



ARCHICAD-OHJELMAN KÄYTTÖ TALONRAKENNUKSEN MAANRA- KENNUSTÖIDEN MALLINTAMI- SESSA

Petri Kilpi

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2012
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

PETRI KILPI

ArchiCAD-ohjelman käyttö talonrakennuksen maanrakennustöiden mallintamisessa

Opinnäytetyö 72 sivua, josta liitteitä 28 sivua
Kesäkuu 2012

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ArchiCAD-ohjelman toimivuutta maanrakennustöiden mallintamisessa ja selvitettiin sen soveltuvuutta tuottaa määrälaskentatietoja. Tarkoituksena oli myös tuottaa opetusmateriaalia Tampereen ammattikorkeakoululle, visualisoidulla kyseisen kohteen työvaiheet. Työssä käsiteltiin myös tietomallia ja siihen liittyviä hankkeita.

Mallinnuksen avulla saatiin runsaasti visualisoitua aineistoa Tampereen Vuoreksen alueella sijaitsevan liikekeskus Klaavan maanrakennustöistä. Malleja tehtiin kaksi, joista ensimmäisellä tuotettiin työvaihekuvia ja toisella voidaan tehdä erilaisia tulosteita, kuten leikkaus- ja havainnekuvia. Lisäksi malli sisältää kohteen määrälaskentatiedot.

Ohjelman soveltuvuus maanrakennustöiden mallintamiseen oli tyydyttävällä tasolla. Työn edetessä huomattiin ohjelman kuormittavan tietokonetta, sillä prosessointi vei aikaa kohtuuttoman paljon. Eri alojen suunnittelun yhteensovittamisessa tulee helposti virheitä, mutta 3D-mallissa nämä on helppo havaita. Mallin tulisikin sisältää kaikki suunnitelmat, jotta ne saadaan sovitetuuta yhteen.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree program in Construction Technology
Option of Civil Engineering

PETRI KILPI

House Building Earth Construction Work Modelling with ArchiCAD Software

Bachelor's thesis 72 pages, appendices 28

June 2012

The main objective of the thesis was to study, how ArchiCAD-design software can be used for modelling earth construction work. It was also studied, how the software can produce quantity calculation. One of the goals was also to produce an educational material to Tampere University of Applied Sciences by visualizing step by step all the stages of the site in question. Building information model and related projects were also discussed.

Modelling yielded a lot of visual material of earth construction works in Tampere Vuores shopping center Klaava. Two different models were made. The first model produced photos of stages and the second model can be used for different prints, such as cutting- and visualizing drawings. In addition the model also includes quantity calculation information.

It was discovered that the software it's not very suitable for modelling of the earth construction works at the acceptable level. As the work progressed, it became clear that the program overloads computer, because the processing took an excessive amount of time. 3 D model shows that the plans of the different areas are often inconsistent. The model should therefore include all the plans in order to be able to combine them.

Key words: modeling, building information modeling, quantity surveying, cost accounting.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn tausta.....	7
1.2	Työn tavoitteet	7
1.3	Tutkimusmenetelmät	7
2	MALLINNUS	8
2.1	Mallintaminen.....	8
2.2	Tietomalli.....	9
2.3	Tuotetietomallitieto rakennusprosessissa.....	10
2.4	Määrälaskenta	10
2.5	Mallinnuksen tämän hetkinen tilanne	11
2.6	Tietomalliin liittyviä hankkeita.....	11
3	MALLINNUKSEN TYÖVAIHEET ARCHICAD-OHJELMALLA	15
3.1	Lähtötiedot	15
3.2	Pintavaaitus ja kallio	18
3.3	Louhinta ja LVI	19
3.4	Pintamaan poisto ja liikennealueen leikkaus	20
3.5	Irtilouhinta	22
3.6	Salaojaputken alussorastus ja alkutäyttö.....	23
3.7	Anturalaatta ja sen alustäyttö	24
3.8	Lattian alustäyttö ja hissien seinät	25
3.9	Vierustäyttö ja täyttö kiviaineksilla	26
3.10	Runko ja kapillaarikatko	26
3.11	Täyttö	27
3.12	Liikenne- ja viheralue	27
4	MALLINNUKSEN TOIMIVUUS	30
4.1	Ohjelman toiminta maanrakennustöissä	30
4.2	Määrien hallinta	31
4.3	Käyttö visualisointiin	33
4.4	Pintamaan poisto.....	34
4.5	Rakennuspohjan leikkaus	34
4.6	Louhinta	34
4.7	Alussorastus ja alkutäyttö	35
4.8	Vierustäyttö.....	35
4.9	Liikennealue.....	35
4.10	Nurmialue	36
4.11	Putket	37

4.12 Huomioitavaa.....	38
5 KEHITTÄMISEHDOTUKSIA.....	39
5.1 ArchiCAD maanrakennustöiden suunnittelussa	39
5.2 ArchiCAD maanrakennustöiden opetuskäytössä.....	39
6 YHTEENVETO	42
LÄHTEET.....	44
LIITTEET	45

LYHENTEET JA TERMIT

2D	Kaksiulotteinen kuva tai teksti
3D	Kolme ulottuvuutta
4D	3D ja lisäksi aika
5D	4D ja lisäksi määrätiedot, laatu ja linkit
BIM	Tietomallintaminen (building information modeling)
Boolean toimenpide	Ohjelman ominaisuus, jolla elementit leikataan siten, että ne eivät ole päällekkäin.
COBIM	Kansalliset tietomallivaatimukset
HKR	Helsingin kaupungin rakennusvirasto
IfcXML	IFC-tuotetietomallin määrittely XML schema-kieltä käyttäen. IfcXML mahdollistaa IFC-tuotetiedon siirrossa XML-pohjaisen formaatin käytön IFC-tiedonsiirtoformaatin (ISO 10303–21) sijasta.
InfraFinBIM	Hanke, jonka tuotoksena saadaan ohjeita ja vaatimuksia tuotemallinnukselle.
InfraModel2	Kansallinen inframallin XML-pohjainen tietomäärittely, joka perustuu kansainväliseen LandXML-määrittelyyn.
Kamera	Ohjelman toiminto, minkä avulla asetetaan kamerat kuvaamaan 3D-mallia halutuista kuvakulmista. Auringon asema valittavissa, varjojen avulla korostetaan kohteiden korkeuseroja ja muotoja.
LandXML	Erikoistettu XML-pohjainen formaatti, joka sisältää määrittelyt infra- ja maanmittaustiedolle.
LIVI	Liikennevirasto
Tietomalli	Sisältää 3D-mallin, määrälaskenta, laatu, materiaali ja muuta tietoa rakentamisvaiheesta elinkaaren loppuun asti.
XML	eXtensible Markup Language. Yleinen menetelmä tietojen määrittelemiseksi ja määrittelyn mukaisten tietojen kuvaamiseksi tietokonesovelluksilla tulkittavassa muodossa.
XML-skeema	Tietojen esitysmuodon määrittely XML schema kielellä. XML skeema määrittelee tietojen esitysmuodon tiettyä tarkoitusta varten, tietylle sovellusalueelle.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Talonrakennuksessa mallinnus on ollut käytössä jo pitkään ja infrarakentamisessa sen käyttö on lisääntynyt voimakkaasti. Mallinnus infrarakentamisessa mahdollistaa maanpinnan ala- ja yläpuolella olevien rakenteiden, laitteiden, järjestelmien, rakennusosien ja alapuolisten pohjaolosuhteiden dokumentoinnin selkeästi esitettävässä muodossa. Työssä käytetään Tampereen Vuoreksen alueelle valmistuvan liikekeskus Klaavan suunnitelmia. Tämän opinnäytetyön tekijä on aiemmin työskennellyt kesätöissä määrälaskijana ja laskenut myös kyseisen kohteen maanrakennustöiden määrät ja massat. Työssä voidaan siis verrata mallinnuksen avulla saatavia määriä perinteisellä tavalla laskettuihin. Perinteisellä tavalla tarkoitetaan tässä tapauksessa AutoCAD-ohjelman ja paperipiirustusten avulla laskettuja määriä.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tarkoituksena oli tuottaa aineistoa Tampereen ammattikorkeakoululle opetuskäyttöön. Työssä pyrittiin selvittämään, miten mallinnuksen avulla saadaan massat selville, ovatko ne oikeita ja miten helposti ne ovat dokumentoitavissa. Lisäksi tutkia ArchiCAD-ohjelman soveltuvuutta maanrakennustöiden mallinnukseen sekä löytää eri käyttömahdollisuudet kyseiselle ohjelmalle. Tavoitteena oli selvittää mallinnuksen avulla Tampereen Vuoreksen alueella sijaitsevan liikekeskus Klaavan maanrakennukseen liittyviä vaiheita ja nimetä siihen kuuluvat rakenneosanimikkeet Talo 2000-nimikkeistön mukaan.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Määriä verrataan AutoCAD-ohjelman ja piirustusten avulla suoritettuun määrälaskentaan. Mallinnuksessa käytettävä ohjelma oli ArchiCADin versio 15, millä asetettiin kameroita mallin ympärille 20 paikkaan, jotta saadaan kuvamateriaalia. 3D-mallin leikkausten avulla varmistetaan kaikkien rakenneosien oikea sijainti ja mitoitus.

2 MALLINNUS

2.1 Mallintaminen

3D-malli tehdään asettamalla korkeustiedot tasokuvaan. ArchiCAD-ohjelmassa on työkaluja joilla korkeus lisätään, tähän työhön liittyen tärkeimmät ovat seinä-, pinta-, laatta-, pilari- ja putkityökalut (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Työkalujen käyttökohteet

Työkalu	Käyttökohde
Laatta	alkutäyttö, alustäytöt, alussorastus, irtilouhintaa, kanaalikaivu, lattia, louhintaa, pilarianturat, pintavesi, tilavuuskaivu, täytöt
Pilari	Kaivot, ympärystäyttö, rajapaalut
Pinta	Asfaltti ja sen kerrokset, kallion pinta, liikennealueen leikkaus, pintamaa, pintamaan poisto, pintamultaus, tasausalusta, tie, viheralue, viheralueen täyttö
Seinä	Perustukset, tukimuuri, vierustäyttö

Putkien alussorastus ja alkutäyttö on mallinnettu laattatyökalulla siten, että laatan alapinta on alimman tason alapinnassa tai sen alapuolella, yläpinta vastaavasti laatan ylimmän pinnan tasolla tai sen yli. Pintatyökalulla tehdään leikkauslevy, jonka paksuus on nolla ja tätä käytetään apuna leikkaamalla pinnat kaltevaksi.

Malli on tehty aluksi työvaiheittain, jolloin siitä tulee huomattavasti työläämpi tehdä. Leikkauskuvissa näkyy työvaiheittain lisätyt kerrokset, tämän vuoksi työssä tehdään erikseen malli, jossa täytöt ovat ilman kerrosrajoja. Näin toimien leikkauskuvasta tulee selkeämpi ja massat tulostuvat yhtenä määränä.

2.2 Tietomalli

Tietomallilla tarkoitetaan rakennuskohteen, sen rakentamisen ja elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuutta digitaalisessa muodossa. Tarkoitus on kerätä kaikki tarvittava tieto kolmiulotteiseen tietokonemalliin, silloin se on hyödynnettävissä suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa. (RIL.)

Hankeen alkuvaiheessa voidaan 3D-mallin avulla tehdä tutkimuksia toimivuuden varmistamiseksi, jotta kohdetta suunniteltaessa sitä voidaan parannella ja tehdä tarvittavat korjaukset. Tietomallista saadaan erilaisia tulosteita, kuten piirustuksia, määräluetteloita koordinaattitietoja, työvaihe- ja havainnekuvia. Nykyisin piirustuksia ja dokumentteja on tehty eri paikoissa, eikä niiden yhteensopivuutta voi taata, esimerkiksi geo-, LVI-, sähkö- ja rakennekuvat. Tietomallissa eri suunnitelmat on sovitettu yhteen, mistä saadaan tulostettua yhteneviä kuvia. (RIL.)

Suunnitteluohjelmien on tuettava talonrakennuksessa IFC-formaattia ja infrapuolella LandXML-formaattia, jotta suunnitelmat voidaan tehdä eri ohjelmilla. Tietomallissa suunnitelmat on yhdistetty yhdistelmämalliksi ja siten vältetään eri alojen suunnitelmien aiheuttamat virheet (RIL.)

”Tietomallin osille voidaan myös liittää tietoa aikataulusta, hinnoista ja hankinnoista. Näiden tietojen avulla esivalmistus-, valmistus- ja rakentamisprosessit voivat hyödyntää mallin tietoja prosessin hallinnassa (RIL).”

Tietomallia voidaan hyödyntää rakentamisvaiheesta elinkaaren loppuun asti. Tietomallista käytetään lyhennettä BIM (building information modeling). Mallia voidaan hyödyntää esimerkiksi yhdistelmämallien teossa sekä niiden törmäystarkastelussa, visuaalisessa tarkastelussa, työmaan ohjauksessa, sovitettaessa kohde ympäröivään maisemaan, sijainnin määrittelyssä, massojen ja määrien dokumentoinnissa. (RIL.)

2.3 Tuotetietomallitieto rakennusprosessissa

Talonrakennuksessa tietomallinnusta on kokeiltu Rakennusteollisuus RT ry:n ProIT-kehityshankkeessa vuonna 2005. Ongelmia esiintyi muun muassa LVI-suunnitelmien törmäystarkasteluissa, koroissa sekä viettokulmissa kuin myös sähköjohtojen mallintamisessa, lisäksi sähkömallista puuttui valmiita objektiivieja. Lattialaatan viettäminen useampaan suuntaan aiheutti ongelmia, tämän vuoksi se mallinnettiin eri ohjelmalla. Kalliomallin sovittamisessa talomalliin epäonnistuttiin. Pohjarakennemalleja ei päästy hyödyntämään, mutta niiden olemassaoloa pidettiin tärkeänä. (VTT.)

LandXML-formaatti on lähes 20 vuotta vanha formaatti, johon ei ole mahdollista lisätä kaikkia lähitulevaisuuden tarvitsemaa tietoa esimerkiksi kaikkia materiaalitietoja ja kustannusseurannan vaatimia tietoja. Kuitenkin LandXML-formaatti on tällä hetkellä maailman paras infra-alan formaatti, joka on laajalti käytössä. LandXML-formaatin puutteet ovat tällä hetkellä mahdollista kiertää tiedostamalla puutteet ja hoitamalla ne prosesseissa hankekohtaisesti. IFC ja LandXML-formaatti on mahdollista yhdistää ohjelmistojen välillä hankekohtaisesti. Lähitulevaisuudessa on tavoitteena saada luotua selkeät ohjeet, jotta riittävä määrä tietoa siirtyy avoimesti ohjelmistosta toiseen ilman että hankekohtaisesti joudutaan asia sopimaan ja hallitsemaan omana prosessina. (Kimmo Laatonen.)

2.4 Määrälaskenta

Tällä hetkellä määrälaskentaan käytetään paljon aikaa, koska tarjouspyyntövaiheessa määriä ei anneta tiedoksi urakoitsijoille tai jos annetaan, ne eivät ole sitovia. Tämän vuoksi jokainen urakoitsija laskettaa määrät joko omalla määrälaskijallaan, teettää laskennat ulkopuolisella laskijalla tai pyytää tarjouksen urakan osasta, esimerkiksi viherurakoinnista, louhinnasta tai paalutuksesta. Mikäli tarjous perustuu annettuihin määriin, voidaan ne pyytää yksikköhinnoiteltuina, jolloin mahdolliset erot laskelmissa ja käytännön työssä saadaan sovittua. Suunnitelmissa voi tulla muutoksia myös työn edistyessä, jolloin yksikköhinnoittelu on perusteltua.

Urakoitsijoita on usein monia tarjouskilpailussa ja niiden joukosta valitaan yleensä edullisin tarjous. Käytössä on lisäksi erilaisia pisteytyksiä, joihin vaikuttavat urakoitsijan referenssit, laatusuunnitelmat, kalusto ja niin edelleen. Urakoitsijoista suurin osa tekee siis ilmaista määrälaskenta- ja kustannuslaskentatyötä, mikäli tarjousta ei valita. Määriä lasketaan tarveselvitys-, hankesuunnittelu- ja rakennussuunnitteluvaiheessa.

Määrät lisäksi hinnoitellaan, joten joka vaiheessa käytetään runsaasti aikaa ja rahaa kustannusten selvittämiseksi. Tietomallin avulla pyritään siihen, että tiedot syötetään ker-
ran, ja niiden tulee olla niin tarkkaan annettuja, jotta mallista saatuihin määräluetteloihin
voidaan luottaa ja kustannukset pystytään laskemaan tarkasti.

Tietomallista saatavia määrätietoja talon maanrakennustöissä:

- rakennusalueen täyttö kaivu-
mailla
- perusmuurin vierustäyttö
- kanaalikaivu
- kanaalilouhinta
- pintalouhinta
- tilavuuslouhinta
- syvennyslouhinta
- pintamaan poisto
- päällyste
- nurmetus ja kasvialusta
- salaojaputket ja tarkastuskaiivot
- jäte- ja sadevesiputket
- vesijohdot.

2.5 Mallinnuksen tämän hetkinen tilanne

Tällä hetkellä tietomallille pyritään löytämään keskeiset pelisäännöt, jotta kaikki pro-
sessit toimivat saman formaatin avulla yhteneväisesti. Infra-ala on siis siirtymässä mal-
lipohjaisiin prosesseihin. Liikennevirasto tilaa viimeistään 1.4.2014 alkaen pääasiassa
mallipohjaisia palveluja, joita hyödynnetään kaikissa väylänpidon vaiheissa, alkaen
suunnittelun tilauksesta, jatkuen koko väylän ja sen osien elinkaaren ajan. Siltahan-
keessa edetään siten, että ensin laaditaan vaatimukset ja ohjeet mallin käytölle. (RIL.)

2.6 Tietomalliin liittyviä hankkeita

Siltojen tietomalliohje

Liikennevirasto julkaisi Siltojen tietomalliohjeen 6.5.2011. Se sisältää ohjeita yhtenäis-
ten toimintatapojen luomiseksi tietomallien käytössä sekä suunnittelu-, työmaa- ja yllä-

pitovaiheissa (Liikennevirasto). LIVI ottaa Siltojen tietomallin käyttöön ja HKR:llä se on jo käytössä. Kaikista pisimmällä oleva malliohje Suomessa infra-alalla. (Kimmo Laatonen.)

Infra TM-kehittämishanke 2009–2011

Hankkeen tavoitteena oli vauhdittaa infra-alan muutosta kohti tuotemallipohjaista elinkaaritiedon yhteiskäyttöä, sekä luoda avoin ja yhtenäinen InfraBIM-tietomalli, joka perustuu kansainvälisiin paikkatieto- ja tuotemallistandardeihin sekä kotimaiseen vakionimikkeistöön. Rahoittajina ovat Liikennevirasto, Helsingin, Espoon, Vantaan, Tampereen, Turun, Oulun ja Lahden kaupungit sekä alan urakoitsijoita edustava Infra Ry. Hankkeen johtoryhmässä ovat edustettuina myös Tekes ja Suomen Kuntaliitto, hanketta koordinoi rakennustietosäätiö. (Rakennustieto.)

”Jatkuva hanke, joka koordinoi Infra kehitystä. Mukana suurimmat infran tilaajat.” (Kimmo Laatonen.)

5D Silta-projekti 2005–2007

Tavoitteena oli siltojen tuotemallintamisen ja rakentamisen automaation kehittäminen sekä valmiuksien lisääminen Tiehallinnon siltarekisterin ja toleranssien uudistamiseen. Älykäs silta-projektille jatkoa, jatkettiin tuotekehitystä, tutkimusta sekä uusien menetelmien käyttöönottoa kehittämällä ja integroimalla siltojen kokonaistoimintaprosessia ja siihen liittyviä osatekniikoita. (OCI.)

”Siltamallin yhdistäminen LandXML-formaattiin vaatii tällä hetkellä hankekohtaisen prosessin, jotta riittävä tieto saadaan siirrettyä ohjelmistoista toiseen. Ongelma voidaan hoitaa myös siten, että hankkeessa käytetään vain yhtä ohjelmistoa.” (Kimmo Laatonen.)

Pohjatutkimusrekisteri

Geologian tutkimuskeskus ja Liikennevirasto ovat sopineet hankkeissa teetettävien uusien pohjatutkimustulosten luovuttamisesta, tallentamisesta, säilyttämisestä ja jakelusta. (Liikennevirasto.)

Rekisteripalvelu julkaistiin syksyllä 2011, sen kautta voi ladata ja katsella maksutta tutkimustietoja. Tiedot ovat Infra-2.1-formaatissa alkuperäisessä tai ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa. (Geo.fi.)

Tietomalliteknologiaa hyödyntävät infraprosessit (InfraTimantti) 2009–2010

VTT teki luottamuksellisen selvityksen Infra TM-ryhmän tilauksesta ja sen kanssa yhteistyössä (rakennustieto).

Hanke keskittyi elinkaaren prosesseihin ja tarkoituksena oli edistää kestävästä omaisuuden hallintaa, tuottavuuden ja kilpailukyvyn parantamista. Tavoitteena oli yhteen sovittaa ja uudistaa eri osapuolet hyödyntämään tietomallia ja tukea hankinta-, liiketoiminta- ja palvelumallien kehittämistä. (Liikennevirasto.)

Rym/PRE/Infra FINBIM

Hankkeella pyritään systemaattiseen muutokseen, siirtymällä perinteisestä vaiheajattelusta koko elinkaaren ja kaikki osa-alueet, toimijat ja toiminnot kattavaan tietomalleja hyödyntävään palvelutuotantoon (Liikennevirasto).

”Mahdollistaa tietomallinnuksen tulon Infra-alalle. Tavoite on täysin saavutettavissa vielä tänä päivänäkin vuoteen 2014 mennessä.” (Kimmo Laatonen.)

Hankkeessa ovat mukana Liikennevirasto, ELY-keskukset, kaupungit ja infra-alan suurimmat yritykset (RIL).

Kehitystyö koostuu kolmesta osakokonaisuudesta:

- **Hankintamenettelyjen kehittäminen** eli eri suunnitteluvaiheiden, rakentamisen sekä ylläpidon hankintamenettelyjen kehittäminen edistämään tietomallien hyödyntämistä.
- **Rajapintojen ja standardien kehittäminen** eli termien, nimikkeiden rajapintojen ja tiedonsiirtomenettelyjen kehittäminen ja soveltaminen hankkeiden toteuttamisessa.
- **Suunnittelun ja rakentamisen uudet prosessit** eli suunnitelmien ja luovutusaineistojen sisällön määrittäminen sekä sellaisten yhteisten prosessien määrittäminen ja kehittäminen, joita jokainen palvelutoimittaja tarvitsee menestyksekkääseen tietomallipohjaisen liiketoimintaprosessinsa kehittämiseen. (RIL.)

DigiINFRA 2011–2012

Projekti, jossa tutkitaan ja kehitetään infrarakentamisen digitaalista tuote- ja toimintaprosessin ohjausta sekä johtamista. 3D-ohjausjärjestelmän avulla työkoneiden ohjaamisesta saadaan taloudellista hyötyä ja puhelinteknologiaa hyödyntämällä uusia mahdollisuuksia, esimerkiksi reaaliaikaiseen massojen siirron ohjaukseen. Tutkimuksessa ovat mukana Oulun yliopiston Rakentamisteknologian tutkimusryhmä, Oulun yliopiston Mekatroniikan ja konediagnostiikan laboratorio sekä VTT. (OCI.)

Open Infra

Käynnistymässä oleva hanke joka on vielä rahoitusta vailla. Hanketta käsitellään kesäkuun puolessa välissä pidettävässä workshopissa Pariisissa. Suomesta jäseniä osallistuu Infra FIN-BIM-hankkeesta. Tavoitteena on yhteinen tietomalliohje Euroopan Unionin alueella. (Kimmo Laatonen.)

3 MALLINNUKSEN TYÖVAIHEET ARCHICAD-OHJELMALLA

3.1 Lähtötiedot

Mallinnuksessa käytettiin esimerkkikohteena Tampereen Vuorekseen kesäkuussa 2012 valmistuvaa liikekeskus Klaavaa. Kuvissa 1 - 4, on esitetty kohteen julkisivupiirustukset, perustus-, perustusten leikkaus-, asema- ja pintavaaaituskuvat. Työssä käytettiin samoja kuvia ja pohjarakennesuunnitelmaa kuin kohteen maanrakennustöiden urakkalaskentaa varten oli annettu. Tarjouspyyntöä ei tässä mallinnuksessa huomioitu.

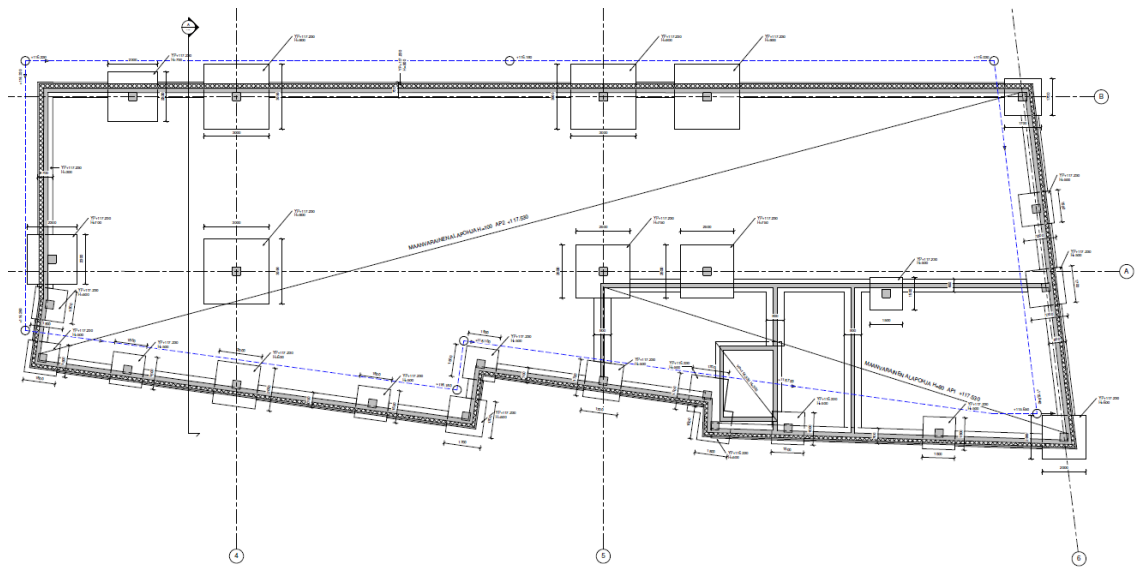
Todelliseen kohteeseen tulee louhintaa tulevaa laajennusta varten, mitä ei myöskään huomioitu mallinnuksessa, sillä tästä työstä tulee mahdollisesti koulussa harjoitustehtävä, siihen liittyvän työmäärän vähentämiseksi pyritään tekemään muutamia helpotuksia, jotta tehtävä olisi mahdollista suorittaa kohtuullisessa ajassa. Tukimuurista ei ole piirustuksia, mutta se lisättiin mallinnukseen visuaalisista syistä.

