



Kata Ruoppa

## Virtautus

### Linjasaneerauksen aikataulutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

YAMK

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

28.5.2021

Tekijä	Kata Ruoppa
Otsikko	Virtautus, linjasaneerauksen aikataulutus
Sivumäärä	64 sivua + 4 liitettä
Aika	28.05.2021
Tutkinto	Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Korjausrakentaminen
Ohjaajat	Lehtori Riikka Jääskeläinen Yksikönjohtaja Tero Mattila, Consti Korjausrakentaminen Oy
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia virtautetun aikataulun soveltuvuutta linjasaneeraukseen. Työ tehdään Consti Korjausrakentaminen Oy Asuintalopalvelut pääkaupunkiseutu linjasaneerauksia suorittavalle yksikölle. Consti Yhtiöt on Suomen johtava korjausrakentamiseen erikoistunut rakennusliike, jonka toimialaan kuuluvat linjasaneerauksien lisäksi muun muassa vaativat peruskorjaukset, julkisivusaneeraukset ja käyttötarkoituksmuutokset.</p> <p>Perinteisten aikataulumallien rinnalle on rakennusalalla noussut virtautettu aikataulumalli ja tahtituotanto. Aikataulu pohjaa lean-ajatteluun ja tehdasmaiseen sarjatuotantoon. Tahtituotannon vaateena on toistettavuus, jota löytyy uudisrakentamisesta sekä toistuvuutta sisältävistä saneerauskohteista, kuten hotellihuoneiden uudistaminen. Tahtituotannolla pyritään tiivistämään kohteiden kokonaisaikataulua, järjeistämään logistiikkaa ja saamaan tätä kautta tuotannollista ja taloudellista hyötyä.</p> <p>Työ suoritetaan tutkimalla lean-ajattelua virtautusta ja tahtituotantoa koskevaa kirjallisuutta ja tutkimuksia. Kirjallisuutta aiheista löytyy runsaasti, mutta pelkästään korjausrakentamiseen ja linjasaneerauksiin kohdistuvia tutkimuksia ei ole juuri tehty. Työssä hyödynnetään siis muusta rakentamisesta olevia kirjallisuuslähteitä. Kirjallisuusosiossa käydään läpi aikataulumallin taustaa ja perusteita sekä sen soveltuvuutta korjausrakentamiseen. Kirjallisuusosiossa esitellään myös perinteiset aikataulumallit sekä linjasaneerauksen toteutustavat.</p> <p>Kirjallisuusosion lisäksi työssä seurataan case-kohdetta, jossa Constin linjasaneerauskohteessa sovelletaan ensimmäisen kerran tahtituotantoa. Kohteen aikataulun rakentaminen, käyttöönotto ja haasteet käydään läpi. Kohteessa haastatellaan työnjohtoa, nokkamiehiä sekä alaurakoitsijoita.</p> <p>Case-kohde ja sen haastattelut antavat parhaan kuvan tahtituotannon soveltumisesta linjasaneeraustyömaalle sekä sen käyttöönoton haasteista. Tahtituotanto soveltuu tutkimuksen mukaan 1960-luvun jälkeen rakennettuihin kohteisiin, joista löytyy jo toistettavuutta. Linjasaneerauksen tekniset ratkaisut kuitenkin asettavat toteutukselle haasteensa ja korjausrakentamisessa eteen tulevat työnaikaiset muutokset omansa. Lopputuloksena työssä kuitenkin todetaan, että tahtituotanto hybridimallina, jossa osa työstä tehdään tahdissa ja osa sen ulkopuolella, on toimiva ja toteutuskelpoinen ratkaisu.</p>	
Avainsanat	Virtautus, tahtituotanto, lean, linjasaneeraus, korjausrakentaminen, Consti

Author	Kata Ruoppa
Title	Flow, Line Renovation Scheduling
Number of Pages	64 pages + 4 appendices
Date	28.05.2021
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Repair Construction
Supervisors	Riikka Jääskeläinen, Lecturer Tero Mattila, Head of Unit
<p>Based on the thesis, it is possible to study the suitability of the flow schedule for pipeline renovation. The work will be performed by Consti Korjausrakentaminen Oy Residential Services in the Helsinki Metropolitan Area pipeline renovation unit. Consti Group is Finland's leading construction company specializing in renovation construction, which works together with pipeline renovations, including demanding renovations, facade renovations and changes in use.</p> <p>Alongside traditional timetables, streamlined scheduling and tact production has risen in the construction industry. The schedule is based on lean thinking and factory series production. The requirement for takt production is reproducibility, which can be found in new construction and repeating, including renovation projects, such as hotel room renovation. Synchronized takt production aims to summarize the full-time schedule, rationalize logistics, and help production and economics.</p> <p>The research is conducted by studying the literature and studies corresponding to lean, flow and tact production. There is significant literature on the subject, but little research has been done on renovation and pipeline renovations alone. The study, therefore, uses other construction projects to allow literature sources. The literature section reviews the background and rationale of the scheduled model and its applicability to renovation construction. The literature section also presents traditional schedules and implementation methods for pipeline renovation.</p> <p>The literature section follows the case where Consti's pipeline renovation offers the possibility of takt production for the first time. The Consti's creation of a schedule, implementation and challenges of the site will be reviewed by all concerned. In addition, the site will interview work management, forepersons, and subcontractors.</p> <p>The case and its interviews give the best picture of the pipeline renovation site's deliberate application and implementation challenges. According to research, takt production is suitable for buildings built after the 1960s, where reproducibility can be found. But, on the other hand, takt production could supply the technical solutions for pipeline renovation that pose challenges for implementation and renovation construction for future owners involved. As a result, the research states that takt production as a hybrid model, part of the work done in time and part outside it, is a functional and workable solution.</p>	
Keywords	Flow, takt production, lean, pipeline renovation, repair construction, Consti

## Alkusanat

Korjausrakentamisen jatko-opinnot olivat kuuluneet suunnitelmiini jo muutaman vuoden ennen kuin asialle tein mitään konkreettista. Työpaikan vaihdon yhteydessä 2017 marraskuussa koin sopivan hetken tulleen. Olen työskennellyt korjausrakentamisen ja linjasaneerauksien kanssa vuodesta 2010 ja alusta asti oli selvää, että päättötöyön aiheen tulee tukea myös omaa päivittäistä työtäni. Linjasaneerauksen uudenlainen aikataulumallintaminen tuli aiheeksi työnantajani, Consti Korjausrakentamisen, toiveesta.

Alkuinnostuksen jälkeen arki iski vastaan. Päivätöissä työt kasaantuivat ja koronapandemia laittoi kaiken uuteen, erilaiseen järjestykseen. Luennot ja tentit tulivat suoritetuksi, mutta opinnäytetyön tekeminen pysähtyi yli vuodeksi. Lopulta oli pakko vain päättää hoitaa työ kunnialla loppuun.

Erilaiset self help -oppaat eivät kuulu vakiolukemistooni, mutta parin vuoden takaisen bestseller kirjan *The subtle art of not giving a fuck* luin päättötöyön tekemisen ohessa. En kasvanut sen myötä ihmisenä, enkä kokenut suurta valaistusta, mutta muutamat kirjan ajatukset olivat mielestäni hyviä. Erityisesti ajatus oman tuskan valitsemisesta tuli usein mieleen päättötöyön kanssa kipuillessani.

*“Mielenkiintoisempi kysymys, jota useimmat ihmiset eivät koskaan ota huomioon, on seuraava ”Mitä kipua kestät elämässäsi? Mistä olet valmis taistelemaan?” Vastaus näihin määrittää suuresti elämämme kehityksen. Esimerkiksi. Useimmat ihmiset haluavat nurkkatoimiston ja ansaita paljon rahaa, mutta harva haluaa kärsiä 60 tunnin työviikkoista, pitkistä työmatkoista, tylsistä paperitöistä ja mielivaltaisesta yrityshierarkiasta paetakseen loputtomasta koppihelvetistä.” [24, sitaatin suomentanut Kata Ruoppa]*

Mutta tuskan läpi pääsin maaliin ja työ on valmis. Kiitokset työn ohjanneelle opettajalle neuvoista sekä loppuvaiheen puskemisesta. Työnantajalleni ja esimiehelleni kiitokset aiheesta ja opintojen mahdollistamisesta työn ohessa. Iso kiitos myös case-kohteen haastatteluun suostuneille henkilöille. Viimeisen kiitoksen saa aviomieheni kannustamisesta opinnoissani ja hyvän etätyöpöydän hankkimisesta minulle. Näitä viimeisiä rivejä kirjoitan parvekkeella kauniissa auringonpaisteessa, uuden pöytäni ääressä.

Helsingissä 28.5.2021

*Kata Ruoppa*  
Kata Ruoppa

## Sisällys

1	Johdanto	4
1.1	Tilaaaja	5
1.2	Tavoite	6
1.3	Rajaus ja tutkimusmenetelmät	6
2	Korjausrakentamisen prosessi	8
2.1	Mitä on korjausrakentaminen?	8
2.2	Korjausrakentamisen prosessin vaiheet	9
2.3	Aikataulu	10
	<i>Aikataulun suunnittelu</i>	10
	<i>Yleisaikataulu</i>	12
	<i>Rakentamisvaiheen aikataulut</i>	13
	<i>Erilaisia aikataulumalleja</i>	15
	<i>Tuotannonohjaus</i>	17
	<i>Korjausrakentamisen erityspiirteiden huomioiminen aikataulussa</i>	19
3	Virtautus	21
3.1	Tausta	21
	<i>Prosessi ja virtaus</i>	22
	<i>Haasteena hukka</i>	25
	<i>Jatkuva kehittyminen ja parantaminen</i>	27
3.2	Virtautus ja rakentaminen	28
	<i>Tahtituotanto</i>	29
	<i>Hukka rakentamisessa</i>	31
	<i>Virtautettu vai perinteinen aikataulu?</i>	32
3.3	Soveltaminen korjausrakentamiseen	33
4	Virtautus linjasaneerauskohteessa	35
4.1	Linjasaneeraus	35
	<i>Linjasaneerauksen toteutustavat</i>	35
	<i>Linjasaneerauksen perinteinen aikataulutus</i>	37
4.2	Virtautettu aikataulumalli	38
5	Case As Oy Myyrinkoivu	41
5.1	Aikataulusuunnittelu	42

	<i>Työsuoritteisiin jakaminen</i>	43
	<i>Mestamaster</i>	46
5.2	Aikataulun käyttöönotto	47
	<i>Seuranta</i>	48
	<i>Haasteet</i>	49
5.3	Haastattelut	50
	<i>Suunnittelu</i>	51
	<i>Ohjaus</i>	53
	<i>Muut haastatteluissa esiin nousseet asiat</i>	54
6	Tulokset	57
	6.1 Soveltuvuus linjasaneeraukseen	57
	6.2 Teoria kohtaa todellisuuden	57
7	Yhteenveto	60
8	Pohdinta	62
	Lähteet	63
	Liitteet	66
	Mestamaster esittely / Mikko Hell, 20.1.2021	66
	Sähköpostihaastattelu Mesta Master / Mikko Hell 15.2.2021	69
	Teemahaastattelu 1	70
	Teemahaastattelu 2	71

## Lyhenteet, käsitteet

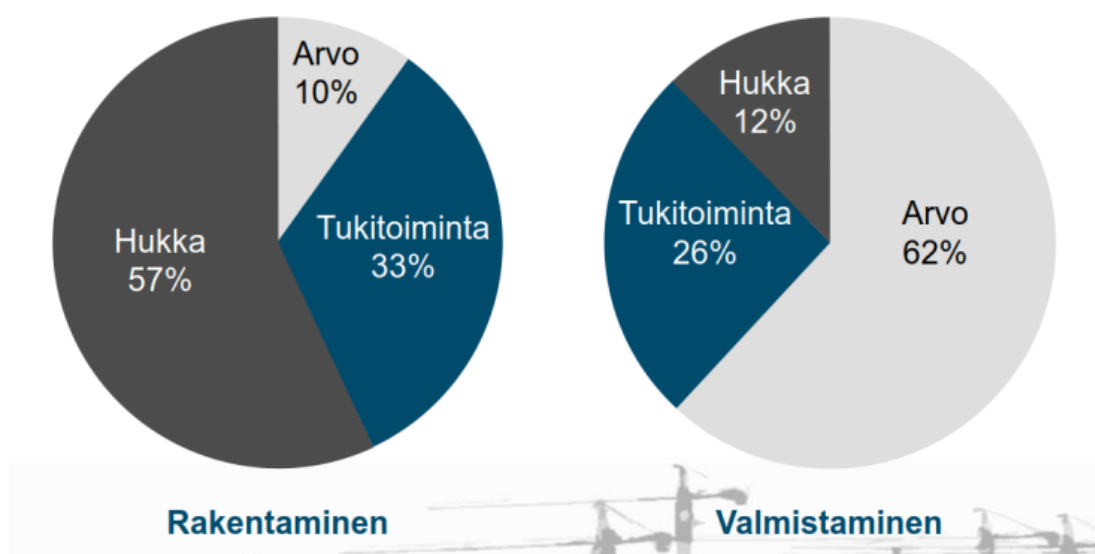
JIT	Just-in-Time
KVV-työnjohtaja	Putkipuolen työnjohtaja, vastuulla lämmitys, vesi, viemäri, ilmanvaihto
LPS	Last Planner System
Tahtiaika	Vakiokestoinen ajanjakso, jota tahtituotannon työpaketti noudattaa
Tahtituotanto	Rakennuskohde jaetaan tahtialueisiin, tehtävät työpaketeiksi ja tuotannolle on määritelty tasaisesti etenevä tuotantoaika
TATE	Talotekniikka
TPS	Toyota Production System
TTP	Takt Time Planning eli tahtituotanto
Virtauttaminen	Toimintaprosessin eri vaiheiden toteuttaminen peräkkäin siten, että toiminta etenee hallitusti ja resurssikuormitus jakaantuu tasaisesti
WIP	Work in Progress
YSE 98	Rakennusalan yleiset sopimusehdot

## 1 Johdanto

Rakennushankkeelle, uudis- tai korjaushanke, laaditaan aina aikataulu. Ensimmäiset aikataulut kattavat suunnittelu- ja hankintavaiheen, mutta kaikkein merkittävin hankkeen menestyksen kannalta on työ- / toteutusvaiheen aikataulu. Rakennushankkeen sujuva läpivienti vaatii huolellisen perehtymisen koko projektiin ennen aikataulun laadintaa ja tämän jälkeen kaikkien osapuolien yhteistyötä, jotta toteutuskelpoinen aikataulu saadaan laadituksi.

Perinteisesti rakentamisen aikataulutusta on ohjattu resurssiajattelun pohjalta. Uudenlainen ajattelu aikataulutukseen on virtautus, joka pohjaa Lean-filosofiaan. Ajatuksen lähtökohdanna on, että rakennustyö jaotellaan osiksi / paketeiksi, jotka etenevät kuin juna työpisteestä seuraavaan. Malli tähän tulee liukuhihnateollisuudesta ja sen soveltaminen rakentamiseen vaatii koulutusta, sitoutumista ja asenteiden muuttamista. Virtautetulla aikataululla pyritään prosessin ennustettavuuden parantamiseen, töiden sujuvaan etenemiseen, hukan minimointiin ja tätä kautta taloudelliseen hyötyyn.

Muutoksen motivaattorina toimii usein parhaiten raha, se mitä kaikesta lopulta hyödytään. Kun teollisuutta ja rakentamista verrataan, käy ilmi, että rakentamisessa muodostuu hukkaa (odotus, turhat toimitukset, virheet) nykyisellään runsaasti. Itse arvoa eli tuloista on vain 10 % kokonaismenosta, kun taas teollisuuden puolella tulos on 62 %, kuten alla olevasta kuvan 1 kaaviosta voidaan todeta. [19]



Kuva 1. Hukan vertailu teollisuuden ja rakentamisen välillä. [19]



Rakentamisen hukan minimointia on viime vuosina tutkittu laajasti ja eri rakennusalan toimijat ovat pyrkineet kehittämään toimintaansa siten, että rakennusprosessi hukkaa syntyisi vähemmän. Hukan pienentämiseen on pyritty muun muassa suunnitteluvaihetta tehostamalla, työmaan aikataulusuunnittelulla ja työmaiden logistiikkaa parantamalla. Kokeilut ovat usein olleet kertaluontoisia ja työtapojen muutos ei ole vielä pysyvää. [5], [13]

Tässä työssä tutkitaan virtautetun aikataulun soveltuvuutta korjausrakentamiseen ja linjasaneeraustyömaalle. Linjasaneeraustyömaat on perinteisesti aikataulutettu linjakohtaisesti. Virtautukseen perustuvassa tahtituotannossa aikataulu pyritään laatimaan huoneistokohtaisina tai vielä tätäkin pienempinä työpaketteina ja löytämään tätä kautta työskentelyyn uusi, erilainen rytmi sekä aikataulusäästöä.

Kilpailu saneerauspuolella on tällä hetkellä tiukkaa ja erottuminen kilpailijoista vaatii koko ajan kehittymistä. Perinteisen linjasaneerauksen toteuttamisessa ei ole juuri variaatiomahdollisuuksia eli eroja haetaan erilaisten lisäpalveluiden muodossa sekä aikatauluilla. Asunto-osakeyhtiössä yksittäisen osakkaan päätöksenteossa saneerauksen kustannuksien lisäksi vaikuttaa se aika, jona oma huoneisto ei ole käytettävissä. Jos uudella tavalla organisoida työ saadaan siis luoduksi aikataulusäästöä, voi tämä tuoda myös kilpailuetua.

Työn kirjoittaja toimii Constin pääkaupunkiseudun linjasaneerausyksikössä työpäällikkönä. Työllä on vahva tarve yksikössä ja uuden virtautetun aikataulumallin eteenpäin vieminen jää tekijän vastuulle omien työmaiden osalta myös opinnäytetyön valmistuttua. Ja edelleen, kun aikataulumalli saadaan toimimaan, niin kirjoittaja vastaa sen jalkauttamisesta koko yksikön työmaille.

## 1.1 Tilaaja

Opinnäytetyön tilaajana on Consti Korjausrakentaminen Oy, sen taloyhtiöt-toimialaan kuuluva pääkaupunkiseudun linjasaneerausyksikkö. Consti Oyj on korjausrakentamiseen erikoistunut yritys, joka perustettiin vuonna 2008. Yritys on jaettu kahteen yksikköön, korjausrakentaminen ja talotekniikka. Consti tarjoaa palveluita asunto-osakeyhtiöille ja yrityksille sekä julkisen puolen toimijoille. Palvelutarjonta kattaa muun muassa talotekniikan, linjasaneerauksen, korjausurakoinnin, julkisivusaneerauksen sekä suuret toimitila- ja käyttötarkoituksuuksaneeraukset. Consti työllistää noin 1 000 henkeä.

Sillä on toimipisteet pääkaupunkiseudun lisäksi Oulussa ja Tampereella, josta käsin ope-roidaan myös muita paikkakuntia. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2019 noin 315 milj. euroa. [6]

## 1.2 Tavoite

Constissa on testattu virtautettua aikataulumallia, tahtituotantoa, jo muutamissa perusparannuskohteissa (muun muassa hotelli, opiskelija-asunnot) ja sitä kehitetään jatkuvasti. Tavoitteena on siirtää virtautus työtapana myös linjasaneerauspuolelle. Työn tarkoituksena on perehtyä virtautukseen ja tahtituotantoon käsitteinä hyödyntäen aiempia tutkimuksia ja kirjallisuutta, verraten eroja ja mahdollisia etuja perinteiseen toimintamalliin töiden organisoinnissa. Rinnan opinnäytetyön kirjoittamisen kanssa pilotoidaan kirjoittajan työmaalla osin virtautettua aikataulua ja sen seurantaan kehitettyä ohjelmistoa. Työssä käydään tämä omana case-osiona läpi ja haastatellaan myös työmaan henkilöstöä. Työn tavoitteena on tutkia virtautetun aikataulumallin ja tahtituotannon soveltuvuutta linjasaneeraukseen sekä selvittää onko siitä aikataulullista hyötyä.

Pilottikohteena toimiva työmaa ei ehdi valmistua ennen päättötyön valmistumista, joten seurattavaksi ja mahdollisen jatkotutkimuksen aiheeksi jää kirjoittajalle uuden aikataulumallin kokonaisuhyödyn tarkasteleminen ja mahdollinen jatkokäyttö tulevilla työmailla.

## 1.3 Rajaus ja tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö jakautuu kahteen osaan, kirjallisuustutkimukseen ja case-tapaukseen. Kirjallisuusosiossa perehdytään ensin korjausrakentamisen prosessin kulkuun ja työmaan aikataulutukseen perinteisin tavoin. Sen jälkeen käydään läpi aikataulun virtautusta, tahtituotantoa ja Lean-mallia, johon virtautus perustuu. Lean on käsitteenä hyvin laaja ja paljon viime aikoina tutkittu sekä kirjoitettu aihepiiri. Työssä pyritään sen osalta keskittymään vain ilmiöön rakentamisessa ja erityisesti korjausrakentamisessa.

Case kohteena on As Oy Myyrinkoivun linjasaneeraus. Kohteessa testataan Consti Korjausrakentamisen linjasaneerausyksikössä ensimmäisen kerran osin virtautettua aikataulua ja sen seurantaan kehitettyä ohjelmistoa. Yleiset tilat on jätetty aikataulun ulkopuolelle eli virtautettu aikataulumalli koskee vain huoneistojen saneerausta. Case-kohde esitellään, käydään läpi aikataulumallin rakentamisen taustat ja haasteet, aikataulun

seurannan tukena olevaa Mestamaster-ohjelmistoa [25] esitellään omana osionaan. Lisäksi työmaan työnjohto ja osin nokkamiehet haastatellaan.

Haastattelut suoritetaan teemahaastatteluina eli puolistrukturoituna haastatteluna. Haastattelu kohdistuu haastateltavien henkilöiden subjektiivisiin kokemuksiin tilanteesta, jota tutkitaan. Kysymykset eivät ole yksityiskohtaisia, vaan haastattelu etenee määriteltyjen teemojen mukaisesti, avoimena keskusteluna. Kertynyt aineisto luokitellaan teemojen mukaisesti (suunnittelu, ohjaus ja muut esiin nousseet asiat) ja puretaan tekstimuotoiseksi esitykseksi. [12]

## 2 Korjausrakentamisen prosessi

### 2.1 Mitä on korjausrakentaminen?

Korjausrakentaminen kenttä on laaja. Sillä voidaan tarkoittaa kaikkea toimintaa, jolla ylläpidetään tai parannetaan jo olemassa olevan rakennuksen tai sen osan kuntoa. Korjaamisen tavoitteena voi olla rakennuksen käyttökelpoisuuden parantaminen, olemassa olevien vaurioiden poistaminen tai kulttuuriarvojen säilyttäminen. Korjaustarve syntyy rakennuksen ikääntyessä, vaurioituessa tai se voi olla käyttäjälähtöistä.

Rakennusteollisuuden suhdannekatsauksessa todetaan (kuva 2), että korjausrakentamisen liikevaihto on koko ajan kasvanut ja tavoittelee nykyisin jo uudisrakentamista. Korjausrakentamisen liikevaihdosta asuinrakennuksien saneerauksien osuus on vajaat 2/3 ja ennusteen mukaan tämä osuus tulee edelleen kasvamaan. [36]

### Rakentamisen jakautuminen päätoimialoittain

Liikevaihto 2019



Kuva 2. Rakentamisen jakautuminen päätoimialoittain vuonna 2019. [36]

Korjausrakentaminen voidaan jaotella seuraavasti:

- Peruskorjaus; rakennus korjataan uutta vastaavaan tasoon, laaja ja kattava.
- Perusparannus; parannetaan aiempaa laatutasoa ja toiminallisuutta.
- Kunnossapito; korjauksella ylläpidetään rakennusta.
- Konservointi; rakennuksen nykyisen tilan säilyttävää korjaamista.
- Entistäminen eli restaurointi; rakennushistorialliset arvot säilyttävää korjaamista.

[16]

Korjausrakentamisen suunnittelun lähtökohtana on aina olemassa oleva rakennus. Sen kunto, tekniset ratkaisut, käyttäjien tarpeet ja rakennukseen liittyvät arvotekijät vaikuttavat aina siihen, millaiseksi korjausrakennushanke muodostuu.

