



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PIHASUUNNITELMAN LAATIMINEN 3D- MALLINA

Tietomallintaminen infra-alalla ja mallinnusohje

Joni Kaski

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen

JONI KASKI:

Pihasuunnitelman laatiminen 3D-mallina
Tietomallintaminen infra-alalla ja mallinnusohje

Opinnäytetyö 152 sivua, joista liitteitä 109 sivua
Toukokuu 2017

Kasvava infra-ala pyrkii siirtämään paperiset dokumentit, kuten kaksiulotteiset suunnitelmapiirustukset digitaaliseen muotoon osaksi tietomallintamisen prosessia. Tietomallintaminen mahdollistaisi koko rakennushankkeen elinkaaren tiedonhallinnan yhtenä kokonaisuutena. Kyseisellä kokonaisuudella tarkoitetaan tietomallia, joka olisi yhtenäinen ja avoin kaikille hankkeen osapuolille.

Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena oli laatia pihasuunnitelma kolmiulotteiseen muotoon, niin kuin tietomallintaminen edellyttää. Muina tavoitteina oli pohtia ArchiCAD-suunnitteluohjelman soveltuvuutta 3D-pihasuunnitelman laatimiseen sekä tuoda esille tietomallintamisen roolia infrarakentamisessa, kuten 3D-koneohjausjärjestelmässä. Opinnäytetyön tuloksena syntyi suunnittelumenetelmien muutosten ja ArchiCAD-ohjelman soveltuvuuden pohdintaa sekä yksityiskohtainen ohje pihasuunnitelman laadintaan ArchiCAD-ohjelmalla.

Pihasuunnitelman piha-alueella on suuri merkitys yhteiskunnan tarpeissa, joita ovat esimerkiksi esteettömyys, turvallisuus sekä kestävä kehitys. Piha-alueella, kuten pysäköintialueella, yhtenä vaatimuksena on kuivatuksen laadukas suunnittelu. Jokaisella pysäköintialueella on kuivatuksen tarve, mutta kohde ja ympäristö määräävät toteutuksen, kuten esimerkiksi pintojen kallistuksen sekä kaivojen paikat.

Tietomallintamisen käyttö yleistyy ja kehittyy rakentamisen alalla. Jotta rakennushankkeen elinkaaren sisältämät rakenteet ja dokumentit voidaan yhdistää kokonaisuudeksi, niin tietomallintaminen vaatii erilaisia standardisoituja formaatteja, joille tiedot tallennetaan. Näitä tiedostomuotoja ovat esimerkiksi IFC-, LandXML- ja InfraModel-formaatit. Näistä LandXML-formaatti on käytössä infra-alalla yleistyneissä ja hyötykäyttöisissä 3D-koneohjausjärjestelmissä.

Työn tuloksena syntyneessä mallinnusohjeessa oli yksityiskohtaisesti ohjeistettu esimerkinomaisen pysäköintialueen 3D-mallintaminen ArchiCAD-ohjelman versiolla 20. Ohje oli tarkoitettu havainnollistamaan ohjelmaan perehtymättömänkin pysäköintialueen mallinnuksen vaiheet.

Asiasanat: tietomalli, tietomallintaminen, 3D-mallinnus, 3D-koneohjaus, 3D-mallinnusohje, ArchiCAD

ABSTRACT

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

JONI KASKI:

Modeling a Yard Plan in 3D

Building Information Modeling in Civil Engineering and Instructions for Modeling

Bachelor's thesis 152 pages, appendices 109 pages

May 2017

The growing field of civil engineering aims to transfer all paper documents, such as two dimensional designs into a digital form as a part of the process called building information modeling ergo BIM. The use of BIM would enable the management of information during a construction project's lifecycle in one combined model. The aforementioned model is defined as BIM, which would be consistent and open for all parties in a project.

The primary aim of the thesis was to create an area plan in 3D format as BIM requires. Other aims were to contemplate how ArchiCAD design software would be suited for 3D area planning and to introduce the influence of BIM in civil engineering, as in 3D machine control systems. Thesis' results were contemplations about changes in planning methods and ArchiCAD's suitability as well as a detailed instruction for area planning using the ArchiCAD software.

A yard in an area plan has a large significance in the needs of society, which, for example are accessibility, safety and sustainable development. One of the demands for a yard, such as a car park, is first rate design. Every car park has a need for drainage but the execution, for example with surface grades or gully placements, is defined by the target and its surroundings.

The use of BIM is being developed and it is becoming more common in construction. For the structures and documents in a project's lifecycle to be combined as a single model, it requires the use of multiple standardized formats where information is stored. For example, some of these formats are called IFC, LandXML and InfraModel. From those the LandXML is used for the highly common and user friendly 3D machine control systems in civil engineering.

As result of the thesis, the modeling instruction has detailed instructions for using the ArchiCAD version 20 to 3D model an illustration of a car park. The instruction is meant to illustrate even the software's unacquainted to the phases of modeling a car park.

Key words: building information model, building information modeling, 3D modeling, 3D machine control, instructions for 3D modeling, ArchiCAD

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	9
2	PYSÄKÖINTIALUEEN ALUESUUNNITELMA	10
2.1	Pihan merkitys	10
2.2	Pysäköintialueen suunnittelun tavoitteet	10
2.3	Kuivatuksen periaatteet.....	11
3	TIETOMALLINTAMINEN.....	14
3.1	Terminologia.....	14
3.2	Tietomalli.....	14
3.3	Tiedonsiirto.....	17
3.3.1	IFC	17
3.3.2	LandXML.....	18
3.3.3	InfraModel.....	19
3.4	Infranimikkeistö tietomallintamisessa	20
4	3D-KONEOHJAUS	21
4.1	3D-koneohjauksesta lyhyesti	21
4.2	3D-koneohjaus infrarakentamisessa	21
4.3	3D-koneohjausjärjestelmän paikantaminen	23
4.4	3D-koneohjausjärjestelmän hyödyt	24
5	PIHASUUNNITELMAN 3D-MALLINNUS	26
5.1	3D-mallintaminen kyseisessä työssä	26
5.2	3D-mallintaminen ArchiCADilla	27
5.2.1	Korkeusasemat/kuivatus	29
5.2.2	Pohjarakenteet.....	30
5.2.3	Reunatuot ja oja.....	32
5.2.4	Ojan mallintaminen.....	34
5.2.5	Pysäköintialueen reunakiven mallintaminen.....	35
5.3	Tiedonsiirto ArchiCAD:sta.....	37
6	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET.....	41
	LIITTEET	43
	Liite 1. Tilaajan antamat 3D-mallinnuksen lähtötiedot tasauspiirustuksessa..	43
	Liite 2. Ohje 3D-pihasuunnitelman tekoon ArchiCAD-ohjelmalla	43

LYHENTEET JA TERMIT

3D-koneohjaus	Infrarakentamisen 3D-koneohjauksella tarkoitetaan työkoneisiin asennettavia järjestelmiä, jotka satelliittipaikannusta hyödyntäen ohjaavat työkoneita tai sen kuljettajaa kolmiulotteisen koordinaatiston avulla.
3D-koneohjausmalli	3D-koneohjausmalli on koneohjausjärjestelmien vaatima kolmiulotteiseen koordinaatistoon sidottu pintojen kolmioverkosto ja suunnitelmista koostuva tietojen määrittelykokonaisuus.
ArchiCAD	Rakennussuunnitteluun keskittyvä tietokoneella käytettävä suunnitteluohjelma. CAD tulee sanoista Computer Aided Design, joka tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua.
BIM	Lyhenne tulee englannin kielen sanoista Building Information Modeling. Lyhenne tarkoittaa digitaalista rakentamiseen liittyvää tietomallintamista. Kts. Tietomalli.
CAD-ohjelmisto	Tietokoneavusteinen 2D- ja 3D-suunnitteluohjelma, jota käytetään suunnitteluun, mallintamiseen ja simulointiin. Kts. ArchiCAD.
Formaatti	Formaatti, eli tässä asiayhteydessä tallennusformaatti, on tiedon digitaalista tallentamista määriteltyyn muotoon, jota voidaan lukea, muokata ja esittää.
Galileo	Galileo on Euroopan Unionin ja Euroopan avaruusjärjestön yhteisesti kehittämä satelliittijärjestelmä. Järjestelmä on nimetty historiallisesti merkittävän Italialaisen tutkijan Galileo Galilein mukaan.

GLONASS	GLONASS (ven. ГЛОНАСС) on Neuvostoliiton/Venäjän kehittämä ja käyttämä satelliittijärjestelmä. Toimintaperiaate on samankaltainen GPS:n kanssa.
GNSS	Global Navigation Satellite System, eli maapallon laajuinen satelliittijärjestelmien kokonaisuus.
GPS	Global Positioning System on Yhdysvaltojen kehittämä ja käyttämä satelliittijärjestelmä.
IFC	Industry Foundation Classes, eli kansainväliseen käyttöön kehitelty avoin tiedonsiirtoformaatti rakentamiseen ja kiinteistönhallintaan sisältäen niiden fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet.
InfraBIM	Infra Building Information Modeling, eli BIM-tekniikan avulla infra-alaan keskittyvä tietomallintaminen.
Inframalli	Infrarakentamisen tuotteen malli, jossa tiedot ovat tallennettuna tietokoneohjelmistojen tulkittavissa olevaan muotoon.
InfraModel	Suomessa avointa tiedonsiirtoa edustava infra-alan sovel-lusohje, joka perustuu LandXML-formaattiin.
Infranimikkeistö	InfraRYL-hankkeen yhteydessä kehitelty yhtenäistä ja avointa tiedonhallintaa tukeva nimikkeistö sisältää infrahankkeen tietojen määrittelyt. Infranimikkeistöön sisältyy toimenpide-, hankeosa- ja rakennusosanimikkeistö.
Infrarakentaminen	Infrarakentamisella tarkoitetaan yhteiskunnan rakenteiden, eli infrastruktuurin rakentamista. Infrarakentamiseen sisältyy esimerkiksi väylien, siltojen ja teknisten verkostojen rakentaminen, vesirakentamisen työt, talonrakentamisen perustus- ja pohjarakennustyöt sekä maanalaiset louhintatyöt.

Kolmioverkko	Vierekkäisistä kolmioista koostuva pinta, joka on tietokoneohjelmistolla luotua viiva- ja pintatietoa, jossa on korkeus-asemia.
Koordinaatisto	Koordinaatisto on koordinaattijärjestelmä, jossa yksittäistä paikkaa kuvataan koordinaateilla, eli esimerkiksi kolmiulotteisesti X-, Y- ja Z-akseleilla.
LandXML	LandXML on XML-pohjaiseen formaattiin perustuva infamallien tiedonsiirtoon kehitetty standardi tallennusmuoto eli formaatti. Esimerkiksi 3D-koneohjausmalleissa käytetään yleisesti LandXML-formaattia.
Malli	Rakenteen tai niiden kokonaisuuden tietomääritely ilmentymä, jossa ovat käyttötarkoituksen fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet.
RTK-mittaus	RTK-mittaamisella (englannin sanoista Real Time Kinematic) tarkennetaan satelliittipaikannusta tukiaseman avulla, jossa tukiasema on asetettu tunnetulle pisteelle.
Siirtotiedosto	Tietomallintamisessa formaatti-termin sijaan käytetään usein termiä siirtotiedosto, joka tarkoittaa tietomallin tallennusmuotoa, jolla tietoa voidaan siirtää tietokoneohjelmistojen välillä.
Spesifikaatio	Spesifikaatio on jonkin mallin, eli tietomääritelmän ilmentymän soveltamiseen tai tarkentamiseen keskittyvä tietomääritelmä. Kts. LandXML.
Standardi	Standardi on organisaation tai virallisen tahon määritelmä siitä, miten jokin asia tulisi tehdä, kuten virallinen formaatti jonkin rakenteen tietojen tallentamiseen.

Takymetri	Takymetri on maanmittauksessa käytettävä mittalaite, jolla paikannetaan sijaintia ja mitataan pisteiden sijainteja kojeeseen nähden.
Tietomalli	Tietomalli on digitaalisesti luotu kolmiulotteinen tietojen määrittely, joka pitää sisällään koko rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuuden.
Tuotemalli	Tuotemalli on tuotteen tietojen ilmentymä, joka on tallennettu tietokoneohjelmistojen tulkittavaan muotoon. Esimerkiksi infrarakentamisessa tuotteen tiedot, kuten väylän rakenteet ovat tallennettu LandXML-formaattiin.
Yhdistelmämalli	Eri tietomalleista yhdistetty tietomalli. Esimerkiksi olemassa olevan maaston tietojen ja suunniteltujen rakenteiden yhdistetty tietomalli.

1 JOHDANTO

Infrarakentamisen alan kasvusta ja sen eri osa-alueiden erikoistumisesta johtuen on tullut vastaan dokumenttien, kuten suunnitelmien, esiselvitysten, raporttien ja mittaustietojen yhteiskäytön ja -ymmärryksen haasteet. Tiedon tulisi saavuttaa kaikki hankkeen osapuolet aikailematta ja sen tulisi olla yhtenäistä sekä ajan tasalla. Esimerkiksi mahdolliset suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden väärät tulkinnat tai väärinkäsitykset voivat aiheuttaa huomattaviakin kustannuksia, kun esimerkiksi väärin suunniteltu tai tehty työvaihe edellyttää sen uusimista. Työvaiheen uusiminen aiheuttaa lisäkustannuksia ja viivästyttää seuraavan työvaiheen aloittamista.

Yhtenä ratkaisuna dokumenttien yhteiskäytön ja -ymmärryksen haasteisiin on syntynyt tietomallintaminen, jossa koko rakennushankkeen elinkaaren ajaksi dokumentit ja tiedot tulee digitaalisesti muodostaa yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, johon kaikilla hankkeeseen osallistuvilla on avoin pääsy. Tietomallintamiseen liittyy kuitenkin haasteita, joista yksi on aluesuunnitelma. Tietomallinnus edellyttää kolmiulotteisia suunnitelmia, jolloin aluesuunnitelma tulee 3D-mallintaa. Tällä hetkellä aluesuunnitelma tai tarkemmin ottaen pihasuunnitelman 3D-mallintaminen on vähäistä, sillä talon- ja infrarakentamisen suunnitelmien mallintamiseen on käytössä eri ohjelmat ja formaatit, joiden standardit eivät ole suoraan yhteensopivia.

Tässä työssä aluesuunnitelmaan kuuluvan pihasuunnitelman laatimiseen testataan talonrakentamiseen tarkoitettua 3D-suunnitteluohjelmaa. Tarkoituksena on havainnollistaa 3D-ohjelman soveltuvuutta infrarakentamisen työkaluna ja tuloksena syntyy pohdintaa sekä yksityiskohtainen ohje piha-alueen kolmiulotteiseen mallintamiseen ArchiCAD-ohjelman versiolla 20.

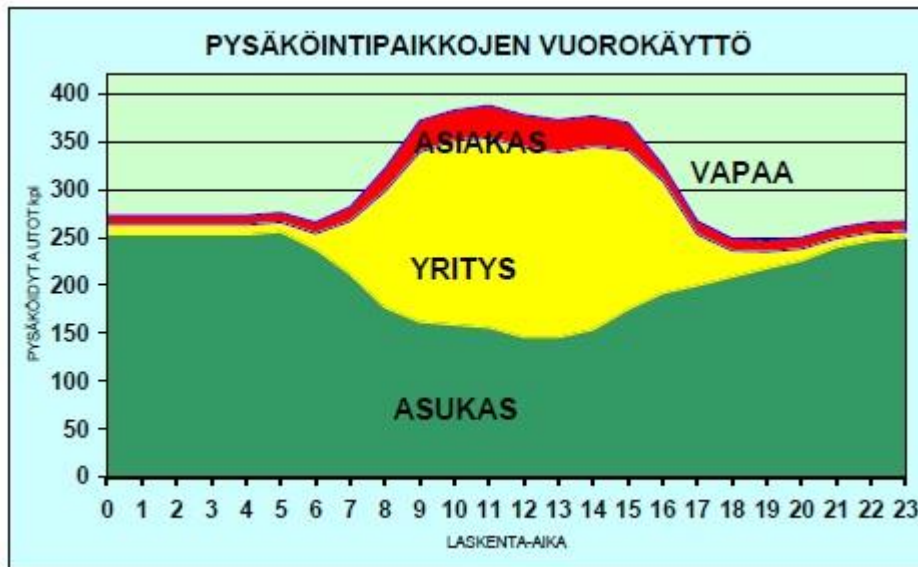
2 PYSÄKÖINTIALUEEN ALUESUUNNITELMA

2.1 Pihan merkitys

Pihalla on tärkeä rooli varsinkin kaupungeissa ja taajamissa, sillä tilan puutteesta johtuen suunnittelun tulee olla tehokasta, mutta käyttötarkoitustaan palvelevaa. Käyttötarkoitus, kuten pysäköintialue, määrää useimmiten pihan laajuuden. Tätä on rajoittamassa edellä mainitun tilan puutteen lisäksi myös maasto-olosuhteet. Pihan tulee olla yhtenäinen lähiympäristönsä kanssa. Se voi esimerkiksi huokua havaittavissa olevaa kulttuurihistoriaa tai olla mukana toteuttamassa pihan suunnittelun tavoitteita, kuten kestävästä kehitystä tai esteettömyyttä. Pysäköintialueilla ekologisuus on tärkeää. Esimerkiksi pysäköintialueelle sijoitetut kasvit parantavat ilmanlaatua sitoen ilman epäpuhtauksia ja tuottaen happea sekä vähentävät melua ja tuulisuutta. Kasvillisuus on myös erinomainen tapa lisätä kaupunkikuvaan vaihtelua sekä väriä. Tällöin myös vuodenaikojen vaihtelu on ilmeisempää. (Viherympäristöliitto ry 2011, 10.)

2.2 Pysäköintialueen suunnittelun tavoitteet

Pysäköintialueen pihasuunnitelman tavoitteena on kestävä kehitys ja ekologisuuden palveleminen. Muita tärkeitä tavoitteita on käyttäjien turvallisuus, tasa-arvoisuus ja esteettömyys. Pysäköintialueen liikenneturvallisuudessa tulee huomioida autopaikkojen sijoittaminen ja mitoitus. Tilaa tulee olla riittävästi pysäköintialueelle saapumiseen, pysäköintialueella liikkumiseen, pysäköintiin sekä asiointikohteeseen pääsyyn. Pysäköintialueen tilan tarvetta määrittää saatavilla olevan tilan ohella autopaikkojen määrä. Perusteina autojen pysäköintitarpeille ovat ympäristö ja rakennukset. Asemakaavassa määrätään autopaikkojen lukumäärästä. Pysäköintialueen käyttöä voidaan laajentaa vuoropysäköinnillä, jossa esimerkiksi työpaikkapysäköinti tapahtuu päivällä ja asukaspysäköinti illalla (kuva 1). (Viherympäristöliitto ry 2011, 10-11; Pysäköintialueet 2016, 1-2.)



Kuva 1 Vuoropysäköinnissä paikat vapautuvat päivisin yrityksen työntekijöille ja asiakkaille. (Rakennustieto Oy 2016, 1)

Tasa-arvoa palvelee käyttäjien turvallinen sekä esteetön liikkuminen pysäköintialueella. Jalankulku on oleellinen osa pysäköintialueen liikennettä ja alueen suunnittelussa tulee ottaa myös liikkumisesteiset huomioon. Yleisin suunnittelukeino on muun muassa mahdollisimman lähelle sisäänkäyntiä merkityt liikkumisesteisten autopaikat, eli ts. invapaikat. Toisena yleisenä keinona on pysäköintialueelle merkityt suojatiet, jotka esimerkiksi takaavat turvallisen pääsyn sisäänkäynnille tai autopaikoille. Tavoitteet täyttävällä pysäköintialueella kaikki tietävät miten liikutaan ja siten se on käyttäjilleen turvallinen. Tilannetta auttaa myös liikennemerkkien oikea sijoittaminen sekä näkemäesteiden minimointi. (Viherympäristöliitto ry 2011, 10-11; Pysäköintialueet 2016, 1-2.)

2.3 Kuivatuksen periaatteet

Kaikilla piha-alueilla tulee huomioida kuivatus. Maan pinnalle tai päällysteille kertyviä sade- ja sulamisvesiä kutsutaan hulevesiksi. Nämä hulevedet tulee myös käsitellä, eli niiden ohjaamista ulos alueelta tulee suunnitella. Hulevesilätköt ovat yleinen merkki huonosta suunnittelusta tai työvirheestä. Pysäköintialueella hulevesien ohjaamista varten hyödynnetään pintojen kallistamista. Kallistettujen pintojen väliin syntyy taitelinja eli jiiri, jota pitkin hulevesi juoksee hallitusti ulos alueelta esimerkiksi keräämistä varten. Hulevesien ohjausta voidaan helpottaa pysäköintialueella käyttämällä reunatukia. Alue-

suunnittelussa päällysteiden vähimmäiskaltevuudet määräytyvät kunkin alueen käyttötarkoituksen, päällysteen, huleveden virtausmatkojen ja määrien perusteella (taulukko 1). Enimmäiskaltevuudet taas määräytyvät liikennöitävyyden sekä kunnossapito- ja ulkonäköseikkojen perusteella (taulukko 2).

Taulukko 1 Päällysteiden vähimmäiskaltevuudet. (Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry ja Rakennustieto Oy, 50)

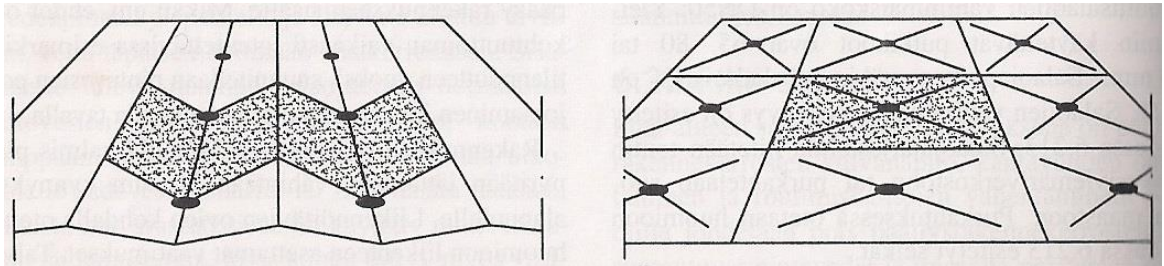
Päällyste	Sivukaltevuus	Viettokaltevuus
Asfaltti		
– ajorata	0,025...0,030	
– piha		0,01...0,03
– jalkakäytävä	0,020...0,025	
Kiveys, laatoitus		
– ajorata	0,03...0,04	
– piha	0,02...0,04	
– jalkakäytävä	0,025...0,03	
Sora, öljysora		
– ajorata	0,04...0,05	
– piha	0,02...0,04	

Taulukko 2 Enimmäiskaltevuudet määräytyvät liikennöitävyyden sekä kunnossapito- ja ulkonäköseikkojen perusteella. (Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry ja Rakennustieto Oy, 51)

Kohde	Enimmäiskaltevuus	Poikkeus
Tonttitie		
– raskas liikenne	0,05	0,08
– kevyt ajoneuvoliikenne	0,08	0,13
Pysäköinti ja ajokäytävä	0,04	
Lastausalue	0,03	
Luiskat		
– jalankulku	0,10	0,14
– liikuntaesteiset	0,05	0,08
– lastenvaunut	0,10	0,20
Ulkoporras	0,30	0,50

Hulevesien kuivatuksen toteuttamisperiaatteet voidaan jakaa kahteen ryhmään. Taitekuivatuksessa (kuva 2) hulevedet ohjautuvat kohti jirejä, jotka johtavat ne kaivoihin. Useimmiten kaivoja on vain yksi ja se sijaitsee reunatuen vieressä. Hulevesien virtausmatkojen ja -määrien vaatiessa kaivoja voi olla jireissä enemmän kuin yksi. Ilman kaivoja kuivatus hoidetaan kallistamalla pinnat keskeltä reunoja kohti, eli muodostetaan harja. Johdettavat vedet pitää kerätä tai purkaa hallitusti, eivätkä ne saa aiheuttaa haittaa ympäristölle tai rakenteille. Taitekuivatuksen käyttö on yleisintä ajoteilla (harjakaltevuus) ja kevyen liikenteen väylillä. (Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry ja Rakennustieto Oy, 47.)

Suppilokuivatuksessa (kuva 2) alueen taseus kallistetaan kohti keskusta. Koska alueen alin kohta on tyypillisesti alueen keskellä, niin siihen sijoitetaan myös hulevedet keräävä kaivo. Alue voidaan jakaa myös samalla periaatteella pienempiin osa-alueisiin, kuten kuvassa 2. Suppilokuivatus soveltuu laajoille alueille, kuten pysäköintialueille.



Kuva 2 Taite- ja suppilokuivatuksen periaatteet. (Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry ja Rakennustieto Oy, 48)

3 TIETOMALLINTAMINEN

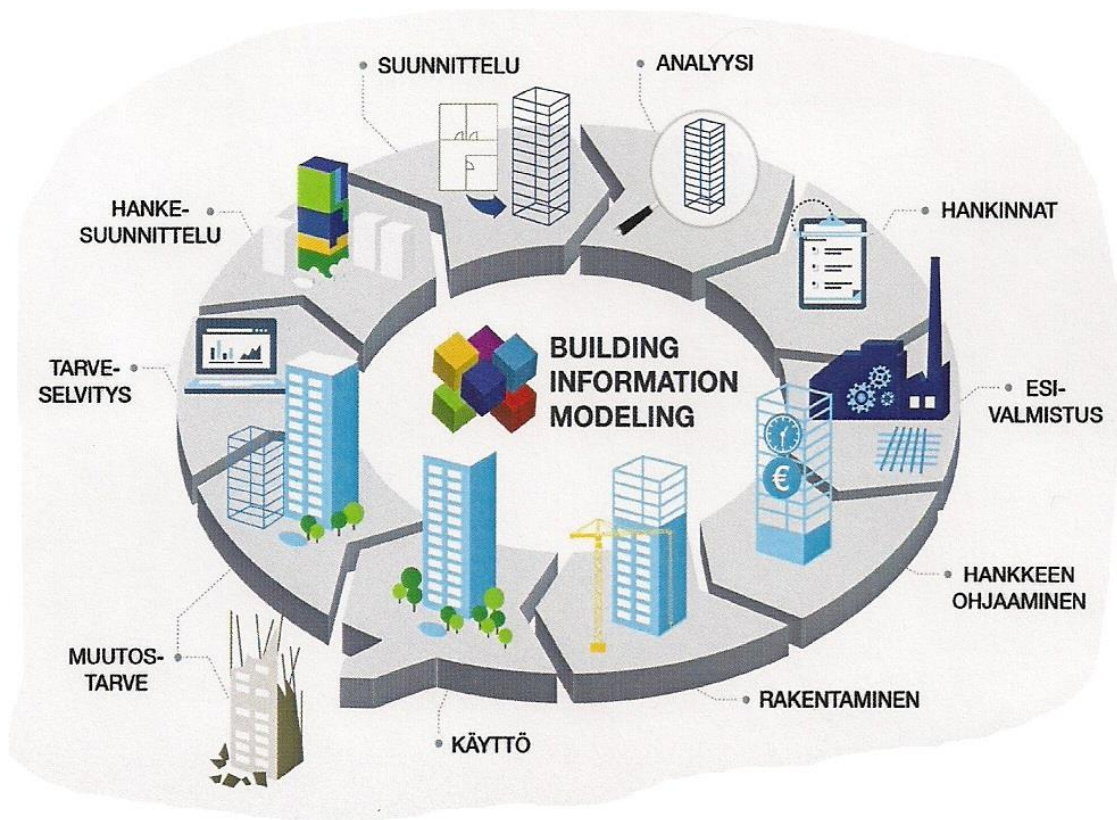
3.1 Terminologia

Lyhenne BIM tulee englannin kielen sanoista building information modeling (Trimble Solutions Oy. Mitä on BIM?, 2017). Tunnetuin suomennus lyhenteestä on rakennuksen tietomalli. Toinen yleinen suomennus on rakennuksen tuotemalli. Nykyisin tuotemallia pidetään tietomallin synonyyminä, joten termeissä ja niiden käytössä saattaa olla eroja. Rakennusalalla termien käytön helpottamiseksi on koottu InfraTM-hankkeen yhteydessä sanasto, jota on hyödynnetty myös opinnäytetyön lyhenteiden ja termien selostuksessa.

