Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

2024

Eveliina Vuoria

Tekoälyavusteinen toteumanseuranta rakennushankkeessa

TURKU AMK
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennus ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

2024 | 38 sivua

Eveliina Vuoria

Tekoälyavusteinen toteumanseuranta rakennushankkeessa

Tämä opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantona NCC Suomi Oy:lle. Toiminnallisen kehityshankkeen tavoitteena oli tuoda tietoutta tekoälyavusteisesta toteumanseurannasta ja selvittää sen tuomat hyödyt pääurakoitsijalle. Referenssikohteena toimi Valkeavuoren kampushanke Kaarinassa.

Opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksessa tutkittiin tekoälyn teoriaa ja 360-kamerakuvauksen mahdollisuuksia sekä rakennushankkeen tuotannonsuunnittelua ja rakennushankkeen toteumanseurantaa. Työn tuloksista voidaan todeta, että tekoälyavusteisesta toteumanseurantajärjestelmästä on saatu lisäarvoa rakennushankkeen seurantamenetelmänä.

Tekoälyavusteiset teknologiaratkaisut ovat tulevaisuutta, kun oikeanlaista dataa on riittävästi ja sitä pystytään hyödyntämään parhaalla mahdollisella tavalla, voidaan rakennushankkeen eri prosesseja tehostaa teknologia-avusteisesti.

Asiasanat:

tekoäly, 360-kuvaus, Buildots, toteumanseuranta, aikataulu, tietomalli

Bachelor’s Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Civil Engineering

2024 | 38 pages

Eveliina Vuoria

AI-assisted as-built monitoring in a construction project

This thesis was conducted as a commission for NCC Finland Oy. The goal of the functional development project was to raise awareness about AI-assisted implementation monitoring and explore the benefits it brings to the main contractor. The reference project for this initiative was the Valkeavuori Campus project in Kaarina.

In the literature review, the study investigated artificial intelligence theory, the possibilities of 360-degree camera imaging, and production planning in construction projects, along with monitoring the project progress.

The results indicates that an AI-assisted implementation monitoring system has added value as a project monitoring method in construction projects.

The AI-assisted technologies are the future, when the right kind of data is available, and it can be used in the best possible way. The various processes of a construction project can be made more efficient with the help of technology.

Keywords:

AI, 360 camera shooting, as-built monitoring, implementation monitoring, Buildots, schedule, data model

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto **6**

1 Johdanto **7**

2 Tekoälyavusteinen toteumanseuranta määritelmä **8**

2.1 Buildots – tekoälyavusteinen toteumanseuranta 10

2.2 Valkeavuoren kampus- hanke 12

3 Tietomallin, 360-kamerakuvauksen ja aikataulun yhdistäminen rakennushankkeessa **13**

3.1 Tietomallintaminen uudiskohteessa 13

3.2 Tuotannonohjaus- ja suunnittelu rakennushankkeessa 15

3.3 Toteumanseuranta rakennushakkeessa 16

4 Tekoälyavusteinen toteumanseuranta rakennushakkeessa **18**

4.1 Työmaan 360-kamerakuvauksen toteutus 18

4.2 Kamerakuvauksen välineet 21

4.2.1 GoPro MAX -kamera 22

4.2.2 Halo SL-lisävalaisin 23

4.2.3 Bushman Halo 360-ledivalo 23

4.2.4 Sijaintitarrat 24

4.3 Kamerakuvauksen analysointitulokset 25

5 Kyselytulokset **33**

6 Pohdinta **36**

Lähteet **37**

Liitteet

Kuvat

Kuva 1. Havainnekuva Valkeavuoren kampushankkeesta. 12
Kuva 2. Havainnekuva kuvaustilanteesta. 19
Kuva 3. Havainnekuva kuvaustilanteesta. 21
Kuva 4. Havainnekuva GoPro-kamerasta. 22
Kuva 5. Havainnekuva lisävalaistuksesta. 23
Kuva 6. Havainnekuva Bushman Halo 360-valaisimesta. 24
Kuva 7. Havainnekuva sijaintitarrasta. 25
Kuva 8. Havainnekuva edistymisen yleiskatsauksesta. 26
Kuva 9. Havainnekuva urakoitsijan edistymisasteesta. 27
Kuva 10. Havainnekuva Buildots-järjestelmän tallenteen tarkasteluominaisuudesta. 28
Kuva 11. Havainnekuva Buildots-järjestelmän kuvatusta materiaalista ja tietomallista. 29
Kuva 12. Havainnekuva Buildots-järjestelmän kuvatusta materiaalista, vertailunäkymä eri päivämäärien välillä. 30
Kuva 13. Havainnekuva virhenäkymästä. 31
Kuva 14. Havainnekuva tallenteen tarkastelunäkymästä. 32

Sanasto

Buildots	rakennusalan ohjelmisto, jonka avulla seurataan sisävaiheen toteumaa ja laatua tekoälyavusteisesti. (Buildots 2023)
Tekoäly	laaja ja moniulotteinen kokonaisuus. Tekoälystä voidaan käyttää määritelmää ”Tekoälyn avulla koneet, laitteet, ohjelmat, järjestelmät ja palvelut voivat toimia tehtävän ja tilanteen mukaisesti järkevällä tavalla”. (Ailisto ym. 2018, 6–7.)
360-kamera	360-kuvauksella tarkoitetaan kuvaa tai videota, jota voidaan tarkastella 360-astetta; kuvaa voidaan pyörittää ja suunnata kaikkiin ilmansuuntiin. (Sampo Consulting 2021)

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on tuoda tietoa uudenlaisen teknologian hyödyntämisestä rakennushankkeessa. Opinnäytetyön teon alkuvaiheessa otetaan käyttöön tekoälyavusteinen toteumanseurantajärjestelmä. Tekoälyavusteinen toteumaseuranta on kerätyn tiedon jalostamista selkeämpään ja helpommin käsiteltävämpään muotoon. Rakennushankkeessa kuvataan sisätyövaiheen etenemistä 360-kamerakuvauksen avulla. Kuvauksesta saatu materiaali ladataan tekoälyavusteiseen toteumanseuranta-alustaan. Konenäkö tunnistaa 360-kuvauksesta tietomallin objektit ja pystyy vertaamaan asennusten tarkkuutta suhteessa tietomalliin. Toteumanseurantajärjestelmä tunnistaa myös objektille määritellyn aikataulun. Tunnistettujen objektien avulla pystytään määrittelemään asennustilanne ja -määrä suhteutettuna suunniteltuun määrään. Analysoidun tiedon avulla voidaan muodostaa kokonaiskuva hankkeen valmiusasteesta.

Uuden teknologian avulla tavoitellaan kustannustehokkuutta ja objektiivista tietoa projektin etenemisestä. Tuotannon ja asennusten poikkeamat havaitaan nopeasti ja korjaustoimenpiteet on mahdollista aloittaa oikea-aikaisesti. Tavoitteena on saada rakennushankkeeseen osallistuvat käyttämään tekoälyavusteista toteumanseurantajärjestelmää, jotta rakennushankkeen osapuolilla on sama tieto käytettävissä projektin tilanteesta. Kuvauksen ansiosta voidaan asettaa realistisempia tavoitteita projektin edistymiselle ja seurata toteutumista lähes reaaliajassa, toisin kuin silloin, kun seurantaa tehdään manuaalisesti. Lisäksi hyötynä on myös se, että tiedot tallentuvat yhteen ja samaan paikkaan.

Opinnäytetyö toteutetaan toiminnallisena kehityshankkeena, jonka tarkoituksena on kehittää uudenlaisen teknologian käyttöönoton mahdollisuuksia rakennushakkeessa. Opinnäytetyön teon aikana otetaan käyttöön uudenlainen työväline osana rakennushankkeen toteutuksen suunnittelua ja seurantaa.

2 Tekoälyavusteinen toteumanseuranta määritelmä

Tekoälyllä tarkoitetaan tietojenkäsittelyjärjestelmää, jonka tulee suoriutua tehtävistä älykkäästi. Tekoälyä käytetään automatisoimalla yksinkertaisia tehtäviä tai selviytymään monimutkaista ja työläistä tehtävistä. Tekoäly toimii ihmisen toiminnan apuvälineenä. (Pesonen 2021.) Tekoäly on laaja ja moniulotteinen kokonaisuus. Tekoälystä voidaan käyttää seuraavaa määritelmää: ”Tekoälyn avulla koneet, laitteet, ohjelmat, järjestelmät ja palvelut voivat toimia tehtävän ja tilanteen mukaisesti järkevällä tavalla”. (Ailisto ym. 2018,6–7.)

Tekoäly voidaan määritellä välineeksi, jota hyödyntämällä ohjelmat, koneet ja laitteet toimivat tilanteen ja tehtävän mukaan parhaalla mahdollisella tavalla. Tekoälyltä vaaditaan erilaisia ominaisuuksia eri tilanteissa. Tekoälyn on osattava toimia muuttuvissa tilanteissa ilman aiemmin suunniteltua ohjelmointia parhaalla mahdollisella tavalla. Tämä vaatii tekoälyltä suorituskykyä, oppivuutta ja itseohjautuvuutta. (Ailisto ym. 2018,6–7.)

