

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus  
Talonrakennustekniikka

Lauri Kykkänen

## **Työmaan digitalisaation mahdollisuudet tehokkuuden ja työturvallisuuden parantamiseksi**

Opinnäytetyö 2019

## Tiivistelmä

Lauri Kykkänen

Työmaan digitalisaation mahdollisuudet tehokkuuden ja työturvallisuuden parantamiseksi, 38 sivua, 0 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Talonrakennustekniikka

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Paula Kokko, Saimaan ammattikorkeakoulu, Kunnossapidon kehityksen päällikkö Tero Junkkari, UPM-Kaukas Oy

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli hyödyntää digitalisaatiota kustannustehokkuuden ja työturvallisuuden parantamiseksi työmaalla. Työssä hyödynnettiin digitaalisia järjestelmiä ja ohjelmia, joita UPM:llä oli otettu käyttöön. Työssä keskityttiin erityisesti kulunvalvonnan kautta tapahtuvaan työmaan valvontaan ja aikatauluseurantaan. Työssä tutustuttiin urakoitsijaportaali-järjestelmään, jonka kautta pyrittiin seuraamaan töihin käytettyä aikaa sekä optimoimaan järjestelmää siten, että valvojalla kuluu taloudellisten asioiden selvittämiseen mahdollisimman vähän aikaa. Työmaavalvonnassa hyödynnettiin erilaisia mitta-antureita ja uutta tekniikkaa kuten dronea.

Opinnäytetyössä käytettiin digitaalisten järjestelmien ja ohjelmien käyttöohjeita lähteenä, joista kehittyi ymmärrys, miten järjestelmillä voidaan parantaa tehokkuutta ja työturvallisuutta. Käyttöohjeiden ohella lähteinä toimivat UPM:n oma suojeluosasto, joka vastaa tehdasalueen kulunvalvonnasta sekä urakoitsijaportaalista ja mitta-antureista vastaavat henkilöt.

Opinnäytetyön tuloksena oli käsitys siitä, miten työmaan kustannustehokkuutta ja työturvallisuutta voidaan parantaa käyttämällä digitalisaatiota oikein tilanteen edellyttämällä tavalla. Valvojien talousasioihin käytetty aika koettiin liian suureksi ja kustannuksia pyrittiin alentamaan nopeuttamalla prosessia käyttämällä järjestelmiä tehokkaammin. Kulunvalvontaa hyödyntämällä pyrittiin parantamaan työturvallisuutta sekä kustannustehokkuutta, kun tiedetään missä työntekijät ovat ja kuinka kauan he viettävät aikaa työmaalla. Kulunvalvontajärjestelmästä nähdään lisäksi työntekijöiden voimassa olevat oikeudet, perehdytykset, kortit ja saadaan ajantasainen lista työmaalla olevista henkilöistä, joita voidaan hyödyntää työmaan valvonnassa.

Asiasanat: digitalisaatio, kulunvalvonta

## **Abstract**

Lauri Kykkänen

Possibilities of digitalisation on site for improving effectiveness and safety, Number of Pages 38, Number of Appendices 0

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Civil and construction engineering

Construction management

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Ms. Paula Kokko, Lecturer, Saimaan ammattikorkeakoulu, Mr Tero Junkkari, Manager maintenance development, UPM-Kaukas Oy

The purpose of this thesis was to improve on site safety and cost-effectiveness with digital programs. The most important part of this work was to take advantage of digital programs which UPM has been using on site. In this work the main focus was on supervising on site and controlling on site schedule through access control. In this work I also got to know the contractor portal program which was used to supervise and follow the on site schedule. The main objective was to decrease the amount of time supervisors use to solve financial issues. This thesis also involved the use of sensors and drone on site.

The main source of information in this thesis was instructions of the programs used on UPM's site which made it possible to increase cost-effectiveness and safety. The second source of information was units such as protection who are in charge of access control program. Information was also gathered from the maintenance development unit about sensors and contractor portal.

The main objective of this thesis was a result that could be used to increase cost-effectiveness and safety on site. Time used by supervisors on financial issues was seen as a problem and the objective was to decrease the amount of time used on financial issues. Taking advantage of access control to increase cost-effectiveness and safety had the purpose of supervising workers on site. Using access control supervisors know which workers are on site and how much time they have spent on site which improves both cost-effectiveness and safety. Access control also offers every detail about workers permissions, orientations and cards. Access control can also be helpful in supervising the site and it has an option that creates a list which is up to date and it makes a list of everyone on site which is proven helpful.

Keywords: digital transformation, access control

## Sisällys

1	Johdanto.....	6
2	Kulunvalvonta.....	6
2.1	Visy-järjestelmä.....	7
2.2	Aluekulunvalvonta.....	8
2.3	Kameravalvonta.....	9
2.4	Kulunvalvonnan hyödyntäminen työmaalla.....	9
2.5	Ongelmat ja parannusehdotukset.....	11
3	Työturvallisuuden ja työn tehokkuuden parantaminen.....	11
3.1	Työturvallisuuden lainsäädäntö.....	11
3.2	Tiedonantovelvollisuus.....	12
3.3	Työn tehokkuuden työkalut.....	13
4	Urakoitsijoiden ja kustannusten seuranta.....	15
4.1	Urakoitsijaportaali.....	15
4.2	Tilaajavastuu.....	18
4.3	Budjetointi.....	19
5	Mittauslaitteet.....	22
5.1	Treon-node-anturi.....	22
5.2	Betonianturit.....	23
5.3	Rakennekosteusmittarit.....	24
5.4	Drone.....	26
5.5	Putkistorobotti ja viemärikamera.....	30
5.6	Sukellusrobotti.....	30
6	Päätelmät.....	34
	Lähteet.....	37

## **Käsitteet**

**ACR** = UPM:n luparekisterijärjestelmä, jonka kautta hallinnoidaan henkilöiden kulkuoikeuksia.

**Visy-järjestelmä** = Ajoneuvoportaali, jonka kautta hallinnoidaan kulkuneuvojen kulkulupia.

**Timecon-järjestelmä** = UPM:llä käytössä oleva työajanseurantaan kehitetty ohjelma, johon sisältyy päätelaitteet.

**ID-kortti** = UPM:n myöntämä henkilökohtainen kuvallinen henkilötunniste.

**RFID** = RFID on ajoneuvokohtainen henkilökohtainen kulkutunniste kaikille ajoneuvoille, joilla on tarve käyttää tehdasalueen kaikkia kulkuportteja.

**Urakoitsijaportaali** = Urakoitsijoiden ja ulkoistentoimijoiden kulkuoikeuksien hallintajärjestelmä, joka sisältää henkilöt sekä ajoneuvot.

**SAP** = SAP on toiminnanohjausjärjestelmiin erikoistunut yritys. UPM-Kaukaalla on käytössä SAP UP6 toiminnanohjausjärjestelmä rakennustöiden seurantaan ja budjetointiin.

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tilaajana on UPM-Kaukas Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten UPM:n käyttämiä digitaalisia järjestelmiä hyödyntämällä voidaan parantaa kustannustehokkuutta sekä työturvallisuutta rakennustyömaalla. Työssä selvitetään järjestelmien ongelmia ja pyritään tätä kautta parantamaan digitaalisia järjestelmiä, jotta niitä on jatkossa mahdollista kehittää rakennustyömaan tarpeisiin sopivammiksi.

Työturvallisuuteen on panostettu viime vuosina voimakkaasti ja UPM pyrkii jatkuvasti kohti tapaturmatonta työmaata. Digitaalisten järjestelmien avulla työturvallisuutta voidaan parantaa, kun valvojien on helpompaa seurata työmaan tapahtumia ja etenemistä. Työturvallisuutta lisää mahdollisuus liittää työntekijöiden tietoja kulunvalvonnan järjestelmiin.

Kustannustehokkuutta pyritään optimoimaan jatkuvasti. Säästöjä pyritään saavuttamaan työajanseurannan kautta, jolloin tiedetään tarkasti mitä urakoitsijat ovat työmaalla tehneet ja kuinka kauan. Valvojien tehokkuus lisääntyy näiden valvontajärjestelmien kautta, kun valvojan ei tarvitse välttämättä olla läsnä työmaalla.

Opinnäytetyössä puhuttaessa rakennustyömaasta on otettava huomioon, että tehdasalue on lain mukaan rinnastettavissa rakennustyömaahan, kun tehdasseisokki on käynnissä. Opinnäytetyötä varten tietoa on hankittu UPM:n henkilöstöltä ja osastoilta, jotka toimivat työssään digitaalisten järjestelmien parissa.

## 2 Kulunvalvonta

Opinnäytetyössä kulunvalvonnan tutkiminen rajataan rakennustyömaan näkökulmaan. Kulunvalvontaan sisältyvät kulkuoikeuksien hallitsemiseen käytettävät Visy- ja ACR-järjestelmät, työajanseurannassa hyödynnettävä Timecon-pääteljärjestelmä sekä tehdasalueen kameravalvonta.

## 2.1 Visy-järjestelmä

Visy-järjestelmä käyttää useaa eri tunnistustekniikkaa. Tunnistustekniikkaan vaikuttaa ensisijaisesti se, kulkeeko henkilö portin läpi ajoneuvolla vai jalkaisin. Ajoneuvolla kuljettaessa tunnistustekniikat ovat seuraavat:

1. Rekisterikilven tunnistus, ensisijainen tapa
2. Ajoneuvo-RFID, käytetään porteilla, joilla ei ole rekisterikilven tunnistusta. RFID annetaan usein ajoluvan yhteydessä, sillä henkilön tunnistus tapahtuu RFID:n kautta.
3. Kuljettajatunnistus, henkilökohtainen tunnus, jota käytetään usein yhteiskäyttöön tarkoitetuissa työkoneissa, joissa ei ole rekisterikilpiä.
4. Henkilökohtainen kulkukortti, urakoitsijoiden kulkuoikeus on aina määritetty kulkukorttiin, johon voidaan liittää myös ajolupa.

Portin läpi kuljettaessa ilman ajoneuvoa tunnistustapa on aina henkilökohtainen kulkukortti. Tällöin järjestelmään jää tieto, kuka on kulkenut portista ja milloin.

Henkilöiden kulkuoikeuksia voidaan säädellä siten, että ne toimivat vain tietyillä porteilla, tietyinä vuorokauden aikana tai vain työn keston ajan. Ajoneuvojen kulkuoikeus on lähes poikkeuksetta säädetty vain yhdelle portille kulunvalvonnan helpottamiseksi.

