

Kimmo Käsänen

# Työvaiheen keston varianssi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

30.4.2020

Tekijä(t) Otsikko	Kimmo Käsänen Työvaiheen keston varianssi
Sivumäärä Aika	36 sivua + 29 liitettä 30.4.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaaja(t)	Päävalvoja Kimmo Sani
<p>Fira Oy kehittää alansa käytäntöjä, sillä alan tuottavuuden kehitys on 1970-luvun alusta asti ollut vaatimatonta. Keskimäärin noin 60% työajasta on hukkaa, joka on poistettavissa paremmilla hankemalleilla, suunnittelulla ja organisoinnilla. Prosessia kehitetään virtaavuusajattelun suuntaan, jossa koko työprosessin ketju optimoidaan, ei ainoastaan yksittäisen työvaiheen kestoa.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää syitä linjasaneerauksessa putkityön työvaiheen keston suureen varianssiin ja löytää keinoja varianssin pienentämiseksi sekä tutkia PERT-menetelmän (Program Evaluation and Review Technique) käyttöä työvaiheen aikatauluttamisessa. PERT-kaava ennustaa työvaiheen todellista kestoa sekä työvaiheen kes-toarvion keskihajontaa. Tähän liittyen laadittiin myös kriittinen polku.</p> <p>Työ toteutettiin putkiasentajia ja työnjohtajia haastattelemalla työkohteessa ja aineistoon sovellettiin PERT-menetelmää.</p> <p>Työn tuloksena löytyi syitä työvaiheen keston venymiseen ja ehdotuksia työn keston lyhentämiseen. Työn keston kolmen pisteen (nopein, todennäköisin, hitain) hajonnasta laskennan tuloksena syntyi keskiarvo, keskihajonta ja varianssi, esimerkki kriittisestä polusta ja esi-merkki PERT-menetelmällä lasketusta todennäköisestä tehtäväketjun kestosta.</p>	
Avainsanat	Aikataulu, PERT-menetelmä, Linjasaneeraus, varianssi

Author(s) Title	Kimmo Käsänen Variance in the Duration of the Work Phase
Number of Pages Date	36 pages + 29 appendices 13 January 2020
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Building construction
Instructor(s)	Kimmo Sani, Project Manager
<p>Fira Oy is developing practices in its field, as productivity growth in the industry has been modest since the early 1970s. On average, about 60% of working time is wasted, which can be eliminated with better project designs, planning and organization. The process is developed in the direction of flow thinking, where the entire work process chain is optimized, not just the duration of a single work step.</p> <p>The aim of this thesis was to find out the reasons for the large variation in the duration of the plumbing work phase in line renovation and to find ways to reduce the variance and to investigate the use of PERT (Program Evaluation and Review Technique) in scheduling the work. The PERT formula predicts the actual duration of the work phase and the standard deviation of the work life estimate. In this context, a critical path will also be developed.</p> <p>Thesis was carried out by interviewing pipe fitters and supervisors at the work site and by applying the PERT method to the collected material.</p> <p>As a result of the thesis, reasons were found for the extended duration of the work phase, and suggestions for reducing the duration of the work were made. The three-point (fastest, most likely, slowest) dispersion of the duration of the work resulted in mean, standard deviation, and variance, an example of a critical path, and an example of a probabilistic task chain duration calculated by PERT.</p>	
Keywords	schedule, PERT, the pipe rehabilitation, variance

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työvaiheiden aikataulutus ja suunnittelu	3
2.1	Aikataulun suunnittelu	3
2.2	Alustava yleisaikataulu	7
2.3	Rakentamisvaihe aikataulun laadinta	8
2.4	Ajankäytön suunnittelu	9
2.5	Tuotannon jakaminen tehtäviin	11
2.6	Tehtävien mitoitus	12
2.7	Suorite- ja panospohjainen laskenta	15
2.7.1	Suoritelaskenta	15
2.7.2	Talo 80 -nimikkeistöjärjestelmän mukainen luokittelu	16
2.7.3	Panospohjainen laskenta	19
2.8	Korjausrakentamisen erityispiirteet	20
3	PERT-menetelmä rakennusteollisuudessa	22
3.1	Työvaiheiden keston määrittäminen PERT-menetelmällä	22
3.2	Kriittinen ketju	24
4	Haastattelututkimus	26
4.1	Kysymykset ja haastattelut	26
4.2	Haastattelun tulokset	26
5	Varianssin syntymisen syyt ja keinoja varianssin pienentämiseksi	29
6	Johtopäätökset	32
7	Yhteenveto	34
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelukysymyksiä	
	Liite 2. Tutkittavat työvaiheet	

## Lyhenteet ja avainsanojen määritelmät

Kriittinen ketju	(Critical Chain) Pisin toisistaan riippuvien tehtävien muodostama ketju, kun sekä resurssi- että tehtäväriippuvuudet huomioidaan
Kriittinen polku	(Critical path) Pisin toisistaan riippuvien tehtävien muodostama polku
Linjasaneeraus	Rakennuksen vesi- ja viemäriputkien kunnostus tai uusiminen
PERT	Program Evaluation and Review Technique
Stokastinen laskenta	Satunnaislaskenta
Suorite	Suoritteilla tarkoitetaan tietyn rakennusosan tuottamiseen vaadittuja työkokonaisuuksia
Varianssi	satunnaismuuttujan arvojen keskimääräinen vaihtelu verrattuna odotusarvoon

## 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tilaajana on Fira Oy, jonka osatoimialana ovat putkiremontit taloyhtiöille. Yrityksen tavoitteena on luoda uusia toimintatapoja putkiremontteihin ja korjausrakentamiseen. Fira Oy kokeilee uusia tapoja rakentaa, koska rakennusalan tuottavuus ei ole kehittynyt juuri ollenkaan. Suurin piirtein jopa 60% työssäoloajasta on tuottamaton. Tuottavuutta voisi parantaa etukäteen suunnittelemalla paremmin, kehittelemällä hankemalleja ja organisoimalla paremmin. [5.] Prosessia kehitetään virtaavuusajattelun suuntaan, jossa optimoidaan koko työprosessin ketjua, ei vain yksittäisen työvaiheen kestoa. Tämä opinnäytetyö pyrkii auttamaan osaltaan tämän tavoitteen saavuttamisessa. Rakennusaikana useimmiten virtaustoimintaa vaikeuttaa jonkin urakoitsijan työvaiheen leviäminen ja siitä johtuva työkohteiden jumittuminen jonkin urakoitsijan hallintaan. Tästä esimerkkinä laatoitustyö joka virtausajattelulla pitäisi tehdä kylpyhuone kerrallaan valmiiksi, jotta seuraavana vuorossa olijat pääsevät suorittamaan työvaiheensa ja näin saataisiin valmiiksi asunto kerrallaan ja hukka-aika jäisi minimiin. Urakoitsijan halu taas vaikuttaa olevan tehdä pystylinjaa tai kerrosta omia työvaiheitaan kohteesta toiseen vaihdellen, jolloin takana tulijat joutuvat odottelemaan. Tällöin useampi kylpyhuone vapautuu samaan aikaan ja silloin muilla urakoitsijoilla pitäisi olla miehitystä useampaan kohteeseen, jotta menetetty aika saadaan kiinni. Tämä ei kuitenkaan useimmiten ole mahdollista, koska työmaamiehitys on yleensä niukkaa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää syitä linjasaneerauksessa putkiasennustyövaiheiden keston suureen varianssiin ja löytää keinoja varianssin pienentämiseksi. Varianssilla tarkoitetaan työvaiheen lyhimmän mahdollisen keston ja pisimmän mahdollisen keston (kun kaikki menee pieleen) välistä aikaa, sekä tehdä ehdotus, kuinka työvaihe voidaan aikatauluttaa tehokkaaksi, mutta realistiseksi. Opinnäytetyössä tutkitaan PERT-menetelmän käyttöä työvaiheen aikatauluttamisessa linjasaneeraustyömaalla. PERT-menetelmä perustuu kolmen pisteen arvioon, joita ovat minimi- ja maksimikesto sekä normaalikesto. Näistä pisteistä lasketaan PERT-kaavalla ennuste työvaiheen todellisesta kestosta sekä työvaiheen kestoarvion keskihajonta. Tässä työssä tutkitaan yksittäisiä työvaiheita eikä kiinnitetä huomiota työvaiheiden sidonnaisuuksiin toisiinsa, joka myös kuuluu olennaisena osana PERT-menetelmään. Tutkimusaineistoksi on valittu opinnäytetyön tilaajaa kiinnostavia linjasaneeraukseen liittyviä työvaiheita, tämän vuoksi opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan putkityöhön liittyviä työvaiheita, joita ovat: putkilinjojen asennus, viemäriinjojen asennus, edellä mainittujen huoneistohaarojen asennus

ja kylpyhuoneen pintaputkien/vesikalusteiden asennus. Viemäreiden huoneistohaaroitusten asennuksessa tutkittiin kahta eri linjausvaihtoehtoa (lattiaan upotus ja alakatossa veto), sekä materiaalien muovi vs. valurauta vaikutusta viemäreissä ja kupari vs. komposiitti vesiputkissa. Lattiakaivon vaihtoehtoista valuaajankohtaa mietitään myös.

Tutkimus tehdään haastattelemalla putkiasentajia ja putkityönjohtajia työkohteessa. Haastatteluja tehdään eri työkohteissa töiden ollessa käynnissä toistaen samat kysymykset kaikille. Eräs haastateltavista on jo eläkkeellä oleva pitkän uran vaativissakin kohteissa tehnyt putkimies. Kysymykset löytyvät liitteestä 1: Haastattelukysymyksiä.

Haastattelujen kautta selvitetään työvaiheiden minimi-, maksimi- ja normaalikesto. Tämän lisäksi haetaan syitä, mistä työvaiheen maksimi kesto yleensä johtuu. Näillä kysymysasetteluilla pyritään löytämään syitä suureen varianssiin ja laaditaan ehdotuksia varianssin lyhentämiseksi. Lopputuotoksena on ehdotus, kuinka työvaihe voidaan aikatauluttaa tehokkaaksi, mutta realistiseksi.

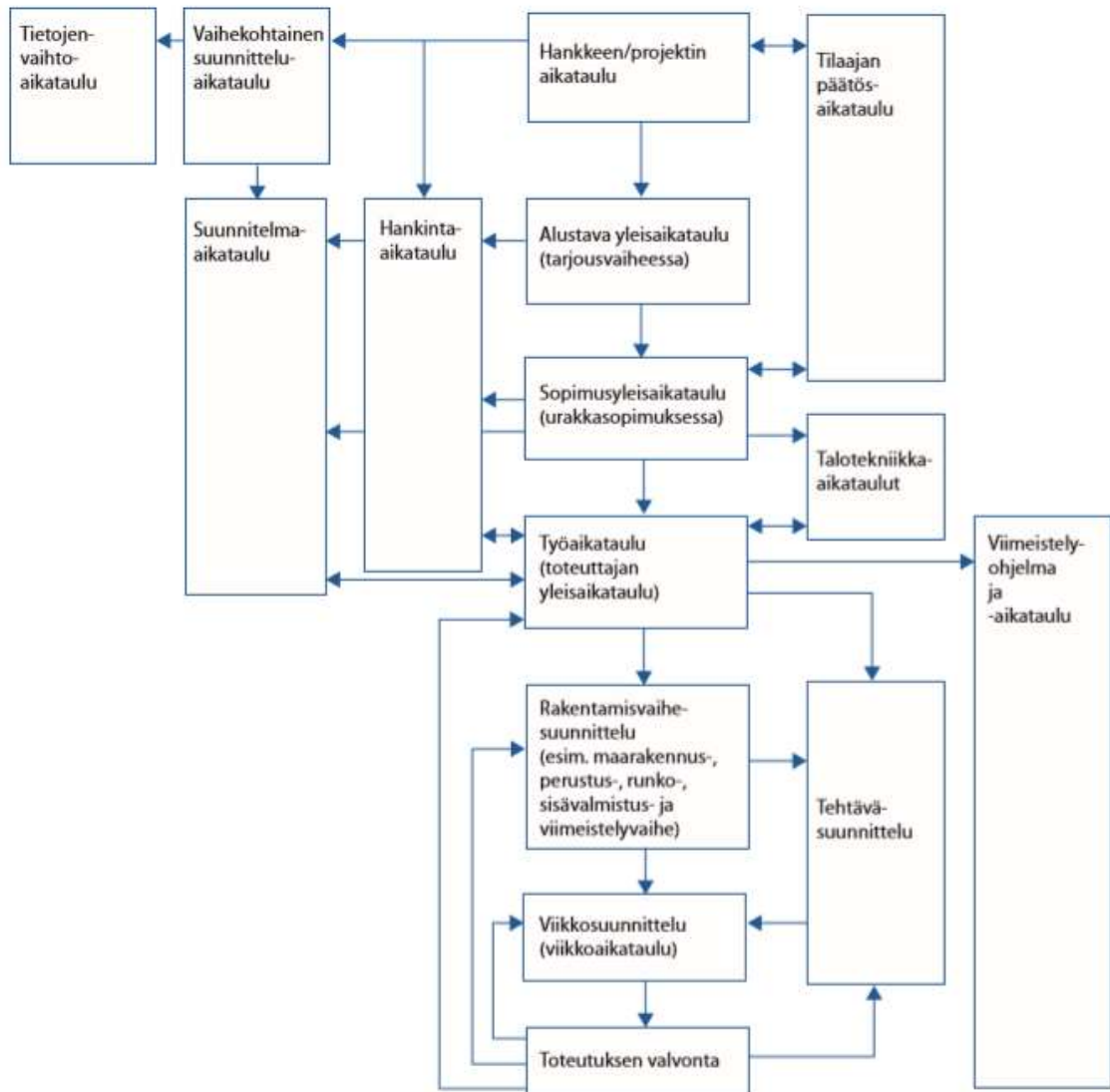
## 2 Työvaiheiden aikataulutus ja suunnittelu

### 2.1 Aikataulun suunnittelu

Tehtävien ajoittaminen ja aikataulu ovat hankkeen suunnittelussa yksi tärkeimmistä kysymyksistä. Tehtävien ajoittamisessa tai aikatauluttamisessa määritellään yksityiskohdaisesti tehtävien järjestys ja kesto sekä luodaan tältä pohjalta kokonaisaikataulu. Aikataulun laatimiseen käytetään sillä hetkellä olevia parhaita arvioita ja arviot voivat vielä muuttua ja tarkentua aikataulutavoitteen asettamisen jälkeen. Projekti koostuu osatehtävistä. Haasteeksi muodostuu osatehtävien koordinointi sekä niiden resurssointi. Pahimmillaan tämä johtaa siihen, että osatehtäviin lisätään 'varmuusmarginaali' ja sen myötä läpimenoajasta tulee tolkkottoman pitkä – mutta kaikki ovat varmistaneet oman selustansa. Kaksi yleistä tapaa aikataulua suunniteltaessa ovat yksityiskohdista kokonaisaikatauluun tai tavoiteaikataulusta yksityiskohtiin. näitä voidaan käyttää myös yhdessä. Hankkeen tehtävistä ja työkokonaisuuksista lähdettäessä liikkeelle ensin määritellään aika minkä tehtävät vaativat, ja näistä sitten yhdessä voidaan muodostaa erilaisilla tavoilla kokonaisaikataulu. Aikataulutavoite on tältä pohjalta helppo perustella. Hankkeen karkeasta kokonaisaikatavoitteesta lähdettäessä pystytään luomaan virstanpylväät (milestones joita PERT (Program Evaluation and Review Technique) käyttää), ja tavoiteaikataulut joiden perusteella luotavia työpaketteja sekä niiden aikatauluja on mahdollista sitten tarkentaa kokonaisaikatauluksi.

