Elias Huomo

Työmaan 3D-aluesuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

18.2.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Elias Huomo
Otsikko:	Työmaan 3D-aluesuunnitelma
Sivumäärä:	43 sivua
Aika:	18.2.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine:	Rakennesuunnittelu
Ohjaajat:	Lehtori Tomi Karppinen
	Työpäällikkö Tuija Ingberg

Tämä insinöörityö toteutettiin YIT Suomi Oy:n pääkaupunkiseudun asuntorakentamisen yksikön toimeksiantona. Tutkimusaiheen taustalla olivat kehitystarpeet kolmiulotteisen aluesuunnitelman laadintaprosessissa sekä sen sujuvassa hyödyntämisessä osana hankkeiden suunnittelua ja toteutusta.

Työn tarkoituksena oli tutkia rakennustyömaan aluesuunnittelua sekä selvittää lähtökohtia kolmiulotteisen aluesuunnitelman laatimiselle. Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti työmaan 3D-aluesuunnitelman laatimiseen prosessina sekä siinä esiintyviin tämänhetkisiin haasteisiin ja ongelmakohtiin kohdeyrityksessä. Samalla tutkittiin 3D-aluesuunnitelman käyttöä yhdessä tietomallin ja pistepilviaineiston kanssa.

Insinöörityön tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuuslähteisiin perustuvaa tutkimusta sekä asiantuntijahaastatteluja. Kaikki haastateltavat olivat pitkän uran YIT:llä tehneitä tietomalliasiantuntijoita.

Insinöörityön tuloksena saatiin laaja katsaus työmaan aluesuunnitteluun sekä kolmiulotteisen aluesuunnitelman laadintaan. Samalla saatiin kerättyä laajasti ajantasaista tietoa suunnitelman laatimisen tämänhetkisistä haasteista sekä kartoitettua jatkokehitystarpeita kohdeyrityksessä. Keskeisimpiä tunnistettuja ongelmia olivat muun muassa yksiselitteisen linjan puuttuminen 3D-aluesuunnitelman laadinnassa ja käytössä, raskaiden tiedostokokojen tuomat haasteet sekä ylipäänsä kattavien ohjeistuksien puuttuminen.

Tämä insinöörityö toimii YIT:llä koottuna tietopakettina ja ohjeistuksena työmaan aluesuunnittelusta sekä kolmiulotteisen työmaan aluesuunnitelman laatimisesta ja käytöstä kiinnostuneille. Samalla se kokoaa eri tietomalliasiantuntijoiden ajatuksia ja jatkokehitysideoita aiheen tiimoilta kohdeyrityksessä.

Avainsanat: aluesuunnitelma, 3D

Abstract

Author:	Elias Huomo
Title:	Construction Site 3D Area Plan
Number of Pages:	43 pages
Date:	18 February 2023
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Civil Engineering
Professional Major:	Structural Engineering
Supervisors:	Tomi Karppinen, Senior lecturer
	Tuija Ingberg, Construction Manager

This graduate study was commissioned by HHME-unit of YIT Suomi Oy. The background of the research topic was the need to develop the process of preparing a construction site 3D area plan and its smooth utilization as a part of the planning and implementation of construction projects.

The purpose of the thesis was to study the construction site area planning and to chart premises for preparing construction site 3D area plan. The research focused on preparing the 3D area plan as a process and to investigate its current challenges and areas of improvements in the target company. The use of a 3D area plan together with a BIM model and point cloud data was studied as well.

The study methods were analysis of literature and expert interviews. The persons who were interviewed are BIM experts with extensive experience and career working at YIT.

The result of the final year project was a broad overview of the construction site area planning and the preparation of the construction site 3D area plan. Simultaneously, it was possible to collect extensive up-to-date information about the current challenges of its preparation, as well as map out further development needs in the target company. The study indicated that the most important problems were the lack of a clear procedure in the preparation and use of the 3D area plan in the company, the challenges brought by heavy file sizes and the lack of comprehensive guidelines in general.

The graduate study and its findings can be used as a combined information package and instructions within YIT by the people who are involved in the preparation and use of the construction site 3D area plan. Also, it presents the thoughts of the interviewed BIM experts and the ideas for further development regarding the topic in the target company.

Keywords: site area plan, 3D

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1 Johdanto 1

1.1 YIT Suomi Oy 1
1.2 Insinöörityön taustaa 1
1.3 Insinöörityön toteutus 2
1.4 Tutkimuskysymykset 3

2 Lainsäädäntö ja ohjeistukset 4

2.1 Valtioneuvoston asetus 4
2.2 YIT ohjeistus 5

3 Aluesuunnittelu 6

3.1 Aluesuunnittelun lähtötiedot 7

4 Aluesuunnitelma yleisesti 8

4.1 Aluesuunnitelman sisältö hankkeen eri vaiheissa 9
4.1.1 Hankesuunnittelu- ja urakkatarjousvaihe 9
4.1.2 Yleis- ja rakennussuunnitteluvaihe 10
4.1.3 Maanrakennus- ja perustusvaihe 13
4.1.4 Runkovaihe 14
4.1.5 Sisätyövaihe 14

5 Kaksiulotteinen työmaan aluesuunnitelma 15

6 Kolmiulotteinen työmaan aluesuunnitelma 17

6.1 Yleistä 17
6.2 Laadinta 19
6.2.1 SketchUp 19
6.3 Käyttö 22
6.3.1 Dalux 24
6.3.2 Fotogrammetria 25

7 Neliulotteinen työmaan aluesuunnitelma 28

8 Haastattelututkimus 30

8.1 Tutkimuksen tulokset 30

9 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset 35

10 Yhteenveto 40

Lähteet 42

Lyhenteet ja käsitteet

Aluesuunnitelma:	Kirjallinen esitys työmaatoiminnoista rakennushankkeen aikana.
Aluesuunnittelu:	Tuotannonsuunnittelun tehtävä, jossa työmaatoiminnot sekä vaadittavat järjestelyt suunnitellaan mahdollisimman sujuviksi rakentamisen eri vaiheissa.
BIM:	Tarkoittaa tietomallia. Lyhenne sanoista *Building Information Modeling.*
DWG:	Autocad-ohjelman alkuperäinen tiedostomuoto.
IFC:	Yksi tietomallin tallennusmuodoista. Lyhenne sanoista *Industry Foundation Classes.*
Kaksiulotteinen/2D:	Asia kuvattuna pysty- sekä vaakasuunnassa.
Kolmiulotteinen/3D:	Asia kuvattuna pysty-, vaaka sekä syvyyssuunnassa.
LVIS:	Lämpö, vesi, ilmanvaihto, sähkö. Yleinen rakennusalan lyhenne.
LVVST:	Lämpö, vesi, viemäri, sähkö, tietoliikenne.
Neliulotteinen/4D:	Kolmiulotteisuuden lisäksi kuvattuna myös aika.
PDF:	Tiedostomuoto, jota käytetään sähköisissä julkaisuissa- ja tulosteissa. Lyhenne sanoista *Portable Document Format*.
PNG	Tiedostomuoto, jota käytetään kuvissa. Lyhenne sanoista *Portable Network Graphics*.

1 Johdanto

1.1 YIT Suomi Oy

Työn toimeksiantaja yrityksenä toimii YIT Suomi Oy, joka on suurin suomalainen rakennusyhtiö. YIT:n toimialoihin kuuluvat asuntorakentaminen, toimitilarakentaminen, infrarakentaminen, korjausrakentaminen sekä kiinteistökehittäminen. Toiminta painottuu valtaosin Suomen markkinoille, mutta hankkeita on tämän lisäksi myös muualla Pohjois-Euroopassa. YIT työllistää kokonaisuudessaan yli 5500 ammattilaista ja tavoitteena on luoda parempia sekä kestävämpiä elinympäristöjä. [23.]

YIT on asettanut itselleen kunnianhimoiset tavoitteet lähivuosille 2022-2025, jossa keskeisenä ovat kasvun hakeminen asuntoliiketoiminnassa sekä kannattavuuden parantaminen. Hankkeita kohdistetaan erityisesti kasvukeskuksiin, jonne YIT rakentaakin kokonaisia asuinalueita. Tämän lisäksi rakennetaan ja uudistetaan muun muassa kaupallisia sekä julkisia tiloja. Tiheään asutetuilla alueilla rakentaminen ja kannattavuuden parantaminen samanaikaisesti luovat kuitenkin omat erityiset haasteensa. Näihin haasteisiin tämä insinöörityö pyrkii osaltaan vastaamaan tarjoamalla henkilöstölle tietoa 3D-aluesuunnitelman tuomista hyödyistä rakennushankkeille. [23.]

1.2 Insinöörityön taustaa

Kasvukeskuksissa rakentaminen edellyttää erittäin hyvää suunnittelua niin hankeen valmistelun kuin tuotannonkin osalta. Logistiikan hallinta korostuu tällöin entisestään, sillä työmaalla on harvoin käytössään ylimääräistä tilaa ja samalla pitää pystyä huomioimaan työmaan vaikutuksia muihin vierusalueisiin sekä esimerkiksi siviililiikenteeseen. Tämän lisäksi logistiikan ja työmaa-alueen hallinnalla on myös suuri vaikutus hankkeen kokonaiskustannusten kertymiseen sekä työturvallisuuteen. Työmaan 3D-aluesuunnitelman avulla näihin mainittuihin asioihin on mahdollista keskittyä yhä tarkemmin.

Kolmiulotteisen aluesuunnitelman etuja perinteiseen 2D-aluesuunnitelmaan verrattuna on erityisesti sen visuaalisuus. Sen myötä voidaan esimerkiksi paremmin havainnollistaa työmaan tilanne, esittää rakennusalueen eri tilavarauksia ja ylipäänsä saada selkeämpi käsitys työmaa-alueen luomasta kokonaisuudesta. Tällöin hankkeiden logistiikkaa ja muuta toimintaa voidaan suunnitella paremmin toimivammaksi, kustannustehokkaammaksi sekä turvallisemmaksi. Kolmiulotteisesta aluesuunnitelmasta on siis paljon hyötyä, jotka on YIT:llä tunnistettu. Tämän johdosta YIT on lähtenyt kehittämään 3D-aluesuunnittelua haastavien hankkeidensa suunnittelun sekä toteutuksen tueksi.

Tämä insinöörityö sai alkunsa siitä, että haluttiin tarjota YIT:n henkilöstölle ajantasainen tietopaketti työmaan 3D-aluesuunnittelusta sekä sen käyttömahdollisuuksista ja sovelluksista. Lisäksi työssä haluttiin tutkia 3D-aluesuunnitelman laadinnan nykytilaa yrityksessä sekä kartoittaa sen kehityskohteita asiantuntijahaastatteluiden avulla. Samalla koottiin myös laajasti perinteiseen 2D-aluesuunnitteluun liittyvä tieto samaan yhteyteen.

1.3 Insinöörityön toteutus

Insinöörityö aloitettiin kirjallisuustutkimuksella, jossa perehdyttiin aiheeseen liittyviin julkaisuihin ja asiakirjoihin. Kirjallisuustutkimuksen tavoitteena oli kerätä ajantasaista tietoa aluesuunnittelusta ja aluesuunnitelman laadinnasta sekä niihin liittyvistä määräyksistä ja ohjeistuksista. Lisäksi tutkittiin kirjallisuutta, jossa käsiteltiin kolmiulotteista aluesuunnittelua sekä 3D-aluesuunnitelman laadintaa, käyttöä ja sovelluksia rakennushankkeilla. Tutkimusaineistona käytettiin pääosin internetistä löytyviä verkkoartikkeleita ja julkaisuja. Lisäksi hyödynnettiin Rakennustieto-palvelun RT-kortteja, YIT:n arkistotietoa sekä Metropolia Ammattikorkeakoulusta saatua tietotaitoa.

Insinöörityössä haastateltiin YIT:n tietomalliasiantuntijoita. Asiantuntijahaastatteluiden tarkoituksena oli kerätä kokemuspohjaista tietoa työmaan kolmiulottei-

sesta aluesuunnittelusta ja 3D-aluesuunnitelman laadinnasta sekä siihen liittyvistä tämänhetkisistä haasteista- ja ongelmakohdista. Samalla kartoitettiin 3D-aluesuunnitelman laatimisen kehityskohteita ja tulevaisuudennäkymiä YIT:llä.

Insinöörityössä käsitellään aluksi työmaan aluesuunnittelun lainsäädäntöä ja ohjeistuksia. Samalla käsitellään työmaan aluesuunnitelman keskeisintä tarkoitusta sekä aluesuunnitelman sisältöä eri rakennusvaiheissa. Lisäksi käsitellään 2D-aluesuunnitelman luontiprosessia. Seuraavaksi asiantuntijahaastatteluita apuna käyttäen käydään laajasti läpi yleistietoa 3D- ja 4D-aluesuunnitelmista sekä niiden laadintaa ja käyttöä eri ohjelmissa. Lopussa käydään läpi haastattelututkimuksen tulokset sekä tehdään yhteenveto ja pohdinta aiheesta.

Tämän insinöörityön tavoitteena on tarjota lukijalle laaja ja ajantasainen tietopaketti työmaan aluesuunnittelusta sekä erilaisista aluesuunnitelmatyypeistä. Työn tärkeimpänä tavoitteena on tutustuttaa lukija erityisesti työmaan 3D-aluesuunnitelmaan sekä sen laadintaan ja käyttöön rakennushankkeilla. Lisäksi halutaan tarjota ajatuksia koko 3D-aluesuunnitteluprosessin jatkokehittämisestä YIT:llä. Insinöörityö on suunnattu erityisesti heille, jotka laativat tai tulevat laatimaan aluesuunnitelmia työtehtävissään tai hyödyntävät niitä työnsä tukena.

1.4 Tutkimuskysymykset

Insinöörityön myötä tutkitaan seuraavia yleisiä kysymyksiä, joiden avulla pyritään vastaamaan mahdollisimman hyvin määriteltyihin tavoitteisiin.

- Millainen on aluesuunnitelmia koskeva lainsäädäntö?
- Millainen on hyvä aluesuunnitelma ja mistä asioista se koostuu?
- Minkälaisia hyötyjä kolmiulotteinen aluesuunnittelu tuo hankkeille?
- Mitä asioita ja resursseja vaaditaan 3D-aluesuunnitelman laatimiseen sekä hyödyntämiseen rakennushankkeilla?
- Minkälaisia ongelmia 3D-aluesuunnitelman luomisessa ja käytössä on tällä hetkellä?
- Miten 3D-aluesuunnittelua kehitettäisiin prosessina?

