

Joel Ojala

# BETONIPINTOJEN JÄLKITYÖN RESURSSOINNIN KEHITTÄMINEN KERROSTALOKOHOEISSA

Rakennetun ympäristön tiedekunta

Kandidaatintyö

Toukokuu 2024

# TIIVISTELMÄ

Joel Ojala: Betonipintojen jälkityön resurssoinnin kehittäminen kerrostalokohteessa  
(Developing resource management for concrete surface preparation work in a multistory building project)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Rakennustekniikka

Toukokuu 2024

---

Tässä kandidaatintyössä tutkittiin betonipintojen jälkityön resurssointia ja etsittiin kehityskohteita urakan tuotannollistaloudellisen tehokkuuden kehittämiseksi. Työn alussa työvaiheen taustat ja vaiheet esiteltiin alan kirjallisuuden lähteiden avulla. Lisäksi teoriaosuudessa paneuduttiin siihen, mitä tuotannollistaloudellinen tehokkuus pitää sisällään, ja mitkä asiat tukevat sitä rakennusprojektissa.

Työssä lähdettiin selvittämään, miten työvaiheen resurssit olivat jakautuneet kahdessa kerrostalokohteessa, joista toisessa oli ontelolaattavälipohjat ja toisessa paikallavaletut. Työmaiden laskujen liitteenä lähetetyistä mittapöytäkirjoista kerätyt urakkaan käytetyt työtunnit tilastoitiin taulukoihin. Tämän jälkeen taulukot muotoiltiin edelleen havainnollistaviksi kaavioiksi, joista pystyttiin tarkastelemaan resurssien jakautumista.

Tuloksena saatiin muun muassa, että paikallavaletussa kohteessa hiontatyöt vaativat enemmän resursseja kuin ontelolaattakohteessa. Paikallavaletuista välipohjista muodostuvassa kohteessa hiontatyöt vaativat jopa 41 % kohteen betonipintojen jälkitöiden resursseista. Lisäksi huomattiin, että ontelolaattatalossa oikaisutyöt vievät suhteessa paljon enemmän resursseja kuin paikallavaletuista välipohjista muodostuvassa kohteessa. Tilastojen pohjalta saatuja tietoja täydennettiin kyseisten työmaiden toimihenkilöiden haastatteluilla. Haastatteluilla päästiin perehtymään työtuntimäärien taustalla piileviin syihin.

Työmaiden tilastojen ja haastattelujen perusteella muodostettiin johtopäätökset työvaiheen resurssien jakautumisesta. Kun tietoja täydennettiin alan kirjallisuudesta poimituilla tiedoilla, pystyttiin muodostamaan johtopäätökset työvaiheen kehityskohdista ja laatimaan kehitysehdotukset työvaiheen resurssoinnin kehittämiseksi. Urakan kehitysehdotuksina ehdotettiin vähentää IT-betonilla valettujen betonielementtien hiomista, koska kyseisten elementtien pinnassa ei ole pinnoitteen tartuntaa heikentävää sementtiliimakerrosta. Lisäksi ehdotettiin siirtymistä laskutustyömuodosta tavoitehintaurakkaan. Näiden lisäksi suositeltiin hyödyntämään työvaiheen suunnittelussa tehtäväsuunnitelmaa sekä varmistamaan työnjohdon resurssien riittävyys kiinnittämällä hankkeen sisältöistä vastuussa oleva työnjohtaja työmaalle ennen betonipintojen jälkitöiden alkua.

Jatkotutkimuksina ehdotetaan tutkittavan betonielementtipintojen sementtiliiman poistamista tehtailla sekä siitä aiheutuvia kustannusvaikutuksia. Tämän lisäksi ehdotetaan tutkittavan, miten työvaiheen kehittämiseksi ehdotetut toimenpiteet vaikuttavat työvaiheeseen käytettyjen resurssien määrään sekä laadulliseen lopputulokseen.

Avainsanat: resurssit, tuotannollistaloudellinen tehokkuus, tavoitehintaurakka, tehtäväsuunnitelma, betonipintojen jälkityö

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. KIRJALLISUUSKATSAUS.....	3
2.1 Betonipintojen epätasaisuudet ja sementtiliima.....	3
2.1.1 Betonielementtipintojen epätasaisuudet.....	3
2.1.2 Paikallavalettujen holvien epätasaisuudet .....	4
2.1.3 Sementtiliimakerros betonipinnassa .....	4
2.2 Betonipintojen valmistelu pinnoitustöihin.....	5
2.2.1 Betonipintojen pinnoitusvalmiuden laatuvaatimukset.....	5
2.2.2 Kuivien tilojen etuoikaisu- ja oikaisutyö .....	6
2.2.3 Märkätilojen etuoikaisu- ja oikaisutyö .....	6
2.3 Hiontatyön pölynhallinnan vaatimukset .....	7
2.4 Tuotannollistaloudellinen tehokkuus .....	7
2.4.1 Tehtäväsuunnitelma tuotannon tukena.....	8
2.4.2 Työnjohtajan rooli ja resurssien hallinta.....	8
3. URAKAN RESURSSIEN JAKAUTUMINEN .....	10
3.1 Tapaustutkimus: kohde 1 .....	10
3.1.1 Aliurakkasopimus.....	10
3.1.2 Toteutuneet menekit .....	11
3.1.3 Laskuista huomioitavia asioita.....	14
3.2 Tapaustutkimus: kohde 2.....	14
3.2.1 Aliurakkasopimus.....	15
3.2.2 Toteutuneet menekit .....	15
3.3 Kohteiden resurssit suhteessa toisiinsa .....	16
3.4 Ratun mukaiset menekit .....	18
4. HAASTATTELUTUTKIMUS .....	21
4.1 Haastattelukysymykset.....	21
4.2 Haastattelu 1: Kohteen 1 työnjohtaja.....	23
4.3 Haastattelu 2: Kohteen 2 työnjohtaja.....	25
5. ANALYSOINTI JA SYVENTYMINEN.....	28
5.1 Tutkimusdatojen analysointi .....	28
5.1.1 Ratu-menekit ja niiden hyödyntäminen.....	28
5.1.2 Tapaustutkimuksen kohteiden yhteensovitus ja vertailu .....	29
5.2 Työvaiheen onnistumisen ratkaisevat tekijät .....	31
5.2.1 Kehitysehdotukset.....	32
6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	36
6.1 Tutkimuksen epävarmuustekijät .....	36
6.2 Tulosten hyödyntäminen .....	37
6.3 Jatkotutkimukset .....	37
LÄHTEET .....	39
LIITTEET.....	41

# 1. JOHDANTO

Betonipintojen jälkitöillä betonipinnat valmistellaan työmaalla pinnoitusta varten. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on perehtyä uudiskerrostalokohteen betonipintojen jälkitöiden eli ”etuputsin” tuotannolliseen ja taloudelliseen näkökulmaan. Aihetta lähdetään tutkimaan rakennusalan yritykselle, joka kokee kyseisen urakan kustannukset vaikeasti ennustettavaksi kokonaisuudeksi. Työvaiheen tuotannollistaloudellisessa puolessa on siis kehitettävää. Betonipintojen jälkitöistä kokonaisuutena haastavan tekee omakohtaisten kokemusten perusteella sen monivaiheisuus sekä työn luonteen vaihtelevuus. Lisäksi vaatimuksia työlle asettaa tasoite- ja maalaustöiden aloitusedellytysten asettamat betonipintojen laatuvaatimukset (SisäRYL 2013, s. 263).

Tutkimuksen tavoitteena on kehittää etuputsitöiden resurssointia kerrostalohankkeessa. Tavoitteena on saavuttaa näkemys siitä, miten resurssien jakautuminen eroaa ontelolaattavälipohjataloissa verraten paikallavaletuista välipohjista koostuviin kerrostaloihin. Näiden tietojen pohjalta voidaan alkaa tutkia urakan tuotannollistaloudellista puolta, ja tavoitella kehittyntä näkemystä työvaiheen tehostamisesta. Tutkimus rajataan käsittelemään asuinkerrostalokohteita. Tutkimuksen pääkysymys on:

”Miten betonipintojen jälkitöiden resurssointia voidaan kehittää kerrostalohankkeessa?”

Alakysymykset ovat:

”Miten työvaiheen resurssien jakautuminen eroaa ontelolaattavälipohjatalossa verraten kerrostaloon, jossa holvit ovat paikallavaletut?”

”Mitkä asiat vaativat tuotannollistaloudellisesti kehittämistä betonipintojen jälkityössä?”

Kirjallisuuskatsauksessa lukija perehdytetään aiheeseen tasoite- ja maalaustöiden valmistelun kautta lähtien elementtiasennusten aiheuttamista mittapoikkeamista aina työvaiheen yksityiskohtaisempaan kuvailuun asti. Samalla käydään läpi kyseistä urakkaa määrääviä laatuvaatimuksia. Lisäksi kyseisessä osiossa käydään läpi työvaiheelle asetettuja vaatimuksia myös pölynhallinnan osalta, jonka jälkeen käsitellään tuotannollistaloudellista tehokkuutta sen ollessa kuitenkin työn kannalta äärimmäisen keskeinen käsite.

Tutkimusmenetelmänä tässä kandidaatintyössä toimii tapaustutkimus. Tapaustutkimus on tutkimusmetodi, jolla tutkitaan tapauskohtaisesti esimerkiksi tiettyä ilmiötä tai yksikköä, ja pyritään yleistämään tutkimustulosten pohjalta käsitys tutkittavasta kohteesta. Tapaustutkimuksella voidaan tutkia laajaa ja monimutkaista kokonaisuutta, ja muodostaa tulosten pohjalta oikeanlaisia tutkimuskysymyksiä. Tutkimusaineistona käytetään usein samantapaisia, mutta kuitenkin ainutlaatuisia kohteita, jolloin saadaan luotettavampi tutkimustulos kuin vain yhtä kohdetta tutkittaessa. (Heale & Twycross 2018) Kun halutaan yleistää tapaustutkimuksen havainnot yleiseksi tiedoksi, ei voida käyttää pelkästään yksittäisiä ja vahvistamattomia havaintoja. Tutkimustuloksia yleistettäessä on käytettävä riittävän laajaa tutkimusdataa, ja yleistyksille täytyy olla riittävät perusteet. (Thomas 2021, s. 4) Tämän takia tässä tutkimuksessa tapaustutkimuksen tuloksia vahvistetaan ja täydennetään haastattelututkimuksella sekä alan kirjallisuudella.

Tämän työn tapaustutkimuksessa käsitellään pääurakoitsijana toimivan rakennusliikkeen kerrostalotyömailta. Toinen kohteista on niin sanottu ontelolaattatalo, kun toisessa talossa holvit ovat paikallavalettuja. Tutkimustuloksia verrataan kohteen pohjapiirrustuksista laskettuihin teoreettisiin työtunteihin sekä urakkaneuvottelussa määritettyihin työtunteihin. Aineistonhankintamenetelminä tutkimuksessa hyödynnetään dokumentti- ja aineistoanalyysiä täydennettynä tutkittavien työmaiden toimihenkilöiden haastatteluilla. Aineistoina työmailta saadaan kaikki betonipintojen jälkityöurakan mittapöytäkirjat, jotka käsitellään tarkasti, ja kootaan tulokset selkeään muotoon. Resurssien osalta työssä käsitellään työhön käytettyjä työtunteja.

Haastatteluvaiheessa haastatellaan tapaustutkimuksen molemmista kohteista yksi työnjohtaja, jonka avulla pyritään muodostamaan aiheesta syvällisempi käsitys luotettavien tutkimustulosten saavuttamiseksi. Tämän jälkeen tutkimusta päästään jatkamaan aina johtopäätöksiin asti, johon mennessä saadaan muodostettua kehittynyt käsitys betonipintojen jälkityöurakan resurssoinnin kehittämisestä.

## 2. KIRJALLISUUSKATSAUS

### 2.1 Betonipintojen epätasaisuudet ja sementtiliima

#### 2.1.1 Betonielementtipintojen epätasaisuudet

Betonielementit valmistetaan elementtitehtailla. Tehtailla valmistettujen elementtien mittapoikkeamille on omat vaatimukset. Tämän lisäksi elementeille on toleranssit myös paikalleen mittaukseen ja asennukseen. Työmaalla pyritään aina tasaamaan kyseisten tekijöiden yhteisvaikutuksena aiheutuvaa mittapoikkeamaa elementtien välillä. (Betonikeskus ry 2006) Edellä mainitut tekijät johtavat rakennustyömaalla usein epätasaisuuteen elementeistä muodostuvassa betonipinnassa. Betonikeskus ry:n (2006, s. 6) ohjeessa todetaan, että ”Yleisimpiä virheitä ovat hammastukset, huokokset, valupurseet, harvavalut, pinnan aaltoilut, nystemät ja kolot.” Betonielementtien toleranssiluokat jaetaan normaaliluokkaan (N) ja erikoisluokkaan (E). Tavallisesti käytetään normaaliluokkaa, joten niin toimitaan myös tässä työssä. Alle on koottu taulukkoon 1 eri elementtien rakennustoleransseja normaaliluokassa. Taulukko 1 on rajattu käsittelemään etuputsitöiden kannalta oleellisia toleransseja.

**Taulukko 1.** Betonielementtien rakennustoleransseja (Betoniteollisuus ry 2011, s. 16–24)

	Sivusijainti [mm]	Sauman leveys [mm]	Hammastus [mm]	Poikkeama pystysuorasta [mm]
Ontelolaatta	± 20	-4; + 12	5 (tuella) 8 (keskellä)	-
Kuorilaatta	± 20	-5; +15	5 (tuella) 8 (keskellä)	-
Seinät ja hormit	± 15	± 8	8	h/400

Lopputuloksen ulkonäöllisiä rakentamistoleranssien ylittymisiä työmaalla tulee tarkastella aiheutuneiden ulkonäköhaittojen näkökulmasta (BY47 2019, s. 54). Toisin

sanoen, toleranssin ylittymistä on tarkoituksenmukaista tarkastella vasta, kun huomataan etuoikaisuvaiheessa, että kyseinen kohta tulee aiheuttamaan valmiiseen pintaan ulkonäköhaittaa.

### **2.1.2 Paikallavalettujen holvien epätasaisuudet**

Paikallavaletuissa holveissa mahdollista ulkonäköhaittaa aiheuttavia laatutekijöitä ovat muun muassa muottipinnan tasopoikkeamat, kuten käyryys sekä aaltoilu. Muottipinnan käyryyttä ja aaltoilua torjutaan muottisuunnittelussa valitsemalla kyseisen kohteen valupaineen kestävä muottimateriaali. Lisäksi muita epätasaisuuksia aiheuttavia tekijöitä ovat valupurseet, harvavalut sekä puutteellisesta tiivistyksestä aiheutuvat betonipinnan huokokset. (BY40 2021, s. 96–97)

Paikallavaletun holvin pinnan ominaisuuksien kannalta ratkaiseva tekijä on muotin pintamateriaali sekä käytetty muottiöljy. Tyypillisin muottimateriaali on erilaiset puulevyt. Puulevyjen pinnat ovat usein lakattuja, jottei muottipinta kykene absorboimaan itseensä betonista liikaa kosteutta. Tyypillinen paikallavaletun holvin muottimateriaali onkin lakattu vanerimuotti, jolla saadaan sileitä sekä tiiviitä betonipintoja. Sen sijaan lastulevyjä ei suositella käytettäväksi holvivaluissa sen pinnan epätasaisuuden vuoksi. (BY40 2021, s. 64)

Ontelolaattaelementtiholveihin verrattuna paikallavaletuissa holveissa etuputsiurakoitsijaa työllistäviä vaiheita ovat ruuvien ja naulojen poisto sekä lattian ja katon hiomistyö (Inkeroinen 2021, s. 13). Muottilevyjen jatkoskohtiin muodostuu lisäksi betonipintaan sauma, joka tyypillisesti joudutaan häivyttämään pois (BY40 2021, s. 64).

