



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Heidi Mäenpää

Mallinnettu alue- ja logistiikkasuunnitelma

Opinnäytetyö

Kevät 2023

Insinööri (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Heidi Mäenpää

Työn nimi: Mallinnettu alue- ja logistiikkasuunnitelma

Ohjaaja: Paula Pihlaja

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 48

Liitteiden lukumäärä: 0

Tutkielman tarkoituksena oli hakea ratkaisuja alue- ja logistiikkasuunnitelman laadintaan tiiviisti rakennettavalle maa-alueelle Seinäjoen ydinkeskustaan. Alue- ja logistiikkasuunnitelma päädyttiin 3D-mallintamaan. 3D-mallista tuotettiin IFC-tiedosto, jota työmaa voi käyttää toimivaan suunnitteluun ja työmaan havainnollistamiseen tehokkaammin kuin perinteistä 2D-suunnitelmaa. 3D-mallista tuotettiin videoesittelyjä perehdytykseen ja työmaalle saapumiseen uutena apuvälineenä työmaalle.

Tässä tutkimuksessa aluesuunnittelun periaatteisiin tutustuttiin vähemmän aktiivisesti työmaalla toimivan henkilön näkökulmasta. Ratkaisuja haettiin tutustumalla työturvallisuuden kannalta aluesuunnitteluun ja logistiikan toimimiseen. 3D-mallin tekoprosessissa avataan laadullisia vaatimuksia.

Lopputuloksena saatiin selkeä ja toimiva alue- ja logistiikkasuunnitelma 3D-mallina käytettäväksi työmaalla.

¹ Asiasanat: mallinnus, aluesuunnitelma, logistiikka

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Heidi Mäenpää

Title of thesis: Modeled construction site and logistics planning

Supervisor: Paula Pihlaja

Year: 2023

Number of pages:48

Number of appendices:0

The aim of the thesis was to make a construction site and logistics plan to a densely constructed building site in the center of town area. The plan was decided to be made as a 3D – model. The 3D – modeled plan used planning of works, safety planning and presenting construction site more effectively than usual 2D – plans. 3D – modeled video presentations were also made – one for the introduction of the construction site and another one of how to arrive to the construction site.

In the study the principia of construction site planning were introduced from the perspective of a person less actively working on a construction site. Solutions were searched by getting to know the working safety in site planning and the operation of logistics on construction sites. In the process of making the 3D – model, qualitative requirements were studied.

The result was a clear and functional 3D – modeled construction site and a logistics plan for the use on a site.

¹ Keywords: Modeled, construction site planning, logistic

Sisällysluettelo

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
Sisällysluettelo.....	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkuuettelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 ALUE- JA LOGISTIIKKASUUNNITELMA	9
2.1 Työmaan aluesuunnitelma	9
2.2 Aluesuunnitelman teko alkaa	11
2.3 Työmaan logistiset haasteet.....	14
2.3.1 Työmaalle saapuminen	15
2.3.2 Kesän tapahtumat.....	16
2.3.3 Työmaan joka paikassa tapahtuu	17
2.3.4 Junarata	19
2.4 Logistiikkasuunnitelma	19
2.4.1 Hankinnan vaikutus toimitusten ohjaamiseen	20
2.4.2 Työmaalla sujuva toimitusten vastaanotto	23
3 KUSTANNUKSET	26
4 MALLINNUS.....	29
4.1 Laatu	29
4.2 3D-mallin tekeminen.....	35
4.2.1 Työmaa-alue	35
4.2.2 Työmaatoiminnot	37
4.2.3 Videon kuvaus	38
5 YHTEENVETO	39
5.1 Työmaalla.....	39
5.2 Mallinnuksen yhteenveto	45
5.3 Alue- ja logistiikkasuunnitelman yhteenveto	46

LÄHTEET 48

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Kulkureitiltä vanhan Matkakeskuksen edestä	39
Kuva 2. Raudoitusmesta	40
Kuva 3. Jätelavojen sijoittuminen	41
Kuva 4. Ajoreitti	42
Kuva 5. Varastointialue	43
Kuva 6. Pysäköintitalon pohjalle tullut varasto	44
Kuvio 1. Aluesuunnitelma Solibrista	10
Kuvio 2. Havainnollistava ajoreitti	15
Kuvio 3. Asemapäälliköltä saapuminen työmaalle	16
Kuvio 4. Rakennusmateriaalin vaihtoehtoiset reitit työmaalle	21
Kuvio 5. Puuttuva kulkureitti IFC-mallissa	30
Kuvio 6. Kaivettu tunnelin luiska rakennuksen vierestä	34
Kuvio 7. Alueen rajaus	36
Kuvio 8. Kaivannon tekeminen 3D-malliin	36
Kuvio 9. Malli työmaan mukana etenemisessä	37
Kuvio 10. Kulkureitti mallista	40
Kuvio 11. Raudoitusmesta mallista	41
Kuvio 12. Jätelavojen sijoittuminen mallissa	42
Kuvio 13. Ajoreitti mallissa	43

Kuvio 14. Varastointialue mallista	44
Kuvio 15. Pysäköintitalo mallista.....	45
Taulukko 1. Betonielementtien siirtojen työtuntimäärä.....	27

Käytetyt termit ja lyhenteet

Dwg-tiedosto	Yleinen 2D-suunnitelmien tallennusmuoto on dwg-tiedostoksi, jonka voi avata lähes kaikilla suunnitteluohjelmistoilla.
Juntta	Paalujen lyömiseen maahan käytettävä työkone.
Komponentti	Valmiiksi tehty mallinnettu kappale. Esimerkiksi seinäkomponentti tai lipaskomponentti, jossa voi olla kannet valmiina.
Lava	Rakennusjätteen keräämiseksi tarkoitettu kuljetuslava, johon kerätään työmaalla muodostunut jäte.
Lippusiima	Keveä tilaa rajaava huomiointiväline. Yleensä värikkääseen naaruun on kiinnitetty kolmion muotoisia keltaisia lippuja korostamaan sijaintia.
Mallin terminen analyysi	Mallin itsenäisesti muodostamaa tietoa pohjalla olevista komponenteista. Esimerkiksi rakennusten seinien komponenttien on osuttava nurkissa toisiinsa täsmällisesti tai huoneen pinta-alatieto vääristyy.
Monttu	Maahan kaivettu kuoppa, jonne rakennetaan rakennuksen perustukset ja kellarikerros, josta rakennusta aletaan rakentamaan.
Tietomalli	3D-malli, jonka komponenteista on saatavissa havainnollistettavan kohteen kaikki mittatiedot, materiaalitiedot sekä sijaintitieto rakennuksessa.
Tontti	Rakennettava maa-alue, joka on merkitty karttoihin yhteneväisenä alueena.
2D-suunnitelma	Tasokuva, josta näkee suunnitellun alueen mittasuhteet ja perustiedot, mutta kuva ei ole moniulotteinen.
3D-malli	Moniulotteinen esitys havainnoitavasta kohteesta, mutta ei sisällä erikseen syötettyä tietoa.

1 JOHDANTO

Tutkielmani on muodostaa alue- ja logistiikkasuunnitelma YIT Suomi Oy:n Seinäjoen asemanseutu vaihe 1 -hankkeelle. Hanke koostuu Seinäjoen ydin keskustaan pienelle tontille rakennettavasta 9-kerroksisesta monitoimitalokokonaisuudesta, pysäköintitalosta ja kolmesta kerrostaloyhtiöstä, jotka ainakin yhdeltä ulkoseinältään rajautuvat toisiinsa muodostaen kaupunkikorttelin sisäpihoineen. Täyteen rakennettavaan alueeseen liittyy junaraiteet alittava tunneli, joka jatkaa rakennettavaa aluekokonaisuutta.

Alueen käyttöä haluttiin havainnollistaa ja se haluttiin esittää mahdollisimman selkeästi, jotta voidaan välttää ristiriitatilanteita sekä toimia mahdollisimman turvallisesti yhdessä isojen hankkeiden parissa pienellä tontilla.

Tutkielmaan liittyen tehtiin alue- ja logistiikkasuunnitelma rakennettavasta alueesta 3D-muodossa, johon tuotiin perustusvaiheessa kolme ensimmäistä kerrosta rakennuksesta, määriteltiin kulkureitit ja massojen sijoittuminen. Ensin tutkielmassa käsitellään alue- ja logistiikkasuunnittelun lähtökohtia yleisellä tasolla ja kohteeseen liittyvien haasteiden puitteissa. Logistiikan kustannusvaikutuksia tutkitaan ajallisten esimerkkien kautta, jotta voidaan tuoda esiin toimimattoman logistiikan kustannuksia. Alue- ja logistiikkasuunnitelmaa tehdessä tutustaan työmaan omaan käyttöön tulevan tietomallin laatuun ja työskentelytapoihin.

2 ALUE- JA LOGISTIIKKASUUNNITELMA

Hyvin suunniteltu työmaan logistiikka tulee sujuvoittamaan työskentelyä. Logistiikkasuunnitelma sulautuu osaksi aluesuunnitelmaa, jossa esitetään työmaan sisäänkäynnit, purkupaiikat kullekin materiaalille ja reitti loppusijoituspaikalle. Logistiikkasuunnitelma täytyy päivittää työmaan edetessä hankkeella, koska rakennustyömaat ovat alati muuttuvia ympäristöjä luonteeltaan.

Maanrakennusvaihe lähtee etenemään kaivuusuunnitelman osoittamaa reittiä Seinäjoen asemansseudulla. Maansiirtokalusto kulkee kaivinkoneen tai louhintakaluston viitoittamalla tiellä. Paalut varastoidaan paalutettavan alueen läheisyyteen, josta ne on helppo nostaa juntalle. Perustusvaiheessa työmaa-alueelta täytyy varata raudoitukselle oma paikkansa sekä paikka muottikaluston kasaukselle, purkamiselle ja puhdistamiselle. Betonisäiliöauton tulee voida pysäköidä valettavien perustusten läheisyyteen, jolloin puomin avulla betoni-massa saadaan valettua myös rakennettavan alueen keskeltä. Veden- ja lämmöneristeet tarvitsevat oman varastointipaikkansa perustusvaiheessa, koska niitä kuluu paljon. Runko-vaihe etenee osittain samoin varastoinnein, mutta mukaan tulee kaikki muu mitä pitää saada nostettua kerroksille rungon mukana ennen viimeisen seinän kiinni menoa. Näitä ovat esimerkiksi väliseinämateriaalit, tekniikkakuilujen sisältö sekä suurimmat kiinteät laitteet, joita on hankala tuoda nostimilla tai hisseillä paikoilleen. Sisävalmistusvaihe on alun harjoittelun jälkeen hektisin vaihe. Reitit kerroksilta pihalle eivät enää ole niin suorja ja toimituksia voi hektisimpänä ajankohtana tulla kymmeniä päivässä Seinäjoen asemansseudulle. Samaan aikaan rakennustyömaa rajautuu yhdeltä sivulta junarataan ja sijaitsee ihan Seinäjoen ydinkeskustassa.

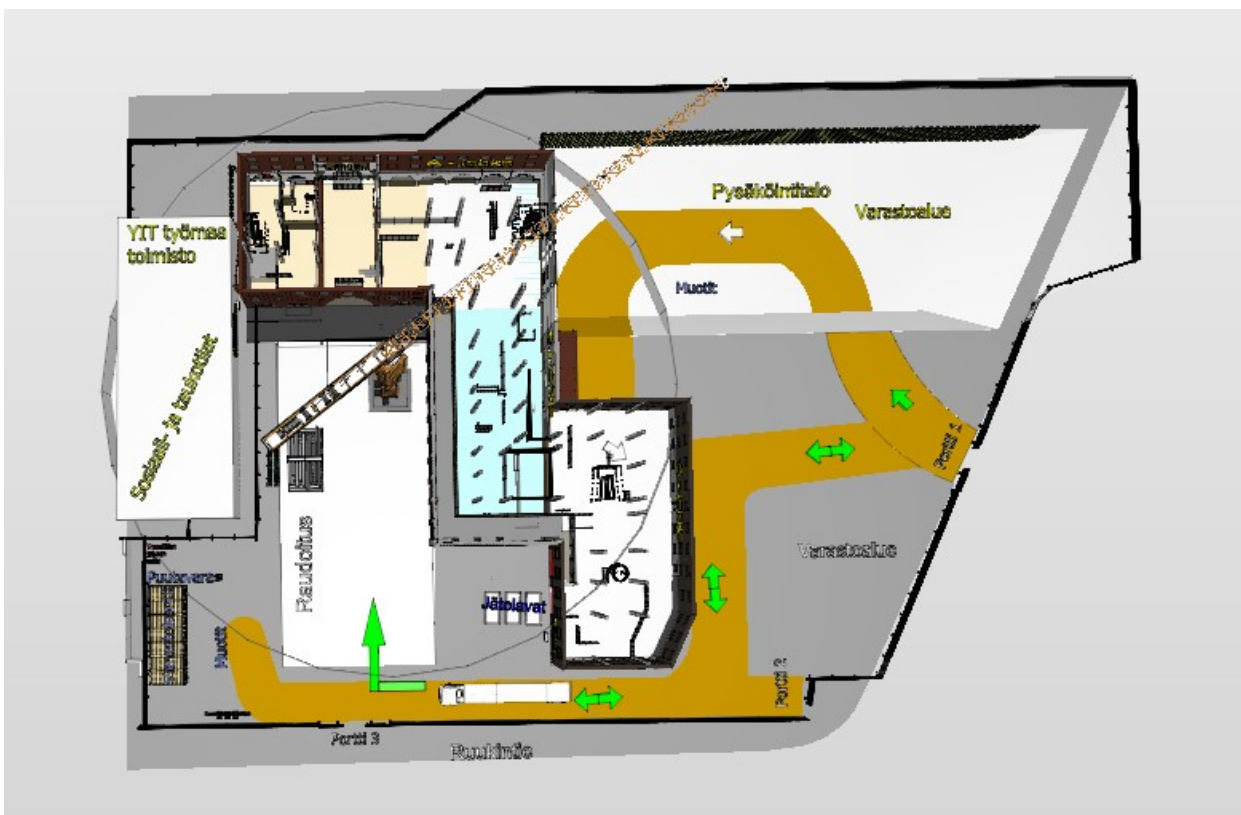
2.1 Työmaan aluesuunnitelma

Rakennustyömaan aluesuunnitelma pohjautuu lakiin, jonka tavoitteena on sujuvoittaa töiden toteutusta vaarantamatta työmaalla työskentelyä.