## 2.2 Korjausrakentamisen prosessin vaiheet

Rakennushanke, oli se sitten uudis- tai korjauskohde, on aina kertaluontoinen projekti. Sillä on selkeä tavoite (uusi rakennus, vanhan korjaus) ja määritelty aika (urakan tarkka alku ja loppu). Projektille on oma organisaatio eli tilaaja, suunnittelu, toteuttaja, valvonta ja määritellyt resurssit. Rakennushankeprosessin vaiheet voidaan jakaa aloitukseen, suunnitteluun, toteutukseen ja hankkeen päättämiseen. [17], [41]

Aloitusvaiheessa päätetään hankkeen aloittamisesta. Ennen varsinaista suunnittelua, laaditaan tarveselvitys. Kohteesta voidaan laatia kuntoarvio ja hankkeen kustannusarvio. Erilaisilla käyttäjäkyselyillä selvitetään korjauksen tarpeet heille sekä toivottu laajuus ja laatutaso. Vaiheen päättää päätös hankesuunnitelman laadinnasta. [16], [17]

Hankesuunnittelussa määritetään hankkeen tavoitteet, laajuus, laatutaso, kustannukset sekä aikataulu ja suunnitellaan toimintatavat niiden saavuttamiseksi. Tässä vaiheessa laaditaan hankeselvitys ja -ohjelma, joiden tueksi kohteessa voidaan tehdä tarkempia kunto-, toimivuus- ja rakennushistoriallisiatutkimuksia. Hankesuunnitteluvaiheessa myös vaihtoehtoiset toteutustavat kartoitetaan ja tehdään alustava investointipäätös. [16], [17]

Varsinainen rakennussuunnittelu seuraa hankesuunnitteluvaihetta. Suunnittelun lähtötiedot tarkennetaan ja suunnitteluratkaisujen päälinjat valitaan ja näiden pohjalta itse rakennussuunnittelu voidaan aloittaa. Vaiheen päättää suunnitelmien valmistuminen ja rakentamispäätös. [16]

Toteutus- eli rakentamisvaiheessa koordinoidaan tarvittavat resurssit hankkeen toteutukseen. Kohteelle valitaan toteuttaja, rakentaja, joka vastaa tuotannon, toimitusten ja hankintojen ohjauksesta ja toteutuksesta. Toteutusvaiheelle laaditaan aikataulu, jonka puitteissa hanke tulee saattaa loppuun. [16], [17]

Seuranta ja valvontaa suoritetaan toteutuksen aikana. Yleensä hankkeelle asetetaan tilaajaorganisaation toimesta valvonta tähän tehtävään, joka suorittaa valvontaa rakentajan oman valvonnan lisäksi. Hankkeen etenemistä seurataan säännöllisin väliajoin.

Mahdolliset poikkeamat ja ristiriidat suunnitelmissa ja toteutuksessa pyritään havaitsemaan, jotta tarvittaviin korjaustoimenpiteisiin voidaan ryhtyä välittömästi. [16], [17], [20]

Hankkeen lopetus tarkoittaa saavutetun lopputuloksen hyväksymistä ja hankkeen hallitua päättämistä. Kohde luovutetaan tilaajalle ja se siirtyy takuuajalle, jonka pituus on kaksi vuotta. Tilaajalle luovutetaan myös kohdetta koskevat dokumentit eli käyttö- ja huolto-ohjeet sekä loppupiirustukset ja muu mahdollinen dokumentaatio. [16], [17], [20]

## 2.3 Aikataulu

Rakennushanketta ohjaa sille laadittu aikataulu. Aikataulun suunnittelussa laaditaan ensin karkeamman tason suunnitelmat, jotka ohjaavat tarkemman tason aikataulusuunnittelua. Aikataulun suunnittelua ohjaavat kysymykset:

- mitä tehdään?
- milloin tehdään?
- missä tehdään? [17], [31]

Kun kohteen aikataulu suunnitellaan realistisesti, niin hanke etenee ja valmistuu oikea-aikaisesti sekä laadusta pystytään pitämään kiinni. Aikataulutamisessa tulee määritellä tehtävien ajoitus ja sijoittelu siten, että kokonaisuutta pystytään hallitsemaan. [17], [32]

Hankkeen kaikkien osapuolien tulee osaltaan varmistaa aikataulun toteutuskelpoisuus ennen kuin se hyväksytään kohteen työaikatauluksi. Itse rakentamisvaiheen aikataulun lisäksi hankkeen muitakin vaiheita tulee aikatauluttaa muun muassa suunnittelu, sopimukset ja hankinnat. [15], [32]

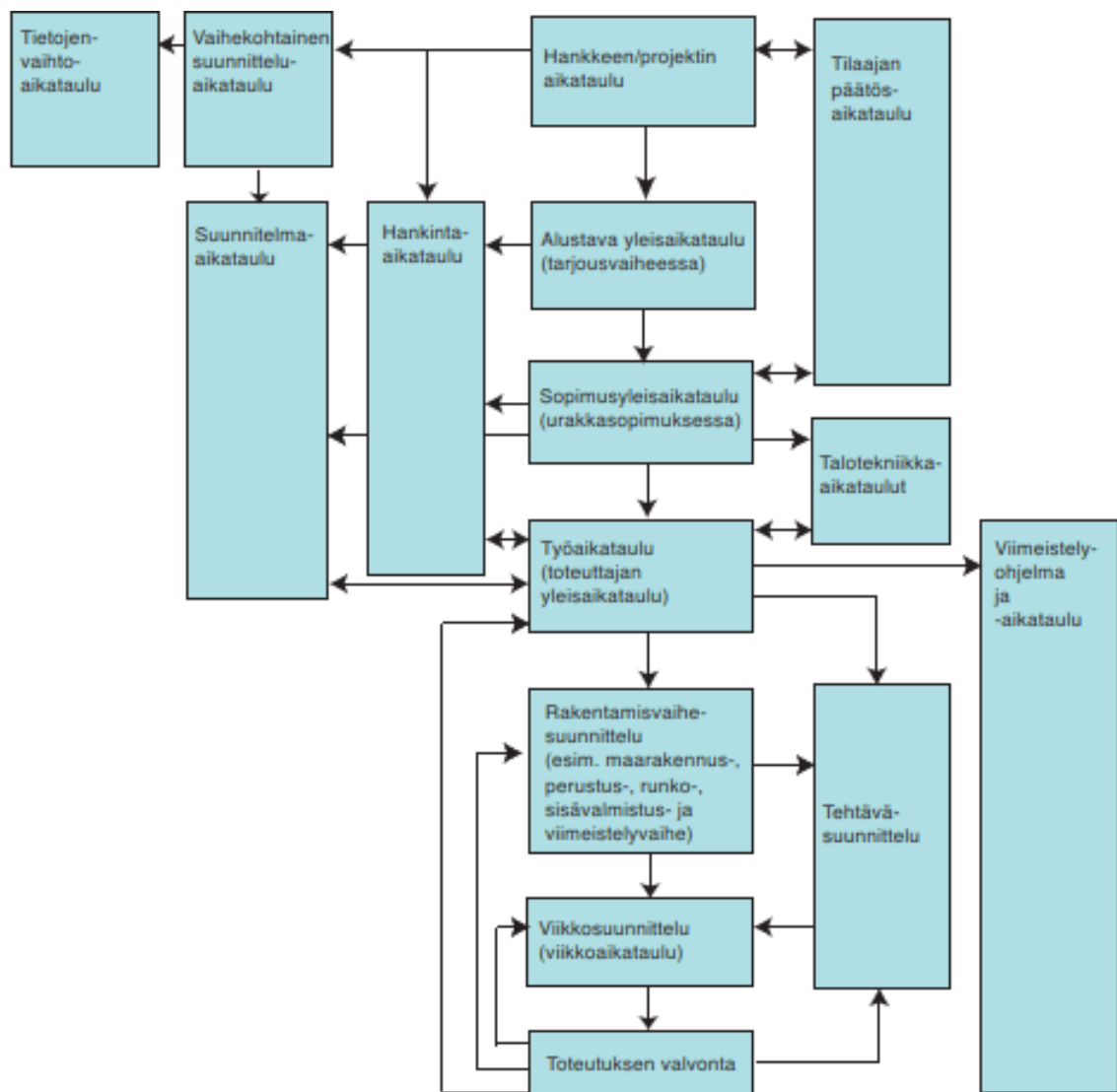
### *Aikataulun suunnittelu*

Rakennushankkeen eri vaiheille laaditaan omat aikataulut hankkeen eri osapuolien toimesta. Yleisimmät aikataulut ovat:

- hankeaikataulu
- suunnitteluaiikataulu
- yleisaikataulu, sopimusaikataulu
- hankinta-aikataulu
- työaikataulu. [17]

Aikataulut ovat osin riippuvaisia toisistaan. Rakennushankkeen eri aikatauluja ja tiedon siirtymistä vaiheesta toiseen kuvataan alla kaaviossa nuolilla (kuva 3). Koko hankkeen

ajalliset reunaehdot ja tavoitteet päättää hankkeeseen ryhtyvä jo hankesuunnitteluvaiheessa laatiessaan hankeaikataulun. [15], [17]



Kuva 3. Rakennushankkeen aikataulusuunnittelun eteneminen. [17]

Hankeaikataulussa esitetään koko hankkeen eteneminen ja sen avulla tarkistetaan, että hanke on toteutettavissa normaalissa rakennusajassa. Riippuen valitusta urakkamuodosta, hankeaikataulun vaiheita ovat esimerkiksi tarveselvitys, hankesuunnitelman laadinta, luonnossuunnitelmat, lopulliset suunnitelmat, rakennuslupa, tarjouspyynnöt ja kilpailutus ja itse rakentamisvaihe. [15], [17]

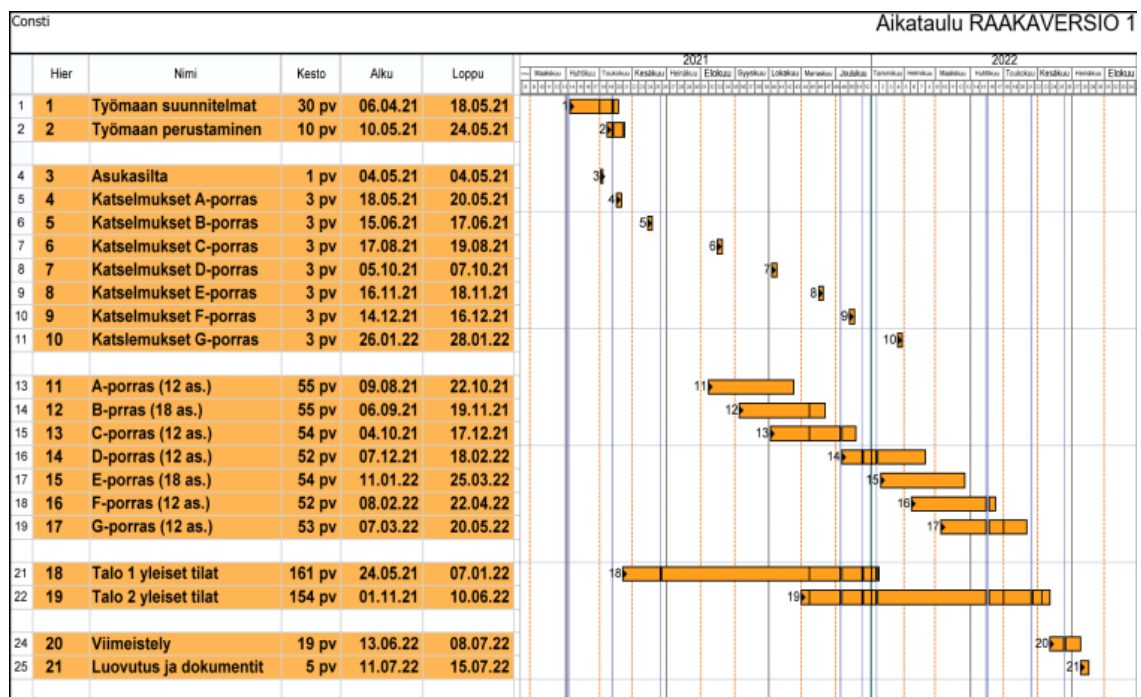
Suunnittelusta vastaa urakkamuodon mukaan joko rakennuttaja tai urakoitsija. Suunnitteluvaiheelle laaditaan oma aikataulu, jossa määritellään suunnittelun sisältö ja ajoitus.

Jos suunnitteluvastuu on rakennuttajalla, esitetään aikataulussa selkeästi suunnittelu-  
vaiheen päätyminen, jolloin rakennuslupaa ja mahdollista urakan kilpailutusta varten  
tarvittavat suunnitelmat ovat valmiit. Urakoitsijan vastatessa suunnittelusta, voidaan osa  
suunnitelmista laatia vasta toteutusvaiheessa ja suunnittelu kytkeytyy osin myös urakoit-  
sijan hankinta-aikatauluun. [17]

Muiden aikataulujen laadinnasta vastaa yleensä hankkeen toteuttava urakoitsija yhteis-  
työssä tilaajan kanssa. Urakoitsija laatii kohteelle sen toteutusta ohjaavat (yleisaikataulu)  
ja seuraavat aikataulut (työvaiheaikataulu) työmaan käyttöön. [15], [20]

### Yleisaikataulu

Rakennuskohteen yleisaikataulu laaditaan perinteisesti jo ennen hankkeen alkamista,  
laskenta- ja neuvotteluvaiheessa, suunnitelmien valmistuttua. Yleisaikataulussa (kuva 4)  
kuvataan koko hankkeelle suunniteltu työnkulku päätasoilla ja se toimii työmaan toteu-  
tuksen ja ajoituksen pohjana. Ensimmäinen aikatauluversio on yleensä hyvin karkea.  
[15], [17]



Kuva 4. Linjasaneerauskohteen yleisaikataulu janakaaviona, ensimmäinen raakaversio laskenta-  
vaiheessa.



Yleisaikataulu voidaan laatia esimerkiksi jana-aikatauluna tai paikka-aikakaaviona. Aikataulusta tulisi ilmetä ainakin tehtävänimike, suoritemäärä, työmenekki, tehtävän kesto, riippuvuudet ja alku- sekä lopetusajankohta. Laadinnan lähtötietoina käytetään rakentajan tarjouspyynnössä esittämää ehdotusta urakka-ajaksi, urakkaohjelman kirjauksia sekä laadittuja teknisiä suunnitelma-asiakirjoja ja työselostuksia. Yleisaikataulu vastaa kysymykseen mitä pitäisi tehdä. [13], [15], [17]

Yleisaikataulu liitetään urakkasopimukseen ja se toimii täten myös yleisten sopimusehtojen (YSE98) mukaisena sopimusaikatauluna. Aikataulu käydään läpi urakkaneuvotteiluissa ja tässä vaiheessa sitä voidaan yhteistyössä muokata. Sopimusaikataulusta tulee ilmetä selkeästi niin urakoitsijan kuin tilaajan kannalta osapuolille tärkeät päivämäärät, vähintään urakan aloitus- ja lopetuspäivämäärät sekä välitavoitteet. [15], [17], [20]

### *Rakentamisvaiheen aikataulut*

Rakentamisvaiheen aikataulu laaditaan yleisaikataulun rungon mukaisesti. Se on tarkempi ja sen tarkoituksena on varmistaa työaikataulun tavoitteiden saavuttaminen. Aikataulun laadinnassa on huomioitava työjärjestys ja työvaiheiden väliset riippuvuudet:

- looginen riippuvuus tarkoittaa ehdottomia, teknisiä suoritusjärjestyksiä
- olosuhderiippuvuus määräytyy sopimuksen, työmaajärjestelyjen ja muiden vastaavien tekijöiden perusteella
- tekninen riippuvuus tarkoittaa toteutusteknisiä seikkoja
- resurssiriippuvuus liittyy työmaan totuttavan resurssin siirtymiseen työtehtävästä toiseen. [15]

Rakentamisvaiheen aikataulu laaditaan yleisaikataulua lyhyemmille ajanjaksoille esimerkiksi 2–6 kuukautta tai vaihtoehtoisesti selkeille kokonaisuuksille kuten runko-, vesikatto- tai sisävalmistusvaihe. [15], [17]

Rakentamisvaiheen aikataulussa esitetään tärkeimmät työlajit tai -kokonaisuudet resurssiryhmien mukaisesti yleisaikataulun rungon mukaisesti. Aikataulun laatii työmaan työjohto yhteistyössä alurakoitsijoiden kanssa. Aikataulussa esitetään tehtävän nimike, suoritemäärä ja yksikkö, työmenekki, työryhmä, tehtävän kesto ja ajoitus sekä riippuvuudet muista tehtävistä. Rakentamisvaiheen aikataulua seurataan työmaalla ja muokataan tarvittaessa. [15], [17], [20]

Yleisaikataulussa määritetään taloteknisten töiden (TATE-työt) tuotantonopeus. TATE-töille on hyvä laatia tämän lisäksi oma, työsuoritteet tarkemmin erittelevä aikataulu, jossa yhteensovitetaan talo- ja rakennustekniset työt niiden keskinäiset riippuvuudet huomioiden. TATE-aikataulussa tulee huomioida myös teknisten tilojen valmistuminen, raskaiden kojeiden nostot ja haalaukset, tekniikan risteileminen, mittaukset ja säätötyöt. Taloteknisettyöt ovat usein työmaan kannalta niin kutsuttuja tahdistavia työvaiheita eli niiden valmistuminen ajallaan vaikuttaa kokonaisaikatauluun. [15], [17], [20]

Työaikataulua apuna käyttäen laaditaan myös työmaan hankinta-aikataulu. Hankinta-aikataululla varmistetaan se, että materiaalit ja rakennusosat ovat oikea-aikaisesti työmaalla. Aikataulussa tulee huomioida tarjouspyyntöjen / tarjouksien käsittelyaika, mahdolliset neuvottelut ja tämän jälkeen vielä toimitusajat. Hankinta-aikatauluun kirjataan yleensä hankintakokonaisuuden sisältämät hankittavat nimikkeet (materiaali, aliurakka), määrät yksiköineen sekä hankinnan vastuuhenkilö. Aikataulua seurataan työmaan edessä ja muokataan tarvittaessa. [17]

Laadittuja aikatauluja työmaan arjessa tukee viikkosuunnittelu, joka on rakentamisvaihe-aikataulua yksityiskohtaisempi. Viikkoaikataulu laaditaan yleensä 1–3 viikoksi eteenpäin, työmaan etenemisen mukaisesti ja se vastaa kysymykseen, mitä tullaan tekemään. Laadinnassa tulee huomioida edellisten viikkojen suunnitelmat ja niiden toteuma. Viikkoaikataulussa seurataan yleisaikataulun toteutumista, huolehditaan että tarvittavat resurssit ovat työmaalla ja täten tuotannon edellytykset ovat kunnossa. Viikkosuunnittelu toimii parhaiten, kun se toteutetaan yhdessä työmaan työnjohdon ja alaurakoitsijoiden kanssa. [13], [15], [17]

Tehtäväsuunnitelma voidaan laatia rakennuskohteen tärkeimmistä aikatauluosista. Suunnitelmaan hyödynnetään työn ohjauksessa ja toteuman seurannassa. Tavoitteena on yksittäisen tehtävän ajallisen, laadullisen ja taloudellisen toteutumisen varmistaminen. Suunnitelma on muita aikatauluja tarkempi. Siinä määritellään alkutila, jollaisena työryhmä ottaa kohteen vastaan, tehtävän laajuus ja siihen kuuluvat osatehtävät sekä lopputila, jollaisena työryhmä luovuttaa kohteen seuraavalle ryhmälle. [15], [16]

Viimeistelyohjelma kattaa kohteen viimeistely- ja luovutusvaiheen, ja tätä varten tulee laatia viimeistelyaikataulu. Kohteen hallittu luovutus vaatii eri toimintojen oikea-aikaisuutta ja yhteensovittamista. Aikataulussa tulee huomioida:

- oman työn tarkastukset

- viimeiset korjaustyöt
- TATE mittaukset, säädöt ja testit
- tilaajan jälkitarkastus
- viranomaistarkastukset
- vastaanottotarkastus. [15], [17], [20]

Huolellisella viimeistelyvaiheen aikataulusuunnittelulla varmistetaan hankkeen valmistuminen ja luovutus sopimuksen mukaisena ajankohtana. [17]

Vaikka aikataulut olisivat kuinka hyvin suunniteltu, on työmaan menestymisen avaimena työmaan toteutuksen ohjaus. Jos työmaata ei johdeta laadittujen aikataulusuunnitelmien mukaisesti, ovat sen mahdollisuudet menestymiseen heikot. [17]

### *Erilaisia aikataulumalleja*

Työmaan yleisaikataulu laaditaan yleensä jana-aikatauluna. Rakennusvaiheen aikataulu voidaan esittää eri muodoissa:

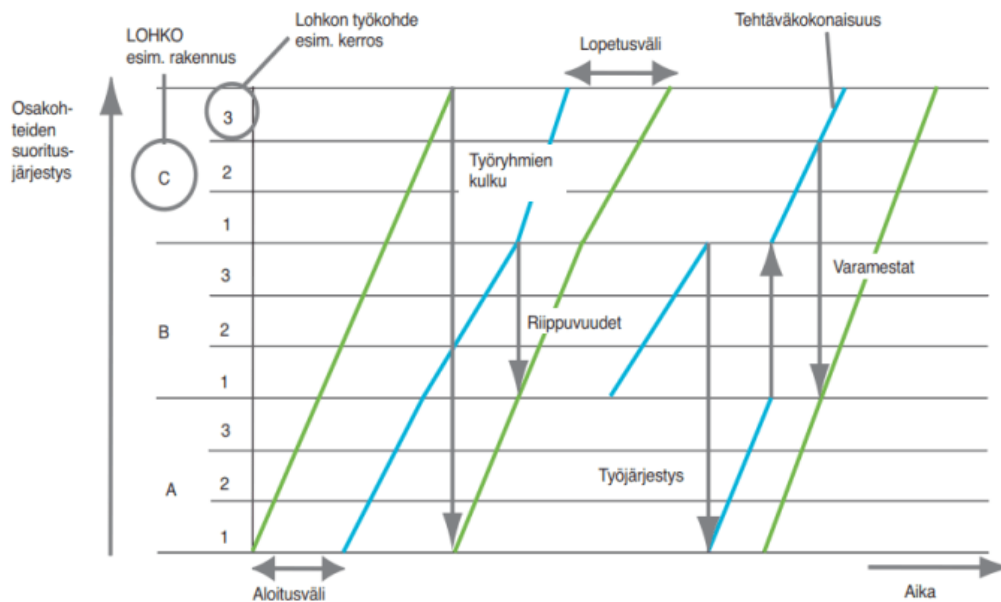
- jana-aikataulu
- vinoviiva-aikataulu
- valvontavinjetti
- toimintaverkko [17]

Näistä yleisimmin käytetyt ovat jana- ja vinoviiva-aikataulu sekä valvontavinjetin eri muodot. Toimintaverkkoa hyödynnetään aikataulujen laadintatekniikkana, jossa aikataulu esitetään tehtävien keskinäisistä riippuvuuksista ja kestoista muodostuvana karttana. Rakennustyömaan aikatauluna näitä ei juurikaan käytetä. [17]

Jana-aikataulussa tehtävien kesto esitetään jana-muodossa. Aikataulussa projekti pilkotaan sopiviksi tehtäväkokonaisuuksiksi ja näille määritetään alku- ja loppu ajankohta. Jana-aikataulun haasteena on tuotannon seuranta, koska siinä on vaikea esittää havainnollisesti tehtävien eteneminen ajan ja paikan suhteen. [15], [17]

Vinoviiva-aikataulun muotoja ovat paikka-aika- ja tuotantokaavio. Paikka-aikakaaviossa tuotanto sidotaan, aikataulun nimen mukaisesti, aikaan ja paikkaan. Työtehtävien väliset riippuvuudet, kesto ja tarvittava resurssi selvitetään. Työtehtävien paikat kirjataan kaavion pystyakselille ja aika vaaka-akselille. Tehtävien kulku ajan ja paikan suhteen esitetään vinoviivoilla, ja näiden viivojen kaltevuus kertoo tuotantonopeuden (kuva 5). Aikatauluun voidaan merkitä pystyviivoilla sopimusteknisesti tärkeitä päivämääriä, kuten

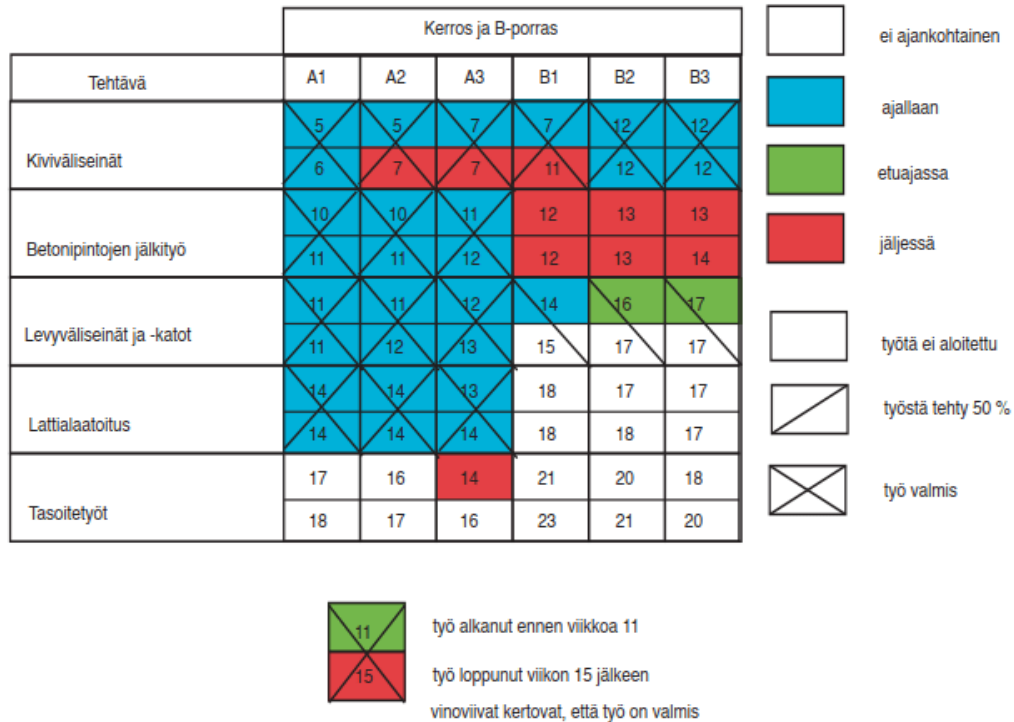
välitavoitteet ja kohteen osaluovutukset. Paikka-aikakaavio soveltuu hyvin koko hankkeen ajallisen valvontaan ja työnohjauksen tueksi. [15], [17]