Hankkeen kokonaistavoitteet, tehtävämääritys ja työn ositus toimivat perustana aikataulun suunnittelulle. Mitä kireämpi aikataavoite hankkeella on, sitä huolellisempaa ja tarkempaa suunnittelua sekä aikatauluseurantaa tarvitaan, koska hankkeen edetessä sen keskeisempi vaikeampi vaikuttaa (myönteisesti). Suuri osa aikataulultaan venyneiden ja hyödyttään vajaiden hankkeiden epäonnistuminen johtuu juuri puutteellisesta suunnittelusta. Nopeaa toteutusta voi helposti luvata vaativalle ja kiireelliselle asiakkaalle, mutta perusteettomia lupauksia on todellisuudessa vaikea toteuttaa. [1.s.122.]





Kuva 1: Rakennushankkeen aikataulusuunnittelun eteneminen. Tieto liikkuu nuolien mukaisesti aikataulusuunnitelmasta toiseen. [9.s.4.]

Hankesuunnitteluvaiheessa tehdään kaikki hankkeen keskeiset ratkaisut, tällöin päättää rakennuttaja hankkeen ajalliset reunaehdot sekä tavoitteet ja laatii hankeaikataulun. Hankeaikataulussa jonka rakennuttajan laatii, kuvataan koko hankkeen läpivienti. Hankeaikataulussa esitetään sen hetkinen näkemys realistisesti rakennushankkeen kestosta ja vaiheiden ajoituksesta. [9.s.5.]

Rakennuttajan hankesuunnitteluvaiheessa laatima alustava rakentamisaikataulu kuvaa rakennushankkeen rakentamisvaiheen toteuttamisen kestoa sekä toimii suunnittelun tavoiteaikatauluna. Lähtökohtana loistavasti onnistuneelle rakennushankkeen läpiviemiselle voidaan pitää onnistunutta ja hyvin suunniteltua aikataulua. [9.s.5.]

Hankkeen kullekin vaiheelle laaditaan suunnittelu-aikataulut. Suunnittelu-aikataulusta nähdään suunnitelmien tuottamiselle varattu aika. Suunnittelu-aikataulun nimikkeiden valinnan kautta täytyy voida seurata suunnittelun etenemistä, havaita poikkeamat sekä pystyä ohjaamaan suunnittelua. Suunnittelu-aikataulu toteutus-suunnitteluvaiheessa laaditaan suunnitelmapaketeittain. [9.s.5.]

Suunnitelma-aikataulu laaditaan suunnittelun johtamisen avuksi. Suunnitelma-aikataulusta löytyvät päivämäärät, jolloin rakennus-, (arkkitehti-), rakenne- ja erityissuunnitelmien täytyy olla käytettävissä työmaalla. Ohjattavissa oleva ja oikein ajoitettu suunnitelma-aikataulu on suunnittelujohtamisen työkaluista yksi tärkeimmistä. Suunnittelu-aikataulu sekä töiden yleisaikataulu ovat suunnitelma-aikataulun pohjana. [9.s.5.]

Aikataulusuunnittelun keskeinen osa on työmaan rakennustöiden ajoittaminen yleisaikatauluun. Yleisaikataululla on kolme käyttötarkoitukseltaan, laadinnan ajankohdaltaan ja sisällön tarkkuustasoltaan eroavaa muotoa

- sopimusyleisaikataulu
- alustava yleisaikataulu
- työaikataulu. [9.s.5.]

Alustava yleisaikataulu on laadittava ennen rakentamispäätöstä ja urakkatarjouksen antamista. Alustavan yleisaikataulun tarkoituksena on varmistaa hankkeen ajallinen kireystaso ja tästä mahdollisesti muodostuva riski sekä kuinka työt sopivat rakennuttajan hankkeikataulussa osoittamaan rakennusaikaan. Alustava yleisaikataulu suunnitellaan yleensä vain karkealla tasolla, ja siitä nähdään tahdistavat päätyövaiheet. [9.s.6.]

Rakennushankkeen aloituksen viivästymisen estämiseksi osa hankinnoista on syytä tehdä välittömästi. Tästä syystä hankintoja täytyy alkaa aikatauluttamaan karkeasti jo aivan hankkeen alussa. Rakennustöiden yleisaikataulun valmistuttua hankintojen aikataulut on tarkennettava hankinta-aikatauluksi. Hankinta-aikataulu on suositeltavaa ryhmitellä suunnitelmapaketeittain. [9.s.6.]

Taloteknisistä eli TATE-töistä on syytä laatia omat aikataulunsa, mutta ne esitetään myös yleisaikataulussa. Talotekniikka-aikataulun nimikkeet suunnitellaan työmaakohtaisesti ja urakoitsijoiden toimintatapoihin perustuen. Aikataulun laadinta Yhteistyössä rakennus- ja TATE-urakoitsijoiden kesken on ensiarvoisen tärkeää. Tällä tavoin voidaan välttyä väärinkäsityksiltä. [9.s.6.]

Lähtötietojen karttuessa työaikataulua tarkennetaan rakentamisvaihe aikatauluilla. Kun rakentamisvaihe aikataulusta laaditaan työaikataulu, niin tällöin tätä kutsutaan käänne-tyksi rakentamisvaihe aikatauluksi. Työaikataulun tavoitteiden saavuttaminen on tarkoitus varmistaa rakentamisvaihe aikataululla. [9.s.6.]

Viikkoaikataululla on tarkoitus varmistaa työn, resurssien tehokas käyttö, niiden riittävyys sekä tavoitteiden toteutuminen lyhyellä aikajänteellä. Viikkoaikataulu laaditaan muutamman viikon aikajänteelle ja siihen sisältyvien viikkojen tehtäville on mietitty tarkempi aikataulu. Tarkemman seurannan alla on kuitenkin aina kuluva viikko. Viikkoaikataululla ohjataan myös sivu- ja aliurakoitsijoiden toimintaa. [9.s.6.]

Työmaan sovittuna ajankohtana valmistuminen varmistetaan viimeistelyvaiheen suunnittelun avulla. Viimeistelyvaiheen onnistuneella toteutuksella taataan palkitseva vastaanotto. Rakennuksen mahdollinen vaiheittainen käyttöön otetaan huomioon hyvissä ajoin, esimerkiksi suunnitteluvaiheessa, jolloin luovutuksen mukainen aluejako laaditaan. [9.s.6.]

Ajallisen suunnittelun menettelytapoja, joita voi hyödyntää suunnitteluprosessin eri vaiheissa

- hankkeen kesto ja ajoitus, jossa hankkeelle määritetään rakennusaika, aikataulun kireys tarkastetaan ja mahdolliset työkatkot huomioidaan sekä varaudutaan häiriöihin.
- kohteen osittelussa kohde pilkotaan fyysisiin osakohteisiin ja lohkoihin sekä lohkojen toteuttamisjärjestys valitaan.
- tuotannon jakaminen tehtäviin, jolloin kohteessa tehtävät työt pilkotaan sopiviin- ja toteutus- ja hankintakokonaisuuksiin.
- tehtävien mitoituksessa tarkastellaan ja määritetään tehtävien toteutusaikoja.
- työjärjestyksen määrittämisessä määritetään ja tarkastetaan missä järjestyksessä tehtävät tehdään.
- tehtävien tahdistus ja rytmitys, jossa tarkistetaan tehtävien katkeamaton jatkuminen työkohteesta toiseen ja että työn suorituspaikassa ei ole useampaa samanaikaisesti eri työvaihetta suorittavaa yksilöä.
- aikataulun laadinnassa mietitään aikataulun toteutuskelpoisuus sekä mitä paikka-aikakaavion ja jana-aikataulun pitäisi pitää sisällään.
- korjausrakentamisen erityispiirteissä tarkastellaan erityyppisten kohteiden tuotannosuunnittelua ja -ohjausta.

- aikataulun valvonnassa mietitään ennakkoon tuotannon häiriötilanteita, kuinka ne vaikuttavat aikatauluun ja miten niitä pystytään ennakoimaan ja estämään niiden toteutuminen. [6.s.62]

## 2.2 Alustava yleisaikataulu

Yleisaikataululla on tavoitteena kuvata koko hankkeen suunniteltu työnkulku. Pää toteuttaja laatii mallin yleisaikataulusta, jolla työmaa toteutetaan ja ohjataan ajoitusta. Yleisaikataulussa mitoitetaan pääresurssit, joten yleisaikataulua voidaan pitää resurssisuunnitelmien, kuten työvoima-, hankinta- ja kalustosuunnitelmien lähtötietona, sekä suunnitelmille tarkemmalla tasolla, kuten rakentamisvaihe aikataulle ja tehtäväsuunnittelulle sekä viikkoaikatauluille. [7.s.30.]

Yleisaikataululla on kolme sisällön tarkkuustasoltaan, laadinnan ajankohdaltaan ja käytötarkoitukseltaan eroavaa muotoa: sopimusyleisaikataulu, alustava yleisaikataulu ja työaikataulu. Tyypillisesti työaikataulua kutsutaan työmaalla yleisaikatauluksi. [7.s.30.]

Hankkeen työnaikaisen valvonnan peruste ja työmaan keskeisin eri osapuolten välinen informaatioväline on työaikataulu. Aiemmin esitettyjen asioiden lisäksi yleisaikataulun perusteella mm. arvioidaan ja suunnitellaan myös työnaikaista suunnitelma-aikataulua. Hankkeen onnistunut toteutus edellyttää, että hankinta-aikataulun, suunnitelma-aikataulun ja työmaan työaikataulun on toimiva keskenään. [7.s.30.]

Alustavan yleisaikataulun hankkeelle laatii pää toteuttaja ennen rakentamispäätöstä tai urakkatarjouksen antamista. Alustavalla yleisaikataululla tarkistetaan, hankkeen ajallinen kireystaso miten työt sopivat rakennuttajan hanke aikataulussa antamaan rakennusaikaan. Alustavassa yleisaikataulussa kuvataan työn kulkua ohjaavat päätyövaiheet yleensä vain karkealla tasolla. [6.s.43.]

Alustavaa yleisaikataulua voidaan hyödyntää töiden ajoituksen mallina tarjouslaskennassa sekä esimerkiksi laskentaperusteena aikasidonnaisille kustannuksille. Alustavan tuotannosuunnittelun tärkein tavoite on eri toteutusvaihtoehtojen tutkiminen ja vertailu. Tavoitteena hankkeen yleisaikataulun laadinnassa on hallittu ajan jakaminen suunnittelun, toteutuksen ja hankintojen kesken. [6.s.43.]

Alustavan yleisaikataulun avulla arvioidaan

- aikataulun kireys
- töiden ajoittuminen eri vuodenaikoihin (talvilisätyöt)
- vaadittavien välitavoitteiden saavuttaminen
- aikaan sidotut työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset
- tärkeimpien materiaali- ja alihankintojen toimitusajat
- tarvittava henkilöstö ja kalustoresurssit. [6.s.43.]

Alustavasta yleisaikataulusta tulee urakkaneuvotteluissa usein sopimuksen osa toteuttajan ja rakennuttajan välille. [6.s.43.]

### 2.3 Rakentamisvaiheaikataulun laadinta

Rakentamisaikataulut laaditaan työaikataulun tai työmaan yleisaikataulun perusteella. Aikataulusta on selvittävä mitoitettuna, tahdistettuna ja riippuvuuksiltaan rakennusteknisten töiden kanssa yhteen sovitettuna myös tärkeimmät sivu- ja aliurakoitsijoiden tehtävät. Sivu- ja aliurakoitsijoiden työt sitoutetaan aikataulutavoitteisiin siten, että aikataulut suunnitellaan yhdessä kyseisten urakoitsijoiden kanssa. Rakentamisvaiheaikataululla varmistetaan, että jokaiselle työvaiheelle on suunniteltu vapaata työnsuoritustilaa eli niin sanottua mestaa. [6.s.56.]

Yleisimpiä Rakentamisvaiheaikatauluja ovat

- perustus- ja maarakennusvaiheen aikataulut
- runko- ja vesikattovaiheen aikataulut
- sisävalmistusvaiheen aikataulut
- viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulu.

Tehollisten työmenekkien, vaihtoehtolaskelmien ja tehtävien limitysten avulla mitoitetaan tärkeimpien työvaiheiden resurssit rakentamisvaiheaikatauluissa. Ajoitus suunnitellaan tarkistettujen työsaavutus- ja työmenekkitietojen, suoritemäärätietojen sekä tarvittaessa yksityiskohtaisten tuotantosuunnitelmien, kuten muottisuunnitelmien, perusteella. Työjärjestys suunnitellaan yleisaikataulun mukaisesti siten, että jaetaan nimikkeet työkokonaisuuksittain tai työlajeittain. [6.s.56.]

Rakentamisvaihe aikataulun laadintavastuu on yleensä työmaalla. Rakentamisvaihe aikataulujen perusteella tarkennetaan tehtäviä viikkoaikatauluissa ja urakoitsijapalaverissa. [6.s.56.]

Rakentamisvaihe aikataulu esitetään yleisimmin paikka-aikakaavion tai jana-aikataulun muodossa.

Rakentamisvaihe aikataulussa esitetään

- nimikkeistötunnus tai juokseva numero tehtävälle
- aikataulutehtävä, sen suoritemäärä ja yksikkö
- työsaavutus tai työmenekki
- tehtävään valittu työryhmä
- ajoitus ja riippuvuudet
- tehtävän kesto. [6.s.56.]

Rakentamisvaihe aikataulun laadinnassa on yleistynyt yhteisen vaihesuunnittelun periaate. Tällöin laadintatekniikka perustuu urakoitsijoiden yhteiseen tilaisuuteen, jossa laaditaan yhdessä yhteinen aikataulu. Aikataulu laaditaan yhdessä tietyn vaiheen tavoitteeseen pääsemiseksi. Usein suunnittelussa käytetään käännettä vaihe aikataulua, jolloin suunnittelu lähtee toiseen suuntaan eli yleisaikataulu laaditaan tehdyn vaihe aikataulun perusteella. Periaatekysymyksenä on: mitä pitää olla tehtynä, että tavoitteeseen päästään. [6.s.56.]

## 2.4 Ajankäytön suunnittelu

Työvaihe aika T4 sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös työskentelyn keskeytykset. Alustavan yleisaikataulun laadintaan ja kustannusten arvioimiseen käytetään kokonaisaikaa. Ratu-työmenekkeistä saadaan kokonaisaika kertomalla työvuoroajat työvaiheen TL3-lisäaikakertoimella. Tilaajan ja toteuttajan sopima kesto vastaa kokonaisaikaa.

Työvaiheen lisäajalla TL3 tarkoitetaan työn keskeytyksiä, joiden kesto on yli tunnin. Työvaiheen lisäaikakertoimella eli TL3-kertoimella muutetaan työvuoroaika työvaiheajaksi, kertoimet esitetään RATU-kortissa työmenekkien yhteydessä.

Tehollinen aika T3 on tavoitteellinen työmenekki, johon sisältyy alle tunnin mittaisia keskeytyksiä ja häiriöitä. Viikkoaikataulujen, rakentamisvaihe aikataulujen ja

tehtäväsuunnitelmien tehtävien kestojen laskemisessa käytetään tehollista aikaa. [6.s.62.] Kuva 2 havainnollistaa työaikakäsitteitä.