### **2.1.3 Sementtiliimakerros betonipinnassa**

Betonipinnan pinnoittamisen edellytys on pinnan riittävä karheus. Siten pinnan ja pinnoitteen väliin muodostuu riittävä tartunta. (BY201 2018, s.400) Betonia valettaessa sen pintaan muodostuu sementin, veden ja hienojakoisen kiviaineksen muodostama sementtiliimakerros. Kyseinen kerros heikentää betonipinnan ja pinnoitteen välistä tartuntaa. Tyypillisesti liimakerros poistetaan pinnoitettavan betonin pinnasta hiomalla. (Teknos Oy 2014)

Vaihtoehtoinen tapa poistaa sementtiliimakerros betonielementeistä on elementtitehtaalla suoritettava happokäsittely. Käsittelyssä kovettunut betonipinta kastetaan happoliuoksessa. Se poistaa sementtiliimakerroksen kemiallisesti betonin pinnasta, ja tämän jälkeen pinta huuhdellaan vedellä. (BY201 2018, s. 399)

Itsetiivistyvän betonin eli IT-betonin käyttö on vuosien kuluessa yleistynyt betonielementtien valmistamisessa. Betonipintojen jälkityöurakan kannalta merkittävää IT-betonin ominaisuuksissa on se, että kyseisellä massalla valetun elementin pintaan ei muodostu sementtiliimakerrosta. (Rinne 2013, s. 8) Tutkimusta varten haastateltu elementtitoimittaja kertoi heidän käyttävän tiettyjä tehtaita lukuun ottamatta IT-betonia kaikissa seinäelementtien sisäkuorissa. Haastateltavan mukaan siten heidän työmaille toimittamat seinäelementit ovat pinnoitusvalmiita. Hän kertoi, että asiasta on teetetty tutkimuksia yliopistolla ja saatu tuloksena, että tartunta IT-betonilla valetussa hiomattomassa seinäelementissä on jopa parempi kuin perinteisellä betonilla valetussa ja hiotussa pinnassa. (Elementtitehtaan tehdaspäällikkö 2024)

## 2.2 Betonipintojen valmistelu pinnoitustöihin

### 2.2.1 Betonipintojen pinnoitusvalmiuden laatuvaatimukset

Kerrostalokohteissa tasoite- ja maalaustöiden osalta laatuvaatimuksista keskeisimpiä pintoja ovat tasoitettavat pinnat. Suunnitelmissa määritetään usein vaatimukset tasoitettavan alustan tasaisuusvaatimuksille. Tasoitetöiden aloitusvaatimusten täyttymiseksi merkittävät virheet, kuten nystemät ja valupurseet, on poistettu pinnoista. Lisäksi oikaistavaksi määritetyt pinnat on oikaistu siten, että hammastus ei ole silmämääräisesti nähtävissä. Alle on koottu taulukkomuotoon betonipintojen jälkityöurakan keskeiset laatuvaatimukset sekä mittapoikkeamat. (SisäRYL 2013, s.264–265) Kerrostalohankkeessa tasoitettavia betonipintoja käsitellään luokassa B ja muurattuja märkätiloja luokassa 2 (Pintaluokat ja -materiaalit 2016).

**Taulukko 2.** Betonipintojen pinnoitusvalmiuden laatuvaatimukset (SisäRYL 2013, S.264–265)

Alusta	Laatutekijä	Mitattava suure	Vaatus	mm
Betonipinta (paikallavalettu)	Pinnan käyryys ja aaltoilu	Mittapoikkeama /1,5 m	Luokka B	8
Betonipinta (elementti)	Pinnan käyryys ja aaltoilu	Mittapoikkeama /1,5 m	Luokka B	8
Muurattu pinta	Pinnan käyryys	Tasaisuus 2 m matkalla	Luokka 2	±6

### 2.2.2 Kuivien tilojen etuoikaisu- ja oikaisutyö

Betonipintojen jälkityöurakka koostuu pintojen hionta-, etuoikaisu- ja oikaisutyöstä. Ensimmäinen vaihe on betonipintojen ylihionta. Tällä työvaiheella poistetaan pinnoista sementtiliimakerros pinnoitettavuuden saavuttamiseksi sekä tasoitetaan pieniä pintojen epätasaisuuksia. Samalla tarkastetaan, vaatiiko jokin pinta kattavampaa hiontaa pinnan riittävän suoruuden saavuttamiseksi. Seuraavaksi etuputsiurakoitsija aloittaa etuoikaisukierroksen, jolla paikataan laastilla pintojen koloja ja tasoitetaan muita epätasaisuuksia (Ratu 0408 2012). On tyypillistä, että virheellisesti liian täyteen eli ammattikielellä ”kovaksi” valettujen betonisaumojen tai ontelolaattojen paikallavalukaistojen tasoittamisessa tarvitaan piikkauskonetta, jotta pinnasta saadaan riittävän tasainen. Lisäksi piikkaustyötä joudutaan tekemään muun muassa elementtien hammastusten häivytyksessä. (Rinne 2013, s. 22)

Elementtien hammastusten ja epäsuoruuksien vuoksi joudutaan tekemään myös suurempia oikaisutöitä. Oikaisutyöllä lopulta saavutetaan aloitusedellytykset seuraavalle työvaiheelle. Oikaisutyö toteutetaan laastilla linjurilautaa hyödyntäen. (Rinne 2013, s. 7) Ontelolaattakerrostaloissa tyypillinen oikaisutyö on ontelolaatan oikaiseminen laastilla, koska hammastus on kahden elementin välillä. Lisäksi urakkaan sisältyy usein märkätilojen etuoikaisu- ja pohjustustyöt.

### 2.2.3 Märkätilojen etuoikaisu- ja oikaisutyö

Märkätiloissa suositeltuja kevyitä seinärakenteita ovat kivirakenteiset muuratut väliseinät sekä rankarakenteiset väliseinät (RT 84-11166 2014). Betoniseinäelementeistä koostuvissa kerrostaloissa on märkätiloissa myös betoniseinäpinta-alaa kevyiden väliseinien ohella.

Märkätilat tasoitetaan ennen pinnoitusta. Muuratuilla seinillä on laatuvaatimukset mittapoikkeamille tasoitusvalmiuden saavuttamiseksi (taulukko 2). Tasoitetöiden aloitusedellytysten saavuttamiseksi on seinäpintojen epätasaisuudet paikattava. (Ratu S-1200 2002) Kuten kuivissa tiloissa, myös märkätiloissa on paikoitellen tehtävä suurempia seinän oikaisutöitä pinnoitusvalmiuden saavuttamiseksi.

Lisäksi urakoitsijaa työllistävä osa märkätiloissa on tyypillisesti lattiat. Märkätilan lattiavalun seurauksena lattian pintaan noussut sementtiliima tulee poistaa hiomalla. Etuputsiurakoitsijan hioessa märkätilojen lattioita samalla hiomalla varmistetaan lattiapinnan riittävä tasaisuus sekä kaatojen suunnitelmien mukainen toteutuminen kaivoille. (Ratu S-1200 2002)

## 2.3 Hiontatyön pölynhallinnan vaatimukset

Betonipintojen hiontatyö on yksi kerrostalohankkeen eniten pölyttävistä työvaiheista. Betonipintoja hiottaessa ja piikattaessa vapautuu ilmaan terveydelle vaarallista kvartsipölyä. (Ratu 1231 2021) Kvartsipöly sisältää kiteistä piioksidia, jolle altistuminen lisää huomattavasti riskiä sairastua keuhkosyöpään. Altistumisajan ja määrän kasvaessa myös sairastumisriski kasvaa. (Baur et al. 2013) Kvartsipölylle on asetettu EU:n syöpädirektiivin puolesta sitova kahdeksan tunnin raja-arvo  $0,1 \frac{mg}{m^3}$ . Lisäksi Suomessa on määritetty  $HTP_{8h}$ -arvo eli haitalliseksi tunnettu pitoisuus 8 tunnin aikana  $0,05 \frac{mg}{m^3}$ . (Työterveyslaitos 2020) Hiontatyöt siis työllistävät pääurakoitsijaa myös pölynhallinnan kannalta, ja vaativat resursseja työnjohdolta koko hankkeen ajan.

Hionnassa tulee aina käyttää ehjää kohdepoistoimuria, jossa on HEPA H13-suodatin. Mikäli pölyisyyden raja-arvot ylittyvät silti, on toteutettava pölynhallintaa lisäksi osastoinnin ja alipaineistuksen keinoin. Hiontatyössä on käytettävä lisäksi myös henkilökohtaista hengityssuojainta. (Ratu 1231 2021) Vuoden 2024 alusta lähtien myös työsuojeluviranomainen vaatii kvartsipölylle altistavassa työssä kuten hionnassa käytettävän H-luokan kohdepoistoimuria. Ennen tätä muutosta työsuojelutarkastuksissa on riittänyt M-luokan kohdepoisto. (Aluehallintovirasto 2024)

## 2.4 Tuotannollistaloudellinen tehokkuus

Tässä kappaleessa käsitellään betonipintojen jälkityön kannalta keskeisiä asioita tuotannollistaloudellisen tehokkuuden näkökulmasta. Alaluvuissa 2.4.1 ja 2.4.2 paneudutaan tärkeisiin työkaluihin ja avainhenkilöihin, jotka tukevat työvaiheen tuotannollistaloudellista tehokkuutta.

Tuotannollistaloudellinen tehokkuus koostuu suhteesta resurssiensyötön sekä lopputuloksen välillä. Tavoitteena on tuottaa tilattu tuote mahdollisimman pienillä resursseilla. Projekteissa tärkeimpiä resursseja on aika, joten tehokkuutta voidaan arvioida työhön käytetyn ajan perusteella. Muita keskeisiä tuotannollistaloudellisia suureita ovat kustannukset sekä laatu. Näiden kolmen tekijän pohjalta pystytään arvioimaan projektin tuotantotehokkuutta. (Rui et al. 2022)

Projektin aikataulullinen hallinta perustuu tiedon siirtymiseen rajapintojen yli sekä työvaiheiden sujuvaan siirtymiseen tehtävästä seuraavaan. Ajankäytön läpinäkyvyys on tärkeä osa projektin aikataulullista hallintaa. (Hameri & Heikkilä 2002)

Rakennustyömailla keskeinen tuotannollista tehokkuutta heikentävä tekijä on työnkulun ja prosessin vaihtelevuus (Arashpour & Arashpour 2015). Tämä on yksi seikka betonipintojen jälkityöurakassa, jonka vaikutuksia tässä kandidaatintyössä tutkitaan. Arashpour & Arashpour (2015) toteaa artikkelissaan, että työn uudelleen toistaminen on merkittävä tekijä työnkulun vaihtelevuuden lisääntymisessä. Rakennusprojekteissa saman työsuorituksen uudelleen toistaminen johtuu tyypillisesti virheistä tai puutteista, jotka vaativat korjaustoimenpiteitä. Myös heidän artikkelinsa lopputulema on se, että rakennustuotannon tuottavuutta ja tehokkuutta voidaan parantaa työnkulun vaihtelun vähentämisellä.

### **2.4.1 Tehtäväsuunnitelma tuotannon tukena**

Työvaiheen tuotannollisen etenemisen työkaluna käytetään tehtäväsuunnitelmaa, jonka laatimisesta vastaa työvaiheesta vastuussa oleva työnjohtaja (Julku 2014). Monissa työvaiheissa on tärkeää ymmärtää hajautetun tehtävätason rakenteet sekä työntekijöiden tiedontarpeet, sillä niillä on merkittävä vaikutus työvaiheen sujuvaan etenemiseen ja hukkatyöhön, jotka taas vaikuttavat suoraan työn kokonaistuottavuuteen. (Görsch et al. 2023)

Tehtäväsuunnitelma sisältää tehtävän tavoitteet aikataulun sekä kustannusten osalta. Suunnitelmassa käsitellään myös tehtävälle asetetut laatuvaatimukset, aloitusedellytykset, potentiaalisten ongelmien analyysi POA, työhön vaadittavat resurssit sekä työturvallisuuteen liittyvät asiat. On keskeistä, että tehtäväsuunnitelmasta välittyy työn sekä kohteen erityispiirteet. Suunnitelmaa hyödynnetään vaatimusten saavuttamiseen tarvittavien keinojen määrittämisessä, ja se tyypillisesti liitetään aliurakkasopimuksen liitteeksi. (Ratu-asiantuntijaryhmä 2017)

### **2.4.2 Työnjohtajan rooli ja resurssien hallinta**

Kerrostaloprojektit jaetaan lähes poikkeuksetta pienempiin osaprojekteihin eli aliurakoihin. Pääurakoitsijan työnjohtajat toimivat näiden osaprojektien johtajina ja johtavat aliurakoitsijoiden tekemää työtä tehokkaasti ja aktiivisesti, jotta aliurakoitsija saavuttaa asetetut tavoitteet. (Patil & Kumar 2021)

Projekteissa tyypillisiä ovat väliaikaiset kyseisten organisaatioiden väliset tiimit. Silloin tiiminhallinta on tärkeässä roolissa. Tyypillinen projektin tavoitteiden saavuttamista hankaloittava tekijä on organisaatioiden välisten tiimien omaksumat erilaiset tavoitteet, päämäärät ja strategiat. Tämä johtaa helposti eri intressien aiheuttamaan ristiriitaan, joka vaikuttaa negatiivisesti projektin lopputulokseen. Ongelmien välttämiseksi tiiminhallinnan sekä valvonnan aktiivisuus ovat äärimmäisen tärkeässä osassa projektin

onnistumisessa. Tutkimuksen mukaan projektista vastuussa olevan henkilön vähäinen tieto sekä puutteellinen tiiminhallinta yhdessä mahdollisesti roolien ylikuormituksen kanssa vaikuttavat kielteisesti tavoitteiden saavuttamisessa. (Lattrich & Büttgen 2020)

Resurssien hallinta ja optimointi on keskeisessä osassa projektin tuotannollistaloudellisten tavoitteiden saavuttamisessa. Työnjohtajat ovat tässä tärkeässä asemassa. On tärkeää, että projektin ohjaamisesta ja valvonnasta vastuussa oleva henkilö omaa korkealaatuisen tietämyksen kyseiseen projektiin liittyen. Tällöin hän kykenee kohdentamaan resursseja optimaalisesti huomioiden projektiin liittyvät riskit sekä strategiset tavoitteet. Korkealaatuinen tietämys asiaan liittyen lisäksi nopeuttaa päätöksentekoprosesseja. (Lattrich & Büttgen 2020)

Rakennushankkeille tyypillinen urakoitsijatiimien vaihtuvuus on tyypillinen resurssointia vaikeuttava tekijä. Urakan budjetoinnin sekä kokonaiannonnistumisen todennäköisyys laskee tiimin epävakauden kasvaessa. (Jaselskis & Ashley 1991)

Lisäksi tärkeä tekijä projektin resurssoinnissa on budjetin seuranta. Projektin aikaiset budjettipäivitykset ovat suoraan positiivisesti yhteydessä onnistuneeseen talousarvion suorituskyvyn täyttämiseen. (Jaselskis & Ashley 1991) Kun resurssien jakautumisesta ja budjetin tilanteesta ollaan ajan tasalla, voidaan urakan resurssit kohdistaa taloudellisesti mahdollisimman optimaalisesti. Wiguna & Scott (2005) Mainitsee konferenssijulkaisussaan, että rakentamisessa puutteelliset työtulokset ovat usein seurausta valvonnan puutteesta sekä urakoitsijan järjestäytymättömistä työjärjestyksistä. Puutteellisten töiden korjaaminen taas vaatii lisäbudjettia, joka heikentää projektin taloudellisuutta.

## 3. URAKAN RESURSSIEN JAKAUTUMINEN

### 3.1 Tapaustutkimus: kohde 1

Tapaustutkimuksen ensimmäinen kohde on Tampereella sijaitseva asuinkerrostalokohde. Kappaleen tiedot on poimittu kohteen 1 arkkitehdin laatimista huone- sekä rakennusselostusasiakirjoista. Tontille rakennetaan neljä kerrostaloa, jotka kukin pitää sisällään neljä asuinkerrosta. Yhdessä talossa on 27 asuntoa, joten asuntoja kohteessa kaikkiaan on 108. Talojen kirjaimet ovat toteutusjärjestyksessä A, D, B ja C. D- ja B-talosta löytyy ensimmäisestä kerroksesta väestönsuojat, ja kaikista löytyy erilaisia varastoja sekä teknisiä tiloja. Neljän asuinkerroksen lisäksi jokaisessa talossa on 5. kerroksessa IV-konehuone, teknisiä tiloja sekä irtaimistovarastoja. Talot ovat väestönsuojia lukuun ottamatta pääosin samanlaisia. Kokonaispinta-ala taloa kohti on  $2355 m^2$  ja tilavuus  $6200 m^3$ .

Kohteen ala- sekä välipohjat toteutetaan ontelolaattarakenteisina ja väestönsuojat paikallavalettuina. Rakennusten kantavat seinät toteutetaan betonielementteinä. Märkätilojen kevyet väliseinät tehdään pääosin kiviharkkorakenteisina. Märkätiloihin sekä IV-konehuoneiden lattioihin valetaan ontelolaattarakenteen päälle pintabetonilaatta. Rakennusten asunnot ja porrashuoneet tasoitetaan ja maalataan. Yleisissä tiloissa kuten varastoissa sekä väestönsuojissa lattiat, seinät sekä katto pääosin maalataan.

