

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Kaarlo Markkanen

**Sähköurakan aikataulun laadinta ja työkustannusten
hallinta asuntotuotannossa**

Insinööriyö 2.6.2009

Ohjaaja: projektijohtaja Mika Lindén
Ohjaava opettaja: yliopettaja Torsti Viilo

Tekijä Otsikko	Kaarlo Markkanen Sähköurakan aikataulun laadinta ja työ­kustannusten hallinta asuntotuotannossa
Sivumäärä Aika	45 sivua 2.6.2009
Koulutusohjelma	talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	projektijohtaja Mika Lindén yliopettaja Torsti Viilo
<p>Tämä insinööri­työ tehtiin Amplit Oy:n asuntotuotanto-osaston käyttöön. Työn tavoitteena oli parantaa hankkeen työ­kustannusten ennustettavuutta, jotta mahdollisiin ongelmiin voidaan reagoida ajoissa ja välttyä työ­kustannusten ylittymiseltä. Toisena tavoitteena oli yhdenmukaistaa yrityksen tapa laatia sähköurakan aikatauluja asuntokohteissa.</p> <p>Insinööri­työssä laadittiin ohje uudis- ja saneeraushankkeen sähköurakan aikataulun laadintaan, aikataulun seurantaan sekä urakatuntimäärän ennustamiseen. Ohjeessa esitetään, minkälaisiin työvaiheisiin sähköurakka jaetaan, miten työvaiheiden asennusaika määritetään, miten työvaiheiden toteutusajankohta riippuu rakennusteknisistä töistä sekä miten aikataulua seurataan urakan aikana.</p> <p>Sähköurakka jaettiin sellaisiin työvaiheisiin, jotka muodostavat selkeän osakokonaisuuden urakasta. Työvaiheille budjetoitavan asennusajan määrittämiseen käytettiin soveltuvin osin talotekniikka-alan sähköasennustoimialan työehtosopimusta 2007–2010. Sähköurakan kannalta tärkeimmät rakennustekniset työvaiheet listattiin ja tarkasteltiin niiden vaikutusta sähkö­työiden toteutusajankohtaan.</p> <p>Urakatuntimäärän ennustaminen perustuu seurantahetken mennessä tehtyjen työtuntien ja sähköurakan kokonaisvalmiusasteen perusteella lasketun tuntimäärän suhteeseen. Kokonaisvalmiusaste määritetään erillisten työvaiheiden valmiusasteiden summana, valmiusasteet määritetään työmaalla sähköurakan työnjohtajan ja projektipäällikön toimesta.</p>	
Hakusanat	aikataulu, aikatauluseuranta, urakkahinnoittelu

Author Title	Kaarlo Markkanen Timetables and labour cost management in an electrical fitting contract
Number of Pages Date	45 2 June 2009
Degree Programme	Building Services Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Mika Lindén, Project Manager Torsti Viilo, Senior Lecturer
<p>This final year project was carried out for the building services engineering office Amplit Ltd. The aim of this thesis was to improve the way to predict the total installation time of the project and the way to avoid extra labour costs by detecting potential problems as soon as possible. The second purpose was to harmonize the way to create timetables for the residential house production in Amplit Ltd.</p> <p>The thesis contains guidelines on how to create timetables for electrical fitting contracts in residential house production and how to manage labour costs by predicting total installation time. It is adaptable to new buildings and redevelopment projects as well. These guidelines indicate the different stages of electrical fittings and show how much installation time they need. They also show when these stages can be done, how they depend on the constructor's timetable and how to monitor them during the project.</p> <p>The electrical fittings were divided into separate stages which formed a clear entity of the entire project. The installation time per stage was calculated according to the collective agreement in the electrical fittings field 2007–2010. The most important stages in a constructor's timetable were listed and their relation to the electrical fittings was solved.</p> <p>Labour cost prediction is based on the relation between actual labour costs and the readiness of the project. The readiness of the project is calculated by the state of separate stages of the electrical fittings and it is defined by the project manager and foreman.</p>	
Keywords	timetable, timetable control, contract price

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto	6
2 Kokonaistuntimäärän arvioinnin perusteet ja edellytykset	7
3 Sähköurakan yksikköhinnat ja yksikkökohtainen asennusaika	9
4 Sähkötöiden aikataulun laadinta ja tuntimäärän budjetointi	10
4.1 Työjärjestys	10
4.1.1 Työvaiheiden nimeäminen	10
4.1.2 Tuntimäärän budjetointi	11
4.1.3 Toteutusajankohdan arviointi	12
5 Uudishankkeelle ominaiset työvaiheet	12
5.1 Runkoputkitus	12
5.2 Runkojohdotus	13
5.3 Märkätilojen väliseinäputkitus ja johdotus	13
5.4 Levyseinäputkitus ja johdotus	14
6 Saneeraushankkeelle ominaiset työvaiheet	15
6.1 Jännitteettömäksi teko ja väliaikaiset kytkennät	15
6.2 Purkutyöt	15
6.3 Reikien ja urien merkintä	16
6.4 Uudet putkitukset ja johdotukset	16
6.5 Pintajohdotus	16
7 Uudis- ja saneeraushankkeen yhteiset työvaiheet	17
7.1 Kaapelihyllyt, ripustuskiskot ja johtokanavat	17
7.2 Lattialämmitykset	19
7.3 Nousujohdot	21
7.4 Asuntojen keskusasennus ja kytkentä	23
7.5 Kiinteistön keskusasennukset	24

7.6 Kiinteistön keskuskytkennät	25
7.7 Valaisinpistorasiakannet	26
7.8 Vahvavirtakalustaminen	27
7.9 Valaisinasennus	28
7.10 Antennijärjestelmä	30
7.11 ATK-järjestelmä	31
7.12 Konehuoneet ja huippuimurit	31
7.13 Kojeiden kytkentä	32
7.14 Pistorasiakeskukset	33
7.15 Mittaukset, testaukset ja tarkastukset	33
7.16 Itselle luovutus ja viimeistelytyöt	34
8 Aikatauluseuranta ja kokonaistuntimäärän arviointi	34
9 Yhteenveto	35
Lähteet	37
Liite 1: Uudis- ja saneeraushankkeen sähköurakan työvaiheita	38
Liite 2: Rakennusteknisistä töistä riippuvat sähkötyöt	39
Liite 3: Töiden ajallinen riippuvuus uudishankkeessa	40
Liite 4: Töiden ajallinen riippuvuus saneeraushankkeessa	41
Liite 5: Elementtien putkitustavat	42
Liite 6: EHSV 345.15U/IT pääkaavio ja kokoonpanokuva	44
Liite 7: Aikataulun seurantataulukko	45

1 Johdanto

Insinööriyössä laaditaan sähköurakan aikataulusohje Amplit Oy:n asuntotuotanto-osaston käyttöön. Ohjeessa käsitellään budjetoidun tuntimäärän jakoa eri työvaiheille sekä sähkötekniisten töiden ajallista riippuvuutta rakennusteknisistä töistä. Ohje soveltuu uudisrakennushankkeen lisäksi linjasaneeraushankkeen aikataulun laadintaan.

Amplit Oy on vaativien projektien talotekniikkaurakoitsija, joka tarjoaa sähkö-, LVI- sekä tieto- ja turvaverkkourakointia pääkaupunkiseudulla. Osana talotekniikan kokonaisprojektia yritys teettää alihankintana myös rakennusautomaatio- ja sprinklerijärjestelmiä. Turvajärjestelmien osalta yrityksellä on paloilmoitinliikkeen oikeudet. Toiminta sisältää urakoinnin lisäksi asennuspalvelun ja huolto- ja kunnossapitopalvelun. Yrityksen palveluksessa on 228 henkilöä, joista asentajia on 183 ja toimihenkilöitä 45. Amplit Oy:n liikevaihto vuonna 2008 oli noin 26 miljoonaa euroa. (1.)

Insinööriyössä pyritään parantamaan hankkeen urakkatuntimäärän ennustettavuutta, jotta mahdollisiin ongelmiin voitaisiin reagoida ajoissa ja välttyä budjetoitujen työkustannusten ylittymiseltä. Ennusteen laadinta perustuu seurantahetkellä käytetyn tuntimäärän ja hankkeen valmiusasteen suhteeseen. Luotettavan ennusteen tekeminen edellyttää, että aikataulun nimikkeet perustuvat todellisiin työkokonaisuuksiin ja työvaiheille budjetoitu tuntimäärä vastaa sähköasennustoimialan työehtosopimuksen mukaista urakkahinnoittelua.

2 Kokonaistuntimäärän arvioinnin perusteet ja edellytykset

Aikatauluseurannan kaksi päätavoitetta ovat hankkeen taloudellisen kannattavuuden arviointi ja urakan sopimuksenmukaisen valmistumisajankohdan varmistaminen.

Taloudellisen kannattavuuden ennustaminen työkustannusten osalta onnistuu vertaamalla työvaiheisiin käytettyä tuntimäärää niihin budjetoituun tuntimäärään. Luotettavan arvion tekeminen edellyttää, että työvaiheille budjetoitu tuntimäärä vastaa sähköasennustoimialan työehtosopimuksen mukaista urakkahinnoittelua. Urakan kokonaistuntimääräennuste voidaan laskea toteutuneen tuntimäärän ja kokonaisvalmiusasteen perusteella:

$$t_{Ennuste} = \frac{t_{TOT}}{V} \quad (1)$$

$t_{Ennuste}$ on kokonaistuntimääräennuste [h]

t_{TOT} on toteutunut tuntimäärä tarkasteluhetkellä [h]

V on kokonaisvalmiusaste tarkasteluhetkellä

Valmiusasteen arvo on välillä 0–1, esimerkiksi arvo 0,5 tarkoittaa 50 %:n valmiusastetta.

