

Opinnäytetyö AMK

Rakennusmestari

2024

Otto Karppinen

Kunnallistekniikan saneerauksen aikataulunhallinta



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari

2024 | 37 sivua

Otto Karppinen

## Kunnallistekniikan saneerauksen aikataulunhallinta

Aikataulunhallinta on olennainen osa työnjohtajan työtä. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan mitä erilaisia aikataulunhallinnan keinoja urakoitsijalla on käytettävissä tyypillisessä kunnallistekniikan saneerauksessa. Tyypillisellä kunnallistekniikan saneerauksella tarkoitetaan tässä yhteydessä saneerausta, joka toteutetaan kaupunkialueella ja saneerauksen aikana uusitaan lähes kaikki kunnallistekniikka työmaan alueelta, sekä vaihdetaan maamassoja.

Työssä käytetään hyväksi esimerkkejä kahdesta saneerausurakasta, joissa uusitaan koko vesihuoltoverkosto, kadun rakennekerrokset ja asennetaan uusia kaapeliputkia. Opinnäytetyössä hyödynnetään aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja omaa tietotaitoa. Työ sisältää pohdintaa keinoista, joilla voidaan nopeuttaa maanrakennustyötä kunnallistekniikan saneerauksessa.

Työn tuloksena syntyi kokoelma aikataulunhallinnan keinoista, joita voidaan hyödyntää vastaavissa kunnallistekniikan saneerauskohteissa. Tulokset osoittavat, että aikataulunhallinta maanrakentamisessa eroaa muista aloista merkittävästi, koska maanrakentamiseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä ja alaan liittyy erityispiirteitä, jotka poikkeavat esimerkiksi talonrakentamisesta. Tulokset osoittavat sen, että urakoitsija pystyy vaikuttamaan aikataulun toteutumiseen suunnitelmallisuuden, ennakoinnin ja nopean reagoinnin avulla.

Asiasanat:

aikataulunhallinta, kunnallistekniikka, maanrakennus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Bachelor Of Construction Site Management

2024 | 37 pages

Otto Karppinen

## Schedule management of municipal engineering renovation from the main contractor's point of view

Schedule management is an essential part of the foreman's work. This thesis examines what different schedule management methods are available to the contractor in a typical municipal engineering renovation. In this context, a typical municipal technology renovation refers to a renovation that is carried out in the urban area, and during the renovation, almost all municipal technology on the construction site is renewed, as well as land masses are replaced.

The work uses examples of two renovation projects, in which the entire water supply network, the structural layers of the street are renewed, and new cable pipes are installed. The thesis makes use of related literature and personal expertise. The work includes reflection on ways to enhance the earthworks in the renovation of municipal engineering.

As a result of the work, a collection of schedule management methods, which are used in earthworks, was created. The results show that schedule management in land construction is significantly different from other fields, because land construction involves several uncertainty factors and the field has special features that differ from, for example, house construction. The results show that the contractor can influence the realization of the schedule through planning, foresight and quick reaction.

Keywords:

schedule management, municipal technology, earthmoving

# Sisältö

<b>Käytetty sanasto</b>	<b>6</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>7</b>
<b>2 Tiedon kerääminen</b>	<b>8</b>
2.1 Pohjatutkimusten merkitys urakassa	8
2.2 Luvat ja johtokartat	9
2.3 Kaapelinäyttö	9
<b>3 Työvaiheet kunnallistekniikan saneerauksessa</b>	<b>11</b>
<b>4 Työn toteutus</b>	<b>16</b>
4.1 Työtapa	16
4.2 Kaivannon tuenta ja luiskaaminen	17
4.3 Logistiikka	18
4.4 Laadun vaikutus aikatauluun	20
4.5 Materiaalien merkitys aikataululle	22
<b>5 Työn nopeuttaminen</b>	<b>23</b>
5.1 Työnjohto	23
5.2 Työn rytmitys	24
5.3 Riskienhallinta	27
5.4 Resurssien mitoitus	28
5.5 Urakkatyön ongelmat maanrakentamisessa	30
5.6 Digitalisaatio ja sen hyödyntäminen	31
<b>6 Aikataulunhallinnan työkalut</b>	<b>33</b>
<b>Lähteet</b>	<b>37</b>

## **Kuvat**

Kuva 1. Kuvakaappaus kaapelinäyttökuvasta.	10
Kuva 2. Kaivannon pohja on märkä.	12
Kuva 3. Maanrakennustyömaan roolit	15
Kuva 4. Kaivannot limittyvät.	16
Kuva 5. Teräspontteja.	18
Kuva 6. Kasettiauto.	19
Kuva 7. 90 kilon ja 400 kilon tärylevyt.	24
Kuva 8: Työn rytmittäminen.	25
Kuva 9. Maanrakennustyömaan riippuvuussuhteet.	26
Kuva 10. Työmaan yleisaikataulu.	33
Kuva 11. Työmaan 3-viikkoisaikataulu.	35

## **Taulukot**

Taulukko 1. (Tieliikennelaki 10.8.2018/729, 117: liite 6.3).	19
--	----

## Käytetty sanasto

arkku	kaivantotuki
ohipumppaus	toimenpide, jossa pumpataan jäte- tai hulevettä kaivosta toiseen kaivoon, koska niiden välinen putki on tukittu paineilmätäytteisellä tulpalla (Joen Loka 2024)
urakka	liiketalouden termi kiinteään hintaan tilatulle työlle, jolle on sovittu aikataulu
saneeraus	korjausrakentaminen
infra	kaikki rakennettu ympäristö, poissulkien rakennukset

# 1 Johdanto

Suomessa on paljon infran korjausvelkaa eli kunnallistekniikka on yleensä todella vanhaa, joka tekee saneerauksen aikataulunhallinnasta haastavaa, koska vanhan kunnallistekniikan fyysisestä sijainnista ja kunnosta on yleensä saatavilla vähän tietoa tai se on epätarkkaa. Tämän vuoksi on haastavaa tietää etukäteen, että mitä ongelmia tai yllätyksiä työmaan edetessä ilmenee. Haasteita aiheuttaa myös liikenne ja kaupunkien ahtaus. Kunnallistekniikka sijaitsee lähes aina katurakenteen alla, joten saneeraustyö aiheuttaa merkittävää haittaa tienkäyttäjille, joka asettaa paineita urakoitsijalle aikataulussa pysymiseen.

Opinnäytetyö sisältää esimerkkejä kahdesta erilaisesta kunnallistekniikan saneeraustyömaasta, mutta työmaita ei ole tuotu tarkemmin ilmi salassapitovelvollisuuden vuoksi. Työssä käydään myös läpi erilaisia työtapoja ja niiden vaikutusta aikatauluun. Opinnäytetyö tutkii aikataulun etenemistä, seuranta ja siihen vaikuttamista. Työ sisältää pohdintaa työmaiden väline, työvoima ja konemitoituksesta. Työssä pohditaan mahdollisia ratkaisuja ja toimenpiteitä, joilla urakoitsija voi vaikuttaa aikatauluun.

Opinnäytetyössä tarkastellaan, että mitä eri aikataulunhallinnan keinoja pääurakoitsijalla on käytettävissä kunnallistekniikan saneerauksessa ja miten näillä keinoilla päästään parhaaseen lopputulokseen. Aihe on tärkeä, koska aikataulu on vahvasti sidoksissa kustannuksiin ja aikataulun toteutuminen on siksi yksi tärkeimpiä mittareita työmaan kannattavuuden laskemisessa. Työnjohtajan ammatissa aikataulun seuraaminen ja siihen vaikuttaminen on olennaisessa osassa työssä onnistumisessa.

Luku 2 käsittelee tiedon keräämisen merkitystä ja toteutustapoja. Luvussa 3 tarkastellaan tyypillisen kunnallistekniikan saneerauksen työvaiheita. Luvussa 4 käsitellään tarkemmin työn toteutusta aikataulun näkökulmasta. Luku 5 keskittyy käsittelemään aikataulun nopeuttamisen keinoja ja viimeinen luku kokoaa yhteen aikataulunhallinnan keinot, joita urakoitsijalla on käytettävissään kunnallistekniikan saneerauksessa.

## 2 Tiedon kerääminen

### 2.1 Pohjatutkimusten merkitys urakassa

Kunnallistekniikan saneerauksessa alkaa suunnittelulla, jonka aikana käydään läpi alueella tehdyt pohjatutkimukset. Pohjatutkimuksiin kuuluvien näytteenoton ja pohjavesimittauksia koskevat menetelmäkuvaukset löytyvät standardista SFS-EN ISO 22475-1. Suomessa yleisesti käytettäviä kenttäkokeiden menetelmiä ovat sähköinen puristinkairauskoe, heijarikairaus, siipikairaus ja painokairaus. (Ympäristöministeriö 2018.)

Pohjatutkimusten tekemiseen kuuluu myös maastokäyntitarkastelu eli paikan päällä käyminen fyysisesti. Maaperätutkimusten avulla pystytään selvittämään maaperän kerrosrakenne, kivisyys, kantavan pohjan syvyys, maan rakeisuus, vedenläpäisevyys, humuspitoisuus ja leikkauslujuus. Pohjatutkimusten tietojen perusteella voidaan pohtia maan läjitettävyyttä, maa-aineksen kierrättämistä ja kaivannon perustamistapaa. (Hartman. 2011.) Sortumisvaarassa oleville tai yli 2 metriä syville kaivannoille täytyy tehdä kaivantosuunnitelma. (Rakennustieto Oy 2010.) Kaivantosuunnitelma sisältää pohjatutkimusraportin, geoteknisen suunnitteluraportin ja kaivannon rakennussuunnitelman. Nämä suunnitelman sisältävät tarvittavat piirustukset, selostukset ja selvitykset. (Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry 2014.)