#### 3.1.1 Aliurakkasopimus

Tässä kappaleessa käsitellään betonipintojen jälkitöiden urakkasopimuksessa sovitut tutkimuksen kannalta keskeiset asiat. Tiedot on poimittu kohteen betonipintojen jälkitöiden aliurakkasopimuksesta. Sopimuksessa on määritelty talokohtaisesti yhteen taloon käytettävät maksimi työtunnit. Jokaista taloa kohden oli sidottu 400 työtuntia. Eli yhteensä etuputsiin käytettäviä resursseja oli kaavailtu 1600 työtuntia. Yhteen asuinkerrokseen oli arvioitu keskimäärin menevän noin kymmenen työpäivää. Kyseiset kymmenen päivää oli arvioitu koostuvan alla olevan listauksen mukaisesti:

- Hiontatyöt 3 päivää
- (Etu)oikaisu ja paikkaus 3 päivää
- Kylpyhuoneiden lattiahionta 1 päivä

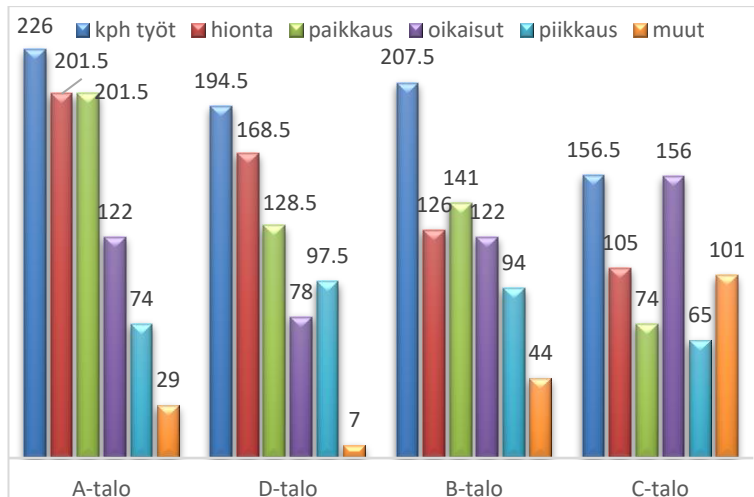
- Imurointi 1 päivä
- Ontelosaumatyöt 1 päivä
- Karkea siivous 1 päivä.

Lisäksi parvekkeisiin oli määritelty noin kaksi työtuntia yhtä parvekettä kohti.

Uraan tarjousneuvottelumuistiossa on määritetty lisäksi asioita työn toimituksen tekniseen sisältöön liittyen, joista alla mainittuna tutkimuksen kannalta keskeisiä. Kaikki betoniseinäelementit on muistiossa määritetty hiottaviksi. Elementtiasennusurakoitsija täyttää elementtien s-pisteet sekä pystysaumamat 20 mm vajaan. Etuputsiurakoitsija tekee kyseisten paikkojen lopulliset paikkaukset. Lisäksi paikallavalettavan väestönsuojan katon muottisaumat hiotaan pois. Muilta osin urakka vastaa tyyppisiä betonipintojen jälkityöurakan piirteitä, jotka on esitelty kirjallisuuskatsauksessa.

### **3.1.2 Toteutuneet menekit**

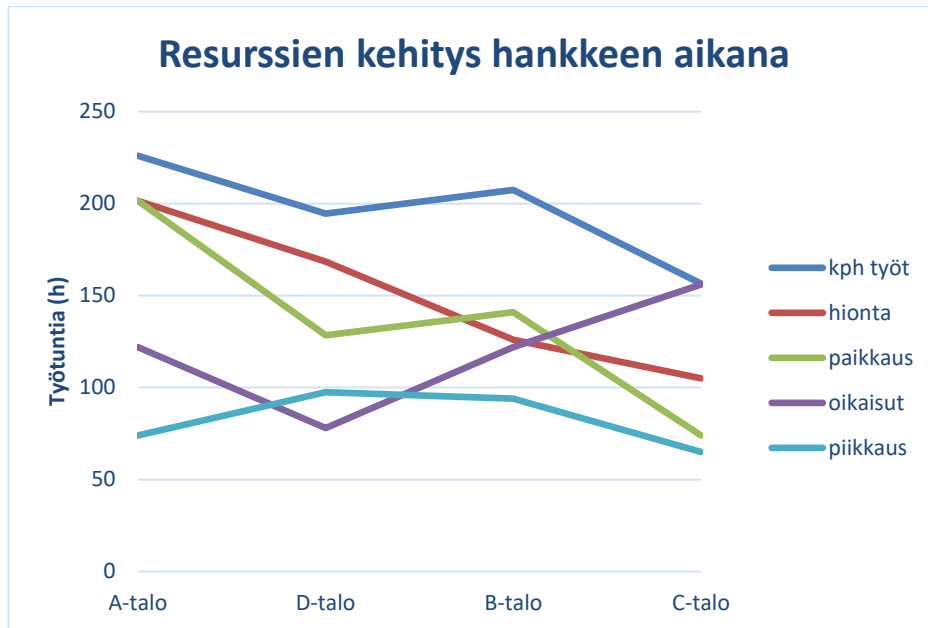
Tässä kappaleessa tarkastellaan kerrostalokohteen 1 toteutuneita menekkejä betonipintojen jälkitöiden osalta. Tutkimuksessa käytiin läpi kaikki urakoitsijan laskuttamat laskut sekä niiden liitteenä toimitetut mittapöytäkirjat. Mittapöytäkirjoista taulukoitiin työtunnit työlajeittain kerros- ja talokohtaisesti. Työlajit jaettiin kuuteen eri ryhmään, jotka ovat hionta, piikkaus, paikkaus, oikaisu, kylpyhuonetyöt sekä muut erilliset työsuoritukset. Lisäksi laskuista kirjattiin sanallisesti ylös tutkimuksen kannalta huomionarvoiset asiat. Dokumenttianalyysin vaiheita pystyy tarkastelemaan liitteenä olevasta analysointisuunnitelmasta. (Liite 1) Ennakkotietona työhön saatiin pääurakoitsijalta tieto, että toteutusjärjestyksessä viimeisestä kerrostalosta eli C-talosta, etuputsiurakoitsija poistui ennen työvaiheen valmistumista. C-talon puuttuvat työt viimeisteltiin pääurakoitsijan omilla työntekijöillä ja kylpyhuoneiden lattiahionnat teetettiin osittain laatoitusurakoitsijoilla. Työtunnit on kuitenkin sijoitettu kuvan 1 kaavioon (laatoittajat 24 h ja muut työt 96 h).



Kuva 1. Työtuntien jakautuminen taloittain

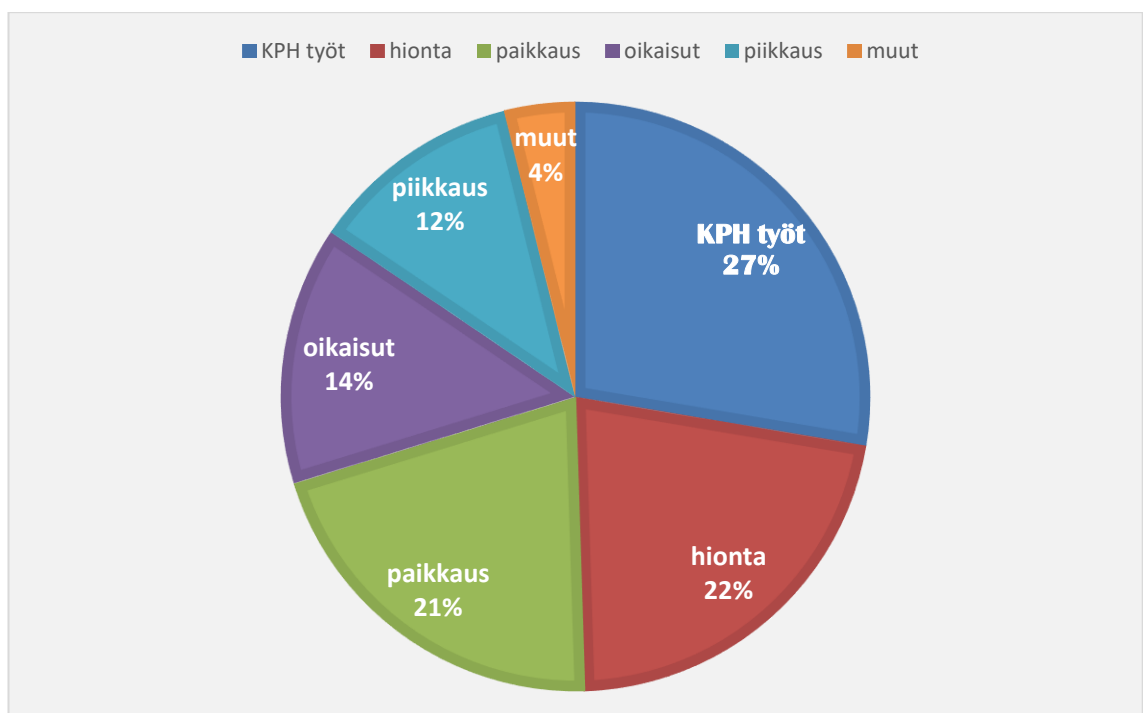
Kuvan 1 kaaviosta nähdään, että eniten resursseja talokohtaisesti on vienyt kylpyhuonetyöt, jotka ovat vaatineet A-, D- ja B-talossa noin 200 työtuntia taloa kohti. C-talossa kylpyhuonetöihin meni resursseja vähemmän, mutta huomiotavaa on se, että C-talon kylpyhuonetöiden tuntimäärä kuvassa 1 voi hieman erota todellisuudesta, koska osa kyseisen työlajin työtunneista on mahdollisesti kategorian ”muut” alla. Kylpyhuonetöihin on sisällytetty seinien osalta märkätiloissa tehdyt paikkailut ja oikaisut. Lisäksi kylpyhuoneiden pintalaattojen hionta on ollut etuputsiurakoitsijan vastuulla. (kuva 1)

Seuraavaksi eniten resursseja on vaatinut hionta. A-talossa hiontaan meni noin 200 työtuntia. Kuvan 2 kaaviosta nähdään kuitenkin, että hiontatöihin talokohtaisesti käytetyt työtunnit ovat hankkeen aikana laskeneet lineaarisesti. Tutkimuksen kannalta tämä on kiinnostava seikka, jonka syihin tulee perehtyä. Paikkaukseen käytettiin A-talossa tilastojen mukaan yhtä paljon työtunteja kuin hiontaan. Myös paikkauksen osalta työtunnit vähenivät huomattavasti hankkeen edetessä. Näiden kahden työlajin resurssien jakautumisten muutoksiin hankkeen aikana paneudutaan tarkemmin työmaatoimihenkilöstön haastatteluilla. Piikkausten osalta pysytään jokseenkin samoissa suuruusluokissa jokaisessa talossa. Sen sijaan oikaisuihin käytettyjen työtuntien osalta nähdään kiinnostavaa kehitystä työtuntien vähenemisenä A-talosta D-taloon, mutta D-talosta eteenpäin resurssien kulutus taas kasvaa huomattavasti. (kuva 2)



Kuva 2. Resurssikuormituksen kehitys työvaiheen aikana

Kuvan 2 kuvaajaan on koottu keskeisimpien työläjien toteutuneiden tuntimäärien kehitys hankkeen aikana. On huomattavaa, että kaikkien kolmen eniten työtunteja vaatineiden työläjien eli kylpyhuonetöiden, hionnan ja paikkauksen trendiviivat laskevat hankkeen edetessä. Vain oikaisuun käytetyt tunnit selkeästi kasvavat projektin edetessä. Vaikka myös C-talon osalta kaikki tunnit on esitelty kuvassa 1, on siinä työläjihin erittelemättömänä 96 työtuntia. On siis perusteltua jättää C-talo huomiotta, kun tarkastellaan resurssien prosentuaalista jakautumista kokonaisuutena.



Kuva 3. Työtuntien jakauma A-, B-, ja D-talot

### 3.1.3 Laskuista huomioitavia asioita

Urakoitsijan laskujen liitteenä lähetettyihin mittapöytäkirjoihin oli merkattu, mikäli tunneista osa laskutetaan edelleen jollekin toiselle urakoitsijalle tai toimijalle. Kohteen elementtiurakoitsijalta laskutettiin yhteensä 31 työtuntia eri työlajeja asennustoleranssien ylittymisestä. Suunnittelijan laskuun mittapöytäkirjojen mukaan meni 16 työtuntia parvekeovien piikkaamisesta sekä paikkaamisesta suunnitelmavirheen takia. Elementtitoimittajalle sen sijaan laskutettiin yhteensä 56 työtuntia valmistustoleranssien ylittymisen takia tehtyjen korjaustoimien takia. Kaikkinsa nämä tunnit yhteen laskettuna tekevät 103 työtuntia. Prosentuaalinen osuus muilta toimijoilta laskutetuista tunneista on siis 3,6 %.

Dokumenttien analysointisuunnitelmaan on lisäksi merkattu analysointiprosessin yhteydessä huomattua hyppimistä talojen välillä. Useamassa kohdassa on havaittavissa, että on palattu korjaamaan puutteita edellisestä talosta ja työvaiheesta. (Liite 1.1) Tämä on myös seikka, johon tullaan tutkimuksen myöhemmässä vaiheessa pureutumaan tuotannollisesta näkökulmasta.

## 3.2 Tapaustutkimus: kohde 2

Tapaustutkimuksen jälkimmäinen kohde on myös Tampereella sijaitseva asuinkerrostalokohde. Kappaleen tiedot on poimittu kohteen 2 arkkitehdin laatimista huone- ja rakennusselostusasiakirjoista. Kohteen päätoteuttajana sekä betonipintojen jälkitöiden urakoitsijana toimi samat urakoitsijat kuin tapaustutkimuksen ensimmäisessä kohteessa. Tontille rakennettiin kaksi kuusi asuinkerrosta sisältävää uudiskerrostaloa. A-talossa on 38 asuntoa, ja B-talossa vastaavasti 32 asuntoa. Kohteen väestönsuoja löytyy B-talon kellarikerroksesta. A-talossa kokonaistilavuus on  $9155 m^2$ , ja B-talossa  $9028 m^2$ .

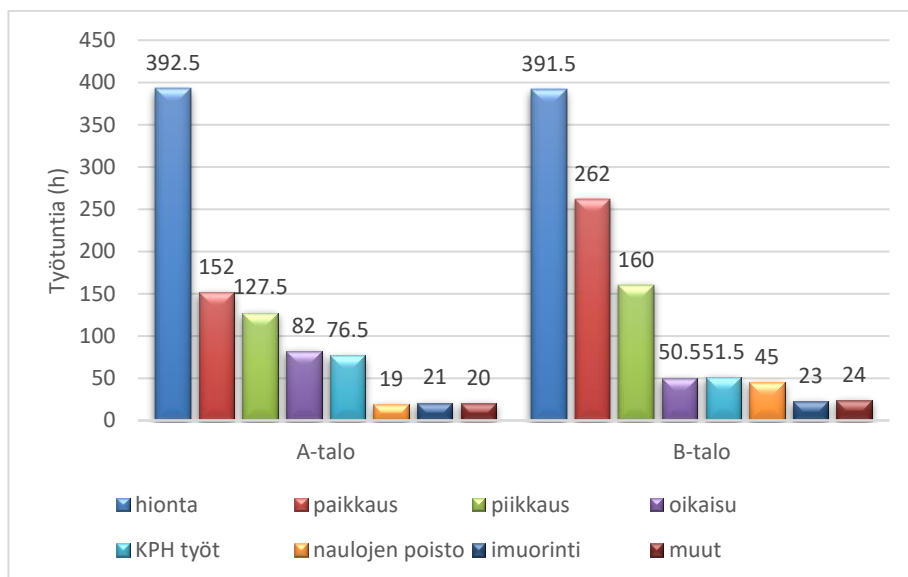
Kohteen välipohjat on toteutettu pääasiassa paikallavalettuna teräsbetonilaattoina. Lisäksi myös väestönsuoja on toteutettu paikallavalettuna. Kantavat seinät kohteessa on toteutettu betonielementteinä. Märkätilojen kevyet väliseinät on toteutettu osittain muurattuina kivirakenteisina ja osittain rankarakenteisina levyseininä. Kerrostalojen asunnot sekä porrashuoneet tasoitetaan ja maalataan. Teknisiä tiloja ei tasoiteta, mutta pääosin maalataan.

### 3.2.1 Aliurakkasopimus

Käydään tässä kappaleessa läpi kerrostalokohteen betonipintojen jälkitöiden aliurakkasopimuksessa sovittuja tutkimuksen kannalta oleellisia asioita. Tiedot on poimittu kohteen betonipintojen jälkitöiden aliurakkasopimuksesta. Sopimuksessa oli sovittu taloa kohti sidotuiksi tunneiksi 480 työtuntia. Yhteensä töihin oli siis kaavailtu resursoitavan noin 1000 työtuntia hankkeen aikana. Hiottavaksi sovittuja alueita taloista oli kaikki holvit sekä ulko- ja väliseinäelementit. S-pisteiden sekä elementtisaumojen lopulliset täyttötöet sovittiin myös kuuluvan etuputsiurakoitsijan vastuulle. Lisäksi osakohteen imuroinnit hiontatyön jälkeen oli sovittu olevan aliurakoitsijan vastuulla. Muilta osin urakka vastaa tyypillisiä betonipintojen jälkityöurakan piirteitä, jotka on esitelty kirjallisuuskatsauksessa.

