



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Joni Kumpumäki

# Tietomallin hyödyntäminen maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskennassa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari, infra (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

Mestarityö

14.4.2020

## Alkulause

Olen kiitollinen Bonava Suomi Oy:lle ja etenkin Janne Kiiskilälle siitä, että sain tehdä tämän opinnäytetyön. Opinnäytetyöstä on varmasti hyötyä yritykselle tietomallin hyödyntämisessä maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskennassa. Tämä työ avaa lukijalle käsityksen siitä, kuinka hyödyllistä tietomallintaminen on nykypäivän rakennustyömailla, ja miten se tukee maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskentaa. Lisäksi haluan kiittää vaimoani suuresta tuesta opinnäytetyön aikana.

Vantaalla 14.4.2020

Joni Kumpumäki

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Joni Kumpumäki Tietomallin hyödyntäminen maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskennassa 40 sivua + 4 liitettä 14.4.2020
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	rakennusmestari, infra
Ohjaajat	tutkintovastaava Jouni Ruotsalainen teknisen toimiston päällikkö Janne Kiiskilä
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, soveltuvatko Bonava Suomi Oy:n jo käytössä olevat ohjelmat maanrakennuksen tietomallin laatimiseen ja sen jatkokäsittelyyn, laatia ohjeet maanrakennuksen tietomallintamiseen ja suunnitteluun sekä pohjatutkimuksiin. Tavoitteena on myös laatia toimintatapa tietomallin hyödyntämiseen maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskennassa. Tähän sisältyy myös kustannuslaskentaohjelmistossa oleva panoshinnasto, jonka rakennetta ja käytettäviä panoshintoja tullaan päivittämään. Laaditut toimintatavat, ohjeet ja panoshinnasto tulee olla monistettavissa muille kohteille, vaikka ne esitellään case -kohdetta hyödyntäen.</p> <p>Tarve tietomallin käytön toimintatavoille on prosessien kehittämisessä, nopeuttamisessa ja tarkentamisessa. Paperiset suunnitelmat ovat vähentyneet huomattavasti rakennusosalalla, joten tiedonkulku tapahtuu entistä enemmän sähköisessä muodossa. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa kaikki tieto, uusi ja vanha, on kaikkien osapuolten käytettävissä koko ajan. Tämä selkeyttää ja parantaa tiedonkulkua hankkeen aikana ja nopeuttaa muutoksiin reagoimista. Bonava Suomi Oy:n tahtotilana on käyttää tietomallia kaikissa kohteissa sen tuomien etujen takia.</p> <p>Opinnäytetyö aloitettiin selvittämällä Bonava Suomi Oy:n nykytilanne tietomallintamisen ja käytössä olevien ohjelmistojen osalta. Työn aikana haastateltiin Bonava Suomi Oy:n eri toimialojen asiantuntijoita sekä pidettiin työpajoja, joissa tutustuttiin tarkemmin ohjelmistojen toimintaan ja kykyihin.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena valittiin soveltuva ohjelmisto maanrakennuksen tietomallin laatimiseen sekä laadittiin maanrakennuksen tietomallin käytön toimintatavat määrä- ja kustannuslaskennassa. Työn aikana laadittiin ohjeet ja vaatimukset pohjatutkimuksille sekä maanrakennuksen tietomallille. Maanrakennuksen hinnoittelu ja panossuoritteet päivitettiin vastaamaan nykytilaa.</p>	
Avainsanat	Tietomalli, maanrakentaminen, BIM, VDC, määrälaskenta

Author Title Number of Pages Date	Joni Kumpumäki Implementation of Building Information Model in Terms of Quantity Surveying and Cost Estimation in Earthworks 40 pages + 4 appendices 14 April 2020
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Infrastructure Site Management
Professional Major	Infrastructure
Instructors	Jouni Ruotsalainen, Degree Equivalent Janne Kiiskilä, Production Process Manager
<p>The purpose and the aim of this Bachelor`s thesis was to find, if the programs at Bonava Suomi Oy are appropriate for creating and processing a building information model for earthworks, and to create guides and requirements for building information modelling and designing and for ground survey. Another aim was to create an operation mode for using the building information model in calculating amounts and costs for earthwork. This also includes unit prices in the software that calculates earthwork costs, which will be updated. The operation mode, instructions and the unit prices are supposed to be used also in other cases than the one presented in this thesis.</p> <p>The operation mode of building information modelling is needed in developing, accelerating and focusing the processes. The use of drawings printed on paper has decreased at the construction sites, thus the information is more and more data based. Using building information modelling, the information, whether it is new or old, can be used by all the parties at the same time. This will clarify and improve information flow and help parties to take action more quickly if needed. Bonava Suomi Oy`s goal is to use building information modelling in every project because of the information it contains.</p> <p>This thesis was started by collecting data about Bonava Suomi Oy`s current situation of building information modelling and of used software. During the thesis, several professionals at Bonava Suomi Oy were interviewed about their expertise, and work shops were held about the used software.</p> <p>The results of the thesis were that the software for the earthworks building information modelling was selected, and an operation mode for using building information modelling in calculating amounts and costs of earthwork was created. Instructions and requirements for ground survey and for earthworks building information modelling were also produced, and unit prices were updated.</p>	
Keywords	BIM, earthworks, VDC, amounts calculation

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Määrä- ja kustannuslaskennan perusteet	3
2.1	Määrälaskenta	3
2.2	Kustannuslaskenta	6
2.3	Riskivaraus	12
2.4	Maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskenta	14
3	Tietomallin hyödyntäminen	17
3.1	Tietomallista saatavat hyödyt ja potentiaali projektin eri vaiheissa	17
3.2	Tietomallipohjainen kustannuslaskentaohjelma ja toimintatavat	19
3.3	Määrä- ja kustannuslaskennan paikkansapitävyys	22
4	Nykytilan selvittäminen	23
4.1	Asiantuntijoiden haastattelut	23
4.2	Haastattelujen johtopäätös	25
4.3	AutoCAD- työpaja	26
4.3.1	Maaperän tietomallintaminen	26
4.3.2	Kaivualue	26
4.3.3	Kaivutilavuuden leikkaaminen	28
5	Laaditut ohjeistukset	30
5.1	Pohjatutkimukset	30
5.1.1	Maanpinnan vaaitus ja kairauspisteet	30
5.1.2	Kalliopinnan vaaitus	32
5.2	Lähtötiedot ja vaatimukset GEO-tietomallille	33
5.3	Maanrakennuksen panoshinnat ja riskivaraukset	33
5.4	Tietomallipohjaisen ja perinteisen toimintatavan vertailu	35
5.4.1	Ongelmat ja hyödyt	35
5.5	Case-kohde	37

6	Tulokset	38
7	Yhteenveto	39
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1. Massakertoimet	
	Liite 2. Pohjatutkimusohjeistus	
	Liite 3. GEO-mallinnusohjeet	
	Liite 4. Panoshinnaston määräluettelo	

## Lyhenteet ja määritelmät

Bonava	Bonava Suomi Oy
VDC	Virtual Design and Construction (virtuaalinen suunnittelu ja rakentaminen).
Talo 80	Nimikkeistöjärjestelmä, joka sisältää jäsentelyn periaatteet, nimikkeiden sisällön ja käytettävät koodit. Nimikkeistöjä käyttäen hankkeen eri osapuolet voivat käsitellä tietoja yhteisillä periaatteilla
YSE98	Rakennusalan yleiset sopimusehdot
BIM	Building Information Model, tai Building Information Modeling. ks. tietomalli
Tietomalli	Rakennuksen ja rakennusprosessin tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomallissa esitetään ja määritetään koko rakennuksen geometria kolmiulotteisesti tuotetietoineen
Revit	Autodesk Revit -ohjelmisto, joka on erityisesti laadittu tietomallinnusta (BIM) varten.
3D-Win	Suomalainen maastomittaustiedon tuottamiseen ja käsittelyyn tarkoitettu Windows -ohjelmisto
AutoCAD	Yleiskäyttöinen tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmisto, jota kehittää ja julkaisee yhdysvaltalainen Autodesk Inc.
Sigma	Kustannuslaskennan ja -seurannan työkalu kohdeyrityksessä
Skripti	Komentosarja Sigmassa
Bonapart ID	Jokaiselle rakennetyypille laadittu yksilöllinen koodi, jolla on suorite- ja panosrakenne valmiina Sigmassa
Suorite	Bonapart (yhtä kuin tuoterakenne tai rakennetyyppi), jakautuu kustannuslaskennassa suoritteisiin

Panos	Kuluerillä eli panoksilla viitataan suoritteiden sisältöön
Tth	Työntekijätunti, eli työntekijäkohtainen työtunti
Brm <sup>2</sup>	Brutto rakennusneliö



## 1 Johdanto

Rakennusalalla tietomallin käyttäminen ja hyödyntäminen on jo nykypäivää. Tietomallia käyttämällä saadaan selkeämpi kuva suunnitteilla olevasta kohteesta. Samasta tietomallista näkee kaikki suunnittelualat, jolloin kaikki tieto päivittyy kaikkien suunnittelualojen malleihin samanaikaisesti. Vaikka tietomallinnusta ei olisi vaadittu, useimmat suunnittelijat kuitenkin käyttävät mallinnusta siitä saatavan tiedon takia.

Bonava on Pohjois-Euroopan johtava asuntorakennuttaja, joka ei vain rakennuta uusia taloja, vaan myös koteja ja naapurustoja, joihin ihmiset tuntevat kuuluvansa. Bonava on rakentanut koteja ja naapurustoja jo 1930-luvulta lähtien. Bonava Suomi Oy, jäljempänä kohdeyritys, on pääkaupunkiseudulla, Tampereella ja Turussa toimiva asuntorakennuttaja. Kohdeyritys toimii itse hankkeiden rakennuttajana, urakoitsijana ja myyjänä. Vuosittain kohdeyrityksessä on käynnissä noin 20 hanketta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, soveltuvatko kohdeyrityksen jo käytössä olevat ohjelmat maanrakennuksen tietomallin laatimiseen ja sen jatkokäsittelyyn, laatia ohjeet maanrakennuksen tietomallintamiseen ja suunnitteluun sekä pohjatutkimuksiin. Tavoitteena on myös laatia toimintatapa tietomallin hyödyntämiseen maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskennassa. Tähän sisältyy myös kustannuslaskentaohjelmistossa oleva panoshinnasto, jonka rakennetta ja käytettäviä panoshintoja tullaan päivittämään. Laaditut toimintatavat, ohjeet ja panoshinnasto tulee olla monistettavissa muille kohteille, vaikka ne esitellään case -kohdetta hyödyntäen.

Maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskennan toteutustapaa tarkastellaan testamalla jo käytössä olevia ohjelmia kohdeyrityksessä työskentelevien asiantuntijoiden kanssa. Opinnäytetyön aikana hyödynnetään myös samojen asiantuntijoiden haastattelussa ilmi tulleita ajatuksia, kuten mahdollisuuksia, ongelmia ja jatkokehitysideoita. Opinnäytetyön aikana laadittuja ohjeita ja toimintatapoja testataan valmisteilla olevassa case -kohteessa. Case -kohteen aikana tehdään myös vertailua tietomallipohjaisen sekä perinteisen määrä- ja kustannuslaskennan välillä.

Kohdeyrityksen VDC- strategiana on saada tietomallipohjaiseksi koko rakentamisen ketju. Tähän sisältyy suunnittelu, kustannuslaskenta ja -seuranta, aikataulutus, sekä

määrä- kustannuslaskenta. Tämä opinnäytetyö liittyy oleellisesti VDC- strategiaan, sillä kohdeyritys toimii omien hankkeidensa rakennuttajana, rakentajana, sekä myyjänä kantaa hankkeen kaikki riskit. Tästä syystä määrä- ja kustannuslaskenta sekä niiden riittävä tarkkuus on ensiarvoisen tärkeää. Etenkin maanrakennuksessa riskit on otettava tarkoin huomioon, sillä maanrakennustöissä tulee useinkin yllätyksiä maaperän takia ja näihin tulee varautua kaikin keinoin. Näitä keinoja ovat riittävän laaja ja kattava pohjatutkimus sekä tutkimustulosten asiantunteva tarkastelu.

Kohdeyrityksessä toimii omantuotannon maanrakennustiimi, jossa pääpainona on yrityksen oma työjohto ja työmaiden koordinointi. Omatuotannossa myös kaikki maanrakentamiseen liittyvät hankinnat tehdään suoraan toimittajilta. Aliurakoitsijoita käytetään näin ollen vain työnteossa lähtökohtaisesti yksikköhintaperusteisena.

Opinnäytetyö käsittää vain Talo 80 mukaisen 1.pääryhmän, pois lukien viher- ja pihatyöt (litterat 1700-1800). Tietomallinnusohjeet pätevät vain asuinkerrostalojen maanrakennukseen sekä opinnäytetyön aikana päivitetty panoshinnat vain pääkaupunkiseudun ja sen välittömässä läheisyydessä sijaitseviin maanrakennuksen omantuotannon kohteisiin.

## 2 Määrä- ja kustannuslaskennan perusteet

### 2.1 Määrälaskenta

Määrälaskennassa selvitetään rakennuksen valmistamiseen tarvittavien rakennusmateriaalien ja työpanosten määrät. Määrät sidotaan sovittuun nimikkeistöjärjestelmään yksiselitteisyyden ja yhteisten pelisääntöjen vuoksi (kuva 1.). Näin varmistetaan, että samoja asioita ei lasketa useaan kertaan. Hankkeen kustannuksia päästään arvioimaan määrälaskennasta saatujen tietojen perusteella. (Pitko. J. 2004: 11.)

2000		PERUSTUKSET JA ULKOPUOLISET RAKENTEET	0,00
2010	21	ANTURAT, 255 m3	0,00
2010	210001	INFO, maanvaraisten anturoiden pohjan ala, 585 m2	0,00
2010	2110	ANTUROIDEN MUOTTITYÖ	0,00
2010	211010	Anturan muottityö (sis. purku ja puhd.)	484,00 m2
2010	211015	-seinäanturan muottityö, 459 m2	0,00
2010	211017	-pilarianturan muottityö, 25 m2	0,00
2010	2121	ANTUROIDEN RAUDOITUS	0,00
2010	212101	Anturan raudoitus B500B	10752,00 kg
2010	212103	Anturan raudoitus B500B ARVIO 55 kg/m3	2545,00 kg
2010	212120	Raudoituksen työ- ja jatkosteräkset, ARVIO +20%	2150,00 kg
2010	2122	ANTUROIDEN BETONOINTI	0,00
2010	212210	Anturan betonointi C35/45 vesitiivis	255,00 m3
2080	2180	ANTUROIDEN VEDENERISTYS	0,00
2080	218020	Paisuva työsaumanauha + injektointiletku, RAK 0201B/305-305	83,00 jm
2080	218030	Injektointi, RAK 0201B/305-305	83,00 jm
	22	PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT, 148 m3	0,00
2010	2210	PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT, MUOTTITYÖ	0,00
2010	221001	Muottityö (sis. purku ja puhd.), 1498 m2	0,00
2010	221010	-perusmuurin muottityö	1474,00 m2
2010	221020	-peruspilarin muottityö, suorakaidepilari	24,00 m2
2010	2221	PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT, RAUDOITUS	0,00
2010	222110	Perusmuurin raudoitus B500B	11037,00 kg
2010	222130	Peruspilarin raudoitus B500B, ARVIO 180 kg/m3	454,00 kg
2010	222150	Raudoituksen työ- ja jatkosteräkset, ARVIO +20%	2207,00 kg
2010	222160	Perusmuurin verkkoraudoitus B500K (sis. limitys +15%)	152,00 kg
2010	2222	PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT, BETONOINTI	0,00
2010	222210	Perusmuurin betonointi C30/37 XC2	146,00 m3
2010	222230	Peruspilarin betonointi C30/37 XC2	3,00 m3
3051	222240	Sokkeliele. asennusraon juotosbetonointi umpeen, RAK 0100B -???	566,00 m2
2010	2237	PERUSMUURIT, PERUSPILARIT JA PERUSPALKIT, KIINNITYSOSAT	0,00
2010	223730	Peruspulttiryhmä, peruspilareita	10,00 kpl
	2250	PERUSMUURI-, PERUSPILARI- JA PERUSPALKKIELEMENTIT	0,00
	225011	INFO, sokkelielementit ovat litteralla 3550	0,00

Kuva 1. Perustustöiden määrälaskenta. Pääryhmälittera 2000 Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet, joka on jaettu suoritteiksi. Jokaisesta suoritteesta on laskettu määrät ja ilmoitettu määräyksikkö.