Perusteelliset pohjatutkimukset antavat urakalle mahdollisuuden onnistua, koska niiden avulla pystytään suunnittelemaan paremmin urakan töiden toteuttaminen sen jokaisessa vaiheessa. Työn toteuttamista varten työnjohdon täytyy päättää esimerkiksi käytettävien resurssien määrä, aikataulu, työtapa, työvälineet ja töiden järjestys. Kun tunnetaan työmaan maaperä ja ympäristö hyvin, näiden asioiden suunnittelu helpottuu.

## 2.2 Luvat ja johtokartat

Ennen varsinaisten rakennustöiden aloittamista työnjohto huolehtii, että työmaalla on kaikki töiden toteuttamiseen tarvittavat luvat. Luvat on haettava riittävän ajoissa, koska ennen niiden saamista ei voida aloittaa rakennustöitä. Näihin lupiin kuuluu mm. kaivulupa, sijoituslupa, liikennejärjestelylupa ja aitauslupa. Näiden lisäksi työnjohto hakee johtotietopankista tai pyytää sähkö- ja teleyhtiöltä johto- ja kaapelikartat, joista näkyy työmaa-alueella sijaitsevien johtojen ja kaapelien sijainnit. (Espoon kaupunki 2024.) Kaivinkonekuljettaja lukee ennen kaivuutyön aloittamista ja myös sen aikana kaapeli- ja johtokarttoja, jotta hän on tietoinen niiden sijainnista.

## 2.3 Kaapelinäyttö

Ennen asfaltin kuorimista ja kaivuutyön aloittamista työnjohton tehtävä on tilata kaapelinäyttö työmaa-alueelle. Kaapelinäyttö nopeuttaa kaivinkonekuljettajan työtä, koska kaivinkonekuljettaja pystyy katsomaan näyttökuvasta kaapelien mahdollisen sijainnin. Kaapelinäytöstä saadaan myös lisätietoa kaapeleihin liittyen, esimerkiksi, että ovatko ne käytössä ja onko niissä kuinka iso jännite. Kaapelinäytöstä saatava tieto on suuntaa antavaa eli se voi poiketa todellisesta tilanteesta merkittävästikin ja on yleensä vuosikymmeniä vanhaa. Kaapelinäyttäjät pystyvät merkkamaan kaapelien yleiset linjat, mutta kaapelinäyttäjät ei voi tietää esimerkiksi sitä tekeekö kaapeli pienen kierroksen linjan ulkopuolella.

Kuvassa 1 havaitaan neljä kaapelia. Punamusta viiva tarkoittaa keskijännitekaapelia, pelkkä punainen on pienjännitekaapeli ja mustat rastit kertovat kaapelin olevan poissa käytöstä.



Kuva 1. Kuvakaappaus kaapelinäyttökuvasta.

Kaapelinäyttjä merkitsee työmaakäynnin aikana kaapelit spraymaalilla avulla tiehen, jotta kaivinkonekuljettaja tietää tarkemmin kaapelien sijainnin. Kaapelien fyysisessä merkitsemisessä pitää ottaa huomioon, että merkit voivat ajan kuluessa kulua pois. Tämän vuoksi kaapelinäyttö kannattaa tilata työmaalle uudestaan, jos kaapelien merkkaukset ovat kuluneet pois. Kaapelinäyttö on urakoitsijalle ilmainen, joten sen tilaamisesta ei menetä mitään. Kaapelinäyttö kannattaa kuitenkin tilata ajoissa, koska kaapelinäytön tilaamisessa on yleensä viiden arkipäivän varoaika. Kaapelinäytön lisäksi kaivinkonekuljettaja voi saada tietoa mahdollisista kaapeleista kiertämällä työmaata kaapelihakulaitteen kanssa.

Kunnallistekniikan saneeraukset tehdään monesti useiden vuosikymmenien välein, joten edellinen urakoitsija ei todennäköisesti ole saavutettavissa. Paikallisella rakennusvalvonnalla ja alueen asukkailla voi olla kuitenkin perimätietoa kohteesta. Kaikki kohteesta saatava tieto on hyödyllistä, koska tiedon avulla pystytään ennakoimaan.

### 3 Työvaiheet kunnallistekniikan saneerauksessa

Varsinaiset kaivutyöt alkavat vasta työmaan aitaamisen ja liikennemerkkien asentamisen jälkeen. Kaupunkialueella yleensä ensimmäinen työvaihe on asfaltin kuorinta. Asfaltin kuorinnan jälkeen edessä oleva kaivinkone alkaa kaivamaan maakerroksia pois haluttuun syvyyteen asti. Kaivutyön yhteydessä puretaan vanhat putket ja kaivot. Betoni ja asfaltti kerätään omaksi kuormakseen, koska ne ovat jätettä ja ne täytyy lain mukaan kierrättää asianmukaisesti. (Valtionneuvoston asetus jätteistä 978/2021, 26.) Myös eri maa-ainekset pyritään pitämään erillään, jotta niitä pystytään käyttämään uudelleen.

Tiheästi asutetulla alueella kaivinkone joutuu kaivamaan pieni kerros kerrallaan, jotta esiin tulevat putket ja kaapelit eivät vahingoittuisi. Kaupungissa maan alla voi olla todella paljon putkia ja kaapeleita, jotka hidastavat kaivutyötä merkittävästi. Perinteisesti kaivutyötä tekevä kaivinkone osallistuu arinan tekemiseen ja kaivantoa täyttävä kaivinkone tekee muut tien rakennekerrokset. Kaivutyön ja kaivannon täyttötyön voi tehdä myös sama kaivinkone, jos työmaa-alue on pieni.

Lapioija toimii kaivonkoneenkuljettajan apuna ylimääräisenä silmänä, koska koneen kuljettaja ei näe kauhan alle tai taakse. Lapiomiehen tehtävä on pysäyttää kaivinkone tarvittaessa ja kaivaa esimerkiksi kaapeli näkyviin, jotta koneen kuljettaja tietää sen sijainnin ja osaa kaivaa sen ympäriltä. Lapiojien tehtävänä on myös asentaa kaivantoon uudet jätevesi-, hulevesi- ja vesijohtoputket sekä -kaivot. Saneerauksen yhteydessä asennetaan yleensä myös uudet tonttihaarat ja palopostit. Vanhoja betonikaivoja saatetaan jättää vaihtamatta kustannussyistä.

Pohjaveden alapuolelle mentäessä lapiomiehet joutuvat laittamaan kaivannon pohjalle pumpun, jotta arinan teko on mahdollista. Jos kaivannon pohja on täynnä vettä, siellä olevaa maa-ainesta ei pystytä tiivistämään ja kaivannon pohjalla työskenteleminen vaikeutuu. Asennusalusta viimeistellään yleensä hienolla kiviaineksella, joka liejuuntuu sen joutuessa kosketuksiin veden kanssa.



Kuva 2. Kaivannon pohja on märkä.

Työmaa-alueella olevan pohjaveden laatu tulee selvittää, koska massanvaihdosta voi olla haittaa ympäristön kaivoille, jos työn aikana joudutaan alentamaan pohjavettä. Massanvaihto voi huonontaa veden laatua alueella ja siksi veden laatua pitää aktiivisesti seurata. (Hartman 2011.)

Kaivantoa täyttävän kaivinkoneen ja asentajan on huomioitava, että maata ei kannata tiivistää, jos kaivanto on syvimmillään ja sitä ei ole vielä tuettu kaivantotuella, koska silloin kaivannolla on suurin sortumisriski. Maan mahdollinen sortuminen voi aiheuttaa edessä olevalle kaivinkoneelle lisätyötä, mutta voi ennen kaikkea aiheuttaa onnettomuuden. Kun kaivannon pohjalle on saatu kaivantotuki oikeaan kohtaan ja se on täytetty maa-aineksella molemmilta puolilta, voidaan arkun pohjalle laittaa suodatinkangas. Suodatinkankaan tarkoitus on nimensä mukaisesti erottaa maa-ainekset toisistaan ja näin estää arinan painuminen esimerkiksi saven joukkoon. Suodatinkankaan päälle tehdään putkiarina, jonka päälle asennetaan putki.

Uuden putken asentaminen alkaa siitä, että asentaja laittaa putken päälle tai kaivon sisälle putkilaserin, josta pystytään asettamaan ja tarkistamaan arinan kaato. Jos kyseessä on ensimmäinen putki, tarkistetaan myös vesijuoksun korko tasolaserin avulla. Korko tarkistetaan myös jokaisen kaivon kohdalla, jotta varmistutaan, että putket ovat oikeassa korossa. Kaivinkone pystyy tarkistamaan koron ja putkilinjan suunnan 3d-mallista. Näiden toimenpiteiden lisäksi mittamies eli mittausteknikko käy säännöllisin väliajoin työmaalla tarkistamassa korot. Mittausteknikko tekee myös tarvittaessa tarkepisteitä kaivinkonekuljettajalle, jotta kaivinkone pystyy tarkistamaan, että GPS-laitteet toimivat.

Kun kaivinkone on kaivanut kaivannon ja kaivannon pohjalle on asetettu suodatinkangas, tehdään arina. Suodatinkankaan päälle kaadetaan soraa asentajan haluama määrä ja päälle laitetaan noin viiden sentin kerros 0–8 mm kiviainesta, jolla viimeistellään arinan korko. Kumpikin maa-aines tiivistetään huolellisesti. Kun arina on oikeassa korossa ja maa-aines tiivistetty, on putki valmis asennettavaksi, jolloin kaivinkone tai lapioija nostaa hulevesi- tai jätevesiputken kaivannon pohjalle ja se asennetaan. Asentaminen alkaa liukuaineen levittämällä tiivisteiden päälle, jonka jälkeen putkeen piirretään merkki, jotta tiedetään, milloin se on työnnetty pohjaan asti. Putken työntämisen toisen putken sisälle tekee yleensä asentaja rautakangen avulla, mutta joskus putki voi olla niin tiukassa, että se joudutaan työntämään kaivinkoneen kauhalla.