3.2 Tietomalli

Rakennusalalla suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon kehittyminen on johtanut työn harjoittajien erikoistumiseen rakennushankkeen eri osa-alueilla, jolloin hankkeeseen osallistuu monia osapuolia. Jotta osapuolet suoriutuisivat hankkeesta yhdessä mahdollisimman tehokkaasti, niin kaikilla tulisi olla yhteistä ja yhtenäistä tietoa hankkeesta. Jos hankkeen tieto on esimerkiksi suunnitelmissa ja piirustuksissa paperilla, niin tietoa voidaan ymmärtää väärin tai tiedonhallinta voi olla puutteellista. Näistä virheistä voi aiheutua suuria kustannuksia tai aikataulusongelmia rakennushankkeeseen. Ratkaisuksi hankkeen osapuolille avointa, tehokasta ja tarkkaa tiedonhallintaa varten on kehitelty BIM eli tietomalli. (buildingSMART, IFC-introduction, 2017.)

Tietomalli on digitaalisesti luotu kolmiulotteinen tietojen määrittely, joka pitää sisällään koko rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuuden (kuva 3). Tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteen tietomalliin, jolloin se palvelee tiedonhallinnassa koko rakennusprosessin ajan. (RIL ry, Tietomallinnus, 2017.)



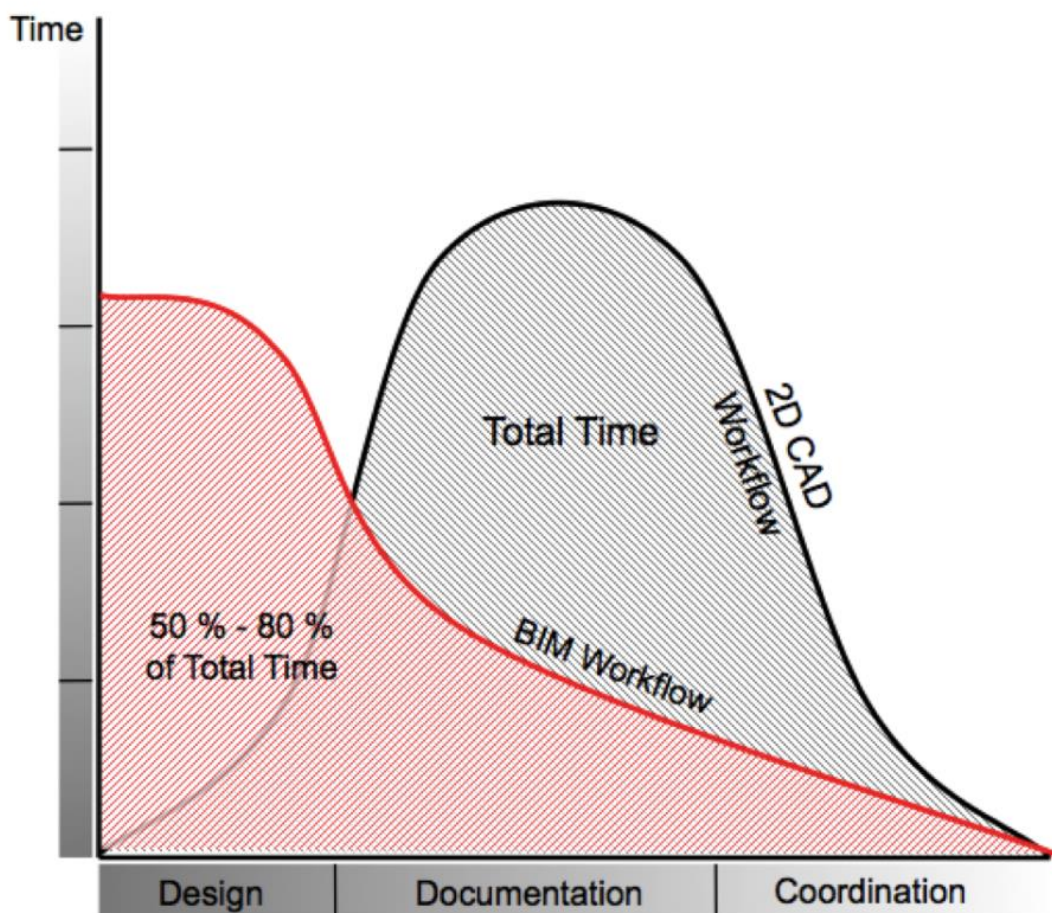
Kuva 3 Tietomallintamisen elinkaari. Kertaalleen mallinnettu tieto hyödynnetään hankkeessa alusta loppuun mukaan lukien muutostarpeet. (Sweco PM Oy, SWECO@BIM..., 2017)

Tietomalli on yhtenäinen todellisuutta vastaava kokonaisuus, jolloin sitä voidaan hyödyntää jo rakennushankkeen varhaisissa vaiheissa. Yhtenäisyys auttaa ristiriitaisuuksien ja virheiden nopeampaan havainnointiin ja simuloineilla voidaan varmistaa laatuvaatimusten ja suunnittelunormien täyttyminen. Tietomallista voidaan tulostaa kunkin käyttäjän tarpeisiin vaadittavia dokumentteja, kuten työvaihekuvia, piirustuksia ja määrälueteloita. Koska tietomalli on yhtenäinen, niin dokumentit ovat varmuudella ristiriidattomia ja tarkkoja. (RIL ry, Tietomallinnus, 2017.)

Tietomallien luomisessa on käytössä eri suunnitteluohjelmia. Suunnitteluohjelmien välisten siirtomuotoerojen takia tarvitaan yhteinen siirtomuoto, jotta osamallit voidaan yhdistää yhdistelmämalliksi ilman tietohävikkiä. Talonrakentamisessa suunnitteluohjelmia varten on kehitetty IFC-formaatti ja infrapuolella LandXML-formaatti. (RIL ry, Tietomallinnus, 2017.)

”Tietomallin osille voidaan myös liittää tietoa mm. aikataulusta, hinnoista ja hankinnoista. Näiden tietojen avulla esivalmistus-, valmistus- ja rakentamisprosessit voivat hyödyntää mallin tietoja prosessin hallinnassa.” (RIL ry, Tietomallinnus, 2017.)

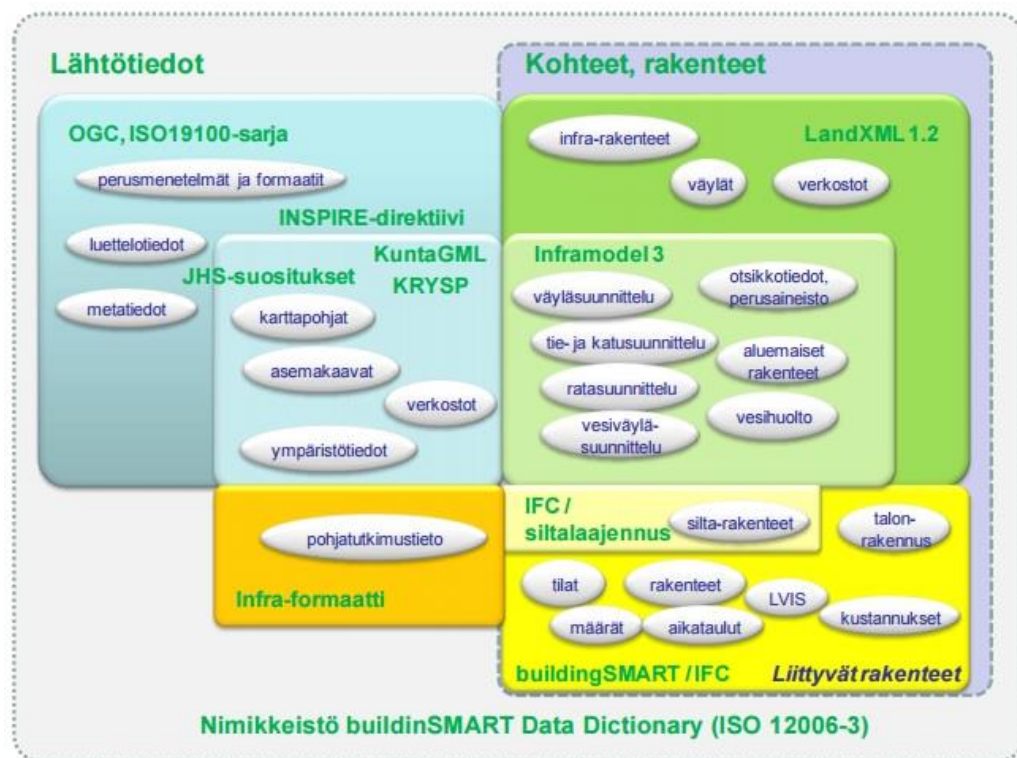
Tiivistettynä tietomallintamisessa dokumentit ovat yhtenäisiä ja päivittyvät suunnitelmien kehittyessä. Lisäksi tietomallintamisessa dokumentit ovat 3D-muodossa, jolloin ne myös havainnollistavat paremmin kuin kaksiulotteiset. Vanhaa 2D-muotoa ja useimmiten CAD-ohjelmistoa käyttäneessä rakennushankkeessa suunnitelmien ja dokumenttien erillisuus toisistaan työllisti paljon, sillä dokumentteja tuli päivittää toisiaan vastaaviksi uudistusten ja uusien suunnitelmien myötä. Tietomallintamista käyttävän hankkeen elinkaaren vaatiman työn pääpaino on alkuvaiheessa, eli suunnittelussa, jolloin hanke on myös suoraviihaisempaa kuin dokumentointiin aikaa runsaasti käyttävä CAD-pohjainen hanke. (Kuva 4). (Graphisoft SE, About BIM, 2017.)



Kuva 4 Työajan käytön erot tietomalli- ja CAD-pohjaisen rakennushankkeen välillä. (Graphisoft SE, About BIM, 2017)

3.3 Tiedonsiirto

Tässä työssä keskitytään infrarakentamiseen, jolloin siirtomuodoissa keskitytään kohteiden ja rakenteiden IFC-, Inframodel- ja LandXML-formaatteihin. Kyseisten formaattien yhteiskäyttö tietomallintamisessa mahdollistaa mm. infrarakentamisen rakenteiden ilmentymien, suunnitelmien, määrien, aikataulujen ja kustannuksien tiedonhallinnan (kuva 5). Formaattit IFC, Inframodel ja LandXML ovat infra-alan yleisimmät tietomallistandardit ja ne ovat jatkuvassa kehityksessä.



Kuva 5 Karkea tietokartta eri standardien välisistä suhteista tietomallintamisessa. (Liuukas, Kempainen, Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa 2, 2015, 11)

3.3.1 IFC

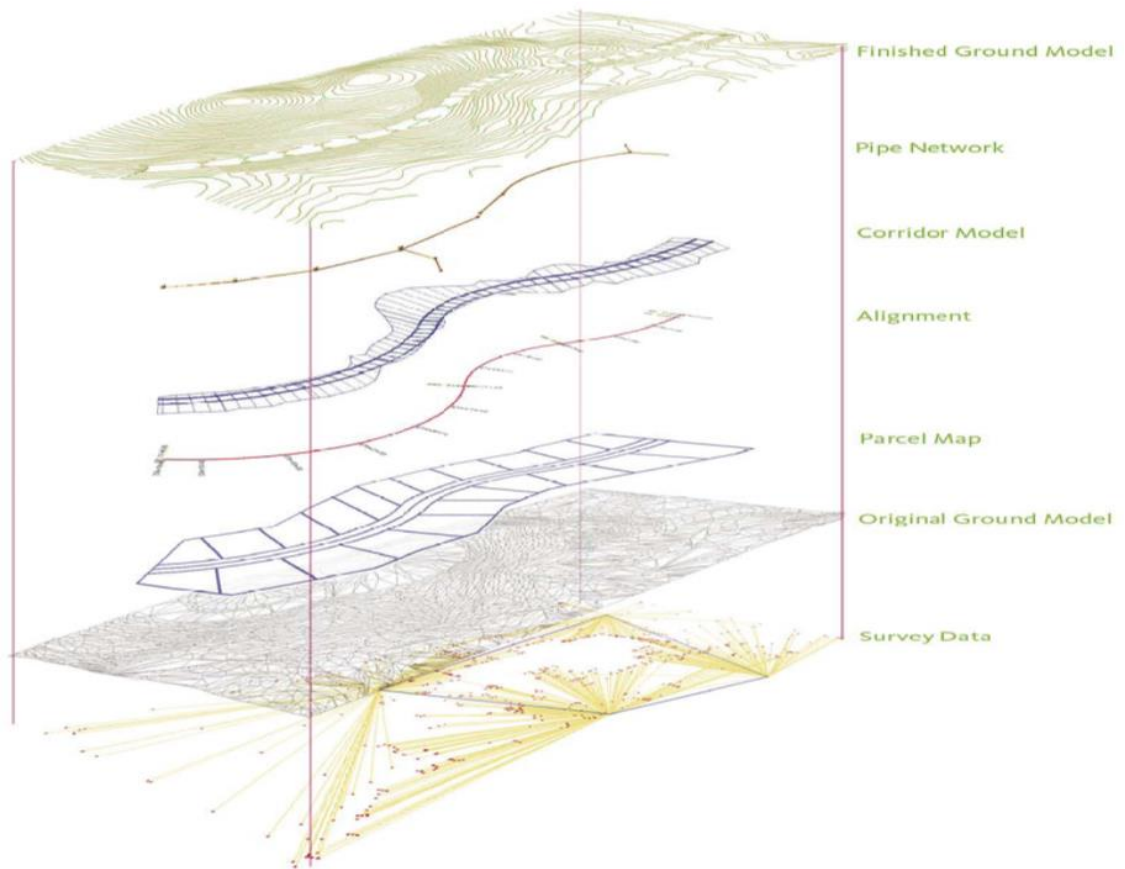
buildingSMART on vuodesta 1995 lähtien kehittänyt avointa tietomallistandardia eli IFC:tä (Industry Foundation Classes). buildingSMART on kansainvälinen organisaatio, joka ei tavoittele voittoa. buildingSMART pyrkii visiossaan tarjoamaan yrityksille kansainvälistä ja universaalista tietomallien jakamista. IFC on käytössä varsinkin talonrakentamisen tietomallintamisessa. IFC-standardin tekijänoikeus on buildingSMART:illa,

mutta se on avoin ja siten kaikkien käytössä ilmaiseksi. IFC-standardi on jatkuvassa kehityksessä edelleen, sillä uusin standardi on kesäkuussa 2016 julkistettu IFC4 Add2, joka sisältää vuonna 2013 julkistetun IFC4-standardin lisäykset 1 ja 2. (buildingSMART International, IFC introduction; Summary of IFC releases, 2017.)

IFC-standardi voidaan väärinymmärtää tietomalliksi, mutta se on vain sen osa. NIBS:in eli Yhdysvaltojen kansallisen rakentamistieteiden instituutin määritelmän mukaan IFC-standardin rooli tietomallissa on havainnollistaa laskelmallisesti talonrakentamisen ja kiinteistönhallinnan fyysisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia. Yleisemmin IFC-standardi mahdollistaa projektin elinkaareen liittyvän tiedon avoimen tiedonsiirron, joka edesauttaa kustannusten ja arvojen määrittämisen taloudellisissa päätöksenteoissa. (buildingSMART International, Summary for faq, 2017.)

3.3.2 LandXML

LandXML-tiedonsiirtoformaatti tarjoaa yhtenäistä ja avointa infra-alan suunnittelu- ja mittautustiedon siirtoa. LandXML-formaatti on XML-pohjainen spesifikaatio. LandXML-kehityshanke käynnistyi Autodeskin toimesta vuonna 2000. LandXML-spesifikaatiolla pyritään mahdollistamaan tiedon pitkäaikainen arkistointi, mikä tukee tietomallintamisen käyttöä koko hankkeen elinkaaren ajaksi. (Hyvärinen, J, Infra-tuotetietomallistandardit, 2007; The LandXML project, 2017.) LandXML-formaattiin tiedot tallennetaan tasoina ja kolmioverkkopintoina. Tasoja voi olla esimerkiksi maastomittautustiedot, väyläsuunnitelmat, putkistosuunnitelma ja aluesuunnitelma (kuva 6).



Kuva 6 Havainnekuva LandXML-formaatin sisältävistä keskeisistä suunnittelu- ja mitaustiedoista. (The LandXML project, 2017)

3.3.3 InfraModel

InfraModel on suomalaiskehitteinen tekstimuotoinen formaatti, jolla pyritään avoimeen tiedonsiirtoon infra-alan suunnitteluohjelmissa sekä mittaus- ja koneohjausjärjestelmissä. InfraModel-formaatti perustuu LandXML-formaattiin, mutta se sisältää rakennelaajenuksia, jolloin LandXML-formaatille mahdollisia tietoja voidaan myös siirtää. Toisin sanoen InfraModel on LandXML-formaatin spesifikaatio. InfraModelin käyttöä varten kehitelty sovellusohje on suomalaisen käytännön tarpeisiin, sillä esimerkiksi InfraBIM-nimikkeistöön liittyvä tieto ja vesihuoltoverkostojen kaivoihin lisätyt ominaisuustiedot puuttuvat LandXML-formaatista. InfraModel- ja LandXML-formaatin yhteistä tiedon käyttöä ja siirtoa on kehitelty eteenpäin, jolloin tuloksena on valmistunut uusia versioita InfraModel-formaatista. Uusimpana versiona ohjeesta on buildingSMART Finlandin InfraModel 4 vuodelta 2016, joka perustuu LandXML-formaatin versioon 1.2. (Rakennustieto Oy, Inframodel-tiedonsiirto, 2017; Liukas, J, Inframodel –käyttöönnotto-ohje versio 1.0, 2013, 5.)

Jo InfraModel 3-formaatti sisältää suunnitelman yleistiedot, kuten projektin, suunnitelman, yksiköt ja koordinaattijärjestelmät. Perusaineiston osalta ohjeeseen sisältyy maastomallin ja maaperämallin pinnat sekä lähtöaineiston pisteet, viivat ja kolmiopinnat. Liikenneväylien osalta mukana ovat muun muassa rakenteet taiteviivoina pinnoittain ryhmiteltynä sekä kolmiopintoina. Vesihuoltoverkostoista ohjeeseen sisältyvät kaivot, putkistot ja rummut. Myös pohjavahvistuksessa ja aluesuunnittelussa voidaan soveltaa pintamaisien rakenteiden, maisemoinnin ja massanvaihdon tiedonsiirtoa. Kehityksen tuloksena on mukaan ohjeeseen myöskin saatu muun muassa ratojen kilometripaalutus, kallistukset ja vaihteet sekä infrarakentamisen varusteet, kuten kaiteet, valaisinpylväät ja liikennemerkkit. (Rakennustieto Oy, Inframodel-tiedonsiirto, 2017; buildingSMART Finland, Inframodel-tiedonsiirtoformaatti, 2017; Liukas, J, Inframodel –käyttöönotto-ohje versio 1.0, 2013, 5.)

3.4 Infranimikkeistö tietomallintamisessa

Yhtenäinen ja avoin tietomallin nimikkeistö takaa infrahankkeessa tehokkaan tiedonhallinnan. Esimerkiksi suunnitteluohjelmien yhdistelmämallit onnistuvat parhaiten, jos siirtomuodoissa on käytetty standardisoitua nimikkeistöä. buildingSMART Finland on julkaissut vuonna 2016 inframallintamista tukemaan InfraBIM-nimikkeistön, josta löytyy rakenteiden ja mallien elinkaarien kattavat numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Julkaistu nimikkeistö perustuu INFRA 2006-nimikkeistöjärjestelmään, jota on myös laajennettu. Tavoitteena on siis luoda yhtenäinen ja kaikkien käytössä oleva inframallintamisen nimikkeistö. (buildingSMART Finland, InfraBIM-nimikkeistö, 2017.)

”Ohjeen versio 1.6 on laadittu buildingSMART Finlandin Infra-toimialaryhmän alaisuudessa osana Inframallintamisen käyttöönottohanketta. Edeltävä versio 1.5 valmistui vuosina 2010-2013 InfraFINBIM-kehityshankkeen yhteydessä. Ohjeen päivittäneeseen työryhmään ovat osallistuneet Sito Oy:n ja Ramboll Finland Oy:n asiantuntijat.” (buildingSMART, InfraBIM-nimikkeistö v. 1.6, 2016, 4.)

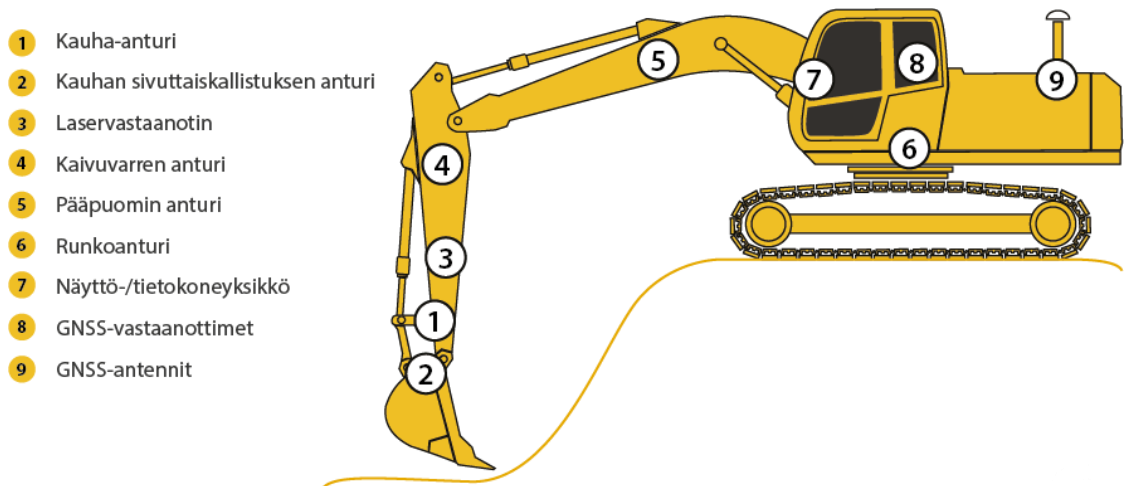
4 3D-KONEOHJAUS

4.1 3D-koneohjauksesta lyhyesti

Tietomalleja hyödynnetään rakennushankkeessa erityisesti 3D-koneohjaamisessa. Jokainen hanke sisältää lukuisia työvaiheita, joiden toteutukset ovat riippuvaisia toisistaan. Jotta jokainen työvaihe olisi onnistunut ja optimaalinen, niin tietomallien hyödyntämistä varten laitteiden ja kaluston tulee olla toimintakunnossa ja luotettavaa, jotta työ on nopeampaa, tarkempaa ja lisäkustannuksia ehkäisevää. (Topgeo Oy, Mitä koneohjaus on?, 2017.)

4.2 3D-koneohjaus infrarakentamisessa

Hyvä tietomallin hallinta ja luotettava 3D-koneohjausjärjestelmä takaavat paremman kilpailukyvyn, joka on tärkeää varsinkin urakkahinnoitteluissa. 3D-koneohjaamista varten maarakennustyömailla työkoneeseen on asennettu kuljettajaa opastava järjestelmä (kuva 7). Koneohjausjärjestelmän tavoitteena on helpottaa kuljettajan työtä antamalla työsuoritusta varten tarvittavaa tietoa suoraan tietomallin suunnitelmista. Koneohjausjärjestelmä integroidaan yleensä työkoneen hydraulikkajärjestelmään, jolloin järjestelmä opastaa kuljettajaa tekemään työsuorituksen kerralla oikein säästäen aikaa, työvoimaa, työkoneen rasiutusta ja polttoainetta. Tietokoneyksiköllä voi tarkastella kaivinkoneen sijainnin satelliittipaikannuksen perusteella esimerkiksi työsuunnitelman tarkkoja korkeusasemia, massoja ja sijainteja tai tallentaa helposti toteumatietoja (kuva 8). (Novatron Oy, Mitä on koneohjaus?, 2017; Mitta Oy, 3D-koneohjauspalvelut, 2017.)



Kuva 7 Novatron Oy:n esimerkki koneohjausjärjestelmästä asennettuna työkoneeseen. (Novatron Oy, Mitä on koneohjaus?, 2017)

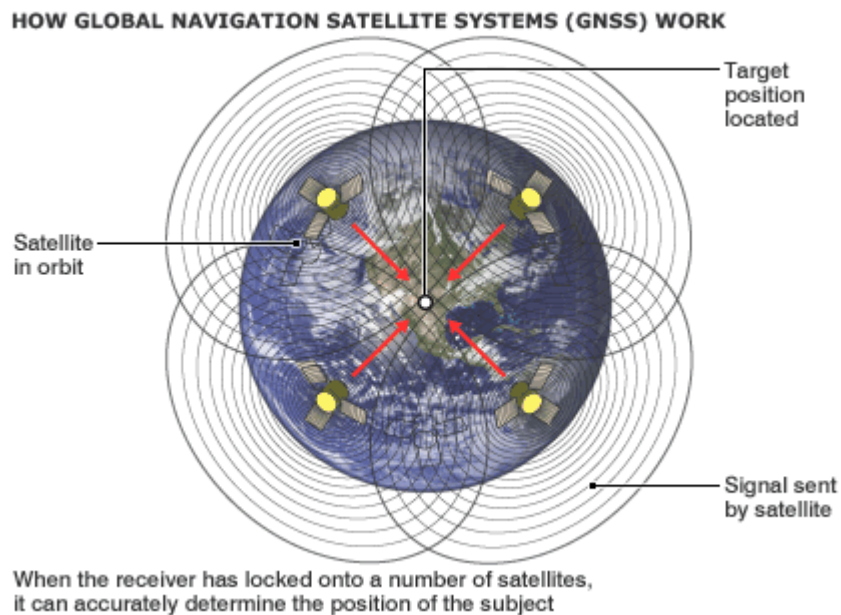


Kuva 8 3D-koneohjausjärjestelmän tietokoneyksikkö. Kyseinen laite on Novatron Oy:n valmistama XSITE PRO 3D. (Novatron Oy, Koneohjaus, 2017)

4.3 3D-koneohjausjärjestelmän paikantaminen

3D-koneohjauksessa työkone paikannetaan GNSS-satelliittipaikannuksella. Esimerkiksi GNSS-antenneilla varustettu kaivinkone kuvassa 7 saa satelliiteilta paikkatiedon (kuva 9) GNSS-satelliittivastaanottiinsa. Kaivinkoneeseen asennetut anturit taas antavat järjestelmälle tiedon kauhan sijainnista sekä puomin liikeradoista ja rungon asennosta. Koneohjausjärjestelmä yhdistää nämä tiedot, jolloin tietokone osaa paikallistaa kaivinkoneen kauhoineen tietomallin 3D-suunnitelmassa. (Topgeo Oy, Mitä koneohjaus on?, 2017; Novatron Oy, Mitä on koneohjaus?, 2017.)

