
This is an electronic reprint of the original article.
This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Seppänen, Olli; Görsch, Christopher; Zhao, Jianyu; Kerttula, Juho; Viitala, Lauri
Hukka LVI- ja sähkötöissä

Julkaistu: 26/11/2021

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Published under the following license:

Määrittelemätön

Please cite the original version:

Seppänen, O., Görsch, C., Zhao, J., Kerttula, J., & Viitala, L. (2021). *Hukka LVI- ja sähkötöissä: Tutkimushankkeen loppuraportti*. Aalto University.

This material is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all or part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorised user.

Hukka LVI- ja sähkötöissä

Tutkimushankkeen loppuraportti



Kuva: Mikko Käkelä.

Kirjoittajat¹:

Olli Seppänen, Christopher Görsch, Jianyu Zhao, Juho Kerttula, Lauri Viitala

Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	4
1 Johdanto.....	5
1.1 Tutkimuksen tausta.....	5
1.2 Tutkimuksen tavoitteet	6
2 Menetelmät	7
2.1 Kyselytutkimus	8
2.2 Kyselytutkimukseen liittyvät haastattelut.....	8
2.3 Kypäräkameroiden videoiden analysointi	9
2.4 Työmaalla suoritettu kysely	14
2.5 Sisäpaikannus.....	15
2.6 Asentajien haastattelut.....	15
3 Tulokset	16
3.1 Viestintään ja tilannekuvaan liittyvä kysely.....	16
3.1.1 Tiedon tarve ja tiedon saanti.....	16
3.1.2 Viestinnän toimivuus.....	19
3.1.3 Työmaiden aikataulut.....	21
3.1.4 Digitaalisten työkalujen hyödyt ja käyttö	21
3.1.5 Viestintävälineet	22
3.2 Hukan määrä LVI- ja sähkötoissa	23
3.2.1 Ajankäytön luokittelu	24
3.2.2 Hukatun ajan luokittelu	28
3.2.3 Puuttuvat aloitusedellytykset	32
3.2.4 Sisäpaikannuksen tulokset	34
3.2.5 Asentajan työn katkonaisuus	37
3.3 Hukan juurisyyt	37
3.3.1 Työmaan viestintä.....	37
3.3.2 Aikataulun hallinta	38
3.3.3 Logistiikka ja materiaalien hallinta	39
3.3.4 Suunnittelun laatu	40
3.3.5 Työmaalla tehty valmistelutyö	41
3.3.6 Tehtävien väliset erot.....	41

3.4	Kehitysehdotukset hukan poistamiseksi	42
3.4.1	Asentajälähtöinen talotekniikan suunnittelu	42
3.4.2	Logistiikan kehitys	43
3.4.3	Esivalmistuksen ja esivalmistelun lisääminen	45
3.4.4	Aikatauluihin ja tuotannonohjaukseen liittyvä kehitys	46
3.4.5	Viestinnän kehittäminen	47
4	Johtopäätökset	48
5	Lähteet	54

Tiivistelmä

Asennustyön lisäksi LVI- ja sähköasentajat käyttävät aikaa erilaisiin tukeviin toimintoihin, kuten materiaalien haalaukseen tai työstämiseen työmaalla. Tukevat toiminnot ovat nykyprosessissa välttämättömiä mutta niidenkin osuutta voidaan vähentää esimerkiksi työnjakoa muuttamalla tai esivalmistusastetta kasvattamalla. Erityisen kiinnostuksen kohteena tuottavuuden parantamisessa on kuitenkin aika, joka menee prosessin kannalta tarpeettomiin asioihin, esimerkiksi uudelleen tekemiseen tai odotteluun. Aiemmassa tutkimuksessa on tutkittu hukkaa hyödyntäen kypäräkameroita ja sisäpaikannusta mutta tutkimukset eivät keskittyneet yksittäisiin työlajeihin.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli keskittyä LVI- ja sähkötyihin ja selvittää hukatun ajan määrää sekä sen juurisyitä ja tehdä tuloksiin pohjautuvia suosituksia tuottavuuden parantamiseksi. Tavoitteena oli päästä aiempia tutkimuksia syvemmälle hukan juurisyihin yhdistelemällä sekä määrällistä että laadullista tietoa ja luokittelemalla asentajien ajankäytön lisäksi hukatun ajan tyyppejä ja asentajilta puuttuvia aloitusedellytyksiä. Työmaatutkimusta tehtiin neljällä työmaalla. Tietoa kerättiin kypäräkameroilla ja sisäpaikannuksella sekä haastatteleamalla työmaatutkimukseen osallistuneita asentajia. Viestinnän toimivuutta selvitettiin laajalla kyselytutkimuksella ja sen pohjalta tehdyillä haastatteluilla.

Sähkötyöissä asennusajan osuus oli 24% ja putkitöissä 15%. Asennusajan matala osuus selittyi erityisesti materiaalilogistiikan haasteilla putkitöissä ja edeltävien tehtävien valmiudella sähkötyöissä. Mukaan valikoitui erilaisia työmaita, joilla oli omat erityispiirteensä. Työ oli tuottavinta kaikkein laajimmalla kauppakeskustyömaalla (asennustyön osuus 25%), jossa pääura-koitsija oli kehittänyt tuotannonohjausta ottamalla käyttöön tahtituotantomenetelmän. Työmaalla, joissa asennukset olivat viivästyneet koronapandemiasta johtuen asennustyön osuus oli vain 14%. Viestinnän suhteen päätulos oli, että asentajat tarvitsevat huomattavasti enemmän tietoa kuin saavat nykyprosessissa ja heillä on halua osallistua enemmän esimerkiksi työnsuunnitteluun. Kaikkien asentajien tuottavuus kärsi merkittävästi suunnittelun haasteista.

Tärkeimmät keinot tuottavuuden parantamiseksi ovat suunnittelun laadun parannus, työnsuunnittelun kehitys, materiaalilogistiikan kehitys sekä esivalmistusasteen nosto. Suunnittelmien yhteensovitus tehdään nykyään työmaalla asentajien toimesta. Prosessi pitäisi siirtää suunnitteluvaiheeseen, koska se selittää ison osan hukatusta ajasta. Suunnittelun laadun parannus on myös edellytys laajemmalle esivalmistukselle, joka voi tapahtua tehtaalla tai työmaalla sille varatussa tilassa. Työnsuunnitteluun pitäisi osallistaa enemmän työryhmien edustajia ja tarvitaan jatkuvasti päivittyvä aikataulu, josta kaikki näkevät, mitä pitäisi tehdä seuraavaksi. Materiaalilogistiikka on tärkeässä roolissa erityisesti putkitöissä. Kehitystä tarvitaan varastojen hallintaan ja materiaalilauksiin. Kaikki materiaalit olisi hyvä olla pyörillä, jotta ne olisivat helposti siirrettävissä ja logistiikkapalveluita tulisi hyödyntää nykyistä enemmän.

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakennushankkeet ovat monimutkaisia kokonaisuuksia, joissa on haastavaa saada asentajalle kaikki tarvittavat edellytykset tehokkaan ja keskeytymättömän asennustyön tekemiseen. Siksi asennustyön osuus kokonaistyöajasta on osoittautunut huomattavasti pienemmäksi kuin muilla teollisuudenaloilla. Tämä näkyy myös tuottavuuskehityksessä, jossa rakennusala on jo pitkään jäänyt jälkeen muita valmistavia toimialoja. Koska asennustyön osuus on pieni, tuottavuuden kehityksessä pitäisi ensisijaisesti lähteä liikkeelle toimista, joilla osuutta voidaan kasvattaa.

Asennustyön lisäksi LVI- ja sähköasentajat käyttävät aikaa erilaisiin tukeviin toimintoihin, kuten materiaalien haalaukseen tai työstämiseen työmaalla. Tukevat toiminnot ovat nykyprosessissa välttämättömiä mutta niidenkin osuutta voidaan vähentää esimerkiksi työnjakoa muuttamalla tai esivalmistusastetta kasvattamalla. Erityisen kiinnostuksen kohteena tuottavuuden parantamisessa on kuitenkin aika, joka menee prosessin kannalta tarpeettomiin asioihin, esimerkiksi uudelleen tekemiseen tai odotteluun. Tätä aikaa kutsutaan hukatuksi ajaksi, jonka Toyota jakoi aikanaan seitsemään eri ryhmään: ylituotanto, yliprosessointi, varastot, kuljetus, virheet, odottelu ja liike (Shingo 1988). Näihin kategorioihin on myöhemmin lisätty mm. työntekijöiden taitojen alihyödyntäminen (Ansah ym. 2016) ja työn tekeminen ilman tarvittavia aloitusedellytyksiä (Koskela 2004). Hukattua aikaa syntyy aiemman tutkimuksen mukaan erityisesti aloitusedellytysten puuttuessa. Rakennustyön aloitusedellytyksiä on luokiteltu aiemmassa tutkimuksessa työtä varten seitsemään luokkaan. Tehokas työ edellyttää tarvittavat suunnitelmat, materiaalit, työvoiman, työkalut/kaluston, ulkoiset olosuhteet, edeltävien tehtävien valmistumisen ja riittävästi tilaa (Koskela 1999). Minkä tahansa näistä puuttuminen johtaa aikahukkaan tai uudelleen tekemiseen.

Kansainvälisesti on julkaistu useita tutkimuksia asentajien ajan jakautumisesta mutta yleensä on tutkittu kirvesmiehiä tai jotain tiettyä työvaihetta kuten muurausta. Aiemmassa tutkimuksessa on todettu, että eri työlajeilla on eri haasteet, joten on tärkeää tutkia erikseen eri työlajeja. Esimerkiksi hukkaa Norjassa tutkinut Kalsaas (2010) totesi, että eri maissa eri työlajeilla tehdyt tutkimukset ovat raportoineet hyvin erilaisia hukatun ajan osuuksia. Toisaalta käytetyt menetelmät ovat mahdollistaneet ajan jakautumisen tutkimuksen mutta hukan lajeihin tai puuttuviin aloitusedellytyksiin ei ole päästy kiinni. Suomessa Building 2030 -konsortio on tehnyt tutkimusta hukkaan liittyen hyödyntäen mm. kypäräkameroita ja sisäpaikannusta (loppuraportti saatavilla: Seppänen ym. 2020). Raportissa on kuvattu Hans Pasilan (2019) diplomityön päätulokset, joiden mukaan väliseinäasennuksen asennustyön osuus oli 22% mutta sitä onnistuttiin tutkimuksen aikana kasvattamaan 25 %:iin kehittämällä logistiikkaa, viestintää ja suunnitelmia. Sisäpaikannuksella on suomalaisissa kohteissa todettu, että asentajat pysyvät samassa sijainnissa keskeytyksettä vain keskimäärin 30% ajastaan. Nämä aiemmat tutkimukset eivät

kuitenkaan pureutuneet hukan juurisyihin laadullisesti eivätkä käsitelleet erityisesti taloteknisiä tehtäviä.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli keskittyä LVI- ja sähkötöihin ja selvittää sekä hukatun ajan määrää sekä sen juurisyitä ja tehdä niihin pohjautuvia suosituksia tuottavuuden parantamiseksi. Lähtökohtana tuotannon hukan mittaamiseen olivat Aallon aiemmissa tutkimuksissa käyttämät menetelmät: sisäpaikannus, kypäräkamera-analyysi, haastattelututkimus sekä kyselytutkimus. Tavoitteena oli päästä aiempia tutkimuksia syvemmälle hukan juurisyihin yhdistelemällä sekä määrällistä että laadullista tietoa ja analysoimalla kypäräkameran tietoa ajankäytön luokittelun lisäksi myös hukkatyyppien ja aloitusedellytysten näkökulmasta. Tavoitteeseen pyrittiin vastaamalla kolmeen tutkimuskysymykseen:

1. Paljonko LVI- ja sähkötöissä on hukkaa?

Ensimmäinen tutkimuskysymys tähtää määrälliseen arvioon hukasta eri hanketyypeissä ja eri työlajeilla. Määrällisen arvion pohjalta voidaan arvioida hukan poistoon liittyvää tuottavuuspotentiaalia ja myös arvioida kehitysehdotusten vaikutusta hukan määrään. Jos tutkimus myöhemmin toistetaan, voidaan arvioida kehitystä. Lisäksi määrällinen arvio mahdollistaa vertailun muihin työlajeihin. Lähtöoletuksena oli, että LVI- ja sähkötöissä on enemmän hukkaa kuin rakennusteknisissä töissä, koska kokonaisuudet ovat monimutkaisempia ja pääurakoitsijoiden osaaminen taloteknisten töiden osalta on usein heikompaa kuin rakennusteknisiin tehtäviin liittyen, mikä johtaa koordinoitimihaasteisiin.

2. Mitkä ovat hukan juurisyöt?

Toinen tutkimuskysymys pyrkii löytämään selityksiä sille, miksi asennukseen liittyy hukattua aikaa. Juurisyöt ovat tärkeitä, kun pohditaan, miten rakennusprosessia pitäisi muuttaa.

3. Miten toimintaa pitäisi kehittää LVI- ja sähköurakoitsijan taholla ja systemaattisesti hukan vähentämiseksi?

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä pyritään esittämään muutoksia. Muutosten ensimmäinen ryhmä ovat ne muutokset, joita LVI- ja sähköurakoitsijat voivat toteuttaa itse ilman muutoksia sopimuskumppaneiden prosesseissa. Toinen ryhmä ovat systeemiset muutokset eli joihin tarvitaan myös muita toimijoita kuin LVI- ja sähköurakoitsija. Aiemmassa tutkimuksessa on todettu, että monet hukkaa aiheuttavista syistä ovat systeemisiä, joten tässäkin tutkimuksessa lähtöoletus on, että merkityksellisimmät suositukset liittyvät koko rakentamisprosessiin. Vastaamalla tutkimuskysymykseen pyritäänkin tuottamaan tietoa systeemisen muutoksen aikaansaamiseksi.

2 Menetelmät

Tutkimuksessa hyödynnettiin sekä määrällisiä että laadullisia tutkimusmenetelmiä. Hukan määrälliseen arviointiin tähdättiin työmaatutkimuksella, jossa hyödynnettiin vapaaehtoisten asentajien käyttämiä kypäräkameroita. Videoiden pohjalta asentajien ajankäyttö ja puuttuvat aloitusedellytykset analysoitiin sekuntitarkkuudella. Lisäksi tutkittiin asentajien liikkeitä pidemmällä aikavälillä hyödyntäen sisäpaikannusta kahdessa kohteessa. Näiden määrällisten menetelmien lisäksi juurisyihin pyrittiin pääsemään käsiksi analysoimalla videoita laadullisesti ja varmistamalla johtopäätökset haastatteleamalla osallistuneita asentajia. Laajempaan yleistettävyyteen päästiin viestinnän osalta LVI- ja sähköasentajille suunnatulla viestintään ja tilannetietoon liittyvällä kyselytutkimuksella. Taulukossa 1 on esitetty kooste tutkimuksessa käytetyistä menetelmistä, joita esitellään seuraavaksi yksitellen.

Taulukko 1: Tutkimuksessa käytetyt menetelmät

Menetelmä	Lyhyt kuvaus	Osallistujat	Laadullinen / määrällinen
Kyselytutkimus	Verkossa toteutettu kyselytutkimus, jossa selvitettiin asentajien tietotarpeita, heidän saamia tietoa ja työmaan viestintää	148 asentajaa ja kärke/etumiestä	Määrällinen
Kyselytutkimukseen liittyvät haastattelut	Kyselytutkimusten tulosten pohjalta järjestetyt haastattelut	9 LVI-, sähkö- ja pääurakoitsijan edustajaa	Laadullinen
Ajankäyttötutkimus kypäräkameravideoiden pohjalta	Tehtävien, hukan ja aloitusedellytysten luokittelu asentajien videoihin perustuen	15 asentajaa tai etu-/kärkimiestä neljästä eri rakennushankkeesta	Määrällinen / laadullinen
Työmaalla suoritettu kysely	Jatkuva kysely, jossa selvitettiin kypäräkameraa käyttävien asentajien töiden esteitä ja haasteita	Samat 15 asentajaa tai etu-/kärkimiestä neljästä eri rakennushankkeesta	Määrällinen
Sisäpaikannus	LVI- ja sähköasentajien sisäpaikannus	8 asentajaa kahdesta rakennushankkeesta (samat asentajat kuin kypäräkameratutkimuksessa)	Määrällinen
Asentajien haastattelu	Hukan juurisyiden selvitys perustuen analysoituihin videoihin	Samat 15 asentajaa tai etu-/kärkimiestä neljästä eri rakennushankkeesta	Laadullinen

2.1 Kyselytutkimus

Kyselytutkimuksella selvitettiin asentajien ja etu- ja kärkimiesten näkemyksiä työmaan viestinnästä ja heidän saamistaan tiedoista suhteessa tiedon tarpeisiin. Tavoitteena oli selvittää, saavatko vastaajat mielestään riittävästi tietoa heille tärkeistä asioista työmaalla, ja onko tieto oikea-aikaista. Lisäksi selvitettiin, mitä tietoja oikeasti käytetään ja minkälaisilla menetelmillä tieto liikkuu. Kysely toteutettiin nettipohjaisen kyselylomakkeen avulla. Vastaajia rekrytointiin rahoittavien liittojen jäsenyritysten kautta. Lisäksi Rakennusliitto ja Sähköliitto lähettivät kyselyn jäsenilleen.

Kyselyä testattiin eri kohderyhmillä: 6 opiskelijaa, 4 pääurakoitsijan edustajaa ja 4 asentajaa. Lisäksi kyselyä käsiteltiin hankkeen ohjausryhmässä ja kerättiin palautetta. Tehdyt muokkaukset liittyivät esimerkiksi kyselyn lyhentämiseen, koska ensimmäiset versiot ylittivät tavoitevastausajan, joka oli korkeintaan 30 minuuttia. Termit, jotka olivat asentajien mielestä epäselviä, korjattiin.

Koska suomalaisilla työmailla on paljon kansainvälisiä työntekijöitä, kysely toteutettiin kolmella kielellä: suomeksi, viroksi ja englanniksi. Ensimmäiset kieliversiot tekivät kaksikieliset tutkijat (suomi-englanti, englanti-viro). Käännösten oikeellisuus vahvistettiin kääntämällä teksti ammattimaista kääntäjäpalvelua hyödyntäen takaisin alkukielelle ja tekemällä muokkauksia, kunnes käännökset olivat riittävän samanlaiset kaikilla kielillä.

Kyselyssä oli neljä osiota:

- 1. Henkilön taustatiedot**
- 2. Asentajien saamat vs. tarvitsemat tiedot**
- 3. Sosiaalinen kanssakäyminen ja tiedon jakaminen**
- 4. Asentajien käyttämä teknologia työmailla**

Analyysissä tutkittiin tilastollisesti eri vastaajaryhmien eroja tilannetietoisuuteen liittyvien kysymyksien osalta ja myös tiedon tarpeen ja tiedon saannin välistä epäsuhtaa eri vastaajaryhmillä. Lisäksi kaikista kysymyksistä saatiin kiinnostavaa tietoa viestinnästä, tilannekuvasta ja digitalisaatioon liittyvistä kokemuksista kokonaisuutena.

2.2 Kyselytutkimukseen liittyvät haastattelut

Kyselyn tulokset analysoitiin ja niitä käytiin läpi yhdeksän talotekniikan asiantuntijan kanssa. Asiantuntijat edustivat sähkö- ja LVI-urakointia sekä pääurakoitsijoita, jotta ilmiöitä voitiin tarkastella myös työmaan kokonaisuuden näkökulmasta. Haastatteluihin valittiin henkilöitä työjohto- ja projektipäällikkötasolta, jotta voitaisiin löytää taustoja ja juurisyitä kyselyn vastauksille. Haastattelutilaisuuksia pidettiin kahdeksan ja haastateltiin yhteensä yhdeksää henkilöä:

- **H1: Tekninen johtaja, sähkö-ala**
- **H2: Työnjohto, pääurakoitsija**
- **H3: Toimitusjohtaja, LVI**
- **H4: Projektipäällikkö, pääurakoitsija**
- **H5: Työnjohto, pääurakoitsija**
- **H6: Asennuspäällikkö, LVI**
- **H7.1. Projektipäällikkö, talotekniikka**
- **H7.2. Projektipäällikkö, talotekniikka**
- **H8. Työnjohto, pääurakoitsija**

Puolistrukturoitujen teemahaastattelujen teemat valittiin kyselystä esille nousseiden kiinnostavien ilmiöiden perustella. Tavoitteena oli syventää tietoa, joka saatiin kyselytutkimuksesta. Haastateltaville näytettiin kunkin teeman alussa kyselyn tulos ja pohdittiin, mistä tulos voisi johtua. Valitut teemat olivat:

- **Tiedon tarve ja saanti**
- **Hahmotus oman tehtävän etenemisen vaikutuksista**
- **Työtä helpottavat tekijät**
- **Viestinnän tehokkuus**
- **Tiedon jakaminen ja kannustimet**
- **Viestintäkanavat**

2.3 Kypäräkameroiden videoiden analysointi

Asentajatasen ajankäytön, aloitusedellytysten ja hukan arvioimiseksi ja ymmärtämiseksi tarvitaan havainnointia, koska asentajat eivät aiempien tutkimusten perusteella osaa määrällisesti arvioida hukatan ajan osuutta. Lisäksi hukan käsite on monelle epäselvä, joten esimerkiksi kyselytutkimuksella ei saada luotettavaa tietoa ilmiöstä. Perinteisesti ajankäytön analysointiin on käytetty joko työotantaa tai aikatutkimuksia.

Työotannassa tarkastetaan työntekijöiden tekemä tehtävä määräajoin, esimerkiksi kerran tunnissa. Kun otantoja tehdään useita, eri ajankäyttöluokkien osuus voidaan määrittää. Aikatutkimukset ovat tarkempia, koska niissä seuranta on jatkuvaa ja osuudet lasketaan sekuntitasolla luokitellusta tiedosta. Hukkaa tai puuttuvia edellytyksiä ei voi helposti tutkia työotannalla, koska moni hukan laji ilmenee vasta pidemmän seurannan jälkeen. Esimerkiksi uudelleen tekemistä ei voi luotettavasti havaita, jos ei nähdä ensimmäisellä kerralla tehtyä asennusta. Toisaalta liikkumisen syy on usein nähtävissä vasta liikkumisen jälkeen. Esimerkiksi jos liike loppuu, kun hukassa ollut työkalu löytyy, kyseessä onkin etsiminen liikkumisen sijasta. Koska tutkimuksessa kiinnostuksen kohteena oli nimenomaan hukka ja puuttuvat edellytykset, valitsimme tutkimusmenetelmäksi aikatutkimuksen.