Kaivinkoneen kauhan ja putken väliin laitetaan puunkappale, jotta putki ei vahingoitu. Putken asentamisen jälkeen sen korko tarkistetaan ja aloitetaan maatayttö. Putken ympärille laitetaan 0–8 mm kokoista maa-ainesta, jotta karkea kiviaines ei vahingoita putkea.

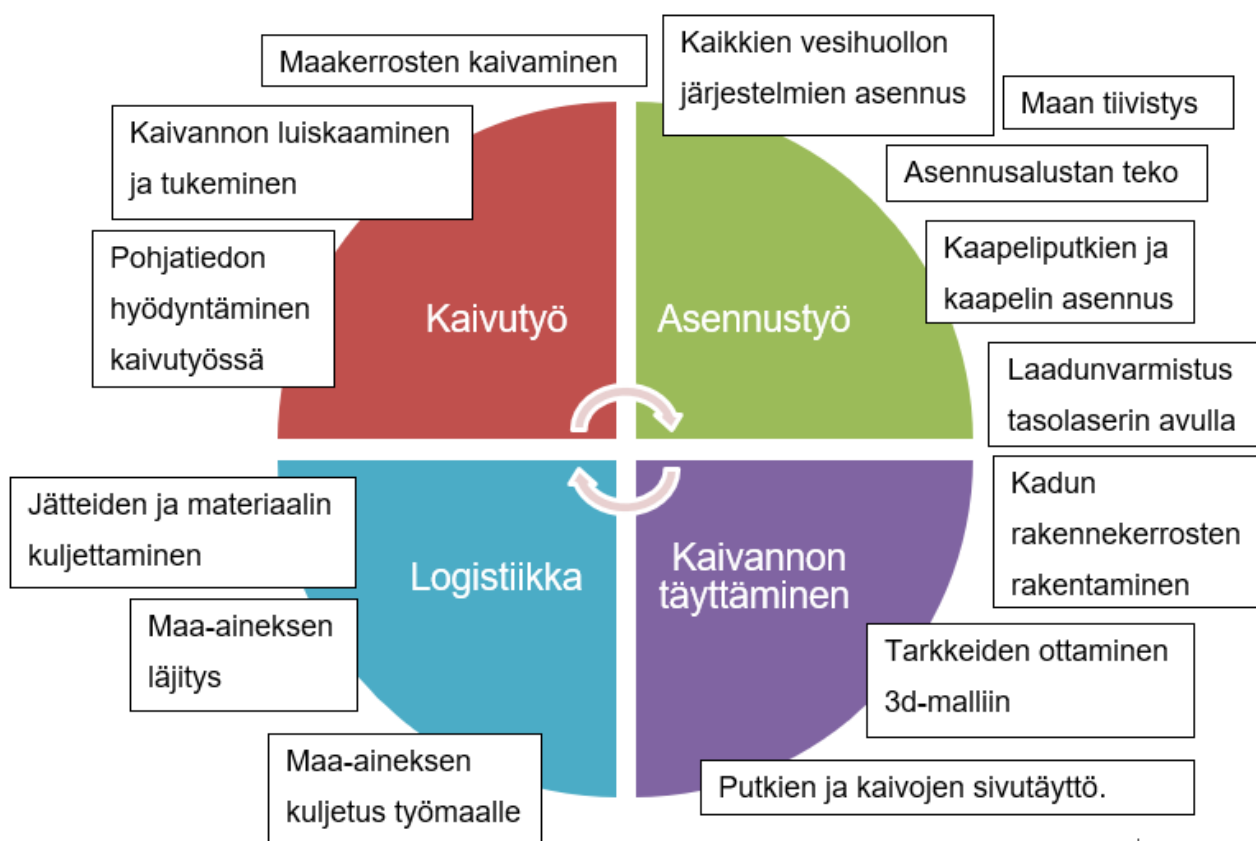
Vesijohtoputken asentaminen tehdään yleensä joko hitsaamalla tai mekaanisilla liitososilla. Mekaanisilla liitososilla on se etu, että niillä voidaan liittää myös märkiä putkia toisiinsa. Tämän vuoksi uuden vesijohdon liittäminen vanhaan linjaan tehdään mekaanisilla osilla. Vesijohtoputkia hitsatessa putkien on oltava kuivia ja hitsaamisen aikana putken ympäristössä ei saisi olla tärinää, jotta hitsiliitoksen tekeminen ei epäonnistu. Tämän lisäksi hitsaamisen aikana tulee ottaa huomioon se, että hitsattavan putken ja hitsimuhvin tulisi olla kohtisuorassa toisiinsa nähden, jotta varmistutaan liitoksen pitävyydestä.

Täyttötöyt on tehtävä pohjarakennussuunnitelmassa ja rakennepiirustuksissa esitettyjen maanpinnan lopullisten korkeuksien mukaan. Rakennusalueen nykyiset maanpinnan korkeudet on selvitetty pohjatutkimuksissa ja selviävät asemapiirroksista. Täyttötöyt on tehtävä häiriintymättömälle pohjalle ja täyttömateriaalin on oltava rakennuttaja hyväksymää sekä tierakenteeseen sopivaa. (Kosalev 2019.) Jokaisessa työvaiheessa maakerrokset tiivistetään huolellisesti ennen uuden kerroksen täyttämistä.

Maanrakennustyössä joudutaan ottamaan huomioon:

- Tehokkuus
- Varovaisuus
- Kommunikointi
- Laadun valvonta
- Dokumentointi
- Yhteistyö
- Turvallisuus
- Käytännön toteutus
- Riskit

Kuvan 3 prosessikaavio havainnollistaa maanrakennustyömaalla työskentelevien osapuolten rooleja eri työvaiheissa. Maanrakentamiseen liittyy todellisuudessa paljon enemmän työvaiheita, joten prosessikaavio on pelkistetty versio todellisuudesta. Prosessikaavion tarkoituksena osoittaa, että maanrakennustyömaalla työskentelevät osapuolet ovat riippuvaisia toisistaan. Maanrakennustyömaan osapuolten on odotettava välillä toisiaan, jotta ne pystyvät jatkamaan maanrakennustyötä.



Kuva 3. Maanrakennustyömaan roolit

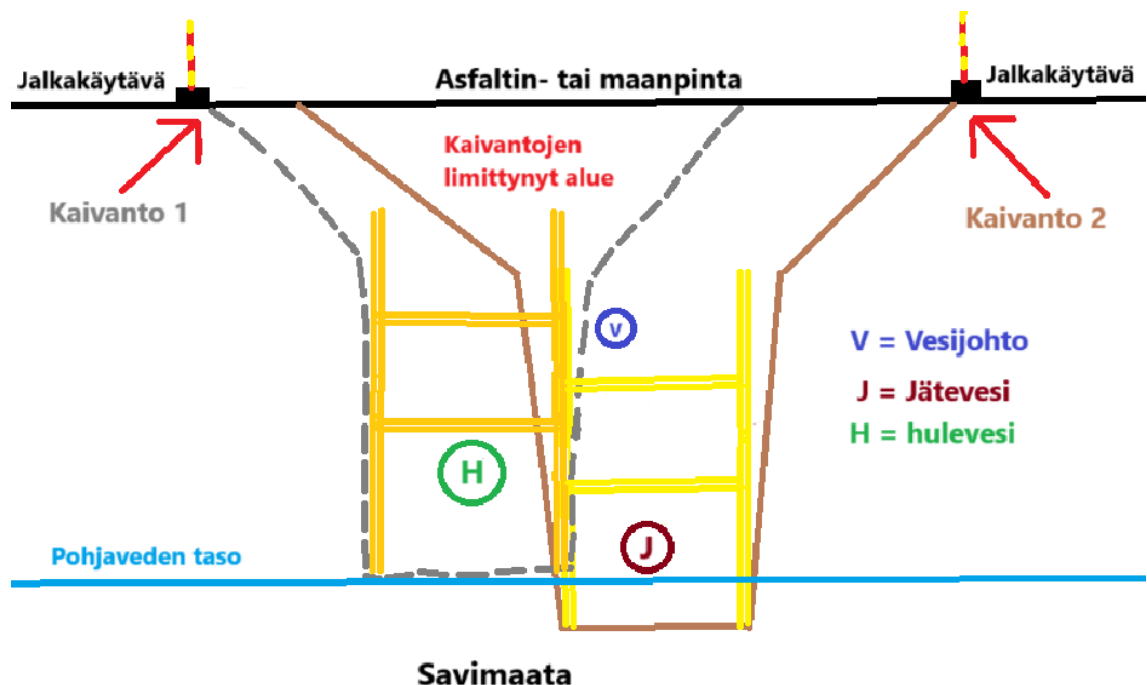
## 4 Työn toteutus

### 4.1 Työtapa

Työnjohdon pitäisi pystyä valitsemaan kaikkein tehokkain työtapa aikataulun ja kustannuksien kannalta olosuhteet samalla huomioiden. Työtapoihin vaikuttavat käytettävissä olevat työvälineet, materiaalit ja työmaan olosuhteet.

Esimerkki 1: Kaivetaanko tie kahteen kertaan auki vai uusitaanko kaikki kunnallistekniikan järjestelmät samalla kertaa?

Tie voidaan joutua kaivamaan auki kahteen kertaan esimerkiksi, koska putkien sijainti estää työn tekemisen yhdellä kertaa. Jos tie joudutaan kaivamaan kahteen kertaa auki, kaivinkone voi joutua kaivamaan ylös maakerroksia, jotka on jo kertaalleen rakennettu. Tämä johtuu siitä, että kaivanto joudutaan lähes aina luiskaamaan, joten vierekkäin olevien putkien kaivannot voivat limittyä. Kuvassa 4 esimerkki tilanteesta, jossa kaivanto limittyy.