GNSS-järjestelmään (Global Navigation Satellite System) sisältyy muun muassa USA:n ylläpitämät GPS-satelliitit sekä Venäjän ylläpitämät GLONASS-satelliitit. EU on aikeissa yhdistää oman Galileo-satelliittijärjestelmänsä GNSS-järjestelmään. (Ilmatieteen laitos, Avaruussään vaikutus satelliittipaikannukseen, 2017.)



Kuva 9 Esimerkki GNSS-satelliittijärjestelmän toiminnasta. (BBC News, Europe launches Galileo satellite, 2005)

Paikannussatelliittien käyttö voi olla myös epätarkkaa, sillä ne kiertävät maata n. 27 000 kilometrin korkeudessa, jolloin niiden signaalit ovat alttiita häiriötekijöille. Virheiden tehokasta minimointia varten käytetään RTK-mittausta, joka onnistuu käyttämällä tukiasemaa. Kyseinen tukiasema asennetaan tunnetulle pisteelle tai se kalibroidaan tunnetuksi. Kun tukiasema on tunnetussa sijainnissa, niin se kertoo työkoneen GNSS-antennien vä-

lisen etäisyyden tukiasemaan. Nyt tarkemmin määritetyn työkoneen sijainnin avulla tietokoneen mittatiedot ovat tarkempia. Novatron Oy lupaa työkoneen järjestelmään senttimetriluokan tarkkuuden, mikäli käytössä on tukiasema ja sen korjaussignaali. Tukiaseman käyttöä parantaa myös korjaussignaalin pitkä kantomatka, joka kantaa noin 15 kilometriä. Signaali välittyy tukiasemasta työkoneeseen radio- tai GSM-modeemin avulla. Tarvittaessa työkoneen sijainnin voi paikantaa myös takymetriä käyttäen. (Novatron Oy, Mitä on koneohjaus?, 2017; Mitta Oy, 3D-koneohjauspalvelut, 2017; Ilmatieteen laitos, Avaruussään vaikutus satelliittipaikannukseen, 2017.)

4.4 3D-koneohjausjärjestelmän hyödyt

3D-koneohjausjärjestelmään ja laitteistoon investointi on kallista, sillä työkoneiden anturit ja järjestelmät vaativat lisäksi ammattitaitoisen asennuksen. Koneohjauksen tuomat hyödyt ovat kuitenkin suuret ja ne parantavat kilpailukykyä. Koneohjaus tekee työkoneesta tarkan mittalaitteen, mistä aiheutuu kuljettajalle ja urakoitsijalle useita hyötyjä. Kuljettaja voi paremmin keskittyä työhönsä, jolloin työ tehostuu ja nopeutuu. Järjestelmän tarkkuus ehkäisee ylikaivuuta ja -täyttöä. Koska ylimääräistä työtä ei synny, niin ylimääräistä materiaalia ei tarvitse hankkia lisää eikä kuljettaa pois. Tällöin myös työkoneen käytöstä aiheutuvat kustannukset vähenevät, kuten huolto- ja polttoainekulut. (Novatron Oy, Mitä on koneohjaus?, 2017.)

Koneohjauksen takia myös mittaustarve vähenee, jolloin kaivannoissa ei tarvita apumiehiä tarkkailemaan työn jälkeä esimerkiksi kaivannon ulkoreunoille asetettujen mittakeppien perusteella. Mittakeppejä asettavien mittamiesten tarve vähenee myös toteumatietojen tallentamisen ja tarkastusten suhteen, sillä koneohjausjärjestelmä mahdollistaa toteumatietojen tallentamisen tietomalliin. Mittauskustannuksissa saadaan täten aikaan merkittäviä säästöjä. (Novatron Oy, Mitä on koneohjaus?, 2017.)

Tiivistettynä työkoneen vaatiman työvoiman tarve vähenee ja siitä johtuen työmiehiä voidaan hyödyntää muissa työvaiheissa, mikä lisää urakan nopeampaa suorittamista. Infra-rakentamisessa riskialtis työskentely työkoneiden läheisyydessä vähenee, eli työturvallisuus paranee. Mittamiehet ovat usein työllistettynä useissa urakoissa samaan aikaan, jol-

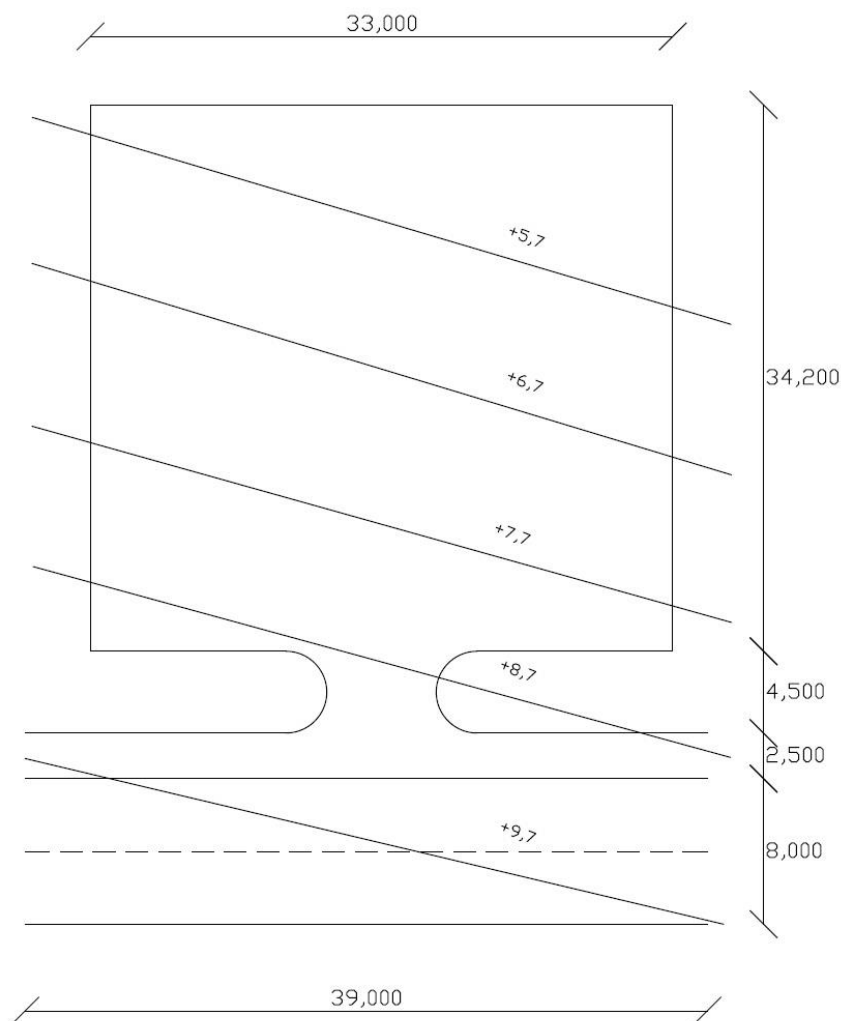
loin heitä voi joutua odottelemaan ja työkoneen seisottamisesta aiheutuu aina turhia kustannuksia, koska työ ei etene aikataulun mukaisesti ja työkoneen mahdollinen vuokra juoksee silti. (Novatron Oy, Mitä on koneohjaus?, 2017.)

Koneohjausjärjestelmien ja niihin liittyvien komponenttien tarjoajia Suomessa ovat muuna muassa Novatron Oy, Topgeo Oy, Mitta Oy, Leica Geosystems Oy ja Geotrim Oy.

5 PIHASUUNNITELMAN 3D-MALLINNUS

5.1 3D-mallintaminen kyseisessä työssä

Pysäköintialueen mallintamiseen käytössä oli ArchiCAD 20. Mallintamisen lähtötiedot (liite 1) tulivat työn tilaajalta. Koska työssä tuli havainnollistaa pihasuunnitelman mallintamista epätyypillisesti ArchiCAD-ohjelmalla, niin lähtötiedot olivat enemmänkin suuntaa-antavia ja työn tekijällä oli vapauksia suunnitella mallinnusta itse. Mallinnuksessa käytettyjä ja sovellettuja mittoja on merkitty kuvassa 10. Työn tekijä ei dokumentoinut suunnitelmiaan virallisin menetelmin, vaan esitteli suunnitelmiaan ohjeessa tekstinä ja kuvina (liite 2). Seuraavissa kappaleissa kuvataan työhön liittyneiden mallintamisen periaatteita ja yksityiskohtia. Tarkemmat mallinnusohjeet ja -menetelmät ovat yksityiskohtaisesti merkitty ohjeeseen.

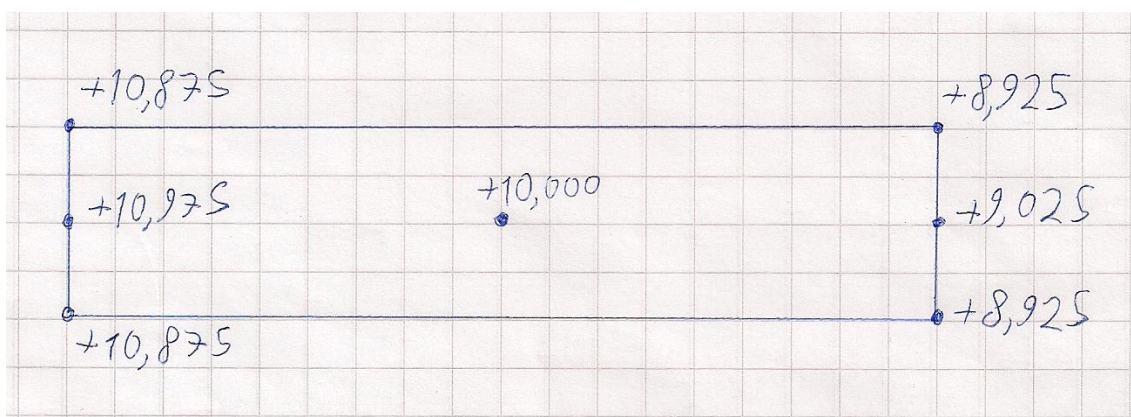


Kuva 10 Mallinnuksessa käytettyjä mittoja, mutta kuva ei ole mittakaavassa.

5.2 3D-mallintaminen ArchiCADilla

Ohjelman tärkeänä ominaisuutena oli 2D- ja 3D-kuvien välinen yhteys toisiinsa. Ohjelman 2D-tasoon piirretyt muodot ilmentyivät 3D-kuvaan samanaikaisesti, joten se auttoi virheitä ehkäisevään mallinnuksen edistymisen seurantaan. Lähtötiedoissa oli merkitty valmiin kadun korkeusasema maanpintaan nähden, jonka perusteella työn tekijä suunnitelti jalkakäytävän ja pysäköintialueen korkeusasemat (liite 1). Järkevintä oli aloittaa pohjamalli korkeimmista pinnoista, eli asfalttipinnoista. Asfalttipinnat kannatti piirtää pinta-työkalulla suoraan 2D-kuvassa. Korkeusasemat muokattiin jälkeempään suunnitelmia vastaaviksi.

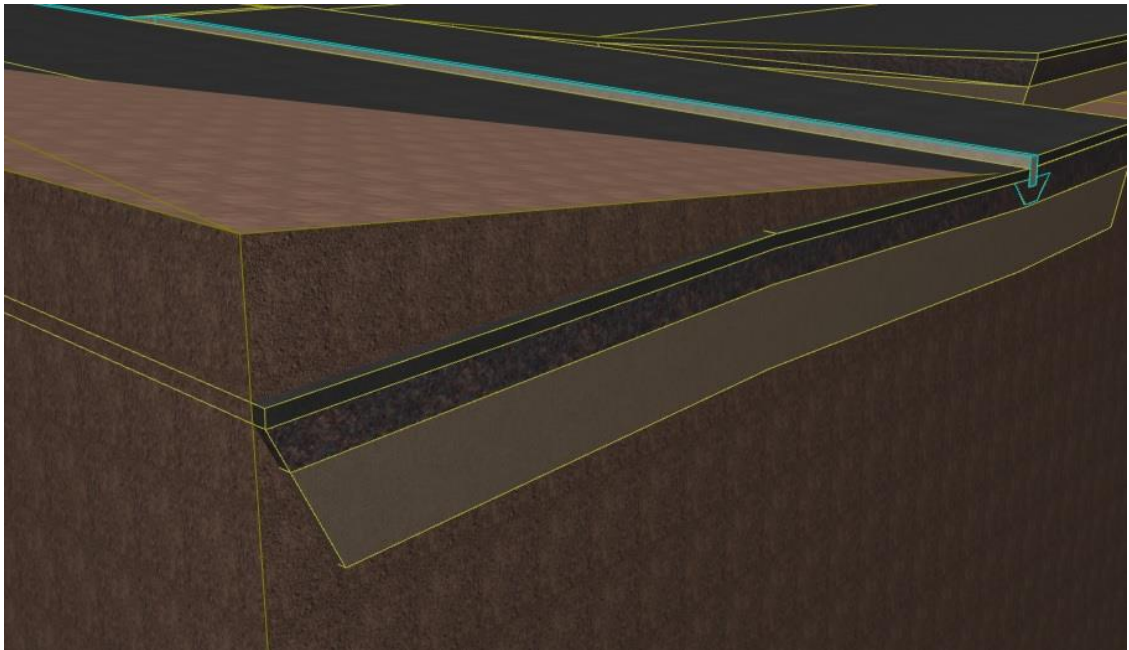
Lähtötiedoissa oli kerrottu valmiin kadun sekä jalkakäytävän kaltevuudet. Kaltevuudet muokattiin käyttäen pintojen tartuntapisteitä. Tartuntapisteet syntyivät pintoja luodessa, kuten esimerkiksi suorakulmaisessa pinnassa sen neljään nurkkaan. Pisteitä voitiin myös lisätä mallintamisen kaikissa vaiheissa. Koska esimerkiksi tämän mallinnuksen valmiin kadun harjakaltevuuden sekä pysäköintialueen liittymän takia pisteitä muodostui useita, niin pisteiden korkeusasemat kannatti laskea etukäteen sekä merkitä ylös. Opinnäytetyön tekijä oli käyttänyt merkitsemiseen paperia ja kynää, sillä paperille pystyi nopeasti piirtämään pintojen muodot sekä merkitsemään pisteiden korkeusasemat (kuva 11). Korkeus-
asemien laskemiseen ei käytetty erityisiä laskukaavoja. Esimerkiksi ohjeessa mallinnettu 39 metriä pitkä kadun pätkä kaatoi itää kohti 5% kallistuksella, jolloin korkeus muuttui, eli väheni $39\text{m} \times 0,05 = 1,95\text{m}$.



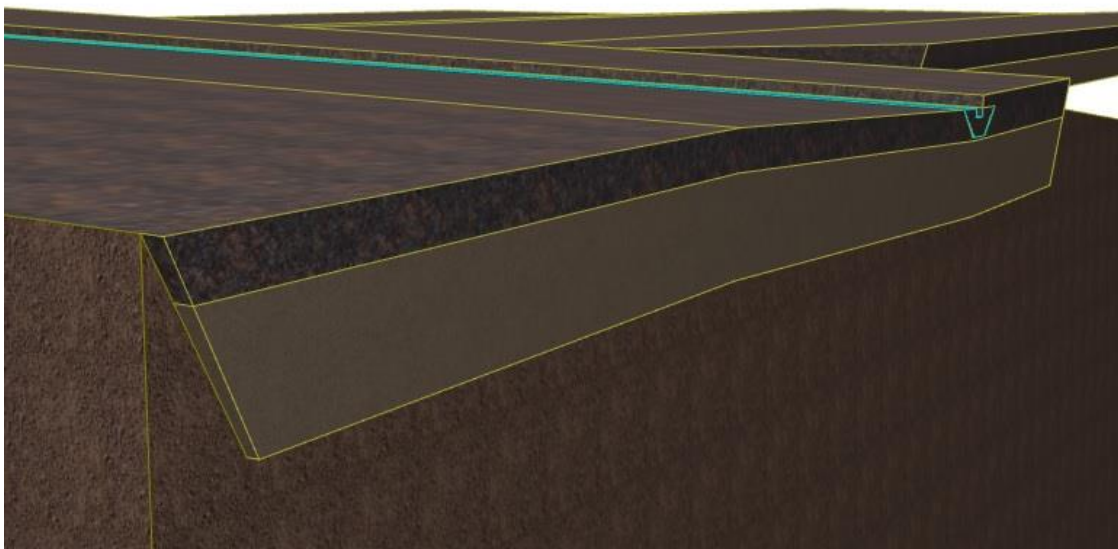
Kuva 11 Esimerkki kadun korkeusasemien merkitsemisestä. Katu kallisti itää kohti kaadolla 5%, mistä johtuen korkeusasemat laskivat 1,95 metriä. (liite 2, 21)

Asfalttipintojen korkeusasemien ja kaltevuuksien määrittelyn jälkeen voitiin siirtyä suunnittelemaan reunakivetystä sekä kadun pohjarakenteita. ArchiCAD:ssa poikkileikkauskuvia voitiin muodostaa halutuille paikoille ja niille voitiin piirtää uusia muotoja (liite 2, 29). Leikkaus-työkalun hyödyntäminen nopeutti rakennekerrosten mallintamista merkittävästi sekä auttoi välttymään virheiltä (liite 2, 29-30). Pohjarakenteiden mallintaminen hoitui piirtämällä poikkileikkauskuvaa rakennekerros kerrallaan (liite 2, 30-33).

Kun pintojen vaatimat pohjarakenteet olivat mallinnettuna, voitiin siirtyä maamassan lisäämiseen. Toisin sanoen tähän asti mallinnetut rakenteet upotettiin pohjamaan sekä pengerrystytön sisälle. Mallinnetut maamassat ja kadun rakenteet olivat samassa tilassa toistensa kanssa (kuva 12), joten niiden erottamiseen toisistaan käytettiin Boolean toimenpiteet-työkalua (kuva 13). Boolean toimenpiteet-työkalun käytöstä on tarkempi kuvaus ohjeessa (liite 2, 59-61).



Kuva 12 Pohjamaa tulee rakenteiden läpi (liite 2, 89)



Kuva 13 Tilanne Boolean toimenpiteet-työkalun käytön jälkeen (liite 2, 90)

Kyseisessä mallinnuksessa ei ollut maasto-olosuhteista sen tarkempaa lähtötietoa kuin oletus maanpinnan kaltevuudesta. Oletuksessa maanpinta kallistaa kohti pohjoista, eli pois päin valmiista jalkakäytävästä. Ohjetta varten alkuperäisen maanpinnan maastomittaustietoa ei ollut eikä lähiympäristöä oltu määritelty, joten pohjamaan pinnan mallintamiseen ei erityisesti panostettu. Pengerryksen havainnollistamista varten työssä mallinnettiin esimerkinomainen pohjamaa sekä täyttö.

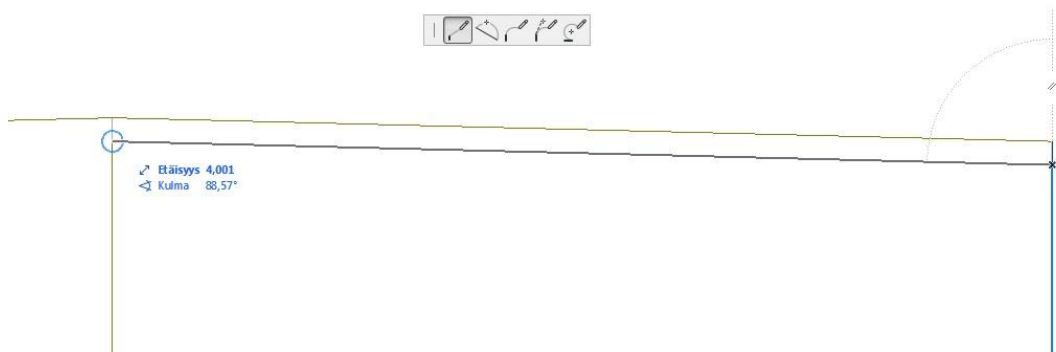
5.2.1 Korkeusasemat/kuivatus

Opinnäytetyön tekijän mallintaman pysäköintialueen hulevesien käsittelyä eli kuivatusta varten käytössä oli taitekuivatus. Pysäköintialueelle oli suunniteltu tilaajan kanssa kaksi kokoojakaivoa, joten alueelle tulisi kaksi niihin johtavaa jiiriä. Kaivoja ja viemäriverkostoa ei kuitenkaan sisällytetty mallinnusohjeeseen. Pysäköintialue kallistettiin jalkakäytävää kohti. Mallintamisen helpottamiseksi kaikki kaltevuudet pysäköintialueella olivat samat. Enimmäiskaltevuus pysäköintialueella oli 0,04 eli 4% (taulukko 2), joten mallintamista varten oli valittu 2%. Pysäköintialueen pisteiden korkeusasemat olivat merkitty 3D-pihasuunnitelman ohjeessa (liite 2, 27).

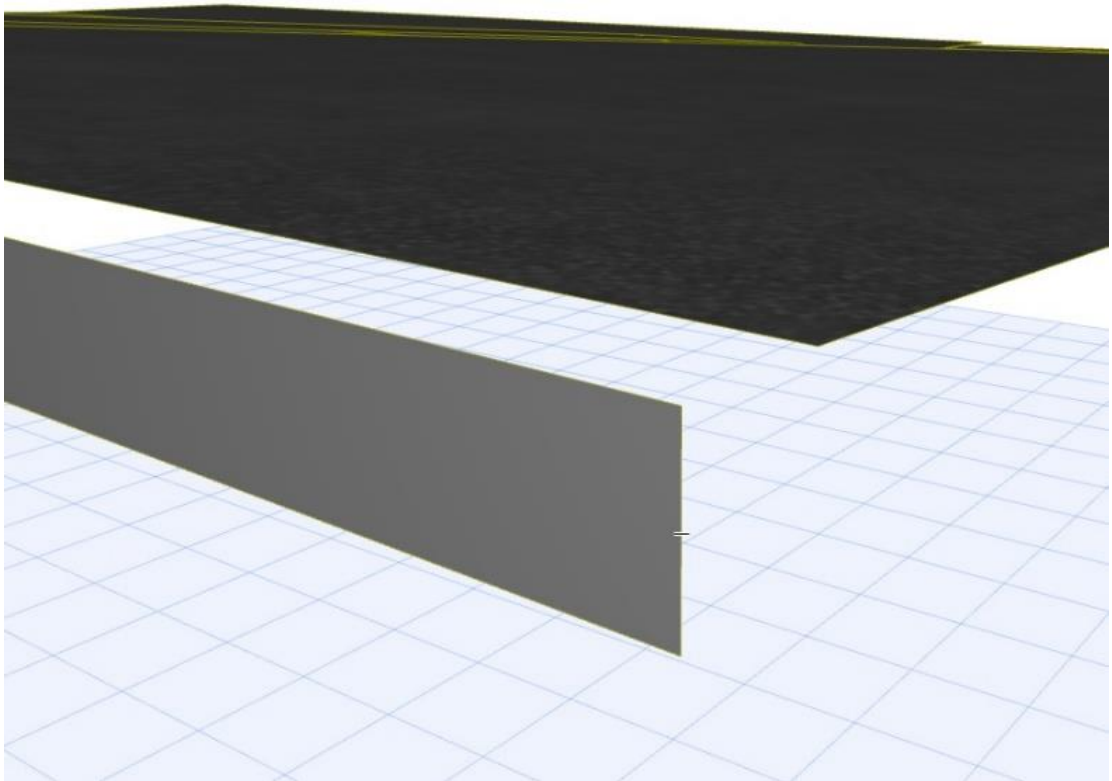
5.2.2 Pohjarakenteet

Lähtötiedoissa oli määritelty pohjarakenteiden periaate (liite 1). Mallintamisen helpottamiseksi pohjarakenteiden paksuudet olivat samat kadulla, jalkakäytävällä ja pysäköintialueella lähtötietojen mukaisesti. Ainoana erona rakenteiden välillä oli pysäköintialueella ja liittymässä käytetty pinnan muotoilu, jossa jakavan kerroksen yläpinta oli tasattu.

Pohjarakenteiden teko ArchiCAD:lla oli suoraviivaista. Käyttämällä leikkaus-työkalua päästiin mistä vain kohtaa mallinnusta leikkauskuvaan, johon voitiin piirtää muunne-työkalulla esimerkiksi kantavan kerroksen pääty oikeine mittoineen ja kaltevuuksineen (kuva 14). Tämä pääty näkyi välittömästi 3D-kuvassa (kuva 15), jolloin sitä pystyi venyttämään putki-työkalulla tarvittavan rakennekerroksen pituuden mukaisesti. (liite 2, 33-35.)