11 § 2 mom. Pää toteuttajan on tehtävä kirjallinen rakennustyömaa-alueen käytön suunnitelma. Pää toteuttajan on riittävän järjestelmällisesti selvitettävä ja tunnistettava kyseessä olevan työmaa-alueen yleiseen järjestelyyn, toteutukseen ja käyttöön liittyvät vaara- ja haittatekijät. Tällöin on otettava huomioon myös rakennuttajan turvallisuusasiakirjan tiedot. Vaara- ja haittatekijät on

poistettava asianmukaisesti sekä milloin niitä ei voida poistaa, arvioitava niiden merkitys työmaalla työskentelevien ja muille työn vaikutuspiirissä olevien turvallisuudelle ja terveydelle. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009)

Tutkimuksella haettiin ratkaisuja aluehallintaan Seinäjoen risteyspaikalle junaradan viereen rakennettavan toimitila-, asuinrakennus- ja pysäköintikorttelin logistiikan hallintaan. Junaradan vastakkaisella pitkällä sivulla on Ruukintie, joka on yksi Seinäjoen vilkkaimmin liikennöityjä katuja. Kuviossa 1 on perustusvaiheesta alue- ja logistiikkasuunnitelma, jossa Asematalon ja Aallokon runko on havainnollistamisen vuoksi tehty jo näkyväksi.



Kuvio 1. Aluesuunnitelma Solibrista.

Mallista on tarkoitus esittää selkeä kuva työmaa-alueesta logistiikkasuunnitelmana. 3D-mallissa esitetään alueen käyttöön liittyvät tarkoitukset havainnollistavilla komponenteilla tai tekstillä. Rakentamisen kiivaimmassa vaiheessa voidaan joutua muuttamaan tiheällä tahdilla kulkureittejä ja alueiden käyttötarkoituksia. Tavoitteena oli luoda toimiva pohja, jolla suunnitelmia voidaan yhteensovittaa, tarkastella, päivittää ja jolla voidaan tiedottaa helposti kaikkia hankkeen osapuolia muuttuneista suunnitelmista. Suunnitelma tehtiin 3D –

mallina, joka on käytettävissä toimihenkilöiden tietokoneella ja 3D – mallin natiiviversiosta saadaan tuotettua helposti opastavia videoita alueesta ja saapumisesta oikeaan paikkaan. Lisäksi perehdytykseen tuotettiin erillinen video, joka pyörii info-televisiossa kaikkien nähtävillä. Alueen käyttö haluttiin ottaa erityisesti hallintaan ja osoittaa koko työmaaorganisaatiolle käyttötarkoituksia.

2.2 Aluesuunnitelman teko alkaa

Kohteen aluesuunnitelmasta oli jo laskentavaiheessa tehty ensimmäiset versiot, kuten yleensä on tapana. Maanrakennustyöt aloitettiin noin puoli vuotta ennen varsinaisen rakennusajan alkua vahvistamalla junaradan vastainen alueraja ponttiseinällä Seinäjoen asemansseudulla. Maa-aines kohteessa on löyhähköä savea, joten pintamaan rakenteet junaradan alla eivät saa muokkautua työskentelyn seurauksena, jotta turvataan junaliikenteen toimivuus. Junaradan vierestä otettiin lähimmät pysäköintirivit pois käytöstä, jolloin ensimmäiset työmaa-aidat pystytettiin alueen rajoille. Työmaa-alueen laajenemista havainnollistettiin ensin alueesta otetun ilmakuvas avulla, johon kuvankäsittelyohjelmalla havainnollistettiin alueen etenemistä ja muuttuvia käyttötarkoituksia.

Päätoteuttajan tehtävänä on laatia työmaan aluesuunnitelma jäsentämään toimintoja ja ylläpitämään järjestelmällisyyttä. Huolellisella aluesuunnittelulla varmistellaan työn tuottavuutta ja työmaan vaikutuspiirissä olevien turvallisuutta (Rakennustieto, 2017, s. 2). Päätoteuttaja laatii usein ensimmäisen aluesuunnitelman jo ennen työmaan käynnistymistä. Työmaa-alue aidattiin asemansseudulla ennen varsinaisten töiden aloitusta, jolloin käytettävät kulkureitit hahmoteltiin ja työmaan henkilöstötilat valmisteltiin.

Työmaan aluesuunnittelu alkaa osana riskienhallintaa jo tarjouslaskentavaiheessa. Alueen käyttö on suunniteltava maanrakennus- ja perustusvaiheissa, rakennuksen runkovaiheissa ja sisätyövaiheissa. Hyvin tehdyllä suunnittelulla poistetaan työn teon häiriöitä ja esteitä, lisätään sujuvaa logistiikkaa ja tuetaan lisäarvoa tuovia työmaatoimintoja. Aluesuunnitelman laatiminen on prosessi, jolla pyritään pienentämään riskejä mahdollisimman tehokkaasti. Aluesuunnitelmaan on hyvä tutustua perehdytyksen yhteydessä rauhassa ja kerrata aloitus, suunnittelu- ja urakoitsijapalavereissa (Leino & Pinomäki, 2019, s. 6–7, 32).

Aluesuunnitelmaa laadittaessa voidaan pyytää keskeisiä aliurakoitsijoita, tavarantoimittajia, tilaajaa ja suunnittelijoita riskienhallinnan näkökulmasta tutustumaan aluesuunnitelmaan sekä raportoimaan havaitsemiaan puutteita turvallisuuden ja työskentelyn puitteissa (Leino & Pinomäki, 2019, s. 32–33). Keskeisten aliurakoitsijoiden, joilla on työmaalle materiaaleja toimitettavana tai jotka työskentelevät hetkellisesti jollain alueella omalla urakkapurukallaan, on erityisen tärkeää tutustua suunnitelmiin ja osallistua suunniteluun tarvittaessa. Heidän kanssaan neuvotellaan työvaiheen aloitusedellytykset, materiaalien siirtoreitit ja työn turvallinen toteutus etukäteen.

Aluesuunnitelmassa esitetään logistisista ratkaisuista materiaalien ja tuotteiden vastaanotto-, purku- ja varastointipaikat sekä ajo- ja siirtoreitit työpisteille ja lohkoille. Aluesuunnitelmaa tulee päivittää työmaan edistyessä vähintään maanrakennus-, runko- ja sisätyövaiheen alkaessa tai isompia muutoksia tullessa alueelle (Kemppainen ym., 2009, s. 10, 13).

Jokaisella työmaalla voidaan ajatella olevan riski ajoneuvon ja jalankulkijan väliseen törmäykseen. Ajoneuvon koko, kuljetettava massa ja nopeus ovat riskejä, jotka tulee huomioida kulkureiteillä, purkupaikalla sekä työmaalle johtavalla pääkulkuväylällä. Eniten työtaturmia sattuu rakennustyömaalla, kun liikutaan työpisteelle, tai työkohteessa, koska ihminen pyrkii luonnollisesti siirtymään lyhyintä reittiä eikä turvallisinta (Leino & Pinomäki, 2019, s. 11).

Työmaan kulkutiet on suunniteltava aina etukäteen. Yksisuuntainen ajoreitti koko työmaalueen läpi olisi paras vaihtoehto, mutta usein joudutaan ottamaan tilaa vieviä kääntöpaikkoja tai kaksisuuntainen ajoreitti käyttöön työmaalla. Työmaan eri käyttötarkoituksessa olevien teiden ei tulisi risteytyä ja ajoneuvoilla peruuttamista tulisi välttää mahdollisimman paljon. Järeimmillään kulkua ohjataan penkereillä ja betoniesteillä, kevyimmillään muoviavidoilla, lippusiimalla tai opasteilla (Leino & Pinomäki, 2019, s. 11).

Sähköä tarvitaan rakennustyömaalla kaikissa vaiheissa, joten sähköistyssuunnitelmat laaditaan yleensä hyvissä ajoin huolellisesti. Pääkeskuksen ja alakeskusten paikat tulee merkitä aluesuunnitelmaan sekä merkittävimmät liityntäkaapelien sijainnit. Pääkeskuksen paikan tulisi olla suojattu, eikä sitä tulisi muuttaa työmaan edetessä kuin pakollisista syistä. Alakeskukset sijoittuvat puolestaan työpisteiden läheisyyteen, sillä niissä sähkön kulutus

on merkittävä. Työmaateiden kohdalla sähköjohdot kannattaa ennemmin kuljettaa suo-
japutkessa tien pinnassa. Tarvittaessa johdot voidaan myös viedä ilmassa riittävällä kor-
keudella tien yli (Leino & Pinomäki, 2019, s. 14). Aluesuunnitelmaan ei koettu tarpeellisenä
piirtää perustusvaiheessa sähköjohtojen kulkureittejä, koska sähkökäyttöpisteet liikkuvat
töiden etenemisen mukaan alakeskuksia siirtelemällä, jottei suunnitelman päivitystarve tu-
lisi liian tiheäksi. Sisätyövaiheessa on tärkeämpää näyttää pääkeskusten paikat ja virran-
saantipisteet lohko- tai kerroskohtaisissa suunnitelmissa.

Rakennustyömailla lähes poikkeuksetta hankalin suunniteltava on purku- ja lastauspaikat
sekä siirto varastointipaikalle. Purku- ja lastauspaikat tulee suunnitella hyvin etukäteen,
mutta työmaan edetessä muutoksia joudutaan tekemään mahdollisesti useammankin ker-
ran. Erityisesti saneeraustyömailla tai tiheässä taajamassa rakennettaessa tulee ottaa
suunnitella hyvin työmaa-alueen käyttö (Leino & Pinomäki, 2019, s. 18).

Työmaa-alueella varastoidaan useita rakennusmateriaaleja elementeistä kiinnikkeisiin,
osittain ulkona, konteissa ja rakennuskohteen sisätiloissa. Rakennusmateriaalit pitää voida
varastoida ehjinä ja tarvittaessa kuivina ennen asentamista lopulliseen käyttöpaikkaan.
Varastointi ei saa vaikuttaa materiaalien laatuun. Varastointia suunniteltaessa on huomioi-
tava materiaalien tilantarve ja suojaus kastumiselta tai muilta sääolosuhteilta sekä mahdol-
linen valmistajan vaatimus säilytyksestä lämmitetyssä tilassa (Leino & Pinomäki, 2019, s.
18). Rakennusmateriaalien vaurioituminen varastossa tuo selviä lisäkustannuksia työ-
maalle. Vaurioituneet materiaalit täytyy palauttaa tai hävittää jätteenä sekä uudet materi-
aalit tilata ja toimittaa. Materiaalien vaurioituminen voi aiheuttaa aikataulumuutoksia ja kus-
tannuksia, myös työtehtävien uudelleen järjestelyn johdosta.

Torninosturin, sen radan ja nostokapasiteetin suunnittelu on tärkeää, jotta nosturia voidaan
käyttää tehokkaasti. Nosturilla pitää yltää mahdollisimman tehokkaasti varastointi-, las-
taus- ja purkupaikoille. Aluesuunnitelmaan merkitään nostosäteet, nostettavien taakkojen
painot, leikkaussäteet ja -kohdat (Leino & Pinomäki, 2019, s. 20). Hankkeelle tulee käyt-
töön kaksi torninosturia ja ainakin yksi ajoneuvonosturi. Leikkaussäteet ja -kohdat merki-
tään selvästi aluesuunnitelmaan, jotta päivän nostoja suunniteltaessa molemmat nosturit
eivät ole samassa kohdassa ja kuormat eivät pääse risteämään.

Materiaalien suoraviivainen eteneminen pienentää materiaalihukan määrää ja säästää varastointitilaa sekä ylimääräistä tavaroiden siirtelyä työmaalla. Työpisteiden, joissa jatkojalostetaan saapuneita tuotteita, tulee sijoittua mahdollisimman suoraviivaiselle reitille purkupaikalta asennuspaikalle (Leino & Pinomäki, 2019, s. 22). Hankkeella luiskan raudoittajille varattu työpiste tulee olemaan pitkään työpisteenä ja logistiikkakeskuksena kyseisellä työmaalla. Paikka näkyy kuviossa 10. Työpisteitä eri työvaiheille tulee olemaan jokaisella loholla, koska kaikkia materiaaleja ei voida käsitellä ulkona. Työpisteelle lisätään jätehuoltoa varten jätteasiat ja varastoidaan ne, joita ei heti voida asentaa trukkilavojen päälle tai irti lattiasta kosteudenhallinnan edellytysten varmistamiseksi.

Jätteiden keräys ja lajittelu on tärkeä osa aluesuunnittelua, joka tulee ottaa huomioon rakentamisen eri vaiheissa. Työmaan sisällä kerroksilla on huomioitava riittävä määrä eri jättejakeiden keräilypisteitä ja mukaan työpisteelle otettavia keräysastioita. Piha-alueella jätelaajittelulavojen ympärille järjestetään riittävä tila turvalliseen käsittelyyn (Leino & Pinomäki, 2019, s. 25). L&T:n (sisäinen tietolähde 23.2.2023) ohjeistuksen mukaan jätelavojen turvalliseen noutamiseen tulisi olla 1 metri tilaa lavan kummallakin pitkällä sivulla ja 2 metriä molemmissa päissä tyhjää tilaa, jotta jätelava on helppo nostaa kuorma-auton kyytiin. Tehokkaalla jätehuollolla vähennetään syntyvän jätteen määrää, lisätään turvallisuutta, parannetaan työskentelymukavuutta työpisteellä ja parannetaan valmiiden osien laatua (Leino & Pinomäki, 2019, s. 25).

2.3 Työmaan logistiset haasteet

Kohteen suunnitteluvaiheen alussa keskusteltiin jo useasti, miten työ saataisiin logistisesti toimimaan työmaalla. Kerrattiin aiempien työmaiden kokemuksia ja onnistumisia. Pessimistisimmät vertasivat ajojärjestelyitä villiin länteen. Optimistisimmat toivoivat asioiden järjestyvän omakustanteisilla odottelutunneilla ja sanktioilla, mikäli työmaan ohjeistamat saapumisilmoitukset ja opastukset eivät toimisi. Todettiin, että Seinäjoelle on tuotava pääkaupunkiseudun ajattelutapa logistiikkajärjestelyistä. Ajatus 3D-logistiikkasuunnitelmasta tuli työmaalla logistiikasta vastaavalta henkilöltä, joka ei ole tutkimuksen tekijä.

Esimerkkikohteenä olevan rakennustyömaan logistinen haaste on keskeinen sijainti Seinäjoen ydin keskustassa. Vaikka keskustan alue on hiljentynyt parin viime vuoden aikana

Covid19-pandemian ja Joupin kaupunginosaan tulleen uuden ison ostoskeskuksen myötä, on alue silti vilkas.

Työmaa rajautuu yhdeltä sivulta junarataan, josta kulkee arkena noin 46 junaa ja viikonloppuisin 33 junaa päivässä pysähtyen Seinäjoen rautatieasemalla. Yhdeltä sivultaan työmaa rajautuu Seinäjoen rautatieasemaan, jonka piha-alueetta junien saattoliikenne käyttää koko rakennusajan. Työmaan paikalla sijaitsi aiemmin Seinäjoen Matkakeskuksen linja-auto-asema. Linja-autoja lähti Seinäjoen Matkahuollosta 153 arkena ja 29 viikonloppuisin. Linja-autoasema on siirtynyt rautatieaseman toiseen päähän muutaman sadan metrin päähän työmaa-alueesta ja on näin edelleen työmaan välittömässä läheisyydessä. Työmaan ympäristössä liikenne on vähentynyt, mutta hiljentymisestä ei voida puhua.