Perusaika T1	Menetelmän lisäaika TL1	Työnvuoron lisäaika TL2 - alle 1,0 tunnin keskeytykset - työehtosopi- muksen mu- kaiset ehdot	Työvaiheen lisäaika TL3 - yli 1,0 tunnin keskeytykset - odotustyö	Pienet erilliset työvaiheet T3p
Menetelmäaika T2				
Tehollinen aika (työvuoroaika) T3				
Kokonaisaika (työnvaiheaika) T4				

Kuva 2: Aikataulukäsitteitä Ratu [6.s.63.]

Työsaavutuksen ja työmenekin arvioinnissa huomioon otettavia erilaisia vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi.

- suoritemäärän vaikutus harjaantumiseen
- työryhmän ammattitaito, koko ja kokemus
- rakennustekniikka ja rakenneratkaisut
- kohteen vaativuus ja koko
- rakennustekniikka ja rakenneratkaisut
- koneiden ja kaluston kapasiteetti ja kunto
- palkkaustapa
- ulkoiset olosuhteet
- palkkaustapa
- työsuunnittelun onnistuneisuus
- työpaikka- ja työmaa järjestelyt. [7.s.22.]

## 2.5 Tuotannon jakaminen tehtäviin

Aikataulussa tehtävät ovat töitä tai toimintoja, joita varten täytyy varata aikaa ja resursseja. Tehtävien valinnassa yhteistoiminta on tärkeää ottaa huomioon kaikkien työmaan osapuolten välillä. Tehtävät ovat aliurakoitsijoiden ja pääurakoitsijan omien työntekijöiden tekemiä työvaiheita, työlajeja tai niiden yhdistelmiä. Tehtävät kannattaa suunnitella myös siten, että niistä saa järkeviä ajallisesti ja taloudellisesti hallittavia kokonaisuuksia. Tehtävän suoritukseen kuuluu varsinaisen edistävän työn lisäksi usein myös tehtävää täydentäviä suorituksia: aloittavia, lopettavia ja ylläpitäviä suorituksia, kuten esimerkiksi materiaalien ja kaluston siirrot, suojaus ja siivous. Tehtävistä muodostetaan tehtäväluettelo, josta on selvittävä tehtävän suoritemäärä, nimi ja sen yksikkö. [6.s.76.] Taulukossa 1 on esimerkki tehtäväluettelosta.

Taulukko 1: Tehtäväluettelo täydennettynä aikamenekillä ja kestoilla Ratu [6.s.80.]

Tehtäväluettelo Tehtävä	Määrä yht.	A			Tunnit yht.	Työryhmä	Kesto perustyömaalla			
		A	B	C			Kesto [h] yht	A	B	C
Tehtävä 1	830 m <sup>2</sup>	240	290	300	700	2+1	233	67	80	86
Tehtävä 2	400 kpl	110	160	130	740	2+2	185	51	74	60
Tehtävä 3	6330 m <sup>2</sup>	2 000	1 870	2 460	2 530	3+2	207	160	149	198
Tehtävä 4	980 m <sup>2</sup>	320	290	370	570	1+1	285	93	84	108

© Talonrakennusteollisuus RT ry ja Rakennustietosäätiö RTS

Tuotannon tehtäväluettelo eritellään aluksi yksityiskohtaisesti. Tätä lähdetään karkeuttamaan ammattiryhmäkohtaisiksi työkokonaisuuksiksi, jossa otetaan huomioon tehtävien tekemiseen liittyvät ammattitaitovaatimukset sekä aliurakoitsijoiden ja sillä hetkellä käytävissä olevan oman työvoiman ammattitaito. Tehtäväluetteloon kootaan taloudellisesti ja ajallisesti merkittävät omat sekä aliurakoitsijoiden tehtävät. Lopullisen tehtäväluettelon kattavuus on n. 80% kokonaistyömenekistä. [6.s.76.]

Jokaista työvaihetta on tehtävänä tietty määrä tiettyä yksikköä. Mikäli työvaiheiden määrät ovat suuria, tehdään kukin työvaihe omana tehtävänä ja omilla resursseillaan. Mikäli suoritemäärät ovat pieniä, voidaan suoritteet tehdä samoilla resursseilla eli työvaiheiden tekemiseen voidaan käyttää samaa työryhmää. Tällöin tehtävistä muodostetaan ns. suurtehtävä. Esimerkiksi perustusten muottityö, rauditus ja betonointi tyypillisesti muodostavat aikataulussa yhden suurtehtävän nimeltään perustukset. [6.s.76.]



Tehtäväluettelo on täydennettävä tehtävien tarvitsemalla työpanoksella tai valitun työmenetelmän mukaisella työmenekillä. Jokaista työtehtävää varten lasketaan työn kesto ja laaditaan työryhmä. Ratu-tiedostoista saadaan perustyöryhmä- ja menekkitietoja. Kestoa laskettaessa tahdistava työvaihe määrittää työsaavutuksen ja työmenekin. Työryhmää muutellaan tavanomaisten kohteiden suunnittelussa työmaan johdon työvoiman käyttöä koskevien ajatusten mukaiseksi. [6.s.78.]

## 2.6 Tehtävien mitoitus

Aikataulun laadintaa varten määritetään, mitenkä kauan jokainen tehtävä kestää. Tämän tärkeys korostuu erityisesti yleis- ja rakentamisvaihetasolla, kun ei vielä tiedetä todellisia töiden toteuttajia. Mitä lähemmäksi todellista työn tekemistä mennään, sitä enemmän ajallinen suunnittelu muuttuu edellytysten luomiseksi, eli työnsuunnitteluksi ja -valmisteluksi sekä tekemisestä annettujen lupausien pitämiseksi. [6.s.78.]

Tehtävien kestoa laskettaessa voidaan käyttää hyödyksi tahdistavan työryhmän työmenekkitietoja, tahdistavia työsaavutustietoja ja tehtävän suoritemääriä. Ratu-tiedostoista löytyvät tehtävien perustyöryhmät. Esimerkkinä tästä Ratu-kortin etusivu kuvassa 3 josta löytyvät laatoitus laskuesimerkin lähtötiedot. Tiedoston työryhmää muutetaan tavanomaisten kohteiden suunnittelussa työmaan johdon työvoiman käyttöä koskevien ajatusten mukaiseksi. [6.s.78.]

Mikäli tehtävälle on määritelty suunniteltu kesto ja työmenekki sekä kohteen laajuustiedot ovat käytettävissä, voidaan työryhmän koko määrittää myös laskennallisesti. Tavanomaisissa kohteissa pyrkimyksenä on, että sama työryhmä jatkaa töitä tehtävästä toiseen läpi hankkeen. [6.s.78.]

Tehtävien työmenekkien määrittelyssä voidaan käyttää omaa kokemustietoa, yleisiä kaikkien käytössä olevia työmenekkejä tai yrityksen keräämää tietoa. Sivu- ja aliurakoitsijoiden työmenekit ja työryhmät saadaan urakoitsijoilta itseltään tai esimerkiksi Ratu-tiedostoista. Työmenekkiä selvitetäessä on otettava huomioon rakennusosan, kohteen, olosuhteiden ja menetelmien vaikutus tehtäväkokonaisuuksiin. Työmenekkiä voidaan korjata tarvittaessa kohdekohtaisia eroja kuvaavalla tekijällä. [6.s.78.]

Esimerkki.

Työmenekin laskenta Yksi rakennusammattimies tekee 20 m<sup>2</sup> laatoituksen kahdeksan tunnin työpäivän aikana.

Työmenekki on tällöin  $8 \text{ tth}/20 \text{ m}^2 = 0,4 \text{ tth/m}^2$

Työryhmälle voidaan laskea myös työsaavutus eli tuotantonopeus.

Työsaavutus voidaan laskea työryhmän koon ja työmenekin kautta.

Esimerkki.

Työsaavutuksen laskenta Yksi rakennusammattimies tekee 20 m<sup>2</sup> laatoituksen kahdeksan tunnin työpäivän aikana.

Yhden henkilön työsaavutus on tällöin  $20\text{m}^2/8\text{h} = 2,5 \text{ m}^2/\text{h}$

Kaksi rakennusammattimiestä saa silloin tehtyä yhdessä tunnissa 5 m<sup>2</sup> laatoitusta: 2 RAM tekee tunnissa töitä kaksi työtuntia eli 2 h • työsaavutus 2,5 m<sup>2</sup>/h = 5 m<sup>2</sup>

Kun tehtävään valittu työryhmä, työmenekki ja määrät ovat tiedossa, määritetään tehtävälle kokonaistyömenekki eli työhön menevät tunnit yhteen laskettuna. Tämän jälkeen lasketaan tehtävien kesto jakamalla kokonaistyötuntimäärä työntekijöiden lukumäärällä ja käytettävissä olevalla työvuoron pituudella. Tehtävien kesto voidaan laskennallisesti määrittää myös työsaavutuksen eli tuotantonopeuden avulla. [6.s.78.]

## LAATOITUS

Tämä ohje käsittelee kassei-, klinkkeri-, mosaikki-, tiili- ja mosaikkibetonilaattojen tai vastaavien asennuksen seiniin ja lattioihin sekä laattajalkeiltojen asennuksen. Korti sisältää myös alustan taseuksen, työkunnan tekemän mittauksen, laattojen kiinnityksen ja saumauksen sekä avustavat työt kuten laattojen leikkauksen, kiinnitys- ja saumauslaastien valmistuksen, valmiin laatoituksen puhoustuksen ja suojuuksen sekä jätteiden kokoamisen.



### SISÄLLYSLUETTELO

Työkokonaisuus.....	1
Tarvittavat asiakirjat ja suunnitelmat.....	2
Tehtäväkohtaiset asiakirjat ja suunnitelmat.....	3
Työmenekit.....	4
Materiaalimenekit.....	5
Työmenetelmä.....	6
Materiaalit.....	15
Työvälineet, koneet ja kalusto.....	16
Alusta.....	17
Työturvallisuus.....	18
Laadunvarmistus.....	20
Käyttöesimerkki.....	22
Kirjallisuus.....	24

### TYÖKOKONAISUUUS

#### Alkutila

Lattiat ja seinät ovat valmiit. Pintabetonointi ja tarvittavat kallistukset on tehty. Märkätiloissa on tehty vedeneristys. Laatoitustyön alusta on tarkastettu ja hyväksytty. Työn vaatimat materiaalit, tarvikkeet, koneet ja kalusto ovat työmaalla käytettävissä.

#### Lopputila

Laatoitustyö on tehty työselostuksen mukaisesti. Laatoitustyö on tarkastettu ja hyväksytty.

#### Liittyvät työt

Tasotetyö, talotekniset asennukset, vedeneristys, kalusteasennus

#### Ei sisällä

Tämä kortti ei sisällä uima-altaiden laatoitusta tai vedeneristystä (ks. Ratu-ohjekortti 0433 Sisäpuolinen vedeneristys. Menekit ja menetelmät), eikä luonnonkivilattioiden ja -seinien laatoittamista (ks. Ratu-ohjekortti 43-0292 Kivityö. Menekit ja menetelmät).

#### Työryhmä

Laatoituksen kokonaisryhmä on yksi työntekijä.

### LAATOITUKSEN VAIHEET

<b>Ylläpitävät työt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- työturvallisuustoimet</li> <li>- materiaalien työnaikaiset siirrot</li> <li>- suojuukset</li> <li>- työnaikainen siivous</li> </ul>	<b>Aloittavat työt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- siotuspölyveri ja työkohteen valmistelu</li> <li>- materiaalien vastaanottotarkastukset ja siirrot</li> <li>- koneiden ja kaluston valmistelu</li> </ul>
<b>Laatoitus</b>	
<b>Seinien vedeneristys</b>	
<b>Seinien laatoitus</b>	
<b>Lattien vedeneristys</b>	
<b>Lattialaatoitus</b>	
<b>Saumaus</b>	
<b>Lopettavat työt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- siivous ja jätteiden lojittelu</li> <li>- jälkihoito</li> <li>- valmiin työn suojuus</li> <li>- työkohteen luovutus</li> </ul>	

#### Karkeutettu työmenekki <sup>1)</sup>

	T3	T4
Lattioiden laatoitus (100 x 100 mm), märkätilat	1,06 tth/m <sup>2</sup>	1,22 tth/m <sup>2</sup>
Lattioiden laatoitus (verkossa olevat laatat), märkätilat	0,73 tth/m <sup>2</sup>	0,84 tth/m <sup>2</sup>
Lattioiden laatoitus (laatan yksi sivu yli 250 mm), kuivat tilat	0,37 tth/m <sup>2</sup>	0,43 tth/m <sup>2</sup>
Seinien laatoitus (200 x 200 mm), märkätilat	0,50 tth/m <sup>2</sup>	0,58 tth/m <sup>2</sup>

#### Karkeutettu työsaavutus <sup>1)</sup>

	T3	T4
Lattioiden laatoitus (100 x 100 mm), märkätilat	8 m <sup>2</sup> /tv	7 m <sup>2</sup> /tv
Lattioiden laatoitus (verkossa olevat laatat), märkätilat	11 m <sup>2</sup> /tv	10 m <sup>2</sup> /tv
Lattioiden laatoitus (laatan yksi sivu yli 250 mm), kuivat tilat	22 m <sup>2</sup> /tv	19 m <sup>2</sup> /tv
Seinien laatoitus (200 x 200 mm), märkätilat	16 m <sup>2</sup> /tv	14 m <sup>2</sup> /tv

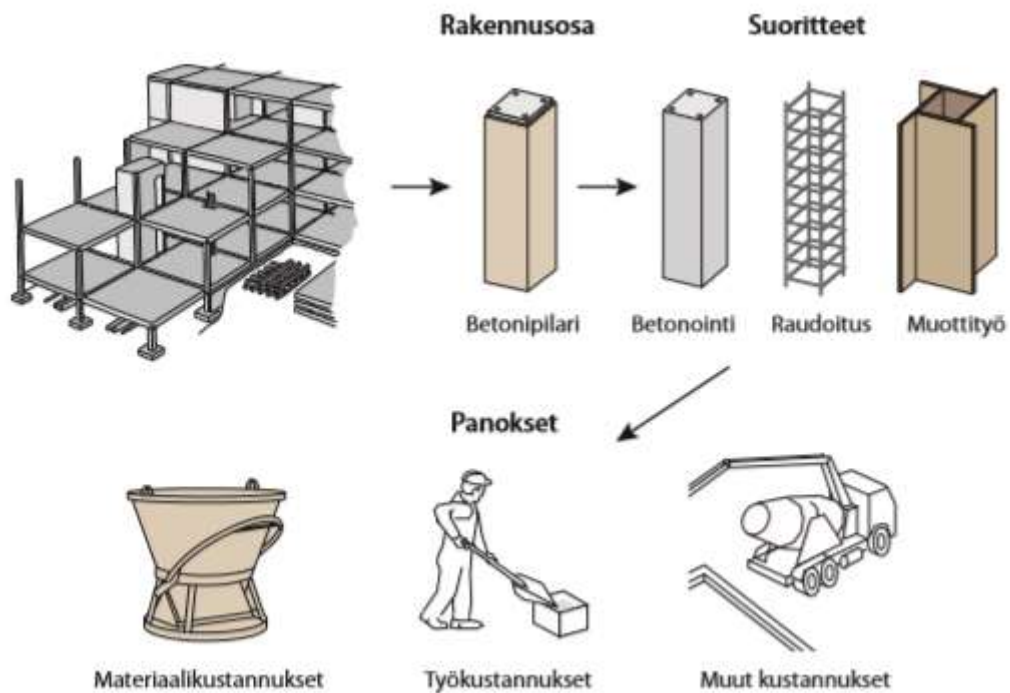
<sup>1)</sup> Työryhmänä on 1 työntekijä. Karkeutetut työmenekit ja työsaavutukset sisältävät siirrot, ylläpitävät työt, laatoituksen, saumauksen sekä lopettavat työt. TL3- lisäaikakertoimena on käytetty 1,15.