Tekoälyn kehittyessä voidaan parantaa tuottavuutta eri osa-alueilla sekä kehittää uudenlaisia työtapoja tekoälyn avustaessa työvaiheita ja prosesseja. Tekoäly ei ole yksi tieteenala vaan se on kokonaisuus, joka koostuu erilaisista menetelmistä, teknologioista ja sovelluksista. Tekoäly voidaan ajatella keinotekoiseksi älykkyydeksi, jota tietotekniikka tuottaa. (Ailisto ym. 2018,11–12.)

Tekoäly, konenäkö sekä koneoppimisen soveltaminen alkaa näkymään rakennusalan yrityksissä ja rakennustyömailla uutena työkaluna. Rakennusteollisuudessa tekoälyn käyttöönotto on ollut hidasta verraten esimerkiksi teollisuuteen, jossa tekoälyavusteisia työkaluja on jo käytössä. Rakennushankkeissa tekoälyn käyttöönottoa viivästyttää rakennushankkeiden monimuotoisuus. Jokainen hake on erilainen, joten koneoppimisen näkökulmasta tämä tuo haasteita käyttöönottoon. Tekoälyratkaisut pystyvät tehostamaan prosesseja, ja teknologiaratkaisuilla voidaan parantaa tuottavuutta. Tekoälyä on myös mahdollista hyödyntää rakennusalan valtavan

tietomäärän hallintaan, esimerkiksi olennaisten tietojen löytämiseen suuresta tietomassasta. Tekoälyn käyttöönotto vaatii uuden oppimista ja kiinnostusta uudenlaisten työtapojen omaksumiseen. (Luukkonen 2023.)

Tekoälyn avulla pystytään tehostamaan ja jopa automatisoimaan toimintoja. Tekoälyn hyödyntämisen eri osa-alueita rakennushankkeessa voivat olla hankintatoiminta-analyyseissä, materiaalihankinnoissa, työmaatoiminnoissa ja aikatauluhallinnassa. Jotta tekoälyä voitaisiin käyttää luotettavana työkaluna, tulee dataa kerättävä runsaasti. Datan keräyksessä tulee erityisesti huomioida, että data on oikeanlaista, oikeassa muodossa, jotta syntyy mahdollisimman kattava tietovarasto. (Luukkonen 2023.)

LAB-ammattikorkeakoulun Tekoäly tutuksi -hankkeen projektipäällikön mukaan digitalisaatio tulee muuttamaan rakentamista tulevaisuudessa. Digitalisaatio mahdollistaa erilaisia työtapojen käyttöönottoa rakennushankkeissa. Rakennustyömaan yläpuolelle on mahdollista tuoda dronet, jotka voivat huomata työmaalta esimerkiksi kypärättömät työntekijät tai ympäristöolosuhteiden mittaukseen tarkoitetut anturit, joilla voidaan seurata esimerkiksi betonin kuivumista reaaliaikaisesti sovelluksen kautta. (Lantta 2022.)

Työmaasta voidaan tehdä digitalisaation ansiosta toteumamalli, josta on helppo seurata rakentamisen etenemistä reaaliaikaisesti perustustöiden alkuvaiheesta lähtien. Rakennuksen sisäpuolelta voidaan havainnoida rakennuksen etenemistä esimerkiksi optisilla tukijärjestelmillä, jotka voivat näyttää esimerkkisi mahdolliset lämpövuodot. Tekoälyn avulla voidaan myös parantaa työturvallisuutta monilla eri tavoilla. Virtuaalikypärän avulla voidaan toteuttaa työmaaperehdytys, älyvaatteisiin asennettujen antureiden avulla voidaan kerätä tai välittää tietoa työmaan vaaratilanteista esimerkiksi liian korkeasta häkäpitoisuudesta tai lähestyvästä ajoneuvosta. Tekoälyä voidaan myös hyödyntää niin sanotuissa rutiinitöissä, esimerkiksi tapaturmiin liittyvää dataa voidaan käsitellä ja analysoida tekoälyavusteisesti. Tekoäly voi myös tuottaa tietoa, jota ei muuten huomattaisi. (Lantta 2022.)

Teknologia kehittyy jatkuvasti, rakennushankkeissa on käytössä erilaisia ohjelmia helpottamaan työn sujuvuutta. Tekoälyn käyttö tulee todennäköisesti lisääntymään lähivuosien aikana myös rakennushakkeissa. Tulevaisuus näyttää kuinka laajasti tekoälyä voidaan jatkossa hyödyntää työn tukena rakennushankkeissa. Tekoälyllä on valtava potentiaali, mutta sen käyttöön ja hyödyntämiseen tulee löytää oikeanlaiset keinot. Tekoälyn luotettavuuteen vaikuttaa datan ja oppimisen yhdistäminen. Uuden teknologian käyttöönottoon tulee suhtautua hyväksyvästi ja kriittisesti. Kaikkeen tekoälyn tuottamaan dataan ei voi täysin sataprosenttisesti luottaa.

2.1 Buildots – tekoälyavusteinen toteumanseuranta

Buildots on rakennusalan ohjelmisto, joka yhdistää rakentamisen osa-alueita yhteen keskitettyyn alustaan. Buildots on tekoälyavusteinen toteumanseurantajärjestelmä, jonka avulla seurataan sisävalmistusvaiheen toteumaa ja laatua. Buildots yhdistää rakennushakkeen tietomallin, aikataulun ja 360-kamerakuvauksen tuloksen yhdeksi kokonaisuudeksi. 360-kuvauksella kerätään tietoa rakennushankkeen edistymisasteesta sekä asennustarkkuudesta, kuvattua materiaalia analysoidaan tekoälyavusteisesti verraten saatua tulosta kohteen aikatauluun sekä tietomalliin. Analysoinnin jälkeen Buildots-järjestelmä muodostaa kattavan raportin rakennushankkeen kokonaistilanteesta, joka on katsottavissa yhdestä järjestelmästä. (Buildots 2023.)

Buildots-järjestelmän tavoitteena on tuottaa objektiivista tietoa tuotannon tilanteesta rakennushankkeen osapuolille helposti hyödynnettävässä muodossa. Buildots on kehitetty avustamaan työmaan toimihenkilöitä työmaan seurannassa ja ohjauksessa. Aiemmin työvaiheita arvioitiin kuvien ja havainnoinnin avulla. Dokumentointi toteutettiin useimmiten valokuvauksen avulla, jolloin valokuvia oli jälkikäteen tuhansia. Tietyn rakennusvaiheen dokumentoinnin etsimiseen saattoi kulua runsaasti aikaa. (Buildots 2023.)

Kehittynyt tekoälyteknologia mahdollistaa tekoälyn hyödyntämisen rakentamisessa. Buildots yhdistää kaikki rakentamisen osa-alueet yhteen paikkaan. Tuotettua tietoa voidaan hyödyntää päätöksenteossa, laadunhallinnassa, sekä viestinnässä. Tiedonkeräys toteutetaan 360-kamerakuvauksen avulla viikoittain. Kuvattu aineisto ladataan Buildots-järjestelmään, joka analysoi kuvatun aineiston verraten sitä hankkeen tietomalliin sekä aikatauluun tekoälyn avulla. Tuotettu tieto mahdollistaa raportin kautta tarkan ja yksityiskohtaisen toteumanseurannan aina yksittäisistä rakennusosista koko työmaan tilanteeseen. Toteuman lisäksi palvelun avulla voidaan seurata myös rakennusosien asennuksen sijaintien oikeanmukaisuutta pohjakuvaan sidottuna. Puuttuvat asennukset tai sijaintipoikkeamat on mahdollista havaita ajoissa, jolloin tarvittavat korjaukset voidaan toteuttaa oikea-aikaisesti. Tehostuneet seurannan keinot mahdollistavat parantuneen tuotannonohjauksen ja seurannan. (Buildots 2023.)

Buildots-järjestelmän teknologia antaa tarkkaa tietoa hankkeen etenemisestä. Järjestelmä antaa tiedon muun muassa aikataulutilanteesta, sekä valmistuneet työvaiheet suhteessa suunniteltuihin työvaiheisiin. Järjestelmä kertoo virheet pohjakuvaan sidottuina ja tähän asti asentamattomat rakennusosat. Tämän ansiosta päätöksenteko helpottuu ja tieto hankkeen tilasta on luotettavasti saatavilla. Tämä mahdollistaa projektin suunnittelun ja ohjauksen nostamisen uudelle tasolle. (Buildots 2023.)

Tekoälyavusteinen toteumanseurantajärjestelmän käyttöönotto vaatii projektilta tietomallivaatimukset täyttävän tietomallin. Buildots-järjestelmä voi analysoida ainoastaan tietomalliin mallinnetut objektit. Buildots-järjestelmään ohjelmoidaan rakennushakkeen sisävalmistusvaiheen aikataulu, jossa tulee näkyä kaikki seurattavat työtehtävät sijainneittain. 360-kamerakuvauksen ja analysoinnin voi aloittaa, kun sisävalmistusvaiheen työt käynnistyvät. Tällä hetkellä kuvausta ei ole mahdollista toteuttaa perustus- tai runkovalmistusvaiheen aikana. Buildots sopii parhaiten suurille ja keskisuurille projekteille, jotka ovat normaalia vaativimpia tai rakennushankkeen sisävalmistusvaihe on hyvin laaja.