2.3.1 Työmaalle saapuminen

Työmaalle saavutaan kaakosta päin eli käytännössä päinvastaisesta suunnasta valtatie 67:lta katsottuna, joka on nimetty Pohjan valtatieksi. Kuvio 2 (Maanmittauslaitos, i.a.) havainnollistaa reittiä valtatieltä keskustan läheisyydestä työmaalle. Pohjan valtatieltä saapuvat massaltaan suurimmat toimitukset työmaalle. Kuljetusten on valtatie 67:ää pitkin saavuttaessa ajettava Vapaudentietä Torikadulle ja Torikadulta käännyttävä Ruukintielle, joka muuttuu työmaata edeltävässä risteyksessä Valtionkaduksi.



Kuvio 2. Havainnollistava ajoreitti (Maanmittauslaitos, 2023).

Seinäjokisten ja pohjalaisten puheissa kuitenkin rautatieaseman ohittava Valtionkadun osuus tulee aina olemaan Ruukintie. Ennen työmaata Ruukintietä saapuvat kuormat kääntyvät oikealle Hotelli Alman kohdalta uudelle Asemapäällikkö-tielle. Kuvio 3 havainnollistaa Asemapäälliköllä porttien sijoittumista tarkemmin työmaalle. Portti 2 on heti risteyksen vieressä, ja sitä käyttävät Asemataloon ja Aalokkoon menevät toimitukset Seinäjoen asemanseudun vaihe 1:llä. Lisäksi tunnelityömaan liikenne tulee käyttämään kyseistä porttia sekä tuleville kerrostalotyömaille saapuvat toimitukset jossain määrin. Portin 1 kautta kulkee pääosin tulevien kerrostalotyömaiden liikenne sekä Pysäköintitalon kuljetukset. Portti 1:llä on kaksisuuntainen liikenne ja sitä käytetään saavuttaessa ja poistuttaessa työmaalta. Portin 2 kautta ajetaan ainoastaan työmaalle sisälle ja poistutaan Portista 3 Valtionkadulle. Tämän havainnollistamiseen alun perin lähti ajatus mallinnetusta logistiikkasuunnitelmasta.



Kuvio 3. Asemapäälliköltä saapuminen työmaalle.

2.3.2 Kesän tapahtumat

Seinäjoen kaupungista oltiin työmaahan yhteydessä jo hyvissä ajoin vuoden vaihteessa Seinäjoen kesätapahtumien osalta. Yhteyshenkilö kaupungilta jakoi ajatuksia ennakkosuunnittelusta ja hyvästä festivaalivieraiden opastamisesta. Provinssirock on perinteinen Seinäjoen kesään kuuluva festari, johon saapuu suuri joukko festivaalivieraita junalla. Saapuvia festivaalivieraita haluttiin alkaa opastamaan jo hyvissä ajoin työmaan ja kaupungin puolelta, jotta festivaalivieraat eivät yritä hakeutua työmaan kautta entiselle linja-

autoasemalle. Vierailijoille saataisiin tiedoksi hyvissä ajoin linja-autoaseman uusi sijainti ja kulkureitti Provinssirockin johtavaan linja-autoon.

Tangomarkkinoiden, Vauhtiajojen, Herättäjäjuhlien ja Rallin SM-kilpailujen ei nähty aiheuttavan niinkään matkustajamäärissä rautatieaseman osalta työmaalle haasteita, mutta mainituista tapahtumista kolme ensimmäistä kulkisivat Torikadun kulkureitin välittömässä läheisyydessä. Kyseiset tapahtumat voivat hankaloittaa toimitusten liikkumista alueen ohi jokainen tapahtumaviikolla. Valtatie 67:n kautta saapuville kuljetuksille olisi löydettävä vaihtoehtoinen reitti. Seuraava mahdollinen reitti, jota täysperävaunurekalla voisi elementtien tai muun ison kuorman kanssa korkeuden ja kantavuuden puolesta mennä, on Kivistöntie, jonka kautta ajaminen tuo reittiin noin 3 kilometriä lisää kaupunkiajoa. Kaikki alle 3,8 metriä korkeat toimitukset voisivat saapua Pohjan valtatieltä Sammonkadun ja Kalevalantien kautta Ruukintielle tapahtumien aikana. Pienemmät toimitukset useinmiten käyttävätkin tätä kuljetusreittiä. Tapahtumien aikana työt pyritään suunnittelemaan siten, että kuljetusten määrää tullaan vähentämään ja töitä järjestelemään sillä tavalla, ettei tavarankuljetuksista aiheudu lisähaittaa kaupungilla tai tapahtumavieraille. Ainoastaan työmaan etenemisen kannalta pakolliset kuormat voidaan ottaa tapahtumaviikonloppua edeltävänä torstaina ja perjantaina työmaalle. Lisäksi tapahtumaan liittyvät kuljetukset tulevat lisäämään raskaan kuljetuskaluston määrää kaupungin liikenteessä.

2.3.3 Työmaan joka paikassa tapahtuu

Työmaa-alueena tontilla on hyvin vähän rakentamatonta alaa. Kuviossa 7 nähdään, kuinka tiiviisti tontti tulee rakentumaan. Ainoastaan kerrostalojen ja C-lohkon väliin jää pieni sisäpiha. Lähes kaikki rakennukset rajautuvat katuun tai jalkakäytävään valmiina, joten työmaa on hankkinut kaupungilta käyttöoikeuden mm. Ruukintien työmaan puoleiseen jalkakäytävään.

Rakennustuotteiden hankinnoissa nostettiin hyvin varhaisessa vaiheessa esille tarve saada nostettua torninosturilla kaikki tarvittavat tuotteet kerroksille. Työmaan pihassa ei ole paikkaa esimerkiksi kipsilevyynipulle odottaa siirtoa, vaan tuotteet on tilattava pihaan niin, että ne voidaan nostaa suoraan kuormasta lohkolle ennen kerroksen menemistä kiinni. Toki työmaalle tulee kaksi rakennushissiä helpottamaan tavarankuljetusta, mutta

isojen toimituserien siirto rakennushisseillä pysäyttää käytännössä muun tavaralogistiikan työmaalla.

Tulevan tunnelin luiskassa on tällä hetkellä raudoittajan työpiste, johon on helppo purkaa raudoituskuormat. Työpisteellä raudoitteista kootaan esimerkiksi pilarin raudoitukset tai an-turahäkkejä, jotka nostetaan torninosturilla tai kurottajalla paikalleen. Raudoitteita myös kasataan valmiiksi nipuiksi, jotka siirretään valmiiksi esimerkiksi seinämuotin viereen hel-pottamaan raudoittajan työskentelyä.

Luiskan Rautatieaseman puoleinen reuna tulee olemaan eri vaiheiden työpisteenä niin kauan kuin mahdollista. Tavaratoimitukset tuodaan viereen, joten suurta siirto- tai purkuka-pasiteettia ei tarvita, vaan tuotteita voidaan jatkokäsitellä ja nostaa sitten lopulliseen käyt-töpaikkaansa torninosturilla.

B-lohkon ja C-lohkon kulmauksessa tulee olemaan jätteiden käsittelypisteet ja kulkureitti rakennukseen sisälle myös kurottajalla, jotta avoimen aulan kautta voidaan tarvittaessa nostaa kerroksille materiaaleja. Alue on pieni, joten ajoreitti täytyy myöhemmin suunnitella huolellisesti oikeaan paikkaan.

Tulevien kerrostalojen paikalla säilytetään muovisia lämmöneristeitä ja keräyssäkkeihin pakattuja jäte-eristeiden paloja sekä muuta lyhyen varastoinnin tarvitsevaa perustusmate-riaalia. Tämä varastointialue luovutetaan kerrostalotyömaille heti näiden rakentamisen al-kaessa. Asemanseutu vaihe 1:tä ajatellen varastointitila vähenee, vaikka kerrostalotyö-maa saa tästä varastointialueesta itselleen hyvin pienen käytettävän alueen.

Pysäköintitalon junaradan puoleinen reuna on varastoitu pitkiä runkoputkilinjoja täyteen. Pysäköintitaloa aletaan rakentamaan ensi syksynä, joten putket on ehditty ottaa käyttöön. Portilta 1 menee tällä hetkellä hyvä kuorma-autojen ajoreitti Pysäköintitalon pohjan kautta C-lohkon pohjalle ja takaisin Portille 1. Kuorma-autot ovat voineet ajaa siinä lenkin työ-maan ympäri peruuttamatta. Kun Pysäköintitalon rakentaminen alkaa, ajoreitti muuttuu ja varastointitila siirtyy ensin kauemmaksi rakennettavasta toimitilakohteesta.

2.3.4 Junarata

Junaradan puolelta betoniesteiden päälle rakennettu työmaa-aita on junaradan turvaetäisyyden päässä junaradasta. Torninosturin nostoetäisyys on ohjelmoitu sillä tavalla, ettei torninosturilla voida kuitenkaan viedä kuormia työmaa-alueen ulkopuolelle. Vaara nosturin kuorman osumisesta junaradan jännitteen yltävälle osuudelle on jo riittävän suuri riski miettiä tarkasti torninosturin käyttöä. Työmaa-aidan ja junaradan väliin pystytettiin kuitenkin jättämään laituria 1 junamatkustajien käyttöön. Laituria voi myös käyttää turvallisena kulureittinä työmaan ohi radan puolelta.

Uuden Asematalon pääty tulee noin kahden metrin päähän nykyisestä rautatieaseman Matkahuollon päädyistä. Asematalon toiseen kerroksen poistumistien portaat tulevat olemaan lähes kiinni nykyisessä rautatieasemassa. Onneksi nykyisen olemassa olevan rautatieaseman toimitilojen käyttöaste on pieni, joten sosiaali- ja toimistotilat saatiin työmaan ajaksi vuokrattua nykyisen rautatieaseman päädyistä. Työmaalta säästyi työmaaparakkikylän verran tilaa, joka olisi tullut olemaan useassa kerroksessa ja viemään vähintään 100 m² käytettävissä olevasta alueesta.

Huhtikuussa 2023 työmaa-alueen logistiikka muuttuu ensimmäisen kerran merkittävästi, kun Asematalon ja Aallokon C-lohkon viereen pystytetään toinen nosturi C-lohkon ja ensimmäisen kerrostalon nostoja varten. Portilta 1 on päässyt C-lohkon vierestä ajamaan Portin 2 ajoreittiä luiskaan ja merkittävimille rakennuspaikoille työmaalla, mutta nosturin myötä tämä ajoreitti katkeaa. Portti 1 jää Pysäköintitalon ja ensimmäisen kerrostalon tavarakuljetuksia varten.

2.4 Logistiikkasuunnitelma

Tutkielman kirjoittamista aloitettaessa suunniteltiin, että työmaalla yksi toimihenkilöistä on sitoutunut logistiikkavastaavan rooliin ja huolehtii logistiikka-aikataulusta, kuljetusten ohjaamisesta ja yhteydenpidosta. Toimitusten aikatauluttaminen luonnistui kuitenkin kentällä toimivalta työnjohtolta kuin itsestään, ja he organisoivat tätä keskenään hyvin tehokkaasti rakentamisen alussa. Alue- ja logistiikkasuunnitelman 3D-mallintaminen tuli tutkielman myötä erillisen henkilön tehtäväksi. Logistiikkaan on kuitenkin nimetty vastuuhenkilö, joka ei ole tämän työn kirjoittaja.

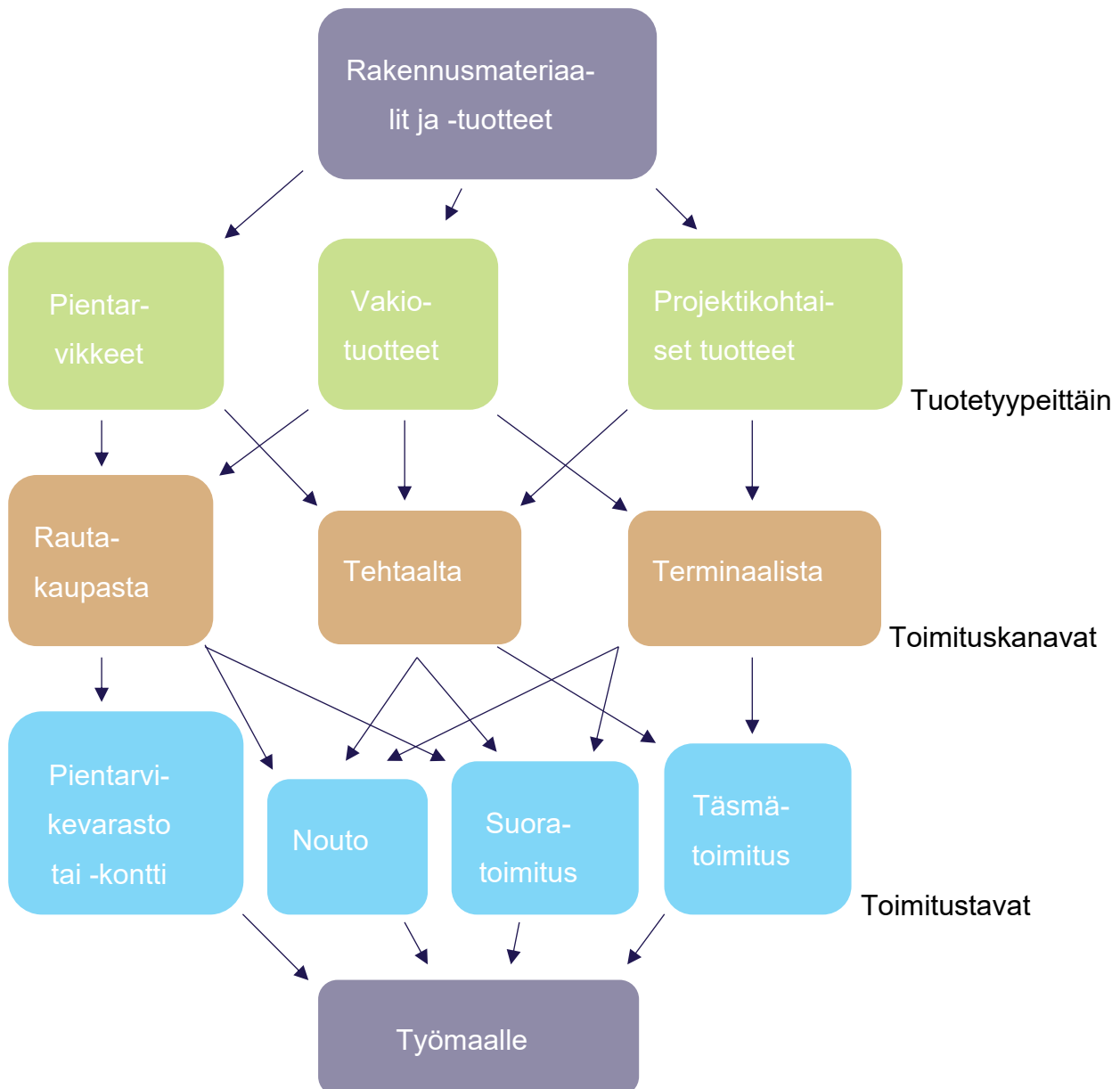
Logistiikan vastuhenkilö hankki henkilöstötiloihin erillisen info-television logistiikkakalenterin jakamiseksi henkilöstölle. Kalenterissa kerrotaan mikä kuorma saapuu miltäkin portilta ja mahdollisimman tarkalla aikataululla, koska toimituksia tulisi kiireisimpänä ajankohtana useita kymmeniä päivässä ja työmaa-alueen muodon vuoksi ei ollut mahdollisuutta ajattaa kuljetuksia työmaan läpi, vaan kuorma-autot joutuisivat kääntymään ja peruuttamaan työmaa-alueella. Seinäjoen ydinkeskustassa ei ole mahdollisuutta seisottaa yllättäen saapunutta raskasta kuormaa seisottaa odottamassa työmaan portilla tai kadun varrella. Lähin rekkaparkiksi soveltuva alue sijaitsee noin kilometrin päässä työmaasta. Kuorma-autojen ja toimittavan yrityksen tulee ilmoittaa etukäteen saapumisestaan työmaalle, jotta toimitukset voidaan tarvittaessa ohjata odotuspaikalle sotkematta liikennettä työmaan läheisyydessä.