Mallinnukseen käytetyt suunnitelmat:

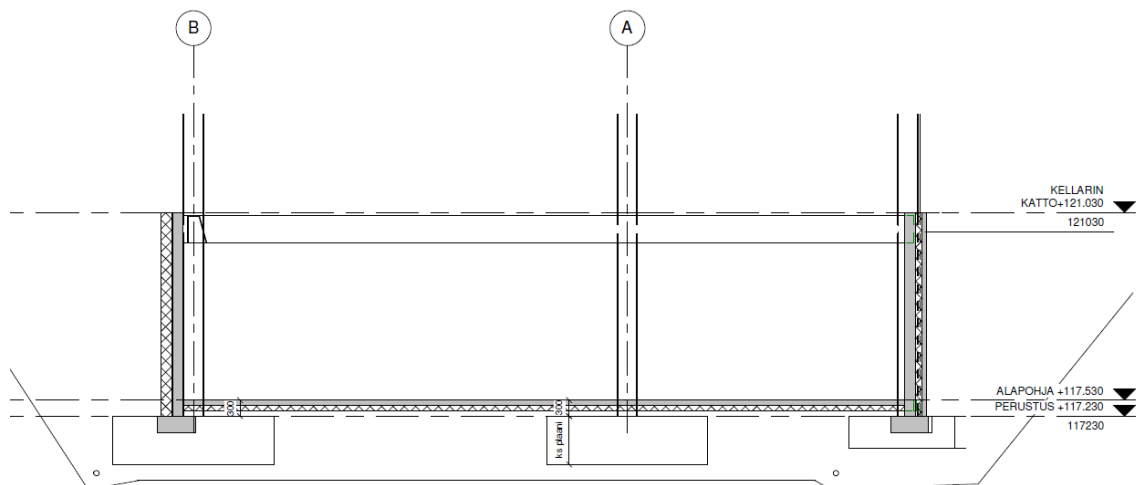
- pohjarakennesuunnitelma
- pintavaaitus ja asemapiirros
- pintatasaussuunnitelma
- leikkauskuvat
- perustuskuva.
- perustusten leikkauskuva
- LVI-asemakuva
- kellarikerroksen LVI-kuva
- sähköpiirustuksen asemakuva



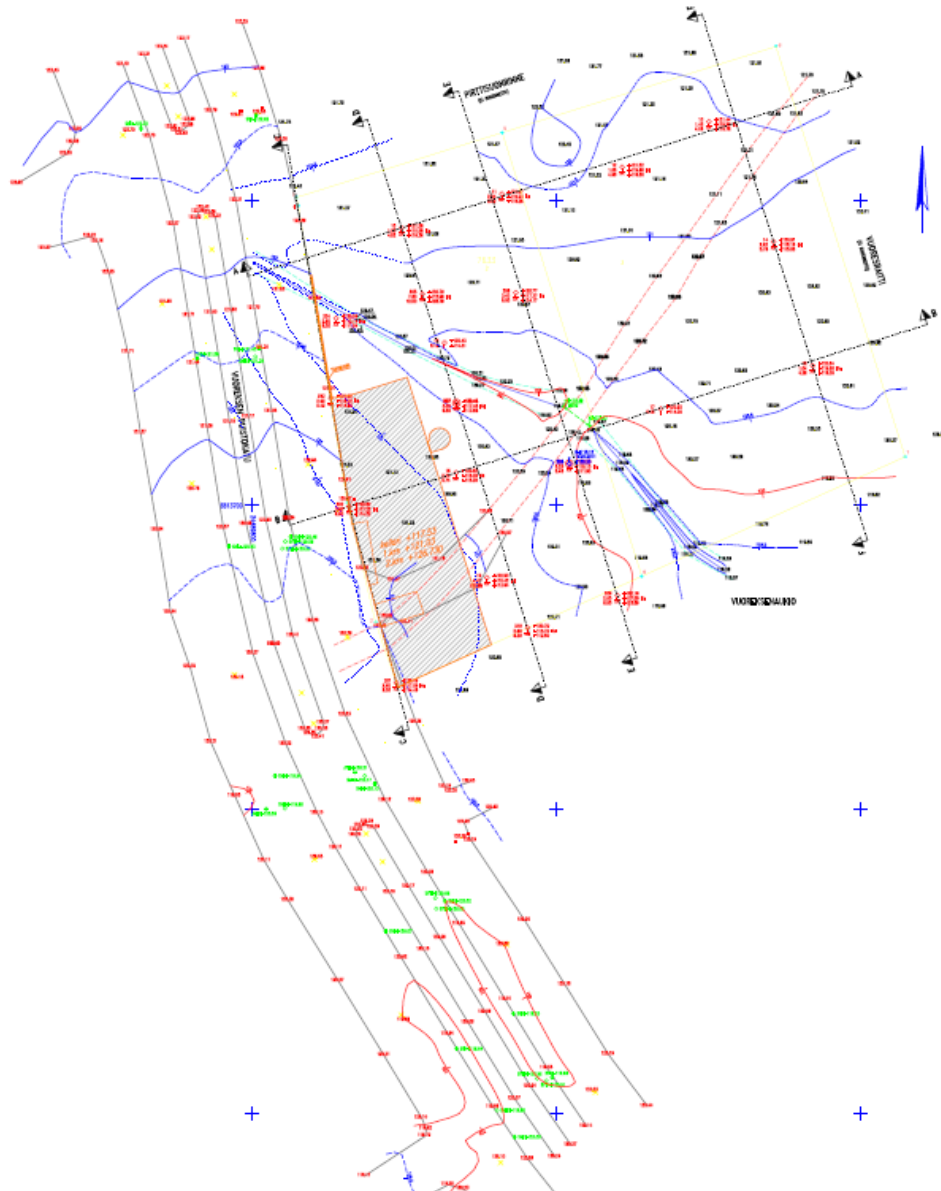
KUVA 1. Julkisivupiirustukset (Puusta innovations 2011, muokattu)



KUVA 2. Kohteen perustuspiirustus, suurin pituus on noin 49 m ja leveys 16 m (Insinööritoimisto Jorma Jääskeläinen 2011, muokattu)



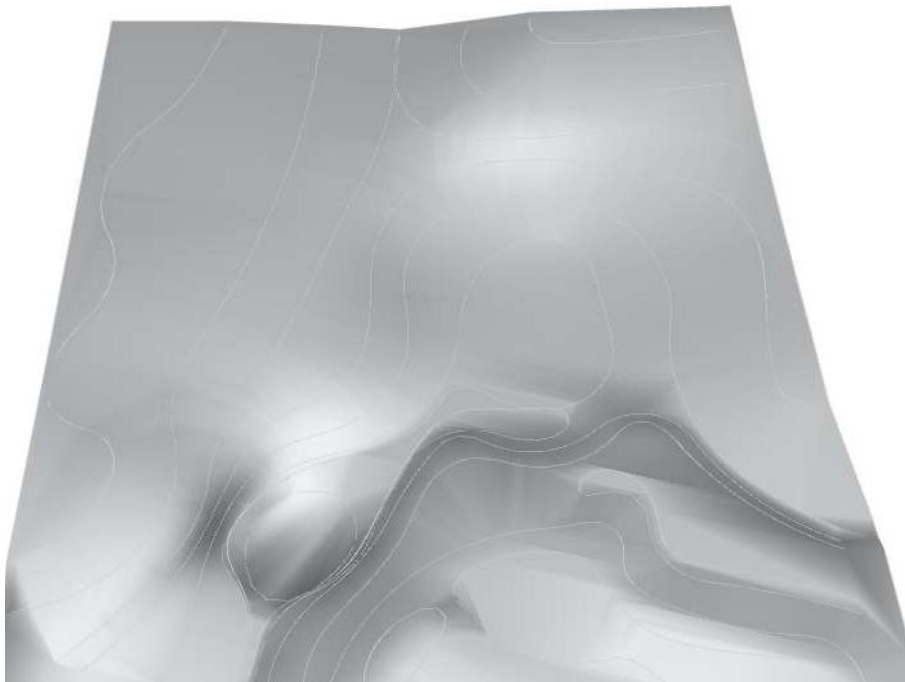
KUVA 3. Perustuksen leikkauspiirustus (Insinööritoimisto Jorma Jääskeläinen 2011, muokattu)



Kuva 4. Asemapiirustus ja pintavaaitus (A-Insinöörit 2011, muokattu)

3.2 Pintavaaitus ja kallio

Mallinnus aloitettiin pintavaaitus- ja asemapiirroskuvaa käyttäen, mallintaen tontin korkeusasemat korkeuskäyrien avulla ja määrittäen samalla mallinnettava alue. Kairaustietoja hyödyntäen jatkettiin muokkaamalla kallion korkeuskäyrät (kuva 5). Liikekeskuksen vieressä kulkeva tie mallinnettiin arvioimalla korkeudet, ja lisättiin malliin jotta sijainti on helpompi tunnistaa (kuva 6). Tämän jälkeen suunniteltiin perustukset, jotta rakennuksen paikka voitiin arvioida. Poikkileikkausominaisuutta käyttäen määriteltiin seinälle profiili anturoineen ja seinätyökalulla mallinnettiin perustukset paikalleen. Ohjelman tasoasetuksia hyödyntäen saadaan tarpeen mukaan eri elementit piiloon tai näkyviin.



KUVA 5. Kallion pinta mallinnettuna pohjatutkimusten mukaan

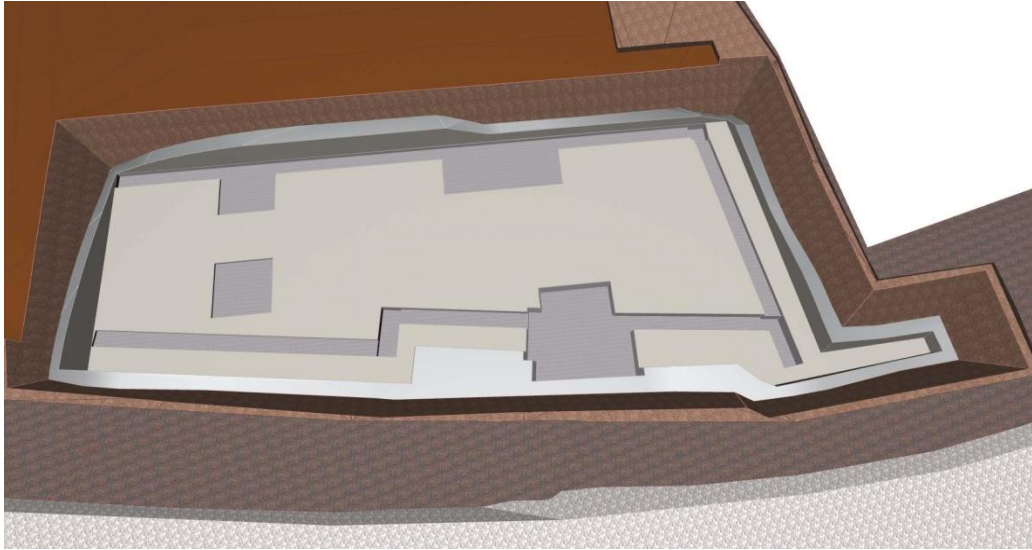


KUVA 6. Lähtötilanteessa pinta ja kallio mallinnettuna

3.3 Louhinta ja LVI

Perustusten avulla määriteltiin peruslouhinnan alue InfraRYL (2006, 301) mukaisesti, syvyyden määrittivät pohjarakennesuunnitelma ja perustuskuva. Syvennyslouhinta salaojille mallinnettiin 10 cm:n portain, huomioiden putkien kallistus ja vähimmäissyvyys 10 cm asennusalustalle. Louhittava kanaali porrastettiin työteknillisistä syistä, sillä vieton huomioiminen portaattomasti panostussuunnitelmassa ja porauksissa on työlästä ja hankalaa. Anturoiden, salaojaputkien ja hissikuilun pohjan louhinta määriteltiin ohjelmassa eri tasoille.

ArchiCAD-ohjelman tasoasetuksia on syytä tehdä, sillä näin saadaan haluttu rakenneosat tarvittaessa piilotettua esimerkiksi työvaihekuviin varten. Pohjarakennesuunnitelmasta johtuen louhinta määriteltiin useammalle syvyydelle. Siinä annettiin suurin louhintasyvyys anturan alta 0,8 m, joten peruslouhintasyvyyttä ei voitu viedä niin syvälle, että louhinnat olisi tehty samalle tasolle (kuva 7).



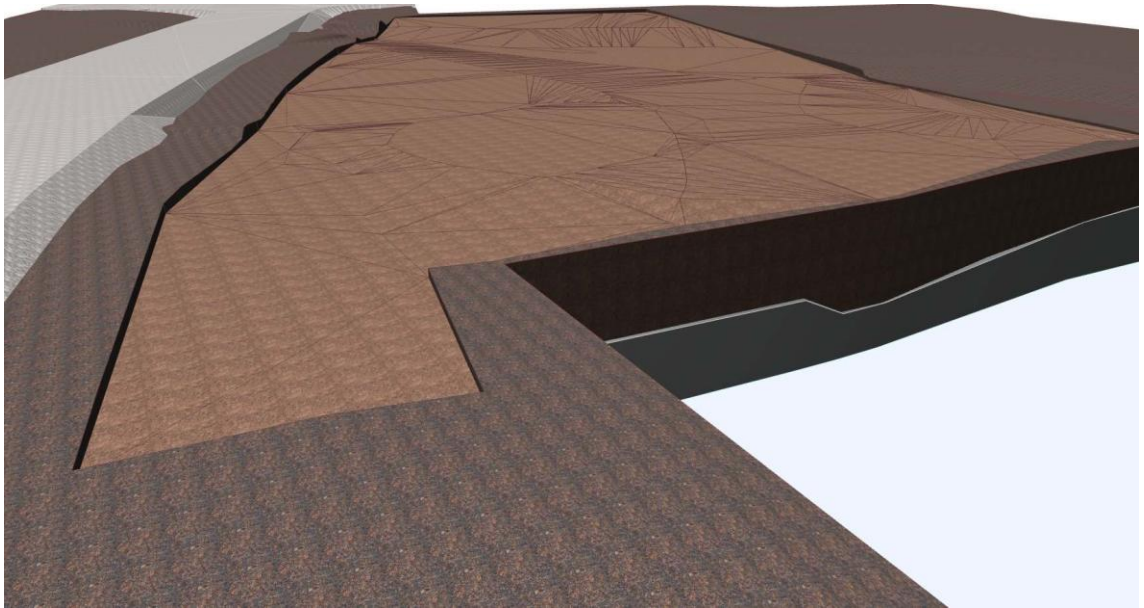
KUVA 7. Louhittavaa kalliota saatiin mallista yhteensä 1467 m³

LVIS-mallintajalla tehtiin salaojaputket, jäte- ja hulevesiputket sekä vesijohto. Kaivojen malli puuttui ohjelmasta, joten ne suunniteltiin pilarin asetuksilla. Tämän jälkeen määriteltiin putkistojen ja kaivojen vaatima louhinta huomioiden InfraRYL Määrämittausohje (2006, 99). Minimilouhintaleveys kaivannossa on 1,3 m ja kaivojen pohjalle tuli jäädä 15 cm:n asennusalue sekä 40 cm:n tila niiden ympärille.

Louhinnan sivujen kaltevuus mallinnettiin 5:1, ja vasta tämän jälkeen suoritettiin talon pohjan leikkaus. Leikkaus tulee suorittaa siten, että kallion pintaa jää näkyviin 0,5 m yli louhintalinjan. Louhinnan ja perustuksen välisen tilan tulee olla vähintään metrin tilavuuslouhinnassa ja tasolouhinnassa 0,75 m. Tällä varmistetaan työturvallisuus ja riittävä työtila perustusten ja salaojaputken työtehtävissä.

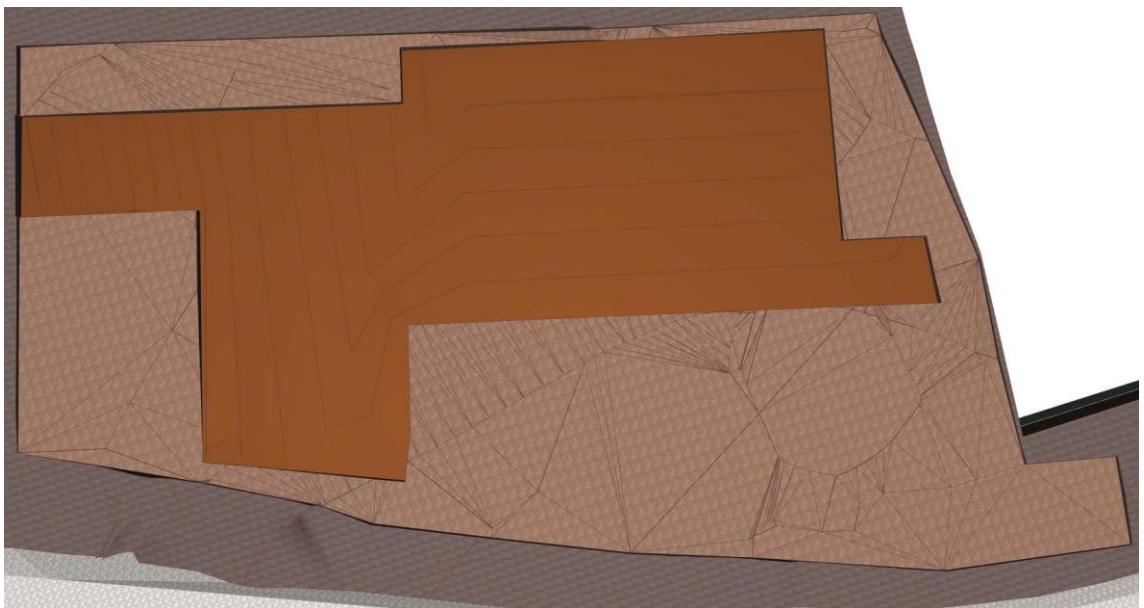
3.4 Pintamaan poisto ja liikennealueen leikkaus

Pintamaan poiston alue saatiin vasta näiden työtehtävien jälkeen mallinnettua, maata poistettiin 0,2 m:n syvyydeltä. Normaalisti pintamaa poistetaan koko tontilta, mutta tässä tapauksessa, kun liikekeskus sijaitsee kahdella rajalla, jouduttiin pintamaata poistamaan myös runsaasti tontin ulkopuolelta (kuva 8). Pintamaan poistoon, leikkaukseen ja louhintaan pitää olla lupa, kun mennään viereiselle tontille.



KUVA 8. Pintamaan poisto on mallinnettu keskimäärin 0,2 m syväenä ja 3701 m² alueelta

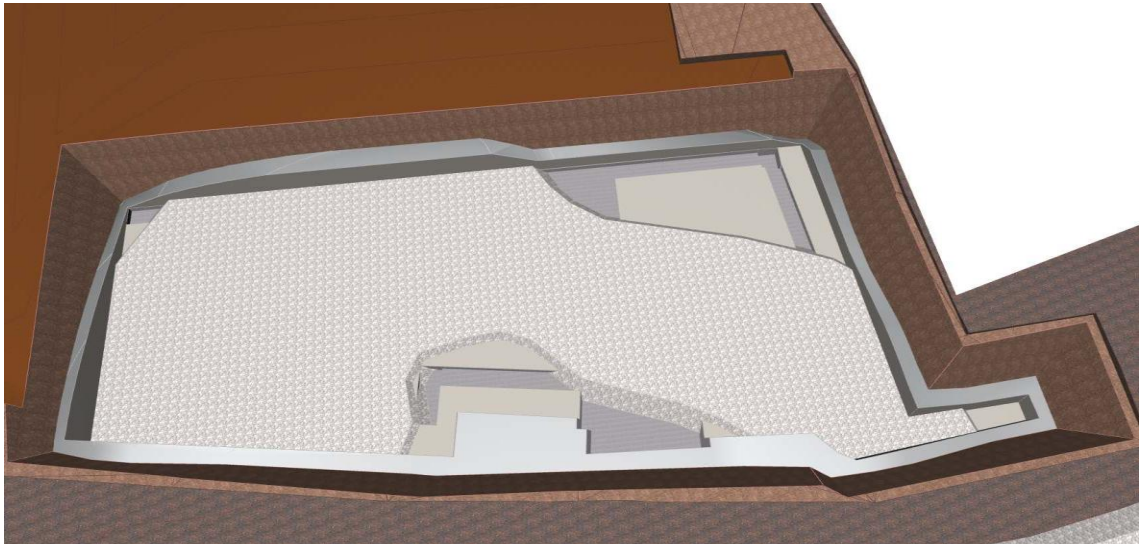
Pintamaan poiston jälkeen mallinnettiin liikennealue, joka on tässä tapauksessa asfaltoitu alue kokonaisuudessaan. Liikennealueen pohjan taso on 1,1 m valmiin pinnan alapuolella, ja se saadaan pinnantasaussuunnitelmasta. Liikennealueen pohja on lähes kokonaan leikattu, täyttööä tuli vain nimellisesti (kuva 9). Mallinnuksessa jouduttiin poikkeamaan todellisesta työjärjestyksestä ja piilottamaan tasot kalliota, pintamaata sekä pintamaan poistoa lukuun ottamatta.



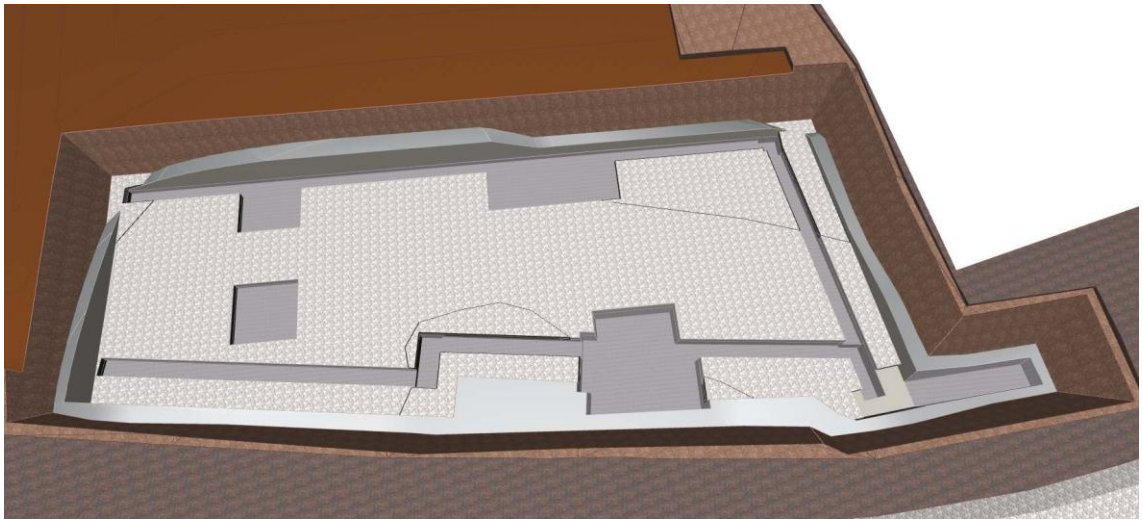
KUVA 9. Liikennealueen leikkaus mallinnettiin valmis pinta -1,1 m

3.5 Irtilouhinta

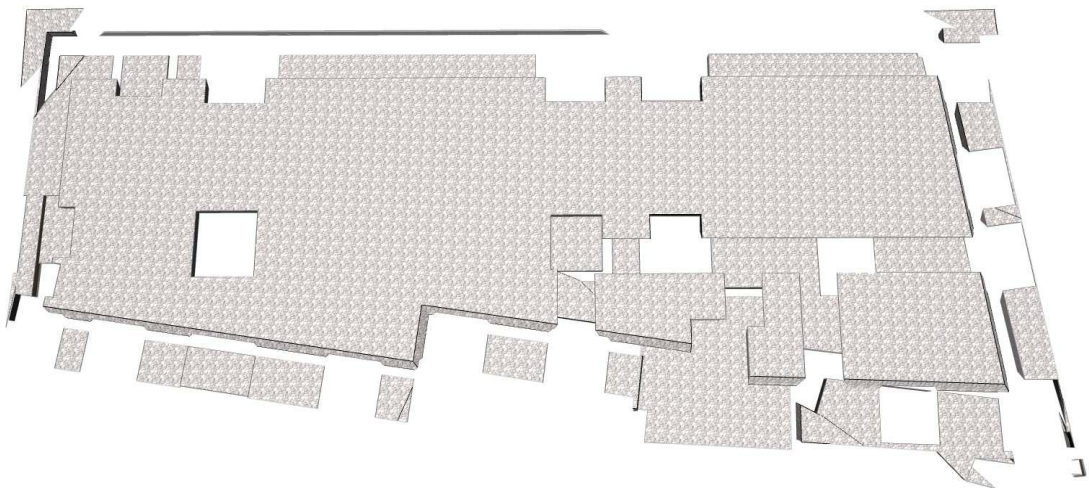
Louhinnan ollessa vähemmän kuin 1m syvää, tehdään se tasolouhintana ja tilavuuslouhintana kun syvyys on yli metrin. Tilavuuslouhinnassa alaosa tehdään irtilouhittuna (kuva 10), joka antaa päällä olevalle rakenteelle tai rakennukselle pientä liikkumavaraa verrattuna suoraan kallion päälle perustettuun rakenteeseen. Kuvassa 11 on kuvattu irtilouhinta ja paikalleen jäävä louhe. Irtilouhittua rikotettua materiaalia tulee käyttää rakennuksen alla mahdollisimman paljon, jotta säästetään muissa materiaaleissa, esimerkiksi salaojaputkien alussorastuksen alla siltä osin, kun se on mahdollista eli asennusalan vahvuus on vähintään 0,10 m. Hissimonttu on louhittu samaan syvyyteen vieressä olevien anturoiden kanssa, joten irtilouhittua materiaalia tulee käyttää myös hissimontun pohjalla, lisäksi alapohjan alustäytön alla (kuva 12).



KUVA 10. Irtilouhittu materiaali kertyy yli metrin korkeasta louhittavasta kalliosta ja irtilouhinnan syvyys on 0,4 m



KUVA 11. Paikalleen jäävä louhe, saadaan syvennyksistä ja kanaaleista poistuvasta materiaalista



KUVA 12. Louhittu ja rikutettu materiaali on käytetty mahdollisimman tehokkaasti, pinta kiilataan 10 cm:n syvyydeltä ja tarvittaessa käytetään suodatinkangasta

3.6 Salaojaputken alussorastus ja alkutäyttö

Tasausalustalla tasattiin louhittu pohja, jotta alussorastus-materiaalia säästetään. Alusta on tehty laattatyökalulla ja leikattu pintatyökalun avulla tehdyllä levyllä. Tässä vaiheessa salaojakaivot ja -putket laitettiin tasoasetuksista näkyville. Alussorastuksen vahvuus on vähintään 0,10 m putken alapinnasta. Sorastus on mallinnettu noudattaen putken alapintaa, jolloin on jouduttu tekemään vietto myös alussorastuksen yläpintaan. Pinta on saatu viettäväksi käyttämällä ohjelman leikkaustoimintoa. Ensin on tehty pintatyökalul-

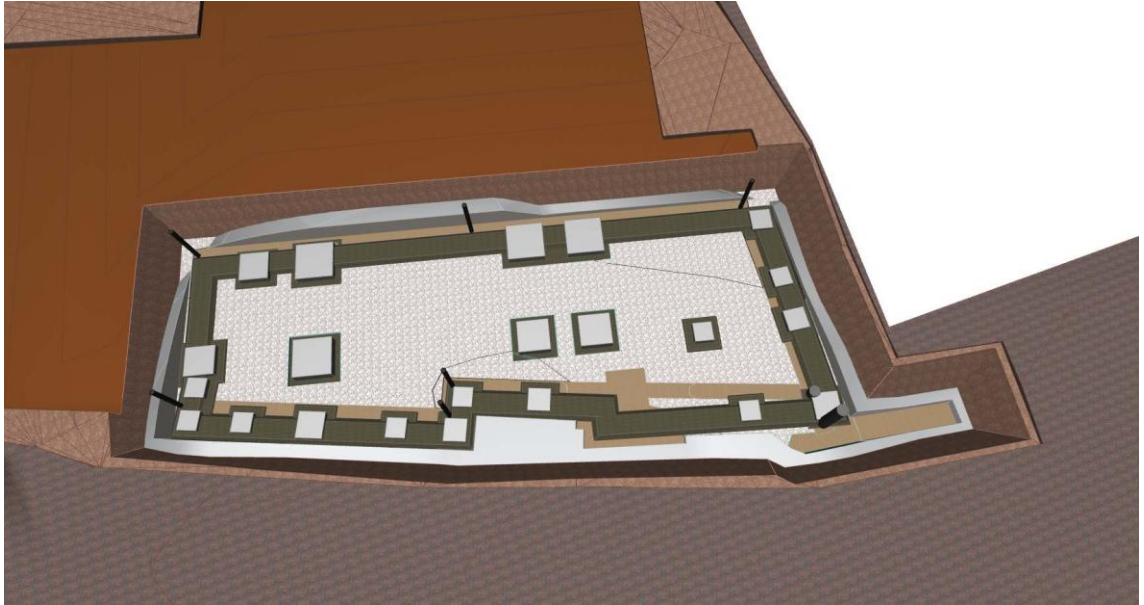
la levy, jolle on asetettu oikeat korkomitat putken alaosan vieton mukaan, ja tällä levyllä on leikattu sorastuksen yläosa viettäväksi.

Putken alkutäyttö on tehty myös viettäväksi sekä yläpinnasta että alapinnasta. Alapinta saadaan viettäväksi leikkaamalla alussorastuksella ja lisäksi kalliolla, jotta saadaan poistettua ympärystytön se osa, joka leikkaa kallion pinnan kanssa. Samoin tulee toimia myös putken alussorastuksen kanssa, mikäli sitä ei ole tehty tarkalleen kallion pintojen mukaan. Alkutäytön yläpinta saadaan kaltevaksi samoin kuin sorastuksen yläpinta, eli tehdään pintatyökalulla leikkaava elementti.

3.7 Anturalaatta ja sen alustäyttö

Nauha-anturalinjalla on useita pilarianturoita, jotka varmistavat rakennuksen kantaville pilareille riittävän tukevan alustan. Pilarianturat ovat eri vahvuisia, ja osa näistä vaatii louhintaa peruslouhinnan alapuolelle. Laattojen vahvuudet ovat välillä 500 - 900 mm ja niitä on kaiken kaikkiaan viittä eri korkeutta. Louhinta on suunniteltava tarkasti, sillä louhinnalle tulee lisää hintaa, kun se tehdään useampaan tasoon ja virheiden todennäköisyys kasvaa. Louhintaurakoitsija tekee mielellään louhinnan samaan syvyyteen, mutta se ei ole mahdollista pohjarakennesuunnitelmassa annettujen ohjeiden vuoksi.

Pilarianturan alustäytön ja pilarianturoiden jälkeen lisättävä nauha-anturan alustäyttö, on mallinnettu laattatyökalulla, ja tähän on lisätty sivun kaltevuus, jotta saadaan mallinnettua luiskat. Pilariantura on teräsbetonia, ja siinä on pystysuorat reunat, joten mallinuksessa ei käytetty kulma-asetuksia (kuva 13). Nauha-anturan alustäyttö mallinnettiin myös sokkelin sisäpuolella olevien kantavien seinien kohdalta (kuva 14).