Pienemmissä projekteissa kustannukset saattavat kasvaa nopeasti yli saavutettavissa olevan hyödyn. (Buildots 2023.)

2.2 Valkeavuoren kampushanke

Valkeavuoren kampus on Kaarinan kaupunkiin rakenteilla oleva yhtenäiskoulu. (Kuva 1.) Yhtenäiskouluun tulevat perusopetuksen tilat noin tuhannelle oppilaalle, vuosiluokat 0–9. Lisäksi rakennukseen rakentuu tilat noin 90:lle päiväkotilapselle. Rakennukseen rakentuu myös tilat lasten ja nuorten sosiaali- ja terveyspalveluille, sekä uusi valmistuskeittiö. Koulurakennus yhdistetään yhdyskäytävällä osaksi Valkeavuoren liikuntahallia.

Kuva 1. Havainnekuva Valkeavuoren kampushankkeesta. (NCC Suomi Oy)

Uudisrakennuksessa otetaan huomioon myös laajennusvaraus noin 150:lle oppilaalle. Hankkeen kokonaisala on noin 12 000 brm^2, hyötyala rakennuksessa on yli 8000 m^2. Rakennukseen tulee kauttaaltaan kaksi kerrosta. Katutasossa rakennusta ympäröi pohjois-, itä-, ja eteläosassa piha-alue, koillis- ja etäosaan rakennusta rakentuu pysäköintialue. Hankkeessa on erityisiä pölynhallintaan, kosteudenhallintaan ja ympäristöluokitukseen liittyviä vaatimuksia. Rakennus otetaan käyttöön loppukeväästä 2025.

3 Tietomallin, 360-kamerakuvauksen ja aikataulun yhdistäminen rakennushankkeessa

360-kuvauksella tarkoitetaan kuvaa tai videota, jota voidaan tarkastella 360-astetta, kuvaa voidaan pyörittää ja suunnata kaikkiin ilmansuuntiin. Kamera ottaa kuvan yhdellä painalluksella ja kameraan tallentuu kuva koko ympäristöstä. (Sampo Consulting 2021.) 360 asteen kamera tallentaa kaksi kuvaa tai videotiedostoa kahdella linssillä 180 asteen näkökentällä. Kameraa ei tarvitse kohdistaa halutun kuvapisteen kohdalla, vaan halutun tarkastelukohteen voi etsiä kuvasta jälkikäteen. Katsoja voi tarkastella kuvattua materiaalia 360-kameran paikalta eli kääntää kuvakulmaa vapaasti ja kohdistaa kuvan haluttuun pisteeseen. 360 asteen kamera on useimmiten varusteltu kahdella laajakuvaobjektilla, jotka sijaitsevat kameran rungon molemmilla puolilla. Kuvattu materiaali liitetään yhdeksi kuvanäkymäksi tekniikan avulla. (Meyer 2018.)

Aiemmin laajoja kuvia kutsuttiin 360-panoraamakuvaukseksi. Kuva otettiin laajalla linssillä, jotta kuvan ulottuvuus olisi mahdollisimman kattava, mutta kuvan laatu saattoi kärsiä verrattuna tavanomaisella linssillä otettuihin kuviin. Tavanomaisella kameralla voidaan ottaa valtava määrä kuvia mutta, laaja-alaista kuvaa on vaikea saada taltioitua. 360-panoraamalinssillä otetuista kuvista voidaan tehdä laajoja kuvia valitsemalla oikeanlainen linssi laajaa kuvaa kuvattaessa, mutta kuvan tarkentaminen yksityiskohtiin ei usein ole mahdollista. (Lehtinen & Saarikorpi, 2012,190.)

3.1 Tietomallintaminen uudiskohteessa

Rakennuksen tietomalli on kolmiulotteinen digitaalisessa muodossa oleva esitys rakennuksesta. Rakennuksen mallinnuksen tavoitteena on suunnittelun, laadun ja tehokkuuden tukeminen. Tietomallinuksella tuetaan elinkaariajattelua, jolloin tietomallia voidaan hyödyntää rakennushakkeen suunnitteluvaiheesta rakennusprojektin jälkeiseen aikaan käytön ja ylläpidon vaiheeseen.

Tietomallintaminen on digitaalisessa muodossa olevan rakennelman kolmiulotteista esittämistä ominaisuustietoineen. (RT 10-11076, 2012.)

Tietomallintamisen yleisvaatimusten tavoitteena on suunnitella rakennus yhteneväisten tietomallivaatimuksien mukaisesti. Mallintamisella tavoitellaan rakentamiseen liittyvän informaation kokoamista yhteen kokonaisuuteen. Rakennusosiin voidaan mallintamisen avulla lisätä tietoa esimerkiksi palo- ja ääniteknisistä materiaaleista ja ominaisuuksista. Tietomallitietoja voidaan hyödyntää arvioitaessa rakennuksen rakentamisen, käytön ja ylläpidon kustannuksia sekä mallintamisen avulla voidaan tarkastella rakennuksen rakennettavuutta. Tietomallipohjainen suunnittelu antaa enemmän tietoa kuin perinteisellä menetelmällä toteutettu suunnittelu. Erityisesti haastavat ja monimuotoiset rakennushakkeet hyötyvät tietomallipohjaisesta suunnittelusta. (RT 10-11076, 2012.)

Yleisten tietomallivaatimusten mukaan rakennus mallinnetaan useimmiten jakamalla rakennus kerroksiin ja lohkoihin. Tämä mallinnustapa auttaa analyysien teossa, ja käyttäjän ja tilaajan on helpompi tarkastella suunnitelmia lohkoihin ja kerroksiin jaettuina. Kaikkien suunnittelualojen mallinnustiedostot kerätään yhteen IFC-tiedostomuotoon, joka muodostaa kohteen yhdistelmämallin. Tietomallinnus toteutetaan rakennushakkeessa urakkatarjouspyyntöasiakirjojen vaatimalla tarkkuustasolla ja kaikki rakennusosat tulee suunnitella yksityiskohtaisilla tyyppitiedoilla varustettuina tarjouspyyntöasiakirjojen mukaisesti. (RT 10-11066, 2012.)

Tietomallintaminen parantaa hankkeen sisäistä tiedon siirtoa aina suunnitteluvaiheesta rakennuksen käyttöönottoon ja hallintaan, mikä vähentää puutteellisen tiedon siirron aiheuttamaa hukkaa rakennushankkeissa. Tietomallintaminen on yleisesti käytössä rakennusalalla, ja sen avulla pyritään hallinnoimaan rakennuksen elinkaarta aina suunnittelusta toteutukseen ja ylläpitoon. (RT 10-11076, 2012.)

Tekoälyn hyödyntämistä suunnitteluvaiheessa on tutkittu jonkin verran. Kira-digin teettämässä hankkeessa: Rakennuksen toteutusvaihtoehtojen tuottaminen modernin tekoälyn menetelmillä. Tulosten perusteella tekoälyä voidaan hyödyntää suunnitteluvaiheessa muun muassa rakennusosien ja osakomponenttien valinnoissa rajatussa ympäristöissä. Suunnittelutehtäviin liittyy paljon muuttuvia tekijöitä. Täysin avointa suunnittelutehtävää ei ole voitu tutkimuksen mukaan vielä toteuttaa tekoälyn avulla. Suunnittelutehtävän toteuttaminen tekoälyn avulla vaatii paljon dataa taustalle sekä laajaa tietojenkäsittelymahdollisuutta. (KIRA-digi, 2018.). Tekoälyn käyttöönotto rakennushankkeen eri osa-alueilla on todennäköisesti lisääntymässä tulevaisuudessa.

Buildots-järjestelmän käyttöönotto on mahdollista ainoastaan, jos kohde on mallinnettu yleisten tietomallivaatimuksien mukaisesti. Buildots-järjestelmä vertaa kuvattua materiaalia kohteen tietomalliin ja analysoi tulokset tietomallista saatujen objektien avulla. Tekoälyavusteinen toteumanseurantajärjestelmä poimii objektit tietomallista ja vertaa kamerakuvauksen tuloksia tietomalliin, jonka avulla muodostaa kattavan raportin rakennushankkeen työmaatilanteesta.

3.2 Tuotannonohjaus- ja suunnittelu rakennushankkeessa

Työmaan tuotannonsuunnittelussa on otettava huomioon kokonaisuus, koska työmaalla työskentelee useita eri urakoitsijoita samaan aikaan. Rakennusprosessi on hyvin suunniteltuna ja kaikki asiat huomioituna toimiva kokonaisuus. Hyvin suunniteltu ja toteutettu työmaa toimii tehokkaasti ja turvallisesti saaden aikaan suunnitelman mukaisen lopputuloksen. Tuotannon kautta rakennushankkeeseen luodut tekniset suunnitelmat toteutetaan valmiiksi lopputuotteiksi suunnitelman mukaisesti. Tuotannon onnistuessa saadaan rakennettava tuote valmiiksi annetussa määräajassa työn tilaajalle. Päätoteuttajaorganisaatio laatii työmaan projektisuunnitelman työmaan tuotannonsuunnittelun ja -ohjauksen tueksi. (Ratu KI-6020.)