Kuva 4. Kaivannot limittyvät.

Kuvasta 5 perusteella voidaan todeta, että putket ovat liian syvällä ja käytettävissä oleva tila on pieni, joten kaivanto on pakko tukea kaivantotukien avulla. Tie on kuvan tilanteessa myös pakko kaivaa auki kahteen kertaan, koska ei ole käytettävissä tarpeeksi leveää kaivantotukea, joka mahdollistaisi jätevesi- ja hulevesiputkien asentamisen samaan aikaan. Kaivantojen limittymisen takia maa-ainekset sekoittuvat ja joudutaan käyttämään enemmän esimerkiksi murskettä ja soraa. Ylimääräinen kaivaminen ja maa-aineksien kuljettaminen aiheuttaa aikataulun viivästymistä, jollei sitä ole huomioitu urakkalaskennassa. Turhaa työtä syntyy myös siinä, kun tie joudutaan käytännössä myös aitaamaan kahteen kertaan työmaan edetessä.

Esimerkki 2: Tehdäänkö kaikki tonttihaarat ja hulevesikaivot kadunrakennuksen yhteydessä vai tehdäänkö ne myöhemmin?

Tonttihaaroilla tarkoitetaan kadun varrella sijaitseville tonteille poikkeavia hulejäte ja vesijohtoputkia. Niiden rakentaminen hidastaa kadun alla sijaitsevat päälinjan rakentamista ja molempien kaivinkoneiden etenemistä kaivannossa. Tonttihaarojen tekeminen jälkikäteen on kuitenkin merkittävästi vaikeampaa, koska tie joudutaan kaivamaan osittain uudelleen auki ja joudutaan varomaan vanhan kunnallistekniikan lisäksi myös uutta kunnallistekniikkaa. Haarojen rakentamisessa täytyy ottaa myös huomioon ovatko ne tonttivarauksia varten vai liitetäänkö ne olemassa olevaan kunnallistekniikkaan, koska se vaikuttaa niiden rakentamisen ajankohtaan. Työnjohdon tehtävä on punnita työn suunnittelun ja toteuttamisen aikana työjärjestyksen tehokkuutta, koska työjärjestys vaikuttaa aikatauluun.

#### 4.2 Kaivannon tuenta ja luiskaaminen

Jos kaivantoa ei pystytä luiskaamaan ja mennään tarpeeksi syvälle, on kaivinkoneen nostettava kaivantoon kaivantotuki, jota kutsutaan myös aruksi. Kaivantotukia on paljon erilaisia ja niitä on mahdollista myös korottaa. Kaupunkialueella pelkkä luiskaaminen on yleensä mahdotonta, koska kadut voivat olla todella kapeita. Kaivantotuella estetään kaivannon sortuminen asennustyön aikana. Kaivantotukia ei kuitenkaan kannata käyttää turhaan,

koska niiden käyttäminen hidastaa työtä merkittävästi. Ponttiseinät ovat myös yksi vaihtoehto kaivantojen tukemiseen, mutta niiden käyttäminen häiritsee pohjamaata ja voi nostaa esimerkiksi pohjavettä kaivantoon.

Vanhan kunnallistekniikan ehjänä säilyttäminen on tärkeää, jotta ei jouduta korjaamaan urakkarajan ulkopuolella olevia asioita.

Kuvassa 5 näkyvillä teräsponteilla pystytään tarvittaessa tukemaan kaivannon reunalta esiin tulevat putket tai kaapelit, siten että teräspontti asetetaan kaivantoon poikittain, jolloin siihen pystytään kiinnittämään kuormaliinan avulla esimerkiksi kaukolämpöputkia tai kaivannon reunalla roikkuvia kaapeleita.



Kuva 5. Teräspontteja.

#### 4.3 Logistiikka

Sujuva logistiikka vaikuttaa olennaisesti aikatauluun, koska logistiikka on ensimmäinen pullonkaula kaivutyössä. Kaivutyön edellytyksenä on lähes aina, että kuorma-auto on tyhjän lavan kanssa kaivinkoneen takana, koska kaivinkoneen ei kannata läjittää maa-ainesta turhaan työmaalle. Maa-ainesten kuljetus on olennainen osa maanrakentamista, koska työmaa-alueelta vaihdetaan lähes aina maamassoja. Tämän takia maanottoipaikan ja läjitysalueen sijainnit pitäisi olla mahdollisimman lähellä työmaata, jotta kuljetusmatkat olisivat mahdollisimman lyhyitä.

Maa-aineksen kierrätys vähentää kustannuksia, mutta se ei ole aina mahdollista koska tien alkuperäinen maa-aines ei välttämättä täytä nykyaikaiselta tieltä haluttuja ominaisuuksia. Tien päällysrakenteessa on oltava tietyt maakerrokset, jotta se kestää suomen vaativia olosuhteita ja tien normaalia käyttöä. Tämän lisäksi tien rakenteen pitäisi myös suojella kunnallistekniikkaa. Tien päällysrakenteeseen voi kuulua mm. kulutuskerros, sidekerros, kantava kerros, jakava kerros, tukikerros, suodatinkerros ja suodatinkangas. Päällysrakenteen alla on pohjamaa. (Sikiö 2020.) Näiden lisäksi tien kerroksissa voi olla mm. kevennystäyttöä tai eristystä.

Asfaltoidulla katualueella käytetään yleensä kuorma-autoja maa-ainesten kuljetukseen. Kuorma-autoja on paljon eri kokoisia ja lavojen koot myös vaihtelevat. Kalusto kannattaa pyrkiä kuitenkin valitsemaan aina työmaan mukaan, koska ahtaalle kaupunkialueelle ei aina mahdu isoimmat kuorma-autot. Puoliperävaunuun mahtuu enemmän maa-ainesta kuin perinteiseen kuorma-autoon sen pitkän lavan ansiosta. Jos työmaa-alueen maasto ei salli kuorma-autojen käyttöä voidaan maa-aines kuljettaa esimerkiksi traktoreiden avulla, jotka pystyvät liikkumaan pehmeälläkin maalla.

Pitkillä kuljetusmatkoilla käytetään yleensä kuvan 6 kaltaisia kasettiautoja, koska niissä on kaksi lavaa eli pystytään kuljettamaan enemmän maa-ainesta kerralla. (Hartman 2011.) Kasettiauton käyttö voi olla kuitenkin hankalaa, jos kunnallistekniikka sijaitsee ahtaalla kaupunkialueella, koska kasettiauton käyttäminen vaatii kääntöpaikan.



Kuva 6. Kasettiauto.

Logistiikan tehokkuuteen vaikuttaa se, että miten paljon maa-ainesta pystytään viemään kerralla ja kuinka kauan maa-aineksen vieminen kestää. Kuorma-auton kyky kuljettaa maa-ainesta riippuu sen lavan koosta ja kantavuudesta. Tieliikennelaissa on määritelty kuorma-autolle suurimmat sallitut kokonaismassat. Kokonaismassa voi olla suurempi, jos kuorma-autossa on enemmän akseleita, joka voidaan todeta myös alla olevasta taulukosta.

Taulukko 1. (Tieliikennelaki 10.8.2018/729, 117: liite 6.3).

Kuorma-auto	Suurin sallittu kokonaismassa
2- akselinen kuorma-auto	18 tonnia
3- akselinen kuorma-auto	25/26/28 tonnia
4- akselinen kuorma-auto	31/35 tonnia
5- akselinen kuorma-auto	42 tonnia

#### 4.4 Laadun vaikutus aikatauluun

Laadun vaikutus aikatauluun on olennainen, koska laatupoikkeamat joudutaan lähes aina korjaamaan ja mihinkään urakkaan ei ole laskettu työn kahteen kertaan tekemistä. Laadun tarkkailua tekee työmaalla kaikki osapuolet, mutta työnjohto on kuitenkin lopullisessa vastuussa laadusta. Laadun seuraamiseen kuuluvat mm. dokumentointi, työn seuraaminen paikan päällä, korkojen ja tarkistaminen. Laadun seuraamisessa on tärkeää kriittinen ajattelu, tarkkaavaisuus ja asiantuntemus seurattavasta asiasta. Laatupoikkeamien huomaaminen mahdollisimman ajoissa on tärkeää, jotta korjaustoimenpiteet helpottuvat.

Maanrakentamisessa on tärkeää, että asiat asennetaan täysin oikeaan sijaintiin ja korkoon. Esimerkiksi hulevesikaivon sijainti on hyvin tärkeä, koska kaivon toiminta perustuu siihen, että se sijaitsee kadun matalimmassa kohdassa, jotta vedet ohjautuvat kaivoon. Hulevesikaivo sijaitsee myös yleensä kadun reunakivien läheisyydessä, joten kaivo on asennettava n. 10 senttimetrin tarkkuudella oikeaan sijaintiin, jotta kaivoa ei jouduta siirtämään myöhemmin. Putkien korot ovat erittäin kriittinen asia laadun kannalta, koska ne sijaitsevat syvällä maakerroksien alla ja väärän koron korjaaminen voi osoittautua erittäin kalliiksi. Korjaaminen on hidasta, koska yleensä pitää pystyä samalla säilyttämään ehjänä väärin asennettu putki tai kaivo.

Työmaan loppuvaiheessa tehdään vesijohdon painekokeet ja otetaan vesinäyte. Painekokeen onnistuminen ja vesinäytteen puhtaus on tärkeää aikataulun kannalta, koska niiden avulla saadaan selville, onko rakentamisen laatu ollut hyvää ja, että joudutaanko työmaa-alueella tekemään korjaustoimenpiteitä. Painekokeen epäonnistumisen voi aiheuttaa esimerkiksi huonosti tehty hitsiliitos, joka vuotaa. Tällöin joudutaan etsimään vuotava liitoskohta ja tekemään sen uudelleen.