Kuva 3: Ratu 0484 laatoitus -ohjekortin etusivu.

## 2.7 Suorite- ja panospohjainen laskenta

### 2.7.1 Suoritelaskenta

Suoritemäärät saadaan kohteen suunnitelmien ja määräluetteloiden pohjalta nämä toimivat perusteena Suoritelaskennalle. Suoritelaskennan tavoitteena on hinnoitella kohteen määrät panosten ja tiedossa olevien hintojen avulla. Kuvassa 4 nähdään betonipilarin tuottamiseen vaadittavia panoksia ja suoritteita. [8.s.45.]



Kuva 4: Teräsbetonipilarin suoritteet (betonointi, rauditus ja muottityö) ja panokset (työ-, materiaali- ja muut kustannukset). [8.]

Suoritelaskentaa käytetään, kun suunnitelmat ovat vähintään pääpiirustustasoisia ja sisältävät täydellisen rakennusselostuksen liitteineen sekä perusrakenteiden suunnitelmat. Urakkakohteiden kustannuslaskelmat, vaihtoehtolaskelmat ja muutostyölaskelmat esitetään usein suoritelaskelmana. Myös suunnitteluvaiheessa kustannuspuitteen tarkistuksessa voidaan käyttää suoritelaskentaa. Ilman tiedossa olevaa työmenetelmää ei voida rakennusosan kustannusten laskentaa suorittaa. Materiaali- ja työkustannuksista koostetaan panosrakenteet. Panoslajien kustannusten laskemiseksi täytyy tietää panoksen materiaalien ja työn osalta menekkitieto, yksikköhinta sekä hukka. Nämä kolme arvoa keskenään kerrottuna, saadaan hinta panokselle suoriteyksikköä kohden. Rakennusosan muodostavien eri suoritteiden hintatiedot yhdistämällä, saadaan kyseisen rakennusosan kustannusarvio. [8.s.46.]

Suoriteperusteista hinnoittelua tehtäessä erityisen kohdekohtaisen tarkistelun kohteena ovat

- materiaalimenekkien oikeellisuus
- työmenekkien oikeellisuus
- laskelmien kokonaisvaltainen tarkastus (tunnusluvut, suuret poikkeavat arvot)
- työ- ja materiaalihintojen oikeellisuus. [8.s.46.]

Suoritelaskelma sisältää kustannusten yhteenvedon esimerkiksi rakennusosapääryhmittäin. Suoritelaskelman osalta

- tarkistetaan määrälaskennan peittävyys ja tulkinnat nimikkeistön avulla
- tarkistetaan merkitykseltään tärkeimpien kustannuserien määrälaskenta ja hinnoittelu
- verrataan pääryhmä- ja panoslajikohtaisia jakaumia eli prosenttiosuuksia ja tunnuslukuja aikaisempiin hankkeisiin sekä arvioidaan vertailun perusteella niiden oikeellisuus. [8.s.47.]

Suoritelaskelma voidaan tarkastaa myös tunnuslukujen avulla. Tunnuslukuina käytetään koko kohteen tunnuslukujen (esimerkiksi tth/brm<sup>2</sup> ja €/ brm<sup>2</sup>) lisäksi pääryhmien prosenttiosuuksia eli kustannusjakaumaa. Lisäksi käytetään tärkeimpien suoritemäärien suhdelukuja (esimerkiksi muotti-m<sup>2</sup>/ betoni-m<sup>3</sup>, teräs-kg/betoni-m<sup>3</sup>, jne.). Määrät tarkastetaan vertaamalla lasketun kohteen tietoja tilastoihin tai viitekohteeseen. [8.s.47.]

### 2.7.2 Talo 80 -nimikkeistöjärjestelmän mukainen luokittelu

Talo 80 -nimikkeistössä pääryhminä ovat rakennusosat, suoritteet ja kustannuslajit.

Talo 80 -nimikkeistöä hyödyntäen luomme seuraavanlaisen esimerkkilitteran:

Haemme taulukosta 3 rakentamisinimikkeistä: 25 Väestönsuojarakenteet ja 51 Betonielementtityö

Joista yhdistämällä saamme litteran 2551 Väestönsuojan elementtityö.

Kustannuslaji (panoslaji) tässä tapauksessa on 3 koska teetämme väestönsuojan alihankintana.



Taulukko 3: Talo 80 Rakentamisnimikkeet [8.]

TALO 80

## Rakentamisnimikkeet

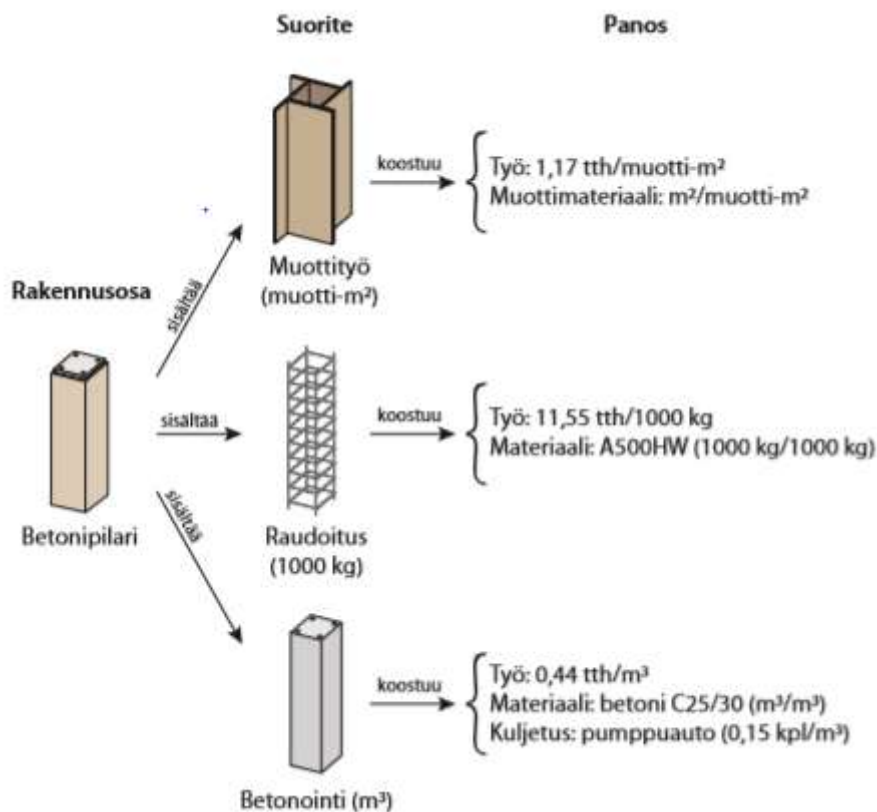
0 Rakennuttajan kustannukset	1 Maa- ja pohjarakennus	2 Perustukset ja ulkop. rakenteet	3 Runko- ja vesikattorakenteet	4 Täydentävät rakenteet	5 Pintarakenteet	6 Kalusteet, varusteet ja laitteet	7 Kone tekniset työt	8 Työmaan käyttökustannukset	9 Työmaan yhteiskustannukset
1 ---	11 Raivaus ja purku	21 Anturat	31 ---	41 Ikkunat	51 Vesikate	61 Kalusteet	71 Lämpö-, vesi- ja viemäri työt	81 Työnaikaiset rakenteet	91 Työmaan hallinto
2 Rahoituskulut	12 Maankaivu	22 Perusmuurit, -palkit, ja -pilarit	32 Kantavat väliseinät ja pilarit	42 Erityisikkunat	52 Sisäseinien pintarakenteet	62 Varusteet	72 Ilmanvaihtotyöt	82 Työnaikaiset asennukset	92 Avustavat rakennustyöt
3 Suunnittelu ja tutkimus	13 Louhinta	23 Kantava alapohja	33 Laatat ja palkit	43 Ovet	53 Sisäkattojen pintarakenteet	63 Laitteet ja koneet	73 Sähkötyöt	83 Työmaan koneet ja laitteet	93 Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset
4 Yhtiökulut, osuudet ja korvaukset	14 Pohjarakenteet ja pohjavahvistus	24 ---	34 Portaat	44 Erityisovet	54 Porrashuoneen pintarakenteet	64 Tilaryhymäläkalusteet	74 Siirtotekniikka	84 Työkoneet, työkalut ja -välineet	94 Talviliisätyöt
5 Rakennuttaminen ja valvonta	15 Salaajat ja putkijohdot	25 Väestönsuoja-rakenteet	35 Ulkoseinä	45 Kevyet väliseinät	55 Ulkoseinien pintarakenteet	65 ---	75 ---	85 Työmaan käyttötarvikkeet	95 Urakkahiman muutokset
6 Liittymismaksut	16 Täyttö ja tiivistys	26 Maanvarainen laatta	36 Ulkotasot ja parvekkeet	46 Erityisväliseinät ja jakoseinät	56 Lattian pintarakenteet	66 ---	76 ---	86 Käyttöaineet ja energia	96 Sopimusperusteiset erityiskustannukset
7 Markkinointi	17 Rakennusalueen rakenteet	27 Erityisrakenteet	37 Ullakko ja kattorakenteet	47 Kaitteet, hoitotasot ja -sillat	57 Erityistilojen pintarakenteet	67 Väestönsuojan varusteet	77 ---	87 Työmaaakuljetukset	97 Työntekijöiden palkanlisät
8 Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset	18 Ulkovarusteet	28 Ulkopuoliset rakenteet	38 Tilaelementit	48 Hormit, tulisijat, kanavat ja piiput	58 Maalaus ja tapetointi	68 ---	78 Rakennuttajan hankintojen aputyöt	88 Ulkomaisen toiminnan erityiskustannukset	98 Työntekijöiden sos.kulut
9 ---	19 ---	29 ---	39 ---	49 ---	59 ---	69 ---	79 ---	89 ---	99 ---

## Suoritusnimikkeet

1 Muotittiyö	2 Raudoitu ja betonityö	3 Metallijä peltityö	4 Muuraus, rappaus, laatoitus	5 Elementtityö	6 Puu- ja levytyö	7 Lämmön- ja ääneneneristys	8 Veden- ja kosteudeneneristys	9 Muut työt
11 Lautamuotittiyö	21 Raudoitu	31 ---	41 Tiilimuuraus	51 Betonielementtityö	61 Puurunkotyö	71 Pehmeä mineraalivilla	81 Sivelieristys	91 Luonnonkivityöt
12 Levymuotittiyö	22 Betonointi	32 ---	42 a	52 Kevytbetonielementtityö	62 Levytyö	72 Kova mineraalivilla	82 Bitumikermieristys	92 Lasilevytyöt
13 Kasettimuotittiyö	23 Betonin jälkityö	33 Teräsrunkotyö	43 Harkkomuuraus ja ladonta	53 Metallielementtityö	63 Puuverho	73 Ruiskuieristys	83 Muu kermieristys	93 Mattotyö
14 Suurmuotittiyö	24 Betonipintojen hionta	34 ---	44 ---	54 Tiilielementtityö	64 ---	74 Solumuovieristys	84 Muovikalvoieristys	94 Muovi-, levy- ja profiilityö
15 Pöytämuotittiyö	25 ---	35 Muototankotyö	45 Ohutrappaus	55 ---	65 Rakennuspuusepäntyy	75 Kevytsoaerieristys	85 Valueristys	95 Maalaus ja tapetointi
16 Kulma- ja tunnelimuotittiyö	26 Pintabetonityö	36 Peltityö	46 Rappaus	56 Puuelementtityö	66 Listoitius	76 Kevytbetonieeristys	86 Metallilievieristys	96 ---
17 Erityismuotittiyö	27 Sementtityö	37 Muotolevytyö	47 Tasoitetyö	57 Elementtien jälkityö	67 Heloitius	77 Muu lämmön- ja ääneneneristys	87 ---	97 ---
18 Muottien purku ja puhdistus	28 Betonimassan valmistus	38 Muu metallityö	48 Laatoitus	58 Elementtien saumaus	68 ---	78 Paperieristys	88 ---	98 ---
19 ---	29 ---	39 ---	49 ---	59 ---	69 ---	79 ---	89 ---	99 ---

### 2.7.3 Panospohjainen laskenta

Materiaali-, työ-, hankinta- ja tuotehinnoista koostetaan panokset, joiden avulla voidaan laskea kustannuksia erilaisille rakenteille. Tämän lisäksi on mahdollista käyttää erilaisia kertoimia tai vakioita esimerkiksi hankkeen sijainnin tai vaikeusasteen aiheuttamien lisäkustannuksien arvioinnissa. Rakenteiden kustannukset päivittyvät panoskustannusten muuttuessa. Lähtötiedot panoksille löytyvät julkisesti ylläpidetyistä lähteistä: hinnastoista ja työmenekkitiedoista. Panostietoja voi löytyä myös yrityksen omaan toimintaan ja hankintasopimukseen perustuvista lähteistä. [8.s.47.] Kuva 5 esittää betonipilariin kohdistuvat panokset.



Kuva 5: Teräsbetonipilarin suoritteet (betonointi, raudoitus ja muottityö) koostuvat panoksista.[8.]



Panokset muodostetaan laskennallis-empiirisesti yhdistämällä toteutunutta ja testattua kustannus- ja menekkitietoa sekä laskennallista määrätietoa. Panospohjaisessa laskennassa kohdekohtaisesti tarkastettavia asioita ovat

- materiaalimenekkien oikeellisuus
- työmenekkien oikeellisuus
- laskelmien kokonaisvaltainen tarkastus (paljon poikkeavat arvot, tunnusluvut)
- työ- ja materiaalihintojen oikeellisuus. [8.s.48.]

## 2.8 Korjausrakentamisen erityispiirteet

Korjausrakennushankkeen alussa tilaaja tekee päätöksen rakennuksen korjausasteesta. Mikäli korjausaste jää alhaiseksi, tulee tilaajan tiedostaa vanhojen rakenteiden kunnostamisen riskit. Rakenteista tehtyjen kuntotutkimuksien perusteella ammattitaitoinen suunnittelija osaa arvioida tarvittavan korjauksen laajuuden, mutta arvio täsmentyy, kun rakenteita päästään avaamaan. [8.s.33.]

Suunnittelun muuttuvat lähtötiedot ovat tyypillinen asia korjausrakentamisessa. Kuntotutkimusten ja purkutöiden aikana tulee esiin yllätyksiä, jotka vaikuttavat hankkeen suunnitelmiin, aikatauluun ja kustannuksiin. Myöskään korjauskohteen olemassa olevat suunnitelmat eivät välttämättä pidä paikkaansa, jos kohteessa on tehty muutostöitä vuosien varrella tai alun perin toteutus on poikennut laadituista suunnitelmista. [8.s.33.]

Korjauskohteissa tulee lisäksi ottaa huomioon rakennuksen mahdollinen korjausvelka rakenneaurioineen sekä terveydelle haitallisine ja vaarallisine aineineen. Rakennusaikana ja ylläpidon aikana on myös saatettu käyttää materiaaleja, jotka ovat kiellettyjä ja jotka tulee korjauksen yhteydessä poistaa erityismenettelyin. Tällaisia aineita ovat muun muassa asbesti ja PCB. [8.s.33.]