Ennusteen luotettavuutta voidaan parantaa määrittämällä urakan kokonaisvalmiusaste erillisten työvaiheiden valmiusasteiden summana. Kokonaistuntimäärä arvioidaan yksittäisten työvaiheiden valmiusasteiden perusteella:

$$t_{Ennuste} = \frac{t_{TOT}}{\sum_{i=1}^n (V_i \cdot t_i)} \cdot t_B, \text{ missä } \sum t_i = t_B \quad (2)$$

$t_{Ennuste}$ on kokonaistuntimääräennuste [h]

t_{TOT} on toteutunut tuntimäärä tarkasteluhetkellä [h]

V_i on työvaiheen i valmiusaste tarkasteluhetkellä

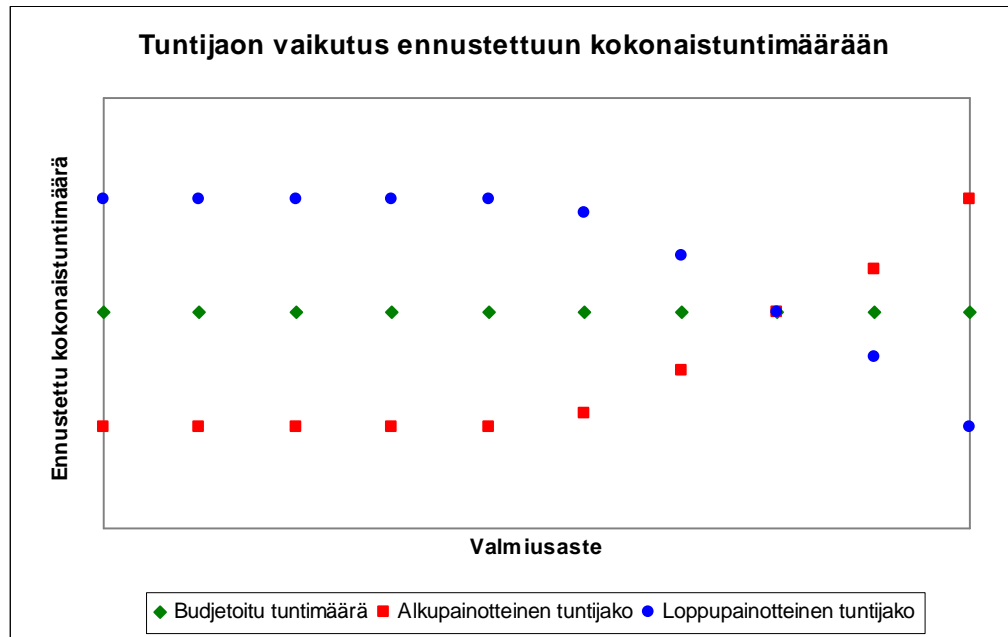
t_i on työvaiheelle i budjetoitu tuntimäärä [h]
 t_B on urakan budjetoitu kokonaistuntimäärä [h]

Jos urakan budjetoitu kokonaistuntimäärä on jaettu oikeassa suhteessa erillisten työvaiheiden kesken, on kokonaistuntimäärä arvioitavissa jo hankkeen alkuvaiheessa. Tuntiseuranta mahdollistaa ongelmien havaitsemisen ja niihin reagoimisen ajoissa, sillä budjetoidun tuntimäärän suhde ennustettuun kokonaistuntimäärään kuvaa työn tehokkuutta:

$$Työteho = \frac{t_B}{t_{Ennuste}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Seuranta tarkentuu hankkeen loppua kohden. Jos budjetoitu kokonaistuntimäärä on jaettu alkupainotteisesti, eli hankkeen alun työvaiheille on arvioitu liian paljon tunteja suhteessa työmäärään, ennuste näyttää alussa budjetoitua parempaa työtehoa ja tulosta. Pahimmassa tapauksessa kokonaistuntimäärä ylittää hankkeen lopussa budjetoidun tuntimäärän, sillä loppuvaiheen töille on arvioitu riittämättömästi asennusaikaa. Alun näennäisesti parempi työteho saattaa johtaa myös siihen, että asentajille maksetaan urakkaennakkoa perusteettomasti.

Jos budjetoitu kokonaistuntimäärä on jaettu loppupainotteisesti, eli hankkeen lopun työvaiheille on arvioitu liian paljon tunteja suhteessa työmäärään, ennuste näyttää alussa budjetoitua heikompaa työtehoa ja tulosta. Jos työryhmän motivaatio säilyy väärästä ennusteesta huolimatta hyvänä, kokonaistuntimäärä saattaa alittaa hankkeen lopussa budjetoidun tuntimäärän. Kuvassa 1 on esitetty alku- ja loppupainotteisen tuntijaon vaikutus ennustettuun kokonaistuntimäärään.



Kuva 1. Alku- ja loppupainotteisen tuntijaon vaikutus ennustettuun kokonaistuntimäärään.

3 Sähköurakan yksikköhinnat ja yksikkökohtainen asennusaika

Asennusmateriaalin yksikkökohtainen asennusaika minuutteina lasketaan valmiin asennuksen yksikköhinnan perusteella:

$$t_{Yks} = \frac{H_{Yks}}{H_{KTA}} \cdot 60 \quad (4)$$

t_{Yks} on yksikkökohtainen asennusaika [min]

H_{Yks} on asennuksen yksikköhinta [€/kpl]

H_{KTA} on tavoiteansio [€/h]

Asennuksen yksikköhinta voidaan määrittää talotekniikka-alan sähköasennustoimialan työehtosopimuksen 2007–2010 taulukoiden mukaan. Kokonaishintaurakan tavoiteansio on

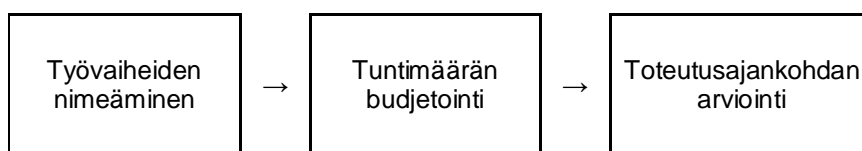
1.10.2008 lähtien 15,90 €/h (2, s. 31). Työn urakkahinnoittelukerroin on 1.10.2008 lähtien 1,195 (2, s. 46).

Asennuksen yksikköhintaa ei voi suoraan käyttää työvaiheiden tuntimäärän budjetointiin, koska yksikköhinta koostuu eri työvaiheissa tehtävistä töistä. Esimerkiksi ATK-pisteen asennushinta sisältää rasiatarvikkeiden asennuksen, paneelin ja rasian välisen kaapelin asennuksen sekä rasiakojeen kiinnityksen ja kytkennän (2, s. 62). Edellä mainitut työvaiheet tehdään ajallisesti erillään, rasiat ja kaapelit asennetaan putkitustöiden yhteydessä ja kojeet asennetaan ja kytketään tasoitus- ja maalaustöiden jälkeen.

4 Sähkötöiden aikataulun laadinta ja tuntimäärän budjetointi

4.1 Työjärjestys

Sähköurakan aikataulu laaditaan seuraavassa järjestyksessä.



4.1.1 Työvaiheiden nimeäminen

Työvaiheet nimetään suoritusjärjestyksessä siten, että yksi työvaihe sisältää selkeän osakokonaisuuden urakasta. Erillisiksi työvaiheiksi ei nimetä yksittäisiä töitä jotka vievät vain vähän asennusaikaa, sillä niiden työajalla ei ole suurta merkitystä urakan kokonaistuntimäärän arvioimisen kannalta. Työvaiheet riippuvat hankkeen tyypistä, urakkarajoista ja järjestelmistä. Järjestelmien asennus- ja käyttöönottotyöt muodostavat kaapelointia lukuun ottamatta selkeän erillisen urakkakokonaisuuden, joten ne nimetään

erillisiksi työvaiheiksi. Asuntotuotannossa tyypillisiä sähkötekniisiä järjestelmiä ovat ovipuhelin-, paloilmoitus-, savunpoisto- sekä opaste- ja turvavalojärjestelmä. Liitteessä 1 on esitetty esimerkkejä uudis- ja saneeraushankkeen sähköurakan työvaiheista.

4.1.2 Tuntimäärän budjetointi

Käytössä oleva asennusaika työvaihetta kohti määritetään asennettavan materiaalmäärän perusteella, jolloin tarjouslaskelman massalistoja voidaan hyödyntää. Tuntimäärän arvioinnissa päästään riittävään tarkkuuteen käytettäessä tuoteryhmien keskimääräisiä asennusaikoja. Esimerkiksi pistorasioiden ja kytkimien asennusaikoja ei kannata laskea erikseen, vaan riittää, kun määritetään asennusaika kalustetta kohden ja kerrotaan se kalusteiden kokonaismäärällä. Samalla periaatteella voidaan määrittää myös valaisimien asennusaika edellyttäen, että ne asennetaan helposti luokse päästävälle alustalle ja ovat asennettavuudeltaan samankaltaisia. Ulkovalaisimien, erikoisvalaisimien tai vaikeaan paikkaan asennettavien valaisimien asennusaika on arvioitava erikseen.

Tuntijako kannattaa aloittaa paljon aikaa vievistä työvaiheista, joissa asennetaan sellaista kappaletavaraa jonka asennusaika tuotetta kohden on helposti arvioitavissa. Silloin työvaiheen kokonaistuntimäärä on luotettavasti arvioitavissa keskimääräisen asennusajan perusteella. Edellä mainittuja työvaiheita ovat esimerkiksi

- lattialämmitykset
- asuntojen keskusasennus ja kytkentä
- valaisinpistorasiakannet
- vahvavirtakalustaminen
- valaisinasennus
- ATK-kalustaminen
- antennikalustaminen
- kojeiden kytkentä
- palovaroittimet.

4.1.3 Toteutusajankohdan arviointi

Sähkötöiden aikataulu laaditaan rakennusliikkeen yleisaikataulun perusteella, sillä suuri osa sähköurakan työvaiheista on sellaisia, joiden toteutusajankohta määräytyy suoraan jonkin rakennusteknisen työvaiheen perusteella. Esimerkiksi lattialämmityskaapelit asennetaan juuri ennen lattiavaluja ja kalusteita voi asentaa vasta pintamaalaustöiden jälkeen. Rakennustöihin sidottujen sähkötöiden toteutusajankohta ja kesto arvioidaan ensimmäisenä. Rakennustöistä riippumattomat sähkötyöt sovitetaan aikatauluun siten, että työmaan suunniteltu miehitystarve pysyy mahdollisimman tasaisena. Sähköurakan aikataulun kannalta tärkeimmät rakennustyövaiheet ja niitä vastaavat sähkötekniset työt on esitetty liitteessä 2. Liitteessä 3 on esitetty sähkötöiden ajallinen riippuvuus rakennusteknisistä töistä uudishankkeessa. Korjaushankkeen osalta riippuvuus on esitetty liitteessä 4.

5 Uudishankkeelle ominaiset työvaiheet

5.1 Runkoputkitus

Elementtirungon putkitustyöt aloitetaan ensimmäisen kerroksen välipohjaelementtien asennuksen yhteydessä ennen holvivalutöitä. Putkitukseen kuuluva aika riippuu elementeissä olevien sähköpisteiden määrästä. Elementissä olevat sähköasiat asennetaan elementtitehtaalla, joten työ käsittää putkireitin teon elementtisaumoissa ja onteloissa ryhmäkeskustilaan tai kevyen väliseinän kohdalle. Joissain tapauksissa voidaan putkittaa lattian pintabetonin sisällä, jolloin ketjutettavia pistorasioita ei tarvitse putkittaa elementin yläsauman kautta. Lisäksi putkitustyön nopeuteen vaikuttaa alakattorakenteiden laajuus, sillä alakaton yläpuolella putki voidaan tuoda suorinta reittiä ryhmäkeskukselle. Runkoputkitusvaiheeseen kuuluva työaika on siis määritettävä rakennustavan perusteella tapauskohtaisesti. Elementtien putkitustavat on esitetty liitteessä 5.