KUVA 13. Anturan alustäyttö ja pilarianturat

3.8 Lattian alustäyttö ja hissien seinät

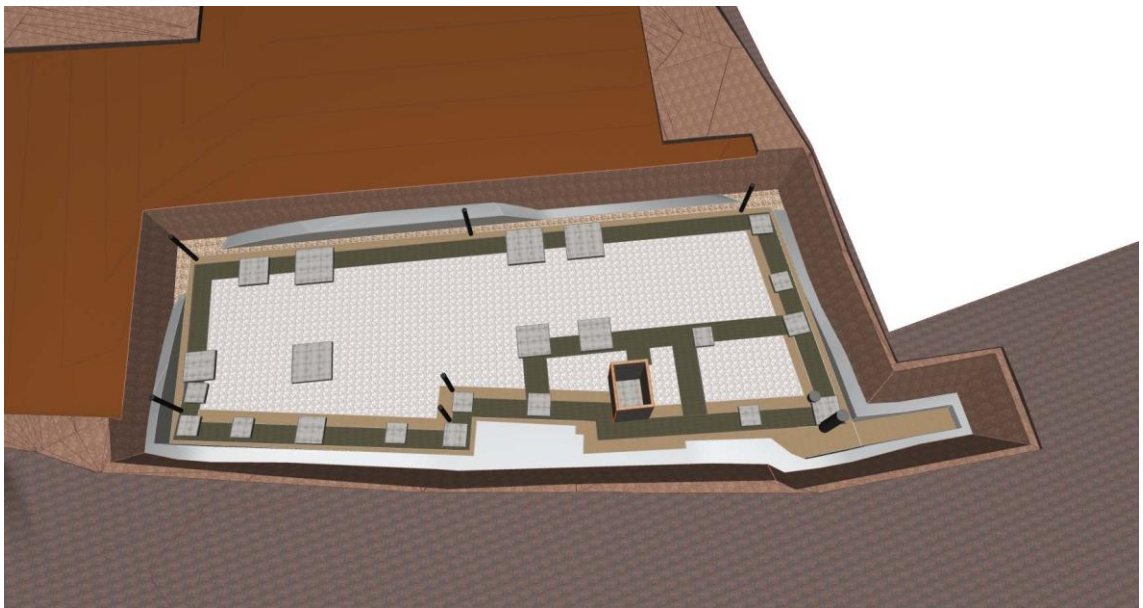
Hissin seinän profiili mallinnettiin poikkileikkaus-tilassa, tämän jälkeen jatkettiin seinätyökalulla ja lattia tehtiin laattatyökalulla. Seinän ympärille ja lattian alle tehtiin täytöt, jotka on leikattu seinillä ja lattialla käyttäen ohjelman boolean-ominaisuutta (kuva 14).



KUVA 14. Väliseinien anturan alustäyttö, hissien seinät ja lattian alustäyttö.

3.9 Vierustäyttö ja täyttö kiviaineksilla

Liikennealueen alle jäävä täyttö tulee tehdä kiviaineksilla, kantavuuden lisäämiseksi. Louhintamateriaali sopii tähän käyttöön hyvin ja siirtokustannukset tältä osin laskevat. Liikennealueen ja vierustan täyttö tehtiin aluksi anturan asennusalustan tasoon (kuva 15). Täyttöjä mallinnettiin lisäksi tasoon 117,4 m, 118,35 m, 119,0 m sekä liikennealueen pohjan ja valmiin pinnan tasoon. Vierustäytössä käytettiin ohjelman seinätyökalua ja kiviainestäytössä laattatyökalua. Leikkauksen pohjan täyttö tulee tehdä kerroksittain, tiivistäen materiaalit riittävän usein.



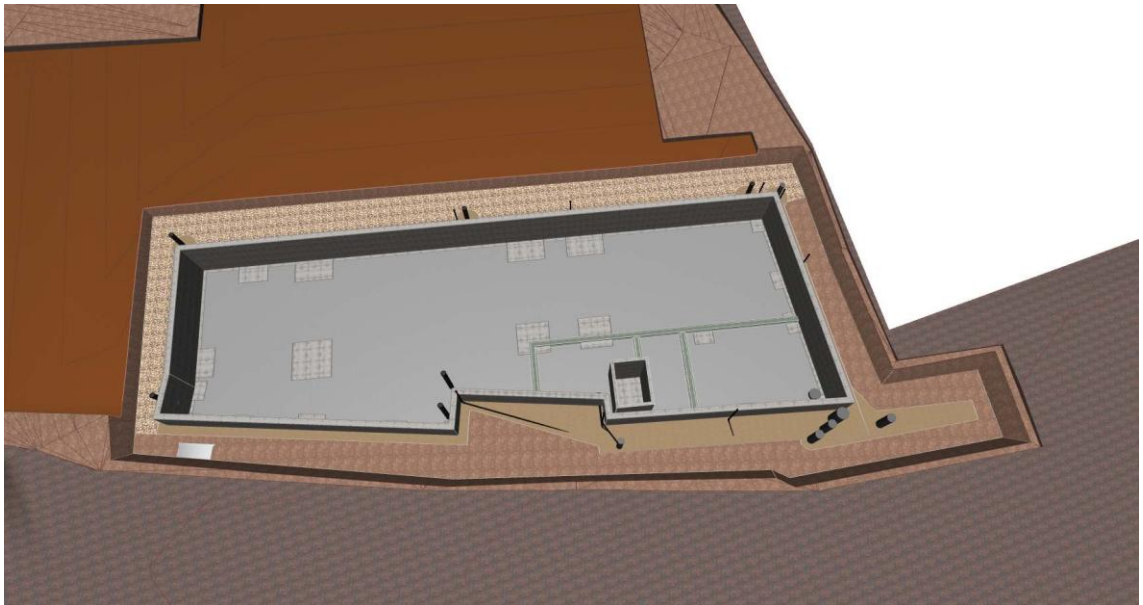
KUVA 15. Vierustäyttö ja täyttö kiviaineksilla

3.10 Runko ja kapillaarikatko

Perustukset on mallinnettu jo alussa ja ne saatiin tasoasetuksista näkyviin. Kapillaarikatko saatiin mallinnettua laattatyökalulla ja väliseinien anturat kuten perustukset. Kapillaarikatkon yläpinta tuli lattian alapinnan tasoon, estäen kosteuden nousun rakenteisiin. Mikäli talon alle tulisi radonputki, sijoitettaisiin se kapillaarikatkon sisään. Taloon tulee LVI-putkituksia enemmänkin, ne saadaan asennettua tässä vaiheessa kapillaarikatkokerrokseen.

3.11 Täyttö

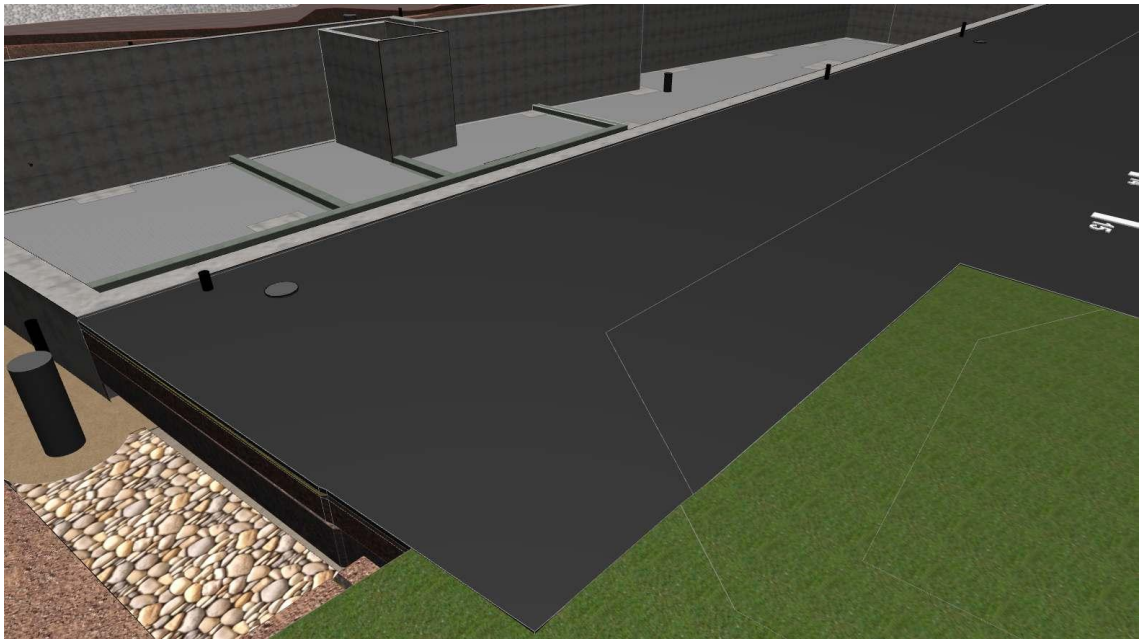
Täyttö mallinnettiin kerroksittain huomioiden putkien ja kaivojen asennusalustat, alkutäytöt ja ympärystäytöt (kuva 16). Perusmuurin vierustäyttö ja putkilinjat ovat lähekkäin, joten putket ovat osittain vierustäytössä. Liikennealueen alle täytöt tulivat kiviaineksista ja perusmuurin vierustäytön ulkopuolelle kaivumaista. Kiviainestäyttö tehtiin liikennealueen kerrosten pohjan tasoon ja muu alue tasattiin ympäröivään maastoon. Liikekeskuksen eteläinen osa jätettiin kuitenkin täyttämättä, tulevan kevyenliikenteen väylän rakennekerroksien osalta.



KUVA 16. Täyttö on tasossa 119 m merenpinnasta

3.12 Liikenne- ja viheralue

Liikennealueen rakennekerrokset mallinnettiin pintatyökälulla perusmuuriin asti, vierus- ja kiviainestäytön päälle. Kaivojen yläosa nostettiin asfalttipäällysteen pinnan yläpuolelle jotta ne jäävät näkyviin. Viheralueelle mallinnettiin täyttö ja kasvualusta pintatyökälulla, ympäröivään maastoon sovittaen (kuva 17).

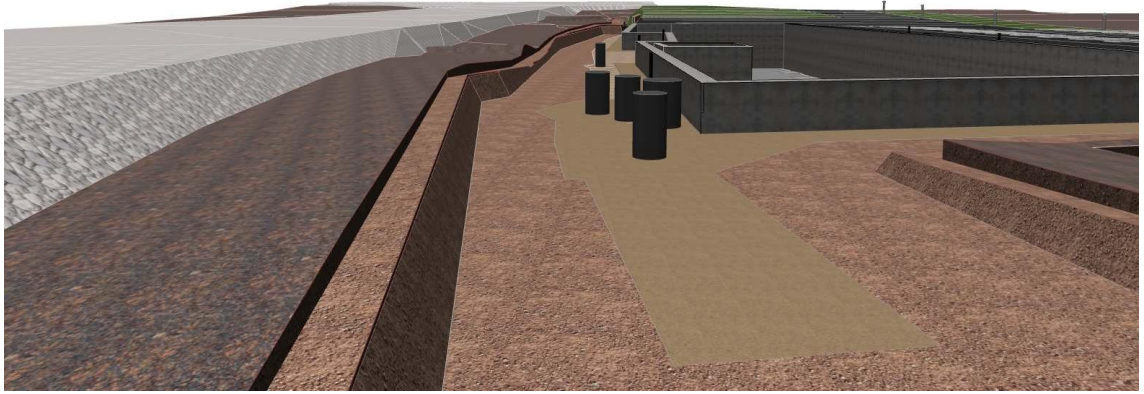


KUVA 17. Viheralue liittyy liikennealueeseen. Kaivon yläreuna jätettiin asfaltin pinnan yläpuolelle kuvaamaan kannen paikkaa.

Liikekeskus on itäiseltä ja eteläiseltä sivultaan tontin rajalla, työ jää viimeistelemättä siltä osin. Rakennuksen itäiselle puolelle tulee aukio, joka laatoitetaan ja eteläiselle puolelle kevyenliikenteenväylä, mikä pinnoitetaan asfaltilla. Kummassakin tapauksessa pinnoitteen alle tulee rakennekerrokset, mitkä vaativat noin metrin korkeudelta leikkauksista (kuva 18 ja 19).



KUVA 18. Itärajalla työ jää viimeistelemättä Vuoresaukion laatoitustöiden vuoksi



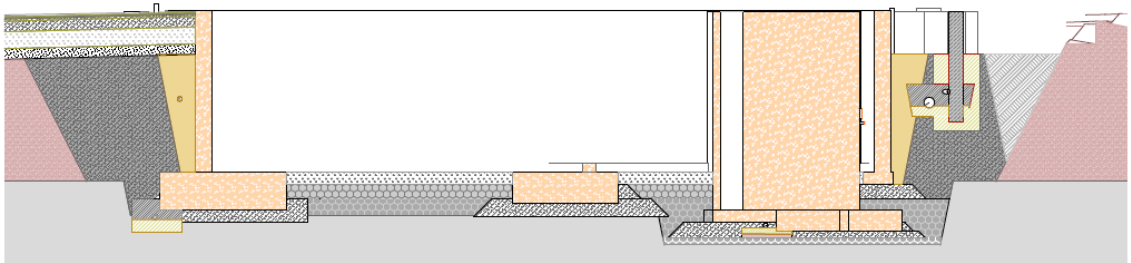
KUVA 19. Kevyenliikenteen väylän alue jätetään viimeistelemättä

4 MALLINNUKSEN TOIMIVUUS

4.1 Ohjelman toiminta maanrakennustöissä

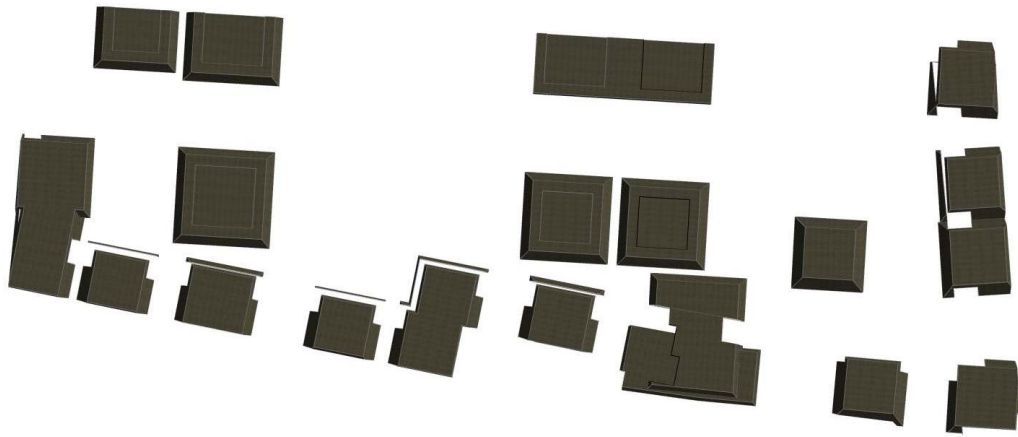
ArchiCAD-ohjelma toimii hyvin rakennusten ja sen ympäristön suunnittelussa. Maan pinnan alapuolelle tehtävistä suunnitelmista puuttuu työkaluja. Työ onnistuu kuitenkin nykyisilläkin toiminnoilla, hyödyntämällä niiden antamia mahdollisuuksia.

ArchiCAD-ohjelman käyttö sujui alussa hyvin, mutta mallinnuksen edetessä ohjelma alkoi prosessoida elementtejä aina vain pidempään. Ongelman suuruutta kuvastaa se, että yhden pilarianturan täytteen prosessointi saattoi kestää 15 minuuttia. Tietokoneen suoritustiedot: 8 Gt RAM-muistia, suoritinytimiä 3 kpl, taajuus 2,8 GHz, grafiikkamuistia 4 Gt, 64-bittinen käyttöjärjestelmä ja kiintolevyjen kokonaiskoko 1 Tt. Prosessointia nopeutti leikkaustäytteiden jättäminen pois elementeistä, tämä heikentää kuitenkin 2D-leikkauskuvan visualisuutta ja selkeyttä. Leikkaustäytteet lisättiin vain leikkauksessa näkyviin elementteihin, jotta tarvittavat kuvat saatiin valmiiksi (kuva 20).



KUVA 20. Mallista tulostettu leikkauspiirustus hissikuilun kohdalta

Jotta työ saatiin loppuun asti suoritettua, poistettiin kaikki boolean-kytkennät, sitä mukaa kun ne jäivät piiloon työvaiheita mallinnettaessa. Toinen 3D-malli on tehty boolean-kytkentöineen, jotta siitä saadaan leikkauskuvia. Malleja on siis tehty kaksi, koska työvaiheisiin liittyviä boolean-toimenpiteitä tehtiin paljon. Kuvassa 21 paljon kuormitusta aiheuttavat pilarianturan alustäytöt.



KUVA 21. Pilarianturan alustäytöt, joita eri rakenneosat leikkaavat

4.2 Määrien hallinta

Määrälaskennasta saatavat tiedot ovat tärkeässä osassa urakkahinnoittelussa, niillä on suuri vaikutus siihen pärjääkö urakoitsija tarjouskilpailussa. Voittomarginaalit ovat usein pieniä ja jos urakka lasketaan alakanttiin, aiheutuu siitä urakoitsijalle helposti tappiota. Taulukossa 2 verrataan opinnäytetyön tekijän Soraset Infra Oy:lle suorittamia laskelmia mallin avulla saatuun tietoon. Mainittakoon, ettei kyseinen yhtiö voittanut urakkaa, eli toinen urakoitsija on hinnoitellut sen halvemmaksi.

Taulukon tiedot eivät ole suoraan verrattavissa toisiinsa, sillä esimerkiksi mallinnuksen tilavuuskaivu sisältää myös kanaalikaivun. Perusmuurin vierustäyttö on taas laskettu AutoCAD-ohjelman avulla siten, että vierustäyttöä on levitetty, jolloin erillistä alusrastusta ja alkutäyttöä ei tarvita kyseisessä kohdassa. Syvennyslouhinnassa suurempi määrä on laskettu kallion pinnasta ja pienempi peruslouhintatason pinnasta. Mallinnuksessa pintalouhinnan osuus on huomattavasti pienempi, siihen vaikuttaa louhinnan syvyys, joka on lähellä metriä, siis pinta- ja tilavuuslouhinnan raja-arvoa. Tässä tapauksessa ei siis voi tarkalleen tietää, mikä on oikea pintalouhinnan määrä. Taulukon alareunassa massoja on yhdistelty ja niitä vertailemalla nähdään paremmin erot näiden menetelmien välillä.

TAULUKKO 2. Määrätietojen vertailu

Numero	Rakenneosa	AutoCAD/piirustus	Mallinnus	Yksikkö	Erotus
1112 22 11	Pintamaan poisto	3213	3701	m2	-13 %
1112 22 13	Tilavuuskaivu	2910	3773	m3	
1113 22 14	Kanaalikaivu	94	0	m3	-20 %
1114 22 19	Rakennusalueen täyttö kiviaineksilla	100	235	m3	-57 %
1115 22 21	Alkutäyttö	9	103	m3	-91 %
1114 22 22	Kanaalien ja pohjaviemärien alussorastus	3	196	m3	-98 %
1114 22 23	Alapohjan alustäyttö	69	218	m3	-68 %
1114 22 24	Anturan alustäyttö	113	154	m3	-27 %
1114 22 25	Maanvaraisen lattian sorastus	164	187	m3	-12 %
1114 22 26	Perusmuurin vierustäyttö	640	419	m3	53 %
1112 23 11	Pintalouhinta (360 m3) / (148 m3)	450	218	m2	106 %
1112 23 12	Tilavuuslouhinta	594	1210	m3	-59 %
1113 23 13	Kanaalilouhinta	59	63	m3	-6 %
1113 23 14	Syvennyslouhinta	175	46	m3	280 %
1113 23 15	Irtilouhinta	160	171	m3	6 %

Syy suureen eroon on laskutavoissa, alataulukossa massoja yhdistelty ja erot ovat pienemmät.

Kaivun ero	Kanaalikaivu sisältyy tilavuuskaivuun (Malli)	-13 %
Vierustäytön ero	Putket kulkee vierustäytössä (AutoCAD / piir.)	-9 %
Louhinnan ero	1188m3 / 1467m3	-19 %

AutoCAD-ohjelmalla laskettiin määrälaskennat digitaalisessa muodossa olevista piirustuksista, mittaamalla ohjelmalla kyseessä olevan massan neliöt, jotka kerrottiin puuttuvalla ulottuvuudella, eli pituudella tai korkeudella. Paperipiirustuksista katsottiin putkien ja kaivantojen pituudet, kaivojen kappalemäärä ja mallit. Piirustukset ovat pääasiassa digitaalisessa muodossa, mutta vielä on suunnittelijoita, jotka tekevät piirustukset kynällä, joten myös paperipiirustuksista lasketaan määrät tarvittaessa.

ArchiCAD soveltuu hyvin talon maanrakennustöiden määrälaskennan tietojen tuottamiseen, määrät ovat tarkkoja, ja niihin vaikuttavien rakenneosien sijainti ja mitoitus on tarkastettavissa leikkauskuvasta, 3D-mallista ja tasopiirustuksesta. 3D-mallilla saadut

tulokset, ovat kuitenkin yhtä tarkkoja, kuin sen suunnittelu, joten kohteiden päällekkäisyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota sekä rakenneosien taakse jääviin tyhjiin tiloihin. Mallinnus tulee tehdä asiaankuuluvalla tarkkuudella.

Liikekeskuksen määrälaskenta perinteisellä tavalla, eli AutoCAD-ohjelman ja paperipiirustusten avulla oli haasteellista, eikä siinä onnistuttu tuottamaan yhtä tarkkoja tietoja kuin mallilla. 3D-mallin hyöty määrälaskennassa on selvä. Piirustuksista laskettuihin määriin verrattuna, mallin avulla saatiin louhittavaa huomattavasti enemmän, myös rakennuspohjan leikkauksen määrissä oli selvä ero (taulukko 2). Rakennuskohteessa on paljon kulmia ja syvennys, mitkä hankaloittivat laskentaa. Tavanomaisessa suorakaitteenmuotoisessa rakennuksessa laskeminen onnistuu tarkasti ilman malliakin, eikä sen tekeminen ole järkevää pelkästään laskentaa varten.

3D-mallin tekeminen määrälaskentaa varten on huomattavasti työläämpää, kuin perinteinen määrälaskenta, joten jatkossakin CAD-laskenta on perusteltua. Mikäli 3D-mallinnus lisääntyy maanrakennustöissä, saadaan laskentatiedot siinä ohessa ja silloin niitä kannattaa käyttää työmäärän vähentämiseksi.

4.3 Käyttö visualisointiin

ArchiCAD-ohjelma sopii hyvin visualisointitarkoituksiin, esimerkiksi kamera toiminnoissa saa etukäteen valita kuvauspisteet, jolloin kuvia saa otettua halutuista kohdista työn edistyessä, näin saadaan työvaiheet mallinnettua. Auringon suunta ja korkeus on vapaasti valittavissa, kohteeseen saadaan siten varjot korostamaan pintojen muotoja.

3D-mallista saadaan tehtyä erilaisia leikkauksia, ja ne ovat tallennettavissa valokuvaksi. Tasoasetuksista saadaan määriteltyä rakenneosat mitkä halutaan kuvata ja poistaa tielle tulevat näkymästä. Mallia voidaan kuvata joka suunnasta ja auringon sijainti on valittavissa. Ohjelmalla voidaan valita myös rakennusosan läpinäkyvyys aste, siten on mahdollista ottaa kuvia esimerkiksi seinän läpi.

Mallinnuksen avulla saadun määrälaskentamateriaalin tuottamiseen kului aikaa noin 12 kertaa enemmän, kuin perinteisellä tavalla tehtyyn määrälaskentaan. Aikaa vei mallintamisen opettelu ja koneen prosessointi, johon vaikutti visualisointiin tarvittavien pinto-

jen ja täytteiden käsittely sekä boolean- toimenpiteet. Määrälaskentaan ei tarvita visualisointeja, siinä riittää esimerkiksi eri harmaan sävyillä tehdyt pinnat, täytteet voidaan jättää pois ja kohteet voidaan tehdä osittain läpinäkyväksi, jolloin kuvapisteitä on vähemmän käytössä. Mallin tekeminen nopeutuu kokemuksen myötä, ja mikäli ohjelma toimii ilman viiveitä, kuluu siihen noin kolme kertaa enemmän aikaa kuin perinteisellä tavalla tehtyyn laskentaan.

4.4 Pintamaan poisto

Pintamaan poistoon käytettiin alussa tehtyä pintamaan mallia. Kopioimalla se ja siirtämällä sivuun muokattavaksi, saadaan pintamaan poistoon hyvä pohja. Rajataan ylimääräinen alue pois ja valitaan pinta-asetuksista kalvo-ominaisuus sekä lasketaan tasoa 0,2 m. Siirtämällä uusi pinta paikalleen saadaan yläpuolelta oleva maa-aines vähennettyä.

4.5 Rakennuspohjan leikkaus

Leikkaus rakennuspohjaan tehtiin laattatyökalulla, jonka avulla asetettiin kulma, joka vastaa tässä tapauksessa kaivannon luiskan kaltevuutta. Asettamalla alapinnan korkeus kallion alimman tason alapuolelle, saatiin leikkaus mukailemaan pintaa boolean-toiminnalla. Leikkauksen yläosa muokattiin, vähentämällä pintamaan poistoon mallinnetulla elementillä sen ylitse menevä osuus. Näin saadaan leikkauksesta tarkka tieto määrälaskentaan. Ohjelma kerää tietoja elementeistä, mitkä saadaan tulostettua esimerkiksi Excel- tai Word-muotoon.

4.6 Louhinta

Kallion louhinta mallinnettiin samaan tapaan laattatyökalulla peruslouhintatasoon asti. Tästä tasosta alaspäin louhittiin kanaalia salaojille ja syvennystä hissille sekä anturoille. Kanaalien louhinta mallinnettiin laattatyökalulla, seinämät pystysuorina, porrastaen minimissään 0,10 m. Louhinta hissisyvennykselle mallinnettiin kuten kanaalit, mutta seinät kaltevina. Anturoiden syvennyslouhinta mallinnettiin suorilla seinillä. Laattatyökalu sopi hyvin louhinnan ja leikkauksen mallintamiseen.

4.7 Alussorastus ja alkutäyttö

Salaoja-, sade- ja jätevesiputket asennetaan tiettyyn kaltevuuteen, jolla varmistetaan putkissa virtaavan nesteen ja kiintoaineksen kulkeutuminen. Mallinnettaessa putkien kaivannossa olevia täyttöjä, tulee esimerkiksi alussorastuksen ja alkutäytön myötäillä putkien kallistusta. Ohjelmassa ei suoraan ole toimintaa tähän, mutta se onnistuu laattatyökalulla, määrittelemällä siihen ensin alimman ja ylimmän tason, tämän jälkeen pintatyökalulla tehdyllä elementillä leikataan laatan pinta viistoon. Pintatyökalulla tehdyssä elementissä tulee korkeusasemien noudattaa putken kaltevuutta.. Tehdyn elementin korkeus voi olla nolla, jolloin se muistuttaa ohutta levyä.

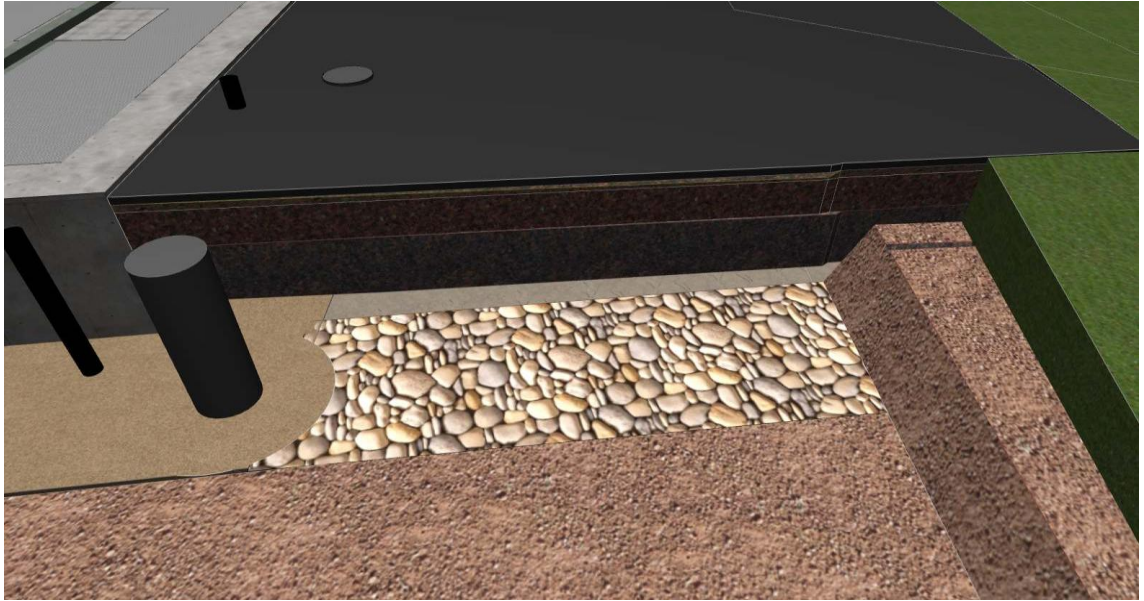
Tehtäessä täyttöjä, esimerkiksi anturalaatan alustäytöt, saadaan ohjelmalla helposti valittua luiskakaltevuus laatta-asetuksista. Mikäli täytöt ovat osin päällekkäin, saadaan ohjelman määrätiedot oikeaksi, vähentämällä toisesta täytöstä päälle menevä osuus boolean-toimenpiteellä. Jos taas useampi samanlainen elementti on lähekkäin, on ne maanrakennustöissä hyvä yhdistää. Se onnistuu muokkaamalla yksi elementeistä noudattamaan muiden muotoja ja tämän jälkeen poistamalla ylimääräiset.