Tuotannonsuunnitteluun kuuluvia osa-alueita ovat mm. työmaatoteutuksen ajallinen suunnittelu, laadun suunnittelu ja -varmistus erilaisten katselmuksien avulla sekä työmaatoteutuksen kustannusten arviointi ja ohjaus. Tehtävien töiden organisoinnista tarvitsee huolehtia, ettei tule päällekkäisyyksiä tai pitkiä välejä työmaan etenemisessä. (Ratu KI-6020.)

Pääurakoitsijan tulee laatia työaikataulu paikka-aikakaaviona. Kaavion tulee olla realistinen ja perustua tunnettuihin työsaavutuksiin ja työryhmiin. Urakoitsijan vastuulla on päivittää suunnitteluaikataulu vastaamaan laadittua työaikataulua ja tiedottaa mahdollisista muutoksista pääurakoitsijalle. Rakentamisvaiheessa tulee dokumentoida rakennustöiden ja suunniteltujen laadunvarmistustoimien toteutumista. Kukin osapuoli vastaa itselle kuuluvista toimenpiteistä ja tiedottaa havaitsemista poikkeamista tai muutoksista. Tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa kohde niin hyvin, että se voidaan luovuttaa aikataulusuunnitelman mukaan tilaajalle. (Ratu KI-6020.)

Tuotannonohjauksen apuna etenkin isoissa rakennushakkeissa on havainnointi ja dokumentointi. Haasteen seurantaan tuo rakennuksen laajuus ja monimuotoisuus. Tuotannonohjausta pystytään tehostamaan uudenlaisen teknologian avulla. Tekoälyavusteisen toteumanseurannan avulla dokumentoidaan 360-kuvauksen avulla koko rakennus kerran viikossa, jolloin edistymistä on helppo seurata yhdestä järjestelmästä koko sisävalmiusvaiheen aikana. Laajan dokumentoinnin avulla saadaan kattavampi kokonaiskuva hankkeen etenemisestä yhdellä alustalla. Uusi teknologia mahdollistaa uudenlaisten työtapojen käyttämisen rakennushankkeessa erityisesti tuotannonsuunnittelun ja ohjauksen näkökulmasta.

3.3 Toteumanseuranta rakennushakkeessa

Rakennushankkeen toteumanseurantaan ei ole kehitetty yhtenäistä toimintamallia, josta saataisiin kattava kuva rakennushankkeen tilanteesta. Useimmiten kenelläkään rakennushankkeen osallistuvalla ei ole täysin tarkkaa tietoa siitä, mitä kaikkia työvaiheita on käynnissä tai jo toteutettu. Tämän hetken

olemassa olevilla työkaluilla on vaikea saada tarkka ja ajantasainen tilannekuva muodostettua kaikista käynnissä olevista ja alkavista työvaiheista. Tilannekuvan muodostamisen haasteisiin vaikuttaa puutteelliset tiedonhallintajärjestelmät ja se, että ajantasaisen tiedon kerääminen koko rakennushakkeesta koetaan usein työläänä työvaiheena. (Hänninen 2023,19–20.)

Rakennushankkeen tilannekuvaa päivitetään enintään kerran viikossa toisinaan jopa harvemmin. Ajoittain koetaan, että todellinen toteumanseuranta tai rakennushakkeen tilannekuva on puutteellista, riittämätöntä tai epätarkkaa. Työmaakokouksissa seurataan työmaan toteumanseurantaa säännöllisesti, kokouksessa kirjataan usein vain pieni osa puutteista ja häiriöistä pöytäkirjaan. Työvaihe- ja suunnitteluilmoituksissa esitetyt tiedot ovat dokumentin laatijan subjektiivinen näkemys, jolloin todellinen tilanne ja suunnitelmailmoitus eivät välttämättä ole täysin luotettava dokumentointitapa. Paremmalla rakennushankkeen tilannekuvan laatimisella voitaisiin parantaa hankkeen työntekijöiden turvallisuutta, työntekijöiden tehokkuutta, työtehtävien suunnittelu helpottuisi, logistiikkasuunnittelu paransi ei tulisi päällekkäisiä työtehtäviä tai työvaiheita sekä eri osapuolten riitatilanteet saattaisivat vähentyä. (Hänninen 2023,19–20.)

Buildots-järjestelmä ratkaisee edellä mainittuja ongelmakohtia. Tämän uuden teknologiapalvelun avulla on mahdollista seurata rakennushankkeen toteumanseurantaa yhdeltä alustalta kattavasti. Järjestelmä yhdistää kohteen aikataulun, tietomallin ja asennustilanteen yhdelle alustalle. Tämä mahdollistaa rakennushankkeen toteumanseurannan luotettavasti ja kattavasti. Palvelun avulla on mahdollista puuttua ongelmakohtiin ajoissa. Tekoälyavusteisen toteumanseuranta-alustan avulla voidaan muutaman kilkkauksen avulla nähdä koko rakennushankkeen aikataulutilanne toteutuneiden ja suunniteltujen työvaiheiden osalta. Järjestelmästä on myös helppoa havaita keskeneräiset työvaiheet urakoitsijakohtaisesti, sekä mahdolliset asennusvirheet.

4 Tekoälyavusteinen toteumanseuranta rakennushakkeessa

Tekoälyavusteisen toteumanseurantajärjestelmän tavoitteena on tuottaa ajantasaista tietoa tuotannon kokonaistilanteesta hankkeen eri osapuolille helposti hyödynnettävässä muodossa sisävalmiusvaiheen käynnistyessä. Tuotettua tietoa voidaan hyödyntää päätöksenteossa, laadunhallinnassa sekä viestinnässä. Tiedonkeräys toteutetaan viikoittaisilla 360-kuvauksilla. Kerätty aineisto ladataan tekoälyavusteisen toteumaseurantajärjestelmän alustalle analysointia varten. Kerättyä aineistoa verrataan hankkeen aikatauluun ja tietomalliin tekoälyn avulla. Käsitelty tieto on hyödynnettävissä 24–48 tunnin kuluessa materiaalin siirron jälkeen. Analysoitu materiaali on helposti katsottavissa järjestelmän helppokäyttöisyyden ansiosta. Järjestelmästä näkee tuotannon kokonaistilanteen aina yksittäistä rakennusosaa myöden. Puuttuvat asennukset ja sijaintipoikkeamat havaitaan ajoissa, jolloin korjaukset voidaan toteuttaa välittömästi virheen havainnoinnin jälkeen. Tehostuneet seurannan keinot antavat edellytykset parempaan tuotannonhallintaan, laatuun, sekä kannattavuuteen.

Buildots-järjestelmän käyttöoikeuksia voidaan antaa hankkeen eri osapuolille. Pääkäyttäjät pystyvät luomaan tunnuksia hankkeen osapuolille. Työkalun käyttö lisää läpinäkyvyyttä rakennustöiden edistymisestä. Rakennushankkeissa käyttöoikeuksia on jaettu eri laajuudella.

4.1 Työmaan 360-kamerakuvauksen toteutus

360-kamerakuvaus voidaan aloittaa työmaalla sisävalmistusvaiheen käynnistyessä. Tällä hetkellä kuvaustekniikkaa ei ole mahdollista hyödyntää rakennushakkeen perustus- tai runkovaiheessa. Toimihenkilö suorittaa kamerakuvauksen työmaalla. Kuvaus toteutetaan työmaalla viikoittain.

360-kamerakuvaus toteutetaan kypärään kiinnitettävän GoPro MAX -kameran avulla. (Kuva 2.) Kamera kiinnitetään kypärään erillisen kypärään kiinnitettävän

adapterin avulla. Kamera on nopea asentaa ja poista kypärästä adapterin ansiosta.

Kuva 2. Havainnekuva kuvaustilanteesta.

Buildotsin kohteelle luomat sijaintitarrat tulee kiinnittää ennen ensimmäistä kuvausta ennalta sovittuihin sijainteihin. Sijaintitarrojen määrään vaikuttaa kuvattavan kohteen laajuus. Sijaintitarroista Buildots-järjestelmä tunnistaa oikean sijainnin kameran GPS-tunnistimen avulla. GPS-tunnistin ei voi kuitenkaan havainnoida oikeaa kerrosta, joten tarkan sijainnin yksilöintiin tarvitaan avuksi sijaintitarrat. Ohjesääntönä sijaintitarrojen määrästä on sijoittaa tarroja joka lohkoon kerrosta kohden kaksi kappaletta.

Sijaintitarrojen sijainnit suunnitellaan yhteistyössä Buildots-asiantuntijoiden kanssa. Buildots toimittaa sijaintitarrat kohteeseen. Tarrat ovat isoja, joten ne on helppo havaita työmaalla. Tarrat ovat kooltaan 10 cm x 40 cm. Tarrojen sijainneiksi suositellaan porrashuoneita. Sijaintitarrat tulisi sijoittaa kerrosten välillä samoille sijaintialueille. Aina tämä ei ole mahdollista, mutta tähän tulisi pyrkiä. Tarrojen sijoittelussa tulee huomioida, että ne myös löytyvät helposti kuvattaessa. Tarrat voivat irrota sijainneistaan tai niitä voidaan joutua

poistamaan työvaiheiden edetessä. Tarrojen irrottua seinästä kiinnitetään uusi tarra irronneen tilalle.