2.4.1 Hankinnan vaikutus toimitusten ohjaamiseen

Päätoteuttaja osallistuu toimitusten suunnitteluun ja valvoo toimituksien tuotantoa. Hallitakseen myös aliurakoitsijoiden osalta toimitusten saapumista työmaalle oikea-aikaisesti ja suunnitellusti päätoteuttajan työnjohdon on osallistuttava hankintaneuvotteluiden toimituksia koskevaan osuuteen (Rakennustieto, 2010, s. 4). Toimitusten toimitusajankohta sovitaan lähtökohtaisesti hyvin lähelle hetkeä, kun tuotetta tarvitaan työmaalla, mielellään edeltävänä päivänä toimitus tuotteen käyttöönotosta. Aina ei näin riskialtista aikataulua voida käyttää. Esimerkiksi ulkomailta saapuvat materiaalit tai materiaalit, joissa on komponenttipulaa, joudutaan ottamaan pitemmällä varoajalla työmaalle tai välivarastoimaan terminaalin, jotta materiaalit ovat käytettävissä asennushetkellä työmaalla.

Tuotteet voidaan toimittaa täsmätoimituksina, suoratoimituksina tai noutamalla. Täsmätoimitukseen sovitaan tarkka toimitusajankohta tai aikaikkuna. Täsmätoimitukset edellyttävät tarkkaa aikataulusuunnittelua ja hyvää yhteydenpitoa työmaan, toimittajien ja mahdollisen terminaalin välillä. Noutojen tekeminen on vain harvoin työmaan kannalta perusteltua. Pientarvikkeille työmaalla on yleensä pientarvikevarasto tai -kontti, jonne tavarat voidaan toimittaa suoraan hyllyyn. Suurempien hankintojen tai kohdennetusti suoraan yhdelle hankkeelle tulevien hankintojen suhteen tavarantoimittajilla on omat kuljetusmuotonsa ja -tapansa (Kemppainen ym., 2009, s. 6). Kuvio 4 selventää rakennusmateriaalin toimituskuviota huomattavasti.

Pientarvikkeet ovat vakiotuotteita, kuten väliovet tai lattiapäälysteet, joilla ei ole kohdekohtaisia erityisvaatimuksia. Pientarvikkeiden hankintaketju on pelkistetty, koska niiden ominaisuuksia ei enää tarvitse suunnitella ja muokata, vaan voidaan valita sopiva tuote kohteeseen (Kemppainen ym., 2009, s. 18). Toimitusten ohjaus on riippuvainen tuotteen toimittajasta, toimituserien koosta, kuljetusmatkasta, työmaan sisäisistä logistisista ratkaisuista ja talouden suhdannetilasta.



Kuvio 4. Rakennusmateriaalin vaihtoehtoiset reitit työmaalle (Kemppainen ym., 2009, s. 5).

Hankintojen toimituserien kokoa työmaan kannattaa suunnitella jo hankintoja suunniteltaessa. Työmaalla usein kuitenkin huomataan, että toimituserät ovat vääränlaisia johtuen kaupan molemmiin puolin mahdollisista pienistä tilanteiden muutoksista kuten aikataulu- tai määrälaskentavirheestä. Pää toteuttajan on ohjeistettava ja seurattava myös aliurakoitsijoiden toimituseriä, koska niissä olevat puutteet ja viivästyksset voivat vaikuttaa koko työmaan aikatauluun tai muiden tuotteiden varastointi voi vaikeutua. Aliurakoitsijoiden toimituserien ohjausta seurataan kuten omienkin toimitusten, jotta purkupaikat, kulkutiet ja tarvittava kalusto ovat oikea-aikaisesti vapaana. Hankinnoista vastaavan tai vastaavan työnjohtajan tulee huolehtia, että kaikki omat ja aliurakoitsijoiden toimituserät on valtuutettu työnjohtajille tai logistiikkavastaavalle (Kemppainen ym., 2009, s. 4, 12).

Aliurakoitsijan toimitusmenettelyihin on hyvä tutustua yhdessä pääurakoitsijan ja toimittajan kanssa. Samalla on hyvä sopia, että päätoteuttaja saa tuotteen materiaali- ja tyyppihyväksyntätodistukset sekä hoito- ja huolto-ohjeet toimittajalta. Mikäli päätoteuttajan on varattava nostokalustoa tai työntekijöitä kuorman purkua varten, tulee toimitusajankohta sopia tarkasti toimittajan kanssa ja myöhästymisestä määrätään sakko (Kemppainen ym., 2009, s. 13).

Toimitusten aikataulussa pysyminen ja saapuminen työmaalle oikea-aikaisesti edellyttää suunnitelmien toimittamista ajoissa sekä tarjous- ja toimitusajat huomioivaa hankinta-aikataulua (Rakennustieto, 2010, s. 6). Työmaan hankinnoista vastaavan tulee tehdä hankinnat yhteistyössä työmaan kanssa, ja toimitusten ohjauksen kannalta työnjohdon tulisi osallistua hankinnansuunnitteluun alusta lähtien. Hankintavaiheessa voidaan suunnitella alustavasti toimituserien määrää, pakkaustapaa, ajoitusta, varastointia ja toimitusehtoja, jotta nämä voidaan esittää tarjouspyynnöissä. Sopimusneuvotteluissa keskustellaan avoimena olevat toimitukseen liittyvät yksityiskohdat ja varmistetaan toimituskäytännöt (Kemppainen ym., 2009, s. 10–11). J. Peltola (henkilökohtainen tiedonanto, 16.3.2023) kertoi voivansa käyttää 3D-mallia urakkaneuvotteluissa tai aloituspalavereissa urakkaporukan nokkamiehen kanssa, mikäli urakkaan sisältyy myös tavaroiden vastaanottoa.

2.4.2 Työmaalla sujuva toimitusten vastaanotto

RYHT:n (2000, s. 3) mukaan päätoteuttaja on velvollinen huolehtimaan, että tavara voidaan vastaanottaa aikataulun mukaisesti sovitulla tavalla. Purkupaikalle johtavan tien ajokelpoisuudesta tulee päätoteuttajan vastata, jotta kuljetuskalusto voi liikkua esteettä ja purkupaikka on asianmukaisessa kunnossa. Kaupan osapuolten on viipymättä toimitettava tieto, jos tuotetta ei voida toimittaa sovittuna ajankohtana tai työmaalla ei ole valmiutta vastaanottaa tuotetta. Molempien osapuolten on viipymättä kirjallisesti toimitettava tieto viivästyksen syystä ja uudesta toimitusajankohdasta. Mikäli toimitus viivästyy työmaasta johtuen, tavarantoimittajalla on oikeus laskuttaa sovitun aikataulun mukaisesti ja saada korvaus viivästyksen aiheuttamista kuluista.

Logistiikkakeskukset eli terminaalit ovat toimitusten käsittely-yksiköitä, joihin rautakauppa, tukkuliikkeet, maahantuojat ja tehtaat voivat toimittaa tuotteita välivarastoitavaksi ja toimitettavaksi työmaille tarvittavana ajankohtana tai kokonaisuutena. Terminaalissa tehtävää uudelleen pakkaamista asennuskohteittain kutsutaan setitykseksi. Esimerkiksi rautakaupoilla on logistiikkayksiköitä, joissa tuotteita voidaan kasata valmiiksi, tehdä erilaisia käsittelyitä ja setittää johonkin tilaan tulevat tilaukset samaan kuljetukseen. Terminaalista tuotteet voidaan toimittaa työmaalle täsmätoimituksina, jolloin työmaalla ei erikseen varastoida tuotteita, vaan tuotteet ovat heti käytettävissä (Kemppainen ym., 2009, s. 5–8).

Periaatteessa materiaalitoimitusten ohjaustavat ovat materiaalista riippumattomia. Työmaalla erilaisten materiaalien suojaukseen, liikutteluun ja varastointiin pitää toimituskohtaisesti arvioida toimitukseen liittyvät riskit (Kemppainen ym., 2009, s. 4, 17). Tuotteiden varastointiin tehdään suunnitelma valmistajan ohjeiden mukaan ja työmaan olosuhteet huomioiden.

Perinteiset suoratoimitukset tuodaan työmaalle tehtaalta, tukkuliikkeen varastosta tai kotiinkutsuttuna osatoimituksena. Vastaanotettu toimitus puretaan yleensä asennuspaikalle tai materiaalikohtaisiin varastoihin (Kemppainen ym., 2009, s. 8). Suoratoimitukset nähdään tällä hankkeena ongelmallisena, koska toimitusajankohtaa ei yleensä määritellä tarkasti.

Työmaalla joudutaan tekemään joskus kiirehankintoja aikataulullisista tai tuotannollisista syistä. Yleensä näitä ovat hankkeen alussa maanrakennusurakka tai tuotteet, joilla on pitkä toimitusaika suunniteltuun aikatauluun nähden (Kemppainen ym., 2009, s. 8). Joskus inhimillisen erehdytyksen seurauksena jokin hankinta voi viivästyä tai jopa jäädä tekemättä, jolloin tuotteet joudutaan hankkimaan kiireellä.

Työnjohtajat laativat yleissuunnitelmien pohjalta viikkosuunnitelmia tai tehtäväsuunnitelmia. Rakentamisen käynnistyttyä työnjohdolla ei ole enää suuria mahdollisuuksia muuttaa yleissuunnittelussa tehtyjä, logistiikkaa koskevia päätöksiä. Rakentamisvaiheessa työnjohdon tehtäviä on toimitusmenettelyiden täsmentäminen, työmaa-alueen toimivuudesta huolehtiminen, toimituserien kotiinkutsut, toimitusten varmistaminen ja toimitusten vastaanoton suojaus-, siirto- ja nostokalustosta huolehtiminen (Kemppainen ym., 2009, s. 12).

Työnjohtajat merkitsevät vastuualueidensa toimitukset ja ohjaustoimet logistiikka-aikatauluun tai -kalenteriin. Työmaan aikataulun muuttuessa nähdään, mitä toimituksia joudutaan siirtämään. Toimittajiin tulee olla heti yhteydessä, kun aikataulu tai suunnitelmamuutoksia ilmenee (Kemppainen ym., 2009, s. 12–13).

Kun työn aloittaminen ja toimitusajankohta lähestyvät toimituserien määrä, koko ja ajoitus tulee varmentaa toimittavan tahon kanssa. Toimituserien suuruuteen vaikuttaa työmaalla oleva varastointitila ja työmaan aikataulu. Jos varastotilaa tai terminaali on käytettävissä, kannattaa vertailla varastointi- ja kuljetuskustannusten suhdetta. Varastointitilan ollessa pieni toimitukset tilataan esimerkiksi lohkoittain (Kemppainen ym., 2009, s. 13). Työnjohtajien ja logistiikasta vastaavan tulisi seurata työmaan varastointitilan käyttöä ja tavaran liikumista työmaalla, jotta osataan sanoa, mihin ja koska toimitus voidaan toimittaa. Terminaali on lisäkustannuksia aiheuttava toimitusten välimuoto, mutta sillä saadaan tasattua toimituksia tasaisesti työmaalle ja tarvittaessa lajiteltua tilakohtaisemmin.

Työmaan kannattaa ottaa yhteyttä kuljetusliikkeeseen aikataulullisesti kriittisistä, runsaasti varastointia vaativista tai erityisiä purkuresursseja vaativista toimituksista, mikäli tiedonkulku ei ole sujunut toimittajan kanssa sovitulla tavalla (Kemppainen ym., 2009, s. 15). Työmaan riskienhallinnan kannalta tämä erityisesti korostuu. Työmaalle voi olla tulossa

useita vaativia toimituksia peräkkäisinä päivinä, joten vaativien toimitusten ajankohdat on täsmällisesti tiedettävä.

Jätteiden hallinnan kannalta materiaalien siirtoihin kannattaa suunnitella työpisteet siten, ettei pakkausmateriaalia tms. jätettä kanneta tarpeettomasti kerroksille ja hetken päästä jätteenä pihalle (Leino & Pinomäki, 2019, s. 25, 27). Työpiste materiaalien purkupisteellä tai heti kulkureitin varrella rakennuksen sisällä säästävät kerroksilta tulevaa jätteen kuljetusta jo rakennusmateriaalien saapuessa työmaalle. Pakkausmateriaaleilla voidaan suojata monia valmiita pintoja esimerkiksi kalusteissa jättämällä pakkauksen pahvi pintojen päälle suojaksi, mutta näitä kannattaa aina miettiä tapauskohtaisesti.

3 KUSTANNUKSET

Kuten kaikissa kustannuslajeissa liiketoiminnassa, myös rakennustyömaan logistiikassa halutaan säästyä ylimääräiseltä rahan menolta. Hyvällä suunnittelulla voidaan vähentää työmaalla syntyviä kuluja. Esimerkiksi materiaalien väärä varastoimispaikka voi aiheuttaa kastumista, vioittumista, likaantumista tai materiaalin rikkoutumisen. Työmaalla harvoin säästytään materiaalivaurioilta tai väärin valmistetuilta tuotteilta määrälaskentavirheiden tai olosuhteiden seurauksena.

Työmaan toimitusten suunnittelulla varmistetaan, että rakennustuotteet ja -materiaalit saadaan työmaalle kohtuullisin kustannuksin ja oikean suuruisissa toimituserissä (Kemppainen ym., 2009, s. 10). Työmaakohtaisesti mietitään, mikä on kannattavin toimitusmuoto, mitkä ovat materiaalien varastointimahdollisuudet ja kuinka tarkasti materiaalien hankinta täytyy mitoittaa kyseisessä kohteessa.

Hyvällä jätteiden huolto- ja keräyssuunnitelmalla, materiaalien oikea-aikaisella toimituksella ja rakennusjätteiden lajittelulla säästetään kustannuksia. Tuotteiden oikea-aikainen tilaaminen työmaalle säästää varastointikustannuksia, siirtokustannuksia ja materiaalin laatuun liittyviä hävikkikustannuksia (Leino & Pinomäki, 2019, s. 18, 20, 25). Jätteidenlajittelulla on mahdollista säästää työmaalla kustannuksia, koska tiettyjä jättejakeita saadaan hyvin kierrätettyä ja niistä maksetaan työmaalle. Metallia voidaan käyttää esimerkkinä, koska sen lajittelu on työmaalla yleensä vähän vaivaa vaativaa ja kaiken metallin voi kerätä samaan metallinkeräyslavaan toisin kuin esimerkiksi muovin. Romumetallin kerääjiä löytyy joka kylästä, joten sen myynnistä on myös tuottoa nähtyyn vaivaan verrattuna.