4.8 Vierustäyttö

Perusmuurin vierustäyttö on tehtävissä seinäasetuksilla, jolla voidaan asettaa seinän viertä kulkeva osuus pystysuoraksi ja vastakkainen puoli kaltevaksi. Täyttö kaivumailla tai kiviaineksilla tehtiin laattaominaisuuksilla, jolloin muotoa saadaan vaakasuunnassa muokattua.

4.9 Liikennealue

Liikennealueen kerrokset tehtiin pintatyökalulla, ensin korkeuskäyrät pintatasaussuunnitelman mukaan, eli asfaltin yläpinnan. Tämän jälkeen on muokattavaksi ja kopioitavaksi valmis pohja, jonka korkeutta ja korkeusasemaa voidaan muuttaa tarpeen mukaan. Seuraavaksi kerros leikataan alemmalla pinnalla. Kuvassa 22 nähdään liikennealueen eri kerrokset tontin itärajalta.



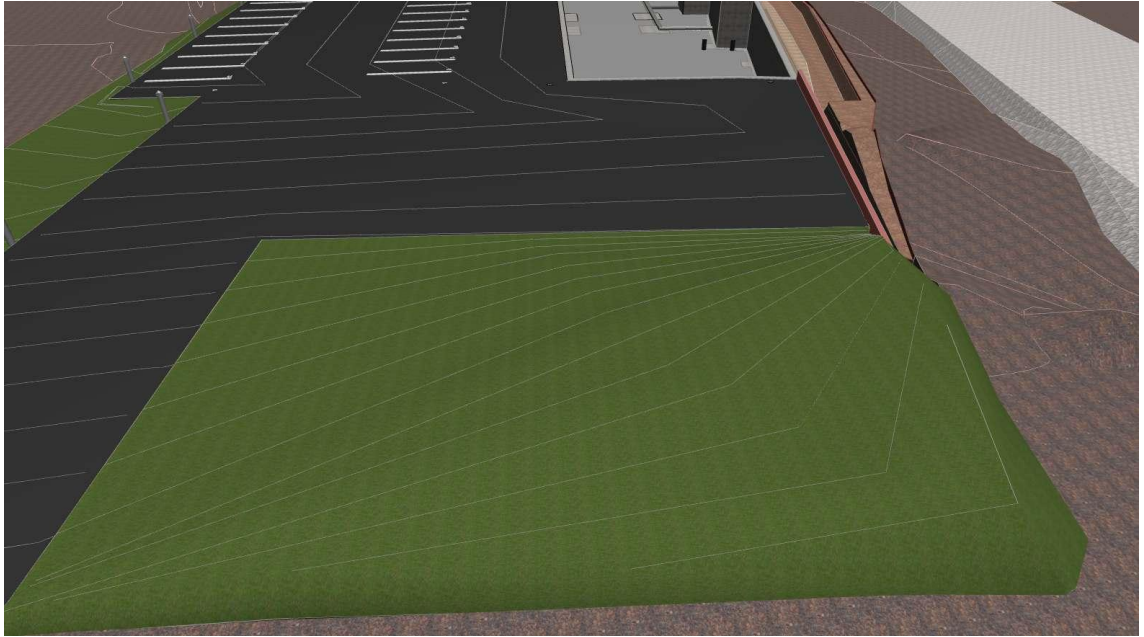
KUVA 22. Liikennealueen kerrokset Vuoresaukion rajalla

4.10 Nurmialue

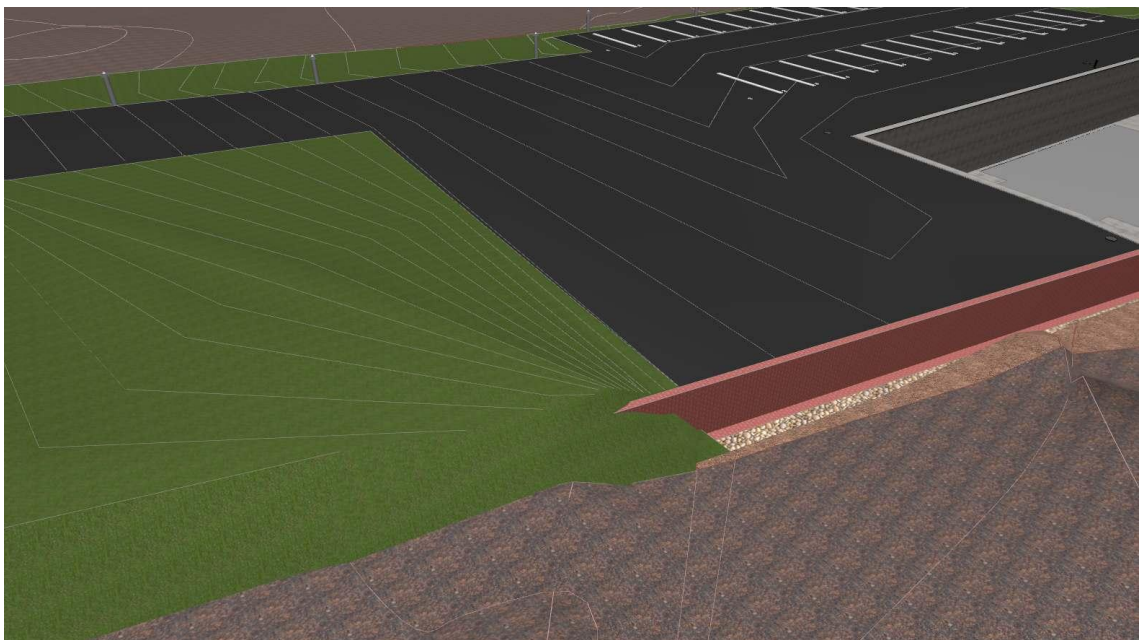
Täyttö saatiin kuten edellisessä, mallintamalla pintatasaus suunnitelmasta korkeuskäyrät, kopiaamalla ja laskemalla 0.2 m korkeutta. Kasvualusta saadaan käyttämällä mallia, jota ei ole laskettu, jolloin vahvuudeksi tulee 0,2 m. Kuvissa 23 - 25 nähdään mallinnuksen tulos.



KUVA 23. Kuvassa näkyy nurmialueen liittyminen ympäröivään maastoon ja Liikennealueeseen



KUVA 24. Nurmialue länsipäässä, oikealla näkyy tukimuurin liittyminen liikennealueeseen.

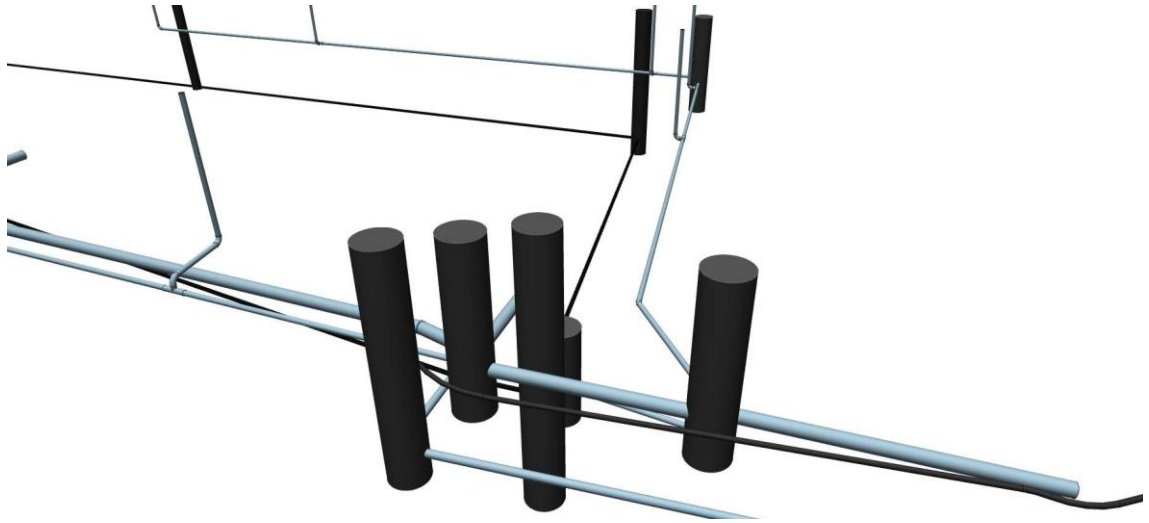


KUVA 25. Tukimuurin liittyminen nurmi- ja liikennealueeseen

4.11 Putket

Salaoja-, sadevesi ja jätevesiputket (kuvassa 26) mallinnettiin LVIS-mallintajalla, joka on ArchiCAD-ohjelman lisävaruste. Ohjelmalla suunnitellaan putket ja välikappaleet viettoineen ja korkeuksineen. Mallintaja oli hyödyllinen ja helppokäyttöinen lisä ohjel-

maan. Kaivoja ei voitu suunnitella kyseisellä ohjelmalla, vaan ne tehtiin pilarityökalulla. Pilariin määriteltiin korkeusasema, halkaisija, seinämän vahvuus ja korkeus.



Kuva 26. Salaoja-, sadevesi- ja jätevesiputket sekä kaivot.

4.12 Huomioitavaa

Vuoresaukion pintatyöt tulisi sovittaa liikekeskuksen itäisen sivun töiden kanssa, näin toimien vältytään turhalta täytöltä itäisivulla, sillä laatoitus vaatii kerrosrakenteet alleen. Viheralueen täyttö, pintamultaus ja nurmetus lisäävät työtä, koska Vuoresaukion pinta on matalalla. Vuoresaukion valmistuminen ennen viheralueen täyttöä tai yhtäaikaisesti alentaa kustannuksia.

5 KEHITTÄMISEHDOTUKSIA

5.1 ArchiCAD maanrakennustöiden suunnittelussa

ArchiCAD-ohjelman käyttöä maanrakennustöiden mallintamisessa helpottaisi työkalu, jolla saadaan suunniteltua kiilamaisia viettäviä pintoja, sen avulla luiskat ja putkien täytöt saadaan valmiiksi ilman leikkaustoimenpiteitä. Työkalun tulisi toimia laattatyökalun tavoin, mutta siten, että kaltevuudet saadaan vapaasti suunniteltua mieluiten useampaan suuntaan.

LVIS-mallintaja on helppokäyttöinen ja toimiva lisäohjelma, mutta siitä puuttui ominaisuus, millä suunnitellaan kaivot. Ohjelmassa oli runsaasti sähköisiä laitteita ilmastointiin liittyen ja erilaisia liitoskappaleita suodattimiseen. Myös sähkö ja vesijohtupuolen suunnittelu on hyvin huomioitu.

Ohjelman boolean-toimintoa tulisi kehittää siten, että leikattu elementti olisi mahdollista tallettaa siten, ettei ”leikkaushistoria” jäisi kuormittamaan konetta. Toisin sanoen elementtien tulisi tallentua ilman, että se on sidonnainen alkuperäiseen muotoonsa.

Ohjelmassa on hyvää sen suomenkielisyys ja helppokäyttöisyys, lisäksi siihen on saatavissa erilaisia lisäohjelmia myös visualisointiin liittyen. Seinien ja laattojen mallintaminen on nopeaa, pintatyökalu toimii hienosti, myös erilaisten pilarien, palkkien ja poikkeileikkausmuotojen tekeminen onnistuu. Ohjelma on arkkitehtien käyttämä, joten on luonnollista, että samalla ohjelmalla tehdään myös maanrakennustöiden mallinnus, näin voidaan varmistaa eri suunnitelmien yhteensopivuus.

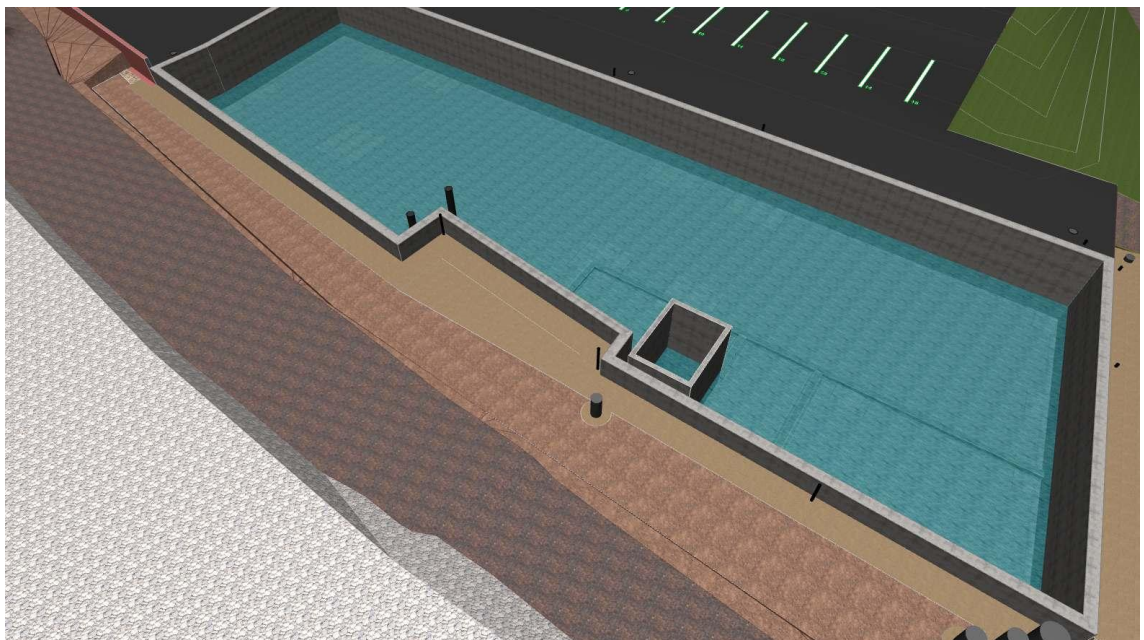
5.2 ArchiCAD maanrakennustöiden opetuskäytössä

Ohjelman käyttö maanrakennustöiden mallinnukseen vaatii perusteiden läpikäyntiä ja ohjausta. Koulun ArchiCAD peruskurssi antaa hyvän pohjan myös maanrakennustöiden mallinnukseen. Mallinnus on kuitenkin hankalaa, jollei tekijällä ole riittävästi tietoa maanrakennustekniikasta. Toisaalta alan oppiminen ohjatusti mallintamalla saattaa olla

tehokas keino oppia, sillä 3D- mallin avulla oppilas ymmärtää eri kerroksien ja rakenteiden merkityksen osana kokonaisuutta.

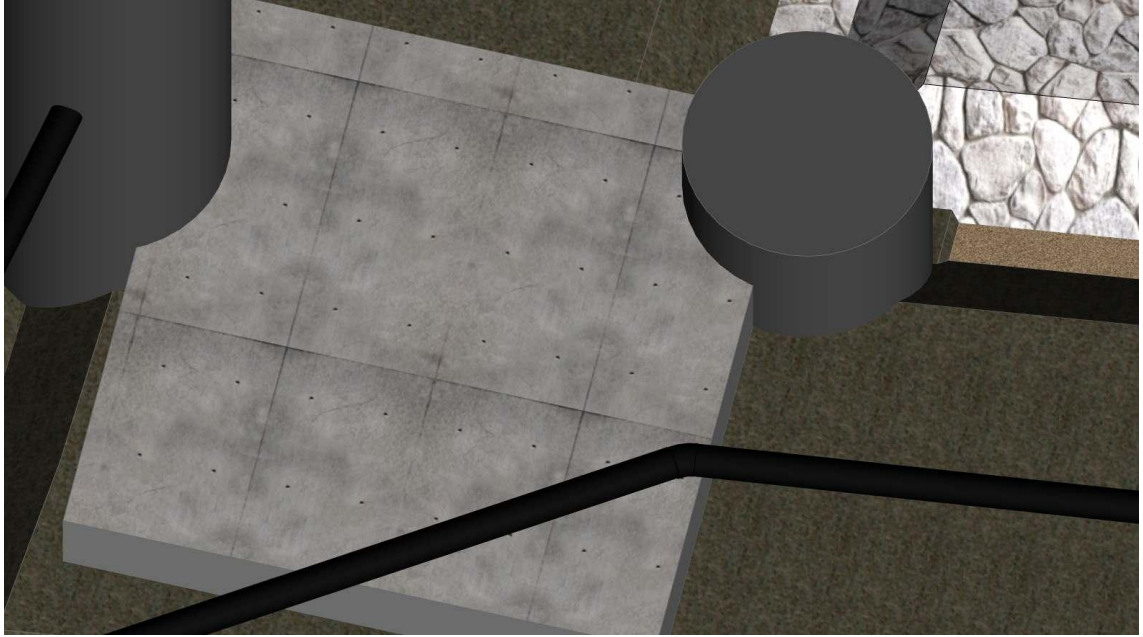
ArchiCAD-ohjelmalla voidaan suorittaa harjoitustyö vastaavanlaisesta kohteesta. Pilarianturat ja niiden alustäytöt kuormittivat konetta paljon, vaikka näiden määrät ovat pienet. Harjoitustyössä voi hyvin jättää näiden rakenneosien leikkaukset suorittamatta, tai tehdä ne vain visuaalisten tarpeiden perusteella. Työvaihekuvien tuottaminen on hidasta, sillä kerroksittain vaiheittainen kuvaus vaatii Boolean-toimenpiteitä enemmän, kuin mallin tekeminen.

ArchiCAD-ohjelmalla tuotettu materiaali havainnollistaa töiden kulkua, antaa tietoa rakenneosien määrästä ja niiden sijainnista. Visualisoidulla materiaalilla voidaan havainnollistaa millaista materiaalia eri kohteissa käytetään, tuoda esiin eri alojen suunnittelussa olevia ristiriitaisuuksia ja tutkia suunnitellun kohteen toiminnallisuutta, esimerkiksi pohjaveden korkeutta (kuva 27).



Kuva 27. Pohjaveden korkeus

Mallista löytyi muutamia kohtia, jotka tulisi huomioida rakentamisvaiheessa. Kaivojen ja rakennuksen pilarianturan keskinäistä mitoitusta on syytä muuttaa, sillä mallissa kaksi kaivoa lävistää betonisen anturan (kuva 28). Lisäksi kuvassa 29 ja 30 nähdään miten hissien pohjalaatan alla oleva salaojaputki on lähes kiinni siinä. Putken vietosta johtuen väli vaihtelee ja on 1,2 - 7 cm.



KUVA 28. Kaivot pilarianturalaatassa



KUVA 29. Hissin lattialaatan ja salaojaputken väli on liian pieni



Putken ja lattialaatan väli minimissään 12 mm

KUVA 30. Hissin lattialaatan ja salaojaputken väli on liian pieni

6 YHTEENVETO

Tulevaisuudessa ohjelmien pitää suoriutua yhä laaja-alaisemmista tehtävistä, sillä tietomalliin siirtyminen edellyttää, että tiedot ovat yhteensopivia eri alojen suunnitelmien kanssa, niin maanrakennustöissä kuin talonrakennuksessakin, ja varminta se on silloin, kun ne ovat tehty samalla ohjelmalla. ArchiCAD-ohjelma soveltuu talonrakennuksen maanrakennustöiden mallinnukseen, mutta ohjelmaa tulisi vielä kehittää.

Mallintamisen oppiminen AutoCAD- ohjelmalla vaatii enemmän aikaa kuin ArchiCAD-ohjelmalla, mutta jos oppilas osaa ohjelman perusteet, on hyödyllistä opetella infra-alan mallintamista AutoCAD Civil-ohjelmalla, joka on tähän tarkoitettu. AutoCAD-ohjelmalla on mahdollista suorittaa vastaava työ samassa ajassa kuin ArchiCAD-ohjelmalla.

Työssä selvisi 3D-mallinnuksen hyödyt suunnittelu, määrä- ja kustannuslaskentatehtävissä. Suunnittelija voi tarkkailla mallista rakenneosien päällekkäisyyksiä, suojaetäisyyksiä, visuaalista ilmettä, työturvallisuuteen liittyviä asioita, kokonaiskuvaa rakennuskohteesta jo ennen rakentamisvaihetta ja ottaa kantaa työmenetelmiin ja -vaiheisiin.

Mallinnuksella esitetyillä työvaihekuvilla voidaan etukäteen suunnitella työn kulkua, esimerkiksi mitä töitä voidaan tehdä samanaikaisesti, talvityöt, läjitysmaat, työmaat, parakit, varastoalue ja suoja-alue. Ajan lisääminen työvaihekuviin auttaa työn ohjauksessa, tämän avulla saadaan mallinnukseen neljäs ulottuvuus, jolloin voidaan puhua 4D-mallista.

Kaivinkoneiden koneohjaus on lisääntynyt, sillä se on käytössä suuremmilla maanrakennusyriyksillä. Mallinnuksen avulla saatua informaatiota tulee koneohjauksessa hyödyntää, sillä käyttämällä oikeita koordinaatteja saadaan rajakohdat tunnistettua.

Maa-ainesten käyttösuunnitelma tulee tehdä heti hankkeen alussa, jotta kaikki osapuolet voivat sitä hyödyntää. Pohjarakennesuunnittelijan mallintama ”alusta” toimii runkona hankkeen muille suunnitelmille. Tällä pienennetään riskejä sekä varmistetaan tarkat lähtötiedot urakkalaskennassa, hankintojen- ja tuotannon suunnittelussa. Mallin avulla huomioidaan rakennuksen paikkaa määriteltäessä sille edullisin sijainti, korkeus, perustamistapa ja massatalous, lisäksi on mahdollisuus vaikuttaa louhinnan ja paalutusten

määrään. Nykyisin käytäntönä on, että arkkitehti suunnittelee ensin kohteen ja sitten tehdään tarvittavat pohjanvahvistustyöt ja tukirakenteet.

Työvaihekuvat ovat liitteissä 1 - 22 työjärjestyksessä, lisäksi liitteissä 23 - 25 esitetään kohde leikattuna. Liitteessä 26 kohde on piirustusmuodossa, leikattuna ja täytteillä lisätynä. Liitteessä 27 on Talo 2000-nimikkeistön mukaisesti nimetyt rakenneosat. Tampereen ammattikorkeakoululle on toimitettu CD-levy, jossa on lisää liitteitä opetuskäyttöön.

LÄHTEET

Infra Timantti. Rakennustietosäätiö. Tulostettu 4.6.2012

<http://www.rts.fi/infrabim/InfraTimantti>

InfraRYL 2006. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1 Väylät ja alueet. Hämeenlinna: Rakennustieto Oy

InfraRYL 2006. Rakennusosa- ja hankenimikkeistö. Määramittausohje. Tampere. Rakennustieto Oy

Laatunen Kimmo. Product Development Manager. VR Track Oy. Sähköposti 28.5.2102

Liikennevirasto. Rym/PRE/Infra FINBIM

[www/f/liikennevirasto/tutkimus_kehittaminen](http://www.f/liikennevirasto/tutkimus_kehittaminen)

OCI.Oulu.fi. 5D-silta. Siltojen tuotemallintamisen ja rakentamisen automaation kehittäminen. <http://oci.oulu.fi/5D/>

OCI.Oulu.fi. DigiINFRA. Tulostettu 24.05.2012

<http://oci.oulu.fi/digiinfra/>

Pohjatutkimusrekisteri. Tulostettu 4.6.2012

<http://www.geo.fi/pohjatutkimusrekisteri.html>

Pohjatutkimusrekisteri. Tulostettu 4.6.2012

[www/f/liikennevirasto/tutkimus_kehittaminen](http://www.f/liikennevirasto/tutkimus_kehittaminen)

RIL Tietomallinnus. Tulostettu 4.6.2012

<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus>

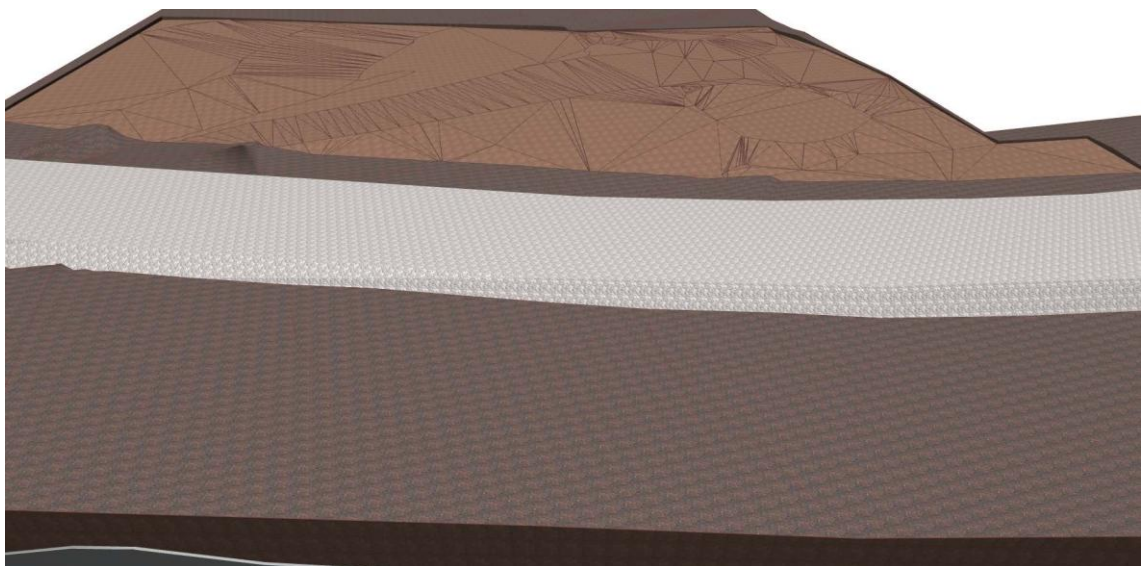
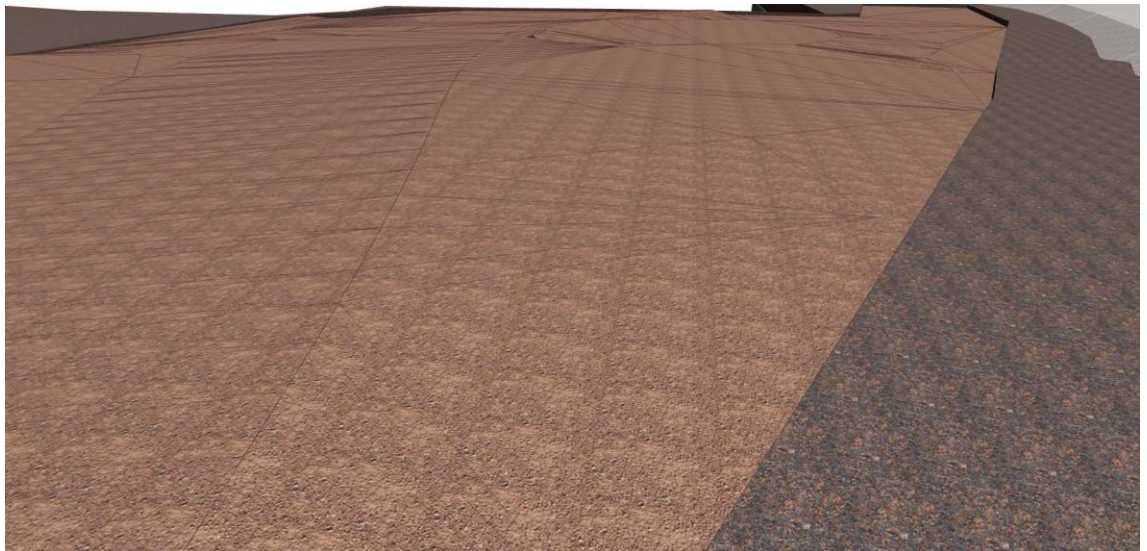
VTT 2005. ProIT kehityshanke. Tulostettu 4.6.2012