Kulkuoikeuden edellytyksenä ovat aina seuraavat asiat

1. Etu- ja sukunimi
2. Yrityksen nimi ja Y-tunnus
3. Puhelinnumero
4. Rekisterinumero
5. Veronumero

Kulkulupa kuuluu aina yhteen luparyhmään, kuten urakoitsija, vierailija tai henkilökunta. Yritykset voivat luoda järjestelmään uusia kulkulupia omille ajoneuvoille. Yrityksille annetaan usein käyttöoikeudet selata omia liikennetapahtumia ja järjestelmän kautta luoda raportteja.

## 2.2 Aluekulunvalvonta

Aluekulunvalvonta on UPM:n tehtailla käytössä oleva henkilöliikenteeseen määriteltä kulunvalvontamalli. Aluekulunvalvontaan jää aina leima henkilöstä, joka kulkee tehdasalueella omalla kulkutunnisteellaan. Tehdasalueella olevat henkilöt on pystyttävä tarvittaessa luetteloimaan ja paikantamaan, joka onnistuu aluekulunvalvonnan avulla.

Timecon-järjestelmän tarkoitus on ensisijaisesti seurata UPM:n henkilöstön työajan käyttöä. Järjestelmä toimii henkilön omalla ID-kortilla, jonka avulla luodaan leimoja päätelaitteelle syykoodeja käyttäen. Samanaikaisesti henkilön sijainti tehdasalueella päivittyy. Timecon-päätelaite on helposti asennettavissa kohteeseen, jossa sitä tarvitaan, sillä se tarvitsee vain virran ja internetyhteyden.

Järjestelmän toimivuuden kannalta on kulkutunnisteen edellytyksenä aina tunnistautuminen henkilö-, ajo- tai palveluntarjoajan kuvallisella ID-kortilla ennen tunnisteen luovuttamista henkilön käyttöön.

Kulkutunnisteena käytetään kahta korttimallia. UPM:n henkilöstöllä on käytössään yhdistelmä- tai ID-kortti, joissa on ulkokehän oikeuksien lisäksi rakennusten kulkuoikeudet. Korttimallissa on myös paikallinen työajanseuranta, joka edellyttää päätteellä leimaamista syykoodeja käyttäen.

Urakoitsijoille ja muille palveluntarjoajille annetaan kortti, joka sisältää vain ulkokehän kulkuoikeudet, eikä pääsyä rakennuksiin.

Kulkutunnisteita hallitaan rekisterijärjestelmä ACR:n kautta sekä urakoitsijaportaalin kautta. UPM:n henkilökunta voi anoa oikeuksia ACR:n kautta ja vastaavasti urakoitsijat anovat oikeuksia urakoitsijaportaalin kautta, josta vastaa UPM:n nimetty yhteyshenkilö.

Palveluntarjoajien yhteyshenkilöt vastaavat yrityksensä henkilö- ja ajoneuvotietojen ylläpidosta ja anovat urakoitsijaportaalin kautta tarvitsemansa oikeudet. Palveluntarjoaja ei voi anoa oikeuksia UPM:n kiinteistöihin, vaan ne käsittelee kohdealueen vastuuhenkilö.



Kulku- ja ajoluvat ovat voimassa UPM:n turvallisuuskoulutuksen voimassaoloajan tai työsuhteen, palvelusopimuksen ja toimeksiannon mukaisesti. Kulkuoikeuksia ei luovuteta henkilöille tai yrityksille, jotka eivät ole tulossa tekemään työsuoritetta, eikä heillä ole voimassaolevaa työtilausta tai sopimusta.

### **2.3 Kameravalvonta**

UPM:llä on tehdasalueella ja omistamillaan alueilla käytössään tallentava kamerajärjestelmä. Kameroita käytetään pääsääntöisesti tehdasalueen valvomiseen, mutta sitä hyödynnetään myös prosessiin ja kulunvalvontaan liittyvissä asioissa.

Kameravalvontaa hyödyntämällä voidaan etsiä tapahtumia ja varmentaa henkilöiden sijaintia tietyssä paikassa haluttuna ajankohtana. Valvonnan suurin hyöty saadaan irti, kun sitä käytetään rinnakkain muun kulunvalvonnan kanssa. Näin voidaan luotettavasti tarkastaa urakoitsijoiden käyttämää aikaa työsuoritteisiin, jolloin väärinkäytösten riski pienenee.

Kameravalvonta toimii erinomaisesti paikoissa, joihin valvojan on hankala päästä tai ne ovat kaukana omalta työpisteeltä. Tällaisia kohteita ovat korkeat paikat ja alueet, jotka ovat tehdasalueen ulkopuolella.

### **2.4 Kulunvalvonnan hyödyntäminen työmaalla**

Nykyisin UPM:n työmailla ei hyödynnetä päätelaitetta ja Timeconia ollenkaan. Asentamalla pääte työmaan sisäänkäynnin yhteyteen saadaan valvojille tieto siitä, ketkä ovat työmaalla ja kuinka kauan he siellä ovat olleet. Päätelaitteen avulla paranisi työturvallisuus merkittävästi vaaratilanteiden osalta, kun lista henkilöistä ja heidän sijainnistaan on helposti saatavissa digitaalisessa muodossa. Kustannustehokkuutta lisäisi työajanseuranta, jota voidaan hyödyntää tuntitöiden seuraamisessa ja näin vähentää väärinkäytöksiä sekä helpottaa valvojien työtä tunti-ilmoituksia tarkastettaessa, kun kulkutiedot ovat nähtävissä sekunnilleen.

Ajantasainen lista työmaalla olevista henkilöistä on pakollinen kohteissa, joihin on haettu rakennuslupa. Aluehallintovirasto voi vaatia tilaajalta listan työmaalla olevista henkilöistä nähtäväksi, jolloin se on järjestelmästä helposti saatavilla. Listauksen laiminlyöminen voi johtaa ankarimmillaan 10000 € suuruiseen sakkoon, jonka lisäksi valvojat voivat joutua itse vastuuseen laiminlyönnistä.

Järjestelmään lisätyistä henkilöistä on aina nähtävillä voimassaolevat perehdytykset, luvat ja oikeudet. Urakoitsijalla on velvollisuus täydentää työntekijöidensä muut pätevyudet ja koulutukset järjestelmään, kuten työturvallisuus- tai tulityökortin voimassaolo. Valvojan on helppo tarkastaa työntekijän tiedot etukäteen ja varmistaa, että henkilöllä on tarvittavat perehdytykset ja kortit, joita työn suorittaminen edellyttää.

Kameravalvontaa tulisi hyödyntää työmaalla työajanseurannan rinnalla. Työmaalta saataisiin ajantasaista kuvaa, josta voidaan varmentaa työmaalla olevat henkilöt ja yhdessä päätelaitteen leimojen kanssa varmistaa aukottomasti todelliset työajat. Lisäksi kameravalvonta helpottaa valvojien työtä, kun nähdään työmaan edistyminen tietyllä ajanjaksolla. Työmaan edistymisestä voidaan suunnitella tarkemmin tulevia hankintoja, töitä sekä parantaa aikataulutusta. Tästä syntyy merkittäviä säästöjä työmaalle.

Kulunvalvonnasta saataisiin hyötyä työmaalle ajoneuvojenkin osalta. Ajoneuvojen toimiessa henkilön omalla kulkutunnisteella jää jokaisesta porttien läpi kuljuttamista kerrasta leima järjestelmään. Näin henkilö pysyy työmaan ajantasaisessa listauksessa siitä huolimatta, ettei hän ole leimannut itseään ulos tai sisään päätelaitteelta.

Järjestelmästä pystytään seuraamaan myös ajoneuvojen punnitukset. Maanrakennus- ja purkutyömailla punnituksista saadaan arvokasta tietoa, kun tiedetään, kuinka paljon materiaalia on tullut työmaalle tai poistunut sieltä. Usein kierrätykseen menevästä materiaalista maksetaan korvausta sen vastaanottajalle, jolloin punnitustiedoista tiedetään tarkasti, kuinka paljon materiaalia on todellisuudessa lähtenyt työmaalta. Vastaavasti materiaalista voidaan saada korvaus sen ollessa terästä tai muuta uudelleen hyödynnettävää materiaalia.

Maanrakennustyömaalla kulku- ja punnitustietoa voidaan hyödyntää menekkien laskemiseen. Näitä tietoja hyödyntämällä voidaan suunnitella aikataulua paremmin, kun tiedetään, kuinka paljon materiaalia työkohteeseen tuodaan keskimäärin työpäivän aikana. Mikäli materiaaleista maksetaan korvausta, on valvojalla helppo ja nopea tapa tarkastaa oikeat määrät, mikä ehkäisee väärinkäytöksiä.

## **2.5 Ongelmat ja parannusehdotukset**

Nykyisessä kulunvalvontajärjestelmässä ei ole mahdollisuutta tarkastaa urakoitsijan tilaajavastuisiin liittyviä asioita, kuten Valttikorttia. Valttikorttiin sisältyy aina työntekijän veronumero, joka kertoo valvojalle, että työntekijä voi työskennellä UPM:n työmaalla. Valvojan tulisi voida itse tarkastaa yrityksen kelpoisuus tilaajavastuuasioiden osalta. Nykyisin yritys toimittaa aina ennen töiden aloittamista tiedot kirjallisena valvojalle.

Työkoneet tulisi työmaakäytössä luvittaa vain henkilökohtaisella kulkutunnisteella. Tämä varmistaa sen, että ajantasainen lista työmaalla olevista henkilöistä pysyy todellisena. Rekisterinumeron kautta tapahtuva tunnistautuminen kirjaa vain työkoneen työmaalle eikä kuljettavaa henkilöä, ellei sisäänkäynnille ole järjestetty erillistä päätettä tunnistautumiseen.

Työmaan valvonnan parantamiseksi kameroita voidaan hyödyntää enemmän. Työmaalle tulisi suunnata työn keston ajaksi kamera, joka tehostaa ja helpottaa valvojan työtä niin kustannustehokkuuden kuin työturvallisuuden kannalta.

## **3 Työturvallisuuden ja työn tehokkuuden parantaminen**

### **3.1 Työturvallisuuden lainsäädäntö**

Rakennushankkeessa mukana olevien henkilöiden on omalta osaltaan huolehdittava siitä, että työmaalla tai sen vaikutusalueen piirissä ei henkilöille aiheudu vaaraa. Tilaajan tai pääurakoitsijan on huolehdittava siitä, että kaikki työmaalla työskentelevillä on riittävän hyvät tiedot turvalliseen työskentelyyn. Lisäksi on varmistuttava siitä, että työntekijät tuntevat rakennustyömaan vaarat ja osaavat tarvittaessa poistaa ne turvallisesti. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.)