Aluesuunnittelussa tehdyt ratkaisut määräävät pääosin työmaan sisäisten siirtojen tarpeen. Mikäli työmaalla on vähän varastointitilaa ja ahdas purkupaikka, voidaan materiaalit sopia toimitettavaksi välivarastoon eli terminaaliin tai kuljetusauto odottaa lähellä sijaitsevassa odotuspaikassa kutsua työmaalle (Kemppainen ym., 2009, s. 17). Terminaali on hyvä vaihtoehto, mutta paljon käytettynä voi tulla kalliiksi. Osittain hektisimmässä vaiheessa käytettynä se voi olla kustannustehokas varsinkin, jos työmaalle olisi tulossa paljon pieniä toimituksia samanaikaisesti, jolloin vaara kulkureittien tukkeutumiselle ja jonotuksille on suurimmillaan. Terminaali tällaisessa tilanteessa voisi säästää tuntuvasti ottamalla

toimitukset vastaan, lajittelemalla toimitukset sopivan kokoisiin kokonaisuuksiin ja kuljettamalla tuotteet kerralla työmaalle. Terminaalin kanssa tulisi olla hyvä laadunvarmistusjärjestelmä, jotta virheelliset toimitukset voitaisiin reklamoida ja palauttaa terminaalista eikä työmaalle tuotaisi palautettavaksi virheellistä materiaalia.

Kustannuksia voi syntyä paljonkin, mikäli kuorma-autot joutuvat odottamaan kuorman purkua sovittuna toimitusajankohtana. Jos työpäivät venyvät kuormien purkamisen takia, nostavat ylityökorvaukset kustannuksia.

Kustannuksien hallinnasta tutkimuksessa käytetään esimerkkinä betonisten seinäelementtien purkua toimituskuormasta, välivarastointia ja asennusta kerroksille. Elementtikuorman saapuessa rakennustyömaalle elementtien valmistaja on kuljetusliikkeen kanssa suunnitellut enintään tunnin mittaisen purkuajan. Kuormanpurussa on apumies rakennusliikkeestä tai kuljetusliikkeellä on mahdollisuus laskuttaa yksinpurkamisesta.

Tarkastellaan Kivimäki ym. (2015, s. 174) betonielementtityön suoritemääriä < 25 kpl ulkoseinäelementin siirron vaikutuksesta käytettyyn työaikaan.

Taulukko 1. Betonielementtien siirtojen työtuntimäärä (Kivimäki ym. 2015, s. 174).

TYÖTEHTÄVÄ	TYÖNTEKIJÄTUNTIA/KPL
MITTAUS	0,14
VÄLIVARASTOINTI	0,24
ASENNUS	1,56
YHTEENSÄ	1,94

Betonisten ulkoseinäelementtien elementtikuorman purkaminen välivarastoon torninosturilla ja uudelleen asennettavaksi vie nosturikuljettajan ja alamiehen työskentelyajasta lähes kaksi tuntia. Ilman asennusta seinäelementin siirto lähtöpisteestä perille tulee viemään noin 15 minuuttia yhdeltä työntekijältä, mutta nosturin kanssa työskennellessä tarvitaan aina alamiestä kiinnittämään ja näyttämään nosturikuskille suuntamerkkejä.

Elementtien hinta nousee huomattavasti, jos niitä joudutaan välivarastoimaan työmaalla. Yleensä elementtien kokoiset toimitukset on suunniteltu siten, että ne asennetaan suoraan kuormasta, mutta esimerkiksi putkia on paljon nopeampi siirtää varastoon ja ottaa

varastosta käyttöön yksittäin tai useampia. Elementin nostaminen ja laskeminen elementtifakkiin vaatii tarkkuutta ja rauhallisuutta sekä tarkempaa suunnittelua.

Rakennuksen sisällä kerrokselta toiselle tehtävän tavaran siirron voidaan myös laskea tuovan kustannuksia. Esimerkiksi kipsilevyneliön siirtämiseen kuluu 0,03 tth / m². Niinpä 33 m² siirtämiseen kuluu aikaa 1 tunti kerrokselta toiselle laskennallisesti. Tällaista tavaran siirtoa on paljon rakennustyömaalla, mutta oikea-aikaisella tarkasti lasketulla materiaalitoimituksella voidaan välttää ylimääräistä materiaalin siirtoa kerrokselta toiselle.

Logistiikkasuunnitelmassa tulee kirjata luettelo tuotteista, jotka nostetaan runkovaiheessa holville, sekä se, kuinka materiaalit ja rakenteet suojataan (Kemppainen ym., 2009, s. 10). Materiaalien hankintamäärissä kannattaa tarkastella myös erikoisnippujen tilaamista kerroksille, jos näyttää, että toimitettavan materiaalin perusnippu poikkeaa tarvittavasta määrästä. Materiaalin siirtokustannukset talon sisällä kerroksilta toisille tai jätelavalle eivät yleensä tule koskaan alittamaan erikoismäärän tilauksesta ja toimituksesta muodostuvaa hintaa.

4 MALLINNUS

4.1 Laatu

Tietomallinnuksen osuutta tutkimuksesta alettiin suunnitella mallinnuksen laadun kannalta, koska usein itselle tai yrityksen sisäiseen käyttöön tehtävää materiaalia tehdään tietyn agendan ohjaamana. Laatuun vaikuttaa tietojen oikeellisuuden lisäksi olennaisesti esitystarkkuus, tuotantoaikataulu ja keskeneräisyys. Rakennustyön aikana tietomallit kuvaavat suunnittelijoiden näkemyksiä hankkeesta ja ratkaisuja. Hankkeen lopuksi tehdään as build -malli, joka vastaa rakennettua lopputulosta, joka jää loppukäyttäjän käyttöön. Logistiikka- ja aluesuunnitelma on rakennusaikainen tietomalli, jota ei kannata tehdä liian tarkaksi, koska rakennustyömaa on täynnä liikkuvia objekteja. Tässä osiossa puhutaan tietomallista tai mallinnuksesta, vaikka tehty aluesuunnitelma on 3D-suunnitelma. 3D-suunnitelmaan ei ole syötetty tietoja esimerkiksi kulkureitin geometrisestä informaatiosta tai sisältämistä materiaaleista. 3D-mallista saa kyllä mitattua kulkutien pituuden, mutta samalla tavalla kuin rakennesuunnittelijan tietomallista 3D-mallista ei saa kappaleen määrämittoja tai muuta kuin visuaalisen sijaintitiedon.

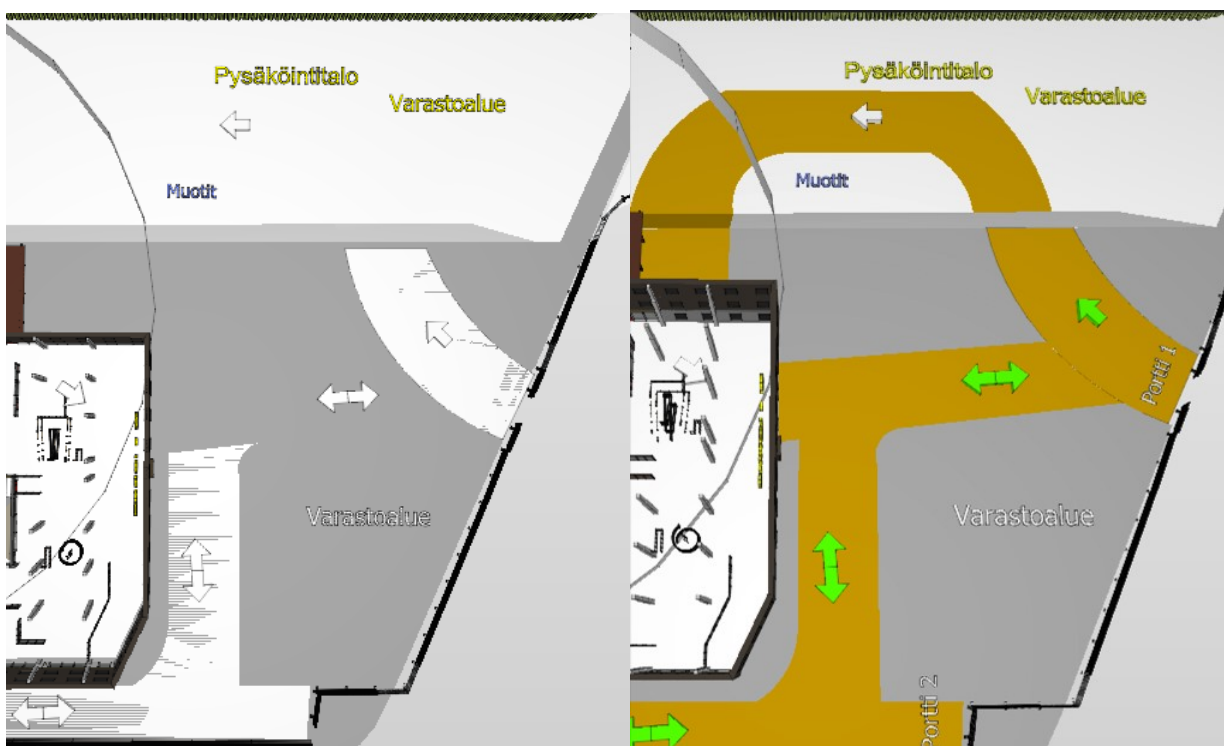
Tietomallinnuksen lähtökohtana on parantaa ja ylläpitää kunkin suunnittelijan suunnittelun laatua, sekä parantaa osapuolten välistä tiedon siirtoa ja tehostaa suunnitteluprosessia (Rakennustieto, 2012b, s. 2). Rakennustieto (2012b, s. 2) lisää rakennusten ja kiinteistöjen mallinnuksen tavoitteeksi rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävän kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukemisen.

Mallinnuksen yleisiä tavoitteita projektille on tukea päätöksentekoprosesseja, havainnollistaa suunnitteluratkaisuja, yhteensovittaa suunnitelmia ja estää yhteentörmäyksiä sekä parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana (Rakennustieto, 2012b, s. 2). Mallinnuksen tavoitteita projektille voidaan käyttää myös alue- ja logistiikkasuunnitelman tavoitteina havainnollistaa, estää yhteentörmäyksiä, parantaa turvallisuutta ja tukea koko projektia päätöksentekoprosessissa.

Projektin alussa osapuolet sopivat tai tilaaja määrittää projektissa käytettävät ohjelmistot ja koordinaatiston. Jos kohteeseen on tehty inventointimalli eli olemassa olevan rakennuksen

tietomalli, siinä käytettyä suunnittelukoordinaatistoa voidaan käyttää myös kohteen lopullisena koordinaatistona tai inventointimallin koordinaatistoa muutetaan vastaamaan kohteen tulevaa koordinaatistoa. Vain tilaajan suostumuksella muiden kuin IFC-sertifioitujen ohjelmistojen käyttö muille osapuolille luovutettavien mallien käytössä on kielletty. Ohjelmistorajoituksia ei ole sisäisessä työskentelyssä ja dokumenttien tuotannossa. Projektille tuotetut mallit luovutetaan sovituille taholla, sovituissa aikataulussa sekä IFC-muodossa että alkuperäisen mallinnukseen käytetyn ohjelmiston omassa tiedostomuodossa niin sanotussa natiivimallissa (Rakennustieto, 2012a, s. 2–3, 5).

Suunnittelijoilla tulisi olla käytössään viimeisin buildingSMART-sertifioitu IFC-tiedonsiirto-moduuli. Mikäli ohjelmiston IFC-tiedonsiirtovaiheessa tai ohjelmassa itsessään tapahtuu virhe, suunnittelija ei välttämättä enää pysty korjaamaan virhettä. Suunnittelijoiden velvollisuus on raportoida kaikki havaitsemansa virhetilanteet, jolloin tehdään projektikohtaisesti päätös tilanteen korjauksesta. (Rakennustieto, 2012b, s. 3) Tällaiseen ongelmaan törmättiin aluesuunnitelmaa tuotaessa IFC-malliksi Sketchupista. Sketchupissa kulkutiet työmaalueella näkyvät hienosti, mutta IFC-mallissa kulkureittiä ei ollut olemassakaan.



Kuvio 5. Puuttuva kulkureitti IFC-mallissa

Kuvio 5 havainnollistaa puuttuvia kulkuteitä ja sitä, kuinka niiden olisi kuulunut olla. Tietomallia tutkittiin ja se tuotiin neljä kertaa IFC:ksi, ennen kuin J. Pikkarainen (henkilökohtainen tiedonanto, 23.2.2023) opasti tekemään kaikista kulkuteistä ryhmäkomponentin. Ryhmäkomponenttina kaikki kulkutiet tulivat näkyviin IFC-malliin. Tämä olisi ollut merkittävä puutos rakennusalueen aluesuunnitelmassa, koska tavaransiirtologiikan näkökulmasta pitäisi lähteä etsimään uusia reittejä, koska työntekijät kulkevat joko lyhintä mahdollista reittiä tai valmiiksi muodostunutta reittiä. Työturvallisuus voi heikentyä työmaalla merkittävästi, jos kulkureittejä ei ole suunniteltu, tiedotettu henkilöstölle ja varmistettu.

Tietomallien tarkkuudessa sallitaan tarkoituksen mukaiset poikkeamat. Rakennusosamallivaiheeseen saakka mallinnuksessa käytetään liittymämittoja. Rakennusosilla on käyttö-tarkkuuksiin liittyviä mittatarkkuusvaatimuksia, esimerkiksi arkkitehtimallisissa seinien on nurkassa osuttava toisiinsa, koska rako nurkassa voi haitata olennaisesti mallin termistä analyysiä (Rakennustieto, 2012a, s. 3). Lähtötietojen ja mittatarkkuuden on täsmäittävä työmaalle tuotetussa 3D-mallissa, jotta sen avulla voidaan hahmottaa kentällä olevaa vapaata tilaa ja toimintaketjujen etenemistä.

Kaikissa tilanteissa suunnittelija on vastuussa toimittamiensa tietomallien laadusta. Tilaajan tai tietomallien laadunvarmistajan hyväksyntä ei poista tai vähennä suunnittelijan vastuuta. Vastuu on siis virheen tekijällä eikä sillä, joka ei virhettä huomannut. (Rakennustieto, 2012b, s. 6)

Tietomallin tekijän on valvottava mallin teknistä laatua ja huolehdittava, ettei se sisällä muita kuin suunnittelun keskeneräisyyteen liittyviä virheitä (Rakennustieto, 2012a, s. 5). Laadunvalvontaa on syytä tehdä aktiivisesti, koska käytännössä on koettu haastavaksi saada suunnitelmien laatu paranemaan suunnitteluvaiheen loppupuolella tehtävillä törmäystarkasteluilla. Tällöin suunnitelmista yleensä löytyy paljon korjattavaa ja aikataulupaineissa kaikkea on lähes mahdoton saada korjattua hyvin (Rakennustieto, 2012b, s. 5).