### 3.2.2 Toteutuneet menekit

Dokumenttianalyysissä käytiin läpi tapaustutkimuksen kohteen 2 toteutuneet menekit työtuntien osalta. Samaan tyyliin kuin ensimmäisen kohteen kanssa, tässäkin tapauksessa kaikki betonipintojen jälkitöiden laskut sekä niiden liitteenä tulleet mittapöytäkirjat käytiin läpi. Työlajit jaettiin seitsemään eri kategoriaan talo- sekä kerroskohtaisesti. Työlajit olivat hionta, piikkaus, paikkaus, oikaisu, kylpyhuonetyöt, naulojen poisto, imurointi sekä muut yksittäiset työsuoritukset.



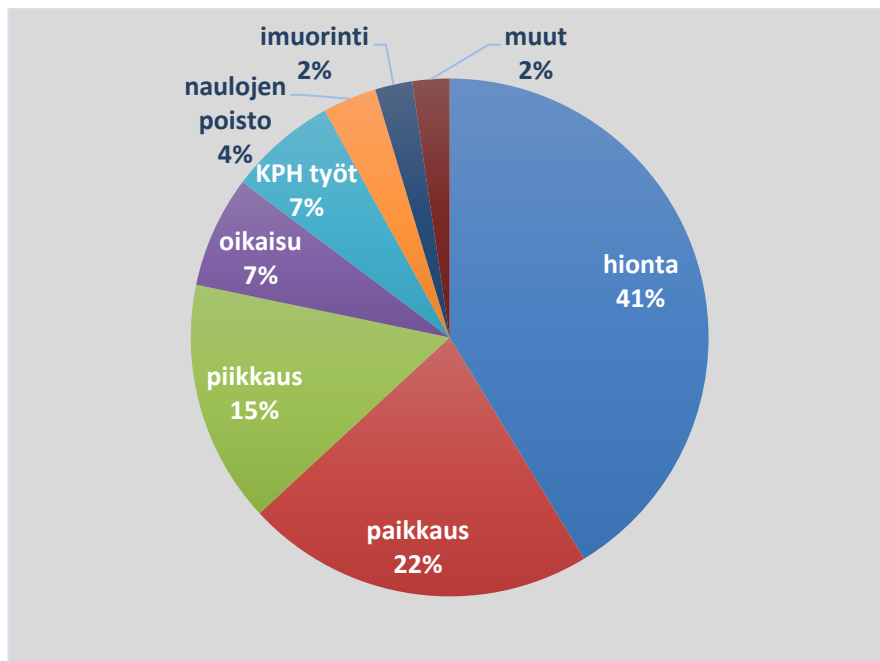
Kuva 4. Työtuntien jakautuminen taloittain

Laskuista kootut työtunnit taulukoitiin kuvaan 4 pylväskaavion muotoon. Kaaviosta nähdään, että ylivoimaisesti eniten resursseja vaati kohteen hiontatyöt. Mittapöytäkirjojen mukaan hiomistyöt koostuivat holvien eli käytännössä lattioiden,

kattojen sekä seinäelementtien hionnasta. Talokohtaisesti työtunnit hionnan osalta ovat jakautuneet äärimmäisen tasaisesti. (kuva 4)

Seuraavaksi eniten työtunteja on vienyt kerrostalojen paikkaustyöt. Huomattavan arvoista on, että paikkaukseen on B-talossa käytetty yli 100 työtuntia enemmän. Tutkimuksen kannalta tämä on asia, jonka juurisyitä on hyvä tutkia haastatteluvaiheessa. Piikkaustöihin on kulunut projektin aikana keskimäärin vajaa 150 työtuntia taloa kohti. Tässäkin huomattavaa on tuntien määrän kasvu A-talosta B-taloon. Oikaisu- ja kylpyhuonetöihin on kulunut molempiin yli 50 työtuntia taloa kohti, mutta kuitenkin B-taloon resursseja kyseisiin vaiheisiin on kulunut selvästi vähemmän kuin A-talossa. Muita resursseja vaatineita työlajeja on ollut holvien muottitöistä johtuvat naulojen poistot sekä hiontatöiden jälkeiset imurointityöt. (kuva 4)

Työtuntien prosentuaalista jakaumaa tarkastellessa huomataan, että hiontatyöt kattavat koko urakan työtunneista 41 %. Työtunteina sama lukema vastaa lähes 800 tuntia. Paikkaus ja piikkaus kattavat urakan resursseista 22 % sekä 15 %. Vaikka nämä työlajit ovat vaatineet hionnan jälkeen seuraavaksi eniten resursseja, eivät ne edes yhdessä kata hiontaan kuluneita työtunteja. (kuva 4)

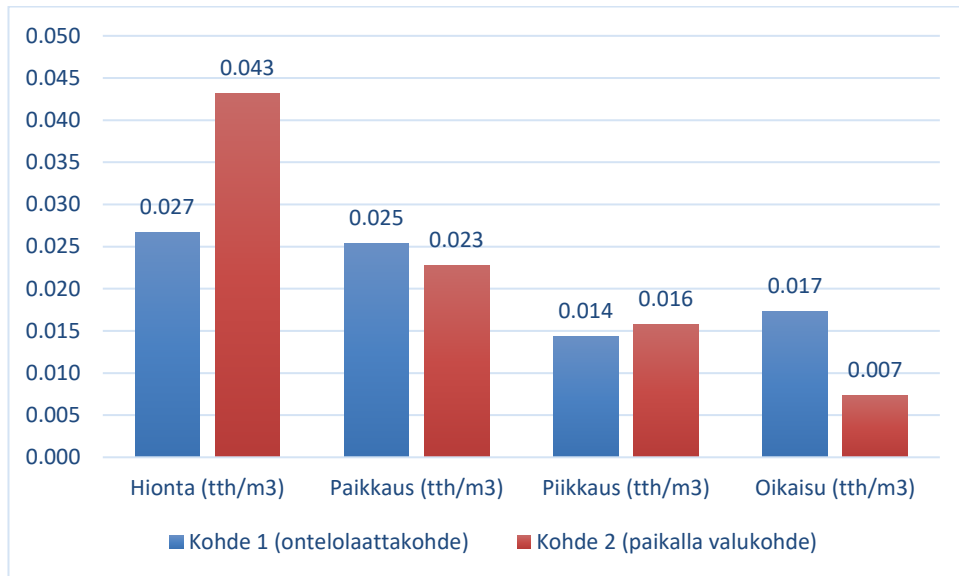


Kuva 5. Työtuntien prosentuaalinen jakauma

### 3.3 Kohteiden resurssit suhteessa toisiinsa

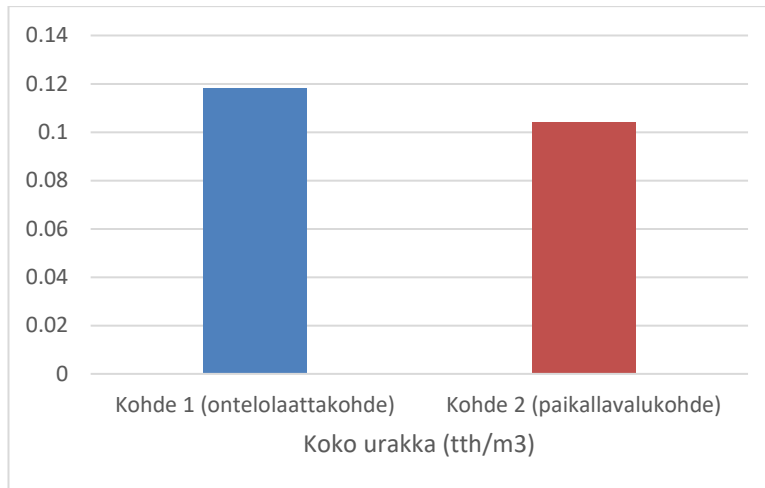
Tutkimuksen kannalta on keskeistä vertailla tapaustutkimuksen kahden eri kohteen menekkien suhteutumista toisiinsa. Jotta kahden eri kohteen lukuja voidaan

työlajikohtaisesti vertailla, on luvut suhteutettava toisiinsa. Tässä työssä luvut päätettiin suhteuttaa kerrostalojen tilavuuksien suhteen. Tapaustutkimuksen kohteesta 1 työlajikohtaista vertailukelpoista dataa on vain kolme ensimmäistä kerrostaloa. Niiden yhteistilavuus on  $18\,600\text{ m}^3$ . Kohteesta 2 voidaan käyttää molempia taloja, ja niiden yhteistilavuus puolestaan on  $18\,183\text{ m}^3$ .



Kuva 6. Menekit suhteessa kohteiden tilavuuteen

Työtunnit suhteutettiin kerrostalojen tilavuuksiin, ja saatiin tuloksena kuvan 6 pylväskaavio menekkien suhteellisista suuruuksista. Hiontatyöt paikallavaletuista holveista muodostuvassa kohteessa 2 veivät resursseja huomattavasti enemmän kuin kohteessa 1. Kohteessa 2 hiottiin kaikki seinäelementit kuten myös ontelolaattakohdeessa, mutta tämän lisäksi kaikki lattiat sekä katot hiottiin. Paikkauksien ja piikkauksien osalta luvut ovat kahden eri kohteen välillä hyvin lähellä toisiaan. Oikaisutöiden määrässä ero kohteiden välillä on kuitenkin huomattava. Kohteessa 1 oikaisutöihin on käytetty suhteessa yli tuplasti enemmän aikaa kuin kohteessa 2. (kuva 6) Kylpyhuonetöiden suhteellisten määrien suuruuserot tapaustutkimuksen kohteiden välillä olivat erittäin suuret. Tässä kohtaa ero on niin suuri, että eroa täytyy tutkia haastatteluilla lähtien urakkasisällöstä. On mahdollista, että kohteiden urakkasisällöissä on eroja kylpyhuonetöiden osalta.



Kuva 7. Työvaiheisiin kuluneet työtunnit suhteutettuna kohteiden tilavuuksiin

Kuvaan 7 pystyttiin ottamaan molemmista kohteista kaikki talot tarkasteluun. Kohteen 1 yhteistilavuus tässä tilanteessa on siis  $24\,800\text{ m}^3$  ja kohteen 2 tilavuus on sama kuin kuvan 6 tarkastelussa. Kaikkien työtuntien yhteen laskemisen ja tilavuuteen suhteuttamisen jälkeen nähdään, että ontelolaattakohde on vaatinut hieman enemmän resursseja kuin paikallavalettu (kuva 7). Ero on kuitenkin niin pieni, että suorien johtopäätösten vetäminen on tässä kohtaa liian aikaista etenkin, kun otetaan huomioon kaikki tuloksia mahdollisesti vääristävät osatekijät. Menekkien taustalla vaikuttaviin tekijöihin paneudutaan seuraavassa kappaleessa haastatteluiden keinoilla, ja pyritään löytämään syitä tässä kappaleessa käytyjen lukujen taustalta. Kun lukujen taustoista on muodostettu kehittyneempi näkemys, pystytään tekemään kokonaisvaltaisempia johtopäätöksiä työvaiheen resurssointiin ja tuotannollistaloudelliseen tehokkuuteen liittyen.

### 3.4 Ratun mukaiset menekit

Tutkitaan seuraavaksi ”Rakennustöiden menekit” kirjan mukaisia teoreettisia menekkejä tapaustutkimuksen kohteille 1 ja 2. Kyseisessä kirjassa betonipintojen jälkityöt on jaettu kahteen kategoriaan, jotka ovat hionta sekä etuoikaisu ja paikkaus, joka pitää sisällään monta eri työlajia. Taulukkoon 3 kerättiin kohteelle ominaiset menekit käyttäen elementtitekniikan T3 työmenekkejä. Työmenekkeihin on taulukossa sisällytetty aloittavat sekä lopettavat työt. Menekit kerrottiin kohteen pohjapiirustuksista lasketuilla neliöillä. Lisäksi saatu luku kerrottiin vielä TL3-lisäaikakertoimella, jolla otetaan huomioon työn keskeytykset, pienet erilliset työvaiheet, laitteiden rikkoutumiset ym. työvaiheen kulkua vaikeuttavat tekijät. Betonipintojen jälkityössä käytettävän kertoimen suuruus on 1,1-1,4. Lisäksi saatu kokonaistuntimäärä kerrottiin suoritemääräkertoimella.

Kohteessa 1 neliöiden perusteella määräytyvä kertoimen arvo on 1,05. Taulukko 3 vastaa yhden talon työtunteja. (Rakennustieto Oy 2020, s. 130–131)

**Taulukko 3.** Ratu-menekit / talo kohde 1

Työlaji	Määrä ( $m^2$ )	Menekki (tth/ $m^2$ )	TL3-lisäaikakerroin	Työtuntia T4 (h)
Etuokaisu ja paikkaus	3168	0,042	1,4	195,6
Hionta	2406	0,020	1,4	70,8
Kylpyhuoneet (seinät)	727,6	0,042	1,4	42,8
Kylpyhuone (lattia)	138	0,112	1,4	21,6
Parvekkeet (hionta)	447	0,020	1,4	12,5
(paikkaus)		0,042		26,3
Yhteensä	-	-	-	398,9

Taulukosta 3 nähdään, että yhteensä Ratu-menekeillä saadaan yhteen talon vaatimaksi työtuntimääräksi noin 400 työtuntia. On huomioitavaa, että etenkin etuokaisuun ja paikkaukseen sekä kylpyhuoneisiin käytetyt todelliset työtunnit ovat huomattavasti korkeammat kuin taulukon 3 teoreettiset menekit.

Kohteen 2 teoreettisia menekkejä varten tehtiin pitkälti samat toimenpiteet kuin kohteen 1 kohdalla. Paikallavalettujen holvien menekkiarvoon vaikuttaa käytetyn muotin kunto. (Rakennustieto Oy 2020, s. 130) mukaan on kolme eri menekkiarvoa, jotka ovat huono, normaali ja hyvä muottipinta. On kuitenkin melko haastavaa määrittää käytännössä, milloin muottipinta on normaali tai hyvä. Tämä on tekijä, joka voi vaikuttaa selvästi tulosten suuruusluokkaan. Kun tuloksia verrattiin toteutuneisiin menekkeihin, päätettiin käyttää hyvää muottipintaa, ja asettaa etuokaisuun ja paikkauksen TL3-lisäaikakerroin kohteen 1 tapaan lukuun 1,4. Menekkiarvoihin on sisällytetty aloittavat ja lopettavat työt.

**Taulukko 4.** Ratu-menekit / talo kohde 2

Työlaji	Määrä (m <sup>2</sup> )	Menekki (tth/m <sup>2</sup> )	TL3-lisäaikakerroin	Työtuntia T4 (h)
Etuoikaisu ja paikkaus (elementit)	3347	0,042	1,4	196,8
Etuoikaisu ja paikkaus holvit	1194	0,062	1,4	103,6
Hionta	9861	0,020	1,4	276,1
KPH (lattia)	280	0,112	1,4	43,9
Parvekkeet (hionta)	440	0,020	1,4	12,3
(paikkaus)		0,042		25,9
Yhteensä	-	-	-	627,5

Taulukosta 4 on nähtävissä, että teoreettisilla Ratu-menekeillä laskettuna yhden talon vaatima tuntimäärä on 627,5 työtuntia. Kohteen hiontaneliöissä on otettu huomioon suunnitelma-asiakirjoista poimittu tieto välipohjarakenteesta, joka vaatii useamman hiontakerran. Myös kohteen 2 tapauksessa todelliset menekit ylittävät teoreettiset Ratu-menekit jokaisessa työlajissa.

## 4. HAASTATTELUTUTKIMUS

### 4.1 Haastattelukysymykset

Haastattelututkimukseen valittiin kysymykset tutkimuksen aikaisemmissa vaiheissa esiin nousseiden kysymysten perusteella. Kohteen 1 osalta huomiota herättävä asia oli A-talon hionta- ja paikkaustuntien suuret määrät. Toiseksi huomattiin, että hiontaan käytettyjen resurssien määrä kuitenkin väheni hankkeen aikana. Tilastoista kolmantena huomiona oli oikaisuun käytettyjen työtuntien kasvu työvaiheen loppupuolella. Nämä huomiot muotoiltiin tutkimuksen kannalta hyödyllisiksi kysymyksiksi. Lisäksi haastattelussa pureudutaan työn valvonnan ja ohjauksen toteuttamisen keinoihin ja mahdollisiin työkaluihin.

**Taulukko 5.** Haastattelukysymykset: haastattelu 1

1. Mitkä ovat mahdollisia syitä A-talon suurien hionta- sekä paikkaustyötuntien taustalla?
2. Millä keinoilla hiontaan käytettyjä työtunteja vähennettiin hankkeen aikana?
3. Oikaisuihin käytetyt tunnit kasvoivat selvästi hankkeen aikana. Mitkä voivat olla syitä tämän kehityksen taustalla?
4. Mitkä ovat mahdollisia syitä toteutuneissa menekeissä korkeiden kylpyhuonetyötuntien taustalla, kun verrataan teoreettisiin Ratu-menekkeihin?
5. Millä keinoilla työn valvontaa ja ohjausta toteutettiin?
6. Hyödynnettiinkö työvaiheessa tehtäväsuunnitelmaa? - Koetko, että tehtäväsuunnitelmalla työvaiheen resurssointia voitaisiin kehittää?
7. Alan kirjallisuudessa todettiin työnkulun vaihtelevuus sekä vaiheiden uudelleen toistaminen työvaiheen tehokkuutta madaltavaksi tekijäksi, koetko tämän pätevän myös betonipintojen jälkityössä? - Oliko työryhmien vaihtelevuutta havaittavissa?
8. Tuliko haastattelun aikana mieleen muita lukujen taustalla olevia asioita, joista ei vielä keskusteltu?