Pääurakoitsijan tulee tehdä työsuojeluviranomaiselle ennakkoilmoitus rakennustyön aloittamisesta. Lisäksi ennakkoilmoitus annetaan myös tilaajalle. Ennakkoilmoitus vaaditaan, kun työmaa kestää pidempään kuin kuukauden tai siellä työ-

kentelee vähintään kymmenen työntekijää. Ennakkoilmoitusta tulee päivittää työmaan valmistuessa, jolloin se on ajan tasalla. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.)

Ennen töiden aloittamista tilaajan on nimettävä työmaalle turvallisuuskoordinaattori, jolla on riittävät pätevyudet ja edellytykset toimia turvallisuuskoordinaattorina. Turvallisuuskoordinaattori tekee yhteistyötä pääurakoitsijan kanssa. Turvallisuuskoordinaattori osallistuu työmaan suunnitteluun ja toteutukseen. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.)

Tilaajan tulee turvallisuuskoordinaattorin lisäksi nimetä työmaalle päätoteuttaja tai jos työmaalle ei nimetä päätoteuttajaa, vastaa tässä tapauksessa tilaaja päätoteuttajalle kuuluvista velvoitteista, (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009).

Päätoteuttaja nimeää työmaalle vastaavan työnjohtavan, jolla on riittävät pätevyudet ja edellytykset toimia tehtävässä. Työnjohtaja pitää työmaan keston ajan yllä työmaapäiväkirjaa. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.)

Päätoteuttajan on laadittava työmaa-alueesta kirjallinen työmaan käyttösuunnitelma. Suunnitelmassa tulee ilmetä tilojen, koneiden, materiaalien, teiden sijainnit sekä liikenteen liittymäkohdat. Suunnitelma on pidettävä ajan tasalla ja sitä tulee päivittää, jos työmaan olosuhteet muuttuvat merkittävästi. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.)

Purkutyötä tehtäessä on laadittava erillinen suunnitelma purkutyön turvallisuudesta. Rakenteita purettaessa on työmaan oltava pätevän henkilön välittömässä valvonnassa. Purkutyömaa tulee eristää työmaan muista alueista. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.)

### **3.2 Tiedonantovelvollisuus**

Rakennustöitä tehtäessä tilaajalle muodostuu tiedonantovelvollisuus. On huomioitava, että myös pää-, sivu- tai aliurakoitsijat voivat olla tilaajia. Tiedonantovelvollisuus syntyy, kun ostetaan tai myydään rakentamispalveluita korvausta vas-

taan. Suunnittelu tai valvonta eivät erikseen tilattuina kuitenkaan kuulu tiedonantovelvollisuuden piiriin. Tilaajan on toimitettava Verohallinnolle kerran kuukaudessa tarpeelliset tiedot niistä yrityksistä, jotka työskentelevät työmaalla korvauksista vastaan. Lisäksi tilaaja on velvollinen toimittamaan tiedot työn lajista, työn kestosta, työmaan sijainnista sekä tiedot yrityksille maksettavista korvauksista. Tilaaja voi siirtää ilmoittamisen esimerkiksi rakennuttajakonsultille, mutta tiedonantovelvollisuus säilyy edelleen tilaajalla. Tiedonantovelvollisuuden alaraja on urakassa 15 000 euroa. (Verohallinto 2016. Luku 2.)

Rakennustyömaan urakkatietoina annetaan Verohallinnolle tiedot tilaajasta, urakoitsijasta sekä urakasta. Yhteisellä rakennustyömaalla päätoteuttaja on velvollinen toimittamaan tiedot omista työntekijöistä, jonka lisäksi päätoteuttajan täytyy toimittaa tiedot myös urakoitsijoiden työntekijöistä. Päätoteuttajan on toimitettava kuukausittain tiedot työmaalla työskentelevistä henkilöistä Verohallinnolle. Ilmoituksessa tulee olla seuraavat asiat (Verohallinto 2016. Luku 2):

1. Yksilöinti- ja yhteystiedot
2. Työnantajan kotivaltio
3. Vakuutustiedot
4. Veronumero

Päätoteuttajalle on lisäksi säädetty velvollisuus pitää työmaalla ajan tasalla olevaa listaa työmaalla työskentelevistä työntekijöistä. Työsuojeluviranomainen valvoo tätä listaa ja sen on oltava ajan tasalla sekä helposti tarkistettavissa. Päätoteuttajan on listan lisäksi annettava kuukausittain työntekijäilmoitus Verohallinnolle. Työntekijäilmoituksella ovat henkilöt, joilla on kuvallinen henkilötunniste, jossa on veronumero ja he ovat merkittynä työntekijäluetteloon. Näiden velvoitteiden laiminlyönti voi johtaa yrityksen sakkoihin tai työmaan työnjohdon päivasakkoihin. (Verohallinto 2016. Luku 3.)

### **3.3 Työn tehokkuuden työkalut**

Rakennustyömailla viime vuosina on yleistynyt tietomallintaminen. Rakennuksen tietomallia kutsutaan BIM:ksi (Building Information Model). Tietomallintaminen tarjoaa paljon hyödyllisiä työkaluja rakennustyömaalle niin työnjohdolle kuin

suunnittelijoille. Tietomallintamisen työkalut ovat kuitenkin pääasiassa uudisrakentamiseen tarkoitettuja, eikä niistä ole paljoa hyötyä vanhoille rakennuksille. Tietomallin tiedot ovat kaikilla urakkaan osallistuvilla aina ajan tasalla, mikä ehkäisee mahdollisia suunnittelussa tapahtuneita virheitä ja mahdollisia päällekkäisyyksiä. (buildingSMART Finland 2012.)

Tietomallinnuksen suurimpia hyötyjä on törmäystarkastelu. Törmäystarkastelussa voidaan verrata esimerkiksi LVI- ja sähköautomaatiopiirustuksia keskenään, jolloin nähdään, löytyykö suunnitelmista päällekkäisyyksiä. Törmäystarkastelulla saavutetaan parhaassa tapauksessa suuria säästöjä, kun mahdolliset virheet huomataan ajoissa ja niihin reagoidaan varhaisessa vaiheessa. Tähän tarkasteluun voidaan yhdistää lisäksi laadunvarmistus. Tietomallista nähdään esimerkiksi mittoja, kuten pituuksia ja korkoja, jolloin laadunvarmistus onnistuu suoraan tietomallia tarkastelemalla. (buildingSMART Finland 2012.)

Tietomalleilla voidaan hallita rakennuksissa tapahtuvia muutoksia helpommin ja nopeammin. Muuttunut tieto, kuten mitta tai korko, sijoitetaan malliin ja samalla nähdään törmäystarkastelulla, onko mallissa ristiriitoja. Tietomallia hyödynnetään myös määrälaskennassa. Mallista saadaan rakenteiden mitat ja tarvittavat materiaalit sekä työvoiman tarve. Näillä tiedoilla kustannukset voidaan laskea erittäin tarkasti. Työvoimaa osataan varata riittävästi, ja kun työmenekit tiedetään, on jatkossa esimerkiksi aikataulun suunnittelemisen huomattavasti helpompaa työnjohdolle. Tarkalla määrälaskennalla myös hankinnat ovat tehokkaampia ja ylimääräisiä materiaaleja tulee tilattua vähemmän työmaalle, josta saadaan säästöjä. (buildingSMART Finland 2012.)

Aikataulua voidaan seurata tietomallista esimerkiksi runkovaiheen osalta erittäin tarkasti. Havainnekuva rungosta, jossa eri rakennusosat on jaettu värikoodein esimerkiksi vihreä väri merkitsee valmista osaa. Työnjohdon on tällöin helpompi seurata hankkeen edistymistä. Lisäksi tällaisesta kuvasta on helpompi esittää edistyminen kuin sanoa, että hanke on puolessavälissä. Tietomalli rungosta kertoo luotettavasti syyn, jos aikataulussa jokin on myöhässä, koska malliin voidaan liittää tieto, jos rakennusosat ovat myöhässä tai asennustyö on myöhässä. Jälkikäteen mallia tarkastelemalla voidaan parantaa suunnittelua tulevilla hankkeilla. (buildingSMART Finland 2012.)

Päätoteuttajan laatimasta työmaa-alueen käyttösuunnitelmasta on mahdollista laatia tietomalli. Työmaa-alue voidaan ensiksi kuvata dronella ja viedä mittatiedot tietomalliin ja luoda käyttösuunnitelma tätä kautta. Tähän tietomalliin on helppo liittää rakennuksia, materiaaleja sekä tiet. Turvallisuutta saadaan parannettua tietomallilla siten, että malliin voidaan viedä poistumistiet ja nosturin vaikutusalue. Lisäksi väliaikaisia kulkuteitä, suojauksia ja muita vaarallisia alueita saadaan lisättyä tietomalliin. (buildingSMART Finland 2012.)

Rakennushankkeen valmistuttua tilaajalle luovutettavat tiedot rakenteista ja talotekniikasta voidaan luovuttaa tietomallina. Varsinkin huolto-ohjeen luovuttaminen tietomallina helpottaa yllä- ja kunnossapitoa, kun ohjeet voidaan esittää visuaalisesti. (buildingSMART Finland 2012.)

## **4 Urakoitsijoiden ja kustannusten seuranta**

### **4.1 Urakoitsijaportaali**

Urakoitsijaportaali on UPM:llä käytössä oleva urakoitsijan kulkuoikeuksiin, resursointiin ja työajanseurantaan kehitetty ohjelmisto. Urakoitsijaportaali korvaa aikaisemmin käytössä olleet Excel-resurssiluettelot, jotka piti toimittaa tilaajalle ennen työn aloittamista. Urakoitsijaportaalin avulla urakoitsijan yhteyshenkilö pystyy itse lisäämään tilauksille työntekijöitä sekä sulkemaan tehtyjä töitä. Urakoitsijoille ilmestyy tilaus urakoitsijaportaaliin, kun tilaaja on tehnyt tilauksen SAP:n kautta. Tilaus hyväksytään ja tiedot välittyvät SAP:sta suoraan urakoitsijaportaaliin. Urakoitsija pystyy tämän jälkeen liittämään työlle työntekijöitä, seuraamaan töihin käytettyä aikaa ja sulkemaan tehdyt työt. Liitettäessä työntekijöitä työtilaukselle urakoitsija näkee jokaisen henkilön voimassaolevat oikeudet ja kortit. (Kuva 1.)