360-kamerakuvaus alkaa aina sijaintitarran kohdalta, jossa GoPro MAX-kamera kytketään päälle. Tämän jälkeen aloitetaan kuvaus kiertämällä ennalta määritelty lohkoalue kameraan ollessa käynnissä. Kuvausta tehtäessä tulee kiertää jokainen tila. Isoissa tiloissa huone tulee kiertää huolellisesti ja kattavasti, mikä vaatii joskus kävelemistä pujotellen. Kamerakuvauksen tarkkuus on parempi ja luotettavampi mitä lähempänä kuvattavaa kohdetta ollaan. Tämä tulee huomioida kuvausta tehdessä, jotta Buildots-järjestelmä tunnistaa kaikki suunnitellut objektit ja pystyy tunnistamaan objektien sijainnit suhteessa suunniteltuun.

Kuvausta tehtäessä on suositeltavaa liikkua rauhallisesti kävellen, jotta kamera ehtii taltioimaan jokaisen tilan kuvauksen aikana. Rauhallisesti käveltäessä myös kuvan laatu on parhaimmillaan. Pimeissä tiloissa kuvan laatua voidaan parantaa lisävalon avulla, joka asetetaan kypärän päälle. Lisävalo on kypärän päälle asetettava valorengas, Halo SL-lisävalaisin. Kun jokainen tila on kierretty lohkon alueella, voidaan kuvaus pysäyttää. Tämän jälkeen siirrytään seuraavaan lohkoon tai kerrokseen ja aloitetaan kuvaus uudestaan sijaintitarran kohdalta.

Kuvauksen jälkeen saatu materiaali ladataan kamerasta tietokoneelle, josta se siirretään Buildots-alustalle analysointia odottamaan. Tekoälyavusteinen toteumanseurantajärjestelmä analysoi kuvauksen tekoälyavusteisesti 24–48 tunnin kuluessa, jonka jälkeen kuvattu materiaali on käytössä ja raportit katsottavissa järjestelmästä. Kuvaus ja analysointi toteutetaan kerran viikossa, kuvaus suoritetaan usein loppuviikosta, jotta alkuviikosta olisi mahdollisimman ajantasainen tieto käytettävissä.

Kuvaustuloksia analysoitaessa huomattiin nopeasti, että pienten tilojen, kuten WC-tilojen, kuvaaminen osoittautui haastavaksi. Kameran ollessa kiinnitettynä kypärään jäi kuvaustulos puutteelliseksi, jolloin esimerkiksi kuvaustulosta analysoitaessa hanakulmat eivät näkyneet kuvatussa materiaalissa. Kameran

ollessa kiinnitettynä kypärään 360-kuvauksen on mahdotonta kuvata materiaalia, joka on kuvaajan jalkojen alla, tai tilan täyttää kuvaaja kuvatessaan materiaalia kyseisestä tilasta. Ongelman ratkaisemiseksi kypäräkuvauksen vaihtoehdoksi kokeiltiin kameran kiinnittämistä selfiekeppiin. (Kuva 3.) Tämä kuvaustapa ratkaisi ongelman. Pienet tilat pystyttiin kuvaamaan selfiekepillä niin, että vain kamera asetettiin tilaan selfiekepin varassa. Sen ansiosta kuvaustulos oli kattava myös pienten tilojen osalta.

Kuva 3. Havainnekuva kuvaustilanteesta.

4.2 Kamerakuvauksen välineet

Kamerakuvauksen välineet määrittävät Buildots-asiantuntijat. Työn kuvaamiseen valikoitui GoPro Max -kamera. Lisävaloa antamaan käytettiin Halo SL -lisävalaisinta. Työn edetessä huomattiin, että valitut välineet eivät antaneet parasta mahdollista kuvaustulosta, etenkin pienissä ja ahtaissa tiloissa kuvattu materiaali jäi vajaaksi. GoPro Maxin sijaan näissä tiloissa kuvausvälineeksi vaihdettiin selfiekeppi kypäräkiinnityksen tilalle ja kuvaustulos parani näiden tilojen osalta. Lisävalaistus vaihdettiin myös selfiekeppiin sopivaksi ja malliksi valikoitui Bushmanin Halo 360 -ledivalo.

4.2.1 GoPro MAX -kamera

Kuvaamiseen valittiin GoPro MAX-kamera. (Kuva 4.) GoPro MAX-kamerassa on kaksi linssiä, jotka sijaitsevat laitteen molemmilla puolilla. GoPro MAX valittiin työhön sen hyvien kuvanvakaustekniikkaominaisuuksien vuoksi. Kamerassa on Max Hypersmooth -kuvanvakausteniikka, joka takaa tärähtämättömät, tarkat kuvat. Tämä ominaisuus korostuu kameraa käytössä, kun kuvaustyö tehdään kypärään kiinnitetyn kameran avulla. Kuvaaminen tehdään kävellessä, joten liike ja tärinä eivät saa vaikuttaa kuvaustulokseen ja kuvanlaatuun. Kamerassa on myös digitaalinen ja optinen kuvanvakain. Kamera havaitsee horisontin, jonka ansiosta kuva pysyy vakaana koko kuvauksen ajan. Kamerassa on myös sisäänrakennettu GPS-paikannin. (GoPro MAX 2024.)

GoPro-kameraan asennettiin lisävarusteeksi linssisuojukset molempiin linsseihin, jotta kameran linssi pysyy vahingoittumattomana työmaakierrosten aikana. Kuvavälineiden muutoksen jälkeen GoPro-kamera on kulkenut kuvausta suorittavan mukana selfiekeppiin kiinnitettynä. Selfiekepin päässä kameraa on mahdotonta pitää samassa asennossa ja sijainnissa koko kuvauksen ajan, mutta tämä kuvausvälineiden vaihto ei ole vaikuttanut kuvaustuloksen laatuun.

Kuva 4. Havainnekuva GoPro-kamerasta. (GoPro 2024)

4.2.2 Halo SL-lisävalaisin

Halo SL on johdoton, kypärään asennettava, lisävalaisin, joka voidaan tarvittaessa asettaa kameraan tuomaan lisävalaistusta tilaan. (Kuva 5.) Halo SL valaisee 360-astetta. Valorenkaassa on lisäksi lisäkirkkautta antava kohdevalo. Valon astetta voidaan säätää tarpeen mukaan, valaisimessa on useita valoisuusasteita. Halo SL on yhteensopiva kaikkien vakiokypärämallien kanssa. Lisävalaisin asennetaan tarvittaessa kypärän päälle ja poistetaan käytöstä, kun lisävalaistustarvetta ei ole. (Illumagear 2023.)

Pimeitä tiloja kuvattaessa kuva jää helposti epätarkaksi ilman lisävalaistusta. Buildots-järjestelmä ei pysty erottamaan pimeästä kuvasta objekteja vaaditulla tarkkuudella.

Kuva 5. Havainnekuva lisävalaistuksesta. (Illumagear 2023)

4.2.3 Bushman Halo 360-ledivalo

Bushman Halo 360-ledivalo on erittäin kirkas, laadukas, kannettava 360 astetta valaiseva valaisin, joka on erityisesti suunniteltu käytettäväksi 360 asteen

kuvauksen apuvälineeksi tuomaan lisävalaistusta. (Kuva 6.) Se on yksinkertainen ja erittäin helppokäyttöinen. Halo 360-valaisimen valoisuusastetta voidaan säätää tarpeen mukaan. Valaisimessa on viisi valoisuusasteita ja valaisimen saa säädettyä kolmelle eri lämpötilalle 2800 K / 2600 K / 5300 K. Valaisin kiinnitetään selfiekeppiin. Valaisimen yläosaan on asetettu adapteri, johon GoPro-kamera kiinnitetään kuvauksen ajaksi. (Bushman HALO 360-light.)

Kuva 6. Havainnekuva Bushman Halo 360-valaisimesta. (Bushman HALO 360-light)

4.2.4 Sijaintitarrat

Buildots toimittaa ennen kamerakuvauksen aloitusta kohteelle yksilöidyt sijaintitarrat työmaalle. Sijaintitarrojen sijoitus sovitaan yhdessä Buildots-järjestelmän asiantuntijoiden kanssa. Sijaintitarrat tulee sijoittaa helposti löydettävään ja muistettavaan paikkaan. (Kuva 7.) Yleisesti suositellaan, että tarrat sijoitetaan porrashuoneisiin. Kuvaus alkaa aina sijaintitarran kohdalta, kamera tunnistaa sijainnin ja kuvattavan kerroksen tarran avulla. Kuvattava alue kierretään kokonaisuudessaan, tämän jälkeen kuvaus tauotetaan, jonka jälkeen siirrytään seuraavan sijaintitarran kohdalle, josta alkaa uusi kuvaus.