2 Lainsäädäntö ja ohjeistukset

2.1 Valtioneuvoston asetus

Suomen lain mukaan pääurakoitsijana toimivan velvollisuus on laatia suunnitelma rakennustyömaa-alueen käytöstä. Suunnitelmaa kutsutaan yleisesti työmaan aluesuunnitelmaksi ja se on esitettävä kirjallisesti rakennuttajalle valtioneuvoston asetuksen pykälien mukaisesti (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205, 11§). Aluesuunnitelmaa laadittaessa on riittävän järjestelmällisesti kyettävä arvioimaan kyseisen työmaan ominaispiirteitä sekä sen toimintaan liittyviä riskitekijöitä. Rakennustyömaan keskeiset toiminnot esitetään työmaan aluesuunnitelmassa, jota päivitetään rakennus- ja työvaiheittain sekä olosuhteiden muuttuessa. Rakennustyömaa-alueen käyttöä suunniteltaessa on kiinnitettävä erityisesti huomiota terveydellisten haittojen ja tapaturmavaarojen poistamiseen sekä ehkäisyyn ainakin seuraavilta osin [1.]:

- Toimisto-, henkilöstö- ja varastotilojen määrä ja sijainti.
- Nostureiden, koneiden ja laitteiden sijoitus.
- Kaivuu- ja täyttömassojen sijoitus.
- Rakennusmateriaalien lastaus-, purku- ja varastointipaikkojen sijoitus.
- Nostopaikkojen perustus ja maapohjan vahvistus, nostureiden nostosäteet ja -kapasiteetit, nosturinkuljettajien mahdollisimman esteetön näköyhteys elementtivarastoon ja asennuskohteeseen.
- Työmaaliikenne sekä sen ja yleisen liikenteen liittymiskohdat.
- Kulku-, nousu- ja kuljetustiet sekä niiden kunnossapito.
- Työmaan järjestys ja siisteys sekä pölyn torjuntaan ja hallintaan tarvittavien rakenteiden ja laitteiden sijoitus.
- Jätteiden sekä turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavien materiaalien kerääminen, säilyttäminen, poistaminen ja hävittäminen.
- Palontorjunta.
- Varastointialueiden rajaaminen ja järjestäminen, erityisesti kun käsitellään turvallisuudelle ja terveydelle vaaraa tai haittaa aiheuttavia materiaaleja tai aineita.

2.2 YIT ohjeistus

Aluesuunnitelman pohjana käytetään arkkitehdin laatimaa projektin asemapiirrosta 1:200 tai 1:500 mittakaavassa. Pohjaksi käy myös rakennusosatasoinen tietomalli. Se laaditaan ainekin maanrakennus-, runko- ja sisätyövaiheisiin sekä pidetään aina ajan tasalla työmaaolosuhteiden muuttuessa. [2, s. 1.] Yleisin keino on laatia aluesuunnitelma kaksiulotteiseen muotoon Autocad ohjelmalla, mutta nykyisen ohjeistuksen mukaan se voidaan myös tehdä tietyin rajoituksin esimerkiksi SketchUp-mallinnusohjelmalla kolmiulotteiseksi. [3.] Molemmissa tapauksissa työmaan aluesuunnitelma saadaan rakennettua täydentämällä asemapiirrosta tai tietomallia oheisen luettelon mukaisesti [2, s. 1.]:

- Työmaan rajaus (rakennusalue mahdollisine lisäalueineen), työmaan aitaukset, tiedotus- ja opastetaulut.
- Ajoneuvo- ja jalankulkuliikenteen käyttämät väylät sekä liittymät yleisiin liikenneväyliin.
- Porrasnosturit sekä nousu- ja kuljetustiet.
- Työmaarakennusten sijainti.
- Rakennustarvikkeiden ja –aineiden lastaus-, purkaus- ja varastointipaikat.
- Palavien nesteiden ja kaasujen varastointi.
- Osatyökohteiden sijoituspaikat (sirkkelikatos, raudoitusasema ym.)
- Koneiden ja laitteiden sijainti (hissit, telineet, siilot ym.)
- Torninosturit ratoineen ja nostosäteineen.
- Ajoneuvonostureiden nostopaikat (nostosäde, nostoehto).
- Turvaetäisyydet, suojakatokset ja nostokohdat.
- Betonin vastaanottopaikka (välisäiliö ja pumppu).
- Sähkökeskusten sijoitukset ja työmaa-alueella olevat sähkölinjat, maakaapelit ja valaisinmastot sekä maanalaiset putkistot.
- Vesiputket.
- Vesipostit ja alkusammuttimet.
- Ensiapupaikat.
- Hätäkokoontumispaikka.

3 Aluesuunnittelu

Aluesuunnittelu on yksi tuotannonsuunnittelun tehtävistä, jossa rakennustyömaan toiminnot sekä niiden vaatimat järjestelyt suunnitellaan mahdollisimman toimiviksi hankkeen eri vaiheissa. Aluesuunnitteluprosessi jatkuu rakennusvaiheittain koko hankeen toteutuksen ajan ja sen keskeisin tavoite on mahdollistaa tuotantovaiheessa työmaan toiminta mahdollisimman sujuvasti, kustannustehokkaasti sekä turvallisesti. [4, s. 1.]

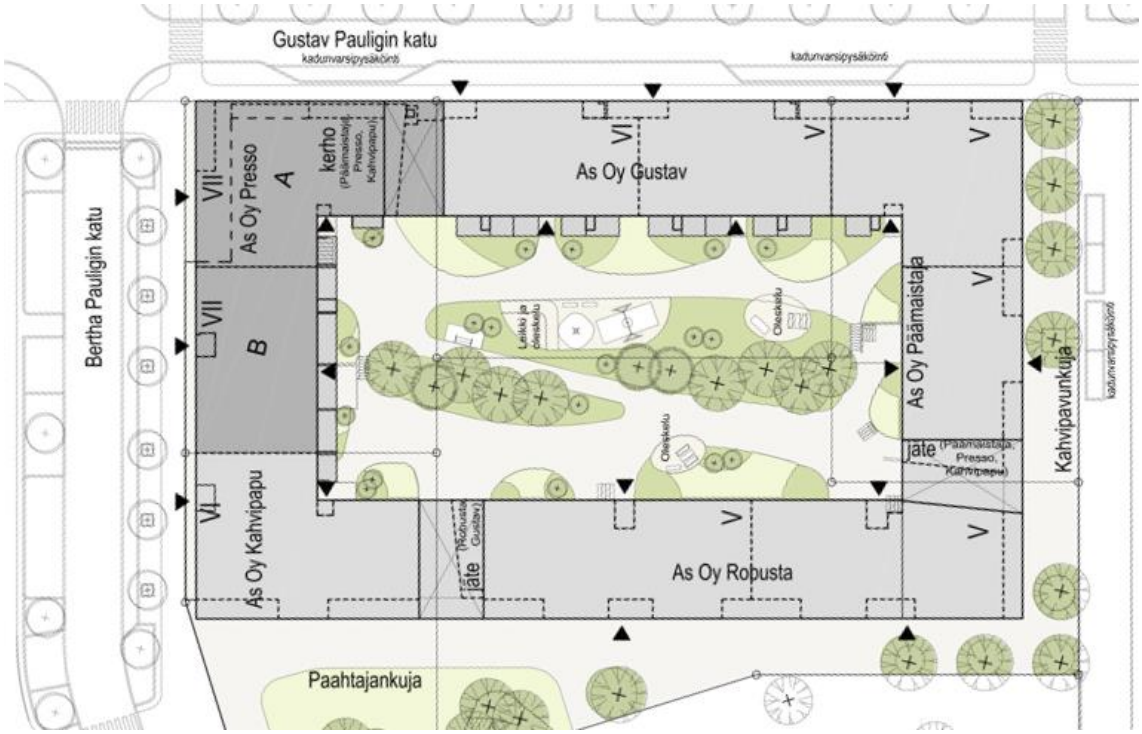
Työmaalla oleva tila on rakennusprojektin voimavara, joka on hankkeen osalta yhtä tärkeässä roolissa kuin raha, aika, materiaalit, työkoneet sekä niiden käyttäjät. Rakennustyömaa-alueen käytön suunnittelu tuleekin hoitaa huolellisesti, sillä aluesuunnittelulla on suuri vaikutus rakennustöiden tuottavuuteen, kokonaiskustannusten kertymiseen sekä työturvallisuuteen. [5, s. 1-2.] Optimaalisesti suunniteltu työmaa mahdollistaakin sen, että työntekijä pystyy käyttämään mahdollisimman paljon aikaa itse rakennustyön suorittamiseen, eikä aikaa kulu ei tuottavaan toimintaan, esimerkiksi turhiin materiaalinsiirtoihin. [6, s. 1.] Huolellisella työmaa-alueen käytöllä on myös vaikutuksia rakentamisen laatuun, jolloin työt pääsevät etenemään tasaiseen tahtiin, vähennetään materiaalien rikkoutumista ja esimerkiksi kosteusrasitusta. [7, s. 3.]

Aluesuunnittelu vaatii tekijöiltään monenlaisia erityyppisiä projektinhallintataitoja. Näitä ovat esimerkiksi aikataulukokonaisuuksien hallinta, rakennusmenetelmien ja -materiaalien tuntemus sekä työntekijöiden ja kaluston resurssoinnin ymmärtäminen. Usein aluesuunnitteluprosessiin ei käytetä riittävästi aikaa, joka näkyy myöhemmin työmaan arjessa tuotannollisina ongelmina ja häiriöinä. Hyvin toteutetulla työmaan aluesuunnittelulla näitä ongelmia voidaan ehkäistä. Rakennustyömaa-alueen käytön sekä logistiikan suunnittelun tärkeys korostuu lisäksi entisestään työmailla, joissa materiaaleja sekä kalustoa liikkuu paljon, mutta tilaa on vain vähän. [6, s. 1.]

3.1 Aluesuunnittelun lähtötiedot

Aluesuunnittelua tehtäessä on oleellista perehtyä tarkasti kohteen asiakirjoihin, joita on laadittu heti hankkeen alusta lähtien. Lähtötietoina suunnittelussa ovat tuotantosuunnitelmat sekä hankeasiakirjat ainekin seuraavilta osin [8, s. 2.]:

- Rakennushankkeen turvallisuusasiakirja.
- Hankkeen rakennussuunnitelmat.
- Asemapiirros (ks. kuva 1).
- Alueen kaapeli- ja putkikartat sekä ilmajohtojen, varsinkin suurjännite-, sijainnit.
- Pohjatutkimustulokset.
- Hankesuunnittelu- tai tarjousvaiheen alustava aluesuunnitelma.
- Yleisaikataulu.
- Logistiikkasuunnitelma.
- LVIS-aluesuunnitelmat ja kaivannot.
- Kuljetusvälineiden ja ajoneuvoyhdistelmien vaatimukset.
- Paikalliset viranomaisvaatimukset.



Kuva 1. Asemapiirrosta hyödynnetään aluesuunnittelun tukena. Kuva: YIT.

4 Aluesuunnitelma yleisesti

Aluesuunnitelma on aluesuunnittelun tuloksena syntynyt kirjallinen esitys työmaa-alueen käytöstä sekä sinne sijoitetuista työmaatoiminnoista. Aluesuunnitelma on hankkeen kannalta erittäin tärkeä dokumentti, sillä se toimii lähtötietona monelle muulle hankkeen aikana laaditulle suunnitelmalle. Sen laadinta pitää tehdä huolellisesti huomioiden aina kohteen erityispiirteet ja ympäristön ominaisuudet. [8, s. 1-2.]

Työmaan aluesuunnitelma on aina kohdekohtainen ja se laaditaan hankeen yleissuunnittelun myötä syntyneen yleisaluesuunnitelman pohjalta. Työmaan aluesuunnitelmat laaditaan vähintään maanrakennus-, perustus- ja sisätyövaiheisiin. Pienissä ja yksinkertaisissa hankkeissa seuraavat voidaan laatia ensimmäistä aluesuunnitelmaa päivittämällä. Suurissa ja laajoissa hankkeissa jokaisesta päätyövaiheesta pitää laatia oma erillinen aluesuunnitelmansa. Hankkeen päätoteuttajan vastuulla on laatia edellä mainitut aluesuunnitelmat kirjallisena. [8, s. 2.]

Alustavat tuotantosuunnitelmat ja samalla yleisaluesuunnitelman laatii yleensä hankkeen päätoteuttajan tuotantohenkilöstö, johon kuuluu esimerkiksi hankkeen työpäällikkö, vastaava työnjohtaja, työmaainsinööri sekä laskentahenkilöstö. Aluesuunnitelman päivittämisestä työmaalla vastaa usein hankkeella työskentelevä työmaainsinööri vastaavan työnjohtajan ohjeiden mukaisesti. [4, s. 3.]

Aluesuunnitelman laadinta on pohjimmiltaan työmaan töiden- ja logistiikan suunnittelua, jolloin se on yhteensovitettava myös muihin tehtyihin suunnitelmiin. Sen laadinnassa on otettava esimerkiksi huomioon aikataulutekijät, jotta suunnitelluilla työvaiheilla on oikeana aikana käytössään vaadittavat alueet ja tilat. Lisäksi logistiset järjestelyt eri työvaiheissa on huomioitava työmaalla, jolla mahdollistetaan tehokas ja mielekäs työskentely. Aluesuunnitelman laadinta on ollut onnistunutta, kun eri työvaiheet pääsevät etenemään jouhevasti, keskeytyksettä sekä turvallisesti. [9, s. 57.]

Aluesuunnittelua tehdään työmaalla koko hankkeen ajan. Samalla aluesuunnitelmaa muutetaan ja päivitetään sitä mukaa, kun rakennustyöt etenevät. Aluesuunnitelman päivitys tapahtuu aikaisemman rakennusvaiheen aluesuunnitelmaa muuttamalla ja täydentämällä. Työmaan tilanne pitää aina vastata sen hetkistä käytössä olevaa aluesuunnitelmaa. [8, s. 3.]

Aluesuunnitelman avulla pystytään välittämään tietoa hankkeen eri osapuolille työmaan ulkoisista sekä sisäisistä logistiikka- ja turvallisuusjärjestelyistä. Päivityksen yhteydessä aluesuunnitelmaan onkin hyvä merkitä sen muutospäivämäärä ja korostaa lisäksi muuttuneita järjestelyitä esimerkiksi väreillä. Aluesuunnitelman tuorein versio laitetaan esille työmaalla keskeisille paikoille esimerkiksi sosiaalitiloihin ja työmaan porteille. [8, s. 2.]

4.1 Aluesuunnitelman sisältö hankkeen eri vaiheissa

4.1.1 Hankesuunnittelu- ja urakkatarjousvaihe

Hankkeen toteutusta suunniteltaessa ja urakkatarjousta laskettaessa päätetään hankeen toteutuspolitiikasta. Tällöin päätetään esimerkiksi oman- ja aliurakoitsijatyön suhteesta, tuoteosakauppojen määrästä, rakennuksen lohkottamisesta sekä rungon toteutustavasta. Lisäksi laaditaan hankkeen alustavat tuotantosuunnitelmat. Rakennustyömaan alueen käyttö ja sen sisältämät järjestelyt suunnitellaan lähtökohtaisesti koko rakentamisvaiheen keston ajaksi huomioiden muun muassa valitut toteutus-, tuotanto- ja työmenetelmät, henkilöstön määrän, nosto- ja logistiikkajärjestelyt sekä kohdekohtaiset vaatimukset. [8, s. 2.]