Tietomallit eivät korvaa piirrettyjä suunnitelmia tai muita suunnitelmia ja asiakirjoja tai tosinpäin vielä hetkeen. Työmailla urakoitsija käyttävät suunnittelijoiden laatimia malleja pohjana erilaisissa tuotannonmallinnustehtävissä. Tuotantomalli ei ole täsmällisesti määritelty tietomalli vaan yleisnimitys malleille, joihin on täydennetty tuotannonohjauksen näkökulma, kuten tässä tapauksessa työmaan aluesuunnitelma- ja logistiikkasuunnitelma.

Tuotantomalli voi myös sisältää useita eri tuotantosuunnitelmia yhdessä mallissa, kuten 4D-aikataulumallin (Rakennustieto, 2012d, s. 2).

Rakennushankkeen alussa tulevat tonttiin ja käyttöön liittyvät vaatimukset, koska varsinaiset suunnitelmat eivät vielä tässä kohtaa yleensä ole valmiita. Seuraavaksi tulevat päätöksenteon keskeisimmät tiedot laajuustietojen ja tiloille asetettujen vaatimusten kautta. Tätä kutsutaan niin sanotuksi vaatimusmalliksi tietomallintamisessa. Vaatimusmallin minivaatimukseksi on kerrottu taulukkomuodossa oleva tilaohjelma, mutta vaiheen ohittamisen jälkeen ei ole enää odotettavissa suuria muutoksia rakennuksen tai tilojen pinta-ala- ja erityisvaatimuslistaukseen. Tilojen vaatimukset voivat toki tarkentua tilaajan tai käyttäjän myöhemmin tekemillä muutoksilla (Rakennustieto, 2012a, s. 5–6).

Työmaan aluesuunnitelmassa vaatimusmalliin tuotujen tietojen pohjalta tontista ja rakennusten tilajakaumasta tontilla saadaan lähtötiedot tuotantomallin toteuttamiseen. Mallinnettuun aluesuunnitelmaan on maanpinnantasolla selkeä tuoda olemassa olevien rakennusten sijainnit ja rakennettavan rakennuksen sijainti sekä liittymät tielle, kulkureitit, varastointialueet, sosiaalityötilojen ja parakkien paikat. Mallinnettu alue- ja logistiikkasuunnitelma ei sido mallinnuksen yleiset laatuvaatimukset niin tiukasti, koska 3D-malli on työmaan tuottama. Tuotantomallin on syytä kuitenkin vastata suunnittelun tasoltaan aluesuunnittelulle asetettuja yrityksen sisäisiä vaatimuksia ja hyvän rakennustavan edellyttämiä ohjeistuksia liittyen työturvallisuuteen ja alueen käytettävyyteen. Kolmiulotteinen malli helpottaa alueen hahmottamista ja ratkaisujen hakemista.

Kattavalla vertailulla projektin alussa voidaan löytää jossain vaiheessa projektia tyhjäksi jääviä alueita tontilta, toimitusten siirto ratkaisuja ja estää ongelmien muodostumista myöhemmässä vaiheessa. Tietomallina tuotettuun aluesuunnitelmaan on yleisten tietomallivaatimusten mukaan kyettävä tuottamaan tarvittava määrä informaatiota päätöksenteon tueksi. Esimerkiksi elementtikuorman saapuessa työmaalle kuorman purkupaikan on oltava selvillä ja kuljettaja on kyettävä opastamaan mahdollisimman selkeästi paikalle. Havainnollistava kuva tai tietomallista otettu tuloste alueesta vähentäisi informaatiokatkosten määrää olennaisesti työmaa-alueella.

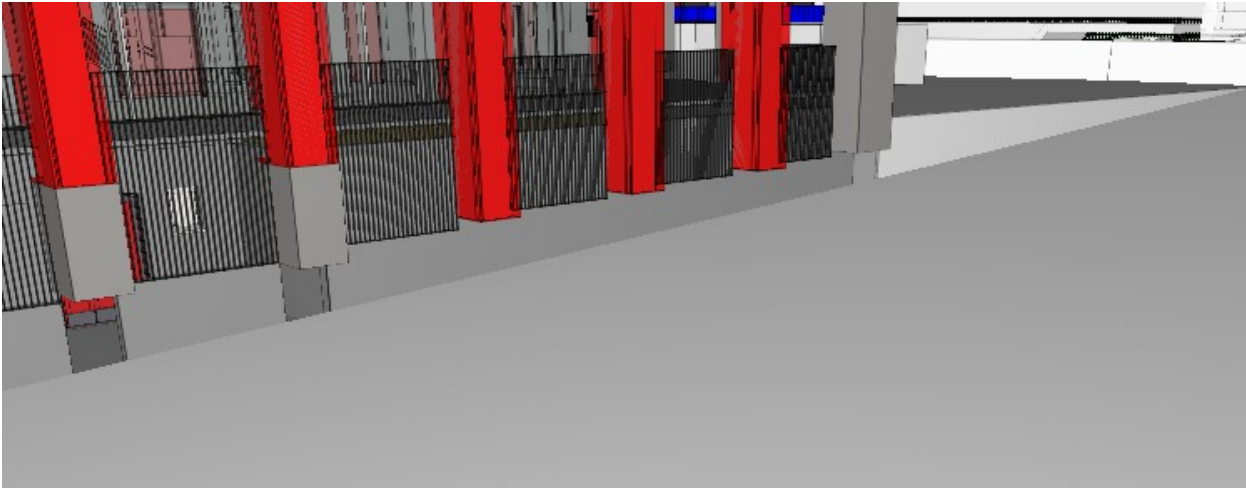
Tietomallien havainnollistaminen voidaan jakaa kahteen päämuotoon (Rakennustieto, 2012c, s. 2). Ensimmäinen on enemmän arkkitehtien ja myyjien käyttämä visualisointi, joka on valokuvamainen esitys kohteesta, jossa kuvastuu suunnittelijan näkemys hankkeesta ja sen suunnitteluratkaisuista. Visualisoivan esitysmuodon laatuvaatimukset ovat hyvin korkeat. Toinen havainnollistamismuoto on tekninen havainnemalli. Tekninen havainne toimii kommunikaatiovälineenä työmaalle, hankkeen johdolle, tilaajalle ja suunnitteluryhmille. Teknisen havainnemateriaalin esitystekniset laatuvaatimukset ovat visualisointeja alhaisemmat, mutta joissa mallissa liikkuminen ja tarkastelu on poikkeuksetta itseltään selvä perusominaisuus. Joissain yhteyksissä on tarpeen erotella, kumpaa muotoa käytetään: teknistä havainnollistamista eli suunnitelmien teknistä esittämistä vai visualisointia?

Tietomallia tehdessä annetaan rakennusosille omat värikoodit, joita tulee käyttää. Väritiedon tulee välittyä IFC-malliin, jolloin erilaisissa mallin tarkasteluissa voidaan tarkastella törmäyksiä ja yhteensovitusta perustuen tähän väri-informaatioon. Arkkitehdin mallinnusosat voidaan pääosin tunnistaa visualisesti muotonsa perusteella, joten ne ovat usein harmaita tai muun haalean värisiä. Rakennesuunnittelijan ja talotekniikan malleissa käytetään havainnollisuuden vuoksi voimakkaita tai tunnistettavia värejä (Rakennustieto, 2012 c, s. 5).

Tilaajasta on ensiarvoisen tärkeää pystyä seuraamaan hankkeen etenemistä ja vastuuta esitettyihin tavoitteisiin (Rakennustieto, 2012 b, s. 3). 3D-aluesuunnitelma kiinnostaa rakennuttavaa osapuolta varmasti, koska heillä on esimerkiksi työmaan turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia päätoteuttajalle.

Tietomalli on lähtökohtaisesti tekninen asiakirja, jonka hyödyntämistä visualisoinnissa tulee arvioida projektikohtaisesti. Visuaalinen malli toimii projektin alussa arkkitehtonisten tavoitteiden määrittelyssä sekä myöhemmin markkinoinnissa ja esittelyssä. Visualisesta mallista suositellaan tekemään kevyt alun tavoitteiden asettelun jälkeen, jotta sitä on kevyempi päivittää projektin edetessä. Havainnollistaminen on kuitenkin olennainen osa hankkeen päätöksentekoa ja kommunikaatiota (Rakennustieto, 2012 c, s. 6). Tämän vuoksi tässä työssä alettiin pohtia ensimmäisen mallinnetun alue- ja logistiikkasuunnitelman karsimista ja keventämistä. Mallia voisi keventää lisäämällä ensin rakennuksen tietomallin alueeseen, ennen kuin muotoilee kaikki kaivuukaltevuudet ja kaivetun maa-alueen, johon lisää

rakennuksen. Kuten kuvioista 6 näkee, tunneliin johtava luiska mukailee hienosti myöhemmin malliin tuotua rakennusta. Tämä ei kuitenkaan työmaan kannalta ole olennaista vaan kasvattaa ennemminkin tiedostokokoa.



Kuvio 6. Kaivettu tunnelin luiska rakennuksen vierestä.

Tietomallintekijä on vastuussa työnsä laadusta ja vastuussa virheiden kuntoon saattamisesta (Rakennustieto, 2012 b, s. 10). Tutkimuksen tekijä näkee tämän koskettavan myös työmaalla laadittua omaan käyttöön tulevaa aluesuunnitelmamallia. Työmaaolosuhteissa toki ympäristö ja asiat muuttuvat välillä hyvinkin nopeasti, jolloin tietomallia täytyy päivittää usein vastaamaan todellisuutta. Ensimmäistä tuotantomallia työmaa-alueesta julkaistessa mietittiin, kannattaako sitä julkaista kolmen ensimmäisen kerroksen ulkoseinät rakennettuina, kuten tehtiin, vai olisiko ollut selkeämpää tehdä koko rakennuksen ulkoseinät paikalleen vai kokonaan ilman ulkoseiniä kellarin rakenneosilla. Tuotantomalli julkaistiin kolmen ensimmäisen kerroksen ulkoseinillä eli periaatteessa jo valmiiksi virheellisenä, koska kellarin rakenteita oltiin tekemässä siinä vaiheessa. Tiedossa kuitenkin oli jo reilun kuukauden päästä tulevat toisen nosturin pystytykset ja yhden työmaatien siirtyminen. Siinä kohtaa ensimmäisten lohkojen kellarin rakenteet olisivat jo valmistuneet. Tuotantomallin ensimmäiseen versioon oli jo piirretty molemmat torninosturit, mutta työmaan työnjohdon kanssa todettiin, että tässä kohtaa aluesuunnitelma tulisi liian täyteen eikä vastaisi tätä hetkeä.

4.2 3D-mallin tekeminen

Tutkielman suunnitteluvaiheessa oli tarkoituksena testata useamman suunnittelu- ja mallinnusohjelman soveltumista aluesuunnitteluun. Keskusteltiin arkkitehtitoimistolta natiivimallin pyytämisestä suunnittelun pohjaksi sekä mittamiesten tekemästä korkeustasojenmittauksesta ja laserkeilauksesta työmaa-alueesta, ja näiden pohjalta lähdettäisiin tekemään mallia.

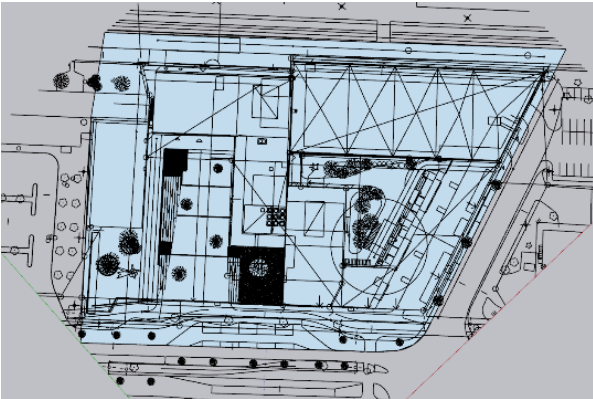
Aluksi kokeiltiin Archicad 24:llä piirtää hahmotelmaa alueesta, mutta tämä osoittautui haasteelliseksi. Alettiin piirtämään rakennusta ensin. Tutkielman tekijällä ei ole aiempaa kokemusta Archicadin käytöstä, joten ohjelman käyttö osoittautui turhan haasteelliseksi opetusvideoiden ja oppaan avulla. Archicad 24 saa tuotettua todella yksityiskohtaisia, visuaalisia malleja, ja ohjelma sisältää oikeuden tallennustilaan pilvipalvelussa. Nähtiin kuitenkin kannattavampana kokeilla toista sovellusta mallin tekemiseen.

YIT (sisäinen tietolähde, 12.1.2023) kertoi, että aiemmin 3D-aluesuunnitelmia on tehty SketchUp Pro 2020 -ohjelmistolla onnistuneesti. SketchUp on Trimble Incin kehittämä 3D-mallinnusohjelmisto suunnitteluun ja suunnitelmien esittämiseen (Trimble, i.a.).

4.2.1 Työmaa-alue

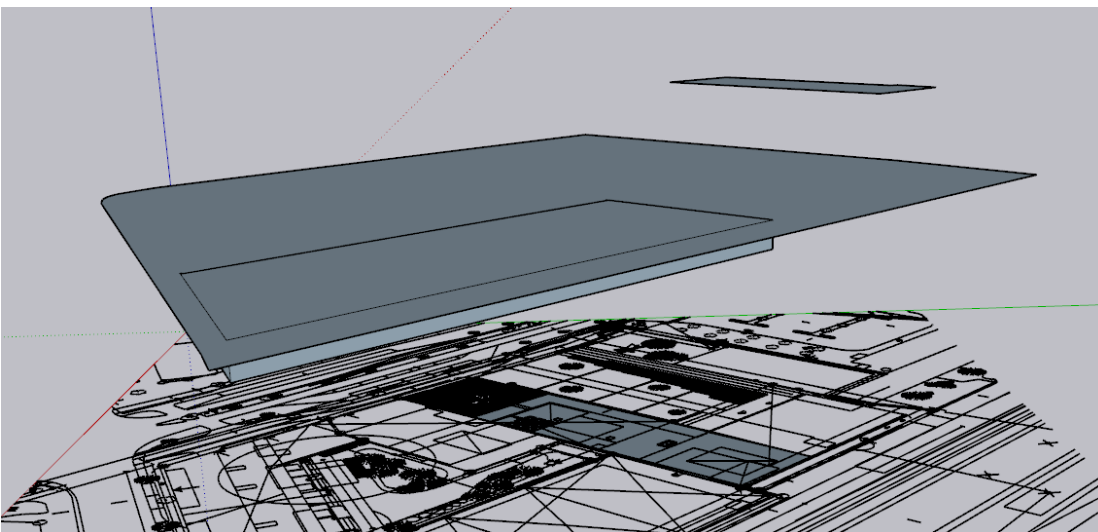
Alue- /logistiikkasuunnitelman tekoa aloitettiin seuraavaksi tekemään SketchUpilla. SketchUpiin tuotiin ensin asemapiirustus dwg-tiedostona, johon tontin ääriviivoja mukaillen ensin piirrettiin työmaa-alue. Kuviossa 7 näytetään, kuinka työmaa-alue piirrettiin dwg-tiedostoa pohjana käyttäen. Työmaa-alue nostettiin dwg-pohjasta maanpinnan likimääräiseen

korkeusasemaan, jotta asemapiirustus olisi nähtävillä 3D-suunnitelman alla ja piirrosten viivat eivät kohtaisi häiritsevästi piirtäessä.