5.2 Runkojohdotus

Runkojohtojen veto voidaan aloittaa kun ensimmäisen kerroksen välipohja on valettu ja elementtituet poistettu. Ryhmäkeskustilan yläpuolella oleva ontelo, johon runkoputket on tuotu, hajotetaan rakennusliikkeen toimesta jolloin putkireitti ryhmäkeskustilaan on valmis. Runkojohtojen veto työllistää sähköasentajan sillä aikaa, kun rakennusurakoitsija asentaa seuraavan kerroksen seinä- ja välipohjaelementtejä. Välipohjaelementtien ladonnan jälkeen putkitetaan seuraavan kerroksen runko. Runkoputkitus- ja johdotustöiden lomittaisuuden takia työvaiheet edellyttävät yleensä vähintään yhden sähköasentajan täysipäiväistä työtä, jolloin työvaiheisiin tarvittava tuntimäärä voidaan arvioida elementtiasennuksen kokonaiskeston perusteella:

$$t_{RP+RJ} = n_a \cdot t_{EA} \quad (5)$$

t_{RP+RJ} on runkoputkitus- ja johdotustöiden kesto [h]

n_a on asentajamäärä [kpl]

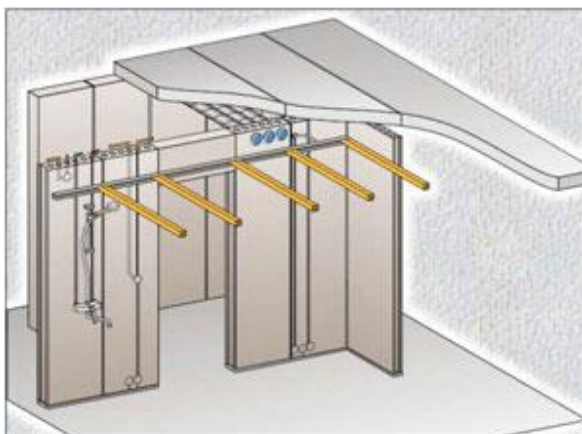
t_{EA} on elementtiasennuksen kesto [h]

5.3 Märkätilojen väliseinäputkitus ja johdotus

Märkätilojen väliseinäputkitus ja johdotus tehdään seinien asennuksen jälkeen, putkitustapa riippuu seinärakenteesta. Jos seinärakenteena on umpinainen kalkkihiekkatiili, sähköputkille ja kojerasioille tehdään urat rakennusliikkeen toimesta. Sähköasentaja merkitsee urien paikat ja mitat seiniin siten, että putkireitti tulee alakaton yläpuolelle. Rakennusliike muuraa urat umpeen kun tarvittavat putket ja rasiat on asennettu.

Seinärakenteena voidaan käyttää myös kevytsorabetonista valmistettua ACO-elementtiä, jossa on ontelot elementin sisällä. ACO-elementtiin porataan kojerasioiden paikat ja reikä elementin yläreunaan alakaton yläpuolelle. Taipuisa muoviputki työnnetään onteloon,

jolloin putkireitti alakaton yläpuoliseen tilaan on valmis. ACO-elementin putkitusperiaate on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. ACO-elementin putkitusperiaate (3).

Märkätilojen väliseinäputkitukseen ja johdotukseen kuluva aika riippuu elementeissä olevien sähköpisteiden määrästä ja seinän rakenteesta. Putken ja rasian asentaminen kalkkihiiekkatiilen uraan on selvästi hitaampaa kuin putkitus onteloon, sillä putki ja rasia pitää kiinnittää uraan tukevasti.

5.4 Levyseinäputkitus ja johdotus

Levyseinien putkitus ja johdotus aloitetaan väliseinärankojen teon jälkeen kun seinän toisen puolen levyt on asennettu. Rakennusliike kiinnittää koje- ja jakorasiat sekä ryhmäkeskusten upotuskotelot paikoilleen. Johdotustyön yhteydessä kytketään kaikki jakorasiat, kojerasiat suojataan tasoite- ja maalaustöiden ajaksi peitekansilla. Putkitus- ja johdotustyöhön kuluva aika riippuu levyseinissä olevien sähköpisteiden määrästä ja siitä, saako urakassa käyttää putketonta asennustapaa. Siksi asennusaika pitää arvioida tapauskohtaisesti.

6 Saneeraushankkeelle ominaiset työvaiheet

6.1 Jännitteettömäksi teko ja väliaikaiset kytkennät

Työalue tehdään jännitteettömäksi ennen purkutöitä ja jännitteettömyys varmistetaan määräysten mukaisesti. Myös urakka-alueen ulkopuolelta tulevat ohjausjännitteet pitää huomioida ja estää niiden pääsy työalueelle.

Urakkasuoritukseen kuuluu yleensä useita taloja joiden sähkönsyöttö tulee yhdestä uusittavasta pääkeskuksesta. Korjaustyö suoritetaan lähes aina talo kerrallaan, joten urakka-alueella olevissa asunnoissa asutaan urakan aikana. Asukkaiden sähkönsaanti on turvattava, joten vanhaa pääkeskusta ei voida purkaa ennen uuden keskuksen asennusta. Uuden pääkeskuksen asennuksen jälkeen pitää vanhat nousujohdot kytkeä väliaikaisesti uuteen pääkeskukseen, kunnes syöttöjohdot uusitaan tai muihin taloihin asennetaan omat pääkeskukset ja energialaitoksen liittymät.

Myös vanhojen puhelin- ja antennijärjestelmien pitää olla asukkaiden käytössä urakka-aikana, joten väliaikaisiin kytkentöihin tarvittava työaika voi olla merkittävä. Asennusaika arvioidaan tapauskohtaisesti, tarvittavat kytkennät voi arvioida vertaamalla vanhoja järjestelmäkaavioita uusiin suunnitelmiin.

6.2 Purkutyöt

Purkutöiden urakkaraja vaihtelee hankekohtaisesti. Jos vanhojen asennusten purku kuuluu sähköurakkaan, arvioidaan purkutöiden työaika tapauskohtaisesti purettavan materiaalmäärän perusteella. Jos purkutöiden yhteydessä uusitaan ryhmäjohto vanhoihin putkiin, vanhoja ryhmäjohtoja voidaan käyttää vetolankoina. Vanhat valaisimet,

jotka kunnostetaan urakkasuorituksen aikana ja asennetaan takaisin, irrotetaan purkutöiden yhteydessä ja varastoidaan huolellisesti.

6.3 Reikien ja urien merkintä

Rakennusurakoitsija tekee tarvittavat reiät ja urat rakenteisiin uusia sähköputkia, rasioita ja kaapeleita varten, sähköurakkaan kuuluu niiden koon ja paikan merkintä seiniin. Merkintä tehdään ennen timanttiporaustöitä, yleensä siinä vaiheessa kun purkutytöt on tehty ja kylpyhuoneiden ja WC-tilojen seinät on tasoitettu. Merkintään tarvittava työaika arvioidaan varausten määrän perusteella.

6.4 Uudet putkitukset ja johdotukset

Korjaushankkeessa uusia uppoasennettavia putkituksia asennetaan yleensä kylpyhuoneiden, keittiöiden ja WC-tilojen sähköpisteille. Muihin huoneisiin lisättävät sähköpisteet tehdään yleensä pinta-asennuksena tai käytetään vanhoja putkia ja rasioita. Uudet putket asennetaan rakenteisiin tehtyihin uriin siten, että putki tulee alakattorakenteen yläpuolelle. Uudet johdot asennetaan putkitustyön yhteydessä, vanhoihin putkiin asennettavat johdot asennetaan purkutöiden aikana. Uusille putkituksille ja johdotuksille varattava työaika riippuu asuntojen uusien asennusten määrän lisäksi siitä, kuinka paljon uusia sähköpisteitä tulee rakennuksen yleisiin tiloihin. Siksi putkitus- ja johdotustöiden asennusaika on arvioitava tapauskohtaisesti.

6.5 Pintajohdotus

Korjaushankkeessa johtoja voidaan vaihtaa vanhoihin putkiin, jolloin kalusteet asennetaan vanhoihin uppoasennettuihin kojerasioihin. Vanhat antennipisteet on ketjutettu pystylinjassa asunnosta toiseen, joten putkireittiä asunnon ryhmäkeskukselle ei vanhassa

asennuksessa ole. Uusi antenniverkko pitää määräysten mukaan tehdä tähtiverkkona, joten antennikaapeli pitää asentaa pinnassa keskuksen IT-osalta rasialle. Myös uudet ATK-pisteet ja vahvavirtapisteet pitää kaapeloida pintatyönä.

Lista-asennustyöt voi tehdä vasta lattiapinnoitteen asennuksen ja pintamaalaustöiden jälkeen. Pintaan asennettavat johdot mitataan keskukselta pisteelle muun johdotustyön yhteydessä, keskus pää kytketään ja johto jätetään kiepille keskukselle. Lista-asennukset hinnoitellaan asennusalustan ja listan poikkileikkauksen suurimman sivun mukaisesti taulukosta 2610 (2, s. 58). Listan asennusaika lasketaan kaavan 4 mukaan, taulukossa 1 on esitetty listan asennushinta ja sen perusteella laskettu asennusaika minuutteina listametriä kohti.

Taulukko 1. Sähkölistan asennusaika.

Sivupituus [mm]	Puu		Kivi/metalli	
	[€/m]	[min/m]	[€/m]	[min/m]
enintään 21	0.73	3.3	1.28	5.8
enintään 28	0.94	4.2	1.43	6.4
enintään 45	1.67	7.5	1.96	8.8
enintään 70	2.04	9.2	2.36	10.6
enintään 150	2.42	10.9	3.34	15.1

7 Uudis- ja saneeraushankkeen yhteiset työvaiheet

7.1 Kaapelihyllyt, ripustuskiskot ja johtokanavat

Kiinteistön keskusten ja nousujohtoreittien väliset kaapelihyllyt asennetaan heti kellaritilojen lattiavalujen jälkeen jotta nousujohtojen vedolle jää riittävästi työaika. Jos johtoreitit asennetaan alakattojen yläpuolelle, alakattotöiden ajoitus määrittää kaapelihyllyjen ja nousujohtojen asennusajankohdan.

Valaisinriipustuskiskoja käytetään asuintalokohteissa tavallisesti autohallin valaistusjärjestelmän kaapelireittinä ja asennusalustana, joten niiden asennusajankohta ei yleensä riipu rakennusteknisistä töistä.

Johtokanavien tyypillisiä käyttökohteita ovat toimistotilat, joten asuintalokohteissa niiden merkitys on aikataulun kannalta pieni. Saneerauskohteissa käytetään joissain tapauksissa johtokanavien kaltaisia palosuojakanavia nousujohtoreitteinä vaihtoehtona rakennusaineiselle kotelolle. Jos palosuojakanavien asennus kuuluu sähköurakkaan, niiden asennusajan arvioinnissa voidaan hyödyntää johtokanavan asennushintaa. Hinnoittelussa pitää kuitenkin huomioida, että palosuojakanava on huomattavasti johtokanavaa painavampaa ja hitaampaa asentaa. Palosuojakanavan rakenne on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Palosuojakanavan rakenne (4).

Johtoteiden asennus hinnoitellaan sähköasennustoimialan työehtosopimuksen taulukosta 3010 (2, s. 66). Asennusaika minuutteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{\text{Johtotie}} = \frac{1,195 \cdot l \cdot a_1}{15,90} \cdot 60$$

l on johtotien pituus [m]
 a_1 on asennuksen yksikköhinta [€/m]

Työehtosopimuksen taulukossa 3010 johtoteiden asennuksen yksikköhinta riippuu asennettavan johtotien metrimäärästä. Työaika voidaan kuitenkin arvioida riittävällä tarkkuudella käyttämällä yksikköhintojen keskiarvoa. Taulukossa 2 on esitetty yksikköhintojen keskiarvon perusteella lasketut johtoteiden asennusajat minuutteina metriä kohti.

Taulukko 2. Johtoteiden asennusaika.