Urakkatarjousvaiheessa on myös hyvä kiinnittää tarkemmin huomiota erityisesti järjestelyihin, joilla on vaikutusta työmaahan koko rakentamisen keston ajan ja joista syntyy aika- sekä suoritesidonnaisia kustannuksia. Myös rakennusalueen laajuus ja riittävyys on tärkeä selvittää, sillä tällöin voidaan tehdä päätöksiä esimerkiksi lisäalueiden vuokraustarpeesta. Lisäksi alueella vallitsevat viranomais-

määräykset ja ohjeistukset on tärkeä asia huomioida hankkeen sujuvan toteutuksen kannalta. [8, s. 2.] Näiden päätöksien pohjalta luodaan hankkeelle urakkalaskentavaiheen aluesuunnitelma, jonka pohjana toimii yleensä arkkitehdin laatima asemapiirros. [4, s. 2.] Huomioitavia ja selvitettäviä asioita ovat urakkatarjousvaiheessa esimerkiksi [8, s. 2.]:

- Työmaan logistiikka- ja liikennejärjestelyt.
- Työmaan nostojärjestelyt sekä maapohjan kantavuus suunnitellulla alueella.
- Työmaa- ja sosiaalitilojen määrä sekä sijoitus työmaalle.
- Työnaikaiset LVVST -järjestelmät.
- Varastointijärjestelyt rakennustarvikkeille ja elementeille.
- Työtilat ja -alueet.
- Kaapelien ja putkien kaivannot, erityisesti risteävän liikenteen kanssa.
- Työmaan rajaaminen sekä suojaaminen.

4.1.2 Yleis- ja rakennussuunnitteluvaihe

Hankkeen saatua rakentamispäätöksen suunnitellaan yleis- ja rakennussuunnitteluvaiheessa työmaa-alueen käyttö ja toiminta koko hankkeen keston ajaksi. Tässä vaiheessa käytännössä siis jatketaan siitä mihin urakkatarjousvaiheessa jäätiin. Tällöin kuitenkin suunnitellaan työmaa-alueen käyttöä ja toimintaa vielä paljon tarkemmin sekä laaditaan urakkatarjousvaiheen aluesuunnitelman pohjalta hankkeelle yleisaluesuunnitelma (ks. kuva 2). [4, s. 4.]

Yleisaluesuunnitelman laatimisessa apuna käytetään muun muassa rakennushankkeen turvallisuusasiakirjaa, rakennussuunnitelmia sekä asemapiirrosta. Maaperä- ja pohjatutkimuksien tuloksia on myös tärkeä tarkastella, jotta työmaan suunnittelussa tulee huomioitua mahdolliset löyhät maa-ainekset ja niiden vaikutus työmaan toimintaan esimerkiksi raskaan kaluston alueilla. Lisäksi logistiikka- ja LVIS-suunnitelmista saadaan tärkeää tietoa logistiikan kulusta sekä mahdollisista kaivannoista. [4, s. 5.]

Rakennustyömaa-alue erotetaan ja rajataan sitä ympäröivästä alueesta esimerkiksi metalli tai muoviaidoilla. Laajoissa kohteissa alue voidaan rajata myös lippusiimalla työmaakilpiä apuna käyttäen. Rakennustyömaalle rakennetaan myös työmaataulu esimerkiksi pääportin yhteyteen. Työmaa-alueen rajaamisen tärkeimpiä tehtäviä on estää siviilien ja muiden luvattomien pääsy alueelle. [4, s. 5.]

Yleissuunnitteluvaiheessa tehdään myös työvoiman käyttösuunnitelma. Tällöin käytännössä lasketaan arvio työmaalla työskentelevien työntekijöiden ja työnjohdon kokonaismääristä. Sen pohjalta suunnitellaan työmaahenkilöstön vaatimat sosiaali- ja toimistotilat, varastotilat sekä ensiapupaikka. Samalla myös suunnitellaan työmaatiloille keskeinen sijainti, josta on lyhyet ja turvalliset kulkureitit työkohteelle ja takaisin. Työmaatilat pyritään sijoittamaan myös mahdollisimman lähelle työnaikaisia LVIS-liittymiä. [4, s. 5.]

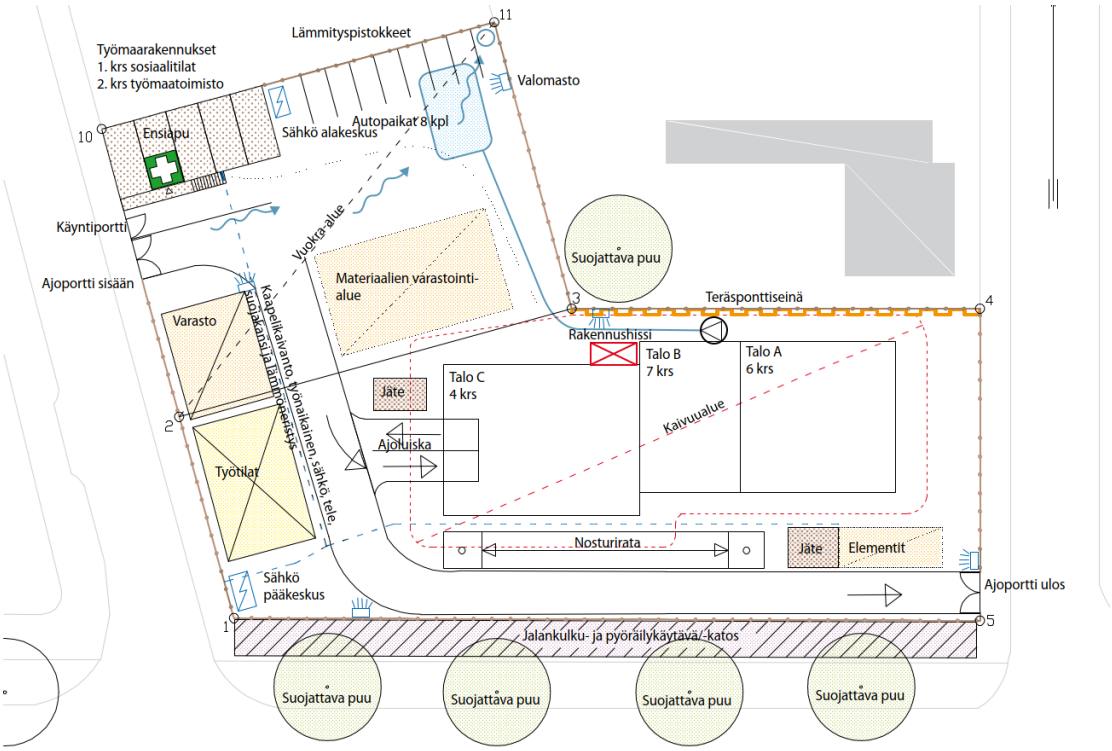
Rakennustyömaan sisäiset ja ulkoiset liikennejärjestelyt pitää suunnitella turvallisiksi. Ajoneuvojen ja jalankulun liikkuminen pitää mahdollisuuksien mukaan järjestää siten, etteivät ne risteä toisiinsa nähden. [7, s. 11.] Ajoneuvoliikenne tulee merkitä korostaen aluesuunnitelmaan sekä rakennustyömaalla niiden kulkureitit pitää selvästi merkitä esimerkiksi liikennemerkein. Liikenne- ja logistiikkajärjestelyjä suunniteltaessa on myös huomioitava rakennusmateriaalien purkupaikat sekä niiden vaikutus muuhun työmaa-alueeseen ja työmaaliikenteeseen. Lisäksi työmaan läheisyydessä sijaitsevat kevyenliikenteenväylät on eristettävä ja suojattava rakennustöistä aiheutuvalta vaaralta. Samalla alueelle merkataan myös poistumis- ja pelastautumistiet onnettomuuksien varalle. [4, s. 5-6.]

Rakennustyömaan pystysiirrot on tärkeä suunnitella mahdollisimman toimiviksi yleissuunnitteluvaiheessa. Tällöin määritetään tarvittavien torni- ja ajoneuvonosturien keskeiset paikat työmaa-alueella ja mahdolliset katu-alueilla hetkellisesti tapahtuvat nostot. Nostokaluston optimaalisella ja tarkoituksenmukaisella sijoittamisella saavutetaan niille paras hyötysuhde. Raskaiden taakkojen nostoissa

onkin tärkeää huomioida mahdollisimman lyhyet nostovälit, jolloin niiden siirtotyö nopeutuu sekä rakentamisenaikaisen torninosturin koko pienenee. [7, s. 20.]

Rakennustyömaan koosta riippuen alueella voi toimia myös useampi torninosturi samanaikaisesti. Tällöin on erittäin tärkeää huomioida niiden vaatimat nostosäteet. Useamman nosturin käytön aikana on mahdollista syntyä tilanteita, jossa nostoalueet leikkaavat toisiaan ja vaarana on nosturien puomien yhteentörmäys. Tällöin leikkausalueet on merkittävä aluesuunnitelmaan ja asia saatettava nosturinkuljettajien tietoon. [7, s. 20.] Nostureiden sijoittamista suunniteltaessa on myös otettava huomioon niiden perustuksien vaatima maan kantokyky. Samoin asia on myös huomioitava esimerkiksi tavara- ja henkilönostimien osalta. Tarpeen vaatiessa kantokykyä voidaan muokata ja parantaa esimerkiksi maapohjan tiivistämisellä tai vaihdolla. [4, s. 6.]

Raskaat vaakasiirrot työmaalla tehdään tarkoituksenmukaisella ja oikein mitoitetun kaluston avulla. [7, s. 20.] Aluesuunnitteluvaiheessa olisi tärkeää sijoittaa tavaranpurkualue lähelle varastointialuetta tai työpistettä, johon se olisi lopulta menossa. Tällä tavoin mahdollistetaan alueiden tehokas käyttö ja minimoidaan turhat materiaalisiirrot. Yleissuunnitteluvaiheen aikana on siis erittäin tärkeää suunnitella varasto- ja purkualueiden koko, määrä sekä sijainti mahdollisimman toimiviksi, jolla luodaan edellytykset myöhemmin tuotantovaiheessa rakennustyömaan sujuvalle ja tehokkaalle toiminnalle. [4, s. 7.] Yleissuunnitteluvaiheessa laadittua yleisaluesuunnitelmaa täydennetään, muokataan, karsitaan ja päivitetään työmaalla rakentamisen edetessä sekä olosuhteiden muuttuessa vastaamaan aina kyseistä työvaihetta. [4, s. 2.]



Kuva 2. Hankeen yleissuunnitteluvaiheen yhteydessä rakennustyömaa-alueen käyttö suunnitellaan koko sen toteutuksen ajaksi. [4, s. 4.]

4.1.3 Maanrakennus- ja perustusvaihe

Maanrakennus- ja perustusvaiheen aluesuunnitelma on pelkistetty versio yleisaluesuunnitelmasta. Kyseisessä rakennusvaiheessa työmaatontilla on eniten käytössä olevaa tilaa kuin missään muussa tulevassa vaiheessa. Tästä syystä johtuen yleisaluesuunnitelmaa muutetaan ja karsitaan maanrakennus- ja perustusvaihetta vastaavaksi. Aluesuunnitelmaan on myös lisättävä viimeistään tässä vaiheessa työmaa-aikaisten maavahvistusten sijainnit. Maavahvistuksia vaativat suuren maapaineen aiheuttavat koneet ja asiat esimerkiksi torninosturit, rakennushissit ja elementtipukit. Samoin myös työmaatekniikka on hyvä merkitä aluesuunnitelmaan. [4, s. 8.] Aluesuunnittelua tapahtuu myös koko ajan ja työvaiheiden edetessä sekä työmaa-alueen käytön muutoksien myötä aluesuunnitelmaa päivitetään niiden mukaisesti. Runkotyövaiheeseen siirryttäessä aluesuunnitelman aktiivisella päivittämisellä on saavutettu suunnitelman joustava siirtyminen rakennustyövaiheesta toiseen. [4, s. 8.]

4.1.4 Runkovaihe

Runkotyövaiheen aluesuunnitelman laadinnassa pohjatietona toimivat yleisaluesuunnitelma sekä maanrakennus- ja perustusvaiheeseen tehty pelkistetty aluesuunnitelma. Runkovaiheen aikana työmaalla tapahtuu muutoksia nopeallakin aikavälillä, jolloin on tärkeää päivittää aluesuunnitelmaa lyhyissä sykleissä. [4, s. 10.] Samalla aluesuunnittelussa on myös tärkeä kiinnittää huomiota erityisesti raskaiden elementtitoimitusten purkuun ja varastointiin. Turvalliset työskentelymenetelmät on huomioitava lisäksi elementtinostoissa sekä asentaessa. [7, s. 20-21.]

Runkovaiheeseen laadittavaan aluesuunnitelmaan piirretään kiinteiden torninostureiden nostosäteet- ja kapasiteetit. Merkintöjen avulla havaitaan, jos elementtipukit tai elementtitoimitusten purkupaikka sijaitsevat liian etäällä nosturista. Samoin voidaan havaita mahdollisten muiden alueella toimivien nostureiden puomien risteävyys. [4, s.10-11.] Aluesuunnitelmaan on hyvä merkitä muitakin oleellisia tietoja nosturista, esimerkiksi perustamistaso, koukkukorkeus, puomin alapinta ja suunniteltu käyttöaika. [2, s. 1.] Lisäksi aluesuunnitelmaan on tärkeä merkitä rakennuskohteen ja rakennusvaiheen kannalta muita oleellisia turvallisuutta ja työvaiheiden sujuvuutta edesauttavia merkintöjä. [4, s. 10-11.]

4.1.5 Sisätyövaihe

Sisätyövaiheeseen aluesuunnitelma laaditaan yleisaluesuunnitelman sekä muiden sitä täydentäneiden aluesuunnitelmien pohjalta. Tässä vaiheessa logistiikkajärjestelyt ovat keskiössä, sillä työmaalle saapuu tällöin paljon sisälle ja ulos vietäviä rakennusmateriaaleja. Tehokkaaseen logistiikkaan tuo usein omat haasteensa ulkopuolella alkavat piha- ja julkisivutyöt. Sisätyövaiheessa syntyy myös paljon rakennusjätettä, jolloin työmaan jätehuolto on oltava erityisen hyvin kunnossa. Jätehuollon laiminlyönti näkyy nopeasti erilaisina ongelmina tuotannossa, esimerkiksi työvaiheiden hidastumisena sekä työturvallisuuden vaarantumisena. [4, s. 12-13.]

5 Kaksiulotteinen työmaan aluesuunnitelma

Perinteinen ja käytetyin tapa luoda työmaan aluesuunnitelma kaksiulotteiseen muotoon on tehdä se piirtäen Autocad-ohjelmalla (ks. kuva 3). Autocad on ohjelmana hyvin monipuolinen ja suhteellisen helppokäyttöinen sekä lisäksi sen käyttöön on laajasti saatavilla ohjeita ja opastusvideoita ilmaiseksi verkkohaulla. Ohjelman käytön perusosaaminen työmailla on nykyisin hyvällä tasolla, sillä sitä käytetään työmaaympäristössä laajasti niin piirustusten tarkasteluun kuin tiedonhakuunkin. YIT:llä on lisenssit Autocad-ohjelman käyttöön henkilöstölleen. [3.]