**Kiinnitä työntekijä**

**Vaihe 2/4 - Pätevyudet**

Testi, Teuvo

Nimi	Alkaa	Päättyy	Luotu	Päivitetty		
Työturvallisuuskortti	1.11.2018	30.11.2023	1.2.2019	-	Poista	Muokkaa
Kaukas sellutehdas	19.9.2018	19.9.2021	1.2.2019	-	Poista	Muokkaa
UPM turvallisuusperehdytys	19.9.2018	19.9.2021	1.2.2019	-	Poista	Muokkaa
Urakoitsijan turvallisuuskoulutus	19.9.2018	19.9.2021	1.2.2019	-	Poista	Muokkaa
Tulityökortti	1.1.2012	31.1.2017 (päättynyt)	4.2.2019	-	Poista	Muokkaa

Nimi Alkaa Päättyy

Tulityökortti

1. Lisää/korjaa pätevyudet  
2. Pätevyudet oikein, paina **Seuraava**

Kuva 1. Työntekijän lisääminen urakoitsijaportaaliin (UPM-Kaukas Oy, Urakoitsijaportaali)

Uutta työntekijää lisätessä tulee urakoitsijaportaaliin syöttää vähintään seuraavat tiedot:

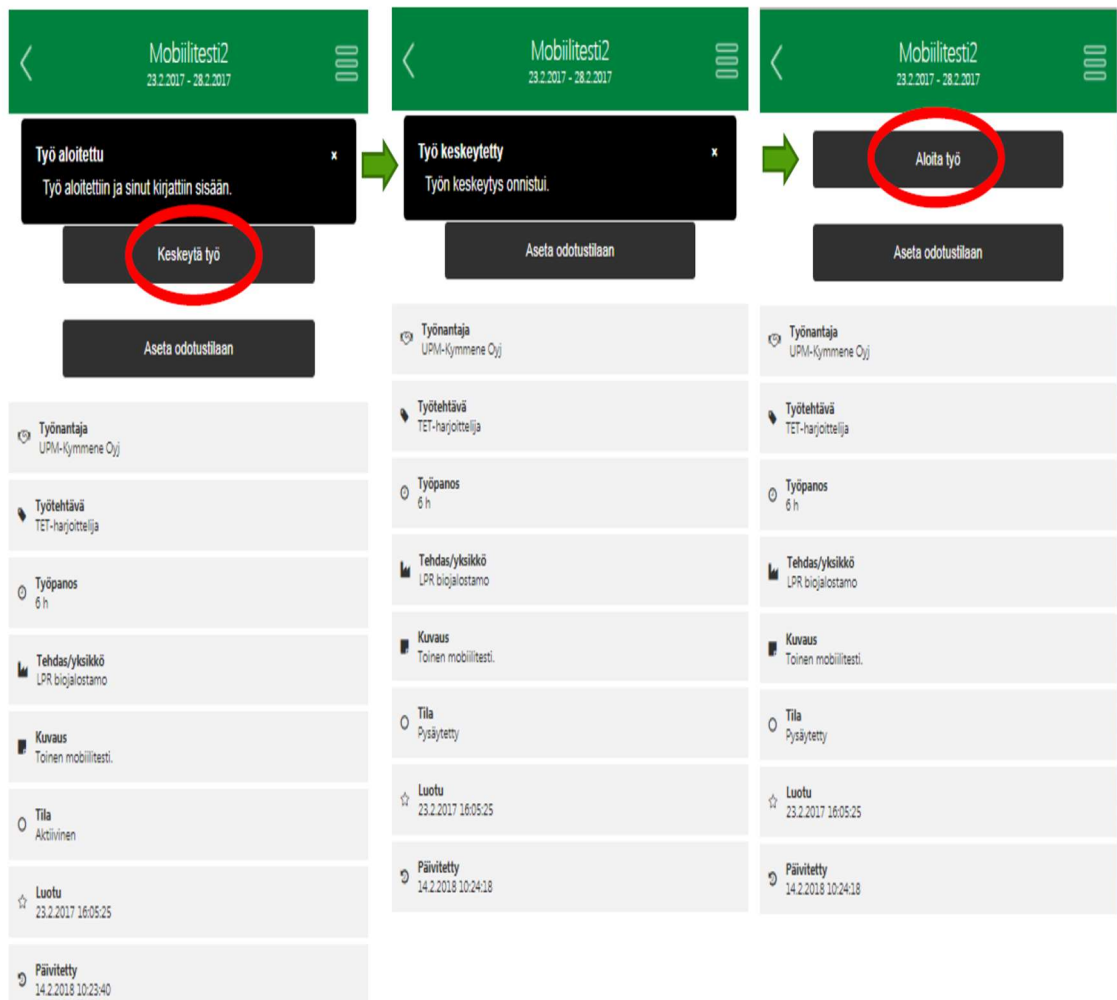
1. Etu- ja sukunimi
2. Työnantajan nimi
3. Työsuhteen muoto ja työtehtävä
4. Puhelinnumero
5. Veronumero
6. Kansallisuus

Urakoitsija pystyy portaalin kautta lisäämään ja hallitsemaan omien alihankkijoidensa oikeuksia omien työntekijöiden tapaan. Alihankkijan kohdalla samat tiedot on syötettävä urakoitsijaportaaliin, jonka lisäksi yrityksen y-tunnus ja yhteyshenkilö ovat pakollisia tietoja. Alihankkijan lisäämisen jälkeen työlle voidaan lisätä



alihankkijan työntekijöitä halutuille tilauksille. Urakoitsijan on kuitenkin huolehdittava siitä, että alihankkija hyväksytetään UPM:llä ennen tilaukselle lisäämistä.

Urakoitsijaportaalin tueksi on myöhemmin kehitetty mobiilisovellus, jonka kautta urakoitsija kirjaa itsensä sisään työlle ja ulos työn päätyttyä. (Kuva 2.)



Kuva 2. Työn tilanteen asettaminen mobiilisovelluksella (UPM-Kaukas Oy, Urakoitsijaportaali)

Sovellus kehitettiin tehdasseisokkeja varten, kun tehdasalueella on erittäin paljon työntekijöitä samanaikaisesti ja töiden valvonta on haastavaa. Mobiilileimoista pystytään seuraamaan tarkemmin töihin käytettyä aikaa sekä budjetoinnin ja aikataulutuksen onnistuneisuutta. Sovelluksessa on mahdollista asettaa työ odotustilaan, jos töiden aloittaminen ei onnistu esimerkiksi telineiden puuttumisen tai

prosessihäiriön takia, jolloin saadaan tarkempi tieto siitä, miten työn kustannukset muodostuivat.

Urakoitsijaportaali ei suoranaisesti kasvata työturvallisuutta, mutta sen avulla tarkastettavissa olevat perehdytykset ja oikeudet helpottavat valvojan ja urakoitsijan työnjohdon työtä. Portaalista saadaan enemmän taloudellista hyötyä tilaajalle, koska mittapöytäkirjojen ja laskujen tarkastaminen nopeutuu ja helpottuu työaikaleimausten avulla, jos leimaukset on tehty oikein. Urakoitsijaportaalin ja työaikaleimausten käyttämisen suurin ongelma on, jos tilaukset eivät ehdi järjestelmään ajoissa. Tällaisia tapauksia ovat viikonloput, työt jotka tilataan samana päivänä kuin ne tehdään ja tilaukset jotka ovat jääneet tekemättä ennen töiden aloittamista. Näissä tapauksissa ei urakoitsijaportaalia tai työaikaleimausta voida hyödyntää, koska ei ole työtilausta, jolle lisätä työntekijät ja työtunnit. Toinen merkittävä ongelma on käyttäjän tekemät virheet leimausten kanssa. Töihin tullessa aloitusleima laitetaan järjestelmään, mutta töiden päätyttyä unohdetaan leimata työltä pois, jolloin valvojalle ei jää leimoista mitään hyödyllistä jäljelle, eikä tätä tietoa voida käyttää laskujen tai mittapöytäkirjojen tarkastamisen tukena.

## 4.2 Tilaajavastuu

UPM:n tehdasalueella työskentelevän yrityksen tilaajavastuuasioiden on oltava kunnossa tai yritystä ei voida hyväksyä töihin. UPM:illä on käytössään tilaajavastuiden tarkastamiseen kehitetty Valvoja-ohjelma. UPM:n ollessa tilaajan roolissa palveluun luodaan lista toimittajista, joita halutaan seurata tilaajavastuiden osalta.



Kuva 3. Valvoja-ohjelman tarjoamat raportit (Tilaajavastuu 2019)

Valvoja-ohjelma nopeuttaa tilaajan työtä, koska urakoitsijoiden tilaajavastuu tietoja ei tarvitse pyytää erikseen, vaan niistä on ohjelmassa lista, josta ne voidaan tarkastaa. Ohjelman luomat listat ja raportit ovat ajantasaisia. Näiden lisäksi Valvoja-ohjelma raportoi tilaajalle, jos urakoitsijoiden tilaajavastuuasioissa tapahtuu muutoksia tai laiminlyöntejä. Ohjelman suurimmat hyödyt tilaajalle ovat tilaajavastuuasioiden nopea tarkastaminen sekä ajan tasalla olevat tiedot urakoitsijoista, jolloin laiminlyönteihin voidaan reagoida välittömästi. UPM:llä tilaajavastuuasiat tarkastaa rakennustyön valvojan sijaan osto-organisaatio. (Tilaajavastuu 2019.)

### **4.3 Budjetointi**

UPM käyttää budjetointiin SAP UP6-ohjelmaa. Ohjelman avulla voidaan luoda työtilauksia ja tilata materiaaleja sekä hallita laskuja. SAP UP6:lla työtilaukset voidaan aikatauluttaa projektien ja tehdasseisokeiden mukaan omilla tunnuksilla, jotka ovat muotoa S19LIEVS. Tunnuksessa S19 kertoo, että kyseessä on seisokityö vuonna 2019 ja LIE kertoo osaston olevan lietteenkäsittely sekä lopun VS merkitsee vuosiseisokkia. Käyttäjä voi halutessaan seurata vain oman osastonsa budjettia tai tarkkailla projektin kokonaisbudjettia, johon sisältyy rakennustöiden lisäksi esimerkiksi lvi- ja automaatiotyöt. Kunnossapitotöissä SAP:n kautta voidaan luoda vikalistoja rakennustöille ja seurata töiden kustannuksia tietyille rakennuksille ja osastoille. Rakennustöissä voidaan kustannuksia jakaa edelleen materiaaluokkiin, joita ovat esimerkiksi puhdistuspalvelut, telinetyöt tai suunnittelu. Kustannusten jakautuminen alaluokkiin kertoo käyttäjälle tarkasti mistä työn kustannukset syntyvät, koska ohjelmasta nähdään toteutuneet työtunnit sekä työhön liittyvät muut kustannukset kuten materiaalit ja ylityötunnit. Toteutuneiden kustannusten perusteella pystytään tulevaisuudessa suunnittelemaan projektit, kunnossapitotyöt ja tehdasseisokit paremmin ja kustannustehokkaammin. Urakoitsijoiden hinnastot ovat lisättävissä ohjelmaan, joka helpottaa töiden tilaamista ja kustannusten ennakoimista, kun hintoja ei tarvitse etsiä erikseen.

