

Olli Haapaporras

**TASOITUS- JA MAALAUSTÖIDEN TOTEUTUS P1-LUOKAN SAIRAALARA-
KENTAMISESSA**

TASOITUS- JA MAALAUSTÖIDEN TOTEUTUS P1-LUOKAN SAIRAALARA- KENTAMISESSA

Olli Haapaporras
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-oh-
jelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Tekijä: Olli Haapaporras

Opinnäytetyön nimi: Tasoitus- ja maalaustöiden toteutus P1-luokan sairaalarakentamisessa

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Implementation of leveling and painting works in P1-class hospital construction

Työn ohjaaja: Juha Pennanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 35 + 5 liitettä

Tässä opinnäytetyössä käsitellään tasoitus- ja maalaustöiden toteutusta P1-puhtausluokan sairaalarakentamisessa. Havaintojen kautta pyritään selvittämään, miten aikataulujen mukainen toteutus ja tahdistukset onnistuivat vaativassa sairaalahankkeessa. Työssä tarkastellaan lisäksi väliseinien tasoitus- ja maalaustyöurakan reaaliaikaisen seurannan haastetta laajassa sairaalarakentamisessa ja esitetään siihen esimerkkiratkaisu.

Työ perustuu työmaatoimintojen tarkasteluun ja havaintoihin pidemmällä ajanjaksolla toimiessani tasoitus- ja maalaustyövaiheesta vastaavana työjohtoharjoittelijana. Tarkasteluväli on noin vuosi sisätyövaiheen aloituksesta käsittäen töiden etenemisen useampaan kerrokseen.

Työn tuloksena havaittiin, että toteutuskelpoiset aikataulut ovat tärkeitä alusta asti ja aikataulujen valvontaan tarvitaan käyttökelpoinen työkalu laajassa rakennushankkeessa. Lisäksi kesken jääneet työt vaikuttavat tahdistukseen ja estävät seuraavan vaiheen aloituksen, vaikka loogisesta suoritusjärjestyksestä pitäisi kuitenkin pitää kiinni. Kalliiden jälkitöiden määrää lisäävät erityisesti IV-asennusten alkamiset SV-alueilla ennen edeltävien vaiheiden valmistumista sekä suunnitelmien keskeneräisyys rakentamisvaiheessa.

Asiasanat: P1-puhtausluokka, tahdistus, aikataulusuunnittelu, tasoitus, maalaus, sairaalarakentaminen

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Management

Author: Olli Haapaporras

Title of thesis: Implementation of leveling and painting works in P1-class hospital construction

Supervisor: Juha Pennanen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024

Number of pages: 35 + 5 appendices

This thesis deals with the implementation of levelling and painting work in P1-cleanliness class hospital construction. Through the observations, the aim is to find out how the scheduled implementation and synchronisation succeeded in the demanding hospital project. The thesis also examines the challenge of real-time monitoring of levelling and painting work in large-scale hospital construction and presents an example solution for it.

The work is based on a review and observations of site operations over a longer period of time when I worked as a supervisor trainee responsible for the levelling and painting work phase. The review interval is approximately one year from the start of the interior work phase, including the progress of the work to several floors.

As a result of the work, it was found that feasible schedules are important from the beginning and a usable tool is needed to monitor schedules in a large construction project. In addition, unfinished work affects the pacing and prevents the start of the next phase, but the logical order of execution should be adhered to. The amount of expensive rework is especially increased by the start of IV installations in specific interior construction areas before the completion of the previous phases, as well as the incompleteness of the plans during the construction phase.

Keywords: P1-purity class, pacing, scheduling, leveling, painting, hospital construction

ALKULAUSE

Haluan kiittää opinnäytetyöni toimeksiantajaa NCC Suomi Oy:tä mahdollisuudesta tehdä tämä työ.

Haluan myös kiittää perhettäni ja ystäviäni sitkeästä kannustuksesta saada tämä työ valmiiksi.

19.02.2024

Olli Haapaporras

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	SAIRAALATYÖMAAN KUVAUS.....	9
2.1	Työmaan yleinen kuvaus ja toteutusmalli.....	9
3	TASOITUSURAKKA, P1-LUOKITUS JA AIKATAULUNHALLINTA.....	11
3.1	TAMA-urakan yleinen kuvaus.....	11
3.2	P1-luokitus.....	13
3.3	Toiminnot P1-luokitellulla työmaalla.....	14
3.4	P1-siivoukset.....	14
3.5	Aikataulusuunnittelun merkitys.....	15
3.6	Tehtävien väliset riippuvuudet ja tahdistus.....	16
4	TAMA-URAKAN TOTEUTUS.....	17
4.1	TAMA-urakan tahdistus F-rakennuksella.....	18
4.2	TAMA-urakan aloitus.....	21
4.3	TAMA-urakan eteneminen.....	22
4.4	TAMA-urakan ja IV-asennusten yhteensovitus.....	24
4.5	Hormit, kuilut ja jälkityöt.....	26
5	TYÖVAIHEEN AIKATAULUN VALVONTA.....	27
6	POHDINTA.....	31
6.1	Aikatauluista ja tahdistuksesta.....	31
6.2	Yleisiä huomioita.....	32
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET.....	35

SANASTO

SV-alue	Rakennuksen jokainen kerros on jaettu useampaan sisävalmistus-alueeseen (SV-alue) jotka on muodostettu ilmanvaihdon palvelualueiden mukaan. Ilmastointitekniikan asennukset suoritetaan aina SV-alue kerrallaan.
TATE	Talotekniikka.
LÄJÄ-putket	Lämpö- ja jäähdytysputket.
Roilotus	Urien sahaamista betoni- tiili- tai harkkopintaan seinätekniikan johdoille ja putkituksille.
IV	Ilmanvaihto
JV-putki	Jätevesiputki
HV-putki	Hulevesiputki
KSL-kannakointi	Kiinteiden sairaalalaitteiden vaatimat kiinnikkeet
VJ-kytkentäputket	Vesijohtojen kytkentäputket
SPR	Sprinkleri

1 JOHDANTO

Tässä työssä tarkastellaan tasoitus- ja maalausurakan toteutusta laajassa P1-puhtausluokan sairaalahankkeessa. Lähtökohtana oli havainnoida ja analysoida työtehtävän tahdistukseen liittyviä elementtejä sekä P1-puhtausluokituksen vaikutuksia näihin. Työ perustuu havaintoihini kyseisestä työvaiheesta toimiessani työnjohtoharjoittelijana Oulussa sijaitsevalla sairaalarakennustyömaalla.

Työn näkökulmaksi on valittu pidemmän aikavälin tarkastelu. Tuon jakson aikana työmaa kehittyi useampia samanaikaisia tehtäviä käsittäväksi kokonaisuudeksi, jolloin tahdistavien elementtien vaikutukset muuttuvat. P1-vaatimusten lisäksi työssä tarkastellaan myös muita tahdistukseen liittyviä ilmiöitä. Koska kyseessä on laaja sairaalahanke, mukana on erilaisia työvaiheita paljon enemmän kuin esimerkiksi perinteisessä asunto- tai toimitilarakentamisessa. Monimutkaisten taloteknisten järjestelmien vuoksi myös eri tehtävien kestot ovat pitkiä, millä on oma vaikutuksensa tahdistukseen ja aikataulusuunnitteluun. Laajassa hankkeessa myös monet muut erityyppiset epävarmuustekijät vaikuttavat tasoitus- ja maalaushankkeen toteutukseen ja myös näitä näkökulmia on tässä työssä tuotu esille.

Yksi olennainen osa laajassa ja monimuotoisessa hankkeessa on työmaa-asennusten aluejakojen suunnittelu sisävalmistusvaiheessa. Perinteisten lohko- ja moduulijaon lisäksi kaikkia työvaiheita tahdistaa ilmanvaihdon palvelualueisiin perustuva kerroskohtainen jako sisävalmistusalueisiin (SV-alue). Tällä on merkittävä vaikutus kaikkiin muihin työvaiheisiin erityisesti P1-puhtausluokan vaatimusten osalta.

Nykyään yhä useamman rakennushankkeen vaatimuksena on P1-puhtausluokka, mikä merkitsee tästä johtuvien vaatimusten huomioon ottamista kaikkien työvaiheiden suunnittelussa. Rakentamisaikaisen puhtaan sisäilman merkitys ja kokonaisvaltainen pölynhallinta korostuvat varsinkin sairaalarakentamisessa yhä enemmän, ja se luo väistämättä muutostarpeita perinteisiin rakennusmenetelmiin sekä tuotannon suunnitteluun ja toteutukseen. Keskeinen näkökulma on, miten aikataulujen mukainen toteutus sisätyövaiheiden osalta onnistui ja minkälaisia haasteita siihen sisältyi.

2 SAIRAALATYÖMAAN KUVAUS

Pääsin työmaalle töihin opintoihin kuuluvien työmaajaksojen suorittamisen kautta lokakuun 2022 alusta. Tällöin rakennus oli vaiheessa, jossa kellarikerroksen ja ensimmäisen maanpäällisen kerroksen paikallavaletut ulkoseinät olivat valmiita ja kellarikerroksessa oli aloitettu ensimmäisten muurattujen väliseinien teko. Työtehtävänäni liittyivät tasoitus- ja maalausurakkaan ja pääsin osallistumaan myös työvaiheen tehtäväsuunnitelman tekoon, joka saatiin valmiiksi hieman ennen urakkasopimuksen allekirjoitusta marraskuussa 2022.

2.1 Työmaan yleinen kuvaus ja toteutusmalli

Työmaa, johon tämä opinnäytetyö liittyy, sijaitsee Oulun Kontinkankaalla ja on nimeltään OYS2030 2.vaihe F-rakennus, työmaanumero 13542. Pääurakoitsijana toimii NCC. Hankkeen toteutusmuotona on allianssimalli, jonka osapuolina ovat Pohde (tilaaja), NCC (pää toteuttaja) sekä Siemens Osakeyhtiö (rakennusautomaatiourakoitsija). Yhteistyössä rakentamisessa ovat myös arkkitehti- ja suunnittelutoimistot. Työmaa on osa laajempaa Maailman älykkäin sairaala 2030 -hanketta, johon kuuluu kaikkiaan neljä isompaa sairaalarakennusta, joista F-rakennus on järjestyksessään kolmas. Jo aiemmin on aloitettu rakentamaan A- ja B-rakennuksia, joihin sijoittuvat OYS:n uuden sairaala-alueen ns. kuumat toiminnot ja viimeisenä suunnitelmissa on vielä C-rakennus, jonka aloituksen aikataulu on vielä avoin. Näistä neljästä NCC toimii pääurakoitsijana kaikissa muissa paitsi B-rakennuksessa.

F-rakennuksen pääkäyttötapa on sairaala ja loppukäyttäjät Oulun Yliopistollinen Sairaala (OYS). Rakennukseen tulee mm. laboratoriotiloja, kuvantamista, syöpätautien vuodeosastoja, syöpätautien poliklinikka sekä sairaala-apteekki. Valmistelevia töitä tehtiin kesästä 2021 alkaen ja varsinaisen rakentamisen aloitettiin vuoden 2022 alussa. Valmiissa rakennuksessa on kaikkiaan 10 kerrosta; T, 0 ja 1 - 8 joista T on ainoa kokonaan maanalainen kerros. Rakennuksen kerrosala (rakennusoikeus) on yhteensä 22 333 k-m² ja bruttoala 32 759 brm². Rakennuksen on tarkoitus valmistua alkuvuodesta 2025.

