

Miro Juuti

## **KORJAUSKOHTTEEN ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN RAKENTAMINEN**

Rakennusmateriaalien suunnittelu, työn aikataulutus ja kustannusten laskenta

# **KORJAUSKOHTTEEN ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN RAKENTAMINEN**

Rakennusmateriaalien suunnittelu, työn aikataulus ja kustannusten laskenta

Miro Juuti  
Opinnäytetyö  
Kevät 2023  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Tuotantotekniikka

---

Tekijä: Miro Juuti  
Opinnäytetyön nimi: Korjauskohteen ilmanvaihtokonehuoneiden rakentaminen  
Työn ohjaaja: Vesa Pitsinki  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2023  
Sivumäärä + liitteet: 48 + 8

---

Ilmanvaihtokoneiden suunnittelussa on huomioitava erityisesti paloturvallisuus, johon ottaa kantaa rakennus- ja maankäyttölaki sekä ympäristöministeriö. Paloturvallisuus ohjaa rakentamisessa käyttämään tiettyihin tiloihin sekä rakennuksiin rakennusmateriaaleja, jotka eivät osallistu paloon lainkaan tai sitten hyvin vähäisesti. Ilmanvaihtokonehuoneet ovat lähtökohtaisesti omia palo-osastojaan, eli palo ei saa levitä niiden ulkopuolelle. Opinnäytetyön tavoitteena oli auttaa yhteistyöyritystä tuottamaan mahdollisimman laadukkaat rakenteet ilmanvaihtokonehuoneille hyvällä aikataululla sekä kustannustehokkaasti.

Teoriaosassa tutustuttiin rakennusmateriaalien tärkeimpiin ominaisuuksiin sekä rakennushankkeen aikataulutuksen ja kustannuslaskentaan. Työ alkoi tutustumalla paloturvallisuuteen, joka on määrää suuresti, mitä rakennusmateriaaleja on mahdollista käyttää kohteessa. Tämän jälkeen piti perehtyä rakennustyön aikataulutukseen, johon löytyi Rakennustiedolta hyvä opas. Oppaaseen oli koottu eri lähteistä kaikki tarvittava tieto aikataulujen luomiseen. Vastaavanlainen opas löytyi myös kustannuslaskennan osalta ja sen avulla perehdyttiin rakennushankkeen kustannuksien hallintaan ja laskentaan.

Työssä kohteena oli Coronarian omistama rakennus, jota korjattiin sekä muokattiin fysioterapia- ja kuntoutuskäyttöön. Kohteen rakennusmateriaalit valittiin niiden ominaisuuksien, hinnan ja saatavuuden perusteella, rakennushankkeelle luotiin yleisaikataulu sekä laskettiin näiden avulla kustannusarvio tapahtuvasta työstä. Opinnäytetyön lopussa on raportointi rakentamisen vaiheista.

---

Asiasanat:  
Korjausrakentaminen, materiaalisuunnittelu, aikataulutus, kustannuslaskenta

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Civil Engineering, Option of House Building Engineering

---

Author: Miro Juuti

Title of thesis: Building of Ventilation Machine Rooms in Renovation Project

Supervisor: Vesa Pitsinki

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023

Number of pages: 48 + 8 appendices

---

Fire safety must be considered in the design of ventilation machines, which is addressed by the Building and Land Use Act and the Ministry of the Environment. In construction, fire safety guides the use of building materials in certain spaces and buildings that do not participate in fire at all or very little. Ventilation machine rooms are basically their own fire departments, meaning that the fire must not spread outside them. The aim of the thesis was to help a partner company to produce the high-quality structures for ventilation machine rooms, with a good schedule and cost-effectively.

The theory part of the thesis consists of the most important properties of building materials, the theory of scheduling and cost accounting. Knowledge about building materials and their properties was gained from the internet via the manufacturer websites. In principle, the manufacturers clearly state the building physical properties of the materials and their suitable uses, which made it easier to do the choices for the best materials for the ventilation machine rooms. For the scheduling and cost calculation of the construction project, there were good manuals about the subject from Rakennustieto, which collected the issues that were being investigated from different sources.

In the practical part of the thesis, choices about the suitability for the ventilation machine rooms were based on the properties, price, and availability of the building materials. A general schedule was created and the cost estimate for the project was calculate. At the end of the thesis, there is a documentation about the construction work that took place. It is documented with pictures and explained in text. Its purpose is to open the steps of building a ventilation machine room to the reader.

---

Keywords: Repair construction, material planning, scheduling, cost accounting

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää Rakennus-Koskela Oy:n toimitusjohtajaa Heikki Koskelaa mahdollisuudesta tämän työn tekemiseen sekä työpäällikköä Jussi Koskela työssä avustamisesta sekä neuvoista.

Oulussa 20.01.2023

Miro Juuti

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	RAKENNUSHANKKEEN MATERIAALIVALINTOJEN PERUSTEITA .....	8
2.1	Paloturvallisuus .....	8
2.1.1	Paloluokat .....	8
2.1.2	Rakennusosien paloluokitus .....	9
2.1.3	Rakennusmateriaalien paloluokitus .....	10
2.2	Rakennusmateriaalien lämmöneristävyys .....	11
2.3	Betoni osana talonrakentamista .....	12
3	RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUTUS .....	13
3.1	Aikataulutyytit .....	13
3.2	Rakennushankkeessa käytettävät aikataulut.....	20
4	RAKENNUSHANKKEEN KUSTANNUSLASKENTA .....	24
5	LAMELLITALON KOHDETIEDOT .....	27
6	LAMELLITALON ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN RAKENNUSMATERIAALIRATKAISUT .....	28
6.1	Ilmanvaihtokonehuoneiden lattioiden rakennusmateriaaliratkaisut.....	28
6.2	Ilmanvaihtokonehuoneiden seinien rakennusmateriaaliratkaisut.....	29
6.3	Ilmanvaihtokonehuoneiden kattojen rakennusmateriaaliratkaisut .....	30
6.4	Ilmanvaihtokonehuoneiden rakennusmateriaalien määrät .....	31
7	LAMELLITALON ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN RAKENNUSTYÖN AIKATAULUTUS.....	32
8	LAMELLITALON ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN KUSTANNUSARVIO .....	33
9	LAMELLITALON ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN RAKENNUSTYÖN VAIHEET .....	35
10	TULOKSET.....	45
	LÄHTEET.....	46
	LIITEET.....	49

# 1 JOHDANTO

Ilmanvaihtokonehuoneissa on tarkoitus säilyttää ilmanvaihtokoneita, jotka kierrättävät rakennuksen sisällä ilmaa. Konehuoneiden tulee olla omia palo-osastojaan, eli niiden pitää mahdollisessa palotilanteessa pystyä estämään palon ja savukaasujen leviäminen palo-osastosta toiseen. Ilmanvaihtokonehuoneiden on myös hyvä olla äänieristettyjä tiloja, koska suuret ilmanvaihtokoneet tuottavat paljon ääntä.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa tilaajalle laadukkaita ilmanvaihtokonehuoneita valitsemalla kohteeseen sopivat materiaalit ja aikatauluttamalla työ mahdollisimman tehokkaasti. Osa työtä on myös alustavien kustannusten laskenta, johon materiaalivalinnat sekä aikataulutus vaikuttavat suoraan.

Korjausrakennuskohteen ilmanvaihtokonehuoneiden suunnittelussa pitää perehtyä rakennusmateriaalien ominaisuuksiin sekä kustannusten hallintaan. Rakennusmateriaaleja valitessa täytyy olla tietoinen mikä on tilan käyttötarkoitus ja sille asetetut vaatimukset. Rakennustyön aikataulutusessa pitää suunnitella työlle mahdollisimman tarkka aikataulu, jossa on joustoa mahdollisia virheitä tai viivästyksiä varten. Kun laskee rakennushankkeen kustannuksia pitää tiedossa olla tulevat rakennusmateriaalit ja niiden määrä sekä rakennustyön kesto, jotta voidaan tehdä arvio siitä, kuinka paljon projekti tulee maksamaan.

Työn tilaajana toimi Rakennus-Koskela Oy, Oululainen perheyrittäjä, joka on toiminut alueella jo yli 40 vuoden ajan. Yritys on keskikokoinen korjausrakentamiseen erikoistunut rakennusliike, mutta tekee myös uudis- ja julkisrakentamista.

## 2 RAKENNUSHANKKEEN MATERIAALIVALINTOJEN PERUSTEITA

### 2.1 Paloturvallisuus

Materiaaleja valitessa yksi määrävimmistä perusteista on paloturvallisuus, joka määritetään maankäyttö- ja rakennuslaissa 132/1999 117 b §: nojalla ja sellaisena se on laissa 958/2012 (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017).

Rakennusta suunniteltaessa pitää huomioida sen käyttötarkoituksen mukaiset paloturvallisuudelle asetetut tekniset vaatimukset. Nämä paloturvallisuudelle asetetut tekniset vaatimukset täyttyvät, jos rakennus suunnittelussa noudatetaan ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta luokkien ja lukuarvojen mukaisesti. Rakennus voidaan suunnitella ja rakentaa olettaen todennäköiset tilanteet ja palonkehitys. Jotta voidaan todeta vaatimusten täyttö olettamuksista, pitää rakennuslupamenettelyn yhteydessä pystyä todistamaan suunnittelun perusteet, käytetyt mallit ja saadut tulokset. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 3§.)

Rakennukset tai sen palo-osastot ryhmitellään niiden pääkäyttötarkoituksen perusteella, joita ovat

- asunnot
- majoitustilat
- hoitolaitokset
- liike- ja kokoontumistilat
- työpaikat
- varasto- ja tuotantotilat
- autosuojat (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 5§).

#### 2.1.1 Paloluokat

Rakennuksille on neljä erilaista paloluokkaa, jotka määräytyvät paloturvallisuusasetusten mukaisesti. Paloluokkia ovat P0, P1, P2 ja P3. (Rakennuksen paloluokan määrittäminen ja keskeiset palotekniset vaatimukset 2019, 2.)



Paloluokan P0 rakennukset ovat suunniteltu oleellisilta osin tai jopa kokonaan käyttäen palonkehityksen oletuksiin perustuvaa menettelyä. P0-luokan rakennukset vaativat aina erityissuunnittelua ja paloteknisen suunnittelijan käyttöä. P0-paloluokan rakennusten suunnitelmissa on esitettävä koko elinkaaren ajalta tehdyt oletukset, perusteet palotilanteille, jotka on valittu tarkasteluun, käytetyt menetelmät sekä niiden soveltuvuusrajoitukset, herkkyyksianalyysi sekä hyväksymiskriteerit. (Rakennuksen paloluokan määrittäminen ja keskeiset palotekniset vaatimukset 2019, 2.)

P1-paloluokan rakennuksien kantavien rakenteiden pääsääntöisesti oletetaan kestävä tuloslaissa sortumatta ja tämän paloluokan rakennuksen henkilömäärää tai kokoa ei ole rajoitettu. P1-paloluokan rakennukset ovat yleensä suuria yli 2-kerroksisia rakennuksia, mutta 1- ja 2-kerroksiset rakennukset voivat olla P1-luokassa, mikäli rakennuksen henkilömäärä- ja kokorajoitukset eivät salli rakennuksen sijoittamista alempiin paloluokkiin. (Rakennuksen paloluokan määrittäminen ja keskeiset palotekniset vaatimukset 2019, 2.)

P2-paloluokan rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset ovat paloteknisesti alempana, kuin P1-luokan rakennusten ja sen korkeutta kerroslukua sekä henkilömäärää on rajoitettu. P2-luokan rakennus on yleensä suurehko enintään kaksikerroksinen ja enintään 9 metriä korkea rakennus. Myös automaattisella sammutuslaitteistolla varustetut enintään 8-kerroksiset ja 28 metriä korkeat hoitolaitokset, majoitus-, työpaikka ja asuinrakennukset sekä enintään neljäkerroksiset ja 14 metriset liike- ja kokoontumisrakennukset voidaan sijoittaa P2-paloluokkaan. (Rakennuksen paloluokan määrittäminen ja keskeiset palotekniset vaatimukset 2019, 2.)

P3-paloluokassa olevien rakennusten kantaville rakenteille ei ole asetettu erityisvaatimuksia palonkeston suhteen, mutta sen kokoa sekä henkilömäärää on rajoitettu käyttötavan mukaan. P3-luokan rakennukset ovat yksi- tai kaksikerroksisia pieniä rakennuksia. P3-paloluokan rakennuksissa asuntoja ei saa olla päällekkäin. P3-luokkaan voidaan sijoittaa myös laajat varasto- ja tuotantotilat. (Rakennuksen paloluokan määrittäminen ja keskeiset palotekniset vaatimukset 2019, 2.)

### **2.1.2 Rakennusosien paloluokitus**

Lähtökohtana ja tavoitteena rakennusosien eri paloluokituksiin on estää rakennusta sortumasta ja estää palon leviämien mahdollisen tulipalon syttyessä kokonaan tai tietyn ajan. Rakennuksen

tulee kestää koko palokuorman palaminen tai jäähtyminen sortumatta, jotta välttyttäisiin mahdollisilta henkilö- tai materiaalivahingoilta. (Gyproc.)

Rakennusosan paloluokituksessa ilmoitetaan minuutteina se aika, jonka rakennusosa säilyttää kantavuutensa tai osastoivuutensa. Rakennusosat voidaan jakaa paloluokkiin joko niiden kantavuuden R, tiiveyden E tai eristävyysajan perusteella. Merkintään voidaan lisätä tunnus M, jolla merkitään iskunkestävyyttä. Palonkestävyys aikoja ovat 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 ja 240. (Gyproc.)

Kantavuus, R, voidaan todeta kuormittamalla rakennetta palotilannetta vastaavalla kuormalla kokeessa. Kuorman on oltava pienempi, kuin normaalilämpötila. Rakennusosan mukaan kuorman suuruus vaihtelee yleensä 30–60 % välillä. (Gyproc.)