Määrälaskennan suorittaa useimmiten ulkopuolinen määrälaskentatoimisto sekä tilaajayrityksen oma laskentatoimi. Normaali käytäntö määrälaskennassa on, että jos tilaaja toimittaa määrät, niin urakkatarjousta ei sidota määriin, vaan ne ovat avustavaa tietoa

tarjouksen laadintaan. Määrälaskennan tietoja tarvitaan normaalisti suunnitelmamuutosten yhteydessä, kun kyseeseen tulee lisä- ja muutostöitä. Urakoitsijat voivat myös tarjota työtä yksikköhintoihin perustuen, jolloin määrälaskennan tulosten perusteella saadaan hyvä käsitys urakan loppusummasta. (Talo 80-ryhmä 1985: 15.)

Määrälaskennassa pääsääntöisesti puhutaan kiintoteoreettisista määristä. Jos määrälaskennassa käytetään jotain muuta tilavuus- tai määräkäsitetä, tulee se aina ilmoittaa. Määrälaskentaan tehtäessä syntyneet muistiinpanot ja materiaalit on pidettävä tallessa mahdollisten epäselvyyksien varalta. Määrälaskenta toteutetaan joko manuaalisesti mittaamalla piirustuksista, joka on se perinteisin menetelmä, tai hyödyntämällä tietomallia. (Pitko J. 2004: 11.)

Määrälaskenta on kustannuksien selvittämisessä eniten aikaa vievä vaihe. Tästä syystä määrälaskennan nykypäivänä useimmiten tekee ja toimittaa rakennuttaja. Näin säästetään aikaa kustannuslaskennassa, kun tarjoava urakoitsija voi keskittyä hinnoitteluun. Rakennuttaja toimittaa tarjouspyyntöasiakirjojen mukana määräluettelon, jonka pohjalta urakoitsija tekee urakkatarjouksen. Tämän lisäksi urakoitsija toimittaa yksikköhintaluettelon. Valituksi tullut urakoitsija on oikeutettu määrien tarkastukseen ennen urakkasopimuksen allekirjoittamista ja jos määrissä todetaan virheitä, niin urakkatarjous korjataan hyödyntäen urakoitsijan toimittamia yksikköhintoja. Kun määräluettelo on tarkistettu ja hyväksytty niin rakennuttajan, kuin urakoitsijan puolesta, ei määräluetteloon voida enää vedota. Määräluettelo ei liitetä urakkasopimukseen, toisin kuin yksikköhintaluettelo, joka antaa pohjan mahdollisille lisä- ja muutostöiden hinnoittelulle. (Talo 80-ryhmä 1985: 7.)

Rakennuttajan teettämän määrälaskennan etuja ovat:

- Kustannustietoisuus ja kustannussuunnittelun tehokkuus, virheellinen laatutaso karsiutuu
- Tarjousasiakirjojen taso paranee sekä hankkeen teknisen suunnittelun valvonta ja ohjaus tehostuu
- Hankkeen toteutuksen valvontaedellytykset paranevat
- Tarjousten vertailukelpoisuus paranee ja määrälaskentavirheistä aiheutuvat erot tarjoushinnoissa eliminoituvat
- Lisä- ja muutostöiden suunnittelun edellytykset paranevat (Talo 80-ryhmä 1985: 10.)

Näistä yllä kuvatuista eduista on hyötyä yritykselle, jonka harjoittamalla rakennuttamisella on jatkuvuutta. Kustannustietouden kertymisestä ei ole juurikaan hyötyä kertarakennuttajalle, eikä kertarakennuttajan myöskään kannata perustaa kovinkaan suurta rakennuttajaorganisaatiota. Kertarakennuttaja on usein myös taipuvaisempi valitsemaan suoraan halvimman urakkatarjouksen, kiinnittämättä sen suurempaa huomiota laskentaperusteisiin tai mahdollisiin laskentavirheisiin. Kertarakennuttaja voi kuitenkin kääntyä näissä asioissa rakennuttajakonsultin puoleen. (Talo 80- ryhmä 1985: 11.)

Rakennuttajan teettämässä määrälaskennassa haittoja ovat:

- Määrälaskennasta koitua välitön lisätyö ja -kustannus
- Oman määrälaskennan mahdollisesta virheellisyydestä aiheutuva riski (liian suuret ja puuttuvat määrät)
- Ajallinen viive, mikäli määräluettelo ei vastaa suunnitelmia tai reklamointi venyy

Nämä luetellut haitat kuitenkin kompensoituvat yleensä jo kustannusohjauksen edellytysten parantuessa. (Talo 80- ryhmä 1985: 11.)

Rakennuttajan teettämässä määrälaskennassa etuja urakoitsijan näkökulmasta ovat:

- Mahdollisuus keskittää enemmän laskentaresursseja tavoitteellisten töiden hinnoitteluun määrälaskentatyön vähetessä
- Laskentariskin pieneneminen, kun määrät tarkistetaan ja kun hankkeen suunnittelu on tarjousvaiheessa edennyt pidemmälle
- Työnsuunnittelun edellytyksien paraneminen, kun suunnitelmien valmiusaste työn alussa on suurempi
- Lisä- ja muutostöiden hinnoista sopimisen yksinkertaistuminen

Urakoitsijan kannalta menettelyyn ei liity mainittavia haittoja, mikäli rakennuttajan määrälaskenta on huolellisesti suoritettu. (Talo 80- ryhmä 1985: 11.)

## 2.2 Kustannuslaskenta

Rakennusalalla käytetään kustannuslaskentaan neljää pääasiallista menettelyä:

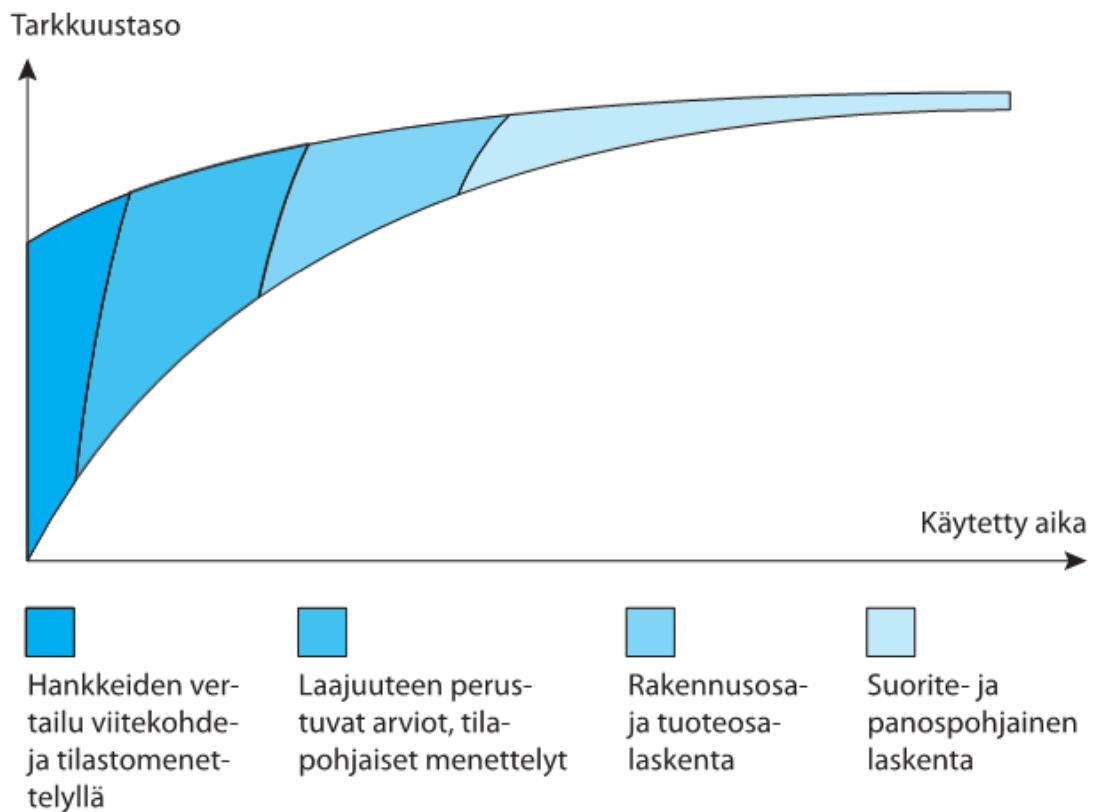
- Projektien vertaamiseen perustuvat viitekohde- ja tilastomenettelyt
- Laajuuteen perustuva arviointi esimerkiksi tilapohjaisiin menetelmiin
- Rakennus- ja tuoteosien määriin ja hintoihin perustuva laskenta
- Suorite- ja panostason laskenta (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 36.)

Kustannuslaskentaa tehdään eritasoisilla lähtöaineistoilla rakennushankkeen eri vaiheissa. Mitä aikaisemmin kustannuksia arvioidaan, sen karkeampia ovat laskennan lähtötiedot sekä menettelyt yleistasoisempia. Alla olevassa taulukossa (taulukko 1.) on esitetty laskentamenettelyjä ja niiden käyttäjiä karkeammasta yksityiskohtaisempaan edeten.

Menettely	Suorittajat
Viitekohde- ja tilastomenettelyt	rakennuttaja, suunnittelija
Laajuus- ja tilapohjaiset menettelyt	rakennuttaja, suunnittelija, päätoteuttaja
Rakennusosa- ja tuoteosalaskenta	päätoteuttaja, rakennuttaja, erikoisurakoitsijat
Suorite- ja panospohjainen laskenta	päätoteuttaja, erikoisurakoitsijat

Taulukko 1. Keskeisiä kustannuslaskentamenettelyjä ja niiden käyttäjiä. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 36.)

Jokaisella menettelytavalla on varmuustaso, joka on suoraan verrannollinen kustannusarvioinnin tuottamiseen vaadittuun aikaan (kuva 2.).



Kuva 2. Kustannusarviointimenttelyjen tarkkuustaso. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 36.)

Rakennusosalaskentaa voidaan käyttää kustannusarvioiden laadinnassa suunnitteluvaiheessa, tarjouslaskennassa sekä hankinnan vertailulaskelmissa. Rakennusosalaskentaa varten tarvittavat rakennusosien määrät kootaan piirustuksista tai tietomalleista. Rakennusosien määrälaskennan tuloksena syntyy rakennusosarakenteiden luettelo, eli rakenneluettelo. Rakennusosille lasketaan kustannukset kunkin rakennusosan yksikkökustannuksilla. Koko laskettavan kokonaisuuden kustannusten summa saadaan rakennusosakohtaisista kustannuksista. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 42.)

Rakennusosa voi olla esimerkiksi julkisivu, jossa rakennusosan yksikkökustannus lasketaan rakennusosan suoriterakenteen, suoritteen suhteellisen määrän ja yksikköhinnan perusteella. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 43)

Rakennusosarakenteet kuvaavat tarvittavat tarvikkeet ja niiden suhteelliset määrät rakennusosien tekemiseksi. Lisäksi tarvitaan myös muita panoksia, jotka määräytyvät yrityksen standardin mukaisten menetelmien ja työlajien sekä niiden taustalla olevien panosrakenteiden perusteella. (Lindholm, M. 2009: 24.)

Tarjousvaiheessa suunnitelmien puutteellisuuden ja suuren työmäärän vuoksi kaikkia rakennusosien rakenteita ei usein saada täydellisesti vastaamaan kohteen suunnitelmia. Tarjouslaskennassa onkin tyyppillistä käyttää yleisiä tai yrityksen omia, suunnitteluratkaisultaan lähinnä olevia, laskettavaa rakennetta vastaavia rakenteita. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 43.)

Rakennusosalaskennan etuja ovat:

- Työmäärä on kohtuullinen
- Tarkkuus riittää tarjouslaskennan perustaksi, jos rakennusosat eritellään huolella
- Kustannuksia voidaan verrata vastaavanlaisiin hankkeisiin suhteellisten määrien avulla
- Taso vastaa yrityksen mukaista hyvää suoritustasoa
- Rakennusosalaskelmaa ja rakennusosarakenteita voidaan käyttää tuotantolaskennan perustana, mikä vähentää laskentatyötä
- Rakennusosalaskelma voidaan tehdä yrityksen rakennusosarakennetiedoston avulla puutteellisistakin suunnitelmista
- Rakennusosalaskelma on erittelyiltään ja kuvauksiltaan yhtenäinen, selkeä ja lyhyt. (Lindholm, M. 2009: 23.)

Tuoteosalaskennassa määränimikkeet käsitellään tuoteosittain. Tuoteosa on kokonaisuus, jossa on useampi kuin yksi rakennusosa. Näitä tuoteosia käytetään määräluetteloidessa yhtenä jaotteluperusteena. Hinnoiteltaessa suurempia tuoteosakaupan mukaisia kokonaisuuksia, käytetään silloin tuoteosalaskentaa. Tällöin määräluettelo sisältää eri karkeustasoisia nimikkeitä (suorite, rakennusosa, tuoteosa). Tuoteosat muodostetaan suoritteista tai rakennusosista, joiden kustannukset lasketaan yksikkökustannusten ja menekkien perusteella. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 45.)

Tuoteosan sisältö voi olla esimerkiksi runkoelementit, joka koostuu runkoon käytetyistä elementtityypeistä, joiden yksikkökustannukset tunnetaan. Elementtityyppejä ovat esimerkiksi ontelolaatat, väliseinäelementit sekä ulkoseinäelementit. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 45.)



Suoritelaskenta on perinteinen tapa tehdä kohdekohtainen kustannuslaskenta ja panos-pohjainen kustannusarvio. Määräluettelo esitetään suoritelaskennassa rakennusosanimikkeiden lisäksi suorituksina, jotka hinnoitellaan panoksien hintatietoihin perustuen. Suoritelaskentakäsite tulee Talo 80 -nimikkeistöstä. Nimikkeistön pääryhminä ovat rakennusosat, suoritukset ja kustannuslajit. Talo 80 -nimikkeistö on edelleen yleisesti käytössä yritysten kustannuslaskennassa.

Talo 80 -nimikkeistön mukaisia rakennusosia ovat:

1. Maa- ja pohjarakennus
2. Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet
3. Runko ja vesikattorakenteet
4. Täydentävä rakenteet
5. Pintarakenteet
6. Kalusteet, varusteet ja laitteet
7. Konetekniset työt
8. Työmaan käyttökustannukset
9. Työmaan yhteiskustannukset. (Lindholm, M. 2009: 25.)

Talo 80- nimikkeistön mukaisia suoritteita ovat:

1. Muottityö
2. Raudoitus ja betonityö
3. Metallityö ja peltityö
4. Muuraus, rappaus ja laatoitus
5. Elementtityö
6. Puutyö ja levytyö
7. Lämpöeristys ja ääneneristys
8. Vedeneristys ja kosteudeneristys
9. Muut työt. (Lindholm, M. 2009: 26.)

Talo 80- nimikkeistön mukaisia kustannuslajeja ovat

- KL1, Työkustannus
- KL2, Materiaalikustannus
- KL3, Alihankintakustannus. (Lindholm, M. 2009: 26.)

Yrityksillä voi olla lisäksi myös oman nimikkeistön mukaisia kustannuslajeja, kuten esimerkiksi omat palvelut. Vaikka uudemmissa nimikkeistöissä ei tunnetaakaan suorite -käsitettä, niin suoritelaskennan periaate ja nimi ovat silti säilyneet. Suoritelaskenta on panospohjaista laskentaa, jossa hinnoitellaan kohteen määrät panosten ja niiden hintatietojen avulla. (Lindholm, M. 2009: 26.)

Suoritelaskennan perusteena toimivat suoritemäärät, jotka saadaan kohteen suunnitelmista sekä määräluetteloista. Kohteen määrät hinnoitellaan suoritelaskennassa panosten ja yksikköhintojen avulla. Suoritelaskentaa voidaan käyttää, kun suunnitelmat ovat vähintään pääpiirustustasoisia ja sisältävät rakennusselostuksen sekä perustusrakenteiden suunnitelmat. Urakkakohteiden kustannuslaskelmat, lisä- ja muutostyölaskelmat sekä vaihtoehtolaskelmat esitetään usein suoritetasolaskelmana. Suunnitteluvaiheessa kustannuspuitteiden tarkistuksessa voidaan myös käyttää suoritelaskentaa. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 46.)

Kustannuslaskentaa varten rakennusosan työmenetelmä on tunnettava. Panosrakenteet muodostuvat työ- ja materiaalikustannuksista. Kustannusten laskemiseksi tarvitaan jokaisen panoslajin työn ja materiaalien osalta menekkitieto, hinta sekä hukka. Nämä kolme arvoa kerrotaan keskenään, josta muodostuu panoksen hinta suoriteyksikköä kohden. Kyseisestä rakennusosasta saadaan kustannusarvio, kun rakennusosan muodostavien eri suoritteiden hintatiedot yhdistetään. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 46.)