F-rakennus on rakennusteknisten toteutusten osalta monin tavoin hyvin samankaltainen A- ja B-rakennuksien kanssa, joten saatavilla pitäisi olla myös kokemusperäistä tietoa mahdollisista rakentamisen haasteista ja ongelmakohtista, samoin kuin hyviksikin todetuista menetelmistä ja suunnittelusta. Rakentamisessa ja suunnittelussa mukana olevat osapuolet ovat myös laajalti samoja ja myös tasoitus- ja maalausurakoitsija on sama kuin edeltävissä hankkeissa. Jokainen rakennus on kuitenkin omanlaisensa ja tässäkin allianssihankeessa rakennuksen suunnittelu oli vielä täydessä vauhdissa rakennustöiden jo alkaessa. Tämä luonnollisesti asetti aivan erityisen haasteen hankkeen yleiselle aikataulusuunnittelulle ja tehtäväsuunnitelmien sisällölle.

3 TASOITUSURAKKA, P1-LUOKITUS JA AIKATAULUNHALLINTA

Tasoius- ja maalausurakan (jäljempänä käytän tästä lyhennettä TAMA-urakka) tehtäväsuunnitelmassa on esitetty työvaiheen yleinen kuvaus.

3.1 TAMA-urakan yleinen kuvaus

Tehtävä: Rakennuksen sisäpuolisten seinäpintojen (muuratut ja kevyet väliseinät sekä ulkoseinät) tasoius ja maalaus työselostuksen ja annettujen suunnitteludokumenttien mukaan. Holvin, piiloon jäävien betonipintojen ja koteloiden sisäpintojen pölynsidonta. (1.)

Erityistä:

- Työssä noudatettava työmaan pölyntorjuntasuunnitelmaa (puhtausluokkavaatimus P1).
- Käytettävien materiaalien päästöluokkavaatimus on M1.
- Noudatetaan Kuivaketju 10 -vaatimuksia ja Terve Talo -kriteereitä.
- Varmistettava LVI-materiaalien, asennettujen ja varastoitujen, puhtaana pysyminen.
- Maalien ja tasoitteiden varastointiin kiinnitettävä huomiota lämpötilan laskiessa kohti talvea.
- Noudatetaan kosteudenhallintasuunnitelmaa. Paikallavaluseinien kosteus todennettu mitaamalla (NCC). (1.)

Alkutila: Suunnitelmat aliurakoitsijalla, etuputsi tehty betoniseinille, materiaali siirretty pihalta kerrokseen, työkohde vapaana. Tasoitettavat pinnat on tarkastettu ja hyväksytyt. Muuratujen harkkoseinien roilotukset ja putkitukset tehty. (1.)

Työn eteneminen osakohteittain: Osakohteeksi määritellään rakennuksen yksi kerros. Jokainen kerros taas jaetaan ilmanvaihdon palvelualuekaavion mukaisesti erillisiin sisävalmistusalueisiin, jotka tehdään kokonaan valmiiksi suunnitellussa järjestyksessä. Tämä järjestys määräytyy kulloisenkin tilanteen mukaan kerroksessa tehtävien muiden rakennustöiden kanssa. (1.)

Tehtäväsuunnitelmassa määritellyt keskeiset suunnitteludokumentit TAMA-urakan toteuttamiseksi olivat:

Rakennuskohtaiset dokumentit:

- Maalaus- ja tasoitustyöselostus
- Julkisivu- ja sisäväriluettelo
- Muutosluettelo (1.)

Kerroskohtaiset dokumentit:

- Huoneselostusluettelot
- Väliseinäkaavio
- Sisävärikaavio
- Sisäkattopiirustus
- Pohjapiirustus
- Seinätasoiuskaavio
- Kalustepohjat (1.)

Tahdistusten kannalta oleellisin dokumentti näistä on maalaus- ja tasoitustyöselostus, jossa kuvataan erilaisten seinä- ja kattopintojen tasoitustyyppit ja maalausten käsittely-yhdistelmät, jotka määrittävät työvaiheen ajallisen keston. Yleisimmät TAMA-työvaiheet voidaan yksinkertaistaen kuvata seuraavasti:

- Harkkoseinä tai tiiliseinä: oikaisutasoitus, pohjatasoitus, pintatasoitus, hionta, pohjamaalaus, pintamaalaus (Betoniseinä sama mutta ei tarvita oikaisutasoitusta)
- Kipsilevyseinä (kokonaan tasoitus yleisesti seiniin): ruuvinkantojen ja saumojen silotus sekä saumanauhan kiinnitys, pohjatasoitus, hionta, pintatasoitus (ylitasoitus), hionta, pohjamaalaus, pintamaalaus
- Kipsilevyt alakaton yläpuolella: saumojen silotus ja saumanauhan kiinnitys, pohjamaalaus
- Muuratut seinät alakaton yläpuolella: kertaalleen tasoitus ja maalaus. (4.)

3.2 P1-luokitus

Tarkasteltavalla työmaalla puhtausluokkavaatimus rakennustöiden ja ilmanvaihtojärjestelmien osalta on P1. Tällä luokituksella pyritään varmistamaan valmiiden tilojen puhtaus luovutusvaiheessa estämällä rakennusaikaisten epäpuhtauksien kulkeutuminen niihin. Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, ettei rakenneosien sisälle jää epäpuhtauksia. Ilmanvaihtojärjestelmän osalta tarkoituksena on varmistaa, että uuden ilmanvaihtojärjestelmän tuloilman laatu on hyvä. Luokitus muodostuu ilmanvaihtojärjestelmän tuotteille sekä suunnittelulle ja toteutukselle asetettavista puhtausvaatimuksista. Luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymän keskiarvo saa olla enintään 0,7 g/m² suodatinmenetelmällä mitattuna tai visuaalisesti arvioituna. Geeliteippi-menetelmällä pölykertymä saa olla $\leq 5\%$. (2.)

P1-vaatimusten täyttäminen edellyttää osastointien käyttöä ja rakennustöiden siisteyttä. Lisäksi työvaiheiden yhteensovittaminen ja oikea ajoitus on huomioitava. Rakennustöiden sisävaiheeseen siirtymisen yhteydessä käyttöön otetaan työmaan pölyntorjuntasuunnitelmissa määritellyjä pölyntorjunnan menetelmiä, joilla ehkäistään sekä pölyn syntymistä, että leviämistä. (2.)

Tärkeimmät toimenpiteet pölyn syntymisen estämiseksi ovat

- vähäpölyiset materiaalivalinnat
- pölyttömät työmenetelmät
- imuriin liitetty kohdepoisto kaikissa pölyä synnyttävissä työkoneissa
- alakaton yläpuolisten pintojen pölynsidontamaalaus ennen tekniikan asentamista. (2.)

Tärkeimmät toimenpiteet pölyn leviämisen estämiseksi ovat

- osastoinnit ja alipaineistuksen käyttö
- HEPA-suodattimilla varustetut ilmanpuhdistajat osastojen ilmanvaihdossa.
- säännöllinen rakennussiivous
- erilliset alipaineistetut sekoitushuoneet laastien tekoa varten (kerroksittain)
- runsaasti pölyä tuottavien työvaiheiden osastointi ja eristys muista työvaiheista sekä ajallisesti, että sijainnillisesti
- IV-laitteiden käyttökielto rakentamisen aikana. (2.)

3.3 Toiminnot P1-luokitellulla työmaalla

P1-asennusalueet osastoidaan ja merkitään selkeästi alueille johtaville oville. Merkinnässä kielletään turha osaston läpi kulkeminen ja kaikenlaiset pölyävät työt IV-asennusten aikana. Vaatimusten täyttymistä seurataan ja dokumentoidaan viikoittaisien TR-mittauksien yhteydessä sekä säännöllisillä puhtauskonsultin suorittamilla työmaa-arvioinneilla, joiden yhteydessä myös mitataan työmaan pölypitoisuuksia Liitteen 1 mukaisesti. (2.)

Myös materiaaleille ja varastoinnille on asetettu omat vaatimuksensa. Esimerkiksi IV-kanavat ja kanavaosat on tehtävä puhtausluokitelluista, tehdasvalmisteisista materiaaleista ja tiivistemateriaaleina käytetään M1-luokiteltuja materiaaleja. Kuljetuksen varastoinnin ja asennuksen aikana materiaalit on suojattava likaantumiselta ja kastumiselta. Tuotteiden suojaukset poistetaan vasta juuri ennen asennusta. (2.)

Asennustöissäkin asennusalueella pyritään vain pölyämättömien työmenetelmien käyttöön. Pölyävien materiaalien kuten kanavaristeiden käsittely tulee tehdä erillisessä osastoidussa tilassa. Asennustöiden päättyessä tai keskeytyessä kanavien päät tulpataan pölytiivisti. Kanavien ja kanavaosien sisäpinnoille ei saa jäädä ruuveja tai muita epätasaisuuksia, jotka voivat kerätä likaa tai vaikeuttavat puhdistusta. Asennettavat päätelaitteet suojataan ja suojaukset poistetaan vasta ennen toimintakokeita tai mittaus- ja säätötöitä. (2.)

3.4 P1-siivoukset

P1-luokituksessa tärkeässä osassa ovat myös eri vaiheissa suoritettavat siivoukset ja jätteiden keräys. Rakennusvaiheessa toteutetaan säännöllinen rakennussiivous, jossa irtojäte sijoitetaan suoraan kannellisiin roska-astioihin työn aikana. Karkeampi rakennusjäte korjataan lastoilla ja hienompijakoinen jäte imuroidaan, ja harjasiivous on kielletty. Työntekijät ovat veloitettuja siivoamaan omat työpisteensä ”lastapuhtaaksi” ja kerrossiivoajat imuroivat työkohteissa päivittäin. Jokaisessa kerroksessa on keskitetty jätteenkeräyspiste ja riittävä määrä jätejakohtaisia irrallisia jäteastioita, joihin urakoitsijat ovat veloitettuja tuomaan jätteensä. Pääurakoitsija tyhjentää jätteenkeräyspisteellä olevat astiat jätelavoille tai jätipuristimeen. Piidioksidia eli kvartsipölyä sisältävät jätteet kuljetetaan ulos jätelavoille kannellisissa astioissa tai jätevaunuissa. (2.)

3.5 Aikataulusuunnittelun merkitys

Tuotannon ajallinen suunnittelu ja hallinta ovat keskeisin osa tuotannonhallintaa. Nämä vaikuttavat suoraan kustannuksiin ja laatuun ja toimivat edellytyksinä muun tuotannonhallinnan onnistumiselle. Aikataulujen pitää olla realistisia ja toteuttamiskelpoisia, ja niiden laadinnalle on varattava riittävästi aikaa. Hyvälle aikataulusuunnittelulle ominaisia tärkeitä asioita ovat mm. tehtäväkokonaisuudet, joiden toteutumista voidaan valvoa ja tuotantoa ohjata, aloitus ja toteutusedellytysten varmistaminen, resurssien suunnittelu, oikea esitystapa ja -tarkkuus, olosuhteiden huomioiminen ja kullekin tehtävälle varattu työrauha osakohteessa. Tärkeää on myös yksilöidä ja sovittaa talotekniset työt rakennusteknisten töiden kanssa, jotta koko työmaan tuotantoa pystytään ohjaamaan. Huolellisen etukäteissuunnittelun avulla pystytään myös varautumaan mahdollisiin häiriötilanteisiin sekä hahmottamaan vaihtoehtoja tilanteissa, joissa joudutaan tekemään nopeita päätöksiä. (3, s. 9.)