Osastoivuus, E, todetaan varmistamalla rakennusosasta sen tiiviys ja eristyvyys. Tiiviysvaatimuksen täyttymiseksi rakennusosaan ei saa syntyä rakoja, eivätkä liekit saa esiintyä rakennusosan vastakkaisella puolella kokeen aikana. (Gyproc.)

Eristävyys, I voidaan todentaa lämpötilamittauksilla. Lämpötila pitää mitata palotilan vastakkaiselta puolelta, määrätyn koekappaleen pinnalta. Rakennusosalla voi olla savutiiveyden, S, suljinlaitteen, C, iskukuorman, M, tai säteilyn, W, suhteen lisävaatimuksia. (Gyproc.)

### **2.1.3 Rakennusmateriaalien paloluokitus**

Eri rakennusmateriaalit saavat paloluokkia sen mukaan, miten ne osallistuvat tai käyttäytyvät palon aikana. Rakennustarvikkeiden luokat merkitään seuraavasti:

- A1 on sellainen tarvike, joka ei osallistu paloon lainkaan, eli palamaton.
- A2 on tarvike, joka osallistuu paloon erittäin rajoitetusti.
- B on tarvike, joka osallistuu paloon hyvin rajoitetusti.
- C on tarvike, joka osallistuu paloon rajoitetusti.
- D on tarvike, jonka paloon osallistuminen on hyväksyttävissä.
- E on tarvike, jonka palossa käyttäytyminen on hyväksyttävissä.
- F on tarvike, jonka käyttäytyminen palossa on määrittämätön. (Gyproc.)

Savun tuottoa ilmaistaan lisämääreellä s ja palavaa pisarointia d. Savun tuotolle ja pisaroille on olemassa seuraavanlaisia luokituksia:

- s1, jos savuntuotto on erittäin vähäistä
- s2, jos savuntuotto on vähäistä
- s3, jos savuntuotto ei täytä kummankaan s1 tai s2 vaatimuksia
- d0, jos palavia pisaroita eikä osia esiinny
- d1, jos palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti
- d2, jos palavan pisaran tai osan tuotto ei täytä d0 tai d1 vaatimuksia. (Gyproc.)

Luokilla A1 ja F ei ole, koskaan lisämääreitä. Jos luokalla E ei ole lisämäärettä, tarkoittaa se sitä, että tarvikkeesta ei voi irrota palavia pisaroita. Kaikille muilla luokilla on lisämääre, kuten A2-s1, d0 tai D-s2, d2. (Gyproc.)

## 2.2 Rakennusmateriaalien lämmöneristävyys

Rakennusmateriaaleja valittaessa myös niiden kyky eristää lämpöä ohjaa päätöksen tekoa. On erikseen materiaaleja, joiden tarkoitus on hidastaa lämmön poistumista rakennuksesta tai sitten estää kylmän ilman pääsemistä sisälle. Näitä kutsutaan lämmöneristeiksi. Rakennusmateriaalien lämmöneristämistä esitetään yleensä lämmönjohtavuusarvolla, jota kuvaa symboli  $\lambda$  ja rakenneosan, kuten seinän tai ikkunan lämmöneristävyys ilmoitetaan yleensä U-arvona. Mitä pienempi arvo on, sitä parempi on sen eristävyys. (Raksystems.)

Lämmöneristeet voivat olla pehmeitä, kovia tai hienojakoisia materiaaleja. Pehmeitä materiaaleja kuten lasi-, kivi ja mineraalivillaa, joita käytetään yleensä kattojen, lattioiden ja seinien eristykseen. Kovia eristeitä, jotka ovat usein muovipohjaisia, kuten styroksi ja polyuretaanilevyt, käytetään yleisesti alapohja- ja routaeristeinä sekä kosteissa tiloissa ja saunoissa. Tuulensuojalevyissä käytetty mineraalivilla luokitellaan myös kovaksi materiaaliksi. Hienojakoisia eristeitä ovat erilaiset puhallusvillat, joiden käyttökohde on yleensä välikatoilla tai muissa vaikeasti työskenneltävissä kohteissa. Myös ilma voi toimia rakenteessa lämmöneristeinä. (Paroc.)

### 2.3 Betoni osana talonrakentamista

Betoni on suosittu ja turvallinen rakennusmateriaali, koska se on edullista, sillä on hyvä kosteuden- ja palonkesto sekä lujuus ja jäykkyys. Betonista ei myöskään irtoa haitallisia aineita veteen tai sisäilmaan. Betoni on myös helposti muokattava materiaali, joka lisää sen suosiota ja käyttömahdollisuuksia. (Betoni.)

Oikean betonin valinta rakennuskohteeseen ja rakenneosaan voi olla hankala, koska betonilla on paljon erilaisia ominaisuuksia, jotka pitää ottaa huomioon valintaa tehdessä. Betonia voidaan käyttää talonrakennuksessa mm. runkorakenteisiin, julkisivuihin sekä ala-, väli, ja yläpohjiin. Betonista voidaan valmistaa kevytsorabetoni- ja betoniharkkoja, joista rakennetaan, vaikka anturoita tai väliseiniä. Betonin osuus talonrakennuksen runkorakenteista on noin 45 % ja julkisivurakentamisessa noin 15 %. Koska betonia käytetään niin paljon rakentamisen eri osissa ja vaiheissa, on tieto sen ominaisuuksista erittäin tärkeä. (Betoni.)

Betonilla on rasitusluokkia, jotka määräytyvät rakenteille ympäristöolosuhteiden mukaan. Rasitusluokkia on yhteensä 18 ja ne voidaan jakaa 5 kokonaisuuteen, jotka ovat:

- XC-luokka, jossa betoni suojaa raudoituksia korroosiolta kemiallisesti betonin korkean emäksisyyden ansiosta
- X0, jos betonilla ei ole korroosion tai syöpymisrasituksen riskiä
- XD- ja XS-luokat, jos betonilla on kloridien aiheuttaman korroosion riski
- XF-luokka, jossa betonilla on jäätymis-sulamisrasitusta
- XA-luokka, jos betonilla on kemiallisen rasituksen riski. (Finnsementti.)

Betonin lujuus rakentamisen kannalta on oleellinen asia, koska betonisen rakenteen käyttöikä sekä turvallisuus ovat riippuvaisia rakenteessa käytetyn betonin puristuslujuudesta. Betonin lujuuden määrittäminen on tärkeä tehdä standardien mukaisesti, jotta pystytään todentamaan niiden soveltuvuus käyttökohteeseen. Betonilla on lujuusluokkia, jota voidaan kuvata esimerkiksi merkinnällä C30/37, joista ensimmäinen osa C30 tarkoittaa valetusta standardilieriön muotoisesta koekappaleesta määritettyä puristuslujuutta megapascalina. Myöhempi 37 taas tarkoittaa 150 mm kuutiosta määritettyä puristuslujuutta megapascalina. (Finnsementti.)

### 3 RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUTUS

Rakennushankkeiden aikataulujen suunnittelijalta vaaditaan projektinjohtollista osaamista sekä rakennushankkeen osaprosessien eri vaiheiden hallintaa. Tarvitaan tietoa, taitoa, välineiden ja tekniikoiden hallintaa. Nämä mahdollistavat projektin tavoitteiden ja vaatimusten saavuttamisen. (RATU KI-6031 2017, 5.)

Projektinjohtamisella tarkoitetaan resurssien, eli työvoiman, materiaalien, energian käytön sekä rahan hallintaa, sellaisella tavalla, jotta projekti saadaan päätökseen suunnitellun sisältöisenä ja laatusena sille asetettujen aikataulujen ja budjettien mukaisesti. (RATU KI-6031 2017, 6.)

Aikataulu toimii projektin ohjekarttana sen läpiviemiselle. Aikataulusta näkee, missä kohdassa projektia pitää tehdä mitään. Sen perusteella voidaan myös varmistaa, että projektille asetetut tavoitteet saavutetaan. (RATU KI-6031 2017, 6.)

#### 3.1 Aikataulutyyppit

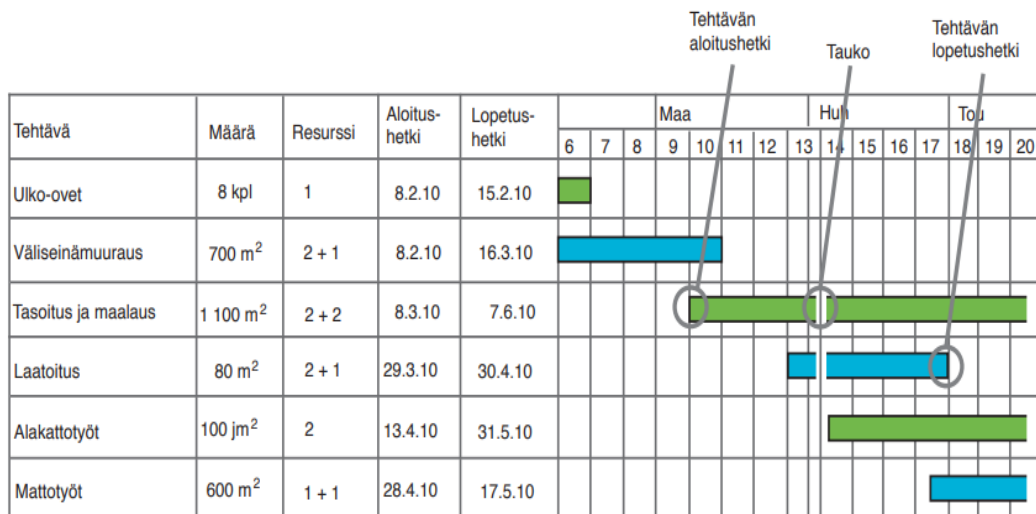
Aikataulujen tekoon voidaan käyttää erilaisia laadinta- sekä piirrostekniikoita. Aikataulua tehtäessä kannattaa valita työmaan ohjauksen kannalta oleellinen esitystapa. Rakennushankkeissa on käytössä lähtökohtaisesti viisi erilaista aikataulutyyppiä, jotka ovat

- jana-aikataulu
- vinoviiva-aikataulu
- valvontavinjetti
- toimintaverkko
- ajoitettu tehtäväluettelo ja lukujärjestys. (RATU KI-6031 2017, 5.)

#### Jana-aikataulu

Jana-aikataulussa aikatauluun piirretään janoja, jotka esittävät tehtävien kestoja. Yläriville merkitään aika ja sen alle vasempaan nurkkaan luetellaan tehtävät. Janat aloitetaan tehtävä aloitus-

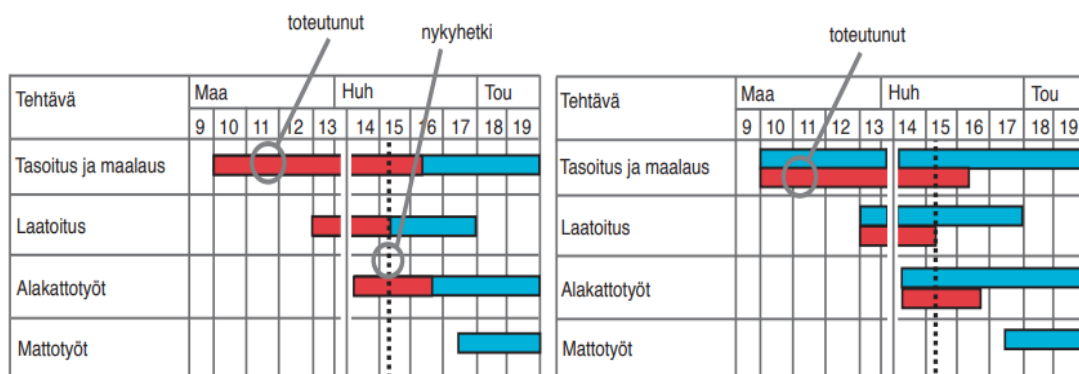
hetkestä ja lopetetaan tehtävän lopetushetkeen. Tehtävässä voi olla välissä tauko, joka esiintyy välinä janassa. (Kuva 1.) (RATU KI-6031 2017, 21.)



KUVA 1. Esimerkki jana-aikataulusta

Projekti pilkotaan sopiviin tehtäväkokonaisuuksiin, jotta voidaan muodostaa jana-aikataulu. Tehtävän viereen voidaan merkitä niiden määrä, kuinka monta työntekijää tehtävä vaatii, eli resurssi sekä tehtävän aloitus- ja lopetushetki. Jana-aikataulun janat tulee perustaa tietoon työnkestosta, jota saadaan kokemuksen kautta tai sitten laskennallisesta työmenekkitiedosta. (RATU KI-6031 2017, 22.)

Työn etenemistä voidaan seurata merkitsemällä jana-aikatauluun toteutunut osa eri värillä tai piirtämälle tehtävälle seurantajana (kuva 2). Tehtävään voidaan myös merkata tarkasteluhetki ja Suomessa tehtävän tilanne merkataan yleensä murtoviivalla. (RATU KI-6031 2017, 22.)