Suoriteperusteisessa hinnoittelussa kohdekohtaisesti tarkistettavia asioita ovat erityisesti:

- Työmenekin oikeellisuus
- Materiaalimenekkien oikeellisuus
- Työ- ja materiaalihankintojen oikeellisuus
- Laskelmien kokonaisvaltainen tarkastus (tunnusluvut, suuret poikkeavat arvot). (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 46.)

Suoritelaskelma sisältää kustannusten yhteenvedon esimerkiksi rakennusosapääryhmittäin. Suoritelaskelman osalta:

- Tarkistetaan määrälaskennan peittävyys ja tulkinnat nimikkeistön avulla

- Tarkistetaan merkitykseltään tärkeimpien kustannuserien määrälaskenta ja hinnoittelu
- Verrataan pääryhmä- panoslajikohtaisia jakaumia ja tunnuslukuja aikaisempiin hankkeisiin sekä arvioidaan vertailun perusteella niiden oikeellisuus. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 47.)

Tunnuslukuja voidaan myös käyttää suoritelaskelmassa. Tunnuslukuja ovat esimerkiksi tth / brm<sup>2</sup> ja € / brm<sup>2</sup> joiden lisäksi käytetään myös pääryhmien prosenttiosuuksia eli kustannusjakaumaa. Lisäksi käytetään tärkeimpien suoritemäärien suhdelukuja, esimerkiksi muotti-m<sup>2</sup>/betoni-m<sup>3</sup>, teräs-kg / betoni-m<sup>3</sup>. Määrät tarkastetaan vertaamalla tilastoja ja viitekohteita lasketun kohteen tietoihin. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 47.)

Panospohjaisessa laskennassa panoksena toimii materiaali-, työ-, hankinta- ja tuotehintoja, joiden avulla voidaan laskea erilaisten rakenteiden kustannuksia. Laskennassa voidaan käyttää myös kertoimia ja vakioita arvioimaan hankkeen sijainnin ja vaikeusasteen mahdollisesti aiheuttamia lisäkustannuksia. Kun panoskustannukset muuttuvat, muuttuvat myös rakenteiden kustannukset. Panoksien lähtötiedot löytyvät yrityksen omaan toimintaan ja hankintasopimukseen perustuvista -tai julkisesti ylläpidetyistä lähteistä. Panokset muodostetaan laskennallis-empirisesti yhdistämällä testattua ja toteutunutta menekki- ja kustannustietoa, sekä laskennallista määrätietoa. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 48.)

Panospohjaisessa laskennassa kohdekohtaisesti tarkastettavat asiat ovat samat kuin suoriteperusteisessa hinnoittelussa esitetyt asiat.

Rakennustyömaalla syntyy varsinaisten rakennusosien tekemisen lisäksi kustannuksia myös työnjohdosta ja työmaatekniikasta, eli koko työmaata palvelevista koneista (kuten torninosturista), materiaalista (kuten nauloista) ja työmaakopeista. Työmaakustannukset saadaan määritettyä, kun lisätään käyttö ja yhteiskustannukset rakennusosien kustannuksiin. Talo 80 -nimikkeistössä yhteiskustannuksiin merkitään myös rakennusosien tekemisestä aiheutuvat työntekijöiden sosiaalikulut ja palkanlisät. Sosiaalikulut ja palkanlisät voidaan merkitä myös kunkin rakennusosan kohdalle. (Lindholm, M. 2009: 28.)

Pääosa käyttö- ja yhteiskustannuksista on työmenekkisidonnaisia, mutta osa niistä määräytyy rakennushankkeen keston ja laajuuden perusteella. Työnjohto ja

työmaarakennukset määräytyvät suoraan työmenekin perusteella ja työkoneet, työmaan nostot ja käyttötarvikkeet välillisten työmenekkien perusteella. Käyttö- ja yhteiskustannusten määrä hankkeessa on keskinen asia kilpailukyvyn kannalta, joten näihin kustannuksiin kiinnitetään erityistä huomiota. (Lindholm, M. 2009: 31.)

Kohdeyrityksessä kustannuslaskenta on rakennusosa- ja tuoteosalaskentaa sekä suorite- ja panospohjaista laskentaa.

### 2.3 Riskivaraus

Rakennustuotannossa riskillä tarkoitetaan usein yllättävää ja epäedullista esiin tulevaa poikkeamaa halutusta tapahtumasta. Riskejä voi aiheuttaa joko yritys itse, rakennuttaja tai ulkoiset olosuhteet. (Lindholm, M. 2009: 33.)

Riskeihin varaudutaan tarjouslaskentavaiheessa tarjoushintaa korottavilla työmaakustannuksiin kohdistuvilla riskivaroituksilla. Riskivaraus on tarjouslaskennassa urakoitsijan erikseen arvioitava erä, joka esitetään tyypillisesti prosenttiosuutena. Riskivarausta tarvitaan, kun kustannuserä on vaikeasti arvioitavissa, olosuhteiden muutos muuttaa olennaisesti kustannuksia tai kustannuserällä on kokonaisuuteen nähden suuri merkitys. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 72.)

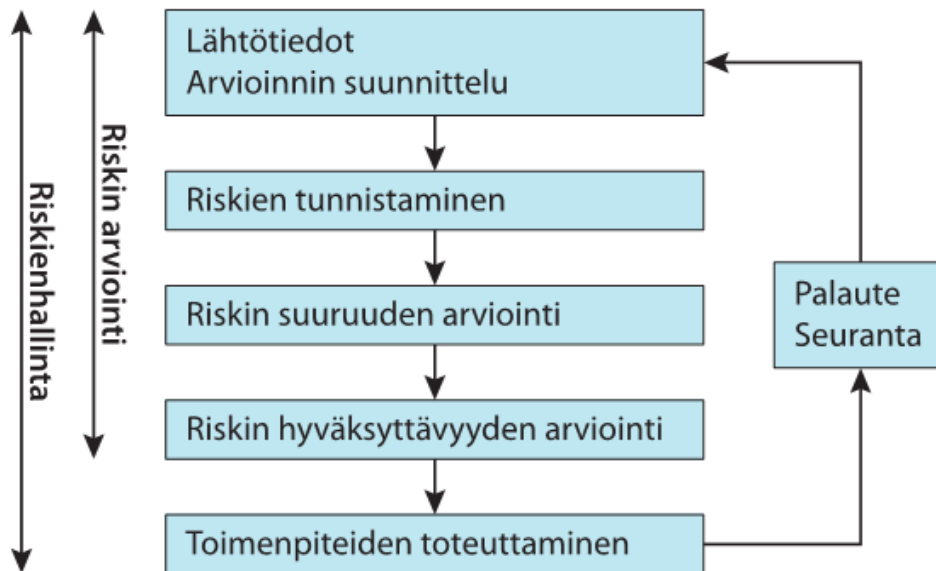
Tyypillisiä kustannuslaskennassa käsiteltäviä riskejä ovat:

- Tekniset riskit
- Hallinnolliset riskit
- Sopimustekniset riskit
- Epätarkkuusriskit
- Muut riskit (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 72.)

Riskienhallinta on jatkuva ja systemaattinen prosessi, jossa ennakoitaan ja arvioidaan riskejä aktiivisesti ongelmien passiivisen toteamisen sijaan. Tarkoituksena on todeta ongelmat ja tehdä korjaavat toimenpiteet riittävän varhain. Kaikkien riskienhallintaprosessin

osa-alueiden, kuten johtopäätösten tekemisen, toiminnan arvioinnin ja vastatoimista päättämisen, tulee olla selkeästi vastuutettu osaksi normaalia johtamiskäytäntöä sekä organisaation tai sen osien kannalta merkittävää päätöksentekoa. (Talorakennushankkeen kulku 2017: 5.)

Kuvassa 3. on esitetty riskienhallinnan eri vaiheet.



Kuva 3. Riskien kustannuksien varautumisen lisäksi riskeille suunnitellaan torjunta- ja ennaltaehkäisytoimet. Laskentavaiheessa havaitut riskit tulee pitää riskienhallinnassa mukana läpi koko hankkeen. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 72.)

Tekninen riski voi olla vaikean työvaiheen, uuden menetelmän tai uuden rakenneratkaisun aiheuttamaa riskiä. Teknisiin riskeihin varaudutaan tarjoushintaa muodostettaessa. (Lindholm, M. 2009: 33.)

Hallinnollinen riski tarkoittaa esimerkiksi toiminnan laajuuden, toimialan, tai toiminta-alueen muutosta. Tästä voi aiheutua kertainvestointien luontoisia henkilö- tai konehankintoja. Näistä mahdollisesti aiheutuvat poikkeukselliset kulut on erikseen harkittava tarjouslaskennassa. (Lindholm, M. 2009: 33.)

Laskenta-asiakirjoissa esiintyvät, vaikeasti hinnoiteltavat ehdot voivat aiheuttaa sopimusteknisiä riskejä. Näitä ehtoja ovat esimerkiksi poikkeaminen YSE98:n menettelyistä tai tavanomaisista urakkarajoista. (Lindholm, M. 2009: 33.)

Epätarkkuusriski on hinnoittelun ja määrälaskennan epätarkkuutta. Määrälaskennan epätarkkuusriski voidaan välttää, jos tuotesuunnitelmat ovat täysin valmiit. Keskenäisillä tuotesuunnitelmilla tulee riskivarukselle arvioida hinta. Hinnoittelun epätarkkuutta voidaan välttää hankkimalla ennakkotarjouksia mahdollisimman monesta aliurakasta ja toimituksesta. (Lindholm, M. 2009: 33.)

Muita tarjouslaskennassa huomioon otettavia riskejä voivat olla hankkeen toteutusmuotoon, kohteen erityispiirteisiin tai rahoitukseen liittyvät riskit. Nämä erikoisriskit otetaan huomioon ja hinnoitellaan kohdekohtaisesti tarjoushinnassa. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 73.)

Riskivaroja pyritään välttämään ja sitä ei tarvita, kun

- Kohde on selväpiirteinen ja tarkasti laskettavissa
- Toteutusolosuhteet ovat selvillä
- Toteuttajalla on kokemusta samanlaisista kohteista
- Kohde on teknisesti tuttu. (Rakennushankkeen kustannuslaskenta 2018: 73.)

## 2.4 Maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskenta

Maanrakennuksessa määrälaskenta ei ole aina yhtä yksiselitteinen, kuin muissa Talo 80- mukaisissa pääryhmissä. Maanrakennuksen määrälaskennassa, kuin myös kustannuslaskennassa tulee ottaa erikseen huomioon ainakin seuraavia seikkoja:

- rakennusolosuhteet
  - o maalajit ja kalliolaatu
  - o pohjanvahvistustarve
  - o rakenteiden perustusten louhinta
  - o pohjavesi
- Rakennettu ympäristö
  - o olemassa olevat rakenteet

- työnaikainen liikenne, liikennejärjestelyt
- louhintatärinä, louhinta-ajat
- työajat, työraot
- Maasto
  - geometria
  - leikkaukset, penkereet
  - massatalousalueet ja läjitysalueet
  - ostettavat materiaalit
- Ympäristö
  - pilaantuneet maat
  - suojelualueet
  - ympäristönsuojelu. (RIL 231-1-2006: 39.)

Maanrakennuksen määrälaskennassa pyritään laskemaan kaikki määrät, mutta etenkin louhinnan sekä maankaivun- ja kuljetuksen osalta tarjouspyynnön mukana on hyvä toimittaa myös pohjatutkimustiedot. Näin urakoitsija voi itse tarkastella määriä. Maanrakennuksessa käytetään myös paljon ”erä” käsitettä ”per yksikköä” sijaan. ”Erä” käsitettä käytetään usein lisäksi pohjavahvistuksen, kaivantojen tuennan ja veden hallinnan osalta. (Talo 80- ryhmä 1985: 9.)

Maanrakennuksessa ”erä” käsite antaa urakoitsijalle mahdollisuuden miettiä ja laskea esimerkiksi kaivetun maan uudelleensijoitusta, kun tälle ei tarvitse antaa erillistä yksikköhintaa. Tämä on usein tarjouskilpailussa etulyöntiasema, jos massojen uudelleensijoittelu tapahtuu tehokkaasti. Usein myös maanrakennusurakoitsijalla on parempi tieto ja taito laskea ja ymmärtää maanrakennukseen liittyviä määriä ja käyttömahdollisuuksia, jolloin urakkatarjous ”erä” käsitteellä kattaa paremmin tietyn työvaiheen kaikki määrät ja kustannukset. (Talo 80- ryhmä 1985: 9.)

Pohjaolosuhteet ovat yksi suurimmista epävarmuustekijöistä. Riittävän hyvin tehty pohjatutkimus edesauttaa maanrakennuksen kustannuslaskennan paikkansapitävyyttä. Kalliopinnan korkeudet ja maakerrokset on usein esitetty oikein. Se miten maa käyttäytyy jouduttaessa kaivamaan ja liikkumaan esimerkiksi pohjavesipinnassa tai sen alla, on usein suurin kysymysmerkki. Sääolosuhteet ovat myös yksi epävarmuustekijä maanrakennuksessa. Poikkeukselliset sadekelit tai pakkaset sekä lumipyryt voivat muuttaa ajateltuja aikatauluja ja työsaavutuksia uusiksi. (Jääskeläinen, R. 2010: 49.)

Maanrakennuksen kustannuslaskenta toteutetaan useimmiten panoshinnoittelulla. Maanrakennuksen kustannuslaskennassa tulee tuntea eri työvaiheiden ja työkoneiden tehokkuus. Työvaiheet tulee suunnitella ja aikatauluttaa oikealla kapasiteetilla, jotta ei muodostu niin sanotusti tyhjäkäyntiä. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että tilavuuskaivuuta tehdessä tulee olla oikean kokoinen kaivinkone ja oikea määrä maansiirtoautoja ajossa, jotta kaivutyö on tehokasta ja jouhevaa. (Räsänen M. Opintomateriaali 2019.)

Maankaivu lasketaan kiintoteoreettisen määrän mukaan ( $m^3ktr$  tai  $m^2ktr$ ). Tämä on yksi suurimmista kokonaisuuksista, johon maanrakennuksen tietomallinnuksella saadaan lisää tarkkuutta. Tämä määrätieto johtaa kaivumaiden kuljetukseen sekä mahdollisiin maankaatopaikkamaksujen kustannusten tarkempaan muodostumiseen. Kun maata kaivetaan, syntyy ensin mahdollinen ryöstökerroin ja tämän jälkeen maan löyhtyminen. Hinnoittelussa on oletettu, että ryöstöä ei tapahdu. Löyhtyminen tulee kuitenkin huomioida, jonka jälkeen kaivettu maamassa ilmoitetaan irtokuutioina ( $m^3itd$ ). Maankuljetuksessa puhutaan aina irtokuutioista, kuten myös maankaatopaikkojen hinnoittelussa. Riittävän tarkalla massojen määrittelyllä minimoidaan kustannusten nousu, kun verrataan laskentaa toteutuneisiin kuluihin. Tietomallinnuksella saadaan tähän paljon apua, kun pystytään erottelemaan tarkemmin eri maalajikerrostumat. Eri maalajeilla on eri löyhtymiskertoimet sekä mahdolliset kaatopaikkamaksut. (Räsänen M. Opintomateriaali 2019.)

Toinen suuri kustannus maanrakennuksessa on täyttötyöt. Tämän litteran panoshinta on ilmoitettu määrä- ja kustannuslaskentataulukossa kiintoteoreettisina kuutioina tai neliöinä. Eri panoshintaa määriteltäessä on kuitenkin avattu ja muunnettu määrät irtokuutioiksi sekä tonneiksi. Mukaan on myös asetettu työmenekki, jonka jälkeen määritetyt kustannukset on muutettu yksikköä per  $m^3ktr$  tai  $m^2ktr$ . (Räsänen M. Opintomateriaali 2019.)

Tilavuusmäärittelyissä ja laskennoissa voidaan hyödyntää Rakennustieto Oy Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistön määrämittausohjeen liitettä 2. Tässä taulukossa on hyvin eroteltu eri maamassojen laskentaan vaikuttavat kertoimet (liite 1.).



### 3 Tietomallin hyödyntäminen

Määrälaskentaa saadaan tehostettua tietomallin avulla, ja määrätietoja voidaan hyödyntää erilaisissa päätöksentekotilanteissa. Määrien mittaaminen tietokoneavusteisella mitaamisella mallista korvaa vanhanaikaisen manuaalisen määramittauksen piirustuksista. Määriä voidaan mitata kunkin suunnittelualan erillisestä tietomallista sekä yhdistelmämallista, jossa on eri suunnittelualat samassa mallissa. Tietomalli mahdollistaa rakennuttajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden määrälaskennan hyödyntämisen uudella tavalla ja uusista näkökulmista. (Building Smart 2012: 5.)