Tutkimuksen aikaisemmassa vaiheessa kohteen 2 osalta huomattiin, että hiontatöihin oli kulunut kokonaisuudessaan 41 % kaikista työvaiheen resursseista. Luku on huomattavan suuri, joten sen suuruuden tutkiminen on perusteltua. Toisena huomiona kohteesta oli B-talon suuret piikkaus- ja paikkaustyötunnit suhteessa A-taloon. Lisäksi huomattiin, että märkätiloihin eli kylpyhuoneisiin käytetyt työtunnit olivat selkeästi pienemmässä suuruusluokassa kuin kohteessa 1. Myös kohteen 2 osalta haastattelussa kysytään työn valvonnan ja ohjauksen toteutuksen keinoista ja työkaluista.

**Taulukko 6.** Haastattelukysymykset: haastattelu 2

1. Hiontaan kului tutkimuksen mukaan 41 % kaikista hankkeen etuputsiin käytetyistä resursseista. Onko tämä tyypillinen määrä kerrostalossa, jossa on paikallavaletut holvit?
2. Paikkauksiin ja piikkauksiin kului mittapöytäkirjojen mukaan huomattavasti enemmän työtunteja B-talossa kuin A-talossa, mitkä ovat mahdollisia syitä ilmiön taustalla?
3. Verrattuna kohteeseen 1, kohteessa 2 märkätiloihin käytettiin merkittävästi vähemmän työtunteja. - Mitkä työvaiheet kuuluivat etuputsiurakoitsijalle märkätiloissa? - Mahdollisia syitä kyseisten työtuntien vähäisyyteen kohteen 2 näkökulmasta?
4. Laskutettiin ko etuputsitöitä muilta urakoitsijoilta toleranssien ylittymisen seurauksena?
5. Miten työn valvontaa ja ohjausta toteutettiin?
6. Hyödynnettiin ko työvaiheessa tehtäväsuunnitelmaa? - Koetko, että tehtäväsuunnitelmalla työvaiheen resurssointia voitaisiin kehittää?
7. Alan kirjallisuudessa todettiin työnkulun vaihtelevuus sekä vaiheiden uudelleen toistaminen työvaiheen tehokkuutta madaltavaksi tekijäksi, koetko tämän pätevän myös betonipintojen jälkityössä? - Oliko työryhmien vaihtelevuutta havaittavissa?
8. Tuliko haastattelun aikana mieleen muita lukujen taustalla olevia asioita, joista ei vielä keskusteltu?

## 4.2 Haastattelu 1: Kohteen 1 työnjohtaja

Ensimmäisessä haastattelussa haastateltiin tapaustutkimuksen kerrostalokohteen 1 työnjohtajaa, joka oli pääosin vastuussa betonipintojen jälkitöistä kyseisessä hankkeessa. Haastattelukysymykset luovutettiin haastateltavalle ennen tilaisuuden alkua samassa muodossa kuin ne ovat kappaleessa 4.1. Lisäksi hänelle annettiin tarkasteltavaksi kuvan 1 pylväskaavio.

Haastattelun ensimmäinen kysymys koski A-talon hionta- sekä paikkaustyötuntien suurta määrää. Projektin alkuvaiheilla työn laatutasossa ja sitä kautta ylimääräisen työn tekemisessä oli haastateltavan mukaan aika paljon hakemista. A-talossa oli edetty jopa puoliväliin, ennen kuin työn sopiva laatutaso löytyi. Oli havaittavissa, että alussa työn laatu oli jopa liian hyvää, jolloin voidaan puhua ”ylilaadusta”. Tuotannollistaloudellisesti ei ole tarkoituksenmukaista, että betonipintojen jälkitöiden laatu ylittää selkeästi sille asetetut laatuvaatimukset eli toleranssit. Työvaiheen alkupuolella urakoitsija esimerkiksi myösi hioi ei-pinnoitettavat betonipinnat, vaikka sille ei tarvetta olisi ollut. Lisäksi urakoitsijaa työllisti ongelmat patteriputkien paikalleen asennuksen kanssa. Kyseinen työsuoritus oli alun perin toisen urakoitsijan vastuulla, mutta työn lopputuloksen epäonnistuttua joutui etuputsiurakoitsija käyttämään suuren määrän resursseja piikkauksessa ja etenkin paikkauksessa työn korjaamiseksi. Muita A-talolle ominaisia haasteita oli runkourakoitsijan asennustoleranssien ylittyminen sekä siivouksen puute kerroksissa, joka vaikeutti etuputsiurakoitsijan työn sujuvuutta.

Seuraavaksi haastattelussa paneuduttiin siihen, miten hionnan ja paikkauksen työtunteja onnistuttiin vähentämään hankkeen edetessä. Haastateltavan mukaan yksi merkittävä syy tehokkuuden parantumisessa oli työnjohdon resurssien kasvaminen projektin edetessä. Hankkeen alkupuolella työmaalla ollut työnjohto oli niin kuormitettu, että riittävää aikaa työvaiheen aktiiviselle valvonnalle ei ollut tarpeeksi. Lisäksi urakoitsijan kanssa pidettiin 1-2 palaveria siitä, kuinka työtä voidaan tehostaa, jotta olisi mahdollista pysyä urakkaneuvotteluissa asetetuissa talokohtaisissa työtuntirajoissa. Yksi palaverissa käsitellyistä aiheista oli työn yllälaatu. Palaverien seurauksena työn laatu muuttui selkeästi ”karkeampaan”, mutta riittävään lopputulokseen, joka johti työtuntien vähenemiseen. Tämän lisäksi myös runkourakoitsijan työn laatu parani, jolloin asennustoleranssien ylittyminen myös väheni.

Asennustoleransseista keskustelu johdatteli sopivasti haastattelun seuraavaan kysymykseen, jossa perehdyttiin elementtien oikaisuihin käytettyihin työtunteihin. Haastateltava kertoi, kuinka C-talossa runkourakoitsija epäonnistui hormien asennuksessa melko laajasti. Hormien oikaisuihin jouduttiin käyttämään C-talossa suuri määrä työtunteja. Oikaisujen tekemisen tarve johtuu pääosin elementtien asennus- sekä

valmistustoleranssien ylittymisestä. Haastateltava kertoi, että juuri näiden toleranssien ylittyminen korostui C-taloon siirryttäessä. Samanlaista kehitystä oli havaittavissa myös B-talon osalta. Haastateltava totesi kysymyksen vastaamisen lopuksi, että oikaisujen tekeminen ontelolaattatalossa on yleisempää kuin paikallavaletuissa holveista muodostuvissa taloissa.

Oikaisutöiden tekeminen kylpyhuoneissa on yleistä laatoituksen tiukkojen aloitusvaatimusten mittapoikkeamien takia. Oikaisutyöt ovat luonteeltaan ajallisesti työllistäviä, joka voidaan nähdä syynä korkeiden kylpyhuonetyötuntien taustalla. On myös mahdollista, että kylpyhuoneiden oikaisutöissä on päädytty joissain tapauksissa yliilaidun puolelle, jolloin oikaisuihin on käytetty enemmän työtunteja kuin olisi tarve.

Haastattelun seuraavassa vaiheessa keskusteltiin työvaiheen valvonnasta ja ohjauksesta. Valvontaa ja ohjausta betonipintojen jälkitöiden osalta toteutettiin muun muassa jo aikaisemmin mainittuja palavereita pitämällä sekä pistokoe luontoisella seurannalla. Tarkoitus oli urakoitsijan kanssa suorittaa mestan luovutukset aina kerroksittain ensin runkourakoitsijan kanssa ja etuputsitöiden jälkeen etuputsiurakoitsijan kanssa. Tähän ei työnjohdon resurssit kuitenkaan varsinkaan työvaiheen alkupuolella riittäneet. Hankkeen edetessä työnjohdon määrä ja resurssit kasvoivat, ja B-talossa tämän kaltaista mestan luovutusta päästiin tekemään. Tämän takia osa työtunneista saatiin osoitettua edelleen runkourakoitsijalle tai sitten runkourakoitsija kävi itse korjaamassa korjauskohteet. Haastateltava toteaa, että ”Aktiivinen valvonta on lähes tulkoon ainoa keino työvaiheen onnistuneessa resurssienhallinnassa.”

Työvaiheen valvonnassa ja ohjauksessa ei käytetty työkaluna tehtäväsuunnitelmaa. Tämän sijasta hyödynnettiin urakkaneuvottelupöytäkirjoja, yleisaikataulua, runkotöiden aikataulua, betonipintojen jälkitöiden aikataulua sekä urakoitsijapalavereita. Haastateltava totesi tehtäväsuunnitelman hyödyntämisestä työvaiheessa, että jos vain aikaa ja resursseja on, kannattaa tehtäväsuunnitelmaa hyödyntää. Hän ehdotti myös, että olisi tärkeää, että sisävaiheesta vastaava työnjohtaja saataisiin työmaalle jo etuputsitöiden alkuun, koska runkotyönjohtajan aika ja resurssit harvoin riittävät tarpeeksi kokonaisvaltaiseen työvaiheen valvontaan. Hän painottaa selkeän työnjaon tärkeyttä työnjohtajien kesken.

Kuudenteen kysymykseen haastateltava koki, että työnkulun vaihtelevuus ja uudelleen toistaminen korjaustoimien osalta vaikuttavat keskeisesti myös betonipintojen jälkityön tehokkuuteen. Tämän lisäksi hän nosti esille sääolosuhteiden vaikutuksen. C-talossa sääolosuhteet vaikeuttivat työvaihetta, kun C-talo oli läpikotaisen märkä pitkien

sadejaksojen seurauksena. Tämä vaikuttaa suoraan muun muassa hiontatöihin, koska täysin märkää seinää ei ole järkevää hioa. Alan kirjallisuudessa mainittu työryhmien vaihtelevuus ei kuitenkaan haastateltavan mukaan ollut tässä kyseisessä hankkeessa työnkulkua vaikeuttava tekijä vaihtelun ollessa hyvin vähäistä.

Haastattelun lopuksi kohteen 1 työnjohtaja nosti esille vielä asioita, joita ei aikaisemmin ollut tullut ilmi. Hän korosti tärkeäksi jo ennen töiden aloitusta perusteellisen urakkaneuvottelun, jossa käydään yksityiskohtaisesti läpi urakan rajat ja tärkeät asiat kuten toleranssit töiden laadun osalta. Lisäksi hän pohti, että paras laskutusmuoto betonipintojen jälkitöihin olisi kattotuntuurakka. Tämä tarkoittaisi sitä, että urakkaneuvotteluissa voitaisiin töiden kattotuntimääräksi sopia esimerkiksi 500 tuntia. Tuntimäärän ylittyessä aliurakoitsija maksaisi itse ylittyvän tuntimäärän, ja vastaavasti tuntimäärän alittuessa pääurakoitsija maksaisi joka tapauksessa sovitun kattotuntimäärän toteutuneista tunneista huolimatta.

### **4.3 Haastattelu 2: Kohteen 2 työnjohtaja**

Tutkimuksen toisessa haastattelussa haastateltiin kohteen 2 työnjohtajaa, joka oli ensimmäisen kohteen tapaan osavastuussa hankkeen betonipintojen jälkitöistä. Hän ei kuitenkaan ollut vastuussa työvaiheesta sen koko aikaa. Samaan tapaan kuin ensimmäisessäkin haastattelussa, haastateltavalle luovutettiin kysymykset sekä pylväskaavio työvaiheen tuntien jakautumisesta.

Ensimmäisessä kysymyksessä käsiteltiin kohteessa hiontaan käytettyjen työtuntien määrää. Hiontaan käytettiin kaikista etuputsin resursseista 41 %. Haastateltava arvioi luvun olevan korkeampi kuin tavanomaisesti paikallavaletuista holveista muodostuvassa kerrostalossa. Hän arvioi tämän selittyvän kohteen välipohjarakenteen poikkeuksellisuudella. Kohteessa paikallavaletun holvin päälle valettiin vesikiertoisella lattialämmityksellä varustetut pintabetonilattiat, jonka päälle pumpattiin vielä plaanotasoite. Holvin kerroksellisuuden takia vaadittiin etuputsiurakoitsijalta useampi hiontakerta.

Toiseksi haastattelussa käsiteltiin B-talon korkeita piikkaus- ja paikkaustuntimääriä. Haastateltava esitti lukujen taustalle kaksi tekijää, jotka yhteisvaikutukseltaan ovat nostaneet B-talon tuntimääriä. B-talon kellarikerroksessa sijaitsee paikallavalettu väestönsuoja, joka vaatii tyypillisesti enemmän etuputsitunteja muihin rakenteisiin nähden. Lisäksi talojen alapohjarakenteet olivat erilaisia. A-talossa oli kauttaaltaan alapohjarakenteena kantava alapohjalaatta. B-talossa sen sijaan oli alapohjassa anturanostojen ja seinien liitoksia, joita jouduttiin piikkailemaan ja paikkailemaan. Nämä

kaksi tekijää siis yhdessä kasvattivat tuntimääriä B-talon osalta, mutta lukujen taustalla lienee myös muita tekijöitä.

Kolmannessa kysymyksessä perehdyttiin märkätiloihin käytettyihin resursseihin. Erot kohteen 1 ja 2 märkätiloihin käytetyissä työtunneissa oli merkittävät, joten kysymystä lähdettiin purkamaan urakkasisällön kautta. Haastateltavan vastauksista selvisi, että märkätiloissa etuputsiurakoitsijalle kuului vain lattioiden hionta kahteen kertaan eli holvin hionta sekä kaatolattioiden hionta. Lisäksi urakoitsija teki joitain yksittäisiä sähkörasiapaikkauksia, mutta niiden tuntimäärä oli vähäinen. Märkätilojen seinien oikaisut sekä muut työsuoritukset teetettiin muilla urakoitsijoilla.

Haastattelun seuraavassa vaiheessa tiedusteltiin etuputsitöiden edelleen laskuttamisesta. Betonielementtien valmistustoleranssien ylittymisestä johtuvat virheet korjattiin pääosin elementtitoimittajien toimesta. Osa virheistä korjattiin pääurakoitsijan omien työntekijöiden toimesta, ja laskutettiin edelleen elementtitoimittajalle. Lisäksi joitain yksittäistapauksia oli, jossa muilta urakoitsijoilta saatiin laskutettua etuputsiurakoitsijan tekemiä töitä, mutta suhteessa puhutaan pienistä määristä.

Viidennessä ja kuudennessa kysymyksessä tutustuttiin työvaiheen valvontaan, ohjaukseen sekä näissä käytettyihin työkaluihin. Urakoitsijan kanssa käytiin viikoittain aikataulua läpi heille asetettujen aikataulullisten välitavoitteiden osalta. Tämän pohjalta pystyttiin seuraamaan tavoitteiden toteutumista sekä työntekijöiden määrän tarvetta. Ennen tasoitetöiden alkua kerrokset kierrettiin tasoiteurakoitsijan ja etuputsiurakoitsijan kanssa läpi, jolloin sovittiin korjauskohteet, jotka etuputsiurakoitsijan on vielä korjattava. Näiden lisäksi toteutettiin myös perinteisiä tarkastuksia työn laadun kannalta. Työn ohjauksessa ja valvonnassa ei hyödynnetty erillistä tehtäväsuunnitelmaa. Sen sijaan resurssoinnin apuna käytettiin urakkasopimusta ja aikataulua. Haastateltavan mielestä tehtäväsuunnitelman käytöstä voisi olla erityistä hyötyä etenkin työvaiheen suunnittelussa silloin, kun työvaiheesta vastuussa olevalla työnjohtajalla ei aikaisempaa kokemusta ole työvaiheen ohjaamisesta.

Virheisiin ja puutteisiin liittyen haastateltava totesi seuraavasti: ”Ihannetilanne olisi, että kerroksen valmistuttua tekijän ei tarvitsisi sinne enää ollenkaan palata. Tähän harvemmin päästään, joten pyrimme siihen, että mahdolliset virheet listataan ja korjataan yhdellä kertaa, jolloin näitä siirtymisiä tulisi mahdollisimman vähän. Mitä vähemmän ylimääräisiä siirtymisiä, sen parempi.” Työnkulun vaihteluun liittyen haastateltava toteaa, että tässä tärkeässä roolissa on töiden aikatauluttaminen siten, että työt päästään tekemään luontevassa järjestyksessä. Tämän lisäksi on huolehdittava, että mestat ovat valmiina urakoitsijan siirtyessä työskentelemään

kyseiseen tilaan. Näin säästetään ylimääräiseltä odottelulta ja tuntiöiltä. Työryhmien vaihtuvuutta oli kohteessa 2 hyvin vähän, joten sen vaikutuksen projektin tehokkuuteen haastateltava koki melko vähäiseksi.