<http://virtual.vtt.fi/virtual/>

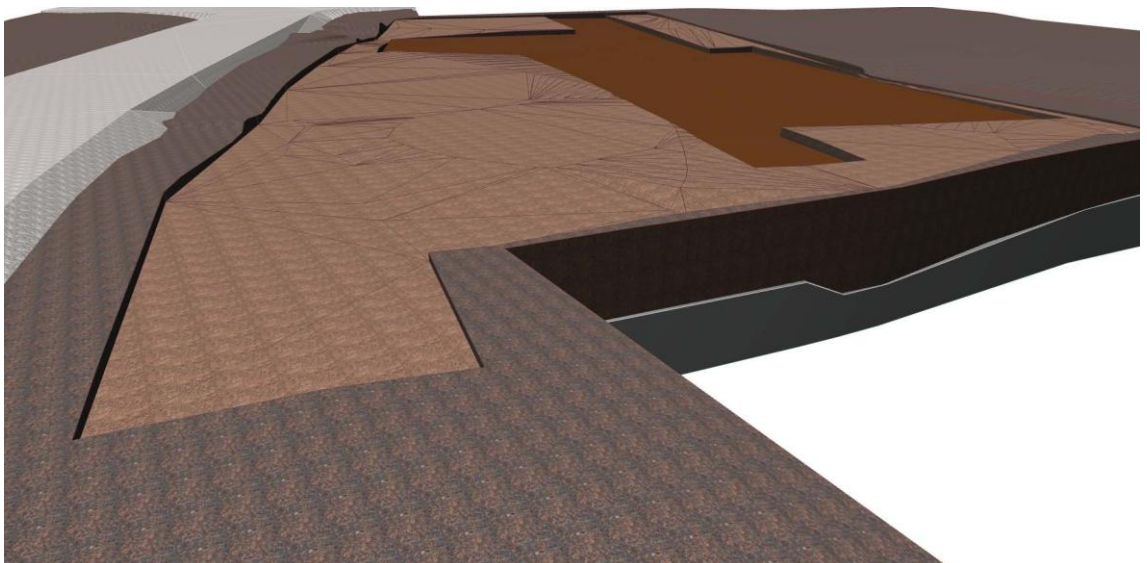
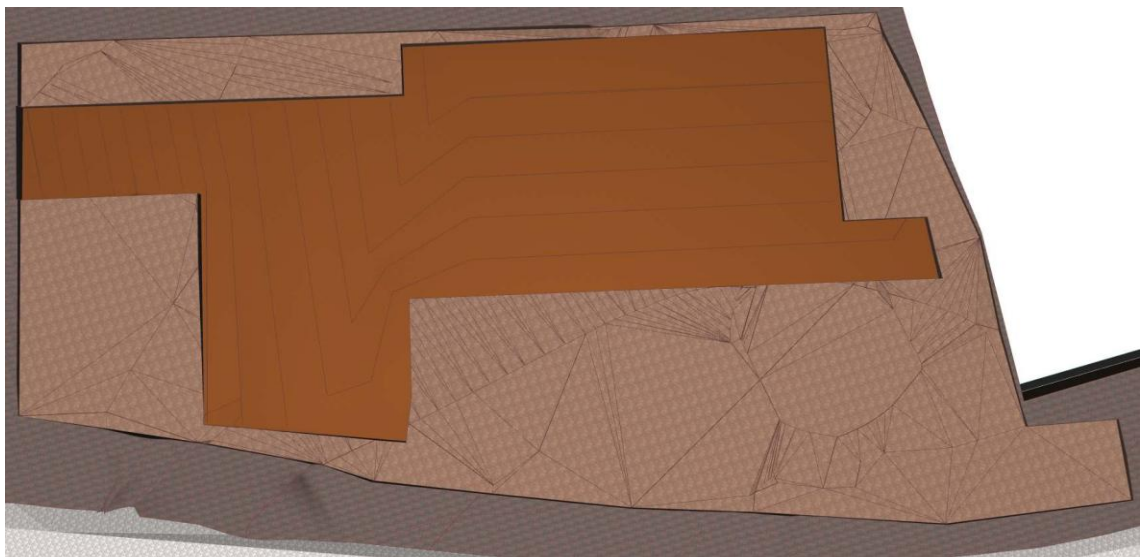
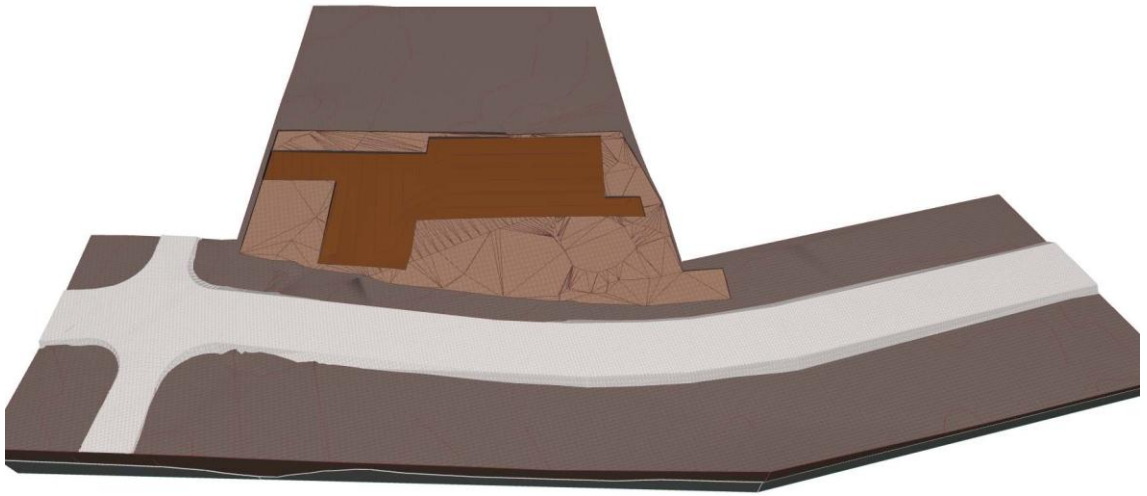
LIITTEET

- Liite 1. Pintamaan poisto
- Liite 2. Liikennealueen leikkaus
- Liite 3. Rakennuksen pohjan leikkaus
- Liite 4. Peruslouhinta
- Liite 5. Kanaali ja syvennyslouhinta
- Liite 6. Irtilouhinta
- Liite 7. Täyttö irtilouhinnan tasoon
- Liite 8. Tasausalusta
- Liite 9. Hissimontun täyttö
- Liite 10. Salaojan asennusalusta
- Liite 11. Salaojaputket ja kaivot
- Liite 12. Salaojaputkien alkutäyttö
- Liite 13. Anturan alustäyttö ja pilarianturat
- Liite 14. Lattian alustäyttö ja hissin seinät
- Liite 15. Vierustäyttö
- Liite 16. Runko ja kapillaarikatko
- Liite 17. Sade- ja jätevesiputket sekä kaivot
- Liite 18. Täyttö tasoon 117,40 m
- Liite 19. Täyttö tasoon 118,35 m
- Liite 20. Täyttö tasoon 119,00 m
- Liite 21. Täyttö tasoon liikennealueen pohja
- Liite 22. Liikenne- ja nurmialue
- Liite 23. 3D-Malli länsi
- Liite 24. 3D-Malli itä
- Liite 25. 3D-Malli sivusta
- Liite 26. 2D-Malli
- Liite 27. Talon 2000 nimikkeet

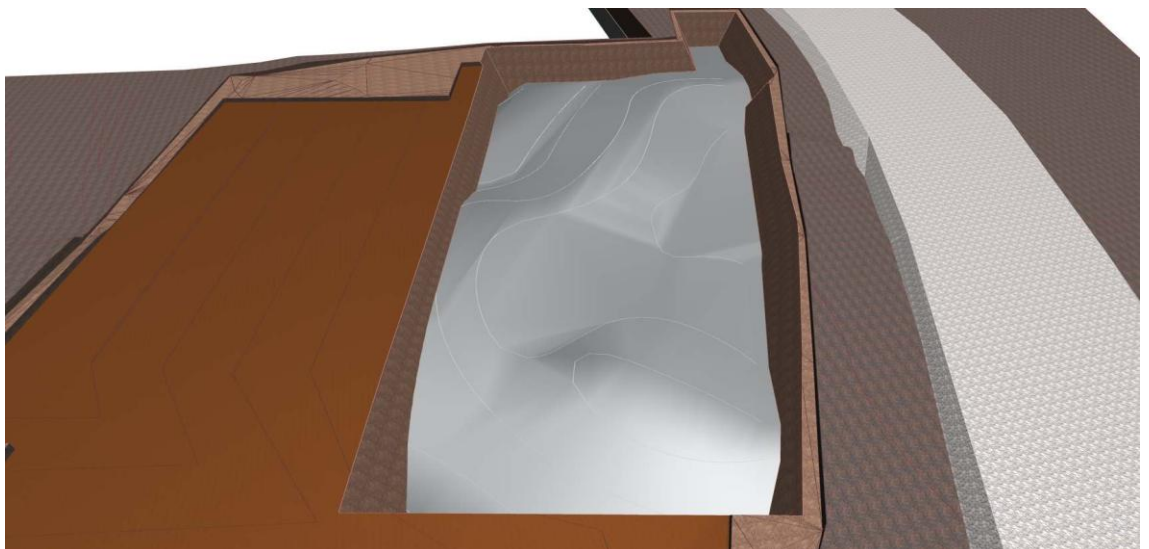
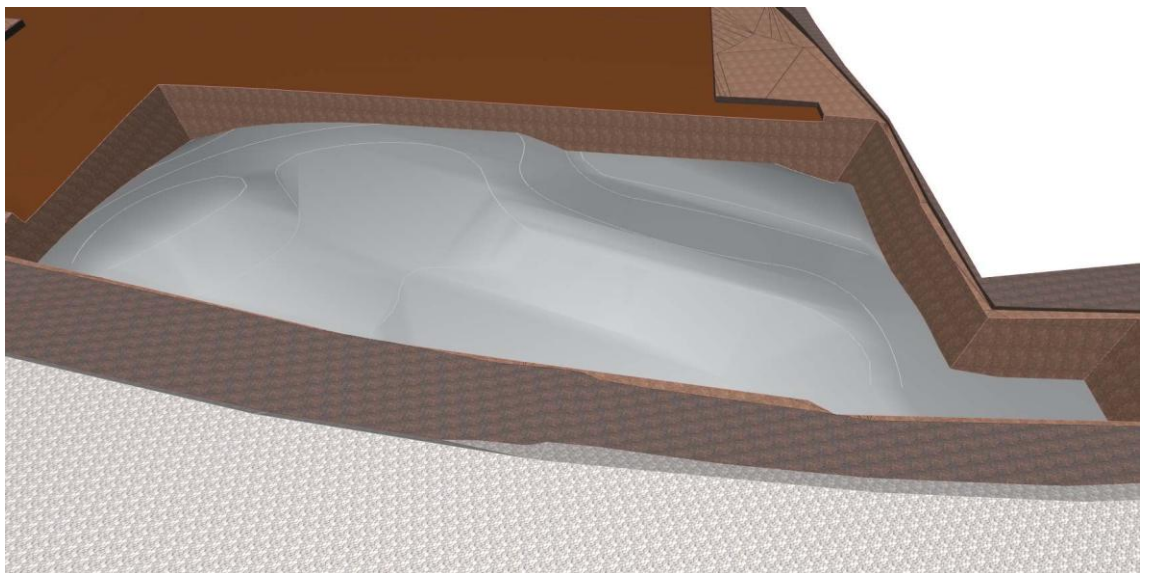
Liite 1. Pintamaan poisto



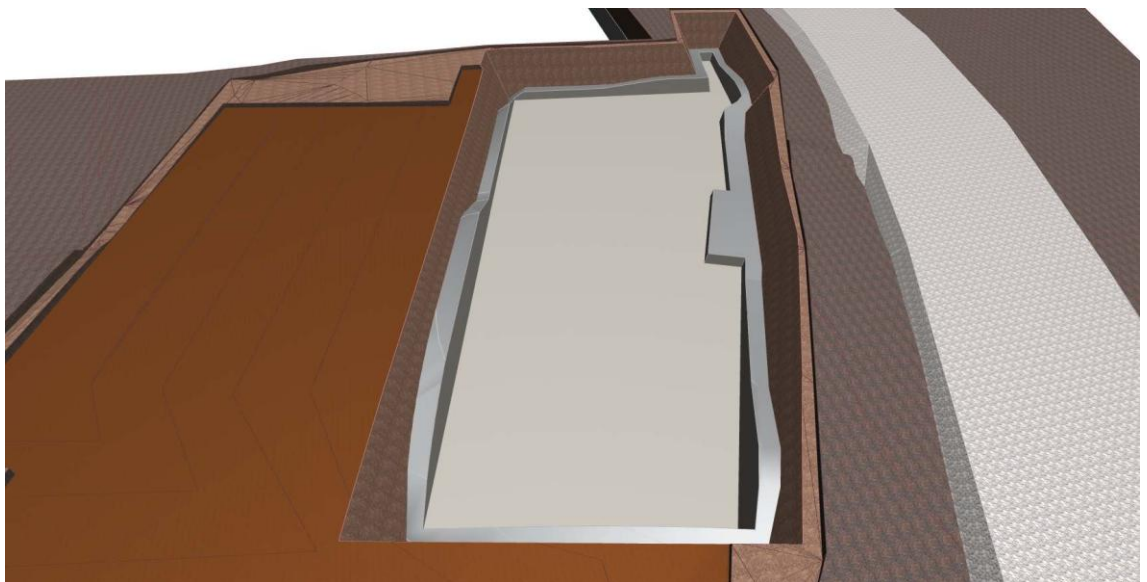
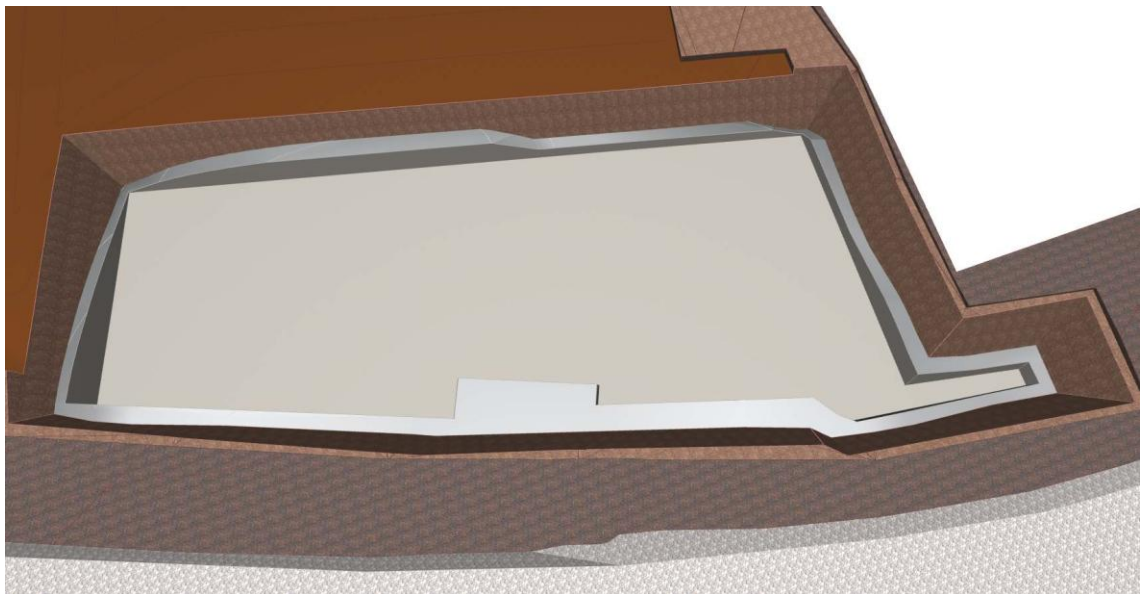
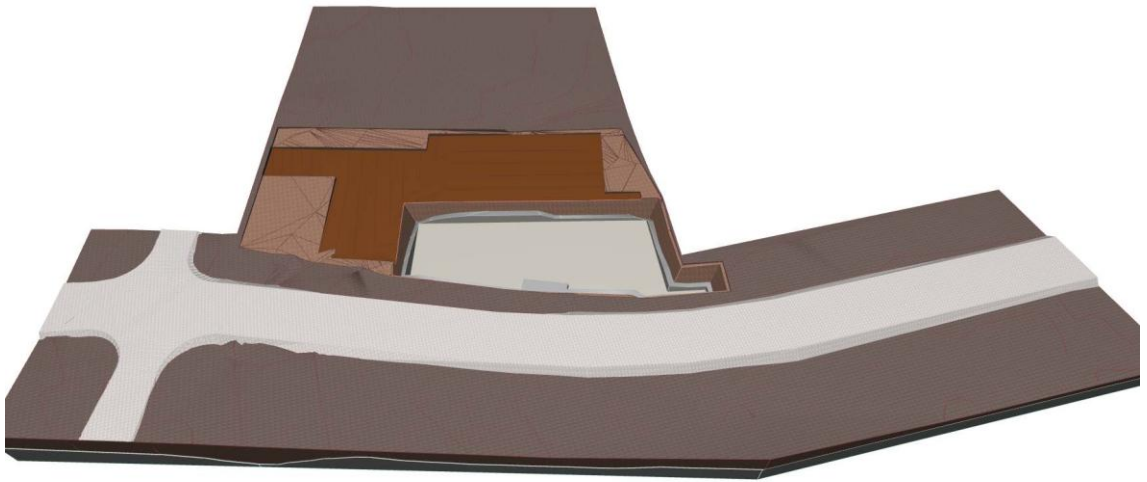
Liite 2. Liikennealueen leikkaus



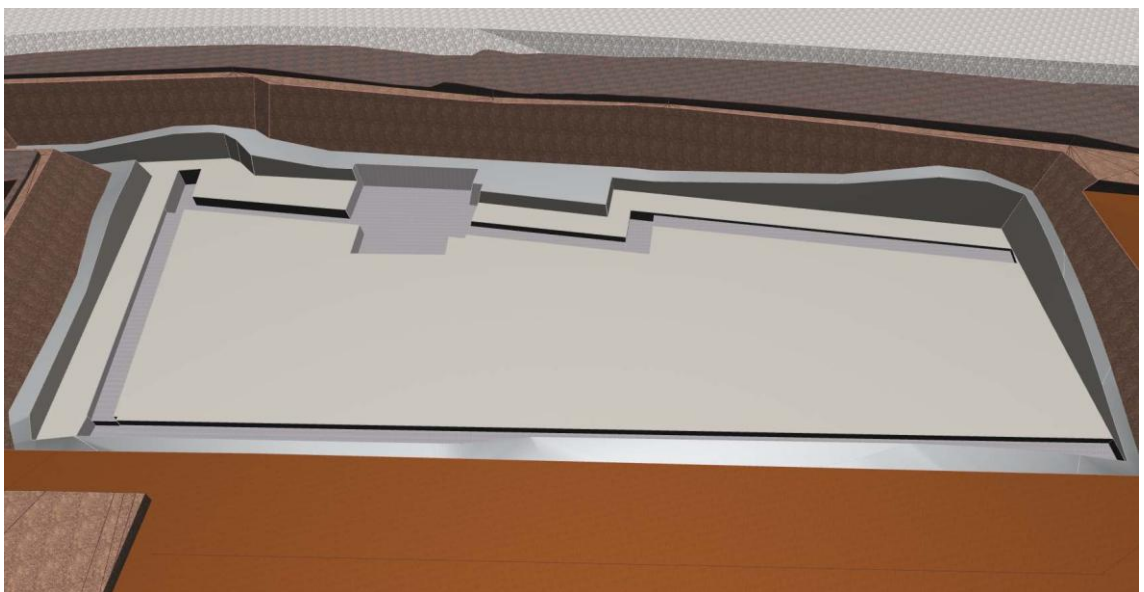
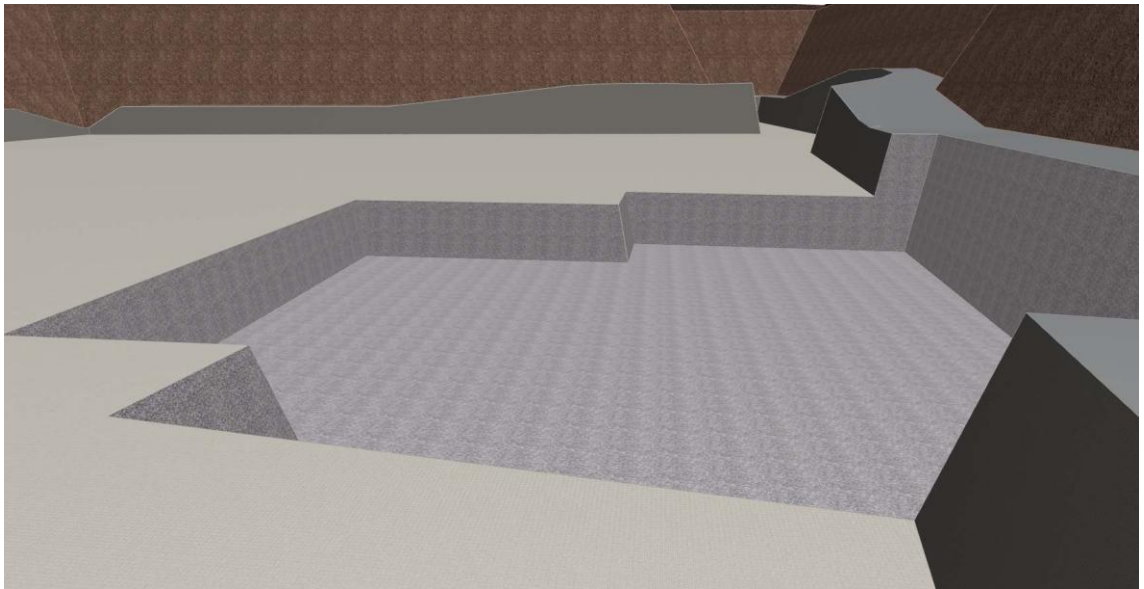
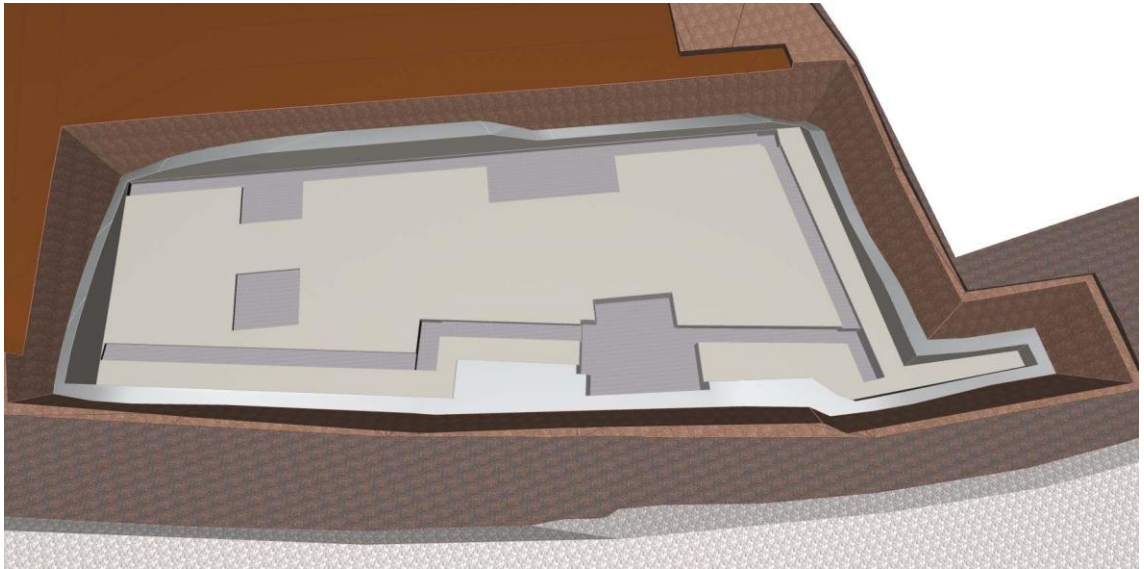
Liite 3. Rakennuksen pohjan leikkaus



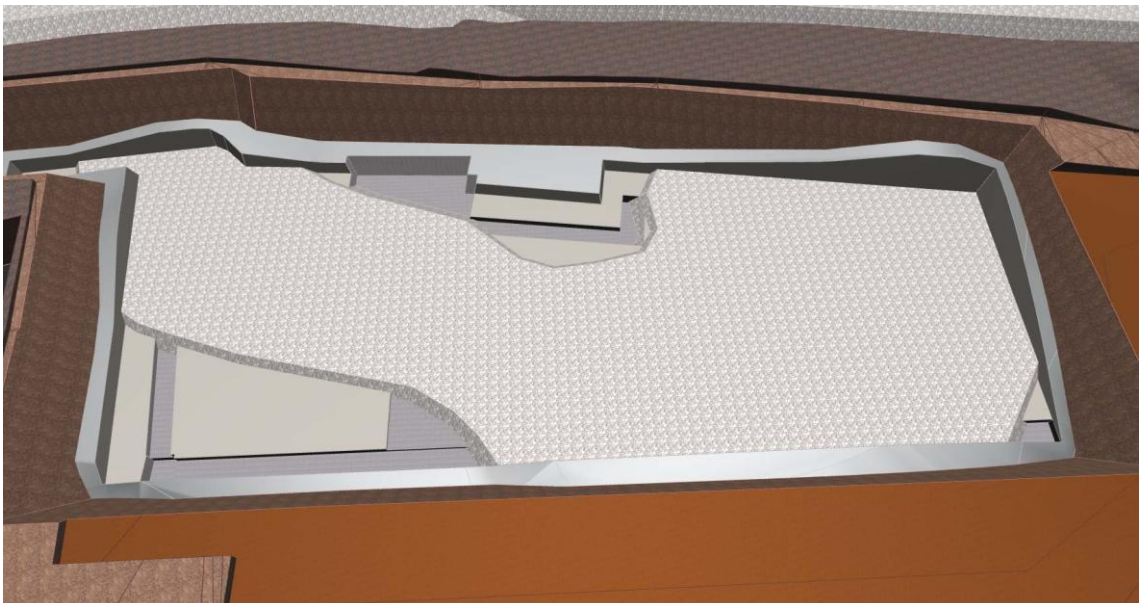
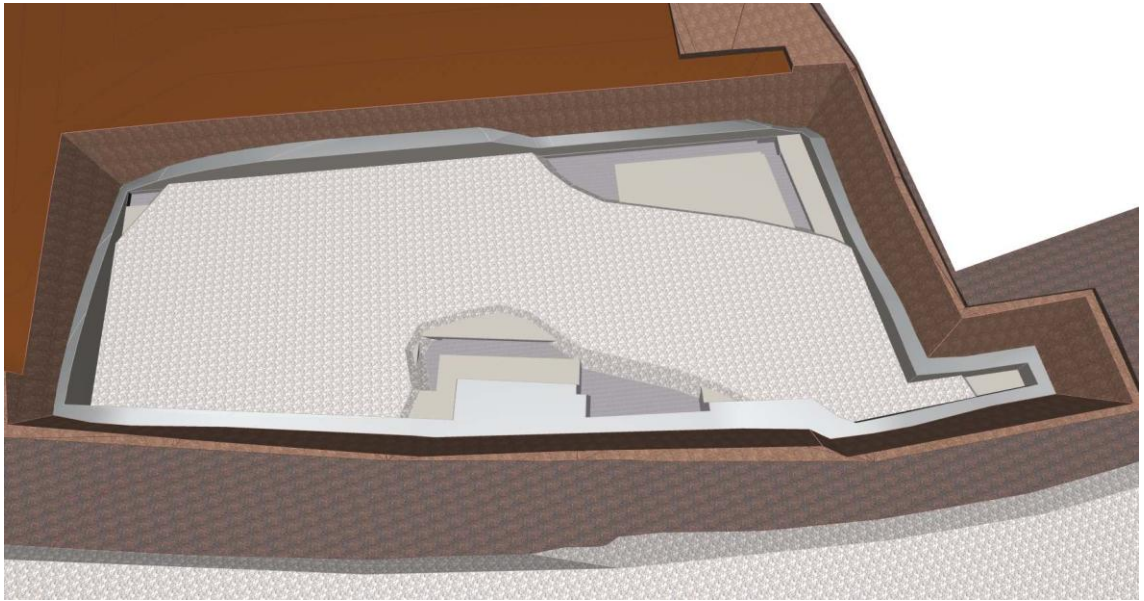
Liite 4. Peruslouhinta