Tietomallipohjaiseen määrälaskentaan perustuva toimintatapa muuttaa määrälaskijan työtä merkittävästi, sillä rutiinityö vähenee ja samalla ammattitaidon vaatimus kasvaa. Tietomallin avulla tehtävässä määrälaskennassa puhutaankin enemmän määräasiantuntijasta kuin määrälaskijasta. (Building Smart 2012: 5.)

Määrälaskentaan liittyy niin sanottuja tyhjentyviä kysymyksiä, joihin tietomallikaan ei anna vastausta. Määrälaskijan tai määräasiantuntijan ammattitaitoa tarvitaan edelleen laskennan lähtötietojen ja lähtömateriaalin arvioinnissa, vaihtoehtojen esille tuomisessa, kannattavuuden varmistamisessa sekä tulosten jäsentämisessä. (Building Smart 2012: 5.)

Mallipohjaisen määrälaskennan ongelmakohta voi olla esimerkiksi portaat. Nykyisen mallit ovat riittäviä, kun portaat lasketaan kappalemääränä. Ongelmia tuottaa portaiden komponenttien, kuten kaiteiden, tasanteiden ja askelmien laskenta. Ennen laskentaan ryhtymistä on näiden komponenttien siirtyminen laskentaan varmistettava erikseen. (Building Smart 2012: 18.)

#### 3.1 Tietomallista saatavat hyödyt ja potentiaali projektin eri vaiheissa

Tietomallintaminen auttaa projektin eri osapuolia ja vaiheita niin tilaajan, rakennuttajan, suunnittelijoiden kuin työmaahenkilöstön näkökulmasta. Tietomalli auttaa myös alaa tuntematonta hahmottamaan tulevaa kokonaisuutta ja sen eri osioita.

Jotta tietomallista saadaan mahdollisimman suuri hyöty, tulee nämä asiat olla kunnossa:

- Suunnittelijoiden tuottamat tietomallit on tehtävä niin, että niiden tietosisältö vastaa rakennustuotannon tarpeita hankkeen eri vaiheissa
- Suunnittelijoiden mallien ja niistä koottujen yhdistelmämallien laatu varmistetaan jatkuvasti koko hankkeen ajan
- Jatkuvasti päivitettävät suunnittelumallit tietomalliselostuksineen ja vaiheilmoituksineen ovat urakoitsijoiden käytettävissä hankkeen eri vaiheissa esimerkiksi projektipankissa
- Rakennustuotannon toimijat osaavat käyttää tarvittavia ohjelmistoja suunnittelumallien tarkasteluun ja siirtää mallitiedon omiin ohjelmistoihinsa, kuten esimerkiksi kustannuslaskentaohjelmistoihin
- Rakennustuotannon toimijat osaavat käyttää tarvittavia ohjelmistoja erilaisissa laiteympäristöissä, kuten työasemissa, kannettavissa tietokoneissa ja mobiililaitteissa
- Työmaan toimistotilat on toteutettu niin, että tietomalleja voidaan tarkastella jatkuvasti tuotannonohjauksen ja johtamisen tukena
- Työmaa on varustettu tietomallien käytön edellyttämällä laitteilla, kuten tietokoneilla, mobiililaitteilla, näytöillä ja projektoreilla. (Jävälä, Lehtoviita 2016: 10.)

Luettelossa esitettyjen vaatimusten täytyminen vaatii erityisesti hankkeen tilaajalta, urakoitsijalta, sekä työmaahenkilöstöltä tietomallitietämystä. (Jävälä, Lehtoviita 2016: 10.)

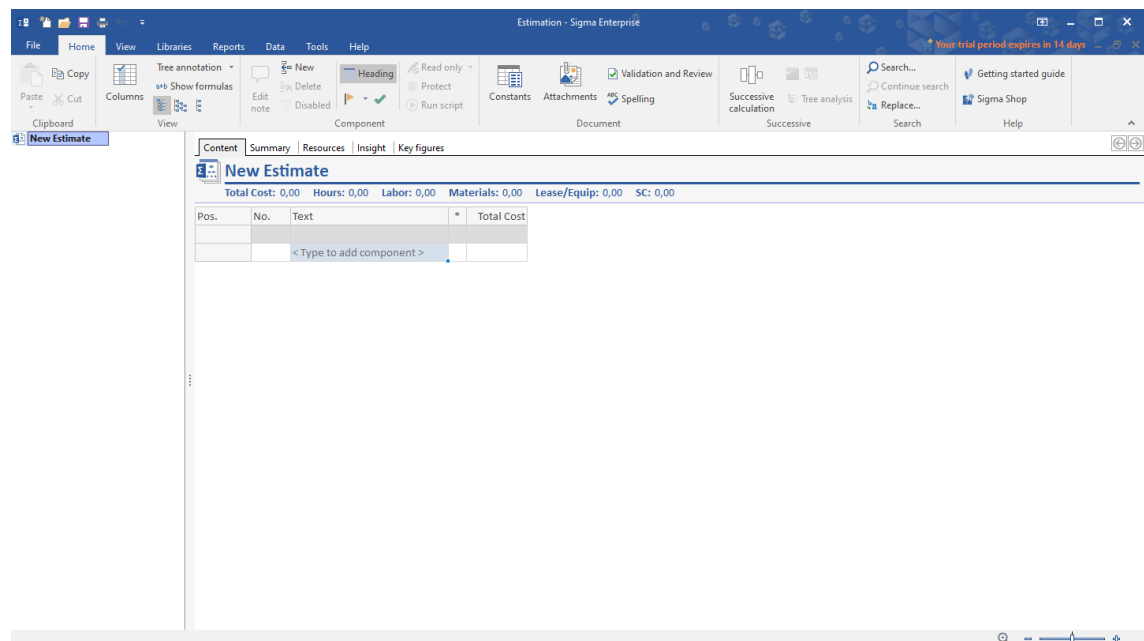
Suurin hyöty rakennushankkeen tietomalleista saadaan, kun koko hanke toteutetaan alusta loppuun tietomallipohjaisena hankkeena, eli niin sanottuna tietomallihankkeena. (Jävälä, Lehtoviita 2016: 25.)

Ilman tietomallia rakennuksen toimivuutta ei voida arvioida ennen sen valmistumista, koska tällöin rakennuksen prototyyppi rakennetaan tontille ja vasta loppukäyttäjät toteavat, miten rakennus käytössä toimii. Rakennuksen tietomallista saadaan ääretön määrä eri piirustuksia, kuten näkymiä ja leikkauksia tulevasta rakennuksesta. Tietomallin avulla tiedetään yksityiskohtaisesti, miltä rakennus näyttää ja millainen lopullinen rakennus on toimivana kokonaisuutena. Rakennuksen tietomallia voidaan ajatella virtuaalisena rakennuksena, joka sisältää kaiken tiedon, kuten määrät, sijainnit ja menekit suunnittelun eri alueilta. Mallin arvoa lisäävät rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana sen visuaalinen selkeys sekä tarkka tietosisältö rakennuksesta, materiaaleista ja niiden ominaisuuksista. (Jävälä, Lehtoviita 2016: 29.)

Tietomallin yksi isoimmista hyödyistä on sen tietokantaominaisuus, eli tieto tallennetaan tietomalliin vain kerran ja eri tilanteissa käytetään aina samaa tietolähdettä. Erilaiset tietomallista tuotettavat näkymät ja tulosteet ovat aina peräisin yhdestä tietomallista. Näin ollen yhden tiedon päivittäminen malliin vaikuttaa kaikkiin piirustuksiin, simulaatioihin, laskelmiin ja mallinäkyymiin automaattisesti. Kaikilla hankkeen osapuolilla on näin ollen käytössään sama ajantasainen tieto. Perinteisessä suunnittelussa tieto pitää päivittää erikseen jokaiseen tarpeelliseen dokumenttiin. (Jävälä, Lehtoviita 2016: 30.)

### 3.2 Tietomallipohjainen kustannuslaskentaohjelma ja toimintatavat

Kohdeyrityksellä on käytössään omiin tarpeisiin räätälöity kustannuslaskentaohjelma Sigma Estimates (kuva 4.).



Kuva 4, kohdeyrityksen käyttämä Sigma Estimates

Sigma Estimates on edistyksellinen kustannuslaskentaohjelma. Sigmassa voidaan rakentaa skriptattuja parametrisia reseptejä, joiden avulla saadaan mallista muutakin tietoa kuin vain kokonaismäärä. Esimerkkinä tästä ovat teräsbetonilyöntipaalut, joista Sigman resepti osaa erotella ja huomioida kappalemäärän lisäksi kalliokärjet, katkaisut ja mittauksen. Sigman toiminta vaatii riittävän laajan ja paikkaansa pitävän

kustannuskirjaston, jossa kaikki panoshinnat on riittävän tarkasti jaettu. Vielä tärkeämpi osa-alue on riittävän laadukas ja tarkka tietomalli, joka on kunnolla tarkastettu. Kun malli viedään Sigmaan, osaa ohjelma laskea kustannusarvion sekä hinnoitella mallin komponentit automaattisesti.

Sigman komponenttien kustannuskirjasto koostuu määritellyistä panoshinnoista, sekä komponenttien Bonapart ID- kustannusresepteistä. Jos jollekin komponentille ei löydy Bonapart ID- tunnusta, niin tämä voidaan syöttää käsin. Laadittu tietomalli tuodaan Sigmaan, jolloin Sigman lisäosa Estimates laatii uuden Sigmalaskelma- tiedoston, jossa kaikki valitut komponentit ovat listattuna. Komponentit linkitetään Bonapart ID- perusteella, jonka jälkeen Sigma vertaa näitä kustannuskirjastoon saman ID:n mukaan ja täyttää vaadittavat koodit sekä korvaa mallista tuodun komponentin kustannuskirjaston komponentilla, säilyttäen vain mallista saadut määrät.

Sigman rakenne kohdeyrityksessä muodostuu tuoterakenteesta, jossa suoritteet muodostuvat panoksista (kuva 5.). Sigmassa tuoterakenne voi olla esimerkiksi kaivanto tai kanaalin kaivu. Kaikki tähän rakenteeseen kuuluvat osat ovat suoritteita, kuten kaivutyö, ainekustannukset, kaivinkone ja kuorma-auto. Kaikille tuoterakenteen suoritteille on määritelty oma panos, josta saadaan suoritteille kustannukset lasketun määrän mukaan.

Kaivanto   Kanaalin kaivu h < 1 m	Tuoterakenne	12 - Maankaivu	jm
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kanaalikaivu putkikaivannot, pystysuoraluiskaus 1:1, h &lt; 1 m           <ul style="list-style-type: none"> <li>Kaivutyö</li> <li>Erittelemätön ainekustannus (hintaa alkujaan 1 €, elää indeksillä)</li> <li>Kaivukone KKHt 21</li> <li>Kuorma-auto 10 m3</li> </ul> </li> <li>Kaivumaiden kuljetus viranomaisten osoittamaan paikkaan           <ul style="list-style-type: none"> <li>Kuorma-auto 10 m3</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suorite</li> <li>Panos</li> <li>Panos</li> <li>Panos</li> <li>Panos</li> <li>Suorite</li> <li>Panos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>m3</li> <li>h</li> <li>erä</li> <li>h</li> <li>h</li> <li>h</li> <li>m3</li> <li>h</li> </ul>

Kuva 5. Sigma rakenne.

Jos tietomallia ei ole käytettävissä, voi määrät syöttää Sigmaan myös käsin. Tällöin myös muut parametrit syötetään käsin dialogi-ikkunaan (kuva 6.).

Execute script

**MV-laatan mitat**

MV-laatan paksuus (mm)

MV-laatan reunan menekki (HUOM: j/m / m2)

Rasitusluokka XF4

Imukäsittely

**MV-laatan raudoitus ja betoni**

Raudoitusverkko

5 - 150

6 - 150

8 - 200

Raudoitus molemmissa pinoissa

Betonin lujuus

C25/30 (K30)

C30/37 (K37)

Laatan reuna

Irrotuskaista

Muotti

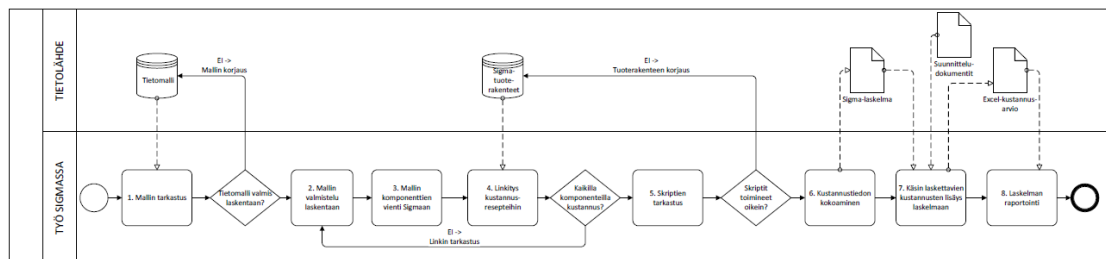
Reset OK Cancel

Kuva 6. Sigma Dialogi-ikkuna.

Kohdeyrityksessä on jo olemassa toimintatapa tietomallipohjaiseen määrä- ja kustannuslaskentaan. Tätä toimintatapaa on pilotoitu kohdeyrityksen käynnissä olevissa kohteissa. Määrä- ja kustannuslaskennan toimintatapa kohdeyrityksessä on pääpiirteittäin se, että suunnittelu toteutetaan tietomallintamalla, jolloin kaikki suunniteltu tieto voidaan siirtää kustannuslaskentaohjelmaan, josta saadaan eriteltyä määrät sekä kustannukset.

Kuvassa 7. on esitetty kohdeyrityksen työkuuhje tietomallipohjaiseen kustannuslaskentaan. Laadittu tietomalli tarkistetaan, jolloin varmistetaan tietomallin valmius Sigmaan vietäväksi. Malli valmistellaan laskentaa varten, jonka jälkeen mallin komponentit vietään Sigmaan ja linkitetään kustannusresepteihin. Sigmassa tarkastetaan komponenttien kustannukset sekä skriptit. Kun todetaan näiden olevan kunnossa, kootaan

kustannustieto. Kustannustietoon lisätään mahdolliset käsin laskettavat kustannukset ja lopulta laaditaan valmis laskelmaraportti.



Kuva 7. Mallipohjaisen laskennan työnkulku kohdeyhteyksessä.

Rakennetyyppien ja määrälaskentaan vaikuttavien asioiden korjaus on tarkastuksen keskeisin asia. Riippuen käytetystä suunnitteluohjelmasta, tietomalliin tulee lisätä mahdollisesti puuttuvat yksilöivät tunnukset tietomallin kustannusten linkittämistä varten. Vientiasetusten tarkastamisen jälkeen halutut komponentit viedään Sigmaan, jonka jälkeen Sigman kustannustieto linkitetään tietomallin komponentteihin yksilöivien tunnus-ten perusteella. Mahdolliset puuttuvat kokonaisuudet tulee lisätä käsin kustannuslaskentaan.

### 3.3 Määrä- ja kustannuslaskennan paikkansapitävyys

Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa riskinä on tietomallin puutteelliset tiedot. Jos tietomallissa ei ole esitetty kaikkia tarvittavia komponentteja niin tieto ei siirry Sigmaan, ja näin määrälaskentaan jää puute, joka tulee täydentää manuaalisesti. On siis erittäin tärkeää, että tietomallit on tarkastettu kunnolla ennen vientiä Sigmaan. Tietomallin komponentit olisi hyvä olla Bonapart ID:n mukaisia, jotta kustannukset saadaan tarkemmin laskettua. Maanrakennuksen osalta Bonapart ID toimii vain taustalla kustannusreseptin muodossa.

## 4 Nykytilan selvittäminen

Maanrakennuksen tietomallinnusta lähestyttiin selvittämällä kohdeyrityksen nykytila tietomallipohjaisen suunnittelun osalta. Tähän liittyi eri toimintojen asiantuntijoita sekä käytettyjä ohjelmia. Kaikki haastateltavat ihmiset työskentelivät opinnäytetyön aikana kohdeyrityksessä.

### 4.1 Asiantuntijoiden haastattelut

Taustatutkimuksena haastateltiin kohdeyrityksen eri ohjelmistojen asiantuntijoita, jotta saatiin parempi käsitys eri ohjelmistojen kyvyistä, ongelmista, potentiaalista ja käytön hallinnasta. Kohdeyrityksessä käytetään kolmea eri ohjelmaa, jotka lähtökohtaisesti soveltuvat tietomallin laatimiseen maanrakennuksessa. Ohjelmat ovat 3DWin, Revit sekä AutoCAD. Näistä ohjelmista kohdeyrityksellä on jokapäiväisessä käytössä Revit ja AutoCAD.