## 5. ANALYSOINTI JA SYVENTYMINEN

### 5.1 Tutkimusdatojen analysointi

Tapauksetutkimuksen molemmissa kohteissa betonipintojen jälkityölle oli määritetty urakkaneuvotteluissa maksimituntimäärät, joita työhön tulisi käyttää. Kohteessa 1 kyseinen määrä oli 400 työtuntia taloa kohti ja kohteessa 2 puolestaan 480 työtuntia taloa kohti. Kohteen koko laajuudella kyseiset luvut ovat kohteen 1 kohdalla 1600 työtuntia ja kohteen 2 kohdalla 980 työtuntia. Molempien tapauksessa tuntimäärä ylittyi lopulta huomattavasti toteutuneiden työtuntien ollessa ensimmäisessä kohteessa 2928 h ja toisessa 1898 h. Kohteessa 2 märkätilojen oikaisut toteutettiin urakan ulkopuolisella toimijalla. Kohteen 2 toteuma on kuitenkin täysin verrattavissa teoreettisiin Rakennustieto Oy:n (2020) mukaisiin Ratu-menekkeihin ja urakkaneuvottelussa määriteltyihin tunteihin, koska ulkoistetut työt oli molemmissa otettu huomioon.

**Taulukko 7.** Tuntimäärät koottuna

Työmaa	RATU	Urakkaneuvottelu	Toteutunut
Kohde 1 (h)	1596	1600	2928
Kohde 2 (h)	1255	980	1898

Taulukkoa 7 tarkasteltaessa on selvää, että urakkaneuvotteluissa aliurakoitsijan arvioimat koko hankkeen vaatimat työtunnit ovat liian alhaiset. Ero on selkeä, kun lukua rinnastetaan urakkalaskennassa arvioituihin sekä toteutuneisiin määriin. Ratun ja urakkaneuvottelun työtuntimäärät ovat lähellä toisiaan molemmissa tapauksissa, mutta etenkin kohteessa 1.

#### 5.1.1 Ratu-menekit ja niiden hyödyntäminen

Rakennustöiden menekit 2020 kirjan (Rakennustieto Oy 2020) mukaiset Ratu-menekit ovat hyvä työkalu aikataulujen laatimisessa. Betonipintojen jälkityöt ovat kuitenkin melko haastava kokonaisuus arvioitavaksi teoreettisten menekkien avulla. Kohteen 1 osalta kaikissa työlajeissa oli havaittavissa eroa teoreettisten ja toteutuneiden menekkien välillä.

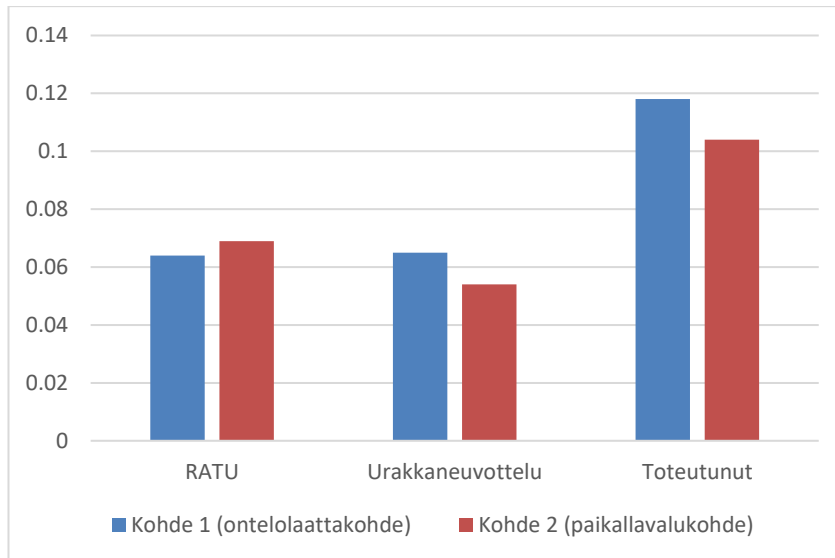
Ratu-menekeissä oikaisutyöt sisältyvät työlajiin ”etuoikaisu ja paikkaus”. Kohteen 1 haastattelussa tuli ilmi, että oikaisutöiden tekeminen on ontelolaattataloissa yleisempää kuin paikallavaletuilla holveilla toteutetuissa kerrostaloissa (Haastattelu 1). Rakennustieto Oy:n (2020, s. 130) kirjassa paikallavaletun kohteen työmenekki etuoikaisun ja paikkauksen osalta on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin elementtitekniikkakohteessa eli ontelolaattatalossa. Vaikka kyseiseen työlajiin sisältyy paljon muutakin kuin oikaisu, tulisi tämän kuitenkin näkyä teoreettisten työmenekkien suuruusluokassa ottaen huomioon myös sen, kuinka paljon suhteellisia resursseja kohteessa 1 on käytetty oikaisuun (kuva 6). Huomioarvoista on myös se, että kylpyhuoneiden etuoikaisu ja paikkaus sisältää oikaisutöitä, jolloin sama ilmiö tulee esiin myös kylpyhuonetöissä.

Hiontatöiden teoreettisissa menekeissä on tapaustutkimuksen molemmissa kohteissa eroa verrattaessa toteutuneisiin menekkeihin. Myös tämän työlajin kohdalla se herättää kysymyksen, että ottaako työmenekki huomioon sen, että hiontatyö ei ole aina tasaisesti etenevää toistoa.

Betonipintojen jälkitöissä hyödynnettävä TL3-lisäaikakerroin on 1,1-1,4. On selvää, että myös tämän kertoimen käyttö vaikuttaa merkittävästi teoreettisiin menekkeihin ja aiheuttaa eroavaisuutta saaduissa tuloksissa riippuen käytetyn kertoimen suuruudesta. Yleisesti voidaan todeta, että Rakennustieto Oy:n (2020) mukaiset teoreettiset menekit ovat oiva työkalu resurssoinnin suunnittelussa ja arvioinnissa, mutta niihin ei voi luottaa täysin. On tärkeää, että kyseisten teorioiden taustalla on myös käytännön osaamista ja ymmärrystä siitä, mitkä asiat vaikuttavat työvaiheen tuotannolliseen puoleen.

### **5.1.2 Tapaustutkimuksen kohteiden yhteensovitus ja vertailu**

Kuvan 8 kaavioon on suhteutettu taulukon 7 luvut vastaamaan kohteiden tilavuutta. Näin saadaan muodostettua tarkempi käsitys resurssoinnin näkökulmasta molempien kohteiden osalta. Kohteiden Ratu-menekit ovat suuruusluokaltaan lähellä toisiaan. Kohteen 2 teoreettisissa menekeissä on kuitenkin otettu huomioon, että märkätilaoikaisut toteutettiin erillisellä toimijalla. Täten koko betonipintojen jälkitöiden osalta voitaisiin Ratu-menekkien puolesta päätellä kohteen 2 vaativan suhteellisesti hieman enemmän resursseja.



Kuva 8. Suhteellisten resurssien vertailu

Urakkaneuvottelun suhteellisissa työtuntimäärissä on havaittavissa eroa kahden kohteen välillä. Teoreettisista menekeistä poiketen urakkaneuvottelussa määritetyt tuntimäärät kohteen tilavuutta kohden ovat suuremmat kohteessa 1 kuin kohteessa 2. On perusteltua miettiä, onko etenkin kohteen 2 urakkaneuvottelussa epäonnistuttu tuntimääräarvion osalta, koska urakkaneuvottelussa määritetyt tunnit alittavat Rakennustieto Oy:n (2020) mukaiset teoreettiset menekit. Toisaalta samaa asiaa voidaan miettiä myös kohteen 1 kohdalla suhteellisten resurssien ollessa urakkaneuvottelun ja teoreettisten menekkien osalta samassa suuruusluokassa ottaen huomioon aikaisemmin käsitellyt teoreettisten menekkien puutteellisuudet. Siirryttäessä tarkastelemaan toteutuneita menekkejä hyppäävät molempien kohteiden osalta suhteelliset resurssit selvästi korkeampaan suuruusluokkaan.

Taulukkoon 8 on koottu molempien kohteiden osalta tutkimuksessa selvitettyjä syitä toteutuneiden työtuntien suuruudesta. Kohteen 2 osalta ei haastatteluiden avulla saatu aivan yhtä yksityiskohtaista tietoa työvaiheeseen vaikuttaneista tekijöistä, koska haastateltava ei ollut vastuussa etuputsista koko työvaiheen ajan.

**Taulukko 8.** Syitä toteutuneiden tuntimäärien korkeiden määrien taustalla

Kohde 1	Yhteiset tekijät	Kohde 2
Työnjohdon resurssipula Työvaiheen alussa Työn laatuksen hakeminen Ylilaaatu Työn etenemistä vaikeuttavat lisätyöt A-talon patteriputkiongelmien Muiden toimijoiden työmäärä Elementit (valmistus sekä asennus etenkin C-talossa) Sääolosuhteet C-talon töiden aikainen sadejakso -> työnkulun vaihtelevuus lisääntyi	Urakkaneuvottelu ja urakkamuoto -> Liian alhainen tuntiarvio -> kustannusriski tilaajalla Ei tehtäväsuunnitelmaa Työnkulun vaihtelevuus	Poikkeuksellinen välipohjarakenne Vesikiertoinen lattialämmitys -> Useampi hiomiskerta B-talon paikkaustunnit Rakenteesta johtuvat lisätyöt Tuntemattomat syyt

## 5.2 Työvaiheen onnistumisen ratkaisevat tekijät

Rui et al. (2022) mukaan tuotannollistaloudellisen tehokkuuden perusidea on tuottaa tilattu tuote mahdollisimman pienellä määrällä resursseja. Tutkimuksen aikana on huomattu, että betonipintojen jälkitöiden tuotannollistaloudellisessa puolella on paljon kehitettävää. Urakan taloudellisten tavoitteiden saavuttaminen on vaikeaa monen eri tekijän seurauksena. Kootaan tässä kappaleessa tutkimustulosten pohjalta tekijöitä, joilla työvaiheesta voidaan saada onnistunut.

Onnistumiseen vaikuttaa monta erillistä tekijää, mutta suurin osa niistä linkittyy kuitenkin urakkaneuvotteluun. Perusteellisessa urakkaneuvottelussa käydään läpi työvaiheen

kannalta ratkaisevassa osassa olevat asiat. Yksi niistä on aliurakoitsijan antama tuntimääräarvio, jonka aliurakoitsija on koonnut tarjouspyynnössä esitetyn työn teknisen sisällön perusteella. Olisi myös hyvä, että työnjohto tekisi myös oman arvionsa töiden kestosta, jolloin jo urakkaneuvottelussa pystyttäisiin vertailemaan kyseisiä arvioita ja luoda yhteinen näkemys siitä, paljonko resursseja urakka vaatii. Lisäksi urakkaneuvottelussa on äärimmäisen tärkeää käydä työn sisältö yksityiskohtaisesti läpi esimerkiksi sen osalta mitkä pinnat hiotaan, ja mitä ei. Lisäksi SisäRYL:n (2013) mukaiset taulukon 2 sallitut mittapoikkeamat tulisi käydä läpi tasoitetöiden aloituksen osalta. Tällöin työn sopiva laatutaso voisi löytyä jo heti työvaiheen alusta lähtien.

Betonipintojen jälkityöt on projektina työnjohtoa kovasti työllistävä. Lattrich & Büttgen (2020) mukaan projektin onnistumisen kannalta keskeisessä osassa on tiiminhallinnan ja valvonnan aktiivisuus. Työn valvonta ja ohjaus vaatii paljon aikaa, joten on tärkeää, että siihen on varattu riittävästi resursseja. Haastattelussa 1 tuli ilmi, kuinka runkotöistä vastuussa oleva työnjohtaja on usein niin työllistetty, että aikaa riittävälle työn valvonnalle ei aina löydy. Tässä kyseisessä työvaiheessa aktiivinen valvonta ja ohjaus ovat niin tärkeässä osassa, että sen laiminlyöminen voi vaikuttaa selvästi työvaiheen onnistumiseen.

Arashpour & Arashpour (2015) sekä Wiguna & Scott (2005) mukaan rakennustyömailla keskeinen tuotannollistaloudellista tehokkuutta heikentävä tekijä on työnkulun vaihtelevuus sekä työn uudelleen toistaminen virheiden ja puutteiden takia. Haastattelututkimuksen avulla tämä tieto vahvistettiin relevantiksi myös betonipintojen jälkityön tapauksessa. Haastattelussa 2 tuli ilmi tärkeitä pointteja asiaan liittyen. Työvaiheen onnistumisen kannalta tärkeässä osassa on, että työt pääsevät etenemään luontevassa järjestyksessä. Tämän edellytys on se, että mestat ovat valmiina urakoitsijan saapuessa työkohteeseen. Tämän lisäksi on keskeistä, että etuputsi- ja pääurakoitsija ovat yhteisymmärryksessä järjestyksestä, jossa työt suoritetaan. Jotta työnkulun vaihtelevuutta kyetään vähentämään, olisi tärkeää, että virheet ja puutteet korjattaisiin yhdellä kerralla. Tällöin resursseja kuluttavat ylimääräiset siirtymiset työmaalla pysyisivät minimissä. Siten on tärkeää, että aliurakoitsija tekee ensin itselleluovutuksen sekä sen jälkeen osakohteen luovutuskierron pääurakoitsijan kanssa kerroksittain.

### **5.2.1 Kehitysehdotukset**

Tutkimuksessa on tähän asti todettu, että kehitettävää työvaiheessa on, ja kappaleessa 5.2 käytiin läpi seikkoja, jotka ovat avainasemassa urakan taloudellisessa

onnistumisessa. Näiden lisäksi tutkimusdatan perusteella on pystytty muodostamaan konkreettisia kehitysehdotuksia.

Elementtitehtaan tehdaspäällikkö (2024) kertoi kappaleessa 2.1.3, kuinka tutkimustulokset osoittavat, että IT-betonilla valetut betonielementit eivät vaadi hiontaa sementtiliiman poiston puolesta. Hiontaan käytetyt resurssit olivat tapaustutkimuksen molemmissa kohteissa merkittävät, etenkin kohteessa 2. Näiden tulosten nojalla on tuotannollistaloudellisesti kannattavaa harkita toimintatavan muuttamista seinäelementtien hionnassa. Betonipintojen jälkityön urakkasisältöä määrittäessä olisi kannattavaa määrittää, mitkä betonipinnat on valettu IT-betonilla ja hioa vain pinnat, joissa on sementtiliimakerros. IT-betonilla valettuja pintoja joudutaan kuitenkin hiomaan paikoitellen epätasaisuuksien takia, jolloin työnjohdon resurssien riittävyys tulee jälleen pinnalle. Kun elementtien hiontaa vähennetään, tulee tärkeään osaan se, että työnjohto käy aliurakoitsijan kanssa kerroksen läpi ennen hiontatöiden aloitusta. Tällä kierroksella todetaan edellytykset työn aloitukselle sekä merkataan IT-betonielementtipinnoista ne kohdat, jotka vaativat hiontaa epätasaisuuksien takia. Hionnan määrän vähentyessä aliurakoitsijan työvaiheeseen käyttämät työtunnit vähenevät, ja pölyttävän työn vähentyessä työnjohdon resursseja voidaan siirtää pölynhallinnan valvonnasta muihin resursseja vaativiin osa-alueisiin.

Hajautetun tehtävätason rakenteiden ymmärtäminen on työvaiheissa äärimmäisen tärkeää (Görsch et al. 2023). Kummassakaan tapaustutkimuksen kohteessa ei hyödynnetty työvaiheen valvonnassa tehtäväsuunnitelmaa osittain resurssipulan ja osittain vakiintuneiden toimintatapojen takia. Tehtäväsuunnitelmaa laatiessa työnjohtaja joutuu perehtymään muun muassa teoreettisiin työn vaativiin resursseihin, laatuvaatimuksiin sekä potentiaalisten ongelmien analyysiin (Ratu-asiantuntijaryhmä 2017). Suoraa vaikutusta tehtäväsuunnitelman käytön vakiinnuttamisella työvaiheen onnistumiseen on vaikea ennustaa. Tapaustutkimuksen kohteiden teknisessä toteutuksessa vastaan tulleisiin ongelmiin olisi mahdollisesti voitu varautua, jos asia olisi tullut potentiaalisten ongelmien analyysissä pinnalle. Lisäksi tehtäväsuunnitelmassa käsiteltävä työn resurssien määrä Ratu-menekkien perusteella olisi hyvä apuväline urakkaneuvottelussa, kun aliurakoitsija esittää töille tuntimääräarviota. Tässä kuitenkin on hyvä tiedostaa Ratu-menekkien teoreettisuus ja verrata laskennallisia menekkejä edellisten kohteiden toteutuneisiin menekkeihin.