Kuvio 7. Alueen rajaus

Dwg-piirustuksen päälle tehtiin Asematalon ja Aallokon lohkot sekä Pysäköintitalon pohja suorakulmion muotoisina komponentteina, joiden korkeutta skaalattiin kaivuusyvyyttä vastaavaksi. Komponentista ja aluesuunnitelmasta vastaavasta kohdasta poistettiin identtiset palat. Kuvio 8 näyttää millaista komponenttia tarkoitetaan. Sen jälkeen kaivuuta kuvaava lohkon komponentti asennettiin paikalleen työmaa-alueeseen. Komponentin pohjaa ja reunoja vielä hienosäädettiin skaalaamalla, jotta kaivuukaltevuus vastaisi kaivetun montun todellista muotoa.



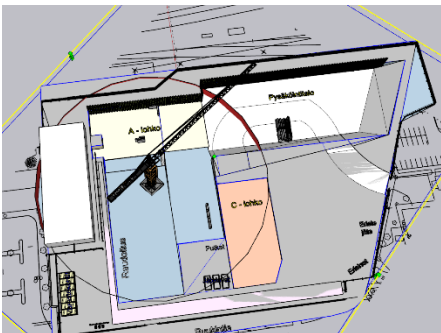
Kuvio 8. Kaivannon tekeminen 3D-malliin

Kaivannon luiskan piirtäminen osoittautui hyvin haastavaksi. Sen piirtäminen komponenttina ei onnistunut, koska luiska levenee noustaessa rinnettä ylös. Dwg-piirustuksen päällä piirrettiin levynä luiska, jonka kulma käännettiin vastaamaan rinteeseen kulmaa. Luiskaa kuvaava levy nostettiin ja sovitettiin vastaamaan A-lohkon pohjalevyä ja työmaa-alueen maanpintaa. Luiskan reunoista piirrettiin levyt luiskan seinämiksi.

4.2.2 Työmaatoiminnot

YIT:ltä löytyy kattava valikoima komponentteja, kuten työmaaparakkeja, -aitoja ja esimerkiksi elementtifakki käytettäväksi SketchUpissa kuvaamaan työmaatoimintoja. Lisäksi puuttuviin komponentteihin, kuten ponttiseiniin, suunniteltiin RAK-mallin ryöstöä eli kopioimista, mutta tutkielman tekijän onneksi YIT:n kokoisesta organisaatiosta löytyi valmiina ponttiseinäkomponentti. Tässä kohtaa oli jo päätetty, että SketchUpia käytetään 3D-mallin teossa, eikä nähty kannattavana jatkaa muiden sovellusten kokeilemistä.

Työmaan kulkureitit tuottivat haastetta piirtoprosessissa. Kulkureiteistä yritettiin aluksi muodostaa komponentteja ja tuoda ne samalla tavalla omana kokonaisuutenaan 3D-suunnitelmaan, mutta nämä täytyi tehdä erilaisella piirtotekniikalla. Suunnitelmana oli mallintaa työmaan edistymistä vähän edellä rakentamistahtia, mutta todettiin oikea-aikaisena pysyminen liian työläänä ja aikaa vievänä. Seuraavassa kuviossa 9 näkyy ensimmäiset valetut seinät ja varastointialueiden sijoittumista. Kuvakaappauksen ottamisen aikaan oli vielä haastetta kulkureittien mallintamisessa. Päätettiin tuoda 3D-malliin arkkitehtimallista rakennuksen kolmen ensimmäisen kerroksen ulkokuori, pilarit, portaita ja lasiseinät. Työmaa-alueen 3D-malliin korostettiin tekstillä toimiston, sosiaalitulojen, kokoontumispaikan ja muun hyödyllisen tiedon sijainti työmaa-alueella.



Kuvio 9. Malli työmaan mukana etenemisessä

4.2.3 Videon kuvaus

3D-mallista haluttiin tuottaa videoesitys. Monesti perehdytyksen yhteydessä on todettu, että aluesuunnitelmasta klikataan ohi nopeasti tai ei ymmärretä, mitä piirretyt merkit tarkoittavat.

SketchUpissa on ominaisuus, jolla saa kuvakulmia siirtelemällä muodostettua jatkumon työmaalla liikkumisesta:

- Työmaa-aluetta katsottiin videossa ensin ylhäältä päin kuten pdf-tiedostoa, ja sitten näytettiin toimiston sijainti, jossa perehdytystä ollaan tekemässä.
- Kierros jatkui sosiaalityöihin ja työmaan länsinurkassa olevalla varastointialueelle.
- Sitten edettiin Asematalon ja Aallokon lohkojakoon tutustumiseen.
- Työmaan ulkoreunoilta kulkureittien, porttien sijoittumisen kautta siirryttiin Ruukintien ja Asemapäällikön reunoilla Pysäköintitalon sijoittumiseen.
- Lopuksi kuvakulma siirtyy lintuperspektiiviin katsoen koko työmaa-aluetta ja tarkentuu työmaatoimistoon.

Tutkielman tekijä näki haasteellisena SketchUpissa mahdollisuudet tuottaa videoita tai materiaalia kuljettajien opastamiseen työmaalle logistiikan kannalta. YIT:ltä (sisäinen tietolähde, 24.2.2023) kerrottiin, että Twinmotion for Revit -ohjelmistolla voidaan havainnollistaa visuaalisemmin ympäristöä ja Twinmotion for Revit -ohjelmistoon voidaan tuoda tehty 3D-malli lisäämään työmaan näkymää kaupunkikuvassa. Twinmotion for Revitissä voitiin tuoda kaupungissa jo olemassa olevat rakennukset työmaan ympärille sekä lisätä liikennettä kaduille työmaan ympärille. Muistiinpanoilmoituksilla lisättiin ajo-ohjeita Ruukintielle ennen työmaata ja numeroitiin portit Asemapäällikön varrelta. Video työmaalle saapumisesta tehtiin samalla tavalla kuin SketchUpissa kuvakulmia liikuttamalla eteenpäin. Video lähtee liikkeelle Ruukintieltä Kirkkokadun ja Kuortaneentien risteyksestä jatkaen Ruukintietä eteenpäin. Lopuksi reitti kääntyi Asemapäällikölle saapuen työmaan Portille 1.

Videoita hieman käsiteltiin ja pakattiin pienemmäksi tiedostoksi Videoeditori-ohjelmistolla vielä ennen julkaisua työmaan käyttöön.

5 YHTEENVETO

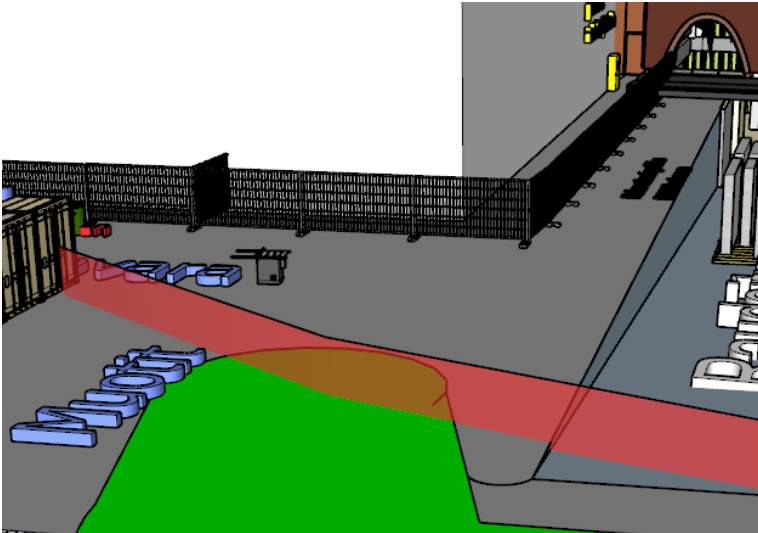
Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa mallista selkeä kuva työmaa-alueesta logistiikkasuunnitelmana. Tavoitteena oli luoda toimiva pohja, jolta suunnitelmia voidaan yhteensovittaa ja tarkastella. Muuttuneet suunnitelmat voidaan nyt helposti viedä useilla eri tavoilla tiedoksi kaikille hankkeen osapuolille. 3D-malli on käytettävissä toimihenkilöiden tietokoneella, ja 3D-mallin natiiviversiosta saadaan tuotettua helposti opastavia videoita alueesta ja saapumisesta oikeaan paikkaan. Lisäksi perehdytykseen tuotettiin erillinen video, joka pyörii info-televisiossa kaikkien nähtävillä. Alueen käyttö haluttiin ottaa hallintaan ja läpivalaista koko työmaaorganisaatiolle kunkin alueen toiminnan tarkoitusta.

5.1 Työmaalla

Rakennustyömaat ovat voimakkaasti muuttuvia kohteita. Suunnittelulla voidaan antaa vain suuntaa toteutuksen ohjaukselle työmaalla. Tarkastellaan muutamia kuvia työmaalta.



Kuva 1. Kulkureitiltä vanhan Matkakeskuksen edestä

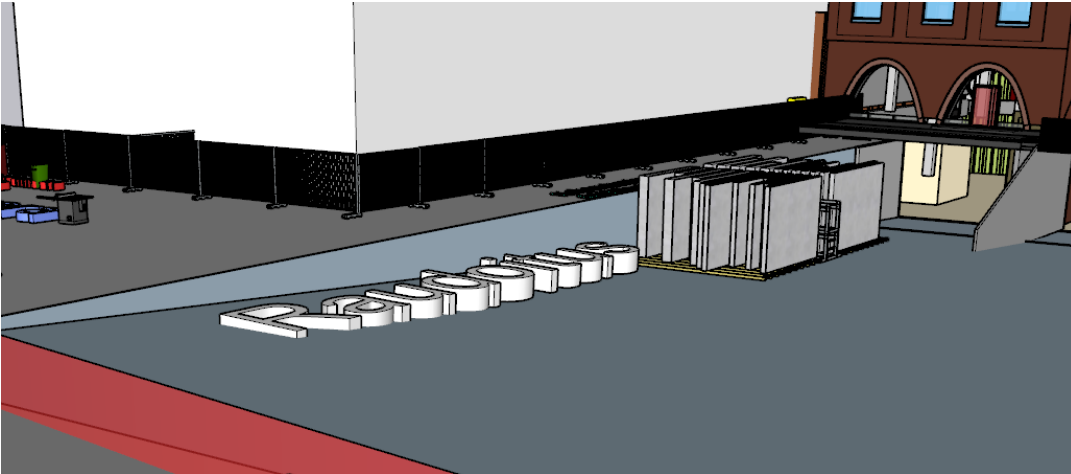


Kuvio 10. Kulkureitti mallista

Työmaa-alue on tarkoitus aidata Matkakeskuksen edestä, mutta vielä tässä vaiheessa henkilöliikenteen työmaalle on todettu sujuvan rautatieaseman tai työmaanportin kautta, kuten kuviossa 10 ja kuvassa 1. Maanrakennusurakoitsija käyttää omalle henkilöstölleen kuvassa näkyvää työmaatoimistokonttia, joten aita pystytetään, kun maanrakentajan urakka on taukoamassa ennen Pysäköintitalon aloitusta. Puutavara on varastoitu suunniteltuun paikkaan, vaikka mallin tekstistä näkyy vain loppuosa. Sirkkeli on juuri siinä, mihin se mallissa piirrettiin kuukautta aikaisemmin.



Kuva 2. Rauditusmesta

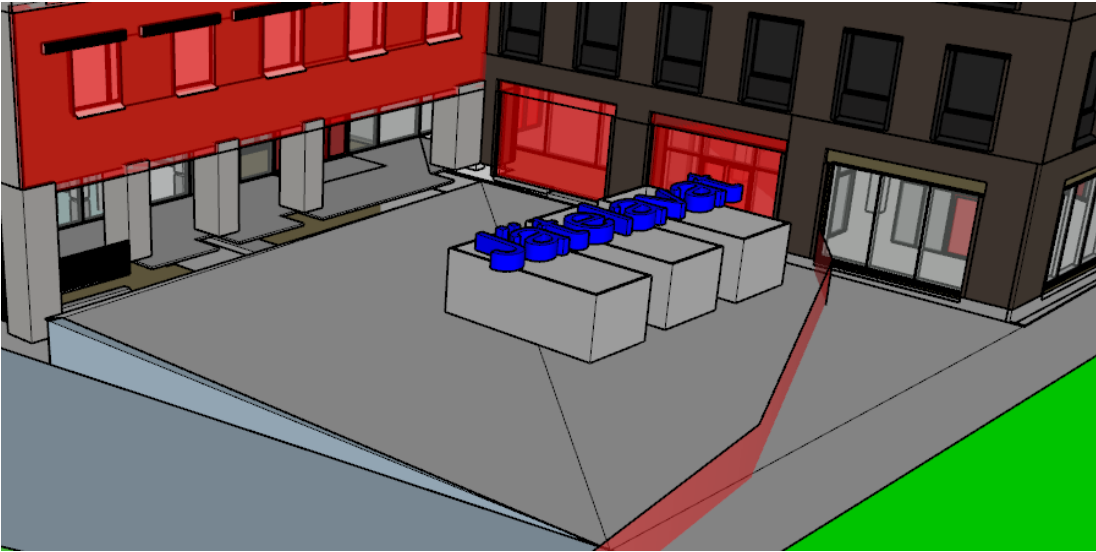


Kuvio 11. Raudoitusmesta mallista

Raudoitukselle on suunnitelmissa varattu liian vähän tilaa, kuten kuvassa 2 näkyy ja sen alla kuviossa 11. Raudoitus on vienyt elementtifakillekin varatun paikan. Kuvasta 3 näkee lisää raudoituksen vaatimasta tilasta ja kuvioista 12 kuinka se oli suunniteltu, mutta ajoreitti luiskaa pitkin rakennettavalle alueelle säilyy edelleen käyttökelpoisena. Kohhteessa on poikkeuksellisen raskas raudoitus, joten vaadittuun raudoituspisteen kokoon ei osattu varautua.