KUVA 2. Toteutunut osa tehtävästä on merkattu tehtäväviivaan punaisella

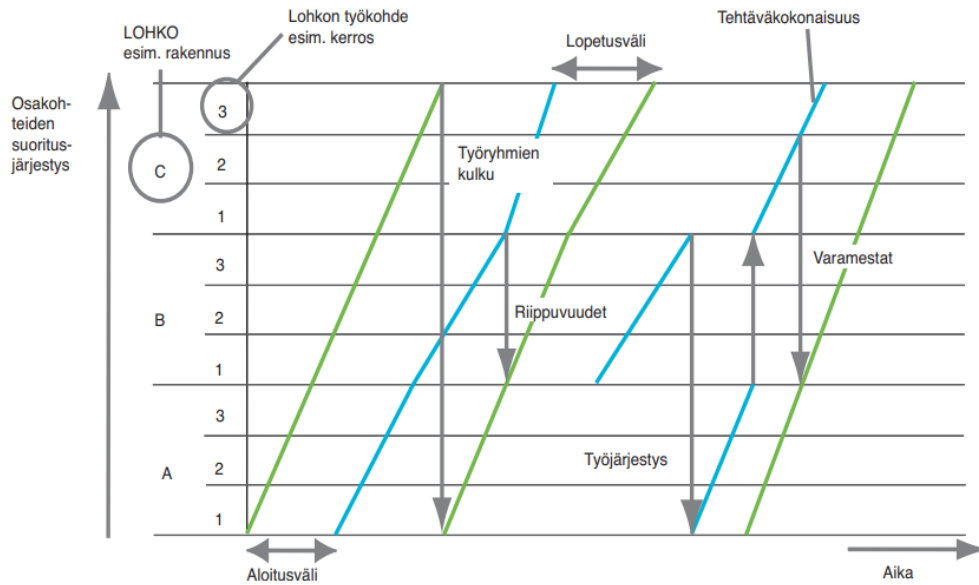
Jana-aikataulu on selkeä ja helppolukuinen, mutta se ei sido paikkaa ja aikaa. Tämän takia jana-aikataulusta ei voida tarkastella reaaliajassa tehtävien sijaintia tai etenemistä. Jana-aikataulu voidaan sitoa ajallisesti tarkempaan paikkaan, jos tehtävät ositellaan paikkakohtaisesti eli osakohteisiin. (RATU KI-6031 2017, 22.)

### **Vinoviiva-aikataulu**

Vinoviiva-aikatauluista paikka-aika- ja tuotantokaavio ovat yleisesti käytössä Suomessa. Paikka-aikakaaviossa tuotannon eteneminen kuvataan paikan ja ajan suhteen ja tuotantokaavio kuvaa tuotannon etenemistä ajan ja tuotannon määrän suhteen. Molemmat tehtävät kuvataan kaavioon piirrettyin vinoviivoin. (RATU KI-6031 2017, 25.)

Paikka-aikakaaviossa tuotanto pitää sitoa paikkaan ja aikaan. Rakennuskohde jaetaan osakohteisiin ja osakohteet laitetaan suoritusjärjestykseen. Tuotanto on myös pilkottava suoritettaviin osiin eli tehtäviin. Tehtävät järjestetään käyttäen kriittisen polun menetelmää, jossa selvitetään eri tehtävien väliset riippuvuudet ja tehtävien resurssit sekä kestot arvioidaan. Näin pystytään asettamaan tehtävät suoritusjärjestykseen. Kriittiset aikataulutehtävät merkitään paikka-aikakaavioon. (RATU KI-6031 2017, 25.)

Paikka-aikakaaviossa pystyakselille tulee rakennuksen eri paikkoja, kuten kerroksia tai portaita ja vaaka-akselille aika viikkoina tai työpäivinä. Pystyakselilla voidaan kuvata myös osakohteiden laajuutta. Vinoviivat kuvaavat tehtävien kestot ja niiden suoritusjärjestyksen sekä toteutuksen aikavälit. Tehtäväviivan kaltevuudesta näkee tuotantonopeuden. (Kuva 3.) (RATU KI-6031 2017, 25.)



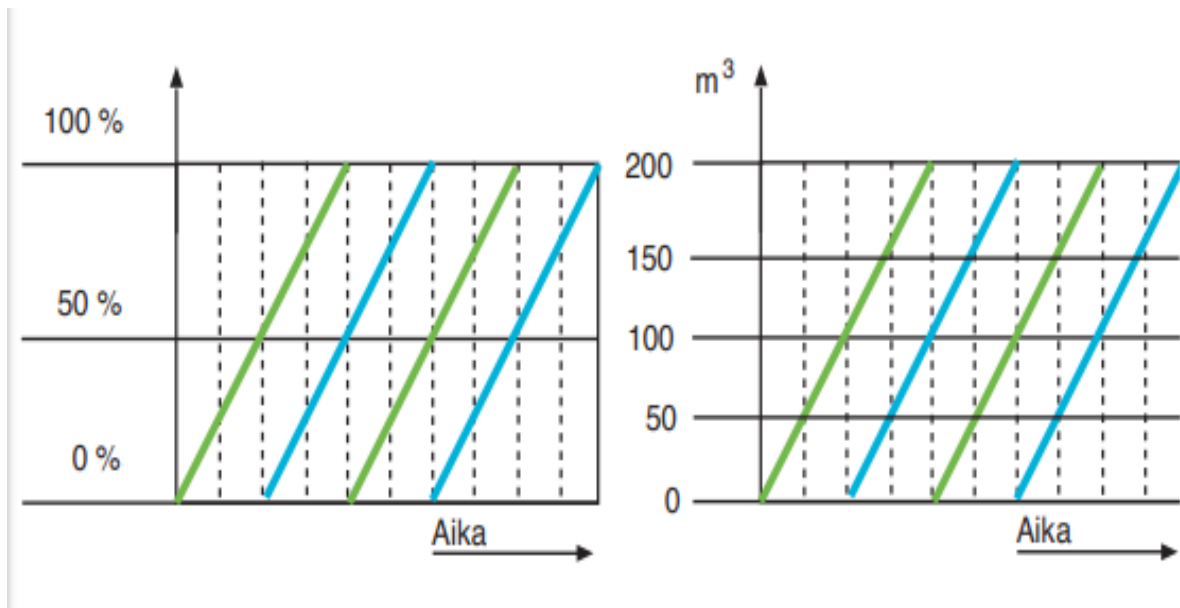
**KUVA 3. Esimerkki paikka-aikakaaviosta**

Paikka-aikakaaviosta tunnistetaan, mikä tehtävä kulloinkin pitää tehdä eri työkohteissa ja paljonko jollain tehtävällä on joustoa lisä- ja muutostöitä tai häiriötä varten. Paikka-aikakaavion valvontaan käytetään vinjettiä, jonka valvontatieto voidaan siirtää paikka-aikakaavioon merkitsemällä toteutumattomat erillisellä toteumaviivalla tai katkoviivalla. (RATU KI-6031 2017, 26.)

Paikka-aikakaaviota käytetään yleensä hankkeen yleisaikatauluna, mutta se soveltuu myös tuotannon ajalliseen valvontaan sekä ohjaukseen, koska siitä pystytään toteamaan tuotantonopeutta ja aloitusajankohtien sekä suoritusjärjestysten poikkeamia rakennuksen eri osissa. Paikka-aikakaavion etuja on tuotantonopeuden helppo havainnollistaminen, paikkatietojen yhdistäminen aikatauluun. Näillä ominaisuuksilla on mahdollista tahdittaa töitä keskinäisesti. (RATU KI-6031 2017, 25.)

Tuotantoaikakaaviossa (kuva 4) kuvataan työn edistymistä valmiusasteprosentin tai suoritemäärän avulla. Tuotantoaikakaavion vaaka-akselilla kuvataan toteutusaikaa ja pystyakselilla valmistuneen tuotannon määrää tai valmiusastetta. Valmiusastetta voidaan kuvata prosentteina, joka kertoo aikataulutehtävän suunnittelun ja toteutuneen määrän suhdetta tehtävän kokonaismäärään. Tuotantoaikakaaviota voidaan käyttää tuotannon eri vaiheiden kehityksen ja tuotantonopeuden seuraamiseen. (RATU KI-6031 2017, 27.)

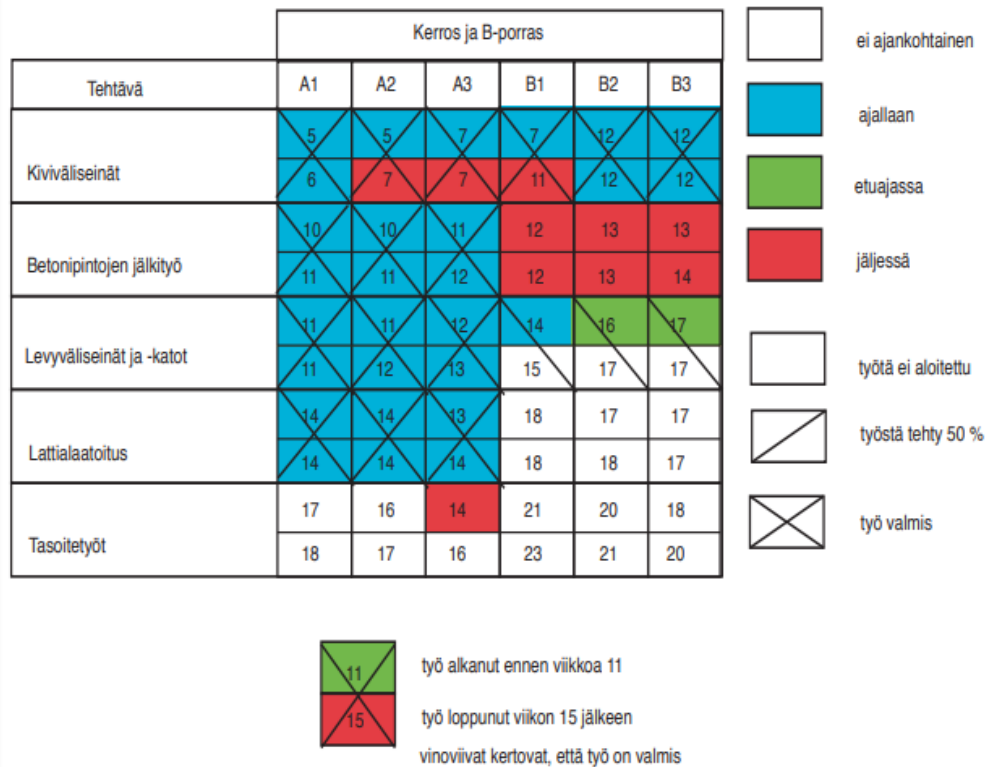




*KUVA 4. Erilaisia tuotantoaikakaavioita*

### Valvontavinjetti

Valvontavinjetillä tarkoitetaan kuvaa, josta näkyy nopeasti tarkastettuna työvaiheen tai osakohteen valmiusaste. Työn etenemistä voi esittää vinjetinä matriisimuodossa tai sitten merkinnät voidaan tehdä vaikkapa pohjakuvaan. Matriisissa reunoilla on esitettyä suunnitellut työt ja osakohteet. Vinjetissä merkitään matriisiruudussa jokaisen osakohteen kohdalle suunniteltu aloitus- ja lopetusajankohta. Työtä voidaan seurata rastitusperiaatteella ja värien avulla. Rastitusperiaatteessa työn yli vedetään viiva siinä vaiheessa, kun osakohteen työ on aloitettu ja osakohte on varattuna sen työn tekijöille. Osakohteen valmistuttua, vedetään ruudun yli toinen viiva. (Kuva 5.) (RATU KI-6031 2017, 30.)



*KUVA 5. Työaikataulu esitettynä valvontavinjetinä*

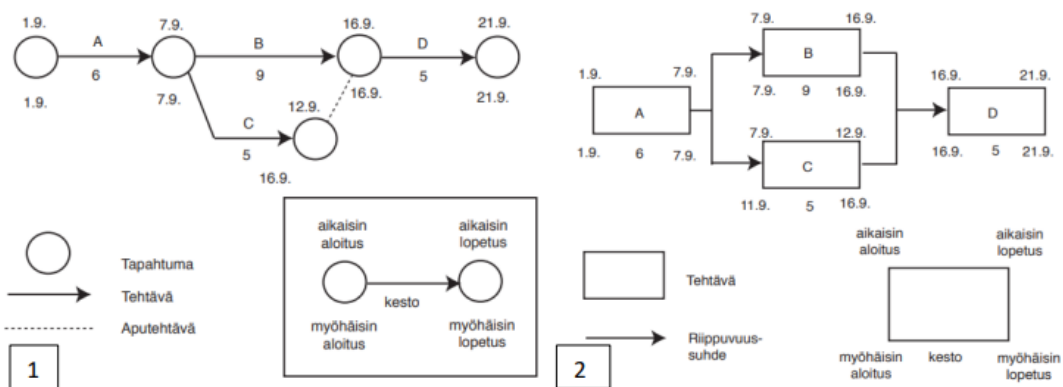
Yleisesti valvontavinjetissä käytetään väreinä vihreää, sinistä ja punaista, joista vihreä osoittaa kohteen olevan valmis, sininen työn olevan käynnissä ja punainen työn olevan myöhässä. Valvontavinjetillä voidaan valvoa työkohteiden sitoutumista sekä vapautumista eri tehtävien osalta. Samalla voidaan ohjata kriittiset tapahtumat oikea-aikaisiksi, jotta tuotannon sujuvuus ja edellytykset turvautuvat. (RATU KI-6031 2017, 31.)

## Toimintaverkko

Toimintaverkkoa ei käytetä yleisesti aikataulujen esitysmuotona rakennusallalla. Toimintaverkko toimii pääasiallisesti aikataulujen laadintatekniikkana ja nykyiset aikatauluohjelmistot voivat käyttää toimintaverkkotekniikkaa apuna laskennassa. (RATU KI-6031 2017, 32.)

Toimintaverkko kuvaa viivojen ja lohkojen avulla yhdistetään toiminnallisia riippuvuuksia. Tämän luodun verkon avulla voidaan luoda toimintakaavio. Toimintakaaviossa esitettyssä verkostossa ei ole irrallisia tehtäviä vaan kaikki tehtävät ovat verkoston osana. Työnjohto voi käyttää toimintakaaviota apuvälineenä valvonnassa. Toimintakaaviota voidaan käyttää ajankäytön, työnkulun resurssien käytön suunnitteluun sekä kriittisen polun laskemiseen. (RATU KI-6031 2017, 32.)