	1–200m	201–800m	801–1500m	Keskiarvo	min/m
Johtohylly	4.52	3.54	3.14	3.73	16.8
Valaisinripustuskisko	3.14	2.75	2.16	2.68	12.1
Johtokanava	4.32	3.93	3.34	3.86	17.4

7.2 Lattialämmitykset

Lattialämmityskaapelit asennetaan juuri ennen kylpyhuoneiden kaatovaluja jotta välttyään niiden vaurioitumiselta. Lämmityskaapelin tyyppi ja asennustapa riippuvat valukerroksen paksuudesta, sillä se vaikuttaa lämmön jakautumiseen lattiapinnalla. Jos valukerroksen paksuus on yli 30 mm, käytetään kaapelia jonka teho on noin 20 W/m. Kaapeli asennetaan rauditusverkkoon johdinsiteillä 120–240 mm:n välein. Jos kylpyhuoneeseen tulee noin 15 mm:n pintavalu, käytetään saneerauskaapelia jonka teho on noin 10 W/m. Saneerauskaapeli asennetaan kiinnityspantaan 90–120 mm:n välein, panta kiinnitetään lattiaan porattuihin reikiin ruuvitulppien ja ruuvien avulla. Yksittäisen kaapelin vaihtoehtona voidaan käyttää myös valmiita lämmityskaapelimattoja, joissa kaapelit on asennettu valmiiksi kehysverkkoon oikealle etäisyydelle toisistaan. Lämmityskaapelimatto asennetaan lattiaan esimerkiksi liimaamalla. Joissain tyypeissä liimapinta on kehysverkossa valmiina, joten asentaminen on nopeaa. (5.)

Normaali kaapeli on saneerauskaapelia nopeampi asentaa suuremman kiinnitysvälin ja helpomman kiinnitystavan takia. Kaapelin asennuksen yhteydessä asennetaan termostaatin lämpötila-anturi putkessa termostaatin kojerasialta lattiavalun alle. Lämmityskaapelin kunto

testataan ennen asennusta mittaamalla sen silmukka- ja eristysvastus. Mittaus toistetaan vielä kaapelin asennuksen ja lattiavalun jälkeen.

Lämmityskaapelin asennushinta voidaan laskea talotekniikka-alan sähköasennustoimialan työehtosopimuksen mukaan taulukon 2710 sarakkeesta 5 (2, s. 59). Koska lämmityskaapelin johtimen poikkipinta-ala on alle $2,5 \text{ mm}^2$, käytetään hinnoittelussa riviä 11 (5). Termostaatin kapillaariputken ja lämpötila-anturin asennus hinnoitellaan taulukon 3110 riviltä 33 (2, s. 67). Lämmityskaapelin asennuksen yhteydessä suoritettavat mittaukset ja tulosten dokumentointi hinnoitellaan taulukon 3110 riviltä 28 (2, s. 59). Asennusaika minuutteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{\text{kaapeli}} = \frac{1,195 \cdot (l \cdot 0,67 + 3,54 + 3,54)}{15,90} \cdot 60$$

l on lämmityskaapelin pituus [m]

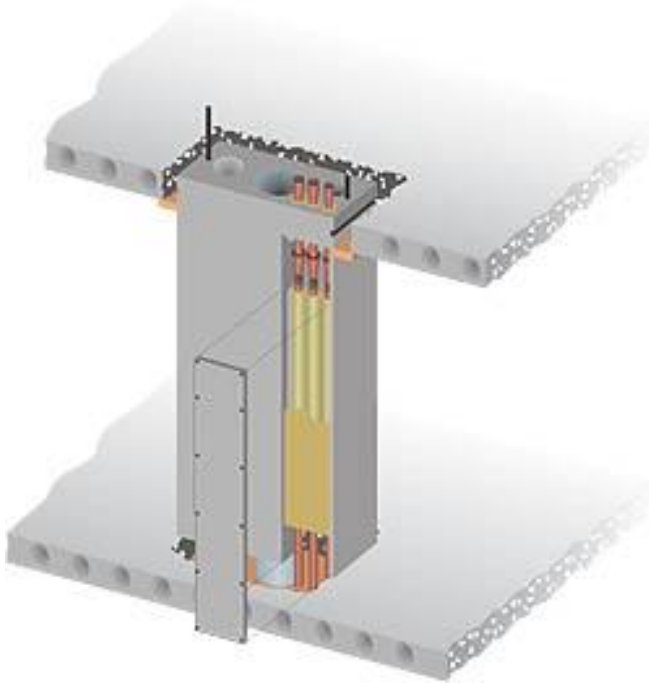
Taulukossa 3 on esitetty Enston Tassu-kaapeleiden tekniset tiedot ja kaapelipituuden perusteella laskettu asennusaika.

Taulukko 3. Lattialämmityskaapeleiden asennusajat.

P/l	Kaapelityyppi	P [W]	l [m]	t [min]
20 W/m	TASSU2	240	11	65
	TASSU3	300	15	77
	TASSU4	440	20	92
	TASSU6	600	29	120
	TASSU9	900	40	153
	TASSU12	1200	54	195
	TASSU16	1600	72	249
	TASSU18	1800	86	292
	TASSU22	2200	106	352
10 W/m	TASSU1S	165	16	80
	TASSU3S	300	29	120
	TASSU4S	400	42	159
	TASSU6S	600	59	210
	TASSU8S	800	79	271
	TASSU11S	1100	106	352

7.3 Nousujohtot

Vahva- ja heikkovirtanousujohtojen veto voidaan aloittaa kaapelihyllyasennuksen jälkeen edellyttäen, että pystynousureitti on rakennustöiden osalta valmis. Uudishankkeessa nousureittinä käytetään yleensä kuilun seinään asennettua puolahyllyä tai elpo-hormielementin pystyonteloa. Elpo-hormielementin rakenne on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Elpo-hormielementin rakenne (6).

Korjaushankkeessa nousureittinä käytetään suunnitelmasta riippuen vanhaa hormia ja putkia tai tehdään uusi palosuojattu nousureitti. Vanhojen hormien ja putkien pitää olla auki sekä tarvittavat reiät tehty ennen nousujohtojen vetoa.

Nousujohtojen asennusaika riippuu vaakasuuntaisten kaapelireittien selkeydestä, nousureitin tyypistä, keskusten sijainnista sekä kaapelityypeistä ja -määrästä. Saneerauskohteissa kaapeleiden liikkuvuuteen vaikuttaa vanhojen putkien kunto, jota on vaikea arvioida aikataulun laadintavaiheessa. Nousujohtojen asennusaika määritetään edellä mainituista syistä tapauskohtaisesti. Työmaan miehitystä suunniteltaessa pitää huomioida, että nousujohtojen vetoon tarvitaan lähes aina kaksi asentajaa.

7.4 Asuntojen keskusasennus ja kytkentä

Asuntojen ryhmäkeskusten asennusajankohta riippuu siitä, onko keskus uppo- vai pinta-asennettava. Uudisrakennuksissa käytetään yleensä rakenteeseen upotettavia ryhmäkeskuksia joiden upotuskotelon rakennusliike asentaa levyseinätöiden yhteydessä. Saneeraushankkeissa osa vanhoista ryhmistä jää usein käyttöön, joten ne pitää kytkeä uuteen ryhmäkeskukseen. Jotta vanhoja ryhmäjohtoja ei tarvitsisi jatkaa, uusi ryhmäkeskus asennetaan tavallisesti pintaan vanhan keskuksen paikalle.

Ryhmäkeskuksen asennus hinnoitellaan keskuksen etulevyn pinta-alan mukaan sähköasennustoimialan työehtosopimuksen taulukosta 2310 (2, s. 50). Keskuksen kytkentä hinnoitellaan ryhmäjohtojen poikkipinnan ja määrän perusteella taulukon 2510 riviltä 2 (2, s. 54). Liitteessä 6 on pääkaavio ja kokoonpanokuva Enston IT-ryhmäkeskuksesta, jossa on tilavaraus pääkytkimen lisäksi 30 moduulille (7). Moduulimäärä riittää keskikokoisen kerrostaloasunnon tarpeisiin, joten keskusta voi käyttää keskimääräisen asennusajan arviointiin. Keskuksen etulevyn pinta-ala on noin 0.30 m^2 , joten asennushinta kivi- tai metallipinnalle on 11.49 euroa. Keskuksen kytkentä hinnoitellaan tavallisimpien kerrostalokohteessa asennettavien ryhmäjohtojen mukaan, johdot ja niiden kytkentähinnat on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Kerrostaloasunnon ryhmäjohtot ja kytkentähinnat.

Ryhmä	Johto	Hinta [€]
Nousujohto	5x6	1.02
Liesi	5x2.5	0.88
Pyykinpesukone	3x2.5	0.88
Kuivausrumpu	3x2.5	0.88
Astianpesukone	3x2.5	0.88
Keittiön pistorasiat	3x2.5	0.88
Parvekepistorasia	3x2.5	0.88
Kylpyhuoneen lattialämmitys	3x1.5	0.79
Valaistus/pistorasiat	3x1.5	0.79
Valaistus/pistorasiat	3x1.5	0.79
Valaistus/pistorasiat	3x1.5	0.79
Yhteensä		9.46

Asuntojen keskusasennuksen ja kytkennän työaika tunteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{\text{Ryhmäkeskukset}} = \frac{1,195 \cdot n_{RK} \cdot (11,49 + 9,46)}{15,90}$$

n_{RK} on asuntojen ryhmäkeskusten lukumäärä [kpl]

Kiukaan ryhmäjohtoa ei hinnoittelussa ole huomioitu. Jos asuntoon tulee sauna, kiukaan kytkennällä ei ole suurta merkitystä keskuksen kytkentäaikaan aikataulun kannalta.

7.5 Kiinteistön keskusasennukset

Kiinteistön keskuksilla tarkoitetaan niitä pääjakelujärjestelmän keskuksia, jotka syöttävät asuntojen ryhmäkeskuksia ja kiinteistön yleisten tilojen sähköjärjestelmiä. Kiinteistön keskuksat asennetaan yleensä kellari- ja ullakkotiloihin keskitetysti, joten niiden asennus tapahtuu eri aikaan kuin asuntojen ryhmäkeskusten asennus. Kiinteistön keskuksat voidaan asentaa, kun nousujohtot on vedetty ja rakennuksen runko on vesitiivis kattotöiden jälkeen. Keskustilojen lattiavalujen sekä tasoite- ja maalaustöiden pitää olla myös valmiina ennen

keskusasennuksia. Kiinnitettävien keskusten asennus hinnoitellaan sähköasennustoimialan työehtosopimuksen taulukosta 2310. Asennushinta lasketaan keskuksen etulevyn pinta-alan ja asennusalustan materiaalin perusteella. (2, s. 50.) Keskuksen asennusaika tunteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{Keskus} = \frac{1,195 \cdot (A_k \cdot a_m)}{15,90}$$

A_k on keskuksen etulevyn pinta-ala [m²]

a_m on asennusalustan materiaalista riippuva yksikköhinta [€/m²]

Taulukossa 5 on esitetty keskuksen mittojen ja asennusalustan materiaalin perusteella laskettu asennusaika tunteina.