SAP UP6:ssa on investoinneille oma työkalu, jota kutsutaan projektikehittimeksi. (Kuva 4.) Projektikehittimelle luodaan uusi projekti ja siihen lisätään budjetoitu rahamäärä ennusteeksi.

Projektin rakenne: nimitys	Tunnus
Hankinnat	7000019269
• Hankintapaketti 1	7000019269 4510
• Hankintapaketti 2	7000019269 4520
• Hankintapaketti 3	7000019269 4530
• Hankintapaketti 4	7000019269 4540
• TARJ. MUKAAN RAUTARAKENNETYÖT	7000019269 4550
• TARJ. 2083.3 MUKAAN PUHALTIMET A	7000019269 4560
• Sekalaiset hankinnat 1	7000019269 4570
• Sekalaiset hankinnat 2	7000019269 4580
• Varaosien hankinta (aktivoitavat)	7000019269 4590
• Kompressiasema EIA suunnittelu ilmast	7000019269 4600
• Huopakattotyöt	7000019269 4610
• Timanttiporaukset	7000019269 4620
• Porrasteline katolle	7000019269 4630
• SÄHKÖASENNUS KOMPURA-ASEMA ILM	7000019269 4640
• Puhaltimien perustukset	7000019269 4650
• Teräsperustus	7000019269 4660

Mallit: nimitys	Tunnus
★ Yksittäiset objektit	
★ Projektit	
★ Vakiomallit	

Kuva 4. Työtilauksia projektikehittimellä (UPM-Kaukas Oy, Projektikehitin)

Projektin perustamisen jälkeen tilataan projektiin liittyvät työt osastoittain, jonka jälkeen valvojat pystyvät seuramaan kustannusten muodostumista ja käytössä olevaa rahamäärää. Yhdelle urakoitsijalle luodaan työtilaus, jossa on monia vaiheita kuten urakka, lisätyöt ja lisäkustannukset. Vaiheita seuraamalla valvoja tietää tarkalleen projektin kustannukset ja niiden alkuperän. Projektin valmistuttua verrataan ennustetta toteutuneisiin kustannuksiin. Vertailussa nähdään lisätöiden määrät ja odottamattomien kustannusten osuudet, joiden avulla toimintaa voidaan jatkossa kehittää.

SAP UP6:n lisäksi UPM käyttää vuotuisten investointien budjetoimiseen kehitettyä budjetointityökalua. Työnjohtajat ja suunnittelijat luovat budjetointityökalua käyttäen projektin seuraavalle vuodelle ja liittävät siihen kustannusarvion, joka liitetään osaksi tulevaa vuosibudjettia. Budjetointityökalulla luotujen projektien kustannusten seuranta tapahtuu SAP UP6:n projektikehittimen avulla.

SAP UP6:n kautta tehdyt tilaukset toimivat yhdessä tehdasalueen muiden järjestelmien kanssa. Työtilauksen kautta urakoitsijalle avautuu urakoitsijaportaaliin uusi työ tai projekti, joka mahdollistaa tehdasalueelle pääsemisen. Valvojan on tärkeää määrittää tilaukselle riittävän pitkä kesto, jotta urakoitsijan kulkuluvat eivät umpeudu ennen töiden valmistumista. (Kuva 5.) Tehdasalueelle ei pääse töihin ilman työtilausta, joka on muodostunut pullonkaulaksi urakoitsijan kannalta. Työtilausten luomisessa ja etenemisessä järjestelmän läpi voi kestää pahimmassa tapauksessa useita päiviä, jolloin kiireellisissä töissä ei voida hyödyntää työaikaseurantaa ja työtuntien seuraaminen on valvojalle vaikeampaa.

The screenshot shows the SAP 'Muuta Työtilaus' interface. At the top, there are navigation buttons like 'Tilaus', 'Käsittele', 'Siirry', 'Lisät', 'Ympäristö', 'Järjestelmä', and 'Ohje'. Below that, the title is 'Muuta Työtilaus 200009068122: vaihepäivämäärät'. There are tabs for 'Otsikkotiedot', 'Vaiheet', and 'Komponentit'. The main area shows fields for 'Tilaus' (200009068122), 'Vaihe' (0010), and 'Ohj.avain' (PM03). Below this, there are tabs for 'Yleinen', 'Oma', 'Ulkoinen', 'Pvm:t', 'Tot.tiedot', and 'Lajennus'. The 'Pvm:t' tab is active, showing date and time fields for 'Aik. alku', 'Aik. loppu', 'Myöh. alku', 'Myöh. loppu', 'Tot. alku', 'Tot. loppu', and 'Enn. loppu'. There are also 'Rajoitus' (Restriction) and 'Puskuri' (Buffer) sections. At the bottom, there are tabs for 'Palvelut', 'Komponentit', and 'Järjestysuhteet'. The 'Palvelut' tab is active, showing a table with the following data:

Rivi	P..	Palvelunro	Lyhyt teksti	Määrä	MY	Bruttohinta	Val.	Ylitom.tol.	R. Kustannuslaji	P...
10	<input type="checkbox"/>		Poistumisten rakentaminen	1	TY	12.400,00	EUR	0,0	✓6293500	<input type="checkbox"/>
20	<input type="checkbox"/>		Lisäkustannukset	1	TY	1,00	EUR	0,0	✓6293500	<input type="checkbox"/>
30	<input type="checkbox"/>			0,000		0,00	EUR	0,0		<input type="checkbox"/>
40	<input type="checkbox"/>			0,000		0,00	EUR	0,0		<input type="checkbox"/>

Kuva 5. Työtilauksen keston määrittäminen (UPM-Kaukas Oy, SAP-järjestelmä)

## 5 Mittauslaitteet

Mittauslaitteissa tutkiminen rajataan rakentamisessa tarvittaviin osa-alueisiin. Mitta-antureista käydään läpi yleisimmät tyypit ja käyttömahdollisuudet. Lisäksi esitellään tekniikkaa, joiden osana erilaisia mitta-antureita voidaan hyödyntää rakentamisessa.

### 5.1 Treon-node-anturi

Treon-node-anturi on langaton mittauslaite, joka soveltuu parhaiten sisäkäyttöön. (Kuva 6.) Paras hyöty anturista saadaan käyttämällä sitä sisäilman laaduntarkkailuun. Anturi siirtää tietoa langattomasti suoraan tietokoneelle. Anturin lähettämä tieto on heti käytettävissä työmaalla, eikä sitä tarvitse prosessoida erikseen. (Treon 2019.)



Kuva 6. Treon-node anturi (Treon 2019)

Treon-node-anturilla voidaan mitata lämpötilaa, kosteutta, ääntä, ilmanpainetta ja ilmanlaatua. Anturin ominaisuus mitata ilmasta VOC:ia (Volatile Organic Compounds) tuo merkittävää lisäarvoa käyttäjälle. Laitteen kyvystä mitata VOC:ia

saadaan merkittäviä säästöjä, koska konsulttien suorittaessa näytteen kerääminen ja analysoiminen rahaa kuluu moninkertainen summa verrattuna anturin hintaan. Tieto saadaan nopeammin käyttäjälle laitteen kautta kuin konsultilta, jolla kuluu näytteen analysoimiseen ja raportin laatimiseen paljon enemmän aikaa. (Treon 2019.)

Anturin parhaita käyttökohteita rakentamisen piirissä ovat saneerauskohteet. Anturin monipuoliset kyvyt mitata kosteutta ja ilmanlaatua mahdollistavat tehokkaan toteutuksen kohteessa, kun saadaan jatkuvasti tietoa vallitsevista oloista. Anturin havaitessa mahdolliset haitta-aineet paranee työturvallisuus huomattavasti, eikä työntekijöiden tarvitse altistaa itseään haitta-aineille.

Laitteen edullinen hinta itsessään tuo säästöjä työmaalle verrattuna kosteudenhallinta paketteihin. Kosteudenhallintaan tarkoitettut kokonaisuudet vaativat usein asennustyön, joka tuo työmaalle lisäkuluja, kun Treon-node-anturi vain sijoitetaan haluttuun tilaan. Energiankulutusta voidaan optimoida mittausarvojen perusteella niin rakennusvaiheessa kuin kohteen valmistumisen jälkeenkin. Toimissaan akulla anturi ei tarvitse erillisiä kaapeleita. (Treon 2019.)

## **5.2 Betonianturit**

Betonin lujuuden kehityksen ja lämpötilan seurantaan on kehitetty langattomia antureita, jotka asennetaan raudoitukseen ja ne jäävät pysyvästi betonivalun sisään. Anturit lähettävät tietoa lujuudesta ja lämpötilasta halutuun aikavälein langattomasti hyödyntämällä bluetooth tekniikkaa. Anturin lähettämä tieto saadaan suoraan vastaanottajan tietokoneelle tai puhelimeen bluetoothin avulla. (Tech briefs 2019.)

Antureilla voidaan mitata betonimassan lämpötilan ja lujuuden lisäksi raudoituksen ruostumisastetta, massan epätasaisuuksia ja kutistumista. Nykyiset betonin laadunvarmistusmenetelmät sisältävät usein laboratoriossa suoritettavia kokeita. Anturit alentavat työmaan kustannuksia, kun tieto saadaan käyttäjälle nopeammin ilman laboratoriokokeita, jotka itsessään ovat arvokkaita. Langattomien antureiden etu työmaalla käytettäviin porattaviin antureihin on se, että ne eivät tarvitse loggereita tai muita tiedon keräämiseen tarvittavia lisälaitteita. Valvojen ei

tarvitse käyttää aikaa tiedon keräämiseen työmaalta, vaan tieto on koko ajan ulottuvilla tietokoneella ja puhelimessa. (Tech briefs 2019.)