Kriittisen polun menetelmä on tapa, jossa rakennusprojekti pilkotaan erilaisiin suoritettaviin osiin eli tehtäviin, joiden kestot ja resurssit arvioidaan. Näiden ehtojen avulla muodostetaan verkko, josta pystytään määrittämään kriittinen polku. Kriittinen polku voidaan esittää nuoli- tai lohkonverkona. Nuoliverkossa tehtävät sekä tapahtumat esitetään pelkillä nuolilla. Nykypäivänä käytetympi tekniikka on lohkonverkko, jossa tehtävät tai tapahtumat voidaan merkata joko ympyröinä tai suorakaiteina ja niiden väliset riippuvuudet merkitään nuolilla. (Kuva 6.) (RATU KI-6031 2017, 32.)



**KUVA 6.** Kuvassa 1 on esitettyä nuoliverkko ja kuvassa 2 lohkonverkko

### Ajoitettu tehtäväluettelo ja lukujärjestys

Ajoitettuun tehtäväluetteloon (kuva 7) luetellaan seurattavat tehtävät tai työt. Työn aloitus-, valmistumis- ja suoritusajankohdat merkitään kunkin tehtävän viereen (RATU KI-6031 2017, 38).

Tehtävä	Aika
Tehtävä 1	maanantai, vko 2
Tehtävä 2	keskiviikko, vko 2
Tehtävä 3	torstai, vko 2
Tehtävä 4	perjantai, vko 2

**KUVA 7.** Esimerkki tehtäväluettelosta

Lukujärjestykseen voidaan merkitä päivän tehtävät viikon osalta (Kuva 8.). Töiden eteneminen voidaan suunnitella lukujärjestykseen päivä-, puolipäivä tai tuntikohtaisesti. Lukujärjestykseen määritetään, kuka tekee mitäkin ja missä. Lukujärjestys on toimiva tapa esittää työmaan, työryhmän tai jopa yksittäisen työntekijän aikataulua. Tätä menetelmää käytetään paljon etenkin runkovaikkeen töissä, mutta soveltuu moneen muuhunkin työvaiheeseen. (RATU KI-6031 2017, 38.)

Nostot	ma	ti	ke	to	pe
klo 7-9	T1	T2	T3		T4
klo 9-11	T1	T2	T3		T4
klo 12-14	T1			T4	
klo 14-16	T1			T4	

*KUVA 8. Tyypillinen lukujärjestys*

### 3.2 Rakennushankkeessa käytettävät aikataulut

Rakennushanketta aikatauluttaessa pitää ensimmäiseksi tietää, mitä ollaan tekemässä. Hankkeen koko ja laajuus vaikuttavat suuresti käytettävän aikatauluun. Aikataululla on suuri merkitys rakennushankkeen eri vaiheissa ohjauksen sekä valvonnan kannalta. Yleisiä rakennushankkeen aikana laadittavia aikatauluja ovat

- hanke- eli projektiaikataulu
- yleisaikataulu
- suunnitelma-aikataulu
- hankinta-aikataulu
- talotekniikka-aikataulu
- rakentamisvaiheikataulu
- viimeistelyvaihe
- viikkoaikataulu. (RATU KI-6031 2017, 40.)

## Hankeaikataulu

Hanke- eli projektiaikataulun laatii rakennuttaja ja siinä kuvataan koko rakennushanke tarveselityksestä käyttöönottoon. Epärealistisesti laadittu aikataulu aiheuttaa ongelmia, jotka vaikuttavat laatuun. Hankeaikataulusta rakennuttaja voi tarkistaa, onko projekti toteutettavissa sille asetetussa normaalissa rakentamisajassa. Hankeaikatauluissa esitetään realistisesti näkemys kaikkien rakennushankkeen vaiheiden ajoituksesta sekä kestosta. (RATU KI-6031 2017, 42.)

## Yleisaikataulu

Yleisaikataulu on urakoitsijalle keskeinen osa aikataulusuunnittelua. Yleisaikatauluja on kolme- laisia, joiden eroja ovat laadinnan ajankohta, sisällön tarkkuustaso sekä käyttötarkoitus. Eri yleis- aikatauluja ovat alustava yleisaikataulu, sopimusyleisaikataulu ja työaikataulu. (RATU KI-6031 2017, 43.)

Alustavan yleisaikataulun laatii päätoteuttaja ja sen avulla voidaan katsoa, mikä on hankkeen ajallinen kireystaso ja miten rakennustyöt sopivat hankeaikataulussa esitettyyn rakennusaikaan. Alustava yleisaikataulu on yleensä karkea luonnos, jossa työn vaiheet ovat suurempina kokonai- suuksina. Alustavaa yleisaikataulua voi käyttää hyödyksi tarjouslaskennassa sekä aikasidonnais- ten kustannusten laskennassa perusteena. Aikataulua voidaan muokata sekä tarkentaa jatkossa. (RATU KI-6031 2017, 43.)

Sopimusyleisaikataulu syntyy, kun rakennuttaja ja päätoteuttaja hyväksyvät tarkennetun alusta- van yleisaikataulun ja tämä liitetään sopimukseen. Sopimusyleisaikataulussa pitää näkyä kum- mallekin osapuolelle tärkeät ajankohdat hankkeen kannalta, joita ovat ainakin aloitus- ja valmis- tumispäivämäärät ja mahdolliset välitavoitteet. Rakennushankkeen aloitus- ja valmistuspäivä- määriä on hankala muuttaa jälkikäteen, joten työn realistinen kesto pitää tarkistaa ennen kuin se lisätään sopimukseen. (RATU KI-6031 2017, 45.)

Työaikataulu on päätoteuttajan tarkentama sopimusyleisaikataulu, joka auttaa työmaan sekä eri urakoitsijoiden toiminnan yhteensovittamisessa. Työaikataulua käytetään monesti sopimusten ajallisena pohjana päätoteuttajan sekä eri urakoitsijoiden välillä. Työaikataulussa eri tehtävät suunnitellaan tarkemmalla tasolla ja ne jaotellaan joko lohkoittain tai jaetaan osatehtäviin. Työ-

maan kaikki muut aikataulut pohjautuvat työaikatauluun. Työmaalla työaikataulua kutsutaan yleisesti yleisaikatauluksi. (RATU KI-6031 2017, 45.)

### **Suunnitelma-aikataulu**

Suunnitelma-aikataulusta käytetään myös nimitystä piirustusajataulu, koska siinä kuvataan suunnittelun ajoitus sekä aikataulu. Sitä käytetään suunnittelun johtamisen apuvälineenä. Suunnitelma-aikataulussa on määritettynä ne päivämäärät, jolloin arkkitehti-, erikois- ja rakennesuunnitelmat pitää olla käytettävissä. Sitä aletaan muodostamaan yleensä urakkasopimuksen laatimisen yhteydessä, samaan aikaan kuin hankinta-aikataulua. (RATU KI-6031 2017, 48.)

### **Hankinta-aikataulu**

Hankinta-aikataulun avulla sidotaan rakennushankkeen hankinnat työaikatauluun, että saadaan varmistettua eri rakennusmateriaalien, työkoneiden ja osien oikea-aikainen hankinta sekä saanti työmaalle. Hankinta-aikataulua aloitetaan luonnostelemaan karkeasti ennen rakennushankkeen käynnistystä, koska kun hanke lähtee käyntiin, pitää työmaalla olla jo rakennusmateriaaleja, jotta työn aloitus ei viivästyisi. Hankinta-aikataulussa pitää olla tilaa tarjouspyynnöille, tarjousten antamiselle, käsittelylle, neuvotteluille ja päätöksille. Hankinta-aikataulun laadinnasta vastaa yhdessä työmaainsinööri tai työnsuunnittelija, vastaava työnjohtaja sekä hankinnoista vastuulla oleva henkilö ja se laaditaan yleensä työaikataulun yhteydessä. (RATU KI-6031 2017, 51.)

### **Talotekniikka-aikataulu**

Talotekniikka-aikataulusta käytetään yleensä nimitystä TATE-aikataulu ja siinä esitetään rakennushankkeen talotekniset työt. Talotekniset työt esitetään myös yleisaikataulussa, mutta niistä on hyvä olla oma aikataulu, joka helpottaa taloteknisten töiden seurantaa. (RATU KI-6031 2017, 53.)

### **Rakentamisvaiheajataulu**

Rakentamisvaiheajataululla on tarkoitus tarkentaa laadittua työaikataulua sitä mukaan, kun saadaan uusia lähtötietoja. Rakentamisvaiheajataulu voidaan laatia rakentamisvaiheelle tai sitten 2–6 kuukauden pituiselle ajanjaksolle. Yleensä rakentamisvaiheajataulua käytetään maanraken-

nus- ja perustusvaiheen, runko- ja vesikattovaiheen, sisävalmistusvaiheen sekä viimeistely- ja luovutusvaiheen aikatauluna. (RATU KI-6031 2017, 55.)

### **Viimeistelyvaihe**

Viimeistelyvaiheen suunnittelun avulla pyritään varmistamaan hankkeen valmistuminen sille sovittuna ajankohtana. Viimeistelyvaiheesta voidaan tiedottaa työmaakokousten sekä palaverien yhteydessä ja urakoitsijat on yleisesti velvoitettu urakkasopimuksissa osallistumaan niihin ja varaamaan resursseja viimeistelyvaiheessa suoritettavien virheiden sekä puutteiden korjauksiin. Viimeistelyaikataulussa suunnitellaan rakennuskohteen oikea valmistumisjärjestys ja se sisältää eri viimeistelytoimenpiteiden ajoituksen sekä järjestyksen. Talotekniikka suorittaa omat tarkastukset sekä laitteiden säädöt viimeistelyvaiheessa. (RATU KI-6031 2017, 57.)

### **Viikkoaikataulu**

Viikkoaikataulu on lyhyemmän ajanjakson aikataulu, jossa varmistetaan resurssien käyttö ja riittävyys sekä työn tavoitteiden toteutuminen. Viikkoaikataulu laaditaan yleensä 1–3 viikon ajanjaksolle, joista sen hetkinen viikko on tarkin, seuraava myös suhteellisen tarkka ja viimeisessä viikossa on tilaa muutoksille, jotta pystytään varautumaan mahdollisiin ongelmiin sekä resurssipuutteisiin. Viikkoaikataulun laatii yleensä työnjohtaja jokaisesta työkohteesta ja ne sovitetaan yhteen yhdessä vastaavan työnjohtajan kanssa. (RATU KI-6031 2017, 58.)

## 4 RAKENNUSHANKKEEN KUSTANNUSLASKENTA

Rakennusalalla kustannuslaskennassa käytetään lähtökohtaisesti neljää eri menetelmää:

- viitekohde- ja tilastomenettely
- laajuus- ja tilapohjainen menettely
- rakennusosa- ja tuoteosalaskenta
- panos- ja suoritepohjainen laskenta.

Mitä aikaisemmassa vaiheessa menettelyä käytetään, sitä karkeampia ovat lähtötiedot, jonka vuoksi arviot ovat epätarkempia ja menettelyt yleistasoisempia. (RATU KI-6033 2018, 36.)

### **Tilasto- ja viitekohdemennettely**

Tilasto- ja viitekohdemennettelyä käytetään lähinnä tarveselvitys- ja hankesuunnitteluvaiheessa, eli aivan hankkeen alussa. Viitekohdemennettelyn ideana on käyttää aiemmin rakennettujen samantyyppisten kohteiden kustannustietoja, jotka voidaan asentaa suoraan uuden kohteen kustannustavoitteeksi tai sitten korotetaan indeksiä sen hetkiseksi tasolle. Viitekohteina voidaan käyttää aiemmin valmistuneita ja onnistuneita kohteita, joissa tiedetään onnistumisen syyt mahdollisimman tarkasti ja toteutuneet kustannustasot on mahdollista saavuttaa uudelleen. Tällä menettelyllä saadaan aikaiseksi todella karkea arvio kustannuksista ja sitä käytetään usein tilanteessa, jossa ei ole paljon tietoa saatavilla. (RATU KI-6033 2018, 37.)

Tilastomenettelyn kustannusarvio perustuu useiden toteutuneiden kohteiden kustannustietoihin. Jotta arvio olisi luotettava, tarvitaan kustannuslaskentatiedot samankaltaisista kohteista. Kustannustietojen pitää olla kuitenkin tuoreita, koska ne vanhenevat todella nopeasti. Rakentamiskustannuksissa pitää ottaa myös huomioon paikkakunta kohtainen suhdanne. (RATU KI-6033 2018, 37.)



## **Laajuus- ja tilapohjainen menettely**

Laajuuspohjaisia menettelyjä käytetään yleensä, kun rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa pystytään tarkasti mittaamaan pinta-aloja ja tilavuuksia. Tässä menettelyssä jaetaan aiempiin kuluihin perustuvaa kustannustietoa pinta-alaa (€/m<sup>2</sup>) tai tilavuutta (€/m<sup>3</sup>) kohden. Jos arvioitavan kohteen perusteena ovat erilaiset tilat ja niiden pinta-alat, käytetään siitä termiä tilalaskenta. (RATU KI-6033 2018, 39.)

Tilalaskenta perustuu tilalaskentaohjelmalla saatuun kustannusarvioon, jonka perusteena on erilaisten tilojen hinta-arviot ja määrät. Jokainen tila on hinnoiteltava erikseen ja yhden tilan hinta muodostuu

- seinien, lattioiden ja kattojen pintarakenteista
- kalusteista
- varusteista
- laitteista
- täydentävistä rakenteista, joita ovat ikkunat, ovet ja väliseinät.
- rungon ja julkisivun rakenteista. (RATU KI-6033 2018, 39.)

## **Rakennus- ja tuoteosalaskenta**

Rakennusosalaskennassa muodostetaan rakenneluettelo, johon kootaan piirustuksista ja tietomalleista eri rakenneosien määrät. Määrien lisäksi selvitetään myös eri rakenneosien rakenteet ja niiden vaatimukset. Jokaisella rakennusosalla on yksikköhinta ja niitä summaamalla saadaan aikaiseksi laskettavan kokonaisuuden kustannukset. Rakennusosa on fyysinen osa rakennuksesta, joka käsitellään itsenäisenä kokonaisuutena. Kokonaisuudeksi voidaan luokitella esimerkiksi ulkoseinä tai välipohja. (RATU KI-6033 2018, 42.)