Kuva 5. Paikka-aikakaavio toimintaperiaate. [17]

Tuotantokaaviossa kuvataan työn eteneminen ajan ja tuotannon määrän suhteena. Kaaviossa on vaakakselilla toteutusaika ja tuotannon määrä tai valmiusaste on kirjattuna pystyyn. Tuotantoaikakaavio soveltuu parhaiten erillisten työvaiheiden ja yksittäisten tehtävien tuotantonopeuden seurantaan. [17]

Valvontavinjetti voidaan laatia matriisimuotoon (kuva 6) tai seuranta voidaan merkitä pohjakuviin. Matriisiin kirjataan työt ja osakohteet sekä niiden aikataulus. Vinjettiin kirjataan töiden valmiusasteet joka rasteilla, väreillä tai molemmilla. Valvontavinjetin avulla voidaan työmaalla helposti valvoa työkohteiden tilannetta ja vapautumista. Vinjettiä käytetään usein paikka-aikakaavio toteutumisen seurannan tukena. [17]



Kuva 6. Matriisimuotoinen valvontavinjetti. Seurannassa käytetään värejä ja rasteja. [17]

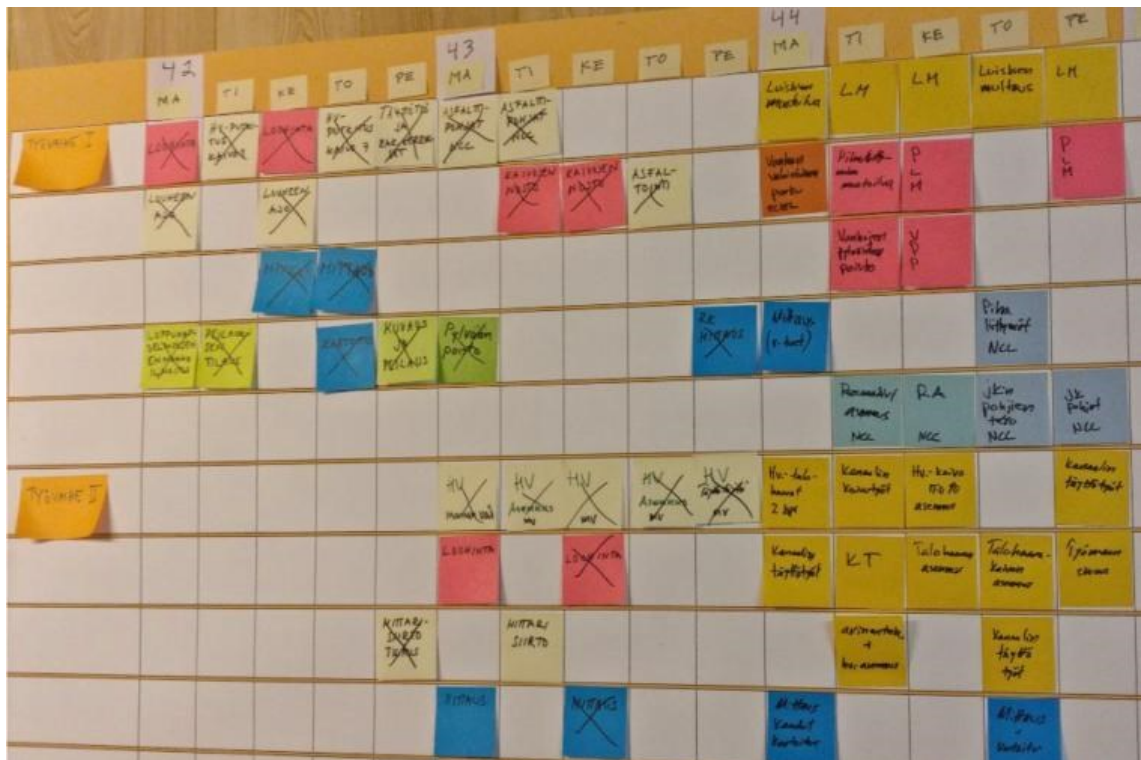
Lean-oppeihin pohjaava tahtituotanto on uudempi aikataulumalli, jossa samassa työkohteessa tapahtuvat tehtävät järjestetään samanpituisiksi työpaketeiksi, jotka seuraavat toisiaan välittömästi muodostaen ”tuotantojunan”. Tahtituotanto muistuttaa paikka-aika-kaaviota, josta on poistettu kaikki puskurit. Tahtituotannossa suunnittelun lähtökohtana on paikka, ei tehtävät ja niiden resurssit. Tärkeimpänä tahtituotannossa pidetään sitä, että työn alla olevassa tilassa työt etenevät yhtäjaksoisesti. [39]

### Tuotannonohjaus

Tuotannonohjaus eli aikataulun ja toteuman seuranta on perinteisesti tehty työmaalla paperi-kynä -periaatteella. Janakaaviota käyttäen seuranta on haastavaa, paikka-aika-kaaviolla hiukan helpompaa ja aiemmin esitettyä valvontavinjettiä käyttäen visuaalisempaa ja selkeämpää. Vinjetti voidaan työmaalla jakaa laajasti urakoitsijoiden käyttöön, tällöin seuranta on läpinäkyvämpää ja kaikkien tiedossa. Viikko- ja tehtäväsuunnittelu helpottavat tuotannonohjausta työmaalla. [17]

Last Planner -menetelmässä seuranta kohdentuu viimeiseen tilanteeseen, jossa voidaan varmistaa tehtävien suunnitelmien mukainen toteutus. Last Planner vaatii tarkan viikko-suunnittelun sekä sen seurannan. Isojen tehtäväkokonaisuuksien pilkkomisella pyritään

varmistamaan töiden sujuva jatkuminen ongelmien ilmaantuessa. Seurannalla pyritään varmistamaan, että työsuoritteiden tekemiselle on vaadittavat edellytykset, resurssit. Viikkosuunnitelman toteutuminen tarkistetaan viikon lopussa. Suunnittelu tehdään visuaalisesti käyttäen esimerkiksi taulua ja erivärisiä papereita (kuva 7), työn alkaminen ja päättyminen merkitään rasteilla. Seuranta muistuttaa valvontavinjettiä, mutta työt on pilkottu pienemmiksi kokonaisuuksiksi viikkotasolla. Vinjetistä poiketen, värikoodit annetaan työryhmille tai työntekijälle. Suunnitelmataulusta on helposti nähtävissä, ettei synny päällekkäisyyksiä työpisteiden tai -tehtävien suhteen. Viikkosuunnittelu tulee työmaalla tehdä yhdessä, jotta kaikille on selkeää, miten aikataulu etenee. Seuranta helpottamaan on myös ohjelmistoja (esimerkiksi Mestamaster), joiden avulla seuranta kulkee jokaisella tekijällä mukana. [10], [15], [17], [25]



Kuva 7. Last Planner viikkosuunnittelu ja seuranta. [19]

Työmaan aikataulun laadintaan ja seurantaan on olemassa myös erilaisia ohjelmistoja, jotka kehittyvät koko ajan. Ohjelmiin voidaan liittää myös talouden- ja hankintapuolen seuranta, esimerkiksi PlaNet ja sen laajennus Planet+. Rakennuksen tietomallintamisen ohjelmistot, esimerkiksi Tekla Structures, laajentavat seurantaan koko rakennusprosessin ajalle. Tietomallin pohjalta voidaan työmaalle muodostaa aikatauluja ja kohdistaa tehtävät mallin eri kohtiin, luoda kustannuslaskelmia ja simulaatioita. Mallia voidaan päivittää

työn ajan ja visuaalisuuden ansiosta seuranta on selkeää, tosin käyttö työmaaoiloissa vaatii opettelua ja riittävää välineistöä. [15], [16], [17]

### *Korjausrakentamisen erityspiirteiden huomioiminen aikataulussa*

Korjausrakentamisessa tulee aikataulun laadinnassa huomioida osin samoja seikkoja kuin uudiskohteessa, kuten kokonaisaika, laatuvaatimukset ja kustannustehokas läpimenoaika. Korjauskohteisiin liittyy kuitenkin paljon epävarmuustekijöitä, jotka vaikuttavat aikataulun laadintaan ja itse työhön. Tyypillisiä piirteitä ovat:

- työn hallinta monimutkaista ja erikoistunutta
- työ sisältää ainutlaatuisia elementtejä
- hankekoot saattavat olla pieniä
- kohde käytössä rinnan korjaustyön kanssa
- alkuperäisten, rakennusaikaisten suunnitelmien puuttuminen
- vanhojen rakenteiden yllätyksellisyys ja ennakoimattomuus
- rakenteet ja niiden kunto selvillä vasta purkutyön jälkeen
- käytettävät materiaalit voivat poiketa normaalista (pidemmät toimitusajat)
- viranomaismääräyksien muuttuminen
- rakenteiden kytkeytyminen viereisiin rakennuksiin. [13], [15], [17]

Kohteen aloituksella saattaa olla kiire, jolloin suunnittelua ei ehditä tehdä riittävän huolellisesti ja tämä aiheuttaa haasteita rakentamisvaiheen aikataululle [13].

Korjaustyö sisältää aina purkamisen, kunnostuksen ja usein myös uuden rakentamisen. Työn kokonaisuus saattaa purkuvaiheessa muuttua, jos paljastuu yllättäviä rakenteita, vaurioita tai muita esitetä työn alkuperäisen suunnitelman mukaiselle toteutukselle. Muutokset aiheuttavat suunnitelmien muuttumista, joista kertyy kustannuksia sekä aikatauluun poikkeamia. Alun perin laadittua aikataulua voidaan joutua muuttamaan työn edetessä, kokonaistyöaika saattaa pidentyä. [15]

Korjauskohteet voidaan aikataulutuksen perusteella jakaa eri ryhmiin:

- Korkean korjausasteen kohde; kohteessa rakenteellisia muutoksia, muutetaan tilajärjestelyjä, uusitaan talotekniikka. Tilojen käyttö ei ole saneerauksen aikana mahdollista.
- Toistuva tilakorjaus; läpimenoaika lyhyt, korjauseste alhainen. Kohde jaetaan työsisällöltään toistuviin, samansisältöisiin osiin. Yleensä uusitaan pintoja,

kalusteita, esimerkiksi toimisto- ja hotellisaneeraus. Osa tiloista on käytössä saneerauksen aikana.

- Käyttäjän aloittama korjaus; tilojen käyttäjä määrittelee korjausalueiden työjärjestyksen. Saneerauksen sisältö tiloittain vaihtelee, samoin niiden työaika. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi sairaalat ja koulut, joita ei voida tyhjentää kokonaan.
- Pieni korjauskohde esimerkiksi yksi huoneisto. Ei yleensä laadita tarkkaa työvaiheikataulua, määritellään kokonaisaika saneeraukselle
- Linjasaneeraus; aikataulutetaan yleensä LVI-pystylinjojen mukaisessa järjestyksessä. Samoja piirteitä kuin toistuvassa tilakorjauksessa. [15], [17]

Korjauskohteen aikataulun laadinnassa on siis enemmän huomioitavia, muuttuvia seikkoja kuin uudisrakentamisessa. Isoimmiksi haasteiksi muodostuvat yleensä rakennuksen samanaikainen käyttö ja vaihteittaiset luovutukset, käyttötarkoituksen muutokset ja tiukka budjetti. Toimivan aikataulun laadinta vaati enemmän yhteistyötä tilaajan ja toteuttajan välillä kuin uudiskohteessa. [17]



### 3 Virtautus

Virtautuksen ajatuksena on poistaa prosessista kaikki turha, keskitytään ainoastaan arvon tuottamiseen asiakkaalle, sen maksimointiin. Virtautuksen ajatus pohjaa Lean-johdamsifilosofiaan. Sen tavoitteena on oikea tuote, oikeassa paikassa, oikeaan aikaan, oikeilla tekijöillä. [27] Lean keskittyy seuraaviin ajatuksiin:

- arvon tuottaminen asiakkaille
- hukan vähentäminen
- jatkuva parantaminen ottamalla työntekijät mukaan [19].

Lean on siis toimintastrategia tavoitteen saavuttamiseksi. Se korostaa resurssitehokkuuden sijaan virtaustehokkuutta. Lean ei ole ”ihmeresepti” menestykseen, mikä kerran jalkautetaan organisaatioon, vaan se on jatkuvan kehittymisen ja kehittämisen toimintatapa, joka kattaa koko yrityskulttuurin, arvot, johtamisen ja työntekijöiden osallistumisen. Muutos organisaatioksi, joka toimii Lean-filosofian mukaan, on monivuotinen prosessi. Lean ei siis ole keino, vaan tavoite. [21], [28], [30], [45]

#### 3.1 Tausta

Lean ajattelun lähtökohdat ovat:

- kunnioita ihmistä
- luo arvoa
- fokusoi prosesseihin ja virtaukseen
- eliminoi hukkaa
- paranna jatkuvasti.

Nämä ajatukset on 1990-luvulla esitetty autoteollisuudessa toimivan Toyotan tuotantofilosofiassa, Toyota Production System (TPS) ja tämä on pohjana koko Lean-ajattelulle. [21], [27], [28]

Filosofian tärkeitä osia on toisen ihmisen kunnioittaminen. Sen mukaan kaikkien tulee pyrkiä ymmärtämään toisia ja luomaan keskinäistä luottamusta. Jokaisen tulee kantaa vastuu yhteisestä päämäärästä. Ammatillista ja henkilökohtaista kehittymistä tuetaan ja yksilön ja tiimin suoritukset pyritään maksimoimaan. Päätökset tulisi tehdä yhteisymmärryksessä. [28]

Organisaation liiketoimintastrategia kertoo, kuinka se aikoo toteuttaa liikeideansa, mitä arvoa se tuottaa, mitkä ovat sen markkinat, ja miten kilpailussa muiden kanssa aiotaan

menestyä. Sen totuttamiseen tarvitaan erillinen toimintastrategia, jossa kerrotaan, kuinka tavoitteeseen päästään:

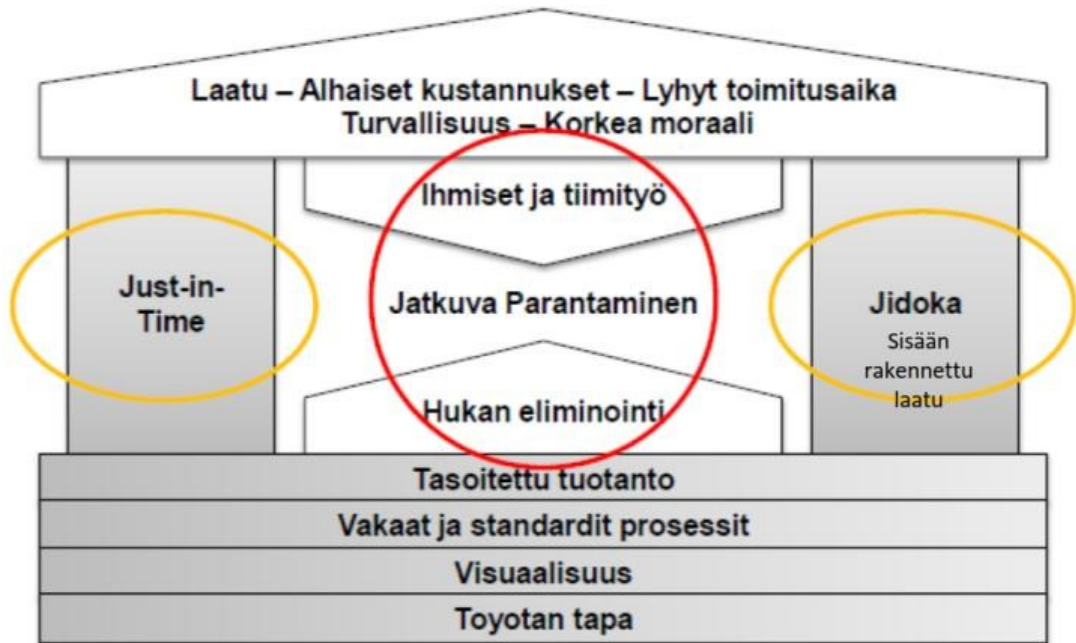
- Arvot – millainen organisaatio on?
- Periaatteet – miten organisaatio ajattelee?
- Menetelmät – mitä organisaatio tekee?
- Työkalut – mitkä välineet ovat organisaation käytössä? [27], [28], [30]

Lean:iin pohjaavassa toimintastrategiassa pyritään luomaan arvoa parantamalla prosessin virtaustehokkuutta vähentämällä hukkaa, poistamalla arvoa tuottamatonta resurssien käyttöä. Toimintastrategiassa keskitetään huomio asiakkaalle tuotettavaan arvoon projektin osapuolin omien tavoitteiden sijaan. [27], [30]

### *Prosessi ja virtaus*

Resurssitehokkuus on yleinen tapa mitata suorituskyykyä ja tuottavuutta. Resurssitehokkuudella ilmaistaan, kuinka paljon arvoa syntyy suhteessa tarjolla oleviin resursseihin. Virtaustehokkuudessa taas seurataan, miten virtausyksikkö liikkuu prosessin läpi, minkä osan ajasta sen kanssa tehdään töitä. Virtaustehokkuutta tarkasteltaessa arvo määritellään virtausyksikön näkökulmasta, eli mikä on se aika, kun virtausyksikkö saa arvoa, jalostuu. [9], [21], [27], [28], [30]

Virtauksen tasaaminen, työmäärien tasapainottaminen on yksi Lean:in lähtökohtia. Tällä tarkoitetaan työkuorman saamista ajan mittaan mahdollisimman tasaiseksi ja tasaisen virtauksen vaikutuksesta laatu, virtaus- ja resurssitehokkuus paranevat. Tasaaminen sijoittuu Lean:in pohjana olevassa Toyotan tuotantojärjestelmässä alhaalle, muodostaen perustan kaikelle. Perustuksen päälle rakentuvat laatu ja tuotannon oikea-aikaisuus. Yksi osa ei toimi ilman toista, vaan kyseessä on kokonaisuus. Näin muodostuvaa kaa-  
viota (kuva 8) nimitetään usein Lean-temppeliksi tai TPS-taloksi. Tasaaminen on yksi Lean:in käyttöönoton haastavimpia kohtia. [19], [21], [30]



Kuva 8. TPS, Toyota Production system. [19]

Laatua kuvataan TPS:ssä japaninkielisellä termillä Jidoka. Käsite tarkoittaa asioiden tekemistä alusta alkaen oikein ja virhetilanteen ilmetessä koko virtauksen pysäyttämistä. Oikein tekeminen alusta saakka on haastavaa, jos kaikilla osapuolilla ei ole selvillä mitä tavoitellaan, mikä on laatutaso tai tuotantoa ei haluta pysäyttää myöhästymisen pelossa. Jos tuotantoa tai sen osaa ei pysäytetä virheen kohdalla, virhe etenee prosessissa ja sen löytäminen voi myöhemmin olla haastavaa. Havaittu virhe tulee korjaamisen lisäksi tiedottaa työryhmän jäsenille, jotta samaa virhettä ei enää toistettaisi, ja jotta laatuun ei tulisi poikkeamia. Jidokassa on kokonaisuudessaan kyse oppimisesta, eli virheet havaitaan ja korjataan, jotta ne eivät enää toistu. [21], [30]

Tavoitteena on siis luoda prosessi, joka varmistaa tuotteen oikean laadun. Tämän edellytyksenä on:

- asiakkaiden ja heidän tarpeidensa selkeä määrittely
- oikeiden työtapojen suunnittelu ja noudattaminen
- työntekijöiden pätevyyden varmistaminen. [9], [30]

Organisaation päämääränä tulee olla virheetön toimitus asiakkaalle tämän tarpeiden mukaisesti. Esimiehillä on vastuu oikeiden tuotannon olosuhteiden luomisesta. Heidän tulee varmistaa työntekijöiden kuunteleminen ja osaaminen, työtapojen standardoiminen sekä viestiä selkeästi miksi organisaatiossa toimitaan valitulla tavalla. Laadunohjauksen

osana esimiehen tulisi myös jalkautua tuotantoon, analysoida sen ongelmia, esittää kysymyksiä ja myös huomioida tekijöiden ajatukset sekä mahdolliset muutosehdotukset. [9], [21], [30]

Toinen TPS:n ja Lean'in perusasioista on käsite JIT, just-in-time, eli pyrkimyksenä on tehdä työ ajallaan ja laadukkaasti. Työkaluina tämän saavuttamisessa ovat käsitteet:

- takt
- jatkuva virtaus
- imuohjaus. [30]

Tavoitteena on luoda jatkuva virtaus, mutta jos se ei ole mahdollista, niin paras vaihtoehto sille on imuohjausjärjestelmä, jossa sallitaan pienet varastot. [21]

Takt sanana on peräisin saksan kielestä ja tarkoittaa lyöntiä, rytmiä. Takt-time eli tahti-aika on ajanyksikkö, jossa tuote / palvelu tulee valmistaa, jotta se on valmis tarvittavana ajankohtana. Tahti on tuotannon rytmi, ja tahdistamalla työ voidaan määrittää tuotannon vauhti. Tahtiaikaa käyttämällä on mahdollista saada tuotannon tehokkuutta nostetuksi ja laatua parannetuksi. [4], [10], [21], [42]

Tuotannossa tulee virtausta tapahtua toiminnassa ja prosessissa. Toiminnan virtaus tarkoittaa toimintaa, jota suoritetaan tuotteen arvon nostamiseksi. Prosessin virtaus taas tarkoittaa itse tuotteen virtausta tuotantoprosessin läpi. Jatkuva virtaus nostaa virtaustehokkuutta. Tätä laskevat pitkät läpimenoajat, tuotannon pullonkaulat sekä prosessin vaihtelut. Tuotannon pullonkauloja ovat esimerkiksi myöhästyneet osatoimitukset tai tuotannon eri osien erilainen aikataulutus, jossa edellinen työsuorite valmistuu nopeampaa kuin seuraava yksikkö voi ottaa sen työn alle. Vaihtelut virtauksessa aiheuttavat jonkun työsuoritteen, tuotannon osan, töiden kasaantumisen. Lean:ssa esitetty käsite work in progress (WIP) kuvaa tätä. Se on työtä, joka on kesken, tuotannossa. Mitä enemmän vaihtelua, sitä suurempi on tuotannon WIP. [9], [28], [37]

Imuohjauksella pyritään välttämään ylituotantoa ja isoja varastoja. Ihannetila olisi, että asiakas saa sen määrän mitä haluaa silloin kun haluaa. Reaalimaailmassa tämä ei ole mahdollista, joten imuohjauksessa sallitaan pienet varastot. Tuotannon eri vaiheet eivät aina virtaa saman aikataulun mukaisesti, esimerkiksi jonkin muualla valmistettavan osan tuotantonopeus on suurempi, mutta niitä ei kannata valmistaa pieninä erinä. Ohjauksessa laaditaan niin kutsuttu käänteinen vaiheaikataulu, jossa tehtäviä tarkastellaan valmistumispäivämäärästä taaksepäin, määritetään milloin tiettyä osaa tarvitaan ja tämä

tiedotetaan valmistajalle, tuotetta valmistetaan määrä, joka tullaan tarvitsemaan sovittussa ajassa ja nämä varastoidaan. Imuohjaus on osa virtauksen prosessin ohjaamista. [13], [21], [23], [30], [45]

### *Haasteena hukka*

Lean-teoriassa esitettiin alun perin seitsemän hukan lähdettä. Myöhemmin näihin on vielä lisätty yksi:

- turha odottelu
- tarpeeton kuljettaminen
- ylikäsittely, liikatyö
- tarpeettomat varastot
- tarpeeton liike
- virheelliset tuotteet
- ylituotanto
- osaamisen tai luovuuden käyttämättä jättäminen. [21], [23], [28], [30], [45]

Täydellisesti hukista ei päästä koskaan eroon, mutta tavoitteena on niiden minimoiminen. [9], [28], [30]