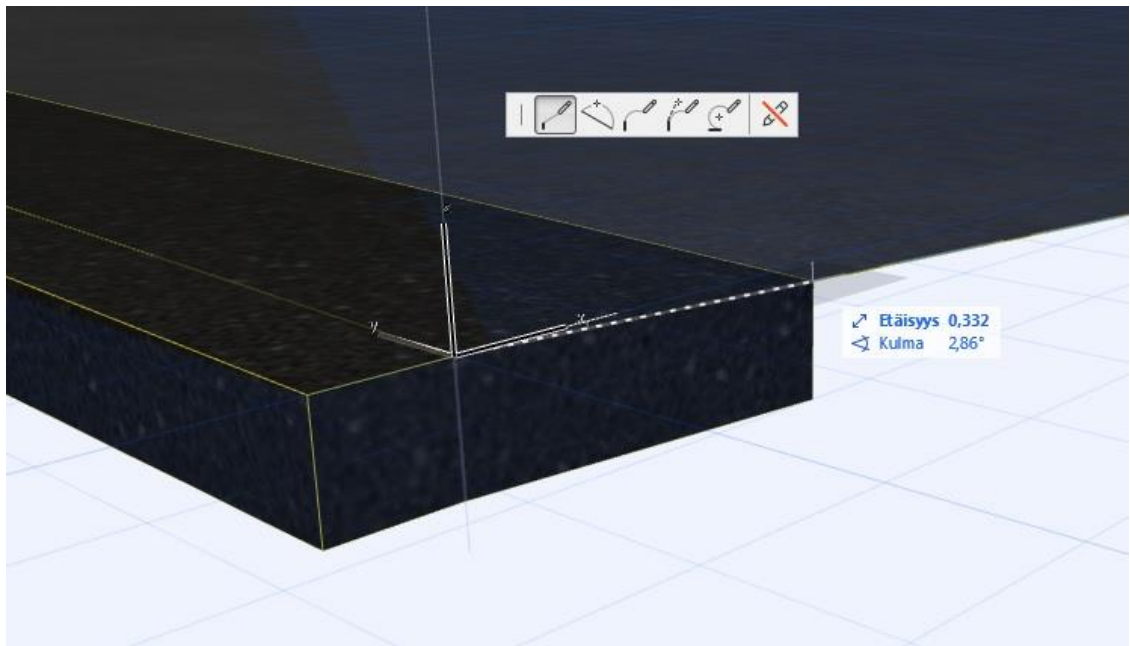


Kuva 14 Asfaltin rakennekerroksen mallintamista leikkauskuvassa. Ohjeessa asfaltin pääty mallinnettiin käyttämällä muunne-työkalua. (liite 2, 32)



Kuva 15 Leikkauskuvassa mallinnetun asfaltin pääty 3D-kuvassa. (liite 2, 33)

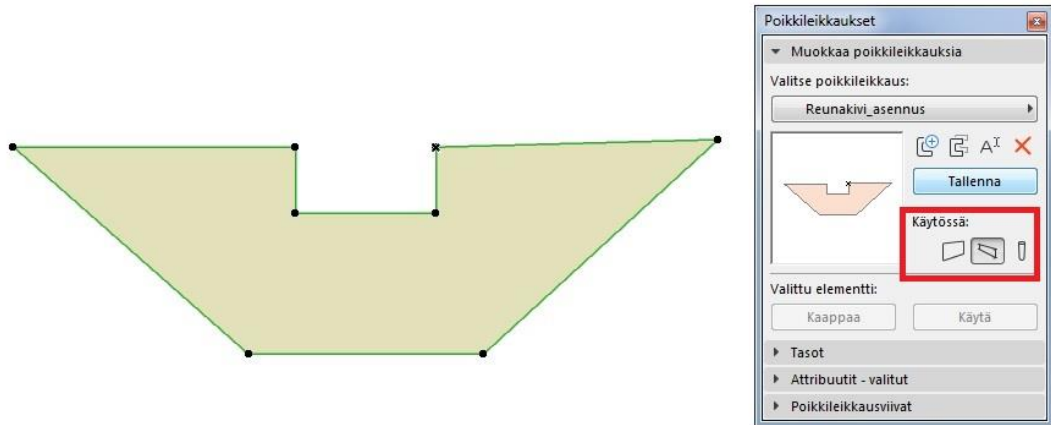
Yksi archiCAD:lla vastaan tulleista ongelmista oli rakennekerrosten 3D-mallintaminen pituuskalteviksi. Putki-työkalulla ei pystynyt ennen ensimmäiseen tartuntapisteeseen liittymistä muuttamaan putken kulmaa. Tällöin putken tuli edetä tarvittava matka nollakulmalla ensimmäiseen tartuntapisteeseen asti, jonka jälkeen kulmaa eli rakenteen pituuskaltevuutta pystyi määrittämään vapaasti. Ohjeen tekijän ratkaisussa leikkauskuvaa siirrettiin 0,1m pois päin aloituspisteestä, jolloin muunne-työkalulla tehty rakennekerros eteni putki-työkalua apuna käyttäen 0,1m matkan ensimmäiseen tartuntapisteeseen asti ja nyt kulman sai asetettua sen tartuntapisteen jälkeen, josta rakennekerroksen oli tarkoitus alkaa (kuva 16). Kun putki-työkalulla aikaansaatu pursotus eli tässä tapauksessa mallinnettu rakennekerros oli venytetty mittaansa ja kaltevuus oli kunnossa, niin ylimääräinen 0,1m osa voitiin poistaa käyttämällä katkaise-työkalua (liite 2, 36-38).



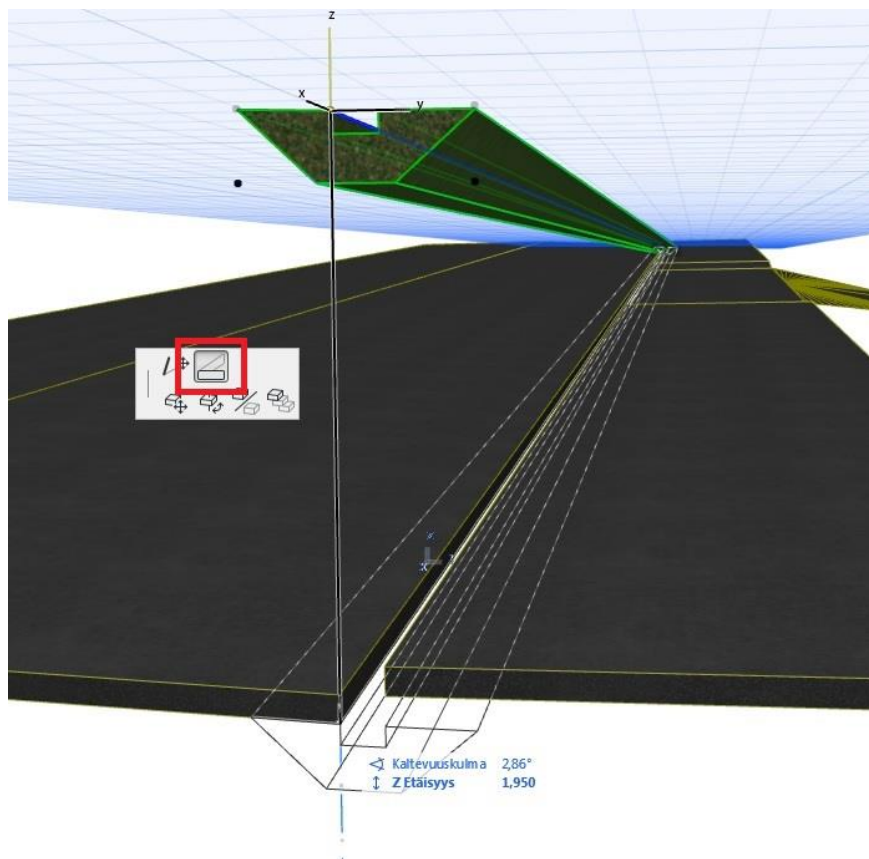
Kuva 16 Asfaltin rakennekerroksen mallintamista putki-työkalulla. (liite 2, 34)

5.2.3 Reunatuet ja oja

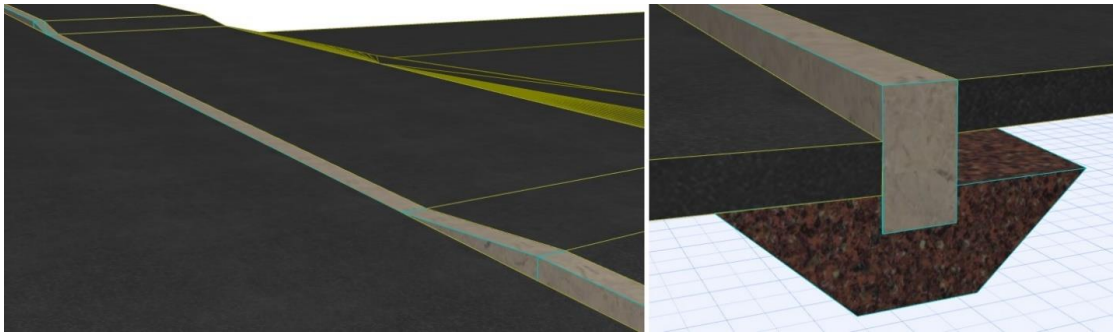
Valmiin kadun ja jalkakäytävän välissä oli lähtötietojen mukaan reunakivi. Lähtötiedoissa ei ollut suunniteltuna pysäköintialuetta reunustavaa reunakiveä. Vaihtoehtojen testaamista varten ohjeen tekijä mallinsi reunatuen pysäköintialueelle erillisessä mallinnuksessa. Reunatuki ei ollut oleellinen työssä, joten sitä ei sisällytetty ohjeeseen. Reunakivien mallintamista varten ohjeen tekijä käytti poikkileikkaukset-työkalua, jossa pystyi suunnittelemaan halutun poikkileikkauksen (kuva 17). Ohjeessa reunakivi mallinnettiin piirtämällä asennushiekan ja reunakiven poikkileikkaukset erikseen. Mallinnettuja poikkileikkauksia pystyi hyödyntämään palkki-työkalussa, jossa poikkileikkauksen muotoinen palkki voitiin venyttää halutun mittaiseksi sekä pituuskaltevaksi (kuva 18). Liittymässä reunakivi luiskattiin (kuva 19), jolloin palkki-työkalulla mallinnettu reunakivi kannatti muuntaa muunteeksi. Tällöin reunakivi voitiin luiskata laskemalla tartuntapisteiden korkeusasemia. (liite 2, 41-54.)



Kuva 17 Reunakiven asennushiekan poikkileikkaus suunniteltiin erikseen. (liite 2, 44)



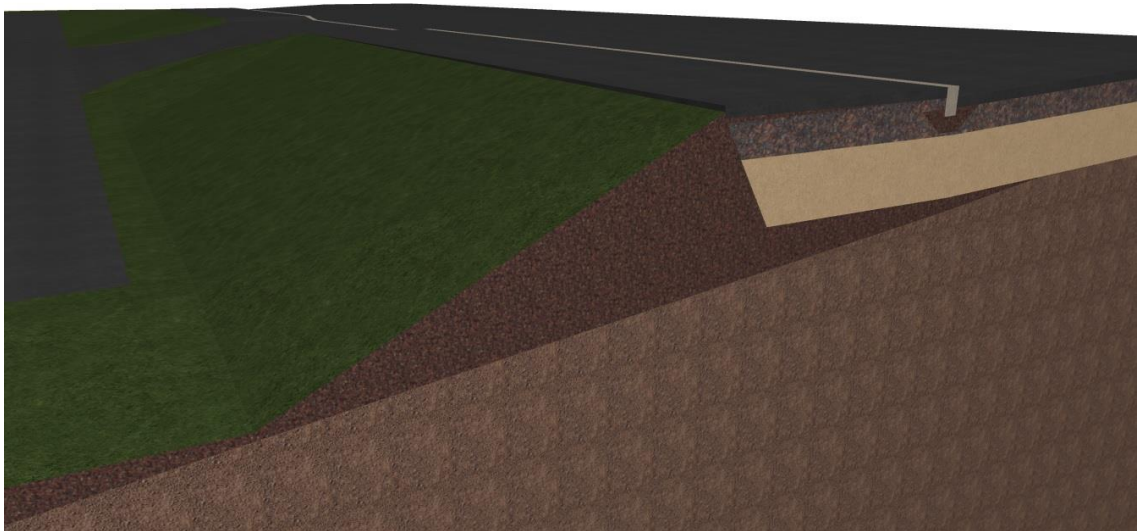
Kuva 18 Reunakiven asennushiekan mallintamista halutulle kohdalle. (liite 2, 46)



Kuva 19 Mallinnetun reunakiven luiskaus sekä pääty. (liite 2, 54)

5.2.4 Ojan mallintaminen

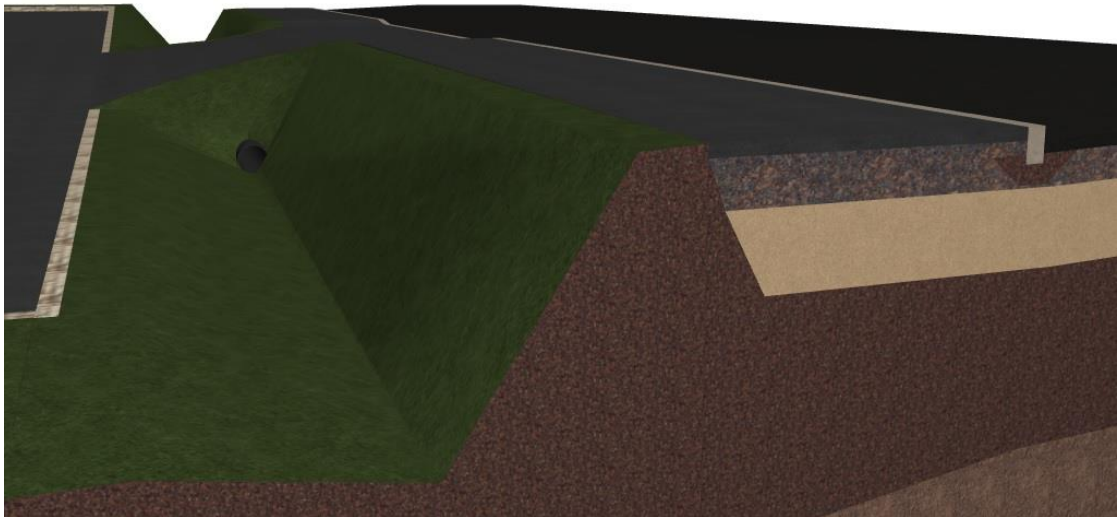
Työn yhtenä pyrkimyksenä oli minimoida yksityiskohdat, kuten jalkakäytävän viereinen oja, siihen kuuluva rumpu ja hulevesikuivatus (kuva 20). Ohjeen tekijä testasi ojan mallintamista, mutta sen yksityiskohtaisuuden takia sitä ei sisällytetty ohjeeseen. Testauksessa oja oli mallinnettu luomalla tartuntapisteitä täytön, eli toisin sanoen maan yläpintaan. Näitä tartuntapisteitä laskemalla sai muodostettua ojan. Tarvittaessa ojan realistisempaa mallintamista varten pisteitä voitaisiin lisätä, jolloin ojan muoto vastaisi paremmin todellista tilannetta.



Kuva 20 Ohjeessa sivuutettiin mm. ojan ja rummun mallintaminen.

Liittymän kohdalle ojia yhdistämään tarvittiin rumpu, joten se mallinnettiin ojan muotoilun jälkeen. Rummun mallintamista varten yhtenä keinona oli käyttää poikkileikkauksentyykalua, jolla rummun pääty mallinnettiin. Tallennettua poikkileikkausta hyödynnettiin

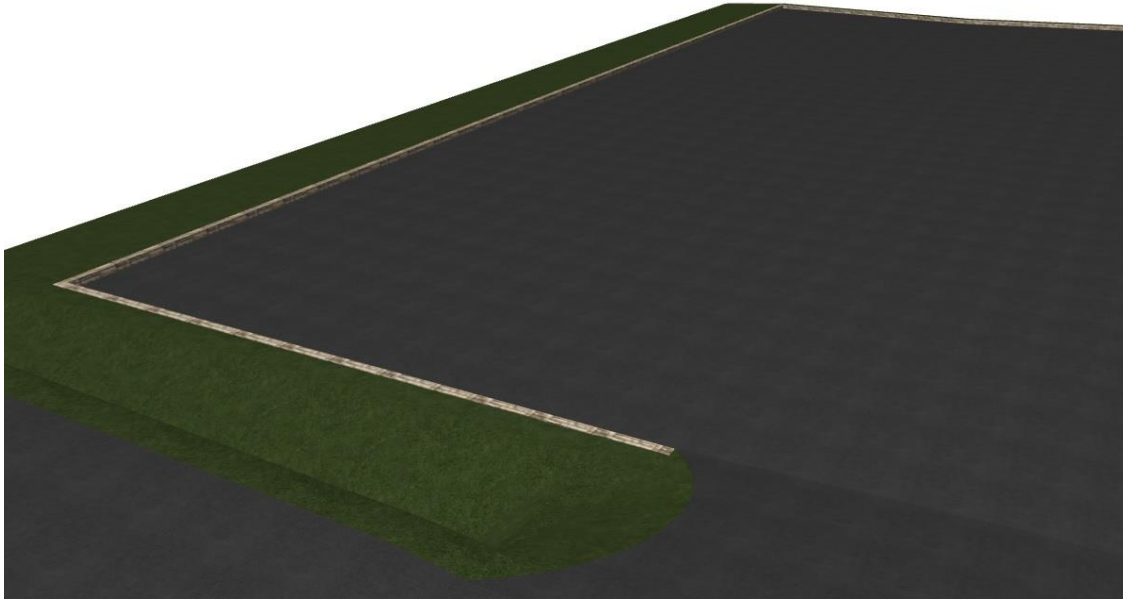
palkki-työkalulla, jossa rumpu saatiin haluttuun pituuteen sekä kaltevuuteen. Koska rumpu jäi sekä rakennekerroksien että maan sisään, niin materiaalien syrjäyttämistä varten rummun tieltä käytettiin Boolean toimenpiteet-työkalua. ArchiCAD ei kuitenkaan jostain syystä ymmärtänyt rummun sisäistä tyhjää tilaa, vaan jätti materiaalit täyttämään kyseistä tilaa. Tätä varten ongelma voitiin ratkaista mallintamalla poikkileikkaukset-työkalulla umpinainen pyöreä palkki täyttämään rummun sisäistä tyhjää tilaa. Kun uusi umpinainen palkki oli täyttämässä rumpua, niin sen materiaaliksi voitiin valita läpinäkyvä ilma. Tällöin Boolean toimenpiteet-työkalu tunnisti palkin välittämättä sen materiaalivälinnasta ja poisti maamassat sen tieltä. Näin saatiin mallinnettu rumpu, joka oli ontto ojan hulevesien johdattamista varten (kuva 21).



Kuva 21 Oja rumpuineen testausta varten mallinnettuna.

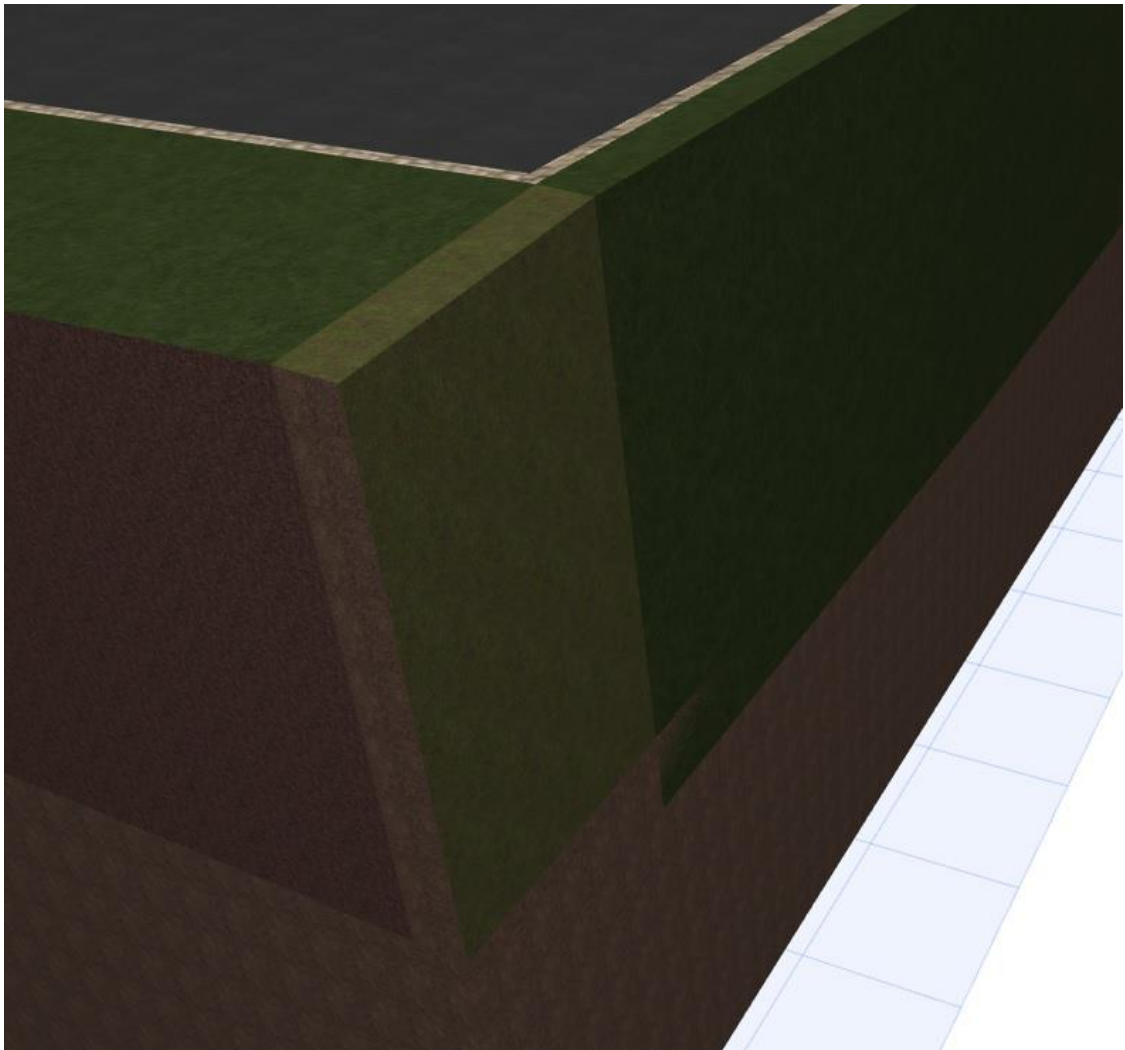
5.2.5 Pysäköintialueen reunakiven mallintaminen

Työn tilaaja ehdotti pysäköintialueelle asfaltin pinnasta 15cm kohoavaa reunakiveä. Ohjeen tekijä testasi sen mallintamista, mutta ohjeeseen sitä ei sisälletty, koska vastaan tuli liikaa mallintamiseen liittyviä ongelmia. Yleisesti ottaen reunakiven mallinnus onnistui, mutta todellista tilannetta vastaavia, kuten metrin mittaisia reunakiviä ohjeen tekijä ei onnistunut mallintamaan (kuva 22).



Kuva 22 Pysäköintialueelle testaamista varten mallinnettu reunakivetys.

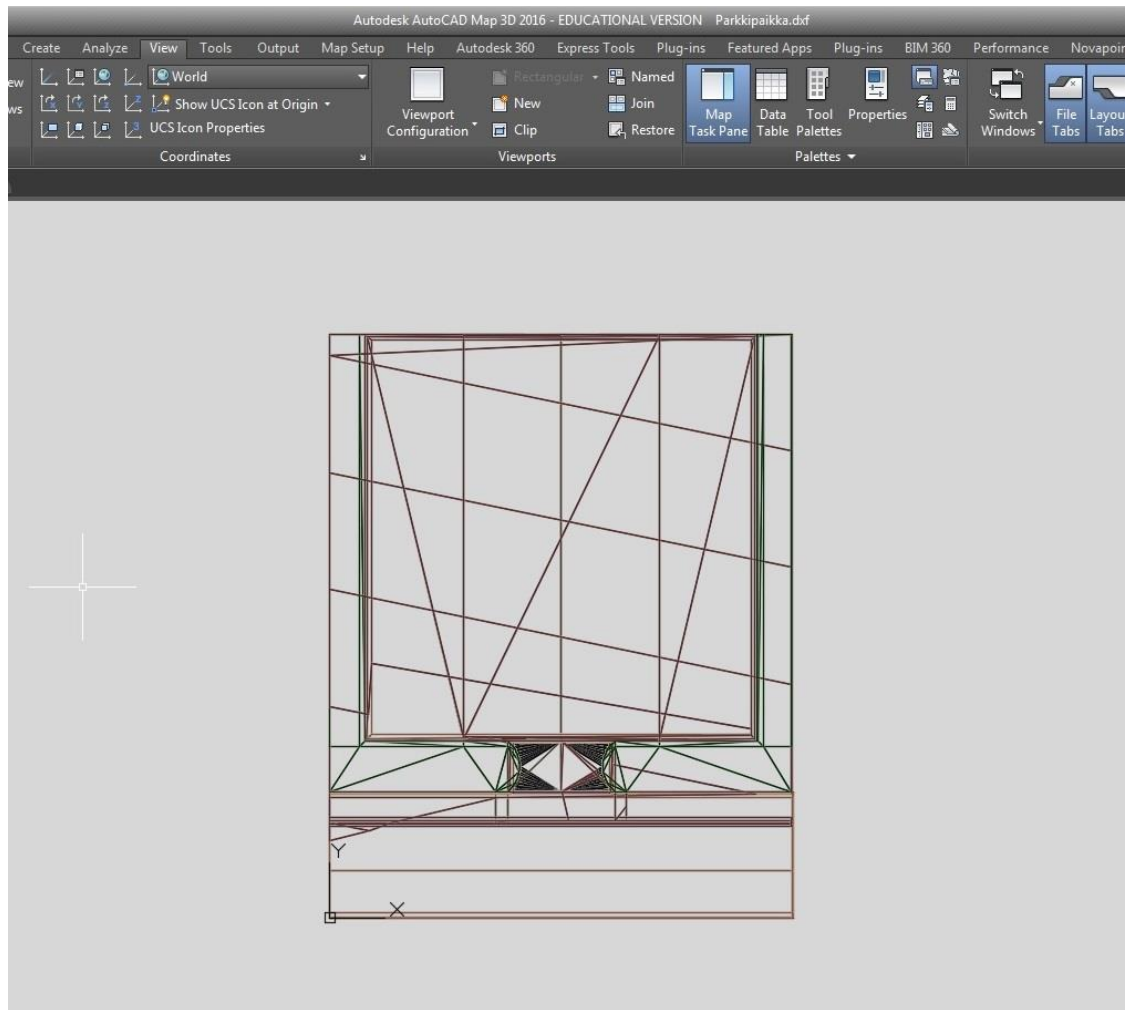
Tuloksena ei siis saatu todellista tilannetta vastaavaa ratkaisua, sillä ohjeen tekijä ei löytänyt ArchiCAD:sta tarvittavia työkaluja tai ominaisuuksia reunakiven ja pohjarakenteiden muokkaamista varten. Mallinnuksessa tuli vastaan useita ongelmia, eikä niistä johtuen massoja pystynyt muokkaamaan yhtenäisiksi. Kaikkia pintojakaan ei pystynyt muokkaamaan halutuiksi ja ArchiCAD:n oma epätarkkuus johti siihen, että pinnat saattoivat olla toistensa päällä, vaikka kaikki oli tehtynä sen estämiseksi. Kuvassa 23 oli havainnollistettu näitä ongelmia.



Kuva 23 Pysäköintialueen päädyn pintoja ei saatu muokattua todellista tilannetta vastaaviksi.

5.3 Tiedonsiirto ArchiCAD:sta

ArchiCAD tallentaa mallinnukset talonrakentamisessa esimerkiksi IFC-formaattiin. Tämä formaatti tulisi lukea käyttämällä toista suunnitteluohjelmaa, kuten 3D-Winiä tai AutoCAD:ia. Työn tekijä testasi hänelle ennestään tuntemattomia ohjelmia, kuten AutoCAD 3D Map:ia, CloudCompare:a että Novapoint:ia. Koska osa ohjelmista ei lukenut IFC:tä lainkaan, niin testatuksi tuli myös työn tekijälle tuntematon DXF-formaattiin muunnettu mallinnus esimerkiksi AutoCAD 3D Map:lla avattuna (kuva 24). Työn vaatima ohjeistus ja tietämys formaattien soveltuvuuksista ei riittänyt siihen, että ArchiCAD:lla mallinnettu pihasuunnitelma olisi saatu muunnettua infrarakentamisen ja 3D-koneohjauksen vaatimaan LandXML-formaattiin.



Kuva 24 Pysäköintialueen 3D-mallinnus DXF-formaatissa AutoCAD 3D Map-ohjelmassa.