Jos rakennusosalaskelma tehdään huolellisesti, sen tarkkuus on riittävä tarjouslaskennan perusteeksi ja sen avulla voidaan vertailla kustannuksia vastaavanlaisien hankkeiden kanssa (RATU KI-6033 2018, 42).

Rakennusosalaskennassa käytetään yleensä Talo 80-, Talo 90- tai Talo 2000 -nimikkeistöä ja sen etuja ovat kohtuullinen työmäärä, riittävä tarkkuus tarjouslaskentaan ja se, että kustannuksia pystyy vertailemaan vastaavanlaisien hankkeiden kanssa. Nimikkeistöt ovat rakennusalalla yhteistyönä tehtyjä standardisoituja nimikkeistöjärjestelmiä, joka yhtenäistää rakentamisen käytäntöjä ja parantaa osapuolten välistä tiedonsiirtoa rakennusprosessin aikana. Ne ovat kaikkien vapaasti käytettävissä. (RATU KI-6033 2018, 43; Rakennustieto.)

Tuoteosalaskennan tavoitteena on käsitellä määränimikkeitä tuoteosittain. Tuoteosa on kokonaisuus, jossa on enemmän kuin yksi rakennusosa. Tuoteosa voi olla esimerkiksi runkoelementit, joka sisältää rakennusosina välipohjat, väli- ja ulkoseinät. Tuoteosalaskentaa voidaan käyttää esimerkiksi suunnitteluvaiheessa tekemällä erilaisia tuoteosiin perustuvia kustannuslaskentamalleja, joiden avulla voidaan määrittää rakennuskustannusten puitehinta. (RATU KI-6033 2018, 44–45.)

### **Suorite- ja panospohjainen laskenta**

Suoritelaskennassa laskennan perusteena ovat suoritemäärät, joita saadaan suunnitelmista ja määräluettelosta. Määrät voidaan hinnoitella panosten ja niiden hintatietojen avulla. Suoritelaskenta vaatii sen, että suunnitelmat ovat vähintäänkin pääpiirustustasoisia ja ne sisältävät täydellisen rakennusselostuksen sekä liitteet ja perustusrakenteiden suunnitelmat. (RATU KI-6033 2018, 45–46.)

Suorite on tietyn rakennusosan tuottamiseen vaadittu työkokonaisuus ja sen laskentaa varten pitää tietää, miten kyseinen rakennusosa tehdään. Suoriteperusteisessa laskennassa kohteen hinnoitteluun pitää tarkistaa työ- ja materiaalimenekkien oikeellisuus, työ- ja materiaalihintojen oikeellisuus sekä laskelmien kokonaisvaltainen tarkastus. (RATU KI-6033 2018, 46.)

Panospohjainen laskenta pohjautuu panoksiin, jotka ovat materiaali-, työ, hankinta- ja tuotehintoja. Niiden avulla voidaan laskea eri rakenteiden kustannuksia. Jos hanke on vaativa tai sen sijainti hankaloittaa rakentamista, voidaan käyttää laskennassa erilaisia vakioita sekä kertoimia, jotta saadaan niiden aiheuttamat lisäkustannukset huomioitua. (RATU KI-6033 2018, 47.)

## 5 LAMELLITALON KOHDETIEDOT

Opinnäytetyön tarkastelun kohteena on Coronarian omistaman Lamellitalon ullakolla sijaitsevat ilmanvaihtokonehuoneet. Asuntolina sekä oppilaitoskotina käytetty rakennus on rakennettu vuonna 1939. Myöhemmin sitä on käytetty sairaalana ja viimeisimpänä ennen remonttia se on ollut osana Kontinkankaan hyvinvointikeskusta. Nyt rakennuksen tiloja muokataan fysioterapia- ja hoitolaitoskäyttöön. Kohteessa on kaksi ilmanvaihtokonehuonetta, rakennuksen A- ja B-osassa. A-osan konehuone on kooltaan 84 m<sup>2</sup> ja B-osan 123 m<sup>2</sup>.

Toinen urakoitsija oli hoitanut rakennuksen purkutyöt. Ullakolle oli jätetty vain vanhan tilan puurunko, jota käytettiin apuna rakennustyössä sekä vesikatto. Tiloista oli pitänyt poistaa konehuoneiden kohdalta betonia lattiasta, koska se oli kärsinyt kosteusvaurioita. Tilat oli puhdistettu huolellisesti ja lattiasta oli tukittu kaikki ylimääräiset reiät, mutta varaukset tulevien koneiden sähköille ja putkille oli jätetty esille ja peitetty askelsuojilla. Tilan ovet olivat vielä käyttökelpoiset, joten niitä ei alettu vaihtamaan remontin yhteydessä. Kuvassa 9 näkyy ilmanvaihtokonehuoneiden rakennustyön lähtötilanne.



*KUVA 9. Konehuone B alkutilanteessa*

## 6 LAMELLITALON ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN RAKENNUSMATERIAALIRATKAISUT

Lamellitalon käyttötarkoitus on hoitolaitos, joten se kuuluu paloluokkaan P1. Se tarkoittaa, että kantavat rakenteet voidaan olettaa tietyllä varmuudella kestävän palossa sortumatta. P1-luokan rakennuksen kokoa tai henkilömäärää ei ole rajoitettu. Paloluokan vaikutus on materiaalisuunnittelun kannalta suuri, koska se pakottaa käyttämään palossa kestäviä rakenneratkaisuja (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 4§.)

Rakennusmateriaaleja valittaessa määräävimpiä perusteita niiden valinnoille olivat ominaisuudet palonkestossa, soveltuvuus ulkotilaan, lämmöneristävyys ja tietenkin hinta sekä saatavuus. Materiaaleja valittaessa pyrittiin myös valitsemaan kotimainen vähäpäästöinen tuote, jos se oli mahdollista.

### 6.1 Ilmanvaihtokonehuoneiden lattioiden rakennusmateriaaliratkaisut

Jotta tilan pölyäminen saatiin pidettyä hallinnassa, lamellitalon ilmanvaihtokonehuoneiden lattiaan ruiskutettiin Tikkurilan anti-dust pölynsidonta-ainetta. Sen tarkoitus on kirjaimellisesti sitoa pölyhiukkaset itseensä ja näin ollen parantaa työolosuhteita (Tikkurila).

Lattiassa olevien betonipalkkien välisten aukkojen täyttöihin valittiin materiaaliksi Foamit 20 -vahtolasimurske. Perusteena valinnalle oli se, että se on ominaispainoltaan kevyt materiaali, sillä on hyvä kantavuus, murske on lämpöä eristävä ja sillä on A1 -paloluokan luokittelu, mikä tarkoittaa, että se on palamaton materiaali. Tuote on kotimainen sekä valmistettu täysin kierrätysmateriaalista, eli se on myös ekologinen valinta. (Foamit.)

Murskeen päälle laitettiin PETO-Valukangas, jonka tarkoituksena on estää betonin valuminen murskeen joukkoon. Se myös estää veden läpäisyn kankaan läpi paremmin kuin tavallinen suodatinkangas, minkä vuoksi betoni ei kuivu liian nopeasti. Lisäksi PETO-Valukangas mahdollistaa tasaisemman kuivumisen. Valukangas estää myös kylmä- ja äänisiltojen muodostumisen. Tuote oli myös helposti saatavilla, mikä vaikutti valintaan. Kankaan liitoksia limitettiin noin 150 mm ja saumat tiivistettiin Sitko Flex -teipillä, jotta betoni ei valuisi niistä läpi. (Tectis.)

Valukankaan päälle tuli raudoitus, jonka lattian ulkoreunoja kiertävän pääraudan kooksi valittiin 10 mm, hakojen 8 mm ja keskelle kaksi 8 mm verkkoa päällekkäin, 50 mm irti lattian ylä- ja alapinnasta. Hakaraudat tilattiin työmaalle valmiiksi taivutettuina ja asennusvalmiina nopeuttamaan työn tekemistä.

Lattiavaluun valittiin C30/37 XC1 -betoni, joka on ulko- ja märkätiloihin soveltuva betoni, jolla on suuri puristuslujuus. Betoni piti pinnoittaa vettä eristävällä kovan kulutuksen pinnoitteella. Tähän tarkoitukseen löytyi Tikkurilan Temafloor PU Flex -polyuretaanipinnoite. Pinnoite on M1 -päästöluokan rakennusmateriaali, jolla on hyvä iskunkestävyys ja sen tyypilliset käyttökohteet ovat mm. ilmanvaihtokonehuoneet. Betonin ja pinnoitteen väliin laitettiin Codex BST 75 -butyyliinauhaa vedeneristeeksi ja estämään ilmavuotoja. (Tikkurila.)

## **6.2 Ilmanvaihtokonehuoneiden seinien rakennusmateriaaliratkaisut**

Ilmanvaihtokonehuoneiden seiä rakentaessa käytettiin apuna tilan vanhaa puurunkoa. Jotta puurunko täyttäisi paloluokan P1 vaatimukset, piti sen ympärille lisätä palonkestävää materiaalia. Tähän tarkoitukseen löytyi pitkän etsimisen jälkeen kotimainen Aulis Lundellin termoranka, jonka kuumasinkitty rei'itetty teräsohutlevyrakenne on loistava lämmöneristäjä. Kohteessa käytettiin Aulis Lundellin ulkoseinärankaa RY200 x 1,2 mm:n rankaa 600 mm:n jaolla sekä ulkoseinäkisko SKY200. (Aulis Lundell.)

Vaikka ilmanvaihtokonehuoneet olivat sisätiloissa ullakolla, luokiteltiin ne silti ulkotiloiksi, katon huonon eristyksen takia, minkä vuoksi ilmanvaihtokonehuoneiden ulkoseinille asennettiin 9 mm:n CEMBRIT Windstopper Basic -tuulensuojalevyt eristämään tilaa. Tuote on paloluokan A2-s1,d0, eli se on lähes palamaton, kosteuden kestävä, homehtumaton, hyvin ääntä eristävä sekä vesihöyryn läpäisevä. Nämä ominaisuudet sekä tuotteen hyvä saatavuus olivat perusteina valinnalle. (Cembrit.)

Seinän eristeille oli annettu vaatimus, että niiden lämmönjohtavuusaron täytyi olla 0,033 W/mK ja Paroc eXtra pro -kivivilla täytti tämän vaatimuksen, joten se valittiin kohteeseen. Se on myös paloluokan A1 materiaali ja sillä on M1 -päästöluokitus. Villaa tuli seinän väliin kaksi 100 mm:n levyä. (Paroc 2022).

Kivivillan päälle laitettiin Elteten SFS 4225 -sertifioitu höyrynsulkumuovi, jossa on suojaus UV-säteilyä vastaan. Sen helppo saatavuus sekä hinta olivat valinnan perusteita. Liitoskohdissa höyrynsulkumuovia limitettiin 200 mm verran ja saumat ja reunat teipattiin Sitko Flex -teipillä, jolla on hyväksyntä höyrynsulun saumojen tiivistykseen. Seinän yläpäähän jätettiin katon liitosta varten 400 mm:n höyrynsulkumuovia.

Seinän pintamateriaaliksi tuli Knauf KEK 13 -erikoiskova kipsilevy, joka on tavallista kipsilevyä huomattavasti vahvempi. Tuotteella on A2-s1, d0 -paloluokitus sekä M1 -päästöluokitus, joten yhdessä muiden materiaalien kanssa se sopi hyvin P1 -paloluokan tilaan. Se on yleisimpiä rakennustyömaalla käytettyjä kipsilevyjä, joten tuotteen saatavuus oli loistava sekä se on hinnaltaan vähän halvempi kuin seuraava vastaava tuote. (Knauf.)

### **6.3 Ilmanvaihtokonehuoneiden kattojen rakennusmateriaaliratkaisut**

Tilassa ei ollut puurungon päällä palkkeja, joten kattoon lisättiin 48 x 198 mm:n kattopalkit 900 mm:n jaolla, jotta katon päälle saatiin asennettua 50 mm paksu ISOVER RKL-31 -tuulensuojavilla. Katon uloimmalle eristeelle oli asetettu vaatimus, että sen lämmönjohtavuus olisi 0,031 W/mK ja RKL-31 oli ainoita helposti saatavia tuotteita, joka täytti sen. Kattopalkit tilattiin työmaalle määrämittäisinä ja niiden kiinnitykseen käytettiin AB 90 x 90 mm:n kulmarautoja. (Isover.)

Kattopalkkien välissä käytettiin eristeenä samaa kivivillaa kuin seinissä, eli PAROC eXtra prota, ja höyrynsulkuna toimi Eltete SFS 2445 -höyrynsulkumuovi. Katon koolauksessa käytettiin tavallista helposti saatavaa 22 x 100 mm:n lautaa 400 mm:n jaolla.

Katon sisäpintamateriaaliksi valittiin kaksi päällekkäin asennettavaa Cembrit Luja A -sementtikuitulevyä. Luja A on valmiiksi pintamaalattu materiaali, jolla on A1 -paloluokka ja M1 -päästöluokka, se on myös kestävä, homehtumaton ja ääntä eristävä. (Cembrit.)

#### 6.4 Ilmanvaihtokonehuoneiden rakennusmateriaalien määrät

Rakennusmateriaalien määrien laskuun piti olla tiedossa ilmanvaihtokonehuoneiden mitat, jotka sai helposti pohjakuvasta. Kaikki mitat tarkistettiin työmaalla ennen rakennustöiden alkua kahdella etäisyysmittarilla, jotta mahdollisilta virheiltä välttyttiin. Tilan vanhan puurungon korkeudessa oli heittoa ja siitä mitattiin kolme eri keskimittaa, joiden mukaan termorangat mitattiin määrämittäisinä työmaalle. Laskettuun tuotemäärään pitää ottaa huomioon leikkauksista tuleva hukka, minkä vuoksi kaikkiin tuotteisiin lisättiin 10 % ylimääräistä, jotta rakennusmateriaaleja olisi varmasti tarpeeksi työmaalla ja näin välttyttiin ylimääräisiltä tilauksilta ja ei materiaalien puuttumisen takia keskeytyisi.