Jos työtä ei voida jatkaa, koska materiaalia, tietoa, päätöksiä puuttuu tai itse työpiste ei ole vapaana, niin kyseessä on odottelu. Tilanne aiheuttaa tekijöille turhautumista, ja siitä muodostuu käyttämätöntä työaika. Työ pitäisi organisoida siten, että kaikelta tarpeettomalta odottelulta, niin työntekijöiden kuin tuotantovälineiden osalta, vältytään. [9], [21], [28], [30]

Tuotteen kuljettaminen ei luo sille lisää arvoa, vaan kyseessä on yleensä hukka. Tarpeettonta kuljetusta ovat sisäiset materiaalien ja laitteiden siirrot, jopa tiedonsiirto. Kuljetukset ja siirrot tulisi minimoida järkeistämällä tuotantoa ja toimipisteitä. Tiedonsiirrossa tulisi välttää turhia väliportaita ja it-järjestelmien pitäisi toimia loogisesti ja ilman katkoksia. [9], [21], [28], [30]

Ylikäsittely tarkoittaa työtä, josta tilaaja / asiakas ei maksa. Tällöin valmistetaan esimerkiksi korkeampaa laatua kuin on suunniteltu tai suoritetaan ylimääräisiä tarkastuksia. Tilaa ei tällaisesta reklamoi, mutta ei ole myöskään valmis ylimääräisiin korvauksiin. [9], [21], [30]

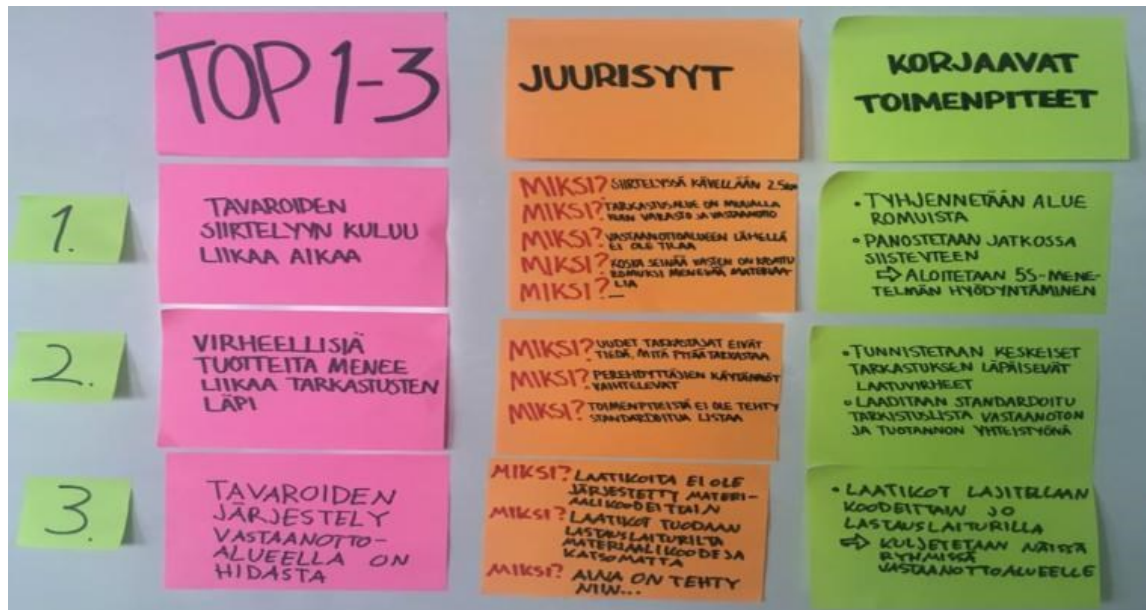
Tarpeettomat varastot voivat fyysisten varastojen lisäksi viitata myös käsittelyä odotta-  
viin tehtäviin / ongelmiin tai asiakkaiden odotteluun virtauksessa. Varasto on tarpeetonta  
prosessiin sitoutuvaa pääomaa, joka voi myös peittää ongelmia esimerkiksi myöhästy-  
neet toimitukset, ja siksi sitä pitäisi välttää. [21], [28], [30]

Tarpeeton liike voi tarkoittaa työntekijän materiaalien toistuvaa noutamista tai työkalujen  
kurottelua, dokumenttien etsimistä tai toistuvaa kävelemistä kopiokoneelle. Tällainen  
liike ei luo arvoa ja voi olla myös työn ergonomian kannalta haitallista. Työn tuottavuutta  
kohottaa, jos siitä eliminoidaan turha liike, ja jos työpiste järjestetään oikein. [9], [21],  
[28], [30]

Virheellisten tuotteiden tai työsuoritteiden korjaaminen vaatii ylimääräistä työtä, koko  
tuote voidaan joutua hylkäämään sen virheellisyyden vuoksi. Jatkuvan korjaamisen si-  
jaan tulisi löytää syy virheille ja korjata ongelma ennen virheen syntymistä. [9], [21], [30]

Ylituotantoa on liian suuren määrän tuottaminen tai liian aikaisin / nopeammin tuottami-  
nen kuin mitä seuraava vaihe vaatii. Ylituotanto liittyy tasaamisen käsitteeseen, tuotan-  
toa ei kannata tehdä etupainotteisesti, koska tämä johtaa taas varastointiin. Jokaisen  
tuotantovaiheen tulisi tuottaa vain sitä, mitä asiakas haluaa. [9], [21], [28], [30]

Hukan löytäminen prosessista ei ole aina helppoa. Selvittämisen apuna voidaan käyttää  
miksi-kysymyksiä (kuva 9, sivu 27). Menetelmässä kysymistä jatketaan niin pitkään, että  
avoimia kysymyksiä ei enää ole. Tämän jälkeen kysymyksiin etsitään ratkaisut ja toimin-  
taa lähdetään muuttamaan näiden mukaisesti. [9], [21], [19], [30]



Kuva 9. Hukka, sen juurisyiden selvitys miksi-kysymyksillä ja korjaaminen. [19]

TPS puhuu viiden miksi-kysymyksen analyysistä, jossa pintasyyn sijaan pyritään tunnistamaan alkuperäinen ongelman syy. Ongelmien ratkaisussa työntekijät ja -ryhmät ovat keskeisessä asemassa, koska he suorittavat varsinaisen työn ja sitä kautta tuntevat sen ongelmat. [9], [21], [19], [30]

Ensimmäiset seitsemän hukkaa ovat peräisin Toyotan opeista Japanista. Myöhemmin kahdeksanneksi hukaksi nimetty on osaamisen ja luovuuden käyttämättä jättäminen. Tätä hukkaa pidetään jopa kaikkein vakavimpana. Hukan riskejä ovat:

- henkilöstön vähäinen osallistuminen
- henkilökunnan korkea vaihtuvuus
- kehittämistoimenpiteet, joita ei toteuteta. [21], [30]

Haasteina se, että henkilöstön parannusehdotuksia ei kuunnella, asiantuntijuutta ei hyödynnetä oikeissa kohdin, tietokonesovellukset määrittävät työtavat muuttumattomiksi tai työyhteisön sisäinen viestintä on puutteellista. Ratkaisuna ei ole työntekijöiden toimenkuvan laajentaminen, vaan syventäminen ja osaamisvahvuuksien huomioiminen. [21], [30]

### *Jatkuva kehittyminen ja parantaminen*

Johtamistavalla on merkitystä Lean:in toteutumisessa organisaatiossa. Tulosjohtaminen tarkoittaa, nimensä mukaisesti, johtamista, jossa keskitytään tulokseen, mitattavissa olevaan taloudelliseen hyötyyn, menetelmien sen saavuttamiseksi ollessa vähemmällä

huomiolla. Menetelmäjohtamisen perustana on yhteisesti sovitut menetelmät ja työtavat, ja se soveltuu johtamistapana Lean filosofian eteenpäin viemiseen. Menetelmäjohtamisen perusajatus suuntaa pitkän aikavälin kehittämiseen pienin, hallituin askelin, jolloin muutokset omaksutaan koko organisaatiossa uudeksi toimintatavaksi. Muutos tulee suunnitella rauhassa kaikkia osapuolia kuunnellen ja valmis suunnitelma tulee toteuttaa nopeasti. [21], [30], [37]

Toimintatavat ja muutokset tulee tehdä virallisiksi ja ne on saatettava koko organisaatiolle tietoon. Uudet tavat muutetaan näin toiminnan standardiksi. Standardointi on tärkeää, jotta löydetään poikkeamat, ennustettavuus paranee ja tämä mahdollistaa kehittämisen. Menetelmästandardi kuvaa, mitä ja miten tehdään, kirjallisesti tai visuaalisesti, yksiselitteisellä tavalla, sekä toimintaan käytettävän ajan. Tämä antaa selkeän kuvan siitä, mikä on tällä hetkellä tiedetty työtapa ja standardi toimii pohjana kehittämislle. Menetelmästandardia noudattamalla saadaan sama lopputulos samassa ajassa, lopputulos on ennustettavissa. Toiminnan tasaamisen, parantamisen ja tehokkuuden nostamisen kannalta tällä tiedolla on merkitystä. [21], [30], [45]

Toiminnan parantamisessa pyritään poistamaan epätasapainoa eli vaihtelua, joka ei ole ennustettavissa. Prosessista poistetaan vaiheet, jotka eivät tuo sille lisäarvoa ja samalla arvoa tuottava aika lyhenee. [21], [30]

Toiminnan jatkuva parantaminen ja kehittäminen tulee olla koko organisaation yhteinen päämäärä. Lean:in oppeja ei saada jalkautetuksi organisaatioon ylhäältä tulevalle ohjeella. Prosessin tulee olla läpinäkyvä, työntekijöiden osallistaminen on avainasemassa. Tiedon tulee olla saatavilla helposti niille, jotka sitä tarvitsevat, ja heille on riittävä koulutus tarjolla tarpeen mukaan. [9], [11], [21], [30], [37], [45]

## 3.2 Virtautus ja rakentaminen

Rakennusallalla Lean-/virtautus -ajatteluun siirtyminen vaatii toimintatapojen ja -ajattelun muutosta. Virtautuksessa työ jaetaan paketeiksi, osiksi, jotka seuraavat toisiaan. Muodostetaan teollisuudesta tuttu ”tuotantोजना”, joka etenee tasaisella nopeudella. Tavoitteena on, että työpisteellä on aina joku töissä, eli työpiste ei odota tyhjänä tekijää. Virtautus haastaa perinteiset työtavat ja aikataulutuksen, muuttaen kokonaisuuden teollisemmaksi prosessiksi (kuva 10, sivu 29). [40]





Kuva 10. Projekti vai teollinen tuotantoprosessi? [40]

Virtautus ja tahtituotanto ovat rakentamisessa uusi asia, koska rakentaminen mielletään yleensä kertaluontoiseksi prosessiksi, ei teollisesti toistuvaksi tuotannoksi. Rakennusprojektia tulisi ajatella kokonaisuutena, jossa kaikilla on yhteinen päämäärä, ei yksilö- tai ryhmäsuorituksina. Aikataulu tulisi olla yhteisen suunnittelun tulos, johon kaikki osapuolet sitoutuvat. [23], [38], [39], [40]

### *Tahtituotanto*

Virtaus rakentamisessa on haastavampaa hahmottaa kuin esimerkiksi auton rakentaminen kokoonpanolinjalla, jossa tapahtuu selkeä tuotteen virtaaminen eteenpäin. Virtaus tapahtuu prosessissa ja operaatiossa. Rakentamisessa tulee ajatella virtausta neljällä eri alueella:

- materiaali
- työntekijät
- välineet
- tieto. [3], [37], [38]

Jotta virtaukseen päästään, tulee kaikki neljä osa-aluetta saada toimimaan samaan suuntaan. Virtaukseen voivat vaikuttaa myös työmaan sijainti, sääolosuhteet, suunnitelmat ja niiden muuttuminen, muut ulkopuoliset olosuhteet. Rakentamisessa virtaava tuote on rakennettavan kohteen osa, esimerkiksi keittiö, jolle lisätään arvoa, eli se rakennetaan. Tuote ei liiku eteenpäin kuten tehdään kokoomalinjalla, vaan tekijät liikkuvat pisteeltä toiselle. Jotta työ saadaan virtaamaan, tulee työtehtävät ja -pisteet jakaa selkeiksi

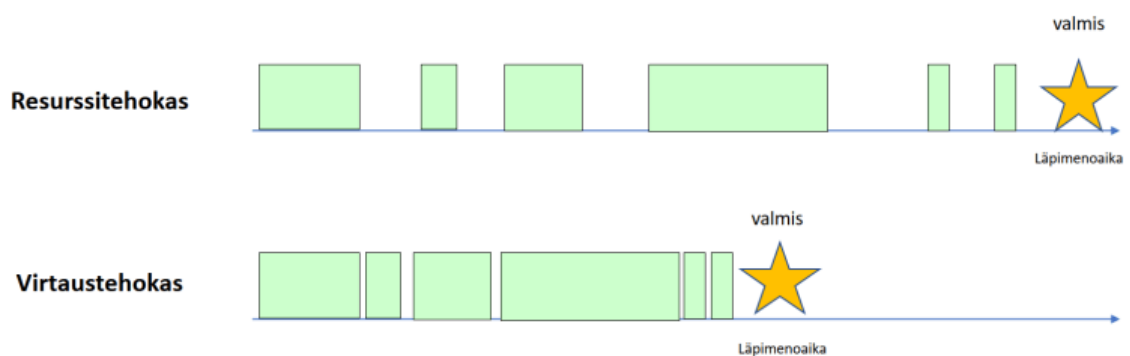
paketeiksi. Oikeiden materiaalien ja työvälineiden tulee olla pisteellä valmiina, jolloin työntekijän ei tarvitse aloittaa tehtäväänsä niiden etsimisellä. Työpiste tulee olla valmis edellisestä työvaiheesta ja järjestetty siten, että seuraava työvaihe pääsee alkamaan suoraan. Pisteelle pitää tulla oikea työntekijä ja tekijällä pitää olla oikea tieto siitä, mitä hänen tulee tehdä ja missä ajassa. [1], [2], [3], [7], [37], [38]

Tahtituotanto perustuu töiden virtaamiseen. Virtaustehokkuuden maksimoimiseksi ja samalla läpimenoajan minimoimiseksi, työpakettien suunnittelussa tulisi huomioida:

- pakettien määrä ja aika on mahdollisimman pieni
- ei puskureita
- työpaketit ovat ajallisesti samansuuruisia eli kaikilla on sama tahtiaika
- työpisteiden ja työryhmien määrä on sama eli jokaisella pisteellä on aina tekijä (ei tyhjää mestaa)
- työ voidaan suorittaa pisteellä kerralla valmiiksi
- mahdollisuus suorittaa työ oikein ja laadukkaasti, ei jälkitöitä [4], [7], [37], [38]

Työpaketit eivät saa olla kestoiltaan enempää kuin 1–2 työpäivää. Työpakettien tulee olla selkeitä, yksiselitteisiä kokonaisuuksia. Niiden tulisi seurata rakennusalueen sisällä loogisesti toisiaan eli työntekijän ei tarvitse kävellä pitkiä matkoja pisteeltä toiselle, vaan hän siirtyy esimerkiksi viereisen huoneiston keittiöön tai kylpyhuoneeseen samassa asuin-kerroksessa. Työpakettien keskinäinen työjärjestys tulee myös olla toimiva, rakentamisen järjestyksessä etenevä. [4], [7], [8], [44]

Tuotannon puskuri tarkoittaa mekanisme, jolla pyritään poistamaan epävarmuus ja tuotannon tehon vaihtelu systeemin sisällä jättämällä työsuoritteiden väliin vara-aikaa puskuriksi. Tahtituotannossa nämä puskurit pyritään poistamaan työpakettien väliä (kuva 11). [7], [13], [39]



Kuva 11. Resurssi- ja virtaustehokas prosessi. [19]

Puskurit ovat turhaa odotusaikaa eli hukkaa prosessissa. Rakentamisen tahtituotannossa on kuitenkin joitakin puskureita, joita ei voida poistaa, kuten esimerkiksi viikonloput ja juhlapyhät. Tahtituotannon suunnittelussa on myös hyvä jättää joukkoon tyhjiä tahteja, joihin ei ole suunniteltu työtehtävää, mutta tahti on varattu, toimien siis tällä tavoin puskurina. [7], [13], [39]

### *Hukka rakentamisessa*

Rakentamisessa esiintyy Lean-filosofian mukaisia hukan muotoja. Yleisimpiä näistä on turhaan liikkumiseen ja materiaalin varastointiin liittyvät hukat sekä aikataulutuksen haasteista johtuva työpisteen tyhjillään olo [13], [18]

Tarpeetonta liikettä syntyy, jos materiaalit ja tarvikkeet eivät ole työpisteellä valmiina tai eivät edes niille tarkoitetuissa varastointitiloissa. Työntekijä joutuu käyttämään työaikansa etsimiseen ja haalaamiseen arvoa tuottavan työn sijaan. Tähän liittyy myös kaksi muuta hukan muotoa, tarpeeton kuljettaminen ja varastointi. Kun materiaalit saapuvat työmaalle, tulisi ne sijoittaa pisteelle, jossa ne käytetään, ei välivarastoihin. Materiaaleja tulisi tilata sen verran kuin tarve on seuraavan työviikon aikana tai sen verran kuin mahdollisesti mahtuu varastoimaan työpisteelle. Erilaisilla esivalmistetuilla komponenteilla voidaan myös työmaan varastoitavien materiaalimääriä pyrkiä vähentämään. [2], [13], [18], [42]

Virheellisten tuotteiden hukka tarkoittaa rakentamisessa virhettä työssä tai siihen käytyssä materiaalissa. Virhe johtaa korjauskierroksiin ja uudelleen tekemiseen. Jos työtä ei pysäytetä ja virheen syytä etsitä, voi se toistua samanlaisena läpi koko rakennusprojektin. Virheen syy voitaisiin usein havaita ajoissa, jos työpiste tarkistettaisiin ennen seuraavaan työvaiheeseen siirtymistä. Tällöin kaikilla tulisi olla yhteneväinen käsitys siitä, mitä ”valmis” tarkoittaa. [1], [2], [18]

Ylituotannoksi käsitetään rakentamisessa työsuorituksen valmistuminen aiemmin kuin tahdissa annettu aika. Seuraava työpiste ei ole vielä valmis vastaanottamaan tekijöitä ja valmistuneelle pisteelle ei ole seuraavan työvaiheen tekijää. Mesta jää siis tyhjäksi ja etujajassa työnsä tehneet työntekijät ovat vailla mestaa. Tämä johtaa toiseen hukkaan eli turhaan odotteluun. Näiden poistamiseksi tulee tahtien olla ajaltaan ja työmäärältään samanlaisia. [18]

Osa asiakkaan kannalta hukasta tuottaa arvoa sisäiselle asiakkaalle eli toimintaa harjoitavalle organisaatiolle. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi suunnittelu ja työturvallisuudesta huolehtiminen, ja nämä tulee ottaa huomioon, kun hukkaan eliminoidaan prosesseista. [13]

### *Virtautettu vai perinteinen aikataulu?*

Paikka-aikakaavio on vakiintunut työmaiden aikataulutussmalli. Kun tästä poistetaan erilaiset varoajat, puskurit, niin jäljelle jää eräänlaista tahtituotantoa. Myös samalla metodilla toteutettuja toistuvia tilakorjauksia, jolla on toteutettu saneerauskohteita, voidaan pitää tahtituotannon muotona. Selkeä ero on kuitenkin aikataulun suunnittelun lähtökohdilla. Paikka-aikakaaviossa aikataulun suunnittelu lähtee työtehtävistä, tahtituotannossa lähtökohdiana on varmistaa töiden yhtäjaksoinen eteneminen kussakin työpisteessä, tyhjää mestaa ei saa muodostua. Ero on myös kokonaisuudessa, tahtituotanto ei ole pelkästään aikataulumalli, vaan se on koko tuotannonohjauksen malli. [17], [37], [39]

Perinteinen aikataulusuunnittelu lähtee siis resurssipohjalta. Tahtituotannossa tärkeintä on saada työ virtaamaan, tahtijuna kulkemaan tasaisesti. Tuotannon organisoinnissa työt pyritään jakamaan selkeisiin, yhden työryhmän työpaketteihin, niihin voidaan liittää myös eri ryhmien tehtäviä. Perinteisessä työmaan viikkosuunnittelussa aikaikkuna on 1–3 viikkoa, tahtituotannossa puhutaan 1–2 työpäivän jaksoista. Jakamalla työ riittävän pieniksi osiksi, paketeiksi, saadaan työhön myös seurattavuutta ja aikataulun ongelmat pystytään helpommin paikantamaan. Tahtituotannosta jätetään pois työvaiheiden väliset puskurit, mestaa ei jätetä odottamaan tyhjänä seuraavaa työvaihetta. [8], [17], [39]

Tahtituotantoon siirtyminen ei ole työmailla kivuton toimenpide. Haasteina on:

- Sitouttaminen muutokseen; tämän pitää lähteä ylimmältä tasolta ja ulottua läpi koko organisaation.
- Ymmärrys ettei muutos tule helpolla ja tuloksia ei saada näkyville heti.
- Riittävä koulutus kaikille osapuolille.
- Jatkuva motivointi, tuki tekijöille.
- Tahtituotannon huomioiminen ja tekijöiden kuunteleminen jo suunnitteluvaiheessa, sitä tukevat ratkaisut.
- Ei yritetä muuttaa kaikkea kerralla, vaan aloitetaan pienesti ja kun yksi osa saadaan toimimaan kunnolla, niin tämän jälkeen laajennetaan. [5], [11], [26], [29]

Jotta tahtituotantoon siirtyminen onnistuu, tulisi ymmärtää, että muutos tapahtuu askel askeleelta. Uudesta ajattelusta pitää muodostua rutiini. Rutiini ei ainoastaan koske työn suorittamista, vaan myös sen jatkuvaa parantamista. Ensimmäisen vastoinkäymisen kohdalla ei pidä luovuttaa, vaan uuden aikataulutuksen systemaattinen toteuttaminen on ratkaisevaa. [5], [22], [26]

Tahtituotantoon siirryttäessä edetään yrityksissä usein kolmen tason kautta. Alkuun tahtisuunnitelmalla pyritään tiivistämään työmaan aikataulua ja vähentämään hukkaa. Seuraavaksi otetaan mukaan aliurakoitsijat ja muut sidosryhmät. Kun nämä tasot on saatu toimimaan, tahtituotanto vakioitua toimintatavaksi, voidaan sitä kehittää projektirajojen ylitse. Kehitystä ei tule johtaa ylhäältä-alas, vaan mukana tulee olla alusta asti myös työntekijät. [11], [14], [26]

Jokainen rakennusprojekti on erilainen, eikä kaikkeen ei tahtituotantoa ja virtautettua aikataulua pysty soveltamaan. Tahtituotannon suunnittelussa lähdetään aina kohteen tietojen keräämisellä ja työpakettien rakentamisella. Jos nämä työalueet ja -paketit eivät rakennu luonnostaan, esimerkiksi 100 vuotta vanha rakennuksen peruskorjaus, kannattaa harkita, onko ajanhukkaa käyttää resursseja niiden pakolla muodostamiseen. [44]

### 3.3 Soveltaminen korjausrakentamiseen

Tahtituotannon soveltaminen saneeraukseen on haastavampaa. Sitä on käytetty menestyksekkäästi toistuvissa kohteissa, kuten hotellihuoneiden päivittäminen. Tekijöiden mukaan ottaminen ja kuunteleminen jo suunnitteluvaiheessa on erityisesti taloteknisesti haastavissa saneerauskohteissa hyödyllistä. Tällöin saadaan valmiiksi mietityksi mahdolliset tuotannon pullonkaulat ja niihin ratkaisut. [4], [5], [11], [26]

Saneerauskohteissa varastointitilat ovat usein rajalliset. Logistiikka ja materiaalityötoimitukset tulisi miettiä etukäteen tarkasti, ettei hukkaa pääse syntymään. Tavoitteena tulisi olla toimitukset oikeaan aikaan suoraan työpisteelle, jossa niitä tarvitaan. [42]

Tahtituotannon pohjana on toistettavuuden vaatimus. Saneerauskohteissa haasteen on kohteen kunnon lisäksi korjauksien kattavuus sekä osakohteiden samankaltaisuus. Toistettavuutta on löydettävissä hotellikorjauksista, vuokratalojen peruskorjauksista ja linjasaneerauksista. Näistä pystytään löytämään toistuvia lohkoja, esimerkiksi kylpyhuone tai

yksi hotellihuone. Saneerauksissa voidaan hyödyntää teollisesti esivalmistettuja elementtejä, kuten putkinousu- tai asennusseinämoduuleja. [13], [33], [34]