Perinteinen aikatutkimus edellyttää yhden tutkijan tutkittavaa asentajaa kohden ja ajankäytön jatkuvan analyysin esimerkiksi paperilomaketta hyödyntäen. Päätimme toteuttaa aikatutkimuksen digitaalisesti. Tutkimukseen osallistuvat vapaaehtoiset käyttivät työaikanaan kypäräkameraa, johon oli normaalien turvavarusteiden lisäksi asennettu lisäakku, jotta kamera oli toiminnassa koko työpäivän ajan (Kuva 1). Kukin osallistuja käytti kypäräkameraa viikon ajan.

Tutkimuksen eettisen arvioinnin ja ammattiliittojen kanssa käytyjen keskustelujen perusteella päätimme jättää äänen tallentamatta ja hyödyntää tekoälyä siihen, että videoilla olevat muut henkilöt hämärrettiin siten, että heitä ei voi tunnistaa. Tutkimusassistentit olivat kullakin työmaalla koko kuvausviikon ajan ja huolehtivat päivittäin kameroiden lataamisesta ja tietojen siirtämisestä Aallon turvalliselle palvelimelle.



Kuva 1: Käytetty kameralaitteisto

Kuvaukseen haettiin vapaaehtoisia hankkeita ja asentajia hyödyntäen rahoittavien yhdistysten jäsenyrityksiä. Tavoitteena oli toteuttaa tutkimus neljällä työmaalla ja saada mukaan kultakin työmaalta neljä asentajaa. Projektityyppien toivottiin olevan erilaisia ja sisältää sekä saneeraus- että uudisrakennuskohteita. Koronapandemian takia vapaaehtoisia työmaita ei kuitenkaan löytynyt neljää enempää, joten tutkimus päätettiin toteuttaa ilmoittautuneilla työmailla. Mukaan valikoitui toimisto/hotelli -kohde, kauppakeskus ja kaksi asuntokohdetta. **Yhteensä tutkimusaineistoa kerättiin näissä kohteissa 15 asentajalta yhteensä 411 tuntia.** Hankkeiden perustiedot ja tutkimusviikolla käynnissä olleet työvaiheet on esitetty taulukossa 2.

Videokameradataa analysoitiin määrällisesti jakamalla käytetty aika eri ryhmiin. Ryhmät määriteltiin aiemman tutkimuksen perusteella (mm. Kalsaas 2010; Pasila 2019). Ajankäytön lisäksi (14 luokkaa) luokittelimme mahdollisesti havaitun hukan (10 luokkaa) sekä puuttuvat aloitusedellytykset (10 luokkaa). Taulukoissa 3, 4 ja 5 on esitetty käytetyt luokittelut ajankäytön, hukan ja aloitusedellytysten suhteen.

Taulukko 2: Mukaan valikoituneet kohteet ja niiden erityispiirteet

	Asunto 1	Asunto 2	Hotelli/toimisto	Kauppakeskus
Rakennukset	2 porraskerrosta/lohkoa	1 käynnissä	2	1
Kerrokset	6	5 + 1 maanalainen	8 + 2 maanalaista	5 + 2 maanalaista
Hissi	Ei käytössä	Käytössä	Työmaahissi	
Varastoalueet	Hyvin tilaa ulkopuolella		Työmaan ulkopuolella	Useita alueita sisätiloissa, logistiikkayritys
Laajuus	7023 m2	4023 m2	12000 + 10000 m2	135 000 m2
Toistuvuus	Korkea	Korkea	Korkea	Vähäinen
Erityishuomiot	Normaali asuntokohde	Suunnitelma-muutoksia, moduulikph	Koronaan liittyviä viiveitä	Tahtituotanto, vähäisiä viiveitä
Käynnissä olevat työvaiheet	Kaapelointi IV-kanavat	Vesijohdot, lämmitys Kaapelointi, väliseinien sähköasennukset	Nousukaapelointi, KPH-vesijohdot, viemärointi Lattialämmitys (sähkö)	Kaapelihyllyt, kaapelihyllyjen sähköasennukset (jakorasit) Putkiasennus

Taulukko 3: Ajankäytön luokittelukategoriat

Nro	Kategoria	Kuvaus	Arvo?
1	Asennustyö	Kaikki tehtävät, joiden lopputulos lisää suoraan rakennuksen/rakennusosan tai tuotteen arvoa.	Arvoa lisäävää
2	Tarkastukset	Laaduntarkastustoimet, jotka vähentävät uudelleentelemisen riskiä	Arvoa lisäävää
3	Työn valmistelu	Kaikki valmistelevat työvaiheet, joita tarvitaan työvaiheen aloittamiseksi. Sisältää työkalujen ja materiaalin järjestelyn työkohteessa (<= 5m asennuspisteestä). Sisältää suunnitelmien läpikäynnin (sekä tekniset suunnitelmat, materiaalilistat, aikataulut yms.)	Arvoa tukevaa
4	Mittaukset	Mittauksen lisäksi sisältää mittatiedon kirjaamisen esim. muistilehtiöön tai seinään. Sisältää pienet liikkeet, joita tarvitaan pidempien mittojen ottamiseen.	Arvoa tukevaa
5	Haalaus, lyhyet matkat	Materiaalin, kaluston ja työkalujen siirto, matka 5-30 metriä	Arvoa tukevaa
6	Haalaus, pitkät matkat	Materiaalin, kaluston ja työkalujen siirto, matka 30+ metriä	Arvoa tukevaa

7	Materiaalin työstö	Sisältää kaiken materiaalille tehtävän työn, joka valmistee sen asennusta varten tai pitää sen paikallaan (mm. hitsaukset, katkaisut, yhdistämiset nippusiteillä yms.)	Arvoa tukevaa
8	Ylläpito, huolto ja siivous	Sisältää tehtävät, jotka on tehtävä, jotta työ voi jatkua. Esimerkiksi työkalujen akkujen vaihto, rikkoutuneiden työkalujen korjaus, työnaikainen siivous tai työn jälkeen tapahtuva siivous	Arvoa tukevaa
9	Liike	Kaikki liike, mikä ei kuulu muihin kategorioihin. Esimerkiksi päämäärätön liikkuminen ilman materiaalia, kalustoa tai työkaluja.	Ei arvoa tuottavaa
10	Etsiminen	Kaikki asioiden etsiskely, joka ei ole normaalia työn valmistelua (esim. kestää kauan ennen kuin puuttuva asia löytyy)	Ei arvoa tuottavaa
11	Uudelleen tekeminen	Tehtävät, jotka on tehtävä uudestaan. Yleensä liittyy asentajan, edellisen työvaiheen tai suunnitelmien virheeseen.	Ei arvoa tuottavaa
12	Työhön liittyvät toimittamattomat toimet	Kaikki muu toiminta, joka ei kuulu muihin luokkiin. Sisältää esimerkiksi odottelun. Ei sisällä keskusteluja (kohta 13)	Ei arvoa tuottavaa
13	Keskustelu	Kaikki keskustelut muiden henkilöiden kanssa (ml. Puhelinkeskustelut). Keskustelujen sisältöä ei voi yleensä päätellä, koska ääntä ei tallennettu.	Luokittelematon, koska ääntä ei tallenneta (Arvoa tukevaa tai ei-arvoa tuottavaa)
14	Epäselvää	Tehtävät, joita ei voi selvittää esim. videon häiriöistä tai väärästä kamerakulmasta johtuen	Luokittelematon

Taulukko 4: Hukan luokittelukategoriat

Nro	Luokka	Selitys
1	Siirrot	Tarpeeton tuotteiden, työkalujen, kaluston tai materiaalien siirtely
2	Odottelu	Kaikenlainen odottelu
3	Liike	Kaikki tarpeeton liikkuminen
4	Yliproses- sointi	Tehdään enemmän tai parempaa laatua kuin asiakas tarvitsee
5	Ylituo- tanto	Tehdään enemmän tai aiemmin kuin projekti tarvitsee
6	Virheet	Kaikki laatuvirheet. Lopputuote ei täytä laatuvaatimuksia.
7	Varasto	Ylimääräiset varastoidut tuotteet tai materiaalit. Esimerkiksi etsimis- aika, joka johtuu suuresta tai huonosti järjestetystä varastoinnista.
8	Hyödyn- tämättö- mät taidot	Hukka, joka aiheutuu siitä, että työntekijä voisi ja osaisi tehdä työteh- tävän mutta syystä tai toisesta sitä ei ole annettu hänen tehtäväkseen.
9	Tekemi- nen ilman edellytyk- siä	Improvisointi, joka aiheutuu siitä, että aloitetaan työvaihe ilman tarvit- tavia edellytyksiä esimerkiksi aikataulupaineen vuoksi.
10	Määritte- lemätön	Kaikki työt, joissa ei voitu havaita hukkaa. Useimmiten liittyy arvoa tu- keviin tai arvoa tuottaviin töihin.

Taulukko 5: Puuttuvien aloitusedellytysten luokittelukategoriat

Nro	Luokka	Selitys
1	Suunnitelmat ja johtaminen	Riittävät / oikeat suunnitelmat, luonnokset tai muut tiedot puuttuvat
2	Ohjeistus	Puuttuvat ohjeet, esimerkiksi sopimukset, tehtävät, ohjeet tai päätökset
3	Osat ja materiaalit	Saatavilla olevien materiaalien tai osien määrä tai tyyppi on väärä tai niitä ei löydy (sijainti ei tiedossa)
4	Työntekijät	Tarvittavat muut työntekijät eivät ole paikalla tai eivät osaa tehtäväänsä.
5	Koneet ja kalusto	Tarvittavat koneet, työkalut tai laitteet eivät ole saatavilla, oikeamääräisiä tai ovat väärä suhteessa työtehtävään.
6	Riittävä tila	Työkohteeseen ei pääse tai siellä on liian vähän tilaa työtehtävän suorittamiseen
7	Edeltävät työvaiheet	Edeltävät tai liittyvät työvaiheet eivät ole valmiina tai eivät vastaa tarpeita
8	Ulkoiset olosuhteet	Ulkoiset olosuhteet kuten lämpötila, kosteus ja/tai lumi eivät mahdollista työn tekemistä
9	Työolosuhteet	Työn suorittaminen ei ole turvallista tai tapahtuu yllätyksiä (esim. tapaturma, asbestia, pohjaolosuhteet)
10	Tunnistamaton/ ei puutteita	Puutteita ei havaittu

2.4 Työmaalla suoritettu kysely

Koska kypäräkamerat eivät tallentaneet ääntä, päätettiin toteuttaa kaksi kertaa päivässä kysely osallistuville asentajille. Jos osallistuja oli halukas vastaamaan älypuhelimella, hänelle annettiin linkki. Muussa tapauksessa tiedot kerättiin paperilomakkeelle, josta tutkimusassistentti syötti tiedot järjestelmään, jotta kaikki tiedot olivat analyysiä varten samassa muodossa. Kyselyssä oli monivalintatehtäviä, jossa kysyttiin, minkälaisiin haasteisiin osallistujat olivat törmänneet tarkastelujaksolla ja olivatko kaikki aloitusedellytykset kunnossa. Osallistujat tunnistautuivat syöttämällä kypäränsä numeron, jolloin kysely voitiin kohdistaa oikeaan videoon. Tämän

tiedon avulla pyrittiin selvittämään, jäikö jotain huomaamatta kypäräkameratiedon analyysissä. Lisäksi saatiin tietoa asioista, joita vastaaja itse koki tärkeiksi hukan aiheuttajiksi.

2.5 Sisäpaikannus

Kauppakeskukseen ja toimisto/hotelli -kohteeseen asennettiin sisäpaikannusjärjestelmä. Kyseisten kohteiden osallistujat kantoivat kuukauden ajan paikannusmajakkaa, joka paikansi asentajan työkohteen tarkkuudella työmaalla. Sisäpaikannus mahdollisti työmaalla tapahtuvan liikkeen tutkimisen pidemmällä ajanjaksolla ja asentajien sijainnin vertailut aikatauluun. Paikantimet asennettiin vain työkohteisiin ja työmaan portille.

Sisäpaikannuksesta saatiin tieto kussakin työkohteessa vietetystä ajasta. Erityisesti analyysissä kiinnostava pitkä kestoiset läsnäolot, koska työ voi olla tehokasta vain, jos työkohteessa vieteään pidempiä ajanjaksoja kerralla (ns. häiriötön läsnäolo). Sijaintitietoja verrattiin asentajien hyödyntämään aikatauluun ja arvioitiin, kuinka ennakoitavaa työ oli. Hotelli-toimistokohteessa vertailukohteena oli asentajien oma päiväkohtainen aikataulu. Kauppakeskuksessa verrattiin läsnäoloa pääurakoitsijan laatimaan tahtiaikatauluun.

Sisäpaikannuksella tavoiteltiin pidemmän aikavälin näkymää hukkaan ja selvitettiin sitä, oliko kypäräkamerajakso läsnäolon suhteen jollakin tavoin poikkeuksellinen ja kuinka paljon vaihtelua eri päivien ja viikkojen välillä on.

2.6 Asentajien haastattelut

Asentajien haastattelujen avulla pyrittiin varmistamaan, että ajankäytön luokittelu on tehty oikein, ja kuulemaan asentajan mielipide työmaan tapahtumista kuvausjaksolla. Haastattelut toteutettiin kypäräkamerajakson jälkeen. Haastattelu jakaantui kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa katsottiin yhdessä kaksi tutkijoiden valitsemaa 1-3 minuutin pituista kypäräkameran videota omasta työstä eri tilanteista, jotka olivat tutkijoiden jo analysoimia ja luokittelemia. Asentajaa pyydettiin kertomaan tilanteesta omasta näkökulmastaan ja sitten asentajalta kysyttiin, miten videossa näkyvää hukkaa voisi hänen mielestään vähentää. Samalla varmistettiin tutkijoiden tekemä luokittelu esittämällä se asentajalle. Haastattelun toisessa osassa selvitettiin yleisesti asennusryhmän tilannetta ja heidän yleisimmin kokemiaan haasteita.

Haastattelujen avulla siis vahvistettiin tutkijoiden päätelmät ajankäytön luokittelusta ja hukasta ja selvitettiin yleisimpiä asentajien kokemia puuttuvia aloitusedellytyksiä. Lisäksi selvitettiin asentajien näkemyksiä eri ongelmatilanteen juurisyistä ja mahdollisista ratkaisuista. Haastatteluilla oli tärkeä rooli juurisyiden ymmärtämisessä sekä kehitysehdotusten esittämisessä.

3 Tulokset

3.1 Viestintään ja tilannekuvaan liittyvä kysely

Kyselytutkimukseen saatiin yhteensä 148 vastausta. Vastaajista sähköalan työntekijöitä oli 86 ja LVI-alan työntekijöitä 62. Pääosa vastaajista oli asentajia (96 henkilöä) ja loput olivat kärkitai etumiehiä (54 henkilöä). Molemmat alat ja työntekijäryhmät olivat siis hyvin edustettuina, joten ryhmien välisiä eroja vastauksissa voidaan analysoida. Lähes puolet (45%) työskenteli isoissa yli 100 työntekijän yrityksissä. Useimmilla vastaajilla oli 4-25 vuotta työkokemusta (76%) mutta mukana oli myös uusia työntekijöitä (0-3v, 10%) ja pitkän uran tehneitä (yli 25 v, 14%).

Vastaajat jakautuivat varsin tasaisesti erilaisiin projekteihin. Pieni enemmistö (59%) työskenteli uudisrakennuksissa ja loput saneerauskohteissa. Suurin yksittäinen projektityyppi olivat asuntorakentamisen kohteet, joissa työskenteli 17,7% vastaajista. Muut projektityypit saivat myös tasaisesti mainintoja. Eniten edustettuina olivat teollisuuskohteet (15,6%) ja useamman käyttötarkoituksen tilat (15%). 60% vastaajista työskenteli pienemmissä projekteissa, joissa työryhmässä oli 1-5 asentajaa. 40% vastaajista oli töissä isommissa projekteissa, joissa työryhmän koko oli 6 asentajaa tai enemmän. Palkkausperuste useimmilla oli urakkatyö (68,2%) ja loput olivat tuntitöissä.

3.1.1 Tiedon tarve ja tiedon saanti

Kyselyssä kysyttiin aluksi, kuinka usein vastaaja tekee erityyppisiä tiedon virtaukseen liittyviä tehtäviä. Päätulokset on esitetty taulukossa 6. Iso osa vastaajista teki työn suunnittelua ja valmistelua jatkuvasti, päivittäin tai useammin kuin kerran päivässä. Tämä oli ennakoitu tulos aiemman Building 2030 -konsortion tutkimuksen perusteella, missä asentajien tekemä suunnittelu on todettu tärkeäksi osaksi prosessia. Tutkituilla työmailla otettiin työryhmät paremmin mukaan yhteiseen työnsuunnitteluun ja tulokset olivat positiivisia (loppuraportti Seppänen ym. 2020). Tulosten pohjalta voidaankin arvioida, että asentajat tekevät työn suunnittelua jatkuvasti mutta suurin osa kohteista ei saa hyödynnettyä asentajien osaamista täysimääräisesti.

Muutoksia suunnitelmiin tapahtui vastaajien mukaan yllättävän paljon. Muutoksiin liittyvää kysymystä oli selvennetty vastaajalle siten, että siinä haettiin tilanteita, joissa tehtävän vaatimukset muuttuivat. Lähes puolet vastaajista kohtasi tällaisia muutoksia päivittäin tai useammin. Tämän löydöksen pohjalta tutkimme myös työmaatesteissä, minkälaisiin muutoksiin asentajat törmäsivät. Asentajat kävivät pääosin tehtävien vaatimuksia läpi vähintään kerran tehtävää kohden ja pyrkivät suorittamaan tehtävän vaatimusten mukaisesti. Noin puolet asentajista myönsi kuitenkin toisinaan luovuttavansa eteenpäin tehtävän, joka vastasi vaatimuksia vain osittain. Suoritustapaa piti muuttaa kesken tehtävää ja tehtyä työtä piti korjata kuukausittain tai viikoittain pääosan vastaajista mukaan. Kokonaisuutena voidaan sanoa, että tehtävien vaatimukset muuttuvat usein ja asentajan piti muuttaa työtapaa. Asentajilla oli kyselyn mukaan

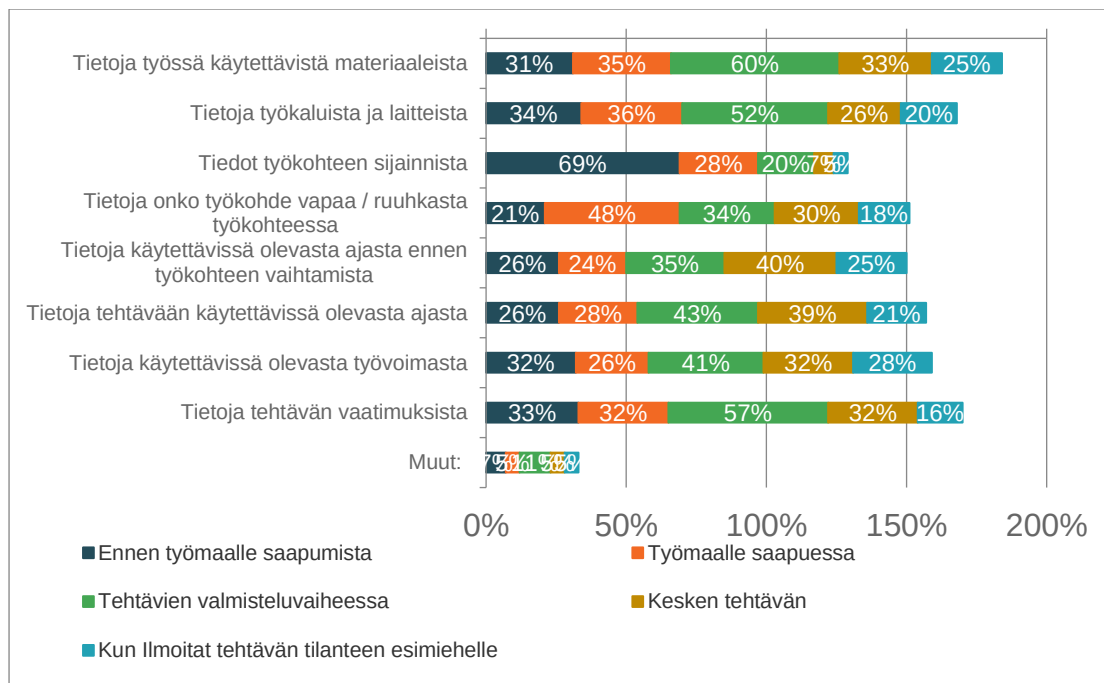
kuitenkin halua selvittää tehtävään liittyvät vaatimukset ja pääosin pystyivät mielestään myös tekemään vaatimuksia vastaavan suorituksen. Suunnitelmien tarkkuustaso ja yhteensovitus saattavat olla tärkeässä roolissa tässä, koska useimmat asentajat joutuivat sopimaan erikseen tilaajan kanssa tehtävän suoritustavan.

Noin kolmasosa asentajista ei keskustellut tehtävästään ollenkaan erilaisissa kokouksissa. Sen sijaan esimiehelle tehtävän tilannetta raportoitiin viikoittain tai päivittäin. Asentajatasolla kokouksien rooli näyttää olevan pieni. Aiemmassa tutkimuksessa suositeltuja päivittäisiä töiden yhteensovittamiseen liittyviä lyhyitä kokouksia ei vastauksista näkynyt.