Kuvista pystyi mittaamaan tilan pituuksia, joista pystyi laskemaan tietyille rakennusmateriaaleille tarvittavat metrimäärät. Tuotteet kuten lauta, termokisko ja harjateräs myydään metritavarana, minkä vuoksi tieto vaikkapa seinien pituuksista tai lattian ympärysmitta metreinä on oleellinen. Seinien pituudet ja korkeudet kertomalla sai aikaiseksi seinien neliöt (m<sup>2</sup>), jonka mukaan oli helppo laskea tarvittava määrä kipsilevyä ja eristeilloja. Rakennustarvikekaupat ilmoittavat yleensä näiden tuotteiden kappaleen neliö menekin, jonka avulla pystyy laskemaan tuotteiden määrät. Vaahtolasimurskeen ja betonin tilausta varten piti tietää niihin menevät kuutio (m<sup>3</sup>) määrät.

Vaahtolasimurskeen osalta piti laskea lattian pinta-ala ja kertoa se lattiassa olevien aukkojen keskisyvyydellä. Betonin kanssa oli tiedossa, kuinka paksu lattia tilaan haluttiin, joten lattian neliöt kerrottiin halutulla betonipaksuudella. Rakennusmateriaalien määrät on esitetty liitteessä 6.

## 7 LAMELLITALON ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN RAKENNUSTYÖN AIKATAULUTUS

Lamellitalon ilmanvaihtokonehuoneiden rakennustyön aikataulutuksessa käytettiin PlaNet -aikataulusohjelmistoa, jolla saatiin aikaiseksi helppolukuinen jana-aikataulu työnteosta viikon tarkkuudella. Tarkemmat työaikataulut yleisaikataulun pohjalta tekivät kohteen työnjohtajat.

Työvaiheiden keston selvitykseen käytettiin apuna rakennustiedon RatuPakki -palvelua. Sieltä löytyy yleisimpien tuotannonvaiheitten tuotantotiedot ja se laskee annetun työryhmän, materiaalien määrän tai työryhmän aikaansaataavuuden mukaan, kuinka paljon työvaiheeseen menee aikaa työviikkoina. Sieltä löytyy myös ohjeet työvaiheen suorittamiseen sekä työturvallisuuden varmistukseen.

Palvelussa työvaiheen keston sisältyy yleisesti tavaroiden siirto, työn tekeminen sekä siivous. Yleisaikataulua luodessa arvio oli se, että kummassakin konehuoneessa työskentelee kaksi rakentajaa. Laskentapalvelusta saadut tulokset pyöristettiin ylöspäin, jotta saatiin aikaiseksi väljyyttä aikatauluun.

RatuPakin tuloksista saatiin aikaan arvio, että A-osan ilmanvaihtokonehuoneen rakennukseen kuluisi kahdelta rakennustyöntekijältä aikaa noin 11 työviikkoa, joka tekee 5 päivällä työviikolla noin 55 työpäivää, ja B-osan 14 työviikkoa eli suunnilleen 70 työpäivää. Töiden oli tarkoituksena alkaa lokakuun alusta, mikä tarkoitti sitä, että A-osan suunniteltu valmistuminen oli juuri ennen joulun lomia ja B-osa joulunpyhien sekä uudenvuoden takia valmistuisi tammikuun loppuun mennessä.

Yleisaikataulua luodessa ei tarvinnut muodostaa kriittistä polkua, koska työvaiheille oli selkeä järjestys, jonka mukaan oli edettävä. Näin ollen täytyi vain laskentapalvelusta saadut työaikojen kestot lisätä yleisaikatauluun ja saatiin aikaiseksi selkeä jana-aikataulu. (LIITE 5.)



## 8 LAMELLITALON ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN KUSTANNUSARVIO

Lamellitalon ilmanvaihtokonehuoneiden remontin kustannuksia käsitellään pelkästään teoreettisesti kustannusarvion avulla. Kustannusarvio on henkilökohtainen arvio toteutettavasta työstä, eikä se vastaa toteutuneita kustannuksia. Laskennassa ei otettu huomioon ilmanvaihtokoneita tai niihin liittyviä tarvikkeita, koska se oli urakassa sovittu talotekniikan rakentavan yrityksen tehtäväksi. Myös ilmanvaihtokonehuoneiden maalaus oli sisällytetty rakennuksen maalaavan yrityksen sopimukseen, joten sille ei ole laskettu hintaa.

Molemmat ilmanvaihtokonehuoneet olivat selkeästi rajattuja ympärykseltään sekä korkeudeltaan tilan vanhalla puurungolla. Korkeudessa oli paljon heittoa ja se piti ottaa huomioon termorankoja tilatessa, koska ne tilattiin määrämittaisina työmaalle, jotta välttyttiin materiaalihukalta ja näin säästettiin kustannuksissa. Molempien konehuoneiden korkeus ja ympärysmitta piti tarkistaa paikan päällä, jotta mahdollisilta mittavirheiltä välttyttiin.

Lamellitalon ilmanvaihtokonehuoneiden korjaushankkeen rakennusmateriaalien kustannuslaskenta toteutettiin karkeasti laajuuspohjaisella menetelmällä, kun rakennusmateriaalit olivat valittuna kohteeseen. Rakennusmateriaaleille oli laskettu selkeät kappale-, neliö- tai kuutiomäärät ja niitä yhdistämällä netistä löytyviin hintoihin saatiin aikaiseksi raaka arvio rakennusmateriaalien kustannuksista. Rakennustyössä tarvittiin myös tarvikkeita, kuten välikkeitä, ruuveja ja teippejä, joille tehtiin hinta-arvio.

Kaikkia tarvittavia materiaaleja kuten raudoituksessa käytettävää sidontalankaa ja raudoituskorokkeita ei ole laskettu mukaan arvioon, koska yrityksellä oli tuotteita jo tarpeeksi varastossa, joten niitä ei tarvinnut hankkia lisää.

Hinnoissa ei ollut huomioitu tavarantoimittajan kilpailutuksen tuomaa alennusta ja ne on laskettu ilman arvolisäveroa. Hinnat on otettu halvimmasta etsintähetkellä löydetystä tuotteesta. Arvion mukaan rakennusmateriaalien hinta A-osan ilmanvaihtokonehuoneessa oli yhteensä 30 431 € ja tarvikkeiden noin 808 €. B-osan materiaalien arvioitu hinta oli 42 077 € ja tarvikkeiden 1 098 €. Yhteensä rakennusmateriaalien sekä tarvikkeiden hinta-arvioksi saatiin 74 414 €

Rakennustyölle muodostettiin hinta karkeasti yleisaikataulusta arvioitujen työtuntien ja netistä saatavien rakennustyöntekijöiden palkkojen avulla. A-osan ilmanvaihtokonehuoneelle oli arvioitu kestoksi kahdelta työntekijältä 55 työpäivää, joka on suunnilleen 440 tuntia. B-osalle taas 70 työpäivää eli noin 560 tuntia. Työntekijän arvioituna tuntihintana käytettiin rakennusalan työehtosopimuksen palkkaryhmä 4, ammattilaisen, ehdottamaa 15 € / tunti. Näin saatiin luotua arvio rakennustyön hinnasta laskemalla tuntihinta kertaa kaksi, kerrottuna arvioituilla työtunneilla.

Arvio rakennustyöntekijöiden hinnasta A-osalle muodostui siis laskulla  $15 \text{ €} / \text{h} * 440 \text{ h} * 2 \text{ työntekijää} = 13\,200 \text{ €}$  ja B-osalle  $15 \text{ €} / \text{h} * 560 \text{ h} * 2 \text{ työntekijää} = 16\,800 \text{ €}$ . Tämä tarkoittaa sitä, että jos molemmissa konehuoneissa työskentelisi kahden hengen työryhmä kuluisi palkkoihin rakennusajalta yhteensä 30 000 €.

Kun oli tiedossa rakennusmateriaalien, tarvikkeiden ja työn hinta, niin pystyttiin muodostamaan karkea kustannusarvio remontille. Kokonaishinta-arvioksi lamellitalon ilmanvaihtokonehuoneiden remontille olivat A-osalta 43 631 € ja B-osan kustannusarvioksi saatiin 58 877 € eli yhteensä 104 414 €.

## 9 LAMELLITALON ILMANVAIHTOKONEHUONEIDEN RAKENNUSTYÖN VAIHEET

Opinnäytetyön kohteena oli Oulun Kontinkankaalla vuonna 1949 sairaalan henkilökunnan asunoniksi rakennettu rakennus. Talo toimi ennen remonttia osana Kontinkankaan hyvinvointikeskusta. Rakennuksen remontin tarkoitus on muuttaa se yksityisen sairaalan hoitolaitokseksi fysioterapia ja kuntoutus käyttöön. Kohteessa on kellari, neljä kerrosta ja ullakko.

Ensimmäiseksi lattia käsiteltiin pölynsidonta-aineella, joka vähentää pölyämistä ja näin parantaa työympäristössä toimintaa. Työhyvinvoinnin kannalta on tärkeää, että pölyn leijailu työskenneltävässä tilassa on mahdollisimman vähäinen, sillä pitkään hengittäessä pöly aiheuttaa hengitystiesairauksia, jotka henkilöhaittojen lisäksi lisäävät työntekijöiden poissaoloja. Pöly pitääkin ottaa työtä ja materiaaleja suunnitellessa hyvin huomioon, koska jokainen poissaolo lisää työn kustannuksia.

Lattian täyttöön käytettävää vaahtolasimursketta löytyi suurempi määrä heti tuotavaksi ainoastaan yhdeltä yritykseltä Oulun alueella, joten toimittajan valinta oli helppo. Puhaltajat olivat ammattilaisia ja tulivat sovittuun aikaan työmaalle sekä tekivät työnsä sovitusti ja laadukkaasti. (Kuva 10.)



*KUVA 10. Vaahtolasimurske tuotiin työmaalle säiliöautolla*

Vaahtolasimurske saatiin nopeasti työmaalle ja helposti korkealle konehuoneen lattiaan puhallusauton ja pitkän letkun avulla. (Kuva 11.) Ainoana ongelmana oli puhallusletkun tuennan järjestäminen, koska konehuoneet olivat korkealla, eikä puhallusauton puomi ylettänyt ylös asti. Pätevä työnjohto ratkaisi ongelman nopeasti sitomalla letkun vakaasti välissä oleviin parvekkeisiin, jonka ansiosta työ saatiin tehtyä turvallisesti.



*KUVA 11. Vaahtolasimursketäyttöön tarvittiin vain pumppuauto, murske ja letku*

Kun murske oli puhallettu lattiaan, asentajat tasasivat vielä pinnan kuntoon. Ilmanvaihtokanavien läpimenojen viereen jätettiin kasa mursketta, jotka tasattiin, kun läpimenot olivat paikallaan. Kokonaisuudessaan työhön meni aikaa noin puolikas työpäivä ja työn tulos oli todella hyvä. Kun lattia oli täytetty, laitettiin putki- ja sähkövarauksien päälle kuvassa 12 näkyvät askelsuojat, joihin tehtiin spraymaalilla selkeät ja näkyvät varoitukset, jotta kukaan ei astuisi lattiassa oleviin aukkoihin ja satuttaisi itseään.



*KUVA 12. Läpivientiaukkojen päälle laitettiin selkeillä varoituksilla varustetut askelsuojat*

Ilmanvaihtoputkien läpivientien asennuksessa meni odotettua pidempi aika, mikä vaikutti aikatauluun. Lopulta ne saatiin asennettua ja konehuoneiden rakennus pystyi kunnolla alkamaan. Tähän mennessä konehuoneissa oli työskennelty pelkästään aliurakoitsijoita, mutta nyt pystyttiin alkaa käyttämään Rakennus-Koskelan omaa väkeä.

Ensimmäiseksi murskeen päälle asennettiin valukangas, jota limitettiin 300 mm ja saumat tiivistetään Sitko Flex -teipillä. Kun kangas oli asennettu, aloitettiin lattian raudoitus. Aluksi lattia reunusta kierrettiin ympäri 10 mm:n pääraudoilla. Päärautoja tuli kaksi, joista toinen tuli yläpintaan ja toinen alapintaan. Kankaaseen ja valun yläpintaan, sekä seinään jätettiin raudoista 30 mm:n rako, jotta raudat eivät olisi liian lähellä pintoja ja näin ollen hiertäisi niitä rikki. Alapinnassa olevat raudat saatiin nostettua oikeaan korkoon raudoituskorokkeilla. Päärautoihin kiinnitettiin 8 mm:n haka- eli lenkkiraudat 300 mm:n välein. Hakoihin asennettiin 8 mm:n rautaverkko, jonka aukkojen koko oli 150 mm:n. (Kuva 13.)



*KUVA 13. Lattia raudoituksen jälkeen*

Lattiavalussa käytettiin taas apuna pitkäletkuista pumppuautoa, jotta saatiin betoni helposti kohteeseen. Betonin kuivuttua kävelynkestäväksi, laitettiin sinne lämpöpuhaltimet sekä kosteudenpoistaja, jotta lattia alkaisi kuivumaan mahdollisimman nopeasti. Tilan lämpötila piti pitää yli 20 °C ja ilman vaihtuminen piti varmistaa, että saatiin kosteus häviämään ilmanvaihtokonehuoneista.

Kattoon asennettiin 48 x 198 mm:n kattopalkit 900 mm:n jaolla ja palkit asennettiin vanhan puurungon kylkeen AB90 -kulmalevyillä. Tämän jälkeen vanha puurunko sai ympärilleen Aulis Lundellin termokiskon palosuojaksi ja kiskojen väliin asennettiin termorankaa 600 mm:n jaolla. (Kuva 14.)