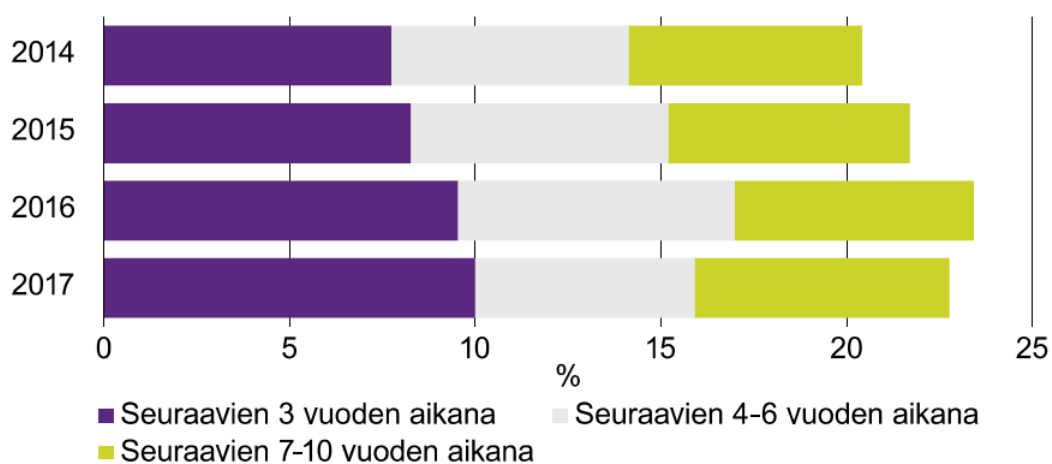
Saneerauskohteiden suuri epävarmuuksien määrä johtaa usein aikataulusuunnittelussa tarpeeseen käyttää runsaasti puskureita. Tämä asettaa virtautuksen toimivuuden kohteessa kyseenalaiseksi. Usein perinteinen paikka-aikakaavio voi olla saneerauskohteessa toimivampi ratkaisu. [13]

## 4 Virtautus linjasaneerauskohteessa

### 4.1 Linjasaneeraus

Linjasaneeraus eli tuttavallisemmin putkiremontti, tarkoittaa asuinkerrostalon tai -rivitalon LVIS-tekniikan uusimista. Saneerauksessa uusitaan yleensä vesi- ja viemärijärjestelmät, sähköjakelujärjestelmät ja mahdollisesti ilmanvaihto. Nimitys linjasaneeraus tulee siitä, että tekniikanousut on rakennettu alhaalta ylös, linjoittain eli ne palvelevat päällekkäin olevia huoneistoja. Talotekniikan lisäksi uusitaan yleensä märkätilojen rakenteet ja pinnat sekä kalustus. [33]

Linjasaneerauksien toteutusmäärät ovat viime vuosina olleet koko ajan nousussa. Tätä selittää 1960–1970-luvun suuren rakennusbuumin aikaisten asuintalojen tuleminen saneerausikään ja jo lähes puolet asunto-osakeyhtiöiden korjauskustannuksista muodostuvat linjasaneerauksista. 1970-luvulla rakennetut yhtiöt ovat huoneistoalan mukaan mitattuna suurin ikäluokka, ne kattavat asuntokannasta noin neljäosan, ja näissä saneerauskierron on vasta aluillaan. Linjasaneerauksien määrä siis tulee pysymään suurena vielä seuraavat 10 vuotta (kuva 12). [43]



Kuva 12. Asunto-osakeyhtiöiden suunnitellut putkiremontit prosentteina. Tilastokeskus. [43]

#### *Linjasaneerauksen toteutustavat*

Linjasaneerauksen toteutustavat voidaan jakaa perinteiseen, sukutukseen ja näiden yhdistelmään, hybridiin. Perinteisessä linjasaneerauksessa yleensä puretaan vanha

tekniikka ja märkätilat, rakennetaan kokonaan uudet nousulinjat ja märkätilojen pinnat ja kalusteet uudistetaan. Perinteinen tapa on ollut sijoittaa uudet nousulinjat vanhoihin nousuhormeihin, mutta nykyiset vaatimukset hormien avattavuudesta ovat johtaneet siihen, että vesijohtonousut uusitaan yleensä uudelle paikalle märkätilan sisällä, huoneiston eteisessä tai porrashuoneessa (kuva 13). Kun talotekniikka ja märkätilat uusitaan kokonaan, on ennustettu käyttöikä tämän jälkeen 40–50 vuotta. Perinteinen linjasaneeraus soveltuu kaikkiin talotyyppeihin, mutta on usein ainoa vaihtoehto ennen 1950-lukua rakennetuissa kerrostalokohteissa. [6], [17], [33]



Kuva 13. Uuden tekniikkanousun rakentamista, perinteinen linjasaneeraus. [6]

Sukituksessa märkätilojen pintoihin ei kosketa, vaan viemärit kunnostetaan sisäpuolelta sukittamalla. Olemassa olevan viemäriin sisäpinta puhdistetaan ja sen sisään asennetaan paineilmaa käyttäen kuitusukka, joka kyllästetään epoksilla, joka kovettuaan on kantava, uuden putken veroinen, ja sen käyttöikä on 30–50 vuotta. Sukituksen haitta-aika on keskimäärin 5–10 päivää / huoneisto. Jotta sukitus voidaan suorittaa, tulee kohteen vanhojen viemäreiden kestää niiden puhdistus, eikä linjoissa saa olla painumia. Nämä varmistetaan etukäteen putkistojen tutkimuksilla. [6], [33]

Hybridiremontti on kahden edellä mainitun yhdistelmä. Märkätilat uudistetaan, mutta viemäriin sukutetaan kokonaisuudessaan tai osin. Myös jo mahdollisesti uusitut



märkätilat voidaan jättää saneeraamatta ja korjaus kohdistetaan vain alkuperäiskuntoisiin tiloihin. Uusittavat vesijohtonousut voidaan rakentaa esimerkiksi porrashuoneisiin ja jakaa sieltä asuntoihin, jolloin märkätilojen säilyttäminen on mahdollista. [33]

Linjasaneerauksia on myös toteutettu erilaisilla teollisesti valmistetuilla moduulijärjestelmillä. Näiden ajatuksena on se, että raskas purku jää kokonaan pois. Vanhaa märkätilaa ei pureta, vaan uusi rakennetaan olemassa olevan sisälle. Vanhoja putkihomeja ei myöskään avata, vaan uusi tekniikka tuodaan omissa nousuelementeissään uusille paikoille. Tällä tavoin toteutetut saneeraukset ovat nopeita ja siistimpiä kuin perinteinen linjasaneeraus. Haittapuolena on hinta sekä märkätilan pieneneminen. Moduuliratkaisut soveltuvat parhaiten 1960-luvun jälkeen rakennettuihin elementtitaloihin. [6], [33], [34]

### *Linjasaneerauksen perinteinen aikataulut*

Linjasaneerauksen aikataulu on riippuvainen kohteen toteutustavasta. Tässä käsitellään kokonaisvaltaista, perinteistä putkiremonttia ja sen aikataulutusta. Aikataulun laadinta aloitetaan päättämällä, suoritetaanko saneeraus linja- vai porrashuonekohtaisesti. Yhden portaan sisällä voi pystylinjoja olla useita ja se mahdollistaa työn suorittamisen nousulinja kerrallaan. Tällöin osassa huoneistoja vielä asutaan, kun toisissa jo työt ovat alkaneet. Asukkaiden liikkuminen portaassa on haastavaa ja turvallisuuden takaaminen ei aina onnistu. Siksi aina kun suinkin se on mahdollista, kannattaa työ suunnitella tehtäväksi porrashuonekohtaisesti.

Työn aloitus- ja lopetuspäivämäärät määritellään yleisaikataulussa. Aluksi listataan kaikki työsuoritteet, joita vaaditaan valmiin työn aikaansaamiseksi. Töiden kesto määritellään kokemusperäisesti ja tarvittaessa käytetään apuna esimerkiksi *Ratu-aikataulukirjaa*, jossa on määritelty eri työsuoritteiden vaatimat työmenekit. [15]

Työtehtävät järjestetään siten, että niiden riippuvuudet edellisestä huomioidaan (kuva 14, sivu 38). Työjärjestyksessä tulee huomioida myös se, ettei työkohteessa ole päällekkäisiä työtehtäviä, ja että työt etenevät ilman turhia katkoksia. [17]

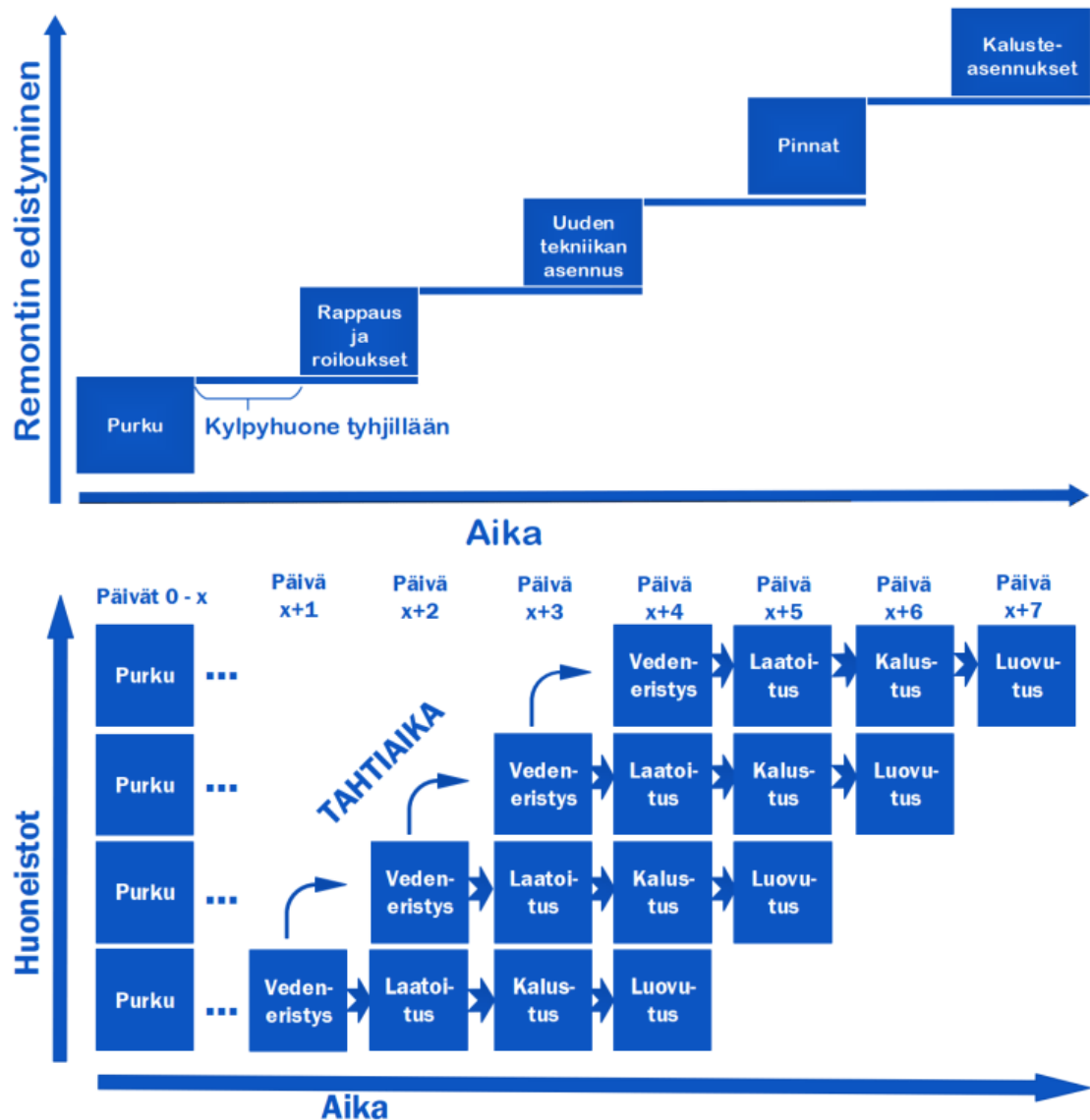
1.1	Suojaus ja purku	5 pv	11.02.20	17.02.20
1.2	Rappaus	2 pv	18.02.20	19.02.20
1.3	Timanttikoraukset	1 pv	20.02.20	20.02.20
1.4	Roilot ja sähköputkitukset	2 pv	21.02.20	24.02.20
1.5	Ryhmäkeskuksien asennus	1 pv	24.02.20	24.02.20
1.6	Viemärinatsat (palokatkot), valuvaimistelu	2 pv	26.02.20	27.02.20
1.7	Lattialämmitys kaapelointi	1 pv	28.02.20	28.02.20
1.8	Lattiavalut	1 pv	02.03.20	02.03.20
1.9	IV-asennukset	1 pv	03.03.20	03.03.20
1.10	LVIS-nousut (kannakointi, käyttövesi, lämpö, sähkö, eristys, viemärinousu)	5 pv	04.03.20	10.03.20
1.11	Palokatkot	1 pv	11.03.20	11.03.20
1.12	Hormimuuraus + roilojen täyttö + esikäsitteily	4 pv	11.03.20	16.03.20
1.13	Vesieristys + laatoitus	6 pv	16.03.20	23.03.20
1.14	Viemärihajotukset	2 pv	20.03.20	23.03.20
1.15	Vesijohtohajotukset + pintakromit	4 pv	20.03.20	25.03.20
1.16	Vesijohtohajotusten eristys	2 pv	24.03.20	25.03.20
1.17	Alakatot levytys	5 pv	26.03.20	01.04.20
1.18	Alakatot tasoitus + maalaus	6 pv	27.03.20	03.04.20
1.19	Kuivientilojen sähkö- ja tekniikkakotelot	6 pv	20.03.20	27.03.20
1.20	Tasoitus ja Maalaus kotelot + läpilyönnit	9 pv	24.03.20	03.04.20
1.21	Ryhmäkeskuksien kytkentä	3 pv	26.03.20	30.03.20
1.22	Kalustus RAK + LVIS	6 pv	27.03.20	03.04.20
1.23	Tasoitus ja maalaus, karmit + ovet	3 pv	30.03.20	01.04.20
1.24	IV-poistventtiili asennukset	2 pv	01.04.20	02.04.20
1.25	Sähkömittaukset (itselle luovutus)	2 pv	02.04.20	03.04.20
1.26	Loppusiivous	3 pv	03.04.20	07.04.20
1.27	Itselleluovutus + korjaukset	1 pv	07.04.20	07.04.20
1.28	Käyttöönotto	1 pv	08.04.20	08.04.20

Kuva 14. Linjasaneerauksen töiden jaottelu työtehtäviin ja niiden kestot porrashuonekohtaisesti.

Linjasaneerauksessa työvaiheiden järjestys on hyvin pitkälle vakio, koska esimerkiksi hormimuurauksia ei voi tehdä ennen putkinousun rakentamista, eikä pintakromien asennuksia ennen laatoitusta. Perinteisesti aikataulu liikkuu alhaalta ylöspäin nousujen asentamisen mukaisessa järjestyksessä.

## 4.2 Virtautettu aikataulumalli

Linjasaneerauksen perinteinen linjakohtainen aikataulutus johtaa helposti siihen, että kylpyhuoneet ovat usein pitkiä aikoja tyhjiällä, odottaen tekijää. Seurannassa on todettu, että jopa 80 % työajasta kylpyhuoneessa ei tapahdu mitään, ja että koko tämä aika on hukkaa. Seuraavat yksinkertaistetut kaaviot esittävät perinteisen ja virtautetun linjasaneerausaikataulun erot (kuva 15, sivu 39). Jälkimmäisestä on poistettu ajat, jolloin saneerattava tila on vailla tekijää, eli hukka-ajat. [13]



Kuva 15. Yksinkertaistettu perinteinen ja virtautettu linjasaneerauksen aikataulumalli. [13]

Linjasaneerauksessa työt aloitetaan purkuvaiheella. Tämä kannattaa jättää tahdin ulkopuolelle (0-vaihe), koska purkuvaiheessa tulee usein esiin yllätyksiä, jotka voivat vaikuttaa tuotantoon. Esiin tulevat tuotantoon vaikuttavat muutokset ehditään sisältää tahdistettuun aikatauluun, eikä purkuvaihe keskeytä virtausta hei alkuunsa. [13]

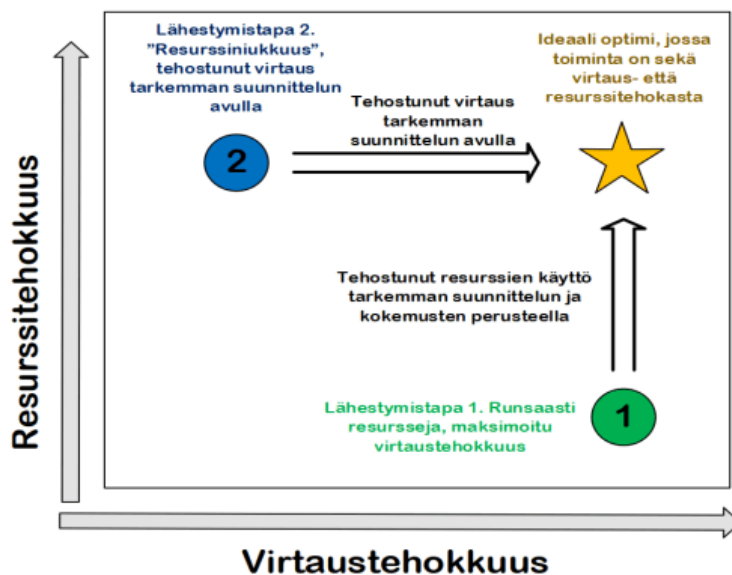
Aikataulun laadintaa ohjaa seuraavaksi tekniikan sijoittelu. Jos nousulinjat sijoitetaan märkätilan sisään, vanhoille paikoille, joudutaan nämä rakentamaan vielä osana 0-viahetta ennen tilakohtaisiin tahteihin siirtymistä. Selkeitä työpaketteja tämän jälkeen ovat muun muassa seinien rappaus, vesieristys ja laatoitus ja alakattotyöt. Virtautetun aikataulun laadinnassa tulee huomioida kohteen logistiikka ja mahdolliset

osakasmuutokset. Osakasmuutokset tulee jättää tahdin ulkopuolelle ja aikatauluttaa omana työnään. [13]

Linjasaneerauksissa, kuten rakentamisessa nykyisin muutenkin, työ suoritetaan pitkälti alaurakointina. Alaurakoitsijoiden sitouttaminen virtautettuun aikatauluun on haastavaa ja yksi ratkaiseva tekijä virtautuksen onnistumisen kannalta. Onnistumista voidaan edistää sitouttamalla urakoitsija esimerkiksi palkkiomallilla tai käyttämällä samoja virtautukseen oppineista urakoitsijoita kohteesta toiseen. [13]

Työmaalla virtautetun aikataulun käyttöönottoon ja noudattamiseen voidaan vaikuttaa selkeällä viestinnällä. Koko työmaan toimijat, niin työnjohto kuin alaurakoitsijat, tulee saada ymmärtämään, mitä tehtävien toimittaminen virtautetussa aikataulussa vaatii ja mitkä ovat ne toimintatavat, joilla se saavutetaan. Kaikkien osapuolten tulisi toimia yhdessä projektin parhaaksi. [13]

Linjasaneerauksissa virtautettu aikataulu soveltuu parhaiten 1960-luvun ja sitä uudempien kohteiden toteuttamiseen, koska näissä löytyy selkeää toistoa kohteesta toiseen ja tuotantopaketit pystytään kasaamaan selkeästi. Aikataulua suunnitellessa tarkempi työsuunnittelu, tehtäväsuoritteisiin jakaminen, antaa selkeämmän kuvan kohteen todellisesta resurssitarpeesta. Tällöin aikataulun rakentaminen johtaa virtaustehokkaampaan lopputulokseen (kuva 16). [13]



Kuva 16. Resurssi- ja virtaustehokkuuden vertailu linjasaneerauskohteessa. [13]

## 5 Case As Oy Myyrinkoivu

As Oy Myyrinkoivu sijaitsee Vantaalla, osoitteessa Pudasrinne 4. Kohde on rakennettu 1972 ja se käsittää kolme kerrostaloa, 8 porrasta, 105 huoneistoa. Kaikissa huoneistoissa on kylpyhuone, sekä lisäksi 80 kpl erillis-wc:tä ja 30 kpl huoneistosaunoja. Talloissa on maanpäälliset kellaritilat, joissa on tekniset tilat, säilytys- ja kylmäkomerotilat, sauna- ja uima-allasosastot sekä varastoja. Kohteen urakka-aika on 19.10.2020-17.12.2021. Consti Korjausrakentaminen Oy toimii kohteessa pääurakoitsijana.



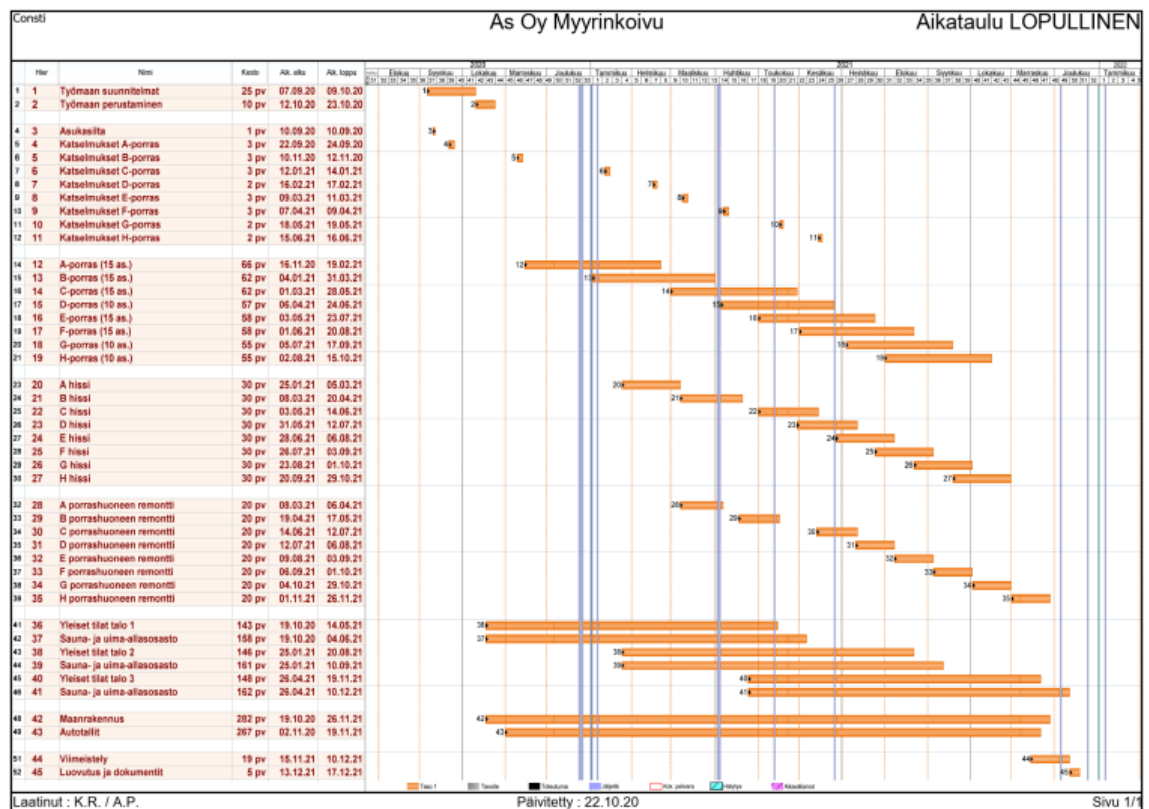
Kuva 17. As Oy Myyrinkoivu, Pudasrinne 4, Vantaa.

Kohteessa toteutetaan perinteinen linjasaneeraus, jossa kaikki vesi- ja viemäriinjat uusitaan osin vanhoille paikoilleen, osin uusille. Pieniltä osin viemäreitä myös sukutetaan (pohjaviemäri osin ja viemärituuletukset). Sähkönousut ja sähkön jakelujärjestelmät sekä antenni- ja dataverkko uusitaan kokonaisuudessaan. Märkätilat puretaan raakapinnalle ja uusitaan kokonaisuudessaan, huoneistosaunoista uusitaan vain lattia vesieristeinen. Kylpyhuoneisiin asennetaan vesikiertoinen lattialämmitys. Purkutyöt suoritetaan haitta-ainepurkuna, koska alkuperäisissä kiinnityslaasteissa ja maaleissa on todettu olevan asbestia ja lyijyä. Yleiset tilat saneerataan kokonaisuudessaan. Erikoisuutena kohteessa on jokaisessa talossa uima-altaat, joiden tekniikka ja pinnat uusitaan linjasaneerauksen yhteydessä. Myös talon ulkopuoliset vesi-, viemäri- ja sähköjärjestelmät uusitaan, samoin katuliitokset.

Kohteessa uusitaan myös rinnan linjasaneerauksen kanssa porrashuoneiden hissit sekä rakennetaan taloyhtiötä palveleva maalämpöjärjestelmä. Nämä eivät kuulu pääurakoitsijana toimivan Consti Korjausrakentaminen Oy:n urakkaan, vaan kyseiset toimijat ovat Constiin alisteisessa sivu-urakkasuhteessa.