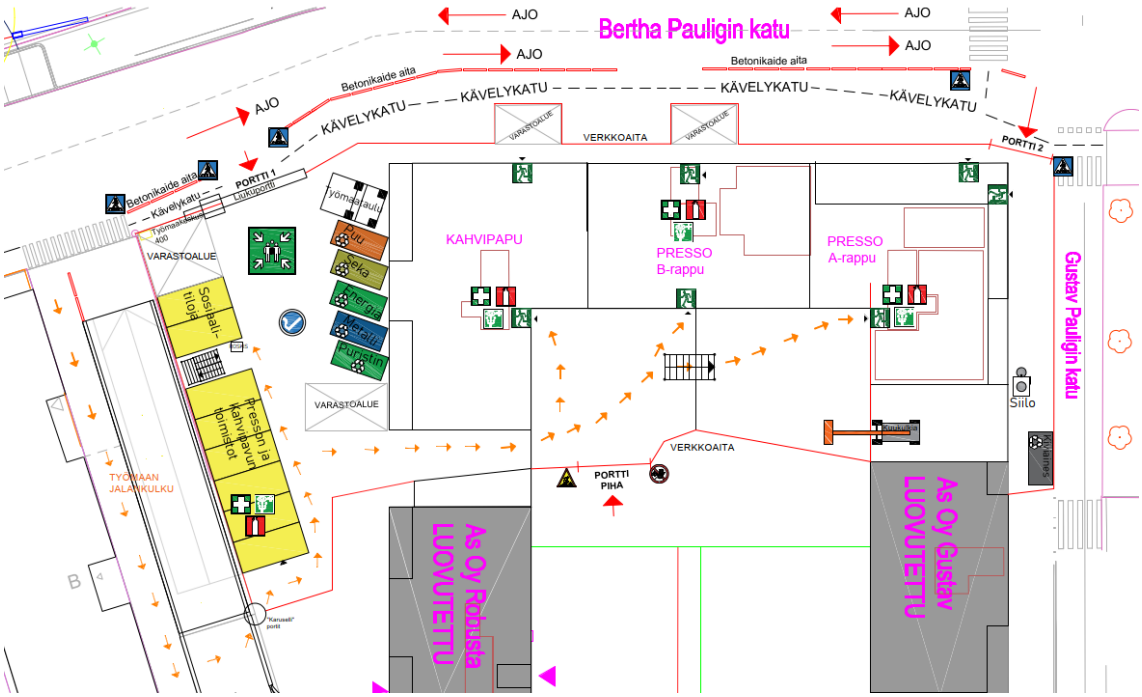
Kaksiulotteisen työmaan aluesuunnitelman laadinta lähtee käyntiin tuomalla ohjelmaan pohjaksi arkkitehdin hankkeelle laatima asemapiirustus DWG-tiedostomuodossa 1:200 tai 1:500 mittakaavassa. Oikeat mittasuhteet on hyvä huomioida aluesuunnitelmaa luodessa, jotta siitä tulee mahdollisimman mittatarkka ja tällöin siitä saatava hyöty on suurin. Mittasuhteita on helppo noudattaa hyödyntämällä valmiiksi luotuja piirrosmerkkejä. Piirrosmerkkien avulla saadaan myös koko rakennusyrityksen aluesuunnitelmien tekoa nopeutettua ja yhtenäistettyä. YIT:llä on valmiiksi luotuna kattava objektikirjasto piirrosmerkeistä. [10.]

Aluesuunnitelma rakentuu asemapiirustuksen ympärille liittämällä ohjelmassa siihen työmaakalustoa vastaavia piirrosmerkkejä. Tämän lisäksi voidaan myös ohjelmassa itsenäisesti piirtää muita tarpeellisia työmaaelementtejä tai asioita. Autocad ohjelman DWG-tallennusmuoto mahdollistaa myös sen, että ohjelmaan tuotuja saman tiedostomuodon omaavia asioita voidaan myös muokata. Näin esimerkiksi asemapiirustuksesta voidaan helposti poistaa tarpeettomia tai lukemista haittaavia osia. [10.]

Autocad ohjelmaan on mahdollista luoda myös eri piirustustasoja. Niiden avulla esimerkiksi eri rakennusvaiheiden suunnittelu etukäteen helpottuu. Tällöin yleisaluesuunnitelmaa muokkaamalla ja siirtämällä rakennusvaiheittain tarvittavia työmaaelementtejä toisille tasoille, voidaan niitä helposti yhdellä komennolla piilottaa ja tuoda esiin seuraavaa rakennusvaihetta varten. [10.]

Aluesuunnitelman laatimisessa tärkeää on muistaa sen luettavuus. Luettavuutta voidaan parantaa muun muassa käyttämällä laajasti värejä, eri viivapaksuuksia ja tekstiä erottamaan eri työmaatoimintoja toisistaan. Samoin myös tärkeitä asioita voidaan korostaa niiden koolla aluesuunnitelmassa, kuten esimerkiksi ensiapu- ja palokaluston merkkejä. Tällöin ne eivät ole kuitenkaan muun aluesuunnitelman kanssa mittakaavassa. Aluesuunnitelmasta voi myös tehdä erilaisia versioita erilaisiin tarkoituksiin, jolloin toisessa versiossa voidaan esimerkiksi korostaa kulkua pääportilta työmaatoimistolle ja toisessa vaikkapa pelastusreittejä. [10.]

Autocad ohjelmalla laaditut kaksiulotteiset aluesuunnitelmat tallennetaan DWG-tiedostomuotoon usein pääurakoitsijan projektikansioon, josta niihin voi helposti tehdä myöhemmin muokkauksia työmaaolosuhteiden muuttuessa. Autocad ohjelmalla tehty aluesuunnitelma tulostetaan sen laatimisen jälkeen myös PDF-tiedostomuotoon. Tämän jälkeen siitä voidaan tulostaa vielä fyysinen paperiversio esille esimerkiksi työmaan sosiaalitiloihin. [3.]



Kuva 3. Sisätyövaiheen aluesuunnitelma laadittuna Autocad-ohjelmalla valmiita piirrosmerkkejä hyödyntäen. Kuva: YIT.

6 Kolmiulotteinen työmaan aluesuunnitelma

6.1 Yleistä

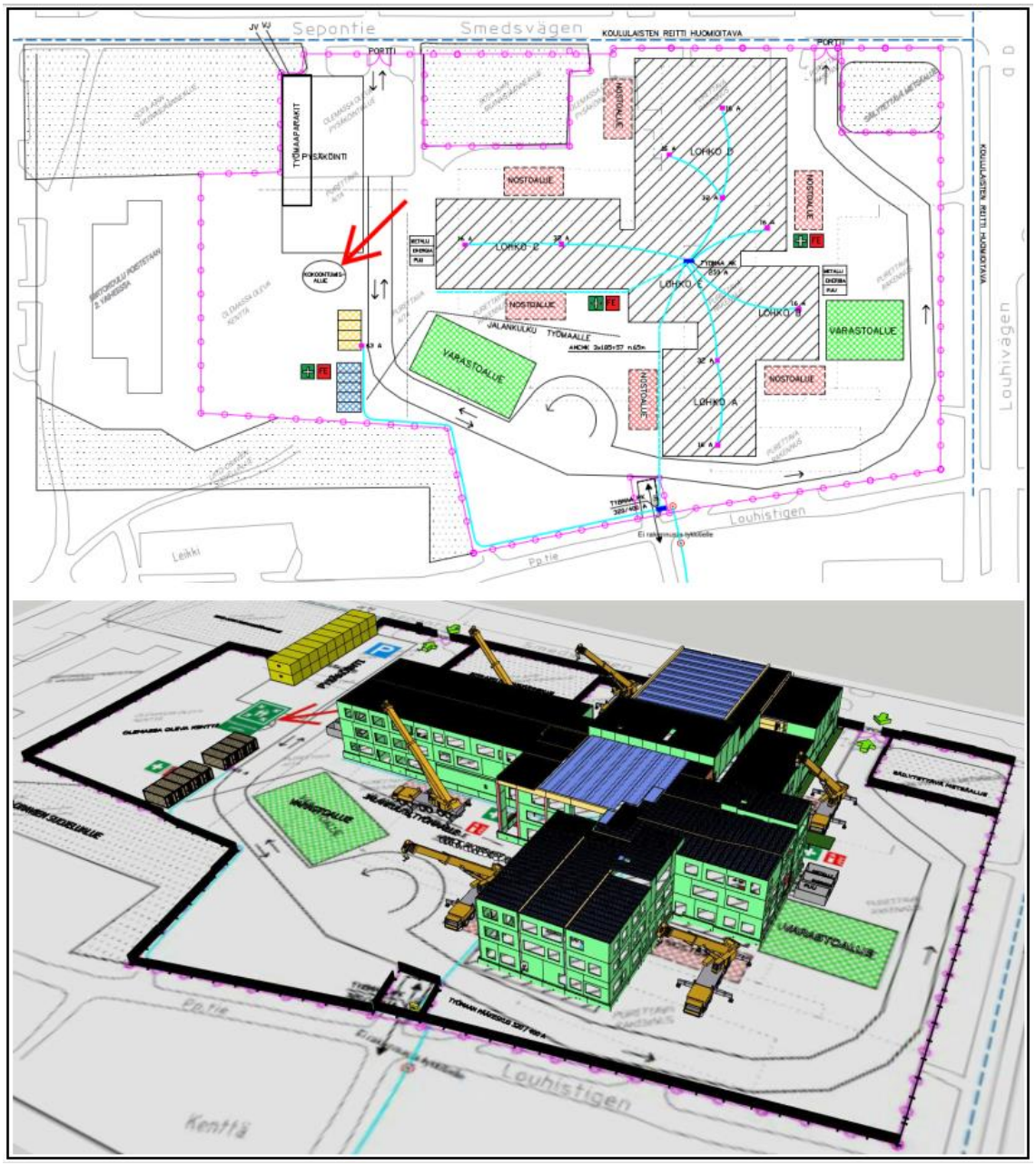
Kolmiulotteisessa työmaan aluesuunnitelmassa asiat on esitetty pysty-, vaaka- ja syvyyssuunnassa. Tietomallien yleistyminen rakennushankkeilla on luonut mahdollisuuden hyödyntää mallien visuaalista 3D-muotoa hankkeen muun suunnittelun tukena. Tällöin esimerkiksi työmaan aluesuunnittelu on mahdollista toteuttaa kolmiulotteisesti hakkeelle laadittua tietomallia hyödyntäen. Näinollen rakennuksesta, työmaa-alueesta ja sen ympäristöstä luodaan siis kolmiulotteinen virtuaalimalli. [13.]

Kolmiulotteisen aluesuunnitelman laadinnassa tärkeää on tunnistaa erot 3D-mallin ja tietomallin välillä. Niiden keskeisin ero on, että tietomalli sisältää 3D-muodossa olevan visuaalisen tiedon lisäksi myös attribuuttitietoja. Attribuuttitiedoilla tarkoitetaan esimerkiksi mallinnuskomponentteihin liitettyjä rakentamista, osavalmistusta ja ominaisuuksia käsittelevää tietoa. Tietomalliksi voidaan myös kutsua malleja, jotka mahdollistavat erinäisten kohteiden muokkauksen yhdessä näkymässä ja siirtävät samalla tiedot toisiin näkymiin. [12.]

Kolmiulotteisuuden avulla voidaan myös paremmin havainnollistaa ja kokeilla erilaisia toteutustapoja- ja ratkaisuja työmaa-alueen suunnittelussa. Olennaista kuitenkin on, että se oikeasti suunnitellaan toimivaksi eikä vain mallinneta näyttäväksi. Tällöin esimerkiksi erilaiset logistiikan pullonkaulat, riskialueet ja nostureiden ulottuvuudet sekä risteävyydet saadaan huomioitua paremmin. Tällä tavoin saadaan todellinen hyöty käyttöön 3D-aluesuunnitelman laadinnasta. [11.]

Perinteiseen 2D-aluesuunnitelmaan verrattuna 3D-aluesuunnitelman etuja ovat erityisesti sen visuaalisuus ja sen myötä todellisen tilan hahmottaminen. Kolmiulotteisuuden avulla voidaan esimerkiksi paremmin havainnollistaa työmaan tilannetta, esittää rakennusalueen ja työmaaelementtien todellisia tilavarauksia ja ylipäänsä saada selkeämpi käsitys työmaa-alueen luomasta kokonaisuudesta

(ks. kuva 4). Tällöin rakennushankkeen tilankäyttöä, logistiikkaa ja muuta toimintaa voidaan suunnitella paremmin toimivammaksi, kustannustehokkaammaksi sekä turvallisemmaksi. [11.]



Kuva 4. Kaksi- ja kolmiulotteinen aluesuunnitelma laadittuna samasta kohteesta. Kuva: YIT.

Kolmiulotteisessa aluesuunnitelmassa pitää esittää työmaa-alue, sen sisältämät toiminnot sekä kaikki muutkin samat asiat kuin perinteisessä 2D-aluesuunnitelmassakin. Rakennustyömaan kalusto voidaan esittää mallissa tarkkoina 3D-objekteina tai yksinkertaistettuina 3D-kappaleina. Mallinnus itsessään pitää suorittaa niin, että sinne sijoitetut työmaaelementit ovat visuaalisesti tunnistettavissa. [11.]

Valmistuessaan 3D-aluesuunnitelma pitää olla helposti luettava ja ymmärrettävä. Sen sisältö pitää myös olla käytettävissä ja tulostettavissa perinteiseen 2D-muotoon. Tästä johtuen sen sisältämiin objekteihin on tarpeen vaatiessa lisättävä tekstiselityksiä ja muuta lisätietoa huolimatta siitä, onko työmaaobjektit luotu karkeina pursotuksina vai visuaalisempina objekteina. 3D-aluesuunnitelmaa on myös päivitettävä työmaalla normaaliin tapaan aina olosuhteiden muuttuessa. [11.]

6.2 Laadinta

Kolmiulotteisen aluesuunnitelman laadintaan on käytettävissä monenlaisia erityyppisiä ohjelmia. Niitä ovat esimerkiksi SketchUp, Revit, Tekla ja ArchiCAD. Valinta niiden käytön välillä riippuu muun muassa aluesuunnitelmaan halutta-vista ominaisuuksista, mallinnustarkkuudesta, aikariippuvuuden tarpeesta sekä määrätietojen hyödyntämisestä. Tässä insinöörityössä käsitellään vain SketchUp 3D -mallinnusohjelmalla tehtävää aluesuunnittelua. YIT:llä on henkilöstölleen käytössä ohjelman Pro-lisenssejä sekä valmiiksi laadittuna kohtalaisen laaja objektikirjasto työmaalla käytettävästä työmaakalustosta. [3.]

6.2.1 SketchUp

Trimble-yhtiön omistama SketchUp on tietokoneohjelma, jolla mallinnetaan kolmiulotteisia rakennuksia ja kappaleita. Sen etuja aluesuunnittelun näkökulmasta muihin vastaaviin on erityisesti sen helppokäyttöisyys, edullisuus, havainnollisuus sekä laaja valmisobjektikirjasto. SketchUp-ohjelman tallennusmuoto on IFC ja siihen on mahdollista tuoda myös muita saman tiedostomuodon omaavia

3D-malleja sekä objekteja. Lisäksi ohjelma tukee DWG-muodossa olevia suunnitelmia ja esimerkiksi PNG-kuvatiedostoja. SketchUp-ohjelmalla laadittu kolmiulotteisen aluesuunnitelman malli ei ole tietomalli, sillä se sisältää vain visuaalista tietoa. [3.]

SketchUp-ohjelmalla kolmiulotteisen aluesuunnitelman mallinnusprosessi lähtee liikkeelle tuomalla ohjelmaan pohjaksi lähdeaineistoa. Lähdeaineistona toimii yleensä arkkitehdin laatima asemapiirustus 1:200 tai 1:500 mittakaavassa. Asemapiirustusta on voitu muokata myös tätä ennen tarpeen mukaan esimerkiksi Autocad-ohjelmalla helpommin luettavaksi ja aluesuunnitteluun soveltuvaksi. Tällöin on tärkeää, että ainekin ympäröivät rakennukset, tiet sekä pystytettävän rakennuksen ja työmaa-alueen rajat on kuitenkin jätetty näkyviin. Tämän jälkeen karsittu asemapiirustus tuodaan ohjelmaan DWG-tiedostomuodossa. [3; 17.]