Termoranka oli tilattu työmaalle määrämittaisena, eikä rankojen pituuksia ollut merkitty lähetettyihin tuotteisiin, joten rankojen mittaukseen ja oikeaan ilmanvaihtokonehuoneeseen saamiseen meni ylimääräistä aikaa. Tätä ei huomioitu aikataulutuksessa, joten se vaikutti vähän työn hidastumiseen. Suurta vaikutusta sillä ei kuitenkaan kokonaisuuteen ollut.



*KUVA 14. Puurungon ympärille asennettiin termoranka*

Koska ullakkotilan ulkoseinät ja katto oli heikosti eristetty, konehuoneet luokiteltiin olevan ulkotilassa. Tästä syystä konehuoneiden ulkopuolelle asennettiin kuvassa 15 näkyvä Cembrit Windstopper Basic -tuulensuojalevy, jota käytetään useasti talojen ulkoseinien eristeenä. Samalla kun seiniä eristettiin ulkoa, laitettiin kattopalkkien päälle 50 mm paksut Isover RKL-31 -tuulensuojavillalevyt, jotka kiinnitettiin Isoverin välikkeiden avulla. Ne ovat paksuun tuulensuojavillaan suunnitellut kiinnityspalat, jotka ruuvataan levyihin ja niiden läpi saadaan laitettua ruuvit puurunkoon.





*KUVA 15. Konehuoneen ulkopuoli*

Kun ulkopuoli oli levytetty, lisättiin runkojen väliin Parocin kivivilla eristeeksi. Villan asennuksen yhteydessä tehtiin ilmanvaihtokoneiden ilmaputkille läpimenoaukkoja ulkopuolen eristeiden läpi, jotta myöhemmin pystyttiin helposti paikantamaan ulkopuolelta putkien kohdat. Eristyksen jälkeen alettiin lisäämään höyrynsulkumuovia villojen päälle. Saumat tiivistettiin Sitko Flex -tiivistysteipillä, että saatiin höyrynsulusta tiivis ja toimiva. Höyrynsulkumuovia vedettiin 400 mm kattoon, jotta se pystyttiin myöhemmin limittämään kattoon tulevan muovin kanssa. (Kuva 16.)

Seiniin päätettiin lisätä vaakarimat, joiden tarkoitus oli antaa ilman liikkua seinärakenteessa ja näin estää kosteuden jääminen seinän sisään. Ne myös estivät höyrynsulun hajoamisen kipsilevyjen ruuvauksen yhteydessä.



*KUVA 16. Konehuoneen höyrynsulun ja rimojen asennusta*

Seuraavaksi pystyttiin aloittamaan tilan seinien sisäpuolen kipsilevytys. Kipsilevyn ja lattian rajaan laitettiin butyyliinauhaa, jonka tarkoitus on ilmatiivistä seinän rakennetta. Seuraavaksi kattoon laitettiin höyrynsulkumuovi ja asennettiin rimat 400 mm:n välein. Rimojen päälle ruuvattiin kaksi palokipsilevyä päällekkäin, niin että alemman kipsilevykerroksen saumat eivät tulleet samaan linjaan ylempään kanssa. Tämän tarkoitus on estää äänen sekä palon läpäisyä kattorakenteessa.



*KUVA 17. Kipsilevyn asennusta kattoon*

Kun kipsilevyt olivat asennettu paikalleen, hiottiin lattia kokonaan lattiahiomakoneella, jotta pinnasta saatiin hyvä pinnoitusta varten. Hionnan jälkeen tila imuroitiin kokonaan ja annettiin lattian vielä kuivua hetki. Tässä vaiheessa tilan seinät ja katto tasoitettiin sekä maalattiin. Maalin kuivuttua oli lattiakin valmis pinnoitetta varten. Pinnoituksen teki siihen erikoistunut yritys, joka laittoi aluksi lattiaan pohjustusaineen. Tilaan tuli kiiltävä kovan kulutuksen polyuretaani pinnoite Tema-floor PU Flex, jonka käyttökohteet ovat yleensä ilmanvaihtokonehuoneet.

Lattian pinnoituksen jälkeen oli rakennustyö Rakennus-Koskelan osalta valmis. Tämän jälkeen tilaan tulivat talotekniikan tekijät ja alkoivat asentamaan ilmanvaihtokoneita sekä niihin vaadittavia osia.



*KUVA 18. Rakennustyön osalta valmis ilmanvaihtokonehuone*

## 10 TULOKSET

Työn johtamisesta ja työntekijöiden ohjeistamisesta vastasi Rakennus-Koskelan työnjohto, jotka hyödynsivät heille tehtyjä suunnitelmia, aikatauluja ja rakennekuvia. Rakenteiden kantavuudesta, talotekniikasta, sähkötoista ja maalauksesta vastasi ulkopuoliset yritykset. Yhteistyö sujui eri yritysten kanssa hyvin, vaikka aikataulun kanssa oli ongelmia talotekniikan kanssa.

Rakennusmateriaaleihin tutustuessa piti hakea paljon tietoa internetistä valmistajien sivuilta, jotta saatiin selville, mitä ominaisuuksia eri tuotteilla oli. Valmistajat ilmoittavat lähtökohtaisesti hyvin materiaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet sekä niille soveltuvat käyttökohteet, joka helpotti työn tekemistä. Rakennushankkeen aikataulutukseen ja kustannuslaskentaan tutustuessa löytyi aiheisiin rakennustiedolta hyvät käsikirjat, joihin oli koottu eri lähteistä kaikki tarpeelliset asiat aiheista.

Rakennusmateriaalien valinnat onnistuivat hyvin ja niistä muutettiin ainoastaan katon pintamateriaali, joka oli alun perin Luja A-sementtikuitulevy. Materiaali vaihtui myöhemmin Gyproc GFL-15 FireLine palokipsilevyyn sen paremman saatavuuden takia.

Suunnitellussa rakennustyön aikataulussa ei pysytty. Työ valmistui noin kolme viikkoa myöhemmin, kun oli laskettu. Syynä tälle oli tarve saada rakennuksen pihatyöt ja parkkipaikka valmiiksi, ennen talvea. Ilmanvaihtokonehuoneiden rakennukseen ei riittänyt tarvittavaa määrää rakennustyöntekijöitä, joka vaikutti suuresti työn hidastumiseen. Myös sairastapaukset haittasivat työn edistymistä.

Yleisesti ottaen työn osa-alueet onnistuivat pienistä aikataulun heitoista huolimatta ja tuloksena oli laadukkaat ilmanvaihtokonehuoneet yhteistyöyritykselle.

## LÄHTEET

Aulis Lundell. Termoprofiilit. Hakupäivä 13.10.2022.

<https://www.aulislundell.com/tuotteet/termoprofiilit>.

Betoni. Betonin ominaisuudet ja käyttö. Hakupäivä 11.10.2022. <https://betoni.com/tietoa-betonista/betoni-rakennusmateriaalina/betonin-ominaisuudet-ja-kaytto/>.

Betoni. Käyttö talonrakentamisessa. Hakupäivä 11.10.2022. <https://betoni.com/tietoa-betonista/betoni-rakennusmateriaalina/kaytto-talonrakentamisessa/>.

Cembrit. Palonsuojalevyt. Hakupäivä 3.10.2022.

<https://www.cembrit.fi/rakennuslevyt/palonsuojalevyt/cembrit-luja-a>.

Cembrit. Tuulensuojalevyt. Hakupäivä 3.10.2022.

<https://www.cembrit.fi/rakennuslevyt/tuulensuojalevyt/windstopper-basic>.

Finnsementti. Betonin lujuus. Hakupäivä 22.03.2023. <https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/betonin-lujuus/>.

Finnsementti. Betonin rasitusluokat lyhyesti. Hakupäivä 22.03.2023.

<https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/tietoa-betonista-tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasitusluokat-lyhyesti/>.

Foamit. Monikäyttöinen murske talonrakentamiseen. Hakupäivä 1.10.2022.

<https://foamit.fi/kayttokohteet/talonrakentaminen/>.

Gyproc. Rakennusosien paloluokitus. Hakupäivä 29.9.2022.

[https://www.gyproc.fi/paloluokitusjarjestelmat#rakennusosien\\_paloluokitus](https://www.gyproc.fi/paloluokitusjarjestelmat#rakennusosien_paloluokitus).

Isover. Tuotteet. Hakupäivä 3.10.2022. <https://www.isover.fi/tuotteet/isover-rkl-31#tuotekuvas>.

Illikainen, Kimmo & Jantunen, Jorma 2017. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Hakupäivä 28.9.2022.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848#Pidm45053758717408>.

Knauf. Kipsilevyt. Hakupäivä 10.10.2022. <https://knauf.fi/tuotteet/kipsilevyt/kek13-erikoiskova>.

Tectis. PETO valukangas. Hakupäivä 1.10.2022. <https://tectis.fi/tuotteet/perustus-ja-maanrakennus/valutarvikkeet/peto-valukangas/>.

Tectis. Teipit. Hakupäivä 1.10.2022. <https://tectis.fi/tuotteet/teipit/hoyrynsulku--ja-tuulensuojateipit/hoyrynsulkuteippi-sitko-flex/>.

Tikkurila. Anti-dust. Hakupäivä 1.10.2022. <https://tikkurila.fi/tuotteet/anti-dust>.

Tikkurila. Temafloor PU Flex. Hakupäivä 1.10.2022. <https://tikkurila.fi/pro/tuotteet/temafloor-pu-flex>.

Paroc. PAROC-kivivilla suojaa tulipaloilta. Hakupäivä 1.10.2022. <https://www.paroc.fi/miksi-kivivilla/paloturvallinen>.

Paroc. Rakennuseristeet. Hakupäivä. 30.10.2022. <https://www.paroc.fi/tuotteet/rakennuseristeet>.

Paroc. Yleiseristeet. Hakupäivä 29.9.2022.

<https://www.paroc.fi/tuotteet/rakennuseristeet/yleiseristeet-eristelevyt-ja-eristematot/paroc-extra-pro>.

Rakennustieto 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Hakupäivä 10.10.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6031>.

Rakennustieto 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Hakupäivä 10.10.2022.

<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6033>.

Rakennustieto 2019. Rakennuksen paloluokan määrittäminen ja keskeiset palotekniset vaatimukset. hakupäivä 12.10.2022 <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103131>.

Rakennustieto. Nimikkeistöt. Hakupäivä 22.03.2022. <https://www.rakennustieto.fi/nimikkeistot>.

Raksystems. Lämmöneristys. Hakupäivä. 10.1.2023.

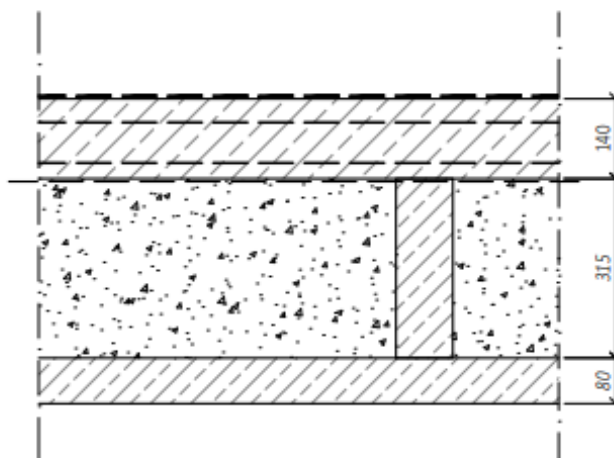
<https://rakersystems.fi/sanasto/lammoneristys/>.



## LIITEET

### VP 103

Uusi IVKH:n lattia



Palopermanto, tervapaperi, eristeet ja muottilaudat poistetaan.  
Homeisesta kohdasta betonia hiotaan 5mm pois. Kotelot imuroidaan ja pinnoille tehdään nihkeäpyyhintä  
Pinnat käsitellään pölynsidonta-aineella.