## 5.1 Aikataulusuunnittelu

Kohteelle on laadittu urakkaneuvottelu vaiheessa aikataulu, joka on siirretty myös sopimusaikatauluksi. Urakkaohjelmaan oli kirjattuna tilaajan esitys kokonaisurakka-ajasta, joka oli 12–15 kuukautta. Yleisaikataulun laadintavaiheessa ei virtautetun aikataulun pilotointia ollut vielä lopullisesti päätetty, mutta sen mahdollisuutta ennakoiden aikataulu suunniteltiin porrashuone- ei linjakohtaiseksi (kuva 18).



Kuva 18. As Oy Myyrinkoivu sopimusaikataulu.

Sopimusaikataulu on laadittu yhteistyössä tilaajan kanssa. Alisteisten sivu-urakoiden aikataulut on myös kirjattu pääurakan aikatauluun. Tilaajalle oli tärkeintä, että huoneistojen osalta työaika alkaa kuun alussa ja kestää, ensimmäisiä porrashuoneita luukuun ottamatta, enintään kolme kuukautta. Tilaaja ei ollut sopimusvaiheessa suostuvainen aikataulun avoimeksi jättämiseen siihen saakka, että virtautettu aikataulu olisi saatu

muodostetuksi. Näin ollen virtautetun aikataulun rakentamisen reunaehdoiksi nousivat porrashuoneiden sakolliset välitavoitepäivämäärät.

### *Työsuoritteisiin jakaminen*

Virtautetun aikataulun suunnittelu aloitettiin päätöksellä, että yleiset tilat jätetään sen ulkopuolelle. Linjasaneerauskohteissa ei ole aiemmin Constilla testattu virtautettua aikataulua ja todettiin, että kokeilun hallinnan kannalta on selkeämpää keskittyä ensi vaiheessa huoneistojen aikataulutukseen uudella tavalla.

Toinen suoritettu raja-alue koski purku-, rappaus-, roilous- ja timanttitoita. Ne päätettiin jättää tahdisten ulos, niin sanotuksi 0-tahdiksi. Huoneistojen suojaus ja purkutyöt, seinien rappaus ja roilojen teko sekä timanttipuraukset tekniikkareitille siis suoritetaan ilman tahtia ja näiden valmistuttua siirrytään määriteltyyn tahtiin. Purku-, rappaus-, roilous- ja timanttitöille määriteltiin porrashuonekohtainen työaika.

Perinteisesti linjasaneerauksen työt etenevät nousulinjakohtaisesti, alhaalta ylös. Nyt aikataulu suunniteltiin käännettäväksi 0-vaiheen jälkeen kulkemaan kerroksittain ylhäältä alas eli kaikki kerroksen huoneistot käydään läpi ennen seuraavaan kerrokseen siirtymistä. Tämä vähentää turhaa liikkumista kerroksien välillä, työvälineet siirtyvät helposti huoneistosta toiseen samassa kerroksessa. Kun liike tapahtuu kaikilla ylhäältä alas, pysytään myös tavaroiden ja materiaalien siirrot hoitamaan selkeämmin.

Tahdin pituudeksi valittiin yksi työpäivä, koska siihen pystytään suunnittelemaan selkeitä työkokonaisuuksia. Tahtien suunnittelun yhteydessä tultiin lopputulokseen, että myös nousulinjat (vesi, viemäri, sähkö) joudutaan jättämään 0-tahdiksi, koska näiden tekeminen kerros kerrallaan on haastavaa. Nousut siis rakennetaan perinteisesti linjoittain. Huoneistojen tahtiaikataulun suunnittelu aloitettiin kylpyhuoneiden tahtijaosta (kuva 19, sivu 44).

1/Linja	Purku ja linjat	Purku	Muut	Tiivyt	Sähkö	Putki	Laatta	Eristäjä	maalauk	Työjohto
		asbestipurku	raskaspurku	mittaus (tilaaja)	rappaus	sähkönousu	linjanousu	nousujen eristys	suojauksen tarkastus	tim. ja roil merkkaus
		roilot		tukevat ja pal.kat.		lattiälämmitys				
	1									
	2									
	3			kaatovalu						
	4									
	5						vesieristys 2x			
	6					seinäWC runko				
	7			kotelo						
	8						vesieristys kotelo			
	9									vesieristeiden tarkastus
	10						laatoitus			
	11									
	12						saumaus ja silikat			
1/KPH	13					kattohaj., pintap.				
	14					IV hajotukset		hajotusten eristys		
	15				Sähkön hajotukset					
	16			alakattonrunko						
	17			katon levytys						
	18								nauhoitus	
	19								pohjamaali	
	20								pintamaali	
	21			rak kalustus	suihkuseimien asennus					
	22					sähkökalustus	vesikalustus			
	23					Sähkölaitteet				silvoutus
	24									itselieluutus

Kuva 19. As Oy Myyrinkoivu tahtien jakoa kylpyhuoneiden osalta.

Osassa huoneistoja on kylpyhuoneen lisäksi myös erillis-wc, joka asetti aikataulun suunnittelulle haasteita. Wc-tiloille päädyttiin laatimaan oma aikataulunsa, joka menee limittein kylpyhuoneiden kanssa. Myös huoneistoille, joissa on sauna, laadittiin oma tahtinsa eli kohteessa oli lopulta kolme erilaista huoneistokohtaista tahtia (kph / kph ja wc / kph, wc ja sauna).

Aikataulun suunnittelusta oli päävastuussa työmaan tuleva työjohto. Heillä oli tukena Mestamaster ohjelman tarjoaja, joka auttoi ja ohjeisti työpakettien määrittelyssä. Työmaalle tulossa olevat Constin omien asentajien nokkamiehet (putki, kirvesmies) pääsivät myös kertomaan ajatuksiaan työpakettien kokoonpanosta. Työpakettien suunnitteluvaiheessa ei kohteeseen ollut valittu vielä kaikkia alaurakoitsijoita, joten heitä ei voitu ottaa mukaan suunnitteluun.

Yleisaikataulussa oli A- ja B-portaille varattu pidempi työaika kuin myöhemmin alkavien portaiden huoneistoille. Työpakettien kestot kuitenkin suunniteltiin jo alkuun sen



mittaisina, että niitä ei tarvitsisi muuttaa myöhemmissä portaissa, joissa kokonaisaika oli lyhempi. Työmaan alkaessa oli työpaketit ja niiden kestot määritelty seuraavasti:

- suojaus ja purku; tahdin ulkopuolella, kesto 12 tpv / porras
- seinien rappaus; tahdin ulkopuolella, kesto 3 tpv / porras
- roilous, timanttityöt; tahdin ulkopuolella, kesto 3 tpv / porras
- ve-vi-linjojen (4–6 linjaa / porras) nosto; tahdin ulkopuolella, kesto 1 tpv / linja
- sähkönousu (2–3 nousu / porras); tahdin ulkopuolella, kesto 1 tpv / linja
- lattiavaluvalmistelut 0,5 tpv / as
- lattialämmityksen asennus 0,5 tpv / as
- lattiavalut 0,5 tpv / as
- palokatkot 0,5 tpv / as
- seinä-wc runko 1 tpv / as
- märkätilojen koteloinnit 1 tpv / as
- hajotukset 1 tpv / as
- vesieristys 1 tpv / as
- laatoitus ja saumaus 2 tpv / as
- alakatot 1 tpv / as
- tasoitus 1 tpv / as
- maalaus 1 tpv / as
- kalustus 3 tpv / as
- loppusiivous 1 tpv / as

Näiden lisäksi määriteltiin tietyt tarkastukset, joita työmaalla tehdään ja lisättiin myös nämä tehtäväpaketteina mukaan.

Tahtien väliin oli jätetty alkuvaiheessa runsaasti puskureita pidemmän kokonaistyöajan vuoksi ja koska arviolta aloitus ei sujuisi täysin suunnitelmien mukaisesti. Lisäksi puskuripäivillä pyrittiin huomioimaan vaadittavat kuivumisajat. Puskuripäiviä oli ensimmäisessä aikatauluversiossa yhteensä kahdeksan.

Työpakettien sisältöä käytiin työmaalla läpi työnjohdon kesken ja siihen tehtiin vielä pientä hienosäätöä ja muokkauksen jälkeen muodostetut työpaketit siirrettiin Mestamaster-ohjelmaan.

## *Mestamaster*

Mestamaster on suomalaisen yrityksen kehittämä tahtiajan seurannan apuväline työmaille. Mestamaster tarjoaa web-pohjaisen ohjelman sekä konsultoi työmaata ja työnjohtoa tahtituotannon käyttöönotossa. Ohjelman tavoitteena on antaa työmaalle apu kokonaiskuvan luomisessa ja nopeassa reagoinnissa haasteisiin. [25], [liite 1], [liite 2]

Ennen ohjelman käyttöönottoa laatii työmaa yleisaikataulun pohjalta työpaketit. Työpaketit kohdentuvat esimerkiksi yhden kylpyhuoneen töihin. Työtehtävien kestot ja riippuvuudet määritellään. Näin saadaan ohjelmaan työlistat (kuva 20), joiden avulla työn etenemistä seurataan. Ohjelmaa käyttävät työmaalla itse rakennustyötä tekevät, he kuittavat työvaiheen alkaneeksi ja päättäneeksi. Ohjelma näyttää valmistuneet työvaiheet ja vapaat mestat. Tällä vähennetään turhaa siirtymistä työpisteille, joissa ei ole mahdollisuus työskennellä edellisen työvaiheen keskeneräisyyden vuoksi. [25], [liite 1], [liite 2]



Kuva 20. Mestamaster työlistanäkymä. [25]

Ohjelman avulla työnjohto voi seurata reaaliaikaisesti koko työmaan tilannetta ja reagoida ongelmiin. Jos työvaihe ei valmistu sille määrättyssä ajassa, näyttää ohjelma sen punaisella värillä. Työntekijä voi kirjata ohjelmaan työnsä esteet ja tätä kautta työnjohto pystyy tekemään vaadittavat korjaavat toimenpiteet. Ohjelma tukee työmaan päivittäistä työnjohtoa. [25], [liite 1], [liite 2]

Vaikka aikataulu ja työvaiheet syötetään ohjelmaan työmaan alkaessa, eivät ne ole lopullinen versio. Työnjohdon tulee kuunnella työntekijöitä ja tarvittaessa muokata työvaiheita ja niiden riippuvuuksia. Erityisesti saneeraustyömaalla tulee alkuvaiheessa esiin yllätyksiä, jotka voivat muuttaa työn toteutustapaa ja tällöin myös aikataulua tulee muokata. [liite 1]

Constissa Mestamaster ohjelmaa on käytetty jo useammalla työmaalla tahtituotannon seurannan tukena, mutta linjasaneeraus työmailla työväline on uusi. Myyrinkoivun linjasaneeraustyömaa on ensimmäinen työmaa, jossa ohjelmiston käyttöä pilotoidaan.

## 5.2 Aikataulun käyttöönotto

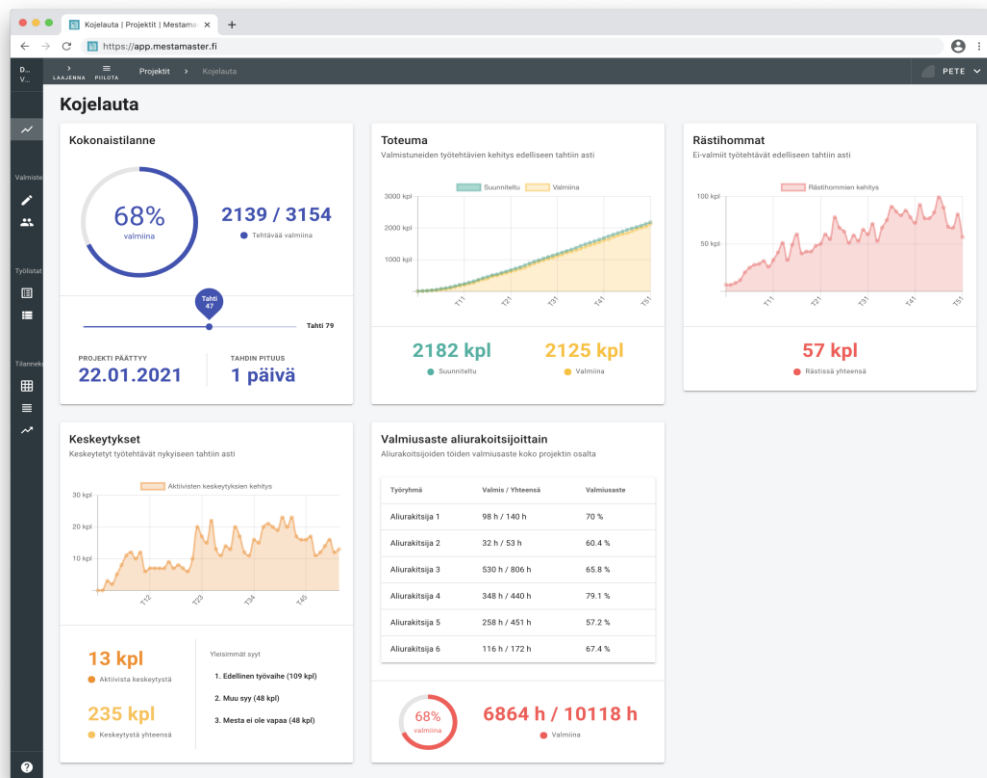
Tahtituotannon onnistumisen yksi iso edellytys on kaikkien osapuolien sitoutuminen. Myyrinkoivun työmaa toteutetaan osin Constin omilla asentajilla ja osin alaurakointina. Työmaalla on kokoaikaisesti vastaava työnjohtajaa ja työnjohtaja. Työnjohtajan vastuulle sovittiin aikataulun tekninen päivittäminen Mestamaster-ohjelmaan. Kaikilla työnjohtajilla yhtäläinen aikataulun seurantavastuu. KVV-työnjohtaja käy työmaalla useita kertoja viikossa ja hän osaltaan seuraa putkitöiden aikataulun etenemistä. Constin työnjohdon perehtyminen tahtituotantoon tapahtui Mestamasterin edustajan avustuksella ja työnjohto edelleen ohjeisti omat asentajat uuteen aikataulumalliin ja ohjelman käyttöön. Käytännössä aikataulusta vastaava työnjohtaja antoi nopean perehdytyksen aikataulun periaatteista ja neuvoi sovelluksen käytön.

Tahtituotantoon pohjaavaa aikataulua käytiin urakkaneuvotteluvaiheessa läpi alurakoitsijoiden kanssa. Tahtituotannon mahdollisuus tuotiin esiin jo tarjouspyynnöissä ja hinnoittelu pyydettiin tekemään annettujen työpakettien mukaisesti, esimerkiksi laatoitustöiden hinnoittelu totutusta €/m<sup>2</sup> poiketen, pyydettiin hinta €/määritelty tila. Tiloille annettiin myös valmiiksi jo sille suunniteltu työaika ja neuvotteluissa käytiin läpi urakoitsijan resurssia tämän toteuttamiseksi. Urakoitsijoiden valintaan vaikutti hintojen lisäksi heidän valmiutensa lähteä tahtituotantona tehtävään toteutukseen. Jokaisen alurakoitsijan kanssa sovittiin kuka heillä vastaa omien töiden osalta aikataulun seurannasta ja työesteiden tai muiden haasteiden kirjaamisesta ohjelmaan.

Aikataulua ja sovellusta ei saatu toimintaan heti ensimmäisen portaan purkujen alkaessa, mutta ennen suunniteltuun tahtiin siirtymistä se oli jo käytössä.

## Seuranta

Aikataulun seuranta ja siinä pysymisen vastuu on pääurakoitsijan työnjohdolla. Työnjohdon tulee kiertää työmaata aktiivisesti ja havainnoida tilannetta sekä tehdä tarvittaessa korjaavat toimenpiteet. Mestamaster toimii tässä selkeänä visuaalisena apuvälineenä, mutta ei poista oman havainnoin tarpeellisuutta. Ohjelmasta saadaan erilaisia graafisia esityksiä valmiista ja keskeneräisistä työsuoritteista seurannan tueksi (kuva 21).



Kuva 21. Mestamaster kojelauta. [25]

Myrinkoivun työmaalla Mestamaster sovellus annettiin käyttöön kaikille omille nokkamiehille sekä alurakoitsijoiden työnjohdolle ja nokkamiehille. Tarkoituksena oli, että jokainen kuittaa ohjelmaan työpisteen vastaanotetuksi ja työvaiheen valmistuneeksi. Lisäksi aikataulussa oli kirjattuna työnjohdon tarkastukset, esimerkiksi lattioiden kaatojen tarkastus ja valvonnan vesieristystarkastukset.

Alkuun työmaalla käytiin aikataulua läpi vain joka toinen viikko pidettävissä urakoitsija-palavereissa sekä epävirallisissa keskusteluissa. Hyvin nopeasti kuitenkin huomattiin, että seuranta ei toimi, työvaiheita jäi koko ajan jälkeen. Työmaalla otettiin käyttöön maanantaiaamuisin pidettävä aikataulukokous, jossa oli läsnä työnjohto ja kaikki nokkamiehet. Kokouksien perusteella Mestamasteriin syötettyyn aikatauluun tehtiin hienosäätöä.

Kun A-portaan huoneistot valmistuivat, pidettiin työmaalla erillinen kokous, jossa käytiin A-portaan aikataulu toteuma ja eteen tulleet haasteet. Kokouksessa oli läsnä alurakoitsijoiden edustajat sekä pääurakoitsijan omia asentajia. Aikatauluun tehtiin pieniä muutoksia tämän perusteella ja sovittiin, että näillä muutoksilla pyritään menemään työmaan loppuun.

### *Haasteet*

Kuten aina kaiken uuden kohdalla, ei aikataulun käyttöönotto sujunut ilman vaikeuksia. A-portaan kohdalla sovellusta käytettiin heikosti, työsuoritteita ei kuitattu valmiiksi. Osa tekijöistä ei kokenut, että heidän vastuullaan olisi hoitaa kuitaukset. Pääurakoitsijan työnjohto hoiti käytännössä kaikki kuitaamiset alkuvaiheessa.

Toinen haaste oli, että suorite kuitattiin valmiiksi, vaikka se ei sitä ollut, seuraava tekijä ei pystynyt keskeneräisyyden vuoksi aloittamaan omaa työsuoritettaan. Nopeasti A-portaan kohdalla oli ajauduttu tilanteeseen, jossa seurantasovelluksessa kaikki portaan työvaiheet olivat punaisella eli myöhässä aikataulusta. Sovellukseen ei myöskään kirjattu syitä töiden estymiselle.

Perinteisestä poikkeavan aikataulun noudattaminen tuotti ongelmia muutamille pääurakoitsijan pitkän linjan asentajista. Heillä on ollut tapana tehdä asioita etukäteen, ”keulia”, ja tasata tällä tavalla mahdollisesti myöhemmin eteen tulevaa kiirettä. Töiden etukäteen tekeminen aiheutti sen, että työpisteitä jäi tyhjäksi ja osissa pisteistä oli liikaa tekijöitä.

Kokonaisuudessa kaikkien haasteiden taustasyynä oli ymmärryksen puute, mitä uudella aikataululla haettiin ja mikä oli muutoksen syy. Asentajat eivät myöskään alkuun nähneet, miten tahditettu aikataulu helpottaisi heidän työtään.

### 5.3 Haastattelut

Virtautetun aikataulumallin soveltuvuutta linjasaneeraustyömaalle tutkittiin haastatellaamalla case-kohteen pääurakoitsijan työnjohtoa, tahtituotannon kannalta tärkeimpien alaurakoitsijoiden työnjohtoa ja kahta pääurakoitsijan nokkamiestä. Haastateltavat on listattu kuvan 22 taulukkoon.

Haastattelu	Haastateltavan toimenkuva	Haastateltavan työnantaja
H1	vastaava työnjohtaja	pääurakoitsija
H2	Työnjohtaja	pääurakoitsija
H3	KVV-työnjohtaja	pääurakoitsija
H4	Sähkötyönjohtaja	alaurakoitsija
H5	Laatoitustyönjohtaja	alaurakoitsija
H6	Putkinokka	pääurakoitsija
H7	Raksanokka	pääurakoitsija

Kuva 22. Luettelo työmaan haastateltavista.

Haastatellut olivat yhtä lukuun ottamatta toimineet linjasaneeraustyömailla eri rooleissa jo pidemmän aikaa. Haastateltujen tausta rakennuspuolelta seuraavasti:

- H1 koulutus rakennusmestari, työnjohto 5 vuotta, elementtiasentaja 11 vuotta
- H2 koulutus rakennusmestari LVI, työnjohto 1 vuosi, urakkalaskenta 3 vuotta
- H3 koulutus LVI teknikko, KVV-työnjohto 14 vuotta, asentaja 10 vuotta
- H4 sähkötyönjohtaja 6 vuotta, asentaja 6 vuotta
- H5 perheyrityksessä eri rooleissa koko työikä, toiminut kaikissa rooleissa, vt. toimitusjohtaja viimeiset 4 vuotta
- H6 koulutus LVI-asentaja, työkokemus 28 vuotta
- H7 koulutus rakennusmies, työkokemus 20 vuotta

Kaikille haastatelluille tämä oli ensimmäinen linjasaneeraustyömaa, jossa töitä tehdään tahtituotantoa soveltaen.

Haastattelut suoritettiin työmaalla talon 1 (A- ja B-portaiden huoneistot) valmistumisen jälkeen, huhti-toukokuussa 2021. Työn alla oli tässä vaiheessa talosta 2 C- ja D-portaan huoneistot ja E-portaassa oli alkamassa purkutyöt. Haastattelut tehtiin työmaaympäristössä, liitteenä olevien teemahaastattelukysymyksiä hyväksi käyttäen. H1-H3 haastateltiin teemahaastattelu 1:n mukaisesti ja H4-H7 teemahaastattelu 2:n mukaisesti.

## Suunnittelu

Ennen työmaan alkua pidettiin kolme aikataulun suunnitteluun liittyvää kokousta, joissa Mestamaster-sovelluksen toimittaja oli mukana ja apuna aikataulun suunnittelussa. Haastatelluista pääurakoitsijan kaikki edustajat (H1-H3 ja H6-H7) osallistuivat ensimmäiseen kokoukseen, seuraaviin osallistui vain työnjohto (H1-H3). Ennen työmaan alkua tapahtunutta aikataulusuunnittelua haastateltavat kommentoivat seuraavasti:

- Työvaihenimikkeet hahmoteltiin yhdessä (H1, H2, H3).
- Asentajien kanssa käytiin yhdessä läpi työvaiheet ja mietittiin kestot (H1, H3).
- Putkihajotukset ja kalustusvaihe otettiin tahtituotannon alle (H3, H6).
- Sai kertoa oman kantansa työvaiheiden nimikkeistä ja kestoista (H6, H7).
- Huomioitiin se, että nousuja ei voi tehdä tahdissa kerros kerrallaan, vaan ne pitää rakentaa linjoittain (H6).

Kaikki haastatellut pitivät kokouksia hyödyllisinä ja erityisesti asentajat kokivat, että olivat päässeet vaikuttamaan omaan työhönsä. Haastateltava 2, joka vastasi aikataulun siirtämisestä Mestamaster-ohjelmaan, piti tämän lisäksi muutaman kokouksen palveluntarjoajan kanssa työmaan alkuvaiheessa. Tässä vaiheessa H1 ja H2 olivat myös käyneet keskusteluja H7 kanssa tarkennuksista aikatauluun. Aikataulusta laadittiin useampi raakaversio kommentoitavaksi ennen lopullista versiota.

Alurakoitsijoiden kanssa aikataulua käytiin läpi urakkaneuvotteluissa ennen työmaan alkua. Näissä tilanteissa aikataulua ei varsinaisesti suunniteltu, mutta periaate esitettiin, ja urakoitsijat saivat esittää näkemyksensä heidän työpaketeistaan ja niiden mahdollisista kestoista. Töiden käynnistyttyä he saivat aikataulupohjat kommentoitavaksi ennen aikataulun Mestamasteriin syöttämistä. Alurakoitsijoiden osallistumista suunnitteluun kommentoitiin haastatteluissa seuraavasti:

- Alurakoitsijoita haastateltiin, mutta muutoksia ei ennen töiden aloitusta juuri tullut, vaan vasta töiden alettua (H1).
- Ei tarvetta osallistumiselle ennen työmaata (H2, H4).
- Sähköurakoitsija voisi ehkä osallistua, muille ei tarvetta (H3).
- Aikataulun raakaversio kommentointi riittävä (H5).

Töiden edetessä alurakoitsijat pääsivät kommentoimaan aikataulua yhteisissä kokouksissa ja osallistuivat tällä tavoin aikataulun jatkosuunnitteluun.

Haastatteluissa nousi esiin tarve sovelluksen lisäksi perinteiselle työvaiheaikataululle. H2 totesi, että koko aikataulun suunnittelu olisi pitänyt aloittaa laatimalla

työvaiheaikataulu ja vasta tämän jälkeen työpaketit kestoineen. Työvaiheaikataulu laadittiin työmaan edetessä, koska erityisesti tilaaja ja valvonta sitä kaipasivat.