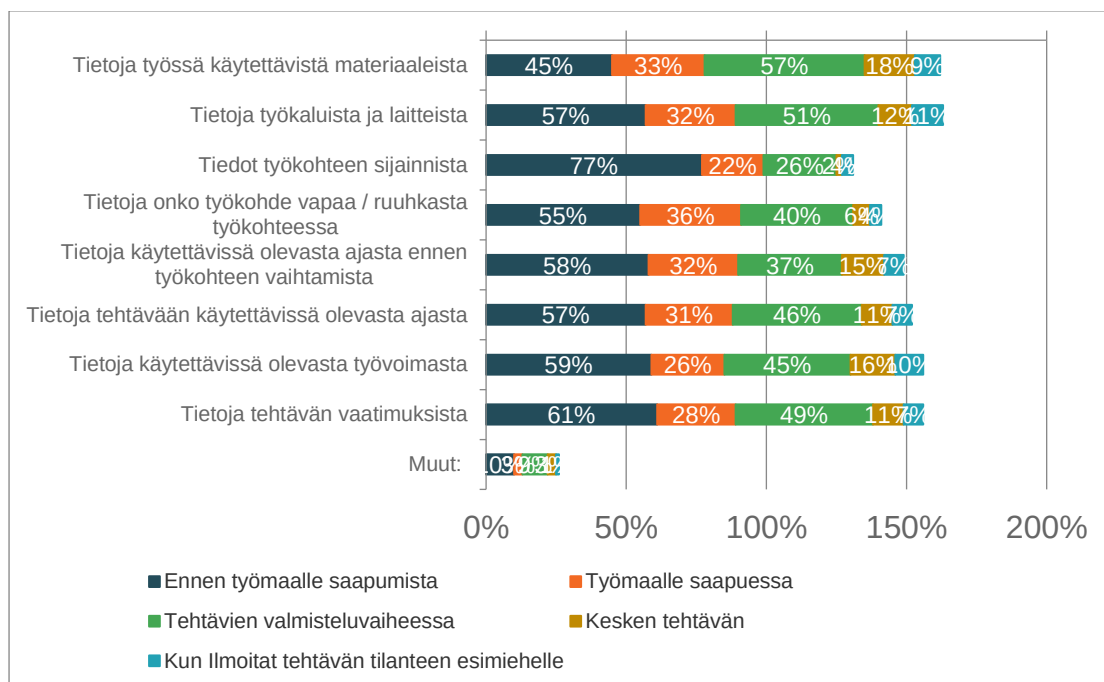
Taulukko 6: Vastaajien tekemät tiedonkulkuun liittyvät tehtävät

Kysymys	N	Päätulokset
Kuinka usein teet seuraavia tehtäviä:	148	
Suunnittelet ja valmistelet tulevia tehtäviä	148	Suurin osa teki päivittäin tai useita kertoja päivässä (79,3%), vähemmistö kerran viikossa (5,4%) tai kerran tehtävää kohden (12,8%). Keskiarvo kerran päivässä.
Kohtaat tehtäväsi muuttavia suunnitelmia	148	Iso osa kerran päivässä tai useammin (46,6%). Iso osuus kerran viikossa (28,4%). Loput kerran tehtävää kohden (10,1%) tai kerran kahdessa viikossa tai harvemmin (14,9%)
Tarkastat tehtävää koskevat vaatimukset	148	Useimmiten kerran tehtävää kohden (33,3%), kerran viikossa (18,4%), kerran päivässä (19,7%), useita kertoja päivässä (16,3%). Vähemmistö tarkasti vaatimukset kerran kahdessa viikossa (4,1%) tai kerran kuussa (6,1%) ja pieni osuus ei koskaan (2,1%)
Keskustelet tehtävästä kokouksissa	148	Yleisin vastaus oli ”En koskaan” (37,4%). Kerran viikossa (23,8%) tai kerran kuussa (15%) olivat myös yleisiä.
Suoritat ja luovutat tehtävän, joka vastaa vaatimuksia vain osittain	148	Yleisin vastaus ”En koskaan” (48,6%). Useita kertoja viikossa (14,9%) ja kerran kuussa (18,2%).
Muutat tehtäväsi suoritustapaa (korjaat jo tehtyä työtä)	148	Useimmat vastasivat kerran kuussa (39,2%) tai kerran viikossa (23,6%). Vähemmistö ei joutunut koskaan muuttamaan tehtävän suoritustapaa (11,5%) tai joutui muuttamaan useammin kuin kerran viikossa (11,5%).
Ilmoitat tehtävän tilanteen esimiehelle	148	Pääosa raportoi kerran viikossa (44,6%), osa kerran tai useita kertoja päivässä (20,9%). Tehtävittäin raportoi 12,9% ja harvemmin kuin kerran viikossa 21,4%.
Toteutat tehtäväsi tilaajan kanssa erikseen sovitulla tavalla	148	Viikoittain tai useammin 30,6%. Kerran kahdessa viikossa tai harvemmin 43,5% ja ei koskaan 17,7%. Kerran per tehtävä 8,2%.

Seuraavaksi kyselyssä selvitettiin, missä vaiheessa vastaaja saa erilaisia tietoja (kuva 1) ja missä vaiheessa vastaaja kokee tarvitsevänsä niitä (kuva 2). Kuvista on havaittavissa selkeä epäsuhta tiedon saannin ja tiedon tarpeen välillä. Vastaajat toivoivat saavansa tarvitsemansa tiedot mielellään ennen työmaalle saapumista mutta viimeistään tehtävien valmisteluvaiheessa. Todellisuudessa tietoja saatiin usein vasta kesken tehtävän tai kun tehtävän tilanteesta raportoitiin esimiehelle. Keskimäärin kaikki tiedot saatiin tehtävien valmisteluvaiheessa, mutta materiaalitietoja lukuun ottamatta tietoja toivottiin jo työmaalle saapuessa. Erityisesti tiedot tehtävään käytettävissä olevasta ajasta ja käytettävissä olevasta työvoimasta saatiin usein tarpeeseen nähden liian myöhään.



Kuva 1: Vastaajien saamat tiedot. Vastaajat saivat valita useita vaihtoehtoja, joten tulokset eivät summaudu 100%:iin.



Kuva 2: Vastaajien tarvitsemat tiedot. Vastaajat saivat valita useita vaihtoehtoja, joten tulokset eivät summaudu 100%:iin.

Vastaajilta kysyttiin, kuinka hyvin he hahmottavat oman tehtävänsä etenemisen vaikutuksen työmaan muihin töihin. Asteikolla 1-5 (1 huono, 5 erinomainen), hahmotus lähti keskimäärin liikkeelle asteikon keskeltä ennen työmaalle saapumista. Tätä voidaan pitää lähtötasona, jossa ei ole vielä juurikaan tutustuttu kohteen erityispiirteisiin mutta ymmärretään työn vaikutus muista vastaaventyyppisistä kohteista. Hahmotus kasvoi tasaisesti läpi tehtävän ja tehtävän valmistuttua päättyi asteikolla kohtaan 4,2. Ymmärrys tehtävän liittymisestä työmaan muihin

tehtäviin ei siis selvinnyt riittävän hyvin asentajalle toimitetusta tiedosta, vaan opittiin tehtävän suorittamisen aikana tai vasta tehtävän valmistuttua.

Hahmotuksessa oli tilastollisesti merkitseviä eroja liittyen työryhmän kokoon. Isommat työryhmät (yli 10 henkilöä) hahmottivat vaikutuksen kokonaisuuteen keskimäärin huonommin kuin pienemmissä työryhmissä työskentelevät asentajat. Taustalla lienee projektin koko. Aikataulutiedosta ja kokonaisuudesta viestimisen rooli korostuu siis isoilla työmailla.

Toinen merkittävä ero oli LVI-alan ja sähköalan vastaajien välillä. LVI-alan vastaajat hahmottivat tehtävänsä merkityksen kokonaisuuteen paremmin erityisesti tehtävien valmisteluvaiheessa. Myös muissa vaiheissa sähköalan vastaajat hahmottivat työnsä vaikutukset heikommin. Alojen ero johtunee siitä, että LVI-asennukset ovat usein muita töitä tahdistavia, kun taas sähkötöihin liittyy enemmän ”joustavia” työvaiheita, joita tehdään yhtä aikaa muiden työryhmien kanssa, esimerkiksi kaapelointia ja sähkökeskusten asennuksia.

Etu- ja kärkimiesten hahmotus työn vaikutuksista muihin töihin on luonnollisesti asentajaa parempi mutta erot olivat yllättävänkin pieniä eivätkä tilastollisesti merkitseviä. Työryhmän sisällä kommunikaatio näyttää toimivan siis hyvin ja tieto saadaan tehokkaasti siirrettyä asentajatasolle.

Kyselyn pohjalta tehdyissä haastatteluissa haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että asentajalle pitäisi saada paremmin viestittyä työmaan kokonaistilanne ja asennuksen vaikutukset työmaahan tai ainakin seuraaviin työtehtäviin liittyen. Lähtötietoja pitäisi jakaa enemmän erityisesti aikatauluihin liittyen. Tämä voisi yleisemminkin vaikuttaa projektien sujuvuuteen. Tiedon parempi jakaminen asentajatasolle voisi olennaisesti vaikuttaa työmotivaatioon:

”Eli kyllähän tämä kertoo siitä, että niitä ei osata kertoa niitten asioitten vaikutuksesta... uskon, et siin tehtävänannos pystyttäisiin huomattavastikin vaikuttaa siihen motivaatioon. Se ei oo hirveän tyypillistä, et kerrotaan miksi asioita tehdään”

3.1.2 Viestinnän toimivuus

Eniten keskusteluja käytiin työryhmän sisällä. Samaa tehtävää tekevien asentajien kanssa useimmat vastaajista (75,3%) keskustelivat kerran päivässä tai useammin. Kärki- tai etumiehen kanssa viestintä oli myös päivittäistä (75,7%). Lisäksi keskusteluja käytiin päivittäin tai useammin muita tehtäviä tekevien eri alan työryhmien kanssa (62,3%). Oman yrityksen työnjohtajan ja projektipäällikön kanssa keskustelu oli pääosin viikoittaista. Päättöteuttajan työnjohtajan tai työmaan vastaavan työnjohtajan kanssa viestintä oli huomattavasti harvinaisempaa. Merkittävä vähemmistö ei koskaan keskustellut näiden roolien kanssa (31,7% ja 21,1%).

Haastateltavien mielestä tulokset olivat odotettuja ja kuvaavat hyvin normaalia rakennustyömaan viestintää. Isoilla työmailla ei ole mahdollistakaan, että vastaava työnjohtaja voisi käydä keskusteluja kaikkien työmaalla olevien kanssa. Työryhmän koko vaikuttikin tulokseen tilastollisesti merkitsevästi. Pienemmissä hankkeissa vastaava työnjohtaja keskusteli asentajien

kanssa viikoittain tai päivittäin ja vain 11% asentajista ei koskaan keskustellut vastaavan kanssa. Isommissa hankkeissa kolmasosa vastaajista ei koskaan keskustellut vastaavan työnjohtajan kanssa. Saneerauskohteissa vastaavan työnjohtajan kanssa keskusteltiin enemmän. Kärki- ja etumiehet luonnollisesti keskustelivat enemmän työryhmän ulkopuolelle.

Keskustelujen sisältö poikkesi myös merkittävästi eri ryhmien kanssa. Päätoteuttajan työnjohtajien kanssa puhuttiin yleensä aikataulusta ja tehtävien tilanteesta tai työturvallisuuteen liittyvistä asioista. Oman projektipäällikön ja työnjohtajan kanssa puhuttiin osin samoista asioista mutta lisäksi työvälineistä ja materiaaleista. Työnjohtajan rooli korostui materiaalien ja laadunvalvonnan osalta. Oman työryhmän sisällä keskusteltiin yleisesti työstä työtovereiden kanssa ja enemmän työvälineistä ja materiaaleista kuin työnjohtajan kanssa. Muiden alojen työntekijöiden kanssa keskusteltiin erityisesti työkohteen hallinnasta.

Kehityskohteina haastateltavat näkivät, että työmaalla kaikkien pitäisi tietää, keneen missäkin ongelmatilanteessa pitäisi olla yhteydessä. Kärki- ja etumiesten lisäksi asentajien pitäisi saada myös suoraan tietoa:

”Et ei vaan luoteta siihen et siellä ois pelkät kärkimiehet ja ne jakais sitä eteenpäin, et siinä on sitten asentajat heti kans mukana, joka saa sitten sen tiedon. Eli sillä ollaan ainakin koitettu jonkun verran sujuvoittaa sitä, ettei se tieto jää pelkästään sille kärkitai etumiehelle ja sitten ne laittaa eteenpäin jos muistaa laittaa”

Vastaajat olivat tyytyväisimpiä viestintään oman työryhmän sisällä. Erityisesti oman työryhmän jäsenten ja kärki/etumiehen kanssa keskustelut auttoivat vastaajien mukaan säästämään aikaa (81,4% työryhmä, 86% etu/kärkimiehen kanssa). Tyytymättömyimpiä oltiin keskusteluihin päätoteuttajan työnjohtajien kanssa (23,5% mielestä tehotonta) ja vastaavan työnjohtajan kanssa (23,8% mielestä tehotonta). Vastaavien työnjohtajien kanssa viestintä oli useampien vastaajien mielestä hyödyllistä (40,6%) kuin päätoteuttajan työnjohtajan kanssa (33,8%). Muiden työryhmien kanssa (55%) ja oman työnjohtajan (63,2%) / projektipäällikön (46,1%) kanssa tehty viestintä oli pääosan mielestä tehokasta ja auttoi säästämään aikaa. Mielenkiintoista oli, että enemmän hyötyä koettiin keskustelusta muiden työryhmien kanssa kuin pääurakoitsijan henkilöiden kanssa. Sama asia korostui työmaatutkimuksissa.

Eroa voi selittää myös se, että oma työnjohtaja on todennäköisemmin auttamassa asentajia, kun taas päätoteuttajan henkilöstön tekemät päätökset voivat usein esimerkiksi vaikeuttaa tai hidastaa omaa tekemistä. Haastateltavien mukaan suurilla työmailla työnjohto ei välttämättä ole tilanteen tasalla työmaan yksityiskohdista yksittäisen asentajan tehtäviin liittyen ja asentajat eivät siksi saa tehokkaasti vastauksia kohdattuihin ongelmiin. Erilaiset selvitystyöt voivat tuntua asentajista tehottomilta, kun vastauksen saamiseen menee kauan aikaa. Näistä syistä selvitimme tähän asiaan liittyen ryhmien välisiä eroja.

Tilastollisesti merkitseviä eroja löytyi lähinnä työntekijän rooliin liittyen. Kärki- ja etumiehet kokivat viestinnän tehokkaammaksi kuin asentajat kautta linjan. Erityisesti eroja syntyi liittyen työmaan vastaavan työnjohtajan kanssa viestintään ja oman projektipäällikön kanssa viestintään. Kärki- ja etumiehet kokivat viestinnän näiden tahojen kanssa merkittävästi tehokkaammaksi kuin asentajat. Isoissa yrityksissä toimivat asentajat kokivat viestinnän tehokkaammaksi kuin pienissä yrityksissä työskentelevät. Tämä johtunee projektien koosta. Mielenkiintoinen tulos oli se, että sähköalan asentajat kokivat kautta linjan viestinnän tehokkaammaksi ja aikaa säästävämmäksi kuin LVI-alan asentajat sekä työryhmän sisällä että sen ulkopuolella.

3.1.3 Työmaiden aikataulut

Vastaajat halusivat osallistua enemmän työmaan aikataulun suunnitteluun. 92% vastaajista oli sitä mieltä, että aikataulujen tarkkuus paranisi, jos työntekijöiden asiantuntemusta hyödynnetäisiin niiden laatimisessa. 52% vastaajista oli sitä mieltä, että hyöty olisi merkittävä. Vain 8% oli asiasta epävarma ja kukaan ei vastannut kieltävästi. Vastaajat olivat pääsääntöisesti myös halukkaita jakamaan muille enemmän tietoa työstään (ehdottomasti 37%, ehkä 43%, en tiedä 14%, ei hyötyä 6%).

Tärkeimpinä kannusteina tiedon jakamiseen olivat vastaajien mielestä työyhteisön luottamus (mediaani 4, asteikko 1-5), kaikkien toimijoiden avoimuus (4) ja bonuspalkkiot (5). Tärkeinä tekijöinä useimmat vastaajat pitivät sitä, että myös muut toimijat jakavat omaa tietoaan. Lisäksi olennaista on tiedon jakamisesta asentajatasolla näkyvät hyödyt: työn etenemisen sujuvuus ja työturvallisuus. Muut asiat, kuten organisaatioympäristö, tiedon jakamisen teknologiat tai työn aikataulu eivät olleet asentajien mielestä yhtä tärkeitä (mediaanit 3).

Kyselyn pohjalta pääurakoitsijoiden aikataulujen hyödyntäminen oli vain ajoittaista. Yleisaikatauluja käytti hyvin usein tai usein 25,7 % asentajista. Vaiheaikataulujen osalta hyvin usein ja usein käytävien asentajien osuus oli 30,6%. Pääurakoitsijan viikkoaikataulua käytettiin vähän useammin (37,4% hyvin usein tai usein). Useimmiten käytetty aikataulu oli vastaajan itse tekemä aikataulu (51,2% hyvin usein tai usein) tai työskentely kokonaan ilman kirjallista aikataulua (44,5% hyvin usein tai usein).

3.1.4 Digitaalisten työkalujen hyödyt ja käyttö

Vastaajat kokivat pääosin digitaaliset työkalut hyödyllisiksi mutta moneen tehtävään niitä ei ollut tarjolla. Erityisen hyödylliseksi vastaajat kokivat ohjelmistojen käytön suunnitelmien tutkimiseen. Vastaajista 68,7% koki suunnitelmien tutkimisen ohjelmistoilla hyödylliseksi tai erittäin hyödylliseksi. Vähiten digitaaliset työkalut hyödyttivät työvälineiden löytämistä tai asennustarvikkeiden siirtoa. Eniten vastustettiin digitaalisia työkaluja, joilla hallittiin aikaa tai tehtäviä (6,8% koki työkalut häiritseviksi) mutta näille työkaluille löytyi myös kannattajia (6,1% koki työkalut erittäin hyödyllisiksi). Viestintään liittyviä työkaluja pidettiin myös hyödyllisinä työryhmän ohjaamiseen (45,2%) tai työstä keskusteluun työryhmän (54,5%) tai työnjohdon

kanssa (61,6%), joskin 10% vastaajista koki työhön liittymättömistä asioista jutustelun häiritsevän työn tekemistä. Digitaaliset työkalut laadun valvontaan, työn tilan raportointiin ja turvallisuuden hallintaan olivat myös asentajien mielestä hyödyllisiä. Materiaalin hallintaan pääosalla vastaajista ei ollut käytössä digitaalisia työkaluja.

Digitaalisten työkalujen pääasialliset hyödyt näkyivät vastaanotetun tiedon määrässä (70,2%). Noin puolet vastaajista koki niillä olevan vaikutusta myös tehtävän suorittamisen nopeuteen (51,2%). Enemmistö koki viestinnän määrän lisääntyvän teknologian myötä (58,3%) mutta toisaalta merkittävä vähemmistö koki teknologian vähentävän viestintää (15,9%). Eniten negatiivisia vaikutuksia koettiin häiriötekijöiden määrässä työn aikana, joita teknologia lisäsi 36,8% mielestä.

Mielenkiintoinen tulos oli, että 28% vastaajista halusi lisää teknologiaa tehtävien valmisteluun ja 46% suhtautui teknologiaan periaatteessa positiivisesti ("se voisi mahdollisesti auttaa"). 9% koki, että heidän tehtävänsä ei edellytä teknologiaa ja 14% mielestä teknologiaa on jo liikaa. Kokonaisuutena vastaajat suhtautuvat digitaalisiin työkaluihin siis positiivisesti.

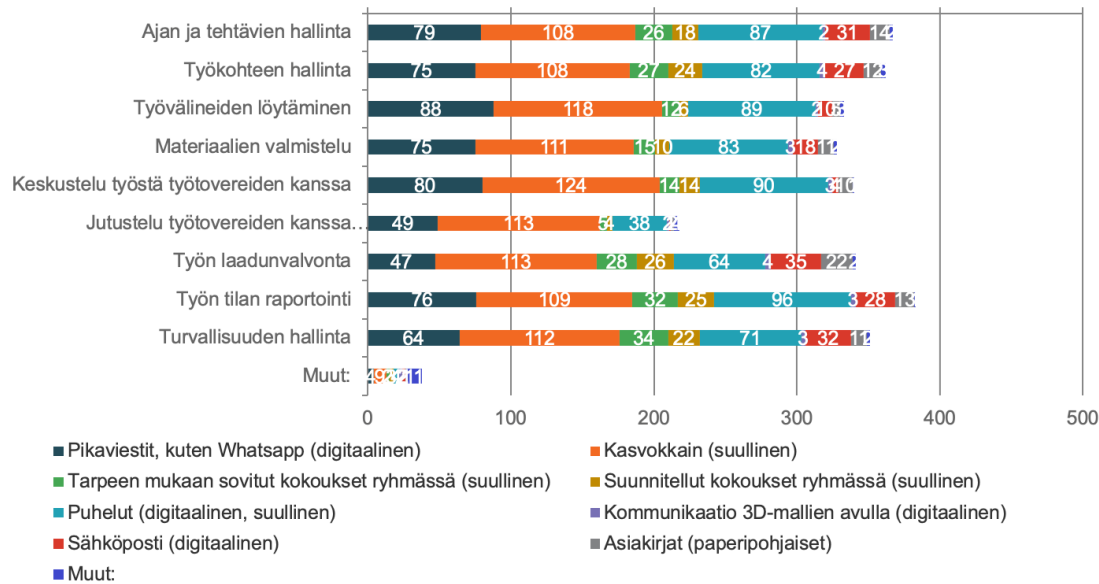
Pääosa vastaajista hyödynsi tehtävien valmisteluun paperimuodossa toimitettuja tietoja (mediaani: usein) ja erilaisia keskusteluja (mediaani: usein) tai henkilökohtaista pohdintaa (mediaani: usein). Älypuhelimia hyödynnettiin tehtävien valmisteluun yleisimpänä teknologiana. Vain 3,4% vastaajista ei käyttänyt älypuhelinia työkaluna ollenkaan. Sen sijaan tabletteja ja kannettavia tietokoneita noin puolet eivät käyttäneet ollenkaan (56,2% ja 55,1%). Niitäkin kuitenkin oli käytössä, koska 13,7% vastaajista käytti tabletteja usein tai hyvin usein ja vastaava osuus kannettavien tietokoneiden osalta oli 19,7%. Pöytätietokoneita ei juuri vastaajien keskuudessa käytetty (84,2% ei käyttänyt ollenkaan).

Useimmin digitaalisessa muodossa olivat 2D-suunnitelmat, joita käytti digitaalisesti usein tai hyvin usein 25,2% vastaajista ja vain 31,8% ei käyttänyt ollenkaan. Digitaalisessa muodossa olevien aikataulujen, tehtävä- määrä- ja materiaalilistausten käyttö oli vähäistä. 3D-malleja olivat käyttäneet jossain muodossa 67,3% vastaajista mutta vain 13,5% käytti niitä usein. Erityisesti digitaalisen suunnittelutiedon hyödyntämisessä on siis jatkossakin vielä tehtävää.

3.1.5 Viestintävälineet

Kuvassa 3 on esitetty eri tehtäviin käytetyt viestintäkanavat. Vastaajat valitsivat erilaisten tietojen jakamiseen käyttämänsä välineet. Kautta linjan eniten käytettiin keskusteluita ja puheluita. Puheluiden tasolle nousivat kuitenkin pikaviestintäsovellukset, esimerkiksi WhatsApp, jota käytettiin hyvin laajasti eri tehtävissä. Kokouksien ja sähköpostien rooli jäi vähäiseksi.

35. Millaista viestintää käytät seuraavissa tehtävissä?



Kuva 3: Viestintävälineet eri tehtäviin liittyen. Vastaaja voi vastata useamman kuin yhden välineen, joten eri tehtäviin liittyy eri määrä vastauksia.

