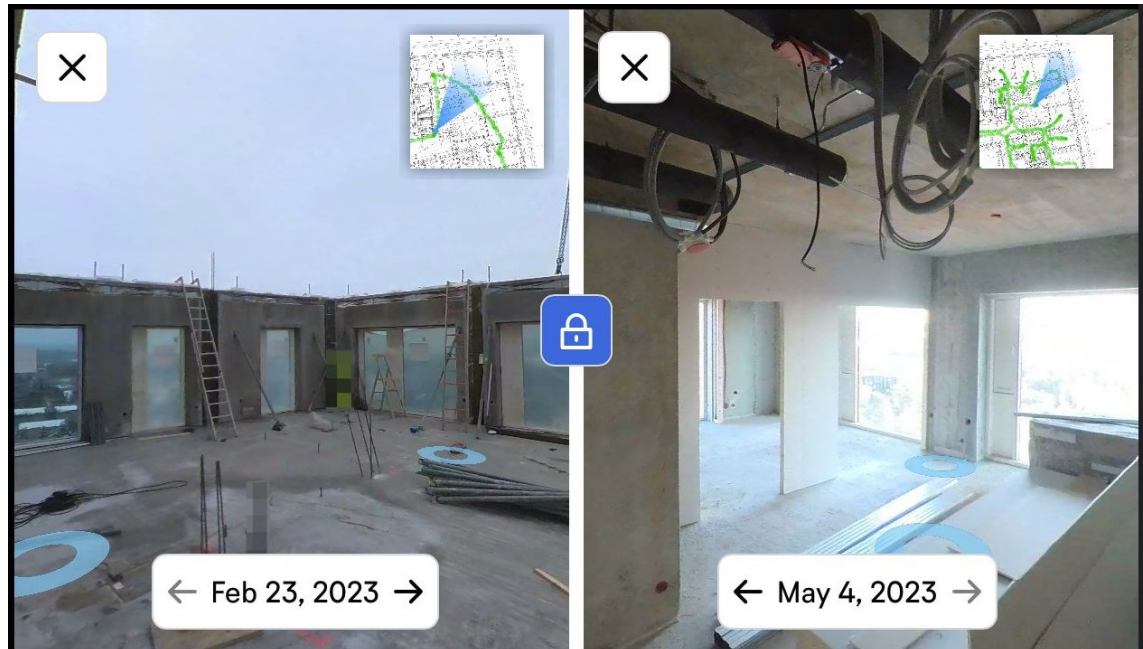
4 360-kuvaus kohdeyrityksessä

Skanska pyrkii pysymään uuden teknologian tasalla ja jatkuvasti kehittämään parempia työkaluja rakentamisen muuttuessa. Yksi osa-alue tästä on 360-kuvaus, jota pilotoidaan tällä hetkellä useammassa rakennushankkeessa Delfiini-korttelin lisäksi. Muita pilotointi kohteita on sairaalahanke Hämeenlinnassa ja asuinkerrostalo Helsingissä. Kaikki pilotoitavat kohteet ovat uudisrakentamista. Tarkoituksena näillä pilottihankkeilla on saada kokemuksia käytännön hyödyistä 360-kuvaukseen liittyen ja selvittää miten kuvateknologiaa olisi paras hyödyntää. Skanskan pilottihankkeissa käytettävissä olevissa välineistöissä on pieniä eroja, mutta käytössä oleva ohjelmisto kaikissa on sama.

4.1 OpenSpace-yritys

OpenSpace:n ohjelmisto, joka Skanskalla on käytössä, kehittää 360-kuvantamisen ja tekoälyn avulla toimivaa ohjelmistoa rakentamisen tueksi. Yritys on perustettu San Franciscossa vuonna 2017 ja toimii nykyään maailmanlaajuisesti jo 86 eri maassa. Suhteellisen nuorena yrityksenä OpenSpace myös voitti vuonna 2022 parhaan rakennusalan teknologiakehitykseen tähtäävän yrityksen palkinnon. (58; 59.) Tarkoituksenaan OpenSpace:lla on vähentää rakentamiseen käytettyä aikaa ja kustannuksia. Tämän mahdollistamiseksi OpenSpace pyrkii teknologiansa avulla kehittämään tuotannon seurantaa, samalla mahdollistaen rakennushankkeen visuaalisen tarkkailun ajasta tai käyttäjän sijainnista

riippumatta koko rakentamisen ajalta. Tästä esimerkkinä on seuraavassa kuvassa esitetty sama asunto eri ajanjaksolla toimistosta katsottuna (kuva 15.). (60.)



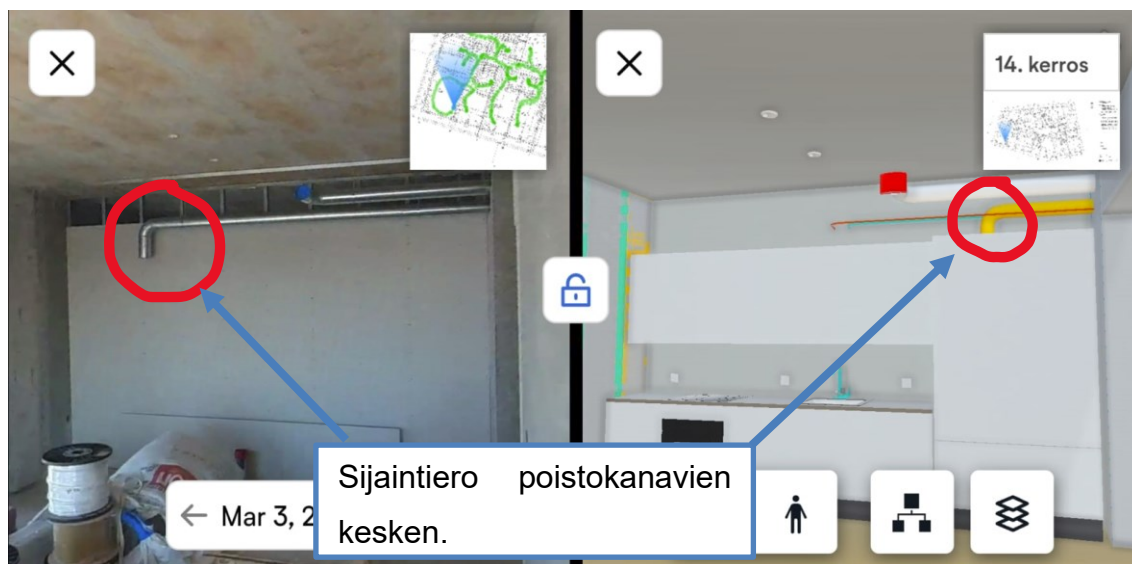
Kuva 15. Kuva Atlaksen työmaalta OpenSpace-ohjelmistoa hyödyntäen. Kuvakulma samasta nurkkauksesta eri ajanjaksolla.

4.2 OpenSpace-ohjelmisto

OpenSpace:n ohjelmisto on käyttäjän tarpeiden mukaisesti muokattavissa oleva maksullinen ohjelmisto (61.). Käyttöalustoina sille toimivat mobiililaitteille tehty applikaatio ja tietokoneella selainpohjainen sivusto, jolloin erillistä tarkasteluun soveltuvaa ohjelmistoa ei tarvita. Kuvamateriaalin lataamiseen OpenSpace:n järjestelmään voidaan hyödyntää tietokoneelle ladattavissa olevaa automaattisesti toimivaa ohjelmistoa tai vaihtoehtoisesti latauksen voi suorittaa suoraan mobiilisti applikaation avulla. (62.)