Kuva 7. Havainnekuva sijaintitarrasta.

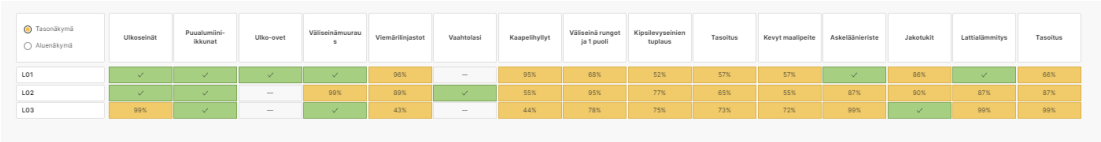
4.3 Kamerakuvauksen analysointitulokset

Kamerakuvauksen jälkeen kuvattu materiaali ladataan tietokoneelle, josta sen jatko ladataan Buildots-alustalle odottamaan analysointia. Kamerakuvauksen jälkeen Buildots analysoi tekoälyavusteisesti kuvatun materiaalin verraten saatua tulosta kohteen tietomalliin ja yleisaikatauluun. Analysointi valmistuu 48 tunnin sisällä latauksesta. Analysoinnin valmistuttua järjestelmä lähettää tiivistetyn raportin sähköpostilla rekisteröityneille käyttäjille. Sähköpostiraportista näkyy kokonaisedistymisaste verrattuna suunniteltuun edistymisasteeseen. Raportti kertoo myös kokonaisedistymisasteen viime kuvaukseen verrattuna. Raporttinäkymästä näkee myös listauksen urakoitsijoista, jotka edistyneet eniten verrattuna edelliseen kuvaukseen. Raportointinäkymästä näkyy myös uudet havaitut virheet, korkean riskin virheet, sekä virheiden kokonaismäärän. Raportista näkee helposti pintapuolisen tilanteen rakennushankkeen kokonaistilanteesta.

Kuvaustuloksen analysoinnin jälkeen Buildots-alustalta voidaan tarkastella kuvauksen analysointituloksia laajasti pienistä yksityiskohdista laajoihin kokonaisuuksiin. Alustalta tarkasteltaessa kuvauksesta saadut osa-alueet ovat jaettu kuuteen osa-alueeseen. Jokainen osa-alue on oma kokonaisuutensa, josta voidaan tarkastella rakennushakkeen edistymistä eri näkökulmista.

Ensimmäinen raporttinäkymä näyttää tuotannon kokonaistilanteen summattuna yhteen. Tässä näkymässä tarkastellaan aikataulutilannetta. Edistymistilanne suhteessa suunniteltuun määrään. Tämä näkymä näyttää myös listauksen urakoitsijoista, listauksesta näkee kokonaisedistymisasteen urakoitsijakohtaisesti suhteessa suunniteltuun.

Toisesta näkymästä voidaan tarkastella eri työvaiheiden kokonaistilannetta pohjakuvaan sidottuna, tätä kokonaisuutta kutsutaan edistymisen yleiskatsastukseksi. (Kuva 8.) Näkymästä on valittavana edistymistilanne kerroksittain tai aluekohtaisesti. Tässä näkymässä voi valita näkymäksi kokonaiskertymän prosentteina tai määräpäivä näkymän. Vihreällä merkityt työvaiheet ovat valmistuneita työvaiheita ja keltaisella olevan työvaiheet ovat vielä keskeneräisiä työvaiheita.



Kuva 8. Havainnekuva edistymisen yleiskatsauksesta. (NCC Suomi Oy)

Esimerkiksi klikkaamalla työvaihetta johtotiet järjestelmä näyttää pohjakuvasta sijainnit joihin johtotiet ovat jo asennettu ja missä johtotiet ovat vielä asentamatta. (Kuva 9.) Tästä näkymästä voidaan myös havaita, mikäli johonkin olisi jäänyt kyseinen työvaihe tekemättä. Pohjakuvaan on merkitty vihreiden pisteiden avulla asennetut alueet ja asentamattomat alueet ovat merkittynä keltaisilla pisteillä. Näkymästä saadaan nopealla vilkaisulla käsitys työvaiheen kokonaistilanteesta. Näkymässä on eritelty kaikki työvaiheet omiksi tehtävikseen, jotta seuranta olisi mahdollisimman helppoa. Näkymässä on myös

mahdollisuus suodattaa ja jättää vain tietyt työvaiheet näkyviin. Tämä työkalu on erityisen tarpeellinen niille käyttäjille, jotka eivät tarvitse kokonaiskuvaa koko hankkeesta, vaan joille riittää yksittäisten työvaiheiden seuranta. Työvaiheet ovat listattuina edistymisjärjestyksessä, joten listauksesta on helppo löytää ajankohtaiset työvaiheet.

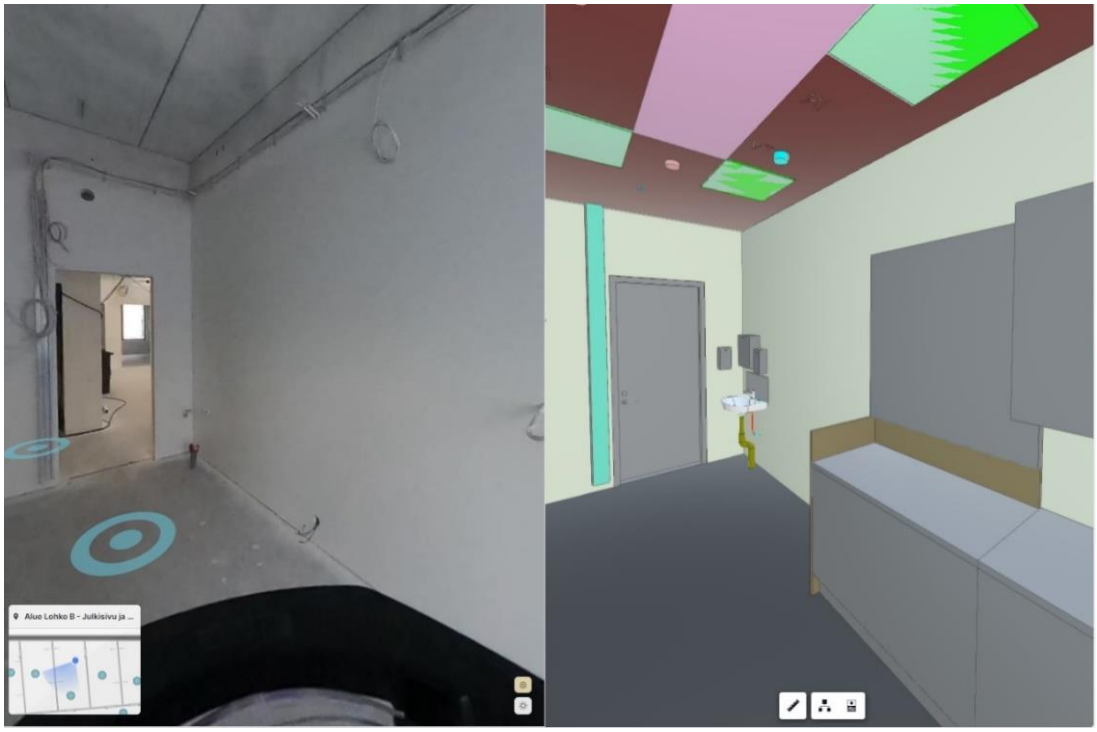
Kuva 9. Havainnekuva urakoitsijan edistymisasteesta. (NCC Suomi Oy)

Kolmannesta näkymästä voidaan tarkastella eri urakoitsijoiden tuotannon kokonaistilannetta verrattuna asetettuun yleisaikatauluun. Urakoitsijaa klikkaamalla uudessa näkymässä on nähtävillä työvaihekohtaisesti edistymisaste, josta näkee urakoitsijakohtaisen edistymistilanteen työvaiheittain.

Neljännessä näkymässä voidaan tarkastella kuvattua materiaalia. (Kuva 10.) Haluttu sijainti on helposti löydettävissä kuvatun materiaalin alareunassa olevasta pohjakuvakartasta, johon on merkittynä kuvauspisteet. Oikean sijainnin löytämistä voidaan myös nopeuttaa valitsemalla oikea kerros ja alue suodattimien avulla.

Kuva 10. Havainnekuva Buildots-järjestelmän tallenteen tarkasteluominaisuudesta. (NCC Suomi Oy)

Kuvapisteitä klikkaamalla on mahdollista tarkastella kuvattua materiaalia ja tietomallia vierekkäin. (Kuva 11.) Tässä näkymässä on helppo tarkastella, ovatko asennukset tehty suunnitelmien mukaan. Tietomallista on mahdollisuus piilottaa väliaikaisesti tietomalliin mallinnettuja objekteja, tämä mahdollistaa kaikkien rakennusvaiheiden tarkastelun malliin verraten. Objekteja klikkaamalla on mahdollisuus myös saada objektien yksityiskohtaiset tiedot näkyviin.