Vesijohto joudutaan puhdistamaan, jos vesinäytteestä löytyy bakteereita yli sallitun rajan. Vesinäytteen puhtaus on tärkeää, koska vesijohtoputken puhdistaminen viivästyttää aikataulua. Vesijohdon puhdistaminen ei myöskään ole ilmaista vaan se aiheuttaa lisäkustannuksia työmaalle. Vesijohtoa ei voi liittää vanhaan vesijohtoverkkoon ennen kuin on selvitetty, että vesijohto täyttää vaaditut laatuvaatimukset ja siksi työmaan luovutus voi viivästyä. Vesijohdon puhtauteen voidaan vaikuttaa työnaikaisesti huolehtimalla putkien ja liitososien puhtaudesta. Vesijohtoputken pään tulppauksella pystytään estämään epäpuhtauksien päätyminen putkeen urakan aikana.

#### 4.5 Materiaalien merkitys aikataululle

Materiaalien tilaaminen on yksi tärkeimpiä työnjohdon tehtäviä. Materiaalien tilaaminen ja riittävä ennakointi niiden tilaamisessa vaatii työnjohdolta kokemusta ja ammattitaitoa. Materiaaleja on oltava riittävä määrä ja niiden pitää olla saatavilla, kun niitä tarvitaan, jotta työnteko ei keskeydy materiaalien puutoksen takia. Materiaalien tilaamisessa käytetään apuna tilaajan toimittamaa määrä- ja mittaluetteloa ja asemapiirustusta, mutta ne harvoin sisältävät kaikkia tarvittavia materiaaleja. Kunnallistekniikan saneerauksessa suunnitelmat ovat yleensä suuntaa antavia, koska ei ole välttämättä tarkkaa tietoa minkä kokoisia putkia on maassa ja missä ne sijaitsevat. Tämän takia tarvittavat liitososat voidaan tietää vasta kun maan alla oleva kunnallistekniikka on kaivettu esiin.

Urakkasopimuksessa määritellään sitoutuuko tilaaja ja urakoitsija määrä- ja mittaluettelon määriin vai ovatko ne suuntaa antavia. Määrä- ja mittaluettelon sitoutuminen tarkoittaa, että tilaaja maksaa kaikki määrä- ja mittaluettelon mukaiset materiaalit ja niihin liittyvät työt huolimatta siitä kuinka paljon todellisuudessa materiaaleja kuluu. Tämä pätee myös toisinpäin, eli jos tilaaja sitoutuu määrä- ja mittaluettelon määriin, joutuu urakoitsija tekemään kaikki urakkaohjelman mukaiset työt, vaikka määrä- ja mittaluettelo poikkeaisikin työmaan todellisesta tarpeesta. Jos määrä- ja mittaluettelo on suuntaa antava, maksaa tilaaja materiaaleista todellisen toteuman mukaan. Urakoitsija pystyy vaikuttamaan aikataulun toteutumiseen jo laskentavaiheessa, jos se pystyy arvioimaan työmaan materiaalintarpeen ja työmäärän tarkemmin kuin tilaaja ja tekemään hyvän sopimuksen tilaajan kanssa.

Materiaalien tilaamisessa työnjohdon täytyy ottaa huomioon toimitusajat, jotta tilaukset tulee tehtyä riittävän ajoissa. Materiaalien saapuessa työmaalle työnjohto suorittaa niille vastaanottotarkastuksen, jotta varmistutaan mahdollisimman ajoissa, että materiaalit ovat oikeita, niitä on oikea määrä ja että ne ovat ehjiä. Tarvittaessa työnjohto reklamoi, jos toimituksessa on virheitä.

## 5 Työn nopeuttaminen

### 5.1 Työnjohto

Työnjohdon rooli millä tahansa työmaalla on tärkeä, koska työn laatua ja etenemistä täytyy valvoa. Työnjohdon tärkeimpänä tavoitteena on kuitenkin luoda olosuhteet, jossa työntekijät pystyvät tekemään työtään keskeytyksettä ja ilman ongelmia. Jos työntekijöillä ei ole mahdollisuutta tehdä työtä, on aikataulun toteutuminen mahdottomuus. Työnjohdon tulisi huolehtia, että työntekijöiden käyttämä aika kuluisi mahdollisimman tehokkaasti fyysisen työn tekemiseen. Yksi työnjohdon tärkeimmistä tehtävistä on ohjeiden antaminen selkeästi siten, että kaikki ymmärtävät ne. Huonot ohjeet saadessaan työntekijä joutuu pohtimaan, että mitä työnjohtaja mahdollisesti tarkoitti ohjeillaan. Pahimmillaan työntekijä saattaa joutua tekemään itse suunnitelman työn toteutuksesta ja ratkaisemaan siihen liittyviä ongelmia, koska työnjohdon ohjeet eivät olleet tarpeeksi kattavat.

Työnjohto tekee työmaalle yleisaikataulun ja viikkoaikataulut, koska niiden avulla pystyy seuraamaan työn etenemistä. Työntekijät eivät välttämättä saa niistä kuitenkaan konkreettista hyötyä omaan työhönsä, koska aikataulu voi olla päivätasolla liian abstrakti asia työn etenemisen hahmottamiseen. Tämän vuoksi konkreettisempien ja pienempien tavoitteiden asettaminen on tärkeää. Työnjohto voi antaa tavoitteeksi esimerkiksi kolmen uuden viemäriputken asentamisen päivän aikana. Konkreettisten tavoitteiden avulla työntekijät pystyvät seuraamaan paremmin omaa onnistumistaan. Tavoitteiden asettamisessa työnjohdon pitää kuitenkin huomioida, että niiden tulee olla realistisia, jotta niistä on hyötyä.

## 5.2 Työn rytmitys

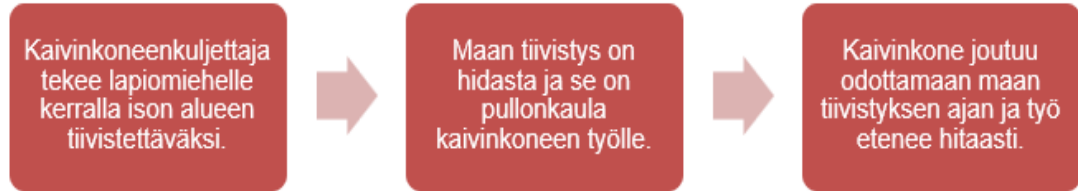
Työn oikeanlainen rytmitys on tärkeää, koska kaikki työmaan osapuolet ovat riippuvaisia toistaan. Rytmityksellä tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että työ järjestetään siten, että jokaiselle työmaan osapuolelle tulee mahdollisimman vähän odotteluaikaa. Maanrakentamisessa jokainen työvaihe kestää X-määrän aikaa ja siksi on tärkeää pyrkiä rytmittämään työ siten, että kaikki työmaalla pystyvät työskentelemään edes osittain samaan aikaan. Yhden tahon este työnteolle on nopeasti myös este muiden työnteolle, koska on monia työvaiheita, joita ei voi aloittaa ennen, kun toinen on tehty loppuun. Yksinkertaisin esimerkki tästä on maan tiivistys. Kuvassa 8 kaivannon maa-aineksen tiivistämiseen käytettävät työvälineet:



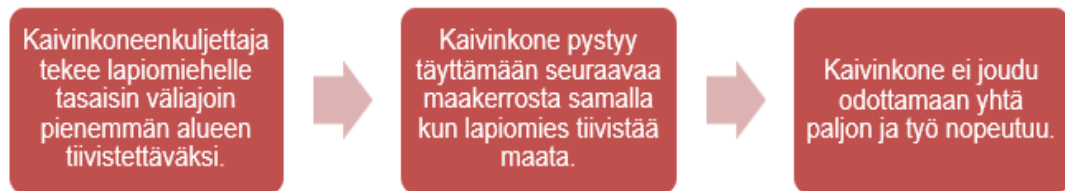
Kuva 7. 90 kilon ja 400 kilon tärylevyt.

Kuvan 9 prosessikaavio, havainnollistaa esimerkin avulla työn rytmittämistä.

Esimerkki työn huonosta rytmittämisestä:



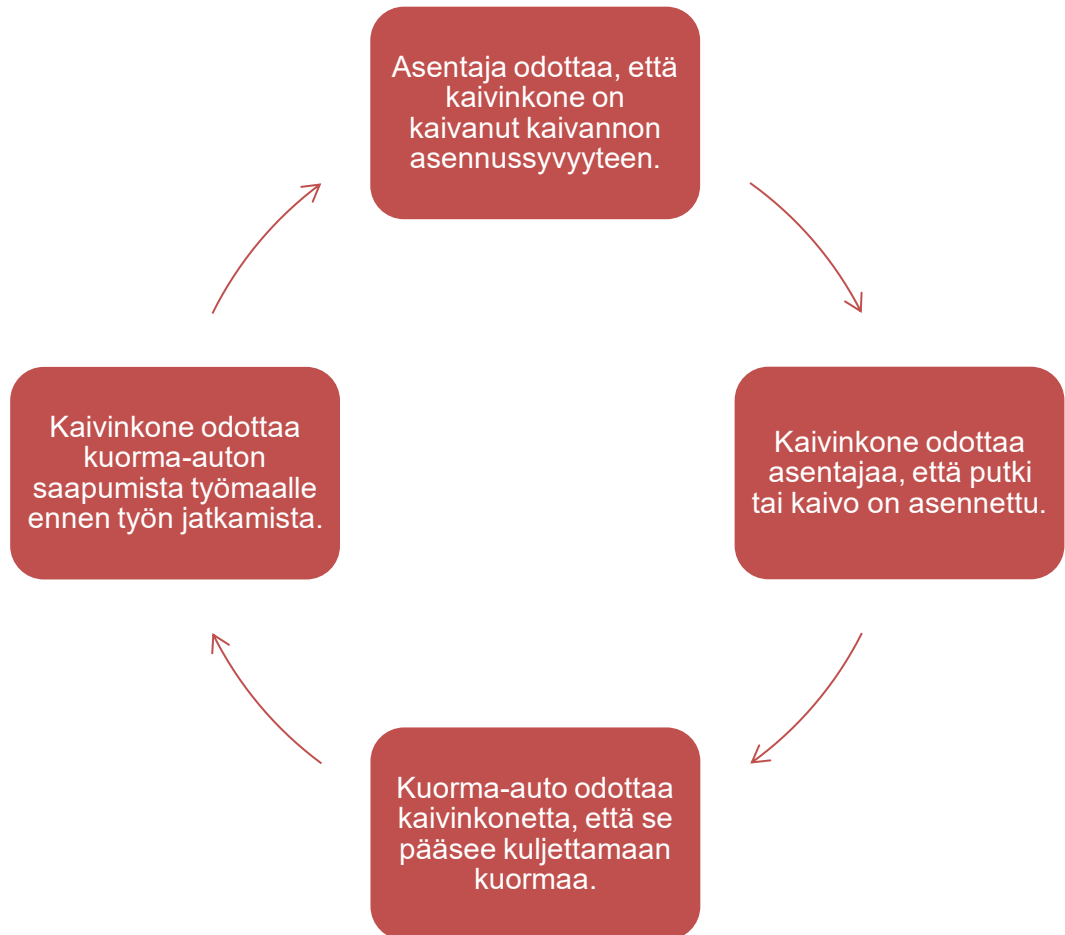
Esimerkki työn hyvästä rytmittämisestä:



Kuva 8: Työn rytmittäminen.

Kaivinkoneiden on rytmitettävä työnsä siten, että niiden eteneminen on yhtä nopeaa, jotta ne eivät hidastaisi toistensa etenemistä. Kaivinkoneet joutuvat ottamaan huomioon etenemisessään sen, että kaupunkialueella kaivanto aiheuttaa merkittävän esteen tien käyttämiselle. Tämän takia edessä oleva kaivinkone ei voi kaivaa kaivantoa koko tien pituudelta auki, koska se joutuu odottamaan perässä tulevaa kaivinkonetta, jotta liikenne olisi mahdollisimman vähän aikaa estynyt. Kaivinkoneet ovat siis riippuvaisia toistensa etenemisestä, joten työn rytmittäminen on erittäin tärkeä osa maanrakentamista. Työnjohto tai kaivinkonekuljettajat voivat tarvittaessa jakaa työtehtävät uudelleen, jolloin esimerkiksi kaivutyötä tekevä kaivinkone voi tehdä osan kaivantoa täyttävän kaivinkoneen työvaiheista tai toisinpäin.

Kuvassa 9 havainnollistus työmaan osapuolten riippuvuussuhteista.



Kuva 9. Maanrakennustyömaan riippuvuussuhteet.

Kaivinkoneet ovat maanrakentamisessa ylivoimaisesti tehokkaimpia ja tärkeimpiä työvälineitä hydraulisen voimansa ansiosta. Niiden toiminta rytmittää paljon asentajien ja kuorma-autojen toimintaa, koska maanrakentamisessa ne ovat riippuvaisia toisistaan. Tämän vuoksi työnjohton pitäisi erityisesti keskittyä kaivonkoneiden työn helpottamiseen ja tehostamiseen. Kaivonkoneiden työn tehostamiseen kuuluu se, että työnjohto arvioi työtehtävien tärkeysjärjestyksen ja pyrkii jakamaan kaivonkoneille yhtä paljon työtehtäviä. Jos kaivantoa täyttävällä kaivonkoneella on paljon enemmän työvaiheita sen, eteneminen hidastuu ja edessä oleva kaivonkone joutuu odottamaan. Jos molemmilla

kaivinkoneilla on yhtä paljon työtä, odotteluaika vähenee ja työ tehostuu. Työnjohdon tehtävä on jatkuvasti arvioida työtehtävien jakoa ja resurssien mitoitusta, jotta työhön saadaan mahdollisimman hyvä rytmi, jolloin kaikki työmaan osapuolet työskentelevät mahdollisimman paljon samaan aikaan.

### 5.3 Riskienhallinta

Rakentamisessa riskienhallintaan kuuluu olennaisesti työturvallisuudesta huolehtiminen kuten esimerkiksi suojavälineiden käyttö, työmaan aitaaminen ja turvalliset työskentelytavat. Aikataulun kannalta on tärkeää, että työturvallisuudesta huolehditaan, koska onnettomuus aiheuttaa aina työn keskeytymisen. Maanrakentamisessa yleisimmät riskit aikataulun kannalta sijaitsevat kuitenkin maan alla. Käytössä olevien putkien tai kaapelien rikkoutuminen on aina vaarana kaivutyössä. Tämän vuoksi työmaalla kannattaa olla riskisuunnitelma siltä varalta, jos kaivinkone kaivaa vahingossa käytössä olevan vesijohdon tai kaapelin poikki.

Riskisuunnitelma voi olla fyysinen paperi tai kaikkien tiedostama toimintamalli. Olennaisinta riskisuunnitelmassa on, että työntekijät ja työnjohto tietävät etukäteen, miten toimitaan vahingon sattuessa. Riskisuunnitelma siis nopeuttaa vahinkoon reagoimista. Esimerkiksi aina ennen kaivutyön aloittamista työntekijöiden kannattaa etsiä lähimmät venttiilit, joista vesijohdon saa suljettua mahdollisen vuodon sattuessa. Venttiiliavaimen sijainti ja samalla venttiilien toimivuus kannattaa myös tarkistaa, jotta pystytään varmistumaan vedenkulun sulkemisen mahdollisuudesta hätätilanteessa. Venttiilien toimivuuden voi tarkistaa yksinkertaisesti niitä kääntämällä ja katsomalla kääntyvätkö ne ympäri.

Jos kaivanto täyttyy vedellä, usein kaivannon reunat alkavat pettää ja kaivannon pohjalla olevaan putkeen menee maa-ainesta. Ylimääräisen veden pumppaamiseen ja menee paljon aikaa. Jos kaivannossa on jo kaivantotuki, joudutaan ylimääräinen maa-aines lapioimaan pois käsin, joka on hidasta. Jos taas jätevesi- tai hulevesiputkeen on mennyt maa-ainesta, joudutaan tilaamaan pumppuauto, joka tulee pesemään putken.

Käytössä olevan sähkökaapelin rikkoutuminen voi aiheuttaa laajoja sähkökatkoja ja sähkökaapeli joudutaan korjaamaan mikä aiheuttaa työn katkeamisen tai hidastumisen. Vahinkojen korjaamiseen menee yleensä paljon aikaa, joten on tärkeää pyrkiä vähentämään ennakoinnilla ja omalla toiminnalla mahdollisten vahinkojen laajuutta.



Kuva 10: Vahingoittunut sähkökaapeli

#### 5.4 Resurssien mitoitus

Maanrakennustyömaan resursseihin kuuluu työkoneet, materiaalit ja työntekijät. Aikataulunhallinnassa resurssien oikeanlainen mitoitus on tärkeää. Laskentavaiheessa urakalle annetaan tietyt resurssit, mutta urakan aikana resurssien riittävyyttä tulee jatkuvasti uudelleen arvioida, jotta saavutetaan urakalle annettu aikataulutavoite ja mahdolliset välitavoitteet. Aikataulua ja budjettia seuraamalla pystytään arvioimaan työntekijöiden ja työkoneiden työsaavutusta uudelleen urakan aikana ja muuttamaan niiden määrää tarvittaessa, koska laskettuihin työtehoihin ei voi luottaa sokeasti.

Yleensä kunnallistekniikan saneerauksessa urakoitsijalla on käytössään kaksi tai kolme kaivinkonetta. Yksi kaivinkone tekemässä pääasiassa kaivutyötä ja 1–2 täyttämässä kaivantoa. Kaivannon täyttäminen voi olla hitaampaa, koska samalla joudutaan rakentamaan tien rakennekerrokset ja tekemään kunnallistekniikan asennustyö. Yleensä yhdellä kaivinkoneella on käytössään yksi kuorma-auto ja yksi lapiuoja. Työvoiman mitoitus tehdään kuitenkin yksilöllisesti urakan vaatimien töiden mukaan. Kaupunkialueella resurssien mitoitukseen vaikuttaa saneerauksissa yleensä tilanpuute, koska se rajoittaa kaivinkoneiden ja kuorma-autojen määrää. Kaupunkialueella on yleistä, että tilaaja vaatii urakoitsijaa säilyttämään jalankulun alueella. Tilanpuutteen vuoksi resurssien lisääminen voi olla haastavaa, jos aikataulusta jäädään jälkeen.

Jos projektiin varattu työryhmä alkaa jäädä aikataulusta jälkeen on työnjohdon reagoitava mahdollisimman nopeasti muuttamalla resurssien määrää tai muuttamalla työryhmää. Työryhmän vaihtaminen on kuitenkin harvoin realistinen vaihtoehto, jolloin urakoitsijan on pyrittävä ratkaisemaan työryhmän etenemisen ongelmat työmaalla. Nopea reagointi aikataulun hidastumiseen on tärkeää, koska aikataulun kiinni ottaminen on vaikeaa.