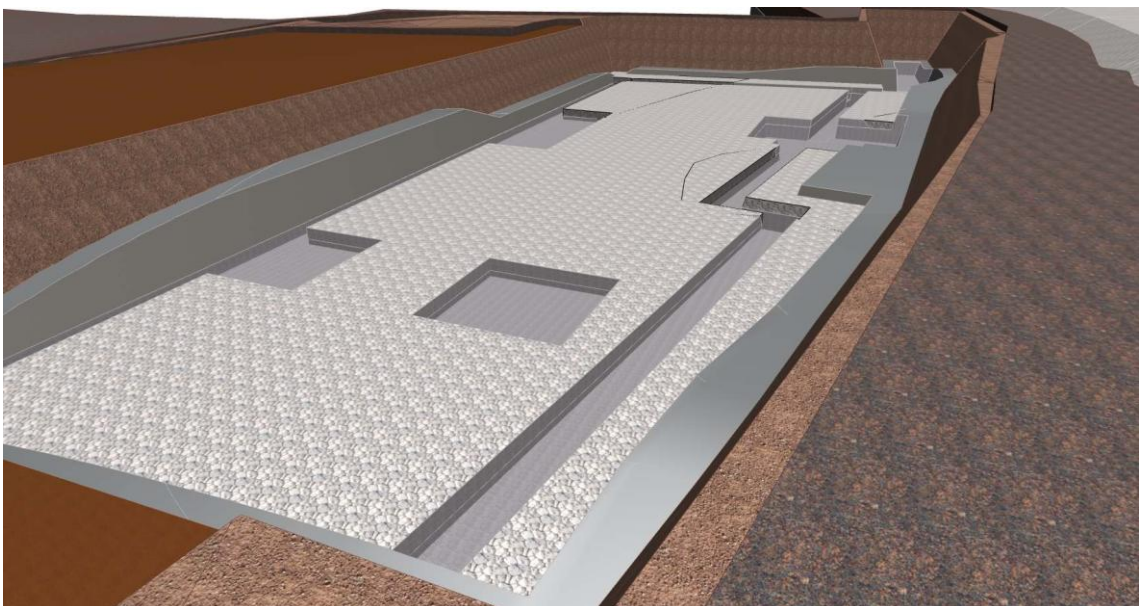
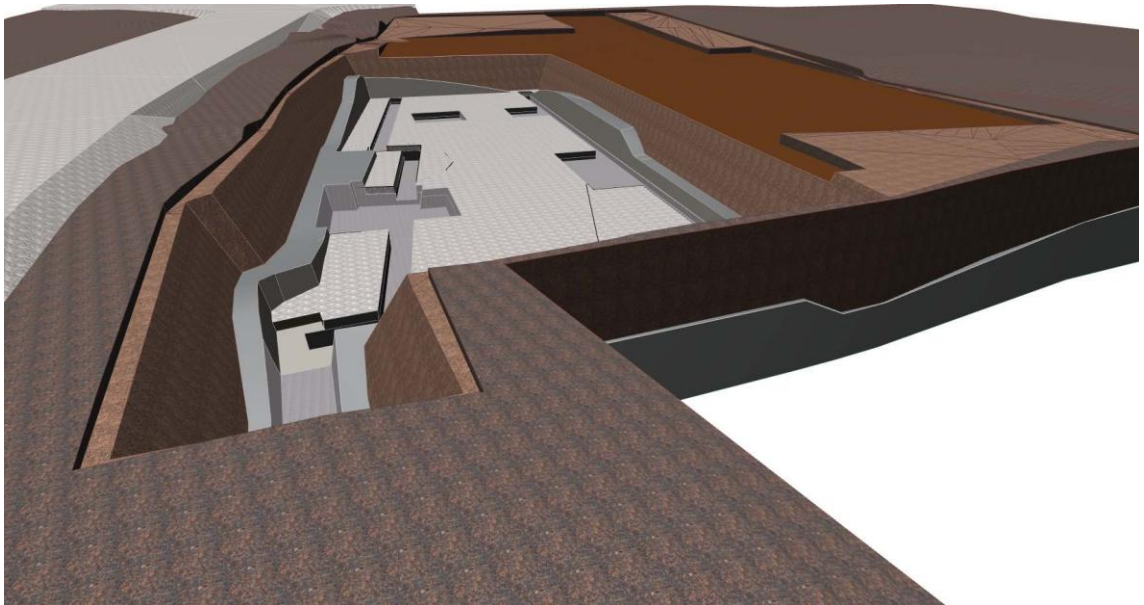
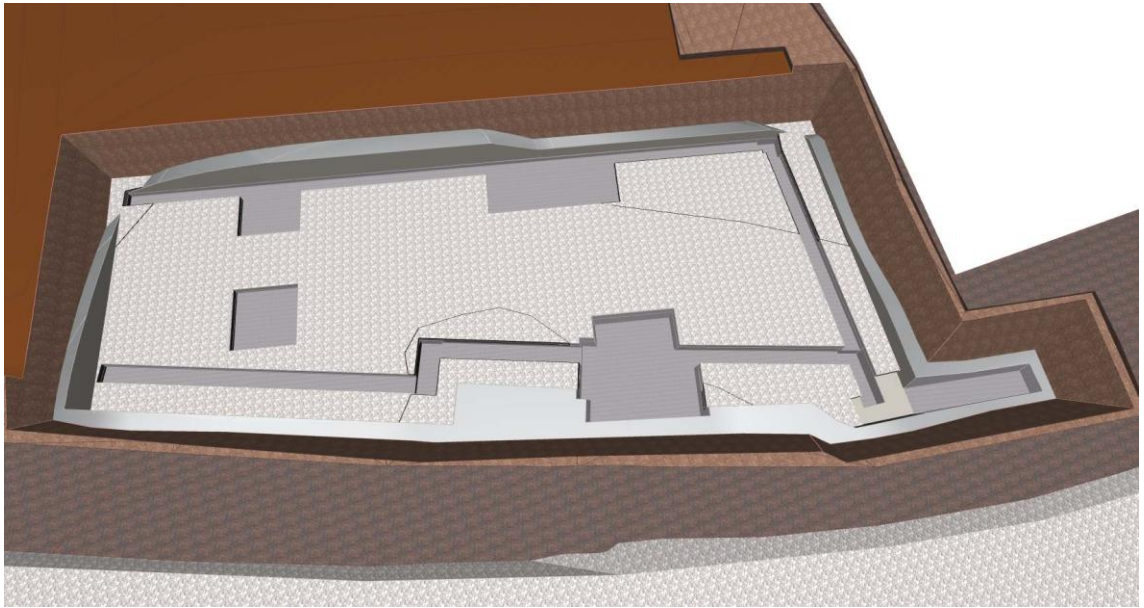
Liite 5. Kanaali ja syvennyslouhinta



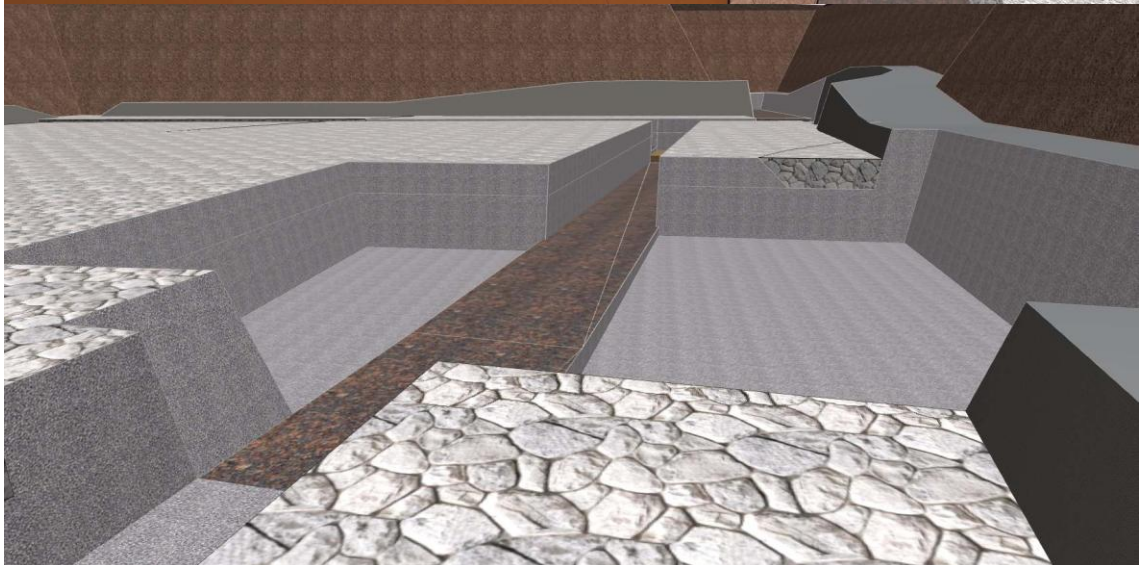
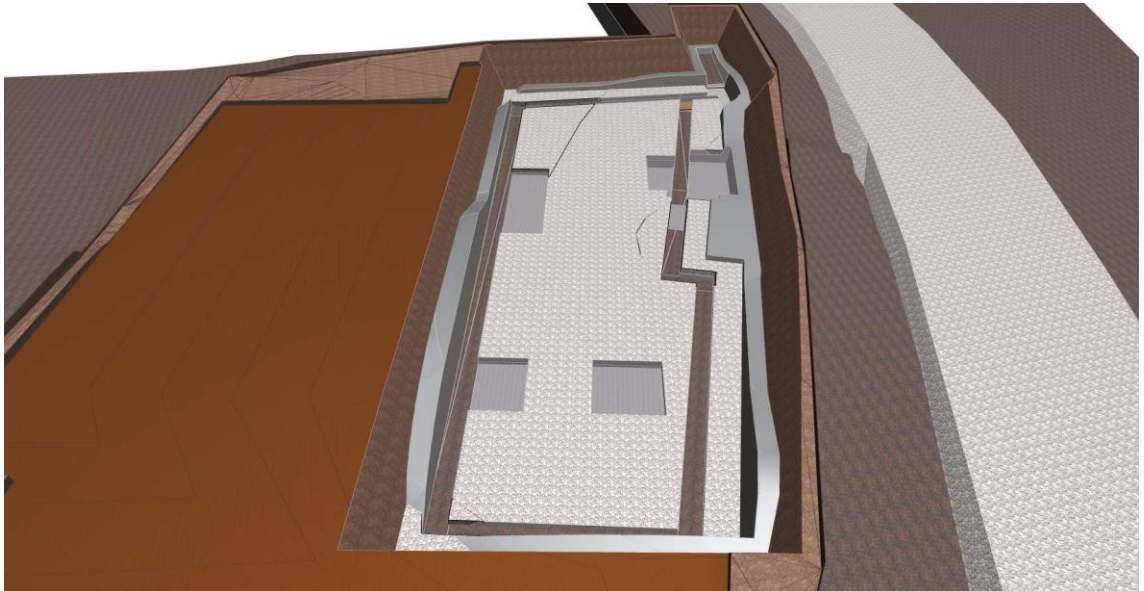
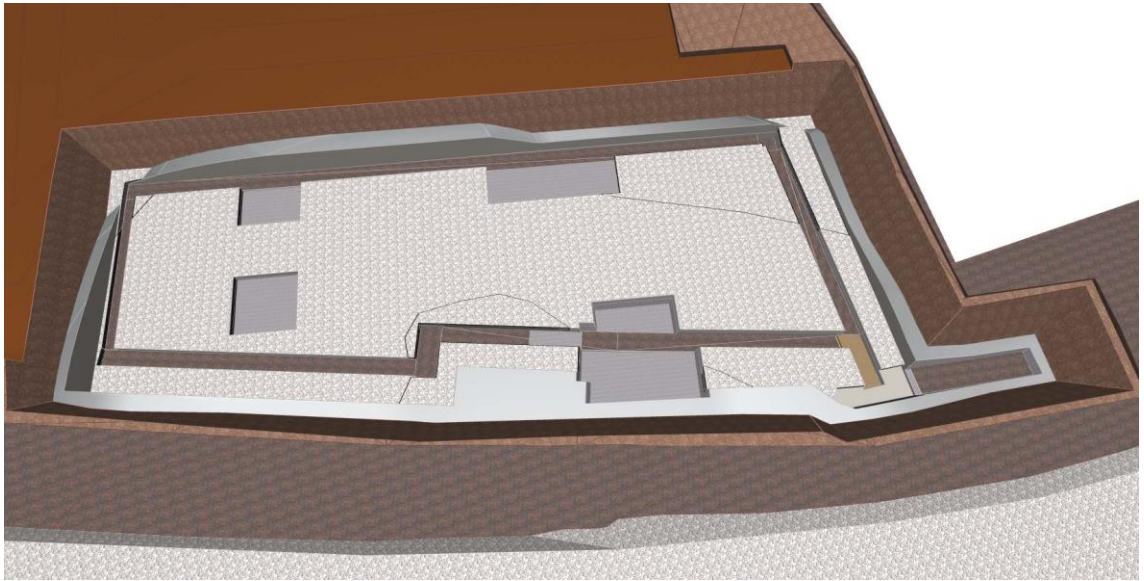
Liite 6. Irtilouhinta



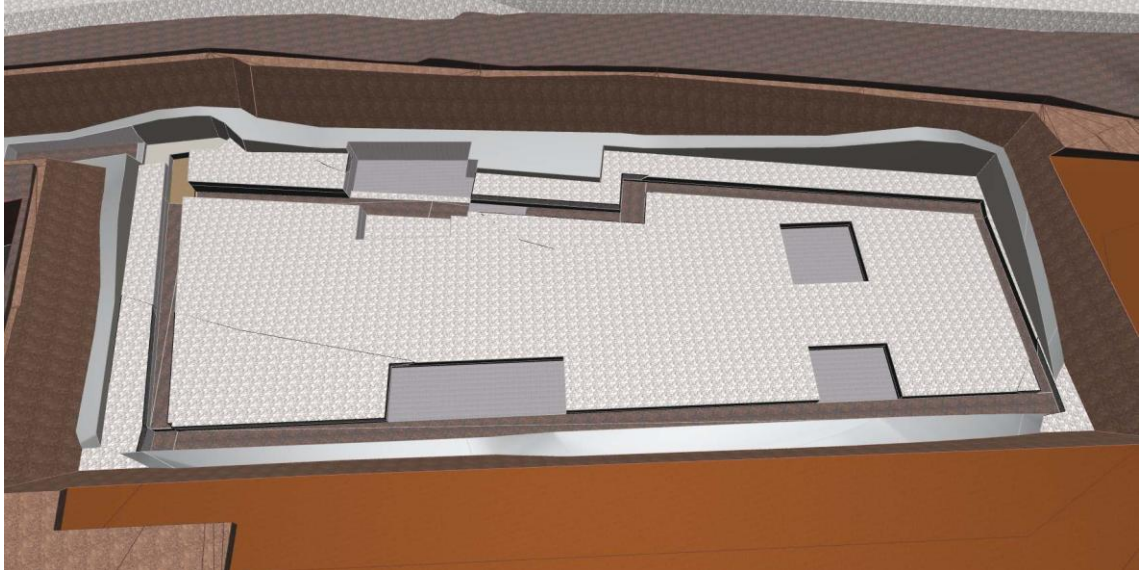
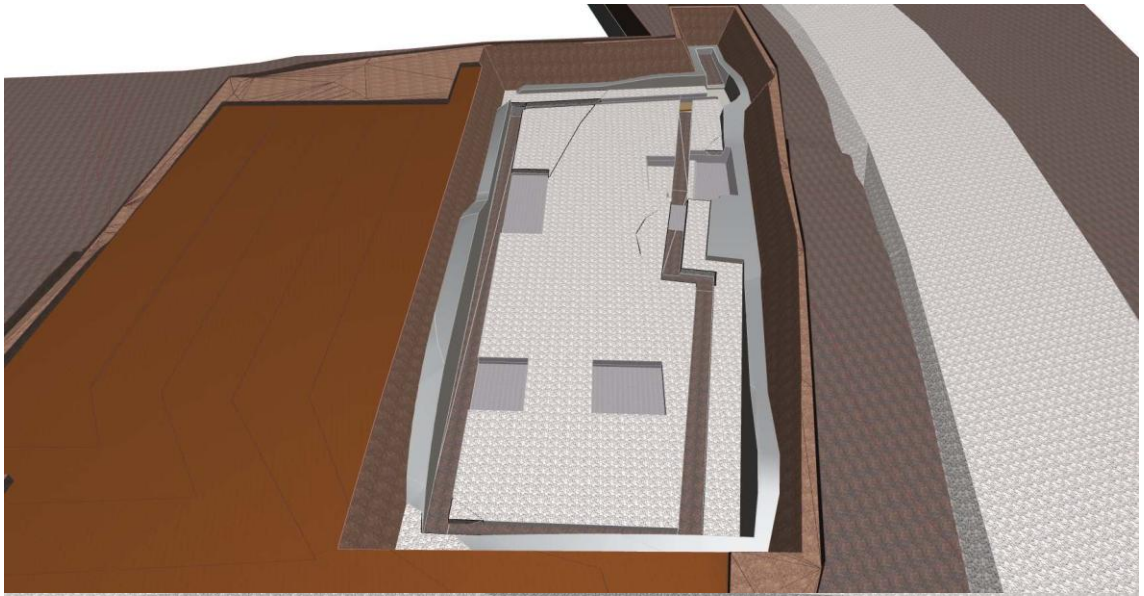
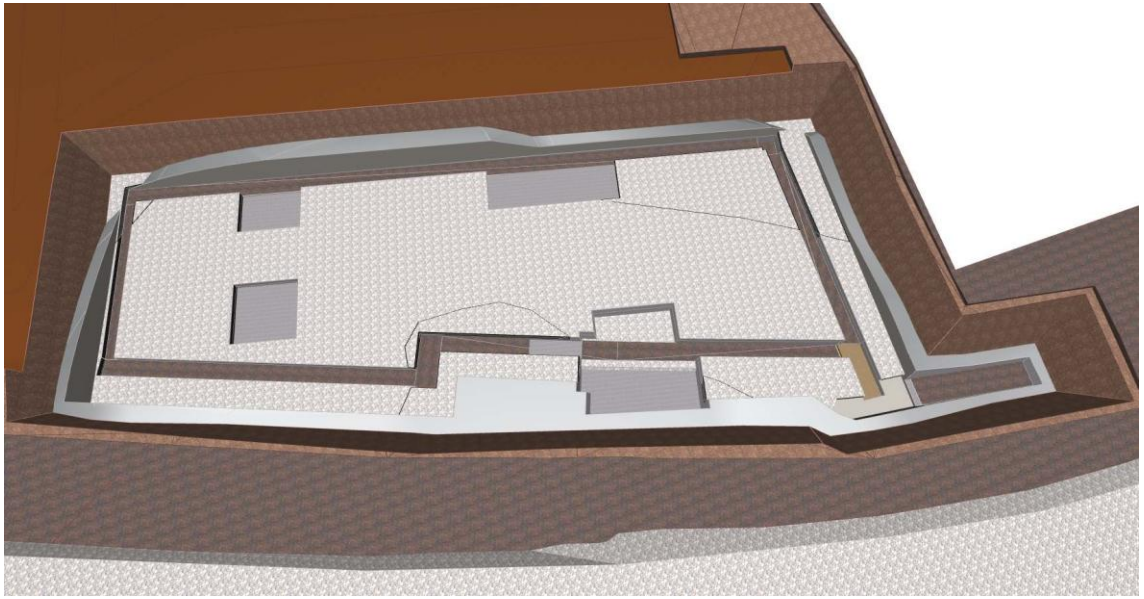
Liite 7. Täyttö irttilouhinnan tasoon



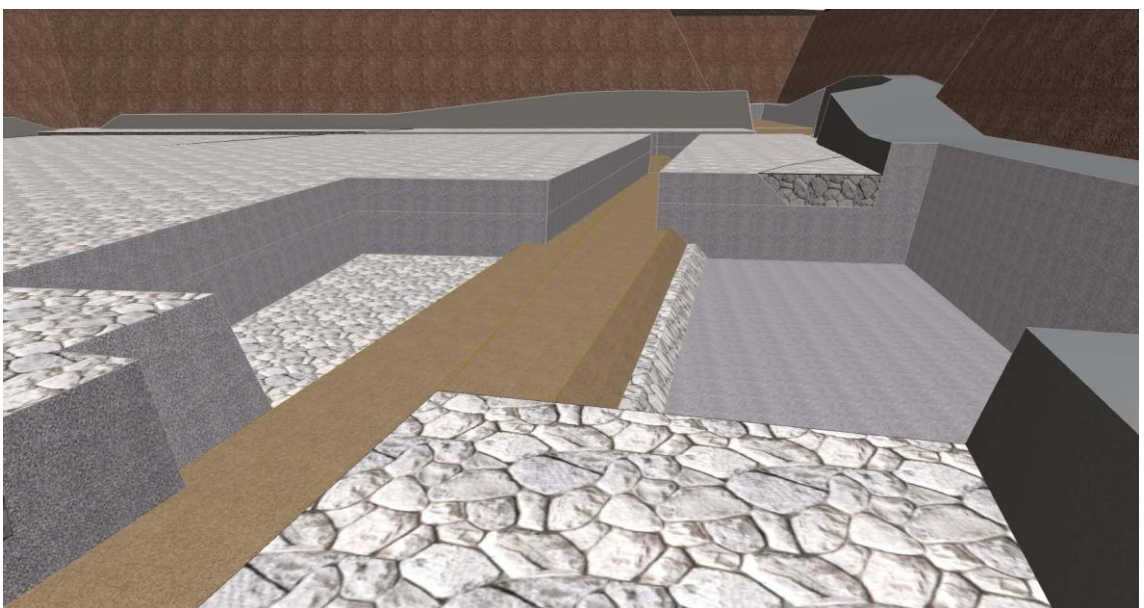
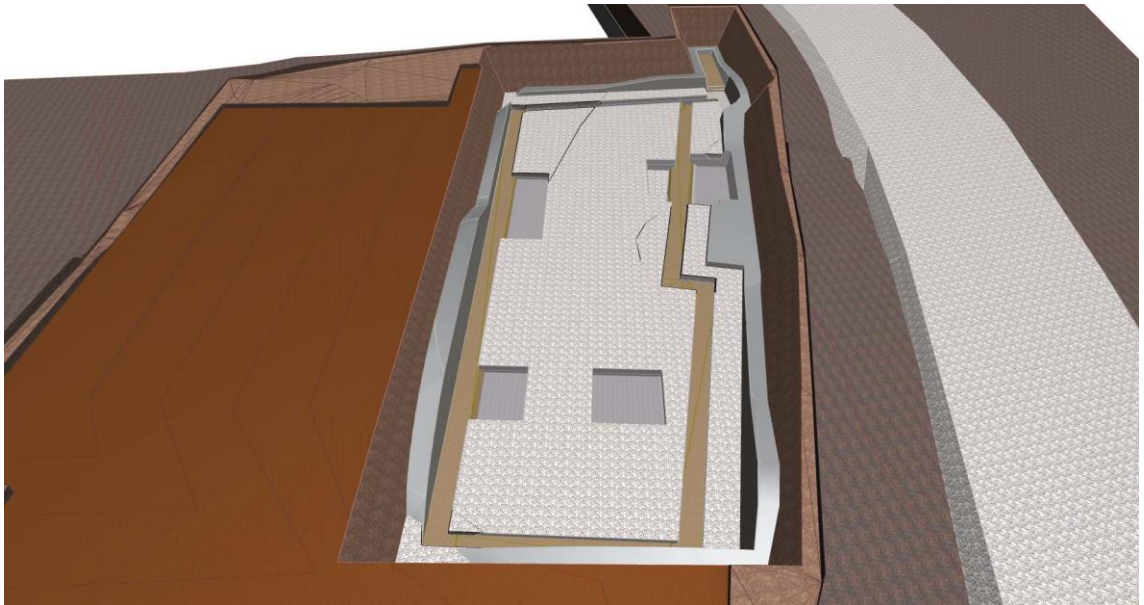
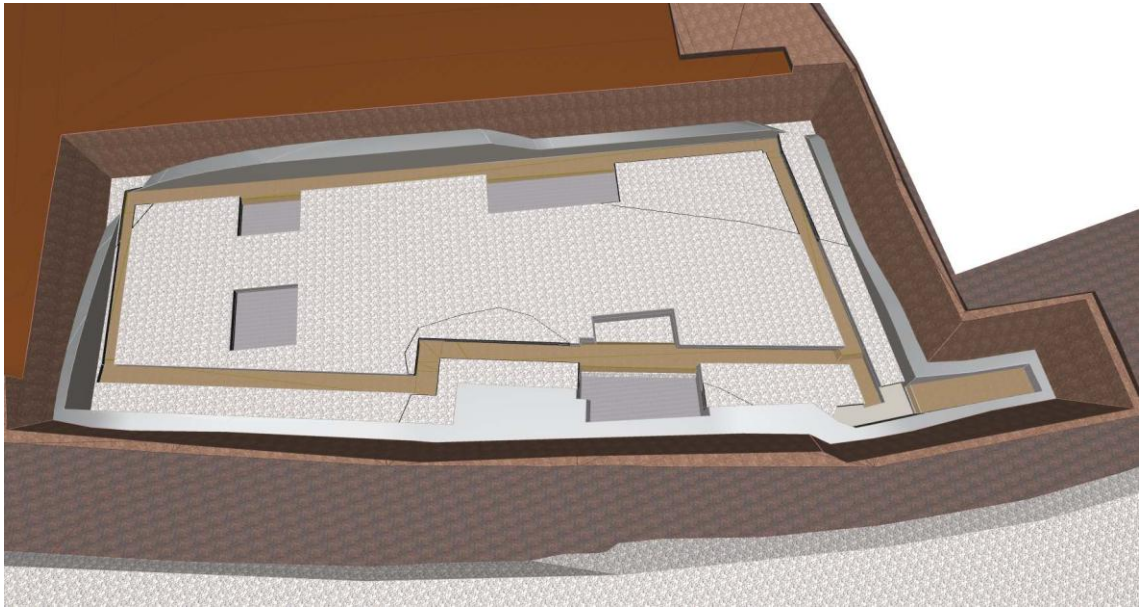
Liite 8. Tasausalusta