Haastateltavat pitivät pikaviestintäjärjestelmiä kuten WhatsAppia erittäin hyvänä viestintäkanavana. Siihen liittyy kuitenkin myös ongelmia, koska esimerkiksi suurissa WhatsApp-ryhmissä tietomäärä kasvaa suureksi. Suuri tietomäärä saattaa johtaa tärkeiden viestien hukkaamiseen. Suuri ongelma on myös, että tiedot eivät jää talteen mihinkään projektin dokumentaatioon.

”Silloin kun meillä on, jos meillä on työmaalla esimerkiksi sellaisia esteitä, mitkä aiheutuu jostain aikataulupoikkeamasta tai jostain muusta tällaisesta häiriöstä, mikä siellä työmaalla tulee, niin näähän on älyttömän huonoja viestintävälineitä, koska niistä ei jää niin kuin tavallaan jälkee muuta kuin niitten ihmisten puhelimiin. Eli ei oo semmosta tietokantaa mihin voitaisiin palata ja sitten näyttää myöhemmin sieltä järjestelmästä, että kato ku tässä tapahtu tätä ja tätä ja tätä ja toikin meni näin”

3.2 Hukan määrä LVI- ja sähkötöissä

Hankkeen aikana kerättiin yhteensä 411 tuntia videomateriaalia. Hankkeen loppuun mennessä materiaalista saatiin analysoitua yksityiskohtaisesti 170 tuntia materiaalia. Taulukossa 7 on esitetty analysoidun datan määrä hankkeittain. Ensimmäisenä toteutetun hankkeen analysoinnissa päästiin etenemään pidemmälle kuin myöhemmin toteutetuissa hankkeissa. Sähkö- ja putki-asentajia oli eniten ja molemmista kertyi yhtä paljon materiaalia (47 ja 45%). IV-asentajia oli mukana vähemmän, joten he edustavat 8% kokonaismateriaalista. Kaikkien tulosten osalta IV-asennukseen liittyen ei voi tehdä johtopäätöksiä materiaalin vähyydestä johtuen. Tästä syystä tulokset raportoidaan jatkossa erikseen putki- ja IV-asentajille. Jos raportoitava tulos koskee molempia työläjejä, raportissa käytetään termiä ”LVI-asentaja”. Kärki- ja etumiesten videoita on mukana analyysissä 37% ja asentajien 63%.

Taulukko 7: Analysoitu aineisto projekteittain

Projekti	Analysoitu aineisto
Hotelli / toimisto	55,5h
Asunto I	40,5h
Kauppakeskus	40,5h
Asunto II	33,5h

3.2.1 Ajankäytön luokittelu

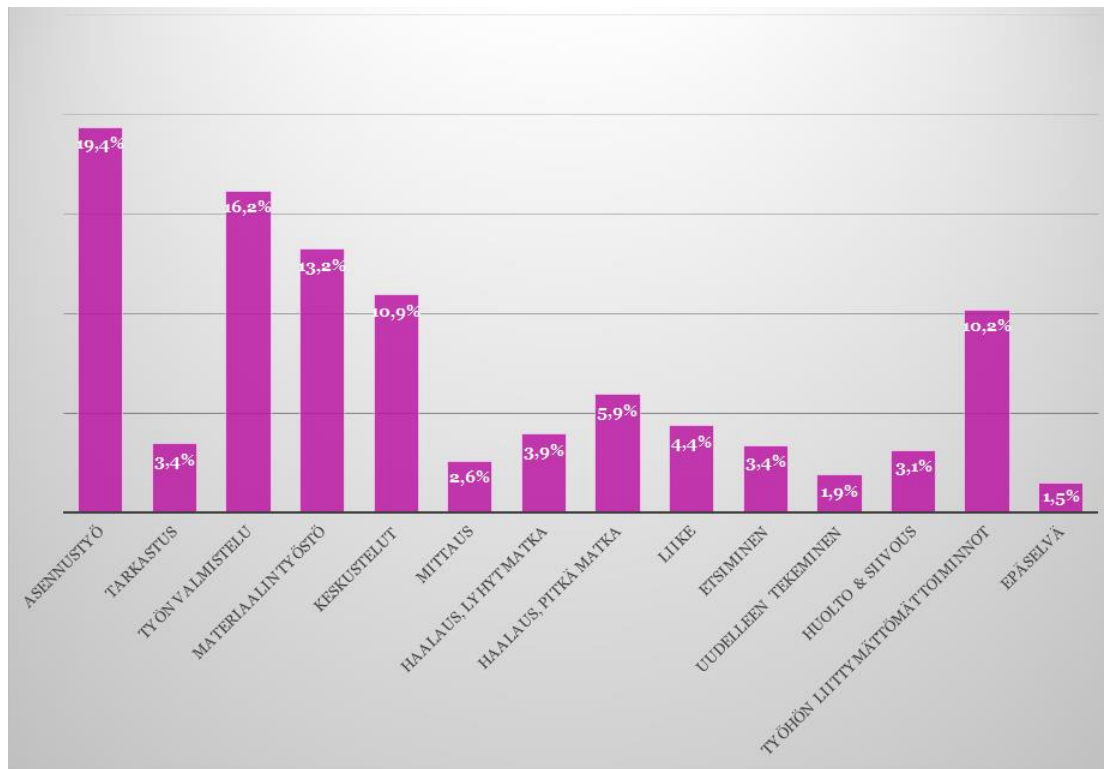
Koko aineisto

Kokonaisuutena ajankäyttö oli odotusten mukainen (kuva 4). Asennustyön osuus 19,4% oli samaa suuruusluokkaa kuin aiemmissa tutkimuksissa (esim. kirvesmiehet 21%, Pasila 2019). Tulevat toimet, kuten työn valmistelu ja materiaalin työstö olivat seuraavaksi korkeimmat osuudet. Isompia eroja muihin työlajeihin voidaan todeta keskustelujen ja työhön liittymättömien toimintojen (sisältäen mm. odotuksen) suuressa osuudessa. Liikkumista oli jonkun verran aiemmin tutkittuja työlajeja vähemmän. Pasilan (2019) kirvesmiehiä käsittelevässä tutkimuksessa liike oli yhteensä 20% mutta se sisälsi myös materiaalien haalauksen. Vastaava prosentti summattuna yhteen etsiminen, siirrot ja liike tästä aineistosta oli 17,6% eli samaa suuruusluokkaa.

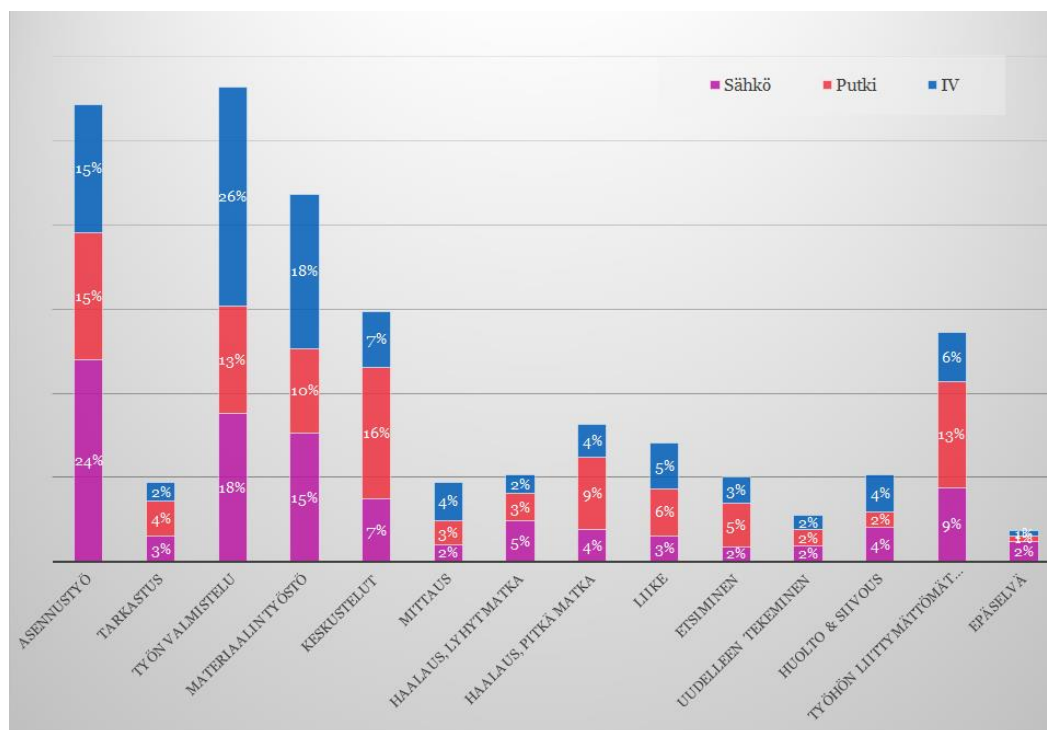
LVI vs. Sähköasentajat

Työlajien välillä oli huomattavia eroja (kuva 5). Sähköasentajien asennustyön osuus oli huomattavasti suurempi kuin LVI-asentajilla. IV-asentajat käyttivät enemmän aikaa työn valmisteluun ja materiaalien työstöön, mikä on luonnollista, kun asennetaan isoa kanavaa. Putkiasentajien keskustelujen osuus sen sijaan poikkesi olennaisesti muista työlajeista ja oli huomattava (16%). Putkiasentajat erottuvat muista myös haalaukseen käytetyssä ajassa sekä työhön liittymättömissä toiminnoissa. Putkiasennukseen liittyi havaintojemme mukaan muita työlajeja enemmän yhteensovitusongelmia ja suunnitelmapuutteita, mitkä näkyvät aineistossa odotuksena ja keskusteluina. Tutkitut putkiasentajat tekivät enemmän erilaisia työvaiheita viikon aikana ja joutuivat sen takia etsimään ja haalaamaan enemmän erilaisia materiaaleja, mikä myös nosti näihin liittyvää osuutta. Pystynousujen osalta asennusryhmä teki yhteistyötä, jossa yksi kerrallaan pääsi asentamaan ja muut pitivät putkea paikallaan tai odottivat putken tuloa omaan kerrokseen. Tämä johti kyseisessä työvaiheessa isompaan odottelun osuuteen. Sähköasentajien isompi asennusaika selittyy osin työvaiheella. Esimerkiksi kaapeloinnissa voidaan pysyä isompia aikoja samassa työkohteessa, kun tarvitaan vähemmän erilaisia materiaaleja työkohteen ul-

kopuolelta. Useimmat havainnoidut sähköasennukset eivät vaatineet asennettavien materiaalien keveyden vuoksi ryhmätyötä ja siihen liittyvää koordinointia, joten keskustelujen osuus jäi vähäiseksi.



Kuva 4: Työn luokittelu koko aineistossa (kaikki työlajit)



Kuva 5: Työlajien väliset erot koko aineistossa

Asentajat vs. kärki/etumiehet

Kärki/etumiehillä on asentajista poikkeavia tehtäviä. Taulukossa 7 on esitetty ajan jakautuminen sähkö- ja putkiasennuksessa. Kuten odotettua, asennustyön osuus on pienempi kärki- ja etumiehillä kuin asentajilla. Putkiasentajilla etumiesten ajasta meni jopa 20% keskusteluihin ja asentajillakin keskustelujen osuus oli sähköasentajia suurempi. IV-asentajat puuttuvat taulukosta materiaalin vähäisen määrän vuoksi.

Taulukko 7: Työn luokittelu työntekijäryhmittäin

Tehtävä	Putkias.	Etumies	Sähkö-as	Kärki-mies	Huom.
Asennustyö	18%	12%	25%	21%	
Tarkastus	3%	6%	3%	6%	
Työn valmistelu	13%	13%	18%	17%	
Materiaalin käsittely	13%	7%	16%	11%	
Keskustelut	11%	20%	8%	5%	
Mittaus	4%	2%	1%	6%	
Haalaus, lyhyt	4%	3%	5%	4%	
Haalaus, pitkä	7%	11%	4%	4%	Sisältää etumiehen matkan autolla ostamaan lisätarvikkeita, mikä selittää korkean osuuden.
Liike	5%	7%	4%	1%	
Etsiminen	6%	4%	2%	2%	
Uudelleen tekeminen	3%	1%	2%	2%	
Huolto & Siivous	2%	2%	4%	6%	
Työhön liittymättömät toimet	12%	13%	8%	14%	Pääosa ajasta odotusta.

Omaan työhön liittyvät tarkastukset eivät eronneet juurikaan roolien välillä mutta pääurakoitsijan kanssa tehdyissä tarkastuksissa kärki- ja etumiesten rooli korostui. Pääosa haalauksesta on asentajatasolla tehtävää mutta lisämateriaalien haku työmaan ulkopuolelta oli aineistossa etumiehen tehtävä. Putkiasentajien suuremmat haasteet materiaalilogistiikan osalta ilmenevät esimerkiksi huomattavasti suuremmasta etsimisestä kuluva ajasta.

Projektien väliset erot

Projektien välillä oli merkittäviä eroja, jotka heijastuivat myös asentajien ajankäyttöön (taulukko 8). Yllättävää oli, että asennustyön osuus oli suurin kauppakeskustyömaalla, joka oli kohteista laajin ja vähiten toistoa sisältävä. Kohteessa oli käytössä tahtituotantomenetelmä, mikä

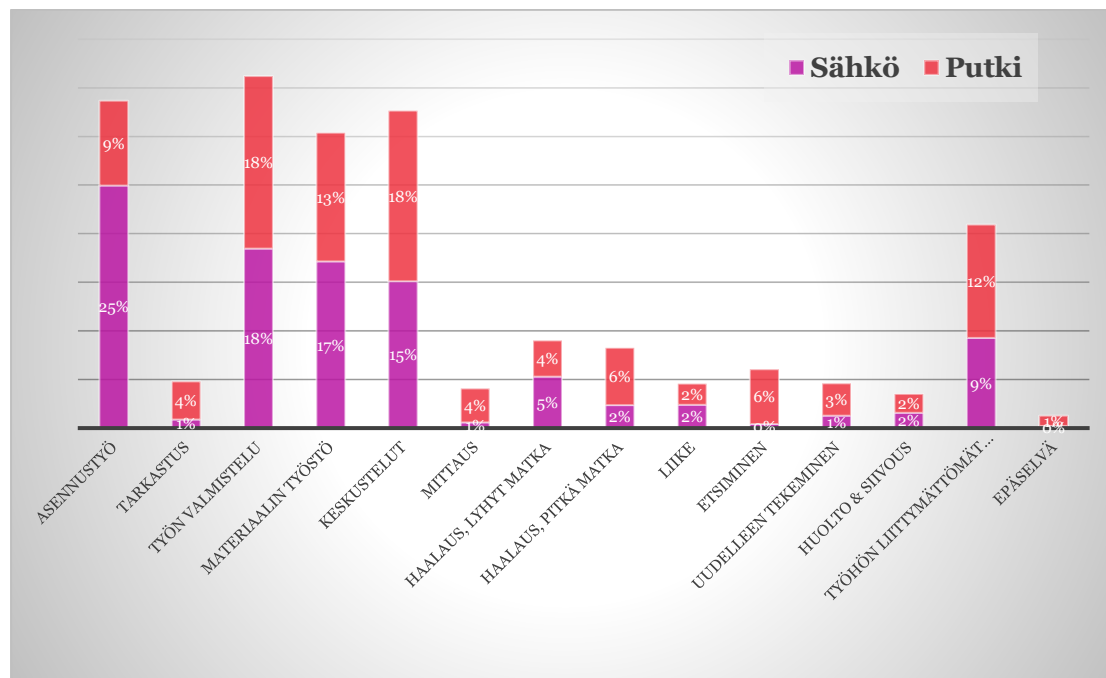
voi selittää eroja. Tahtituotannosta on löydettävissä lisätietoja esimerkiksi Building 2030-konsortion tahtituotantoa koskevan tutkimuksen loppuraportista (Seppänen ym. 2019). Videoista oli havaittavissa huomattavasti pienempi häiriöiden määrä, mikä näkyi mm. vähempinä keskusteluina. Syntyi vaikutelma, että kaikille oli selvää, mitä tehdä. Haalausmatkat olivat kohteen laajuudesta johtuen pitkiä, joten haalauksen osuus oli suurempi kuin muissa kohteissa. Asuntokohde 2 osalta on poistettu yksi pitkäkestoinen materiaalien haku työmaan ulkopuolelta omalla autolla, jolla oli merkittävä vaikutus kokonaisuuteen. Ilman tätä etumiehen tekemää matkaa haalauksen osuus oli samaa luokkaa asunto 1 kanssa.

Taulukko 8: Projektien väliset erot

Toiminto	Toimisto /Hotelli	Kauppakeskus	Asunto 1	Asunto 2 (osuuksista poistettu yksi ajallisesti pitkä automatka)
Asennustyö	14%	25%	21%	21%
Tarkastus	3%	2%	3%	7%
Työn valmistelu	18%	15%	21%	10%
Materiaalin työstö	14%	15%	16%	6%
Keskustelut	17%	5%	5%	17%
Mittaus	3%	3%	3%	2%
Haalaus, lyhyt matka	4%	5%	3%	4%
Haalaus, pitkä matka	5%	7%	3%	4%
Liike	2%	4%	5%	8%
Etsiminen	4%	4%	2%	4%
Uudelleen tekeminen	3%	1%	2%	1%
Huolto & Siivous	2%	4%	5%	2%
Työhön liittymättömät toiminnot	11%	9%	8%	14%
Epäselvä	1%	1%	3%	1%

Toimisto/hotelli -hankkeen asennustyön osuus on huomattavasti alempi kuin muissa kohteissa. Tässä kohteessa on huomattava, että sähkötyön asennusajan osuus on samalla tasolla kuin muissa kohteissa (25%). Putkiasennuksen asennusajan osuus sen sijaan oli tutkituista työmaista matalin (9%). Putkitöihin liittyi sähköasennusta enemmän odottelua, etsiskelyä ja haa-

lausta. Haastattelujen mukaan aikatauluissa oli merkittäviä viiveitä koronapandemiasta johtuen eikä aikataulu ollut asentajille selvä. Tämä näkyy muita kohteita suurempana keskustelujen osuutena myös sähköasennuksen osalta (kuva 6). IV-asennuksen osalta ei voi tehdä johtopäätöksiä yksittäisestä hankkeesta materiaalin vähäisen määrän vuoksi.



Kuva 6: Hotelli/toimistohankkeen ajankäytön osuudet sähkö- ja putkityölle

3.2.2 Hukatun ajan luokittelu

Selkeästi hukkaan heitettyä aikaa löytyi analysoidusta datasta 18% kaikesta ajasta. Tämä jaettiin aiemman tutkimuksen perusteella yhdeksään ryhmään. Ryhmät ja osuudet koko aineiston hukatusta ajasta on esitetty taulukossa 9. On huomattava, että tiettyjä hukan muotoja on vaikea tunnistaa videoista. Esimerkiksi yliprosessointi vaatii tiedon siitä, mikä on tavoiteltu laatutaso ja ylituotanto tarvitsee tiedon siitä, milloin seuraava työryhmä tulee tekemään jotain samalle alueelle. Hyödyntämättömiä taitoja on vain poikkeuksellisesti havaittavissa videoista. Eniten edustetut hukan muodot kuljettaminen, odotus, liike, virheet ja varastot oli kuitenkin selkeästi nähtävissä videoista. Kuljettaminen ei sisällä työn kannalta tarpeellista materiaalien haalausta, vaan turhaa materiaalien tai kaluston siirtelyä. Samoin liike ei ole työn kannalta välttämätöntä liikettä, vaan työn etenemisen kannalta turhaa liikettä.

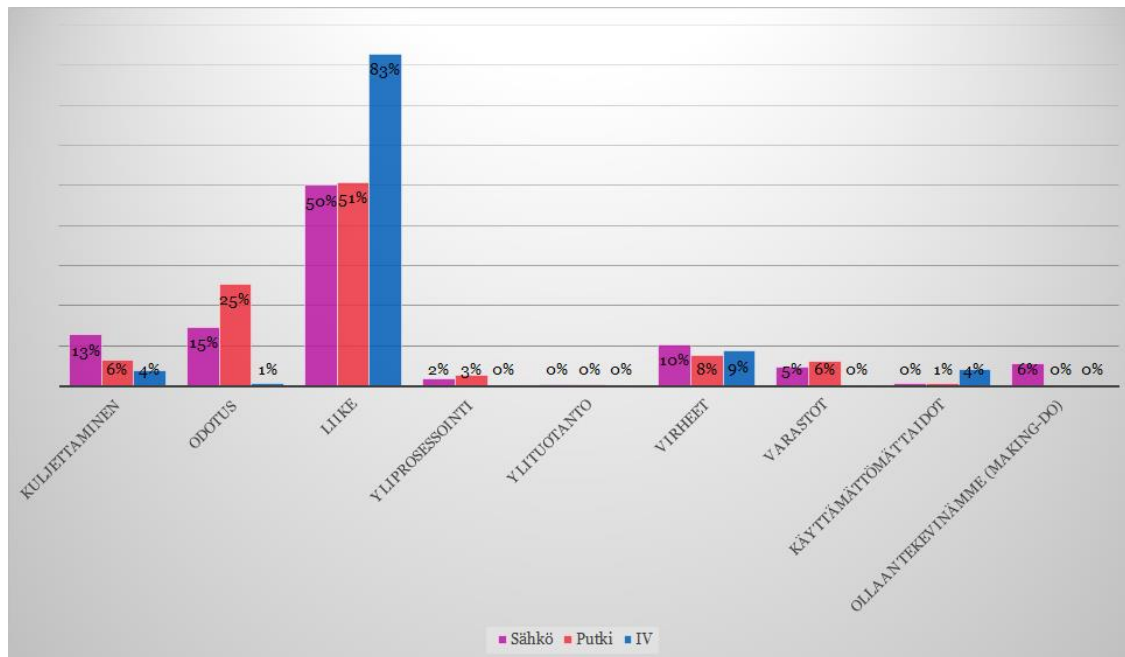
Pääosa hukatusta ajasta näkyy tarpeettomana liikkeenä (53%) tai odotuksena (20%). Tarpeeton liike liittyi yleensä asioiden tai ihmisten etsimiseen ja aiheutui siitä, kun prosessissa tai suunnitelmissa oli sekavuutta tai tuli yllättäviä materiaalitarpeita. Odotusaikoja aiheutui erityisesti muita kohteita korkeammassa hotelli / toimistokohteessa, jossa hissin odottelu saattoi kestää 4-5 minuuttia per kerta. Odotusta liittyi usein myös työvaiheisiin, joissa odotettiin toisen asentajan tekemää suoritusta (esimerkiksi piikkausta tai roilousta, hormiasennuksissa putken nousua omaan kerrokseen yms).