Nykyisten rakentamismääräysten soveltaminen vanhoihin rakenteisiin voi vaatia erityistoimenpiteitä. Korjauskohteissa voi olla muun muassa tarpeen vahvistaa rakenteita ja lisätä rakennuksen energiatehokkuutta, jotta asetettuihin vaatimuksiin päästään.

Korjausrakentamisessa ei välttämättä voida hyödyntää kannattavasti valmisosia uudisrakentamisen tapaan. Esimerkiksi linjasaneerauksissa valmisosien käyttö olisi kannattavaa, mutta ennen 1970-lukua valmistuneissa rakennuksissa tämä ei onnistu. 1960-luvun

paikallavalurunkojen mittamaailmassa on niin paljon heittoja, että sinne on vaikeaa so-  
vittaa hormielementtejä. [8.s.34.]

Korjauskohteissa työ on tyypillisesti hitaampaa eikä siinä päästä samoihin työsaavutuk-  
siin kuin uudiskohteissa. Tämä johtuu työn pirstaleisuudesta, alustojen vaihtelevuudesta,  
rakenteiden huonosta mittatarkkuudesta yms. Työssä on vähemmän toistettavuutta.  
Työtä ja siirtoja joudutaan usein tekemään ahtaissa tiloissa. Myös epäselvät urakkarajat  
saattavat aiheuttaa lisätöitä ja nostaa kustannuksia. Myös purku- ja suojaustyöt lisäävät  
työn määrää uudiskohteisiin verrattuna. Mikäli kiinteistö on käytössä, tulee työalueiden  
osastoinnissa ottaa huomioon palo-osastoinnin jako ja tehdä eri osastojen välille palo-  
määräykset täyttävät suojaseinät. Erikoistoissa kuten entisöinnissä ja konservoinnissa  
tarvitaan puolestaan erityisammattitaitoa, mikä voi nostaa työn hintaa huomattavasti.

Jos rakennus on korjausprosessin aikana käytössä, aiheuttaa tämä lisäkustannuksia  
osastoinnin yms. suojausten kanssa. Purku- ja korjaustöille voi tulla käyttäjistä johtuvia  
aikarajoitteita, jolloin töitä pystytään tekemään mahdollisesti vain muutamina tunteina  
vuorokaudessa tai sitten ylityötunteina, joista aiheutuu lisäkustannuksia. [8.s.34.]

Logistiikka ja liikennejärjestelyt Korjauskohteen ollessa kaupungissa tai tiiviisti rakenne-  
tulla alueella logistiikan hoitaminen tuo usein lisäkustannuksia. Viereiseltä tontilta voi-  
daan joutua vuokraamaan tilaa nosturille ja toimitukset ajoittamaan ruuhkattomaan ai-  
kaan. Hankalimmissa tapauksissa työmaalla joudutaan hoitamaan nostot erikoisväli-  
neillä. [8.s.34.]

### 3 PERT-menetelmä rakennusteollisuudessa

PERT-menetelmä kehitettiin Polaris-ohjuksen suunnitteluun vuonna 1957, perinteiset aikataulun suunnitelmat ennustivat ohjusprojektin kestävän 2 vuotta kauemmin kuin PERT:n avulla. Polaris-projektissa oli paljon ennakoimattomia tekijöitä ja niitä on myös linjasaneerauksessa. PERT-menetelmää on sovellettu ympäri maailmaa rakennusteollisuuden lisäksi myös opetus- ja terveystoimissa. Prosessin sisällä kriittinen ketju ajattelu syventää ja laajentaa PERT-menetelmän hyödynnettävyyttä ja uusimmissa tutkimuksissa näitä käsitelläänkin useimmiten yhdessä.

#### 3.1 Työvaiheiden keston määrittäminen PERT-menetelmällä

Tehtäville ei voida osoittaa yhtä objektiivista tai absoluuttista kestoä, joka voitaisiin osoittaa ihanteelliseksi ja vaikkapa standardisoida. Pikemminkin on todettava, että tehtävillä on jokin tavoiteltu tai todennäköinen kesto sekä tällä keston toteutumalla satunnainen vaihteluväli. [1.s.127.] Tärkeää on arvioida tarkkaan realistinen tehtävien kesto. Tehtävien keston ennakkointia ja arviointia voidaan suorittaa monin eri tavoin. Tehtävien keston arvioinnissa voidaan käyttää seuraavia tapoja:

- arvioidaan asiantuntija-arviona vertailemalla tehtäviä aiemmissa projekteissa samankaltaisissa oloissa toteutettuihin samanlaisiin tehtäviin.
- tehtävien luonteen luokitteluun perustuvaa ja useista aiemmista vastaavanlaisista tehtävistä koottua ja tallennettua historiatietoa.
- projekti- ja tehtäväkohtaista asiantuntijan arviota, arvion tekeminen asiantuntijaryhmässä tai arvion pyytäminen usealta taholta ja koota näistä yhteinen näkemys.

Edellä esitettyjä asiantuntija-arviointimenetelmiä on mahdollista soveltaa siten, että arviointi voidaan ilmaista subjektiivisena todennäköisyysjakauma-arviona. Yksi mahdollinen tapa on tähän kolmen pisteen arvio. Tätä kolmen pisteen arviota sovelletaan mm. PERT-menetelmässä ja tästä johdettuna riskien arvioinnissa. [1.s.128.]

PERT-menetelmässä arvioidaan ensin tehtävän minimi- ja maksimikesto, jotka ovat todennäköisyys jakauman ääriarvot. Tämän jälkeen arvioidaan tehtävän todennäköisin kesto. Minimikesto tarkoittaa tehtävän lyhintä mahdollista kestoä ja sen arvioinnissa

oletuksena tulee olla suotuisimmat mahdolliset tapahtumat, jotka voivat johtaa tällaiseen ääriarvoon. Tätä kutsutaan myös optimistiseksi kestoarvoksi. Maksimikesto kuvaa tapahtumaketjua, jossa kaikki mahdollinen menee pieleen ja aikataulu venyy. Tätä kutsutaan myös pessimistiseksi kestoksi. Todennäköisinkesto kuvaa arvoa, jonka uskotaan toteutuvan kaikista suurimmalla todennäköisyydellä kaikista mahdollisista keston arvoista. Jakauman korkein kohta on todennäköisyysjakaumassa todennäköisin arvo. Kun nämä kolme keston arvoa tulkitaan vinon todennäköisyysjakauman parametreiksi, näistä parametreista PERT-menetelmässä esitetyllä tavalla voidaan määrittellä beta-jakauman erikoistapaus. Kunkin tehtävän keskiarvo ja keskihajonta lasketaan seuraavilla kaavoilla:

Kolmen aika-arvion painotetusta keskiarvosta lasketaan odotettu kesto

$$\text{Keskiarvo (M)} = \frac{\text{Minimi} + 4 * \text{Todennäköisin arvo} + \text{Maksimi}}{6}$$

Odotetun keston keskihajonta

$$\text{Keskihajonta (S)} = \frac{\text{Maksimi} - \text{Minim}}{6}$$

Tehtäväverkon stokastisen eli satunnaislaskennan tuloksena saadaan esimerkiksi projektin kokonaiskeston todennäköisyysjakauma. Jakaumasta voidaan päätellä, miten todennäköisesti projekti toteutuu asetetussa aikataulussa. [1.s.129.]

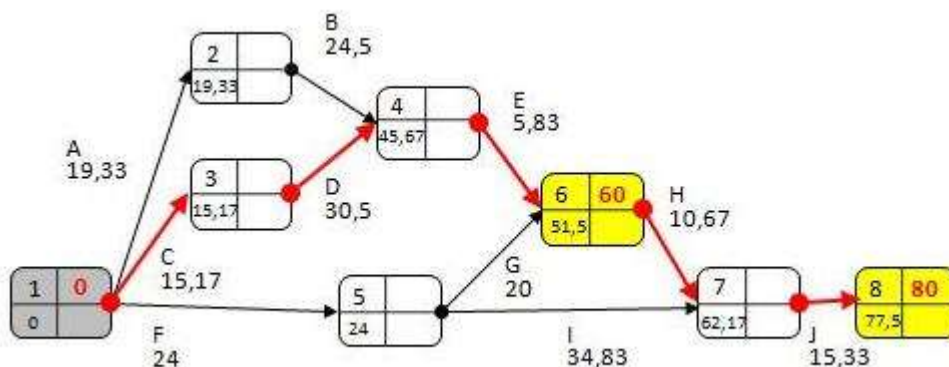
PERT-menetelmässä on oletuksena, että tehtävien kestoajat ovat toisistaan tilastollisesti riippumattomia. Tällöin voidaan laskea kriittisten toimintojen odotusajat ja varianssit yhteen, jolloin saadaan myös koko hankkeen arvioitu kesto aika eli estimaatti ja varianssi. Keskihajonta kuvaa arvojen keskimääräistä etäisyyttä keskiarvosta ja on tärkein hajonnan mitta. Varianssi on keskihajonnan neliö ja sillä kuvataan muuttujan vaihtelun mitta. Keskeisraja-arvolauseen perusteella oletetaan, että toimintojen määrä on riittävän suuri ja ne ovat tilastollisesti riippumattomia. Tällöin myös kokonaisaika ja varianssi ovat normaalisti jakautuneita. Pienissä hankkeissa, joissa on vähän toimintoja, oletamus ei aina pidä paikkaansa. Tämä tulee muistaa tuloksia tulkittaessa. Juuri nämä perusolettamukset mahdollistavat hankkeiden kestoajojen todennäköisyyslaskelmat. Varianssi lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\text{Varianssi (V)} = \left( \frac{\text{Maksimi} - \text{Minimi}}{6} \right)^2$$

PERT:in ongelmina on pidetty tilastollisten analyysien vaikeaa ymmärrettävyyttä ja tämän myötä projektipäälliköillä ei sitten ole ollut mahdollisuutta hyödyntää PERT:iä parhaalla mahdollisella tavalla. Sen sijaan PERT:in käyttämät virstanpylväät (milestones), ovat nousseet suosituksi suunnittelumetodiksi ja joista saadaan tehtävien suorittamiselle selkeä avaintieto eli määräaika kaikille projektiorganisaation tasoille. [2.s.52.]

### 3.2 Kriittinen ketju

Kriittisen ketjun menetelmä (critical chain) perustuu kapeikkoajatteluun, jossa huomioidaan kriittisen polun lisäksi esimerkiksi resurssit, jotka eivät voi työskennellä useassa tehtävässä samanaikaisesti, sekä muita mahdollisia rajoitteita. Tässä ajattelu mallissa projektin kriittistä ketjua pidetään rajoitteena, joka estää projektin aikaisemman valmistumisen. Kriittinen ketju on jono tehtäviä suoritus järjestyksessä, joka määrittää projektin keston huomioiden resurssien rajallisuuden sekä ensisijaiset riippuvuudet. Kriittistä ketjua voidaan käyttää apuna määrittämään tietyllä aikajaksolla kaikista kriittisimmät tehtävät resurssien jakamiseen. Projektisuunnitelmaa käytetään pohjana kriittisen ketjun määrittelyyn, joka edellyttää supistettujen tehtävien kestoja ja resurssitarpeiden tarkkaa arviointia. Kriittisenä ketjuna pidetään pisintä tehtävien jonoa (kuva 6, merkattu punaisella) joille resurssit on tasattu, ja jotka tunnustetaan projektin alusta loppuun. [3.s.13.]



Kuva 6: PERT-kaavio jossa kriittinen polku punaisella [4.]

Kuvan 6 kriittinen polku on esitetty punaisella. Mahdollisten ongelmien ennaltaehkäisyllä ja resurssien turvaamisella mahdollistetaan kriittisen ketjun hallinta. Kriittisen ketjun menetelmässä keskeisin asia on resurssien hallinta toteutettavien projektien välillä. Riskiä syntyy kriittisen polun menetelmän kanssa, jossa painopiste pidetään tehtävissä,

aikataulutuksessa ja tehtävien järjestyksessä. Projektinhallinnassa kriittisen ketjun vaatimukset ovat seuraavat:

- resurssien täytyy pystyä usean tehtävän käsittelyn samanaikaisesti, sekä niiden täytyy pystyä vuorottelemaan eri tehtävien välillä sujuvasti
- resurssiriippuvuuksiin tulee keskittyä tehtävien riippuvuuksia enemmän
- resurssien tasaaminen täytyy olla suoritettuna projektien välillä [3.s.13.]

Järkevien aikataulujen laadintaan voidaan käyttää kriittisen ketjun menetelmää, koska tällä pyritään ehkäisemään päällekkäisiä työkokonaisuuksia, turvata projektin eteneminen ja suojata aikataulua mahdollisilta muutoksilta puskurihallintaa apuna käyttäen. Puskurilla tarkoitetaan projektin tehtäville varattua aikaa, jonka ne voivat myöhästyä aiheuttamatta myöhästymistä suunniteltuun projektin valmistumispäivään. Puskuri luodaan koko projektia koskevaksi jokaiselle tehtävälle ketjussa. Projektin myöhästymiseen liittyviltä riskeiltä suojataan projektipuskureilla ja kriittistä ketjua ei kriittisten tehtävien riskeiltä syöttöpuskureilla. Kriittisessä ketjussa puskuriseurantaa apuna käyttäen saadaan nopea käsitys projektin tilasta. Kriittisen ketjun menetelmän vaiheet projektissa ovat seuraavat:

- Supista tehtävien kestoa poistamalla ns. "turvamarginaalit"
- Tunnista kriittinen ketju
- Luo projektipuskuri
- Luo syöttöpuskuri
- Ohjaa. [3.s.14.]

Moniprojektijärjestelmän aikataulutukseen ja ohjaukseen kuuluu jokaisen projektin käsittely yksittäisenä projektina. Kaikista yksittäisistä projekteista laaditaan omat aikataulunsa, joidenka määrittämiseen käytetään jokaiselle projektille omansa juuri tähän käyttöön soveltuvaa menetelmää. Olennaista on tunnistaa resurssiriippuvaisuudet projektien välillä. Puskurit auttavat varmistaman mahdollisissa pullonkauloissa tarvittavien resurssien saatavuutta. Pullonkaulat on rajoittavien resurssien osalta syytä tunnistaa. Tämän jälkeen hankkeet järjestetään peräkkäin porrastamalla. Tällä tavoin pullonkauloista saadaan toimivia eikä turhia seisonta-aikoja tule. Aikataulua ohjataan keskittymällä pusku-reihin, jolloin resursseja jaettaessa tulee kriittisen ketjun tehtävät priorisoida ei kriittisten edelle. Tämän jälkeen projektien tehtävissä varmistetaan mahdollisimman tehokas projektipuskureiden hyötykäyttö. Viimeisimpänä tulee priorisoida projektien tehtävät, jotka kuormittavat paljon syöttöpuskureita. [3.s.14.]

## 4 Haastattelututkimus

### 4.1 Kysymykset ja haastattelut

Tutkimus suoritetaan haastattelemalla putkialan ammattilaisia heidän työkohteissaan. Haastatteluissa pyritään selvittämään kohdennettujen putkityövaiheiden keston hajontaa kahdeksan työvaiheen osalta, analysoidaan tulokset PERT-menetelmällä sekä etsitään haastateltavan kanssa syitä mistä hajonta johtuu. Kysymykset on laadittu työn tilaajan kanssa yhdessä eniten hajontaa aiheuttavista työvaiheista. Haastattelulomakkeet ja PERT-laskelmien tulokset ovat liitteissä. Katso liite 2.