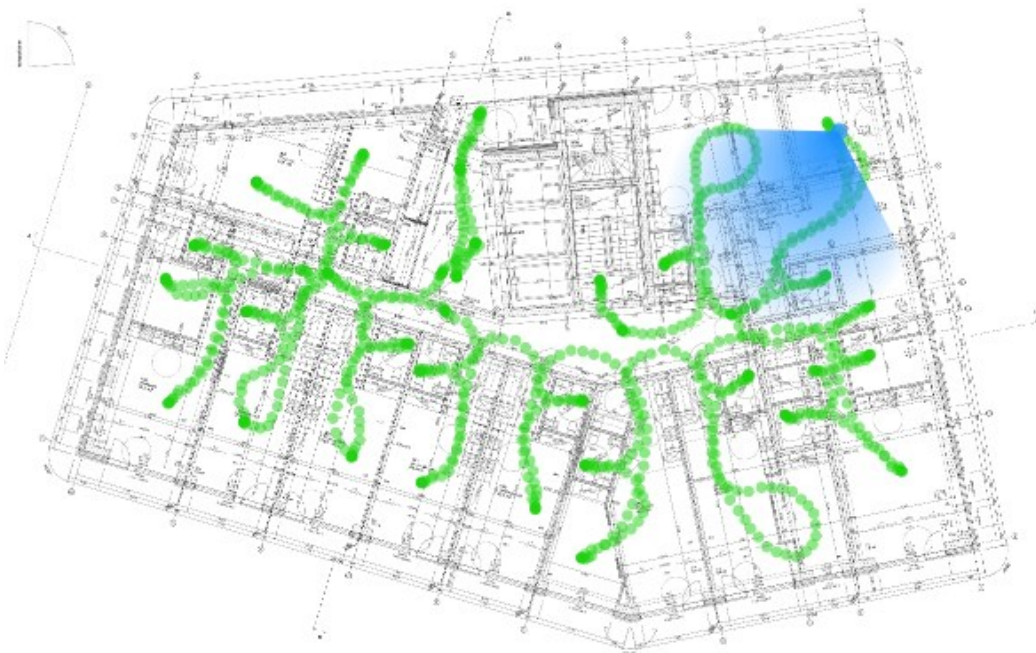
Uusien rakennusprojektien lisääminen OpenSpace:en onnistuu tilauksen jälkeen yksinkertaisesti. Rakennuksen pohjakuvat lisätään järjestelmään, jonka jälkeen käyttö voi alkaa. Mahdollisuutena on myös lisätä hankkeen tietomalli samaan järjestelmään, jolloin ohjelmistolla onnistuu katsella rinnakkaista kuvaa

tietomallin ja hankkeesta kuvattujen 360-kuvamateriaalien kanssa. (24; 63.) Kuvia keskenään verrattaessa niistä voi välillä löytyä eroja toteutuneen ratkaisun ja tietomallin kesken. Kuvassa 16. esitetty samainen keittiö, jossa on eroavaisuuksia toteutuneen ja tietomallin kesken.

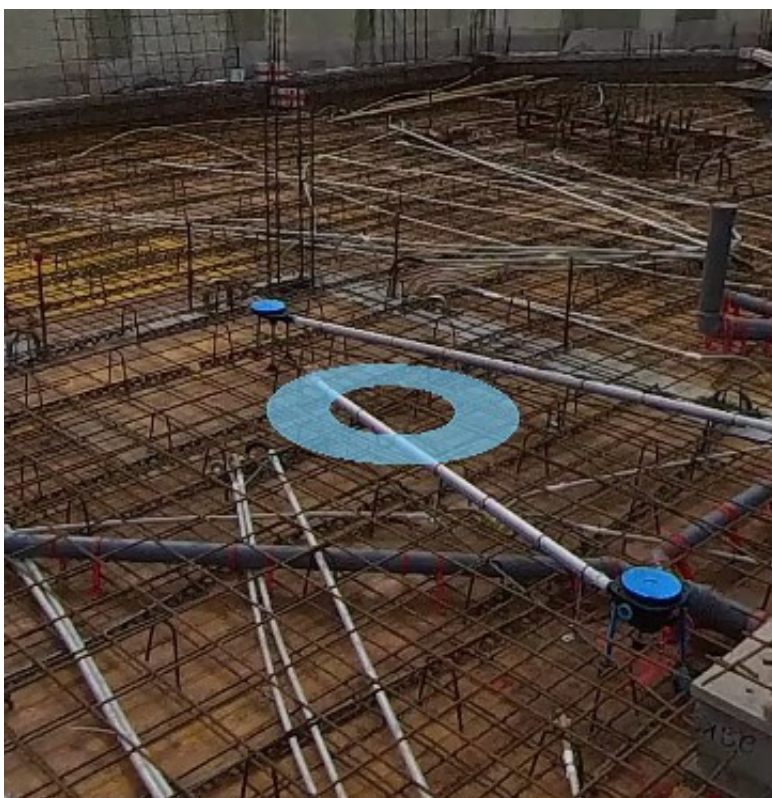


Kuva 16. Asunnon keittiö as-built vs tietomalli.

Rakennuksen kuvausta suorittaessa OpenSpace:n mobiiliapplikaatiossa asetetaan lähtöpiste pohjakuvaan, jonka jälkeen alue tai kerros voidaan kiertää. Järjestelmä seuraa kuvaajan liikehdintää ja tallentaa kuljetun reitin, jotta kuvien tarkastelu jälkeenpäin on helposti yhdistettävissä oikeaan tilaan (kuva 17.). Kuvat tallentuvat kameran muistiin, josta ne siirretään pilveen tekoälyn operoitavaksi. (34.) Kuvauksen jälkeen ohjelmisto luo kuljetusta reitistä Google Street View-tyyppisen näkymän, jossa tekoäly lisää kuviin satunnaisesti sijoitettuja valmiita hyppypisteitä navigoinnin helpottamiseksi (kuva 18.). (64.) Hyppypisteiden sijainteihin pystyy myös itse vaikuttamaan pysähtymällä paikalleen hetkeksi, jolloin tekoäly tallentaa sijainnin ja kuvamateriaalia käsitellessä luo siihen ylimääräisen hyppypisteen. (65.)



Kuva 17. Kuvauksen kulkureitti Atlaksen työmaalta OpenSpacea hyödyntäen.



Kuva 18. Al:n lisäämä "hyppypiste" järjestelmässä.

4.3 Haastattelututkimus

360-kuvamateriaalin käyttöä Skanskalla selvitettiin omin käyttäjäkokemuksin, haastattelujen sekä sähköpostikyselyiden avulla. Vastauksia haettiin Skanskan sisältä eri työaloilta, jotka tutkijan näkemyksen mukaan saattaisivat kuvamateriaalista hyötyä. Haastateltavia työskenteli kolmella eri hankkeella ja konttorilla. Haastateltavien henkilöiden työnkuvat jakautuivat usealle eri osa-alueelle, joita olivat työnjohto talotekniikan, takuutöiden ja rakennusurakoitsijan puolelta, asiantuntijoita turvallisuuden ja talotekniikan parista, kehitys ja IT-puolen henkilöitä, sekä insinöörejä tuotannon ja projektinhallinnan parista. 360-materiaalin ulospäin jakamisen kannalta haettiin vastauksia myös lakiosastolta. Keskusteluja käytiin yhteensä 13 eri henkilön kanssa.