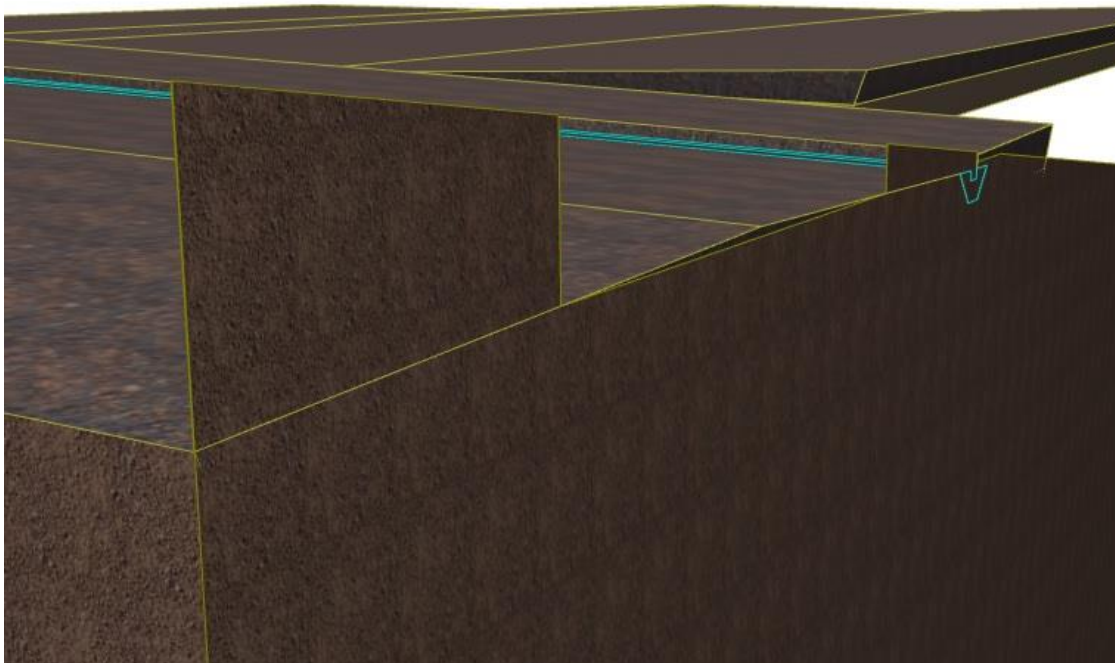
6 POHDINTA

Varsinkin infrarakentamisessa suunnittelumenetelmien siirtyminen 2D-kuvista kolmiulotteiseksi on helpottanut hankkeiden toteutuksia. 2D-kuvien paperisten dokumenttien luku digitaalisessa muodossa auttaa hankkeen osapuolien välistä kommunikaatiota sekä yhteisymmärrystä eikä paperin kasvavasta määrästä koidu ylimääräisiä ongelmia. Paperipinkkojen kasaantuminen vaikeuttaa tiedonhallintaa. Rakentamisen alalla suureen rooliin on noussut kestävä kehitys, joka on kasvattanut tietojen digitalisoinnin tarvetta.

Haasteena muun muassa hankkeen suunnittelutietojen digitaaliseen koostamiseen on ollut yhtenäinen ja avoin tiedonsiirto. Suunnitteluohjelmia ja formaatteja on käytössä monia, mutta varsinkin formaattien kykyä siirtää ja sisältää tietoa on kehitetty jo 90-luvulta lähtien. Erityisenä haasteena on eri formaateissa olevien mallien yhdistely, kuten talon ja infrarakentamisen välissä oleva piha-alue, jonka 3D-mallintamiseen ei ole yhtenäistä käytäntöä.

Tietomallintamisen kehittelyn tuloksena syntynyt ja varsinkin infrarakentamisessa yleistynyt 3D-koneohjausjärjestelmä edellyttää suunnitelmien ja maastomallien toimivaa yhdistelyä. Koneohjaus on työn tekijän havaitsemana erittäin helppokäyttöinen ja toimiva ratkaisu maarakennustyömailla, joten sillä sektorilla on rakennusalalla edetty pitkälle. Satelliittipaikannukseen perustuva työkoneen, kuten kaivinkoneen muunto tietokoneyksikön ja anturien avulla tarkaksi mittalaitteeksi on mahdollistanut tarkemman työn, kustannusten pienentämisen ja toteumatietojen välittömän tallentamisen. Oikein toteutettu investointipäätös koneohjausjärjestelmään takaa urakoitsijalle paremman kilpailukyvyyn.

Työn tuloksena syntynyt 3D-mallinnusohje ei vaatinut merkittävää perehdytystä ArchiCAD:iin, vaikka sitä ei ole varsinaisesti tarkoitettu pihasuunnitelmien laadintaan. Mallinnukseen riitti ammattikorkeakoulutason ArchiCAD-peruskurssi, jonka työn tekijä oli suorittanut. ArchiCAD ei kuinkaan tarjoa rakenteiden nimeämiseen tai 3D-esittämiseen tarvittavia infranimikkeitä eikä pintojen ominaisuuksia, joten ne tulisi luoda itse tai tuoda ohjelmaan, mikäli sellaisia on. Työn tekijä kohtasi myös paljon rakenteiden 3D-esittämiseen liittyviä epäkohtia, kuten kuvassa 25, jossa ArchiCAD:n työkalut eivät ole keskenään yhtä tarkkoja ja se aiheuttaa mallinnuksessa yleisesti sanoen sekavuutta.



Kuva 25 Pohjamaan rakenteet sekavasti kadun ja jalkakäytävän rakenteiden kanssa. (liite 2, 91)

Työssä ei löytynyt ArchiCAD:n todellisuutta vastaavan piha-alueen suunnittelun epätarkkuusongelmiin ratkaisuja, vaan rakenteita piti muokata tarpeen tullen, jotta ne soveltuisivat esimerkkeinä mallinnusohjeeseen (liite 2, 88-90). Työn tavoitteena alun perin pidetty, mutta myöhemmin karsittu IFC-formaatin muunto esimerkiksi koneohjausmallin vaatimaksi LandXML-formaatiksi ei ollut työn aikataulun ja ohjausresurssien puitteissa mahdollista. Sen sijaan työssä keskityttiin enemmän tietomallintamiseen, 3D-koneohjausjärjestelmään sekä pihasuunnitelman 3D-mallinnukseen. Valmistunutta työtä voisi mahdollisesti jatkaa uutena opinnäytetyön aiheena, joka perustuisi tuloksena syntyneeseen ohjeeseen sekä syventyisi paremmin ArchiCAD-ohjelman tallentamien tiedostomuotojen, kuten IFC-formaatin muuntoon käyttäen eri tietokoneohjelmia.

Työn tekijän mielestä ArchiCAD soveltuu pihasuunnitelman mallintamiseen, mikäli epätarkkuuksien ja rakenteiden nimikkeiden hallintaan löytyisi ratkaisuja. ArchiCAD on helppokäyttöinen ja looginen suunnitteluohjelma, jonka käytön oppimisesta hyötyy talonrakentamisen suunnittelussa merkittävästi, mutta soveltuvuus muunkin rakentamisen alan suunnitteluun olisi hyvä hallita, sillä ArchiCAD voisi jatkossa olla suunnittelun työkalu myös infrarakentamisessa.

LÄHTEET

BBC News, Europe launches Galileo satellite. Luettu 8.5.2017.
<https://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4555298.stm>

buildingSMART Finland, InfraBIM-nimikkeistö. Luettu 28.4.2017. <https://buildingsmart.fi/infrabim/infrabim-nimikkeisto/>

buildingSMART Finland, Inframodel-tiedonsiirtoformaatti. Luettu 28.4.2017.
<https://buildingsmart.fi/infrabim/inframodel/>

buildingSMART Finland, Infra-toimialaryhmä. InfraBIM nimikkeistö v. 1.6. Julkaistu 04/2016. buildingSmart Finland. http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/InfraBIM_nimikkeisto_v1_6.pdf

buildingSMART International, IFC introduction. Luettu 8.5.2017. <http://buildingsmart.org/ifc/>

buildingSMART International, Summary for faq. Luettu 8.5.2017. <http://www.buildingsmart-tech.org/implementation/faq/summary-for-faq>

buildingSMART International, Summary of IFC releases. Luettu 8.5.2017.
<http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/summary>

Graphisoft SE, About BIM. Luettu 22.5.2017. http://www.graphisoft.com/archi-cad/open_bim/about_bim/

Hyvärinen, J, Infra-tuotetietomallistandardit. Julkaistu 12/2007. Rakennustieto Oy. Luettu 9.5.2017. http://www.rts.fi/infrabim/Infra_standardit_VTT_Tutkimusraportti_071219.pdf

Ilmatieteen laitos, Avaruussään vaikutus satelliittipaikannukseen. Luettu 8.5.2017.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/satelliittipaikannus>

Liikennevirasto, Mikä on tietomalli? Luettu 28.4.2017. <http://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli-#.WQ3AuspmNhE>

Liukas, J, Inframodel –käyttöönotto-ohje versio 1.0. Julkaistu 10/2013. PRE InfraFIN-BIM Inframodel-ryhmä. Luettu 9.5.2017. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel3-kayttoohje.pdf>

Liukas, J, Kemppainen, L, Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa 2. Julkaistu 05/2015. buildingSMART Finland. Luettu 10.5.2017. http://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf

Mitta Oy, 3D-koneohjauspalvelut. Luettu 1.5.2017 <http://www.mitta.fi/palvelut/mittauspalvelut/3d-koneohjauspalvelut/>

Novatron Oy, Koneohjaus. Luettu 1.5.2017. <http://novatron.fi/koneohjaus/>

Novatron Oy, Mitä on koneohjaus? Luettu 1.5.2017. <http://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>

Rakennustieto Oy, InfraBIM. Luettu 1.5.2017. <http://www.rts.fi/infrabim/index.htm>

Rakennustieto Oy, Inframodel-tiedonsiirto. Luettu 1.5.2017. http://www.rts.fi/infrabim/inframodel_tiedonsiirto.htm

Rakennustieto Oy. 2016. Pysäköintialueet. PDF.

RIL ry Suomen rakennusinsinöörien liitto, Tietomallinnus. Luettu 4.5.2017. <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>

Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry ja Rakennustieto Oy. 2001. Rakennuspohjien ja piha-alueiden maarakenne- ja kuivatusopas MaKu 2001. Vammalan Kirjapaino Oy.

Sweco PM Oy. 2013. SWECO@BIM, Visuaalisen johtamisen työkalu. Mainoseseite.

The LandXML project. Internet-sivusto. Luettu 1.5.2017. <http://www.landxml-project.org/>

Topgeo Oy, Mitä koneohjaus on? Luettu 1.5.2017. http://www.topgeo.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=126

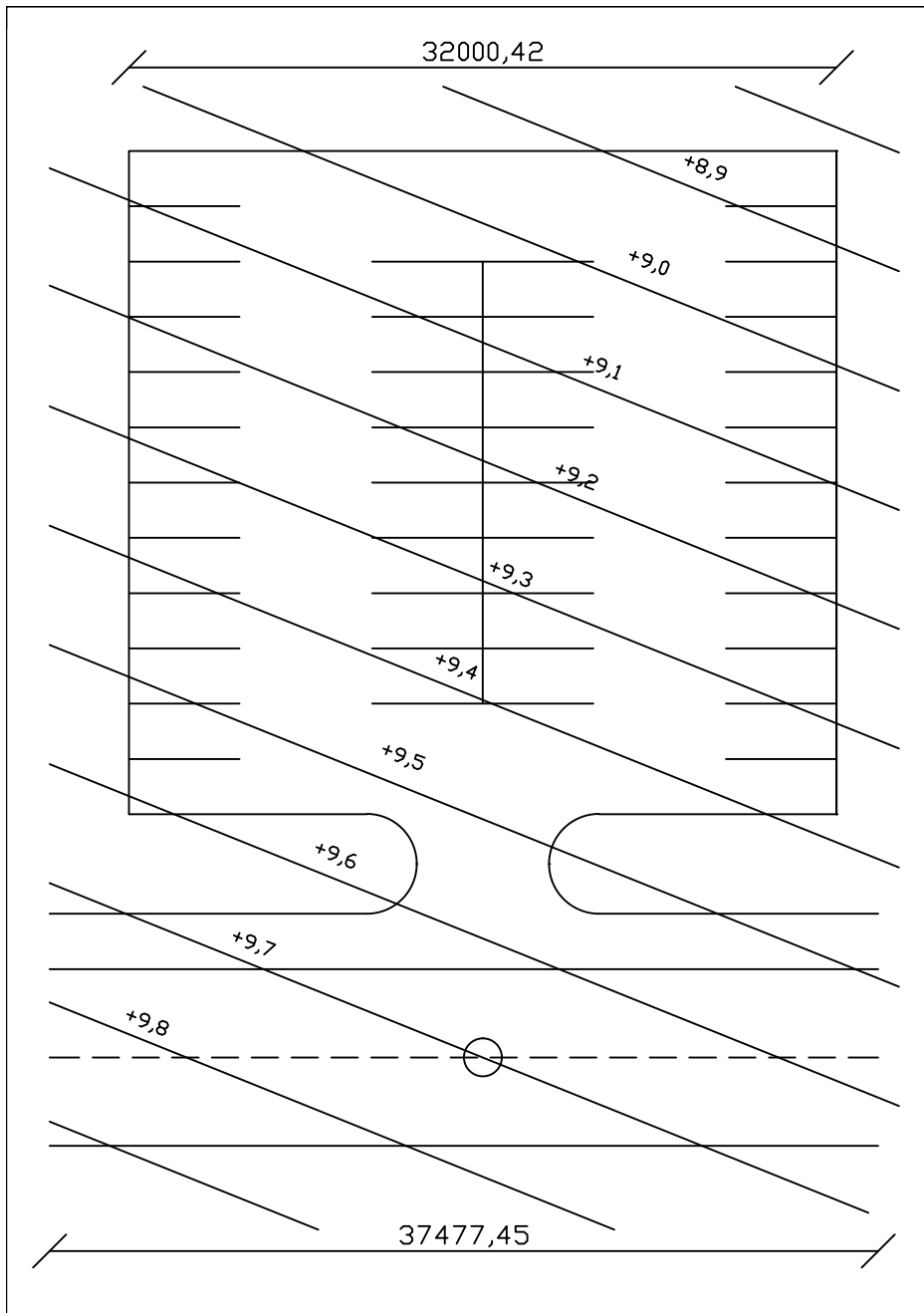
Trimble Solutions Oy. Mitä on BIM? Luettu 4.5.2017. <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/mit%C3%A4-bim>

Viherympäristöliitto ry. 2011. Pihan yleinen rakentamistapaohje 2011. Tampere: Tammerprint Oy.

LIITTEET

Liite 1. Tilaajan antamat 3D-mallinnuksen lähtötiedot tasauspiirustuksessa

Liite 2. Ohje 3D-pihasuunnitelman tekoon ArchiCAD-ohjelmalla



Suunnittelun lähtötiedot:

- katualueella maanpinnan korkeus keskipisteessä on +9,7
- valmiin kadun korkeus samassa pisteessä +10,0
- katu kallistaa itään päin kaadolla 5 %
- kadun sivukallistus on 2,5 % (harjakallistus)
- jalkakäytävä on 10 cm korkeammalla kuin katu
- jalkakäytävän kaato on 2 %
- piha-alueen tasaus ja kuivatus tulee suunnitella
- korkeusviivat ja mitat ovat suuntaa antavia
- rakennekerrokset esimerkiksi päällyste 100mm, kantava 250mm, jakava+suodatin 600mm

30000

4500

2500

8000

Kosa/Kylä	Kortteli/Tila	Tontti/Rno	Viranomaisen arkkitehtinmerkintöille varten	
Rakennustalouden Pysäköintialue			Piirustuslaaji	Julkaisu no
Rakennuskohteen nimi ja osoite Kulmala Hannele			Piirustuksen sisältö Tasauspiirustus	Mittakaavat 1:200
TAMK			Suunnittelualue	Piirustuksen no
Suunnittelija, päiväys ja allekirjoitus 9.3.2017	Hannele Kulmala		ARK	100

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen
Joni Kaski

Ohje 3D-pihasuunnitelman tekoon ArchiCAD- suunnitteluohjelmalla

Työn ohjaaja
Työn tilaaja
Tampere 5/2017

lehtori Hannele Kulmala
Hannele Kulmala, TAMK

1.	JOHDANTO	3
2.	OHJEESSA TARVITTAVA TIETO	4
2.1	Pikanäppäimet ja niiden yhdistelmät	4
2.2	Hyödyllistä tietoa	4
3.	3D-PIHASUUNNITELMAN OHJE	7
	LÄHTEET	108

1. JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli havainnollistaa ArchiCAD:lla luodun 3D-pihasuunnitelman vientiä toimivaksi koneohjausmalliksi. Opinnäytetyötä varten luotiin yksinkertainen pysäköintialue prosessia varten. Lähtötiedot mallintamiseen tulivat työn tilaajalta. Mallintamisen ohjaajana toimi lehtori Tero Markkanen ja lehtori Hannele Kulmala. Mallinnuksen tekijä on suorittanut ArchiCAD:n peruskurssin TAMKissa. Tavoitteena oli luoda niin kattava ohje, jotta mallinnuksen voisi tehdä käymättä ArchiCAD:n peruskurssia.

Mallinnus oli esimerkki, jota ei oltu sidottu mihinkään maantieteelliseen alueeseen. Ohjeessa tekijä kuitenkin päätti pysäköintialueen olevan Suomessa. Normaalisti alueen ympäristö olisi määritelty ja tuotu ArchiCAD:iin, jolloin se olisi mallinnettu ensimmäisenä. Etäisyys merenpinnasta oli määritelty lähtötietojen mukaisesti. On huomion arvoista, että mallinnusohjeen tekijä oli käynyt vain ArchiCAD:n peruskurssin ja saanut lehtori Tero Markkaselta selventäviä ohjeita, joten tekotapoja kyseisen 3D-pihasuunnitelman laatimiseen on useita. Tavoitteena oli kuitenkin löytää jokaiseen vaiheeseen yksinkertaisin ja selkein keino.

Käyttöjärjestelmänä työkoneessa oli Microsoft Windows 7 Ultimate vuodelta 2009. Koneessa oli kaksiytiminen Intel Core i3-2120 @ 3,30 GHz-prosessori ja keskusmuistia oli 8,00 Gt. Näytönohjaimena oli NVIDIAN GeForce GTX 760. ArchiCAD:n versiona käytössä oli opiskelijaversio 20. Ohjeen luontiin käytössä oli Microsoft Word 2016 ja Microsoft Paint.

Ohjeen luontia varten vaikutteita oli otettu vastaavan kaltaisesta opinnäytetyön sisältäneestä ohjeesta, jonka oli tehnyt Piia Silvennoinen ja Minna-Maaria Lamminsaari vuonna 2009. Opinnäytetyö oli merkitty lähteeksi ja sitä voi tarkastella lähteeseen merkityn linkin kautta.

2. OHJEESSA TARVITTAVA TIETO

2.1 Pikanäppäimet ja niiden yhdistelmät

Tässä ohjeessa tekijä oletti käyttäjän tietävän näppäimien nimet, kuten ESC, VAIHTO, VÄLILYÖNTI, DELETE ja ENTER. Pikanäppäinyhdistelmien käyttöä ohjeessa oli vähäisesti, mutta ne olivat tuotu selkeästi esille eri vaiheissa. Ohjeessa mainittavia ja käytettyjä pikanäppäimiä ja niiden yhdistelmiä olivat:

Tasoasetukset = CTRL + L

Valitse kaikki = CTRL+A

Tallenna = CTRL+S

Kopioi ja siirrä = CTRL+VAIHTO+D

Kopioi = CTRL+C

Liitä = CTRL+V

Taikasauva = VÄLILYÖNTI pohjaan + kursori kohteen päälle

Mitta-työkalu = M-näppäin

Poista aktivointi = ESC-näppäin

Liikuta mallinnusta = hiiren rulla pohjaan ja liikuta hiirtä

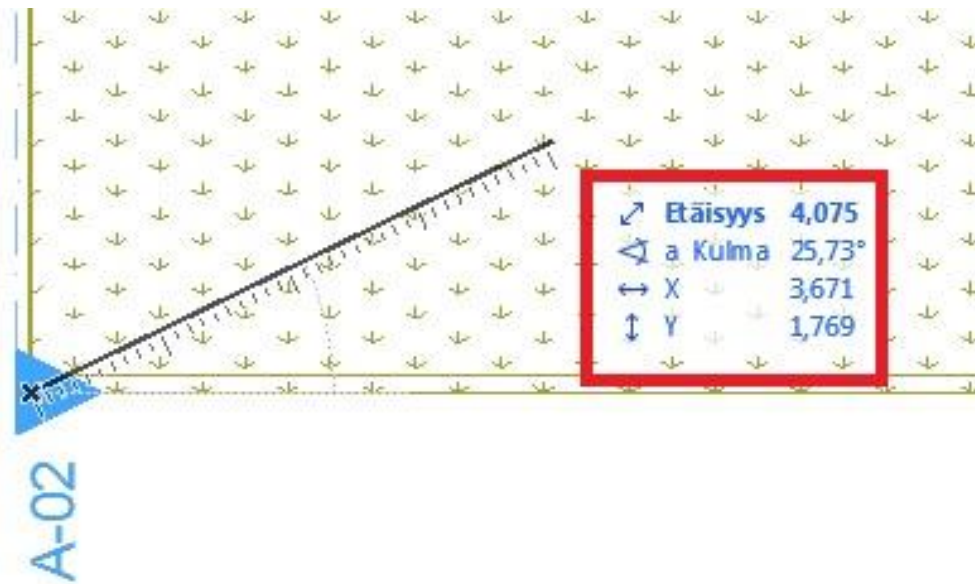
Kierrä 3D-mallinnusta = VAIHTO-näppäin sekä hiiren rulla pohjaan ja liikuta hiirtä

2.2 Hyödyllistä tietoa

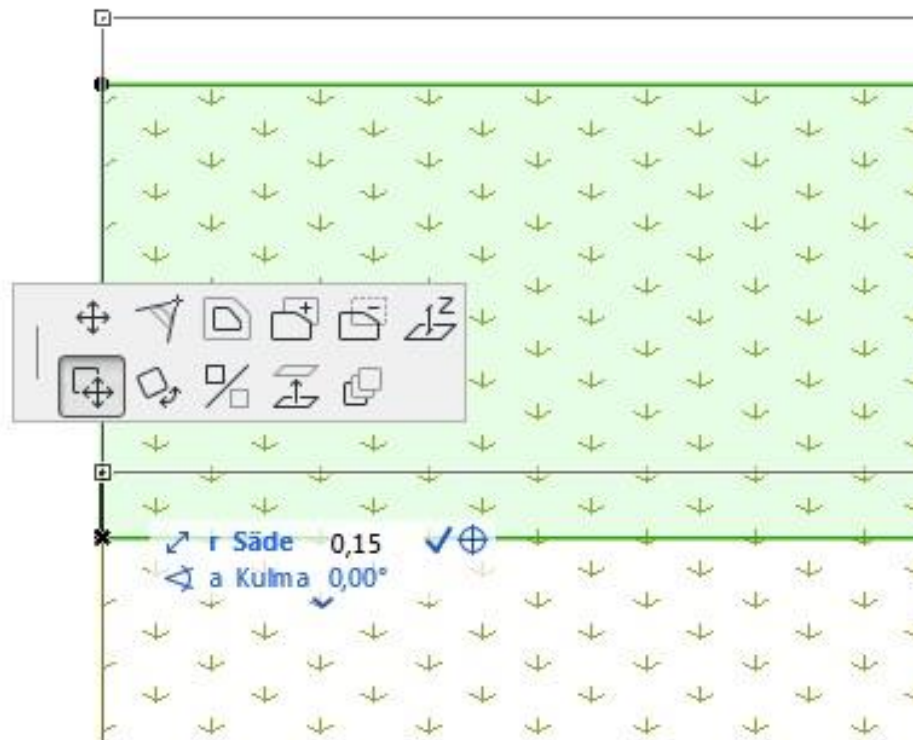
Ohjeen apuna oli peruskurssin opetusten virkistämiseksi käytetty M.A.D.:in oppimateriaaliksi valmistettua ArchiCAD-harjoituskirjaa, jota voi käyttää myös apuna ohjeen ohessa. Harjoituskirja on PDF-muodossa ja sen löytää lähdeluettelosta. Hyödyllistä oli tallentaa projekti tietysin väliajoin. Hyvä tarkastamiseen liittyvä työkalu oli *mitta*-työkalu, jolla voi tarkistaa mittoja, koordinaatteja ja etäisyyksiä. Työkalua käytetään painamalla näppäintä M, joka avaa *mitta*-työkalun, jolla voi klikata haluttuun mittauspisteeseen ja mittaviivaa voi liikuttaa hiiren kursorilla. ESC-näppäin lopettaa mittaamisen. (KUVA 1.)

Ohjeessa pyrittiin mainitsemaan, milloin jokin kohde kuului aktivoida tai poistaa sen aktivointi, mutta sääntönä voisi pitää aktivoinnin poistoa aina, mikäli mallinnetaan jotakin uutta, kuten pintaa tai viivaa. Ohjeessa oli pyritty nimeämään ja havainnollistamaan valikkoja sekä ikkunoita. Yhtenä esimerkkinä oli *seuralais-apuikkuna*, jonka nimittämiseen ohjeen tekijä käytti termiä ”työkaluikkuna” (KUVA 2).

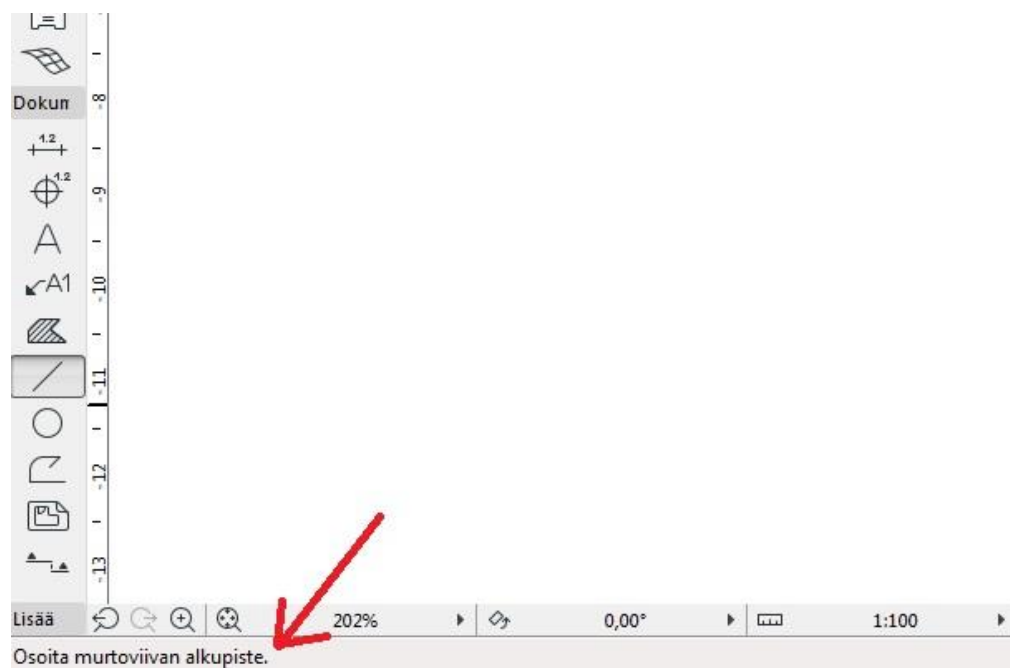
Jotta mallinnuksessa pysyi ajan tasalla siitä, mitä ArchiCAD aikoi tehdä tai pyysi tekemään, niin kannatti vahtia vasemman alanurkan *tilajanaa*, eli tilannetta ohjeistavaa tietopalkkia (KUVA 3). Mallinnuksessa origolla tarkoitettiin koordinaatistoon kuuluvaa nollapistettä, eli koordinaatit 0,0,0 omaavaa pistettä ArchiCAD:n käyttämässä X,Y,Z-koordinaatistossa.