Taulukko 5. Keskuksen asennusaika.

		l [m]								Alusta	a _m
		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4		
h [m]	0.5	0.7	1.3	2.0	2.7	3.3	4.0	4.7	5.3	Puu	35.36
	1	1.3	2.7	4.0	5.3	6.6	8.0	9.3	10.6		
	1.5	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	15.9		
	2	2.7	5.3	8.0	10.6	13.3	15.9	18.6	21.3		
	0.5	0.7	1.4	2.2	2.9	3.6	4.3	5.0	5.8	Kivi/metalli	38.31
	1	1.4	2.9	4.3	5.8	7.2	8.6	10.1	11.5		
	1.5	2.2	4.3	6.5	8.6	10.8	13.0	15.1	17.3		
	2	2.9	5.8	8.6	11.5	14.4	17.3	20.2	23.0		
Asennusaika [h]											

7.6 Kiinteistön keskuskytkennät

Kiinteistön keskuksia ei aina kytketä heti asennuksen jälkeen, joten niiden kytkentä muodostaa aikataulun kannalta erillisen työvaiheen. Keskusten kytkennät hinnoitellaan työehtosopimuksen taulukosta 2510, hinta riippuu kytkettävien johtimien poikkipinta-alan lisäksi siitä, kytketäänkö yksittäisiä johtimia vai vaippakaapeleita (2, s. 54). Keskusten

kytkentäaika lasketaan kaavan 4 mukaan, taulukossa 6 on esitetty yksittäisten johtojen ja johtimien kytkentähinnat ja hinnan perusteella laskettu kytkentäaika minuutteina.

Taulukko 6. Johtojen ja johtimien kytkentähinnat ja kytkentäajat.

Poikkipinta [mm ²]	Johtimet		Johdot		Konsentriset	
	[€]	[min]	[€]	[min]	[€]	[min]
enintään 1	0.24	1.1	0.29	1.3	0.33	1.5
enintään 1.5	0.49	2.2	0.79	3.6	1.38	6.2
enintään 2.5	0.59	2.7	0.88	4.0	1.57	7.1
enintään 6	0.75	3.4	1.02	4.6	1.87	8.4
enintään 16	1.02	4.6	1.49	6.7	2.36	10.6
enintään 35	1.69	7.6	2.26	10.2	3.14	14.2
enintään 70	2.28	10.3	2.95	13.3	4.03	18.2
enintään 120	2.95	13.3	3.63	16.4	5.11	23.0
enintään 185	3.65	16.5	4.34	19.6	5.99	27.0
enintään 300	5.38	24.3	6.07	27.4	8.05	36.3
enintään 500	8.05	36.3	8.31	37.5	9.04	40.8
enintään 800	12.89	58.1	13.18	59.4	13.36	60.2

7.7 Valaisinpistorasiakannet

Valaisinpistorasia- ja ripustuskannet asennetaan valmiiseen kattopintaan maalaustöiden jälkeen. Kansi asennetaan kytketyn jakorasian päälle, joten sen asennus- ja kytkentätyö hinnoitellaan sähköasennustoimialan työehtosopimuksen taulukosta 2811 (2, s. 63). Kattokannen asennus- ja kytkentätyöhön budjetoitava tuntimäärä riippuu myös asennuskorkeudesta, siirrettäviltä telineiltä suoritettavat työt hinnoitellaan taulukosta 2210 (2, s. 49). Asennusaika minuutteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{\text{Kattokansi}} = \frac{1,195 \cdot (k_h \cdot a_A)}{15,90} \cdot 60$$

k_h on asennuskorkeudesta riippuva kerroin

a_A on johtimien poikkipinta-alasta riippuva yksikköhinta [€]

Taulukossa 7 on esitetty johtimien poikkipinta-alan ja asennuskorkeuden perusteella laskettu asennusaika.

Taulukko 7. Valaisinpistorasiakannen asennusaika.

A [mm ²]	h [m]	k _n	a _A [€]	t [min]
1.5	0–4	1.00	2.57	12
	4–7	1.15	2.57	13
	7–9	1.25	2.57	14
	9–11	1.40	2.57	16
2.5	0–4	1.00	2.78	13
	4–7	1.15	2.78	14
	7–9	1.25	2.78	16
	9–11	1.40	2.78	18

7.8 Vahvavirtakalustaminen

Kalustustyö voidaan aloittaa pintamaalaustöiden jälkeen. Yleensä heikkovirtakalustamisen suorittaa teleasentaja, joka tekee kaikki tietyn alueen heikkovirtatyöt kerralla. Siksi ATK- ja antennikalustaminen ei välttämättä tapahdu samanaikaisesti vahvavirtakalusteiden asentamisen kanssa, vaan heikkovirtakalustaminen budjetoidaan erilliseksi työvaiheeksi.

Upotettavien tai pinnallisten rasiakojeiden asennus ja kytkentä hinnoitellaan sähköasennustoimialan työehtosopimuksen taulukosta 2811 (2, s. 61). Rasiakojeen asennus- ja kytkentäaika määritetään sarakkeesta 4, sillä suurin osa pistorasioista ja kytkimistä on nopealla jousiliittimellä kytkettäviä. Vahvavirtakalustamisen työaika tunteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{\text{Vahvavirtakalusta min en}} = \frac{1,195 \cdot 1,82 \cdot n_k}{15,90}$$

n_k on rasiakojeiden lukumäärä [kpl]

Työaikaan sisältyy kosketeltavien osien jännitteettömyyden koestus kertaalleen esimerkiksi sukotesterillä (2, s. 32). Koestus tehdään jännitteellisenä, joten sitä ei tehdä kalustustyön yhteydessä. Siksi sukotestauksen työaika pitää arvioida esimerkiksi kalustekohtaisesti ja vähentää vahvavirtakalustamisen työajasta. Testaus koskee myös valaisinpistorasiakansia, kalustustyöstä vähennetty työaika sisällytetään mittauksiin, testauksiin ja tarkastuksiin.

7.9 Valaisinasennus

Asuntotuotannossa sähköurakkaan kuuluu asuntojen osalta yleensä keittiön työtason, wc:n, kylpyhuoneen ja vaatehuoneen valaisimet. Muut huonetilat varustetaan valaisinpistorasiakansilla, joihin asukas voi asentaa omat valaisimensa. Asuntojen valaisimet asennetaan valmiille pinnalle keittiön välitilan kaakeloinnin ja kylpyhuoneen alakattotöiden jälkeen.

Yleisten tilojen, esimerkiksi autohallin, kellarin, porraskäytävien, julkisivun ja ulkoalueiden valaisimet kuuluvat tavallisesti sähköurakkaan. Valaisimet asennetaan ryhmäjohtojen asennuksen jälkeen, asennusalustan pitää olla rakennus- ja maalaustöiden osalta valmis ennen valaisinasennusta.

Valaisimen asennus hinnoitellaan painon ja suurimman sivupituuden perusteella sähköalan työehtosopimuksen taulukosta 2910 (2, s. 64). Asennukseen liittyvät lisätyöt hinnoitellaan taulukosta 2911, valaisinpylväät hinnoitellaan taulukosta 2920 (2, s. 65). Asennusaika minuutteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{\text{Valaisin}} = \frac{1,195 \cdot (a_m + a_{it})}{15,90} \cdot 60$$

a_m on valaisimen painosta ja asennusalustasta riippuva yksikköhinta [€/kpl]

a_{it} on asennuksen lisätyöstä riippuva yksikköhinta [€/kpl]

Taulukossa 8 on esitetty valaisimen painon ja asennusalustan materiaalin perusteella laskettu asennusaika minuutteina valaisimelle, jonka suurimman sivun pituus on enintään 175 cm. Valaisinluettelossa esitetään valaisimien tyyppi ja määrä, joten valaisinasennukselle budjetoitava tuntimäärä on helppo arvioida valaisinluettelon ja asennusaikataulukon avulla.

Taulukko 8. Valaisimen asennusaika.

Lisätyöt		1	2	3	4		
a_{lt}		0	0.53	1.16	1.08	Alusta	a_m
m [kg]	3	18.5	20.9	23.8	23.4	Puu	4.11
	6	25.3	27.7	30.6	30.2		5.62
	12	30.2	32.6	35.4	35.1		6.70
	3	21.4	23.8	26.7	26.3	Kivi/metalli	4.75
	6	32.2	34.5	37.4	37.0		7.13
	12	37.0	39.4	42.3	41.9		8.21

Asennusaika [min]

Lisätöiden selitykset	
1	Ei lisätöitä
2	Upotettava valaisin
3	Valaisimessa pistorasia/kytkin
4	Varustetaan lumi- tai tippuvesisuojoilla

Valaisinpylväiden asennushinta riippuu pylvään pituudesta, pylvään ja pylväsvalaisimen asennus hinnoitellaan työehtosopimuksen taulukon 2920 riveiltä 21 ja 22 (2, s. 65). Asennusaika lasketaan kaavan 4 mukaan, asennusajat on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Pylvään ja valaisimen asennusaika.

Pylvään korkeus [m]	Asennusaika [min]
3	52
4.5	62
6	72

7.10 Antennijärjestelmä

Yhteisantennijärjestelmän asennus sisältää yleensä seuraavat työvaiheet:

- antennikalustaminen
- huoneistohaaroittimen asennus ja kytkentä
- vahvistinkaapin asennus
- vahvistinkaapin maadoittaminen
- vahvistinkaapin haaroittimien ja jaottimien asennus ja kytkentä.

Yhteisantennijärjestelmän vahvistimet asentaa ja kytkee yleensä kaapeliverkon palveluntarjoaja, esimerkiksi HTV. Jos sähköurakkaan sisältyy terrestiaali antennien ja antennivahvistimien asennus ja kytkentä, pitää niiden asennusaika arvioida tapauskohtaisesti. Antenniverkko mitataan asennuksen jälkeen, mittaukset, testaukset ja tarkastukset muodostavat erillisen työvaiheen, johon myös antenniverkon mittaukset sisältyvät.

Antennikalusteen asennus ja kytkentä hinnoitellaan työehtosopimuksen taulukon 2811 riviltä 11, sarakkeesta 3 (2, s. 61). Antennihaaran kytkentä liittimellä tai ilman hinnoitellaan taulukon 2513 riviltä 13 (2, s. 55). Haaroittimen ja jaottimen asennus hinnoitellaan taulukon 3110 riviltä 37 (2, s. 67). Vahvistinkaapin mitat ovat tavallisesti 0,5m x 0,5m = 0,25m², kaapin asennus hinnoitellaan taulukon 2310 riviltä 11 (2, s. 50). Vahvistinkaappi asennetaan yleensä kiviseinälle, joten hinnoittelussa käytetään saraketta 2. Kaapin maadoittaminen hinnoitellaan taulukon 2441 riviltä 13 (2, s. 52).

Antennipisteelle tuleva kaapeli kytketään antennikalusteeseen ja ryhmäkeskuksen IT-tilaan asennettavaan haaroittimeen. IT-tilaan tuleva nousujohto kytketään haaroittimeen ja vahvistinkaapissa olevaan jaottimeen. Jaottimien väliset kytkennät lasketaan antennikaaviosta. Kytkennät hinnoitellaan kaavan 6 mukaan:

$$a_{\text{Kytkenä}} = n_a \cdot 2,57 + (n_a + 2 \cdot n_{as} + n_{jk}) \cdot 1,38 \quad (6)$$

- n_a on antennipisteiden lukumäärä [kpl]
 n_{as} on asuntojen lukumäärä [kpl]
 n_{jk} on jaottimien välisten kytkentöjen lukumäärä [kpl]

Laiteasennus hinnoitellaan kaavan 7 mukaan:

$$a_{Laiteasennus} = (n_{as} + n_j) \cdot 0,39 + n_{vk} \cdot (0,25 \cdot 38,31 + 2,95) \approx (n_{as} + n_j) \cdot 0,39 + 12,53 \cdot n_{vk} \quad (7)$$

- n_j on jaottimien lukumäärä [kpl]
 n_{vk} on vahvistinkaappien lukumäärä [kpl]

Antennijärjestelmän työaika tunteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{Antennijärjestelmä} = \frac{1,195 \cdot (a_{KytKentä} + a_{Laiteasennus})}{15,90}$$

7.11 ATK-järjestelmä

ATK-järjestelmän pistehinta sisältää asennus- ja kytkentätöiden ristikytkennältä rasiolle. (2, s. 62). Koska pistehinta sisältää eri työvaiheissa tehtäviä töitä, ei sen perusteella voida määrittää teleasentajan työaika ATK-järjestelmälle. Järjestelmän työaika laiteasennusten, kytkentöjen, kuituhitsausten ja mittausten osalta on arvioitava järjestelmän laajuuden perusteella tapauskohtaisesti.