Tehtäväsuunnitelman laatiminen kuitenkin vaatii työnjohdolta resursseja. Haastatteluvaiheessa ilmi tullut runkotyönjohtajan kiireisyys runkotöiden aikana tuo meidät seuraavaan kehitysehdotukseen, joka on sisätyönjohtajan sijoittaminen työmaalle ennen betonipintojen jälkitöiden alkua. Tähän työmailla jo oman kokemuksen

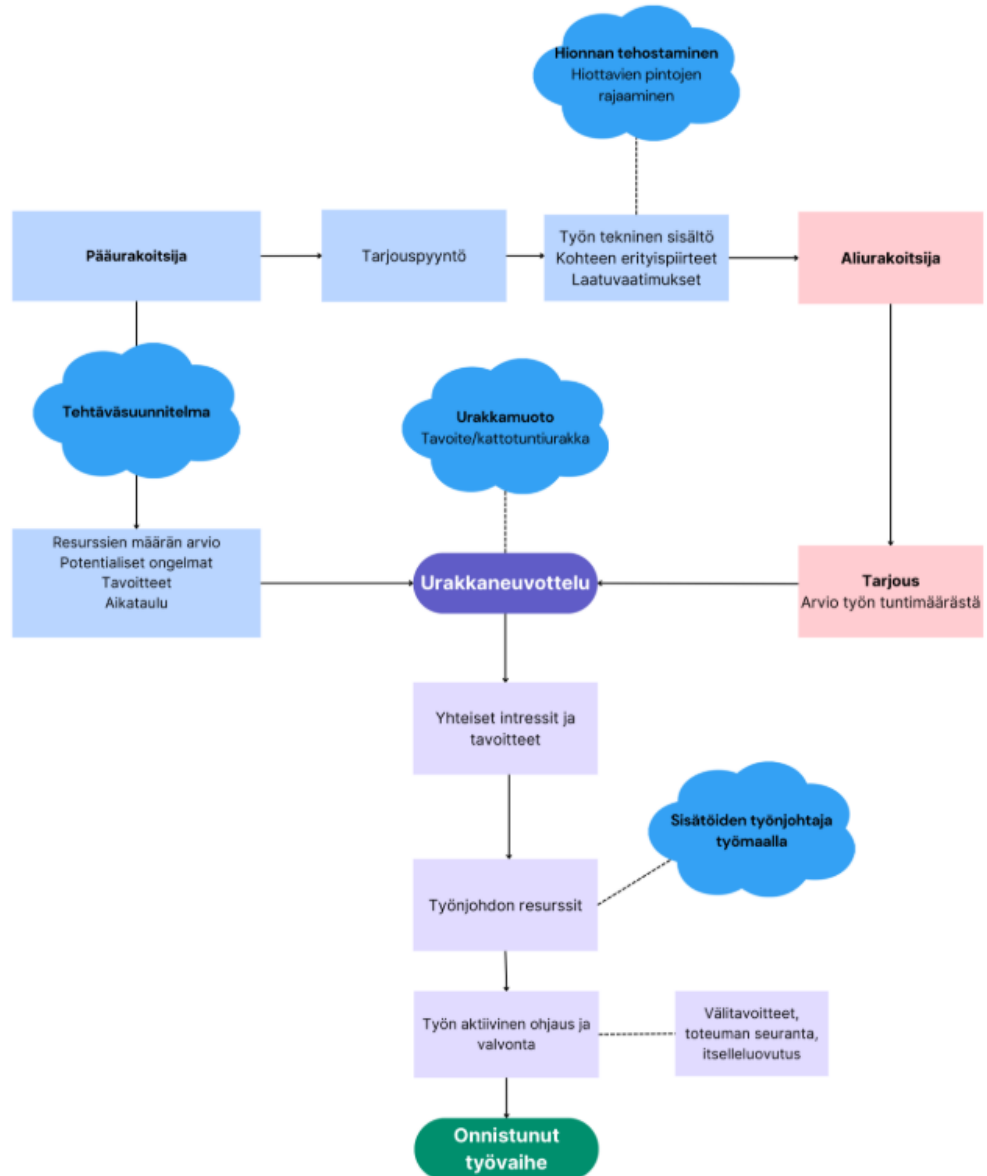
mukaan yleisesti pyritään, mutta tutkimustulosten perusteella halutaan tämän asian tärkeyttä painottaa.

Tuntityöperusteisessa laskutuksessa ongelmana on se, että aliurakoitsija voi antaa alhaisen arvion työn laajuudesta ja täten siirtää kustannusriskin suoraan pääurakoitsijalle. Jos aliurakoitsija olisi sidottu jollain tavalla heidän arvioimaan tuntimäärään, olisi tuntimääräarviot varmasti korkeammat. Viimeisenä kehitysehdotuksena työvaiheelle on kustannusriskin siirtäminen jaettavaksi pää- ja aliurakoitsijan kesken. Haastattelussa 1 esille tulleen kattotuntiuurakkamuodon soveltaminen betonipintojen jälkityössä helpottaisi urakan kustannusten hallintaa. Tällöin puhutaan tavoitehintaurakasta. Urakkaneuvottelussa osapuolien omien tuntiarvioiden pohjalta neuvoteltaisiin yhdessä kattotuntimäärä kuten nykyäänkin, mutta tavoitehintaurakassa myös aliurakoitsija sidottaisiin tähän kyseiseen tuntimäärään. Tässä urakkamuodossa sovitun tuntimäärän alittamisesta maksettaisiin urakoitsijalle urakkaneuvottelussa sovittu palkkio, joka voisi olla esimerkiksi kyseinen tuntimäärä, joka on sovitusta määrästä jäänyt käyttämättä. Sovitun tuntimäärän ylittävät tunnit sen sijaan voitaisiin sopia aliurakoitsijan suorittavan alennetulla tuntihinnalla sopimuksen mukaan. Tällä toimenpiteellä saataisiin aliurakoitsija sidottua sovittuun tuntimäärään ja jaettua kustannusriskiä osapuolten kesken.

Aliurakoitsijalle laskutusperusteisesta urakasta tavoitehintaurakkaan siirtyminen ei kuitenkaan välttämättä lähtökohtaisesti kuulosta houkuttelevalta, koska silloin kustannusriski siirtyy osittain heille. Siksi urakkaneuvottelussa on tärkeää neuvotella sellainen tuntimäärä "tavoitehinnaksi", joka on todella saavutettavissa. Esimerkiksi tämän tutkimuksen kohteissa kyseinen tuntimäärä todennäköisesti asettuisi teoreettisten ja toteutuneiden työtuntien välimaastoon. Tavoitehintaurakan hyödyntäminen betonipintojen jälkityössä ei ole työkalu asettaa aliurakoitsija ahtaalle resurssien puolesta, vaan tarjota molemmille osapuolille mahdollisuus parempaan onnistumiseen vähemmillä resursseilla.

Täysin laskutusperusteisesta urakasta tavoitehintaurakkaan siirryttäessä nousee urakkaneuvottelun perusteellisuuden tärkeys jälleen avainasemaan. Jotta töiden laatu ei tämän seurauksena heikkene, on äärimmäisen tärkeää, että laatuvaatimuksista ja töiden sisällöstä ollaan yhtä mieltä osapuolten kesken. Lisäksi urakkarajojen sopiminen tulee tärkeään osaan, jotta tiedetään, mitkä työt kuuluvat sovittuun tuntimäärään ja mitkä tehdään mahdollisesti lisätyönä.

Nämä kaikki mainitut tekijät kuitenkin palvelevat pääurakoitsijaa taloudellisesti vain silloin, kun ne täydentävät toisiaan. Kuvaan 9 on koottu työvaiheen ratkaisevat tekijät täydennettynä kehitysehdotuksilla.



Kuva 9. Polku onnistuneeseen työvaiheeseen täydennettynä kehitysehdotuksilla

## 6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tuloksena saatiin, että hiontatyöt vaativat tapaustutkimuksen kohteen 1 ontelolaattatalossa yli 20 % kaikista etuputsin resursseista. Vastaavasti kohteen 2 hiontatyöt veivät etuputsin resursseista yli 40 %. Paikallavaletuista holveista muodostuva kohde 2 vaati siis selvästi enemmän hionnan resursseja kuin kohde 1. Ontelolaattaväli pohjissa elementtien hammastus on yleinen ongelma, joka kasvattaa oikaisutöihin käytettyjen työtuntien määrää. Tapaustutkimuksen kohteissa kohteen 1 ontelolaattatalossa vaativat oikaisutyöt yli tuplasti enemmän resursseja kuin kohteessa 2. Oikaisuihin käytetyt prosentuaaliset määrät verrattuna koko työvaiheen työtuntimäärään olivat kohteessa 1 (14 %) ja kohteessa 2 (7 %). Piikkauksiin ja paikkauksiin käytetyt työtunnit eivät eronneet merkittävästi kohteiden välillä. Kaikkiaan suhteellisesti enemmän resursseja vaatinutta kohdetta ei voida tarkkaan määrittää, koska kohteiden urakkasisällöissä oli eroavaisuuksia kylpyhuonetöiden osalta.

Tutkimuksessa päästiin johtopäätöksiin siitä, miten työvaiheen resurssointia voidaan kehittää. Selvisi, että hionta on työlaji, jota voidaan tehostaa hiottavan pinta-alan vähentämisellä. IT-betonilla valettujen seinäelementtien ylihionta todettiin turhaksi. Vaikka elementtejä joudutaan siltikin hiomaan epätasaisuuksien vuoksi, pystytään tällä toimenpiteellä vähentämään hiontaan ja siten koko työvaiheeseen käytettäviä resursseja.

Edellisen toimenpiteen lisäksi todettiin suoran tuntityöperusteisen laskutustyön olevan kustannusriskin kannalta toimimaton urakkamuoto betonipintojen jälkityöhön. Johtopäätöksenä ehdotettiin työvaiheelle sovellettavan tavoitehintaurakkaa asettamalla urakalle tavoitetuntimäärä. Hyvää rakentamistapaa noudattaen tavoitetuntimäärän on kuitenkin oltava sellainen, että myös aliurakoitsijalla on todellinen mahdollisuus onnistua työvaiheessa taloudellisesti. Tämän lisäksi ehdotettiin tehtäväsuunnitelman hyödyntämistä työvaiheen suunnittelussa ja ohjauksessa sekä sisätyövaiheesta vastaavan työnjohtajan sijoittamista työmaalle ennen betonipintojen jälkityön alkua.

### 6.1 Tutkimuksen epävarmuustekijät

Tutkimuksen perusteella on tehty johtopäätökset sekä kehitysehdotukset. Tieteellisessä tutkimuksessa on kuitenkin tärkeää pohtia tulosten luotettavuutta ja mahdollisesti

tulosten tarkkuutta heikentäviä tekijöitä. Tässä tutkimuksessa käytettiin tutkimusmenetelmänä tapaustutkimusta, joka perustuu aliurakoitsijan laatimiin mittapöytäkirjoihin. Mittapöytäkirjoja analysoidessa ollaan siis täysin toisen ihmisen kirjaamien tuntimäärien ja työlajien varassa, jolloin ei voida olla täysin varmoja, onko tuntimäärät täsmällisen oikein. Tapaustutkimuksen molemmissa kohteissa tuntimäärät olivat kuitenkin niin suuria, että voidaan olettaa mahdollisten määrävirheiden tasoittuvan riittävällä tarkkuudella, jotta tutkimusdatan perusteella kyetään tekemään johtopäätöksiä. Tapaustutkimuksessa työn laajuuden takia pystyttiin käsittelemään vain kahta eri kohdetta, jolloin tutkimusdatan laajuus ei ole kovin suuri. Mahdollisesti tarkempia tuloksia voitaisiin saada tutkimalla useampia samantyyppisiä kohteita.

Lisäksi tutkimus perustuu muutenkin suurilta osin muiden ihmisten henkilökohtaiseen tietoon, jolloin täyttä varmuutta tutkimustulosten täsmällisyydestä ei kyetä saavuttamaan. Esimerkiksi haastatteluiden osalta kuitenkin kaikki haastateltavat ovat alan kokeneita ammattilaisia, joten tässäkin tapauksessa voidaan tulosten oikeellisuuteen luottaa riittävällä tarkkuudella.

## **6.2 Tulosten hyödyntäminen**

Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää betonipintojen jälkitöiden kustannusten hallinnan apuvälineenä. Esimerkiksi urakkalaskennassa voidaan arvioida paremmin alustavasti, kuinka paljon rahaa työvaihe tulee vaatimaan sen perusteella, kuinka paljon työvaihe on vaatinut resursseja kahdessa referenssikohteessa. Tämän lisäksi tutkimuksessa saavutettujen johtopäätösten perusteella voidaan työvaiheen suunnittelua ja ohjausta kehittää kustannustehokkaampaan suuntaan. Yleisesti tutkimustulosten perusteella on toivottavaa, että työvaiheen kustannusten hallinta sekä tuotannollistaloudellinen tehokkuus kehittyisi.

## **6.3 Jatkotutkimukset**

Mikäli tutkimuksen johtopäätösten perusteella tehdään ehdotettuja toimenpiteitä työvaiheen kehittämiseksi, olisi keskeistä tutkia, miten toimenpiteet ovat vaikuttaneet työvaiheen menekkeihin. Jos työvaihetta olisi saatu kehitettyä ehdotettujen toimenpiteiden avulla toivottuun suuntaan, olisi kiinnostavaa nähdä, kuinka merkittävää kehitys olisi. Samassa voitaisiin tutkia, miten työvaiheen tehostamiseksi tehdyt toimenpiteet ovat vaikuttaneet työn lopputuloksen laatuun. Jatkotutkimuksena voitaisiin tutkia myös elementtien hiontaa elementtitehtailla. Tämä koskisi nimenomaan niitä elementtejä, jotka ei ole valettu IT-betonilla. Tästä aiheesta voitaisiin tutkia

kustannusvaikutuksia, koska tällöin hiontatyö vähenisi työmaalla entisestään, jolloin myös pölyhallinnan tarve vähenisi. Samaan tutkimukseen voitaisiin liittää myös selvitys siitä, mitkä olisivat kustannusvaikutukset, jos elementit hionnan sijaan happopestäisiin elementtitehtaalla.

# LÄHTEET

- Aluehallintovirasto (2024). Syöpävaarallisen kvartsipölyn torjunnan valvontakriteerit muuttuvat. Päivitetty 30.1.2024. Saatavissa (viitattu 22.2.2024): <https://avi.fi/tiedote/-/tiedote/70094092>.
- Arashpour, M. & Arashpour, M. (2015). Analysis of workflow variability and its impacts on productivity and performance in construction of multistory buildings, in: *Journal Management of Engineering*. Vol.31(6), p.04015006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000363](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000363)
- Baur, X., Velasco-Garrido, M., Manuwald, U. (2013). dosis-wirkungs-beziehung von quarzstaub in bezug auf den lungenkrebs. *Zentralblatt für arbeitsmedizin arbeitsschutz ergon*. Vol.63, pp.190–200. <https://doi.org/10.1007/BF03350846>
- Betonikeskus ry. (2006). Betonivalmisosien laatu poikkeamien käsittely. Saatavissa (viitattu 7.3.2024) [https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23246/Betonielementtien\\_laatu puutteet-Lokakuu2006\[1\].pdf](https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23246/Betonielementtien_laatu puutteet-Lokakuu2006[1].pdf)
- Betoniteollisuus ry (2011). *Betonielementtien toleranssit 2011*, 3. painos, Helsinki.
- BY201 (2018). *Betonitekniikan oppikirja 2018*. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki. 568 s.
- BY47 (2019). *BY47 Betonirakentamisen laatuohjeet 2019*. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki. 144 s.
- BY40 (2021). *Betonirakenteiden pinnat / Luokitusohjeet*. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki. 304 s.
- Görsch, C., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Lavikka, R., (2023). Task planning and control in construction: revealing workers as early and late planners, in: *Construction Management and Economics*, 2023-10, pp.1–20. <https://www.tandfonline-com.libproxy.tuni.fi/doi/epdf/10.1080/01446193.2023.2270080?needAccess=true>
- Hameri, A.-P. & Heikkilä, J. (2002). Improving efficiency: time-critical interfacing of project tasks, in: *International Journal of Project Management*. Vol.20 (2), pp.143-153. <https://www.sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S0263786300000442?via%3Dihub>
- Heale, R. & Twycross, A. (2018). What is a case study? *Evidence Based Nursing*. Vol.21, pp.7–8. <https://doi.org/10.1136/eb-2017-102845>
- Inkeroinen, T. (2021). *Etuputsityöt ennen tasoitus- ja maalaustöitä. Mestarityö Metropolia Ammattikorkeakoulu*. Saatavissa (viitattu 1.2.2024): [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/356305/Inkeroinen\\_Tuomas.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/356305/Inkeroinen_Tuomas.pdf?sequence=2)
- Jaselskis, E.J. & Ashley, D.B. (1991). Optimal allocation of project management resources for achieving success, in: *Journal of Construction Engineering Management* Vol.117, pp.321–340. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1991\)117:2\(321\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1991)117:2(321))
- Julku, A. (2014). *Yksittäisen työvaiheen laadunhallinta toimitilarakentamisessa*. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere. Saatavissa (viitattu 25.2.2024): <https://trepo.tuni.fi/handle/123456789/22413>
- Kvartsille uusi sitova raja-arvo ja työnantajille velvollisuus altistuvien rekisteröintiin | Työterveyslaitos (2020). Saatavissa (viitattu 12.2.2024):