3DWin on Suomessa, erityisesti yhdyskuntasuunnitteluun kehitetty tietomallinnusratkaisu liikenne-, maankäyttö- ja ympäristöprojekteille. Ohjelma on siis toisin sanoen suunniteltu mittausinsinöörien käyttöön. Ohjelmalla voidaan laatia monenlaisia malleja, kuten luiskia eri kaivutasoihin, jolloin ohjelma laskee suoraan massamäärät laaditun mallin mukaisesti. Laadittuja tasoja on myös helppo tarkastella, ja tätä kautta saadaan tarkempi tieto siitä, miten kaivutyöt on suunniteltu ja mitä on mahdollista muuttaa. Ohjelman isoin ongelmakohta on sen käytön oppiminen. Haastattelun aikana kävi ilmi, että ohjelmiston hyvä tuntemus ja käyttötaito vaatii arviolta vuoden päivittäisen käytön ja tämän jälkeen taidon ylläpitämistä säännöllisesti. Käytön oppimisen jälkeen ohjelmistoa on helppo käyttää, ja se on hyvä työkalu juuri maanrakennukseen liittyvässä mallintamisessa. Ohjelmalla voidaan mallintaa normaalin talonrakennukseen liittyvän massoittelun lisäksi muun muassa kanaalilinjoja, paaluja ja louhinnan rakolinjoja. 3DWin antaa tarkan tiedon massoista eri maalajeittain, ja kaikki massoittelu on mahdollista saada noin kahden työtunnin aikana.

Revit on arkkitehtuurin, rakennetekniikan ja talotekniikan tietomallinnustyökalu, joka mahdollistaa eri alojen suunnittelijoiden työskentelyn samalla alustalla. Tämä johtaa entistä tehokkaampaan työntekoon sekä parantaa yhteistyötä eri suunnittelualojen kesken.

Revit on tällä hetkellä kohdeyrityksessä käytössä rakennesuunnittelun osalta. Maanrakennuksen osalta Revitistä voidaan saada riittävät tiedot määrä- ja kustannuslaskennan tarpeisiin, mutta tämä vaatii sovitut toimintatavat sekä säännöllisen käytön. Revit mahdollistaa eri pohjanrakennusvariaatioiden ja idean, kuten rakennusten tehokkaimman sijainnin samanaikaisen tarkastelun, jolloin voidaan määrittää kustannustehokkain rakennusten sijoittelu maanrakennuksen näkökulmasta. Revitissä ongelmana tulee eteen se, että ohjelmisto ei ole suoranaisesti tarkoitettu maanrakennuksen tietomallintamiseen. Tästä syystä mallin laatimiseen joutuu soveltamaan ohjelmiston tarjoamia toimintoja. Eri kaivutasot ja maalajierottelut joudutaan laatimaan omina malleinaan. Kun mallit sijoitetaan päällekkäin, osaa Revit laskea massat. Tässä tulee kuitenkin huomioida, että ohjelma laskee kaikki mallin massat, joten käyttäjän tulee ymmärtää ja osata vähentää eri maalajien massat aiemmasta määrästä. Kaivantojen luiskien tekeminen oikeaan kaltevuuteen onnistuu, mutta tämä vaatii oman tason. Kun ohjelmiston käyttö ja työkalut on hallinnassa, niin kokonaisuutena maanrakennuksen tietomallin laatimiseen menisi arviolta yksi työpäivä. Tähän sisältyy koordinaatistotaulukoiden laatiminen, mallin laatiminen, koordinaattien kohdistaminen, Padien, eli rajauksien tekeminen (Building Pad-toiminto) sekä massojen laskenta.

AutoCAD on AutoDeskin suunnitteluohjelma. Kuten Revit, myös AutoCAD mahdollistaa eri ideoiden ja vaihtoehtojen tarkastelun sekä vertailun. AutoCAD-ohjelmistolla voidaan myös hyödyntää mallin tietoja paikkatietojen analysoinnissa, koneohjauksessa ja määrälaskennassa. Mallintamista varten laadittavat pinnat on helppo toteuttaa, etenkin jos kaivutasoja on yksi. Maanpinnan laatiminen tehdään kolmioverkosta, joka on mahdollista saada lähtöaineistona jo pohjatutkimuksista. Korkeuskäyrien käsittely on helppo toteuttaa AutoCAD-ohjelmistolla. Mallinnusta helpottaa suuresti, jos pohjatutkimusaineistossa kairaukset on sijoitettu oikeisiin pisteisiin oikeassa koordinaatistossa mukaan lukien kairausleikkaukset. Tämä edellyttää myös, että koordinaatisto on oikein sekä rakennusten sijainti ja korot pitävät paikkansa. Mallinnuksessa AutoCAD-ohjelmistolla tarvitaan kohtuullinen tuntemus ohjelmiston käytöstä. Esimerkiksi maanpinnan rajauksien ja tasojen laatimisessa sekä näiden päällekkäin viennissä niin, että tasojen toisiaan leikkaavista aloista saadaan massat, tulee mallin tekijän ymmärtää ohjelmiston toiminta määriä laskeissa. Rutiinin omaisesti tehtäessä, hyvillä lähtötiedoilla mallintaminen kestää arviolta noin kaksi tuntia alusta loppuun.



## 4.2 Haastattelujen johtopäätös

Maanrakennuksen tietomallinnusta ajatellen kohdeyrityksessä on mahdollista edetä jo käytössä olevien ohjelmistojen osalta, jotka ovat Revit sekä AutoCAD. 3D Win- ohjelmisto voidaan tässä vaiheessa sulkea kokonaan pois. Syy tähän on raskas ohjelmisto, jonka riittävän hallinnan opetteluun kuluisi kauan aikaa verrattuna tarvittavaan käyttöasteeseen. Maanrakennus on kohdeyrityksessä pieni osa muuhun rakentamiseen verrattuna, jolloin 3D Win- ohjelmisto ei tarjoa lisäapua muuhun kuin maanrakennukseen. Tällä hetkellä kohdeyrityksessä ei myöskään työskentele henkilöä, jolla olisi tuntemusta ohjelmaan. Ohjelmistoon ei myöskään ole lisenssiä käytössä.

Opinnäytetyön aikana pidettiin työpajoja molemmille valituille ohjelmistoille, Revit ja AutoCAD. Näin saatiin parempi käsitys tarvittavasta työmäärästä ja ohjelmistojen toiminnasta. Työpajoissa oli mukana molempien ohjelmistojen asiantuntijat. Työpajojen aikana päädyttiin siihen, että maanrakennuksen tietomalli laaditaan lähtökohtaisesti AutoCAD-ohjelmistolla, jonka jälkeen saatu DWG- tiedosto ladataan Revittiin. Revitissä malli nimetään riittävällä tarkkuudella, tarkastetaan malli sekä määrät ja tämän jälkeen malli viedään Sigmaan. Tietomallin laatiminen AutoCAD- ohjelmistolla on huomattavasti kevyempää, kuin Revitillä. Myös koordinaattien ja tasojen muokkaus on helpompaa. Lisäksi AutoCAD mahdollistaa eri maalajien värityksen, joka havainnollistaa paremmin tietomallin sisältöä. Työpajojen pohjalta voidaan olettaa uuden projektin maanrakennuksen tietomallintamiseen vievän ajan olevan noin kaksi tuntia.

Tavoitteena on tuottaa riittävä määrä- ja kustannuslaskennan lähtötieto tietomallista mahdollisimman vähällä ajankäytöllä, jotta vastuuhenkilön työkuorma ei liikaa lisääntyisi. Haastattelujen, ohjelmistojen työpajojen sekä ohjelmistojen esittelyjen perusteella AutoCAD sopisi hyvin kohdeyrityksen tarpeisiin. Ohjelmistoon on olemassa maanrakennukseen räätälöityjä lisäosia sekä sen käyttämiseen löytyy enemmän osaamista kuin Revitissä. Näin käytön tukeen löytyy helpommin apua.

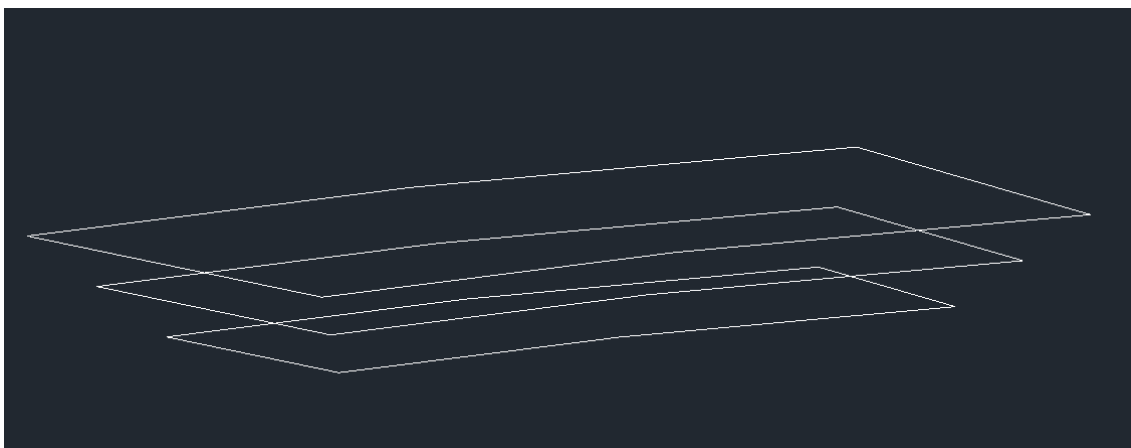
## 4.3 AutoCAD- työpaja

### 4.3.1 Maaperän tietomallintaminen

Mallinnukseen tarvitaan kolmiopinnat, joista tehdään pinnat AutoCADissa. Kolmiopinnat voidaan pyytää maan- ja kalliopinnasta jo pohjatutkijalta, mutta nämä kolmiopinnat voi myös tehdä itse pisteiden avulla. Pisteiden tulee sijaita lähellä AutoCADin origoa, joten kun tilavuuksia lasketaan, on hyvä siirtää koko malli origon viereen. Korkeuskäyristä muodostetaan myös pistejoukkoja esimerkiksi kahden metrin välein. Kaikista maalajikerroksista tulee laatia oma pinta ja malli. Näitä kerroksia voivat olla esimerkiksi pintamaat, moreeni, savi ja kallio. Eri malleilla on suotavaa käyttää eri värejä, mallit erottuvat paremmin.

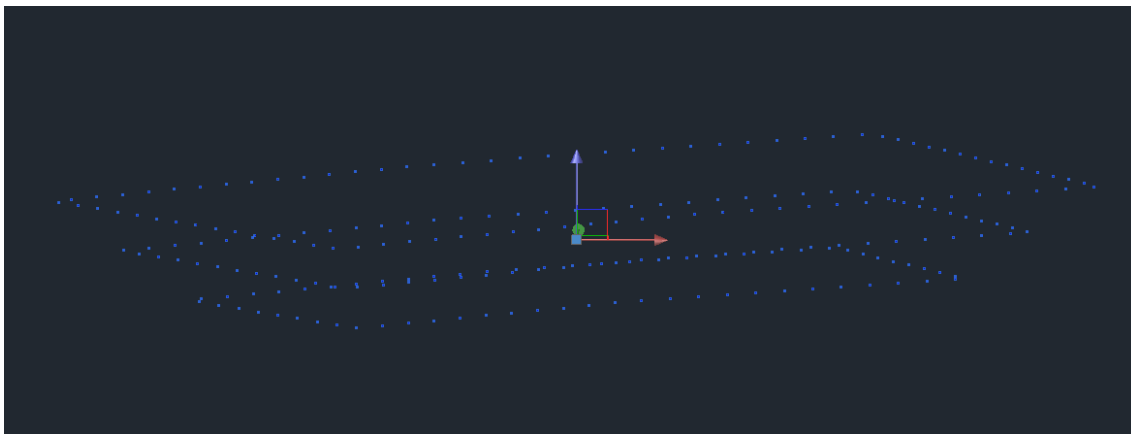
### 4.3.2 Kaivualue

Kaivutilavuuksien laskentaa varten kaivualueesta pitää tehdä myös pinta, joka on yhtenäinen maanpinnan yläpuolelle saakka. Kaivualueen pohja tulee piirtää oikeaan korkeustasoon. Kaivualueen reunat muodostetaan kopioimalla ja levittämällä kaivualueen rajausta. Näin saadaan muodostettua kehät (kuva 8.), jotka kulkevat kaivualueen reunojen mukaan.



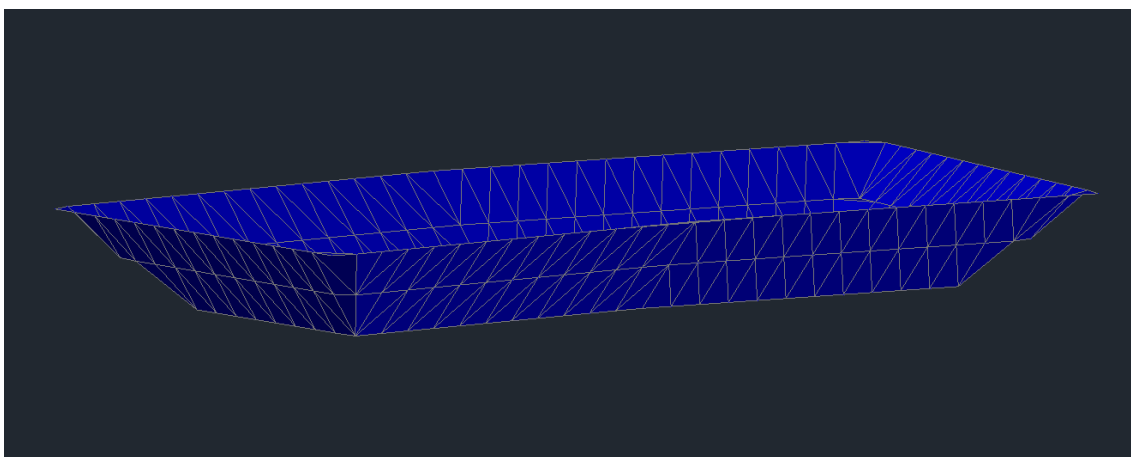
Kuva 8. Kehät kaivualueen reunojen mukaan

Kehät jaetaan pisteisiin valitsemalla ne yksi kerrallaan ja valitaan haluttu pisteväli (kuva 9.).



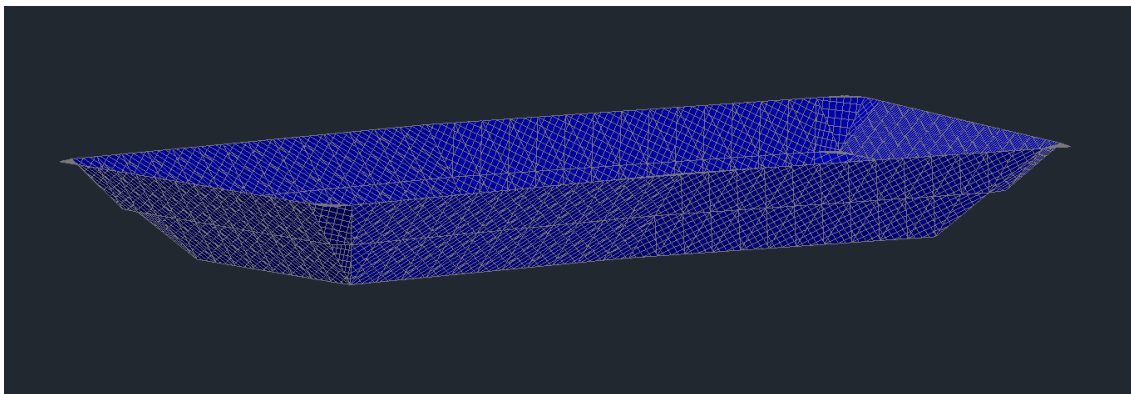
Kuva 9. Laadittu pistejoukko

Pistejoukon laatimisen jälkeen pisteistä muodostetaan kaivualueenmukainen kolmiopinta (kuva 10.).



Kuva 10. Laadittu kolmiopinta

Kolmiopinnat tulee vielä muuttaa pinnoiksi (kuva 11.).