Haastatteluja lähdettiin toteuttamaan puolistrukturoituna eli kysymykset oli ennakoon laadittuja, mutta esitystapa mahdollisti vapaan vastauksen ja keskustelun sujuvan etenemisen sekä uusien ideoiden syntymisen. (66.) Kysymyksiä ei kerrottu haastateltaville etukäteen. Tällä oli tarkoituksena kerätä päällisimmät ajatukset 360-kuvauksen suhteen ja poistaa suunnitellut vastaukset. Haastateltavien nimet jätettiin työstä pois, jotta vastausten kaunistelulta vältyttäisiin.

Vastauksia haettiin seuraaviin kysymyksiin:

- Työnkuvaasi liittyen, kuinka voisit hyödyntää 360-kuvamateriaalia?
- Miten näkisit 360-kuvauksen hyödyntämisen koko rakennushankkeessa?
- Mitkä ovat tärkeimmät kuvauskohdat?
- Millä aikataululla kuvausta kannattaisi toteuttaa?
- Mitä kuvamateriaalille tapahtuu rakentamisen jälkeen?
- Voidaanko kuvamateriaalia jakaa ulkopuoliseen käyttöön?

- Mitä haasteita 360-kuvaukseen rakennusprojektissa liittyy?

4.4 Haastattelujen tulokset

Haastatteluista saadut vastaukset on jaettu suurilta osin työmaalla työskenteleviin henkilöihin ja työmaan ulkopuolella työskenteleviin. Tuotannon henkilöstöltä haettiin vastauksia rakentamisvaiheen sekä takuutöiden aikaiseen kuvamateriaalin hyödyntämiseen. Työmaan ulkopuolella pääasiassa työskenteleviltä haettiin vastauksia 360-kuvamateriaalin kohtalolle rakennusprojektin jälkeen sekä mahdollisuuksista kuvamateriaalin yrityksen ulkopuoliseen jakoon.

4.4.1 360-kuvauksen hyödyntämismahdollisuudet

360-kuvamateriaalin hyödyntämisen suhteen merkittävimpänä mahdollisuutena haastatteluissa nousi esille dokumentaatio. Tämä mainittiin jokaisessa keskustelussa. Erityisesti työvaiheen tai työmaan loppuselvityksiä tehdessä kattavalle kuvamateriaalille annettiin valtava arvo. Mikäli lopussa ilmeni erimielisyyksiä, pääurakoitsijan olisi helppo ottaa järjestelmästä kuvat esille halutulta aikajaksolta. Tällä pystyttäisiin todentamaan esimerkiksi työvaiheiden aloitusedellytysten täyttyminen tietynä aikana tai selvittämään aikataulutavoitteisiin liittyviä ristiriitoja. Kuvien avulla pystyttäisiin myös katsomaan ummistettujen rakenteiden sisään ja tarkastamaan tehtyjä asennuksia ilman rakenteellisia avauksia. Kattava kuvapankki toimisi aikakoneena, mahdollistaen suuret hyödyt taloudellisesta näkökulmasta sekä helpottaen jälkikäteen tehtäviä korjauksia tai muita toimenpiteitä. (67.).

Rakentamisvaiheen aikaiseen 360-kuvamateriaalin hyödyntämiseen mielipiteet jakautuivat erittäin hyödyllisen ja osittain turhan välille. Kuvien tarkkuuden kerrottiin karsivan osaa tarkastusmahdollisuuksista, joissa pitäisi nähdä tarkastettavat kohdat yksityiskohtaisemmin. Henkilöt, jotka työskentelivät työmaan ulkopuolella, kokivat kuvamateriaalista olevan pelkkää hyötyä rakennusprojektin aikana. Työmaalla työskentelevien parissa eroavaisuudet ilmenivät selkeimmin talotekniikka- ja rakennuspuolen henkilöiden välillä. Talotekniikan henkilöstön

näkökulmasta 360-kuvamateriaalilla pystyi helposti seuraamaan asennusten etenemistä riittävällä tarkkuudella, samalla säästäten paljon aikaa paikan päällä tehtävien tarkastusten sijaan. Skanskalla talotekniikan henkilöstö voi myös työskennellä usealla työmaalla samanaikaisesti, jolloin kuvamateriaalista uskottiin olevan vielä enemmän hyötyä, koska työvaiheiden seuranta onnistuisi myös etänä. Rakennuspuolen näkökulmasta kuvamateriaalin tarkastelulle ei nähty erityistä hyötyä, koska heidän työnkuvaansa liittyi muutenkin jatkuva käynti työmaalla. Työvaiheiden etenemisen seuranta liveinä korostui työmaan toimiessa tahtiaikataululla, jolloin kuvamateriaalin ajateltiin tulevan liikaa jäljessä. (67.).

Ohjelmistojen muut käyttömahdollisuudet, kuten työvaiheiden toteuman ja aikataulun seuranta kerrottiin haastattelujen myöhemmässä vaiheessa. Tämä lisäsi positiivisuutta käytön suhteen, mutta silti teknologiavastaisemmat henkilöt epäivät hyödynnettävyyttä. Kriittisimmät haastateltavat kokivat, ettei tekoälyn suorittamalle toteuma- ja aikatauluseurannalle ollut suurta hyötyä, koska näiden pitäisi muutenkin olla työnjohdolla tiedossa. Samalla tulisi lisäksi uusi seurattava ohjelma, jonka koettiin kasvattavan työkuormaa. Työvaiheiden seurannan ajateltiin kuitenkin toimivan tukitoimintona ja vahvistavan omaa mielikuvaa työvaiheiden etenemiselle. Edelleen pääsyynä kriittisyydelle oli datan ajantasaisuuden puutteet. (67.).

Myönteisempi puoli koki teknologian toteuttaman seurannan erittäin positiivisena. Mahdollisuus saada kokonaisvaltainen kuva rakennusprojektin tilanteesta yhdistettynä aikataululliseen seurantaan koettiin erityisen hyödyllisenä. Tämä korostui useammalla työmaalla saman aikaisesti työskentelevillä, sekä rakennushankkeen parissa työskentelevillä insinööreillä, jotka eivät käy paikan päällä jatkuvasti. Osan ohjelmistoista mahdollistama automaattinen seuranta tietomallin ja toteutuman välillä herätti suurta mielenkiintoa. Tällä uskottiin olevan erittäin suuri merkitys esimerkiksi kustannuksiin, koska ohjelmisto ilmoittaisi epäkohdista mahdollistaen nopeamman reagoinnin. Tämän uskottiin vähentävän huomattavasti pieniä purku- ja uudelleen rakennustöitä. Sen lisäksi, että ohjelmasta näkisi 360-kuvauksen jälkeisen toteuman, se toimisi myös kirjanpitoon töille, joita ei ole tehty. Näin työvaiheiden häntiä saataisiin kontrolloitua

tarkemmin. Erityistä hyötyä koettiin olevan myös siitä, että työmaan tilanne olisi saatavilla kaikille, riippumatta siitä ovatko oikeat henkilöt paikalla jakamassa tilannetietoja. (67.).

Rakentamisvaiheen jälkeen kuvamateriaalille löytyi mahdollisia hyödyntäjiä myös loppukäyttäjän suhteen. Loppukäyttäjän osalta käyttöä ajateltiin olevan esimerkiksi kiinnittäessä rakenteisiin jotain, missä täytyy tehdä reikiä valmiiseen pintaan. Käyttäjä voisi tämä tarkastaa valmiin pinnan takana olevan tilan ja välttyä putkitusten ja johdotusten vahingoittamiselta. Tarkastuksia voisi toteuttaa myös tulevaisuudessa mahdollisesti toteutettavien pienremonttien tai huonejako-kojuutosten kohdalla. (67.).