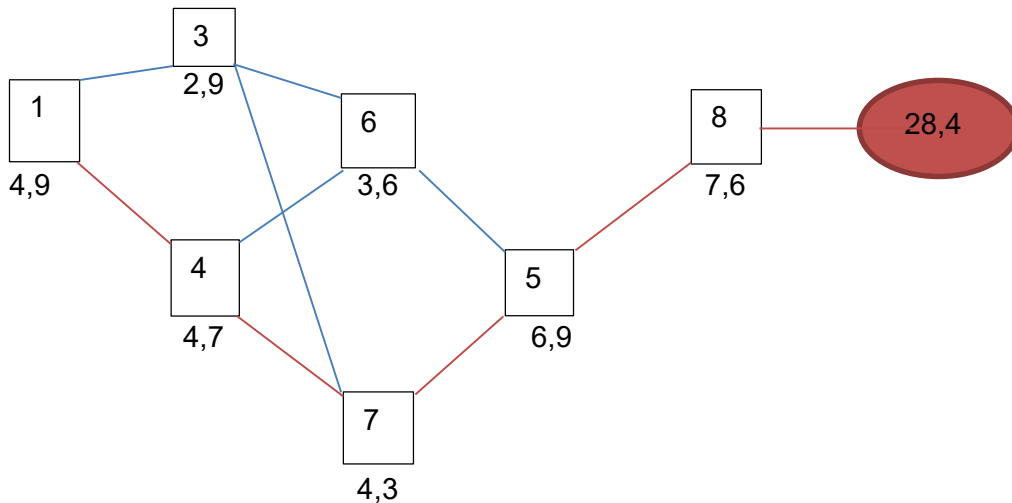
### 4.2 Haastattelun tulokset

Haastattelujen aikakeskiarvot ja työ suoritteista laadittu kriittinen polku sekä esimerkki PERT-menetelmän käytöstä.

Taulukko 4: Haastattelujen keskiarvot

PERT								
	Keskiarvo kaikista haastatteluista							
	Työvaiheen kesto tunneissa							
	minimi	normaali	maksimi		keskiarvo(M)	keskihajonta(S)	variassi(V)	
1	3,43	4,68	7,21		4,89	0,63	0,40	vesilinjan nosto kuparilla
2	2,57	3,68	4,79		3,68	0,37	0,14	vesilinjan nosto komposiitilla
3	1,82	2,82	4,5		2,93	0,45	0,20	viemärin nosto muovilla
4	3,11	4,5	7,29		4,73	0,70	0,49	viemärin nosto valuraudalla
5	4,29	6,86	9,71		6,91	0,90	0,82	kattohajotus
6	2,14	3,36	6,14		3,62	0,67	0,44	viemärin haaroitus roilottuna
7	2,64	4	7		4,27	0,73	0,53	viemärin haaroitus alakatossa
8	5,29	7,57	10,29		7,64	0,83	0,69	pintaputkitus kromilla
					0,00	0,00	0,00	

Vertailussa neljä tehtävistä muodostunutta polkua. Jokaiselle polulle lasketaan odotetut kestot ja keskihajonnat sekä 95%(Z=1,645 (saatu todennäköisyyslaskennan taulukoista) luottamustasolla saatu projektin kesto.



Kuva 7: Laskuesimerkin kriittinen polku näkyy kuvassa punaisella.

Tutkitavan polun kaikkien tehtävien odotettu kesto ( $T_e$ ) on tehtävien kestojen summa

$$T_e = \sum (T_e)_i$$

Varianssi ( $V_E$ ) ja keskihajonta ( $\sigma_e$ ) koko polulle

$$V_e = \sum (\sigma^2 e)_i$$

$$\sigma_e = \sqrt{V_e}$$

Tietylle polulle voidaan laskea todennäköisyys, tapahtuuko se tietyssä päivänä tai tiettyyn päivään mennessä ( $T_s$ ) käyttämällä normaalijakauman kaavoja

$$Z = (T_s - T_e) / \sigma_e$$

Lasketun  $Z$ -arvon avulla voidaan katsoa tietty todennäköisyys tapahtumalle todennäköisyyslaskennan taulukoista. Tästä voidaan myös laskea aika mihin mennessä tapahtuma saadaan valmiiksi tietyllä luottamustasolla.

$$T_s = \sigma_e \cdot Z + T_e$$

A-polku 14758

$$M_e = 4,9 + 4,7 + 4,3 + 6,9 + 7,6 = 28,4 \text{ tuntia}$$

$$V_e = 0,40 + 0,49 + 0,53 + 0,82 + 0,69 = 2,93$$

$$\sigma_e = \sqrt{2,93} = 1,7 \text{ tuntia}$$

95% ( $Z=1,645$ ) luottamustasolla tehtävät saadaan valmiiksi

$$T_s = 1,7 \cdot 1,645 + 28,4 = 31,2 \text{ tunnissa}$$



B-polku 14658

$$Me=4,9+4,7+3,6+6,9+7,6=27,7$$

$$Ve=0,40+0,49+0,44+0,82+0,69=2,84$$

$$\sigma_e=\sqrt{2,84}=1,69 \text{ tuntia}$$

95%(Z=1,645) luottamustasolla tehtävät saadaan valmiiksi

$$Ts=1,69*1,645+27,7=30,5 \text{ tunnissa}$$

C-polku 13758

$$Me=4,9+2,9+4,3+6,9+7,6=26,6 \text{ tuntia}$$

$$Ve=0,40+0,20+0,53+0,82+0,69=2,64$$

$$\sigma_e=\sqrt{2,64}=1,6 \text{ tuntia}$$

95%(Z=1,645) luottamustasolla tehtävät saadaan valmiiksi

$$Ts=1,6*1,645+26,6=29,3 \text{ tunnissa}$$

D-polku13658

$$Me=4,9+2,9+3,6+6,9+7,6=25,9 \text{ tuntia}$$

$$Ve=0,40+0,20+0,44+0,82+0,69=2,55$$

$$\sigma_e=\sqrt{2,55}=1,6 \text{ tuntia}$$

95%(Z=1,645) luottamustasolla tehtävät saadaan valmiiksi

$$Ts=1,6*1,645+25,9=28,5 \text{ tunnissa}$$

Esimerkissä kriittisen polun muodostaa yhdistelmä A, jossa tehdään vesilinja kuparilla, viemäri valuraudalla ja viemärin haaroitus alakatossa. Pintakromitus ja vesiputkien kat-tohajotus on kaikissa sama.

Esimerkin nopein yhdistelmä on D, jossa tehdään vesilinja kuparilla, viemäri muovilla ja viemärin haaroitus välipohjaan roilottuna.

Tässä esimerkissä haettiin kriittistä polkua jonka vuoksi komposiitti vesiputkena jätettiin käsittelemättä kuparia nopeamman asennuksen vuoksi.

## 5 Varianssin syntyminen syyt ja keinoja varianssin pienentämiseksi

Tutkittujen työvaiheiden varianssin syntyminen syyt ja keinoja varianssin pienentämiseksi sekä ehdotus työvaiheiden tehokkaampaan, mutta realistiseen aikataulutukseen. Alla yhteenveto vastauksista.

### 1. Vesilinjan nosto läpi talon kupariputkella

Hormiin liittyviä ongelmia ovat suoruus, muoto, koko sekä seinämän materiaali. Muita hidastavia aiheita kaasupullojen ja sammutuskaluston mukana kuljettaminen, suunnitelmamuutokset tai todellisuus ei ole suunnitelmien mukainen, juottamisessa palovaara. Tärkeää edellä olleiden työvaiheiden onnistuminen.

### 2. Vesilinjan nosto läpi talon komposiittiputkella

Hormiin liittyviä ongelmia ovat suoruus, muoto, koko sekä seinämän materiaali. Ongelmia saada puristin mahtumaan hormiin. Suunnitelmamuutokset tai todellisuus ei ole suunnitelmien mukainen. Nopeaa tehdä, vaatii edelle vapaata mestaa.

### 3. Viemäriin nosto läpi talon muoviputkella

Hormiin liittyviä ongelmia ovat suoruus, muoto, koko sekä seinämän materiaali. Läpivientien koko ja purun väljyys nopeuttaa.

### 4. Viemäriin nosto läpi talon valurautaputkella

Painavat osat, vanhat lämpölinjat edessä, putken leikkaaminen ulkona, päiden maalaus ja kuivuminen, leikkaustapa, pantojen kiristäminen hormissa, aiheuttaa työaikaista suunnittelua johtuen rajallisesta putkiosien määrästä. Palokatkot helpompia toteuttaa kuin muovilla. Hormin suoruus, kannakkeiden kiinnitys, hormin ahtaus ja muoto.

"Kysymyksissä 1, 2, 3 ja 4. Putket tulevat hajontaa aiheuttavaan nousuhormiin, jonka materiaalilla on vaikutusta putkikannakkeiden kiinni pysyvyyteen, suorudessa voi olla toivomisen varaa tai välipohjien kohdalla voi olla jopa kohdistuspoikkeamia ja tämä taas hidastaa kaikkien hormiin tulevien putkien nostoa, muodolla on vaikutusta putkijärjestykseen. Asennuksen kannalta paras hormin muoto on suorakaide, joka avataan pitkältä sivulta, jolloin putket saadaan asennettua edestäpäin rinnakkain. Hormissa on usein myös lämpövesiputkia, joihin ei kosketa ja nämä itsessään sekä lähtevät haarat aiheuttavat ongelmia uusille asennuksille. Yhteistä on myös suunnitelmien paikkansa pitävyys

sekä suunnitelmien muuttuminen työn aikana. Juottamista vaativissa työvaiheissa kaasupullojen ja sammutuskaluston työkohteeseen kuljetus, työn aikainen palontorjunta sekä pullojen yösäilytys aiheuttaa hajontaa, puristamalla tehtävissä liitoksissa hormin ahtaus voi tuottaa ongelmia. Yhteistä kaikille purkutyön onnistuminen ja läpivientien onnistuminen tuottavat tasaisempaa työnopeutta. Viemäriin nostoon valurautaputkella hajontaa aiheuttaa lisäksi leikkauspaikan sijainti, maalin kuivumisen odottelu, rajallinen määrä putkiosia, putken paino ja pantaosien kiristys hankalissa paikoissa.”

#### 5. Huoneistokohtainen vesiputkien haaroitus

Pienissä tiloissa muut putket edessä (esteettömyys vaikuttaa paljon), kannakkeiden kiinni pysyminen, tilojen ahtaus, komposiitti ja puristus nopeuttavat, kaasupullojen siirtely hidastaa, seinähajotuksien teko samalla nopeuttaa kalustusta.

”Vesiputkihaarojen teossa risteävät IV-, viemäri- ja lämpöputket sekä valaisimien paikat aiheuttavat hajontaa, kannakkeiden kiinni saaminen tuottaa toisinaan ongelmia, koska katossa voi olla eristettä tai paksultikin rappausta. Komposiittiputkien ja puristusliittimien käyttö aiheuttaa vähemmän hajontaa kuin kupari ja juottaminen.”

#### 6. Huoneistokohtainen viemäriin haaroitus roilottuna

Roilojen tulee olla tarpeeksi väljiä, että putket mahtuvat ja pohjien täytyy kaataa oikeaan suuntaan, putket ja lattiakaivot juotettava kiinni etteivät liiku, esteetön mesta, korkomerkinä selkeää.

”Roilojen onnistuminen on tärkeässä roolissa viemäriin haaroituksessa roilottuna, mesta on oltava puhdas, kaivot ja putket valetaan kiinni saman tien etteivät ne liiku. Korkomerkinä selkeää.”

#### 7. Huoneistokohtainen viemäriin haaroitus kylpyhuoneen katossa

Lattiakaivojen valu kiinni ennen viemäriin vetoa nopeuttaa ja muiden putkien hidastaa, risteävä tekniikka katossa haittaa, tukkolevyt edessä, timanttireiän paikka oikea, valetut putket suorassa, tarttuuko kannakkeet kiinni kattoon. Palokatkot ja ääneneristys sekä alakatto jota ei muuten välttämättä tulisi.

”7. kysymyksessä kannakkeiden kiinnittyminen kattoon, risteävät IV-, lämpö- ja vesiputket aiheuttavat hajontaa. Lattiakaivot on syytä valaa etukäteen, tämä vähentää hajontaa,

kun taas muidenkin putkien kiinni valaminen voi lisätä hajontaa. putket usein kuitenkin valetaan kiinni koska silloin päästään valamaan lattioita ja etenemään muiden rakennustöiden osalta, tämä kuitenkin riippuu suunnitellusta työjärjestyksestä. Itse hajotusten teko voidaan tehdä laatoituksen jälkeen, jolloin tehdään samalla IV, vesihajotukset ja vesikalustus tällöin voidaan tehdä risteämät hallitummin, kokonaisuus pysyy paremmin nipussa ja työajan hajontaa ei tule niin paljon.”

#### 8. Pintaputkien veto kromatulla kupariputkella

Helmiliitosten käyttö hieman hitaampaa kuin koneella puristettavien, mittavirheen sattuessa helmiliitoksen voi kuitenkin avata toisin kuin puristetun, vapaa mesta, tarvikkeet valmiiksi tuotuna huoneistoon, laatan kovuus ja kiinnittyminen alustaan, kalusteet oltava paikoillaan, osakas-, suunnitelmamuutokset sekä puutokset, siisteys, valaistus, viemäreiden paikka kohdillaan, kylpyhuoneen koko, kalusteiden malli, kylpyhuoneen ahtaus, pöntön kiinnitys, kylpyhuoneen koko.

”8. kysymyksessä hajontaa tuottavat edellä mainitut asiat tasapuolisesti.”

## 6 Johtopäätökset

Suuri kokonaisaikataulun viivästymistä aiheuttava riski piileskelee heti purun jälkeisissä toimissa. Tämä ei kuitenkaan näy haastattelujen perusteella työvaiheiden keston suuren hajontana. Vanhoihin hormoneihin sijoitettava uusi tekniikka ei välttämättä mahdu, koska putket tarvitsevat kannakointia, putkikoot yleensä kasvavat varsinkin viemäröinnin osalta ja käyttövesiputket eristetään kauttaaltaan. Hormin muoto, suoruus ja materiaali paljastuu kokonaisuudessaan vasta tässä vaiheessa. Tämä taas voi aiheuttaa suunnittelutarvetta ja viivästystä töiden jatkolle. Kokonaisuutta ajatellen samalla seinällä saattaa olla myös rakennusaineisia IV-kanavia ja nämä mahdollisesti vaurioituvat samalla purussa. Näitä asioita ei oikein voi ennakoida muutoin kuin esimerkiksi yhden kylpyhuoneen ennakkopurulla. Tämäkin ennakkopurku kertoo vain sen linjan hormin väljyyden ja risteävät lämpövesiputket hormin kohdalla sen huoneiston välipohjissa ylä- ja alapuolella, seuraavassa linjassa ja samankin linjan muissa kerroksissa tilanne voi olla jo aivan toisenlainen. Mikäli rakennusaineisia IV-kanavia on samassa seinässä, kanavien määrä yleensä lisääntyy ylempiin kerroksiin mentäessä ja nämä taas mahdollisesti vievät tilaa putkihormista.