Aikataulun nopeuttaminen vaatii lähes aina lisäresursseja tai työtävän muutosta, koska alkuperäisen aikataulun toteutumiseen ei riitä enää normaali työsuoritus. Työmaan työtehtävät tulisi pyrkiä jakamaan tasaisesti, koska epätasainen työnjako aiheuttaa tilanteen, jossa toisesta kaivinkoneesta syntyy pullonkaula toisen työskentelylle. Työmaalla voi tulla esimerkiksi tilanne, että kaivantoa täyttävä kaivinkone etenee hitaammin kuin kaivutyötä tekevä kaivinkone, jolloin kaivannon eteneminen hidastuu. Tällöin työnjohdon tulisi jakaa työtehtävät tasaisemmin tai lisätä resursseja kaivannon täyttämiseen muulla tavoin.

## 5.5 Urakkatyön ongelmat maanrakentamisessa

Urakka- ja tuntityössä on merkittävä ero työntekijän motivaation kannalta, koska urakkapalkalla työntekijä vaikuttaa jatkuvasti omalla toiminnallaan palkkionsa suuruuteen. Urakkatyön pitäisi teoriassa olla tehokkaampaa ja nopeampaa, mutta tästä huolimatta maanrakennustyömailla tehdään harvoin työtä urakkapalkalla. Se johtuu yksinkertaisesti maanrakentamisen ja etenkin saneeraukseen liittyvästä epävarmuudesta. Saneerauksen kaivutyön yhteydessä maan alta paljastuu hyvin usein yllätyksiä, jotka hidastavat työtä tai pysäyttävät työn hetkeksi.

Maanrakennukseen liittyy siis riskejä, jotka tekevät urakkatyön kannattamattomaksi. Teoriassa urakkatyö olisi mahdollista, mutta aliurakoitsijalle tai työntekijälle ei ole houkuttelevaa tehdä työtä urakkapalkalla, koska saneerausurakassa pystytään harvoin ennustamaan laajoista pohjatutkimuksista huolimatta, että mitä maan alla on. Tämän takia lähes poikkeuksetta jokaisella työmaalla asioita, jotka poikkeavat suunnitelmista, koska suunnitelmat on tehty vajaan tiedon perusteella. Tämän vuoksi on vaikea laskea, että miten nopeasti työ pystytään suorittamaan.

Helposti ennustettava työsuoritus kuten esimerkiksi kallion louhinta pystytään pilkkomaan omaksi urakaksi, mutta sama ei toimi kaivutyössä sen arvaamattoman luonteen vuoksi. Maanrakennus urakkaan joudutaan sen vuoksi laskemaan riskivara, joka lisää kustannuksia. Aliurakoitsijan pitäisi jokaiseen urakan osaan laskea oma riskivara, jotta työn tekeminen olisi kannattavaa. Tämän vuoksi pääurakoitsijalle ei ole houkuttelevaa pilkkoa urakkaa osiin.

Urakkatyön tilalla maanrakentamisessa voisi paremmin toimia järjestely, jossa tuntipalkan päälle maksettaisiin palkkioraha, jos tiettyyn aikataulu- tai kustannustavoitteeseen päästään. Tässä tapauksessa pääurakoitsija säästää rahaa aikataulun toteutumisen myötä ja työntekijät saavat palkkion tuloksen perusteella. Näin molemmat osapuolet hyötyisivät. Tämänkaltainen toimintamalli on kuitenkin harvinainen infrarakentamisessa.

## 5.6 Digitalisaatio ja sen hyödyntäminen

Maanrakennustyömailla on yleistynyt paljon 3d-mallien käyttäminen ja monessa kunnassa 3d-ohjausjärjestelmät ovat jo pakollisia. Kaivinkone pystyy tarkastamaan esimerkiksi korkoja, putken suunnan ja eri asioiden sijainnin 3d-mallin avulla. Aikataulun kannalta tärkeää 3d-mallennuksessa on se, että 3d-mallennuksen avulla kaivanto pystytään helposti kaivamaan juuri oikeaan korkoon.

Esimerkiksi 10 sentin heitto 1,5 metriä leveään kaivannon pohjan korossa tarkoittaa 2 kilometrin matkalla 300 kuutiota turhaan kaivettua maata. Jos neliakselisen kuorma-auton lavalle menee 12 kuutiota maa-ainesta joutuisi kuorma-auto tekemään 25 ylimääräistä kuorman viemistä. Jos esimerkiksi kuorma-auton edestakaiseen matkaan menee puoli tuntia, joutuu kaivinkone 300 kuution viemisen aikana odottamaan 12,5 tuntia eli pelkästään logistiikasta aiheutuisi 12,5 tunnin verran myöhästymistä aikatauluun. Jos otetaan huomioon myös 300 kuution kaivamiseen käytetty aika, voidaan viivästyminen kertoa kahdella, joten 10 sentin koronheitosta aiheutuu n. 25 tunnin viivästyminen aikatauluun. Aikataulun viivästymisen lisäksi aiheutuisi myös palkka ja polttoainekuluja. Koron tarkistamisen helppouden vuoksi 3d-koneohjaus nopeuttaa työtä ja säästää resursseja.

3d-koneohjaukseen ei voi kuitenkaan luottaa sokeasti, koska se toimii GPS-järjestelmän avulla. GPS-järjestelmä ei välttämättä aina toimi, jos kaivinkone on satelliittien katvealueella esimerkiksi korkeiden rakennusten välissä. Myös GPS-häirintä on yleistynyt Suomessa viime vuosina. GPS-häirintä kohdistuu kuitenkin enemmän ilmailuun. Vuonna 2024 maanpinnalla tapahtuneita GPS-häiriöitä on ilmoitettu Traficomille vain viisi. Maanpinnalla GPS-häiriöt ovat yleensä lyhytaikaisia ja paikallisia, joten niistä ei ole pidempää haittaa. (Traficom 2024.) GPS-järjestelmä voi myös häiriintyä hetkellisesti esimerkiksi aurinkomyrskyjen vuoksi. Tämän vuoksi mittateknikko antaa kaivinkoneelle korkopisteitä, joista kaivinkone pystyy tarkistamaan koron. Myös asentajat tekevät jatkuvaa laadunvarmistusta tarkistamalla tasolaserin avulla kaivojen kohdalla koron.

Laadunvarmistus myös helpottuu, koska kaivinkoneenkuljettaja pystyy tekemään tarkepisteitä 3d-malliin, josta pystytään tarkistamaan jälkikäteen asioiden tarkka sijainti. Esimerkiksi, jos asennetaan kaivo, kaivinkone pystyy merkitsemään kaivonkannen tarkan sijainnin ja koron 3d-malliin. Tästä on hyötyä esimerkiksi asfaltoinnissa, koska asfalttimiesten ei tarvitse etsiä kaivonkansia, jos ne ovat jääneet maan alle piiloon. Kaivonkansien etsintä tapahtuisi ilman 3d-mallia yksinkertaisesti metallinpaljastimella.

Metallinpaljastimessa on kuitenkin se ongelma, että maan alla voi olla jotakin muutakin metallista kuin kaivonkansia, joka tietenkin vaikeuttaa kansien etsimistä. Sen lisäksi maakerros voi olla liian paksu kaivonkannen päällä, jolloin metallinpaljastin ei hälytä.

Tarkkeiden ottamisesta on hyötyä myös silloin, jos joudutaan myöhemmin korjaamaan jotain, koska tiedetään esimerkiksi putken sijainti hyvin tarkkaan, joten sen esille kaivamiseen menee huomattavasti vähemmän aikaa ja putki säilyy myös todennäköisemmin ehjänä. Korkopisteiden dokumentointi on myös tärkeää tulevaisuuden varalta, jotta pystytään piirtämään tarkempia karttoja ja mahdollisesti säästämään resursseja tulevaisuudessa. Kaivinkonekuljettaja joutuu kuitenkin huomioimaan tarkepisteiden tekemisessä sen, että 3d-malli on täynnä muitakin tietoa, joten tarkepisteitä ei kannata ottaa liikaa, jotta 3d-mallista ei tule liian sekava.

Toinen asia, joka on yleistynyt maanrakentamisessa, on kuvallinen dokumentointi. Kuten edellisessä kappaleessa kerrottiin dokumentointia voi tehdä myös 3d-malliin tarkkeiden muodossa, mutta myös kuvallinen dokumentointi on tärkeää. Työn dokumentointi on ensisijaisesti tapa todistaa ja varmistaa työn laatu, mutta sillä voi olla hyötyä aikataulun näkökulmasta, koska se nopeuttaa virheiden korjaamista. Dokumentointi on niin kauan turhaa, kunnes tapahtuu vahinko ja tulee tarve tietää, että mitä maan alle on laitettu ja mihin kohtaan. Dokumentointi vie hyvin vähän aikaa verrattuna siihen, miten paljon siitä voi olla mahdollisesti hyötyä vahinkotilanteessa, joten työn dokumentointi on erittäin tärkeää. Nykypäivänä vahingot tulevat ilmi lähes aina jo urakka-aikana, koska putkilinjat kuvataan sisältäpäin ennen niiden luovutusta.



Aikataulun seuraaminen ja niiden jatkuva päivittäminen on tärkeä osa työnjohtajan työtä. Aikataulu on työnjohtajalle ensisijaisesti työkalu, koska se auttaa jäsentämään ajatuksia ja luo selkeän kuvan työmaan ajallisesta etenemisestä. Aikataulu auttaa työnjohtoa ennakoimaan mitä tapahtuu esimerkiksi seuraavalla viikolla tai seuraavana kuukautena. Sen avulla työnjohtaja pystyy hankkimaan työmaalle tarvittavat materiaalit, henkilöt ja muut resurssit ajoissa, jotta työhön ei tule urakka-aikana seisahduksia.