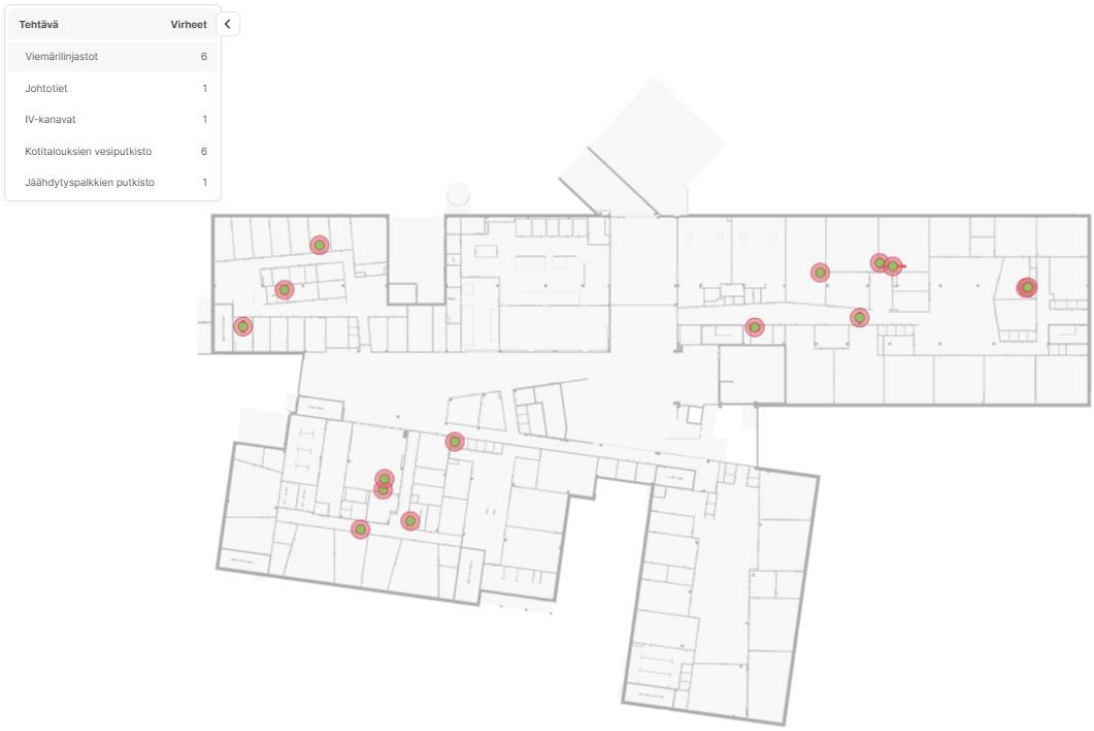


Kuva 11. Havainnekuva Buildots-järjestelmän kuvatusta materiaalista ja tietomallista. (NCC Suomi Oy)

Kuvapisteitä voidaan myös vertailla eri päivämäärien välillä. (Kuva 12.) Tässä näkymässä voidaan tarkastella saamaa aluetta eri päivämäärien välillä. Töiden etenemistä on helppo seurata tästä näkymästä yksityiskohtaisesti. Tässä näkymässä on nähtävissä tilan edistymisaste päivämääriin sidottuina. Tämän työkalun avulla on helppo verrata alueen edistymistä pitkälläkin aikavälillä.

Kuva 12. Havainnekuva Buildots-järjestelmän kuvatusta materiaalista, vertailunäkymä eri päivämäärien välillä. (NCC Suomi Oy.)

Viidennessä näkymässä tarkastellaan virheitä ja puutteita, joita voidaan tarkastella pohjakuvaan ja malliin sidottuna. (Kuva 13.) Virheitä ja puutteita voi tarkastella pohjakuvan tai listauksen avulla. Virhe-kategoriaa pystyy skaalaamaan suodattimien avulla. Virheet ovat jaettuna kolmeen kategoriaan: matalan prioriteetin virheet, normaalin prioriteetin virheet ja korkean prioriteetin virheet. Ohjelma tulkitsee virheeksi kaikki asennuspoikkeamat 10 cm:n tarkkuudella.



Kuva 13. Havainnekuva virhenäkymästä. (NCC Suomi Oy)

Kaikki listatut virheet eivät ole todellisia korjattavia virheitä, vaan useimmiten havaitut virheet ovat asennuspoikkeamia. Listatut virheet tulee käydä läpi manuaalisesti ja informoida korjattavista virheistä tai asennuspoikkeamista urakoitsijaa. On huomioitava, että kaikille järjestelmän esiin tuomille asennusvirheille tai poikkeamille ei välttämättä tarvitsee tehdä toimenpiteitä, mutta jokainen virheilmoitus on silti käsiteltävä manuaalisesti ja tutkittava milloin virhe on todellinen ja milloin se voidaan jättää huomioimatta.

Virhenäkymästä on myös mahdollisuus verrata näkymää tietomalliin, verrata kuvaustuloksia eri päivien välillä. Virheestä on myös mahdollisuus tallentaa PDF-tiedosto, jossa on malli ja kuvattu materiaali vierekkäin ja lähettää tämä tiedosto urakoitsijalle tiedoksi. Mikäli urakoitsija on rekisteröitynyt järjestelmään, on virhehuomiosta mahdollisuus lähettää viesti järjestelmän sisällä viestitoiminnolla. Viestitoiminnolla saatu informaatio on kattavampi. Näiden toimintojen ansiosta virheisiin pystytään reagoimaan nopeasti, sekä virheen aiheellisuus voidaan tarkistaa nopeasti.

Kuudennessa näkymässä tarkastellaan tallennetta. (Kuva 14.) Näkymästä on tarvittaessa helppoa löytää jokin yksittäinen alue, jota halutaan tarkistella. Pohjakuvassa näkyy kierretty kuvausreitti kuljettuna polkuna. Vihreät alueet ovat kuvattu ja punaiset alueet eivät ole tallentuneet kameraan. Näkymästä nähdään nopealla vilkaisulla mitkä alueet ovat kuvattu. Kuvausalueen jääminen punaiseksi johtuu useimmiten huonosta valaistuksesta tai tilaan kulku on estettynä esimerkiksi jonkin työvaiheen loppuunsaattamisen vuoksi.

Kuva 14. Havainnekuva tallenteen tarkastelunäkymästä. (NCC Suomi Oy)

Kaikille järjestelmän eri osa-alueille on ollut käyttöä, rakennushanketta tulee voida tarkastella pienestä yksityiskohdasta aina kokonaistarkasteluun saakka. Rakennushakkeen osapuolilla on erilaisia rooleja, joten järjestelmän käyttötarpeitakin on erilaisia. Järjestelmän tavoitellut hyödyt ovat myös erilaisia eri henkilöillä, tavoitteena on löytää jokaiselle omaa työtä tuleva osa-alue Buildots järjestelmästä.

5 Kyselytulokset

Buildotsin käytön kartoitus toteutettiin kyselyllä. Valmis kyselylomake lähetettiin sähköpostilla NCC:n toimihenkilöille, jotka ovat nimettyjä kohteen Buildots-pääkäyttäjäksi. Pääkäyttäjiä pyydettiin jakamaan sähköposti kaikille oman työmaan Buildots-järjestelmän käyttäjille NCC:n sisäisesti. Kyselylomake lähetettiin Turun, Oulun ja Helsingin työmaille. Sähköposti jaettiin noin 30:lle Buildots-järjestelmän käyttäjälle. Vastausaikaa kyselyyn annettiin kaksi viikkoa ja muistutusviesti lähetettiin viisi päivää ennen määräajan umpeutumista. Kyselyyn vastasi yksitoista henkilöä. Tuloksia saatiin kaikilta NCC:n työmailta, joissa on käytössä Buildots-järjestelmä. Vastauksia saatiin Oulun, Helsingin ja Turun työmailta. Eniten vastauksia saatiin Turun alueen työmailta.

Vastausten perusteella Buildots-järjestelmää käyttää vastaajista noin 60 % päivittäin, 30 % viikoittain ja noin 10 % kuukausittain. Vastaustuloksista on selvästi havaittavissa, että Buildots-järjestelmän vastuuhenkilöt käyttävät järjestelmää useammin kuin muut toimihenkilöt. Joka projektilla on järjestelmään käyttöön nimetty vastuuhenkilö.

Kyselyyn vastanneiden mielestä Buildots-järjestelmä on tuonut selvää hyötyä työmaalle. Vastauksia arvioitiin asteikolla 1–5, 1 täysin erimieltä, 5 täysin samaa mieltä. Vastausten keskiarvoksi saatiin 4,4. Kyselyssä selvitettiin myös, onko Buildots antanut lisäarvoa henkilökohtaiseen työskentelyyn, jossa arviointiasteikkona käytettiin samaa 1–5, vastausten keskiarvoksi saatiin 4,2.

Järjestelmän tavoitelluiksi hyödyksi on asetettu erilaisia tavoitteita, joita ovat seuraavat asiat, aikataulun ja budjetin pito paranee, laaduntuotto kehittyy, tuotannon johtaminen virtaviivaistuu, kommunikaatio tehostuu, aliurakoitsijoiden ohjaus helpottuu, luovutusvaiheen parempi hallinta ja visuaalinen hallinta paranee.