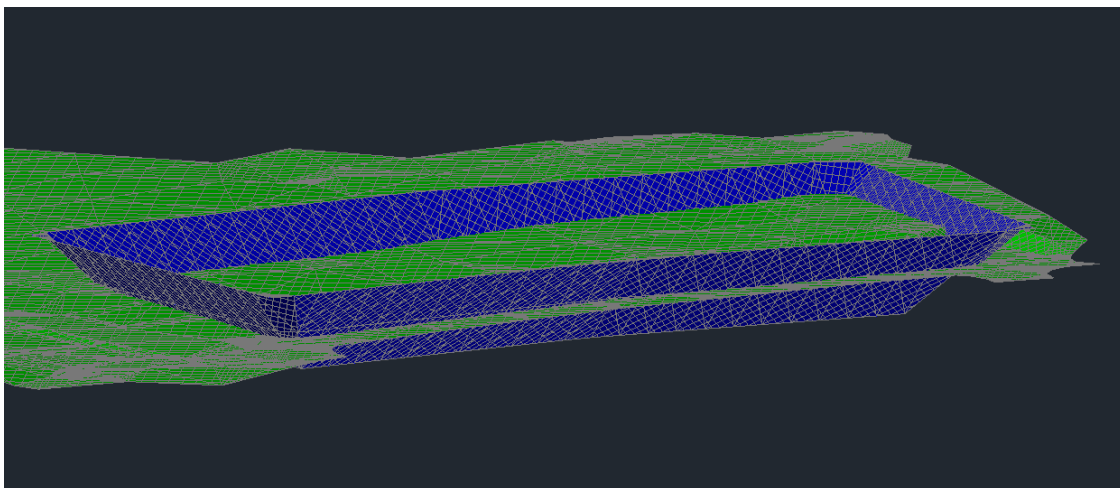


Kuva 11. Valmis kaivualue

Kehien kulmissa ei välttämättä ole automaattisesti pisteitä, jolloin kaivupinta saattaa näyttää kaivualueen nurkissa epätasaiselta. Ennen kolmiopinnan tekemistä pisteitä voi lisätä käsin, jolloin saadaan nurkkiin pisteet ja lopullinen pinta on tarkempi.

#### 4.3.3 Kaivutilavuuden leikkaaminen

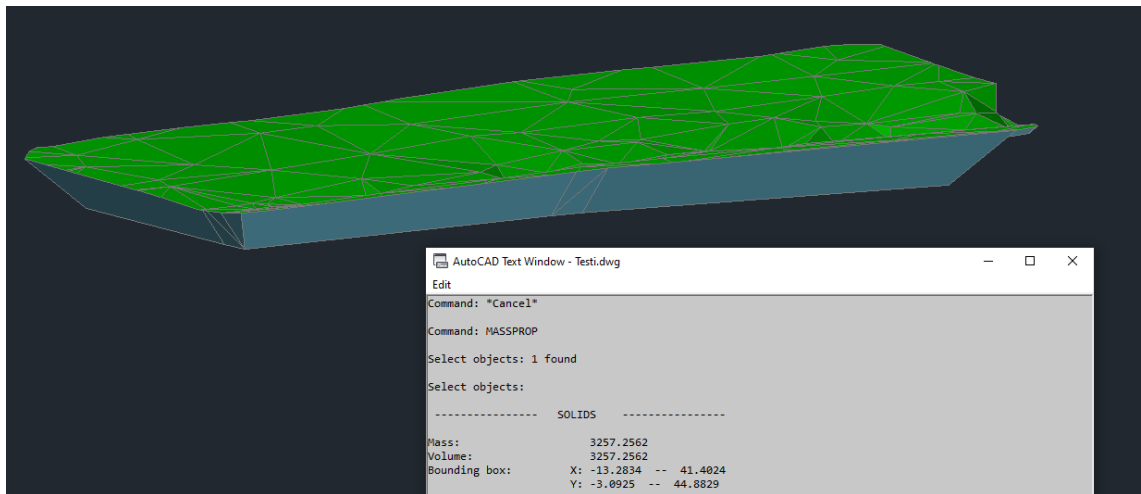
Kaivutilavuuden leikkaamisen edellytyksenä on, että kaivupinta ja maan- tai kalliopinta leikkaavat toisensa jokaisessa kohdassa (kuva 12.). Toisin sanoen kahden pinnan välissä tulee olla täysin tiivis alue, jotta tilavuuden saa laskettua.



Kuva 12. Kaivupinnan pitää läpäistä maan- tai kalliopinta jokaisessa kohdassa

Tässä vaiheessa mallinnusta on hyvä tehdä omat tasot kaivutilavuuden 3D- elementtiä varten. Kun uusi taso on valittu käyttöön, valitaan kaivupinta ja maan- tai kalliopinta, joista muodostetaan 3D- elementti. Tämän jälkeen valitaan näkymään vain taso, jolla

leikkaus tehtiin, jolloin näkyviin jää kaivualue. Valitusta 3D- kappaleesta saadaan lasket-  
tua kappaleen tilavuus (kuva 13.).



Kuva 13. Kaivuun 3D- elementti ja massatiedot

Massatiedot syötetään tämän jälkeen manuaalisesti Sigmaan, tai vaihtoehtoisesti tehty malli muunnetaan Revitissä oikeaan formaattiin ja siirretään sellaisenaan Sigmaan.

## 5 Laaditut ohjeistukset

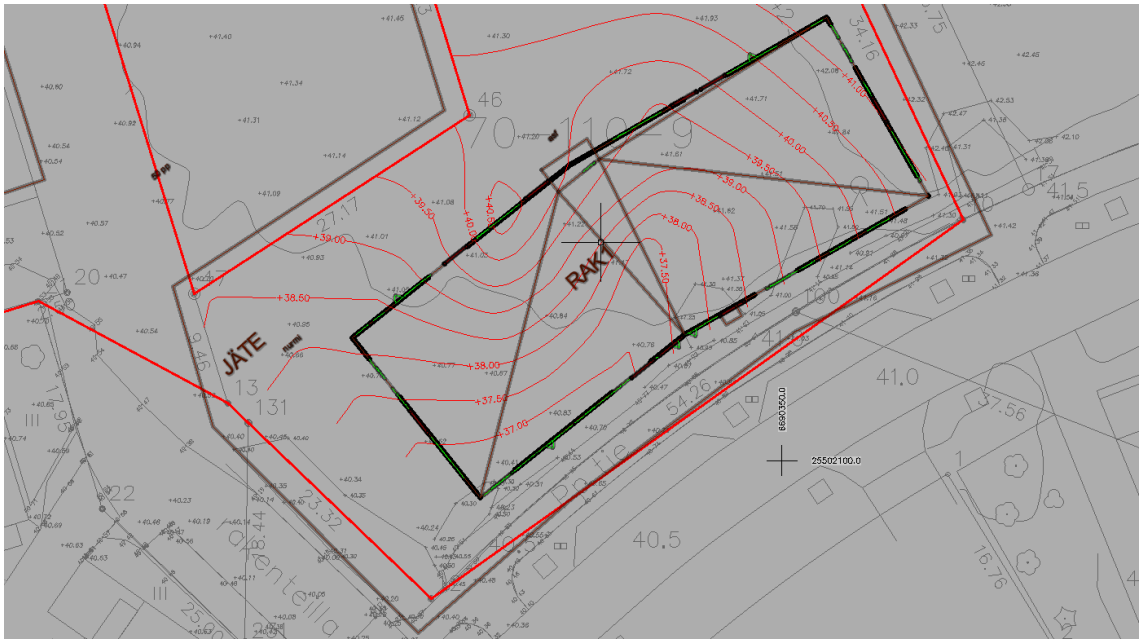
### 5.1 Pohjatutkimukset

Jokainen projekti on omalta osaltaan ainutlaatuinen. Suomessa maaperä voi vaihdella jo saman tontin alueella. Kohdeyrityksellä on yleisohjeistus maaperätutkimuksia varten, jota päivitetään tämän opinnäytetyön aikana. Ohjeistuksessa on annettu vähimmäismäärät pilaantuneen maan selvitykseen ja tutkimukseen, pohjatutkimuskairauksille sekä yleisohje pohjaveden pinnan mittaukseen. Lopputuloksena pohjatutkimuksesta tulee aina selvittää kalliopinnan korko ja maaperän laatu sekä kantavuus. Pohjatutkimukset tulee toteuttaa aina projektikohtaisesti, pohjatutkimusyhtiön ja pohjasuunnittelijan asiantuntemuksen mukaan. Pohjatutkimus on tärkeässä roolissa uuden hankkeen suunnittelua ajatellen. Riittävän hyvin ja laajasti tehty pohjatutkimus antaa hyvän kuvan maaperän ominaisuuksista ja mahdollisuuksista. Pohjatutkimuksen toteuttamiseen paras toimintatapa tulee normaalisti pohjatutkimuksen tarjoavalta yritykseltä, mutta tilaajalla on yleensä omia vaatimuksia ja ohjeita pohjatutkimukseen liittyen (liite 2.).

Pohjatutkimuksissa voidaan myös menetellä niin, että ensin tutkitaan koko tontti tietyllä tiheydellä. Tämän jälkeen tarkastellaan pohjatutkimustuloksia, joiden perusteella voidaan määrittää parhaimmat paikat ja perustamistavat rakennuksille. Kun rakennusten sijainti on tarkennettu, voidaan pohjatutkimuksia lisätä, jolloin ennaltaehkäistään yllätyksiä maaperässä.

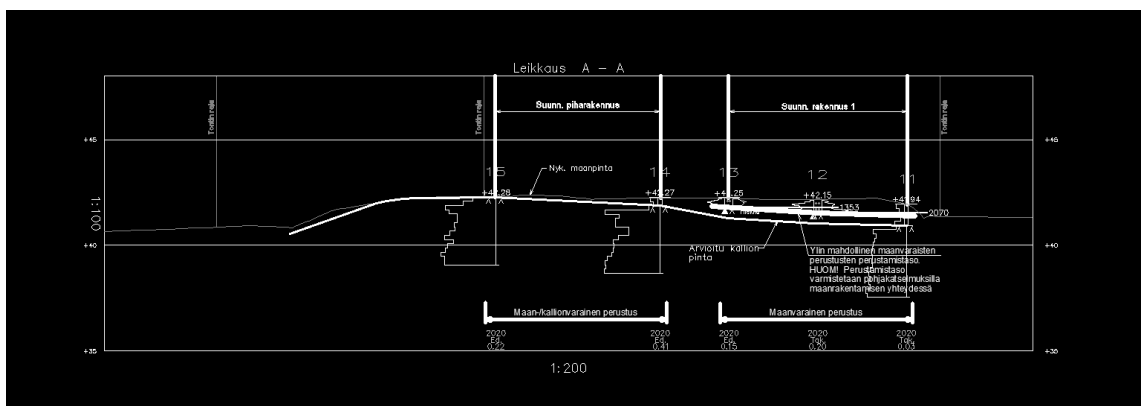
#### 5.1.1 Maanpinnan vaaitus ja kairauspisteet

Pohjatutkimuksessa olemassa oleva maanpinta vaaitaan ja korot esitetään pintavaaitus- tai pohjatutkimuskartassa (kuva 14.). Tämä antaa selkeän kuvan olemassa olevan maanpinnan korkoeroista. Pintavaaituskarttaan normaalisti laitetaan myös rakennusalueen ympäröivien alueiden pinnan korkoja.



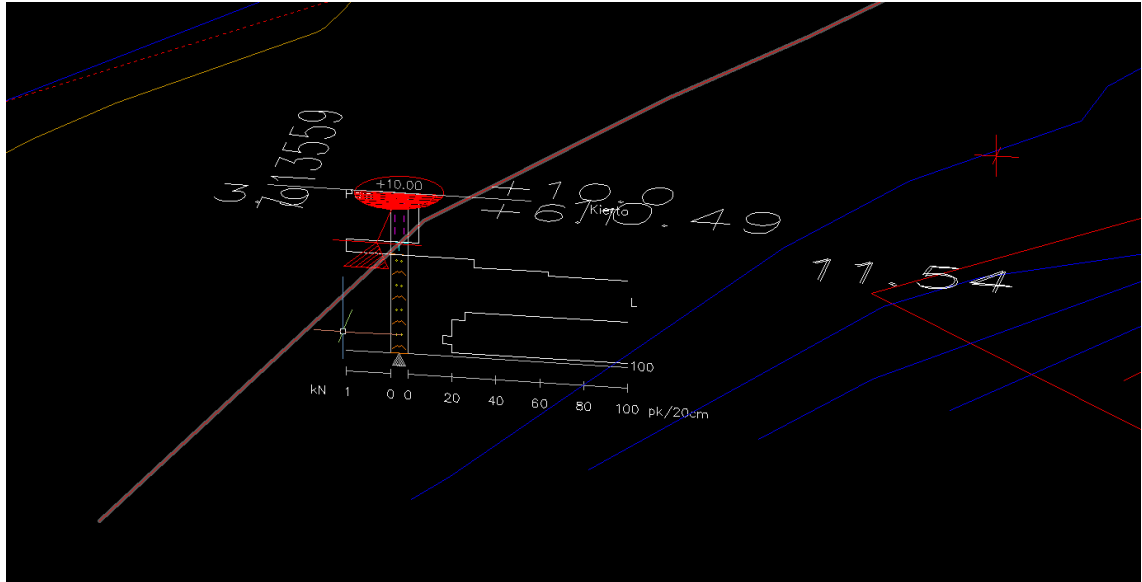
Kuva 14. Kuvakaappaus pintavaaiteuksesta

Kairauspisteitä tulee olla riittävästi, etenkin rakennusalueella, jotta saadaan riittävän hyvin selville maaperän tiedot. Esimerkkinä voi pitää yksi kairauspiste sataa (100) neliötä kohden. **Kalliopinnan** taso on varmistettava porakonekairauksilla. Hyvin ja riittävän laajasti tehdyt kairauspisteet antavat mahdollisuuden miettiä esimerkiksi rakennuksien sijoittelua tontilla kustannustehokkaan perustamisen näkökulmasta. Tämä on kuitenkin mahdollista pääsääntöisesti ennen kaavan muodostamista. Kairauspisteet esitetään pohjatutkimuskartassa, ne numeroidaan ja pisteen kohdalla esitetään maanpinnan korko, kalliopinnan korko, sekä kairauksen päätössyvyys. Jokaisesta kairauspisteestä tehdään leikkaus (kuva 15.), josta voidaan havaita eri maalajikerrokset, sekä tietenkin kalliopinta.



Kuva 15. Kairaustulosten leikkaus

Pohjatutkimusaineisto on mahdollista tuottaa 3D näkymässä (kuva 16.), jolloin tietomallinnus helpottuu etenkin maanrakennuksen osalta. Pohjatutkimuskartassa esitettyjen kairauspisteiden kohdalle saadaan laadittua kairaustulokset 3D näkymään, ja näin saadaan malliin laadittua pinta helpommin. Tätä helpottaa se, että pohjatutkimuskartta on oikeassa koordinaatistossa.



Kuva 16. Esimerkki kairaustuloksen esittämisestä 3D- muodossa

### 5.1.2 Kalliopinnan vaaitus

Kalliopinnan selvittäminen on tärkeä osa pohjatutkimuksia. Kalliopinnan koron mukaan suunnitellaan mahdolliset maanvaraisen rakennuksen massanvaihdot, tarvittavat kallio louhinnat tai mahdollisten tukipaalujen arvioitu tunkeutumistaso. Riittävän tarkalla kallio pinnan korkotiedolla voidaan etenkin tietomallia hyödyntämällä selvittää kustannustehokkain ratkaisu rakennuksen perustamista ajatellen. Tonttikohtaisesti voidaankin määrittää rajapinta, milloin kannattaa tehdä esimerkiksi massanvaihto ja milloin paalutus. Kalliopinnan vaaitus selventää myös kallio pinnan vaihtelun. Liian jyrkkään laskeva kallio pinta ei anna mahdollisuutta tehdä esimerkiksi maanvaraista perustusta.



## 5.2 Lähtötiedot ja vaatimukset GEO-tietomallille

Kohdeyritykselle on laadittu GEO-mallinnuksen ohjeet ja vaatimukset, joita tämän opin- näytetyön aikana päivitettiin vastaamaan tämänhetkistä tahtotilaa maanrakennuksen tie- tomallintamiselle. Ohjeessa on esitetty eri suunnitteluvaiheiden vaatimat mallinnuskoh- dat ja laajuudet sekä ensisijaiset mallinnustyökalut ja nimikkeet. (liite 3.). GEO-mallin- nusohje antaa hyvän kuvan aineiston tuottamiseen, ja esimerkiksi pohjatutkimusaineis- tosta saadaan tuotettua sellainen, joka auttaa tietomallin laatimisessa.

GEO-mallinnusohjeesta löytyy jokaiselle maanrakennuksen työsuoritteelle omat selitteet ja mallinnusohjeet sekä mitä kyseisestä vaiheesta halutaan tietomalliin. Esimerkkinä kal- liopinta, joka tulee mallintaa geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Tiedoston tulee sisältää myös pinta, pelkkä kolmioverkko tai korkeuskäyrät eivät riitä. GEO-mallin- nusohje on jaoteltu kuuteentoista eri työsuoritteeseen.