Ennakointiin kuuluu myös se, että työnjohto varmistaa, että työmaalla löytyy aina seuraava alue, jossa voidaan työskennellä, kun edellinen tulee valmiiksi. Seuraavalla alueella työskenteleminen voi vaatia toimenpiteitä ennen varsinaisen työn aloittamista, kuten esimerkiksi liikennejärjestelyitä, tiedottamista tai ohipumppauksen järjestämistä. Työnjohdon ennakoivat toimenpiteet helpottavat työntekijöiden työtä, koska he voivat keskittyä itse työn tekemiseen eikä aikaa kulu asioiden järjestelyyn tai ajatustyöhön, joka kuuluu yleensä työnjohdon työtehtäviin. Työnjohdon rooli aikataulunhallinnassa on merkittävä, koska työnjohto on ainoa taho työmaalla, joka seuraa aktiivisesti aikataulun kehittymistä ja on vastuussa siitä.

Kunnallistekniikan saneerauksessa aikataulunhallinnassa on tärkeää nopea reagointi, jotta mahdolliset ongelmat saadaan ratkaistua siten, että ne eivät aiheuta liikaa viivästystä aikatauluun. Suunnitelmapoikkeamien ilmentyminen urakan aikana on lähes varmaa, mutta ne tulevat esiin vasta työmaan edetessä. Urakoitsija pystyy vaikuttamaan aikatauluun myönteisesti rauhallisella ja nopealla reagoinnilla ongelmien ilmetessä. Aikataulunhallinnassa on ratkaisevaa reagoida aikataulun viivästymiseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa työtappaa tai resursseja muuttamalla. Aikataulunhallinnassa on myös tärkeä muistaa kommunikoida tilaajan kanssa ja tarvittaessa pyytää työmaakokouksessa lisäaikaa urakalle, jos lisätyöt aiheuttavat viivästymistä aikatauluun ja työmaa uhkaa mennä sakoille. Tilaajan ei tarvitse myöntää lisäaikaa työmaan loppuvaiheessa, ellei sen tarve ole tullut ilmi urakoitsijan toimesta työmaakokouksissa urakan aikana.

Aikataulutyyppin valinnalla on merkitystä, koska aikataulun pitäisi pystyä kuvaamaan riittävän tarkasti aikataulun etenemistä ja helpottaa työn suunnittelua. Erilaisia aikataulutyypppejä ovat mm. jana-aikataulu, paikka-aikakaavio, vinjetti ja tuotantoaikakaavio. Lähde: (Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS, 2012.) Kunnallistekniikan saneerauksessa viikkoaikataulun seuraamiseen riittää yksinkertainen paikka-aikakaavio, koska käytännössä työmaalla uusitaan vain kolme eri vesihuollon järjestelmää ja niiden etenemisen seuranta riittää aikataulun seuraamiseen. Lisäksi voidaan seurata esimerkiksi kaivutyön ja maakerrosten rakentamisen etenemistä. Maanrakennustyömailla viikkoaikataulun etenemistä kuvataan usein paalulukemien- tai kaivonumeroiden avulla. Kuvassa 12 esimerkki maanrakennustyömaan 3-viikkoisaikataulusta.

Kunnallistekniikan saneerauksen 3-viikkoisaikataulu															
	Viikko 38					Viikko 39					Viikko 40				
	Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe	Ma	Ti	Ke	To	Pe
<b>Kaivutyö</b>	Toteuma					Tekemättä									
Paaluväli 50-100	PL 60	PL 75	PL 85	PL 100											
Paaluväli 100-150						PL 110	PL 125	PL 135	PL 150						
Paaluväli 150-200											PL 160	PL 175	PL 185	PL 200	
Resurssit:															
	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	
Pihlaja (KA)	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	
<b>Jätevesilinjan asennustyö</b>	Toteuma					Tekemättä									
Paaluväli 0-50	PL 50					PL 100									
Paaluväli 50-100		PL 60	PL 75	Kaivo 27											
Paaluväli 100-150							KAIVO 28	KAIVO 29	KAIVO 30						
Resurssit:															
	X	X	X	X		X	X	X	X						
<b>Vesijohtolinjan asennustyö</b>	Toteuma					Tekemättä									
Paaluväli 0-50	PL 50														
Paaluväli 50-100		PL 60	VJTH	PL 95											
Paaluväli 100-150						PL 105	PL 115	PL 120	PL 140						
Resurssit:											PL 150	PL 165	PL 175	Paloposti	
	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	
<b>Hulevesilinjan asennustyö</b>	Toteuma					Tekemättä									
Paaluväli 0-50	PL 40	PL 50													
Paaluväli 50-100			Kaivo 135	PL 85	Kaivo 136										
Paaluväli 100-150						PL 100	Kaivo 137	SVTH	PVL 130	PL 140					
Paaluväli 150-200											Kaivo 139	PL 160	PL 170	PL 180	Kaivo 140
Resurssit:															
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Maakerrosten rakentaminen</b>	Toteuma					Tekemättä									
Paaluväli 0-50	PL 40	PL 50													
Paaluväli 50-100			PL 60	PL 75	PL 90	PL 100									
Paaluväli 100-150							PL 115	PL 125	PL 135	PL 140					
Paaluväli 150-200											PL 150	PL 160	PL 170	PL 180	PL 190
Resurssit:															
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Kuva 12. Työmaan 3-viikkoisaikataulu.

Opinnäytetyön aiheen tarkastelun pohjalta voidaan sanoa, että urakoitsijalla on monia keinoja käytettävissään aikataulunhallinnassa, mutta aikataulun toteutuminen vaatii monen tekijän yhtäaikaisen toteutumisen. Kunnallistekniikan saneerauksen aikataulunhallinta on monivaiheinen ja vaativa prosessi, jossa korostuvat huolellinen suunnittelu, riskien ennakoiminen ja projektin etenemisen jatkuva seuranta. Onnistuneen aikataulunhallinnan saavuttamiseksi on tärkeää hyödyntää ajantasaisia työkaluja, jotta aikataulun seuranta ja optimaalinen resurssienhallinta toteutuu. Erityisesti tiukat aikarajoitteet, resurssipula, vanha kunnallistekniikka ja budjetin rajoitukset tekevät aikataulun hallinnan haastavaksi kunnallistekniikan saneerauksissa. Tämän opinnäytetyön pohjalta voidaan todeta, että urakan aikarajoitusten täyttäminen edellyttää vahvaa yhteistyötä eri osapuolten välillä ja jatkuvaa kommunikaatiota koko urakan ajan.

Yksi suurimmista haasteista kunnallistekniikan saneerauksessa on projektin riippuvuus sääolosuhteista ja muista ulkoisista tekijöistä. Esimerkiksi maanrakennustöiden aikataulu voi muuttua äkillisesti huonon sään vuoksi tai pakkasten vuoksi mikä saattaa viivästyttää urakkaa. Tämän vuoksi aikataulusuunnittelussa on tärkeää sisällyttää puskuriaikaa mahdollisten viivästysten varalta. Lisäksi työmaalla saattaa ilmetä odottamattomia teknisiä haasteita kuten maaperän laadun vaihtelu tai vanhan kunnallistekniikan luomat haasteet, jotka voivat myös vaikuttaa aikarajoitteisiin.

Aikataulunhallinnan perusta kunnallistekniikan projekteissa on realistinen ja riittävän yksityiskohtainen aikataulu, joka ottaa huomioon kaikki urakan vaiheet ja resurssivaatimukset. Tämä aikataulu voi sisältää välitavoitteita, jotka edesauttavat urakan etenemistä. Aikataulun seuraamisen lisäksi täytyy myös osata reagoida ajoissa, jos aikataulu viivästyy, jotta menetetty aika on mahdollista kuroa takaisin. Lopuksi voidaan todeta, että kunnallistekniikan saneerauksen aikataulunhallinta on keskeinen tekijä siinä, että urakan kustannukset pysyvät hallinnassa.

## Lähteet

Espoon kaupunki 2024. Kaivutyölupa. Viitattu 1.9.2024.

<https://www.suomi.fi/palvelut/kaivutyolupa-espoo-kaupunki/31aec549-3701-45ce-8109-ba047cb7060b>.

Liikennevirasto 2011. Massanvaihdon suunnittelu. Tien pohjarakenteiden suunnitteluohjeet. Liikenneviraston ohjeita 11/2011. Viitattu 15.8.2024.

[https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2011-11\\_massanvaihdon\\_suunnittelu\\_web.pdf](https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2011-11_massanvaihdon_suunnittelu_web.pdf)

Rakennustieto Oy 2012. Väylärakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 väylät ja alueet.

Joen Loka. 2024. Putkiston tulppaus ja ohipumppaus. Viitattu 25.11.2024.

<https://joenloka.fi/viemarihuolto/putkiston-tulppaus-ja-ohipumppaus-toiseen-kaivoon>

Kosalev, S. Kosplan Oy. Pohjarakennussuunnitelma 13.12.2019. Helsinki: Kosplan Oy. <https://taxus.fi/materiaali/mat/Pohjarakennesuunnitelma.pdf>

Rakennustieto Oy. 2012. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus.

Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry 2014. Kaivanto-ohje, s. 145.

Ympäristöministeriö 2018. Suomen rakentamismääräyskokoelma, rakenteiden lujuus ja vakaus. Pohjarakenteiden suunnitteluohje. Viitattu 10.9.2024.

<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20RakMK-21753>

Sikiö, J. 2020. Kadun rakennekerrokset ja materiaalit. Ohjekirja. Suomen kuntatekniikan yhdistys SKTY. Viitattu 3.9.2024.

<https://katu2020.info/2020/2020/09/30/kadun-rakennekerrokset-ja-materiaalit/>

Tieliikennelaki 10.8.2018/729.

Valtionneuvoston asetus jätteistä. 978/2021, 26. Viitattu 1.8.2024.

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210978>

Traficom 2024. Satelliittinavigoinnin häiriöiden tilannekuva 2024 Suomessa.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Viitattu 30.10.2024.

<https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/satelliittinavigoinnin-hairioiden-tilannekuva-2024-suomessa>