Asemapiirustuksen lisäksi pohjana voidaan käyttää myös esimerkiksi Google-karttojen satelliittikuvaa. Alueesta otetaan tällöin näyttökuva Google-kartoissa, tallennetaan PNG-tiedostomuotoon ja tuodaan se ohjelmaan. Tärkeää on myös muistaa merkitä kuvan referenssimitta talteen, jotta se saadaan myöhemmin skaalattua SketchUp-ohjelmassa oikeaan kokoon. Luotavaan aluesuunnitelmaan voidaan tuoda myös työmaan vaikutusalueella sijaitsevia viereisiä rakennuksia. Tällöin 3D-rakennukset haetaan esimerkiksi Helsingin kaupungin karttapalvelusta. Tämä auttaa entisestään rakennettavan alueen- ja sen ympäristön havainnollistamisessa. [3; 17.]

Seuraava vaihe on tuoda SketchUp ohjelmaan hankkeelle rakennesuunnittelijan toimesta laadittu IFC-tiedostomuotoinen rakennemalli. Tiedosto on hyvä viedä kuitenkin vielä tätä ennen esimerkiksi Simple BIM -ohjelmaan, jossa mallista saadaan luotua kevyempi versio. Rakennemallin tarkoituksena on vain havainnollistaa kohdetta aluesuunnitelmaa laatiessa, jolloin siitä voidaan poistaa kaikki havainnollisuuden kannalta epäolennainen tieto. Näin rakennemallin tiedostokokoa saadaan pienennettyä huomattavasti. [3; 17.]

Kun lähdeaineisto on asetettu oikeaan mittakaavaan karsitun rakennemallin kanssa, voidaan alkaa lisäämään luotavaan aluesuunnitelmaan erilaisia työmaaelementtejä. Aluesuunnitelmaa SketchUp:lla tehtäessä on hyvä muistaa käyttää sellaisia mallinnustekniikoita, jolla saadaan malli toimimaan ohjelmassa mahdollisimman sulavasti. Mallista tulee työmaaelementtejä ja muita asioita lisätessä väistämättä raskaampi, jolloin niiden tiedostokoko on tärkeää huomioida. Tämä onnistuu esimerkiksi käyttämällä rakennusyrityksen valmiiksi luotuja 3D-työmaaobjekteja. Tällöin voidaan myös lisättävien objektien mittasuhteisiin luottaa. YIT:llä on luotuna kohtalaisen laaja 3D-objektikirjasto työmaalla tarvittavasta kalustosta. Niitä ovat esimerkiksi työmaa-aidat, työmaatilat, torni- ja henkilönosturit, elementtikalusto, jätelavat ja sekä työmaataulu. [3; 17.]

SketchUp:ssa on mahdollista hakea myös muiden ohjelman käyttäjien tekemiä yleiseen käyttöön tarkoitettuja 3D-työmaaobjekteja. Niiden käytössä on tärkeää huomioida, etteivät ne ole kuitenkaan käyttötarkoitukseen nähden liian yksityiskohtaisia ja tällöin tiedostokooltaan liian raskaita. Lisäksi niitä käyttäessä pitää tarkastaa niiden fyysiset mittasuhteet, jotta luotava aluesuunnitelma malli pysyy mahdollisimman realistisena. [3; 17.]

Kolmiulotteisen aluesuunnitelman laadinta SketchUp-ohjelmalla noudattaa itsessään hyvin samanlaista kaavaa kuin kaksiulotteisenkin tekeminen Autocad-ohjelmalla. Työmaa-alue suunnitellaan siis mahdollisimman toimivaksi kokonaisuudeksi lähdeaineiston, rakennettavan rakennuksen sekä työmaakaluston lisäämisen avulla. Samoin aluesuunnitelmaan merkitään myös muita tarvittavia asioita, kuten kulkureitit sekä kirjoitetaan tekstillä selitteitä siinä olevien asioiden tulkintaa helpottamaan. [3; 17.]

SketchUp-ohjelmalla laaditun 3D-aluesuunnitelman ollessa valmis, voidaan se tallentaa IFC-tiedostomuotoon. Asiantuntijahaastatteluiden tuloksena tuli esille, että tällä hetkellä järkevin tapa on aluesuunnitelman luonnin jälkeen poistaa karsittu rakennemalli suunnitelmasta. Tämän jälkeen SketchUp-ohjelmalla laadittu 3D-aluesuunnitelma tuodaan tarkasteltavaksi Dalux-nimiseen projektinhallinta-ohjelmaan sekä asetetaan se ohjelmassa samaan koordinaatistoon hankeen

tietomallin kanssa. Kolmiulotteisen aluesuunnitelman laadinta siis tapahtuu eri ohjelmassa kuin sen todellinen tarkastelu ja käyttö. Kuvassa 5 on esitetty SketchUp-ohjelmalla laadittu työmaan 3D-aluesuunnitelma. [13; 14; 15; 16.]

Kuva 5. Työmaan kolmiulotteinen aluesuunnitelma laadittuna SketchUp-mallinnusohjelmalla. Kuva: YIT.

6.3 Käyttö

Kolmiulotteisien aluesuunnitelmien tarkasteluun ja käyttöön on myös monenlaisia erityyppisiä ohjelmia. Niitä voi tarkastella joko ohjelmassa, jossa ne on luotu tai tuoda ne erilliseen IFC-tiedostomuotoja tukevaan ohjelmaan. Hankkeesta riippuen voidaan päättää missä käyttöympäristössä 3D-aluesuunnitelman ja tietomallin luomaa kokonaisuutta halutaan käsitellä. Näitä mahdollisuuksia ovat esimerkiksi Dalux ja Solibri-ohjelmat. Lisäksi ohjelman valintaan vaikuttavat myös yrityksen yleinen linja, hankkeen resurssit sekä halukkuus käyttää tiettyä ohjelmaa. [13; 16.]

Käytettävien ohjelmien välillä on kuitenkin eroja. Merkittävimpiä 3D-aluesuunnitelman sujuvaan ja tarkoituksenmukaiseen käyttöön vaikuttavia tekijöitä ovat

muun muassa ohjelman tukemat tiedostomuodot, lisäominaisuudet sekä luodun aluesuunnitelman saavutettavuus ja käytettävyys hankeorganisaation kesken. Taulukossa 1 on esitetty vertailua kohdeyrityksessä 3D-aluesuunnitelmien tarkasteluun käytettävien ohjelmien etujen ja heikkouksien välillä. Vertailu perustuu haastattelututkimuksen myötä suoritettuun yhteenvetoon. [13; 16.]

Taulukko 1. Yhteenveto 3D-aluesuunnitelmien tarkasteluun käytettävien ohjelmien eduista ja heikkouksista kohdeyrityksessä haastatteluiden perusteella.

Käytettävä ohjelma	**Havaitut edut**	**Heikkoudet**
Solibri	-Pyörittää hyvin isoja tiedostokokoja. -Tukee yhdistelmämalleja. -Käytön osaaminen henkilöstöllä hyvä.	-Aluesuunnitelman muokkaus ei onnistu suoraan ohjelmassa. -Ei tue pistepilviaineistoa. -Kaikilla ei ohjelmaan pääsyä. -Käyttö vain tietokoneella. -Käyttö vaatii lisenssin. -2D-tulosteiden teko ei onnistu.
SketchUp	-Aluesuunnitelman muokkaus onnistuu suoraan ohjelmassa. -2D-tulosteiden teko onnistuu.	-Jumiutuu raskaista tiedostoista. -Ei tue yhdistelmämallia. -Ei tue pistepilviaineistoa. -Käytön osaaminen puuttuu henkilöstöltä. -Käyttö vain tietokoneella. -Käyttö vaatii lisenssin.
Dalux	-Pyörittää erittäin hyvin isoja tiedostokokoja. -Tukee yhdistelmämalleja sekä pistepilviaineistoa. -Käyttö onnistuu selaimen kautta kaikilla laitteilla. -Ei vaadi jaettuun projektiin ohjelman lisenssiä.	-Aluesuunnitelman muokkaus ei onnistu suoraan ohjelmassa. -Käytön osaaminen puuttuu henkilöstöltä. -2D-tulosteiden teko ei onnistu.

Asiantuntijahaastatteluiden perusteella todettiin, että Dalux on ohjelmana paras työkalu kokonaisuutena kolmiulotteisien aluesuunnitelmien tarkasteluun ja käyttöön. Tässä insinöörityössä käsitellään siis vain Dalux-projektinhallintaohjelman käyttöä 3D-aluesuunnitelman tarkasteluun yhdessä hankkeen tietomallin kanssa. YIT:llä on kokeilussa Dalux-ohjelman käyttöä muutamilla projekteilla valtakunnallisesti, mutta virallista linjaa ei kuitenkaan ole vielä tehtynä sen laajaan jalkauttamiseen henkilöstölle. [13; 16.]

6.3.1 Dalux

Dalux on Tanskassa vuonna 2005 perustettu pilvipohjainen rakennuksien tietomallien, tiedostojen säilyttämisen sekä rakennusaikaisten töiden projektinhallinnan mahdollistava sovellus. Ohjelma on käytettävissä niin tietokoneen selaimella kuin mobiililaitteessakin. [14.] Dalux on puhtaasti projektinhallinnan työkalu. Sen avulla voidaan yhdistää eri lähteistä eri tiedostomuodon omaavia malleja ja suunnitelmia sekä tarkastella niitä yhdessä ohjelman sisällä. Tämä mahdollistaa rakennusprojekteilla aluesuunnittelun näkökulmasta esimerkiksi SketchUp-ohjelmalla luotujen 3D-aluesuunnitelmien tuomisen ohjelmaan tarkasteltavaksi hankkeen rakenne- tai yhdistelmämallin kanssa. Samoin ohjelmaan voidaan tuoda lisäksi myös muuta hankkeen kannalta tärkeää tietoa esimerkiksi maastonmuodoista tai Drone-ilmakuvauksilla saatua pistepilveä. [19.]

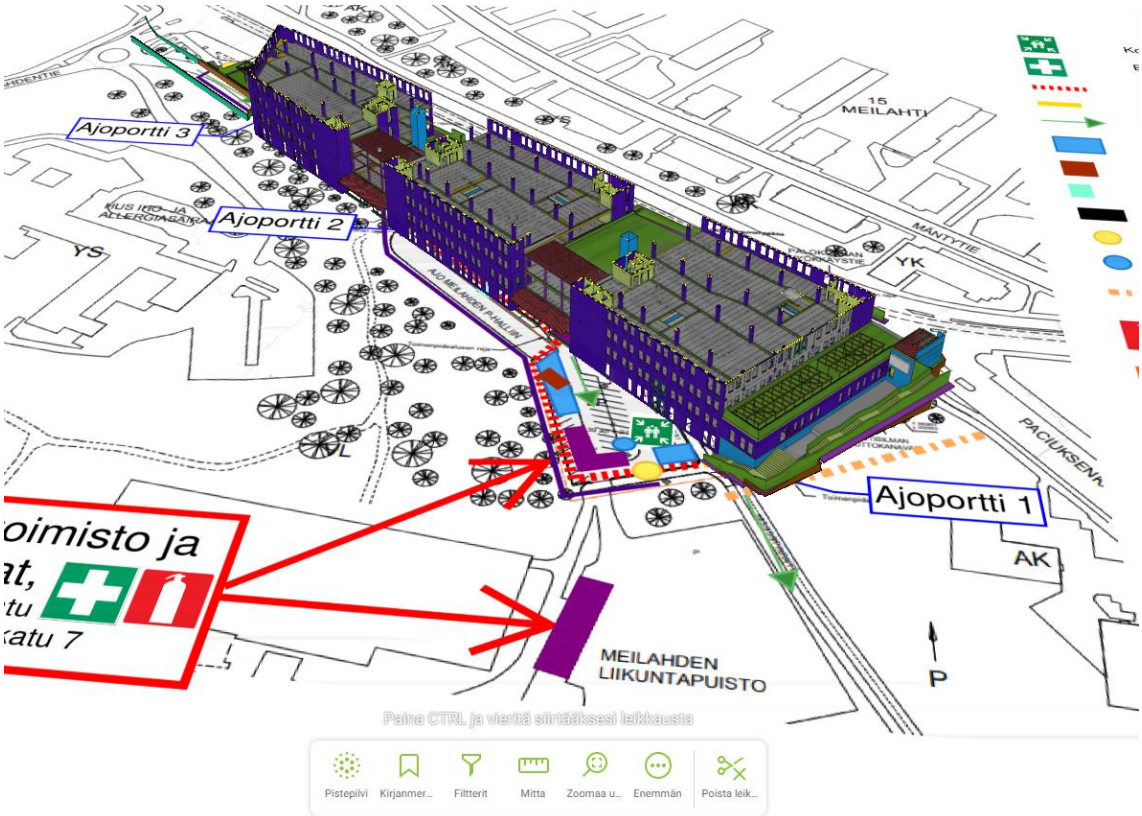
Suomessa Daluxin käyttö on ominaisuuksiinsa nähden vielä vähän käytössä alan toimijoiden keskuudessa, mutta YIT on ottanut sen käyttöönsä muutamissa uusissa projekteissaan. YIT:llä on näinollen lisenssejä ohjelman käyttöön vasta rajatusti henkilöstölle. Sen käyttö on kuitenkin koko ajan lisääntymässä, jolloin koulutuksia sen käyttöön on jo toteutettu muutamia. [19.]

Daluxin etuja ovat erityisesti sen helppokäyttöisyys, havainnollisuus sekä sen kyky käsitellä suuria tiedostokokoja eri tiedostomuodoissa. Ohjelma pyörii erittäin hyvin jopa mobiililaitteella, jolloin sen käyttö työmaaolosuhteissakin on mahdollista. Dalux-ohjelman selainpohjainen käyttö mahdollistaa myös sen, että hankkeen muut osapuolet pääsevät helposti käsiksi sen sisältöön lataamatta tai omistamatta erityyppisiä ohjelmistoja erilaisten mallien tarkasteluun. [13; 14; 15.]

Ideaalitilanteessa Daluxiin on tuotuna hankkeen yhdistelmämalli sisältäen arkkitehti-, rakenne- ja LVIS-mallit. Samoin ohjelmaan on tuotuna SketchUp-ohjelmalla mallinnettu 3D-aluesuunnitelma. Lisäksi on voitu myös tuoda muuta tarvittavaa sisältöä, kuten 2D-aluesuunnitelma, asemapiirros tai pistepilviaineistoa. Mainittujen suunnitelmien muuttuessa ladataan vain niiden tuorein versio Dalux-

ohjelmaan, jolloin kaikilla hankeosapuolilla on käytössään aina ajankohtaisimmat versiot. [13; 15; 16.]

Daluxiin tuotuja malleja sekä suunnitelmia voi suodattaa ohjelmassa helposti. Samoin voidaan haluttua näkymää muokata. Tämän ansiosta saadaan esimerkiksi tarkasteltua rakenteilla olevan rakennuksen eri vaiheistuksia. Ohjelman sisällä vain suodatetaan näkymään halutut kohteet. Tällöin voidaan esimerkiksi tarkastella hankkeen rakennemallia tiettyjen kerroksien osalta vaikkapa 2D-aluesuunnitelman kanssa (ks. kuva 6). [13; 14; 15.]