7.12 Konehuoneet ja huippuimurit

Ilmanvaihtokonehuoneiden sähköasennukset tehdään yleensä kerralla valmiiksi, joten ne muodostavat aikataulun kannalta erillisen työvaiheen. Konehuoneiden osalta sähköurakkaan kuuluu kaapelireittien teko, kojeiden vahva- ja heikkovirtakaapelointi,

kojeiden kytkentä sekä valaisinasennus. Konehuoneissa on useiden taloteknisten järjestelmien keskeisimmät laitteet, joten kojeiden, keskusten, taajuusmuuttajien, automaatioimilaitteiden, kaapeliteiden, ilmastointikanavien ja putkien asentaminen samaan tilaan vaatii erityisosaamista. Työaikaa ei siksi voi suoraan laskea asennettavan materiaalmäärän perusteella, vaan se pitää arvioida.

Saneerauskohteissa poistoilmanvaihto toteutetaan yleensä porraskohtaisilla huippuimureilla, jolloin erillisiä konehuoneita ei ole. Imurien kytkentä voidaan aikataulua laadittaessa käsitellä erillisenä työvaiheena tai se voidaan laskea mukaan kohdassa 7.13 käsiteltävään kojeiden kytkentään.

7.13 Kojien kytkentä

Asuntotuotannossa kojeiden kytkennällä tarkoitetaan lähinnä liesien, kiukaiden ja pesulakojien kytkentää. Kojet kytketään varusteasennuksen yhteydessä, liitosjohdon asennus hinnoitellaan työehtosopimuksen taulukon 2710 sarakkeesta 2 (2, s. 59). Liitosjohdon kytkentä hinnoitellaan taulukon 2510 sarakkeesta 2 (2, s. 54). Liedet ja huoneistokiukaat liitetään yleensä $5 \times 2,5 \text{ mm}^2$:n kumikaapelilla, kiinteistökiukaat 6 mm^2 :n kumikaapelilla. Liitoskaapelin pituus on yleensä noin 1,5 m, kytkentähinta lasketaan kaapelin molemmille päille. Asennus- ja kytkentäaika tunteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{\text{Kojet}} = \frac{1,195 \cdot (1,5 \cdot a_{ij} + 2 \cdot a_k)}{15,90} \cdot n_k$$

- a_{ij} on liitosjohdon asennushinta [€/m]
- a_k on liitosjohdon kytkentähinta [€/kpl]
- n_k on liitettävien kojeiden lukumäärä [kpl]

Tyypillisimpien liitosjohtojen asennus- ja kytkentähinnat sekä yhden kojeen kytkentäaika minuutteina on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Liitosjohdon asennus- ja kytkentä.

Poikkipinta [mm ²]	a _{ij} [€/m]	a _k [€]	t _{Koje} [min/kpl]
enintään 1.5	0.21	0.79	8.5
enintään 2.5	0.21	0.88	9.4
enintään 6	0.29	1.02	11.2
enintään 16	0.29	1.49	15.4

7.14 Pistorasiakeskukset

Autolämmityspistorasiat asennetaan ja kytketään pihatöiden yhteydessä, samalla asennetaan alueen pylväisvalaisimet. Lämmityspistorasiakotelon asennus hinnoitellaan työehtosopimuksen osasta 24 ja kytkentä osasta 25 (2, s. 65). Philips Pike Pro 2T2AV-pistorasiakeskus painaa 3.39 kg, keskuksessa on ketjutusmahdollisuus 5x16 mm²:n kaapelille (8). Alle kuusi kiloa painavan kojeen asennus hinnoitellaan työehtosopimuksen taulukon 2410 riviltä 12 (2, s. 52). Koska keskus asennetaan muuriin tai metallipylvääseen, hinnoitellaan asennus sarakkeesta 2. Kytkentä hinnoitellaan taulukon 2510 riviltä 15, sarakkeesta 3 (2, s. 54). Ketjutuksen takia kytkentöjä lasketaan kaksi kappaletta. Pistorasiakeskusten asennusaika tunteina lasketaan kaavan 4 mukaan:

$$t_{\text{Pistorasiakeskukset}} = \frac{1,195 \cdot (4,91 + 2 \cdot 2,36)}{15,90} \cdot n_{PK}$$

n_{PK} on pistorasiakeskusten lukumäärä [kpl]

7.15 Mittaukset, testaukset ja tarkastukset

Mittauksiin sisältyy vahvavirtajärjestelmän mittausten lisäksi myös telejärjestelmien mittaukset ja mittaustulosten dokumentointi. Vahvavirtajärjestelmästä mitataan määräysten mukaisesti eristysvastukset, suojajohtimien jatkuvuudet, oikosulkuvirrat pisimmissä ryhmissä, vikavirtasuojien toiminta sekä kiertosuunta (9, s. 356). Lisäksi jokaisen urakkaan

kuuluvan pistorasian kytkentä tarkastetaan sukotesterillä, tarkastukseen tarvittava työaika arvioidaan pistorasiakohtaisesti ja se vähennetään kalustustyöstä. ATK- ja antennijärjestelmän mittaukset kuuluvat teleasentajan tehtäviin. Niihin tarvittava työaika voidaan sisällyttää myös kyseisen järjestelmän kokonaistyöaikaan, jos mittaukset voidaan suorittaa heti laiteasennusten jälkeen.

Mittauksissa, testauksissa ja tarkastuksissa havaitut puutteet kirjataan ylös ja korjataan heti tai viimeistelyvaiheessa. Mittauksiin, testauksiin ja tarkastuksiin varattava työaika on arvioitava hankekohtaisesti, mittausten työajan voi kuitenkin arvioida pistekohtaisesti.

7.16 Itselle luovutus ja viimeistelytyöt

Itselle luovutusvaiheessa havaittujen puutteiden korjaamiselle ja viimeistelytyöille ei työehtosopimuksessa ole määritelty hintaa. Viimeistelytyöt ovat kuitenkin aikataulun kannalta tärkeä työvaihe, jonka tuntimäärä on arvioitava hankkeen tyypistä riippuen. Tuntimäärä ei riipu suoraan asennetun materiaalin ja järjestelmien määrästä, urakkakohteen tyypillä ja laajuudella on suuri merkitys viimeistelytyöihin tarvittavalle ajalle. Esimerkiksi yhdessä kerrostalossa puutteiden korjaamiseen ja töiden viimeistelyyn tarvitaan vähemmän aikaa kuin useassa paritalossa, vaikka asuntojen määrä ja varustelutaso olisi molemmissa kohteissa sama. Sähköasennustoimialan työehtosopimuksen mukaan hinnoitelluissa työvaiheissa oletetaan, että työsuoritus tehdään valmiiksi kerralla. Hinnoittelu sisältää siis puutteiden korjaamisen ja viimeistelytyöt, jotka on aikataulun tuntijakoa laadittaessa erotettava erillisten työvaiheiden tuntimäärästä. Erotettava osuus on arvioitava tapauskohtaisesti urakka-alueesta riippuen.

8 Aikatauluseuranta ja kokonaistuntimäärän arviointi

Sähköurakan aikataulun työnimikkeet, työvaiheiden alkamis- ja päättymispäivämäärä sekä työvaiheille budjetoitu tuntimäärä siirretään seurantapohjalle Excel-taulukkoon.

Seurantahetkellä arvioidaan työmaan kärke miehen kanssa työvaiheiden valmiusaste prosentteina. Valmiusaste kirjataan seurantapohjalle työvaihekohtaisesti, samalla kirjataan raportointipäivämäärä ja asentajien seurantahetkeen mennessä tekemä tuntimäärä. Ennusteen tekemiseen tarvittavat kaavat ovat valmiina taulukossa, joten ohjelma laskee ennusteet automaattisesti. Raportointipäivämäärän, valmiusasteen ja työvaiheiden alkamis- ja päättymispäivämäärän perusteella voidaan määrittää, onko urakka edellä vai jäljessä sovitusta aikataulusta. Todellisen valmiusasteen ja asentajien seurantahetkeen mennessä tekemän tuntimäärän suhteen perusteella määritetään työteho ja keskituntiansio. Seurantapohja on esitetty liitteessä 7.

9 Yhteenveto

Sähköurakan taloudellinen kannattavuus edellyttää, että työ- ja materiaalikustannukset pysyvät budjetissa. Materiaalikustannukset on arvioitavissa tasokuvien, kaavioiden ja luetteloiden perusteella, kustannusten kehitystä voidaan hallita tilaamalla tarvikkeet työmaalle oikeaan aikaan ja oikean kokoisissa erissä. Käyttökatteen kannalta on tärkeää, että tilatut asennustarvikkeet voidaan asentaa ja laskuttaa mahdollisimman pian toimituksen jälkeen. Tarviketoimitukset suunnitellaan etukäteen aikataulun perusteella, joten työvaiheiden toteutusajankohdat on tilausta tehtäessä oltava tiedossa. Työsuoritus ei saa keskeytyä puuttuvien asennustarvikkeiden vuoksi.

Työkustannukset lasketaan ja budjetoidaan asennettavan materiaalmäärän perusteella, mutta niiden hallinta ja ennustettavuus riippuu monesta tekijästä. Työkustannusten laskennan perusteena on, että työ tehdään sarjatuotantomaisesti ja etenee järjestelmällisesti. Sähkötöiden eteneminen riippuu kuitenkin suuresti hankkeen luonteesta, rakennusjärjestyksestä ja rakennusteknisten töiden etenemisestä. Työ ei ole tehokasta jos sitä joudutaan tekemään hajanaisesti, sillä suuri osa työajasta menee asennuspaikkojen välillä siirtymiseen. Ongelmia voi esiintyä missä urakan vaiheessa tahansa, siksi työkustannuksia ja aikataulua on seurattava jatkuvasti. Ongelmien aiheuttama kustannusvaikutus on mahdollista minimoida vain, jos ne havaitaan nopeasti.

Tässä insinööriyössä esitettyjä asennusaikojen arviointimenetelmiä on kehitetty noin kahden vuoden ajan. Aikataulun ja työkustannusten seurantaperiaate on ollut Amplit Oy:ssä sama jo vuosia, yhtenäistä linjaa työnimikkeiden valinnalle ja tuntimäärän jaolle ei kuitenkaan ole ollut ennen tätä työtä. Työkustannusten ylityksiä on ilmennyt varsinkin hankkeen loppuvaiheessa, joka on merkki siitä, että loppuvaiheen töiden asennusaikaa ei ole osattu arvioida oikein. Työvaiheiden tuntimäärä pitää aina arvioida tapauskohtaisesti, tässä työssä esitetyt laskentatavat helpottavat sarjatyönä asennettavan materiaalin asennustyöajan arviointia.