Takuutöistä puhuttaessa kuvamateriaalista koettiin olevan paljon hyötyä. Töiden suunnittelu olisi huomattavasti helpompaa ja tarkempaa, mikäli korjattavan kohdan sisällön tai rakenneratkaisut pystyisinäkemään ennakkoon. Tämän koettiin voivan vähentää turhia purkutöitä, laskevan työhön kuluvaan aikaa sekä poistamaan muita riskejä, joita sokkona työskentely saattaisi aiheuttaa. (67.).

4.4.2 Tärkeimmät kuvauskohdat ja kuvauksen aikataulutus

Tärkeimpinä kuvauskohtina esiin nousi yksimielisesti kaikki piiloon jäävät rakenteet. Useat asennustapatarkastukset tai esimerkiksi palokatkojen olemassaolon todentaminen voi olla mahdotonta purkamatta valmista pintaa. Erityistä huomiota toivottiin kiinnitettävän holvivaluihin, märkätilojen piiloon jääviin rakenteisiin sekä IV-kanavien liitoskohtiin. (67.).

360-kuvamateriaalin päivittäinen hyödyntäminen työnjohdon näkökulmasta olisi vaatinut myös päivittäistä kuvaamista, jotta materiaali olisi ajantasaista. Päivittäisen kuvauksen resurssivaatimukset kuitenkin ymmärrettiin olevan esteenä. Viikoittaiselle kuvaukselle haastatteluissa ajateltiin olevan hyötyä hankkeen kokonaiskuvan kannalta. Tämän koettiin tarjoavan hyödyllistä tietoa viikoittaisissa työnjohto- ja aliurakoitsijapalavereissa. Toiveissa oli kuitenkin kuvauksen

ajoittaminen juuri ennen asennusten peittämistä, jotta kuvattavan työvaiheen dokumentaatio olisi mahdollisimman realistinen. (67.).

Takuutöiden osalta piiloon jäävät rakenteet olivat myös tärkeimmät kuvauskohdet. Työnkuvaan liittyen korjattavaa voi kuitenkin löytyä mistä vain, joten mitä laajempi kuvadokumentaatio on, sitä enemmän löytyy hyödyntämismahdollisuuksia. (67.).

4.4.3 360-kuvamateriaalin säilytys projektin jälkeen

Kuvauksesta syntyvä data varastoituu ohjelmistotarjoajien palvelimille sopimusten mukaisesti, mutta mahdollisuus on myös ladata materiaali omaan säilytykseen. Skanskan rakentaman Hyperion-tornitalon osalta 360-kuvamateriaalia on sovittu säilöttävän 10-vuotta käytössä olevan OpenSpace-ohjelmiston palvelimilla. Säilytysaika on sama, kuin urakoitsijalla oleva vastuu-aika rakentamisen jälkeen. (67.).

Kuvamateriaali voidaan sovittaessa luovuttaa myös tilaajan käyttöön. Haastatte- luissa ilmeni kuitenkin, että tämä sisältää sopimusteknisiä haasteita, liittyen muun muassa siihen, ettei kuvamateriaali varmuudella vastaa viimeisintä toteu- tustapaa. Esimerkkikohde Hyperionin osalta on kuitenkin päätetty luovuttaa ku- vamateriaali tilaajan käyttöön. Tällä pyritään parantamaan avoimuutta tilaajan ja urakoitsijan välillä. (67.).

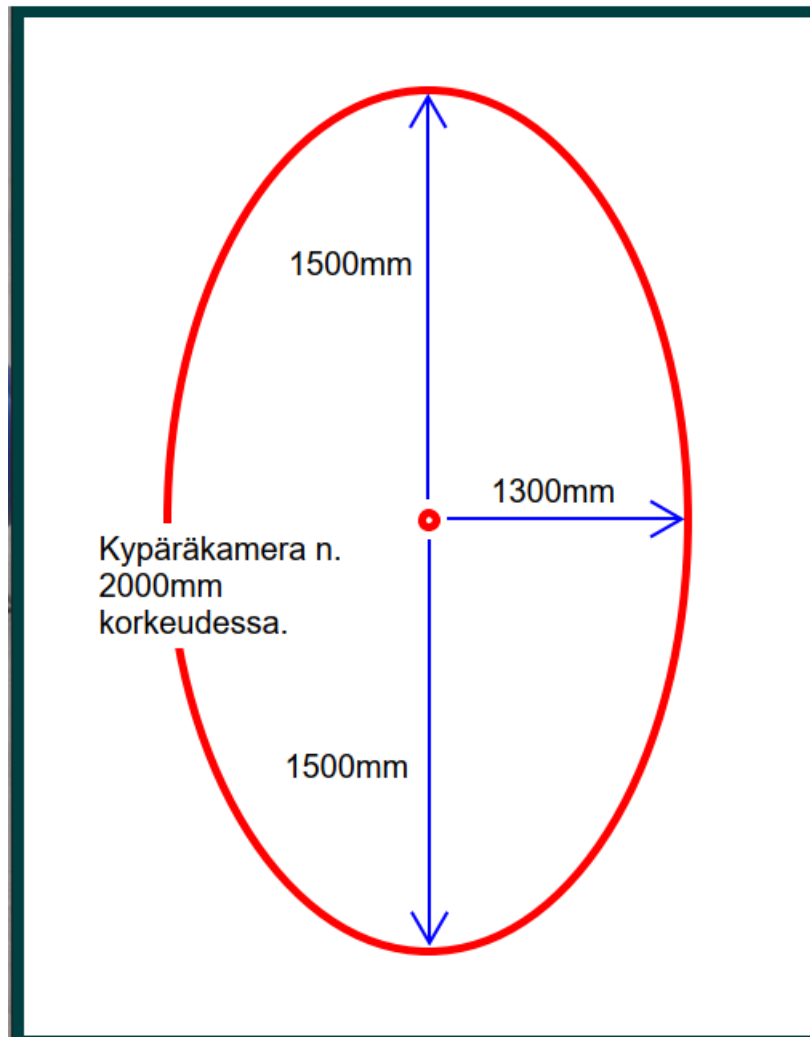
4.4.4 360-kuvauksen haasteet

Kuvauksen haasteina koettiin olevan henkilöresurssien riittävyys toteutukseen sekä hyödyntämiseen soveltuvan kuvamateriaalin ajantasaisuus. Kuvattavan alueen laajuudesta riippuen työhön voi mennä useista tunneista jopa päiviin, mikä koettiin olevan ongelma muiden töiden ohessa. Yksi haastateltavista kertoi kuvauksen toimineen erinomaisesti kesäisin, mutta muina vuodenaikoina ku- vauksen toteutus oli heikkoa. Tällä oli selkeä yhteys kesäkuukausina työmaalla toimiviin harjoittelijoihin. (67.).

Yhtenä haasteena koettiin myös eri sovellusten välisen linkitetyn toiminnan puuttuminen. Skanskan työmailla on käytössä Congrid-sovellus, jolla seurataan esimerkiksi työturvallisuutta ja laatua. Osittain samaa seuranta voidaan tehdä myös käytössä olevalla OpenSpace-ohjelmalla, mutta tällä ja Congridilla ei ole minkäänlaisia automaattisia yhteensopivuuksia, joilla esimerkiksi 360-kuvauksen raportit siirtyisivät suoraan myös Congridiin. (67.). Congrid kuitenkin kertoi tähän sopivan ratkaisun olevan kehitteillä (68.). Osassa ConTech-ohjelmistoissa, kuten Procore tai BIM 360 yhteensopivuusongelmat on ratkaistu ohjelmistointegraatioilla (69; 70.).