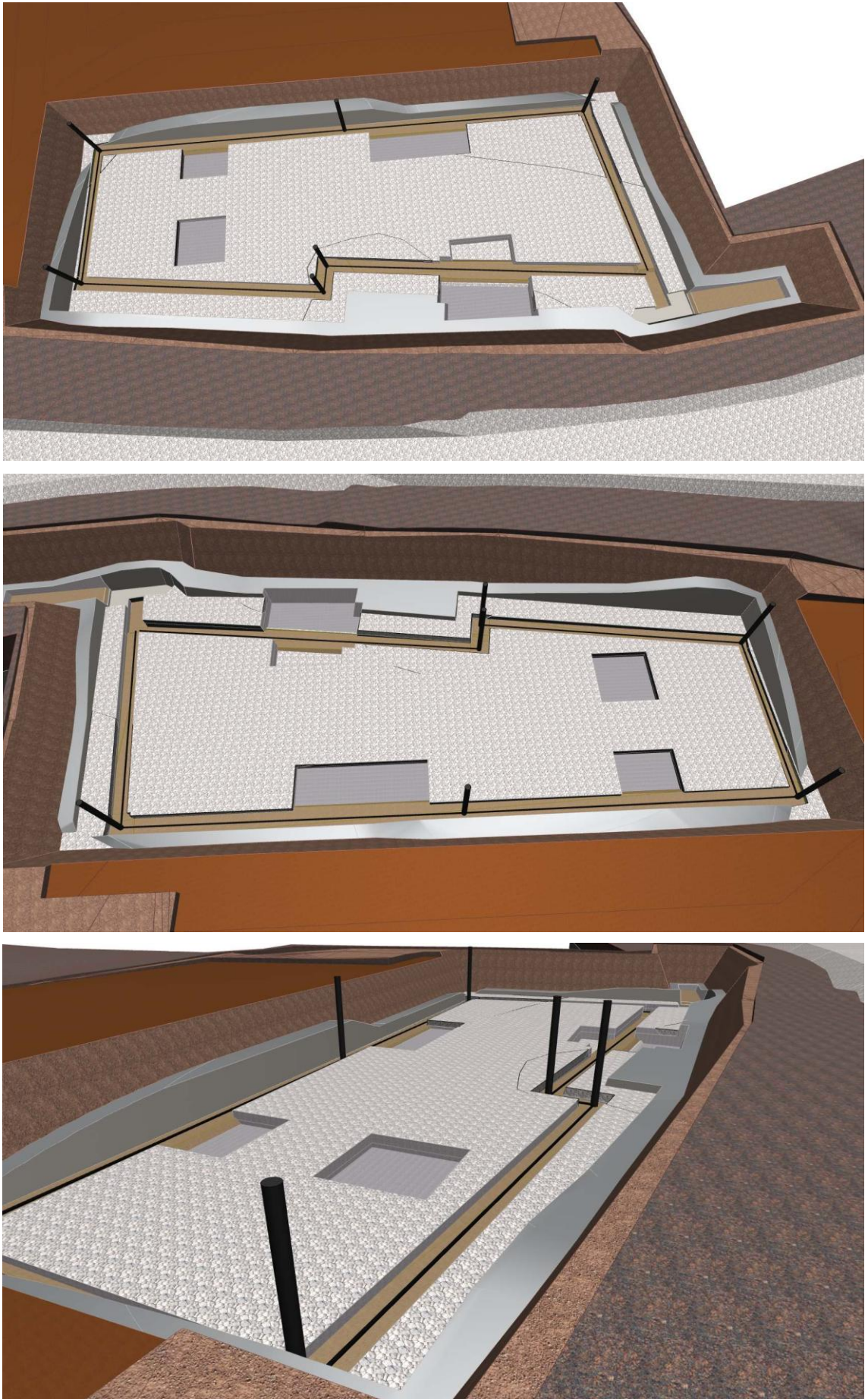
Liite 9. Hissimontun täyttö



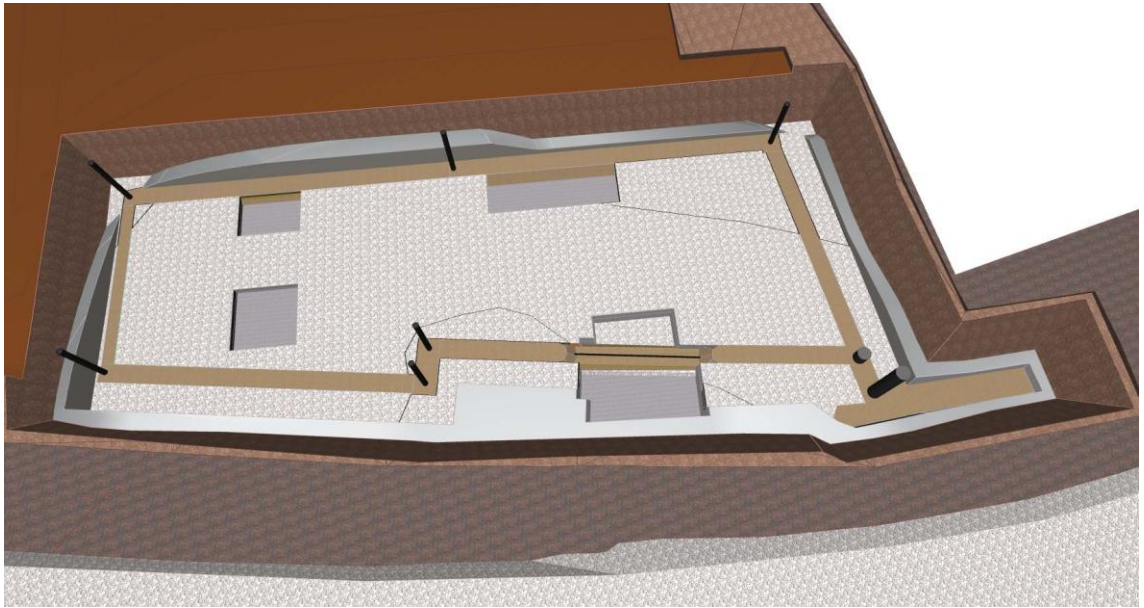
Liite 10. Salaojan asennusalusta



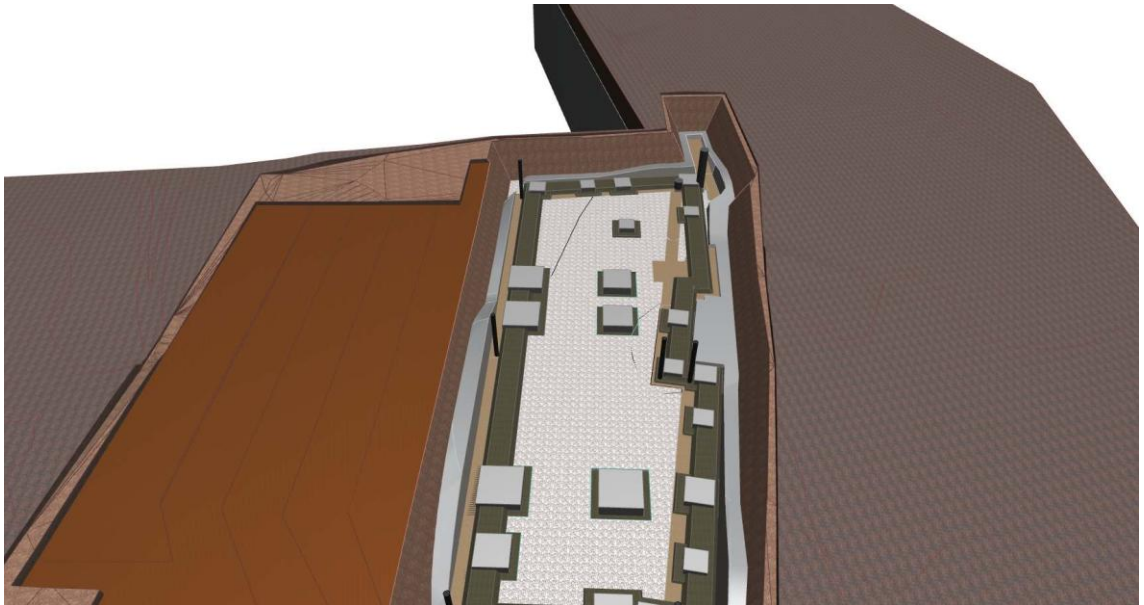
Liite 11. Salaojaputket ja kaivot



Liite 12. Salaojaputkien alkutäyttö



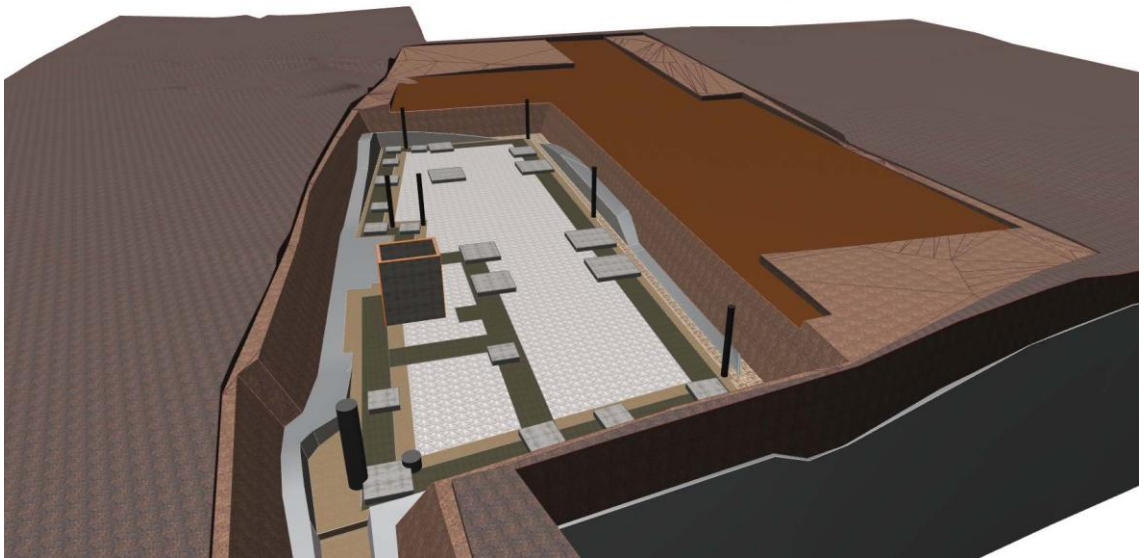
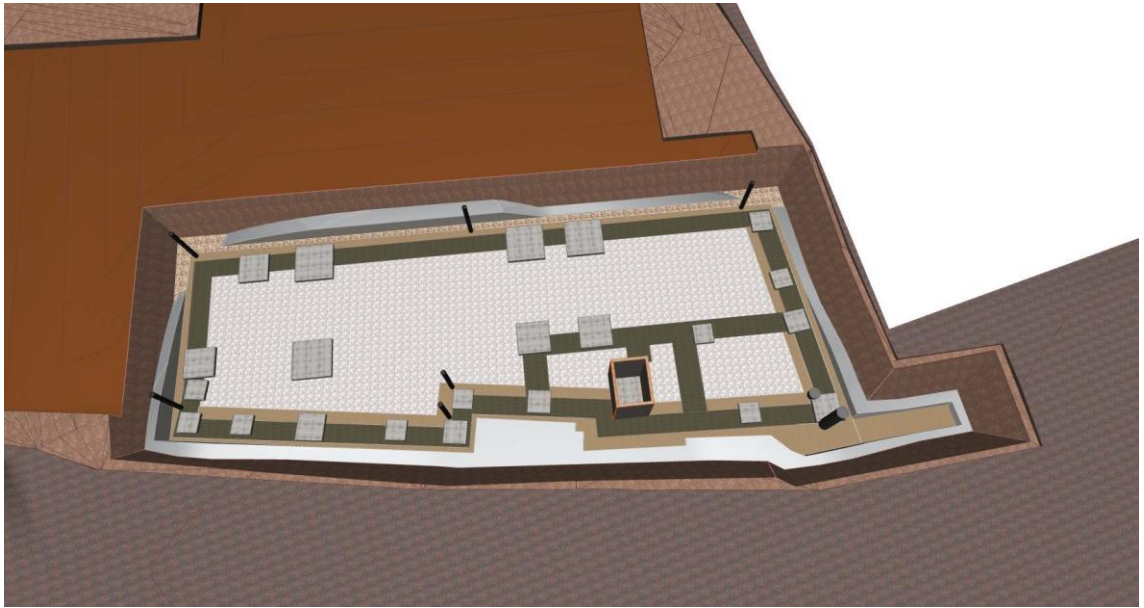
Liite 13. Anturan alustäyttö ja pilarianturat



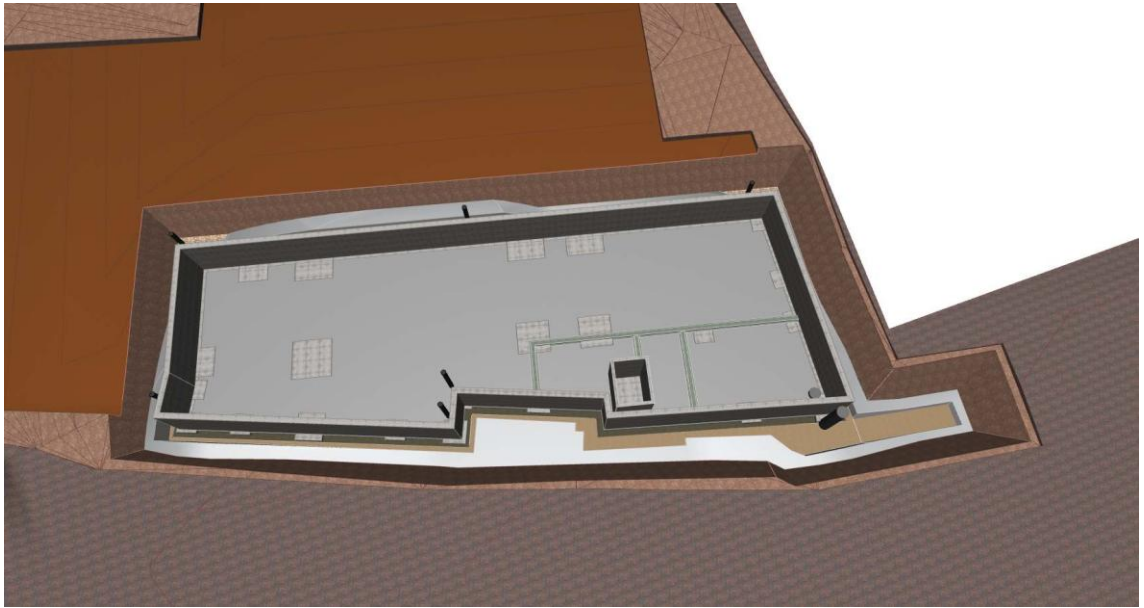
Liite 14. Lattian alustäyttö ja hissien seinät



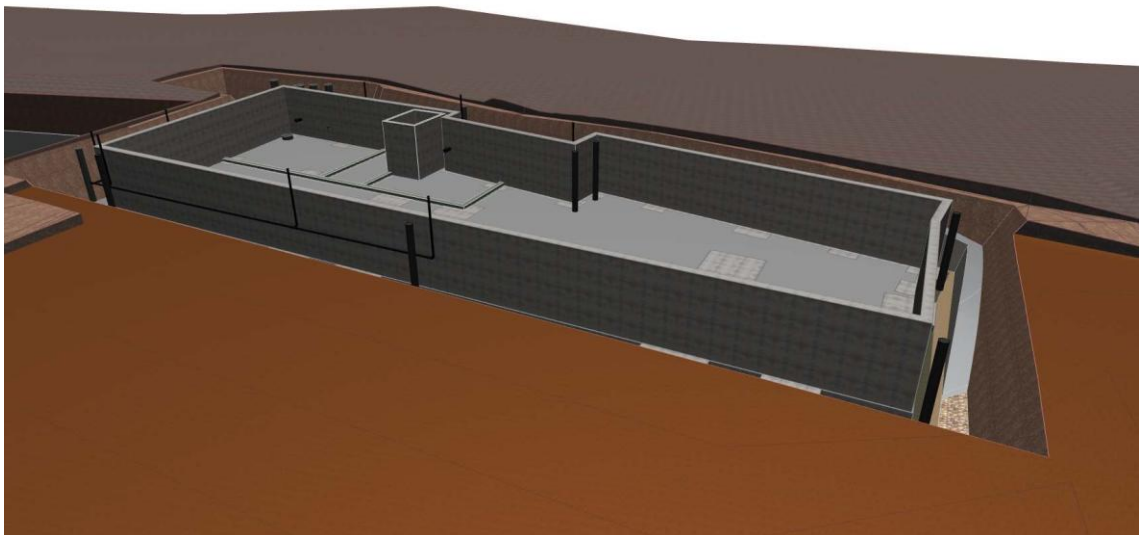
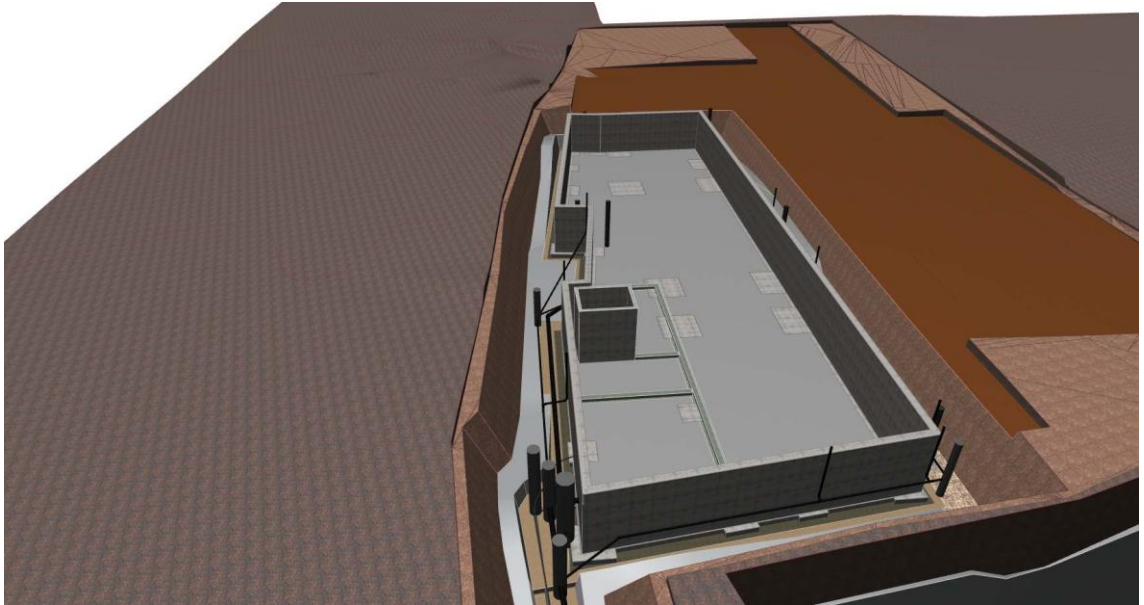
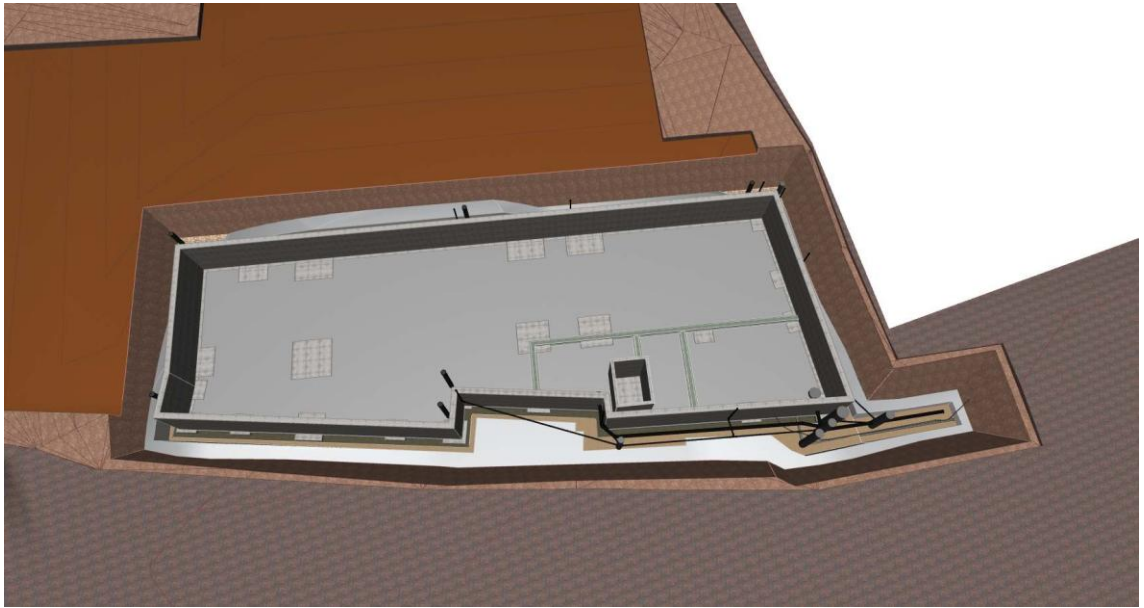
Liite 15. Vierustäyttö



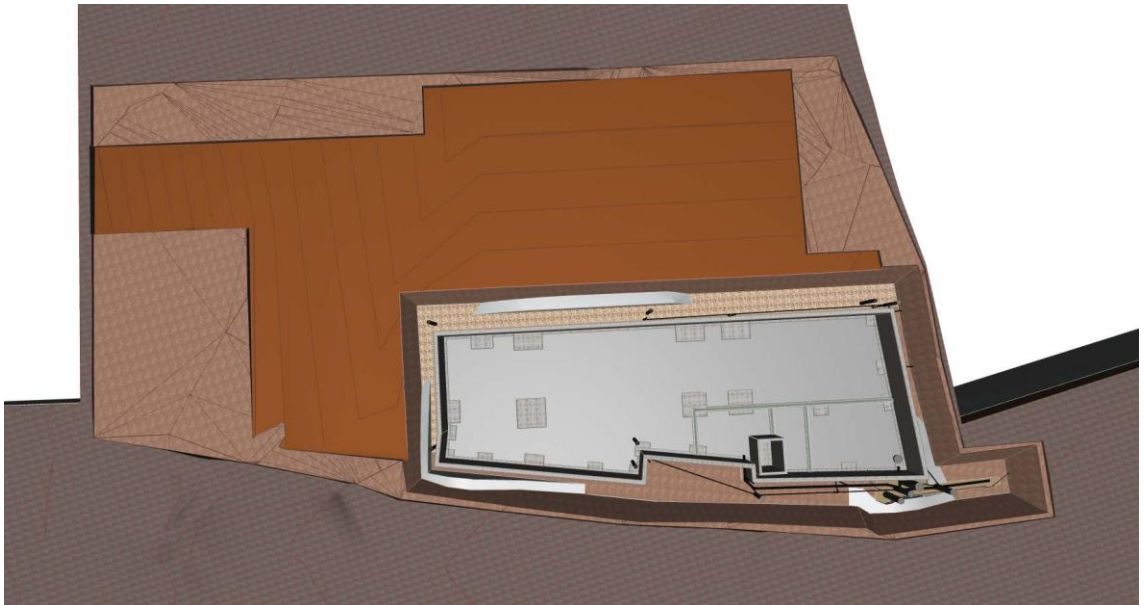
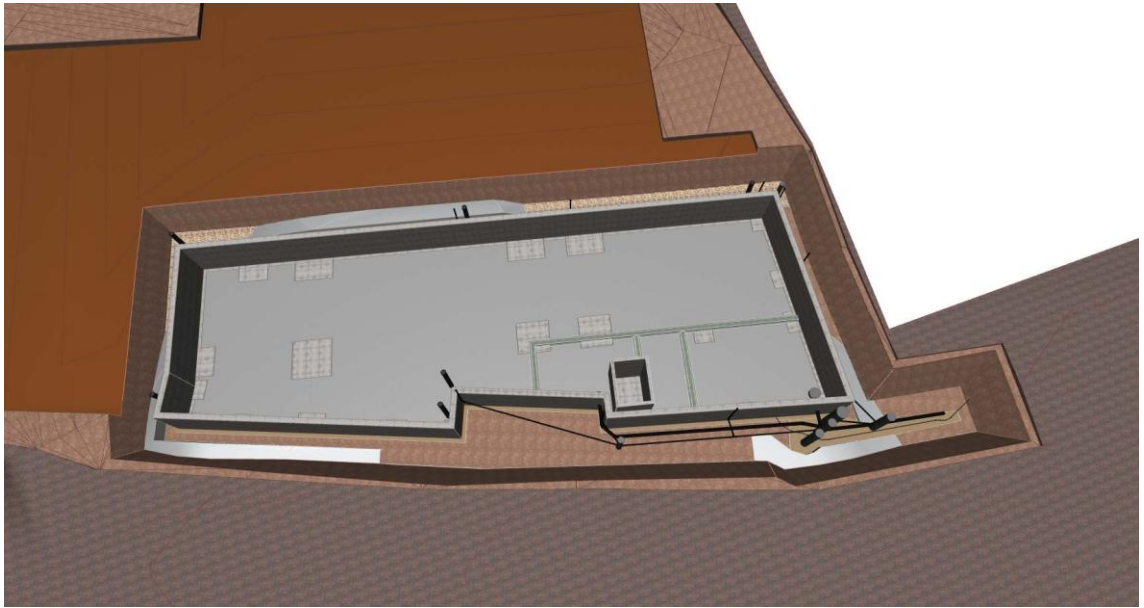
Liite 16. Runko ja kapillaarikatko



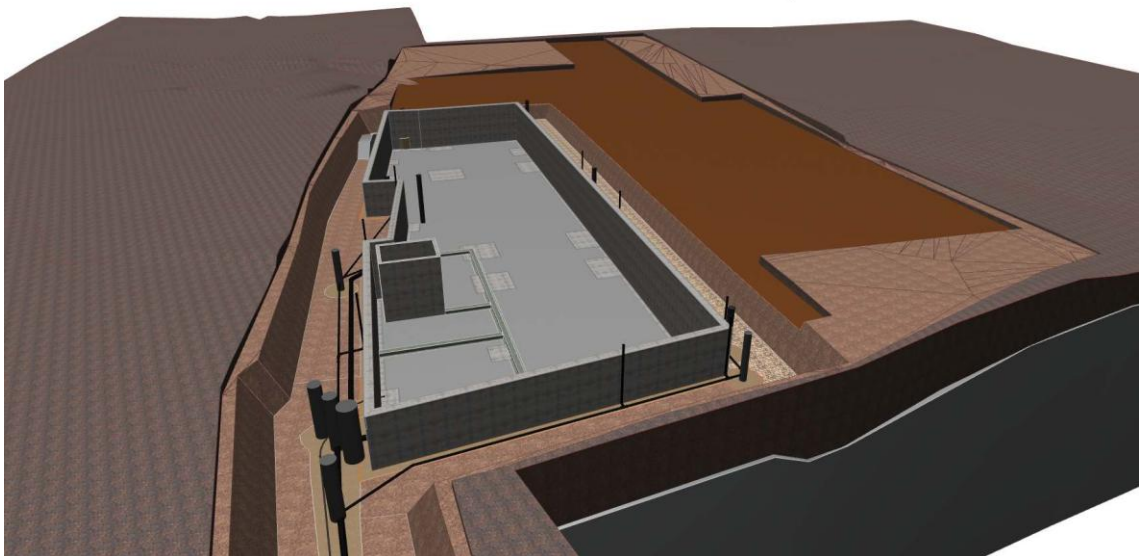
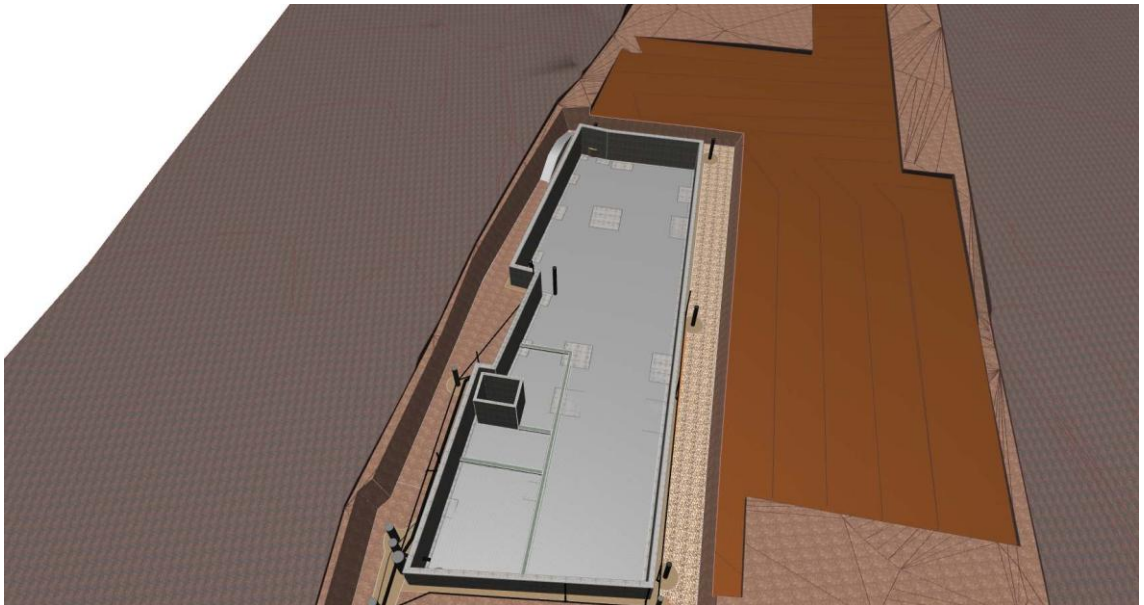
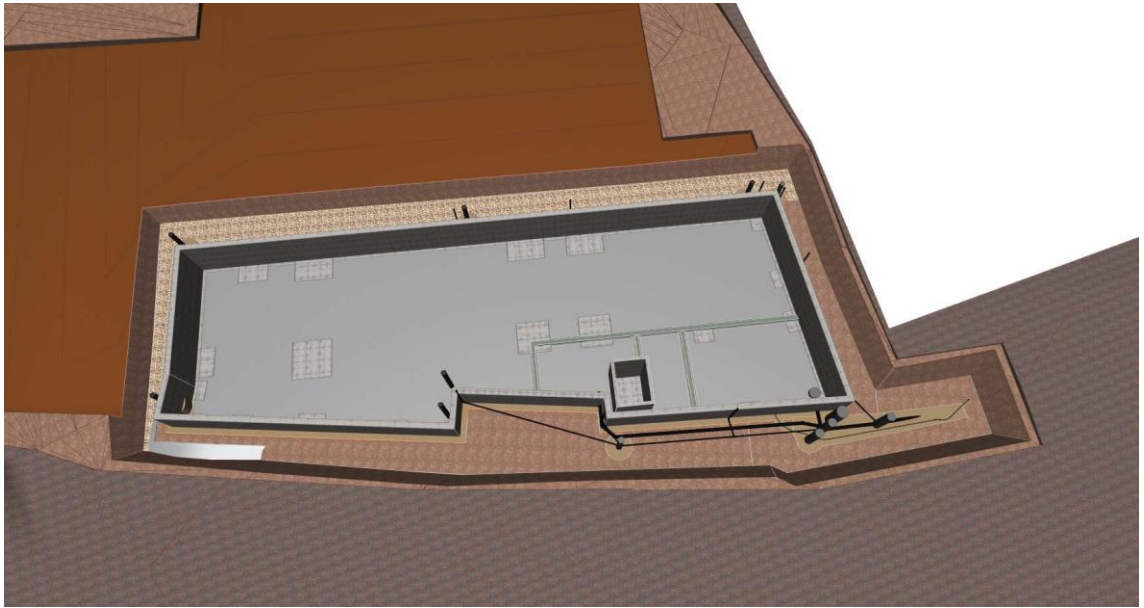
Liite 17. Sade- ja jätevesiputket sekä kaivot