Taulukko 9: Hukan muodot ja niiden osuus kokonaishukasta aineistossa

Hukan laji	Osuus kaikesta hukasta	Havaittua hukkaa yhteensä
Kuljettaminen	9%	2:39:55
Odotus	20%	6:06:27
Liike	53,0%	16:36:10
Yliprosessointi	2%	0:39:30
Ylituotanto	0%	0:03:46
Virheet	9%	2:43:06
Varastot	5%	1:34:43
Hyödyntämättömät taidot	1%	0:16:47
Tekeminen ilman aloitusedellytyksiä	2%	0:38:05

Työlajien väliset erot

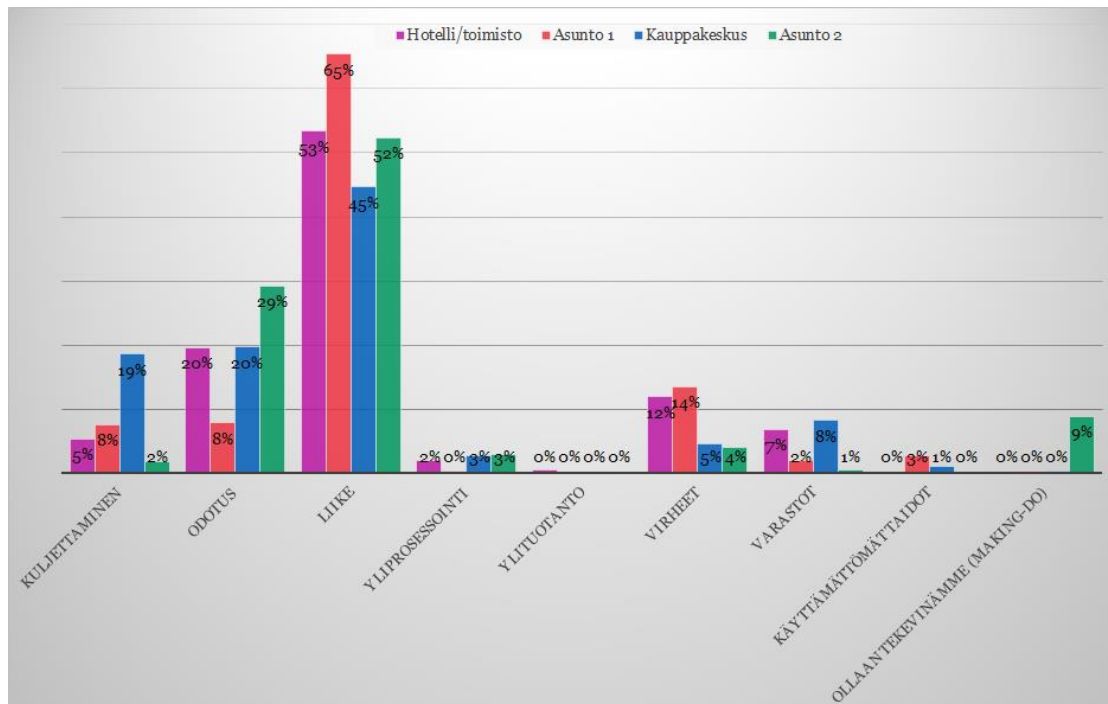
Työlajien välillä oli eroja hukan muodoissa. Odotus korostui putkiasentajilla ja kuljettaminen sekä tekeminen ilman tarvittavia edellytyksiä sähköasentajilla. IV-asentajilla suurin osa hukasta ajasta näkyi tarpeettomana liikkumisena (Kuva 7). IV-asentajilla ei ollut varastoihin liittyvää hukka-aikaa, koska asennusryhmällä oli käytössä helposti pyörillä siirrettävä työpiste, jossa oli asennustyössä tarvittavat materiaalit. Vastaavaa järjestelyä toivottiin toisessa kohteissa putkiasennuksiin ja nähdäksemme kaikki asentajat hyötyisivät helposti työpisteeseen siirrettävästä materiaalivarastosta. Kuljetukseen liittyvää aikaa meni erityisesti sähköasentajilla, joiden töihin kuului jatkuvat siirtymiset työkohteesta toiseen ja työkalujen, tikkaiden ja nostimien siirrot. Sähköasentajat joutuivat jatkuvasti siirtämään toisten asentajien materiaaleja pois tieltä, jotta henkilönostimilla olisi esteetön kulku. Kuljetuksiin liittyvä hukka sähköasentajilla liittyi siis pääosin muiden urakoitsijoiden materiaalien siirtoon.



Kuva 7: Hukka työlajeittain (osuudet kokonaishukasta)

Hukka projekteittain

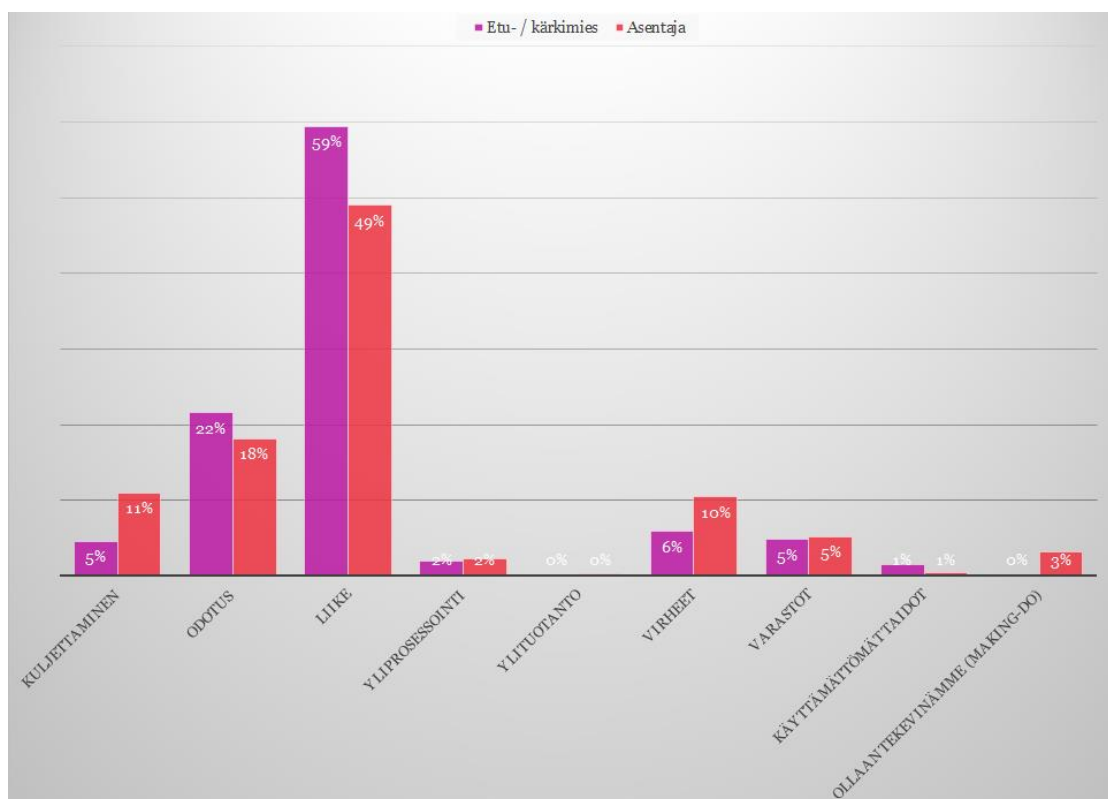
Projektien välillä oli jonkun verran eroja (kuva 8). Turhan kuljettamisen osuus hukasta oli huomattavasti suurempi kauppakeskushankkeessa, jossa muiden työryhmien materiaalit estivät usein henkilönostimella ajon. Kauppakeskuksessa tarpeettoman liikkeen osuus oli kuitenkin pienempi kuin muissa kohteissa, mikä näkyi selkeästi myös videoista. Asentajat pysyivät enemmän työkohteensa välittömässä läheisyydessä kuin muissa kohteissa. Odotus korostui työmailla, joissa oli isompi osuus putkiasentajia aineistossa. Virheet liittyivät putkiasennuksessa useimmiten suunnittelun yhteensovituksen puutteisiin ja siitä johtuvaan tarpeeseen korjata tehtyjä asennuksia, kun järjestelmät eivät mahtuneetkaan suunnitelmien mukaiseen sijaintiin. Sähköasennuksissa virheisiin liittyvä hukka liittyi pääosin betonielementtien virheisiin. Sähköreitit olivat joko tukossa tai väärässä paikassa ja tarvittiin piikkausta tai roilousta. Kyse ei ollut siis yleensä asentajan itse tekemästä virheestä, vaan edeltävän suorituksen virheestä.



Kuva 8. Hukatun ajan osuudet projekteittain.

Hukattu aika: Etu-/kärkimies vs. asentajat

Kokonaisuutena etu- ja kärkimiesten osuudet olivat samaa luokkaa kuin asentajien osuudet. Asentajilla korostui kuljettaminen ja virheet, etu- ja kärkimiehillä odottaminen ja liikkuminen. Kuten kuvasta 9 voidaan havaita, erot olivat kuitenkin vähäisiä.

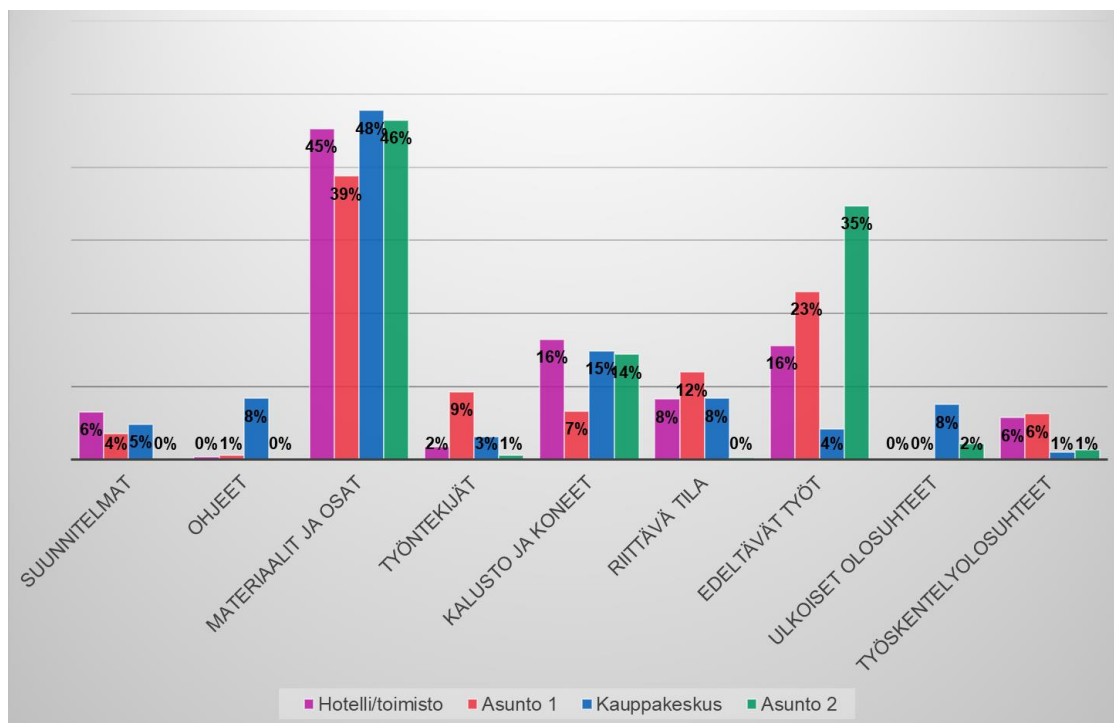


Kuva 9. Hukatun ajan osuudet roolien mukaan

3.2.3 Puuttuvat aloitusedellytykset

Hukan juurisyitä voi arvioida määrällisesti tarkastelemalla, mitä asentajilta puuttui, kun he eivät voineet tehdä asennustyötä. Puuttuvat aloitusedellytykset jaettiin aiempaan tutkimukseen perustuen suunnitelmiin, ohjeisiin, materiaaleihin / osiin, työntekijöihin, kalustoon ja koneisiin, riittävään tilaan, edeltävien töiden valmiuteen, ulkoisiin olosuhteisiin (Esim. lämpötila, ilmankosteus, lumi, vesi) ja työskentelyolosuhteisiin (mm. edellytykset turvalliseen työskentelyyn). Joku videoista havaittava puute liittyi 95 prosenttiin havaitusta hukasta, joten hukattu aika liittyi pääosin puuttuviin työn edellytyksiin. Kuvassa 10 on esitetty puuttuvat aloitusedellytykset hankkeittain.

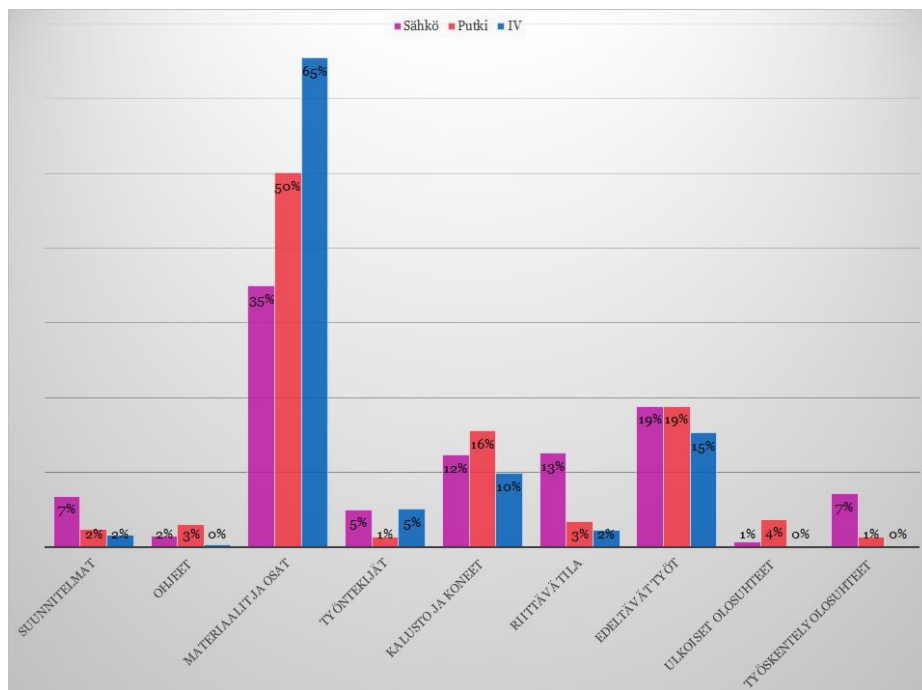
Pääosa puuttuvista aloitusedellytyksistä kaikissa hankkeissa liittyi puuttuviin materiaaleihin ja osiin. Pienin osuus oli asuntokohteessa 1, jossa IV-asentajilla oli käytössä siirreltävä materiaallivarasto ja sähköasentajat tekivät kaapelointia kaapelikeloilta. Tässä hankkeessa myös puutteisiin liittyvä haalaus ja materiaalien etsiminen oli muita hankkeita pienemmällä tasolla. Edeltävien töiden valmius oli seuraavaksi tärkein kategoria. Tässä poikkeuksena oli kauppakeskushanke, jossa edeltävien töiden valmius oli huomattavasti muita kohteita pienemmässä roolissa. Kohteessa oli käytössä tahtituotanto, mikä näkyi videoina systemaattisempina prosessina. Seuraavaksi tärkein luokka oli kalusto ja koneet, sitten riittävä tila ja suunnitelmat. Turvallisten työolosuhteiden puuttuminen liittyi usein kaapeloinnin etenemiseen ja korkeat osuudet hotelli/toimisto ja asuntokohde 1:ssä selittyvät pääasiassa tällä työvaiheella. Näissä hankkeissa kaapeleiden uudelleenjärjestelyä tarvittiin paljon työturvallisuussyistä.



Kuva 10: Puuttuvat aloitusedellytykset hankkeittain.

Työlajien väliset erot

LVI- ja sähköalan asentajien välillä oli joitain eroja (kuva 11). LVI-asentajien osalta isompi osa puutteista liittyi puuttuviin materiaaleihin. Sähköasentajilla oli enemmän puutteita suunnitelmassa ja työskentelyolosuhteissa sekä riittävän tilan osalta. Edeltävien töiden aiheuttamat haasteet olivat yhtä yleisiä sähkö- ja putkiasentajilla ja vähän harvinaisempia IV-asentajilla. Etu/kärkimiesten ja asentajien välillä tuloksissa ei näkynyt merkittäviä eroja.



Kuva 11: Puuttuvat aloitusedellytykset työlajeittain

Puuttuvat aloitusedellytykset selittivät merkittävän osan hukasta. Taulukossa 10 on esitetty hukkatyypeittäin, kuinka iso osuus hukasta selittyy puuttuvilla aloitusedellytyksillä. Prosentit ovat tärkeimpien hukkalajien osalta pääosin 80-90%. Työn edellytysten parantamisella olisi siis merkittävä tuottavuusvaikutus. Tehokkaasta työajasta vain 4% liittyi aikaan, jolloin joku edellytys puuttui.

Taulukko 10: Puuttuvien aloitusedellyksien osuus hukasta.

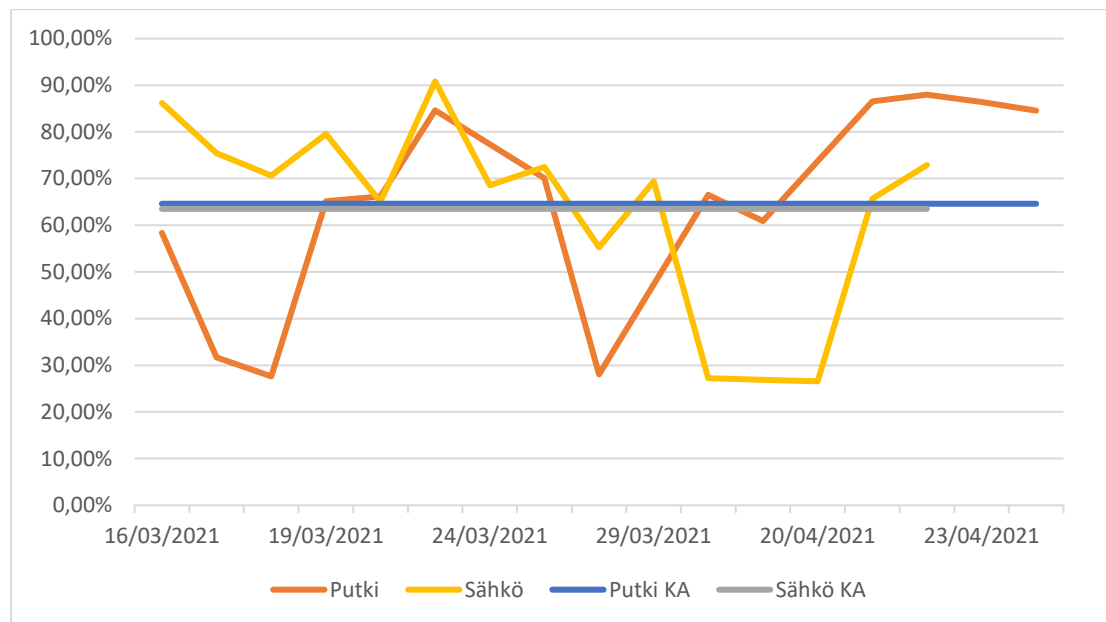
Hukan laji	% kokonais- hukasta	% aloitus- edellytyksiin liittyen
Kuljettaminen	9%	80%
Odotus	20%	83%
Liike	53%	75%
Yliprosessointi	2%	70%
Ylituotanto	0%	86%
Virheet	9%	76%
Varastot	5%	93%
Hyödyntämättömät taidot	1%	21%
”Ollaan tekevinämme” (ma- king-do)	2%	80%

Eri aloitusedellytyksillä oli eri vaikutukset. Edeltävien tehtävien myöhästymisen johti muita puuttuvia edellytyksiä enemmän odottamiseen, ylituotantoon, improvisointiin ja virheisiin, joita jouduttiin korjaamaan myöhemmin. Materiaalipuutteet johtivat harvoin odottamiseen, vaan näkyivät pääosin liikkeenä, kuljettamisena ja varastoista etsiskelynä. Suunnitelmien puutteellisuus johti yleisemmin yliprosessointiin (tehtiin tarpeettomia työvaiheita), liikkeeseen ja virheisiin.

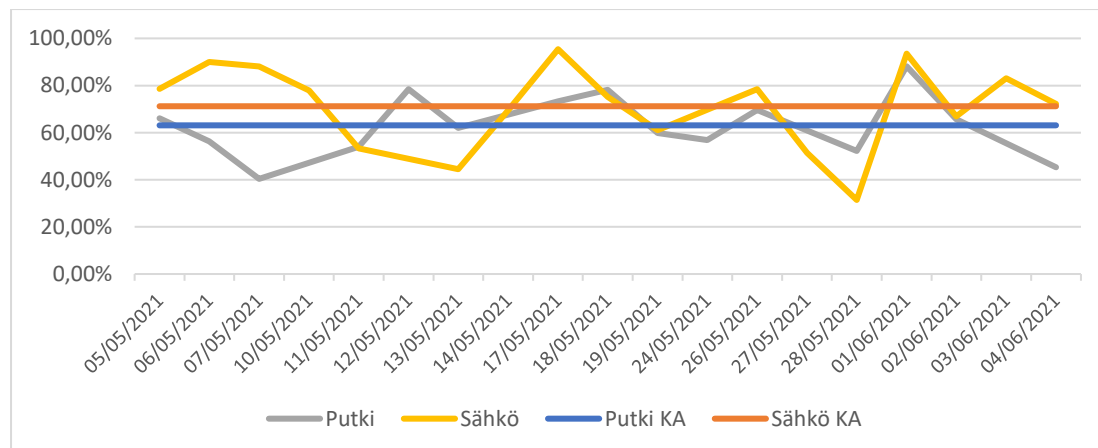
3.2.4 Sisäpaikannuksen tulokset

Sisäpaikannuksella arvioitiin työmaan aikataulujen paikkaansa pitävyyttä ja sitä, kuinka edustava kuvausviikko oli. Tärkeimpänä mittarina hyödynnettiin keskeytymätöntä läsnäoloa työkohteessa eli kuinka iso osuus asentajan työajasta oli työkohteessa yli viiden minuutin keskeytymättömiä ajanjaksoja. Koska pääosa hukasta näyttäytyi liikkeenä, läsnäoloa mittaamalla voidaan myös arvioida hukkaa. Sisäpaikannus toteutettiin toimisto/hotelli- ja kauppakeskuskohteissa. Molemmat kohteet olivat laajoja, joten sisäpaikannusverkko asennettiin vain alueille, jossa putki- ja sähkötöiden piti olla käynnissä. Töitä on voitu tehdä myös paikannuksen ulottumattomissa, koska toimisto/hotelli -kohteessa oli kaksi rakennusta ja kauppakeskushanke oli todella laaja. On syytä myös huomata, että sisäpaikannuksesta ei voi erottaa taukoihin liittyvää aikaa, koska vain työkohteissa on paikantimet, joten läsnäolo ei parhaassakaan tilanteessa voi olla 100%.