4.5 Käytönaikaiset huomiot

Pienet tilat, kuten WC:t tai kylpyhuoneet tuovat haasteita kuvauksen toteutukseen. Kameran ollessa sijoitettuna kypärään, kameran näkökulma on rajallinen alaspäin (kuva 19.). Tämä ongelma voidaan minimoida kiinnittämällä kamera siihen soveltuviin kuvaustikkuihin, jolloin kiinnitysalustasta johtuva kuvan rajautuminen vähenee.



Kuva 19. Kameran "pimeä alue" lattiarajaan mitattuna. Tulokset perustuvat omaan mittaukseen.

Kuvausta suorittaessa valolla oli ymmärrettävästi valtava merkitys. Tämä korostuu erityisesti rakentamisen 360-kuvaukseen soveltuvilla ohjelmistoilla, kuten käytössä oleva OpenSpace, joissa kuvausnopeus on laskettu 2 fps:sään. Alhaisella kuvausnopeudella ja nopealla pyörähdyksellä huonosti valaistussa tilassa syntyi lopputuloksena erittäin heikkolaatuisia kuvia. Heikkoa valaistusta pystyi kompensoimaan pidemmällä pysähdyksellä kohteessa ja ohjelmistosta löytyvällä valaistuksen sekä tietysti valomäärän lisäyksellä.

Nykyisellä magneettisella kiinnitysmenetelmällä kameran käyttö on todella helppoa. Kameran pitkäikäisyyden kannalta siinä on kuitenkin huonot puolensa.

Kameran korkeutta on vaikea arvioida, jolloin se saattaa tarttua työmaaolosuhteissa katosta roikkuviin objekteihin. Tämä johtaa siihen, että magneetilla kiinni oleva kamera irtoaa ja tippuu alas. Kamera itsessään on todennetusti iskunkestävä, mutta kalansilmäobjektiivit vaurioituvat herkästi. Objektiiveille löytyvät suojakuvut ovat ehdottoman tärkeitä, mutta lisäksi magneettisen kiinnitysmenetelmän tukena olisi suotavaa käyttää turvaremmiä, joka estäisi kamerasisäisten osien iskeytymisen maahan.

Kuvauksen toteutus vaati Atlas-tornitalossa keskimäärin 7-minuuttia jokaista kerrosta kohden. Bruttoala Atlaksessa on 26 518 brm², joten karkeasti laskettuna tästä tulee 780 brm² kerrokselta. Rakentamisen tilanne valitussa kerroksessa aiheutti merkittäviä muutoksia kuvauksen keston. Esimerkiksi ylimmän kerroksen, jossa ainoat paikallaan olevat rakenteet olivat elementti seinät, meni kuvaukseen noin 3-minuuttia. Kerroksissa, joissa väliseinät olivat jo asennettu, kuvaukseen meni noin 9-minuuttia. Laskennallinen aika kuvauskerralle on noin 4 tuntia, mutta todellisuudessa tauot, kulkemiset ja muut häiriötekijät työmaalla mukaan huomioiden, kannattaa tämän kokoisessa hankkeessa varata kuvaukselle koko päivä.

5 Analyysi

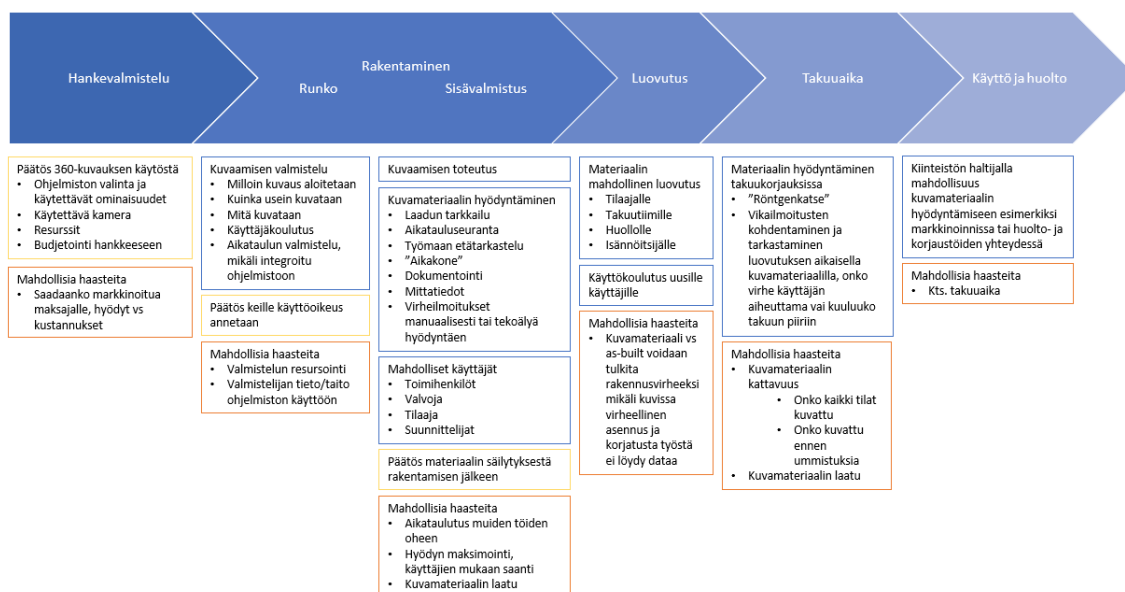
5.1 Kuinka kuvamateriaalia hyödynnetään

Haastattelujen ja omien käyttökokemusten perusteella 360-kuvamateriaalin hyödyntäminen on vielä hyvin vähäistä. Loppuvaikutelmaksi jäi, että kuvausteknologia oli otettu käyttöön, mutta varsinaista käyttöä sille ei vielä ollut keksitty. Käyttökohteiden puute ja uuden teknologian adaptaatio eri henkilöiden työkuviin on vielä kesken.

Yksi haastateltavista sanoi hyödyntävänsä kuvamateriaalia useasti oman työalueensa seurantaan. Loput työmailla työskentelevistä henkilöistä näkivät hyötyjen tulevan esille vasta loppuselvityksiä tehdessä. Muutoin työmaalla tapahtuva käyttö oli pieniä asennustapatarkastuksia ummistettujen rakenteiden sisästä, läpivientien toteutuksen seurantaan sekä niiden sijaintien vertailua tietomalliin.

Haastattelujen perusteella suurin käyttökohde, joskin tällä hetkellä hypoteettinen, on luovutusvaihe ja siihen liittyvät sopimusselvittelyt aliurakoitsijoiden kesken sekä takuutyövaihe mahdollisine korjauksineen. Kattava kuvallinen dokumentaatio rakentamisen erivaiheista helpottaa huomattavasti jo tapahtuneiden asioiden selvittelyä.

Rakennushankkeen kulku ja 360-kuvauksen yhdistäminen on haastattelujen ja omien kokemusten pohjalta tiivistetty kuvassa 20. Kuvasta ilmenee ehdotuksia, miten, missä vaiheissa ja kenen toimesta 360-kuvauksen käyttö hankkeessa tulisi huomioida. Kuva löytyy isommassa koossa liitteestä 1.



Kuva 20. Rakennushankkeen kulku ja 360-kuvaus.