## 5.3 Maanrakennuksen panoshinnat ja riskivaraukset

Maanrakennuksen panoshintoja on kohdeyrityksessä päivitetty ja tarkennettu nyt vuo- den ja kuuden kuukauden ajan, eli niin kauan kuin omantuotannon maanrakennusta on kohdeyrityksessä tehty. Panoshinnat perustuvat valikoitujen kausisopimusurakoitsijoi- den ja materiaalitoimittajien yksikköhintojen sekä aiemman urakointikokemuksen tuo- man työteho- ja menekkitietojen mukaan. Panoshinnoittelussa käytetään valmista pa- nosluetteloa (liite 4.). Panoshinnoittelussa tulee aina huomioida kunkin kohteen maa- perä, ajomatkat materiaalin kuljettamiseen sekä työskentelytilan laajuus. Opinnäytetyön aikana laadittiin lähtötasoinen panoshintaluettelo maanrakennuksen yleisimmille töille. Luettelossa on eriteltynä eri litteroiden sisältämät suoritteet ja materiaalit. Isoimmat kus- tannukset, kuten maankaivu ja -kuljetus, paalutus ja louhinta on eritelty yksityiskohtai- semmin, jotta kaikki eri panokset tulee huomioitua (kuva 17.). Näitä panoshintoja on helppo päivittää kohteen sijainnin, maaperän sekä suunnitelmien vaatimusten mukaan. Laaditut panoshinnat on syötetty lähtötiedoksi myös Sigmaan, joten jo suunnitteluvai- heen tiedoilla saadaan käsitys hankkeen kustannuksista maanrakennuksen osalta.

1410	1410 - PAALUTUS				
Teräsbetonipaalu, 300 x 300 mm, l = 6-12 m	1410	Suorite	1431330	jm	12,5
Paalutustyö		Panos	300112		0,625
betonipaalukuljetus 30x30cm/50 km, 255 kg/jm		Panos	200336		12,5
Konekuljetus, betonipaalu 500jm		Panos	200366		12,5
teräsbetonipaalu 30x30cm, IB MK 3-12 jm, 255 kg/jm		Panos	200405		12,5
Paalutuskone		Panos	300111		0,25
LISÄHINTA: Kalliokärki, teräsbetonipaalu	1410	Suorite	1431450	kpl	1
Kalliokärki, teräsbetonipaaluille		Panos	200352		1
Maakärki, teräsbetonipaalu	1410	Suorite	1431451	kpl	1
Maakärki, teräsbetonipaaluille		Panos	200707		1
Paalujen tasokatkaisu	1410	Suorite	1432310	kpl	1
Paalukatkaisutyö		Panos	300110		0,11
Kaivukone KKht 14		Panos	400005		0,04
Kuorma-auto 10 m3		Panos	400008		0,04
Paalujatkokset	1410	Suorite	1432610	kpl	1
Paalujatkos 300x300		Panos	200721		1

Kuva 17. Teräsbetonipaaluituksen tuoterakenne Sigmassa.

Maanrakennuksessa suurimmat riskit liittyvät maamassojen käsittelyyn, maaperän vahvistamiseen ja tukemiseen sekä sääolosuhteisiin. Kohdeyrityksessä varaudutaan riskeihin kohdekohtaisesti, mihin vaikuttavat kohteen laajuus ja sijainti.

Maamassojen kaivu ja kuljetus saadaan laskettua suunnitelmien perusteella, mutta etenkin pääkaupunkiseudulla ylijäämämaiden uudelleensijoitus tuottaa haasteita. Espoossa ja Vantaalla on omat maan vastaanottopaikat, joissa on valmiiksi määritelty vastaanottohinnat eri maalajeille sekä eri kokoisille kuormille. Helsingissä tilanne on toinen, valmista maksullista ylijäämämaiden vastaanottopaikkaa ei ole. Pääkaupunkiseudun alueella ylijäämämaiden uudelleensijoitus vastaanottomaksuineen arvioidaan kustannuslaskentaan pääsääntöisesti pahimman mahdollisen vaihtoehdon mukaan, ottaen huomioon kuljetusmatkat ja vastaanottomaksut. Ennen töiden aloitusta ja koko ajan työn aikana haetaan vaihtoehtoisia vastaanottopaikkoja, joista mahdollisesti saavutetaan kustannushyötyä. Kohdeyrityksen ylijäämämaita pyritään uudelleensijoittamaan kohdeyrityksen muille projekteille, mutta aina tämä ei ole mahdollista. Haasteena on projektien työvaiheiden eriaikaisuus, jolloin esimerkiksi kaivettava maa-aines tulisi välivarastoida ennen loppusijoituspaikkaa.

Maaperän vahvistamiseen ja tukemiseen liittyy myös kustannusriskejä. Esimerkiksi teräsbetonilyöntipaaluutus voi aiheuttaa hydrostaattista maaperän elämistä, teräsponttiseinän tekeminen ei onnistu lohkaraisen maaperän takia tai talvella maan routiminen voi olla ongelma. Näihin riskeihin voidaan hieman varautua pohjatutkimusten perusteella, mutta varsinainen riskivaraus tehdään aiemman kokemuksen perusteella.

Kohdeyrityksessä yleiskäytäntö maanrakennuksen riskivaroissa on viiden – kymmenen (5-10) prosentin riskivara kunkin työvaiheen lasketusta kustannuksesta.

Kohdeyrityksessä on ensiarvoisen tärkeää miettiä ja suunnitella kaikki työt ja työvaiheet niin, että kustannuslaskennassa varatut varat riittävät työn suorittamiseen. Kohdeyrityksen strategian ja toimintatavan takia ei ole olemassa lisä- ja muutostöitä, koska näitä ei voida keneltäkään laskuttaa. Tavoite onkin saada kaikki TALO80- ryhmän litterat pysymään hieman plussan puolella, tällöin kustannuslaskenta ja riskivarojen varaukset ovat onnistuneet ja kohteen budjetti pitää.

#### 5.4 Tietomallipohjaisen ja perinteisen toimintatavan vertailu

Perinteisessä maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskennan toimintatavassa käytetään 2D- tasoisia suunnitelmia, joista tieto etsitään manuaalisesti käsin. Käsin tehtävässä laskentatyössä on isompi mahdollisuus laskentavirheille, kuin tietomallipohjaisessa laskennassa. 2D- tasoisista suunnitelmista on myös haastava laskea esimerkiksi kaivantojen luiskaukset, etenkin jos kaivualue on monimuotoinen. Tällaisissa tilanteissa määrälaskentaa usein oiotaan, jolloin todellinen määrä ei pidä enää paikkansa. Tietomallissa määriä saadaan tarkemmaksi, kun tietomalli on huolella tehty ja tarkistettu.

Perinteinen toimintatapa on aikaa vievää, kun kaikki tieto pitää poimia ja laskea 2D- tasoisista kuvista joko käsin, tai tietokoneohjelmalla. Hyvin tehdystä tietomallista kaikki tarvittava tieto ja määrät saadaan kerättyä käytännössä muutamalla klikkauksella. Etenkin kohdeyrityksessä käytössä oleva kustannuslaskentaohjelma Sigma osaa myös hinnoitella tietomallista saadut määrät suoraan valmiiden reseptien mukaan. Näin työ tehostuu ja nopeutuu.

##### 5.4.1 Ongelmat ja hyödyt

Tietomallin tuottama tieto ei täysin kattava. Tietomalli ei esimerkiksi ota huomioon työmaan aikana tehtäviä nostopaikkoja, työmaateitä ja varastoalueita jos nämä ei ole tarkasti suunniteltu. Tietomallin pohjatietona toimivat tehdyt pohjatutkimusraportit, joiden toteutukseen on monia eri tapoja. Mitä useampi kairaus -ja tutkimuspiste pohjatutkimuksessa on, niin sitä tarkempi tietomalli myös saadaan. Kairaus- ja tutkimuspisteitä ei voi

olla määräänsä enempää, sillä kukin tutkimuspiste on lisäkustannus. Tutkimuspisteet tuleekin optimoida kohteen mukaan, jotta saadaan tuotettua riittävän tarkka ja luotettava tietomalli. Vaikka pohjatutkimus olisi tehty hyvin, niin silti pitää huomioida riskinä maaperän muutokset. Etenkin Suomessa kalliopinta voi vaihdella voimakkaasti lyhyelläkin matkalla.

Tietomallin tuottamat määrät perustuvat kiintoteoreettisiin määriin. Näin ollen tietomalli ei ota huomioon työn aikana saavutettua irtotodellista määrää. Nämä asiat tulee tietomallin tekijän sekä tämän jälkeen kustannuslaskijan ottaa huomioon joko kustannusnousuna tai -säästönä, riippuen työsuunnitelmasta.

Tietomallin massamäärät ovat riippuvaisia suunnitellusta rakennuksen perustamiskorosta. Jos tietomalli laaditaan suunnittelun alkuvaiheessa, on riskinä korkojen muuttuminen. Lisäksi suunnitellun rakennuksen sijainnin muutos vaikuttaa tietomallin muodostamiin määriin. Kaikki muutokset tuleekin päivittää jo laadittuun tietomalliin, tai vaihtoehtoisesti laatia uusi tietomalli, jolloin saadaan helpommin vertailtua muutoksia ja niiden vaikutuksia.

Kuten luvussa 5.3. käytiin läpi maanrakennukseen liittyviä riskejä, saadaan tietomallista apua näiden riskivarausten ennakointiin. Riittävän tarkasti tehty pohjatutkimus ja tietomalli antavat hyvän käsityksen maaperästä. Eri maalajien erottelu auttaa havainnollistamaan kaivumaiden työstöä ja käsittelyä sekä mahdollista kaivumaiden uudelleensijoittamista. Tietomallista nähdään myös paremmin esimerkiksi suunniteltu kaivuluiska. Tätä voidaan verrata muuhun tontilla sijaitsevaan tai rakenteilla olevaan objektiin ja mahdollisesti voidaan suunnitella työt ja työvaiheet eri tavalla. Hyvä tietomalli riittävine tasoleikkauksineen ja värierotteluineen auttaa myös muita hankkeen osapuolia ymmärtämään maanrakennuksen toteutusta ja laajuutta, vaikka itse toimialasta ei olisikaan niin paljon kokemusta.

Maanrakennuksen tietomallintamisen tullessa rutiiniksi, se vie vähemmän aikaa ja sitä voidaan jatkokehittää. Tämä myös antaa paremman mahdollisuuden tehdä eri vaihtoehtovertailuja, ja näin vaikuttaa työn tehokkuuteen, kun tietomallintaminen ei vie liikaa aikaa. Mallien pyörittäminen ja vierekkäin vertailu antaa mahdollisuuden uusille ideoille ja uudelleenlaisille toteutuksille.

## 5.5 Case-kohte

Tämän opinnäytetyön aikana pidetyissä työpajoissa hyödynnettiin ja käytettiin kohdeyrityksen case-kohteen lähtötietoja. Case-kohte on suunnitteluvaiheessa oleva Vantaan Leinelän kaupunginosaan rakennettava pienkerrostalo (kuva 18.). Kohteeseen suunnitellaan viisikerroksista asuinkerrostaloa, jonka yhteiset tilat sekä väestönsuoja toteutetaan erillisessä piharakennuksessa. Case-kohteen tarkoituksena on hakea jo hyvissä ajoin suunnitteluvaiheessa kaikista tehokkain runkoratkaisu, huoneistojen asettelu sekä käytettävät materiaalit niin, että kustannukset saadaan mahdollisimman alhaisiksi. Tavoitteena on myös löytää linjaus monistettavuuteen rakennustehokkuutta ja kustannussäästöjä ajatellen. Rakennukset on suunniteltu maanvaraisiksi. Tontilla on tiedossa kalliolouhintaa, johon määriä saatiin tarkennettua tietomallilla. Case-kohteessa on jo käytetty tässä opinnäytetyössä laadittuja ohjeita ja toimintatapoja.



Kuva 18. Julkisivu ja asemakaavakuva case-kohteesta

Maanrakennuksen tietomallintaminen tuo oman apunsa case-kohteen suunnittelussa, kun mallinnuksen myötä voidaan rakennuksien sijoittelua päivittää mahdollisten kustannussäästöjen takia. Tähän vaikuttaa siis maaperä, josta tietomallintamisella voidaan laskea ja havainnoida esimerkiksi rakennuksen sijoittelu niin, että kalliota tulisi louhittavaksi mahdollisimman vähän.

## 6 Tulokset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää paras ohjelmisto maanrakennuksen tietomallintamiseen kohdeyrityksessä sekä laatia ohjeet maanrakennuksen tietomallintamiseen ja suunnitteluun sekä laatia toimintatapa tietomallin hyödyntämiseen maanrakennuksen määrä- ja kustannuslaskennassa. Tavoitteena oli myös laatia ohjeistus pohjatutkimuksille ja GEO-mallinnuksen lähtötiedoille sekä lisäksi päivittää maanrakennuksen panoshinnasto.

Opinnäytetyön tuloksena löydettiin kohdeyrityksestä jo löytyvä ja soveltuva ohjelmisto tietomallin laatimiseen. Tietomallintamisen ohjelmistoksi valittiin AutoCAD. Ohjelmistoa testattiin työn aikana case-kohteen yhteydessä. Työn aikana myös laadittiin ja päivitettiin ohjeistus pohjatutkimusten suorittamiseen sekä GEO-mallin laatimiseen. Maanrakennuksen panoshintoja sekä panoskirjastoa päivitettiin vastaamaan kohdeyrityksen tarpeita. Työn aikana myös vertailtiin perinteistä ja tietomallipohjaista määrä- ja kustannuslaskentaa, löytäen näistä hyötyjä ja ongelmia.

Opinnäytetyön aikana hyödynnettiin laadittuja ohjeita ja toimintatapoja case-kohteessa ja näitä toimintatapoja tullaan jatkokehittämään hankkeen edetessä sekä jalkauttamalla toimintatavat muihinkin projekteihin. Ennen kuin maanrakennuksen tietomallin laatiminen ja hyödyntäminen on vakiintunut käytäntö, tulee tehdä samanaikaisesti myös perinteistä määrä- ja kustannuslaskentaa vertailun vuoksi.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin halutut ohjeistukset ja toimintatavat, joita tältä opinnäytetyöltä odotettiin.

## 7 Yhteenveto

Opinnäytetyössä keskityttiin talonrakennustyömaiden maanrakennuksen määrä -ja kustannuslaskennan kehittämiseen tietomallia hyödyntämällä. Työn aikana saatiin hyvä käsitys ohjeistuksen ja toimintatapojen tarpeesta. Tietomallin hyödyntäminen vaatii yhteiset toimintatavat sekä tuntemusta alasta, jotta tietomallin sisältö on luotettavaa. Työn aikana löydettiin maanrakennuksen tietomallin laatimiseen soveltuva ohjelmisto ja sen käyttöä testattiin työpajassa. Työn aikana myös syvennyttiin päivittämään tietomallin lähtötietona toimivan pohjatutkimuksen ohjeistusta ja vaatimuksia sekä päivitettiin maanrakennuksen panoshinnastoa ja -rakennetta.

Bonava Suomi Oy on yksi suurimmista asuntorakentajista Suomessa ja tietomallin hyödyntäminen rakennuskohteissa tuo huomattavaa hyötyä määrä -ja kustannustiedon osalta. Lopputuloksena tavoitellaan tilannetta, jossa kaikki käytetyt ohjelmistot synkronoituvat toisiinsa, jolloin suunnitelmamuutokset, määrät ja kustannukset ovat ajan tasalla koko ajan ja näin ollen kaikkien tarkasteltavissa.

Opinnäytetyön aikana laadittuja ohjeita ja toimintatapoja hyödynnettiin case-kohteessa, joka toimi myös tässä työssä pohjatietona. Toimintatavat ja ohjeet ovat monistettavissa muille kohteille, ottaen huomioon kunkin kohteen yksilöllisyys.

Jatkotutkimuksena toimintatapoja ja ohjeita tulee kehittää maanrakentamisen yksityiskohtaisempiin työsuoritteisiin kuten tukipaalutus, tuennat sekä vesi- ja viemäriputkistot. Näiden erikoisrakenteiden tietomallintamiseen tullaan todennäköisesti tarvitsemaan jokin lisäosa jo valittuun mallintamisen ohjelmistoon.

## Lähteet

Infrarakentamisen kustannushallinta, 2006, RIL 231-1-2006. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

Jävälä P., Lehtoviita T. 2016. Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla. Rakennustieto.

Jääskeläinen R. 2010. Maanrakennuksen ja louhinnan perusteet. Tampere: AMK-Kustannus Oy.