KUVA 1 *Mitta*-työkalun antamat tiedot, kuten X- ja Y-koordinaatit.

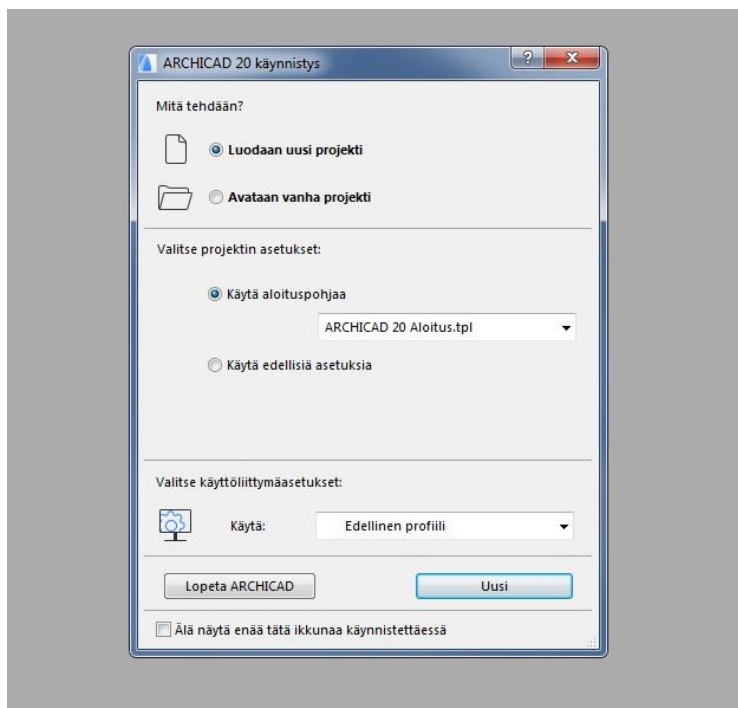


KUVA 2 Työkaluikkuna eli *seuralais-apuikkuna*.

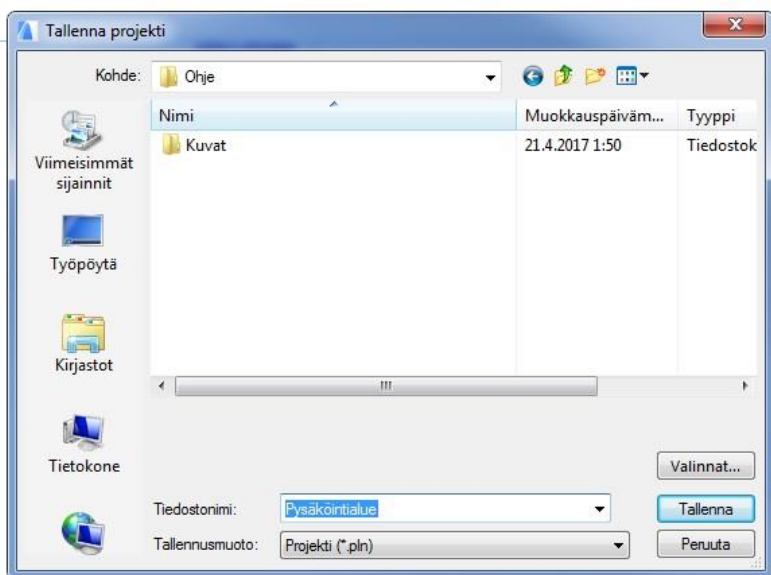


KUVA 3 Tilajana vasemmassa alanurkassa ohjeistamassa *Viiva*-työkalun käyttöä.

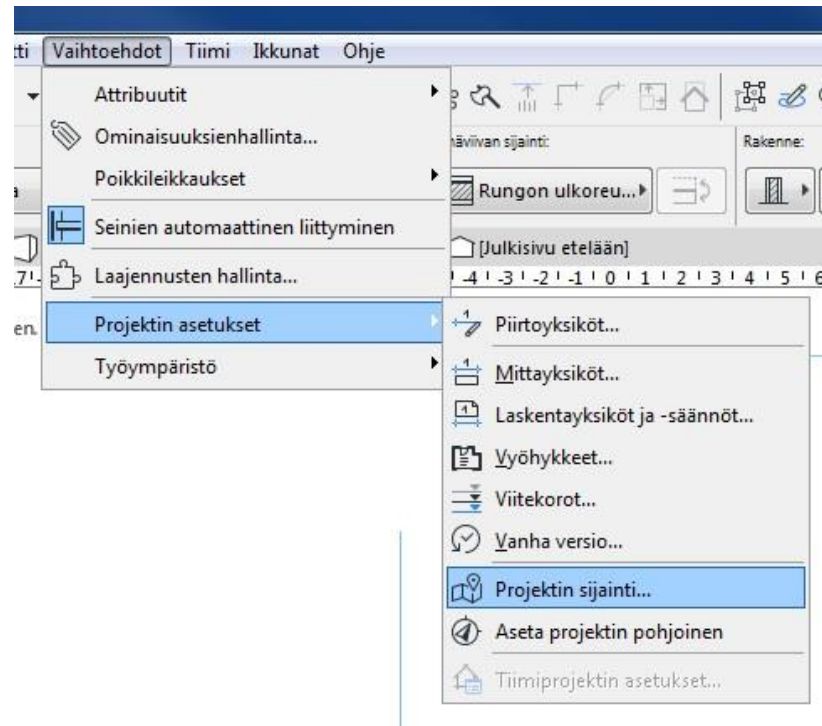
3. 3D-PIHASUUNNITELMAN OHJE



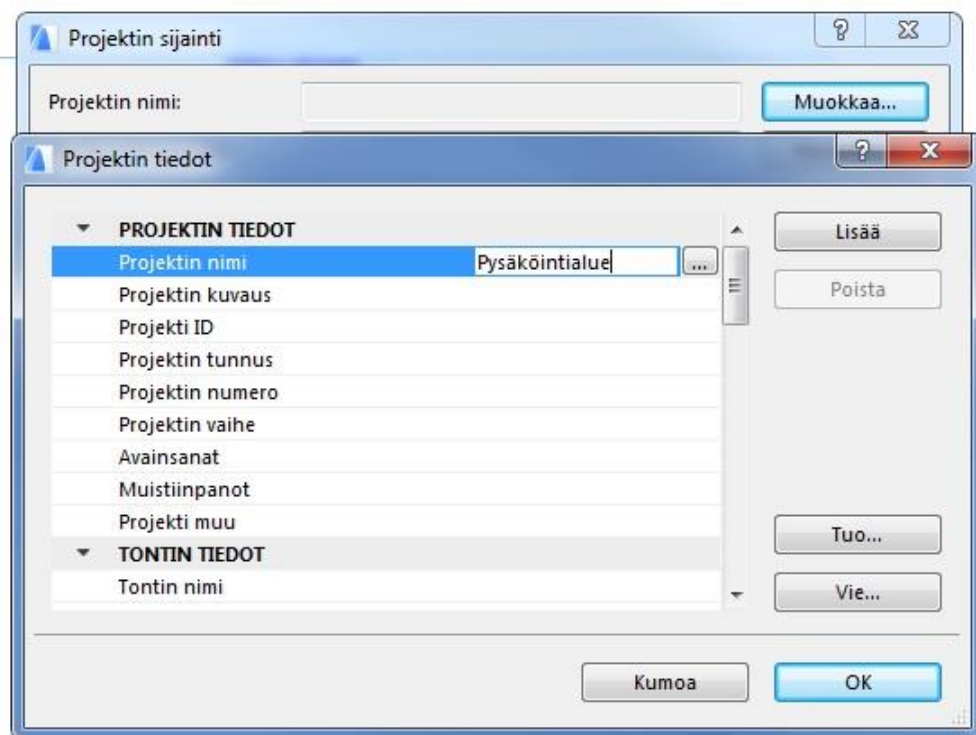
KUVA 4 Luodaan uusi projekti ja käytetään oletusaloituspohjaa. Klikataan *Uusi*.



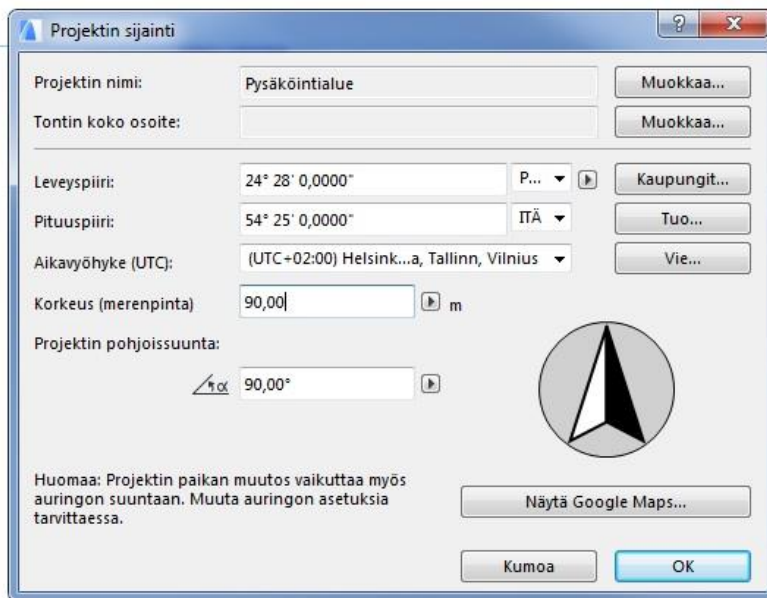
KUVA 5 Jotta projektille tulisi nimi ja tallennuskohde olisi selvillä, niin tallennetaan projekti heti. Tallennetaan nimellä (*Arkisto – Tallenna nimellä...*) ja valitaan kohdekansio.



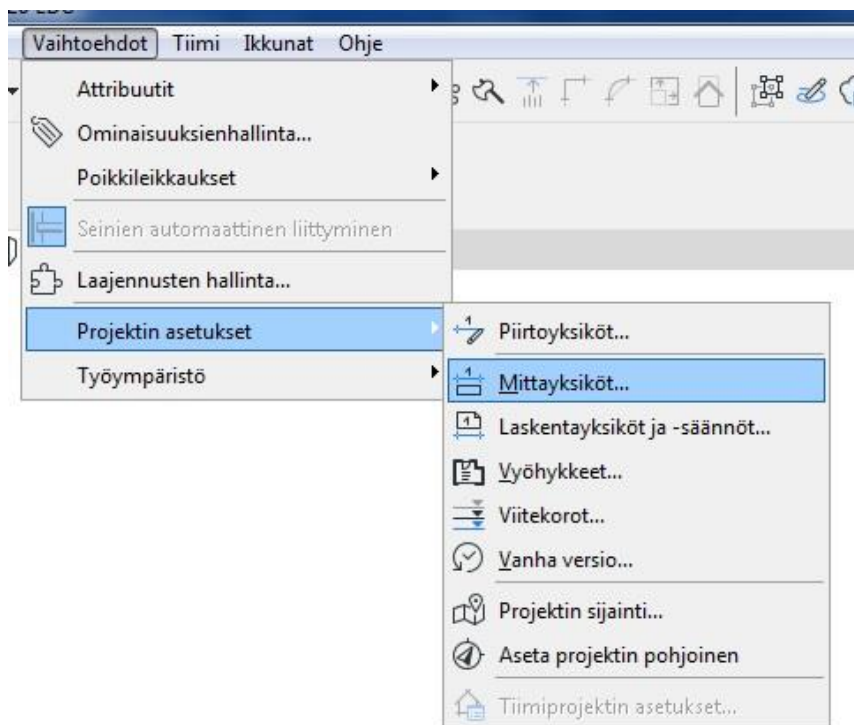
KUVA 6 Seuraavaksi määritetään projektin asetuksia hakemalla *Vaihtoehdot* -valikosta *Projektin sijainti*.



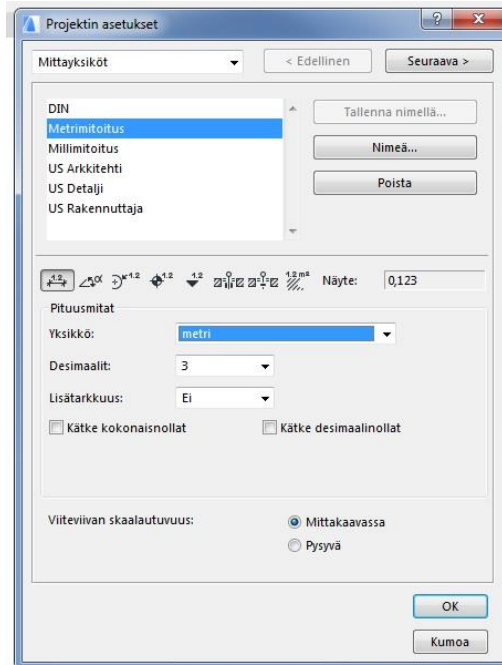
KUVA 7 Klikataan ilmestyvässä ikkunassa *Projektin nimi* kohdalta *Muokkaa*. Uudessa ikkunassa projektin nimen voi kirjoittaa klikkaamalla tyhjää tilaa. Kirjoitetaan nimeksi esimerkiksi ”Pysäköintialue”. Klikataan OK.



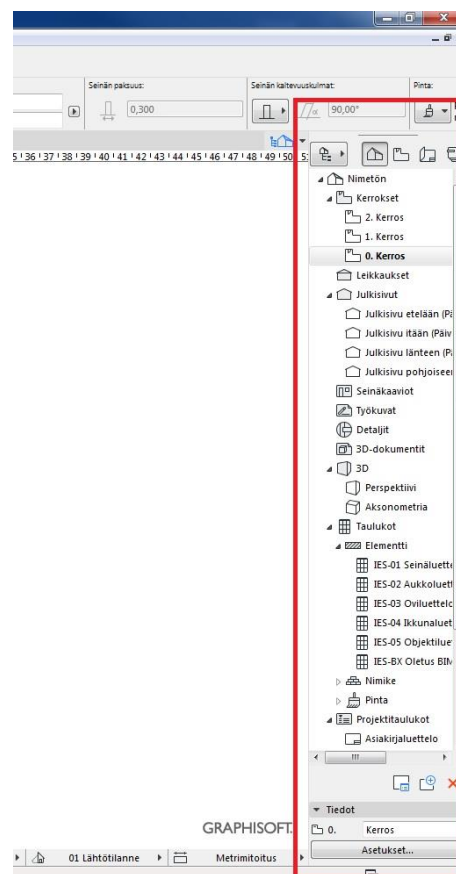
KUVA 8 Muokataan merenpinnan korkeudeksi esimerkiksi 90,00m. Muita tietoja ei tarvitse muokata, mutta esimerkiksi aikavyöhyke voidaan muokata Suomen omaksi. Klikataan OK.



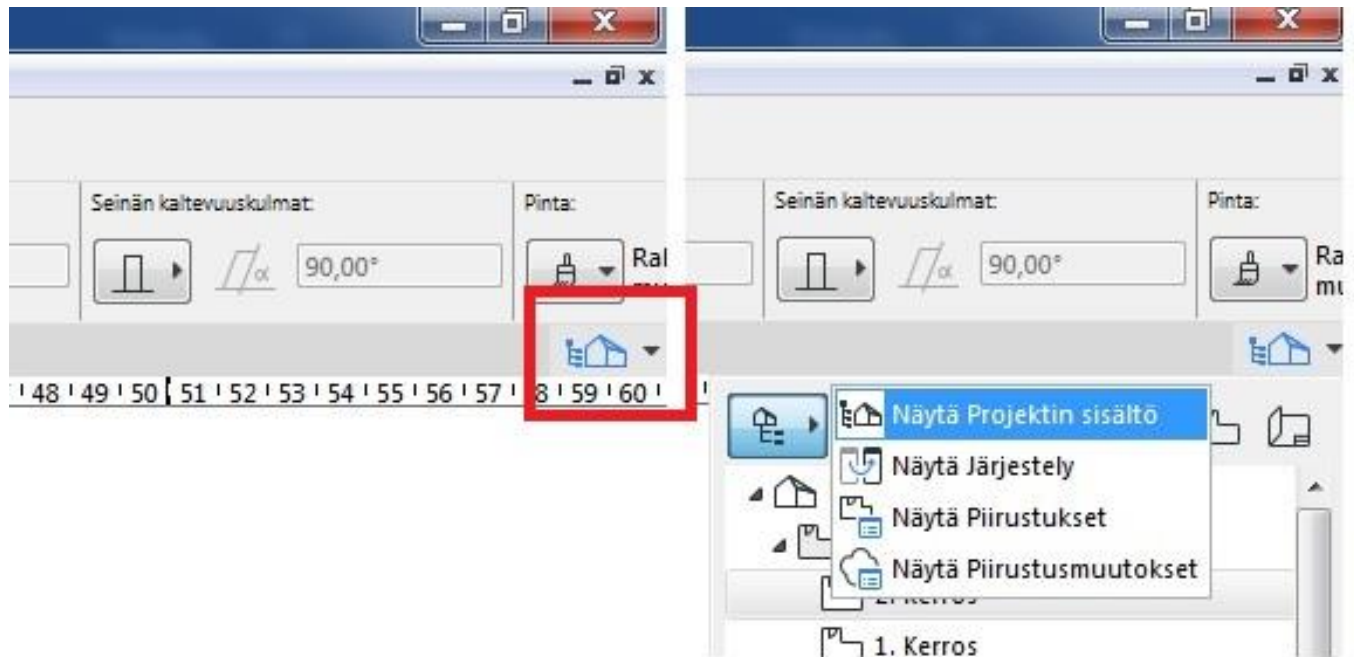
KUVA 9 Seuraavaksi varmistetaan, että mittayksikkönä on metri. Avataan asetukset polusta *Vaihtoehdot – Projektin asetukset – Mittayksiköt*.



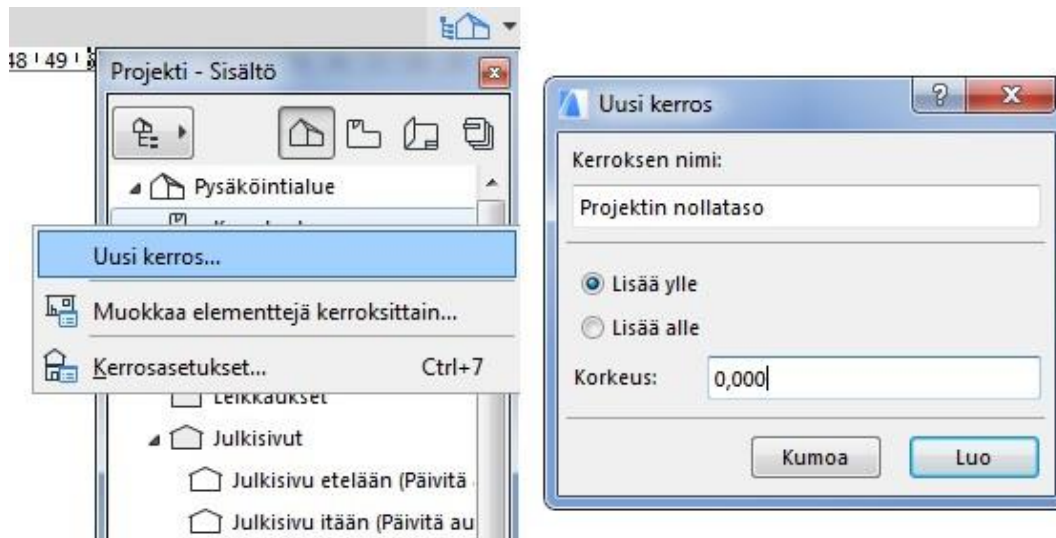
KUVA 10 Vaihdetaan käytettäväksi yksiköksi metri, joka säilyy koko ohjeen ajan.



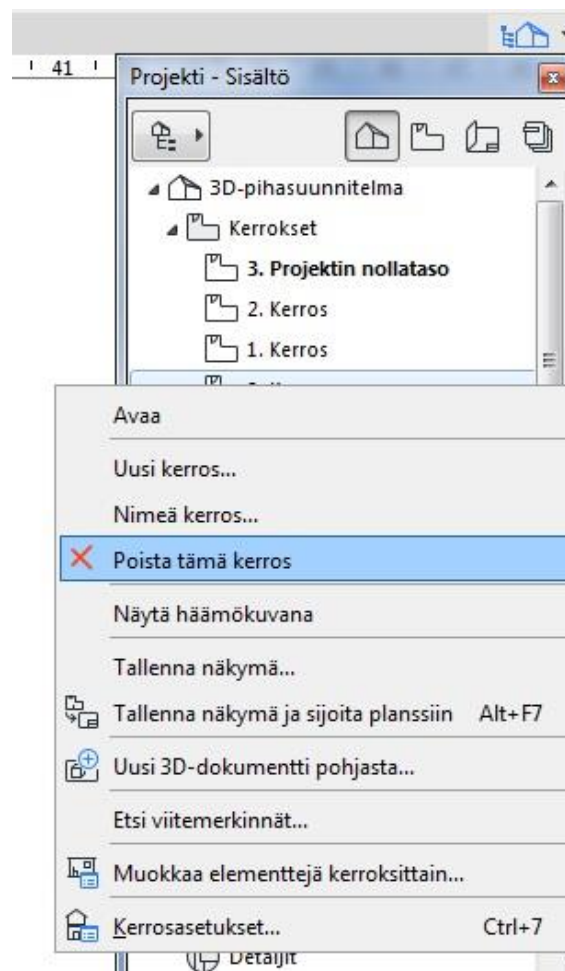
KUVA 11 Jos ArchiCADin oikealla sivulla oleva sivupalkki ei näy, niin seuraavaksi se asetetaan siihen. Jos sivupalkki on jo valmiina, niin skipataan KUVA 12.



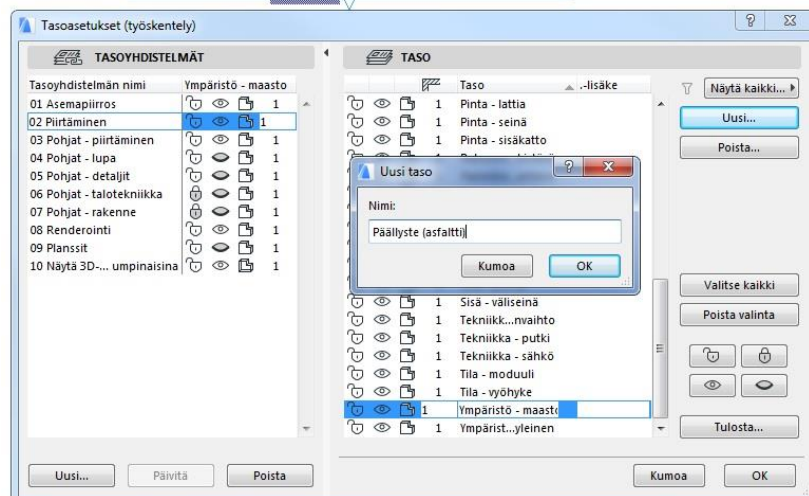
KUVA 12 Avataan projektin sisältö painamalla kehystettyä kuvaketta. *Projektin sisältö*-ikkuna jätetään näkyviin klikkaamalla *Näytä projektin sisältö*-valintaa. Uusi *Projektin sisältö*-ikkuna jätetään oletuspaikkaansa tai sitä voidaan halutessa siirtää.



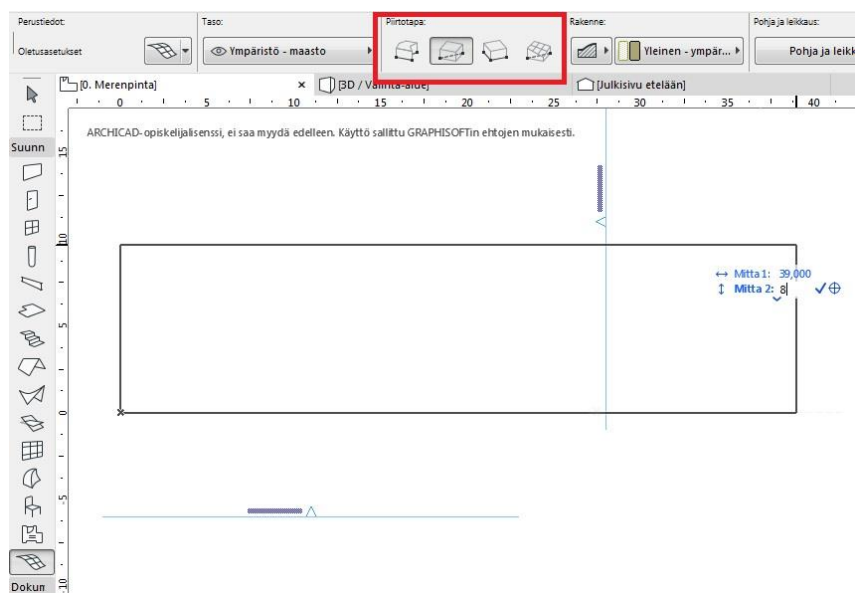
KUVA 13 Klikataan hiiren oikealla *Kerrokset* ja valitaan uusi kerros nimeltään *Projektin nollataso* korkeudella 0,000.



KUVA 14 Poistetaan kaikki muut kerrokset. Klikataan *Varoitukset!* -ikkunassa *Poista Silti*. Vain ”Projektin nollataso” jää.

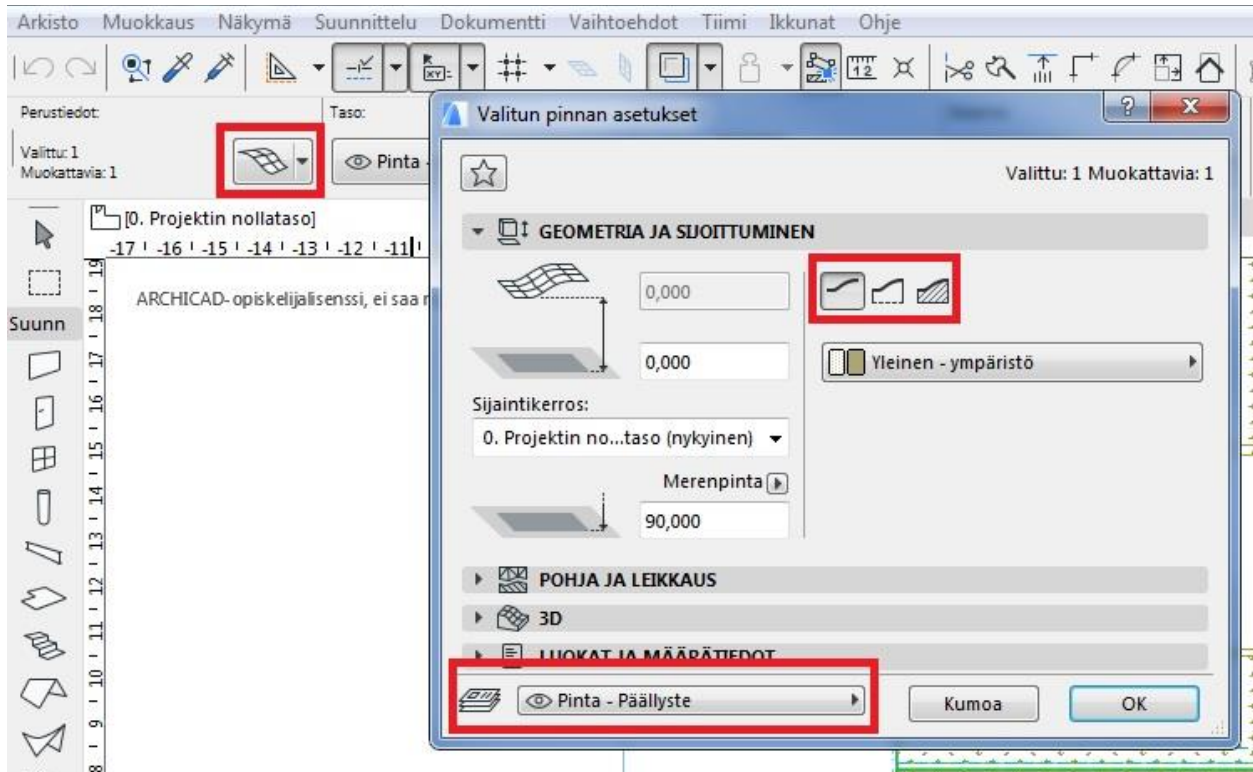


KUVA 15 Avataan tasasetukset (CTRL + L). Valitaan *Uusi...* ja nimetään se. Uusia tasoja luodaan yhteensä seitsemän. Muut nimetään ”Kantava (Sora)”, ”Jakava (Hiekka)”, ”Pohjamaa”, ”Pengerrys”, ”Reunakivi” ja ”Pinta – Päällyste”.