Yleisaikataulussa kuvataan koko hankkeen suunniteltu työnkulku, ja se on työmaan toteutuksen ja ajoituksen ohjauksen malli. Se toimii lähtötietona tarkemmalle resurssisuunnittelulle sekä tarkemman tason suunnitelmille, kuten rakentamisvaihe- ja viikkoaikatauluille. Rakentamisvaiheaikataulu laaditaan tietylle rakentamisvaiheelle tai ajanjaksolle kuten perustus-, runko- tai sisävalmistusvaiheelle. Se voi olla myös käytännössä isomman työkokonaisuuden tehtäväsuunnitelma, jossa esitetään ja limitetään useita työvaiheita keskenään työvaiheittain tai osakohteittain. Rakentamisvaiheaikataulu vastaavasti antaa puitteet laatia viikkoaikataulut, joiden tarkoituksena on varmistaa töiden tavoitteiden toteutuminen ja resurssien tehokas käyttö ja riittävyys lyhyellä ajanjaksolla, joka yleensä on 1 - 3 viikkoa. Viikkoaikataulu on läpileikkaus tuolle ajanjaksolle ajoittuvista tehtävistä. (3, s. 9.)

Lyhyen aikajänteen suunnittelun tehostamiseksi voidaan käyttää niin sanottua Last Planner -menetelmää. Menettelyssä pääpaino on tehtävien aloitusedellytysten varmistamisessa, yhteisten tavoitteiden luomisessa sekä tavoitteiden saavuttamisen arvioinnissa. Suunnitelmiin pyritään ottamaan mukaan vain tehtäviä, jotka pystytään suorittamaan tällä aikajänteellä ja kokonaan toteutuneiden tehtävien määrää seurataan viikoittain. Tällä pyritään suunnittelutason parantamiseen ja mahdollisten ongelmien syiden poistamiseen. (3, s. 9.)

Aikatauluja laadittaessa käytetään rakenteellista osittelu, jossa rakennus jaetaan fyysisiin osiin. Paikka-aikakaaviota käytettäessä tarvitaan myös sijainnin mukainen osittelu eli jako osakohteisiin, joita ovat lohkot ja työkohteet. (3, s. 13.)

3.6 Tehtävien väliset riippuvuudet ja tahdistus

Työtehtävät ovat usein riippuvaisia toisista tehtävistä, jotka määrittävät tehtävien välisen työjärjestyksen. Riippuvuus on tehtävien välisen työjärjestyksen määräämä, valittu tai ehdoton rajoitus. Riippuvuudet voidaan jakaa neljään eri ryhmään: (3, s. 17.)

- Looginen riippuvuus: tehtävät voidaan tehdä vain tietyssä järjestyksessä (tasoitus ennen maalausta).
- Tekninen riippuvuus: käytetty tekniikka vaikuttaa muihin tehtäviin (hormeissa kulkevat putkitukset on koeponnistettava ennen hormien umpeen muuraamista).
- Olosuhderiippuvuus: seuraavan työvaiheen aloittaminen edellyttää tarkkaan määriteltäviä olosuhteita (kosteusmittaukset hyväksytyjä ennen lattioiden pinnoitusta).
- Resurssiriippuvaisuus: resurssia voidaan käyttää vain yhdessä kohteessa kerrallaan. (3, s. 17.)

Riippuvuudesta aiheutuu edeltävän ja sitä seuraavan tehtävän välille aloitus- ja lopetusajankohdan viive, joka ilmoittaa edeltävän tehtävän ja seuraavan tehtävän välisen aikaeron. Tämän suuruus riippuu riippuvuustyyppistä, joita on neljä: (3, s. 17.)

- Loppu-alkuriippuvuus: tehtävää ei saa aloittaa ennen kuin edeltävä tehtävä on valmis (raudoitus – betonointi).
- Alku-alkuriippuvuus: tehtävän saa aloittaa, kun edellinen tehtävä on aloitettu (muottityö – raudoitus).
- Loppu-loppuriippuvuus: edeltävää tehtävää ei voi lopettaa ennen kuin jäljempi tehtävä on valmis (väliseinätyö – sähkörsioiden asennus).
- Alku-loppuriippuvuus: jäljessä tulevaa tehtävää ei saa lopettaa ennen kuin edellä oleva tehtävä on aloitettu (betonointi – pohjaveden pumppaus). (3, s. 17.)

4 TAMA-URAKAN TOTEUTUS

TAMA-töiden kannalta tärkein tahdistava tehtävä on väliseinien teko. Pohjakerroksessa ainoat väliseinätyypit olivat muurattuja harkkoseiniä ja paikallavalettuja betoniseiniä. Vasta seuraavassa kerroksessa mukaan tulivat myös muut väliseinätyypit kuten erilaiset kevyet väliseinät ja muuratut tiiliseinät. Kaikkiaan F-rakennukselle oli määritelty 54 erilaista tasoitettavaksi tarkoitettua väliseinätyyppiä. Levyrakenteisia seiniä 12 kpl kuiviin tiloihin, 9 kpl märkiin tiloihin ja 12 kpl lyijysuojattuja seiniä kuvantamistiloihin. Muurattuja harkko- tai tiiliseinätyyppejä oli 16 kpl ja teräs-betoniseiniä 5 kpl. Luettelo näistä eri seinätyypeistä löytyy liitteestä 5.

Se miksi TAMA-urakka on erityisen merkittävä juuri P1-luokituksen kannalta, johtuu siinä tarvittavista tasoitepintojen hionnoista. Tämä työvaihe tuottaa sisävalmistustöiden osalta eniten pölyä, ja siksi olisi tärkeää saada tämä vaihe mahdollisimman kattavasti tehtyä ennen IV-asennusten alkamista. Pölyntuoton minimoimiseksi tasoiteissäkin tulee käyttää kuvan 1 mukaista koneellista kohdepoistolla varustettua hiomalaitetta. Lisäksi hiontamestalla tulee aina käyttää kuvan 2 mukaista HEPA-suodattimella varustettua ilmanpuhdistajaa. Esim. lossilla seinäpintojen hiominen on kokonaan kielletty, ellei siihenkin ole saatavilla kohdepoistoa.



KUVA 1. Kohdepoistolla varustettu varrellinen hiomakone eli "kirahvi" ja pölynimuri.



KUVA 2. Hionnan yhteydessä käytetty tehokas ilmanpuhdistaja BOS CLEAN XLI (HEPA).

4.1 TAMA-urakan tahdistus F-rakennuksella

Tahdistuksissa looginen riippuvuus on määräävä tekijä yleisaikataulun päätehtävien osalta. F-rakennuksen selkeä työvaihejärjestys sisätyövaiheille muuraustöiden aloittamisesta alkaen aina IV-asennuksiin asti on alla olevan kuvan 3 mukainen:

	TYÖVAIHE	
1.	Muuratut väliseinät	MV
2.	Yhteiskannakointi (kattoon)	
10.	Tasoitus MV	Muuratut väliseinät
3.	KSL-kannakointi	
4.	Viemärihajotukset	
5.	SPR-rungot	
6.	Kevyet väliseinät	KV
7.	VJ-kytkentäputket seiniin	
8.	LÄJÄ-rungot	
9.	SPR-haarat	
10.	Tasoitus- ja maalaus KV	Kevyet väliseinät
11.	Pystykannakointi	
12.	Hyllyasennukset	
13.	P1 siivous	Ei aikatauluissa mukana
14.	IV-asennukset	

KUVA 3. Työvaihejärjestys

Näiden lisäksi väliseiniin liittyvät vielä seuraavat yleisaikataulusta puuttuvat työvaiheet, jotka tulisi tehdä ennen TAMA-töitä:

- Harkko/muuratut väliseinät: seinätekniikan merkkaukset, timanttiporaus sähkörasioille ja hanakulmille, roilotus sähköputkille ja VJ-putkille, sähkö- ja VJ-putket sekä sähkö- ja hanakulmarasiat seiniin, roilojen täytöt ja paikkaukset, liikuntasauma-, palo- ja äänieristyskittaukset.
- Kevyet väliseinät: seinätekniikan merkkaukset, seinien sähköputket, sähköasiat, VJ-putket ja hanakulmarasiat, seinien ylä- ja alapuoliset kittaukset.

Myöskään väliseiniä läpiviennille tehtäviä timanttiporauksia ja reikäsahauksia ei yleisaikataulusta löydy, vaikka näillä töillä on myös tahdistava vaikutus TAMA-töiden osalta.

F-rakennuksessa myös alakaton yläpuoliset kipsilevyseinien yläosat nauhoitetaan, muuratut seinät tasoitetaan kerran ja molemmat maalataan kertaalleen seinien pohjamaalauksen yhteydessä. Tämän vuoksi TAMA-työ tahdistaa myös TATE-asennuksia, mikä on merkittävä ero perusrakentamiseen, jossa alakaton yläpuolisia osia ei tarvitse käsitellä. Syynä tähän ovat jälleen P1-vaatimukset sekä tiukemmat äänieristysvaatimukset. P1-vaatimusten mukaan myös kaikki rakenteiden sisään jäävät betonipinnat pitää maalata pölynsidontamaalilla, myös sementtipohjaisilla aineilla tehdyt paikkaukset ja holvireikien valut.

Tämän lisäksi vielä kannakointien ja hyllyjen asennukset haluttaisiin tehtäväksi mahdollisimman aikaisin mutta niiden aloittaminen taas on riippuvainen TAMA-töiden valmistumisesta. Jos asiat tehdään ”väärässä” järjestyksessä, jokin näiden töiden suorittamisesta vaikeutuu tai aiheuttaa viivettä, jotka taas viivästävät lisää muita vaiheita ja näin ollen aikataulujen pitäminen muodostuu varsin haastavaksi. Sama koskee toki lähes kaikkia muitakin TATE-asennuksia.

Yhtenä tekijänä ovat myös haastavan sairaalarakentamisen osalta lukuisien palokatkojen ja rakenteiden palo- ja äänieristyskittausten toteutukset, missä kohtaa nämä pitäisi tehdä ja kauanko näihin on varattu aikaa. Vielä yhtenä vaikuttavana tekijänä ovat varsin mittavat TATE- ja sähköpuolen asennusten vaatimat väliseiniä ja holvien läpiviennit, jotka nekin vaikuttavat aikataulun toteutukseen. Myös näillä töillä tehtynä samaan aikaan muiden tehtävien kanssa tai jälkikäteen on suora yhteys P1-vaatimusten mukaisesti sisätyövaiheiden toteutuksiin ja niiden huomioiminen aikataulusuunnittelussa on haastavaa.