Kuva 6. Dalux-ohjelman käyttöä selaimella 2D-aluesuunnitelman ja hankkeen rakennemallin kanssa. Työmaan eri aluesuunnitelmatyyppejä ja vaiheistuksia voidaan helposti suodattaa ohjelman asetuksista. Kuva: YIT.

6.3.2 Fotogrammetria

Fotogrammetria on valokuvaamiseen pohjautuva menetelmä, jossa tarkkoja valokuvia hyödyntämällä saadaan luotua kohteesta kolmiulotteista mallinnus- ja

mittaustietoa. Perinteisesti fotogrammetriaa on käytetty mallinnus- ja kartoitustöissä miehitettyjä ilmakuvauksia hyödyntäen. Nykyisin tarvittavat ilmakuvaukset voidaan kumminkin toteuttaa miehittämättömillä ilma-aluksilla etäohjatusti. Fotogrammetriset järjestelmät ovat nykyisin täysin digitaalisia, jolloin tietokoneohjelmat pystyvät koostamaan lähes automaattisesti toisiaan peittävistä digitaalisista valokuvista hyvinkin yksityiskohtaisia 3D-malleja. Fotogrammetria jakautuu ilmakuvaukseen sekä lähifotogrammetriaan. [20, s. 2.]

Ilmakuvaukset toteutetaan nykyisin lähes poikkeuksetta dronen tai muun tarkoitukseen soveltuvan miehittämättömän ilma-aluksen avulla. Käytettävä laite varustetaan tällöin riittävän laadukkaalla sekä suuren kennon omaavalla digitaalisella järjestelmäkameralla. Kuvien otto suunnitellaan huolellisesti ennakkoon muun muassa lentolinjat, kuvanottovälit sekä pituus- ja sivupeittävyydet huomioiden. Tiedot syötetään laitteen lentosuunnitelmaan, jolla varmistetaan halutun alueen kattavuus ja kuvien riittävä leikkaaminen toisiinsa nähden. Näin luotavasta 3D-mallista saadaan mahdollisimman tarkka ja katveeton. [20, s. 2.]

Lähifotogrammetriassa valokuvaus suoritetaan samantyylisellä kuvausvälineistöllä. Poikkeuksena kuitenkin on, että digitaalista järjestelmäkameraa käytetään käsin tai kolmijalalla. Valokuvaus suoritetaan myös usein satunnaisemmassa järjestyksessä ilmakuvaukseen verrattuna. Kuvia otetaan mahdollisimman paljon, monesta eri suunasta, katselukulmasta ja etäisyydeltä. Tarkoituksena on saada lopputuotteena syntyvään 3D-malliin kohteen pienetkin katvealueet katettua. Menetelmää käytetään esimerkiksi arkkitehtonisten yksityiskohtien ja rakenteiden mallintamiseen. [20, s. 2.]

Ilmakuvausta ja lähifotogrammetriaa ei kuitenkaan nykyisin enää käytetä rakennuskohteiden ja alueiden mallintamisessa omina toimintoinaan. Dronen kuvaus- ja autopilottijärjestelmät mahdollistavat nykyään molempien kuvaustapojen yhdistämisen, jolloin katvealueet jäävät lähtökohtaisesti jo hyvin pieniksi. Tällöin käytettävät tietokoneohjelmat kykenevät tuottamaan tarkkoja 3D-mallinnuksia kuva-aineistosta, jossa on hyödynnetty molempia kuvausmenetelmiä. [20, s. 2.]

Fotogrammetrian avulla kuvattavasta kohteesta muodostuu niin kutsuttu pistepilvi. Pilven pisteet pitävät sisällään erilaista metadataa, kuten niiden sijainnin määritetyssä x, y, z -koordinaatistossa, niiden intensiteetin ja värin. Kuvattavassa kohteessa määritetään, kuinka tarkkaa pistepilveä halutaan luoda. Pisteiden välinen etäsyys määrittää itsessään luotavan mallin tarkkuuden ja toisaalta sen tiedostokoon. Harvennetun pistepilven avulla saadaan luodun 3D-mallin tiedostokokoa pienennettyä. [20, s. 3.]

Rakentamisessa fotogrammetriasta ja sen avulla saatavasta pistepilvestä voi olla monenlaista hyötyjä. Sen avulla saadaan esimerkiksi huomioitua rakennusalueen todellisia pinnanmuotoja eli topografiaa sekä hyödynnettyä saatua tietoa alue- ja rakennussuunnittelun tukena. Lisäksi jos fotogrammetrisia kuvauksia suoritetaan lyhyin syklein, saadaan sen tuottamaa tietoa käytettyä myös esimerkiksi työmaan etenemisen seurannassa tai vaikka maanrakennusvaiheessa massojen laskennassa. Fotogrammetrisilla kuvauksilla saatua pistepilveä voi tarkastella esimerkiksi Dalux-projektinhallintaohjelmassa (ks. kuva 7). YIT:llä on kyky suorittaa fotogrammetrisia kuvauksia. [13; 14; 15; 16.]

Kuva 7. Esimerkki fotogrammetrisella kuvauksella tuotetusta pistepilvestä yhdessä hankeen rakennemallin kanssa. Kuva: YIT.

7 Neliulotteinen työmaan aluesuunnitelma

Pasilan juna-aseman yhteyteen rakennettu Tripla on YIT:n hybridihanke, joka valmistui alueelle vaiheittain vuosina 2019-2020. Hanke sisälsi Tripla-kauppakeskuksen lisäksi muun muassa toimisto- ja hotellitiloja sekä asuntoja. Tripla muodostuu kolmesta korttelista ja niiden yhdistämästä Keski-Pasilasta on nopeasti tullut Helsingin uusi ja elävä keskus. [21.]

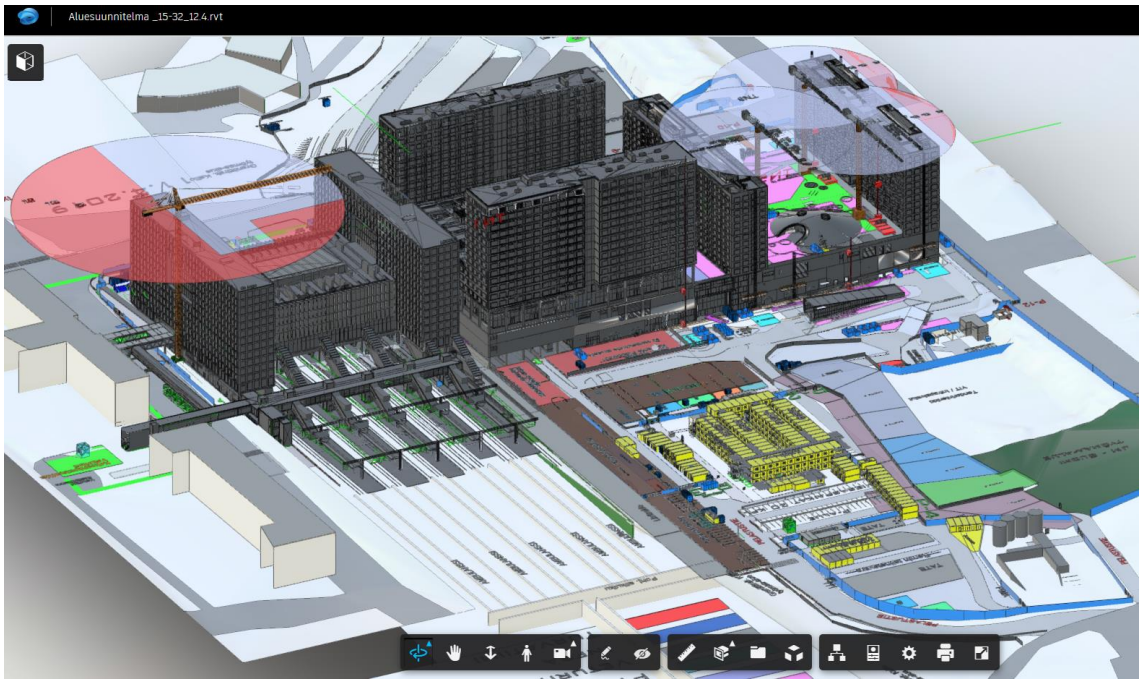
Triplan rakentamisessa hyödynnettiin 4D-aluesuunnitelmaa. Neliulotteisella työmaan aluesuunnitelmalla tarkoitetaan, että siinä on 3D-muodon lisäksi mukana myös aikaulottuvuus. Triplan aluesuunnitelma luotiin kolmiulotteisena sekä sitä päivitettiin viikoittain tai jopa päivittäin vastaamaan työmaalla olevaa tilannetta. Tällöin Triplan 3D-aluesuunnitelmamalli oli aina ajantasainen, jolloin sitä voitiin kutsua 4D-aluesuunnitelmaksi. [16.]

Triplan rakennusprojektissa Ramirent toimi hankkeen konevuokrauskumppanina sekä logistiikkaurakoitsijana. Samalla heille kuului suunnittelutyötä muun muassa 3D-aluesuunnitelman laadinnan ja päivittämisen osalta sekä niihin liittyvien dokumenttien tekemistä. Suunnitelmat tehtiin tiiviissä yhteistyössä YIT:n työnjohdon ja hankkeella toimivien aliurakoitsijoiden kesken. [22.]

Ramirentin laatima ja päivittämä 3D-aluesuunnitelma oli julkaistuna myös Autodesk A360 -pilvipalveluun (ks. kuva 8). Sen avulla oli mahdollista jakaa linkki pilvipalveluun, jolloin kaikilla hankeosapuolilla oli mahdollisuus päästä tarkastelemaan mallin uusinta versiota internetselaimessa. Tällöin koko työmaaorganisaatio pysyi erittäin hyvin kartalla työmaan tilasta. [22.]

Kokemuksien mukaan Triplan rakennusalueen massiivisen koon takia työmaan logistiikka oli erittäin vaikea hallita. Hankkeella toimineen asiantuntijan mukaan ilman hyvin ajantasaista 3D-aluesuunnitelmamallia olisi ollut suuria logistisia ongelmia päivittäin. Viikoittain järjestetyissä logistiikkapalavereissa pystyttiin satoja ongelmia kuitenkin ratkaisemaan etukäteen mallin avulla. Niissä oli mukana YIT:n työmaajohto, aliurakoitsijat sekä tavarantoimittajia. [16.]

Asiantuntijan mukaan 3D-aluesuunnitelman edut perinteiseen 2D-versioon verrattuna olivat kiistattomat mallin visuaalisuuden ansiosta. Palavereissa pystyttiin esimerkiksi pyörittelemään mallia halutusta suunnasta ja tarkastelemaan logistiikkaliikenteen kulkureittejä ja pullonkauloja tulevia työvaiheita varten. Lisäksi sen avulla voitiin esimerkiksi tarkastella useiden alueella toimivien nostureiden yhteistoimintaa. Ajantasaisesta 3D-aluesuunnitelmasta oli myös suuria hyötyjä Ramirentille muun muassa työmaan kalustonhallinnan suhteen. [16.]



Kuva 8. Tripla hybridihankkeella käytettiin apuna 4D-aluesuunnitelmaa. Käyttö onnistuu internet selaimella Autodesk A360 -pilvipalvelussa. Kuva: YIT.

8 Haastattelututkimus

Haastattelut toteutettiin 5.12.2022 - 25.1.2023 välisenä aikana ja niihin osallistui neljä henkilöä. Työnimikkeiltään haastatellut olivat IT-päällikkö, tietomallipäällikkö, tietomallispesialisti sekä kehitysinsinööri. Haastatellut olivat käytännössä YIT:n johtavia tietomalliasiantuntijoita, joilla on kokemusta kolmiulotteisien aluesuunnitelmien laadinnasta ja hyödyntämisestä erityyppisissä hankkeissa niin asunto- kuin toimitilakohteissakin.

Haastattelut toteutettiin yksittäin Microsoft Teams -viestintäpalvelua hyödyntäen ja niissä kysyttiin avoimia kysymyksiä haastateltavan työnkuvasta ja kokemuksista riippuen. Haastatteluissa käytiin yleistä keskustelua aiheeseen liittyen, eikä niihin laadittu esimerkiksi erillisiä kysymyssarjoja. Kaikki haastateltavat olivat YIT:n henkilöstöä, jotka pääsääntöisesti työskentelivät eri hankkeilla.

Haastateltavat valittiin tarkoituksella eri projekteilta, jonka avulla saavutettiin insinöörityöhön monialainen näkemys aiheen suhteen. Haastatteluiden tuloksena saatiin kerättyä suuri määrä ajantasaista sekä kokemuspohjaista tietoa kolmiulotteisen aluesuunnitelman nykytilasta, laadinnasta, käytöstä ja kehityskohteista yrityksessä. Henkilöhaastatteluissa huomattiin asiantuntijoiden kommenttien ja huomioiden noudattavan hyvin samankaltaista linjaa, jolloin tuloksien osalta ei päädytty erittelemään havaintoja erikseen henkilöittäin. Tällöin ne oli mahdollista koota yhdeksi laajemmaksi kokonaisuudeksi.

8.1 Tutkimuksen tulokset

Haastateltavien kokemuksien perusteella havaittiin, että 3D-aluesuunnitelmat toisivat paljon lisäarvoa rakennusprojekteille. Asiantuntijoiden mukaan ne soveltuisivat erityisesti logistisesti haastaviin hankkeisiin, jolloin niiden visuaaliset hyödyt ja mallintamiseen uhratut resurssit saataisiin parhaiten käyttöön. Näinollen pieniin ja yksinkertaisiin hankkeisiin niiden laatimisen ei koettu olevan tarpeellista. Asiantuntijat eivät kuitenkaan poissulkeneet vaihtoehtoa, jossa kaikkiin hankkeisiin voitaisiin tulevaisuudessa laatia aluesuunnitelma

kolmiulotteiseen muotoon. Tämä kuitenkin vaatisi prosessin kehittämistä monella sektorilla, jotta se saataisiin kannattavaksi. [13; 14; 15; 16.]

Haastatteluiden perusteella 3D-aluesuunnitelmat koettiin siis lähtökohtaisesti hyvinkin hyödyllisiksi haastavia hankkeita ajatellen. Siitä huolimatta YIT:llä kolmiulotteisia aluesuunnitelmia hyödynnetään hankkeilla vielä todella vähän niiden tarjoamiin mahdollisuuksiin nähden. Pääsyynä tähän todettiin olevan yrityksen yleisen linjan puuttuminen niiden käytöstä osana hankkeiden suunnittelua ja toteutusta. Erityisiä konserni- tai yksikkötason päätöksiä niiden suositeltuun käyttämiseen hankkeilla ei ole siis tehtynä. [13; 14; 15; 16.]

Haastatteluissa todettiin, että johtotasolta tulevat päätökset ohjaavat henkilöstön toimintaa vahvasti tiettyyn suuntaan. Perinteisesti aluesuunnitelmat laatii hankkeella toimiva työmaainsinööri vastaavan työnjohtajan sekä työpäällikön ohjeiden ja linjauksien mukaisesti. Niiden laadinnassa hankkeilla on totuttu noudattamaan usein yleisintä ja helpointa toteutustapaa. Kaksiulotteisia aluesuunnitelmia on laadittu Autocad-ohjelmalla pitkään ja siihen on muodostunut hyvä pohja niin laadinnan osaamisen kuin käyttökokemuksienkin tasolla. Kolmiulotteiset aluesuunnitelmat ovat taas uutta, joten niiden käyttöönottoon liittyy aina varauksellisia asenteita ja osaltaan myös muutosvastarintaa. [13; 14; 15; 16.]