Lähteet

- 1 Amplit Oy, kotisivut. (WWW-dokumentti.) <www.amplit.fi>. Luettu 7.5.2009.
- 2 Tieto- ja tekniikka-alojen työnantajaliitto TIKLI ry ja Sähköalojen ammattiliitto ry. Talotekniikka-alan sähköasennustoimialan työehtosopimus 2007–2010, (1.11.2007–30.4.2010).
- 3 Rakennusbetoni ja elementti Oy. RT-kortti. RT G22-37619, kevytsorabetoninen seinäelementti ACO. Elokuu 2008.
- 4 Oy Rehau Ab, kotisivut. (WWW-dokumentti.) <www.rehau.fi>. Luettu 7.5.2009.
- 5 Ensto Electric Oy. Käyttöohje RAK 08, 21.2.2008.
- 6 Elpotek Oy, kotisivut. (WWW-dokumentti.) <www.elpotek.fi>. Luettu 7.5.2009.
- 7 Ensto Electric Oy. Pääkaavio ja kokoonpanokuva EHSV 345.15U/IT, D-muutos 02.01.2007.
- 8 Suomen sähkötukkuliikkeiden liitto, SSTL. Tuotekortti S3405002, 03/2007.
- 9 Suomen standardisoimisliitto SFS ry. SFS-käsikirja 600, Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus 2007.

Liite 1: Uudis- ja saneeraushankkeen sähköurakan työvaiheita

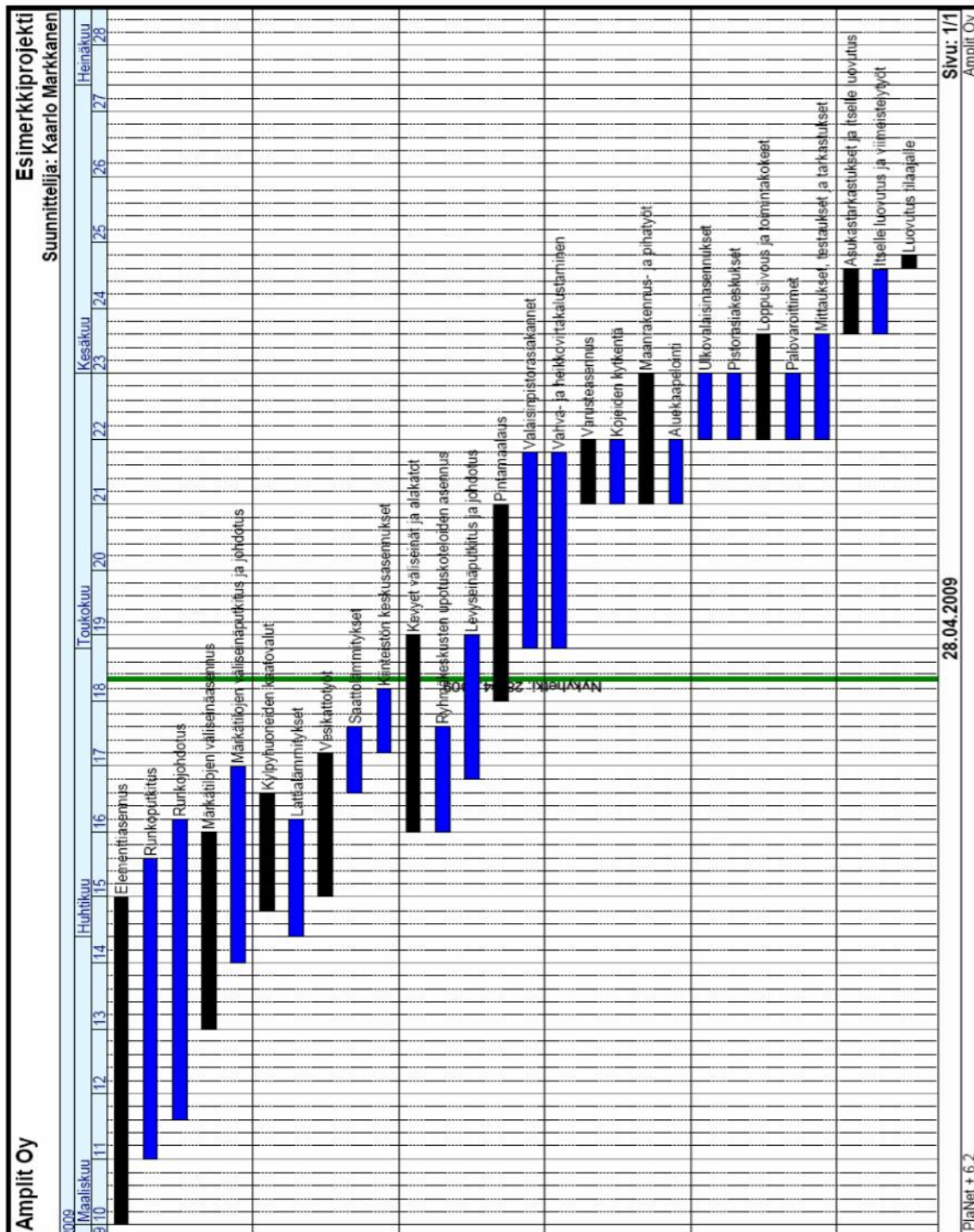
Uudishanke	Saneeraushanke
Aluekaapelointi	Aluekaapelointi
Antennikalustaminen	Antennikalustaminen
Antennirunkoverkon laitekytkennät	Antennirunkoverkon laitekytkennät
Asuntojen keskusasennus ja kytkentä	Asuntojen keskusasennus ja kytkentä
ATK-jakamon asennus ja kytkennät	ATK-jakamon asennus ja kytkennät
ATK-kalustaminen	ATK-kalustaminen
Itselle luovutus ja viimeistelytyöt	Itselle luovutus ja viimeistelytyöt
Johtokanavat	Johtokanavat
Kaapelihyllyt	Jännitteettömäksi teko ja väliaikaiset kytkennät
Kiinteistön keskusasennukset	Kaapelihyllyt
Kiinteistön keskuskytkennät	Kiinteistön keskusasennukset
Kojeiden kytkentä	Kiinteistön keskuskytkennät
Konehuoneen/huippuimurien kytkennät	Kojeiden kytkentä
Lattialämmitykset	Konehuoneen/huippuimurien kytkennät
Levyseinäputkitus ja johdotus	Lattialämmitykset
Maadoitukset ja potentiaalin tasaukset	Maadoitukset ja potentiaalin tasaukset
Mittaukset, testaukset ja tarkastukset	Mittaukset, testaukset ja tarkastukset
Märkätilojen väliseinäputkitus ja johdotus	Nousujohdot
Nousujohdot	Palosuojakanavat
Palovaroittimet	Palovaroittimet
Pistorasiakeskukset	Pintajohdotus
Runkojohdotus	Pistorasiakeskukset
Runkoputkitus	Purkutyöt
Ryhmäkeskusten upotuskoteloiden asennus	Reikien ja urien merkintä
Saattolämmitykset	Saattolämmitykset
Sähkötekniset järjestelmät	Sähkötekniset järjestelmät
Työmaan perustaminen	Työmaan perustaminen
Ulkovalaisinasennukset	Ulkovalaisinasennukset
Vahvavirtakalustaminen	Uudet johdotukset
Valaisinasennus	Uudet putkitukset
Valaisinpistorasiakannet	Vahvavirtakalustaminen
Valaisinripustusiskot	Valaisinasennus
	Valaisinpistorasiakannet
	Valaisinripustusiskot

Liite 2: Rakennusteknisistä töistä riippuvat sähkötyöt

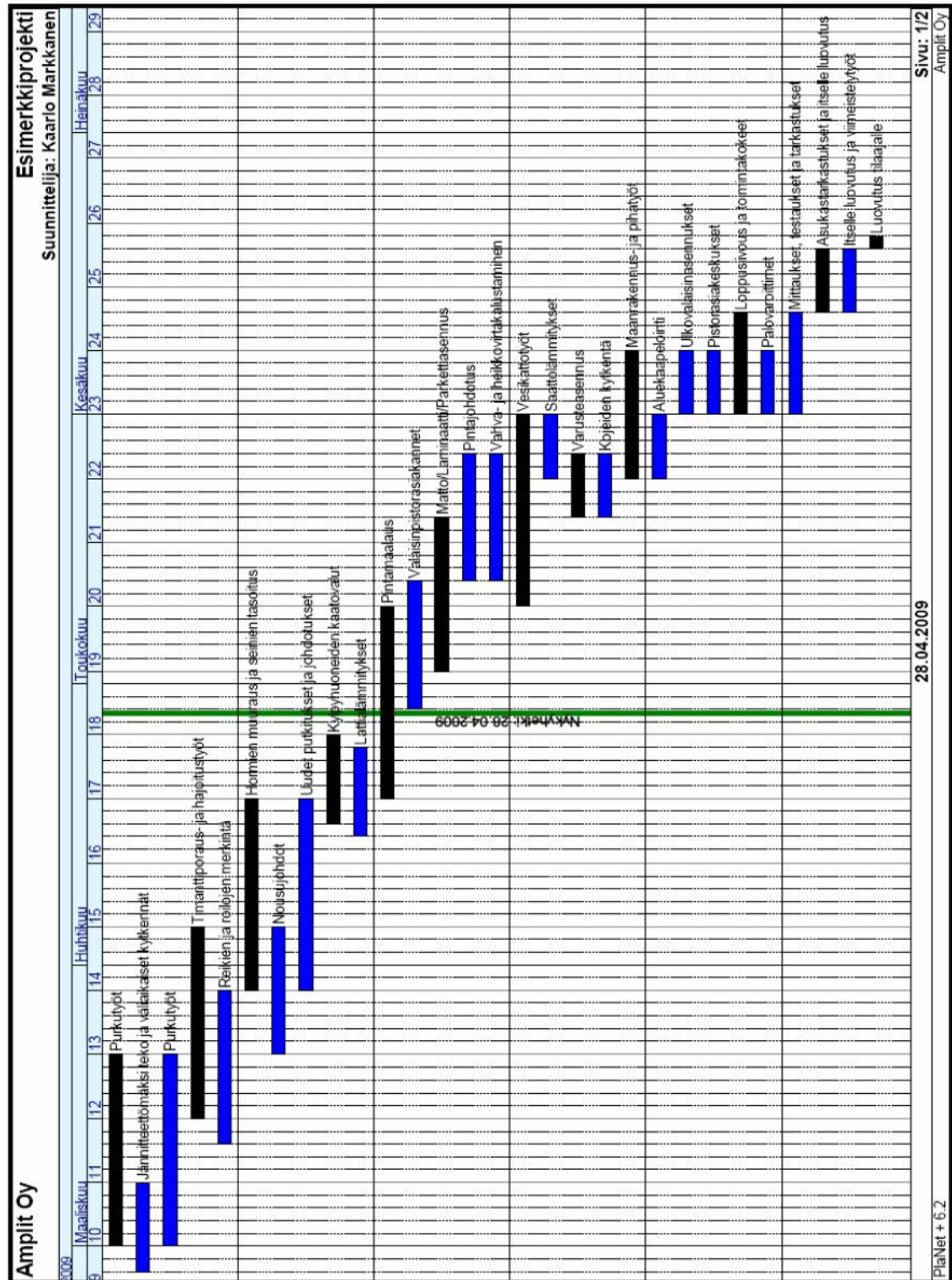
Uudishanke	Rakennustekniset työt	Sähkötekniset työt
	Elementtiasennus	Runkoputkitus Runkojohdotus
	Märkätilojen väliseinäasennus	Märkätilojen väliseinäputkitus ja johdotus
	Kylpyhuoneiden kaatovalut	Lattialämmitykset
	Vesikattotyöt	Saattolämmitykset Kiinteistön keskusasennukset
	Kevyet väliseinät ja alakatot	Ryhmäkeskusten upotuskoteloiden asennus Levyseinäputkitus ja johdotus
	Pintamaalaus	Valaisinpistorasiakannet Vahva- ja heikkovirtakalustaminen
	Varusteasennus	Kojeiden kytkentä
	Maanrakennus- ja pihatyöt	Aluekaapelointi Ulkovalaisinasennukset Pistorasiakeskukset
	Loppusiivous ja toimintakokeet	Palovaroittimet Mittaukset, testaukset ja tarkastukset
	Asukastarkastukset ja itselle luovutus	Itselle luovutus ja viimeistelytyöt