Pinta huoneselostuksen mukaan

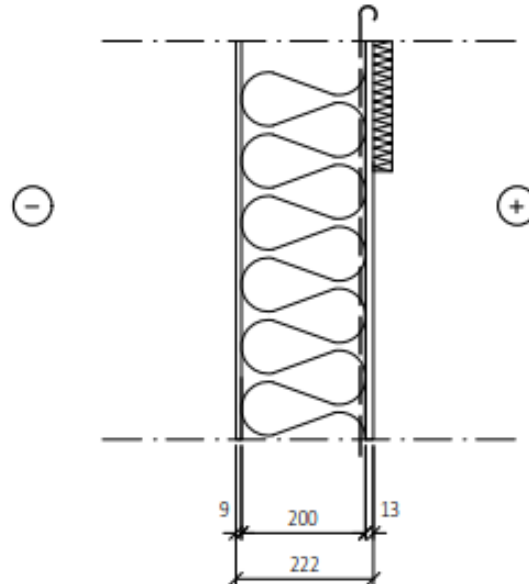
n.5mm	Vesieristeeksi hyväksytty vedeneristysmassapinnoite, valmistajan ohjeen mukaan
140mm	Betonilaatta A-3-II / B45 Paikalliskallistus 1:50 lattiakaivon ympärillä 1m:n matkalla
	Valukangas
315mm	Vanhat betonipalkit + vaahtolasimurske
80mm	Vanha betoninen alalaatta

Yläpohjan läpiviennit ja saumat tiivistetään.  
Kaikki alalaatan halkeamat injektoidaan

LIITE 1 . Lattian rakennetyyppi

## US 103

IVKH:n seinä ullakkoa vasten



Pinta työselostuksen mukaan

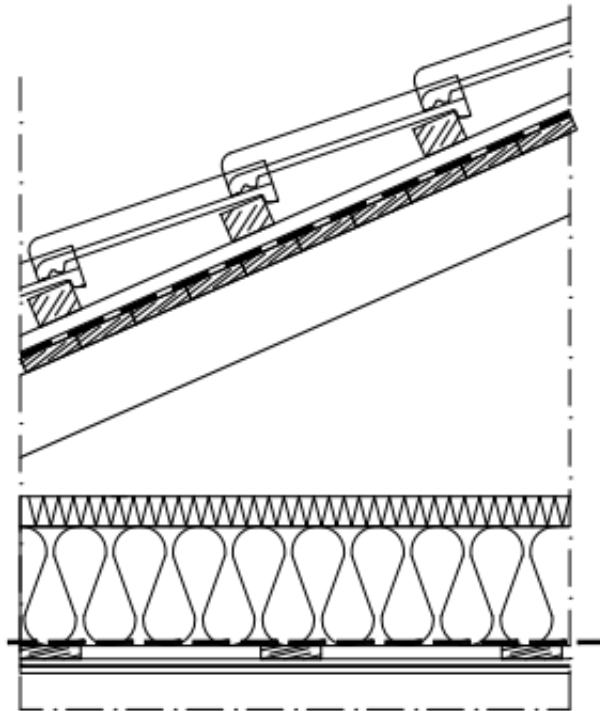
9mm	Tuulensuojakipsilevy
200mm	Termoranka 200x1.2mm k600 + kivilla ( $\lambda_d=0.033$ w/mk)
0.2mm	Höyrynsulkumuovi SFS 4225, E-luokka, UV-säteilysojattu Saumat limitetään >200mm, liitoskohta kahden kovan pinnan väliin. Saumat ja reunat teipataan
13mm	Kipsilevy
30mm	Mahdollinen ääneneristysmineraalivilla työselostuksen mukaan

Pinta huoneselostuksen mukaan

Ilmaääneneristävyys  $R'w + C_{tr} \geq 35$  db  
U-arvo = 0.20 W/m<sup>2</sup>K  
Paloluokka EI60

## YP 102

Uusi yläpohja IVHK:n  
kohdalla



Vanhat kattotiilet, alusrimat ja asbetia sisältävä bitumikermi, ruoteet ja kattokannattajat poistetaan

Betonikattotili likaa ja kasvillisuutta hylkivällä pinnoitteella tai Savikattotili

50x50...75 Ruodelaudoitus 50x50 kun kattokannattajat <k900, 50x75 kun kattokannattajat >k1200

25x50 Koolaus

Kumibitumikermi K-MS 170/3000 TL2 piste- ja saumaliimauksella

25mm Umpilaudoitus, kosteusvaurioituneet osat korvataan uusilla

~125mm Kattokannattajat / tuulettuva ilmatila

50mm TS-villa  $\lambda_d=0.031$  W/(mK)

198mm Kattopalkit 48x198 k900 + kivi.villa  $\lambda_d=0.033$  W/(mK)

22mm Koolaus 22x100 k400

12+12mm Luja A sementtikuivulevyt

Mahdolliset akustoinnit akustiikkasuunnittelijan mukaan

Ilmaääneneristävyyys  $R'w + C_{tr} \geq 35$  db

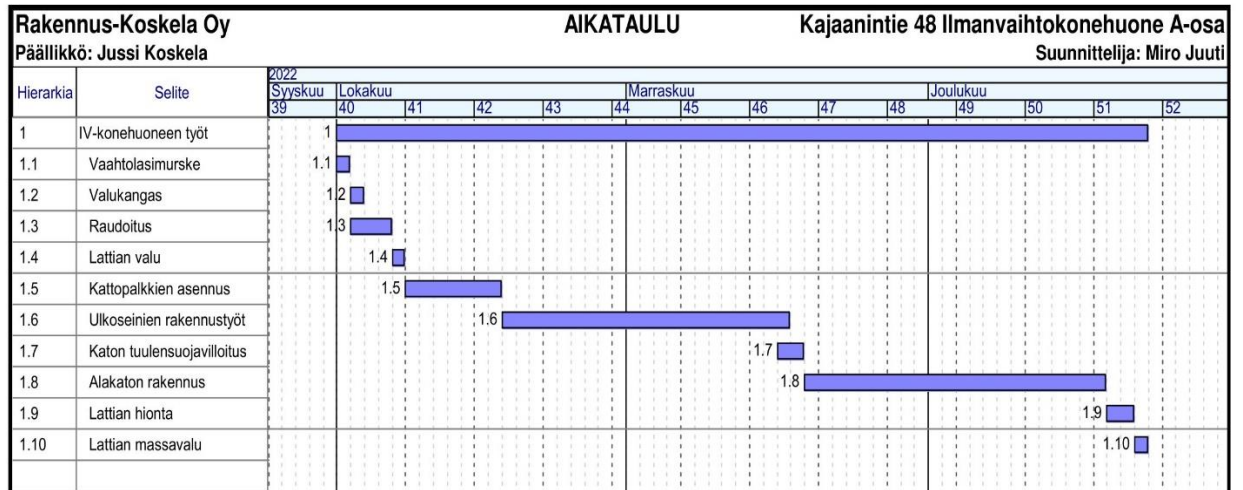
U-arvo = 0.14 w/m<sup>2</sup>k

Paloluokka EI60

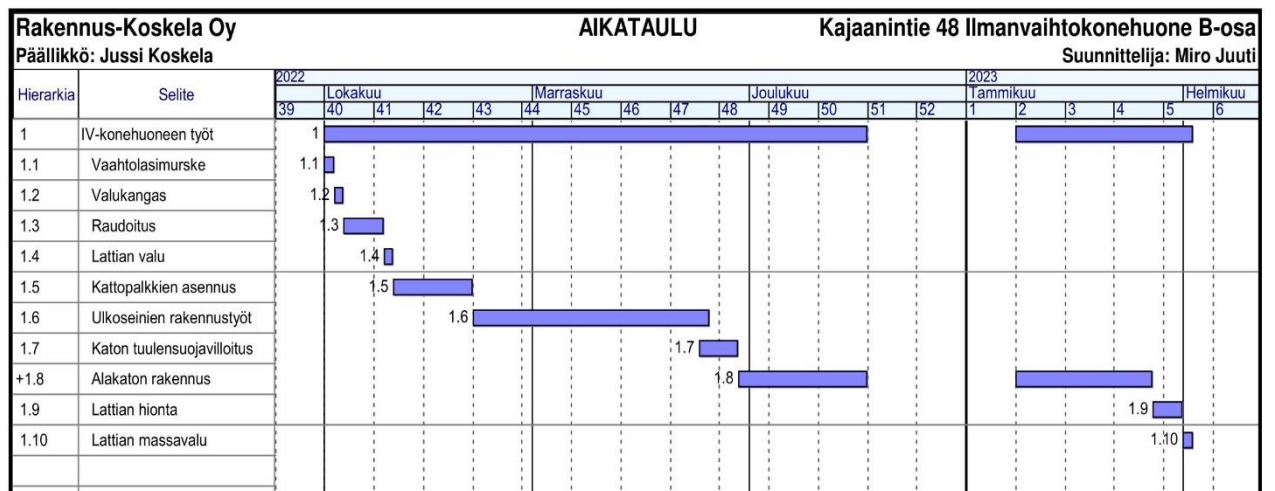
### LIITE 3. Katon rakennetyyppi

<b>Lattiat</b>	<b>IVKH-A</b>	<b>IVKH-B</b>
Foamit 20 -vaahtolasimurske	27,5 m <sup>3</sup>	40 m <sup>3</sup>
PETO-Valukangas	96 m <sup>2</sup>	138 m <sup>2</sup>
Harjateräs 10 mm	137 jm	160 jm
Hakaraudat 8 mm	168 kpl	242 kpl
Harjateräsverkko 8 mm	185 m <sup>2</sup>	271 m <sup>2</sup>
Codex butyylinauha	137 jm	160 jm
C30/37 XC1 Betoni	12,5 m <sup>3</sup>	17,5 m <sup>3</sup>
<b>Seinät</b>		
Termokisko SKY200	50 jm	66 jm
Termoranka RY200 2190 mm	20 kpl	30 kpl
Termoranka RY200 2300 mm	34 kpl	49 kpl
Termoranka RY200 2390 mm	20 kpl	21 kpl
Cembrit -tuulensuojalevy 9 mm	132 m <sup>2</sup>	171 m <sup>2</sup>
PAROC eXtra pro -kivivilla 100 mm	264 m <sup>2</sup>	341 m <sup>2</sup>
Höyrynsulkumuovi	132 m <sup>2</sup>	171 m <sup>2</sup>
Kipsilevy Knauf KEK 13 mm	132 m <sup>2</sup>	171 m <sup>2</sup>
<b>Katot</b>		
Kattopalkki 48 x 198 mm, 3900 mm	27 kpl	21 kpl
Kattopalkki 48 x 198 mm, 6300 mm	-	7 kpl
AB90 kulmalevy	54 kpl	56 kpl
Isover RKL-31 tuulensuojavilla 50 mm	96 m <sup>2</sup>	138 m <sup>2</sup>
PAROC eXtra pro -kivivilla 100 mm	192 m <sup>2</sup>	275 m <sup>2</sup>
Höyrynsulkumuovi	96 m <sup>2</sup>	138 m <sup>2</sup>
22 x 100 mm lauta	264 jm	401 jm
Cembrit Luja A	192 m <sup>2</sup>	275 m <sup>2</sup>

#### LIITE 4. Rakennusmateriaalien määrät



LIITE 5. A-osan ilmanvaihtokonehuoneen rakennustyön yleisaikataulu



LIITE 6. B-osan ilmanvaihtokonehuoneen rakennustyön yleisaikataulu

TUOTE	TARVITTAVA MÄÄRÄ IVKH-A	TARVITTAVA MÄÄRÄ IVKH-B	TUOTTEEN HINTA ALV 0 %	KUSTANNUKSET IVKH-A	KUSTANNUKSET IVKH-B
Betoni C30/37 XC1	12,5 m <sup>3</sup>	17,5 m <sup>3</sup>	148 € / m <sup>3</sup>	1850 €	2590 €
Cembrit Luja A Palonsuojalevy 12 mm	192 m <sup>2</sup>	275 m <sup>2</sup>	26,08 € / m <sup>2</sup>	5007 €	7172 €
Cembrit tuulensuojalevy 9 mm	132 m <sup>2</sup>	171 m <sup>2</sup>	12,312 € / m <sup>2</sup>	1625 €	2105 €
Codex BST 75 Butyylinauha	135 m	160 m	5,52 € / m	773 €	884 €
Eltete Höyrynsulkumuovi	228 m <sup>2</sup>	309 m <sup>2</sup>	68,3 € / rulla, 135 m <sup>2</sup>	137 €	205 €
Foamit 20 vaahtolasimurske	27,5 m <sup>2</sup>	40 m <sup>2</sup>	204,44 € / m <sup>3</sup>	5622 €	8177 €
Hakaraudat 8 mm	167 kpl	242 kpl	1,5 € / kpl	252 €	363 €
Harjateräs 10 mm	137 m	160 m	1,15 € / m	159 €	184 €
Harjateräsverkko 8 mm	185 m <sup>2</sup>	271 m <sup>2</sup>	9,8 € / m <sup>2</sup>	1813 €	2656 €
Isover RKL-31 tuulensuojavilla 50 mm	96 m <sup>2</sup>	138 m <sup>2</sup>	16,41 € / m <sup>2</sup>	1575 €	2265 €
Kattopalkki 48 x 198 mm	106 m	126 m	4 € / m	424 €	504 €
Kipsilevy Knauf KEK 13 mm	132 m <sup>2</sup>	171 m <sup>2</sup>	7,45 € / m <sup>2</sup>	984 €	1274 €
PAROC eXtra pro kivivilla 100 mm	456 m <sup>2</sup>	616 m <sup>2</sup>	9,26 € / m <sup>2</sup>	4223 €	5703 €
PETO-valukangas	96 m <sup>2</sup>	135 m <sup>2</sup>	56 € / rulla 150 m <sup>2</sup>	56 €	56 €
Termokisko SKY200	50 m	66 m	34,15 € / m	1708 €	2254 €
Termoranka RY200	170 m	229 m	24,03 € / m	4085 €	5503 €
22 x 100 lauta	264 m	401 m	0,52 € / m	138 €	209 €
			<b>YHTEENSÄ</b>	30431 €	42077 €

LIITE 7. Rakennusmateriaalien hinnat konehuoneittain eriteltynä.

TARVIKKEET	TARVITTAVA MÄÄRÄ IVKH-A	TARVITTAVA MÄÄRÄ IVKH-B	TUOTTEEN HINTA ALV 0 %	KUSTANNUKSET IVKH-A	KUSTANNUKSET IVKH-B
AB 90 x 90 kulmalevy	54 kpl	56 kpl	1,04 € / kpl	56 €	58 €
Ankkuriruuvi 5 x 40 mm	2 pkt	2 pkt	15 € / pkt, 250 kpl	30 €	30 €
Cembrit Universal ruuvi 3,9 x 38	8 pkt	10 pkt	15,1 € pkt, 250 kpl	121 €	151 €
Cembrit tuulensuojateippi 25 m	3 rullaa	5 rullaa	27,3 € / rulla	82 €	137 €
Isover naulausvälike	2 pkt	3 pkt	112,8 € / pkt, 250 kpl	226 €	338 €
Nauharuuvi HiLo 3,9 x 32 mm	4 pkt	6 pkt	17,4 € / pkt, 1000 kpl	70 €	105 €
Nauharuuvi HiLo 3,9 x 41 mm	2 pkt	3 pkt	19,7 € / pkt	40 €	60 €
Tiivistysteippi Sitko Flex 25 m	1 laatikko	1 laatikkoa	122 € / laatikko, 12 rullaa	122 €	122 €
Yleisruuvi 6 x 70 mm	5 laatikkoa	8 laatikkoa	12,1 € / laatikko, 100 kpl	61 €	97 €
			<b>YHTEENSÄ</b>	808 €	1098 €

LIITE 8. Rakennusmateriaalien tarvikkeiden hinnat konehuoneittain eriteltynä.