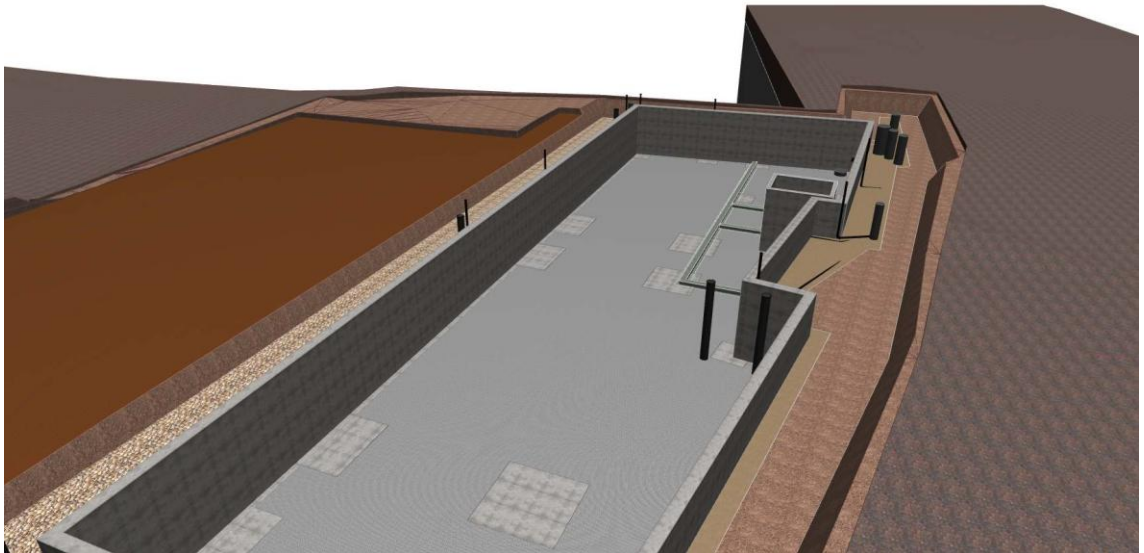
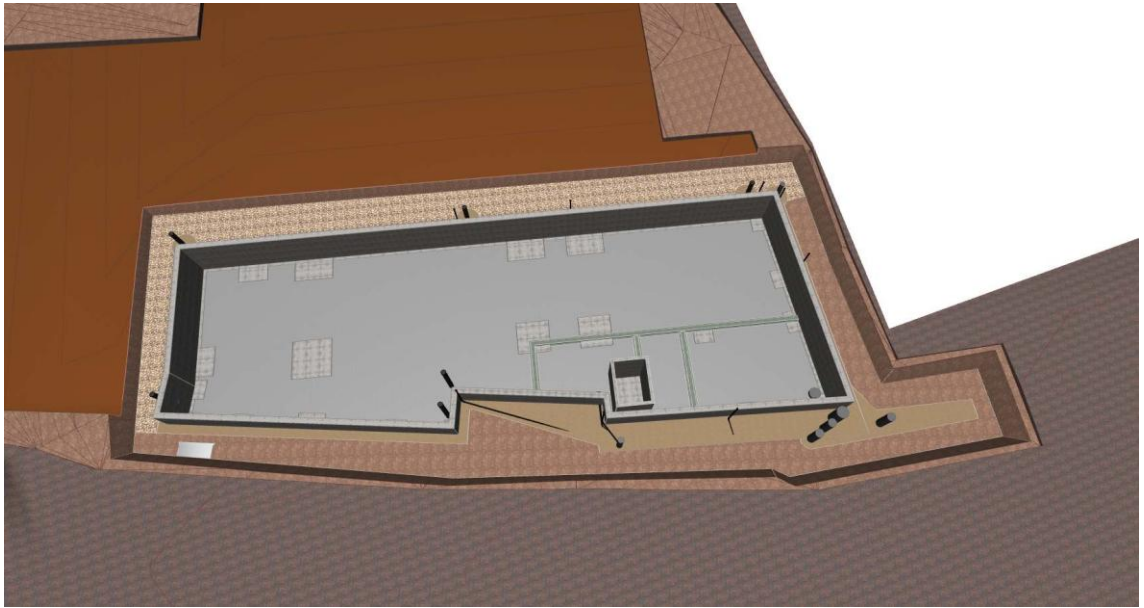
Liite 18. Täyttö tasoon 117,40 m



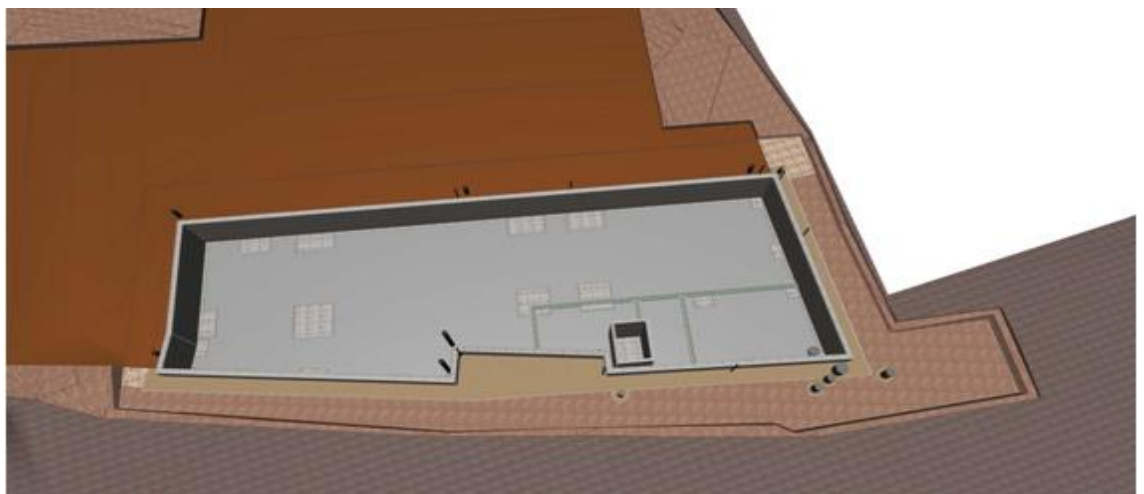
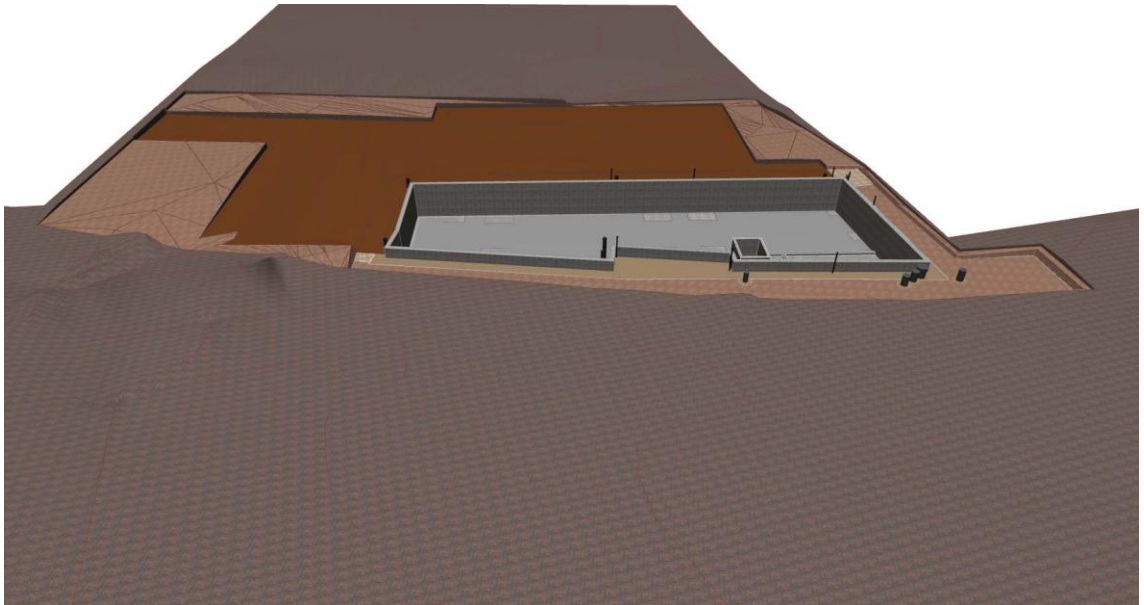
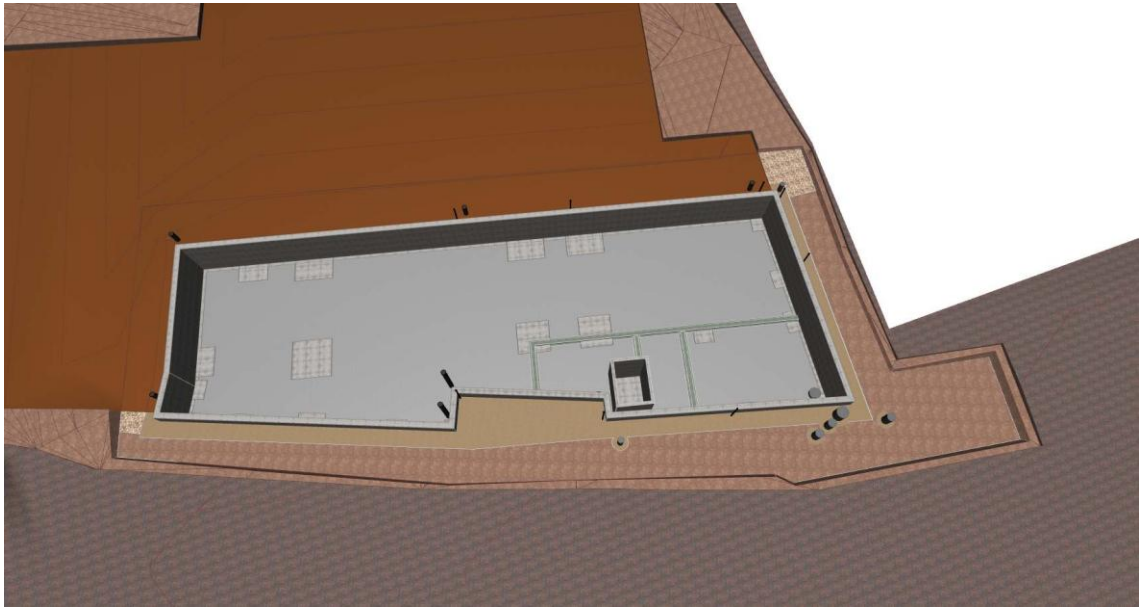
Liite 19. Täyttö tasoon 118,35 m



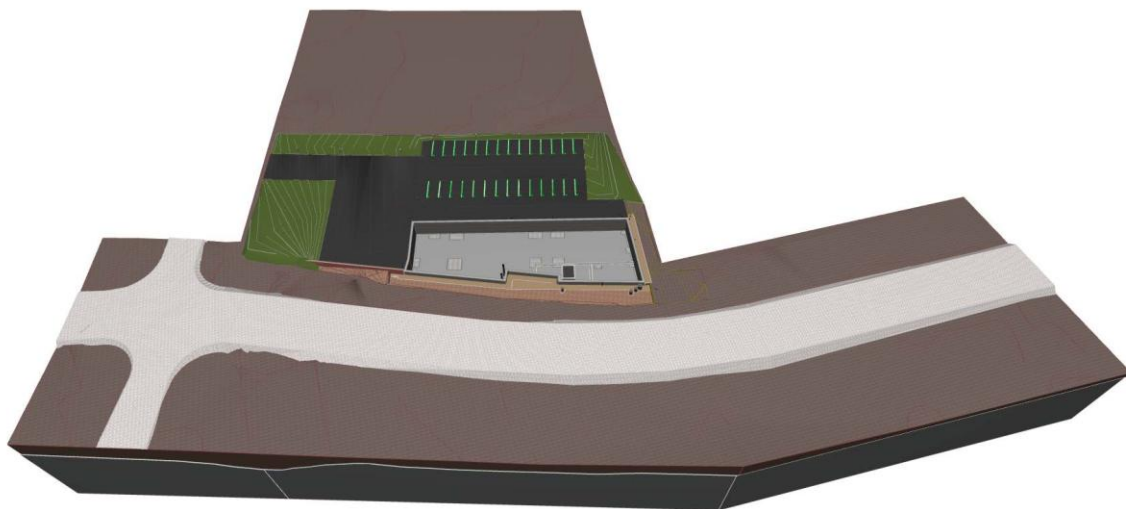
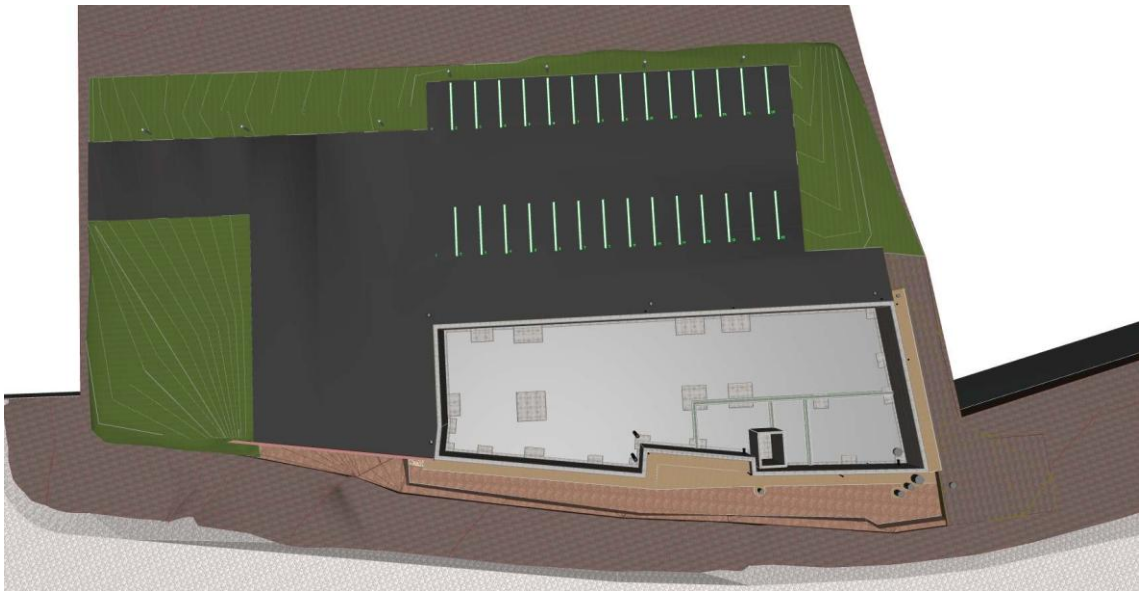
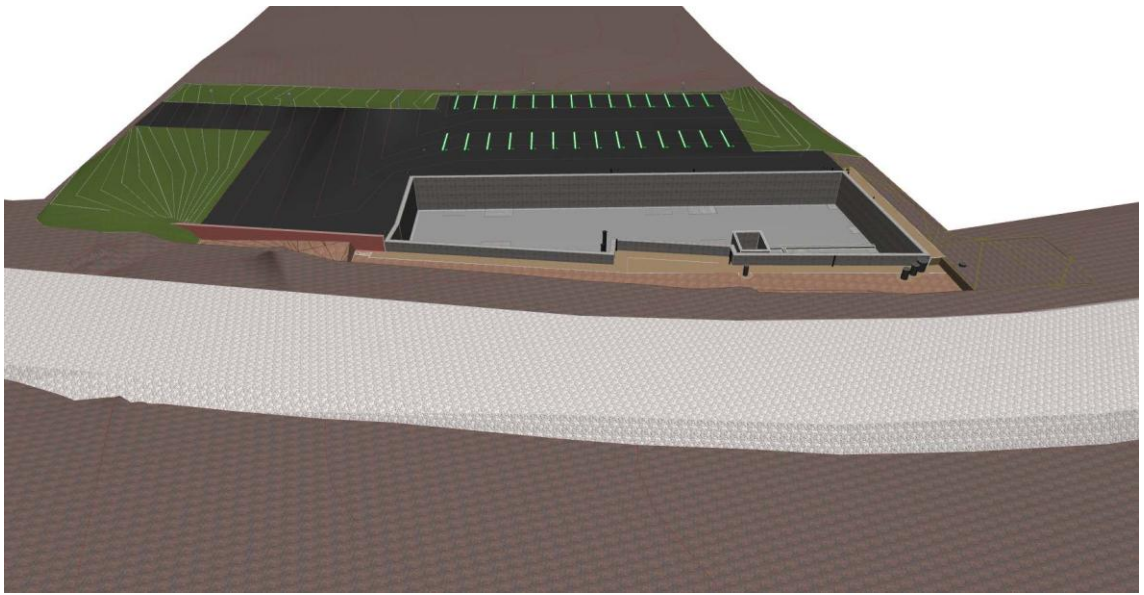
Liite 20. Täyttö tasoon 119,00 m



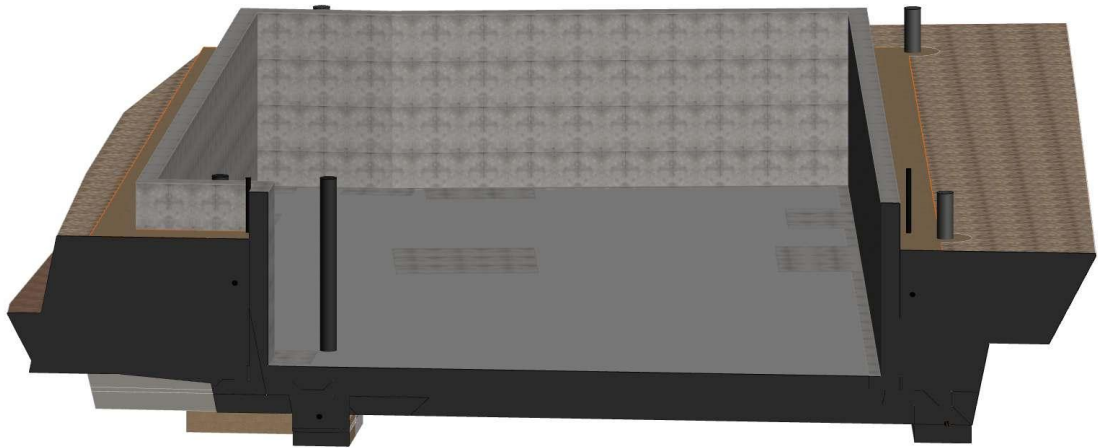
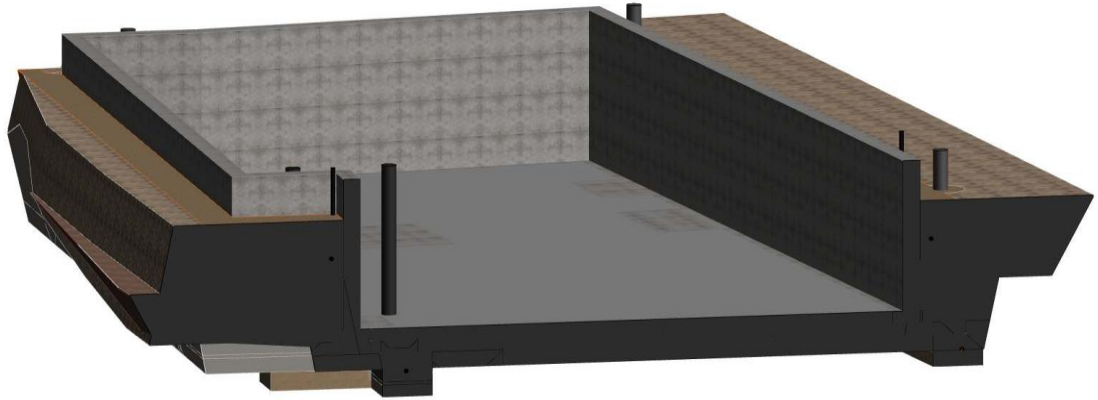
Liite 21. Täyttö tasoon liikennealueen pohja



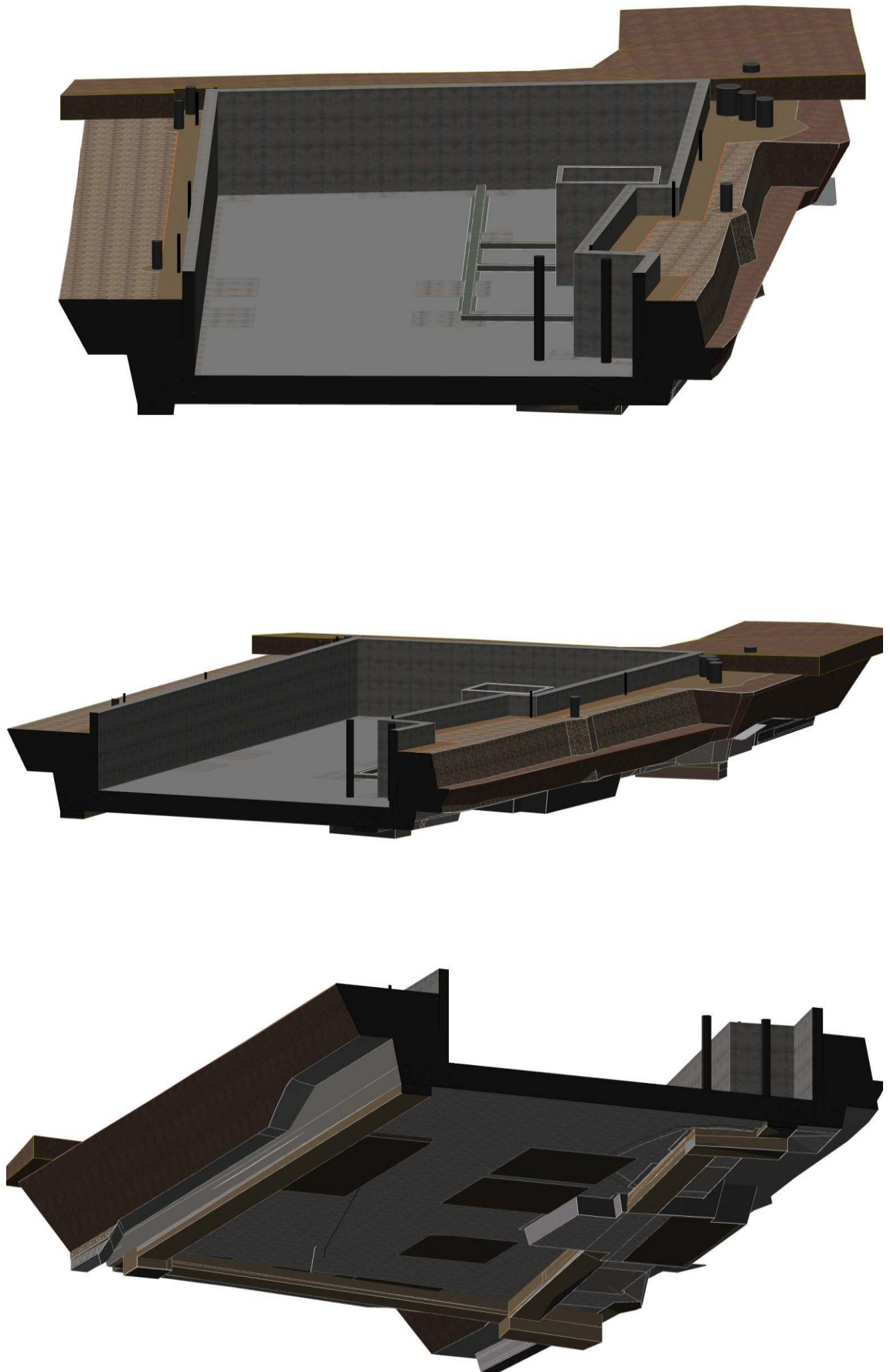
Liite 22. Liikenne- ja nurmialue



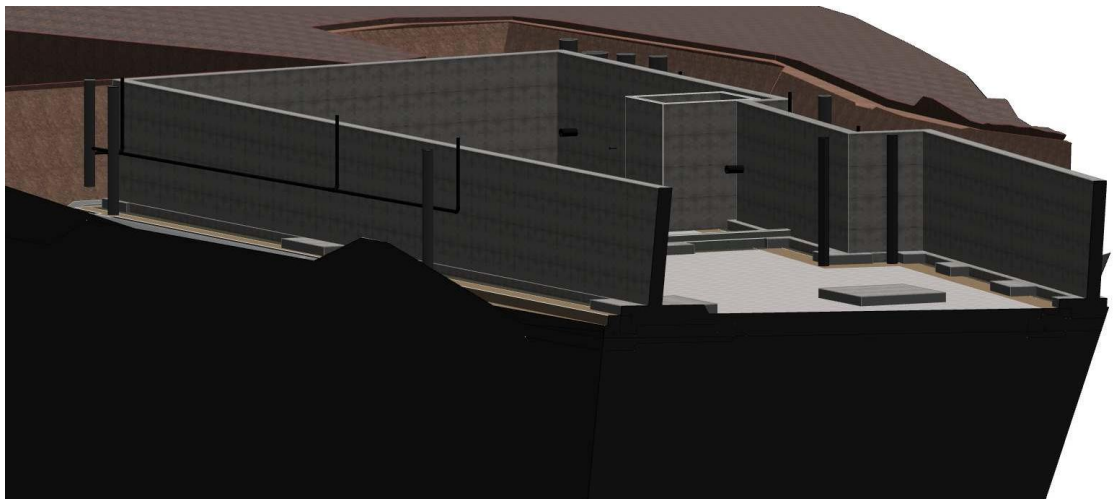
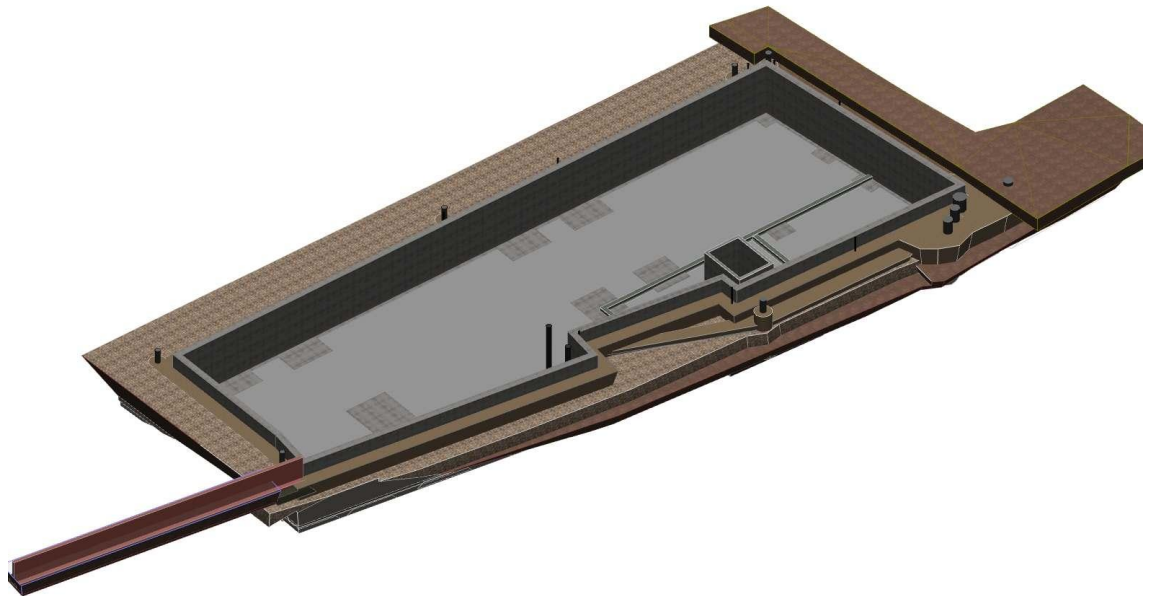
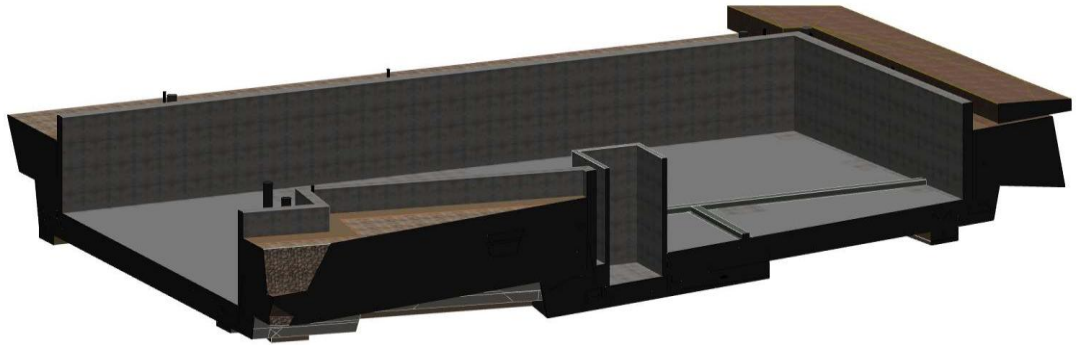
Liite 23. 3D-Malli länsi



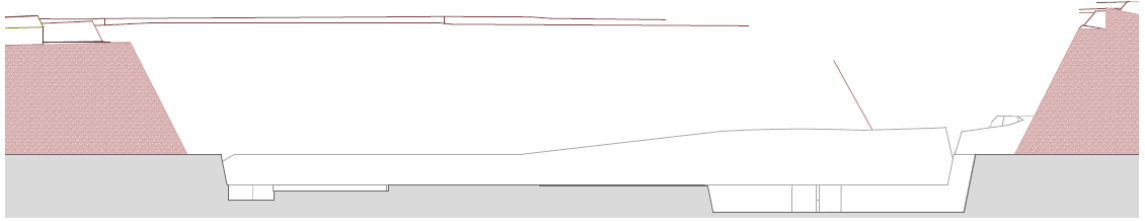
Liite 24. 3D-Malli itä



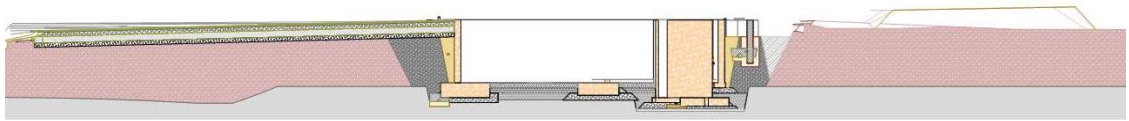
Liite 25. 3D-Malli sivusta



Liite 26. 2D-Malli



Rakennuspohja on leikattu ja louhittu



Kuvassa on liikennealueen kerrokset ja rakennuspohjan rakenneosat

Liite 27. Talo 2000 nimikkeet