Suunnitteluvaiheessa laaditut työpaketit ja niiden kestot olivat haastateltavien mielestä pääosin onnistuneita:

- Rakennuspuolen työntekijät halusivat enemmän työvaihteita (tarkemmin) näkyviin, jouduttiin lisäämään (H1).
- Tarkennuksia tullut työn aikana (H1).
- Laadittu työnjako oli toimiva, ei juuri jouduttu työaikana muutamaaan (H2, H3).
- Työpaketeilla ei niin merkitystä, riittää kun tietää, milloin on aloitus ja milloin lopetus (H4).
- Työpaketin sisältö ok, mutta työaika liian lyhyt laatoitukselle (H5).
- Työvaiheet ok, nousut ensin ja vasta myöhemmät vaiheet tahdissa (H6).
- Työvaiheet toimivat (H7).

Laatoitusurakoitsija nosti esiin vesieristystarkastuksien aiheuttaman hidasteen. Valvoja ei tule sovitusti heti aamusta, mikä aiheuttaa heille useamman tunnin viiveen työn aloitukseen. Heillä varattuna 1tpv laatoitukselle, mutta käytännössä aikaa jäänyt usein vain 5 tuntia. Muutosehdotuksena H5 esitti laatoitusajan pidentämistä kahteen työpäivään kylpyhuoneiden osalta.

Keskusteluissa haastateltavien kanssa nousi myös esiin aikataulun suunnitteluun liittyviä haasteita.

- Rästiin jäävät työt eivät näy tekijöille seuraavina, tärkeimpinä töinä, vaan aikataulu etenee aiemmin suunnitellun mukaisesti, ja rästityöt saattavat unohtua (H1).
- Aika vaadituille tarkastuksille tulisi huomioida paremmin (H2, H5).
- Haluttu työaika vai virallinen kokonaisaika, kumpi kannattaa kirjata suunniteltuun aikatauluun? (H4).
- Huoneistojen aikataulu suunniteltiin työmaalle tulevan asentajamäärän mukaan ja yleisten tilojen asennukset unohtuivat (H6).

Pääasiallisesti suunnittelun kuitenkin todettiin toimineen.

Mestamaster-sovelluksen tarjoaja oli mukana aktiivisesti aikataulun suunnittelussa. Tämän haastateltavat (H1-H3) kokivat hyödyllisenä, ja saatu tuki auttoi aikataulun laadinnassa ja käyttöönotossa. Palvelun tarjoaja myös teki ohjelmaan muutoksia työmaan ehdotuksien mukaisesti (H1).



## Ohjaus

Aikataulun periaatteet käytiin alaurakoitsijoiden kanssa jo neuvotteluvaiheessa läpi ja toiveena oli, että he olisivat omille tekijöilleen aikataulua käyneet ennen työmaalle tuloa läpi. Näin ei ollut tapahtunut. Uusien asentajien tullessa työmaalle, pääurakoitsijan työjohto auttoi asentajia ohjelmiston asentamisessa ja antoi aikatauluun 5–10 minuutin perehdytyksen. Erityisesti työmaan alkuvaiheessa huomattiin, että perehdytys ei ollut riittävä, ja että aikataulun sisäistäminen ja ohjelmiston käyttö oli heikkoa (H2). Asentajien huolellista perehdyttämistä korosti myös muu työjohto (H1, H3).

Aikataulun seuranta ja vastuu siitä kuuluu työmaalla työjohdolle. Työmaan aloituksessa oli seurannassa hapuilua, koska aikataulumalli oli uusi kaikille, eikä apuna ollut esimerkiksi perinteistä työvaihe aikataulua. Aikataulua ei työmaalla voi pelkästään seurata käytetyn ohjelmiston kautta, koska siitä ei saa kokonaistilanteesta helposti yleiskuvaa (H1). Seurannan tuloksena aikataulua myös päivitettiin useamman kerran työmaan alkuvaiheessa. Seuranta ja päivitystä haastateltavat kommentoivat seuraavasti:

- Aikataulua päivitetty työmaan aikana, tehdään ensin Excel-versio ja tämä siirretään Mestamasteriin (H1).
- Seuraan omalta osaltaan aikataulua viikoittain työmaakäynneillä t(H3).
- Työnaikainen aikataulun päivittäminen tärkeää (H3).

Aikataulupäivityksistä ei Mestamaster-ohjelmassa tule erillistä ilmoitusta tekijöille, vaan työjohto ilmoitti näistä kokouksissa. H5 ehdotti parannuksena ohjelmistoon, että päivityksestä tulisi aina heräte, jossa myös kerrotaan, mitä on muutettu.

Työmaavaiheessa pidettiin viikoittain aikataulupalaveri. Niiden hyödyllisyydestä haastateltavilla oli ristiriitaisia kokemuksia. Osin ne koettiin hyödyllisiksi (H1, H2, H4), kahdella ei ollut selkeää kantaa (H6, H7). Yksittäisillä kokouksilla ei aina välttämättä merkitystä, mutta kokonaisuuden kannalta niitä pidettiin tarpeellisina (H1). Kokouksissa käytiin läpi akuutit työn esteet, tulevan viikon tärkeimmät asiat, sekä erityisesti alkuvaiheessa muutostarpeet ja -ehdotukset aikatauluun (H2). Yksi haastateltavista ei ollut osallistunut kokouksiin (H3) toisen päällekkäisen kokouksen vuoksi ja toisen osalta (H5) nokkamies oli osallistunut kokouksiin.

Alkuperäinen tavoite ennen työmaan alkua oli, että jokainen tekijä kuittaa aina omalta osaltaan mestan vastaanotetuksi ja valmiiksi. Tämä tavoite ei ole kaikilta osin toiminut. Jotta työmaan aikataulusta olisi koko ajan ajantasainen tieto, tekee kuittauksia osasta

työsuoritteista pääurakoitsijan työnjohto. Haastateltavat kommentoivat työvaiheiden kuittaamista seuraavasti:

- Kuittaan työt sovitusti useamman alaurakoitsijan (purku, rappaus, alakatot, eristys) puolesta (H2).
- Putkella toimii, nokkamies kuittaa (H3).
- En käytä ohjelmaa, nokkamies huolehtii (H4).
- Nokkamies kuittasi, mutta nyt pitkällä lomalla, eikä uusi nokka halua kuitata, eli kuittaan hänen puolestaan (H5).
- Osa tekijöistä kuittaa mestan valmiiksi, vaikka näin ei ole, kirjaan syyn, miksi emme voi ottaa mestaa vastaan (H5).
- Kaikki eivät ole mukana, parempi, jos olisi (H7).
- Kuittaan työt valmiiksi raksan osalta (H7).

Yksi haastateltava (H5) kertoi, että työpisteiden valmiiksi kuittaaminen on parantunut alun ongelmien jälkeen. A-portaassa yksikään märkätila ei ollut vesieristyskunnossa, vaikka ne oli kuitattu valmiiksi seuraavalle työvaiheelle.

Työnjohdon haasteena oli työmaan alussa se, että työnjohdon tarkastukset eivät toimineet ohjelmassa, ja edelleenkin toiminnassa on ongelmia. Uutta työvaihetta ei pitäisi päästä kuittaamaan aloitettavaksi, ennen kuin työnjohtaja on sen tarkistanut ja kuitannut osaltaan. Työmaalla on sovittu, että tekijät ilmoittavat suoraan työnjohdolle, jos mesta ei ole valmis tai käyvät itse huomauttamassa edelliselle tekijälle. Tällä menettelyllä työmaa saatu etenemään joustavasti (H2).

Mestamaster ohjelmiston koettiin tukevan työntekoa hyvin ja sen käyttö oli helppoa.

- Aikataulua on työnjohdon helpompi sen avulla seurata (H1-H3).
- Jokainen näkee, mitä töitä on seuraavana tulossa (H1).
- Toimii hyvin (H6).
- Näkee koko viikon hommat ja tämä on hyvä juttu (H7).

Suurin hyöty ohjelmistosta oli vastaajien mukaan se, että se vähentää turhaa pomppimista, erityisesti tällä hetkellä, kun työmaalla opittu ohjelmaa käyttämään ja kuittauksien hoituvat paremmin.

### *Muut haastatteluissa esiin nousseet asiat*

Kukaan haastatelluista ei tyrmännyt tahtituotantoa, vaan jokainen olisi valmis kokeilemaan myös uudelleen. H2 lukuun ottamatta kaikki muut olivat tehneet työmaita aiemmin

perinteisellä aikataululla ja pitivät kerroksittain ylhäältä alas spiraalimaisesti etenevää aikataulua parempana. Isompana hyötynä nähtiin se, ettei työkaluja ja -välineitä tarvitse siirtää edes takaisin, vaan pystyy tekemään yhden kerroksen asunnot kerralla valmiiksi (H5, H6). Toisaalta haastateltava H5 piti perinteistä janakaaviota tarkempana aikataulullina.

Haastateltavista H4 suhtautui kaikkein kriittisimmin aikatauluun. Hänen mukaansa sähköasentajalle riittää tieto siitä, milloin työ alkaa ja milloin sen tulee olla valmis. Pilkotut aikataulut eivät hänen mielestään toteudu. Isolla työmaalla riippuvuuksia runsaasti, ja jos jossain kohdin ote lipeää, niin koko aikataulu lähtee hetkessä kaatumaan. Sähköasentajan etuna myös se, että hän on koko ajan työmaalla, ja tällöin hänen on mahdollista joustaa muita helpommin.

Koko kohteen siirtämistä tahtituotantoon ei kuitenkaan pidetty tarpeellisena. Kaikkien mielestä huoneistot ovat selkeitä työalueita ja helposti tahdistettavissa, eli hybridiversiota (yleiset tilat perinteisesti, asunnot alkuun perinteisesti ja linjojen noston jälkeen käännetään tahtiin) pidettiin toimivana.

Yleisten tilojen osalta H2 oli pohtinut aikataulua, jossa tahdin pituus oli viisi työpäivää. Tässä ajatuksena oli saada myös yleiset tilat Mestamaster-ohjelmaan, jolloin työpaketit olisivat tekijöille nähtävissä ja nämäkin tilat muistettaisiin ottaa ajallaan työn alle. Nyt työmaalla erityisesti putkimiesten resurssoinnissa oli alkuun haastetta, kun kaikki asentajat keskittyivät huoneistojen rakentamiseen ja kellaritilat jäivät ilman tekijöitä (H6).

Teemahaastattelun kysymyksiensä lisäksi haastateltavien kanssa keskusteltiin tahtituotannon koulutuksen tarpeellisuudesta ennen työmaan aloittamista.

- Laajempi perehdytys ennen aikataulun laadinnan aloittamista, laajempi taustatieto olisi helpottanut aloituksessa (H2).
- Tekijöille koulutus / ohjeistus miksi aikataulua pitää noudattaa, jos yksi keulii, niin aikataulu menee heti sekaisin (H3).
- Kaikille etukäteen tietoon mitä tehdään, minkä ajan se vaatii, missä järjestyksessä tehdään (H3).
- Koulutus ei ole tarpeen, ammattilaisen kuuluu tietää, mitä tekee (H4).
- Kaikille koulutus siitä, mitä tarkoittaa ”mesta valmis”, ettei kuitata työpistettä valmiiksi, vaikka se ei ole kunnossa seuraavaa työvaihetta varten (H4, H5).

Tahtituotantoon siirtymisen tavoitteena on saada aikatauluja tiivistetyksi ja saneerauskohteiden kokonaistyöaikaa lyhyemmäksi. Tätä aihetta sivuttiin osan haastateltavien (H3, H6, H7) kanssa, eikä kukaan heistä pitänyt tätä realistisena tavoitteena ainakaan perinteisessä linjasaneerausmallissa. Työmaalla tulee aina eteen muutoksia, huoneistoissa on osakkaiden tilaamia lisä- ja muutostöitä, jotka muuttavat urakasuoritetta ja toistettavuutta ei juurikaan ole. H2, joka vastaisi aikataulun ylläpidosta, taas näki tämän mahdollisuutena, joka vaatisi aikataulun muokkaamista.

Työnjohdon (H1, H2) käytiin myös keskustelua logistiikan parantamisesta ja siitä, kuinka sillä saataisiin tuetuksi tahtituotantoa. Materiaalin tilaaminen isommissa erissä on kustannustehokkaampaa, mutta se vaatii työmaalla aina välivarastoinnin. Materiaalin tilaaminen pienissä erissä, vain se mitä huoneistoissa aina kyseisenä viikkona tarvitaan, olisi tehokkaampaa tuotannon kannalta. Logistiikan parantamista päätettiin pohtia yhdessä lisää ja sitä pyritään kehittämään työmaalla.

## 6 Tulokset

### 6.1 Soveltuvuus linjasaneeraukseen

Tahtituotannon soveltaminen saneerauskohteisiin ei ole ongelmattonta. Saneerauksissa tulee usein eteen muutoksia suunnitelmiin ja toteutukseen ja tämä voi pysäyttää hyvin suunnitellun aikataulun jo alkumetreillä [15].

Tahtituotannon soveltuvuudesta linjasaneerauksiin ei ole laajemmin kirjallisuudessa tai tutkimuksissa käsitelty. Tampereen yliopiston vetämässä Rain-tutkimushankkeessa on ollut osana myös linjasaneeraustyömaa ja tämä on oikeastaan ainoa löydetty kirjallinen lähde [13].

Tahtituotannon hyötynä perinteiseen tuotantomalliin verrattuna on tuotannon tehostuminen. Ideaalitalanne on sellainen, jossa työ on sekä resurssi- että virtaustehokasta. Linjasaneerauksen virtausta voidaan parantaa suunnittelemalla työpaketit huolella ja resursoimalla työmaa oikein. Myös hyvin suunniteltu logistiikka auttaa virtauksen parantamisessa. Tahtituotannolla voidaan saada aikatauluhyötyä myös perinteisissä linjasaneerauksissa, mutta tämä vaatii huolellista ennakkosuunnittelua ja tiettyjen työvaiheiden tahdin ulkopuolelle jättämistä. [13]

Päättötyön tavoitteena oli tutkia tahtituotannon soveltuvuutta linjasaneeraukseen. Kirjallisuus ja tutkimukset eivät antaneet tähän suoraa vastausta. Soveltaen tahtituotannon ajatuksia sekä korjausrakentamista yleensä, voidaan todeta, että tahtituotantoa voidaan soveltaa myös linjasaneerauksiin, jos kohde on rakennettu 1960-luvulla tai tämän jälkeen. Tämän ikäisestä rakennuskannasta löytyy vaadittu toistettavuuden mahdollisuus.

### 6.2 Teoria kohtaa todellisuuden

Tutkimuskohteena työssä ollut As Oy Myyrinkoivun linjasaneeraus on opinnäytetyön valmistumisvaiheessa vielä kesken. Talo 1 (A- ja B-portaat) on täysin valmis ja talo 2 (C-E-portaat) ovat kaikki työn alla. Tahtituotannon aikataulun pilotointia jatketaan työmaan loppuun saakka eli joulukuuhun 2021 asti. Tässä vaiheessa voidaan pohtia nyt esiin tulleita hyötyjä ja haasteita sekä esittää arvioita työmaan loppuvaiheesta.

Työmaan kaksi ensimmäistä porrasta (A, B) eivät sujuneet suunnitellun aikataulun mukaisesti. 0-vaiheen töistä purku ja rappaus valmistuivat aikataulussa. A-portaan linjojen nostossa tuli eteen ensimmäiset muutokset, jotka vaativat katselmuksia ja suunnittelua, ja tämä aiheutti viivettä aikatauluun. Seuraavan, isomman viivästyksen, aiheuttivat laatutyyöt. Kohteessa käytettiin uutta tuoteperhettä vesierityksessä ja laatoituksessa ja tämän käyttö ei ollut laattaurakoitsijalle tuttua. Lisäksi laattaurakoitsija oli uusi aliurakoitsijakumppani pääurakoitsijalle ja yhteistyö ei ollut alkuun sujuvaa. Työvirheet ja kuivumisajat viivästyttivät aikataulua usealla päivällä. Käytännössä A-portaassa ei tahtituotannon mukaista työskentelyä juurikaan päästy toteuttamaan, ja Mestamaster-ohjelmiston seurana näytti koko ajan viivettä kaikissa työvaiheissa. A-portaan huoneistot saatiin kuitenkin valmiiksi niiden urakanmukaisessa aikataulussa kiristämällä työtahtia loppua kohdin.

B-portaan osalta tilanne oli hiukan parempi, mutta tässäkin jäätin suunnitellusta aikataulusta jälkeen. Syynä olivat pitkälti ongelmat A-portaassa. Koska sinne jouduttiin siirtämään resursseja suunniteltua enemmän, jotta huoneistot saatiin aikataulussa valmiiksi, jäi B-portaan huoneistoihin liian vähän tekijöitä. Tilannetta saatiin kuitenkin kirittyä ja loppuvaihetta kohdin tahtituotannon mukaista töiden etenemistä oli jo huomattavissa.

A-portaan valmistuttua pidettiin työmaalla urakoitsijapalaveri, jossa kokemuksia A-portaan osalta käytiin läpi ja sovittiin muutoksista koskien lopputyömaata. Näillä muutoksilla, ja koska tekijät olivat sisäistäneet uuden aikataulun, päästiin tahtituotantoon työmaalla C-portaan huoneistoissa. Tällä hetkellä työt etenevät työmaalla suunnitellun aikataulun mukaisesti ja 0-vaiheen jälkeen työt tulevat kerroksittain ylhäältä alaspäin.

Tekijät ovat myös nyt huomanneet tahtituotannon edut verrattuna perinteiseen. Haastatteluissa kävi ilmi, että kaikkien mielestä kerroksittain, ”spiraalimaisesti” alaspäin etenevä työjärjestys on toimivampi kuin perinteinen linjoittain tehtävä. Myös se, että koko porrashuone otetaan kerralla työmaa-alueeksi, on parempi kuin aloitus linjoittain, jolloin portaassa osassa huoneistoja asutaan. Isoin hyöty oli turhan liikkumisen väheneminen ja tavaroiden ja työkalujen siirtelyn vähentyminen. Erityisesti H6 korosti työkalujen siirtelyn vähenemistä. Lisäksi asukkaiden puuttuminen portaasta teki työnteosta helpompaa ja turvallisempaa.

Myös Mestamaster-ohjelmistosta erityisesti asentajat (H6, H7) kokivat hyötyvänsä. Heitä miellytti se, että ohjelmistosta näkee seuraavien päivien työt selkeästi. H4 kuitenkin

katsoi, ettei ohjelmisto tuo lisäarvoa, koska ammattilaisen tulee tietää aina vaadittavat työvaiheet. Ohjelmistoa pidettiin kautta linjan helppokäyttöisenä.

Työmaan työnjohto koki uuden aikataulumallin erityisesti töiden alkaessa haastavaksi. Työtä ei ollut totuttu johtamaan ja seuraamaan näin tarkkoina osina. Työn edetessä mielipide muuttui, ja tarkka seuranta koettiin työtä helpottavaksi. Käytössä ollut ohjelmisto antoi tukea päivittäiseen työskentelyyn. Työnjohto ei kokenut tarpeelliseksi koko työmaan siirtämistä tahtituotantoon. He eivät myöskään nähneet suoraan mahdollisuutta aikataulujen kiristämiseen. Suurin hyöty oli siis työvaiheiden selkeämpi seuranta.

As Oy Myyrinkoivussa portaiden läpimenoajat ovat samanmittaisia kuin perinteisellä aikataululla toteutettavissa kohteissa. Ilman puskuriaikoja huoneistokohtainen läpimenoaika olisi 35 työpäivää ja koko porrashuoneen osalta päästäisiin 45 työpäivään. Tämä olisi kymmenen työpäivää normaalia nopeampi läpimenoaika. Myyrinkoivussa ei aikataulun tehostamiseen tahtituotannolla ole päästy, mutta työn sujuvaa etenemistä se on parantanut.

Tahtituotanto vaatii työpakettien samankaltaisuutta ja toistuvuutta. As Oy Myyrinkoivun ikäluokassa olevissa taloissa tällaista löytyy ja 1970-luvun ja uudempien talojen linjasaaneerukseen tahtituotantoa voi Myyrinkoivun kokemusten perusteella soveltaa. Asunto-osakeyhtiötä paremmin se soveltuisi vuokrataloon, jossa kaikki tilat saneerataan samalla tavoin. Omistusasunnoissa osakkaat haluavat yleensä muuttaa perusrakan ratkaisuja, ja tämä aiheuttaa häiriöitä toistettavuuteen.

## 7 Yhteenveto

Lean:ia, tuotannon virtautusta ja tahtituotantoa käsittelevässä kirjallisuudessa korostetaan tekijöiden koulutusta ja heidän pitkäjänteistä sitouttamistaan muuttuvaan tuotantotapaan ja aikatauluun. Tekijöitä tulee kuunnella ja heidän parannusehdotuksensa huomioida. Pilottikohteessa puutteet aloituksessa tulivat selkeästi esiin. Pääurakoitsijan omaa työnjohtoa ei koulutettu riittävästi, muutoksen syyt ja perusteet eivät tulleet asianomaisille riittävän selväksi. Koska työnjohto ei saanut riittävästi informaatiota, oli heidän haastavaa työmaalla perustella tekemisen muutosta työntekijöille.

Tahtituotannon edut alkavat Myyrinkoivun työmaalla näkyä hiljalleen. Kun nyt kiertää työmaata, näkyy huoneistoissa jo selkeästi eri työvaiheiden toisiaan seuraaminen eri kerroksien huoneistoissa. Tekijät ovat oppineet hiljalleen uuden tekemisen tahdin, ja ilmapiiri myöskin tämän myötä parantunut.

Haasteina tahtituotannon noudattamiselle ovat saneerauksissa eteen tulevat muutokset, purkuvaiheessa paljastuvat poikkeamat suunnitelmiin tai mahdolliset kosteusvauriot. Jos aikatauluun varataan läpi työmaan puskuria yllätyksille, menetetään koko tahtituotannon idea. Työmaan aloituksessa olisi siis hyvä varata alkuun pidempi läpimenoaika, jotta kaikki tarvittava muutossuunnittelu ehditään tehdä, eikä tahtiaikataulu kaadu heti aloituksessa.

Tahtituotannon huomioiminen jo suunnitteluvaiheessa auttaisi itse toteutusvaihetta. Rakenteellisten ratkaisujen suunnittelu siten, että tuotantoon tulee vaadittava toistettavuus helpottavat aikataulun suunnittelua. Esimerkiksi nousulinjojen toteutus tehdasvalmisteisilla valmiselementeillä mahdollistaa tahtiin siirtymisen jo heti purkuvaiheen jälkeen, koska elementit voidaan asentaa ylhäältä alaspäin kerroksittain. Valmiit elementit myös nopeuttavat työtä, koska itse nousulinjan rakentamisen lisäksi pois jää eristystyö ja nousujen koteloinnin rungon rakentaminen. Valmiiseen elementtiin voidaan liittää sekä vesi- ja viemäri että sähkönousut.

Kerroksittain ylhäältä alaspäin spiraalimaisesti tulevassa aikataulussa ylimmän kerroksen huoneistot valmistuvat aiemmin kuin alimpien, mikä mahdollistaa huoneistojen asenteittaisen käyttöönoton. Asunto-osakeyhtiöissä portaittaiselle käyttöönotolle olisi todennäköisesti esteensä asunto-osakeyhtiölain vaatima osakkaiden yhdenvertaisen kohtelun vaatimus. Tilaajan kanssa tulisi jo neuvotteluvaiheessa käydä läpi tällainen mahdollisuus



ja selvittää suhtautuminen. Toisaalta työmaan kannalta voi olla haastavaa, jos alimassa kerroksessa vielä rakennetaan, ja ylimpiin tulee muuttokuorma joka päivä. Haastateltavista kukaan ei ollut halukas muuttamaan asuntojen valmistumista asteittain tapahtuvaksi.

Tahtituotantoa voidaan hyödyntää linjasaneerauksissa. Tahtituotantoon siirtyminen vaatii kuitenkin kohteen tietyn iän, se ei sovellu vanhoihin taloihin, joissa linjat voivat kulkea rakenteissa hyvinkin erikoisia reittejä ja joissa rakenteelliset ratkaisut voivat poiketa suunnitelmista huomattavasti. Vaatimuksena on myös, että kohde riittävän iso, jotta saadaan toistettavuutta.

Tahtituotannon hyödyt tulevat esiin, kun ymmärretään, mitä ja miksi tehdään. Myyrinkoivussa lähdettiin niin sanotusti soitellen sotaan, ja alku on ollut osin siksi todella haastavaa. Sekä työnjohdon että työntekijöiden perehdytys oli alussa liian vähäinen. Aikataulun sisäistämisen myötä on työntekemisen tahti myös selkeästi muuttunut. Seuraava tahtituotantotyömaa on tekijöille jo varmasti helpompi. Lisäksi jos onnistutaan käyttämään samoja alaurakoitsijoita, jotka ovat nyt opetelleet rinnan pääurakoitsijan kanssa tahtituotantoa, niin tällä myös edistetään tuotannon tehostumista.

Yhteenvetona voidaan siis todeta, että tahtituotannolla on paikkansa, mutta siihen että aikatauluja saadaan sen avulla tehostettua, on vielä matkaa. Muutos vaatii kaikkien osapuolien kouluttamista ja tekijöiltä palautteen keräämistä, jotta kokonaisuudesta saadaan toimiva ja toteutuskelpoinen.