Kokonaisuutena yhtäjaksoinen läsnäolo kuvausviikolla oli kypäräkameroista analysoidun mukainen eli häiriöitä näkyi vähemmän kauppakeskuksessa ja häiriötön läsnäolo oli noin 10% korkeammalla tasolla (Kuvat 12 ja 13). Sisäpaikannuksen mukaan häiriöiden lukumäärä lisääntyi kuitenkin kuvausviikon jälkeen ja lopputuloksena kauppakeskuksessa häiriötöntä läsnäoloa oli mitatuissa työkohteissa 67,4% ja toimisto/hotellikohteessa 64,4%. Kuvaajien päiväkohtaisista heitoista näkyy, että prosessi ei ole mitenkään vakio, vaan päiväkohtaista vaihtelua on paljon erityisesti toimisto/hotellikohteessa.



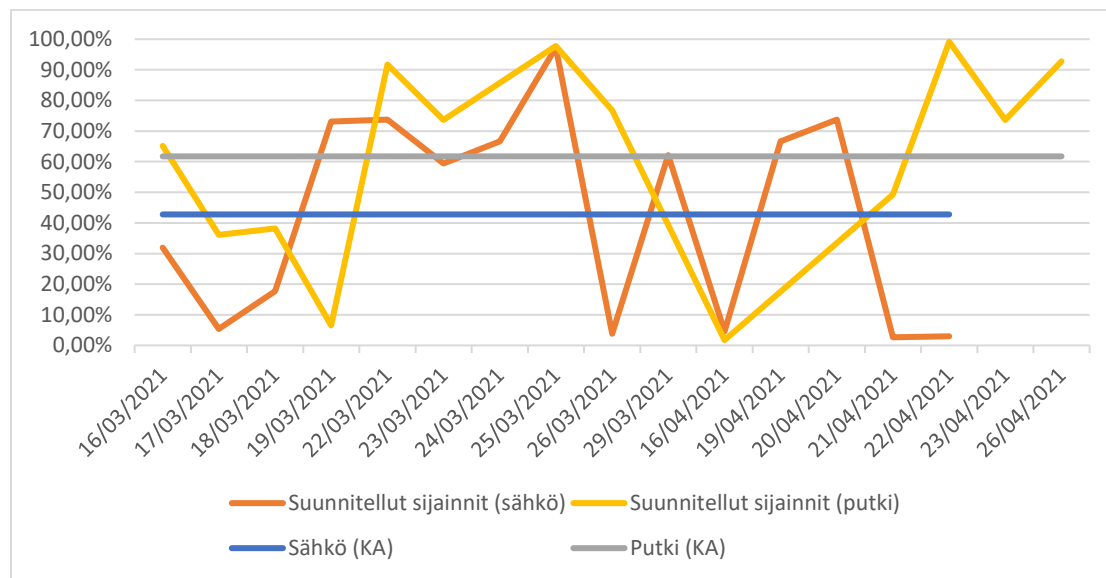
Kuva 12: Asentajien läsnäolo työkohteissa toimisto/hotellikohteessa (vain yli 5 min yhtäjaksoiset läsnäolot)



Kuva 13: Asentajien läsnäolo työkohteissa kauppakeskuksessa (vain yli 5 min yhtäjaksoiset läsnäolot)

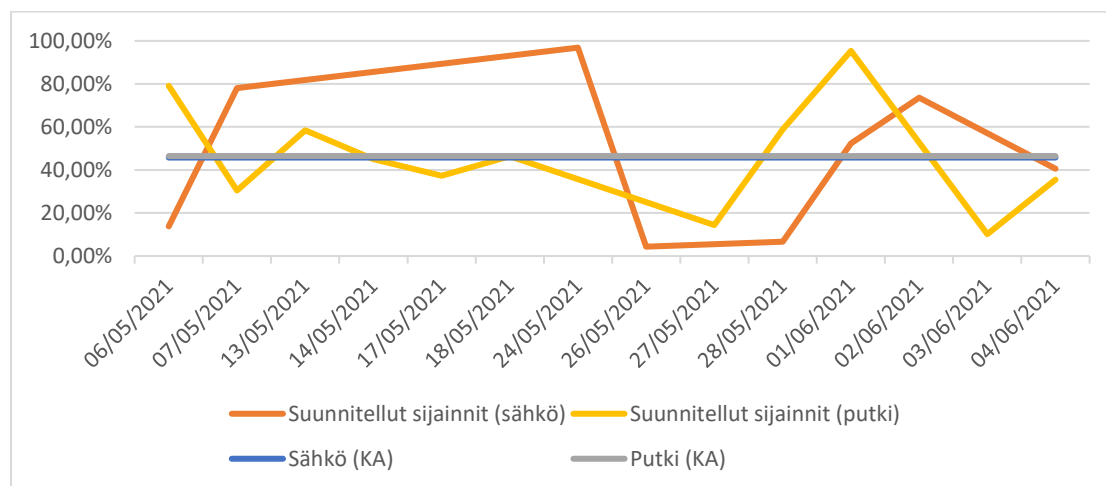
Aikataulujen osalta hotelli/toimistohankkeessa aikataulun päivitys oli tutkimushetkellä kesken, joten vertailu tehtiin talotekniikkaurakoitsijan omiin päiväkohtaisiin aikatauluihin. Kauppakeskushankkeessa verrattiin kuvausviikon näkymään pääurakoitsijan tahtiaikataulussa. Vertailu tehtiin tarkastamalla, kuinka ison osuuden sisäpaikannuksessa havaitusta ajasta asentajat olivat suunnitellussa työkohteessa. Toimisto/hotellihankkeen osalta tulokset ensimmäisellä

kuvausviikolla olivat todella heikot ja tämä näkyi myös osaltaan kypäräkameravideoiden tuloksissa. Myöhempinä viikkoina aikataulu muuttui vähän luotettavammaksi erityisesti putkiasentajien osalta mutta päiväkohtaista vaihtelua oli paljon. Putkiasentajien mahdollisuudet noudattaa suunniteltua aikataulua olivat selvästi paremmat kuin sähköasentajilla (Kuva 14).



Kuva 14: Läsnaölo suunnitelluissa sijainneissa Toimisto/hotellikohteessa (osuus koko läsnaölostä)

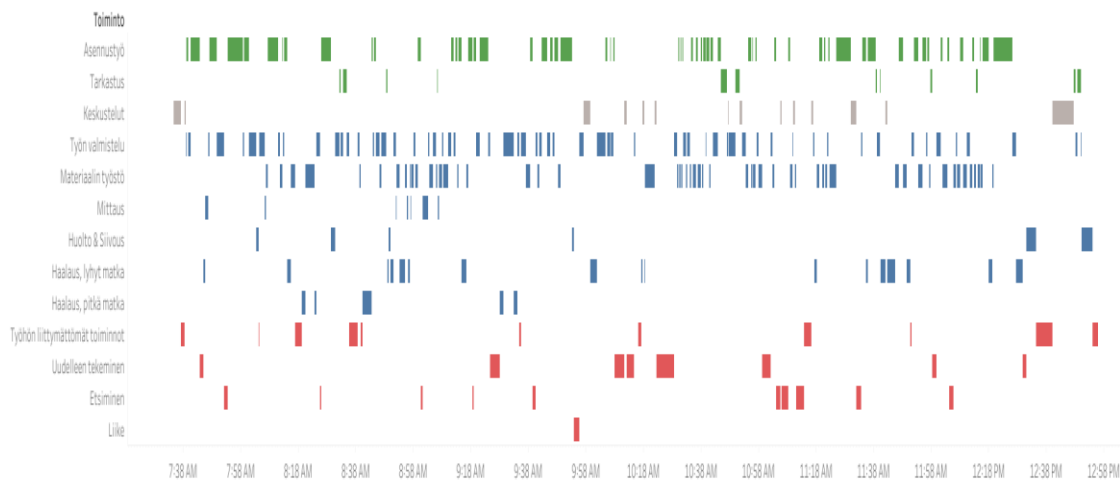
Kauppakeskushankkeessa kuvausviikolla aikataulua noudatettiin erinomaisesti erityisesti sähköasennuksessa. Myöhemmillä viikoilla aikataulun pito heikkeni olennaisesti. (Kuva 15) Tämä lienee syynä siihen, että haastatellut asentajat kokivat, että tahtituotanto ei toiminut kohteessa ihan suunnitellusti. Tiedossamme on, että kohteessa oli koronapandemiaan liittyviä viiveitä ja aikataulun pitämisessä ajan tasalla oli haasteita.



Kuva 15: Läsnaölo suunnitelluissa sijainneissa kauppakeskuskohteessa (osuus koko läsnaölostä)

3.2.5 Asentajan työn katkonaisuus

Yksittäisen asentajan työ on varsin katkonaista. Asennustyötä tehdään pienissä muutaman minuutin pätkissä, jonka jälkeen on lähdettävä hakemaan lisää materiaalia. Jokainen tehtävän vaihto sisältää liikkumista ja vie aikaa. Katkonaisuuden näkee esimerkiksi kuvasta 16, jossa on näytetty yhden asentajan työt 7:38 ja 12:58 välillä (tauot poistettu).



Kuva 16: Asentajan ajankäytön pirstoutuneisuus. Vihreät kohdat ovat arvoa lisäävää, siniset arvoa tukevaa ja punaiset hukkaa

3.3 Hukan juurisyyt

Analysoitu materiaali viittaa kokonaisuutena viiteen tärkeimpään syyhyn, joihin puuttumalla työmaan tuottavuutta voisi merkittävästi parantaa riippumatta tehtävästä. Juurisyyt liittyvät viestintään, aikataulunhallintaan, materiaalinhallintaan, suunnitteluun ja työmaalla tehtyyn valmistelemaan työn osuuteen. Lisäksi löytyi lukuisia tehtäväkohtaisia tekijöitä.

3.3.1 Työmaan viestintä

Kyselytutkimuksen pohjalta on selvää, että asentajat tarvitsevat paljon enemmän tietoa kuin he nykyprosessissa saavat. Erityisesti kokonaisymmärrys prosessista puuttuu. Asentajille jäi usein epäselväksi, mikä on oma rooli kokonaisuudessa, ja mihin töihin omat työt vaikuttavat. Tämä johti haastattelujen mukaan usein hätätöihin, joissa toinen urakoitsija tarvitsi välittömästi jonkun asennuksen, koska oltiin sulkemassa seinää tai valamassa lattiaa. Tiedon puute oman työn riippuvuuksista muihin töihin turhautti haastateltuja asentajia ja johti kypäräkamera-aineiston perusteella hukattuun aikaan.

Haastatteluista nousi esille monimutkaiset ja pitkät komentoketjut. Usein esimerkiksi läpivienit, roilot, piikkaus tai materiaalien siirtäminen pois edestä oli tehokkaampaa tehdä itse kuin selvittää, miten saadaan joku muu tekemään työ. Pääurakoitsijoiden omien työntekijöiden puuttuminen koettiin haastavaksi, kun tukevia töitä tekemään ei löytynyt sopivaa urakoitsijaa. Haastattelujen perusteella voidaan todeta, että asentajille ei yleensä ollut selvää, keneen pitää

olla yhteydessä erilaisissa ongelmatilanteissa. Ongelmien ratkaisu kesti kauan tai sitä ei tapahtunut ollenkaan. Lisätyön tekeminen itse koettiin tehokkaammaksi kuin oikean henkilön etsiminen.

Viestinnän merkitystä osoittaa, että erilaisiin keskusteluihin käytetty aika on iso osuus työajasta. Kypäräkameroilla ei tallennettu ääntä, joten keskustelujen sisältöä ei voitu analysoida. Haastattelujen perusteella keskustelut liittyivät usein työjärjestyksiin, joita asennusryhmät pohivat toisten urakoitsijoiden kanssa. Lisäksi keskusteltiin suunnitelmien yhteensovituksista ja materiaaleista. Haastatteluista nousi esille, että useimmilla tutkimuksen työmailla ei pidetty viikoittaisia urakoitsijapalavereita, joihin työryhmien jäsenet pääsisivät mukaan. Tämä hankaloitti asentajien mielestä omaa suunnittelua ja aloitusedellytyksiä ei päästy koordinoimaan muiden työryhmien kanssa. Aikataulu ei myöskään ollut työryhmillä tiedossa eikä sen muutoksista informoitu riittävästi. Aikatauluun liittyviä kysymyksiä käsitellään laajemmin jäljempänä.

Positiivista oli, että pikaviestityökalut (erityisesti WhatsApp) oli sekä kyselyn että haastattelujen pohjalta otettu hyvin käyttöön ja asentajat kokivat, että ne helpottivat viestinnän haasteita. Ratkaisuja ongelmiin saatiin heti ja kuvien liittäminen viestiin mahdollisti tehokkaamman ongelman ratkaisun. Haasteena olivat useat ryhmät ja viestien suuri määrä. Muilta osin digitaaliset työkalut eivät vielä laajassa mitassa näkyneet asentajatasolla mutta kyselyyn vastanneet suhtautuivat positiivisesti digitaalisiin työkaluihin.

Rakennuksen tietomalleista oli useimmilla kokemusta. Haastatellut asentajat pitivät tietomalleja hyödyllisinä erityisesti ahtaiden tilojen havainnollistamiseen. Asentajille oli kuitenkin annettu ristiriitaisia tietoja. Useimmilla oli käsitys, että tietomalli ei ole virallinen suunnitelma, joten sitä ei voi käyttää esimerkiksi mittojen ottamiseen. Toisaalta tietomallien hyöty kyseenalaistettiin, koska liian usein asentajat törmäsivät ”valmiissa” tietomallissa talotekniikka-asennuksiin, joissa putket menivät kanavan läpi tai kaapelihylly oli sijoitettu ison IV-kanavan alle. Käytännössä yhteensovituksista jouduttiin mallintamisesta huolimatta tekemään runsaasti työmaalla, joten tietomalli ei nykyisellään ratkaissut viestinnän haasteita.

3.3.2 Aikataulun hallinta

Työmaan aikataulun hallinta vaikutti olennaisesti talotekniikkatöiden tuottavuuteen. Iso osa kypäräkameratutkimuksessa havaituista työn esteistä liittyi edeltävien töiden valmiuteen. Sisäpaikannuksen perusteella edes päiväkohtaisesti tehdyt suunnitelmat eivät toteutuneet puhumattakaan pidemmän aikavälin suunnitelmista. Haastatteluista nousi esille asentajien syvä turhautuminen aikataulunhallinnan puutteisiin. Aikataulut eivät olleen asentajien mielestä riittävän yksityiskohtaisia ja niitä ei päivitetty, kun tapahtui viiveitä.

Nämä puutteet lienevät juurisyy siihen, että kyselytutkimuksen perusteella pääosa asentajista ei hyödyntänyt työmaan aikatauluja kuin satunnaisesti. Useimmat työskentelivät itse laatimiensa aikataulujen pohjalta ja koordinoivat aikatauluja suoraan muiden työryhmien kanssa.

Haastatteluissa asentajatasolla ei koettu tästä suurta ongelmaa, koska erityisesti sähköasentajilla oli aina jotain muuta työtä, jota voi tehdä. Jos ei päässyt tekemään suunniteltua työtä, tehtiin sitten jotain muuta. Ongelmia aiheutui enemmän putkiasentajille, joilla ei välttämättä ollut muita töitä tehtäväksi. Etu- ja kärkimiehillä sen sijaan oli suuri huoli siitä, että heillä ei ollut mahdollisuuksia ennakoida tulevia töitä ja tilata tarpeellisia materiaaleja. Tavoitteet ja sakolliset välitavoitteetkin olivat epäselviä, kun rakennushankkeissa oli viiveitä. Kyselytutkimuksesta nousikin esille, että monet asentajat eivät tienneet asennustyön aikana, milloin tehtävän pitäisi valmistua. On selvää, että tavoitteiden puuttuminen haittaa työn tuottavuutta.

Työmaatutkimuksen kauppakeskuskohteessa hyödynnettiin tahtituotantoa. Vaikka kohde oli muita haastavampi, edeltäviin tehtäviin liittyviä viiveitä havaittiin huomattavasti vähemmän. Lisäksi kypäräkameroista oli selkeästi nähtävissä systemaattisempi prosessi. Vaikka asentajien mielestä tahtituotanto ei toiminutkaan ihan suunnitellusti, erot muihin työmaihin oli kuitenkin selvästi havaittavissa kuvausviikon aineistossa. Tulokset erottuivat myös hukan määrässä. Vaikeimmassa kohteessa, jossa oli myös pisimmät välimatkat, päästiin parempaan asennustyön osuuteen kuin muissa kohteissa. Haalauksen osuus korostui mutta keskusteluja tarvittiin vähemmän. Tahtituotanto ratkaisi selvästi osittain aikatauluihin liittyviä haasteita ja paransi tuottavuutta. Siinäkin haasteeksi muodostui tiedon reaaliaikaisuus. Aikataulun pito heikkeni sisäpaikannuksen perusteella merkittävästi ajan kuluessa, osin koronapandemiaan liittyvien viiveiden vuoksi. Lisäksi haastatellut asentajat eivät olleet mukana suunnittelemassa tahtiaikataulua ja heillä ei ollut työryhmätasolla riittävää ymmärrystä sen sisällöstä.

3.3.3 Logistiikka ja materiaalien hallinta

Materiaaleihin ja työkaluihin liittyvät puutteet olivat yleisin puuttuva aloitusedellytys. Materiaalivarastot olivat kaikilla työmailla kaukana työkohteesta. Haalaukseen ja materiaalien etsimiseen käytettiin merkittävästi aikaa. Haastatteluissa erityisesti putkiasentajat nostivat materiaalien hallinnan yhdeksi suurimmista hukkaa aiheuttavista tekijöistä.

Haasteet korostuivatkin putkiasennuksissa. Varsin usein videoilta oli havaittavissa tilanne, jossa jouduttiin improvisoimaan ja improvisointi edellytti alkuperäisestä suunnitelmasta poikkeavaa osaa (esim. putkikulmaa). Materiaalivarastot eivät olleet millään työmaalla hyvässä järjestyksessä siten, että erilaiset osat olivat helposti löydettävissä. Materiaalilaatikoita oli useita eikä niitä ollut järjestetty siten, että erilaiset osat olisivat omissa paikoissaan. Videoilta näkyi useita tapauksia, jossa asentaja joutui käymään läpi useita varastoalueita oikean osan löytämiseen.

Putkiasentajat ja etumiehet kaikissa kohteissa valittelivat myös materiaali puutteita. Materiaalit ovat heidän mukaansa laskettavissa suunnitelmista mutta kaikkiin suunnitelmien yhteensovitusongelmiin ei voi etukäteen varautua, joten usein tuli eteen yllättäviä tarpeita. Materiaalien tilauksissa oli runsaasti kehittämisen varaa. Usein materiaalia tuli väärä määrä tarpeeseen nähden tai se tuli myöhässä, mikä johti odotukseen. Haastatellut asentajat kokivat materiaalityötilauksissa olevan merkittävästi kehityspotentiaalia.

Sähköasentajilla materiaalogistiikan osuus oli vähäisempi mutta esimerkiksi kaapelihyllyjen haalauksen kanssa oli vastaavia haasteita. Yhdessä kohteista haalattiin 300 metriä kaapelihyllyä kolmen metrin pätkissä yläkerrokseen hissillä. Kaapelihylly ei oikein sopinut hissiin ja hissien odottelun takia aikaa haalaukseen kului kokonainen työpäivä. Sähköasentajilla materiaalipuutteita esiintyi erityisesti yllättävien kiiretöiden osalta, jotka olivat videomateriaalin ja haastattelujen perusteella yleisiä. Edellä todettiin, että sähköasentajat löysivät yleensä jotain muuta tehtävää, jos edeltävät asennukset eivät olleet valmiina mutta tämä johti aina ylimääräiseen materiaalin etsiskelyyn.

Materiaalin varastoinnissa työmaalla olisi kaikilla mukana olleilla työmailla parantamisen varaa. Materiaalien löytäminen pitäisi tehdä helpommaksi. Useiden eri materiaalien varastointi samassa laatikossa johti usein hukattuun aikaan. Varastoalueilta puuttuivat esimerkiksi hyllyt, joihin materiaalit voitaisiin lajitella tyypeittäin.

3.3.4 Suunnittelun laatu

Materiaalien lisäksi suurin haastatteluista esille noussut asia oli suunnitelmien laatu. Kaikki haastatellut asentajat olivat yhtä mieltä siitä, että suunnittelijoiden laatimat suunnitelmat eivät ottaneet huomioon rakennettavuutta. Osa asioista oli selkeitä virheitä, joissa kaksi järjestelmää on suunniteltu päällekkäin ja 3D-mallissakin oli asentajien mukaan nähtävissä putkia, jotka menevät kanavan läpi. Yleisemmin kyseessä olivat ongelmat, joissa suunnittelija ei ole käyttänyt oikeita saatavissa olevia osia. Oikeat osat veivät enemmän tai vähemmän tilaa ja johtivat improvisoinnin tarpeeseen. Useampi sähköasentaja nosti esille ongelman, että kaapelihyllyt on usein suunniteltu isojen IV-kanavien alle. Vaikka järjestelmät eivät törmääkään, kannakointi IV-kanavan alle on joko mahdotonta tai erittäin työlästä. Tästä syystä asentajat käyttävät paljon aikaa yhteensovitukseen työmaalla.

Puutteellinen yhteensovitus näkyi keskustelujen suurena osuutena ja työn valmistelun (esimerkiksi suunnitelmiin perehtymisen) lisääntyneenä aikana. Kaikilta haastatelluilta asentajilta tuli käytännössä sama selitys. Yksityiskohtainen suunnittelu tehdään työmaalla yhdessä muiden talotekniikkatyöryhmien kanssa. Asentajat suunnittelevat yhdessä, mihin asennukset tehdään. Videoista huomattiin myös, että asentajat kävivät toistuvissa kohteissa usein katsomassa, miten olivat ratkaisseet yhteensovitusongelmat muissa kerroksissa.

Usein suunnitelmien puutteellisuus ei estänyt työtä, vaan johti keskusteluihin ja suunnitelmista poikkeavaan toteutukseen. Tämä johti tyypillisesti ennakoimattomiin materiaalitarpeisiin, jotka johtivat työnaikaisiin keskeytyksiin ja haalauksiin. Suunnitelmilla oli siis kerrannaisvaikutuksia ja ne olivat juurisyy moneen muuhun ongelmaan. Asentajien mielestä suunnitelmat olivatkin kaikkein eniten hukkaa aiheuttava yksittäinen asia. Samat kommentit tulivat käytännössä kaikilta haastatelluilta asentajilta kohteesta riippumatta.