TAMA-työ sisältää monia eri työpäiville jakautuvia vaiheita kuten kappaleessa 3.1 TAMA-urakan yleinen kuvaus on esitetty. Tämä tarkoittaa sitä, että oli pa tasoitettava pinta-ala muutama neliö tai kymmeniä neliöitä, kestää työvaihe aina saman verran eli yleisimmin tasoitteiden kuivumisajat huomioiden 3 - 4 päivää. Tämän vuoksi urakassa on välttämätöntä päästä koneelliseen tasoitteen levittämiseen aina kun mahdollista. Tämä taas edellyttää, että mestaa on tarjolla riittävästi ja että tasoittamattomia jälkitöitä jäisi mahdollisimman vähän. Tämän vuoksi myös suunnitelmissa esim. kevyiden väliseinien tulisi olla tarpeeksi kaukana edellä ja tuottaa kerralla paljon lopullista tasoitettavaa pintaa. Tässäkin lisähaasteena on se, että levyseinien sulkeminen molemmilta puolilta edellyttää myös sähkö- ja LVI-puolen töiden valmistumista ajallaan.

F-rakennuksen kerrokset oli jaettu neljään eri lohkokon, joita pääasiassa käytettiin runkovaiheen työkohteiden toteutuksen suunnittelussa. Kohteen toteutuksen aikana joudutaan joskus muuttamaan lohkojakoa, kun siirrytään sisävalmistustöihin. Syynä on yleensä suunnitteluratkaisun soveltumattomuus lohkoajatteluun. Näin oli myös F-rakennuksessa, jossa uudet "lohkot" eli kerroskohtaiset SV-alueet muodostettiin IV-palvelualueiden perusteella. Nämä muodostivat runkotyövaiheen jälkeen aikataulusuunnittelun perustan, mutta kaikkia työvaiheita ei kuitenkaan voinut tai kannattanut suunnitella näiden pohjalta.

Esimerkiksi TAMA-töitä edeltävä väliseinien teko suunniteltiin työvaiheen tehokkuuden ja logistiikan optimoinnin kannalta lohkojaon mukaisesti, mutta TAMA-työt piti suunnitella SV-alueiden aikataulujen mukaan, jota se pölyävänä työvaiheena tahdisti. Koska SV-alueet olivat täysin satunnaisesti muodostettuja lohkojakoon verrattuna, aiheutti tämä kokonaistahdistuksen osalta mielenkiintoisen tilanteen. Kun tähän tilanteeseen huomioidaan myös taloteknisten työvaiheiden suunnittelu ja toteutus, jotka osin käyttivät molempia lohkojakoja, muodostui toteutuksen tahdistamisesta varsin monimutkainen kuvio. Päähuomio oli kuitenkin koko ajan SV-alueiden aikataulutuksessa.

4.2 TAMA-urakan aloitus

Muuraustöiden aloitus siirtyi joitakin viikkoja suunnitellusta, koska maanvaraisten lattioiden teko oli myöhässä ja lisäksi muurausurakoitsijalla oli vaikeuksia saada tarpeeksi työntekijöitä. Alussa työmaalle saatiin ainoastaan yksi muuraripari, vaikka kokonaisaikataulu oli laskettu kuuden työntekijän mukaan. Etenemäksi oli laskettu 200 - 250 m² / viikko työparia kohti, mutta toteutuma ensi viikkoina oli vain noin 100 – 170 m².

Aikataulupaineiden takia pohjatasoitustyöt päätettiin kuitenkin aloittaa heti väliseinämuurausten perään lokakuun alussa 2022 ennen koko rakennusta koskevan TAMA-urakan allekirjoitusta. Tasoitus tehtiin kahden tasoittajan toimesta käsin sementtipohjaisella tasoitteella koska runko ja holvira-kenteet eivät vielä olleet vesitiiviitä. Muuraustöiden hitaan etenemisen vuoksi nopeammin etenevä tasoitustyö oli kuitenkin katkonaista.

Väliseinämuurausten edetessä myös muita työvaiheita käynnistettiin. Pian samaan aikaan kerrok-sessa tehtiin yhteiskannakointia, viemärihajotuksia, JV / HV-putkituksia, LÄJÄ-runkoja, sprinkleri-putkituksia, seinätekniikan roilotuksia sähkölle ja hanakulmille, palo- ja äänieristyskittauksia, ti-manttiporausta putkituksille sekä betonirakenteiden etuputsia ja pölynsidontamaalauksia. Tämä runsas ja päällekkäinen toiminta yhdessä suurien tavaramäärien ja ahtauden kanssa kerroksessa johti lukuisiin konflikteihin ja tilanteeseen, jossa tahdistukset puuttuivat kokonaan.

Aikataulut olivat aika yleisellä tasolla, kommunikaatio oli tilannejohtamista ja monet asiat tulivat yllätyksenä. Kun suunniteltu IV-asennusaikataulu alkoi lähestyä, oli kaikilla suuri haaste tehdä kaikki työvaiheet alta pois. IV-asennukset pyrittiin pitämään aikataulussa keinolla millä hyvänsä, koska koko kerroksen tarvikkeet oli tilattu työmaalle sen mukaisesti. Lopulta ajaututtiin tilantee-seen, jossa aikatauluviiheiden minimoimiseksi IV-asennus suunnitelmia (SV-alueita) jouduttiin aloi-tuksessa hieman muuttamaan. Lopulta seuraavaan (0-kerrokseen) siirryttäessä IV-aikataulut olivat noin kaksi viikkoa myöhässä.

Syynä tälle oli se, että kaikki työvaiheet olivat myöhässä enemmän tai vähemmän johtuen työ-vaihesuunnitelmien ja sitä myötä tahdistusten puutteellisuuksista. Tämän lisäksi joukkoon mahtui myös työvaiheita, joiden urakoitsijat pyrkivät tekemään omat työnsä etuajassa. Tämä tietenkin vain

pahensi edelleen kokonaistilannetta. Tällaisia työvaiheita löytyi mm. sprinkleriputkituksista, kannakointitöistä ja hyllyasennuksista. Tämän lisäksi myös monia putkituksia ehdittiin asentaa tasoittamattomien ja maalaamattomien pintojen eteen.

Myös harkko- ja betoniseiniin tehtävien porattavien sähkö- ja putkitusmerkkausten ja roiloihin asennettavan seinätekniikan osalta ajaututtiin monesti konflikteihin. Osalla aliurakoitsijoista merkkäminen ei kuulunut urakkaan ja ulkoistettu toiminta oli hidasta ja epävarmaa. Toisinpäin merkkejä myös tasoitettiin ja maalattiin umpeen ennen roilotuksia tai porauksia. Myös seiniä, joihin ei ehditty laittaa seinätekniikkaa, jouduttiin tasoittamaan aikatauluissa pysymiseksi.

Ongelmat olivat pahimmillaan juuri pohjakerroksessa. Kun sisävaihteydet alkoivat siirtyä seuraavaan eli 0-kerrokseen, saatiin moniin asioihin parannusta. Esimerkiksi aikataulusuunnittelun puutteisiin puututtiin ripeästi, tehtiin korjausliikkeitä ja vahvistettiin suunnittelun resursseja ja käytäntöjä. TAMA-töiden osalta tilanne muuttui myös huomattavasti, koska mukaan tulivat nyt myös kevyet väliseinätyypit (kipsilevyypinnat) ja 1. kerrokseen valmistunut ensimmäinen väliaikainen vesikatto mahdollisti kuivan tilan tasoitteiden ja koneellisen tasoituksen käytön.

4.3 TAMA-urakan eteneminen

Vielä 0-kerroksessa oli TAMA-töiden ja muiden työvaiheiden osalta päällekkäisyyksiä johtuen mm. kevyiden väliseiniä urakan hitaasta aloituksesta. Suurin ongelma 0-kerroksessa olivat kuitenkin ahtaat tilat, koska pihavarastojen puuttuessa jouduttiin talviaikaan kaikki tavara varastoimaan sisätiloihin. Rakennusmateriaalien lisäksi kerrokseen varastoitiin myös kaikki työmaalogistiikan materiaalit, eli tavaraa oli siis joka puolella koko ajan kaikkien haittana.

Kun kerroksessa tehtiin yhtä aikaa muurattuja seiniä ja harkkoseiniä, kevyitä väliseiniä, taloteknisiä töitä ja TAMA-töitä, jouduttiin tavaroita jatkuvasti siirtelemään paikasta toiseen kerroksen sisällä ja työt ruuhkautuivat. Tälle ei työmaan ahtauden takia oikein voitu tehdä mitään muuta kuin yrittää yhteistyöllä ratkoa käytännön ongelmia, missä aika hyvin myös onnistuttiinkin.

Kun seuraaviin kerroksiin päästiin siirtymään, alkoi tilanne parantumaan ja tahdistuksetkin toimimaan paremmin. Kevyiden väliseinien työt saatiin resursseja lisäämällä takaisin aikatauluun ja sopivasti TAMA-töiden edelle. Sama tapahtui myös muurattavien seinien osalta, jotka 1-kerroksesta lähtien päästiin jo tasoittamaan ennen kevyiden väliseinien tekoa. Töiden edetessä ylempiin kerroksiin eteen tuli kuitenkin vielä toisenlaisia haasteita.

Sairaalatyömaalla seinätekniikkaa on erityisen runsaasti ja paljon myös käytävälinoilla. Käytävälinjat ovat TAMA-urakassa tahdistuksen kannalta olennaisia, koska niiden kattoihin tulee erityisesti sairaalatyömaalla paljon tekniikkaa. Perinteisellä levytystekniikalla väliseinät levytetään aina umpeen ensin käytävien varrella olevien huoneiden puolelta, ja käytävien seinien sulkeminen jää odottamaan villoituksen ja seinätekniikan asennuksia. Olisi huomattava merkitys tahdistusten kannalta, jos joku keksisi, miten saataisiin kipsilevyistä tehtävät käytävien puoleiset seinät suljettua ensin. Tällä säästettäisiin paljon aikaa ja rahaa ja helpotettaisiin tahdistuksia.

Käytävien levytyksiin liittyy myös toinen huomio. Levytystyö on usein urakka, ja siinä nopea eteneminen on urakoitsijalle ja työntekijöille keskeinen tavoite. Silloin kun käytävien levytys lähtee viimein käyntiin, on hyvin yleistä, että levytys etenee ensin pelkästään alaosien osalta, koska se on nopeampaa. Silloin voi syntyä tilanne, jossa tasoitus ja maalaus ja kaikki muut perässä edelleen joutuvat vielä odottamaan yläosien täyteen levytystä. Siihen toki pääurakoitsija pystyy tällaista havaitessaan työnjohdon kautta puuttumaan.

Useissa kerroksissa oli suunnitelmissa pitkillä käytäväosuuksilla kohtia, joissa muurattujen seinien kohdat ylilevytettiin kipsilevyillä. Tällä pyrittiin peittämään eri materiaalipintojen rajoja, joita on vaikea saada yhtenäisiksi ilman pystysauman repeämisen vaaraa. Koska muurausurakka jo 2. kerroksesta eteenpäin eteni aikataulussa ja tasoittajat seurasivat heti perässä, tapahtui useassa kohdassa niin, että myöhemmin jo tasoitettu ja maalattu harkkoseinä ylilevytettiin myöhemmin ja kohdat tasoitettiin ja maalattiin siis uudestaan. Tätä ei suunnitelmista ajoissa huomattu ja asiaa vaikeutti myös se, ettei ylilevytys ollut kerroksesta toiseen systemaattista. Näitä kohtia myös päivitettiin suunnitelmiin kesken tuotannon, mutta paremmalla kommunikaatiolla tämänkin olisi voinut välttää.