Tällä hetkellä 3D-aluesuunnitelmien laadinta ja käyttö on kohdeyrityksessä enemmän asiantuntijoiden harrastusmuotoista toimintaa ja kokeiluja. Varsinaista aktiivista kehitystyötä esimerkiksi pilottitestauksien muodossa ei näinollen suoriteta. Yksittäisen hankkeen projektitiimi ja esimerkiksi työpäällikkö voivat käytännössä päättää itsenäisesti 3D-aluesuunnitelmien käytöstä projektilla. Laajemman linjavedon puuttuminen vaikuttaakin siis suoraan koko 3D-aluesuunnitteluprosessin kehitykseen, sillä yksittäisillä hankkeilla ei ole resursseja tätä kehitystyötä viedä eteenpäin. [13; 14; 15; 16.]

Toinen mainittava syy 3D-aluesuunnitelmien vähäiseen käyttöön kohdeyrityksessä koettiin olevan niiden laadinnan ja päivittämisen vaikeus tällä hetkellä. Laadinta koettiin jopa ammattilaisienkin keskuudessa kohtalaisen raskaaksi sekä aikaa vieväksi. Haastatteluissa nousi esille, että tällä hetkellä 3D-

aluesuunnitelmia on laadittu pääosin SketchUp-mallinnusohjelmalla, joka on tämänhetkisen tiedon valossa kuitenkin kokonaisuutena paras ohjelma niiden laadintaan yrityksessä. Sen toiminnassa ja sujuvassa käytössä havaittiin kuitenkin olevan ongelmia. [13; 14; 15; 16.]

Suurimpana ongelmana voitiin mainita ohjelman toimintavarmuus, jolloin tiedostokokojen ollessa suuria ohjelman on havaittu kaatuvan kohtuu helposti. Samoin ohjelman käyttö ja tällöin laadintaprosessi hidastuu huomattavasti mitä enemmän sisältöä malliin tuodaan. Toimivuuteen todettiinkin vaikuttavan keskeisesti se, millaista ja minkä kokoista sisältöä sinne tuodaan sekä käytettävän työaseman tehot. Ongelmaksi koettiin erityisesti se, että työmaahenkilöstöllä ei välttämättä ole yrityksen tehokkaimpia tietokoneita käytössä, jolla ohjelman käyttö onnistuisi sujuvasti. Lisenssejä SketchUp-ohjelmaan havaittiin olevan yrityksessä saatavilla myös liian vähän. [13; 14; 15; 16.]

Ohjelman miinuksia muihin vastaaviin todettiin olevan kyvyttömyys hyödyntää hankkeelle laadittuja 3D-pinnanmuotoja eli topografiaa sekä mallinnetuista kappaleista saatavan määrätiedon puute. Yhteenvetona todettiin, että jokaisessa 3D-aluesuunnitelmien laadinnan mahdollistavassa ohjelmassa on kuitenkin omat hyvät ja huonot puolensa. Suurien tiedostokokojen tuomat haasteet ja ongelmat todettiin koskettavan kaikkia sovelluksia. [13; 14; 15; 16.]

Haastatteluiden perusteella havaittiin puutteita myös YIT:llä laaditussa 3D-objektikirjastossa, joka vaikuttaa suoraan kolmiulotteisen aluesuunnitelman laatimisen nopeuteen ja sujuvuuteen. Kirjasto ei tällä hetkellä sisällä riittävän kattavasti erilaisia objekteja YIT:n työmailla käytettävästä peruskalustosta, jolloin niitä joudutaan mallintamaan erikseen tai hakemaan julkisista lähteistä. Lisäksi niiden käyttäminen koettiin ylipäänsä työlääksi nykyisellä kopioi ja liitä tyylillä. Osa laadituista objekteista todettiin olevan myös aivan liian yksityiskohtaisia ja siten turhan raskaita niiden käyttämiseen työmaan mallintamisessa. Oleellista kerrottiin olevan objektien sisältämä perusgeometria. [13; 14; 15; 16.]

Mallintamisen itsessään asiantuntijat kokivat kuitenkin SketchUp-ohjelmalla hyvinkin helpoksi ja selkeäksi. Sen käyttöliittymää kuvattiin loogiseksi ja helposti

opittavaksi jopa henkilöiltä, joilla ei aikaisempaa mallinnuskokemusta juurikaan ole. Haastatteluissa nousi kuitenkin esille, että ensimmäistä kertaa hankkeelle luotavan 3D-aluesuunnitelman olisi järkevää laatia niiden mallintamiseen perehtynyt asiantuntija. Päivittämisestä vastaisi myöhemmin hankkeella toimiva työmaainsinööri normaalien aluesuunnitelmien päivitysohjeiden sekä tapojen mukaisesti. [13; 14; 15; 16.]

Asiantuntijan käyttäminen ensimmäisen 3D-aluesuunnitelmamallin laadinnassa todettiin olevan järkevää monesta syystä. Niin esimerkiksi varmistetaan, että tekijällä on riittävä tietotaito niiden laadintaan, käytettäviin ohjelmiin sekä oikeisiin mallinnustekniikoihin. Tällöin aluesuunnitelma-mallista saadaan mahdollisimman toimiva sekä helposti päivitettävä. Lisäksi ensimmäisen version luonnissa on huomattavasti enemmän mallinnustyötä satunnaisiin päivittämisiin verrattuna, jolloin niiden laadinta käy asiantuntijalta paljon nopeammin. Haastatteluissa todettiin rakennustyömailla olevan tällä hetkellä liian vähän 3D-mallinnusosaamista, mutta koulutuksien ja kattavien ohjeiden avulla uskottiin voitavan saavuttaa taso, jolla kolmiulotteisien aluesuunnitelmin päivittäminen työmaahenkilöstöltä on mahdollista. [13; 14; 15; 16.]

Haastatteluissa tulikin esille, että kohdeyrityksessä on jo laadittuna muutamia pikaohjeita SketchUp:lla tehtävään 3D-aluesuunnitteluun. Yksi käsittelee ohjelman perusominaisuuksia ja toinen varsinaista aluesuunnitelman laadintaa. Lisäksi tarjolla oli muuta ohjeistusta esimerkiksi 3D-rakennusten tuomisesta Helsingin karttapalvelusta. Näissä ohjeissa todettiin kuitenkin olevan selviä puutteita eikä niiden sisältö ollut tarpeeksi kattava työmaahenkilöstön nykyiseen osaamistasoon nähden. Koulutuksien sekä kattavien ja johdonmukaisien ohjeiden todettiin olevan ensisijaisen tärkeitä prosessin tehokkuuden ja vaaditun mallinnusosaamistason saavuttamiseksi. [13; 14; 15; 16.]

Haastatteluissa painottui myös vahvasti kolmiulotteisen aluesuunnitelman tärkeys olla saavutettavissa koko hankeorganisaation kesken muiden suunnitelmien rinnalla. SketchUp:ssa 3D-aluesuunnitelman tarkastelu ja käyttö hankkeen tarpeisiin ei todettu olevan järkevin ratkaisu ohjelman toimintavarmuuden sekä

lisenssien vähäisyyden johdosta. Lisäksi sen jakaminen esimerkiksi aliurakoitsijoiden käyttöön koettiin olevan kokonaisuutena hankalaa. Tietokonepainotteisena ohjelmana 3D-aluesuunnitelman hyödyntäminen myös esimerkiksi fyysisesti työmaalla koettiin olevan ongelma. [13; 14; 15; 16.]

Dalux-projektinhallintaohjelman todettiin olevan tässä erittäin hyvä työkalu, jolloin projektin linkin jakamalla esimerkiksi sähköpostitse saataisiin erilaiset suunnitelmat kaikkien hankeosapuolien käyttöön. Suunnitelmien päivittyessä niiden uusimmat versiot ladataan Daluxiin, jolloin kaikilla osapuolilla on aina käytössään tuoreimmat versiot. Isoksi eduksi koettiin myös se, että tällöin lisenssejä erilaisiin ohjelmiin niiden tarkasteluun ei tarvittaisi. Saavutettavuutta todettiin myös lisäävän selainpohjaisuus, jolloin Dalux-ohjelmaa pystyy käyttämään sujuvasti esimerkiksi puhelimella työmaaympäristössä. [13; 14; 15; 16.]

Haastatteluiden yhteenvetona voitiin todeta, että 3D-aluesuunnittelu ei ole yrityksessä vielä valmiilla tasolla sen laajempaan jalkautukseen henkilöstön sekä projektien käyttöön. Tällä hetkellä 3D-aluesuunnitelmien laadinta ja päivittäminen koetaan prosessina työlääksi ja raskaaksi sekä työnjako niiden osalta on epäselvä. Kaksiulotteiset aluesuunnitelmat laatii ja päivittää perinteisesti hankkeen työmaainsinööri. Työmaahenkilöstöllä kuitenkaan harvoin löytyy 3D-mallinnusosaamista, jolloin homma pitäisi ulkoistaa tietomalliosaajille. Tällä hetkellä IT-tuella ja tietomalliosaajilla ei ole kuitenkaan resursseja tähän toimintaan. Lisäksi todettiin avun saamisessa mahdollisiin 3D-aluesuunnitelma-mallin käyttöön liittyviin ongelmiin olevan vaikeasti saatavilla. [13; 14; 15; 16.]

Kolmiulotteisien aluesuunnitelmien käyttäminen haastavilla hankkeilla koettiin olevan hyödyllistä, mutta laadintaprosessin kehittäminen selkeämmäksi, johdonmukaisemmaksi ja sujuvammaksi todettiin olevan lähtökohtana niiden laajemmassa käyttöönotossa. Lisäksi niiden tarkastelu, hyödyntäminen ja jakaminen pitää saada työmaaorganisaatiolle mahdollisimman helpoksi. Tulevaisuudessa tulisi pyrkiä kokonaisuutena saavuttamaan 3D-aluesuunnitelmien laadinnassa ja käytössä samanlainen johdonmukainen prosessi kuin perinteisen 2D-aluesuunnitelman kanssa on saavutettu. [13; 14; 15; 16.]

9 Johtopäätökset ja kehitysehdotukset

Insinöörityön toteutuksen myötä vahvistui käsitys, kuinka merkityksekäs vaihe aluesuunnittelu on koko rakennustyömaan kokonaistoiminnan kannalta. Hankkeen alkuvaiheessa se on tehtävä erityisen huolellisesti sekä tulevaisuutta silmällä pitäen, sillä tällöin tehdyt valinnat tulevat suurilta osin vaikuttamaan hankkeeseen koko sen toteutuksen ajan. Huolellisella työmaan aluesuunnittelulla pystytäänkin mahdollistamaan hankkeen läpimeno mahdollisimman sujuvasti, kustannustehokkaasti sekä turvallisesti. Lisäksi sillä on vaikutuksia niin rakentamisen laatuun kuin aikatauluunkin, kun eri työvaiheet pääsevät etenemään jouhevasti ja keskeytyksettä.

Aluesuunnittelun myötä syntynyt työmaan aluesuunnitelma on tärkeä osa koko rakennustyömaan toimintaa. Se toimii lähtötietona monelle muulle hankkeen aikana laaditulle suunnitelmalle ja siksi sitä on pidettävä aina ajan tasalla. Aluesuunnittelua tapahtuu myös koko hankkeen toteutuksen ajan, jolloin rakennusvaiheesta toiseen siirryttäessä tai olosuhteiden muuttuessa aluesuunnitelmaa päivitetään työmaatilannetta vastaavaksi. Aluesuunnitelma itsessään laaditaan aina kohdekohtaisesti työmaan sekä ympäristön erityispiirteet huomioiden.

Perinteisesti työmaan aluesuunnitelmat on laadittu Autocad tai vastaavalla piirto-ohjelmalla kaksiulotteiseen muotoon. Tällöin monentyyppiset erityisesti työmaan ympäristöön ja muotoon liittyvät asiat ovat saattaneet jäädä huomioimatta. Tämä on näkynyt myöhemmin esimerkiksi erilaisina logistisina- ja tuotannollisina ongelmina. Kolmiulotteisessa aluesuunnittelussa joudutaan taas miettimään muun muassa tila- ja aluevarauksia sekä työmaan vaikutuksia ympäristöön paljon tarkemmin. Haastattelututkimuksen ja kirjallisuuslähteiden perusteella työmaan aluesuunnittelua voidaankin tehostaa laatimalla työmaan aluesuunnitelmia kolmiulotteiseen muotoon.

Kolmiulotteisuus itsessään on monelle helposti lähestyttävä esitystapa. Se tarjoaa samalla myös monipuolisempia sovelluksia kuin perinteinen 2D-suunnittelu. Aluesuunnittelun näkökulmasta tämä tarkoittaa, että erilaisia suunnitelmia

voidaan esimerkiksi yhteensovittaa paremmin toisiinsa nähden. Haastattelututkimuksen perusteella työmaalla pitäisikin olla käytössä vain yksi dynaaminen tuotantomalli, jossa kaikki tuotantoon liittyvät suunnitelmat olisivat vietynä samaan malliin. Näitä olisivat esimerkiksi putoamissuojaus-, nosto- ja aluesuunnitelmat. Lisäksi kolmiulotteisuudesta on myös hyötyä esimerkiksi työmaaperehdytyksissä, jonka avulla pystytään visuaalisemmin havainnollistamaan kulkureittejä sekä erilaisia vaara-alueita.

Insinöörityön myötä havaittiin, että kohdeyrityksessä ei ole kolmiulotteiseen aluesuunnitteluun tai sen hyödyntämiseen selkeää toimintamallia. Ohjeita SketchUp-ohjelmalla tehtävään 3D-aluesuunnitelmien laadintaan on joitakin tehtynä, mutta itse suunnitelmien käyttöön hankkeilla ei juurikaan kannusteta tai panosteta resursseja. Ongelmana tällöin on, että 3D-aluesuunnitelmien käyttämisestä hankkeiden suunnittelun ja toteutuksen tukena ei saada kokemuksia. Asiantuntijahaastatteluiden mukaan juuri nämä kokemukset olisivat erittäin tärkeässä roolissa prosessin kehityksen kannalta, jolloin positiivisista kokemuksista syntyisi tietynlainen heräämäminen niiden hyödyllisyydestä ja kehityshalusta. Vain tällöin 3D-aluesuunnitelmien käytöstä voisi tulla yleinen toimintamalli kaikille projekteille.

Tällä hetkellä kukaan ei erityisesti edistä kohdeyrityksessä 3D-aluesuunnittelun kehitystä. Asiantuntijoiden mukaan sen kehitysprosessi pitäisi kuitenkin lähteä tuotanto-organisaation yhteispäätöksestä. Tällöin esimerkiksi BIM-ryhmä, työpäällikkötaso sekä johdon ydinryhmä päättäisivät, että 3D-aluesuunnittelua halutaan alkaa kehittää yrityksessä. Tämän jälkeen olisi oleellista tehdä linjauksia, mitkä tahot alkaisivat kehitysprosessia viemään eteenpäin sekä kohdistettaisiin näille resursseja mahdollistamaan toimintaa. Toiminta olisi hyvä olla laajempaa yksiköiden välistä kehitystyötä, jolloin mahdollistetaan eri ryhmien tarpeiden huomiointi.