5.2 Kehitysehdotukset

360-kuvauksen hyödyntämistä voisi kehittää laajemmalla jalkautuksella työmaalle. Opinnäytetyöntekijän yllätti, että kaikki Skanskan omatkaan työntekijät eivät tienneet, että työmaalla suoritetaan 360-kuvausta. Tähän perustuen parempi tiedotus työmaalla hyödynnettävistä teknologioista esimerkiksi osana perehdytysmateriaali olisi suotavaa. Tämän seurauksena kaikki työmaalla työskentelevät tietäisivät suoritettavasta kuvauksesta sekä automaattisesti toteutuvasta ohjelmiston tekemästä kasvojen sumennuksesta.

Mikäli 360-kuvausta aiotaan tulevaisuudessa hyödyntää enemmänkin, voisi sen huomioida jo esimerkiksi hankesuunnittelussa. Tällöin pystyttäisiin ennakoimaan kuvauksen käyttämät kustannus- ja resurssitarpeet tavoitebudjettia laatiessa. Kuvauksen toteutuksen tiedostaminen suunnitteluvaiheessa saattaisi aiheuttaa myös muutoksia esimerkiksi tietomallien ja aikataulusuunnitelmien tarkkuuteen tai toteutusmuotoon. Suunnitelmien tarkkuudella voi olla merkitystä 360-ohjelmiston mahdollistamaan seurantaan. Esimerkiksi jos pistorasioita ei tietomallista löydy, ei ohjelmistokaan osaa niitä huomioida. Aikataulusuunnitelmia voi myös olla tarvetta tarkentaa, mikäli ohjelmiston halutaan erottelvan

pienempiä työvaiheita. Aikataulun toteutusmuoto voi myös aiheuttaa haasteita. Esimerkiksi Buildots vaati aikaisemmin aikataulun jana-aikataulu muodossa Excel-tiedostona, jotta ohjelmisto kykeni saamaan siitä tarvittavat tiedot (67.).

Työmaalle 360-kuvauksen suhteen pitäisi luoda ohjeistus tai suunnitelmapohja. Tästä ilmeni kohteessa käytössä olevat teknologiset mahdollisuudet, jotka ovat suunniteltuja käyttäjiä ja kuinka uutta teknologiaa voidaan hyödyntää. Mikäli ohjelmisto on asetettu seuraamaan esimerkiksi IV- tai väliseinäsennuksia, ohjeistus kohdennettaisiin kyseisestä työvaiheesta vastaavalle työnjohtajalle. Kuvauksen toteutukseen liittyen työmaalla voisi olla myös ohjeistus mitä kuvamateriaalista halutaan selvittää sekä mitä ja milloin on oleellista kuvata. Mikäli kuvauksella halutaan seurata IV-kanavien toteutusta, kannattaa kuvaus kohdentaa siihen. Toisena esimerkkinä on asunnon yleinen valmiustila, jos kuvamateriaalin kautta tehtävä seuranta päättyy seinien maalaukseen, voi kuvaustahtia ainakin vähentää kalusteasennusten kohdalla.

Kuvamateriaalin selkeyden kannalta kuvauksessa käytettävään valaistukseen olisi hyvä kiinnittää huomiota. Opinnäytetyötä tehdessä testattiin käytössä olevalla kalustolla erilaisia ratkaisuja, päätyttyä kuitenkin vielä loistavaan lopputulokseen. Testikäyttöön voisi ottaa esimerkiksi Illumagear:in valmistaman Halo-renkaan (kuva 20.), joka asettuu kypärän ympärille ja valaisee laajalla skaalalla. Tälläkin haasteeksi jäisi vielä suoraan kameran yläpuolelle osoittava valo, mutta kuvaajan takana seuraavaa pimeyttä saataisiin karsittua.



Kuva 21. Kypärään asetettava 360-valorengas. (71.)

Jatkotutkimuksia ajatellen OpenSpace:n loput ominaisuudet olisi hyvä saada käyttöön. Tällöin niiden todelliset vaikutukset projektin hallintaan saataisiin selvitettyä. Tämä auttaisi myös selkeyttämään mahdolliset käyttäjät ja käyttökohteet.

5.3 Tutkimustulosten kritiikki

Tutkimustulokset 360-kuvaukseen ja sen mahdollistamiin muihin tekoälyn toteuttamiin tukitoimintoihin tämä opinnäytetyö toteutti tarpeensa. Lisää tarkkuutta ohjelmistojen teknologiatarjontaan, niiden hyödyntämiseen ja erityisesti käytännön toimivuuteen tämä opinnäytetyö olisi kaivannut lisää työtä. Tämän mahdollistamiseksi olisi kuitenkin vaadittu myös mahdollisuus käyttää kaikkia toimintoja, jolloin todellinen hyödynnettävyys olisi saatu selvitettyä.

Haastateltavien osalta tämänhetkisen käytön näkökulmasta työn tavoitteet toteutuivat hyvin, koska kokemuksia saatiin kolmelta eri työmaalta. Näistä saatujen käyttäjäkokemusten perusteella tämänhetkisen 360-kuvamateriaalin hyödyntämisen tilanne Skanskalla saatiin luotettavasti selvitettyä. Rakennushankkeen loppuselvityksissä ja takuutöissä haastattelujen tulokset jäivät hypoteettiselle tasolle, koska yksikään hanke, jossa kuvausta suoritetaan, ei ole vielä päässyt niin pitkälle, että käytännöt hyödyt nähtäisiin. Luotettavuutta lisää kuitenkin haastateltavien pitkä työkokemus rakennusalalta, minkä takia haastateltavilla oli selkeitä näkemyksiä mahdollisista käyttökohteista kuvamateriaalin suhteen.

6 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin 360-kuvamateriaalin tämänhetkistä käyttöä sekä käyttömahdollisuuksia Skanskalla. Lisäksi selvitettiin minkälaisia mahdollisuuksia ConTech-ohjelmistot tarjoavat tekoälyllä tehostetun 360-kuvamateriaalin analysoinnin tuloksena. Tutkimuksesta selviää käyttökohtia kuvamateriaalille rakennushankkeen loppuvaiheissa sekä teoreettiset mahdollisuudet, kuinka teknologiaharppaus voisi parantaa rakentamisen seuranta.

Tutkimuksen teoriaosuudessa selvitettiin rakennushankkeen kulku aina suunnittelupöydältä luovutettuun rakennukseen. Lisäksi teoriaosuus kattaa digitalisaation mahdollistaman tuotannon tehokkuuden lisäämisen sekä laatu- ja aikatauluseurannan parantamisen tekoälyn avulla. Haastattelututkimuksessa selvitettiin Skanskan tämänhetkistä tilannetta ja henkilöstön näkökulmaa 360-kuvauksen hyödyntämiseen liittyen.

Syventyminen 360-kuvaukseen liittyvien mahdollisuuksiin lisäsi jo ennestään löytyvää kiinnostusta teknologian tarjoamaan tukeen eri työtehtävissä. Opinnäytetyötä tehdessä ihmetystä herätti puutteet teknologian hyödyntämisessä rakentamisvaiheessa. Mahdollisuuksia löytyy valtavasti tämän opinnäytetyön aihealueen ulkopuoleltakin, mutta silti työmailla suosio vaikuttaa edelleen kääntyvän tikkuaskiin kirjattuihin muistiinpanoihin.