Kuva 4. Yläosassa vajaa levytys ja putkia sekä hyllyjä asennettu tasoittamattoman seinän eteen.

4.4 TAMA-urakan ja IV-asennusten yhteensovitus

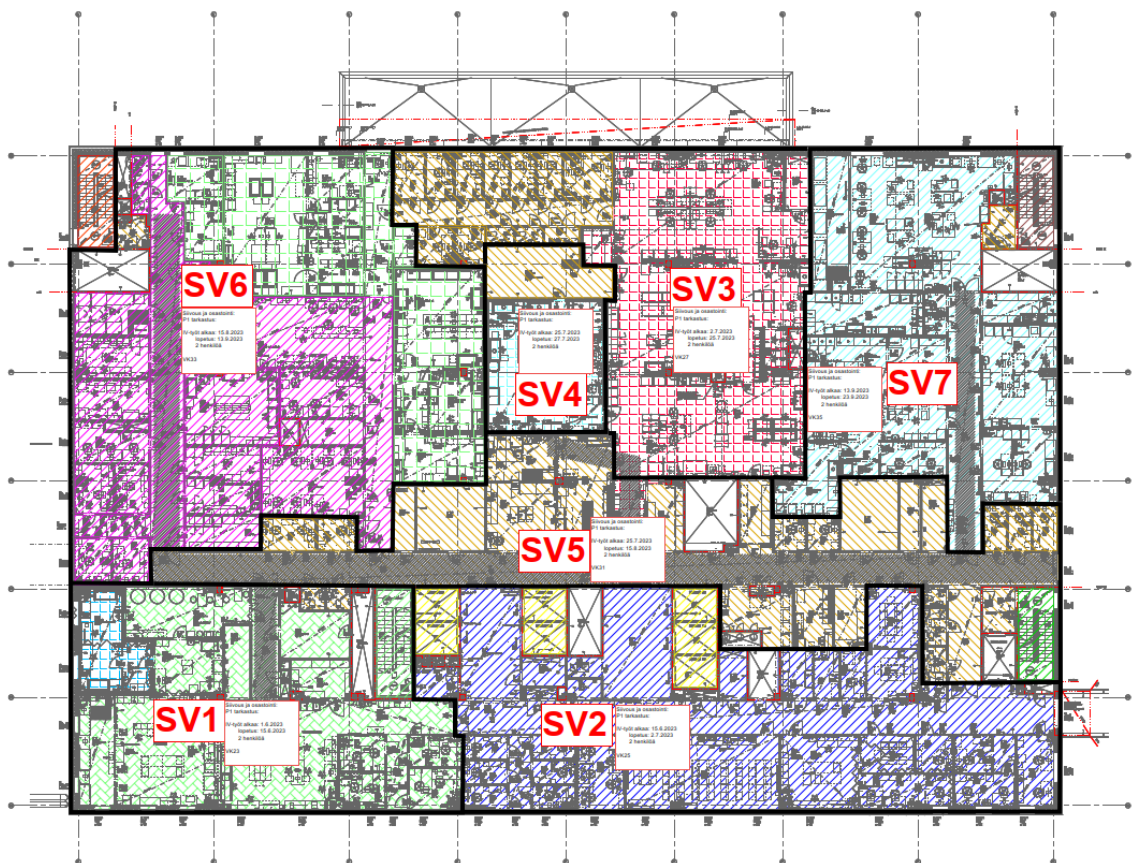
IV-asennusalueet muodostuivat ilmanvaihtojärjestelmän palvelualueiden mukaan määritellyistä kerroskohtaisista sisävalmistusalueista (SV-alue). Näitä alueita on kerroksesta riippuen 3 - 7 kappaletta.

IV-asennuksia edelsi myös aina alueen perinpohjainen siivous P1-vaatimusten mukaan, jossa jo asennetun tekniikan ja pintojen osalta osastoitu asennusalue siivotaan loppusiivoustasoa vastaavasti. Siivoustöiden käynnistyessä kaikki muut työtehtävät kyseisellä SV-alueella oli lopetettava. Ennen asennustöiden aloittamista tuli myös varmistaa mittauksin, että asennusalueen olosuhteet täyttävät sille asetetut vaatimukset. Mahdollisesti kesken jääneet edeltävät työvaiheet saivat jatkua alueella IV-asennusten jälkeen P1-toimintaperiaatteita noudattaen.

Aikataulusuunnittelussa ei lähtökohtaisesti pystytty ottamaan huomioon kaikkia niitä vaikutuksia, joita määritellyt P1-vaatimukset tulisivat aiheuttamaan. Siinä pitäisi huomioida mm. SV-alueiden siivousvaatimukset ja logistiset vaikutukset. IV-asennukset pyrittiin pitämään tiukasti aikataulussa johtuen isoista tavarantoimituksista. Talotekniikka ei pystynyt massoittamaan SV-alueilla tehtäviä töitä niin, että työmaalla ja kerroksissa olisi asennettavaa tavaraa 1 - 2 viikon tarpeeksi tai SV-alue

kerrallaan vaan tilaukset tehtiin kerroskohtaisesti ja ne piti varastoida työmaalle välivaraston puutteellisen tilan takia. Tämä aiheutti muiden töiden osalta laajempienkin alueiden töiden keskeytymisen, koska kerrokset täyttyivät IV-urakan materiaaleista, joita ei saanut altistaa pölyäville töille tai tavaraa oli niin paljon, että muita töitä ei mahtunut tekemään.

Tämä vaikutti eniten juuri pölyävien TAMA-töiden toteutukseen, jotka piti lopettaa aina vähintään viikko ennen IV-asennusten alkamista, joskus jo aiemminkin. Vaikka TAMA-työt saatiin usein pääosin tehtyä aikataulussa, jäi jokaiselle SV-alueelle kohteita, jotka jouduttiin tekemään jälkeempään. Nämä kaikki jouduttiin tekemään erillistuntitöinä käsin sekä tasoitusten että maalausten osalta. Kyseessä oli siis työt, jotka tehtiin alueilla, joilla talotekniikka oli jo asennettu, minkä vuoksi näidenkin kohteiden ympäristö jouduttiin aina erikseen suojaamaan, mikä vaikutti töiden keston ja nosti kustannuksia. Kuvassa 5. on esitetty 2. kerroksen pohjapiirustukseen piirretyt osastoitavien SV-alueiden rajat.



KUVA 5. Esimerkki 2. kerroksen SV-alueista.

4.5 Hormit, kuilut ja jälkityöt

LVI-järjestelmien koestusaikataulujen takia putkitusten vaatimat hormit eivät kuulu varsinaiseen TAMA-urakkaan. Sekä muurattavat, että koteloitavat hormit tehdään tai suljetaan jälkikäteen, ja niiden käsittely joudutaan tekemään myös jälkityönä, mikä vaatii taas P1-vaatimusten takia erillisiä suojauksia. Myös osa kerrosten välisten tekniikkakuilujen seinistä rakennetaan varsin myöhään ja niihin joudutaan suorittamaan pölynsidontamaalaukset käsin erillistyönä. Näiden lisäksi jälkitöitä aiheuttavat työmaalogistiikan tarpeisiin jätettyjen alueiden myöhäiset rakentamiset. Näitä olivat mm. kahden Alimak-hissin ja nosturitavaran kerrokseen siirtämiseen tehtyjen Trapoflex-aukkojen lähiympäristöt kerroksissa 1 - 8.

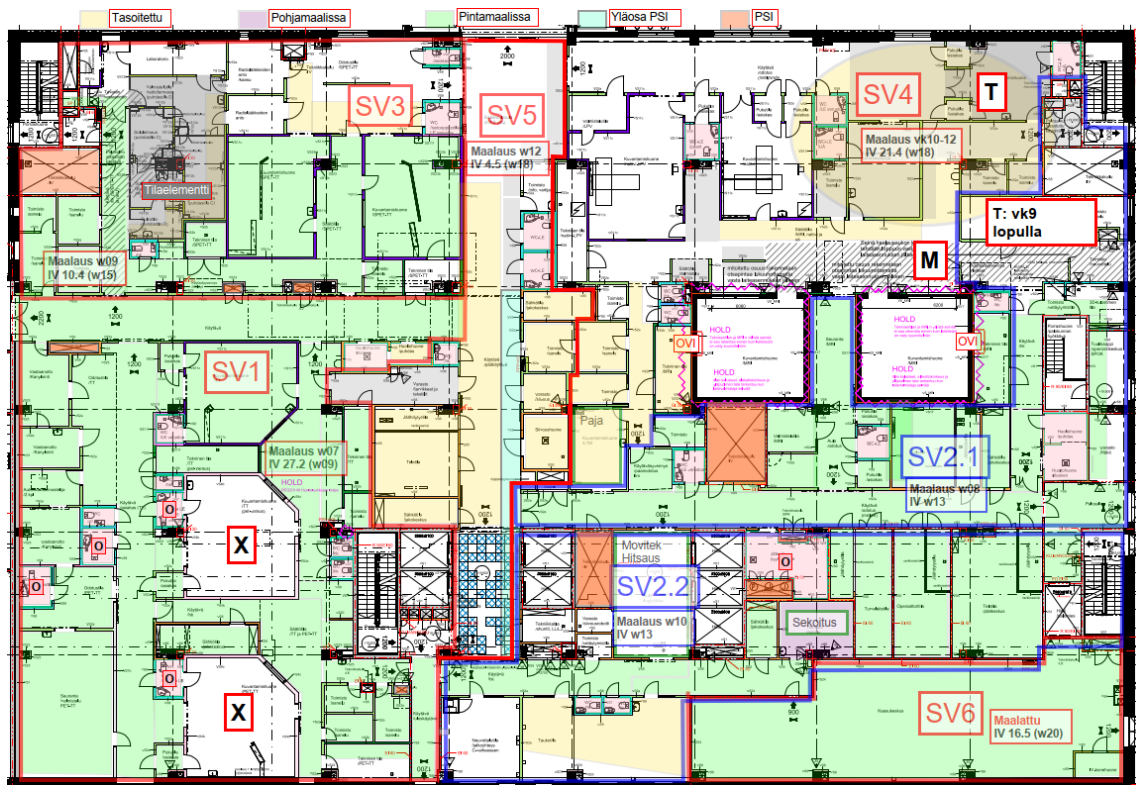
5 TYÖVAIHEEN AIKATAULUN VALVONTA

Sisätyövaiheen alkaessa aikataulujen seuranta tapahtui vielä melko karkealla tasolla eikä rakentamisvaihe aikatauluja juuri ollut (katso Liite 2, yleisaikataulu 02.09.2022). Työmaan päätehtävät oli koottu yleisaikatauluun, joka oli vielä varsin karkealla tasolla. Varsin nopeasti tilanteeseen kuitenkin reagoitiin ja aikataulusuunnitteluun panostettiin sekä tuotannossa, että myös allianssitasolla (katso Liite 3, yleisaikataulu 02.11.2022). Tuotannossa työnjohtajat tekivät omista työvaiheistaan tarkemmat kolmiviikkoissuunnitelmat, joita päivitettiin viikoittain. Tahdistusta seurattiin ja ohjattiin viikoittaisessa aikataulupalaverissa vastaavan mestarin johdolla. Työvaiheiden etenemisestä piti myös raportoida viikoittain aikatauluinsinöörille, joka ylläpiti ja kehitti nyt tarkennettua rakentamisvaihe aikataulua.