Eräällä työmaalla oli ylimmässä kerroksessa viemärin tuuletus muurattu tiilisten IV-kanavien joukkoon. Mikäli hormiin liittyviä ongelmia halutaan välttää, paras keino olisi miettiä paikka uudelle nousuhormille, tällöin voi vanhan hormin jättää koskemattomaksi ja välttyä siltä osin myös asbestipurulta. Mikäli kylpyhuoneen läheisyydessä sattuisi olemaan komerolinjasto läpi talon voisi putket sijoittaa sinne. Toisena vaihtoehtona voisi tehdä uuden nousulinjan kylpyhuoneen koon salliessa kylpyhuoneen puolelle tai pienien kylpyhuoneiden ollessa kyseessä jonkin viereisen huoneen puolelle. Kolmantena vaihtoehtona vesilinjan ja mahdolliset uudet sähkönousut voi sijoittaa myös porraskäytävän puolelle joskin nämä uudelleen sijoittelut aiheuttavat yleensä vastustusta asukkaiden keskuudessa. Mikäli talossa on käytöstä poistettu roskakuilu voisi tätä hyödyntää mahdollisuuksien rajoissa. Porraskäytävään sijoittelun myötä huoneistoon voi tulla massiivisiakin kotelo ratkaisuja. Vaikka muu tekniikka saadaankin siirrettyä, niin viemärinousun joutuu kuitenkin sijoittamaan kylpyhuoneiden läheisyyteen. Nämä muutostyöt yleensä aiheuttavat ristiriitoja osakkaiden kanssa, mutta jos nämä muutokset huoneistojen osalta tuodaan esille jo suunnitteluvaiheessa hyvin perusteltuina, onnistuminen ja osakkaiden mielipaha on vähäisempää. Suurinta mielipaha syntyy silloin kun työn kuluessa vain ilmoitetaan, että näin joudutaan tekemään. Asukkaille voisi tuoda etukäteen ilmi

kylpyhuoneen äänimaailman muuttumisen, ääni itsessään voi jopa hiljentyä, mutta äänen ”saundi” muuttua.

Haastattelujen perusteella suurinta työvaiheen keston hajontaa aiheuttavat kylpyhuoneen katossa tapahtuva työskentely ja kalustus. Tässä hajontaa aiheuttaa eniten katossa risteävä tekniikka. Tähän on harvoin suunnitelmia ja se tehdäänkin usein paikalla niin kuin parhaiten taidetaan. Kylpyhuoneen ahtauteen ei pysty vaikuttamaan mitenkään, mutta materiaalin kantaminen valmiiksi huoneistoon oikeaan järjestykseen voisi tuoda etua pienempään työajan hajontaan ja nopeampaan asennustyöhön. Asennustyönkokonaisuuksien laadintaan ja oikea-aikaiseen suorittamiseen on syytä kiinnittää huomiota esimerkiksi siirtämällä hajotuksien teon ajankohta laatoituksen jälkeen ja sama asentaja sommittelee hajotukset kattoon samalla käynnillä sekä voi tehdä myös vesikalustuksen. Kysymyksissä on yhtenä työvaiheena eristys, mutta käytännössä putkiasentajat eivät tee eristyksiä vaan työn tekee erillinen eristäjä, joka on lähes poikkeuksetta eri yrityksestä. Eristystyön ja Firan aikataulusuunnitelmia aiheuttaa työn jaksotus kylpyhuonekohtaisesti, eristäjä haluaisi tehdä urakalla isompia kokonaisuuksia kerralla, kun taas työmaalla ei välttämättä ole tarjolla kuin pieniä osioita, jotka kuitenkin pitäisi tehdä heti, että päästään laittamaan kylpyhuoneen katto tai putkihormi kiinni ja sitä myötä seuraavat vaiheet voivat edetä. Eristäjän nopeasti paikalle saamiseksi voidaankin kohdistaa päiväksi töitä vaikkapa lämpölinjojen eristyksen muodossa, jos tämä sattuu tehtäväksi kuulumaan. Toinen vaihtoehto olisi eristyksen sisällyttäminen putkimiehille, jotka voisivat alakatossa eristää putket samalla kun ovat ne asentaneet ja alakattomies pääsisi jatkaamaan heti kattotyötä. Nousuhormit eristäisi eristäjä, koska koepaineet täytyy pitää kuitenkin ennen eristystä ja hormin sulkemista.

## 7 Yhteenveto

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää syitä putkityön keston hajontaan Fira Oy:n linja-saneeraus kohteissa sekä laatia ehdotuksia hajonnan pienentämiseksi. Tutkimukseen liittyi myös työvaiheen keston määrittämistä PERT-menetelmällä ja tähän liittyvä kriittisen ketjun määrittäminen aikataulun toteutumisen varmistamiseksi. Työvaiheen keston hajontaa selvitettiin haastattelemalla putkityöntekijöitä työkohteissaan. Haettiin syitä työvaiheen keston hajontaan ja kolme työnkeston aikapistettä (lyhin, normaali ja pisin), tämän pohjalta luotiin taulukko, josta selviää keskiarvo, keskihajonta ja varianssi. Näistä luotiin kriittinen polku ja laskettiin PERT-menetelmällä todennäköisyys tehtäväketjun toteutumisen kestolle. Tehtäväketjun keston toteutumista luultavasti vaikeuttavat työvaiheiden väliin tulevat rakentamiseen liittyvät työvaiheet; hormien sulkeminen, laatoitus yms. Todellisuudessa täytyisi kaikki toteutuksen vaiheet nivoa ketjuksi ja siitä laskea todennäköinen toteuma. Opinnäytetyössä on ehdotettu aikataulun pitävyyden varmistamiseksi hormien paikan siirtoa, jolloin vältetään hormoneista löytyvät yllätykset ja voidaan tehdä uusi nousu kokonaan ja paljon valmistelevia töitä ennen asuntoihin menoa.

## Lähteet

- 1 Artto, Martinsuo & Kujala. 2006, 2.painos 2008. Projektiliiketoiminta. WSOY, Helsinki  
([http://pbgroupp.aalto.fi/en/the\\_book\\_and\\_the\\_glossary/projektiliiketoiminta.pdf](http://pbgroupp.aalto.fi/en/the_book_and_the_glossary/projektiliiketoiminta.pdf))
- 2 Helminen, Heli. 2008. Työmääräarviointi ja aikataulusuunnittelu IT-projekteissa. Pro gradu –tutkielma Tampereen yliopisto
- 3 Pyy, Petri. 2014. Moniprojektihallinnan työkalujen kehittäminen. Diplomityö Tampereen teknillinen yliopisto
- 4 Wikipedia, <https://fi.wikipedia.org/wiki/PERT> katsottu 14.12.2015
- 5 FIRA, <http://www.firapalvelut.fi/yritys> katsottu 27.12.2015
- 6 Anssi Koskenvesa, Satu Sahlstedt. 2.painos 2013. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Rakennustieto Oy, Helsinki
- 7 Rita Lindberg, Anssi Koskenvesa, Satu Sahlstedt. 12.uudistettu painos 2012. Aikataulukirja 2013. Rakennustieto Oy, Helsinki
- 8 Anssi Koskenvesa, Satu Sahlstedt, Tarja Mäki ja Matti Lahtinen. 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta 2018. Rakennustieto Oy, Helsinki
- 9 RT 10-11225 ohjekortti, Talonrakennushankkeen kulku. Kesäkuu 2016. Rakennustieto Oy, Helsinki



## **Liite 1: Haastattelukysymyksiä**

Ensin keskitytään kolmen aikapisteen määrittämisen mahdollistaviin kysymyksiin. Eliikä lyhin mahdollinen aika, pisin mahdollinen aika ja yleisimmin työhön menevä aika.

1. Kauanko aikaa menee työvaiheen suorittamiseen nopeimmillaan?
2. Kauanko työvaiheen tekeminen kestää, kun kaikki menee pieleen?
3. Kauanko työvaiheen tekemiseen menee normaalisti?

## Liite 2: Tutkittavat työvaiheet

### Haastattelu 1

#### 1. Vesilinjan nosto läpi talon kupariputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen (juottaminen yms.)
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 3h/kerros  
normaali 3,75h/kerros  
maksimi 4,5h/kerros

Täyspitkillä kupariputkilla, liitokset juottamalla ja haarat poraamalla. Haaroittaminen liitososilla tarkoittaa enemmän mittaamista ja juottamista + osien kustannus.

#### 2. Vesilinjan nosto läpi talon komposiittiputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen puristusliitoksella
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 2,5h/kerros  
normaali 3,25h/kerros  
maksimi 4,5h/kerros

Hieman nopeampi kuin kupari, kevyempää, hitsaus ja sammutuskalusto jää pois, mutta enemmän mittaamista ja liitosten puristelua.

#### 3. Viemäriin nosto läpi talon muoviputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 1,5h/kerros  
normaali 1,75h min/kerros  
maksimi 2h/kerros

#### 4. Viemäriinlinjan nosto läpi talon valurautaputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi	2,25h/kerros
normaali	2,5h/kerros
maksimi	3h/kerros

Hieman hitaampi kuin muovi johtuen painosta, leikkaamisesta ja pantojen asennuksesta. Palokatkot helpompia toteuttaa kuin muovilla.

#### 5. Huoneistokohtainen vesiputkien haaroitus

- kannakointi
- vesimittarien asennus
- putkien asennus
- koeponnistus
- eristys

minimi	6h
normaali	8h
maksimi	10h

Haaroituksien erikseen teko ei ole sidoksissa muihin työvaiheisiin, mutta on kuitenkin työmaakohtaista voiko tehdä yhtä aikaa pintaputkituksen kanssa. Etuina ainakin eristyksen ja alakattorunkojen teko ei ole riippuvainen muista työvaiheista, miinuksena seuraavien työvaiheiden suorittajat usein vääntelevät ja rikkovat asennuksia sekä viime tipassa tulleet asukas- ja suunnitelmamuutokset vaativat työn uudelleen suorittamista. Mikäli haaroituksissa on paljon toistoa, kannattaa putkituksen kokoamista tehdä ennakkoon.

#### 6. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus roilottuna

- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara /oma lattiakaivo

minimi 4h  
normaali 4,5h  
maksimi 6h

Roilojen tulee olla tarpeeksi väljiä, että putket mahtuvat ja pohjien täytyy kaataa oikeaan suuntaan. Putket ja lattiakaivot valettava kiinni pian koska seuraavien työvaiheiden suorittajat polkevat ne mahdollisesti pois paikoiltaan.

#### 7. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus kylpyhuoneen katossa

- kannakointi
- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara/oma lattiakaivo
- putken eristys

minimi 5h  
normaali 5,5h  
maksimi 7h

Lattiakaivot voi valaa kiinni ennen viemärin vetoa. Roiloukseen verrattuna tässä huomioidavaa palokatko ja ääneneristys sekä alakatto jota ei muuten välttämättä tulisi.

8. Pintaputkien veto kromatulla kupariputkella

- kannakointi
- putkien asennus
- liittimien puristus (koneella tai käsin)
- WC-pöntön liimaus
- lavuaarin ja hanan asennus
- suihkuvarusteiden asennus
- pesukonehana
- rätipatteri
- vedet päälle

minimi 8h  
normaali 10h  
maksimi 12h

Helmiliitosten käyttö hieman hitaampaa kuin koneella puristettavien, mittavirheen sattuessa helmiliitoksen voi kuitenkin avata toisin kuin puristetun

PERT

Haastattelu 1.

Työvaiheen kesto tunneissa

	minimi	normaali	maksimi		keskiarvo(M)	keskihajonta(S)	variassi(V)
1	3	3,75	4,5		3,75	0,25	0,06
2	2,5	3,25	4,5		3,33	0,33	0,11
3	1,5	1,75	2		1,75	0,08	0,01
4	2,25	2,5	3		2,54	0,13	0,02
5	6	8	10		8,00	0,67	0,44
6	4	4,5	6		4,67	0,33	0,11
7	5	5,5	7		5,67	0,33	0,11
8	8	10	12		10,00	0,67	0,44
					0,00	0,00	0,00

## Haastattelu 2

### 1. Vesilinjan nosto läpi talon kupariputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen (juottaminen yms.)
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 3h/kerros  
normaali 4h/kerros  
maksimi 6h/kerros

Purkupuutteet, kaasupullojen siirtely, tavaroiden haku, suunnitelmamuutokset, toiset työvaiheet edessä tai päällä(karisee hormia pitkin), tarkka-aikataulu aiheuttaa ongelmia poissaolojen suhteen.

### 2. Vesilinjan nosto läpi talon komposiittiputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen puristusliitoksella
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 1,5h/kerros  
normaali 2h/kerros  
maksimi 3h/kerros

Nopea tehdä joten aiheuttaa muille aikataulupaineita, vaatii vapaata mestaa, kannakkeiden kiinnisaaminen(mitä materiaalia hormi on).

### 3. Viemäriin nosto läpi talon muoviputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 4h/kerros  
normaali 6h/kerros  
maksimi 8h/kerros

Hormien muoto, läpivientien koko.

### 4. Viemäriin nosto läpi talon valurautaputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 6h/kerros  
normaali 8h/kerros  
maksimi 12h/kerros

Painavat osat, vanhojen lämpölinjojen edessä olo, putken leikkaaminen ulkona, päiden maalaus ja kuivuminen, leikkaustapa.

### 5. Huoneistokohtainen vesiputkien haaroitus

- kannakointi
- vesimittarien asennus
- putkien asennus
- koeponnistus
- eristys

minimi 4h  
normaali 7h  
maksimi 11h

Pienissä tiloissa muut putket edessä (esteettömyys vaikuttaa paljon), komposiitti ja puristus nopeuttaa, kaasupullojen siirto.

6. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus roilottuna

- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara /oma lattiakaivo

minimi 1h  
normaali 2h  
maksimi 3h

Roilot viimeistely kunnolla, esteetön mesta.

7. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus kylpyhuoneen katossa

- kannakointi
- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara/oma lattiakaivo
- putken eristys

minimi 2h  
normaali 4h  
maksimi 10h

Lattiakaivot valettava kiinni ennen viemärin vetoa, katossa olevat haitat.



8. Pintaputkien veto kromatulla kupariputkella

- kannakointi
- putkien asennus
- liittimien puristus (koneella tai käsin)
- WC-pöntön liimaus
- lavuaarin ja hanan asennus
- suihkuvarusteiden asennus
- pesukonehana
- rätipatteri
- vedet päälle

minimi 4h  
normaali 6h  
maksimi 8h

Vapaa mesta, asukas muutokset, tavarat lähellä (kannettuna huoneistoon valmiiksi).

PERT

Haastattelu 2.

Työvaiheen kesto tunneissa

	minimi	normaali	maksimi		keskiarvo(M)	keskiha- jonta(S)	variassi(V)
1	3	4	6		4,17	0,50	0,25
2	1,5	2	3		2,08	0,25	0,06
3	4	6	8		6,00	0,67	0,44
4	6	8	12		8,33	1,00	1,00
5	4	7	11		7,17	1,17	1,36
6	1	2	3		2,00	0,33	0,11
7	2	4	10		4,67	1,33	1,78
8	4	6	8		6,00	0,67	0,44
					0,00	0,00	0,00

### Haastattelu 3

#### 1. Vesilinjan nosto läpi talon kupariputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen (juottaminen yms.)
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 3h/kerros  
normaali 5h/kerros  
maksimi 7h/kerros

Hormin suoruus, muoto, väljyys ja materiaali aiheuttaa hajontaa, purun väljyys nopeuttaa. Sammuttimien ja kaasupullojen siirtely hidastaa.