Ajantasainen tieto betonin tilasta mahdollistaa nopean ja turvallisen reagoinnin työmaalla. Energiatehokkuutta saadaan parannettua, sillä betonimassan lämmittäminen voidaan lopettaa nopeasti massan saavutettua tarvittavan lujuuden, joka puolestaan tuo säästöjä työmaalle. Kun valvojat tietävät, milloin betoni on saavuttanut tarvittavan lujuuden, voidaan turvallisesti edetä seuraavaan työvaiheeseen. Teollisuusrakentamisessa tästä saadaan suuri hyöty etenkin tehdas- ja seisokeissa, joissa aikaa on rajallisesti ja työt tulee toteuttaa mahdollisimman nopeasti. Työmaan aikataulun suunnittelu helpottuu, kun pystytään ennakoimaan betonin lujuuden kehitystä ja suunnittelemaan tulevien työvaiheiden alkaminen tarkemmin. Tästä seuraa säästöjä työmaan elinkaaren aikana, kun työpäiviä saadaan vähennettyä tarkalla aikataululla. (Concrete sensors 2019; Tech briefs 2019.)

Antureilla voidaan varmistaa betonirakenteiden laatu. Betonimassan kehityksestä saadaan jatkuvasti tietoa, jolloin reagointi jälkihoidossa on vaivatonta ja virheet saadaan poistettua. Työturvallisuuden kannalta voidaan aina varmistua siitä, että betoni kestää kuormaa, joka on käytännöllistä rakenteissa, kuten alapohjassa ja rungossa.

### **5.3 Rakennekosteusmittarit**

Rakennekosteusmittareista on kehitetty muun mittauskaluston tavoin langattomia versioita. (Kuva 7.) Langattomat mittarit asennetaan rakennusvaiheessa rakenteen sisään. Mittarit skannaavat halutun rakenteen ilman käyttäjää rakenteita rikkomatta. Tiedot saadaan mittarista langattomasti tietokoneeseen tai puhelimeen. Mittareiden käyttö onnistuu tällä hetkellä vain uudisrakennuskohteissa ja se soveltuu hyvin seiniin ja lattioihin. (Wiiste 2019.)





Kuva 7. Betonivaluun asennettava mittari (Wiiste 2019)

Rakennekosteusmittarit tuottavat jatkuvasti tietoa kosteudesta ja lämpötilasta rakenteessa reaaliajassa. Rakenteiden seuraavat työvaiheet voidaan mittareiden avulla optimoida tarkasti kun tiedetään, milloin rakenne on kuivunut tarpeeksi esimerkiksi pinnoittamista varten. Suurimmat säästöt rakennusvaiheessa käytettävistä mittareista tulevat aikataulutuksesta, energiatehokkuuden parantamisesta ja kustannustehokkaasta kuivumisen seurannasta. (Wiiste 2019.)

Rakenteen käytönaikaiseen kosteudenseurantaan on kehitetty siihen soveltuvia mittareita. (Kuva 8.) Asennus on muiden langattomien antureiden tapaan tehtävä rakennusvaiheessa, mutta tuoreeseen betonivaluun sitä ei suositella asennettavaksi. Asennus onnistuu lisäksi poraamalla anturi valmiiseen rakenteeseen. Käytönaikaiseen seurantaan tarkoitettut laitteet eivät sisällä energianlähdettä, vaan antureiden lukulaite siirtää tarvittavan energian lukemisen yhteydessä. Anturi ei siis menetä arvoaan, vaan sitä voidaan käyttää rakenteessa sen elinkaaren loppuun saakka. Mittarista on saatavilla myös langallinen versio, joka voidaan asentaa esimerkiksi levyn taakse, jolloin sitä päästään lukemaan poistamalla väliaikaisesti levy tieltä. (Wiiste 2019.)



Kuva 8. Levyn taakse asennettava mittari (Wiiste 2019)

Parhaat kohteet näiden mittareiden käyttöön ovat märkätilat. Asentamalla anturi vedeneristeen alle, voidaan seurata rakenteen kosteusolosuhteita koko sen elinkaaren ajan ja reagoida nopeasti mahdollisiin kosteusvaurioihin. Märkätiloissa seurataan tarkasti betonin kuivumista, jolloin tiedetään, koska materiaali on pinnoitettavissa ja kosteusmittarilla saadaan ennustettua tarkka ajankohta pinnoitukselle. Laite toimii myös tavallisen höyrynsulkumuovin takana, joten märkätilat eivät ole ainoa kohde, jossa anturit toimivat. Anturia voidaan hyödyntää myös energiatehokkuuden optimoimiseen, johon kiinnitetään tänä päivänä paljon huomiota. Rakenteista saatavan kosteus- ja lämpödatan avulla voidaan lämmitystä säätää sopivammaksi. Tämä tuo rakennukselle säästöä energiankulutuksen vähentymisen kautta. Eniten hyötyä laite tarjoaa reaaliaikaisella tiedolla, jonka saamiseksi ei tarvitse rikkoa rakenteita tai päästä vaikeasti tavoitettaviin paikkoihin. Laite parantaa työmaan ja rakennuksen kustannustehokkuutta elinkaaren aikana, kun rakenteelle ei tarvitse tilata tutkimuksia konsulteilta, jotka maksavat tuhansia euroja. (Wiiste 2019.)

#### **5.4 Drone**

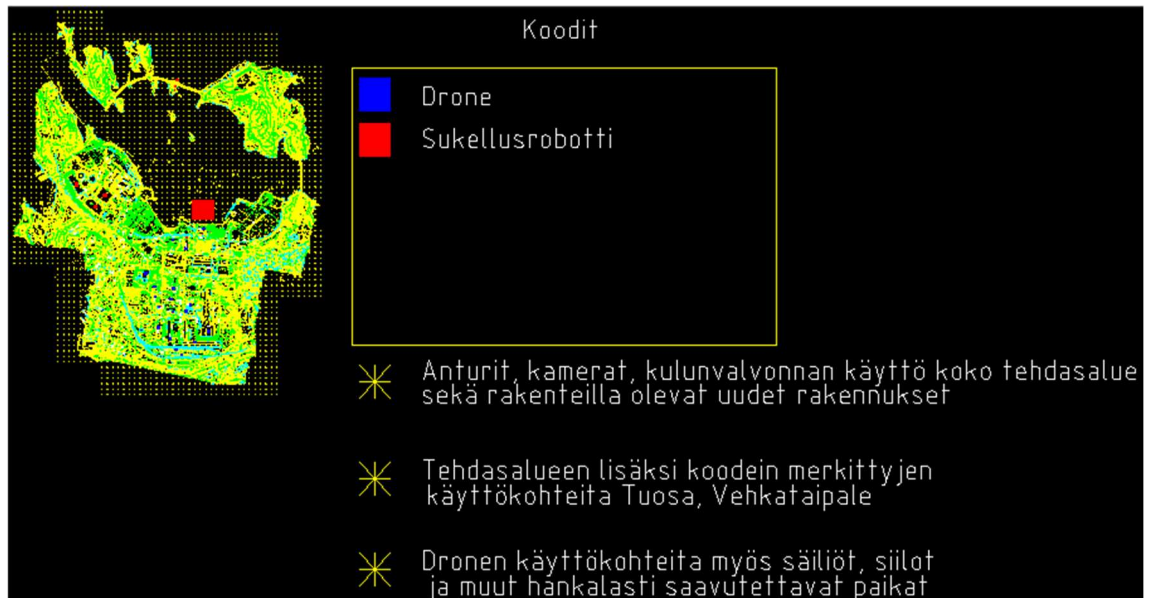
Drone on helikopterin kaltainen lennokki, johon saadaan tavallisen kameran lisäksi nykyisin lämpökameroita ja muita lisälaitteita. Drone hyödyntää GPS-järjestelmää, joka mahdollistaa esimerkiksi kohteen tai henkilön seuraamisen erittäin tarkasti. Dronen avulla päästään turvallisesti vaikeasti päästäviin paikkoihin kuten katoille ja sillä saadaan kuvattua isoja aloja helposti. Kameroiden avulla saadaan

tarkastettua rakenteita vaivattomasti ja turvallisesti sekä työmaan valvontaa saadaan tehostettua. Dronen tyyppi tulisi aina valita tehtävän mukaan, sillä droneilla on erilaisia ominaisuuksia lentoajan, etäisyyden ja akun keston suhteen, jonka lisäksi se tulisi varustaa aina tehtävän vaatimilla lisälaitteilla.

Dronea voidaan hyödyntää työmailla, joilla rakennetaan infraa. Dronella saadaan nopeasti kuvattua laajoja alueita, joita voidaan käyttää määrä- ja massalaskentojen tukena rakennusvaiheessa tai kilpailutusvaiheessa. Perinteiseen mittaustyöhön verrattuna laajat alueet ovat nopeammin ja edullisemmin kuvattavissa, josta saadaan säästöjä työmaalle. Kuvauksen lisäksi drone mahdollistaa infratyömaiden vaivattoman valvonnan, koska se voidaan asettaa valvomaan tiettyjä työkohteita tai alueita. Tehokkaammalla valvonnalla saadaan parannettua työturvallisuutta ja voidaan varmistua oikeiden työtapojen käytöstä. Drone toimii valvonnan tukena hyvin, koska sen avulla saadaan tarkat tiedot urakoitsijoiden työmaalla käytetystä ajasta ja työmaan etenemisestä. Aikataulun suunnittelu tehostuu työmaalla ja hukkapäiviä saadaan vähennettyä, jonka lisäksi urakoitsijoiden laskujen tarkastaminen on nopeaa, kun tiedetään työmaalla käytetty aika.

Teollisuudessa dronesta saadaan eniten hyötyä sellaisten rakenteiden ja alueiden tarkastamisessa, joihin on hankalaa, hidasta tai vaarallista mennä kuten putkisillat, savupiiput, katot sekä suljetut tilat. Dronen käyttö suljetuissa tiloissa kuten säiliöissä parantaa merkittävästi työturvallisuutta ja tuo säästöjä verrattuna perinteiseen tarkastamiseen, joissa säiliö täytyy ensin pestä ja tämän jälkeen on rakennettava telineet tarkastamista varten. Tällöin säästetään merkittävästi aikaa ja rahaa kenenkään turvallisuutta vaarantamatta, joka on tärkeää esimerkiksi tehdasseisokeissa, kun aikaa on rajoitetusti ja aikataulut tiukkoja. Drone voidaan varustaa lisäksi lämpökameralla ennen suljettuun tilaan menoa, jolloin se havaitsee muun muassa putkitukoksia ja mahdollisia vuotoja, joka helpottaa laitteiden turvallistamista ja ehkäisee tapaturmia. Suljettujen tilojen, joihin on pakollista mennä töihin, seinämät ja katot voidaan tarkastaa ennen aloitusta, jolloin tiedetään työn laajuus sekä varmistutaan onnistuneesta pesemisestä. Mahdollisten kemikaalien ja haitta-aineiden takia drone on teollisuuden työmailla erittäin hyödyllinen, kun ketään ei tarvitse altistaa vaaroille, vaan rakenteita voidaan tarkastaa vaarallisen alueen ulkopuolelta. Digitalisaation parhaat käyttökohteet on esitetty kartassa,

jossa laitteille on omat koodit. Koodien perusteella voidaan katsoa kartasta missä laitteet ovat parhaiten hyödynnettävissä. Kartta on muokattavissa, jotta tulevaisuudessa sinne voidaan lisätä uusia laitteita. (Kuva 9.)