Seuraavana kyselyssä selvitettiin avoimen kysymyksen avulla Buildots-järjestelmän tuomia hyötyjä. Kyselyssä nousivat esille seuraavat huomiot:

- Tuo esille rakennushakkeen asennusvirheet, -puutteet ja -hännät.

- Järjestelmän avulla voidaan seurata valmiusastetta todellisiin määriin pohjautuen.
- Järjestelmästä on mahdollisuus tarkistaa työmaan työtilanne tietyssä tilassa tai huoneessa.
- Järjestelmän avulla työmaan historia tallentuu kattavasti yhdelle alustalle.
- Suljettujen rakenteiden takana olevat tekniikat tallentuvat osittain: jokaista rakennetta ei pystytä kuvamaan joka vaiheelta, mutta osittain seinien väliin jäävä tekniikka tallentuu kuviin.
- Aikataulun seuranta helpottuu, tarkentuu ja monipuolistuu.
- Työmaatilanne on helposti ja nopeasti katselmoitavissa.
- Mestan läpikäynti on mahdollista suorittaa työmaatoimistosta urakoitsijan kanssa kuvatun materiaalin pohjalta.
- Virheiden ja puutteiden havainnointi oikea aikaisesti.

Kyselyn perusteella vastaajat kokivat, että Buildots-järjestelmän käyttö on ollut melko helppoa. Vastausasteikko oli 1–5, 1 täysin erimieltä, 5 täysin samaa mieltä. Vastausten keskiarvoksi saatiin 4,1. Noin 30 % vastaajista olisi toivonut opastusta Buildots-järjestelmän käytössä Tämä sama asia on tullut esiin keskusteltaessa järjestelmän käyttäjien kanssa. Järjestelmä on melko selkeäkäyttöinen, mutta vaatii tutustumista, jotta siitä saa itselleen parhaimman hyödyn. Kaikilla toimihenkilöillä on mahdollisuus osallistua viikoittain pidettäviin tapaamisiin Buildots-asiantuntijoiden kanssa, joissa on mahdollisuus saada vinkkejä ja opastusta järjestelmän käyttöön.

Vastauksista käy ilmi, että Buildots-järjestelmä on vähentänyt jonkin verran käyntejä työmaalla. Vastaajista noin 35 % oli sitä mieltä, että käynnit työmaalla ovat vähentyneet Buildots-järjestelmän käyttöönoton jälkeen. Tämä on nähtävissä myös omalla työmaalla. Esimerkiksi jonkin tietyn tilan työvaiheen asennustilanne on helposti tarkistettavissa Buildots-järjestelmästä.

Käyttäjät ovat havainneet asennusvirheitä Buildots-järjestelmän avulla. Vastaajista 90 % oli sitä mieltä, että Buildots-järjestelmä on löytänyt asennusvirheen tai -puutteen.

Työvaiheiden optimointia ei ole kyselyn mukaan vielä pystytty kovin hyvin toteuttamaan. Vastaajista noin 35 % oli sitä mieltä, että työvaiheiden optimointi on parantunut Buildots-järjestelmän käytön myötä.

Kyselyssä selvitettiin lisäksi, kuinka laajasti Buildots-järjestelmän käyttöoikeuksia on annettu. Tuloksista kävi ilmi, että käyttöoikeuksia on annettu hyvin erilaisella jakelulla eri työmailla. Käyttöoikeuksia on annettu tilaajalle, valvojille ja urakoitsijoille. Oman kokemukseni mukaan urakoitsijan ja pääurakoitsijan välillä hyöty käyttöoikeuksista on helposti nähtävissä. Buildots-järjestelmästä on esimerkiksi helppoa lähettää yksilöity viesti asennusvirheestä. Urakoisijan on helppo tarkistaa mahdollinen asennusvirhe tai -poikkeama järjestelmän avulla ja arvioida kuinka nopeasti tilanteeseen tulee reagoida.

6 Pohdinta

Toiminnallisen kehityshankkeen tavoitteena oli ottaa käyttöön tekoälyavusteinen toteumanseurantajärjestelmä, sekä kyselytutkimuksen avulla selvittää onko tekoälyavusteisesta toteumaseurantajärjestelmästä ollut hyötyä rakennushankkeen edistymisen seurannassa. Uuden teknologian käyttöönotto on toteutunut rakennushankkeessa odotusten mukaisesti. Tekoälyavusteisen toteumanseurantajärjestelmän avulla tavoitellaan muun muassa kustannustehokkuutta ja objektiivista tietoa projektin etenemisestä. Tuotannon ja asennusten virheelliset sijainnit tai asennusvirheet havaittaisiin nopeasti ja korjaustoimenpiteet voitaisiin aloittaa oikea-aikaisesti ennen rakenteiden ummistamista tai valmiita pintoja.

Rakennushankkeessa otettiin käyttöön tekoälyavusteinen toteumanseurantajärjestelmä. Järjestelmän käyttöönotto on sujunut aikataulun ja suunnitelmien mukaan. Järjestelmää on kehitetty havaittujen ongelmakohtien tullessa esille. Järjestelmästä on pystytty kehittämään omaa projektia parhaiten palveleva versio. Kehitystyö jatkuu edelleen. Ongelmakohtien tullessa esille mietitään parasta mahdollista ratkaisua yhdessä Buildots-asiantuntijoiden kanssa. Kyselyn tuloksista voidaan myös päätellä, että Buildots-järjestelmän käyttöönotosta on ollut hyötyä ja se on tuonut lisäarvoa kaikissa projekteissa, joissa järjestelmä on käytössä. Vastausten perusteella käyttö on ollut melko helppoa, mutta käyttöönottovaiheessa lisäopastus olisi ollut tarpeen.

Tekoälyavusteinen toteumanseuranta on vielä harvinaista rakennushankkeissa. Valkeavuoren kampushankkeelle tämä järjestelmän käyttöönotto on sopinut hyvin laajan koon ja monivaiheisen sisätyövaiheen tueksi. Kehityshankkeen ulkopuolelle jäi rakennushankkeen loppuvaiheen hyödyt tekoälyavusteiselle toteumanseurannalle. Pystytäänkö asennusten häntiä ja puuttuvia yksittäisiä asennuksia paikantamaan tekoälyavusteisen toteumanseurantajärjestelmän avulla. Kaikki rakennushankkeet, joissa tekoälyavusteinen toteumanseuranta on otettu käyttöön, on edelleen käynnissä. koska kokonaishyöty jää tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, tässä olisikin hyvä aihe jatkotutkimukselle.

Lähteet

Ailisto, H.; Neuvonen,A.; Nyman, H.; Halén, M. & Seppälä, T. 2019. Tekoälyn kokonaiskuva ja kansallinen osaamiskartoitus – loppuraportti. Viitattu 22.3.2024. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161282

Buildots 2023. Automate Tracking. Predict delays. Viitattu 22.11.2023 https://www.buildots.com

GoPro 2024. MAX – The Ultimate 360 Camera. Viitattu 26.1.2024 https://gopro.com/en/us/shop/cameras/max/CHDHZ-202-master.html

Illumagear 2023. Halo SL.Viitattu 20.1.2024 https://illumagear.com/halo-sl/

Bushman HALO 360-light. Viitattu 27.2.2024 https://bushman-panoramic.com/collections/halo/products/halo-360-light

Hänninen O. 2023. Tilannekuvan hyödyntäminen rakennuttajan projektihallinnassa. Espoo: Aalto-yliopisto. Viitattu 3.3.2024. https://aaltodoc.aalto.fi/server/api/core/bitstreams/467f3d84-2fb2-4ab8-9477-c247810032fd/content

KIRA-digi 2018. Tekoälyä rakennusten suunnitteluun. Viitattu 22.03.2024. http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/tekoalya-rakennusten-suunnitteluun.html

Lantta, E. 2022. Tekoäly tulee rakennustyömaille ja suunnitteluun. Viitattu 2.4.2024. https://blogit.lab.fi/labfocus/tekoaly-tulee-rakennustyomaille-ja-suunnitteluun/

Luukkonen, H. 2023. Tekoäly tulee rakennualalle. Helsinki: Rakennusteollisuus. Viitattu 1.3.2024 https://rt.fi/2023/06/tekoaly-tulee-rakennusalalle/

Meyer, J. 2018. HOW TO... How a 360 camera works. Viitattu 20.12.2023. https://camerajabber.com/how-a-360-camera-works/

Pesonen R. 2021. Tekoäly. Viitattu 10.12.2023 https://filosofia.fi/fi/ensyklopedia/tekoaly#11.%20Teko%C3%A4lytutkimus%20Suomessa

Ratu KI-6020. Koski H. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka Helsinki: Rakennustieto.

RT 10-11066. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.Osa 1. Yleinen osuus (Versio 1.0, 2012) Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 10-11076. Yleiset tietomallivaatimukset 2012.Osa 11. Tietomalliprojektin johtaminen (Versio 1.0, 2012) Ohjekortti. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Sampo Consulting 2021. 360 kuvausteknologia on uusinta elämysmarkkinointia. Viitattu 20.11.2023 https://sampoconsulting.com/mita-on-360-kuvaus