Rakennusalan digitaalisen vallankumouksen edesauttajana voisi toimia myös alalle opetusta tarjoavat koulut. Opetusta tulevaisuuden teknologioihin pitäisi saada selkeillä käytännön esimerkeillä jo ennen työelämään siirtymistä, jotta digitaalisuus saataisiin integroitua rakentamisprosesseihin alusta alkaen. Mahdollisuuksia tuotannon parantamiseen löytyy digitalisaatiosta paljon ja toivottavasti ne löytävät tiensä käytännön työhön nopeasti.

Lähteet

1. Skanska Kodit. Verkkoaineisto. <<https://kodit.skanska.fi/>>. 1.5.2023
2. Skanska. Verkkoaineisto. <<https://www.skanska.fi/tietoa-skanska/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>>. 1.5.2023
3. Skanska urakoi saksalaisrahastolle 33-kerroksisen tornitalon ja kuittaa urakasta 68 miljoonaa. 2021. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/2021/10/skanska-urakoi-saksalaisrahastolle-33-kerroksisen-tornitalon-ja-kuittaa-urakasta-68-miljoonaa/>>. 1.5.2023
4. Junnonen, Juha-Matti. Kankainen, Jouko. 2020. Rakennuttaminen. Rakennustieto Oy. 1.5.2023
5. Vainio, Terttu. 2020. Asuntotuotantotarve 2020-2040. Verkkoaineisto. VTT Oy. <https://www.rt.fi/globalassets/asuminen/2020/asuntotuotantotarve-2020_2040-loppuraportti-final.pdf>.
6. Hälikkä, Sasu. 2014. Pääsuunnittelijan tehtävät tarveselvitys- ja hanke-suunnitteluvaiheessa – tehtävälueutteloiden PS01 ja PS12 vertailu. <https://www.aaltoee.fi/media/aalto-pro-publications/ps/ps_2014_tutkielma_halikka.pdf>. 3.5.2023
7. Talonrakennushankkeen kulku. Kustannusten muodostuminen ja ohjaus. RT 10-11226. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11226>>. 3.5.2023
8. Rakennushankkeen kustannushallinta. 2018. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6033>>. 3.5.2023

9. Terveet tilat 2028. Verkkoaineisto. <<https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakennushankkeen-vaiheet/hanke-ja-ehdotussuunnittelu>>. 3.5.2023
10. Rakennesuunnittelun tehtäväluettelo RAK18. RT 103087. Verkkoaineisto. Rakennustieto. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103087?query=RAK18&external_system=Juha&page=1>. 3.5.2023
11. Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo. RT 10-11284. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11284?navref=Search>>. 3.5.2023
12. Finlex. Asuntokauppalaki. Verkkoaineisto. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940843>>. 7.5.2023.
13. Talonrakennushankkeen kulku. Riskien- ja laadunhallinta. RT 10-11255. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2010-11255?navref=Search>>. 7.5.2023.
14. Finlex. Maankäyttö- ja rakennuslaki (Alueidenkäyttölaki). Verkkoaineisto. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>>. 7.5.2023.
15. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998. RT 16-10660. Verkkoaineisto. Rakennustieto Oy. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2016-10660?navref=Search>>. 8.5.2023.
16. McKinsey Global Institute. 2017. Reinventing Construction: A route to higher productivity. Verkkoaineisto. <<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/mgi-reinventing-construction-a-route-to-higher-productivity-full-report.pdf>>. 8.5.2023.

17. Lohilahti, Oona. 2017. Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa- onko allianssista tai leanista apua. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>>. 8.5.2023.
18. ForConstructionPros. 2022. Are 360-degree cameras becoming must-have tools for construction pros. Verkkoaineisto. <<https://www.forconstructionpros.com/construction-technology/article/22056262/ricoh-why-360degree-cameras-are-musthave-tools-for-construction-pros>>. 8.5.2023.
19. Skanskan henkilöstölehti Tiimi. 2020. Virtuaaliset työmaakierrokset paikasta riippumatta. 10.5.2023.
20. Karelia ammattikorkeakoulu. 2022. 360-kuvauksen hyödyntämisen mahdollisuudet työmaatuotannossa. <<https://www.karelia.fi/2022/12/360-kuvauksen-hyodyntamisen-mahdollisuudet-tyomaatuotannossa/>>. 10.5.2023.
21. MIT news. 2021. 360-degree transparency for construction sites made simple. Verkkoaineisto. <<https://news.mit.edu/2021/360-degree-transparency-construction-sites-made-simple-0831>>. 10.5.2023.
22. Camera Jabber. 2018. How a 360-camera works. Verkkoaineisto. <<https://camerajabber.com/how-a-360-camera-works/>>. 10.5.2023.
23. Verkkokauppa.com. Verkkoaineisto. <<https://www.verkkokauppa.com/fi/product/667597/Insta360-ONE-X2-360-kamera>>. 10.5.2023.
24. OpenSpace. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/faq/>>. 15.5.2023.

25. Wikipedia. Verkkoaineisto. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Kuvataajuus>>. 15.5.2023.
26. Yle Areena. Verkkoaineisto. <<https://ohjeet.arena.yle.fi/hc/fi/articles/4401907314834-Suorien-tv-l%C3%A4hetysten-kuvanlaatu-paranee-Yle-Areenan-%C3%A4ly-tv-sovelluksissa-vaikutuksia-vanhempiin-malleihin>>. 15.5.2023.
27. Teich, David A. 2020. Artificial intelligence can improve process management in construction. Verkkoaineisto. <<https://www.forbes.com/sites/davidteich/2020/09/08/artificial-intelligence-can-improve-process-management-in-construction/?sh=3a30397e286d>>. 15.5.2023.
28. Concept Phones. 2023. Verkkoaineisto. <<https://www.concept-phones.com/news/how-does-fps-affect-video-quality/>>. 15.5.2023.
29. Salminen, Kaisa. 2022. NCC pilotoi oppivaa työkalua sisätöiden seurantaan – Aikataulun lisäksi painotetaan laatua. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/2022/02/ncc-pilotoi-oppivaa-tyokalua-sisatoiden-seurantaan-aikataulun-lisaksi-painotetaan-laatua/>>. 15.5.2023.
30. Bebek, Peter. 2022. Verkkoaineisto. <https://www.linkedin.com/posts/peterbebek_jm-suomi-oy-testing-the-new-feature-sitewalk-activity-6972528602760253440-TmiQ/?originalSubdomain=fi>. 15.5.2023.
31. Autodesk BIM 360. Verkkoaineisto. <<https://www.autodesk.com/bim-360/>>. 15.5.2023.
32. Tietosuojavaltuutetun toimisto. Verkkoaineisto. <<https://tietosuoja.fi/gdpr>>. 15.5.2023.

33. OpenSpace. Face blurring in OpenSpace. Verkkoaineisto. <<https://support.openspace.ai/en/articles/5478411-face-blurring-in-openspace>>. 15.5.2023.
34. OpenSpace. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/>>. 15.5.2023.
35. OpenSpace. Case Studies. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/resources/case-studies/>>. 15.5.2023.
36. Buildots. Case Studies. Verkkoaineisto. <<https://buildots.com/case-studies/>>. Luettu 15.5.2023.
37. Buildots. NCC gains outstanding project control with automadet progress tracking, doubling their plan completion ratios. Verkkoaineisto. <<https://pages.buildots.com/hubfs/Use-Cases/NCC/NCC-Use-Case.pdf?hsLang=en>>. Luettu 15.5.2023.
38. RakentajaPRO. 2021. 360-kuvista rohkaisevia kokemuksia työmailla: Turhan käynnit loppuivat. Verkkoaineisto. <<https://rakentaja.pro/artikkelit/360-kuvista-rohkaisevia-kokemuksia-ty%C3%B6mailla-turhat-k%C3%A4ynnit-loppuivat/>>. Luettu 16.5.2023.
39. Lappalainen, Inka; Federley, Maija; Mikkola, Markku; Simons, Magnus; Rainio, Ilkka; Suomala, Samuli. 2021. Verkkoaineisto. VTT Oy. <<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2021/T391.pdf>>. Luettu 16.5.2023.
40. Taipale, Taru. 2021. Tuoreen selvityksen mukaan kattavampi rakentamisen dokumentointi voi tuoda merkittäviä säästöjä. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/2021/09/tuoreen-selvityksen-mukaan-kattavampi-rakentamisen-dokumentointi-voi-tuoda-merkittavia-saastoja/>>. Luettu 16.5.2023.