## 8 Pohdinta

Tahtituotanto on tänä päivänä paljon keskusteltu aihe ja sitä pyritään soveltamaan monilla aloilla, myös rakentamisessa. Monet yritykset ovat jo onnistuneesti saaneet tahtituotannon toimimaan uudiskohteissa sekä saneerauskohteissa, joissa on selkeää toistuvuutta, kuten hotellikorjaukset.

Tässä vanavedessä myös Constin linjasaneerausyksikkö pyrkii kehittämään omaa aikataulutustaan. Tämän opinnäytetyön ja yhden pilottihankkeen alkuun saamisen yhteen vetona voi todeta, että muutos ei ole helppo. Saneerauskohteessa on aina haasteena rakenteelliset yllätykset sekä tilaajasta johtuvat työnaikaiset muutokset, ja näiden huomioiminen toistettavuuteen perustuvassa aikataulumuodossa on hankalaa, mutta ei mahdotonta.

Isoin oppi työn kirjoittajalle on ollut se, että työmaa pitää ottaa mukaan tahtituotannon suunnitteluun jo paljon aiemmin kuin nyt tehtiin. Ja jos tahtituotanto on heille uutta, niin koulutus aiheeseen on todella tärkeää. Siirtyminen tahtituotantoon vaatii kärsivällisyyttä, muutos ei tapahdu hetkessä, vaan tulee vaatimaan muutaman vuoden harjoittelun, jotta koko oma henkilökunta asian sisäistää.

Uskon kuitenkin, että lean, virtaus, tahtituotanto ovat tulleet jäädäkseen, ja meidän tulee oppia niitä soveltamaan myös linjasaneeraustyömailla. Työmaiden tehostaminen, nopeammat läpimenoajat ja parempi logistiikka ovat vaateina myös tulevaisuudessa, ja tahtituotanto on hyvä työkalu näiden parantamiseen.

Loppuun sopii yhdessä monista lukemistani Lean-kirjoista esitetty vastaus siihen, mitä Lean on – kyse on lopulta työn järjeittämisestä, turhan toiminnan poistamisesta ja toistuvuuden löytämisestä sekä hyödyntämisestä. Tämän jälkeen voidaan tehdä vain vaadittava toivotun tuloksen aikaan saamiseksi, kaiken turhan (hukan) jäädessä pois.

*”Tehdään vain ehdoton vähimmäismäärä toivotun lopputuloksen saavuttamiseksi.” [9, sitaatin suomentanut Kata Ruoppa]*

## Lähteet

- 1 Alhava, O., Rinne, V., Laine, E., Koskela, L., 2019. Can a takt plan ever survive beyond the first contact with the trades on-site? <https://iglc.net/Papers/Details/1658>. Luettu 18.1.2021
- 2 Andersen, L., Fyhn, H., 2019. Organisational and cultural preconditions for extending the use of takt-time planning. <https://iglc.net/Papers/Details/1660>. Luettu 18.1.2021.
- 3 Bertelsen, S., Koskela, L., Henrich, G, Rooke, J., 2006. Critical flow – towards a construction flow theory. <https://iglc.net/Papers/Details/412>. Luettu 14.1.2021
- 4 Binninger, M., Dlouhy, J., Haghsheno, S., 2017. Technical takt planning and takt control in construction. <https://iglc.net/Papers/Details/1387>. Luettu 18.1.2021.
- 5 Building 2030 tutki: Parempia rakennusprojekteja hajautetulla työnsuunnittelulla. <https://www.aalto.fi/fi/building-2030/building-2030-tutki-parempia-rakennusprojekteja-hajautetulla-tyonsuunnittelulla>. Luettu 18.1.2021.
- 6 Consti Oyj – yrityksen nettisivut. <https://www.consti.fi/consti>. Luettu 5.12.2020.
- 7 Dlouhy, J., Binninger, M., Haghsheno, S., 2019. Buffer management in takt planning – an overview of buffers on takt systems. <https://iglc.net/Papers/Details/1656>. Luettu 14.1.2021
- 8 Dlouhy, J., Oprach, S., Binninger, M., Richter, T., Haghsheno, S., 2018. Using takt planning and takt control in production projects – comparison of construction and equipment phases. <https://iglc.net/Papers/Details/1614>. Luettu 15.1.2021.
- 9 Earley, J., 2016. The lean book of lean. TJ International Ltd, Cornwall, UK.
- 10 Frandson, A., Berghede, K., Tommelin, I., 2014. Takt-time planning and the last planner. <https://iglc.net/Papers/Details/1063>. Luettu 18.1.2021.
- 11 Hajautettu työnsuunnittelu hyödyntää tekijöiden tietoa ja kokemusta. <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/hajautettu-tyonsuunnittelu-hyodyntaa-tekijoiden-tietoa-ja-kokemusta>. Luettu 15.1.2021.
- 12 Hirsijärvi, S., Hurme, H., 2010. Tutkimushaastattelu, teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Raamatutrükikoda, Tallinna.
- 13 Keskiniva, K., Junnonen, J-M., Saari, A., 2018. Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa. Rain-tutkimushankkeen osarapotti 1. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laboratorio.

- 14 Kokemuksia toteutusta palvelevasta rakennesuunnittelusta ja hajautetun tahtituotannon käyttöönotosta. <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/kokemuksia-toteutusta-palvelevasta-rakennesuunnittelusta-ja-hajautetun-tahtituotannon> Luettu 15.1.2021.
- 15 Koskenvesa, A., Kivimäki, C., Mäki, T., Sahlstedt, S., 2015. Aikataulukirja 2016. Tammerprint Oy, Tampere.
- 16 Koskenvesa, A., Lahtinen, M., Mäki, T., Sahlstedt, S., 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Meedia Zone OÜ, Viro.
- 17 Koskenvesa, A., Sahlstedt, S., 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Tammerprint Oy, Tampere.
- 18 Kujansuu, P., Lehtovaara, J., Salerto, S., Seppänen, O., Peltokorpi, A., 2020. How does takt production contribute to trade flow in construction? <https://iglc.net/Papers/Details/1800>. Luettu 18.1.2021.
- 19 LCI Finland, 2019. LEANin perusteet valmennus. Luentomateriaali 8.4.2019
- 20 Lehtonen, R. (päätoim.), 2000. Urakoitsijan YSE-opas. Tammer-Paino Oy, Tampere.
- 21 Liker, J.K., 2004. Toyotan tapaan. Bookwell Oy, Jyväskylä.
- 22 Liker, J., Rother, M. 2011. Why lean programs fail. <https://www.lean.org/common/display/?o=1738>. Luettu 10.12.2020.
- 23 Lincoln, H.F., Syed, M.A., 2011. Modern Construction. CRC Press, New York. U.S.A.
- 24 Manson, M., 2016. The Subtle art of not giving a fuck. CPI Group Ltd, Croydon, UK.
- 25 Mestamaster. <https://mestamaster.fi/>. Luettu 14.1.2021.
- 26 Miten työsuunnittelun hajauttaminen parantaa rakentamisen tuottavuutta. <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/miten-työsuunnittelun-hajauttaminen-parantaa-rakentamisen-tuottavuutta> Luettu 15.1.2021.
- 27 Mitä on lean? <http://lci.fi/mita-on-lean-rakentaminen/> Luettu 5.12.2020.
- 28 Modig, N., Åhlström, P., 2018. Tätä on LEAN. Bulls Graphics AB, Halmstad.
- 29 Mäki, T., Kerosuo, H., Koskenvesa, A., 2018. Tää on ollut meille kyllä tosi tuskasta... Tarinoita rakennusalan muutoshankkeista. Premedia Helsinki Oy, Helsinki.
- 30 Petersson, P., Olsson, B., Lundström, T., Johansson, O., Broman, M., Blücher, D., Alsterman, H., 2018. Lean - muuta poikkeamat menestykseksi. Jelgavas tipogrāfija, Latvia.
- 31 Puranen, E., 2016 Rakennushankkeen aikataulun visualisointi suunnitteluvaiheessa. Tampereen teknillinen yliopisto, diplomityö.

- 32 Rakennustietosäätiö RTS, 2016. Talonrakennushankkeen kulku, RT 10-11225. Rakennustieto Oy.
- 33 RIL 252-1-2009, 2009. Asuinkerrostalojen linjasaneeraus – hankeprosessi ja tekniset ratkaisut 60- ja 70-lukujen kerrostaloissa, osa 1. Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi.
- 34 RIL 252-2-2009, 2009. Asuinkerrostalojen linjasaneeraus – hankeprosessi ja tekniset ratkaisut 60- ja 70-lukujen kerrostaloissa, osa 2. Saarijärven Offset Oy, Saarijärvi.
- 35 RIL 268-2017, 2017. Asuinkiinteistöä kehittävä linjasaneeraus – strategia, suunnittelu ja toteutus. Grano Oy, Helsinki.
- 36 RT Rakennusteollisuus suhdannekatsaus marraskuu 2020. [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/suhdanteet-ja-tilastot/suhdannekatsaus-set/2020/marraskuu/rt\\_suhdanneliite\\_aukeama\\_11\\_20\\_net.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/suhdanteet-ja-tilastot/suhdannekatsaus-set/2020/marraskuu/rt_suhdanneliite_aukeama_11_20_net.pdf). Luettu 18.1.2021.
- 37 Sacks, R., Korb, S., Barak, R., 2018. Building lean, building BIM. Routledge, New York, U.S.A.
- 38 Sacks, R., Seppänen, O., Priven, V., Savosnick, J., 2017. Construction flow index: a metric of production flow quality in construction. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01446193.2016.1274417>. Luettu 18.1.2021.
- 39 Salminen, J., 2020. Mitä uutta tahtituotanto tuo rakentamisen tuotannonohjaukseen? <https://www.salmicon.fi/artikkelit/mita-uutta-tahtituotanto-tuo-rakentamisen-tuotannonohjaukseen/>. Luettu 20.1.2021.
- 40 Salminen, J., 2016. Virtaus ja tahtiaika rakentamisessa <http://lci.fi/wp-content/uploads/2016/05/Virtaus-ja-tahtiaika-Workshop-Consti.pdf>. Luettu 5.12.2020
- 41 Silfverberg, P., 2007. Ideasta projektiksi – projektityön käsikirja. Edita Prima Oy, Helsinki.
- 42 Tetik, M., Peltokorpi, A., Seppänen, O., Viitanen, A., Lehtovaara, J., 2019. Combining takt production with industrialized logistics in construction. <https://iglc.net/Papers/Details/1644>. Luettu 18.1.2021.
- 43 Toivanen, E., 2018. Putkiremontit ovat lisääntyneet vauhdilla - onko buumin huippu jo saavutettu? <https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2018/putkiremontit-ovat-lisaantyneet-vauhdilla-onko-buumin-huippu-jo-saavutettu/>. Luettu 22.1.2021.
- 44 Vatne, E., Drevland, F., 2016. Practical benefits of using takt time planning: a case study. <https://iglc.net/Papers/Details/1327>. Luettu 14.1.2021.
- 45 Womack, J.P., Jones, D.T., 2003. Lean thinking, banish waste and create wealth in your corporation. Free Press, New York, U.S.A.

## Liitteet

### **Mestamaster esittely / Mikko Hell, 20.1.2021**

#### Alustus Mestamasterista

Mestamaster Oy on Turkulainen ohjelmistoalan yritys. Se tuottaa ohjelmistoa ja palvelua tahtiajan käyttöönottoon ja erityisesti sen toteutusvaiheen toiminnanohjaukseen. Ohjelman teko on aloitettu vuonna 2017 ja yritys Mestamaster Oy on perustettu vuonna 2018 henkilöiden Mikko Hell ja Kasper Keski-Loppi toimesta.

Mestamaster-ohjelmaa käyttävät työmaalla projektin pääurakoitsijan työnjohto ja työryhmien nokkamiehet, sekä pääurakoitsijan että aliurakoitsijoiden. Ohjelmaan luodaan projektin tahtiaikataulu. Tästä aikataulutiedosta ohjelmassa tuotetaan työryhmäkohtaisia työlistoja tahdeittain. Nokkamiesten vastuulla on pitää työryhmien tehtävälisterit ajan tasalla tehtävien statusta. Keräämällä tehtävien statuksia muodostetaan erilaisia tilannekuvia projektista sekä kerätään tietoa toteutuneesta aikataulusta. Ohjelma vaikuttaa siis ennen kaikkea työmaan miesresurssin liikkumiseen ja sen varmistamiseen.

Olennaisia osia ohjelman käytössä on kolme:

- aikataulun teko
- tehtävälisterien käyttö, tilannekuvien keräys
- aikataulun parantaminen

#### Aikataulun teko

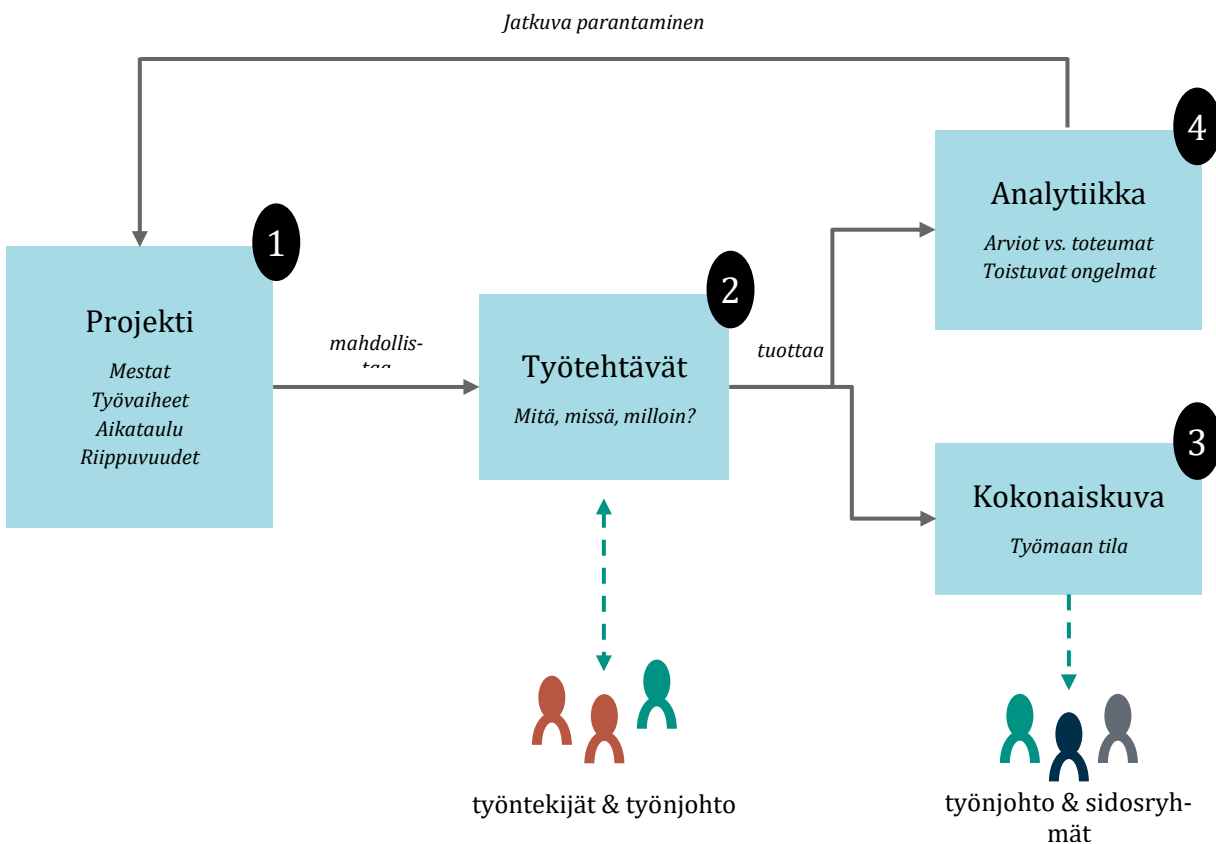
Mestamaster-ohjelmassa aikataulun teko aloitetaan yksittäisen mestan, vaikkapa kylpyhuoneen, työtehtävien listauksella ja näiden työtehtävien kestojen määrittämisellä. Asettelemalla työtehtäviä työpaketteihin ja työryhmiin muodostetaan tälle mestalle ns. tehtävien riippuvaisuuspuu. Riippuvaisuuspuuta luetaan ylhäältä alaspäin. Tästä voidaan lukea, missä järjestyksessä minkäkin työryhmän työtehtävät tulee toteuttaa, jotta mesta saadaan valmiiksi.

Aikataulun luonnin seuraavassa vaiheessa ohjelmassa kerrotaan kohteen mestat, eli esimerkiksi listataan kaikki valmistettavat kylpyhuoneet asunnoittain. Viimeiseksi tähän mesta-rivitietoon yhdistetään tieto, millä tehtävien riippuvuuspuulla kyseinen mesta rakennetaan ja milloin kyseisen mestan työt alkavat.

## Tehtävälisat

Ohjelman olennaisin osa tuotannon kannalta ovat työlistat ja tilannekuvat. Työlistoja käytetään työryhmien ohjaamiseen työmaalla. Tilannekuvat toimivat enemmän työnjohdon apuna kokonaisuuden hahmottamisessa. Tilannekuvia käytetään myös työryhmien tilanteen näyttämässä esim. sosiaalililassa, näin tilannekuva on läpinäkyvä ja kaikkien tiedossa.

Perinteisesti työmaan tilannekuvan kerää pääurakoitsijan työnjohtaja. Samoin kaikki tehtävälisat jaetaan työnjohdon toimesta. Mitä tehokkaammin nämä asiat saadaan hoidettua työmaalla, sitä paremmin työryhmät suoriutuvat tehtävistään. Tehtävistä suoriutumista seurataan tahtiajassa päivätasolla jolloin tämä perinteinen malli asettaa haastetta koko tuotantotavan käyttöönotolle. Mestamaster-ohjelmassa tehtävälisat tehdään ohjelmalla ja tilannekuva kerätään nokkamiesten toimesta ohjelmalla. Tämä selkeyttää ja nopeuttaa työryhmien toimintaa tahtiaikatuoatannossa.



## Aikataulun parantaminen ja johtaminen

Olenainen osa ohjelman käyttöä ovat käytännöt, joita sen mukana tulee. Ohjelma on vain työkalu, eikä yksinään ratkaise työmaan ongelmaa. Olennaisimpia käytäntöjä sen kanssa ovat mestarin kierrokset ja aamupalaverit.

Mestarin kierros ei ole uusi asia työmaan johtamisessa. Mestamaria voidaan hyödyntää työnjohtajan rutiinikierroksilla tekemällä hänelle omia tehtäviä esim. vesieristeiden tarkastuksista ja osakohteiden itselleluovutuksista. Mestamasteria käytetään myös työmaan aikataulun seurantaan työmaakierroksella. Ohjelmasta voidaan katsoa mestoittain ja työryhmittäin, missä töiden tulisi edetä, ja tätä tietoa voidaan arvioida havaittua tietoa vasten, eli onko työryhmä todellisuudessa sovitussa paikassa.

Aamupalaverit eivät ole uusi asia työmaan johtamisessa. Nämä ovat palavereita, joihin kootaan paikalle vähintään työmaan nokkamiestaso ja projektin johto. Aamupalaverissa varmistetaan rästitöiden määrä ja tulevien tehtävien aloitusedellytysten täyttyminen. Mestamasteria voidaan käyttää palaverin pohjana ja tarkastella tilannekuvaa sen kautta, Mestamarin tilannekuva on puolueeton ja reaaliaikainen. Työmaan jatkuvaan parantamiseen päästään parhaiten kiinni nokkamiesten kautta, tässä aamupalaverin tärkeys korostuu. On tärkeää muistaa kysyä säännöllisesti, miten aikataulua voitaisi parantaa. Näitä toivottuja ja harkittuja muutoksia voidaan sitten tehdä ja ottaa käyttöön ohjelman kautta huomattavan nopeasti. On olennaista tietää, että suunnitteluvaiheessa huolellisestikin tehty tahtiaikataulu sisältää virheitä, jotka tulevat esiin vasta projektin jo alettua.



**Sähköpostihaastattelu Mesta Master / Mikko Hell 15.2.2021****Mistä idea ohjelman kehittämiseen?**

Ensimmäisenä asiana tahtiaikaan tutustuttuani ihmettelin, miten se oli niin vähän käytetty tuotantotapa rakentamisessa. Innostuin asiasta ja halusin rakentaa kaikki kohteeni tällä tavoin. Nopeasti tuli seinä vastaan, kun tuskailimme projektien monimutkaistuesssa toiminnanohjauksen vaikeuteen. Tätä on totuttu työmailla hoitamaan tussitaululla ja paperilapuilla. Näillä pyöritimme tavallaan samaa työlistaidea kuin mitä ohjelma nyt tekee. Tiesin että tehtävien ohjaukseen käytetään muilla aloilla sähköisiä työkaluja ja tuntui vähän erikoiselta, että rakentamisessa näitä ei juurikaan ollut saatavilla. Työkalun puuttuessa arvioimme kaverini Kasperin kanssa pystyvämme tekemään tämän itse.

**Milloin kehitys aloitettiin ja kauanko siinä meni?**

Kehitys alkoi 2017 keväällä. Ensimmäiset pilotoitavat versiot olivat käytössä 2018, varsinainen testi ja pilotointivaihe meiltä loppui vuonna 2020. Ohjelman kehitys kuitenkin jatkuu koko ajan, emmekä ajattele sen valmistuvan koskaan täysin, vaan parannuksia tehdään ohjelmaan jatkuvasti käyttäjien tarpeen mukaan.

**Paljonko ohjelmaa on työmailla käytetty?**

Tällä hetkellä voidaan puhua kymmenistä, ei vielä sadoista työmaista. Meillä on alla hotellikorjausta, raskasta peruskorjausta, käyttötarkoituksen muutoksia ja linjasaneerausta. Työmaita alkaa kiihtyvällä tahdilla, sillä esim. Constin sisällä eri toimialat koittavat tuotantotapaa ensin yksittäisillä hankkeilla, ja vasta tämän jälkeen aletaan tehdä useampaa projektia rinnakkain tahtiajalla ja ohjelmallamme. Uusia työmaita otetaan vain niin paljon kuin koemme itse pystyvämme niitä hyvin auttamaan alkuun.

**Oletteko yritys vai start-up yritys – kumpaa nimitystä haluat käytettävän?**

Minä en laske meitä start-upiksi, tämä on kuitenkin tulkinnanvarainen asia. Mahdollista kuitenkin on, että haemme kasvuumme kiihdytystä sijoitusten avulla. Tämä laittaisi meidät jo selkeästi start-up lokeroon.

## Teemahaastattelu 1

As Oy Myyrinkoivu linjasaneeraus

Haastattelu, Consti Korjausrakentaminen Oy työmaan toimihenkilöt

1. Roolisi työmaalla? Työhistoriasi?
2. Tahtituotannon suunnittelu
  - Osallistuitko suunnitteluun? Millä tavoin?
  - Mikä suunnittelussa onnistui? Tekisitkö jotain nyt toisin?
  - Mikä oli alaurakoitsijoiden / omien nokkamiesten rooli suunnittelussa? Olisiko heidän roolinsa pitänyt olla toisenlainen?
  - Oliko suunnitteluvaiheessa tehty työnjaottelu käytännössä toimiva?
  - Palveluntarjoaja Mestamasterin rooli suunnittelussa?
3. Tahtituotannon ohjaus
  - Miten tuotantoa työmaalla ohjattiin?
  - Onnistuttiinko aikataulun seurannassa? Mitä tekisit toisin?
  - Miten aikataulun päivittäminen onnistui?
  - Oliko työmaalla aikataulupalavereja? Oliko niistä hyötyä?
  - Oliko Mestamaster ohjelmasta työnohjauksessa apua? Toimiko ohjelma luvutulla tavalla?
4. Muuta
  - Toimiko tahtituotanto työmaalla? Hyvää / huonoa?
  - Olisitko valmis kokeilemaan uudestaan?
  - Parannusehdotuksia?

## Teemahaastattelu 2

As Oy Myyrinkoivu linjasaneeraus

Haastattelu, Consti Korjausrakentaminen Oy työmaan alurakoitsija / oma nokkamies

1. Roolisi työmaalla? Työhistoriasi?
2. Tahtituotannon suunnittelu
  - Osallistuitko suunnitteluun? Millä tavoin?
  - Jos et osallistunut, olisitko halunnut / nähnyt sen tarpeelliseksi?
3. Tahtituotannon ohjaus
  - Saitko tietoa mahdollisista aikataulun muutoksista?
  - Oliko työmaalla aikataulupalavereja? Osallistuitko? Oliko niistä hyötyä?
  - Oliko Mestamaster ohjelmasta apua? Toimiko ohjelma luvutulla tavalla?
4. Muuta
  - Toimiko tahtituotanto työmaalla? Hyvää / huonoa?
  - Olisitko valmis kokeilemaan uudestaan?
  - Parannusehdotuksia?