Kuva 9. Kartta digitalisaation käytöstä tehdasalueella (Lauri Kykkänen)

Talonrakennustyömaalla dronen hyödyt ovat niin ikään rakenteiden tarkastamisessa työn aikana ja sen jälkeen sekä työmaan yleisessä valvonnassa. Työmaan käyttö- ja turvallisuussuunnitelmat on helppo laatia dronen ottamien kuvien perusteella ja hyödyntää käytössä oleva alue mahdollisimman hyvin. Työmaan yläpuolelta saatavien kuvien ja mittojen perusteella voidaan tarkastaa rungon oikeat asennustavat ja positiot asennusvaiheessa, joka pienentää korjaustöiden määrää. Valvojat voivat dronen avulla seurata rakennuksen asennuksia ja puuttua mahdollisiin virheisiin nopeammin. Korkeissa rakennuksissa voidaan vaivattomasti tarkastaa julkisivu, katot sekä ikkunat, joihin kuluiisi paljon aikaa perinteisin menetelmin kuten nostimen tai telineiden avulla. Tällaisia tarkastuksia voivat olla takuuajan lopputarkastukset tai luovutustarkastukset. Mahdolliset virheet voidaan todeta ja dokumentoida tarkastukset yhteydessä vaivattomasti. Lämpökameran ollessa käytössä voidaan rakennuksen julkisivusta havaita lämpövuotoja maan päällä olevista rakenneosista ja paikantaa vuodot tarkasti. (Kuva 10.)

Dronen tekniikka on niin kehittynyttä, että sitä voidaan käyttää tehokkaasti rakennustyömaan piirissä. Dronea voidaan käyttää aliurakoitsijan kautta tai hankkimalla oma drone, mutta sen käyttämiseen täytyy kouluttaa henkilö. Drone itsessään on edullinen hankkia ja se tuo ajan kuluessa säästöjä tehtävissä, joissa rakenteiden tarkastaminen riittää. Merkittävin hyöty on kuitenkin dronen ollessa miehittämätön ei henkilövahinkoja pääse syntymään ja työturvallisuus paranee. Dronea onkin jo käytetty tehdasalueella tarkastuksissa, mutta ei rakennustyömaan piirissä. (Kuva 11.)

## Drone



### Hyödyt

- Erittäin edullinen vaihtoehto rakenteiden tarkastamiseen
- Turvallinen käyttää, ei mahdollisia henkilövahinkoja
- Ei tarvitse aputöitä kuten telineitä
- Nopea vaihtoehto hankaliin paikkoihin pääsemiseksi
- Työmaan toimintojen parantaminen

### Potentiaali

- Nopeuttaisi rakenteiden tarkastamista
- Kustannustehokkuutta tarkastuksiin kun aputyöt vähenevät
- Laajojen alueiden kuvat → aluesuunnitelmat, massalaskennat
- Vähentää tapaturmia tarkastustöissä
- Dronen lisälaitteet kehittyvät jatkuvasti

Kuva 10. Yhteenveto dronen käyttämisestä (Lauri Kykkänen)

## Drone



### Käyttöönottettavuus

- Käyttöönottamiseksi hankittava drone ja koulutettava henkilö ohjaamaan sitä luotettavasti
- Teknologia on jo kehittynyttä ja sen voi ottaa käyttöön
- Drone on turvallinen käyttää ja sen kustannukset ovat vähäiset
- Yleinen arvio käyttöönottettavuudesta asteikolla 1-3 on 3

Kuva 11. Arvio dronen käytettävyydestä (Lauri Kykkänen)

## 5.5 Putkistorobotti ja viemärikamera

Putkistorobotin ja kameran käyttö rakenteiden tarkastamisessa on lisääntynyt viime vuosina huomattavasti. Putkistojen kuvaamisen suurin etu on se, ettei putkistoja tarvitse erikseen kaivaa maan alta näkyviin ja robotilla voidaan kerralla tarkastaa satoja metrejä linjaa rikkomatta rakenteita lainkaan. Robotin välittämästä kuvasta voidaan suunnitella putkiston korjaukseen tehokkain ja edullisin tapa ennakkoon, koska kuvasta nähdään, miten putkisto on vaurioitunut ja onko sukitus mahdollista vai joudutaanko putkisto kaivamaan näkyviin ja vaihtamaan se uuteen. Putkiston koko ei yleensä ole ongelma sen kuvaamiselle, sillä kameroiden ja robottien koot vaihtelevat aina 30 millimetristä 6000 millimetriin saakka. Putkistojen lisäksi robotilla voidaan kuvata hormeja, piippuja sekä koneistoja. Kuvan lisäksi roboteissa on mukana myös mikrofoni, jonka avulla saadaan kuvan lisäksi ääntä putkistoista. (Trafino 2019.)

Putkistoroboteissa on paikannusominaisuus, jonka avulla saadaan aina tieto siitä, missä robotti liikkuu ja voidaan erittäin tarkasti paikantaa putkiston vaurioituneet kohdat, joka nopeuttaa mahdollisia kaivuutöitä. Pienikokoisiin putkistoihin, joissa robotin käyttö ei ole mahdollista voidaan käyttää pientä putkistokameraa, johon on kehitetty erillinen hakulaite. Hakulaitteen avulla kameran pää voidaan paikantaa tarkasti putkistossa. (Trafino 2019.)

Putkistorobotilla saavutetaan ensisijaisesti kustannustehokkuutta, kun rakenteita ei tarvitse kaivaa näkyviin ilman tarkkaa tietoa mahdollisesta kohdasta, joka on vaurioitunut. Robotin käytöllä voidaan ennakoida putkiston kulumaa ja suunnitella tulevia korjauksia hyvissä ajoin ennen putkiston rikkoutumista.

## 5.6 Sukellusrobotti

Sukellusrobotit ovat kauko-ohjattuja veden alla toimivia kuvaus- ja mittauslaitteita, jotka ovat viime vuosina tulleet mukaan rakennustyömaille. (Kuva 12.) Sukellusrobotit on varustettu kameralla ja kaikuluotaimella, joilla voidaan tarkastaa ja kuvata vedenalaisia rakenteita tarkasti. Sukellusrobotin toimintaa rajoittavia tekijöitä ovat kaapelit, jotka voivat takertua esteisiin ja estää robotin esteettömän kulkemisen sekä toimintasyvyys ja kauko-ohjaimen kantama. Veden lämpötila on harvoin rajoittava tekijä, sillä sukellusrobotit toimivat usein mallista riippumatta

-10 celsiusasteen ja +50 celsiusasteen välillä. Sukellusrobotin toimintaan vaikuttaa kuitenkin veden kirkkaus, koska sameassa vedessä robotin ohjaaminen on hankalaa ja rakenteiden tarkastaminen ei ole luotettavaa, jos riittävän tarkkaa kuvamateriaalia ei pystytä kuvaamaan. Sukellusrobotin käyttö parantaa työturvallisuutta ja tehostaa valvojen työtä, kun kuvaamalla saadaan rakenteet tarkastettua luotettavasti ilman, että kenenkään tarvitsee fyysisesti sukeltaa tarkastamaan rakenteet. Kaikuluotaimella saadaan myös luotua 3D-malleja yleisimmille rakentamisen apuna käytettäville ohjelmistoille kuten AutoCADille ja CADSille. (Loxus 2019; Marinea 2019.)



Kuva 12. Sukellusrobotti ROV (Remote Operated Vehicle) (Loxus 2019)

Sukellusrobottien parhaita käyttökohteita ovat siltarakenteet, satamat ja vesistöjen pohjassa olevan infran tarkastaminen. Siltarakenteita rakennettaessa valvoja pystyy seuraamaan robotin avulla töiden etenemistä ja valvomaan työn laatua,

jonka lisäksi robotilla voidaan tarkastaa valmiita rakenteita ilman sukeltajaa. Satamia ja infran tarkastuksia robotilla voidaan tehdä turvallisesti etenkin vilkkaasti liikennöidyillä alueilla. Mahdolliset putkivuodot tai kaapeleiden rikkoontumiset voidaan myös tarkastaa robotin avulla, jonka lisäksi kaikuluotaamalla saadaan luotettavasti kartoitettua veden alta esineitä ja pinnan muotoja. Kaikuluotaamalla nähdään esimerkiksi veden pohjasta uppotukit, jotka voivat rikkoa rakenteita tai olla vaaraksi sukellustyötä suorittavalle henkilölle ja näihin osataan varautua ja riskit minimoida ennen työn aloittamista. Sameassa vedessä kaikuluotaamalla saadaan myös dataa rakenteista, kun silmämääräisesti sameassa vedessä otetusta kuvasta ei pysty päättelemään mitään, jos näkyvyys on heikko. Sameita vesiä esiintyy jätevedenpuhdistamoilla, joiden rakenteita tarkastaessa kaikuluotaaminen on usein ainoa vaihtoehto luotettavaan tarkastamiseen ilman altaiden tyhjentämistä.

Sukellusrobotin käyttö verrattuna sukellustyöryhmään rakenteiden tarkastustöissä on paljon halvempaa. Sukellusrobotin hinta on lähes sama kuin sukellusryhmän työsuoritus, jolloin pidemmällä aikavälillä robotti tuo tarkastustöissä paljon säästöjä tilaajalle. Miehittämättömän robotin käyttö on lisäksi huomattavasti turvallisempaa kuin sukeltajan käyttäminen, koska henkilövahinkoja ei voi tapahtua. (Kuva 13.)