41. OpenSpace. Capture your site, understand the job, take action. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/products/capture/>>. Luettu 16.5.2023.
42. OpenSpace. Document issues on the go with Field Notes. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/products/features/field-notes/>>. Luettu 16.5.2023.
43. SiteScape. Verkkoaineisto. <<https://www.sitescape.ai/>>. Luettu 16.5.2023.
44. AEC Magazine. 2021. OpenSpace 3D scans to use iPhone/iPad LiDAR sensors. Verkkoaineisto. <<https://aecmag.com/reality-capture-modeling/openspace-3d-scans-to-use-iphone-ipad-lidar-sensors/>>. Luettu 16.5.2023.
45. Fenstermaker. 2022. What cell phones have LiDAR. Verkkoaineisto. <<https://blog.fenstermaker.com/what-cell-phones-have-lidar/>>. Luettu 16.5.2023.
46. OpenSpace. OpenSpace prototypes 3D scan with new iPhone LiDAR. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/blog/3d-scan-construction-iphone-lidar/>>. Luettu 16.5.2023.
47. OpenSpace. How Kitchell uses OpenSpace 3D scans to save time and avoid opening walls. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/resources/case-studies/kitchell-uses-openspace-3d-scans/>>. Luettu 16.5.2023.
48. Mikrobitti. 2020. Uusissa iPhoneissa on mukana ominaisuus, josta harva tietää: näin otat täyden hyödyn lidar-sensorista. Verkkoaineisto. <<https://www.mikrobitti.fi/uutiset/uusissa-iphoneissa-on-mukana-ominaisuus-josta-harva-tietaa-nain-otat-tayden-hyodyn-lidar-sensorista/d9453c24-f13a-40a0-a25b-4ccc062d4bdd>>. Luettu 16.5.2023.

49. Tompuri, Vesa. 2020. Asuntorakentamisen sisätyöt nopeutuivat kolmanneksella autoteollisuuden opeilla. Verkkoaineisto. <<https://www.rakennuslehti.fi/2019/01/asuntorakentamisen-sisatyot-nopeutuivat-kolmanneksella-autoteollisuuden-opeilla/>>. Luettu 17.5.2023.
50. Seppänen, Olli. 2020. Digitaalinen tilannekuva mahdollistaa tuottavuusloikan. Verkkoaineisto. Rakennuslehti. <<https://www.rakennuslehti.fi/blogit/digitaalinen-tilannekuva-mahdollistaa-tuottavuusloikan/>>. Luettu 17.5.2023.
51. Buildots. Grounded In Reality. Verkkoaineisto. <https://buildots.com/?utm_source=adwords&utm_medium=ppc&utm_campaign=Buildots%20-%20Branded%20-%20Search&utm_term=buildots&hsa_acc=2338062568&hsa_cam=16642635832&hsa_grp=138492388487&hsa_ad=606448587245&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-1228363947034&hsa_kw=buildots&hsa_mt=p&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=EAlaIQobChMlyqbO8_f3_glVA2EYCh3q2gP8EAAYASAAEgIhZvD_BwE>. Luettu 18.5.2023.
52. OpenSpace. How automated progress tracking software from OpenSpace simplifies construction project management. Verkkoaineisto. <<https://www.youtube.com/watch?v=CoTzF5stk34>>. Katsottu 18.5.2023
53. OpenSpace. 2021. ENR Webinar: See the future of automated progress tracking. Verkkoaineisto. <<https://www.youtube.com/watch?v=R3NSe9iNMhI><>. Katsottu 18.5.2023
54. Amaya, Michael. Verkkoaineisto. <<https://support.openspace.ai/en/articles/5604073-getting-started-with-openspace-track>>. Luettu 19.5.2023.

55. Aiforsite. 2022. Työnjohtaja, kuinka tarkka tilannekuva sinulla on. Verkkoaineisto. <<https://aiforsite.com/fi/artikkeli/reaaliaikainen-tilannekuva-ty-omaalle/>>. Luettu 21.5.2023.
56. Buildots. 2022. How tech is helping project managers identify on-site issues. Verkkoaineisto. <<https://buildots.com/blog/identify-on-site-issue-with-tech/>>. Luettu 21.5.2023.
57. Buildots. What can you do with Buildots. Verkkoaineisto. <<https://buildots.com/site-ops/>>. Luettu 22.5.2023.
58. Crunchbase. Verkkoaineisto. <<https://www.crunchbase.com/organization/openspace-ai>>. Luettu 22.5.2023.
59. OpenSpace. 2022. OpenSpace named best ConTech company of 2022 at real estate building futureproof festival. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/press-releases/openspace-named-best-con-tech-company-of-2022/>>. Luettu 22.5.2023.
60. OpenSpace. Revolutionizing how we capture and manage the built world. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/about/>>. Luettu 22.5.2023.
61. OpenSpace. OpenSpace pricing – subscriptions that scale. Verkkoaineisto. <<https://www.openspace.ai/pricing/>>. Luettu 22.5.2023.
62. OpenSpace. Uploading your 360 video capture – desktop sync app. Verkkoaineisto. <<https://support.openspace.ai/en/articles/2476405-uploading-your-360-video-capture-desktop-sync-app>>. Luettu 25.5.2023.
63. OpenSpace. How to create a project in OpenSpace. Verkkoaineisto. <<https://www.youtube.com/watch?v=GD-l1hSspvA>>. Luettu 26.5.2023.

64. Goodman, Jennifer. 2019 OpenSpace, the 'Google Street View of construction,' called a game changer. Constructiondive. Verkkoaineisto. <<https://www.constructiondive.com/news/openspace-the-google-street-view-of-construction-called-a-game-changer/564673/>>. Luettu 26.5.2023.
65. Skanskan sisäinen ohje. Luettu 17.5.2023.
66. Hyvärinen, Matti; Suoninen Eero; Vuori, Jaana. Haastattelut. Verkkoaineisto. <<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/haastattelut/>>. Luettu 26.5.2023.
67. Skanskan henkilöstöhaastattelut. Toteutettu touko- ja kesäkuussa 2023.
68. Congrid-support 15.5.2023
69. Cision PR Newswire. 2019. OpenSpace announces new integrations with Autodesk BIM 360 Software. Verkkoaineisto. <<https://www.prnewswire.com/news-releases/openspace-announces-new-integrations-with-autodesk-bim-360-software-300960691.html>>. Luettu 28.5.2023.
70. Procore. Verkkoaineisto. <<https://marketplace.procore.com/apps/openspace>>. Luettu 28.5.2023.
71. Illumagear. Verkkoaineisto. <https://illumagear.com/wp-content/uploads/2020/05/Specifications-Sheet.pdf>. Luettu 28.5.2023.

Rakennushankkeen kulku ja 360-kuvaus