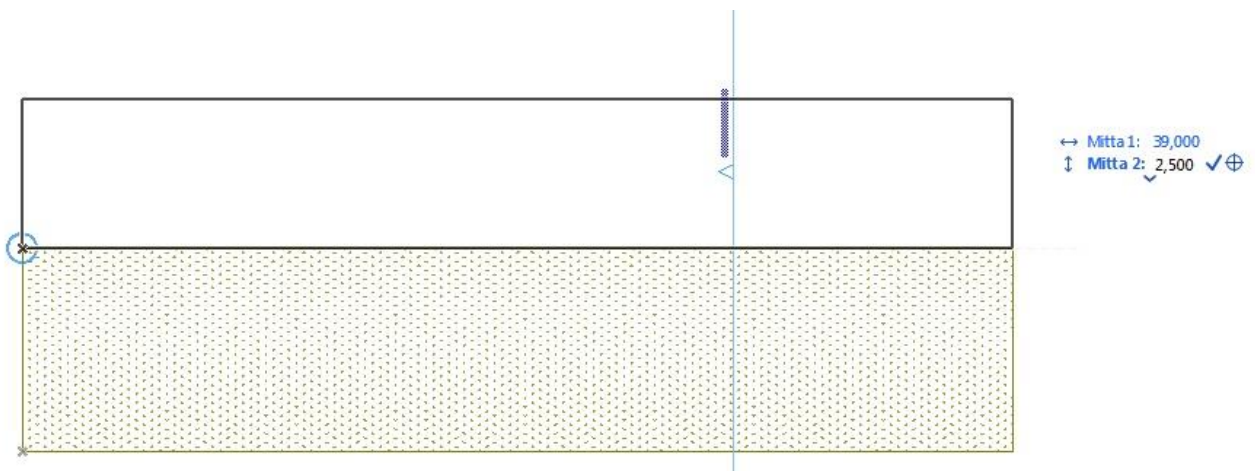


KUVA 16 Aloitetaan mallintamalla lähtötietojen mukaisesti ylimpiä pintoja. Valitaan *Pinta - työkalu* vasemmalta työkaluvalikosta. Huomioidaan, että piirtotapana on *Suorakulmainen*.

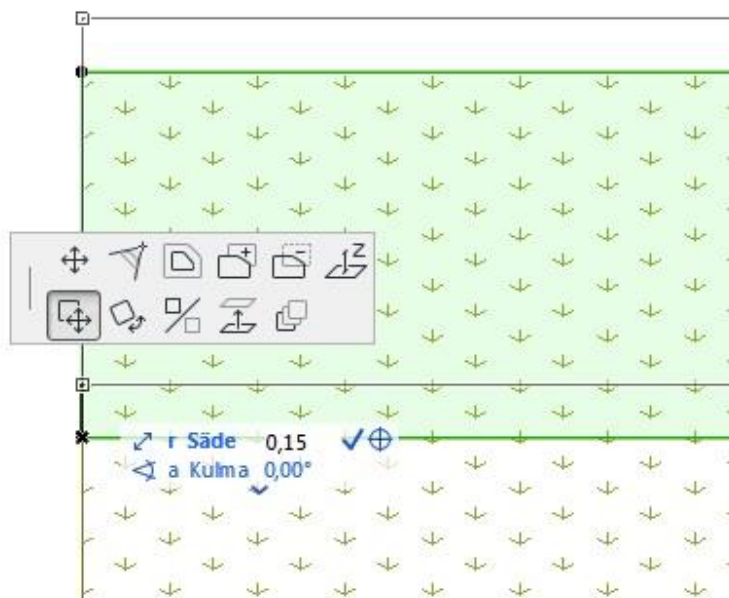
1. Klikataan origoa ja kirjoitetaan suoraan ”39”
2. Nuolinäppäimellä siirrytään alaspäin ja kirjoitetaan ”8”. Painetaan ENTER. Nyt on mallinnettuna 39m x 8m pinta. Jos siniset julkisivumerkinnät haittaavat, niin ne voi piilottaa avaamalla tasasetukset (CTRL+L) ja klikkaamalla ”Merkinnät – julkisivu” kohdalla silmän kuvaketta.



KUVA 17 Valitaan mallinnettu pinta aktiiviseksi painamalla VAIHTO-näppäintä ja klikataan pinnan ääriiviivaa. Klikataan *Asetukset* -kuvaketta. Muokataan korkeudet, valitaan rakenteeksi pinta sekä valitaan tasoksi ”Pinta - Päällyste”.

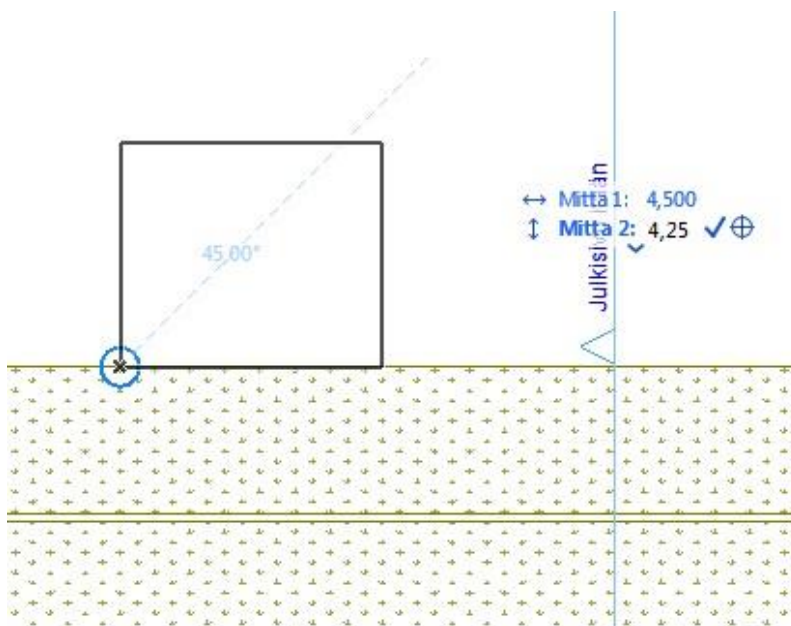


KUVA 18 ESC-näppäimellä pinnan aktiivisuus pois ja tartutaan uutta pintaa varten juuri mallinnetun pinnan vasemmasta ylänurkasta. Mitoiksi 39m sekä 2,5m. Painetaan ENTER. Muokataan pinnan asetukset samanlaisiksi, kuten kuvassa 17.

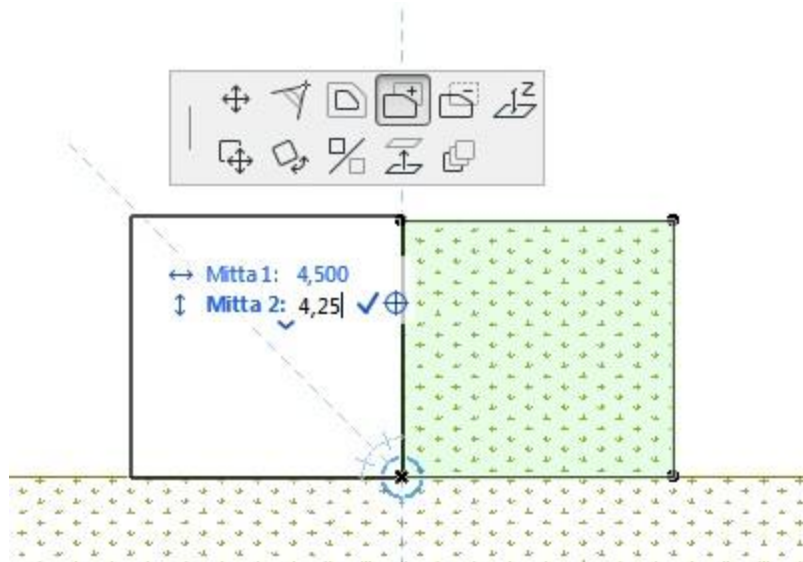


KUVA 19 Siirretään jalkakäytävää 15cm levyisen reunakiven tieltä valmiiksi.

1. Valitaan pinta aktiiviseksi.
2. Klikataan vasenta alanurkkaa.
3. Valitaan ilmestyvästä työkaluikkunasta *Siirto*.
4. Siirretään jalkakäytävää suoraan pohjoiseen, eli pidetään kulma nollana.
5. Kirjoitetaan "0,15" ja painetaan ENTER.

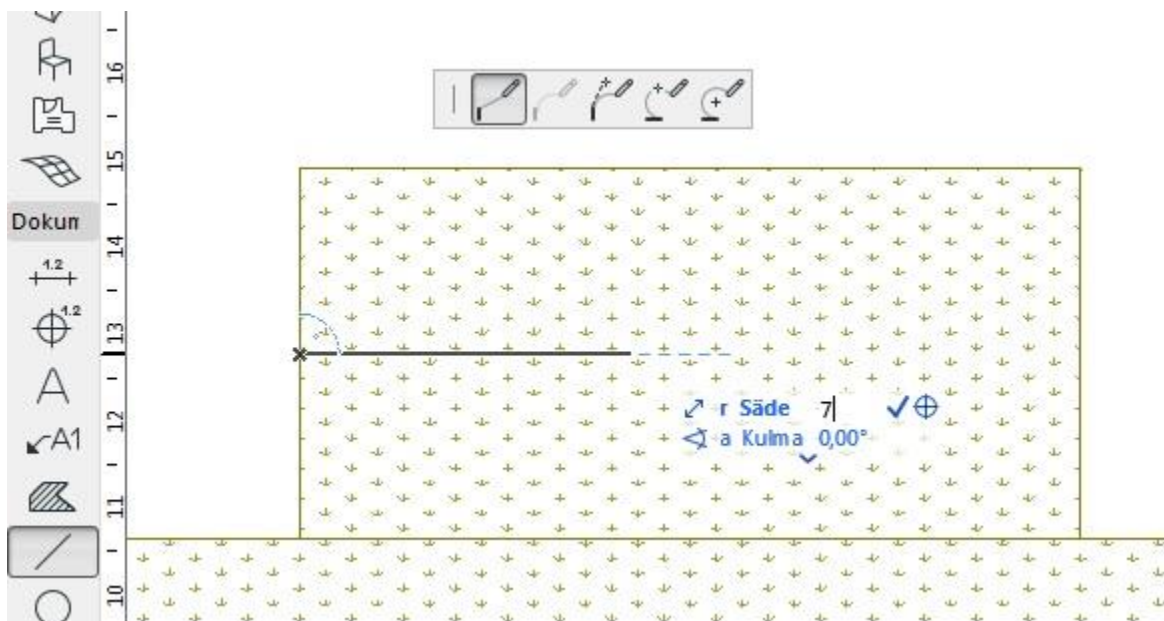


KUVA 20 Mallinnetaan seuraavaksi pinta-työkalulla liittymä. Siirtämällä hiiren cursorin jalkakäytävän ääri viivalle ArchiCAD näyttää missä keskikohta sijaitsee. Klikataan keskikohtasta ja vedään suorakulmiota kohti itää. Kirjoitetaan mitoksi 4,5m ja 4,25. Painetaan ENTER.



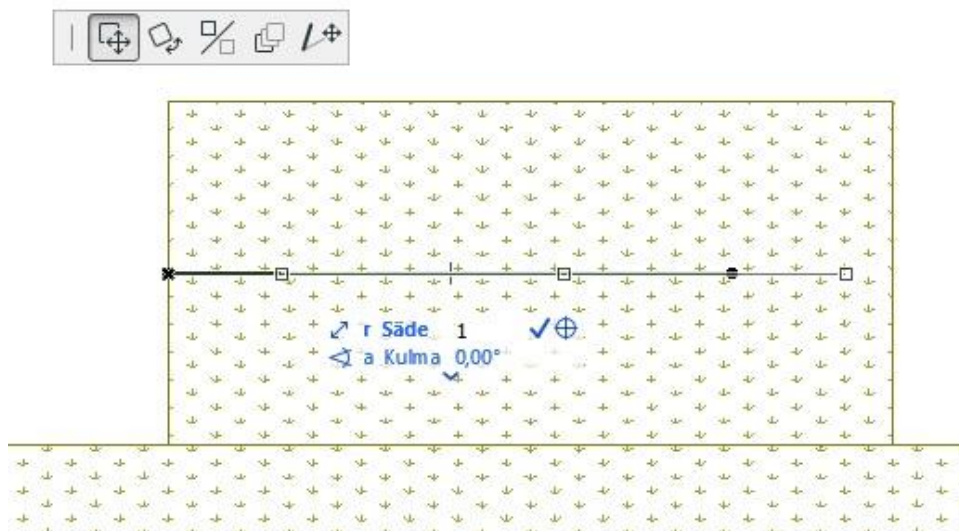
KUVA 21 Seuraavaksi täydennetään liittymä.

1. Valitaan pinta aktiiviseksi ja klikataan jotain tartuntapisteistä.
2. Valitaan työkaluikkunasta *Lisää monikuvioon*.
3. Klikataan vasenta alanurkkaa ja viedään suorakulmiota vasemmalle.
4. Kirjoitetaan mitat 4,5m ja 4,25. Painetaan ENTER.
5. Muokataan asetukset samanlaisiksi kuten kuvassa 17.

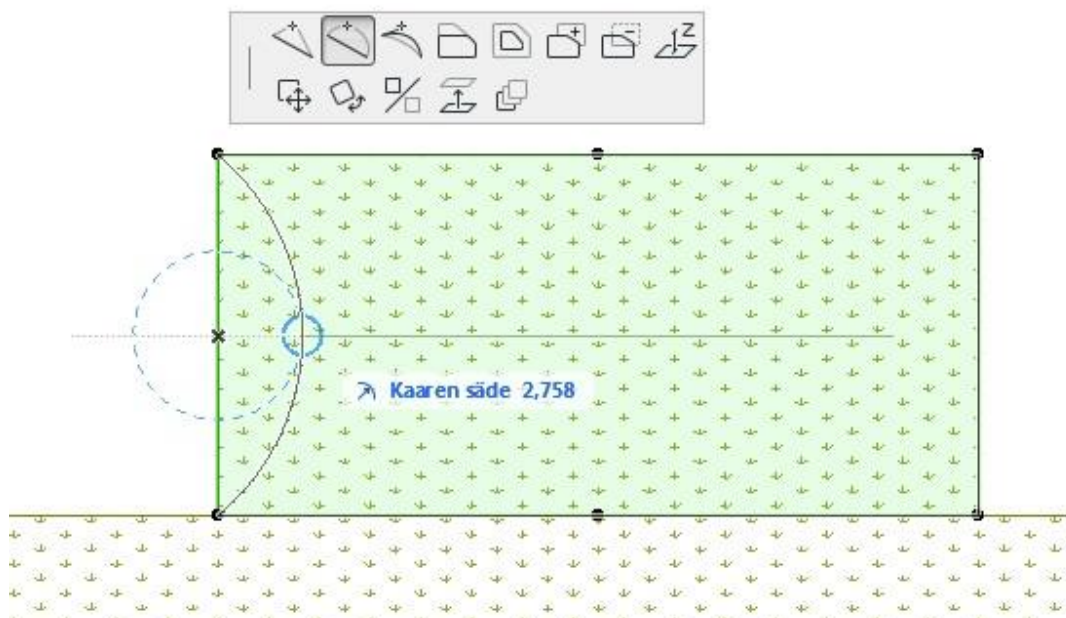


KUVA 22 Seuraavaksi muokkaamme liittymän lähtötietojen mukaiseksi. Tätä varten tarvitaan apuviiva.

1. Valitaan *Viiva*-työkalu.
2. Osoitetaan alkupiste liittymän vasemman sivun keskikohtaan kuvan mukaisesti.
3. Viedään kursoria suoraan kohti itää ja pidetään kulma nollassa.
4. Kirjoitetaan mitaksi 7m ja painetaan kahdesti ENTER.

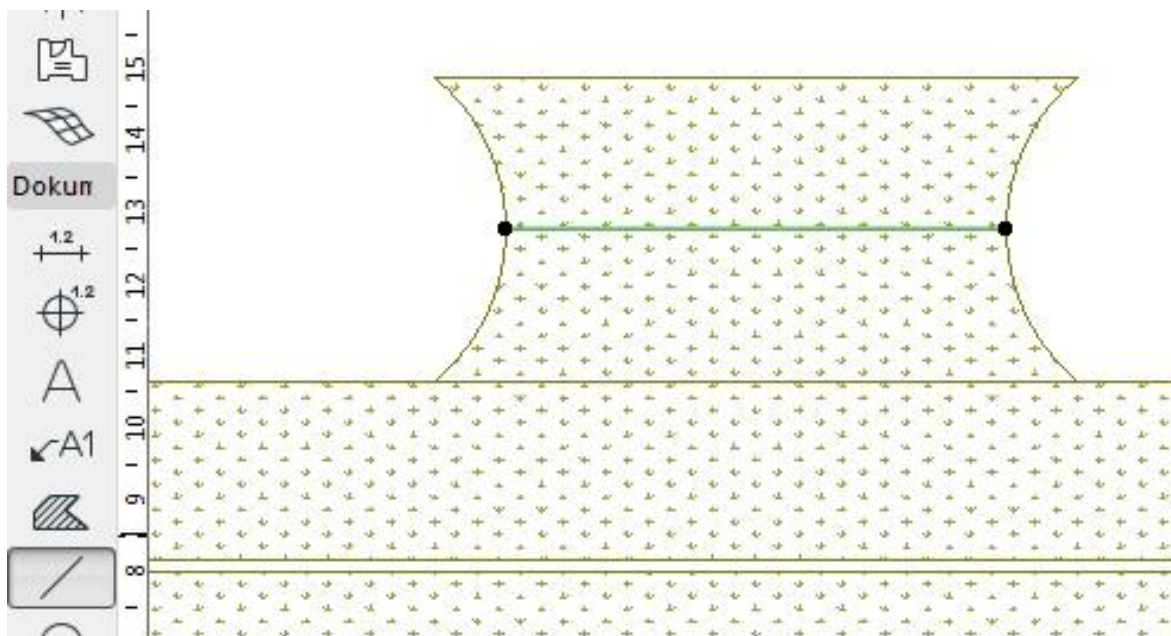


KUVA 23 Klikataan VAIHTO-näppäin pohjassa piirretty viiva aktiiviseksi. Painetaan vasemmanpuoleista tartuntapistettä ja valitaan työkaluikkunasta *Siirto*. Viedään kursoria suoraan kohti itää ja kirjoitetaan siirron matkaksi 1m. Painetaan ENTER.

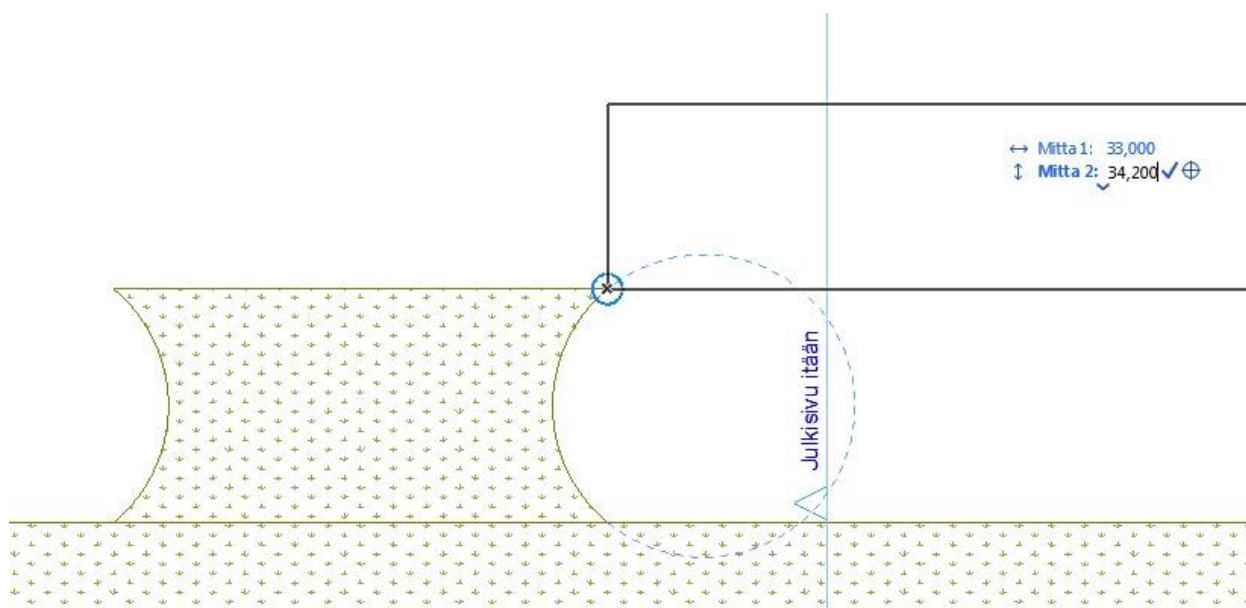


KUVA 24 Seuraavaksi muokataan liittymän sivut. Painetaan ESC-näppäimellä aktiivisuudet pois.

1. Valitaan liittymä aktiiviseksi.
2. Osoita hiiren kursorilla vasenta sivua ja klikkaa keskikohdasta.
3. Valitaan työkaluikkunasta *Muuta reunan kaareksi*.
4. Osoitetaan pinnan ulkonema suoraan kohti itää ja klikataan ulkonema kiinni apuviivan alkupisteeseen.
5. Toistetaan sama peilikuvana vastakkaisella sivulla.

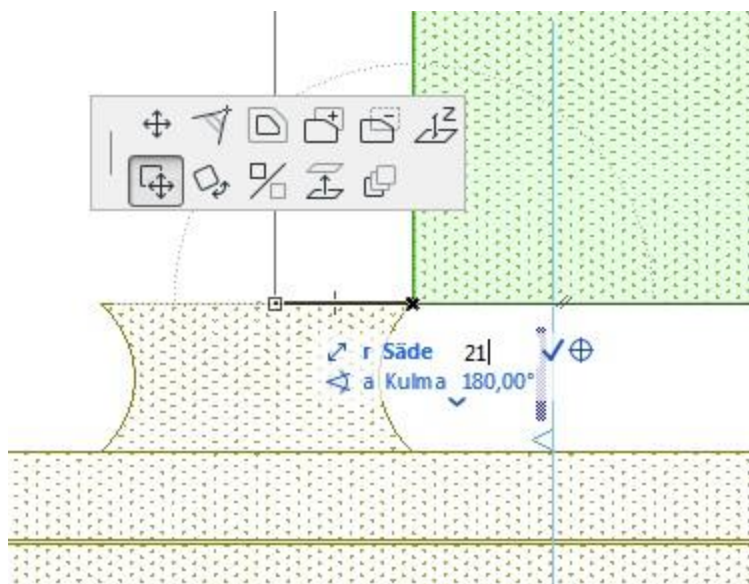


KUVA 25 Apuviivat poistetaan aina käytön jälkeen. Aktivoi apuviiva pitämällä VAIHTO-näppäin pohjassa. Aktivoiminen on helpompaa, jos viiva-työkalu on myös aktivoituna. Apuviiva poistetaan painamalla DELETE-näppäintä. Toinen keino apuviivojen poistoon on aktivoida viiva-työkalu ja valita kaikki näppäinyhdistelmällä CTRL+A, joka aktivoi kaikki piirretyt viivat. Kaikki viivat voi tällöin poistaa painamalla DELETE-näppäintä.

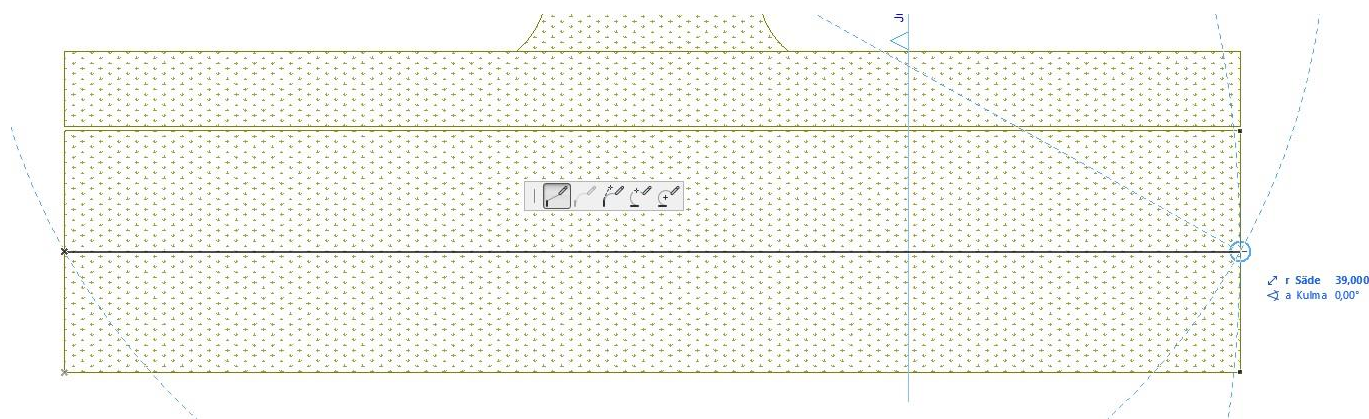


KUVA 26 Mallinnetaan seuraavaksi lähtötietojen mukainen pysäköintialue.

1. Valitaan *pinta*-työkalu ja viedään suorakulmiota kohti itää.
2. Kirjoitetaan mitoiksi 33m ja 34,2m.
3. Painetaan ENTER.
4. Muokataan pinnan asetukset samanlaisiksi kuten kuvassa 17.