Sukellusrobotia on dronen tavoin käytetty tehdasalueella rakenteiden tarkastamiseen. Robotin tekniikka on riittävän kehittyntä siihen, että sitä voidaan hyödyntää rakennustyömaalla. Robotti on kuitenkin nykyisin vielä kallis ja sen käyttämiseen täytyisi kouluttaa henkilö. Tällä hetkellä vedenalaisiin tarkastuksiin kannattaa käyttää aliurakoitsijaa, mutta tulevaisuudessa oman laitteen hankinta voi olla kannattavaa. Sukellusrobotin käyttö on kuitenkin pakollista tehdasalueen rakenteiden tarkastamiseen, koska pitkiin tunneleihin ja kemikaalipitoiseen sameaan veteen ei voida päästää sukeltajaa. (Kuva 14.)



## Sukellusrobotti

### Hyödyt

- Sukellustyönä tehtävien rakenteiden tarkastus helpottuu ja tulee turvallisemmaksi
- Voidaan käyttää paikoissa joihin sukeltajaa ei voida päästää
- Robotin hinta on sama kuin sukellustyöryhmän yhden työpäivän hinta
- Voidaan käyttää myös satamatoimintaan

### Potentiaali

- Tehdasalueen sataman, puhdistamon ja vedenalaisten rakenteiden tarkastus olisi mahdollista useammin halvempaan hintaan
- Lisälaitteet kehittyvät jatkuvasti
- Parantaa turvallisuutta ja mahdollistaa puhdistamon rakenteiden tarkastamisen altaan ollessa täynnä

Kuva 13. Yhteenveto sukellusrobotin käyttämisestä (Lauri Kykkänen)

## Sukellusrobotti

### Käyttöönottettavuus

- Käyttöönotto vaatii laitteen hankinnan ja koulutuksen sitä ohjaavalle henkilölle
- Robotti on turvallinen käyttää ja se tuo ajan myötä säästöjä käyttäjälle
- Robotin teknologia on riittävän kehittynyttä ja sitä voidaan ja on hyödynnetty jo tehdasympäristössä
- Yleinen arvio käyttöönottettavuudesta asteikolla 1-3 on 2

Kuva 14. Arvio sukellusrobotin käytettävyydestä (Lauri Kykkänen)

## 6 Päätelmät

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia UPM-Kaukaan käyttämiä digitaalisia ohjelmia ja kartoittaa uusia apuvälineitä työturvallisuuden ja kustannustehokkuuden kasvattamiseen. UPM:n oma tehdasalueen kattava valvontajärjestelmä oli tehokas, mutta sen potentiaalia ei olla vielä täysin hyödynnetty rakennustyömaalla. Opinnäytetyö tarjosi parannusehdotuksia siihen, kuinka valvontajärjestelmää pystytään tulevaisuudessa hyödyntämään tehokkaammin työturvallisuuden parantamiseen. Valvontajärjestelmien tehokkaammalla käytöllä valvojen on helpompaa valvoa työmaita, joka vapauttaa aikaa muihin tehtäviin. Merkittävin puute UPM:n omassa valvontajärjestelmässä on Valttikorttia hyödyntävän ohjelman puuttuminen, jonka vuoksi valvojen täytyy selvittää urakoitsijan tilaajavastuisiin liittyvät asiat erikseen.

Opinnäytetyössä esitettyä uutta teknologiaa on käytetty UPM:n työmailla aiemmin ja niistä valvoilla on positiivisia kokemuksia. Teknologian hyödyntäminen on aiemmin tapahtunut urakoitsijan kautta, mutta jatkossa mittauslaitteiden ja kuvauskaluston hankinta voi olla kannattavampaa laitteiden edullisen hankintahinnan vuoksi. Viime vuosina varsinkin kuvauskaluston hinnat ovat pudonneet ja urakoitsijan käyttäminen jatkossa ei välttämättä ole taloudellisesti paras vaihtoehto. Taloudellisen hyödyn ohella työturvallisuus kasvaa merkittävästi, kun käytetään kauko-ohjattavaa kuvauskalustoa sen sijaan, että henkilö käy vaarallisissa paikoissa tarkastamassa rakenteita. Tehdasalueella on runsaasti rakenteita ja paikkoja joihin henkilöllä ei ole mahdollisuutta päästä, mutta kauko-ohjattavilla laitteilla rakenteita voidaan tarkastaa turvallisesti ja edullisesti.

Tulevaisuudessa rakenteiden ja olosuhteiden tarkkailuun tarkoitetut mittarit tulevat yleistymään, kun teknologia on käyttöönotettavissa. Mittarit antavat sellaista dataa rakenteista, joita ei välttämättä pystytä konsultin tutkimuksilla selvittämään. Lisäksi ne ovat edullisempi vaihtoehto rakenteiden valvontaan. Tällä hetkellä merkittävin hyöty mittareista rakennustyömaalla saadaan rakentamisen aikana suoritettavasta rakenteiden valvomisesta. Mittareiden avulla valvojan on mahdollista reagoida nopeammin ja aikatauluttaa töitä tehokkaasti, kun tiedetään rakenteiden tilanne. Tehokas aikataulutus vähentää turhia työtunteja ja antaa merkittävää etua tehdasseisokeissa, joissa aikaa on rajallinen määrä työtä kohden.

Tehdasalueen rakennuskannan ollessa monelta vuosikymmeneltä aina 1800-luvun lopulta vuoteen 2019 asti olosuhdemittareille on monta käyttökohdetta. Vanhemmissa rakennuksissa rakenteet eivät vastaa nykystandardeja ja niissä esiintyy haitta-aineita. Olosuhdemittareiden avulla voidaan tarkkailla kosteusvaurioita ja tutkia ilmanlaatua näissä rakennuksissa pidemmälläkin aikavälillä. Tällä hetkellä ilmanlaatua koskevat tutkimukset tehdään konsultin toimesta.

Tulevaisuudessa ottamalla käyttöön uutta teknologiaa valvojalla on käytössään paremmat työkalut rakennustyömaan hallintaan ja seurantaan. Työturvallisuutta sekä kustannustehokkuutta saadaan parannettua merkittävästi yhdistämällä käytössä olevat järjestelmät uusien innovaatioiden kanssa. Opinnäytetyössä esiteltiin myös tekniikkaa, joka ei vielä tänä päivänä ole tehokkaasti otettavissa käyttöön, mutta tekniikan kehittyessä näitä voidaan alkaa hyödyntää työmaalla paremmin.

Tehdasalueella jo käytössä olevien työkalujen lisäksi useita työkaluja on kokeiltu rakennustöissä, mutta niitä ei ole vielä otettu osaksi kokonaisuutta. Syynä tähän on se, että niiden käyttö on vähäistä tai on helpompaa tilata esimerkiksi mittauspalvelu, kuin ostaa omat laitteet yhtä kertaa varten. Erityisesti seisokeissa on lähes poikkeuksetta käytetty betonin kehittymisen seurantaan tarkoitettuja mittareita sekä sukellusrobotilla on kuvattu vedenalaisia rakenteita. Tulevaisuudessa sisäilman mittaamiseen tarkoitettujen laitteiden hankinta voi tulla kannattavaksi rakennuskannan ollessa vanhaa. Käytössä olevien työkalujen osalta on vain tehostettava niiden käyttöä rakennustyömaan valvonnassa. (Kuva 15.)

## Digitaaliset työkalut

### Käytössäolevat

- Kulunvalvonta
- Kameravalvonta
- Työajanseuranta
- Viemärikamera/robotti

### Uudet, ei vielä käytössä olevat

- Olosuhdemittarit
- Sisäilmamittarit
- Betonimittarit
- Rakennekosteusmittarit
- Drone
- Sukellusrobotti

Kuva 15. Yhteenveto työmaan digitalisaatiosta (Lauri Kykkänen)

## Lähteet

BuildingSMART Finland 2012. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_13\\_rakentaminen.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_13_rakentaminen.pdf)\_ Luettu 29.9.2019

Concrete sensors 2019. Novoconcrete. <https://concretesensors.com/concrete-strength-and-temperature-monitoring-platform/wireless-concrete-sensor/> Luettu 11.7.2019

Concrete sensors 2019. Novosyte. <http://concretesensor.wpengine.com/concrete-strength-and-temperature-monitoring-platform/concrete-cloud-software-and-analytics/> Luettu 11.7.2019

Loxus Technologies 2019. Products. <https://www.loxus.com/products> Luettu 4.8.2019

Marinea 2019. Powerray vision wizard. <https://www.marinea.fi/powerray-vision-wizard> Luettu 4.8.2019

NCBI 2018. A real-time construction safety monitoring system for hazardous gas integrating wireless sensor network and building information modeling technologies. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5856143/> Luettu 23.7.2019

Planradar 2019. Construction remote monitoring. <https://www.planradar.com/construction-remote-monitori> Luettu 23.7.2019

Sensohive 2018. Wireless temperature sensor with type K thermocouple connector. <https://sensohive.com/sensors/orbitk/> Luettu 11.7.2019

Tech briefs 2019. Make your construction jobsite safer and faster with smart sensors. <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/supplements/st/applications/33886> Luettu 11.7.2019

Tilaajavastuu 2019a. <https://kampanja.tilaajavastuu.fi/kuuluuko-sopimus-tilaajavastuulain-piiriin> Luettu 30.8.2019

Tilaajavastuu 2019b. <https://www.tilaajavastuu.fi/fi/palvelumme/> Luettu 30.8.2019

Tilaajavastuu 2019c. <https://kampanja.tilaajavastuu.fi/vahenna-yrityksesi-hallinnollista-kuormaa?hsCtaTracking=d008f5ca-ea74-456b-b64e-5bf989d81e6d%7C8d5751d0-70a8-4843-987f-a4f8f373ead1> Luettu 30.8.2019

Trafino Oy 2019. Putkisto- ja viemärikamera. <https://www.trafino.fi/tuote/putki-ja-viemarikamera/> Luettu 4.8.2019

Treon 2019. Treon-node introduction.  
[https://www.treon.fi/wp-content/uploads/2019/04/Treon-Node\\_Introduction\\_v1.0.pdf](https://www.treon.fi/wp-content/uploads/2019/04/Treon-Node_Introduction_v1.0.pdf) Luettu 11.7.2019

UPM-Kaukas Oy. Projektikehitin.

UPM-Kaukas Oy. SAP-järjestelmä.

UPM-Kaukas Oy. Urakoitsijaportaali.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.

Verohallinto 2016. Rakentamiseen liittyvä tiedonantovelvollisuus.  
[https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/48413/rakentamiseen\\_liittyva\\_tiedonantovelvol3/](https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/48413/rakentamiseen_liittyva_tiedonantovelvol3/) Luettu 29.9.2019

Wiiste 2019. Tuotteet.

<https://www.wiiste.com/rakennekosteusmittarit> Luettu 11.7.2019