3.3.5 Työmaalla tehty valmistelutyö

Työn valmistelu ja materiaalien järjestely veivät kaikissa hankkeissa enemmän aikaa kuin varsinainen työ. Näitä ei varsinaisesti luokiteltu hukaksi mutta tuottavuutta voidaan kasvattaa tehostamalla ja vähentämällä valmistelutyön osuutta. Valmistelutyöhön kuului mm. kaikki materiaalien siirrot ja järjestelty työpisteessä (alle viiden metrin etäisyydellä). Tähän meni paljon aikaa ja se oli usein tehotonta. Monet videoista havaittavista valmistelutehtävistä olisi myös tehtävissä keskitetysti ja etukäteen. Yleensä töiden valmistelupiste oli vähän kauempana työpisteestä ja valmisteluun sisältyi useita lyhyitä alle viiden metrin siirtymisiä, jotka kokonaisuutena muodostavat merkittävän osan asennusajasta.

3.3.6 Tehtävien väliset erot

Hukka näkyi eri tavalla eri tehtävissä. Sitä oli eniten niissä tehtävissä, joissa käytettiin useampia materiaaleja ja joissa oli useita vaiheita, tekijöitä ja tarvittiin erilaisia työkaluja. Erityisen paljon hukkaa ilmeni, kun töitä piti koordinoida muiden työmaan urakoitsijoiden kanssa. Erityisesti piikkaukset ja roiloukset aiheuttivat haasteita. Lisäksi hukkaa ilmeni paljon yllättävien työvaiheiden osalta, joissa tarvittiin nopeasti joku pieni suoritus. Nämä liittyivät yleensä rakennusteknisiin töihin, joissa seinä, laatta tai katto haluttiin sulkea ja taloteknistä urakoitsijaa vaadittiin tekemään nopeasti loput asennukset rakennuksen sisään. Mielenkiintoista oli, että sama dynamiikka ei toiminut toisin päin, vaan sähkö- ja putkiasentajien pyytämät läpiviennit tai reiät saattoivat odottaa useita päiviä tai jopa viikkoja ennen kuin niihin tartuttiin. Vaikuttaa siltä, että rakennusteknisiä töitä priorisoidaan taloteknisten töiden kustannuksella. Joka tapauksessa töiden yhteensovituksessa oli olennaisia puutteita ja hukkaa liittyi erityisesti yhteensovittukseen liittyviin asioihin.

Nostimelta tehtyyn työhön liittyi paljon hukkaa. Edellisessä kohdassa mainittu työmaalla tehty valmistelutyö oli erityisen tehotonta nostimella tehdyssä työssä, koska aikaa kului paljon enemmän siirtymiseen ylös asennuspisteeseen ja alas hakemaan jotain pienmateriaalia. Näissä töissä työn valmistelun osuus kasvoi suureksi suhteessa asennusaikaan.

Toinen erityishuomio liittyi betonielementtien sähköasennuksiin. Kaikissa havainnoiduissa betonielementteihin liittyvissä työvaiheissa oli jatkuvia ongelmia. Elementtien sähköreitit olivat usein tukossa ja niitä jouduttiin piikkaamaan tai roiloamaan. Asentajien mukaan nämä ongelmat ovat jatkuvia ja toistuvat kaikilla työmailla. Vaikka reitit ja läpiviennit olisi tehty suunnitelmien mukaan, niitä jouduttiin kuitenkin monessa tapauksessa muokkaamaan työmaalla, koska suunnitelma ei ollut toteutuskelpoinen. Yhdessä esimerkissä läpiviennit putkille oli tehty suunnitelman mukaan, mutta suunnitelmassa ei ollut otettu huomioon sitä, että putket tulivat niin matalalle, että tilan käyttäjä löisi päänsä putkiin. Asentaja suunnitteli uuden ratkaisun työmaalla.

Kokonaisuutena tehtävien väliset erot eivät kuitenkaan muuta johtopäätöksiä, koska pääosa hukasta aiheutuu samoista juurisyistä. Prosessi on epäselvä, suunnitelmia ei ole riittävällä tasolla yhteensovitettu, valmistelutyö ja suunnittelu tehdään työmaalla ja materiaalilogistiikassa on merkittäviä haasteita. Eri tehtävissä ja työlajeilla nämä asiat näkyivät vähän eri tavalla mutta isossa kuvassa haasteet ovat samoja.

3.4 Kehitysehdotukset hukan poistamiseksi

Tuottavuuden parantaminen edellyttää muutoksia koko rakentamisen prosessissa. Havaituista hukan juurisyistä talotekniikkaurakoitsija voi vaikuttaa lähinnä materiaalitilauksiin ja esivalmistelun lisäämiseen ja osittain parempaan viestintään asentajatasolle. Useimmat haasteet ovat kuitenkin systeemisiä ja vaativat muutoksia tilaajien, pääurakoitsijoiden ja suunnittelijoiden prosesseissa. Esitetyissä suosituksissa ei ole otettu huomioon urakkasopimusten ja työehtosopimusten asettamia rajoitteita työnjaolle, vaan tarkoitus on esittää, miten tuottavuutta voisi parantaa ideaalitulanteessa, mikä toivottavasti mahdollistaa sopimusten muuttamisen tarvittaessa.

3.4.1 Asentajalähtöinen talotekniikan suunnittelu

Suunnittelutehtävät pitäisi siirtää pois työmaalta asennusajan lisäämiseksi. Tähän tarvitaan suunnittelussa tarkkuustasoa, jossa eri osien vaatima tila on otettu huomioon ja yhteensovitettu muiden järjestelmien kanssa. Erityisesti kannakoinnin vaatima tila pitäisi ottaa paremmin huomioon suunnitelmissa. Haasteena suunnittelun kehittämisessä on yksityiskohtaisen suunnittelun vaatima aika. Tähänkin on tulossa teknologiasta apua ja tulevaisuudessa voi olla mahdollista detaljoida suunnitelmat automaattisesti.

Tällä hetkellä yhteensovitus tehdään paikan päällä keskustelemalla eri sidosryhmien kanssa ja suunnittelutyötä tekevät asentajat ja etu- ja kärkimiehet. Osaaminen löytyy siis kentältä. Tuottavuuden parantamiseksi pitäisi pohtia, miten työmaan ja asentajan näkökulma saataisiin mukaan suunnitteluprosessiin. Yhdysvalloissa detaljointi ja yhteensovitus on siirretty talotekniikkaurakoitsijoiden tehtäväksi ja detaljoinnin tekevät talotekniikka-asentajat, jotka oppivat ammattikouluissa mallintamaan. Yhteensovitus tapahtuu tällöin virtuaalisesti ennen työmaavaihetta. Toinen vaihtoehto on ottaa urakoitsija mukaan projektiin jo suunnitteluvaiheessa.

Hankkeen tulosten perusteella voidaan arvioida, että taloteknisten suunnitelmien detaljointi ja yhteensovitus ennen työmaavaihetta voisi lisätä asennusaikaa ja valmistelevia työvaiheita 4 % yksikköä. Vaikutus tulisi käytyjen keskustelujen puolittamisesta (10% → 5%), vähempänä materiaalien etsiskelynä (4% → 2%) ja työhön liittymättömien toimintojen, kuten odotuksen vähentymisestä (10% → 7%). Kokonaisuutena työmaan aikainen tuottavuuden parannuspotentiaali voisi olla siis 20% olettaen, että säästetty aika siirtyy asennustyöhön ja valmisteleviin työvaiheisiin tässä tutkimuksessa mitatussa suhteessa (asennusaika n.20% → 24%). Asentajalähtöinen suunnittelu on myös edellytys laajassa mitassa tehdyille esivalmistukselle. Pidemmällä

aikavälillä asentajalähtöinen suunnittelu tietomallipohjaisesti tullee lakisääteiseksi, koska lausuntokierroksella oleva Kaavoitus- ja rakentamislain ehdotus sisältää vaatimuksen suunnitelma-asiakirjojen muuttamisesta rakentamisen aikana koneluettavaksi toteutumamalliksi. Tällä hetkellä prosessi ei tuota tällaista tietoa, joten prosessin uudistamista tarvitaan joka tapauksessa. Tilaisuutta pitäisi käyttää hyväksi ja kehittää malli, jossa samalla poistetaan hukkaa työmaalta.

Osa työmaalta säästyneistä tunteista täytyy investoida prosessin alkupäähän. Todellisen kokonaisuuden arvioimiseksi suosittelemme koeasetelmaa, jossa otetaan kaksi vastaavaa kohdetta, joista toisessa asentajat yhteensovittavat kohteen suunnitelmat virtuaalisesti ennen asennusta, ja toisessa toimitaan perinteisesti. Testin voisi toteuttaa rajatulle kokonaisuudelle urakkasopimuksia muuttamatta, jos löytyy halukas talotekniikkaurakoitsija ja asennusryhmä.

Koska muutoksessa asentajalähtöiseen suunnitteluun kestää aikaa, lyhyellä tähtäimellä pitäisi sopia paremmat pelisäännöt työmaalla tapahtuvaan suunnitteluun. Tahtituotannossa on jo testattu mallia, jossa toteutussuunnitelmat tehdään tahtialueittain ja työryhmät tarkastavat suunnitelmat hyvissä ajoin etukäteen ennen työn alkamista. Tällöin ensimmäisistä sijainneista saatava palaute rakennettavuudesta ehditään ottaa huomioon ennen kuin suunnitteluryhmä detaljoi tulevia sijainteja eivätkä samat rakennettavuusongelmat pääse toistumaan läpi kohteen. Tahtialuekohtaiset suunnitelmakatselmuksot asentavan työryhmän toimesta ja selkeä sopiminen siitä, mitkä ongelmat ratkaistaan muuttamalla suunnitelmaa ja missä valtuutetaan työryhmä tekemään suunnittelua, selkeyttäisi prosessia huomattavasti ja vähentäisi hukkaa. Samalla pitäisi myös sopia mahdollisten muutostarpeiden kustannuksista. Kaikissa kohteissa pitäisi joka tapauksessa sopia pelisäännöt työmaalla tehtävälle suunnittelulle.

3.4.2 Logistiikan kehitys

Asentajien käyttämä aika materiaalien etsimiseen ja haalaamiseen on iso osa työajasta (sähkö 10%, putki 17%). Materiaalipuutteet olivat myös yleisin työn keskeytymisen syy ja materiaaleihin liittyvät haasteet olivat asentajia toiseksi turhauttavin asia suunnitelmien jälkeen. Osa ongelmista liittyy suunnitteluun ja aikatauluihin, koska suunnitelmien ja aikataulujen työmaalla tehtävän yhteensovituksen tuloksena materiaalitärpeet ovat osin ennakoimattomia. Pääosaltaan haasteet voisi ratkaista hyödyntämällä työkohdekohtaisia toimituksia ja kolmannen osapuolen hoitamaa logistiikkaa.

Ammattimainen logistiikkatoimija voisi parantaa tuottavuutta merkittävästi. Tuottavuuden kannalta parasta olisi siirtyminen lähemmäs kohti tehdastuotantoa, jossa asentajalla on käteensä ulottuvilla kaikki tarvittavat työkalut, materiaalit ja laitteet. Logistiikkatoimijan tehtävä olisi siis selvittää, mitä materiaaleja ja työkaluja tarvitaan missäkin työpisteessä ja hoitaa siirrot siten, että työ ei häiriinny. Jotta logistiikkatoimija voi toimia tehokkaasti, on voitava ennakoida riittävän hyvin, mitä töitä tehdään milloinkin. Järkevin lähtökohta olisi saada aikaan sijaintikohtaiset materiaalityypit. Esimerkiksi meriteollisuudessa kaikilla asentajilla on sisävalmis-

tusvaiheessa päiväkohtainen asennuspaketti, joka sisältää päivän aikana tarvittavat materiaalit, suunnitelmat ja työkalut. Tämä edellyttää kuitenkin merkittävää panostusta logistiikan tietoprosesseihin. Yhdellä tutkituista työmaista oli käytössä ulkopuolinen logistiikkatoimija mutta he hallitsivat materiaaleja kerrostasolla ja laskuttivat urakoitsijoita siirroista. Koska kerrokset olivat laajoja, logistiikkatoimijan käyttö ei tässä muodossa vaikuttanut asentajien tekemään haalaukseen ja kerroskohtainen tieto materiaalien sijainneista ei ollut riittävä etsimisen vähentämiseksi.

Pienempi muutos olisivat liikkuvat materiaalivarastot pientarvikkeille, joita asentajien olisi helppo kuljettaa mukanaan työpisteelle. Kaikki materiaalisiirrot pitäisi siirtää pyörien päälle. Kaliforniassa useat tilaajat ja pääurakoitsijat edellyttävät sitä, että kaikki työmaan materiaalit ovat pyörien päällä ("Everything on wheels"). Tällöin materiaalit voi helposti siirtää työpisteelle ilman tarvetta kolmannen osapuolen logistiikalle. Helposti liikkuvat materiaalivarastot, joissa on järjestelmällisesti varastoitu tarvittavat materiaalit, olisivat kohtuullisella kustannuksella kunkin talotekniikkaurakoitsijan käyttöön otettavissa ilman muutoksia sopimuksiin. Yhdessä tutkituista kohteista asentajat olivat tällaista toivoneetkin mutta sitä ei tutkimusjakson aikana saatu käyttöön. Jos kaikki työmaan materiaalit olisivat pyörillä Kalifornian tyyliin, koko työmaan tuottavuutta saataisiin kasvatettua, koska asentajien aikaa menee toisten urakoitsijoiden materiaalien siirtämiseen pois alta.

Etenkin isommissa kohteissa materiaalinhallintaa helpottaisi varastosta vastaava henkilö. Eri-tyisesti pientarvikkeet pitäisi saada paremmin järjestettyä ja löydettäväksi. Yksinkertaisin keinoin, kuten purkamalla saapuneet laatikot hyvin järjestettyinä hyllyihin, voitaisiin tutkimuksen mukaan saavuttaa merkittäviä tuottavuusparannuksia. Lean-rakentamisen työkaluista 5S:n (Sorteeraus, systematisointi, siivous, standardisointi ja seuranta) käyttöönotto on suositeltavaa. 5S:ssä poistetaan tarpeettomat tavarat työpisteeltä, pyritään löytämään hyviä varastointimenetelmiä, siivotaan työpiste päivittäin, standardoidaan työpisteisiin kuuluvat työkalut ja seurataan, että sovittuja menetelmiä noudatetaan jatkuvasti.

Materiaalitulauksissa oli yllättävän paljon ongelmia ja vaikutti siltä, että tieto ei liikkunut riittävästi hyvin asentajien ja tilauksista vastaavien esimiesten välillä. Tämä ongelma vaikutti haastattelujen perusteella liittyvän haluttomuuteen sitoa pääomia liian aikaisin materiaaleihin ja myös epäilykseen siitä, että asentajat haluavat työmaalle enemmän materiaaleja kuin oikeasti tarvitsevat. Aineisto ei mahdollista sen analysointia, oliko työmaalle otettu liikaa materiaaleja mutta puuttuvat materiaalit aiheuttivat joka työmaalla hukattua aikaa. Tuottavuuden kehittämiseksi materiaalitulauksiin pitäisi kehittää parempi malli.

Materiaalihallinnan ja logistiikan kehittämisen potentiaali on tutkimuksen mukaan erityisesti putkiasentajien osalta huomattava. Taulukossa 11 on esitetty vaihtoehtoisia kehitysideoita ja arvioitu kypäräkamera-aineiston pohjalta niiden vaikuttavuutta. Kaikki ideat edellyttävät kuitenkin investointeja, joita ei ole otettu huomioon vaikutuksen suuruusluokkaa arvioitaessa.

Taulukko 11: Materiaalilogistiikan kehityksen potentiaaliset vaikutukset

Toimenpide	Tekijä	Vaikutuksen suuruusluokka	Perustelu / vaatimukset
Materiaalin haalaus pois asentajilta / työpiste-kohtaiset materiaalipaketit	Ulkopuolinen logistiikka / oma logistiikka	LVI: 3%-yksikköä lisää asennusaikaa (20% tuottavuusparannus) Sähkö: 2%-yksikköä lisää asennusaikaa (10% tuottavuusparannus)	Haalauksen puolittuminen. Isompi vaikuttavuus, jos myös suunnitelmat kunnossa ja aikataulut hallinnassa. Logistiikan tietoprosessi saatava kuntoon ja prosessi ennakoitavammaksi (= aikatauluhallinta)
”Kaikki työmaan materiaalit pyöriillä”	Tilaajan / päätoteuttajan vaatimus	LVI: 2%-yksikköä lisää asennusaikaa (10% tuottavuusparannus) Sähkö: 1 %-yksikköä lisää asennusaikaa (5% tuottavuusparannus)	Haalaukseen käytetty aika 75% nykyisestä.
Varastoalueiden järjestäminen	TATE-urakoitsija	LVI: 1%-yksikköä lisää asennusaikaa (5% tuottavuusparannus) Sähkö: 0,2%-yksikköä lisää asennusaikaa (1% tuottavuusparannus)	Varastojen parempi organisointi, etsimisen vähenneminen neljännekseen nykyajasta.
Materiaalilaukset (putki)	Putkiurakoitsija	Putki: asentajien mukaan merkittävä vaikutus	Puuttuvien materiaalien aiheuttama odotus ja keskustelut vähenevät. Määrällisen arvion tekemiseksi ei ole riittävästi aineistoa.

3.4.3 Esivalmistuksen ja esivalmistelun lisääminen

Iso osa asentajien ajasta on erilaisia valmistelevia työvaiheita, joita voisi hyvin tehdä ennen työpisteelle siirtymistä. Tavoitteena voisi olla työmaa, jossa talotekniikka-asennukset kaapelointia lukuun ottamatta ovat pääosin elementtien ripustamista ja liitokset, hitsaukset, katkaisut yms. on tehty mahdollisimman pitkälle jo etukäteen. Putkistot tai kanavat tuotaisiin työmaalle logistiikan kannalta järkevissä osissa.

Pitkällä aikavälillä esivalmistus voisi tapahtua tehtaissa, kuten iso osa talotekniikasta esimerkiksi Iso-Britanniassa, Yhdysvalloissa tai Australiassa. Lyhyellä aikavälillä tuottavuushyötyihin päästäisiin kuitenkin kiinni jo tekemällä esivalmistelu keskitetyssä paikassa, jossa kaikki tarvittavat materiaalit ja työkalut ovat työpisteellä. Tämän tutkimuksen perusteella erityisesti kattoon tehtävien asennusten esivalmistelu maan tasossa voisi olennaisesti parantaa tuottavuutta. Yhdysvaltalaisien tutkimusten mukaan taloteknisten asennusten kokonaistunnit (detaljointi + esivalmistus + asennus) ovat vähentyneet 5-25% jo ensimmäisissä ja hyöty kasvaa, kun kokemusta tulee enemmän.

Suunnittelun tarkkuustaso on tällä hetkellä merkittävä esivalmistuksen este. Jos asentajat improvisoivat asennuksia paikan päällä, koska suunnitelmien mukaan ei voi asentaa, luonnollisesti esivalmistukseen ei voi onnistua. Yhdysvaltalaisissa esimerkeissä talotekniikkaurakoitsijat ovat ottaneet detaljisuunnittelun omaksi tehtäväkseen juuri siksi, että esivalmistuksesta saataisiin tuottavuushyödyt saataviin aikaan. Talotekniikkaurakoitsijoiden roolia kannattaisi Suomessakin lisätä, koska nykytilanteessa asennusdetaljen suunnittelu ja yhteensovitus jää joka tapauksissa asentajien harteille. Yhdysvaltalaisien tutkimusten perusteella hyvä tavoite-taso tuottavuusparannukselle on 25%, mukaan lukien esivalmistelun ja detaljoinnin vaatimat lisätunnit.

3.4.4 Aikatauluihin ja tuotannonohjaukseen liittyvä kehitys

Päätoteuttajien aikataulut saivat haastatteluissa paljon kritiikkiä. Samoin kyselytutkimuksen pohjalta tuli selväksi, että hankkeen aikatauluja ei juurikaan voi käyttää. Aikataulut eivät olleet ajan tasalla ja muutkaan urakoitsijat eivät noudattaneet niitä. Koska kukaan muukaan ei ollut aikataulussa, asentajat kokivat, että aikataulut eivät koske heitä. Yhdellä työmaista työryhmillä oli tiedossa, että aikataulua päivitetään mutta kesti seitsemän viikkoa ennen kuin uusi aikataulu julkistettiin. Asentajat toimivat tuon ajan ilman projektin aikataulua ja ilman tietoa siitä, mitkä olivat heidän tehtäviensä tavoitteet. Kun toteutuskelpoista aikataulua ei saada päätoteuttajalta, työryhmät improvisoivat ja koordinoivat työtä keskenään. Pääsääntöisesti asentajat olivat tähän järjestelyyn haastattelujen perusteella tyytyväisiä lukuun ottamatta jatkuvia ja yllättäviä kiireitä mutta improvisointi vaikeutti merkittävästi kärki- ja etumiesten työtä.

Aikataulun merkitys selviää vertaamalla kauppakeskushankkeen ja muiden hankkeiden välisiä eroja. Kauppakeskuksessa oli käytössä liiketilakohtainen tahtiaikataulu, jossa oli tarkalla tasolla suunniteltu liiketiloittain tehtävät työt. Hankkeessa oli huomattavasti vähemmän häiriöitä, jotka aiheutuivat edeltävän työvaiheen viiveistä. Haastatellut asentajat pitivät suurimpina haasteina logistiikkaa laajalla työmaalla ja suunnittelua mutta eivät tässä hankkeessa korostaneet aikatauluun liittyviä ongelmia. Videomateriaalissa oli selvästi havaittavissa mahdollisuus systemaattisempaan työhön.

Päätoteuttajan aikataulusuunnittelulla ja -ohjauksella on siis merkittävä vaikutus tuottavuuteen. Kauppakeskushankkeessa aikataulut onnistui parhaiten ja siellä asennustyön osuus oli

25% ja toimisto/hotelli-hankkeessa oli suuria koronapandemiasta johtuvia haasteita ja asennustyön osuus jäi 14%iin. Suurimmat erot liittyivät keskustelujen osuuteen (kauppakeskus 5%, toimisto/hotelli 17%). Haalausta ja liikkumista kauppakeskustyömaalla oli enemmän, mikä selittyi haastavammalla logistiikalla. Aikataulun onnistuminen näyttää mahdollistaneen parhaan tuottavuuden tutkimuksen vaativimmassa hankkeessa, jossa välimatkat olivat pisimpiä.