F-rakennuksessa on kaikkiaan 10 kerrosta ja TAMA-urakan aikataulutus perustui kerroskohtaisiin tavoitteisiin, joissa väliseinillä ja ulkoseinillä oli erilliset aikataulut, mikä johtui valitusta runkorakenteesta ja sen myötä ulkoseinien myöhemmästä valmistumisesta kokonaisuutena. Tässä tarkastelussa keskitytään siis vain väliseinien toteutukseen.

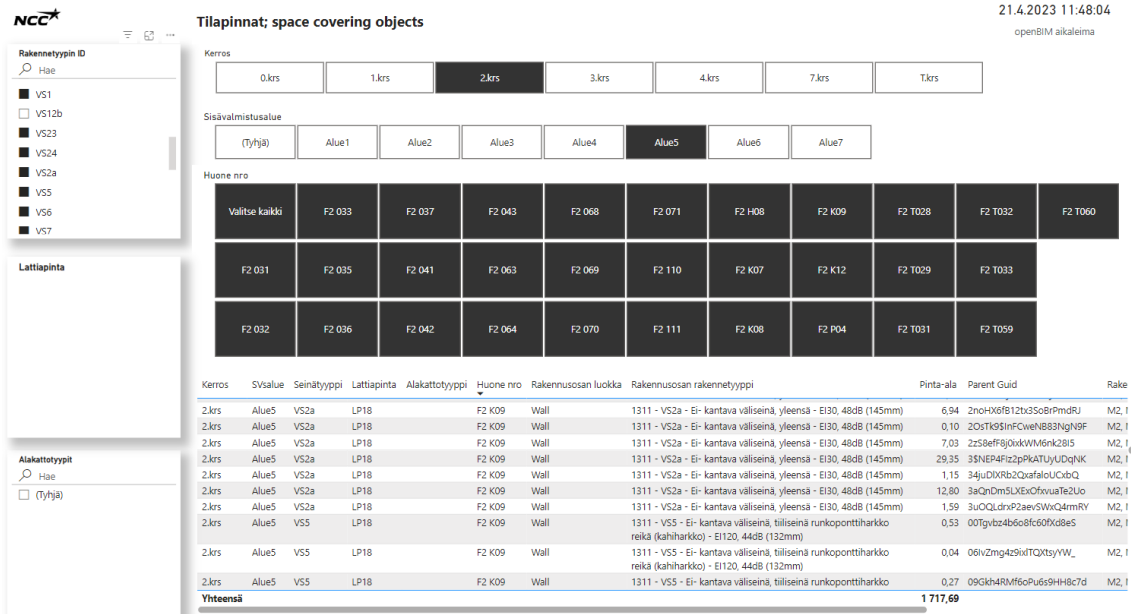
Haasteena oli seurata urakan kokonaisvalmistumisastetta osakohteissa eli kerroksissa viikkotasolla. Eri seinätyypeille kokonaiskäsittelyt olivat erilaisia ja myös käsittelykorkeudet vaihtelivat eri alakattokorkeuksien mukaan, ja osa tiloista käsiteltiin holviin asti. Tässä kohteessa myös alakattojen yläpuoliset osat tasoitettiin tai nauhoitettiin kertaalleen ennen pölynsidontamaalausta.

Valmiusasteen seuranta varten työvaiheet jaettiin karkeasti siten, että pohjatasoitukset ja hionta (muuratut seinät) tai nauhoitus ja täyttö sekä hionta (kevyet väliseinät) on noin 35 % valmiusaste, pintatasoitus ja hionta 20 %, pohjamaalaus 20 % ja pintamaalaus 25 %. Koska pääsääntöisesti työ pyrittiin tekemään paljonkin kooltaan vaihtelevien SV-alueiden mukaisesti, oli kerroskohtaisen valmistumisasteen seuraaminen työlästä, ja siihen piti löytää jokin helpompi ja tarkempi menetelmä. Alemmissa kerroksissa seurattiin urakan etenemistä pohjakuvaan piirrettyjen grafiikoiden avulla mutta tästä kokonaisvalmistumisaste prosentin arvioiminen oli varsin epätarkkaa. Kuvassa 6. on esitetty 0-kerroksen tilannekuva viikolta 9 / 2023.



KUVA 6. TAMA-urakan eteneminen 0-kerroksessa viikolla 09 / 2023.

Tarkemman valmiusasteen laskemiseksi soveltuimmaksi osoittautui rakennuksen tietomallista varta vasten rakennettu tietokanta väliseinien pinta-aloista. Tässä tietomallin dataa on käsitelty siten, että voitiin saada jokaisesta kerroksesta seinien pinta-alat kerros- ja SV-aluekohtaisesti.



KUVA 7. Tietomallista kerättyä dataa käytettiin SV-alueiden väliseinien pinta-alojen laskemiseen.

Tämä mahdollisti eri SV-alueiden tasoitettavien seinien määrän suhteuttamisen kerroksen tasoitettavaan kokonaismäärään. Yksinkertaistan asiaa seuraavassa esimerkissä.

Väliseinien kokonaisneliömäärä kerroksessa on 10 000 m². Eri kokoisia SV-alueita on 5. Niiden neliömäärät olisivat seuraavat:

SV1=1000 m², SV2=4900 m², SV3=2200 m², SV4=500 m² ja SV5=1400 m².

Tästä voidaan muodostaa kerroksen kokonaisvalmistumisasteelle kaava:

$$\frac{1000 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} * \text{SV1 \%} + \frac{4900 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} * \text{SV2 \%} + \frac{2200 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} * \text{SV3 \%} + \frac{500 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} * \text{SV4 \%} + \frac{1400 \text{ m}^2}{10000 \text{ m}^2} * \text{SV5 \%}$$

= KV %, joka on siis kerroksen kokonaisvalmistumisaste prosentteina. missä SVx % on kunkin SV-alueen arvioitu valmistumisaste prosentteina. Kertoimien summahan on näin aina 1.

Tämän mukainen seurantavinjetti on helppo toteuttaa Excel-taulukolla, joka on havainnollistettu kuvassa 8.

C8 D8 jne.

								Viimeisin tallennuspäivämäärä: 10.1.2023		
SISÄVALMISTUSALUEET										
KERROS	1	2	3	4	5	6	7	Yht %		
T	98 %	98 %	98 %	98 %	98 %	98 %		98 %	Ei alkanut	
0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %		100 %		
1	100 %	85 %	75 %	30 %	85 %			75 %	Ajallaan	
2	10 %	10 %	10 %	75 %	25 %	40 %	5 %	22 %		
$=SUMMA(C8*0,1;D8*0,25;E8*0,075;F8*0,025;G8*0,2;H8*0,25;I8*0,1)$										Etuajassa
3								0 %		
4								0 %		
5								0 %	Myöhässä	
6								0 %		
7								0 %	50 %	
8								0 %	100 %	

KUVA 8. Kerroskohtaisen valmiusasteprosentin seurantavinjetti Excel-taulukkona. Kuvassa on esillä J8 solun kaava, jolla lasketaan 2. kerroksen kokonaisvalmistumisprosentti (22 %).

6 POHDINTA

Tämän työn tuloksena on tehty seuraavat johtopäätökset:

- Toteutuskelpoiset aikataulut tarvitaan heti sisätyövaiheen aloituksessa.
- Työvaiheen aikataulun valvontaan tarvitaan käyttökelpoinen työkalu.
- Pelkästään työn osuuden sisältävät aliurakat ovat tahdistusten osalta riski työvaiheiden ”pirstaloitumisen” vuoksi.
- TAMA-urakassa pitäisi ottaa huomioon väli- ja ulkoseinien erilliset aikataulut.
- IV-tarvikkeet tulisi massoittaa ja tilata SV-aluekohtaisesti, ettei tukita kerroksia tavaroilla.
- P1-siivoukset tulisi ottaa mukaan aikatauluihin ja laatia niille tehtäväsuunnitelmat.
- Suunnittelutyön jatkuminen rakentamisvaiheen aikana johti myös useisiin jälkitöihin.

6.1 Aikatauluista ja tahdistuksesta

Hyvä tuotannon toteutus vaatii ehdottomasti hyvää aikataulusuunnittelua alusta lähtien. Siinä pitää ottaa huomioon kaikki työvaiheisiin vaikuttavat oleelliset tekijät. Oikein lasketut menekit ja niiden mukaisten resurssien varmistaminen alusta alkaen on yhtä tärkeää. Myös työnjohdon puolelta resurssoinnin pitää olla alusta lähtien kohdallaan, jotta kaikista työvaiheista saadaan tehtyä todenmukaiset tehtäväsuunnitelmat. Lisäksi näiden suunnitelmien pohjalta tehtyjen viikkoaikataulujen yhteensovitus mahdollistaa oikeiden tahdistusten toteuttamisen tuotannossa. Tahdistusten osalta tärkein huomio oli se, että oikeasta suoritusjärjestyksestä tulisi pitää kiinni. Jos työvaiheita aletaan limittämään tai suorittamaan useita päällekkäin, johtaa se ongelmiin ja monien urakoiden osalta katkoksiin, odotteluun ja töiden keskeyttämiseen. Tämä kuluttaa sekä aikaa että rahaa.

Aika pian sisätyövaiheen aloituksen jälkeen F-rakennuksella tehtiin yleisaikatauluun merkittäviä muutoksia ja työvaiheaikataulua lähdettiin voimakkaasti kehittämään. Alussa työmaa kärsi selkeästi myös resurssien niukkuudesta koska iso osa tehtäviin suunnitelluista työntekijöistä oli vielä kiinni aiemmalla A-rakennuksella. Tilanne kuitenkin parani nopeasti vuoden 2023 alkuun mennessä ja uudistettuun aikatauluun ei myöhemmin ole tarvinnut enää tehdä merkittäviä muutoksia (katso Liite 4 Yleisaikataulu 17.11.2023).

TAMA-urakan seurantaan varten kehitetty vinjettimalli helpotti myös kerrosten kokonaisprosenttien arviointia. Tosin edelleen sen käyttäminen vaatii runsaasti huomioiden tekemistä SV-alueilta ja graafiset pohjapiirrokset toimivat edelleen paremmin yhteisten työvaiheiden yhteensovittamisessa.

6.2 Yleisiä huomioita

Isolla työmaalla urakkamuodollakin on huomioideni mukaan merkitystä. Lähes kaikki urakat F-rakennuksella olivat ns. työurakoita, joihin NCC hankki tarvikkeet ja aliurakoitsijalle jäi vain työn osuus. Tämä johtaa helposti siihen, että asennusvaiheessa työnjohto ja työntekijät pyrkivät optimoimaan oman urakkansa työsaavutuksen sen sijaan, että etenemää suunniteltaisiin edeltävien tai seuraavien urakoiden optimaalisen tahdistuksen kautta. Tämä esimerkiksi johti usein siihen, että joidenkin urakoiden osalta asennukset aloitettiin etuajassa, koska urakkaporukan työsuorite haluttiin pitää jatkuvasti käynnissä. Kaikki odotteluhan laskee kannattavuutta. Esimerkkinä tästä esim. kannakointi ja hyllyasennukset, joita tasoitus ja maalaustöiden tulisi edeltää. Tahdistuksesta tuli oikeastaan kaikille työvaiheille yhteinen oravanpyörä, jossa päämassojen eteneminen jätti jälkeensä suuren määrän jälkitöitä lähinnä sisärakenteiden sekä TAMA-töiden osalta.