Kuva 3. Jätelavojen sijoittuminen

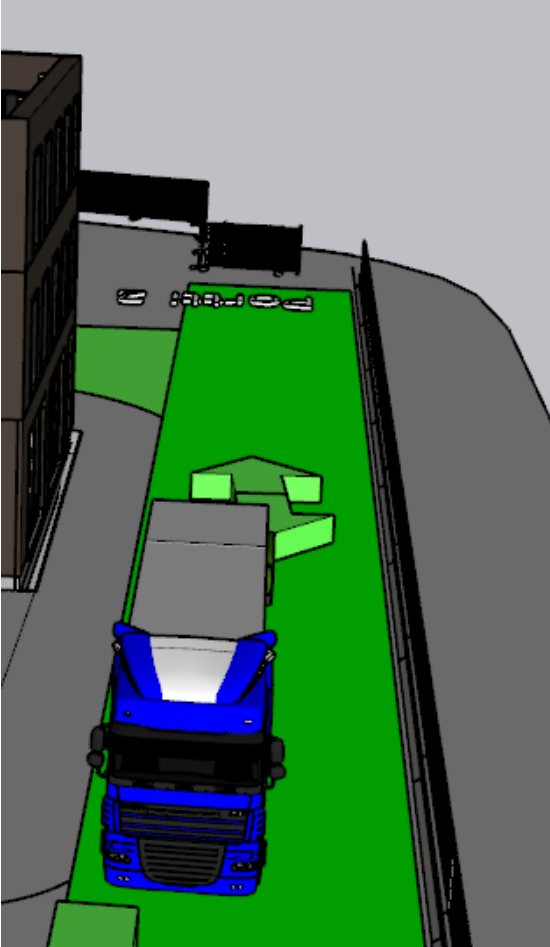


Kuvio 12. Jätelavojen sijoittuminen mallissa

Kuvassa 3 ja Kuviossa 12 tutkimuksen tekijä näkee suurimman poikkeaman työmaalla. Kuten edellisellä sivulla mainittiin raudoittajan työpiste ja varastointipaikka ovat laajentuneet. Jätelavoille ei ole riittävästi tilaa ja ne ovat mallissa harmaalla pohjalla olevan kulutien viereisen viivan kohdalla, joten torninosturilla ei voida enää siirrellä jätelavoja tarvittaessa. Nosturia kiertävä punainen rengas näyttää 50 metrin nostosäteen nosturille. Kurottajalla joutuu siirtämään jätelavaa kuorma-auton tullessa noutamaan täysinäistä jätelavaa. Tässä on suuri riski kuljetuskaluston vaurioihin ja raudoittajan materiaalivaurioihin. Lisäksi keskimmaiselle jätelavalle on hankala viedä tavaraa ainoastaan päädyn lyhyeltä sivulta.



Kuva 4. Ajoreitti

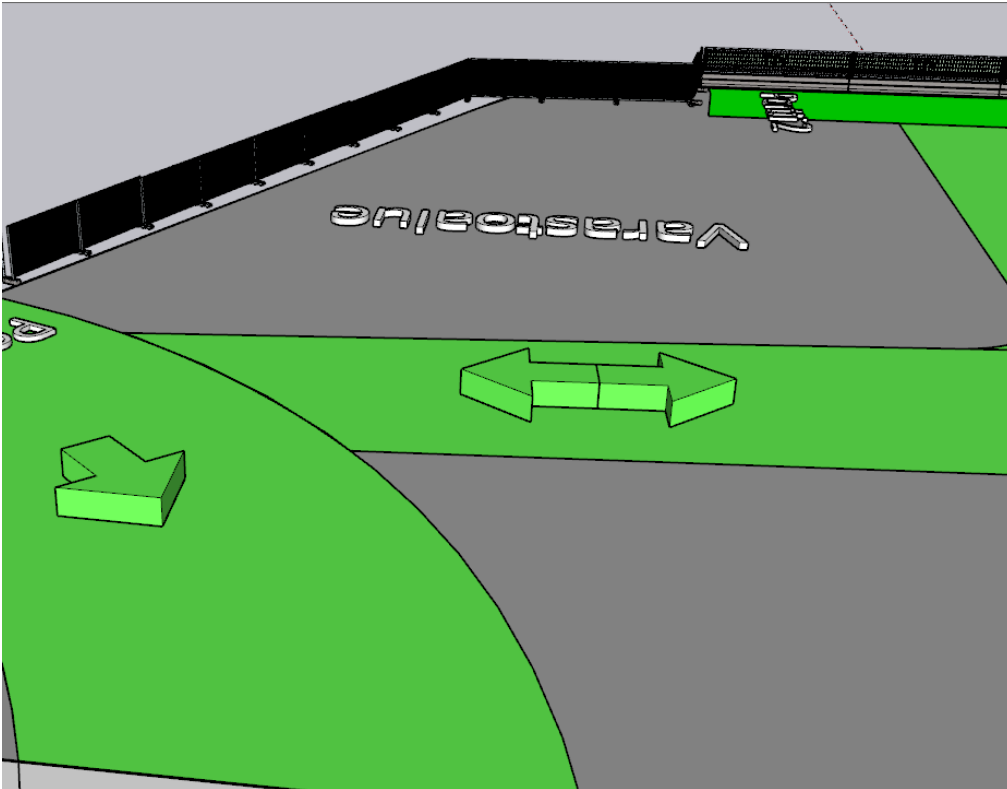


Kuvio 13. Ajoreitti mallissa

Ajoreitti Portti 2:n luiskaan on juuri niin kuin pitää kuvassa 4 ja kuviossa 13. Ajoreitti on hiekoitettu ja hyvässä ajokunnossa, traktorin ja peräkärryn mahtuu tarvittaessa kiertämään hyvin sekä työmaa-alue on aidattu riittävän tukevalla betoni-teräsverkkoaidalla Ruukintiestä.



Kuva 5. Varastointialue

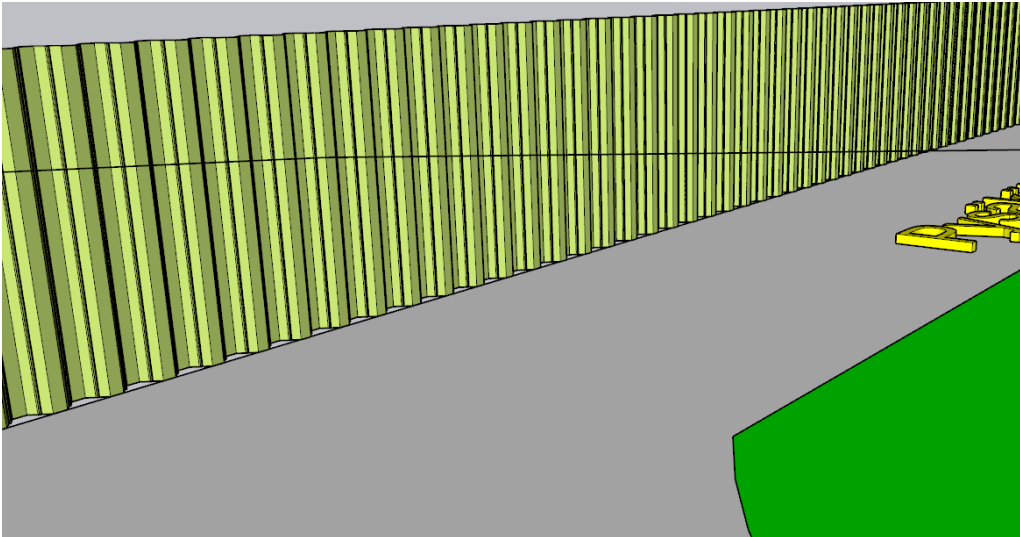


Kuvio 14. Varastointialue mallista

Kerrostalon pohjalla olevaa varastointialuetta ei sen tarkemmin määritelty millekään toiminnolle kuviossa 14, vaan lyhyeen välivarastoinnin tarvitsevat tavarat ovat toistaiseksi täällä, kuten näkee kuvassa 5. Varasto alueena paikka on siistissä kunnossa.



Kuva 6. Pysäköintitalon pohjalle tullut varasto



Kuvio 15. Pysäköintitalo mallista

Rakennustyömaalla tyhjä tila täyttyy nopeasti, kuten kuviosta 15 ja Kuvasta 6 näkyy. Putket on tuotu varastoitavaksi Pysäköintitalon pohjalle, jossa eivät tällä hetkellä etene maanrakennus- tai rakennustyöt. Putkille ei olisi löytynyt parempaa paikkaa muualla ja tässä ne eivät tule hetkeen olemaan kenenkään tiellä.

Kentällä alue- ja logistiikkasuunnitelma on käytössä ja toimii pääpiirteittäin suunnitlusti. Töitä voidaan toteuttaa turvallisesti, eikä yhteentörmäyksiä jalankulkijoiden ja liikenteen kanssa pääse usein muodostumaan työmaa-alueella. Työskentely- ja varastointialueet eivät ole muodostuneet liian ahtaiksi, vaan tilaa on tarvittaessa saatu otettua muualta käyttöön.

5.2 Mallinnuksen yhteenveto

Tutkielman tekijä näkee, että alue- ja logistiikkasuunnitelman tekemisessä onnistuttiin saavuttamaan ne tulokset, joita lähdettiin tavoittelemaan. Projektin lopuksi kyseltiin lopputuloksesta työmaan toimihenkilöiltä ja kahdelta työntekijältä, jotka työskentelevät logistiikan parissa.

Yhteenvetona kaikki pitivät 3D-mallia selkeänä, käyttökelpoisena kommunikaation apuvälineenä, joka vastasi todellisuutta työmaalla. Työmaalle Saapumisohje -videon kaikki näkisivät voivansa lähettää kuljettajille ohjeeksi siitä, kuinka työmaalle saavutaan.

Aluesuunnitelman perehdytys -videoon tuli tekijälle yllättävänä palautteena, että videosta toivottiin hitaampaa. Aluesuunnitelman perehdytys-video kesti aiemmin 30 sekuntia, mutta videosta on helppo tehdä hitaampi, joten esitysaikaa lisätään kokeilemalla 15 sekuntia.

Päivityksen tarpeelle 3D-mallista nähtiin 1-4 kuukauden päivitysväli hyödyllisenä tai tarpeen mukaan. Aluksi tutkielman tekijä näkee päivitystarpeen olevan varmasti kuukausittaisella riittävä kulkureittien muuttuessa ja uusien vaiheiden käynnistyessä. Asematalon ja Aallokon siirtyessä sisävalmistusvaiheeseen Asemansetu vaihe 1:n osalta alue- ja logistiikkasuunnitelma ei enää vaadi niin tiheää päivittämistä. Samalle tontille tulevien kerrostalojen ja Pysäköintitalon osalta alue- /logistiikkasuunnitelmaa tulisi päivittää kuukausittain ainakin vuoden verran.

Pysäköintitalo ja kerrostalot ovat hyvin lähellä toisiaan ja niillä on käytettävissään murtoosa varastointitilasta, joka Asemansetu vaihe 1:llä oli projektin alkaessa. Pysäköintitalo kuuluu vaiheeseen 1, mutta sitä rakennetaan eri tilaajalle ja rakentaminen alkaa myöhemässä vaiheessa. Tulevan tunnelin rakentavasta urakoitsijasta ei ole alue- ja logistiikkasuunnitteluprojektin lopussa vielä tietoa, joten työmaa jää jännityksellä odottamaan, kuinka tullaan sopimaan samalle tontille.

5.3 Alue- ja logistiikkasuunnitelman yhteenveto

Tutkimuksen tekijä näkee, että 3D-malli on kannattava ja käyttökelpoinen muoto esittää aluesuunnitelma työmaalla. Matkassa oli haasteita ja oivalluksia sekä pohdintoja, miten edetään seuraavaksi.

3D-mallin käyttö jatkossa jakoi mielipiteitä työmaan osalta. Useimmat näkivät vastaavilla isoilla hankkeilla 3D-mallin olevan hyödyllinen lisä. Kiinteät toimihenkilöt kertoivat, että käyttäisivät mallia jatkossa mielellään, mutta työmaan toimihenkilöistä useimmat vastasivat kieltävästi. Työmaatoimihenkilöiden on hallittava useita ohjelmistoja, joista suurimmasta osasta hallitaan vain ne toiminnot, joita käytetään työssä aktiivisesti. Moni varmasti työmaalla toimivista mietti, kuka ehtisi opetella tekemään vielä 3D-mallin uudella ohjelmistolla. Työmaaorganisaatiot muuttuvat jokaiselle projektille, ja käytettävissä ei välttämättä olisi suunnitelmaan tekijää mallintamalla. Isommissa kaupungeissa 3D-mallit

aluesuunnittelussa ovat yleisempiä. Pienemmissä kohteissa, joissa on 3-4 toimihenkilöä, jää helposti uuden ohjelman käytön opettelulle liian vähän aikaa. Näissä kohteissa hyvin tehty 2D-suunnitelma on usein riittävän hyvä. 2D-suunnitelman painaminen työmaatauluun ja pdf-tiedostoina jakaminen vastaavat täysin tarkoitustaan.

Tutkielma antoi loistavan mahdollisuuden opetella 3D-mallintamaan, ja YIT:n sisältä useilta paikkakunnilta kollegat auttoivat ohjelman käytön opettelussa, komponenttien saannissa ja työmaatoimintojen sijoittelussa. Lisäksi tutkielman teon puolesta oli rauhassa aikaa tehdä 3D-mallia. Matkan varrella oli useammankin kerran haasteita, joissa tarvittiin muiden apua. Joidenkin toimintojen jättämistä pois suunnitelmasta pohdittiin ja korvaavien vaihtoehtojen löytyminen innosti jatkamaan työn viemistä loppuun asti. Ilman Twinmotion for Revitin tuomaa lisäarvoa työmaalle opastamisessa tutkimuksen tekijän mielestä työstä olisi jäänyt puuttumaan jotain olennaista. SketchUpilla Ruukintien, Asemapäällikön ja Kauppakadun risteyksen rakennuksen mallintaminen olisivat olleet liian aikaa vieviä tehtäviä.

Opeteltuani käyttämään SketchUpia ja tekemään alue- ja logistiikkasuunnitelman haluaisin ylläpitää osaamista. Tietomallintamisesta ja 3D-suunnitelmien läpilyönneistä on puhuttu jo kymmenisen vuotta, mutta kaikissa asioissa ne eivät vielä ole pystyneet voittamaan 2D-suunnitelmaa, joka on tulostettu pdf-tiedostoksi. 3D-suunnitelma tuottaa ehdottomasti lisäarvoa ja on osaavien henkilöiden käytössä todella tehokas työkalu. Isommilla hankkeilla 3D-mallia kannattaa ehdottomasti hyödyntää myös jatkossa Seinäjoella.

LÄHTEET

- Kempainen, J., Kiviniemi, M., Koski, H., Palolahti, T., & Sahlstedt, S. (2009). *Rakennustyömaan toimitusten ohjaus*. Rakennusteollisuus RT.
- Kivimäki, C., Koskenvesa, A., Lahtinen, M., Mäki, T., & Sahlstedt, S. (2015). *Aikataulukirja 2016*. Talonrakennusteollisuus ry & Rakennustietosäätiö RST.
- Rakennustieto. (2012a). *Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 1. Yleinen osuus* (RT 10-11-066).
- Rakennustieto. (2012b). *Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 6. Laadunvarmistus* (RT 10-11071).
- Rakennustieto. (2012c). *Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 8. Mallien käyttö havainnollistamisessa* (RT 10-11073).
- Rakennustieto. (2012d). *Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa* (RT 10-11078).
- Maanmittauslaitos. (i.a). Paikkatietoikkuna: Seinäjoki, taustakartta. [Kartta]. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/?lang=fi>
- Trimble. (i.a). *Build confidently*. <https://www.sketchup.com/industries/construction>
- Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>