Tahtituotanto näyttää siis edistävän talotekniikkaurakoitsijoiden tuottavuutta merkittävästi. Parannettavaa on silti edelleen. Enemmistö kyselytutkimukseen osallistujista halusi osallistua enemmän aikataulujen laatimiseen. Monella suomalaisella työmaalla on käytössä Lean-filosofiaan perustuva Last Planner -aikataulutuksen menetelmä. Alkuperäinen tarkoitus on, että työryhmittä suunnittelevat aikatauluja yhdessä päätöteuttajan johdolla. Käytännössä Suomessa asentajia on vain harvoin otettu mukaan suunnitteluun, vaan Last Planneriin osallistuu talotekniikkaurakoitsijan puolelta työnjohtaja tai projektin hoitaja. Samalla tavalla kuin teknisessä suunnittelussa suositellaan, että asentajat osallistuisivat enemmän myös työn suunnitteluun. Aiemmassa tutkimuksessa olemmekin suositelleet hajautetun tahtituotannon mallia, jossa työryhmien tekemä tarkempi koordinointi sisällytetään osaksi tahtituotantoa (Seppänen ym. 2020). Tämän tutkimuksen perusteella asentajilla olisi kykyä ja halua osallistua enemmän mutta aikataulut annetaan edelleen ylhäältä alaspäin ja jäävät useimmiten tavoitteeltaan epäselviksi asentajatasolla.

3.4.5 Viestinnän kehittäminen

Tutkimuksen mukaan asentajat eivät saaneet tarvitsemaansa tietoa oikeaan aikaan. Erityisen huonosti tieto liikkui erilaisista muutoksista suunnitelmissa. Viestintä ei ollut kovin strukturoitua esimerkiksi jatkuvilla kokouksilla, vaan sitä tehtiin tarpeen mukaan pääosin WhatsAppilla, puhelimitse ja kasvotusten. Lähes kaikilta asentajilta tuli palautteena, että työryhmillä pitäisi olla viikkokokouksia, joissa koordinoidaan töitä.

Paremmen tiedon välityksen vaikutuksia on vaikea arvioida määrällisesti mutta on selvää, että viikoittainen tai päivittäinen nopea tapaaminen, jossa käydään läpi päivän tai viikon työvaiheet, voisi estää useita yllätyksiä. Suosittelemme yhteensovituskokouksia työmaalla olevan ajantasaisen aikataulun äärellä joka aamu. Kokouksien ei tarvitse olla pitkiä, vaan jokaisen alueella työskentelevän työryhmän pitäisi kertoa työnsä esteistä ja missä aikoo työskennellä. Useita videoilla näkyviä yllätyksiä olisi voitu estää kokouksilla ja niille oli haastattelujen perusteella selkeä tilaus. Tällä hetkellä yllättäviä viestintätarpeita tulee kesken työn. Jos iso osa näistä voitaisiin keskittää aamulla esimerkiksi 15 minuutin tai 30 minuutin tilannekatsaukseen, työn tuottavuus voisi parantua merkittävästi.

4 Johtopäätökset

1. Paljonko LVI- ja sähkötöissä on hukkaa?

Putkitöissä asennusajan osuus kokonaisuudesta oli kirvesmiehillä aiemmin tehtyjä mittauksia alempi (asentajat 18%, etumiehet 12%) ja sähkötöissä hivenen korkeampi (asentajat 25%, kärkimiehet 21%). Vertailun vuoksi kirvesmiehillä aiemmin tehdyssä tutkimuksessa väliseinätöistä asennusajan osuus oli 22% (Pasila 2019).

Asennustyötä tukevia työvaiheita oli putkitöissä 41% ja sähkötöissä 42%. Keskustelujen osuus korostui putkitöissä ja oli 11% (etumiehillä 20%). Sähköasentajilla keskusteluja oli 8% ja kärkimiehillä 5% työajasta. Keskustelut voivat olla asennustyötä tukevia tai hukkaa. Tukevia työvaiheita voidaan vähentää tehostamalla toimintaa tai muuttamalla vastuujakoa toimijoiden välillä mutta niitä ei voida kokonaan poistaa. Kirvesmiehillä asennusta tukevia töitä oli 56% työajasta.

Varsinaista hukka-aikaa löytyi putkiasentajilta 28% työajasta, etumiehiltä 25%, sähköasentajilta 16% ja kärkimiehiltä 19%. Hukka oli tarpeetonta liikettä, asioiden etsiskelyä, uudelleen tekemistä ja odottamista. Kirvesmiehillä hukka-aikaa oli 23%.

2. Mitkä ovat hukan juurisyyt?

Pääosa havaitusta hukasta liittyi puuttuviin aloitusedellytyksiin. Tärkein juurisyy putkitöissä vaikuttivat olevan suunnittelun ongelmat, joka aiheutti jatkuvaa yhteensovituksen tarvetta työmaalla ja yllättäviä materiaalitarpeita, joihin ei voitu riittävästi varautua. Varastointi oli työmailla heikosti hoidettu, joten tarvittavia osia oli vaikea löytää. Materiaalien tilauksessa oli myös kehitettävää.

Sähköasennuksissa korostui yllättävien kiiretöiden suuri määrä ja työmaan aikataulun hallinta. Työmaalla, jossa oli käytössä tahtiaikataulu, oli vähemmän aikataulusta johtuvia häiriöitä. Siellä haasteet liittyivät materiaalilogistiikkaan. Suhteessa putkitöihin muiden urakoitsijoiden edessä olevien materiaalien merkitys korostui. Sähköasentajien tuottavuuteen vaikuttivat huomattavasti betonielementtien sähköreittien virheet, jonka takia elementtejä piti piikata ja roilota. Pääurakoitsija ei tehnyt tarvittavia reikiä ja roilouksia riittävän nopeasti, joten asentajat joutuivat usein tekemään ylimääräistä työtä ja tekemään läpiviennit ja roiloukset itse.

Kaikki asentajat kokivat viestinnässä olevan kehitettävää. Työryhmille ei tullut riittävästi tietoa riittävän ajoissa. Pääosa asentajista koki, että heillä ei ole tiedossa tehtävän tavoitteet eikä vaikutukset muihin tehtäviin. Työjärjestyksiä pohdittiinkin työryhmien välillä ja pääurakoitsijan aikatauluja ei juuri voitu käyttää, koska kukaan muukaan ei noudattanut niitä.

3. Miten toimintaa pitäisi kehittää LVI- ja sähköurakoitsijan taholla ja systeemisesti hukan vähentämiseksi?

Talotekniikkaurakoitsijat voivat osittain vaikuttaa tuottavuuteensa itse. Tällä hetkellä asentajat tekevät detaljisuunnittelua työmaalla yhteensovittaen töitä paikan päällä muiden työryhmien kanssa. Tuottavuuden kehittämiseksi tämä pitäisi muuttaa virtuaaliseksi ja tapahtua ennen töiden alkamista. Detaljoidut ja yhteensovitettut suunnitelmat ennen työn aloittamista parantaisivat olennaisesti tuottavuutta. Monessa verrokkipaikassa on jo siirretty detaljitason suunnittelu talotekniikkaurakoitsijoiden tehtäväksi. Suomessa detaljitason suunnittelu jää nykyprosessissa kokonaan tekemättä, joten talotekniset urakoitsijat voisivat olla tässä aktiivisia ja tehdä heti pilottihankkeita, joissa selvitetään, paljonko ennakkosuunnitteluun pitäisi satsata lisätunteja. Tuottavuuspotentiaali työmaavaiheessa putkitöissä on noin 20% ja sähkötöissä 10%, jos pääosa suunnitelmiin liittyvistä asioista saadaan siirrettyä pois työmaalta. Koska asentajat tekevät työn jo nykyprosessissa työmaalla, heille voisi olla motivoivaa tehdä työ etukäteen. Joka tapauksessa työmaalla tapahtuvaan suunnitteluun tarvitaan paremmat pelisäännöt, joilla voidaan myös päästä tuottavuusparannukseen.

Materiaalilogistiikkaa pitäisi olennaisesti kehittää. Talotekniikkaurakoitsijan oman toiminnan piirissä ovat esimerkiksi erilaisten pyörillä kulkevien liikkuvien työpisteiden kehitys, jossa kaikki tarvittavat pienmateriaalit liikkuvat helposti mukana. Lisäksi erityisesti putkitöissä pitäisi tehostaa materiaalitilauksia, koska puuttuvat materiaalit olivat jatkuvasti esteenä töille useammalla työmaalla ja asentajat kertoivat puutteiden olevan yleisiä.

Esivalmistusastetta pitäisi lisätä. Asennustyö on tutkimuksen tulosten mukaan varsin pirstoutunutta ja erilaiset valmistelevat työvaiheet häiritsevät asennusta erityisesti nostimella kattoon tehtävässä työssä. Jos valmistelu voidaan tehdä etukäteen, tuottavuus voisi kasvaa huomattavasti. Esivalmistus ei välttämättä tarkoita tehdasvalmistusta, vaan esimerkiksi työmaalla olevia pajoja, joissa tehdään valmiiksi maantasossa pidempiä putkistoja, jotka vain ripustetaan paikalleen asennusvaiheessa. Yhdysvalloissa talotekniikkaurakoitsijat raportoivat tuottavuuden kasvaneen jo ensimmäisissä hankkeissa 5-25%, kun talotekniikkaurakoitsija detaljoi suunnitelmat, esivalmistele mahdollisimman paljon ja toteuttaa työmaavaiheen lyhyessä ajassa häiriöttä. Tuottavuuskasvussa on jo otettu huomioon detaljoinnin ja esivalmistuksen vaatimat lisätunnit.

Systeemisesti olennaisinta tuottavuuden kannalta olisi kehittää yleinen ratkaisu asentajalähtöiseen suunnitteluun. Tilaajat eivät tällä hetkellä osta riittävän tasoista suunnittelua suunnittelijoilta ja suunnittelijoilla ei ole ollut halua lisätä suunnitelmien detaljointia. Tarvittaisiin yleinen ratkaisu, kuka ostaa tuottavuuden kannalta tärkeimmät suunnitelmat. Otetaanko käyttöön Yhdysvaltojen malli, jossa talotekniikkaurakoitsijalle siirretään yhteensovitusvastuu vai lisätäänkö suunnittelijoille tehtäviä, että suunnitelmat saadaan riittävällä tasolla yhteensovitetuiksi?

Aikataulun hallinta on tyypillisesti kiinni päätoteuttajasta. Tuloksista näkyy selkeästi tahtituo-
tannon tuoma tuottavuuspotentiaali, joka näkyy parhaimmillaan ennakoitavuutena ja mahdol-
lisuutena systemaattiseen työskentelyyn. Tutkimusjaksolla tutkimuksen kaikkein vaativim-
massa hankkeessa saavutettiin paras tuottavuus, koska aikatauluihin liittyviä häiriöitä oli vä-
hemmän kuin muissa hankkeissa. Teoreettisen tahtiaikataulun tekeminen ei kuitenkaan riitä.
Aikataulu pitäisi suunnitella yhteistoiminnallisesti työryhmien kanssa, jotta työn liittyminen
muihin töihin ja töiden esteet ovat tiedossa kaikilla osapuolilla. Yleisiä sopimusehtoja on uu-
distettava siten, että aikataulua voidaan jatkuvasti päivittää, jotta siitä tulisi myös työryhmille
sopiva työkalu. Tieto siitä, että ollaan myöhässä, ei riitä tuottavuuteen. Jokaisen asentajan pi-
täisi tietää, mitä pitäisi tehdä seuraavaksi ja muutokset pitäisi viestiä työryhmille heti niiden
tullessa tietoon. Muuten jokainen työryhmä joutuu improvisoimaan ja yhteensovittamaan ai-
katauluja keskenään, mikä aiheuttaa tutkimuksen mukaan runsaasti hukka-aikaa.

Logistiikan osalta voidaan myös esittää systeemisiä kehitysehdotuksia. Yhdysvalloissa käytössä
oleva ”kaikki pyörillä” -lähestymistapa ja asennuspistekohtaiset toimitukset ovat parantaneet
tuottavuutta. Jos kaikki materiaalit ovat pyörillä, niiden siirtäminen oman työn alta pois on
vaivatonta. Toisaalta asennuspistekohtaiset toimitukset juuri oikeaan aikaan poistavat työ-
maalta turhat materiaalit. Tietojärjestelmiin pitää kuitenkin satsata. Logistiikka ei ole pelkkää
tavaroiden haalaamista. Vaatimuksena ovat ennakoitavat aikataulut ja hyvät, yhteensovitut
suunnitelmat, joista voi laskea tarkat materiaalimäärät. Tämän hetken logistiikkapalvelut eivät
vielä täytä tarkoitusta, koska aikatauluissa on jatkuvia muutoksia ja suunnitelmia joudutaan
soveltamaan työmaalla, mikä johtaa yllättäviin materiaalitarpeisiin.

Suosituksia eri toimijoille on koottu taulukkoon 12, jossa kehitysehdotuksissa on hahmoteltu
rakentamisen eri sidosryhmien roolia hukan vähentämisessä ja mitä hyötyä toimija saa itse ja
tuottaa muulle ketjulle. Toimenpiteet on listattu järjestykseen vähiten vaikuttavasta eniten vai-
kuttavaan osa-alueittain. Arvioitu tuottavuushyöty sisältää aina edellisten tasojen tuotta-
vuushyödyn osa-alueittain. Kaikilla osa-alueilla LVIS-urakoitsijat voivat olla itse aktiivisia ja
saada pieniä tuottavuusparannuksia. Isoihin parannuksiin voidaan kuitenkin päästä vain, jos
asioita kehitetään yhdessä. Useimmat esitykset auttaisivat LVIS-töiden lisäksi koko alan tuot-
tavuuden lisäämisessä. Toivommekin, että tämän hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää koko
alan prosessien uudelleen miettimisessä.

Taulukko 12: Kehitysehdotukset hukan vähentämiseksi ja tuottavuuden kasvattamiseksi

Osa-alue	Toimija	Suositus	Panos	Hyöty toimijalle itselleen	Hyöty kokonaisuudelle
Viestintä	LVIS-urakoitsija	Asentajille paremmat lähtötiedot ennen hanketta	Vähäinen	Parantunut työmotivaatio, ongelmien ennakointi	Mahdolliset ongelmat tiedossa aiemmin
	Päätoteuttaja	Päivittävät ”estepalaverit” työmaalla	Vähäinen (15-30 min per päivä)	Aikataulusäästö esteitä ennakkoon poistamalla Vähentyneet kiiretehtävät	Tuottavuuden kasvun potentiaali riippuu häiriöiden määrästä. Arvio TATE-töissä muutamia prosentteja.
	Kaikki hankkeen osapuolet	Keneen otetaan yhteyttä missäkin ongelmatilanteessa ja kauanko vastaus saa kestää?	Muutamia kokouksia hankkeittain, päätökset ja dokumentointi Sopimuksellinen riski, jos ei kykene pysymään sovituissa vastausajassa		Kaikki hyötyvät selkeistä päätöspoluista. Tuottavuushyöty näkyy vähempinä keskusteluina, kun etsitään oikeaa henkilöä ja voisi olla 2-5% riippuen häiriöiden määrästä.
Asentajalähtöinen suunnittelu	LVIS-urakoitsija	Systemaattinen prosessi suunnitelmakatselmuksiin ennen työn aloittamista	Asentajien sitominen hankkeeseen normaalia aiemmin	Työnaikaisten häiriöiden minimointi, suunnitelmatarpeiden löytäminen ennen työn alkamista.	Vähemmän häiriöitä työn aikana. Tarvittavat keskustelut eivät keskeytä työtä. Tuottavuushyöty muutamia prosentteja.
	Koko ala	Pelisäännöt työmaalla tapahtuvaan suunnitteluun	Kehityshanke liittojen vetämänä		Pelisääntöjen improvisoiminen työmaalla lakkaa, erimielisyyksien välttäminen. Tuottavuushyöty muutamia prosentteja.
	Suunnittelun tilaajat	Asentajalähtöisen taloteknisen suunnittelun tilaaminen	Tarpeen ymmärtäminen, osajien kartoitus, tarjouspyynnöt lisätehtävillä	Rakentamisen läpimenoajan lyhentäminen, erimielisyyksien riskin vähentäminen	Tuottavuushyöty työmaalla 10% (sähkö)-20% (putki).
	Suunnittelijat/LVIS-urakoitsijat	Asentajalähtöisen suunnittelun tekeminen	Koulutus, uudet tehtäväajat. Osa tuottavuushyödyistä investoidaan lisäsuunnittelutyöhön	Uusia liiketoimintamahdollisuuksia (suunnittelijat) LVIS-urakoitsijoiden suurempi rooli suunnittelussa	Mahdollistaa lisäksi esivalmistusasteen noston kautta lisä-tuottavuusparannukset

Materiaalien hallinta / logistiikka	LVIS-urakoitsija	Materiaalilausten kehitys siten, että materiaaleja on työmaalla riittävästi ja varaudutaan yllättäviin tarpeisiin	Oletus, että vaatii merkittävästi resursseja, koska on edelleen ongelma [helpottuu, jos asentajalähtöinen suunnittelu tehtäisiin etukäteen]	Tuottavuuden kasvu (erityisesti putkityöt) – materiaali puutteet aiheuttivat n. 40% työn keskeytymisistä	
	LVIS-urakoitsija	Varastoalueiden järjestäminen / 5S-periaatteiden soveltaminen	Koulutus. Prosessimuutoksen johtaminen. Isoissa kohteissa oma henkilö vastaamaan varastoista	Vaikutusarviot: LVI: 5% tuottavuusparannus Sähkö: 1% tuottavuusparannus	
	Tilaaja / päätoteuttaja	Kaikki työmaan materiaalit pyörillä	Investoinnit rullakoihin / vaatimus urakkasopimuksiin. Kokonaisuutena vähäinen.	Tuottavuusparannus kautta linjan / aikataulusäästöt. Työturvallisuuden parantuminen.	Kaikki hyötyvät. LVIS-töissä vaikutusarvio: Sähkö 5%, LVI 10%, jos kaikki materiaalit siirrettävissä helposti (myös muut kuin LVIS)
	Tilaaja / päätoteuttaja	Työpestekohtaiset asetitetyt täsmätoimitukset	Logistiikkapalveluiden käyttö. Vaatii merkittäviä panoksia logistiikan tietoprosessiin ja voi edellyttää asentajalähtöistä suunnittelua (työpestekohtaiset materiaaliuettelot).	Tuottavuusparannus kautta linjan / aikataulusäästöt. Työturvallisuuden parantuminen.	Kaikki hyötyvät. LVIS-töissä vaikutusarvio: Sähkö 10%, LVI 20%. Korvaa edellisen kohdan hyödyt.
Esivalmistusasteen kasvattaminen	LVIS-urakoitsija	Esivalmistelu työmaalla "maan tasossa"	Varmistuttava etukäteen suunnitelmien oikeellisuudesta ja toleransseista tai tulee kalliiksi. Hyötyy asentajalähtöisestä suunnittelusta.	Tuottavuushyöty erityisesti kattoon tehtävissä asennuksissa	Taloteknisten tehtävien keston lyheneminen.
	LVIS-urakoitsija	Esivalmistus tehtaalla	Investoinnit tehtaisiin / olemassa olevien putkipajojen hyödyntäminen. Esivalmistuksen rooli työehtosopimuksissa. Varmistuttava etukäteen suunnitelmien oikeellisuudesta ja toleransseista tai tulee kalliiksi. Vaatii merkittäviä panoksia.	Tuottavuushyöty arvioitu ensimmäisissä hankkeissa 5-25% (sisältäen detaljointiin ja esivalmistukseen menevät tunnit). Mahdollistaa jatkuvan parantamisen.	Merkittävät aikataulusäästöt taloteknisissä asennuksissa.

Aikataulut ja tuotannon ohjaus	Tilaja / päätoteuttaja	Tahtituotannon laaja käyttöönotto	Koulutus, uudet sopimusmallit, lisätyönjohto aloitusvaiheessa. Tilajan näkökulmasta katso esim. Nevalainen (2021)	Läpimenoaikojen lyhennys, parempi läpinäkyvyys, pienemmät riskit, parempi laatu. Hyötyjä kuvattu mm. Lehtovaara ym. (2019)	Tuottavuusparannukset – potentiaali kymmeniä prosentteja riippuen tahtituotannon onnistumisesta.
	Päätoteuttaja	Työryhmien osallistaminen työsuunniteluun	Prosessit asentajien osallistamiseen. Lisäkokouksia. Tarve päivittää aikatauluja.	Asentajat sitoutuvat aikatauluun. Päätoteuttajalle parempi ymmärrys aikataulun riskeistä ja mahdollisuuksista.	Tuottavuusparannus, jos töiden esteet on oikein otettu huomioon aikataulussa ja asentajat ymmärtävät oman roolinsa kokonaisuudessa.
	Koko ala	Aikataulujen pitäminen jatkuvasti ajan tasalla. Esteenä mm. YSE 1998 -ehdot	YSE -ehtojen päivittäminen joustavampaan ja yhteistoiminnalliseen suuntaan. Pelisäännöt aikataulujen päivittämiseen. Investoinnit digitaalisiin työkaluihin.	Koko ala hyöttyy joustavammista ja yhteistoiminnallisemmista prosesseista. Tuottavuushyöty aikataulujen paremmasta hyödynnettävyydestä asentajatasolla on merkittävä.	

5 Lähteet

Ansah, R. H., Sorooshian, S., & Mustafa, S. B. (2016). Lean construction: an effective approach for project management. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(3), 1607-1612.

Kalsaas, B. T. 2010, 'Work-Time Waste in Construction' In: Walsh, K. & Alves, T., 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Haifa, Israel, 14-16 Jul 2010. pp 507-517. Saatavilla <https://iglc.net/Papers/Details/723> Linkki testattu 16.11.2021.

Koskela, L. 1999, 'Management of Production in Construction: A Theoretical View' In: 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, California, USA, 26-28 Jul 1999. pp 241-252. Saatavilla: <https://iglc.net/Papers/Details/76> . Linkki testattu 17.11.2021.

Koskela, L. 2004, 'Making-Do — the Eighth Category of Waste' In: Bertelsen, S. & Formoso, C. T., 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Helsingør, Denmark, 3-5 Aug 2004. Saatavilla: <https://iglc.net/Papers/Details/312>. Linkki testattu 17.11.2021.

Lehtovaara, J., Seppänen, O., Heinonen, A., Tomunen, L., Kulta, I., Kujansuu P., & Grönvall, M. (2019). Building 2030 – Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportti. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/fi/building-2030/loppuraportit> . Linkki testattu 17.11.2021.

Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Kujansuu, P., & Grönvall, M. (2021). How takt production contributes to construction production flow: A theoretical model. *Construction Management and Economics*, 39(1), 73-95.

Nevalainen, M. (2021). Rakennuttajan rooli ja tehtävät tahtituotantohankkeessa. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

Pasila, H-J.. (2019). “Impact of lean intervention on productivity”. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

Seppänen, O., Lehtovaara, J., Uusitalo, P., Lappalainen, E., Ruohomäki, A., Pasila, H., Salerto, S., Koniet O. & Järvinen, T. (2020). Building 2030 – hukan mittaaminen suunnittelussa ja tuotannossa. Loppuraportti. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/fi/building-2030/loppuraportit> . Linkki testattu 17.11.2021.

Shingo, S. (1988). Non-stock production: the Shingo system of continuous improvement. CRC Press.