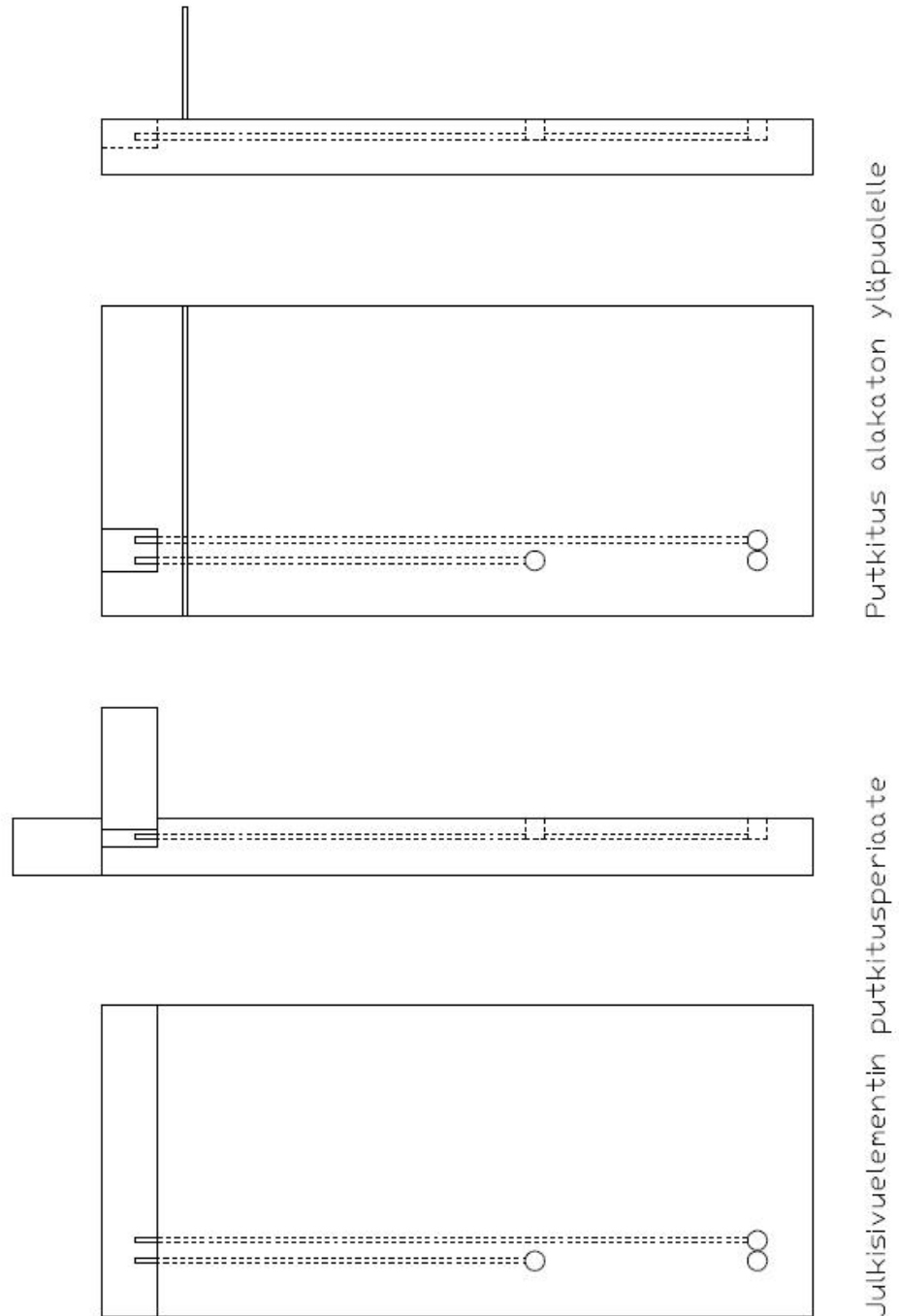
Saneeraus hanke	Rakennustekniset työt	Sähkötekniset työt
	Purkutyöt	Jännitteettömäksi teko Väliaikaiset kytkennät Purkutyöt
	Timanttiporaus- ja hajoitustyöt	Reikien ja urien merkintä
	Hormien muuraus ja seinien tasoitus	Nousujohdot Uudet putkitukset Uudet johdotukset
	Kylpyhuoneiden kaatovalut	Lattialämmitykset
	Pintamaalaus	Valaisinpistorasiakannet
	Matto/Laminaatti/Parkettiasennus	Pintajohdotus Vahva- ja heikkovirtakalustaminen
	Vesikattotyöt	Saattolämmitykset
	Varusteasennus	Kojeiden kytkentä
	Maanrakennus- ja pihatyöt	Aluekaapelointi Ulkovalaisinasennukset Pistorasiakeskukset
	Loppusiivous ja toimintakokeet	Palovaroittimet Mittaukset, testaukset ja tarkastukset
	Asukastarkastukset ja itselle luovutus	Itselle luovutus ja viimeistelytyöt

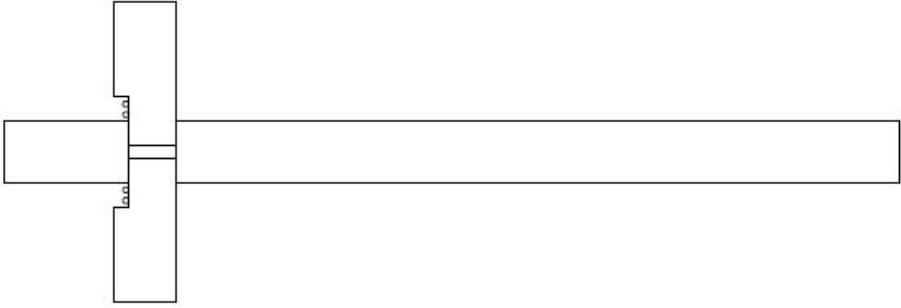
Liite 3: Töiden ajallinen riippuvuus uudishankkeessa



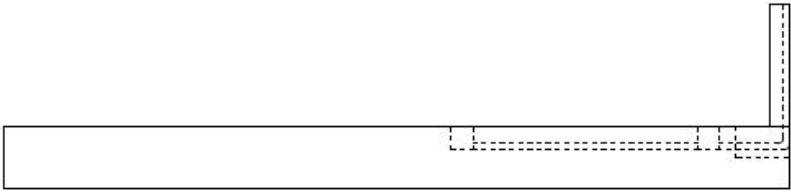
Liite 4: Töiden ajallinen riippuvuus saneeraushankkeessa



Liite 5: Elementtien putkitustavat



Putkitus ontelolaatan urassa



Putkitus lattialaivalun sisään



Liite 7: Aikataulun seurantataulukko

Esimerkkiprojekti							
Raportointipäivä	23.3.2009						
Toteutumat	Toteutunut	Suunniteltu	Erotus				
Työvoima	3	3	0	henkilöä			
Laskennallinen muutostarve työvoimassa	-1.5			henkilöä			
Toteutunut tuntimäärä raportointijakson aikana	471	300	171	tuntia			
Toteutunut tuntimäärä kumulatiivisesti	1 668	1 643	25	tuntia			
Valmiusaste	23 %	23 %	0 %	%-yksikköä			
Valmiusaste (perusurakka ilman lisä- ja muutostöitä)	23 %	23 %	0 %	%-yksikköä			
Teho raportointijaksolla	90 %						
Teho kumulatiivisesti	98 %						
Ennusteet	Ennuste	Sopimus	Erotus				
Tunteja jäljellä	5 364	5 362	2	tuntia			
Jäljellä olevat tunnit jos nykyinen tehotaso jatkuu	5 452	5 362	90	tuntia			
Kokonaistuntimäärä	7 120	7 005	115	tuntia			
KTA ennuste	15.74	16.00	-0.26	€ / tunti			
SISÄINEN LOMAKE							
Työvaiheet	Alkaa	Päättyy	Työtunnit	Toteutunut valmiusaste	Suunniteltu valmiusaste	Jaksolle suunnitellut tunnit	Tunteja jäljellä
A-talo							
Kellariarinat + kellarin asennukset	24.11.2008	15.4.2009	160	75 %	84 %	134	40
Kiinteistön keskusasennukset							
PK-A	5.1.2009	13.1.2009	50	100 %	100 %	50	0
KK-A	5.1.2009	13.1.2009	50	100 %	100 %	50	0
Kiinteistön keskuskytkennät							
PK-A	14.1.2009	19.1.2009	50	100 %	100 %	50	0
KK-A	14.1.2009	19.1.2009	50	100 %	100 %	50	0
C-porras							
Purkutytöt	8.9.2008	12.9.2008	12	100 %	100 %	12	0
Rolijoiden merkkaukset	15.9.2008	19.9.2008	12	100 %	100 %	12	0
Uudet putkitukset	3.11.2008	16.12.2008	90	100 %	100 %	90	0
Uudet johdot ja kaapelit	8.12.2008	30.1.2009	50	100 %	100 %	50	0
Nousujohdot	7.11.2008	27.11.2008	16	100 %	100 %	16	0
MK C	15.12.2008	19.12.2008	8	100 %	100 %	8	0
MK C kytkentä	5.1.2009	9.1.2009	8	100 %	100 %	8	0
Asuntojen keskusasennukset ja vv-kytkennät	15.12.2008	6.1.2009	16	100 %	100 %	16	0
Pintajohdotukset	23.10.2008	22.12.2008	40	100 %	100 %	40	0
vv-kalustaminen	12.1.2009	23.1.2009	20	100 %	100 %	20	0
Valaisinasennus	12.1.2009	23.1.2009	10	100 %	100 %	10	0
Liesien kytkennät	15.12.2008	19.12.2008	8	100 %	100 %	8	0
Huippumurien kytkennät	16.12.2008	22.12.2008	7	100 %	100 %	7	0
Antennijärjestelmä							
IT-keskusten antennikytkennät	19.1.2009	23.1.2009	16	100 %	100 %	16	0
Antennikalustus	19.1.2009	23.1.2009	16	100 %	100 %	16	0
Antennivahvistimen asennus ja kytkentä	26.1.2009	30.1.2009	8		100 %	8	8
ATK-järjestelmä							
IT-keskusten ATK-kytkennät	19.1.2009	23.1.2009	16	100 %	100 %	16	0
ATK-kalustus	19.1.2009	23.1.2009	16	100 %	100 %	16	0
Testaukset	28.1.2009	30.1.2009	8	100 %	100 %	8	0
Viimeistelyt	28.1.2009	30.1.2009	8	100 %	100 %	8	0