Kehitysprosessin vastuuttamisen jälkeen pitäisi asiantuntijoiden mukaan alkaa laajasti tutkimaan ja kokoamaan konkreettisesti kehitettäviä asioita. Tärkeim-

pänä haastatteluissa nousi esille selvittää parasta ohjelmaa 3D-aluesuunnitelmien laadintaan. Yrityksessä tällä hetkellä pääosin käytössä oleva SketchUp on asiantuntijoiden mukaan kokonaisuutena hyvä vaihtoehto, mutta järkevää on kehitysvaiheessa tutkia myös muitakin mahdollisuuksia. Rakennusalalla on käytössä kohtuu laajasti erilaisia ohjelmia 3D-aluesuunnitelmien tekoon niin kotimaassa kuin ulkomaillakin. Tärkeää olisi siis tutkia, mikä tarjolla olevista ohjelmista vastaa parhaiten YIT:n tarpeisiin. Näitä tarpeita ovat esimerkiksi aikariippuvuuden mahdollistaminen, mallista saatava määrätieto sekä topografian eli pinnanmuotojen huomiointi.

Tärkeäksi asiaksi haastatteluissa koettiin myös 3D-aluesuunnitelman saavutettavuus. Ohjelman valinnassa asia pitäisi huomioida siten, että selvitettäisiin parasta tapaa, miten koko hankeorganisaatio pääsee sillä luotuun 3D-aluesuunnitelmaan käsiksi. Paras ohjelma sen tarkasteluun ja käyttöön ei välttämättä ole ohjelma missä se on laadittu. Dalux-projektinhallintaohjelman todettiin olevan tässä erittäin hyvä työkalu sen toimivuuden ja monikäyttöisyyden takia. Sen avulla voidaan esimerkiksi sujuvasti tarkastella monia erilaisia malleja sekä suunnitelmia yhdessä. Tällöin pistepilven tarjoamat edut on myöskin mahdollista saada kokonaisuuden tueksi.

Haastatteluiden perusteella muita tärkeitä kehitettäviä asioita kolmiulotteisen aluesuunnittelun kannalta olisivat myös YIT:lle laadittu 3D-objektikirjasto. Huolimatta aluesuunnitelmien tekoon käytettävästä ohjelmasta, pitää kolmiulotteisen aluesuunnitelman luonti olla mahdollisimman helppoa ja nopeaa. Asiantuntijoiden mukaan objektikirjaston sisältö pitäisi määrältään saada vastaamaan tällä hetkellä käytössä olevaa Autocad-piirrosmerkkisarjaa. Tällöin objektikirjasto sisältäisi kaiken YIT:n työmailla käytettävän peruskaluston. Useimmat 3D-aluesuunnittelun mahdollistavat ohjelmat tukevat IFC-tiedostomuotoa, jolloin objektikirjaston laajennukseen käytetty työ ei menisi hukkaan valittavasta ohjelmasta huolimatta. Objektikirjastoa voisi tällöin jo 3D-aluesuunnittelun kehityksen alkuvaiheessa laajentaa esimerkiksi SketchUp-ohjelmaa hyödyntäen.

Toinen kehitettävä asia objektikirjaston suhteen olisi niiden tarkkuus ja älykkyys. Lähtökohtana olisi laatia 3D-aluesuunnitelmat vain sillä tarkkuudella kuin on tarpeen, jolloin objekteissa olisi riittävää huomioida vain niiden sisältämä perusgeometria. Tärkeää on kuitenkin silti pitää objektit hyvin tunnistettavina. Tällöin rakentuvan mallin tiedostokokoa voitaisiin pienentää huomattavasti. Objektien älykkyydellä taas tarkoitetaan niihin koodattua tietoa, jolloin esimerkiksi mallissa työmaa-aitaa raahaamalla saataisiin niitä jatkettua automaattisesti halutun mitan verran. Torninosturien osalta voisi taas avautua vaikkapa valikko, josta saa valittua helposti halutun nosturityypin oikeilla mitoillaan. Tämä poistaisi nykyisen kopioi ja liitä toimintatavan sekä nopeuttaisi ylipäänsä koko 3D-aluesuunitelman luontiprosessia.

Kolmiulotteisen aluesuunnitelman laadinnan ja päivittämisen osalta toimintaa itsessään pitäisi pystyä myös kehittämään selkeämpään ja suoraviivaisempaan suuntaan. Tällä hetkellä työmaan 2D-aluesuunnitelmat laatii ja päivittää hankkeella toimiva työmaainsinööri, mutta asiantuntijoiden mukaan 3D-aluesuunnitelmien osalta työnjakoa pitäisi kehitysprosessin myötä pohtia uudestaan. Tämä johtuen muun muassa työmaahenkilöstön keskimäärin heikosta mallinnusosaamisesta, jolloin pitäisi pyrkiä luomaan prosessille uusi toimivampi toimintatapa.

Haastatteluissa uudeksi toimintatavaksi ehdotettiin mahdollisuutta, jossa hankkeen ensimmäisen 3D-aluesuunnitelma-mallin laatisi niihin perehtynyt asiantuntija. Tämän jälkeen päivittämisen vastuu siirtyisi projektin työmaainsinöörille. Asiantuntijaa käyttämällä mahdollistettaisiin muun muassa luotavan mallin rakentuminen oikeita toimintatapoja noudattaen toimivaksi, tiedosto-kooltaan oikeaksi sekä helposti päivitettäväksi. Samalla olisi hyvä tutkia mahdollisuutta sijoittaa projektille 3D-aluesuunnitelman tukihenkilö auttamaan siihen liittyvissä ongelmissa ja kysymyksissä. Työnjako pitää kuitenkin kaikissa tapauksissa olla eri osapuolille selkeä ja suoraviivainen. Tämä onnistuu muun muassa erilaisten koulutuksien ja ohjeistuksien avulla, joiden järjestäminen ja päivittäminen koettiinkin haastatteluissa yhdeksi pääkehityskohdiksi koko 3D-aluesuunnitteluprosessin kannalta.

Kokonaisuutena työmaan 3D-aluesuunnittelun ja aluesuunnitelman laadinnan kehitysprosessin pitäisi lopulta kulminoitua tietynlaisen konseptin tai toimintamallin luomiseen yrityksessä. Tällöin olisi suoritettuna laaja selvitysprosessi yrityksen tarpeista 3D-aluesuunnittelun mahdollistavien ohjelmien välillä sekä tehty linjaus tietyn ohjelman käyttöön. Tämän jälkeen objektikirjastoa olisi laajennettu ja kehitetty halutunlaiseksi. Lisäksi olisi tehtynä selkeä työnjako/vastuutus aluesuunnitelmien laadinnan, päivittämisen sekä teknisen tuen suhteen. Näiden pohjalta olisi laadittuna koulutuksia sekä kattavia ohjeistuksia 3D-aluesuunnitteluprosessista ja aluesuunnitelman laadinnasta valitulla ohjelmalla. Kokonaisuutena koko 3D-aluesuunnitteluprosessi pitäisi saada yrityksessä kehitettyä yhtä helpoksi ja selkeäksi kuin 2D-aluesuunnittelun osalta on päästy. Vasta tällöin 3D-aluesuunnittelu on yrityksessä valmiina sen laajempaan jalkautukseen henkilöstön sekä projektien käyttöön.

10 Yhteenveto

Tässä insinöörityössä tutkittiin kirjallisuus- ja haastattelututkimuksen avulla rakennustyömaan aluesuunnittelua. Niiden avulla saatiin kerättyä laajasti ajantasaista tietoa aiheesta yleisesti sekä siihen liittyvistä määräyksistä, ohjeistuksista ja lainsäädännöstä. Samalla saatiin tutkittua eri aluesuunnitelmatyyppejä, niiden laadintaa, käyttöä sekä sisältöä rakentamisen eri vaiheissa. Työ painottui käsittelemään erityisesti työmaan kolmiulotteista aluesuunnittelua- ja aluesuunnitelmaa. Lähtökohtana oli kasata laaja tietopaketti aiheesta sellaisellekin lukijalle, jolle se ei ollut ennestään tuttu.

Insinöörityön myötä toteutettiin haastattelututkimus, jonka tavoitteena oli erityisesti selvittää kolmiulotteisen aluesuunnittelun nykytilaa kohdeyrityksessä ja sen myötä kartoittaa lähtökohtia 3D-aluesuunnitelman laatimiselle. Haastatteluissa keskityttiin erityisesti sen laatimiseen prosessina sekä siinä esiintyviin tämänhetkisiin haasteisiin ja kehityskohtiin. Samalla selvitettiin parhaita tapoja sen sujuvaan hyödyntämiseen haastavien hankkeiden suunnittelun- ja toteutuksen tukena.

Asiantuntijahaastatteluiden tuloksena saatiin selvitettyä, että kohdeyrityksessä ei tällä hetkellä ole kolmiulotteiseen aluesuunnitteluun tai sen hyödyntämiseen selkeää toimintamallia. Keskeisimpänä syynä tähän havaittiin olevan yrityksen yleisen linjan puuttuminen niiden laajemmasta käytöstä, joka vaikuttaa suoraan koko prosessin ja samalla toimintamallin kehitykseen. Lisäksi haastatteluissa nousi esille 3D-aluesuunnitelmien laadinnan ja päivittämisen vaikeus sekä yleisesti niihin liittyvä epäselvä työnjako.

Insinöörityön myötä saatiin koottua prosessin kehittämiseen selkeitä suuntaviivoja. Keskeisimpiä olivat johdon ydinryhmässä yrityksen linjan päättäminen 3D-aluesuunnittelun kehittämisestä sekä sen myötä tapahtuva vastuutus sen edistämisestä. Muita olivat muun muassa 3D-aluesuunnitteluun valittavan ohjelman selvitys yrityksen tarpeiden mukaisesti sekä valmisobjektikirjaston laajennus. Li-

säksi näiden pohjalta koulutuksien sekä kattavien ohjeistuksien laatiminen henkilöstölle. Kokonaisuudesta luotaisiin lopuksi selkeä konsepti tai toimintamalli yrityksen henkilöstölle.

Tämän insinöörityön tekemisen aikana huomattiin, että huolellinen rakennustyömaan aluesuunnittelu on erittäin tärkeässä roolissa hankkeen kokonaisonnistumisen kannalta. Sillä havaittiin olevan suora yhteys niin tehokkaaseen rakennustuotantoon, kustannuksiin, laatuun kuin työturvallisuuteenkin. Kolmiulotteisen aluesuunnittelun myötä näihin todettiin pystyvän panostamaan vielä entistä tarkemmin. Se tulee kuitenkin vaatimaan kohdeyrityksessä kehitystä jatkossakin monella sektorilla. Aiheen havaittiinkin olevan tärkeä, ajankohtainen sekä henkilöstöä kiinnostava.

Rakennusala itsessään on kohtuu nopeasti muuttuva ala, jossa toimintaa pyritään jatkuvasti tehostamaan ja kehittämään. Digitalisaation myötä työmaille tulee koko ajan uusia tekniikkaa laajemmin hyödyntäviä menetelmiä, joilla haetaan ratkaisuja rakennustuotannon tehokkuuden lisäämiseen, hukan poistamiseen ja samalla kustannussäästöihin. Samalla se avaa mahdollisuuksia kehittää vanhoja toimintatapoja uudelleen. Kolmiulotteinen aluesuunnittelu on verrattain uusi menetelmä ja sen takia sen käyttöön ei ole muodostunut vielä yhtä oikeaa ja parasta toimintatapaa. Insinöörityön myötä saatiin kuitenkin luotua sen kehitykseen kohdeyrityksessä sysäys eteenpäin. Tältä osin insinöörityön voidaan todeta onnistuneen kokonaisuutena hyvin aiheen laajuuteen nähden.

Lähteet

1 Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. 26.3.2009.

2 Aluesuunnitelma ohje. Tammikuu 2019. YIT sisäinen ohjeistus.

3 Kankkunen, Tuukka. Kangasmäki, Teemu. Aluesuunnitelman teoria ja toteutus SketchUp:lla. 25.2.2022. YIT henkilöstön Teams-koulutus.

4 Ratu C2-0454. Syyskuu 2017. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Rakennustieto Oy.

5 Elbeltagi, Emad. Hegazy, Tarek. Hosny, Abdel Hady. Eldosouky, Adel. 2001. Schedule dependent evolution of site layout planning. Construction Management & Economics.

6 Deshpande, Abhijeet. Whitman, Jarrel Blake. 2014. Evaluation of the Use of BIM Tools for Construction Site Utilization Planning.

7 Leino, Antti. Pinomäki, Timo. 2019. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Työturvallisuuskeskus.

8 Ratu TT 5.23. Lokakuu 2007. Rakennustyömaan aluesuunnittelun työturvallisuuden muistilista rakennusvaiheittain. Rakennustieto Oy.

9 Eramo, Olavi. 1978. Rakennustyön valmistelu, suunnittelu, ohjaus, hallinto. Helsinki. Rakentajain kustannus Oy.

10 Satko, Joel. Aluesuunnitelman laatiminen Autocadilla ohje. Helmikuu 2019. YIT sisäinen ohjeistus.

11 Luja. Tietomallipohjainen työmaan aluesuunnitelma. 2.10.2016. Verkkoaineisto. <https://www.luja.fi/2016/10/02/tietomallipohjainen-tyomaan-aluesuunnitelma/>. Luettu 20.8.2022.

12 Tekla, Mitä on BIM. Verkkoaineisto. <https://www.tekla.com/fi/ajankohtaista/artikkelit/mita-on-bim>. Luettu 14.12.2022.

13 Kangasmäki, Teemu. 2022. Tietomallivastaava, YIT Suomi Oy. Teams-haastattelu. 9.12.2022.

14 Joll, Lari. 2022. Tuotantoinsinööri, YIT Suomi Oy. Teams-haastattelu. 5.12.2022.

15 Almgren, Markus. 2022. Tietomallispesialisti, YIT Suomi Oy. Teams-haastattelu. 19.12.2022.

16 Salin, Janne. 2023. Palveluvastaava, YIT Suomi Oy. Teams-haastattelu. 25.1.2023.

17 Joll, Lari. Pikaohje työmaan 3D-aluesuunnitelman tekemiseen SketchUp Pro:lla. Elokuu 2020. YIT sisäinen ohje.

18 Dalux. Verkkodokumentti. <https://www.dalux.com/about-dalux>. Luettu 6.1.2023.

19 Puranen, Esa. Dalux käyttökoulutus. 25.11.2022. YIT henkilöstön Teams-koulutus.

20 RT 103132. Marraskuu 2019. Fotogrammetrian käyttö rakennushankkeessa. Rakennustieto Oy.

21 YIT kotisivut. Triplan rakentuminen. <https://tripla.yit.fi/nain-tripla-rakentuu>. Luettu 20.1.2023.

22 Ramirent kotisivut. Laadukkaat suunnittelupalvelut Triplassa. <https://www.ramirent.fi/blogi/laadukkaat-suunnittelupalvelut-triplassa>. Luettu 20.1.2023.

23 YIT Suomi Oy. Strategia, missio ja arvot. <https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta/strategia>. Luettu 10.10.2022.