KUVA 9. Hyllyasennuksia tasoittamattomien seinien edessä.

Yleisaikataulun, tunnetun runkorakenteen ja edeltävästä A-rakennuksesta saatujen kokemusten perusteella sovittu TAMA-urakkasisältö sisälsi jo lähtökohtaisesti sekä taloudellisia että aikataulullisia riskejä. Urakan toteutuminen suunniteltuna kokonaisuutena oli riippuvainen sekä runko-, että sisätyövaiheiden tahdistuksesta. Vaikka väliseinille ja ulkoseinille oli erilliset aikataulut, ne olivat urakkalaskelmassa suunniteltu etenemään pääosin yhteisellä tahdistuksella. Runkoelementtien ja niihin liittyvien muiden työvaiheiden viivästykset kuitenkin johtivat ulkoseinätöiden toteutukseen lähes kokonaan urakan ulkopuolisena erillistyönä, mikä nosti kustannuksia.

Urakan ulkopuolisia tuntitöitä jäi myös hyvin paljon jälkitöiksi koska SV-alueilta poistuminen tapahtui aina P1-siivousten ja IV asennusaikataulujen mukaan riippumatta, oliko alueella vielä kesken-eräisiä töitä vai ei. Hormien osalta niiden jälkitöinä tekeminen oli tiedossa jo alkujaankin mutta yllättävän paljon rakenteita tehtiin joka kerroksessa jälkeinpäin. Urakan loppupuolella tehtiin TAMA-töitä parhaimmillaan yhtä aikaa rakennuksen jokaisessa 10 kerroksessa.

Oma osansa suureen jälkitöiden määrään oli myös suunnittelun ohjauksella. Rakennustöiden aikataulujen mukainen eteneminen ei ollut linjassa suunnittelun lopullisten toteutusten aikataulujen kanssa. Tuotanto joutui jättämään taakseen monia vielä suunnitteluvaiheessa olevia kohtia pysyäkseen yleisaikataulun tahdissa. Tämän voi tietenkin ymmärtää johtuvan laajan allianssiprojektin luonteesta, jossa rakennetaan sairaalaa, johon halutaan tulevaisuudessakin ajanmukaiset ratkaisut. Tässäkin yhteydessä voisi miettiä, olisiko tuotannon toteutuksen tai suunnittelun osalta jotain parannettavaa tällaisessa laajassa hankkeessa?

Lopulta kuitenkin aloituksen jälkeen nopeasti korjatussa aikatauluissa on pysytty varsin hyvin ja TAMA-urakan osalta vuotta myöhemmin tarkennetussa yleisaikataulussa on viivettä alle kuukausi.

LÄHTEET

1. NCC Suomi Oy, 24.11.2022. Tehtäväsuunnitelma Tasoitus- ja maalaus F-rakennus.
2. NCC Suomi Oy, 16.11.2022. Työmaan pölyntorjuntasuunnitelma.
3. Junnonen, Juha-Matti 2022. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Rakennustieto.
4. NCC Suomi Oy, Maalaus- ja tasoitustyöselostus (F-AR-XX-SEL03).

LIITTEET

Liite 1 P1-tarkastusraportti, viikko 1 / 2024

Liite 2 Yleisaikataulu 02.09.2022, väliseinät ja TAMA

Liite 3 Yleisaikataulu 02.11.2022, väliseinät ja TAMA

Liite 4 Yleisaikataulu 17.11.2023, väliseinät ja TAMA


Liite 5 F-rakennuksen väliseinätyypit

PPSHP vaihe 2.1 Rakennus F
Työ 13542
NCC Suomi Oy

Laatumittari 43, Työmaakatselmus P1 arviointi, 8-
4krs, Sisäinen tarkastus
05.01.2024, Viikko 1



Projektin tiedot				
Nimi	PPSHP vaihe 2.1 Rakennus F	Luonut	Tiia Inkala	
Yksikkö	NCC Building Suomi, SP, SPH	Yksikön johtaja	Vesa Hamari	
Pvm.	05.01.2024	Työpäällikkö	Anssi Wallenius	
Viikko	1	Vastaava työnjohtaja	Tero Marsch	
Mittauskohdat	Havainnot	Oikein	Väärin	Taso
1 RAKENNUSMATERIAALIT	489	485	4	99.18 %
2 JÄTEHUOLTO	489	489		100.0 %
3 SIIVOUS	489	486	3	99.39 %
4 PÖLYN/KUITUJEN HALLINTA	489	480	9	98.16 %
5 SUOJAUKSET	489	486	3	99.39 %
6 TUPAKOINTI				
7 ULKOALUEET				
Yhteensä	2445	2426	19	
TASO: 99.22 %				

Lisätietoja	Sää 05.01.2024
<p>Tapahtumat 08.01.24 14:34 (05.01.24 09:06) Tiia Inkala: ✓ Valmis tarkastettavaksi 05.01.24 09:06 Tiia Inkala: ⓪ Odottaa</p>	<p> Sää kello 9:27 Enimmäkseen pilvistä Lämpötila: -21.1 °C Tuuli: 2.8 m/s</p> <p>Weather data provided by (https://developer.apple.com/weatherkit/data-source-attribution) Weather</p>


08.01.2024 14:34 Tiia Inkala

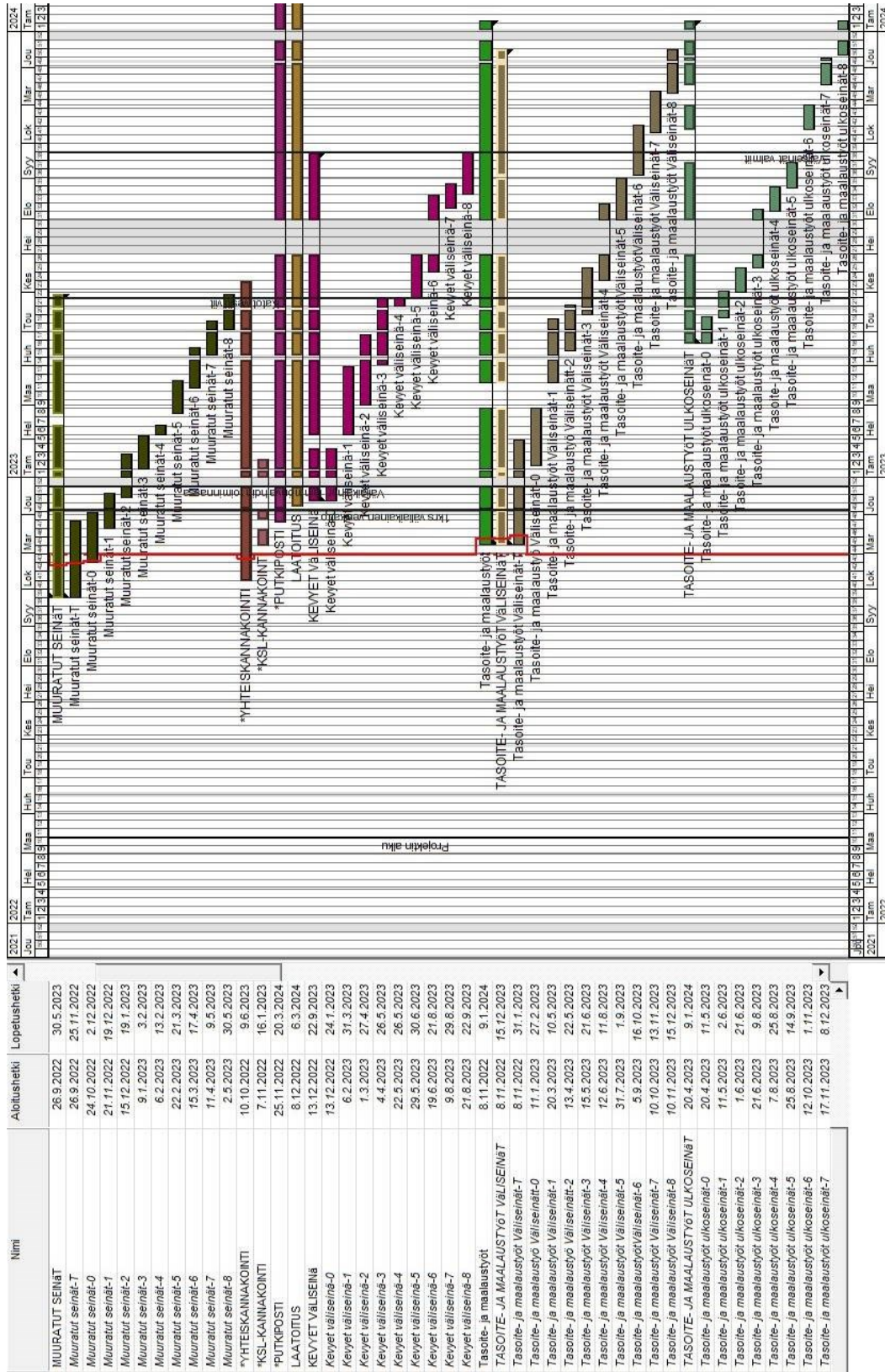
1. Rakennusmateriaalit						
Mittauskohdat	Havainnot	Oikein	Väärin	Taso		
1 RAKENNUSMATERIAALIT	489	485	4	99.18 %		
Laatumittari 43, Työmaakatselmus P1 arviointi, 8-4krs - havainnot						
ID	Kuvaus	Vastuuyritys	Vastuuhenkilö	Ajankohta	Hyväksytty	
1397	F-rakennus RAK, 6.krs: 1. Rakennusmateriaalit. Pölyntyneitä materiaaleja.			05.01.24		TI
1387	F-rakennus RAK, 7.krs: 1. Rakennusmateriaalit. Jätteitä? Useassa kerroksessa			05.01.24		TI
1385	F-rakennus RAK, 7.krs: 1. Rakennusmateriaalit. Jätteet pois, paikoilleen menevien suojaus kuntoon			05.01.24		TI
1384	F-rakennus RAK, 7.krs: 1. Rakennusmateriaalit. Jätteitä? Useassa kerroksessa			05.01.24		TI