#### 2. Vesilinjan nosto läpi talon komposiittiputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen puristusliitoksella
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 2h/kerros  
normaali 3h/kerros  
maksimi 4h/kerros

Hormin suoruus, muoto, väljyys ja materiaali aiheuttaa hajontaa, purun väljyys nopeuttaa. Puristimen mahtuminen hormiin

#### 3. Viemäriinjan nosto läpi talon muoviputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 2,5h/kerros  
normaali 4h min/kerros  
maksimi 7h/kerros

Hormin suoruus, muoto, väljyys ja materiaali aiheuttaa hajontaa, purun väljyys nopeuttaa. Läpivientien koko.

#### 4. Viemäriin nosto läpi talon valurautaputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 5h/kerros  
normaali 7h/kerros  
maksimi 10h/kerros

Painavat osat, leikkaaminen, päiden maalaus ja pantojen asennus hidasta. Palokatkot helppoja.

#### 5. Huoneistokohtainen vesiputkien haaroitus

- kannakointi
- vesimittarien asennus
- putkien asennus
- koeponnistus
- eristys

minimi 5h  
normaali 8h  
maksimi 11h

Esteettömyys katossa vaikuttaa paljon, seinähajotuksien teko samalla nopeuttaa kalustusta, puristusliitokset nopeampia jää kaasu- ja sammutinpullojen siirtely pois.

#### 6. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus roilottuna

- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara /oma lattiakaivo

minimi 2h  
normaali 3h  
maksimi 7h

Roilot tarpeeksi väljiä, pohja kaataa oikeaan suuntaan. Putket ja lattiakaivot valetaan kiinni ettei ne liiku.

#### 7. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus kylpyhuoneen katossa

- kannakointi
- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara/oma lattiakaivo
- putken eristys

minimi 2,5h  
normaali 4h  
maksimi 8h

Lattiakaivot valetaan kiinni ennen viemärin vetoa. Palokatko ja ääneneristys hankalampaa. Risteävä tekniikka katossa haittaa.

#### 8. Pintaputkien veto kromatulla kupariputkella

- kannakointi
- putkien asennus
- liittimien puristus (koneella tai käsin)
- WC-pöntön liimaus
- lavuaarin ja hanan asennus
- suihkuvarusteiden asennus
- pesukonehana
- räättipatteri
- vedet päälle

minimi 4h  
normaali 6h  
maksimi 10h

Asukas muutokset, tarvikkeet valmiiksi tuotuna huoneistoon. Laatan kovuus ja kiinnittyminen alustaan.

PERT

Haastattelu 3.

Työvaiheen kesto tunneissa

	minimi	normaali	maksimi		keskiarvo(M)	keskiha- jonta(S)	varianssi(V)
1	3	5	7		5,00	0,67	0,44
2	2	3	4		3,00	0,33	0,11
3	2,5	4	7		4,25	0,75	0,56
4	5	7	10		7,17	0,83	0,69
5	5	8	11		8,00	1,00	1,00
6	2	3	7		3,50	0,83	0,69
7	2,5	4	8		4,42	0,92	0,84
8	4	6	10		6,33	1,00	1,00
					0,00	0,00	0,00

#### Haastattelu 4

##### 1. Vesilinjan nosto läpi talon kupariputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen (juottaminen yms.)
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 3h/kerros  
normaali 4h/kerros  
maksimi 8h/kerros

Hormin suoruus, kannakkeiden kiinnitys, hormin ahtaus ja muoto.

##### 2. Vesilinjan nosto läpi talon komposiittiputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen puristusliitoksella
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 2h/kerros  
normaali 3h/kerros  
maksimi 4h/kerros

Hormin suoruus, kannakkeiden kiinnitys, hormin ahtaus ja muoto. Puristin vaatii tilaa.

##### 3. Viemäriin nosto läpi talon muoviputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 1h/kerros  
normaali 2h min/kerros  
maksimi 3h/kerros

Hormin suoruus, kannakkeiden kiinnitys, hormin ahtaus ja muoto.

#### 4. Viemäriin nosto läpi talon valurautaputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 2h/kerros  
normaali 4h/kerros  
maksimi 6h/kerros

Hormin suoruus, kannakkeiden kiinnitys, hormin ahtaus ja muoto. Työstäminen, painavat osat.

#### 5. Huoneistokohtainen vesiputkien haaroitus

- kannakointi
- vesimittarien asennus
- putkien asennus
- koeponnistus
- eristys

minimi 3h  
normaali 5h  
maksimi 6h

Kaluste järjestys, kannakkeiden kiinnitys, muu risteävä tekniikka.

#### 6. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus roilottuna

- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara /oma lattiakaivo

minimi 2h  
normaali 4h  
maksimi 8h

Lattiakaivot ja putket valettava kiinni. Roilojen väljyys helpottaa.

#### 7. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus kylpyhuoneen katossa

- kannakointi
- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara/oma lattiakaivo
- putken eristys

minimi 3h  
normaali 4h  
maksimi 6h

Risteävä tekniikka, kaivot valetaan ensin kiinni.

#### 8. Pintaputkien veto kromatulla kupariputkella

- kannakointi
- putkien asennus
- liittimien puristus (koneella tai käsin)
- WC-pöntön liimaus
- lavuaarin ja hanan asennus
- suihkuvarusteiden asennus
- pesukonehana
- rätipatteri
- vedet päälle

minimi 5h  
normaali 7h  
maksimi 10h

Kalusteet oltava paikoillaan, osakasmuutokset



PERT

Haastattelu 4.

Työvaiheen kesto tunneissa

	minimi	normaali	maksimi		keskiarvo(M)	keskiha- jonta(S)	variassi(V)
1	3	4	8		4,50	0,83	0,69
2	2	3	4		3,00	0,33	0,11
3	1	2	3		2,00	0,33	0,11
4	2	4	6		4,00	0,67	0,44
5	3	5	6		4,83	0,50	0,25
6	2	4	8		4,33	1,00	1,00
7	3	4	6		4,17	0,50	0,25
8	5	7	10		7,17	0,83	0,69
					0,00	0,00	0,00

## Haastattelu 5

### 1. Vesilinjan nosto läpi talon kupariputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen (juottaminen yms.)
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 6h/kerros  
normaali 8h/kerros  
maksimi 12h/kerros

Kuilun suoruus, koko, materiaali, muoto, suoruus, tekijän päivän kunto, vuodonilmaisoin malli.

### 2. Vesilinjan nosto läpi talon komposiittiputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen puristusliitoksella
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 5h/kerros  
normaali 8h/kerros  
maksimi 10h/kerros

Kuilun suoruus, koko, materiaali, muoto, suoruus, tekijän päivän kunto. Puristeosien pohjaan meno.

### 3. Viemäriinjan nosto läpi talon muoviputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 2h/kerros  
normaali 3h min/kerros  
maksimi 6h/kerros

Kuilun suoruus, koko, materiaali, muoto, suoruus.

#### 4. Viemäriin nosto läpi talon valurautaputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 3h/kerros  
normaali 4h/kerros  
maksimi 8h/kerros

Kuilun suoruus, koko, materiaali, muoto, suoruus. Painava, huono työstää, katkaisukohdan maalaus.

#### 5. Huoneistokohtainen vesiputkien haaroitus

- kannakointi
- vesimittarien asennus
- putkien asennus
- koeponnistus
- eristys

minimi 4h  
normaali 7h  
maksimi 12h

Muu tekniikka edessä, kannakkeiden kiinni pysyvyys, puristamalla nopeampi

#### 6. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus roilottuna

- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavaaari haara /oma lattiakaivo

minimi 2h  
normaali 4h  
maksimi 8h

Kaatojen teko hidasta, roilojen tilavuus ja pohjan tasaisuus, korkomaailma.

#### 7. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus kylpyhuoneen katossa

- kannakointi
- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara/oma lattiakaivo
- putken eristys

minimi 2h  
normaali 4h  
maksimi 6h

Muu tekniikka, tukkolevyt edessä, timanttireiän paikka oikea, valetut putket suorassa, kaivojen valu nopeuttaa muiden putkien valu hidastaa.

#### 8. Pintaputkien veto kromatulla kupariputkella

- kannakointi
- putkien asennus
- liittimien puristus (koneella tai käsin)
- WC-pöntön liimaus
- lavuaarin ja hanan asennus
- suihkuvarusteiden asennus
- pesukonehana
- räätipatteri
- vedet päälle

minimi 8h  
normaali 12h  
maksimi 16h

Siisteys, valaistus, koviin laattoihin vaikeita porata, viemäreiden paikka kohdillaan, kylpyhuoneen koko, kalusteiden malli.

PERT

Haastattelu 5.

Työvaiheen kesto tunneissa

	minimi	normaali	maksimi		keskiarvo(M)	keskiha- jonta(S)	variassi(V)
1	6	8	12		8,33	1,00	1,00
2	5	8	10		7,83	0,83	0,69
3	2	3	6		3,33	0,67	0,44
4	3	4	8		4,50	0,83	0,69
5	4	7	12		7,33	1,33	1,78
6	2	4	8		4,33	1,00	1,00
7	2	4	6		4,00	0,67	0,44
8	8	12	16		12,00	1,33	1,78
					0,00	0,00	0,00

## Haastattelu 6

### 1. Vesilinjan nosto läpi talon kupariputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen (juottaminen yms.)
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 3h/kerros  
normaali 4h/kerros  
maksimi 6h/kerros

Kannakkeiden kiinni pysyminen, ahtaat tilat, palovaara juottaessa, huono suunnittelu, suunnitelmat ja todellisuus ei vastaa toisiaan.

### 2. Vesilinjan nosto läpi talon komposiittiputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen puristusliitoksella
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 2,5h/kerros  
normaali 3,5h/kerros  
maksimi 4h/kerros

Kannakoinnin tarve lisääntyy, puristimen mahtuminen hormiin.

### 3. Viemäriinlinjan nosto läpi talon muoviputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 45min/kerros  
normaali 1h min/kerros  
maksimi 2h/kerros

Kannakkeiden kiinni pysyminen, väljäksi purettu niin mahtuu putket ongelmitta, hormin koko.

#### 4. Viemäriin nosto läpi talon valurautaputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 1,5h/kerros  
normaali 2h/kerros  
maksimi 4h/kerros

Osien paino vaikeuttaa asennusta.

#### 5. Huoneistokohtainen vesiputkien haaroitus

- kannakointi
- vesimittarien asennus
- putkien asennus
- koeponnistus
- eristys

minimi 4h  
normaali 6h  
maksimi 8h

Kannakkeiden kiinni pysyminen, tilojen ahtaus, risteävä muu tekniikka katossa.

#### 6. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus roilottuna

- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara /oma lattiakaivo

minimi 2h  
normaali 3h  
maksimi 5h

Roilojen koko ja syvyys korkomerkit puuttuu tai on epäselvät

#### 7. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus kylpyhuoneen katossa

- kannakointi
- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara/oma lattiakaivo
- putken eristys

minimi 2h  
normaali 2,5h  
maksimi 5h

Risteävä tekniikka, kannakkeiden kiinni pysyminen.

#### 8. Pintaputkien veto kromatulla kupariputkella

- kannakointi
- putkien asennus
- liittimien puristus (koneella tai käsin)
- WC-pöntön liimaus
- lavuaarin ja hanan asennus
- suihkuvarusteiden asennus
- pesukonehana
- räättipatteri
- vedet päälle

minimi 4h  
normaali 6h  
maksimi 8h

Siisteys, kylpyhuoneen ahtaus, pöntön kiinnitys, suunnitelmapuutteet.



PERT

Haastattelu 6.

Työvaiheen kesto tunneissa

	minimi	normaali	maksimi		keskiarvo(M)	keskiha- jonta(S)	variassi(V)
1	3	4	6		4,17	0,50	0,25
2	2,5	3,5	4		3,42	0,25	0,06
3	0,75	1	2		1,13	0,21	0,04
4	1,5	2	4		2,25	0,42	0,17
5	4	6	8		6,00	0,67	0,44
6	2	3	5		3,17	0,50	0,25
7	2	2,5	5		2,83	0,50	0,25
8	4	6	8		6,00	0,67	0,44
					0,00	0,00	0,00

## Haastattelu 7

### 1. Vesilinjan nosto läpi talon kupariputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen (juottaminen yms.)
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 3h/kerros  
normaali 4h/kerros  
maksimi 7h/kerros

Hormien suoruus, muoto ja koko, kannakkeiden kiinni saaminen.

### 2. Vesilinjan nosto läpi talon komposiittiputkella 4krs

- Kannakointi
- putken asennus ja liittäminen puristusliitoksella
- huoneistohaarojen teko
- koeponnistus
- eristys

minimi 2,5h/kerros  
normaali 3h/kerros  
maksimi 4h/kerros

Hormien suoruus, muoto ja koko, kannakkeiden kiinni saaminen, puristimen käyttö hormissa.

### 3. Viemäriinlinjan nosto läpi talon muoviputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 1h/kerros  
normaali 2h/kerros  
maksimi 3,5h/kerros

Hormien suoruus, muoto ja koko, kannakkeiden kiinni saaminen, haaroille aukot tarpeeksi avaria.

#### 4. Viemäriin nosto läpi talon valurautaputkella 4krs

- kannakointi
- putken asennus,
- haarat kerroksiin

minimi 2h/kerros  
normaali 4h/kerros  
maksimi 8h/kerros

Hormien suoruus, muoto ja koko, kannakkeiden kiinni saaminen, osien paino, katkaisu, katkaistun pinnan maalaus ja kuivuminen, liitoksien teko.

#### 5. Huoneistokohtainen vesiputkien haaroitus

- kannakointi
- vesimittarien asennus
- putkien asennus
- koeponnistus
- eristys

minimi 4h  
normaali 7h  
maksimi 10h

Muu risteävä tekniikka katossa.

#### 6. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus roilottuna

- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara /oma lattiakaivo

minimi 2h  
normaali 3h  
maksimi 6h

Lattiaroilojen väljyys, pohjan sileyys, ylipäättään roilouksen onnistuminen, kaivot ja putket juottaa kiinni ennen loppuvalua.

#### 7. Huoneistokohtainen viemärin haaroitus kylpyhuoneen katossa

- kannakointi
- putken asennus
- lattiakaivon asennus
- pesukoneen poistoputki
- lavuaari haara/oma lattiakaivo
- putken eristys

minimi 2h  
normaali 4h  
maksimi 7h

Muu risteävä tekniikka, kaivot valettava kiinni ennen haaroitusta, tarttuuko kannakkeet kiinni kattoon.

#### 8. Pintaputkien veto kromatulla kupariputkella

- kannakointi
- putkien asennus
- liittimien puristus (koneella tai käsin)
- WC-pöntön liimaus
- lavuaarin ja hanan asennus
- suihkuvarusteiden asennus
- pesukonehana
- räätipatteri
- vedet päälle

minimi 4h  
normaali 6h  
maksimi 8h

Kylpyhuoneen koko, suunnitelma- ja asukasmuutokset.

PERT

Haastattelu 7.

Työvaiheen kesto tunneissa

	minimi	normaali	maksimi		keskiarvo(M)	keskiha- jonta(S)	variassi(V)
1	3	4	7		4,33	0,67	0,44
2	2,5	3	4		3,08	0,25	0,06
3	1	2	3,5		2,08	0,42	0,17
4	2	4	8		4,33	1,00	1,00
5	4	7	10		7,00	1,00	1,00
6	2	3	6		3,33	0,67	0,44
7	2	4	7		4,17	0,83	0,69
8	4	6	8		6,00	0,67	0,44
					0,00	0,00	0,00