<https://www.ttl.fi/ajankohtaista/tiedote/kvartsille-uusi-sitova-raja-arvo-ja-tyonantajille-velvollisuus-altistuvien-rekisterointiin>

- Lattrich, K.-K. & Büttgen, M. (2020). Project leaders' control resources and role overload as predictors of project success: developing the job demands–resources model, in: *Business research* Vol.13, pp.767–788. <https://doi.org/10.1007/s40685-020-00115-z>
- Patil, D.T. & Kumar, R. (2021). Critical success factors in managing sub-contractors in construction projects, in: *AIP Conference Proceedings* Vol.2408, p.020020. <https://doi.org/10.1063/5.0073475>
- Pintaluokat ja -materiaalit (2016). Kivitalo.fi. Saatavissa (viitattu 12.2.2024): <https://www.kivitalo.fi/betonirakenteet/muottien-pintamateriaalit/>
- Ratu S-1200 (2002). Märkätilat. Rakennustietosäätiö. 48 s.
- Ratu 0408 (2012). Betonipintojen etuoikaisu ja ruiskubetonointi. Rakennustietosäätiö. 16 s.
- RT 84-11166 (2014). Märkätilojen rakenteet. Rakennustietosäätiö. 18 s.
- Rakennustieto Oy (2020). Rakennustöiden menekit. Rakennustietosäätiö. 162 s.
- Ratu 1231 (2021). Olosuhteiden hallinta rakentamisessa. Rakennustietosäätiö. 58 s.
- Ratu-asiantuntijaryhmä, (2017). Rakennustöiden laatu 2017. Talonrakennus ry & Rakennustietosäätiö. 352 s.
- Rinne, V. (2013). Betonielementtipintojen etuoikaisu ja oikaisu. Insinööriyö, Metropolia ammakorkeakoulu. Saatavissa (vitattu 15.2.2024): <https://www.theseus.fi/handle/10024/56679>.
- Rui, W., Wenxue, L., Yuxin, W. (2022). Project-based organizations' pursuit of production efficiency and legitimate power: An institutional perspective, in: *Project Management Journal* Vol.53, pp.295–308. <https://doi.org/10.1177/87569728221087156>
- SisäRYL 2013: Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen sisätyöt. Rakennustieto Oy. Helsinki. 352 s.
- Tehdaspäällikkö, elementtitehdas, haastattelu 26.3.2024
- Teknos Oy (2014). Betonin pintakäsittelyn käsikirja. Saatavissa (viitattu 1.2.2024): [https://www.teknos.com/globalassets/teknos.com/industrial-coatings/special-applications/floor-coatings-for-concrete/betonin\\_pintakasittelyn\\_kasikirja\\_fi.pdf](https://www.teknos.com/globalassets/teknos.com/industrial-coatings/special-applications/floor-coatings-for-concrete/betonin_pintakasittelyn_kasikirja_fi.pdf).
- Thomas, G. (2021). *How to do your case study*. 3. painos. SAGE Publications. Lontoo. 320 s.
- Wiguna, I.P.A. & Scott, S. (2005) Nature of the critical risk factors affecting project performance in Indonesian building contracts. In: Khosrowshahi, F (Ed.), 21st Annual ARCOM Conference, 7-9 September 2005, SOAS, University of London. Association of Researchers in Construction Management, Vol. 1, pp.225-35.

## LIITTEET

Kohde 1 europarlilaskut														
	pvm	no	tunnus	pitkäus	hinta	pitkäus	olikaus	muut	räikköinti	keh työt	muu latti/homma			
A-talo	15.6.2023	61269	101	27	57	17								
A-talo	02/07/2023	62591	119	18	45	56								
A-talo	02/07/2023	62588	134,5	10	42	32	42,5	8						
A/D-talo	02/07/2023	62597	108	9	59	20			4	17				
A/D-talo	09/08/2023	64517	128	22	24	43			3	29				
A-talo	09/08/2023	64518	80							80				
A/D-talo	09/08/2023	64547	92				36,5			18				
A-talo	13/08/2023	65129	79				5		4	49				
A/D-talo	13/08/2023	65128	78,5				28,5			8				
A/D-talo	13/08/2023	65127	78,5							16				
A/D-talo	13/08/2023	65111	121	24	20	77								
A/D-talo	19/11/2023	70753	127	10	16	40				49				
B/D-talot	19/11/2023	70756	78				31							
B-talo	19/11/2023	70754	80				20							
D-talo	19/11/2023	70759	123	6	6	12	47			48				
D-talo	19/11/2023	70780	76	2	2	37	7			28				
B/C-talo	19/11/2023	70787	72	27	27	18								
A/D/B-talo	19/11/2023	70765	83							76				
D-talo	19/11/2023	70731	8											
Y-rakennus	19/11/2023	70736												
D/B-talo	19/11/2023	70738	72	28	26	18								
D/B/C-talo	19/11/2023	70750	82	27	34	6				15				
D/B-talo	19/11/2023	70754	92	4			20,5			67,5				
A/B-talo	19/11/2023	70727	41				16			8				
B-talo	19/11/2023	70737	16,5				16,5							
B/C-talo	19/11/2023	70746	85,5	21	42	14,5								
B-talo	19/11/2023	70751	81,5				8,5			48				
D/B-talo	19/11/2023	70752	85,5	4	18,5	8	17,5			58,5				
A/B/C-talo	31/12/2023	72614	85	26	6	32								
B/C-talo	31/12/2023	72635	72				8			10				
A/D/B/C-talo	31/12/2023	72636	78				8			47				
B-talo	31/12/2023	72617	36							36				
C-talo	31/12/2023	72637	72											
C-talo	31/12/2023	72671	72											
C-talo	31/12/2023	72672	79,5				35,5			16				
A/B/C-talo	31/12/2023	72686	64							28				
		Laskoreijat	24				4							
		Omat työt/häiriöt	96							96				
		YHT	2928		330,5	601	545	478	150	11	784,5		28	

ANALYSOINTISUUNNITELMA/HENKIT KOHDE 1  
 Mittapöytäkirjoista kerätään alle laskun pöytäkirja, laskun numero sekä tunnukset. Pöytäkirjojen merkintöjen mukaan jaetaan tunnit huilukassa eriteltävin  
 yksiköihin. Yhteinen laskemisen jälkeen tarkistetaan, että laskun merkittö kokonaissummat eivät ole jätettyjen tuntien summaan. Huomioita-osiosta  
 löytyy yhteisen laskun mittapöytäkirjasta huomionavaisia asioita.

Liite 1.1. Analysointisuunnitelma kohde 1

Suoravastauksien lisäksi erittelin tiedot sekä kerosokkeista alia oleviin sauteihin

	hionta	piikkaus	patikkaus	ohkaus	mut	rallukontti	hpihyt	mmu
<b>A-talo</b>	35	35	41	9			26	
1krs	46	2	24	17			51	
2krs	52	24	52	19			65	
3krs	13		32	32	36,5		52	2
4krs	13		22	16				5
5krs	34,5		4,5		patikkointi/propaasit	3	32	
PRSH	8	10	26	14,5	18		18	3
Yhteensä	201,5	74	201,5	122	18	3	226	7

YHT  
853

	hionta	piikkaus	patikkaus	ohkaus	mut	rallukontti	hpihyt	mmu
<b>D-talo</b>	38	21	15	8			37,5	
1krs	42	10	20	17			40	1
2krs	5	47	18				61	1
3krs	38	33	18,5	35		4	48	4
4krs	4	8,5	6					2
5krs	16	8		8				
PRSH	8	8						
Enttenationalit	22,5	4	8	8			11	
Yhteensä	166,5	97,5	126,5	78	0	8	194,5	8

YHT  
663

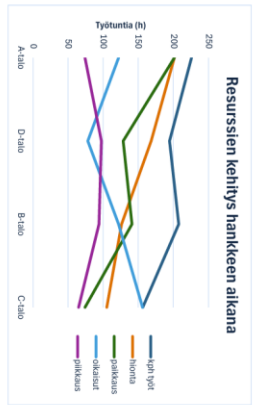
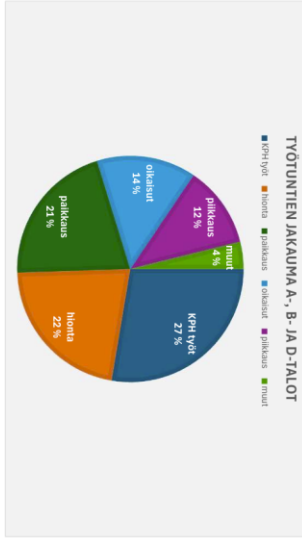
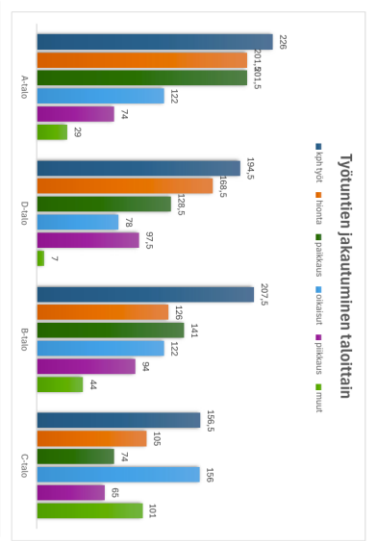
	hionta	piikkaus	patikkaus	ohkaus	mut	rallukontti	hpihyt	mmu
<b>B-talo</b>	27	13	32	11			54	
1krs	17	16,5	21	29			40	
2krs	23	21	30	36			46	
3krs	29	20	17	42			63,5	
4krs	4	6	12					8
5krs	18	6,5	10					
PRSH	4	12		4	36		4	
Enttenationalit	8	5	7	4				
Yhteensä	126	94	141	122	36	0	207,5	8

YHT  
726,5

	hionta	piikkaus	patikkaus	ohkaus	mut	rallukontti	hpihyt	mmu
<b>C-talo</b>	13	16	2	20			36,5	
1krs	20	12	3	52			24	
2krs	28	16	15	48			44	
3krs	18	18	32	32			28	
4krs	8		12					5
5krs	18	3	10					
PRSH								
Enttenationalit				4	96		24	
Yhteensä	105	65	74	156	96	0	156,5	5

652,5

Kokki talot	hionta	piikkaus	patikkaus	ohkaus	mut	rallukontti	hpihyt	mmu
<b>Yövuunnit</b>	601	390,5	545	478	150	11	784,5	28
<b>A-B-D-talot</b>	628	496	471	322	265,5	88	2270,5	
<b>Kohde</b>	hpihyt	hionta	patikkaus	ohkaus	piikkaus	mut	mmu	YHT.
A-talo	226	201,5	122	74	74	29		
D-talo	194,5	166,5	78	97,5	7			
B-talo	207,5	126	141	122	94	44		
C-talo	156,5	105	74	156	65	101		



Liite 1.2. Analysointisuunnitelma kohde 1

ANALYYSISUUNNITELMA/ENNEKTI KOHDE 2

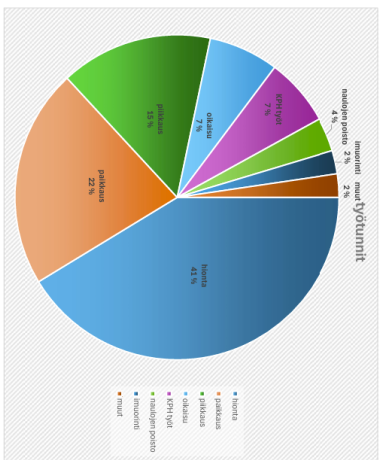
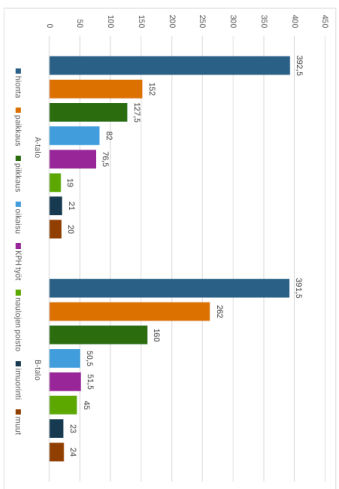
Mittopyydyksistä kerätään alle laskun jättämällä. Laskun numero sekä tunnukset. Pyydyksilöiden merkintöjen mukaan jätetään tunnit tuloksissa eriteltyinä Yrityksien Yrityksen jättämien laskujen tarkastus, että laskun merkitse kokonaistunnetta tasan ja jätetään tunnit summaan. Huomioita-asiasta 0797 ylläsestä laskun mittopyydyksien huomioverbi-asiasta.

Kohde 2 suoritustavat	ppm	no	tunnus	hinta	pitäisyys	muut	pitäisyys	okaisu	muut	pitäisyys	okaisu	muut	pitäisyys
A-B-hio	07/07/2023	48725	138	145	8	30	13	29	4	26	8	12	4
A-B-hio	15/12/2022	58072	138	32	8	50	16	15					
A-B-hio	01/07/2023	51210	72	30	13	29	4	26	8	12	4	26	8
A-B-hio	01/07/2023	51443	72	31	16,5	8	4	12,5					
A-hio	15/07/2023	52122	64	31	17	4	4	12					
B-hio	15/07/2023	52123	72	24	20	4	24						
A-B-hio	01/07/2023	53130	80	34	23		23						
A-hio	19/07/2023	54378	80	25	14	5	16	12	8	11	10	18	
B-hio	19/07/2023	54377	80	29	13	4	26	8	12	4	26	8	12
A-B-hio	20/07/2023	54343	86	32	6	11	6	11	6	11	6	11	6
A-B-hio	02/03/2023	55241	86	27	30	11	12	7	9	9	8	8	
A-B-hio	02/03/2023	55260	80	30	11	12	8	22	4	11	10	18	
A-hio	19/07/2023	55268	78	28	35	8	8	22	4	11	10	18	
A-B-hio	10/04/2023	55298	80	25	8	22	4	11	10	18			
A-hio	18/04/2023	58048	72	11	26	4	20	14	10	18			
A-B-hio	18/04/2023	57962	84	18	11	23	6	16	3	20	14	10	18
A-B-hio	09/04/2023	58062	86	31,5	16	8	6	16	3	20	14	10	18
A-B-hio	09/04/2023	58112	86	33	8	6	16	3	20	14	10	18	
A-B-hio	07/05/2023	58322	82	22	11	6	16	3	20	14	10	18	
B-hio	09/05/2023	58068	80	24	19	9	28	2	1	14	14	2	
A-B-hio	28/05/2023	65645	84	49	56	6	16	2	1	14	14	2	
A-B-hio	17/07/2023	63780	64	56	56	6	16	2	1	14	14	2	
A-B-hio	09/08/2023	64924	56	56	56	6	16	2	1	14	14	2	
Yht.		1888		784	287,5	64	414	132,5	44	44	44	128	

Suoravalkoisen laskun erittelytalo- sekä keroshoitukset alla oleviin taulukoihin

A-hio	hinta	pitäisyys	naulojen /uuvien pitäisyys	okaisu	muut	pitäisyys	okaisu	muut	pitäisyys
0.krs	41	32	32	8	3	4	16	4	16
1.krs	70	14,5	4	15	18	2	3	8	8
2.krs	43	12	4	11	13	3	4	4	4
3.krs	52,5	15	5	13	12	2	4	4	4
4.krs	62	11,5	6	13,5	20,5	3	3	3	3
5.krs	34,5	12,5	28	20	20	3	3	3	3
6.krs	46	32	28	20	20	3	3	3	3
Ennenmittomitt	27,5	30	9	16	21	4	4	4	4
Yhteensä	392,5	127,5	19	152	82	21	20	20	76,5

B-hio	hinta	pitäisyys	naulojen /uuvien pitäisyys	okaisu	muut	pitäisyys	okaisu	muut	pitäisyys
0.krs	42	16	32	8	3	4	16	4	16
1.krs	41	4	31,5	5	5	4	16	4	16
2.krs	57	21	4	49,5	12,5	4	4	4	4
3.krs	42	13	4	28,5	13	3	4	4	4
4.krs	33	13	4	28,5	13	3	4	4	4
5.krs	47,5	15,5	6	38	0,5	3	5	5	5
6.krs	55,5	19,5	3	44,5	0,5	3	5	5	5
Ennenmittomitt	6	13	13	16	3	6	6	6	6
Yhteensä	391,5	160	45	282	50,5	23	24	24	51,5



Kohde	hinta	pitäisyys	okaisu	muut	pitäisyys	okaisu	muut
A-hio	392,5	127,5	62	19	21	20	23
B-hio	391,5	160	50,5	51,4	45	23	24

Liite 2. Analysointisuunnitelma kohde 2