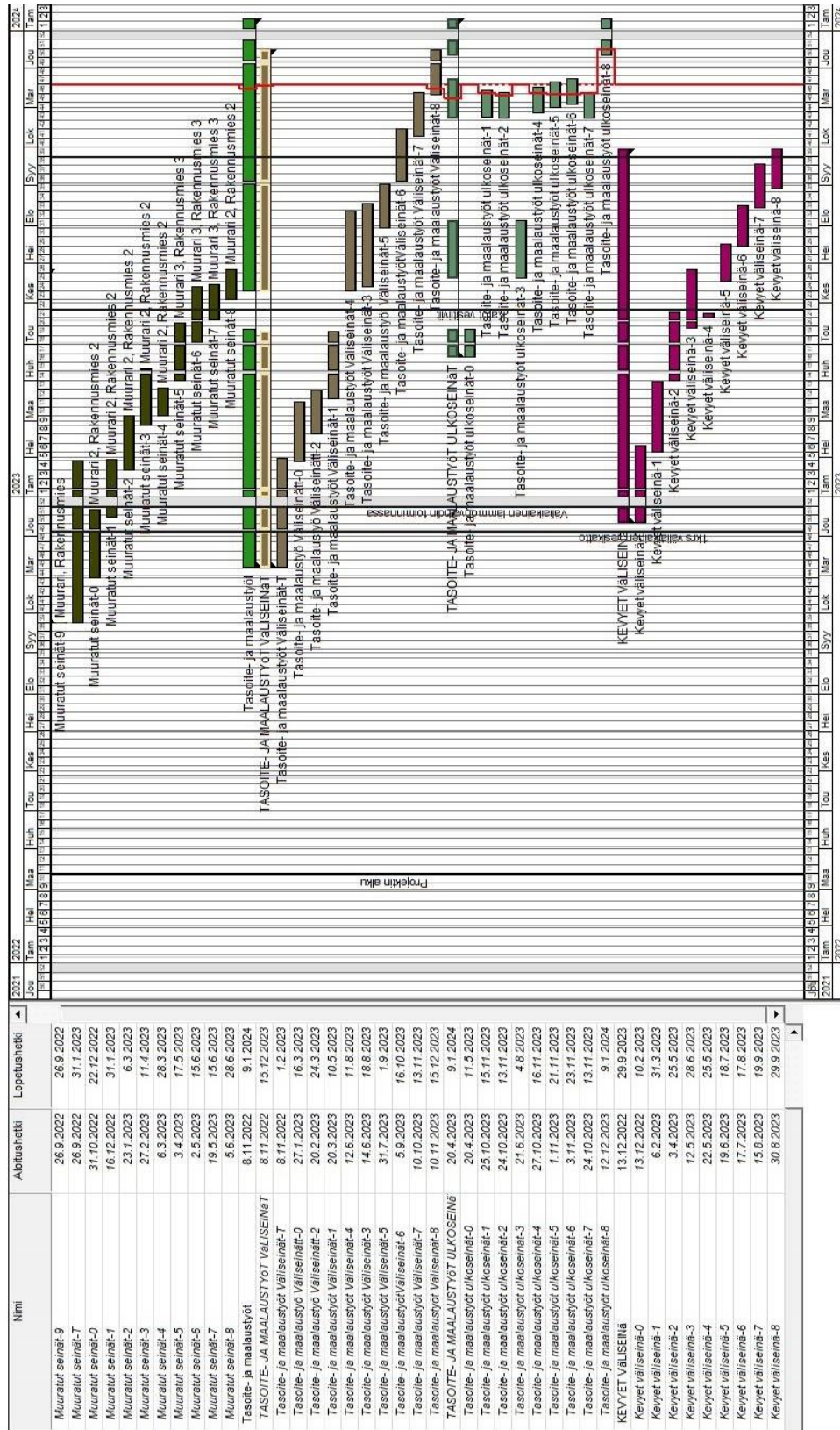
3. Siivous						
Mittauskohdat	Havainnot	Oikein	Väärin	Taso		
3 SIIVOUS	489	486	3	99.39 %		
Laatumittari 43, Työmaakatselmus P1 arviointi, 8-4krs - havainnot						
ID	Kuvaus	Vastuuyritys	Vastuuhenkilö	Ajankohta	Hyväksytty	
1391	F-rakennus RAK, 7.krs: 3. Siivous. 7krs konehuoneiden siivous. Uudelleen pölyntyneet?			05.01.24		TI
1390	F-rakennus RAK, 7.krs: 3. Siivous. Siivous/imurointi			05.01.24		TI
1388	F-rakennus RAK, 7.krs: 3. Siivous. 7krs konehuoneiden siivous. Uudelleen pölyntyneet?			05.01.24		TI

4. Pölyn/kuitujen hallinta						
Mittauskohdat	Havainnot	Oikein	Väärin	Taso		
4 PÖLYN/KUITUJEN HALLINTA	489	480	9	98.16 %		
Laatumittari 43, Työmaakatselmus P1 arviointi, 8-4krs - havainnot						
ID	Kuvaus	Vastuuyritys	Vastuuhenkilö	Ajankohta	Hyväksytty	
1399	F-rakennus RAK, 6.krs: 4. Pölyn/kuitujen hallinta.			05.01.24		TI
1395	F-rakennus RAK, 7.krs: 4. Pölyn/kuitujen hallinta.			05.01.24		TI
1394	F-rakennus RAK, 7.krs: 4. Pölyn/kuitujen hallinta. Miksi kiinni?			05.01.24		TI
1393	F-rakennus RAK, 7.krs: 4. Pölyn/kuitujen hallinta. Suojaus ja säilytys kuntoon			05.01.24		TI
1392	F-rakennus RAK, 6.krs: 4. Pölyn/kuitujen hallinta. Siivous			05.01.24		TI
1389	F-rakennus RAK, 7.krs: 4. Pölyn/kuitujen hallinta. Osastoinnit kuntoon.			05.01.24		TI
1386	F-rakennus RAK, 7.krs: 4. Pölyn/kuitujen hallinta. Laastinsekoituspisteen osastointi kuntoon			05.01.24		TI
1383	F-rakennus RAK, 7.krs: 4. Pölyn/kuitujen hallinta. Kohdepoistot käyttöön, imurointi.			05.01.24		TI
1382	F-rakennus RAK, 8.krs: 4. Pölyn/kuitujen hallinta. Suodatin + osastointi kuntoon.			05.01.24		TI

5. Suojaukset				
Mittauskohdat	Havainnot	Oikein	Väärin	Taso
5 SUOJAUKSET	489	486	3	99.39 %
Laatumittari 43, Työmaakatselmus P1 arviointi, 8-4krs - havainnot				

ID	Kuvaus	Vastuuyritys	Vastuuhenkilö	Ajankohta	Hyväksytty	
1400	F-rakennus RAK, 6.krs: 5. Suojaukset. Suojaus			05.01.24		TI
1398	F-rakennus RAK, 6.krs: 5. Suojaukset. Osastointi kuntoon			05.01.24		TI
1396	F-rakennus RAK, 7.krs: 5. Suojaukset. Suojaus kuntoon			05.01.24		TI





VÄLISEINÄKAAVIoidEN VÄLISEINÄTYYPIT F-RAKENNUSLevyrakenteiset, kuivat tilat

■	VS2a	48dB	EI30	
■	VS2b	52dB	EI30	
■	VS3	44dB	EI15	(ei kiinnityksiä)
■	VS9	52dB	EI60	
■	VS10	44dB	EI60	(ei kiinnityksiä)
■	VS20	35dB	EI15	
■	VS22	52dB	EI60	
■	VS23	40dB	EI30	
■	VS23c	40dB	EI30	(A2-s1,d0)
■	VS32	52dB	EI60	(A2-s1,d0)
■	VS33a	52dB	EI90	
■	VS39	52dB	EI60	(raskaampi)

Levyrakenteiset, märkätila

■	VS7	48dB	EI30	(WC-tila, ei suihkua - WC-tila, ei suihkua)
■	VS8	48dB	EI30	(kuiva tila - WC-tila, ei suihkua)
■	VS18	48dB	EI60	(kuiva tila - WC-tila, ei suihkua)
■	VS22b	52dB	EI60	(kuiva tila - WC-tila, ei suihkua)
■	VS27	52dB	EI60	(märkätila - märkätila)
■	VS33b	52dB	EI90	(kuiva tila - märkätila)
■	VS34	52dB	EI60	(kuiva tila - märkätila)
■	VS35	52dB	EI60	(kuiva tila - WC-tila, ei suihkua; A2-s1,d0)
■	VS36	52dB	EI60	(WC-tila, ei suihkua - WC-tila, ei suihkua; A2-s1,d0)

Levyrakenteiset, kuvantamistilat

■	VS11a	52dB	EI30	(1mm lyijysuojaus)
■	VS11b	52dB	EI30	(2mm lyijysuojaus)
■	VS11c	52dB	EI30	(3mm lyijysuojaus)
■	VS11d	52dB	EI60	(1mm lyijysuojaus, kuiva tila - WC-tila, ei suihkua)
■	VS11e	52dB	EI30	(2mm lyijysuojaus, kuiva tila - WC-tila, ei suihkua)
■	VS11f	52dB	EI30	(3mm lyijysuojaus, kuiva tila - WC-tila, ei suihkua)
■	VS11g	52dB	EI30	(3mm lyijysuojaus, kuiva tila - märkätila)
■	VS11h	52dB	EI60	(1mm lyijysuojaus)
■	VS11i	52dB	EI60	(2mm lyijysuojaus)
■	VS11j	52dB	EI60	(3mm lyijysuojaus)
■	VS23b	40dB	EI30	(3mm lyijysuojaus)
■	VS23d	40dB	EI30	(1mm lyijysuojaus)

Muuratut seinät

■	VS4	46/48dB	EI120	(umpiharkko)
■	VS4b	46/48dB	EI120	(umpiharkko, 3mm lyijysuojaus)
■	VS4c	51/52dB	EI120	(umpitiili 198mm 3mm lyijysuojaus)
■	VS4d	51/52dB	EI120	(umpitiili 198mm, raskas)
■	VS5	42/44dB	EI120	(reikäharkko)
■	VS6	42dB	EI60	(85mm)
■	VS13	55dB	EI120	(umpiharkko, lisä-ääneneristys)
■	VS13b	55dB	EI120	(umpiharkko, lisä-ääneneristys)
■	VS17	46/48dB	EI120	(umpiharkko, magneettikuvaus)
■	VS24	46/48dB	EI120/EI180	(umpitiili, muuntamot)
■	VS37	42/44dB	EI120	(reikäharkko, 1mm lyijysuojaus)
■	VS37b	42/44dB	EI120	(reikäharkko, 2mm lyijysuojaus)
■	VS37c	42/44dB	EI120	(reikäharkko, 3mm lyijysuojaus)
■	VS38	60dB	EI120	(umpiharkko, lisä-ääneneristys)
■	VS40	60dB	EI120	(reikäharkko, lisä-ääneneristys)
■	VS41	60dB	EI120	(umpitiili, välinehuolto)

Teräsbetoni

■	VS1	55dB	REI90 - REI180	(kantava seinä)
■	VS1b	55dB	REI90 - REI180	(ei kantava seinä, kuvantaminen)
■	VS1c	55dB	REI90 - REI180	(ei kantava seinä, kuvantaminen)
■	VS1d	50dB	REI90 - REI180	(ei kantava seinä, kuvantaminen)
■	VS14	55dB	REI120- REI180	(lämmöneristetty)

Metallilevyypintainen sw-seinä (paroc)

■	VS16	30dB	EI60
■	VS30	30dB	REI120

Puhdastilaelementti

■	VS12a (65mm)		
■	VS12b (100mm)		
■	VS28 (109mm)	(3mm lyijysuojaus)	
■	VS29 (246mm)	(3mm lyijysuojaus, magneettisuojaus)	

Avattava kaapelikuilu

■	VS19		
---	------	--	--

Seinälaatoitukset

—	LA1		
—	LA2		