Lindholm M. 2009. Kustannushallinta rakennushankkeessa. Suomen Rakennusmedia Oy

Pitko J. Opinnäytetyö, Infrarakentamisen tietomallinnus urakkalaskennan apuna, 2010.

Rakennushankkeen kustannuslaskenta, 2018, Ratu KI-6033.

Räsänen M. Opintomateriaali, Maa ja kalliorakentaminen, Metropolia Ammattikorkeakoulua 2019.

TALO 80- ryhmä, rakennuttajan määrälaskennan kehittäminen, 1985.

Talonrakennushankkeen kulku, riskien- ja laadunvalvonta 2017. RT 10-11255. Rakennustietosäätiö.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 7. Määrälaskenta. Building Smart Finland.



## Massakertoimet

Maalaji	Massakertoimien yhdistelmät ja käänteisarvot					
	Tilavuusyksikkö ennen kertomista massakertoimella					Tilavuusyksikkö, joka on kerrottu massakertoimella
	1) m <sup>3</sup> ktr	2) m <sup>3</sup> ktd	3) m <sup>3</sup> itd	4) m <sup>3</sup> rtd	5) m <sup>3</sup> rtr	
		$\frac{i}{y_i}$	$\frac{i}{k_i} \times \frac{i}{y_i}$	$\frac{i}{k_2} \times \frac{i}{k_1} \times \frac{i}{y_i}$	$\frac{i}{y_2} \times \frac{i}{k_2} \times \frac{i}{k_1} \times \frac{i}{y_i}$	
Savi		0,95	0,60	1,10	1,10	1) m <sup>3</sup> ktr
Siltti		0,94	0,63	0,98	0,98	
Hiekka		0,95	0,77	1,05	1,16	
Sora		0,87	0,77	1,05	1,16	
Louhe		0,91	0,52	0,57	0,52	
M-sora		0,83	0,46	0,60	0,67	
Murske		0,83	0,40	0,54	0,60	
	$y_1$		$\frac{1}{k_i}$	$\frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1}$	$\frac{1}{y_2} \times \frac{1}{k_2} \times \frac{1}{k_1}$	2) m <sup>3</sup> ktd
Savi	1,05		0,63	1,16	1,16	
Siltti	1,06		0,66	1,04	1,04	
Hiekka	1,05		0,80	1,10	1,21	
Sora	1,15		0,87	1,20	1,33	
Louhe	1,10		0,57	0,63	0,57	
M-sora	1,20		0,56	0,72	0,80	
Murske	1,20		0,48	0,65	0,73	
	$y_1 \times k_1$	$k_1$		$\frac{i}{k_i}$	$\frac{i}{y_2} \times \frac{i}{k_2}$	3) m <sup>3</sup> itd
Savi	1,68	1,60		1,85	1,85	
Siltti	1,59	1,50		1,56	1,56	
Hiekka	1,30	1,25		1,37	1,52	
Sora	1,32	1,15		1,39	1,54	
Louhe	1,93	1,75		1,11	1,01	
M-sora	2,16	1,80		1,30	1,45	
Murske	2,52	2,10		1,37	1,52	
	$y_1 \times k_1 \times k_2$	$k_1 \times k_2$	$k_2$		$\frac{i}{y_2}$	4) m <sup>3</sup> rtd
Savi	0,91	0,86	0,54		1,00	
Siltti	1,02	0,96	0,64		1,00	
Hiekka	0,95	0,91	0,73		1,11	
Sora	0,95	0,83	0,72		1,11	
Louhe	1,74	1,58	0,90		0,91	
M-sora	1,66	1,39	0,77		1,11	
Murske	1,84	1,53	0,73		1,11	
	$y_1 \times k_1 \times k_2 \times y_2$	$k_1 \times k_2 \times y_2$	$k_2 \times y_2$	$y_2$		5) m <sup>3</sup> rtr
Savi	0,91	0,86	0,54	1,00		
Siltti	1,02	0,96	0,64	1,00		
Hiekka	0,86	0,82	0,66	0,90		
Sora	0,86	0,75	0,65	0,90		
Louhe	1,91	1,74	0,99	1,10		
M-sora	1,49	1,25	0,69	0,90		
Murske	1,66	1,38	0,66	0,90		

Massakertoimien yhdistelmät ja käänteisarvot on laskettu valmiiksi numeroarvoiksi.

# Bonava pohjatutkimusohjeistus



Versio	Päiväys	Laatija
1.01	31.3.2020	Joni Kumpumäki
1.00	1.4.2019	Joni Kumpumäki

© Bonava Suomi Oy  
Töölönlahdenkatu 2, 00100 HELSINKI  
www.bonava.com



## Pohjatutkimus

Pohjatutkimusaineisto toimitetaan 3D-DWG-muodossa. Aineistossa tulee kairauspisteet ja eri tasot viedä samaan datajoukkoon. Aineistossa maa-, kallio-, savi-, siltti- ym. tasot valmiiksi samaan kiintopisteeseen, esimerkiksi tontin rajat → vähintään kaksi pistettä, näin saadaan koordinaatisto kohdelleen.

Pohjatutkimuksen lopputuloksena tarkka selvitys kalliopinnasta sekä maaperän laadusta, kantavuudesta, koostumuksesta sekä vesipitoisuudesta. Tutkimustulosten pohjalta mietitään kustannustehokkain rakennusten sijoittelu sekä perustamistapa.

Pohjatutkimusaineisto toimitetaan hankkeen suunnittelupäällikölle sekä maanrakennus työpäällikölle.

	POHJATUTKIMUSVAIHEET	SISÄLTÖ
PT0	Pintavaaitus	riittävän kattava pintavaaitus → koko tontin alueelta.
PT1	Pohjatutkimuskartta	Kartassa tulee esittää suunniteltujen rakennusten sijainti. Kairauspisteet tulee esittää 3D -näkyvässä toteutuneessa kairauspisteessä. 2D -leikkaukset kartan rinnalle tai liitteeksi.
PT2	Kairaukset	Kairauspisteiden määrä niin, että koko tontin maaperästä saadaan riittävän kattava kuva. Kairaukset vähintään rakennusten kulmista sekä esimerkiksi 1. kairaus / 100 m <sup>2</sup> .
PT3	Kalliopinnan selvitys/arviointi	Kalliopinnan sijainti tulee kairaus tulosten perusteella arvioida rakennusten kohdan ohitse koko tontin alueelta.
PT4	Pilaantuneen maan selvitys	Pilaantuneen maan selvitys tarkastellaan kohdekohtaisesti. Vähintään 1. koekuoppa jokaisen rakennuksen kohdalta. Selvitetään kohdealueen sekä viereisten tonttien ja rakennusten toimintahistoria. Tarkastellaan hulevesien valumat viereisiltä tonteilta.
PT5	Korkotasot	Tulkinta maaperästä, että mihin syvyyteen voidaan leikata ilman tuentaa. Tarkastellaan kriittiset kaivutasot (liejusavi, siltti). Pohjasuunnittelussa vältetään jyrkkiä luiskia sekä tukimuureja.
PT6	Pohjavesi	Selvitetään pohjavedenpinnan taso vanhasta mittausputkesta. Tarvittaessa asennetaan uusi mittausputki.

## Bonava GEO-mallinnuksen ohjeet ja vaatimukset



Versio	Päiväys	Laattija
1.03	31.3.2020	Joni Kumpumäki
1.02	23.8.2019	Joni Kumpumäki
1.01	6.3.2018	Bonava
1.00	14.9.2017	Bonava
0.99	30.8.2017	Byggnadsekonomi

© Bonava Suomi Oy  
 Toimkolahdenkatu 2, 00100 HELSINKI  
 www.bonava.com



### GEO Tietomallinnus

GEO-mallit toimitetaan 3D-DWG-muodossa. Mallit voidaan toimittaa myös IFC-muodossa, mikäli suunnittelijan käyttämä ohjelmisto tukee tätä formaattia. GEO-mallit toimitetaan aina erillisinä tiedostoina: olemassa oleva maanpinta.dwg, kallionpinta.dwg jne.

		GEO
GY1	Info GEO	Kaikki maankäsittelytöt täytyy mallintaa 3D:ssä geometrisesti ja toiminnallisesti oikein. Kuitenkin, jos tämä ei ole mahdollista, niin kaikki viivat pinnan DWG-suunnitelmissa tulee olla suljettuja polygoneja taikka pintakuvauksia.
GY2	2D-mallinnus	Minkä tahansa pinnan 2D-mallinnus täytyy käyttää suljettuja polygoneja taikka pintaobjekteja. Jokainen pinta- tai viivaesitys, joka kuvaa ojaa, kaivuuta tai täyttöä pitää olla selkeästi kuvattu oikeilla attribuuteilla ja kuvatasoilla.
GY3	Maankäsittelytöt	Kaikki maankäsittelytöt (kaivu, louhint, jne.), kunnallistekniikka ja talon ulkopuolinen tekniikka "korttelin sisällä" tulee mallintaa geometrisesti ja toiminnallisesti oikein. Kaikki tekniikka, joka vaatii huoltoa (kanavat, putket, kaivot, pumpput, sadevesikaivot jne.) sekä kaikki hanat ja säätimet, jotka ovat asiakkaan käytettävissä tulee sisällyttää malliin (jotta voidaan käyttää eri tyyppisissä visualisoinneissa).
GY4	Pohjavahvistukset	Paalut, pohjanvahvistukset ja tuennat tulee mallintaa geometrian, pituuden ja paikan osalta oikein. Teoreettinen (suunniteltu) paalun pituus tulee olla paalu tai katkaistu paalu, jos paalu osuu mallin kallio-pintaan ennen kuin koko paalun pituus on viety maahan.
GY5	Maan koostumus	Maan koostumus ja kerrostumat havaittu esimerkiksi geoteknisillä analyysillä tulee dokumentoida 3D-mallissa geometrian ja koostumuksen suhteen. Mittausruudukko ja mittaustulokset tulee näyttää, kuten myös mitatut pinnat. Kerrostumaa mallintava objekti tulee sisältää tarkkuusoletuksen tilavuuden suhteen (pohjautuen koetuloisiin ja ruudukon tiheyteen).

### GEO-mallivaatimukset

ES = Ehdotussuunnitelma, YS = Yleissuunnitelma, HPS = Hankintoja palveleva suunnitelma, TS = Toteutussuunnitelma

Mallinnettavat rakennusosat ja tilat, suluisissa olevat sovitetaan projektikohtaisesti						BONAVA	
Nro	GEO-vaatimukset	ES	YS	HPS	TS	Ensisijaiset mallinnustyökälyt ja nimikkeet	Kuvataso
G1	Olemassa oleva maanpinta		x	x		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Tiedoston tulee sisältää pinta, pelkkä kolmioverkko tai korkeuskäyrät viivoina eivät riitä. Avokallio sisältyy myös maanpinnan malliin.	x
G1.1	Maalajikerrostumat / Pohjatutkimuksen kairaustulokset	x	x	x	x	Mallinnetaan kairaustulokset maalajikerroksittain, paksuus, maalaji ym. Tiedoston tulee sisältää pinta, pelkkä kolmioverkko tai korkeuskäyrät viivoina eivät riitä. Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein.	x
G1.2	Pintamaa / Olemassa oleva täyttökerros		x	x		Mallinnetaan maanpinnan ylimmän kerroksen paksuus ja maalaji. Tiedoston tulee sisältää pinta, pelkkä kolmioverkko tai korkeuskäyrät viivoina eivät riitä. Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein.	x
G2	Kallionpinta	(x)	x	x		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Tiedoston tulee sisältää pinta, pelkkä kolmioverkko tai korkeuskäyrät viivoina eivät riitä. Avokallio tulee mallintaa myös kallon pintamallin.	x
G3	Kovan pohjan pinta		x	x		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Tiedoston tulee sisältää pinta, pelkkä kolmioverkko tai korkeuskäyrät viivoina eivät riitä.	x
G4	Louhintapinta		x	x		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Tiedoston tulee sisältää pinta, pelkkä kolmioverkko tai korkeuskäyrät viivoina eivät riitä.	x
G5	Kaivupinta		x	x		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Tiedoston tulee sisältää pinta, pelkkä kolmioverkko tai korkeuskäyrät viivoina eivät riitä.	x

3 (4)

G6	Lopullinen maanpinta		(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Tiedoston tulee sisältää pinta, pelkkä kolmioverkko tai korkeuskäyrät viivoina eivät riitä.	x
G7	Massamäärät		(x)	(x)			x
G8	Olemassa oleva kunnallistekniikka	(x)	(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Erityyppiset kunnallistekniikkaosat mallinnetaan omalle kuvatasolle (Esim. viemärikanavat, sadevesikaivot, kaapeliverkko, maakaasu, kaukolämpö jne.)	x
G9	Työnäikaiset tuennat		(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Erityyppiset tuentaosat mallinnetaan omalle kuvatasolle (Esim. ponttiseinät, ankkurit, stabiiloinnit jne.)	x
G10	Pohjanvahvistukset		(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Erityyppiset pohjanvahvistusosat mallinnetaan omalle kuvatasolle (Esim. paalutus, syvästabiiloinnit, maapohjan kevennysrakenteet jne.)	x
G11	Massanvaihtotyöt		(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein.	x
G12	Pohjaveden suojausrakenteet		(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein.	x
G13	Pilaantuneet maat	(x)	(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein.	x
G14	Olemassa olevat rakenteet	(x)	(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Erityyppiset rakennusosat mallinnetaan omalle kuvatasolle (Esim. vanha rakennus, vanha tukimuuri, vanha kaivo jne.)	x
G15	Olemassa oleva kasvillisuus	(x)	(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein.	x
G16	Tontin ulkopuoliset alueet	(x)	(x)	(x)		Mallinnetaan geometrian ja korkeusaseman osalta oikein. Erityyppiset alueosat mallinnetaan omalle kuvatasolle.	x

4 (4)

## Panoshinnaston määräluettelo

	Tontin pinta-ala	m2
1000	<b>MAA- JA POHJARAKENNUS</b>	
1000	Maanrakennustyönjohtaja lkk	kk
1000	3D koneohjausmalli	erä
1000	Pienkonevuokrat	erä
1000	<b>TYÖNAIKAINEN KUIVANAPITO</b>	
1000	Työnaikainen kuivanapito, PT s.2	erä
1100	<b>RAIVAUS</b>	
1100	Rakennusalueen raivaus, poiskuljetus ja kaatopaikkamaksu	m2
1100	Hyötötypuun korjaamisesta aiheutuvat kustannukset	erä
1200	<b>MAANKAIVU</b>	
1200	INFO, maalajeja ja kaivuluokkia ei eritelty	
	<b>PINTAMAAN POISTO</b>	
1200	Pintamaan poisto + poiskuljetus hl=200 mm, sis. Kaatopaikkamaksu	m2
1200	Ruokamullan poisto ja välivarastointi,	erä
	<b>RAKENNUSPOHJIEN KAIVU</b>	
1200	Rakennuspohjien tasokaivu, h<1 jm, m3	m2
1200	Rakennuspohjien tilavuuskaivu, h>1 jm, m2	m3
	<b>PERUSPOHJAN KAIVU</b>	
1200	Anturan pohjan tasaus (mv-anturat), sis. Jyräys	m2
	<b>RAKENNUSALUEEN KAIVU</b>	
1200	Rakennusalueen tasokaivu, h<1 jm, m3	m2
	<b>KAIVUMAIDEN KULJETUS</b>	
1200	Kaivumaiden kuljetus, 10 km	m3ktr
1200	Kaivumaiden kuljetus ja vastaanotto savi, Sipoo 15,4 €/m3itd	m3ktr
1200	Kaivumaiden kuljetus ja vastaanotto maa, Sipoo 12,4 €/m3itd	m3ktr
1200	Kaivumaiden kuljetus kitka/louhe, Sipoo 9,4 €/m3itd	m3ktr
1200	Kaivumaiden vastaanotto savi, Espoo/Vantaa KA	m3ktr
1200	Kaivumaiden vastaanotto kitka, Espoo/Vantaa KA	m3ktr
1300	<b>LOUHINTA</b>	
	INFO, louhintatoleranssia ja kallion laatua ei eritelty	
1300	Katselmukset	erä
1300	Tärinämittaukset, etäluetteva ltp	kpl
	<b>PINTALOUHINTA, GEO G341-036-02 ja G341-036-01</b>	
1300	Rakennuspohjien pintalouhinta, h<1 jm, m3	m2
	<b>KANAALILOUHINTA (alle 3 jm levyiset kanaalit)</b>	
	INFO, alle 1jm levyiset louhinnat laskettu 1jm:n levyisinä	
1300	Kanaalilouhinta, h<1 jm, jm, m3	m2