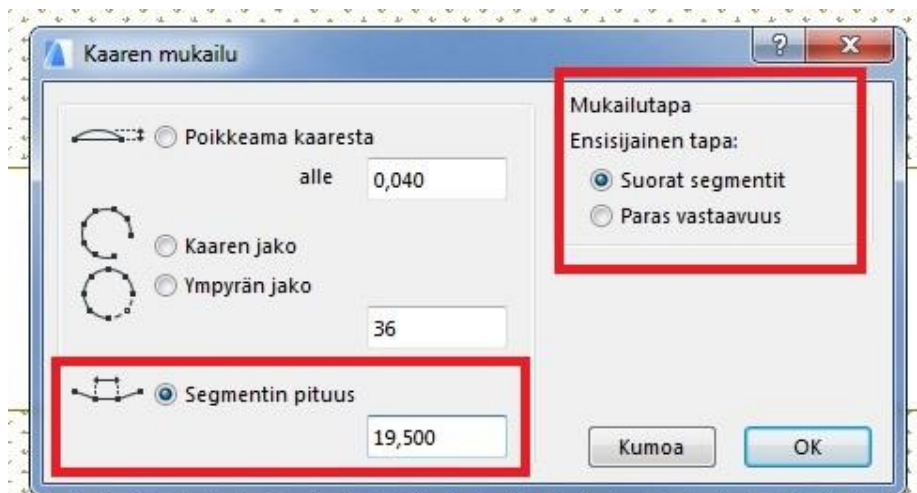
KUVA 27 Siirretään seuraavaksi pysäköintialue paikalleen. Tartutaan vasemmasta alanurkasta ja valitaan työkaluikkunasta *Siirto*. Viedään hiiren kursoria kohti länttä ja kirjoitetaan säteeksi (etäisyydeksi) 21m. (Pysäköintialueen keskikohta on tartutusta pisteestä 16,5 metrin etäisyydellä, mutta tähän lisätään vielä liittymän puoliväliin siirryttävä matka 4,5m.) Painetaan ENTER.



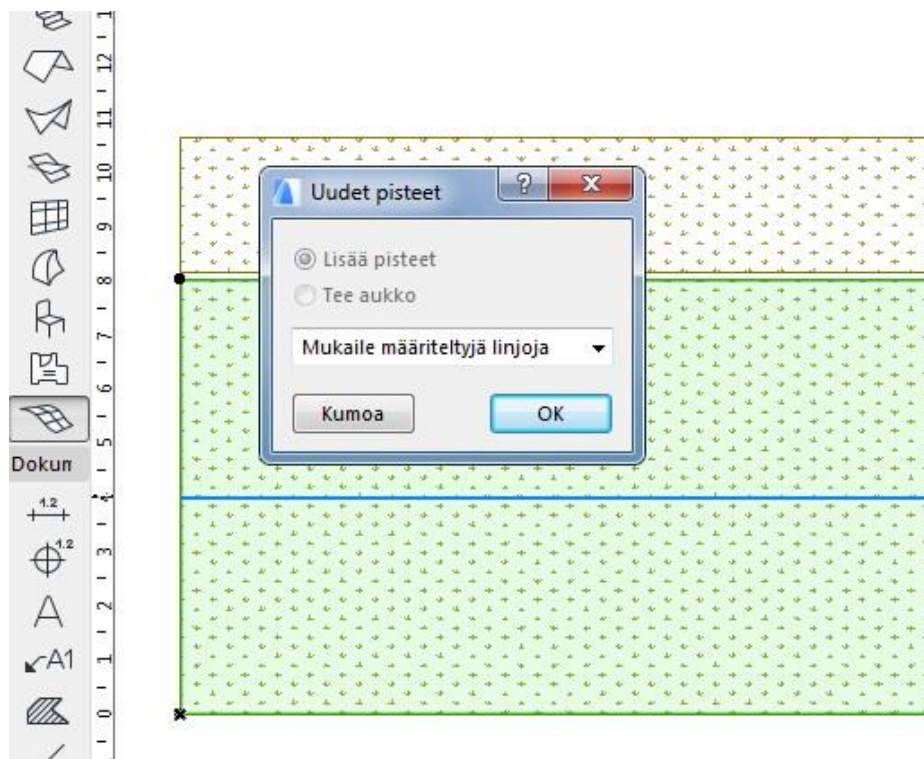
KUVA 28 Seuraavaksi siirrytään muokkaamaan korkeusasemia. Sitä varten tarvitaan apuviivoja.

1. Piirretään apuviiva alkamaan kadun vasemman sivun keskikohdasta.
2. Viedään viivaa suoraan kohti itää vastakkaiselle sivulle.
3. ArchiCAD tartuttaa piirrettävän viivan päättyväksi vastakkaiseen sivuun. Tällöin myös säde (etäisyys) on 39,000 ja kulma 0,00°. Myös hiiren kursorin symboli muuttuu.
4. Klikkaa kahdesti risteyskohtaan tai paina kahdesti ENTER.

Muistathan tallentaa tietyin väliajoin. *Arkisto – Tallenna* tai painamalla CTRL+S.

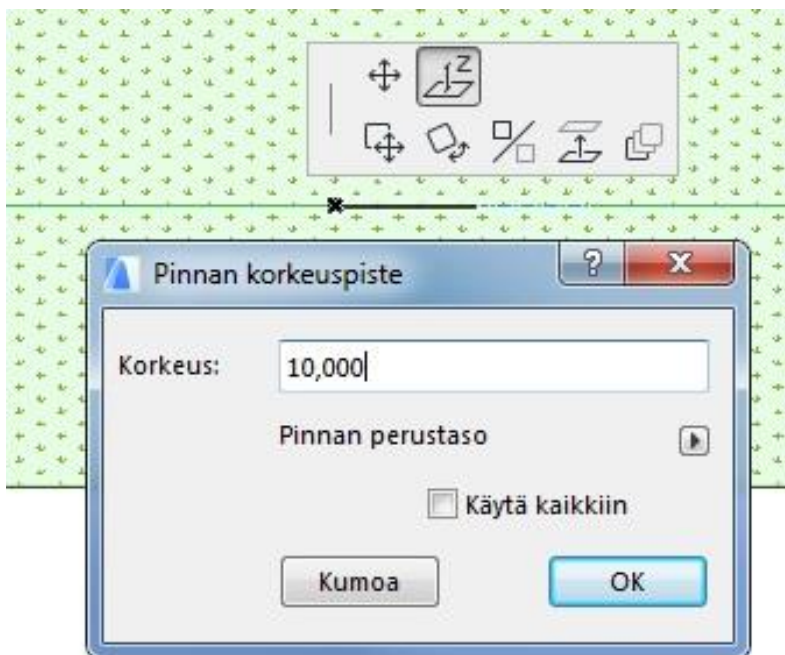


KUVA 29 Valitaan seuraavaksi ylävalikosta *Kaaren mukailu* -ikkuna polulla *Suunnittelu – Kaaren mukailu* ja muokataan tiedot kuvaa vastaaviksi. Segmentin pituudeksi kirjoitetaan puolet kadun leveydestä, sillä tarkoituksena on saada kadun keskipisteeseen tartuntapiste, jonka korkeudeksi asetetaan lähtötietojen mukainen +10,000.

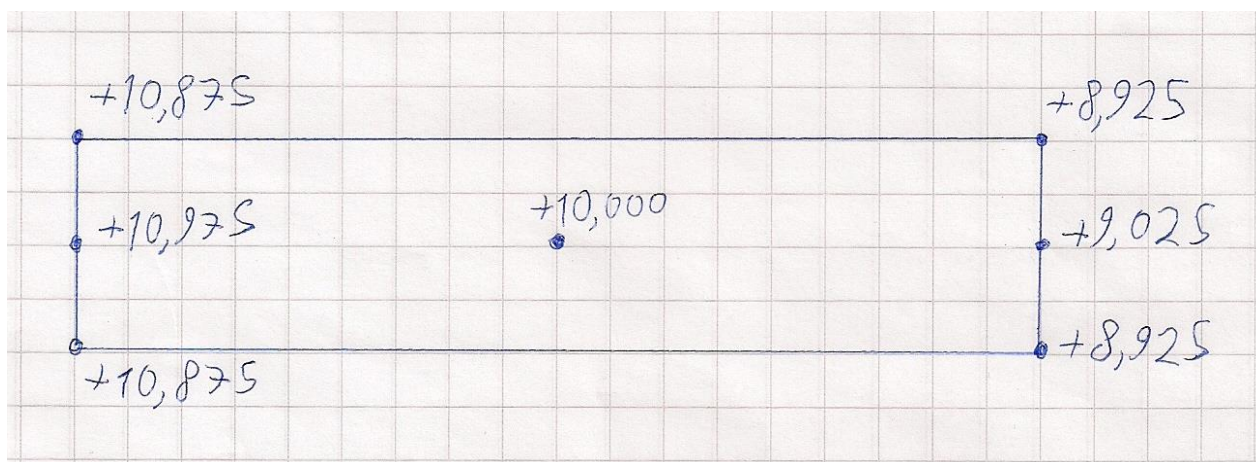


KUVA 30 Seuraavaksi lisätään uudet pisteet kadun harjalle.

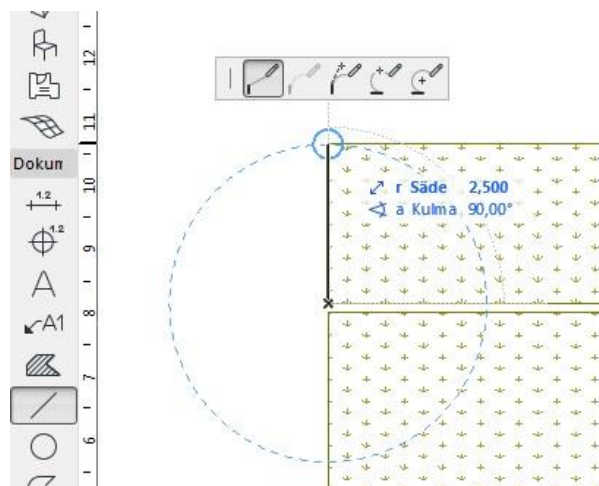
1. Valitaan pinta-työkalu aktiiviseksi.
2. Valitaan katu aktiiviseksi.
3. Painetaan VÄLILYÖNTI-näppäintä pohjassa ja osoitetaan hiiren kursorilla piirrettyä apuviivaa.
4. Kun ArchiCAD värjää apuviivan siniseksi, niin klikkaa sitä.
5. Paina ilmestyvästä *Uudet pisteet* -ikkunasta OK tai paina ENTER.



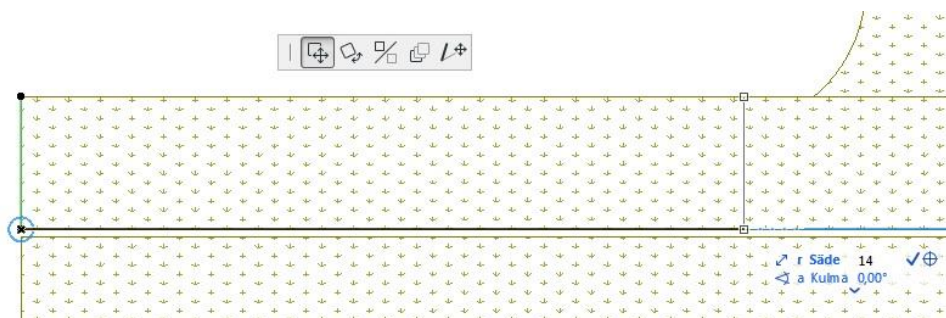
KUVA 31. Muokataan kadun keskipisteen korkeusasemaa klikkaamalla tartuntapistettä. Valitaan työkaluikkunasta *Nosta pinnan korkeuspistettä*. Kirjoitetaan ilmestyvään ikkunaan uusi korkeus 10,000. Klikataan OK tai painetaan ENTER. Nyt kadun keskipiste on lähtötietojen mukaisesti korkeudessa +10,000, eli merenpinnasta 100,000 metrin korkeudessa.



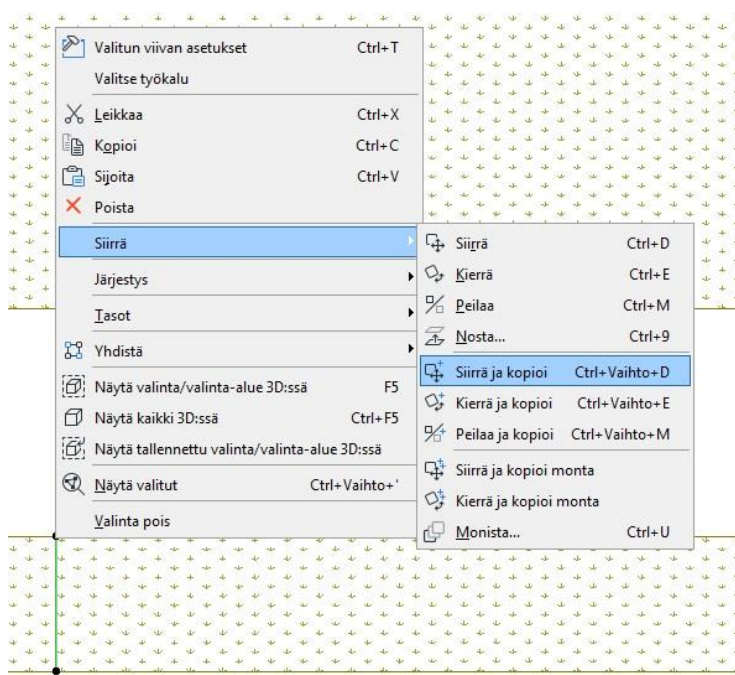
KUVA 32 Seuraavaksi muokataan muutkin kadun tartuntapisteidien korkeusasemat. Klikataan pisteitä kuten kuvassa 31 ja muokataan korkeusasemaksi pistettä vastaava valmiiksi laskettu korkeus. Korkeudet ovat laskettu lähtötiedoissa annettujen kaltevuuksien perusteella.



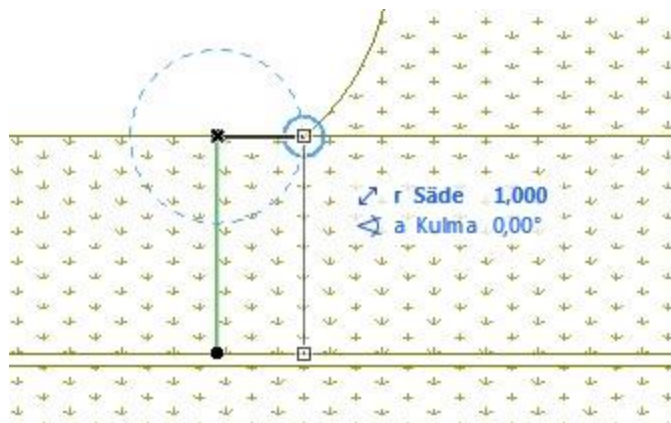
KUVA 33 Seuraavaksi muokataan jalkakäytävän korkeusasemia. Jalkakäytävä madaltuu 10cm liittymän kohdalla autoliikennettä varten. Tarvitaan apuviivoja, joten piirretään yksi vasemman sivun mittaiseksi.



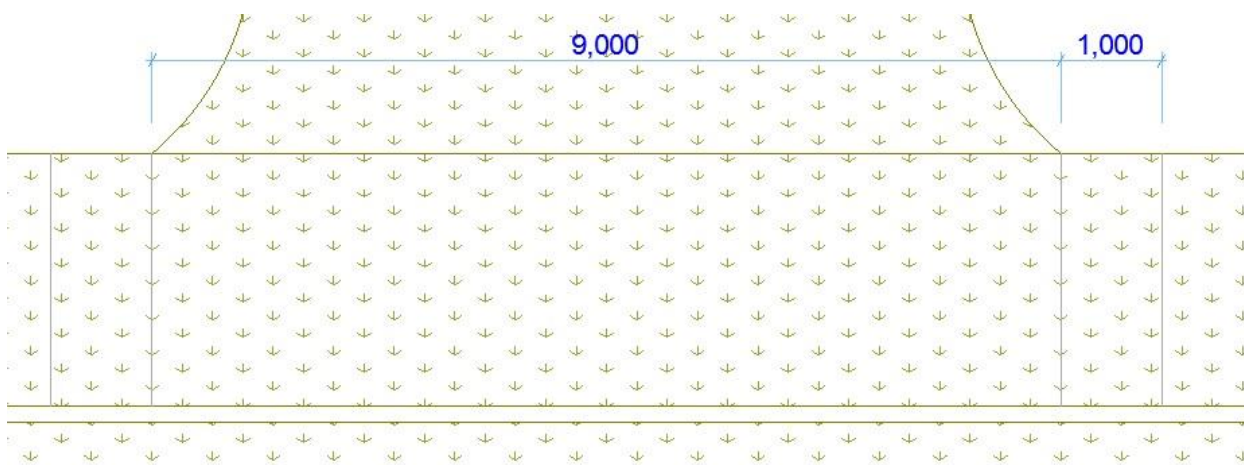
KUVA 34 Siirretään viiva 14 metrin verran suoraan itää kohti.



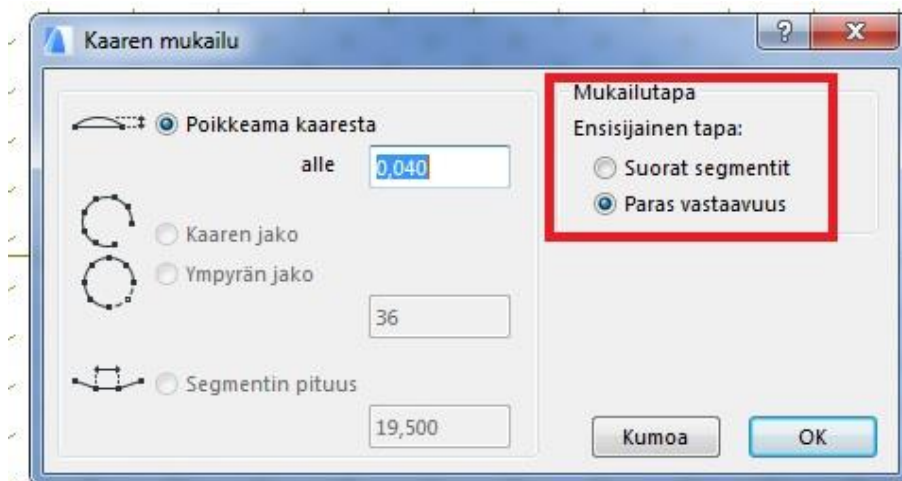
KUVA 35 Klikataan hiiren oikealla apuviivaa ja valitaan *Siirrä ja kopioi*.



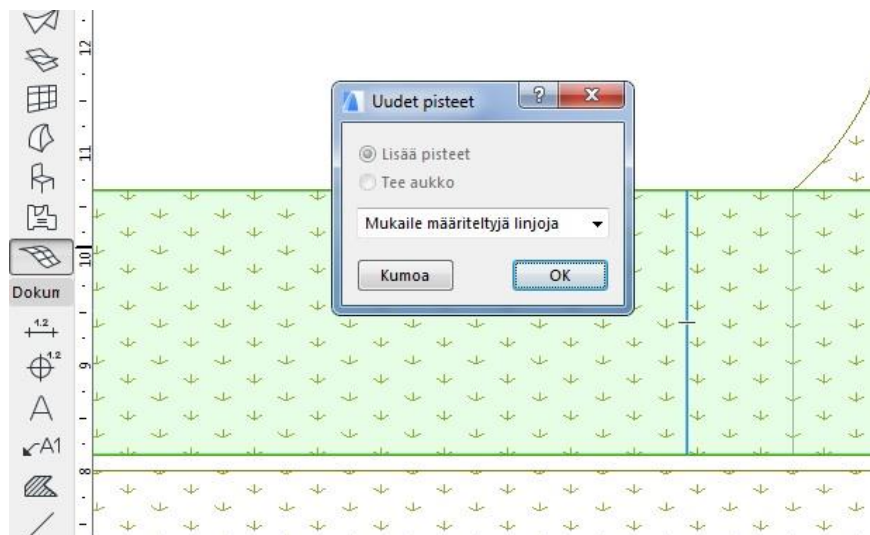
KUVA 36 Kopioidaan apuviiva tarttumalla apuviivan ylemmän tartuntapisteesen ja tartutetaan uusi apuviiva liittymän vasempaan alanurkkaan kiinni. Toinen tapa on viedä kopioitua apuviivaa suoraan itään päin ja kirjoittaa matkaksi 1,000m sekä painaa ENTER.



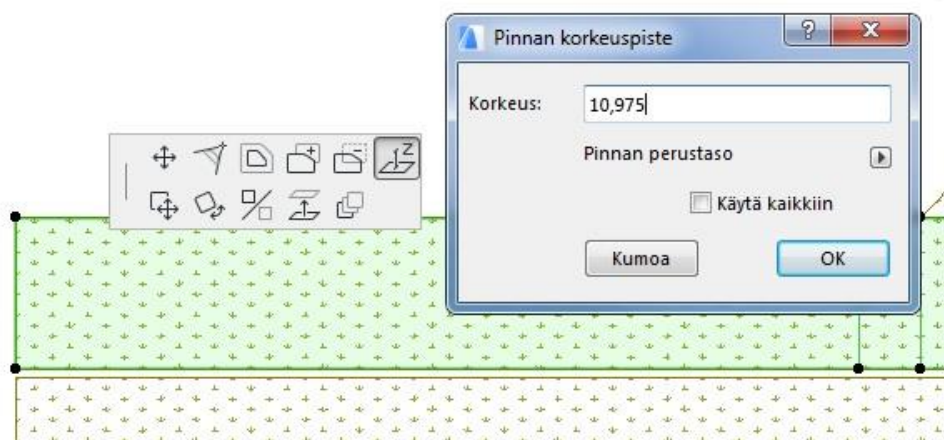
KUVA 37 Siirretään ja kopioidaan vielä kaksi apuviivaa kuvassa kerrotuilla etäisyyksillä. Mittaviivaa ei tarvitse tehdä.



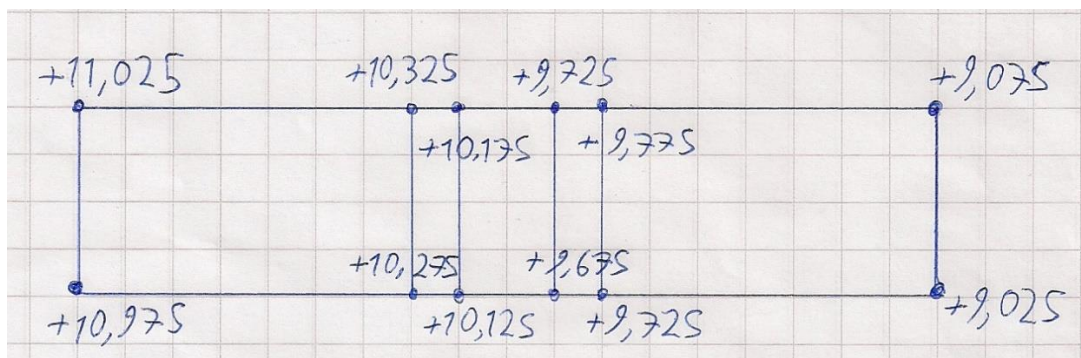
KUVA 38 Otetaan *Kaaren mukailu* -ikkuna esille ja vaihdetaan mukailutavaksi *Paras vastaavuus*. Painetaan ENTER.



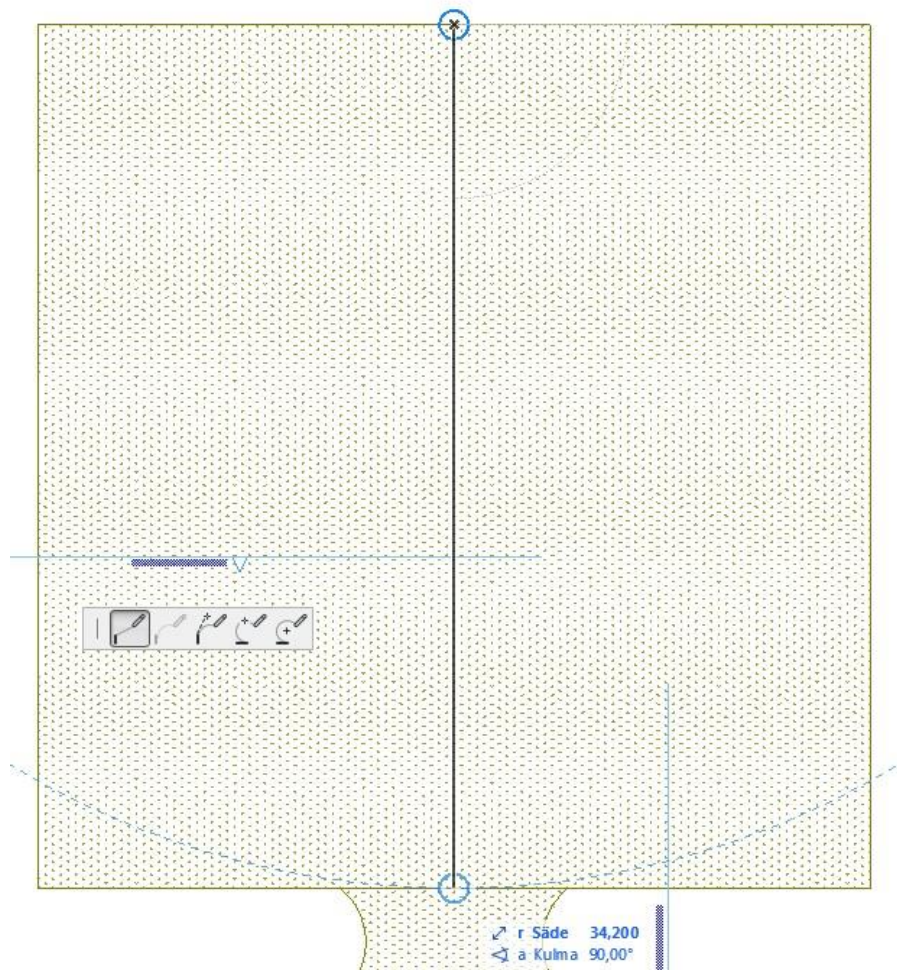
KUVA 39 Lisätään uudet pisteet jalkakäytävälle samalla tavalla kuten kuvassa 30. Toistetaan prosessi kaikille apuviivoille.



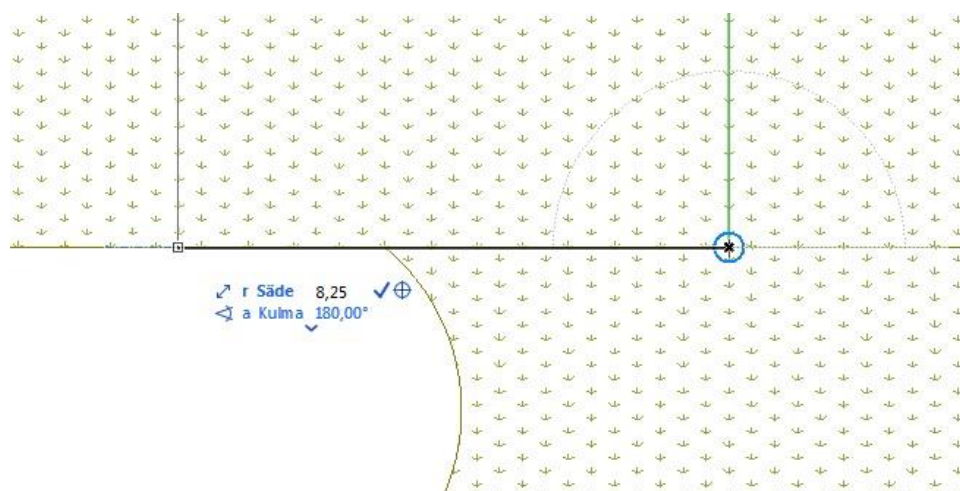
KUVA 40 Aloitetaan jalkakäytävän tartuntapisteiden korkeusasemien muokkaaminen. Valitaan vasen alanurkka ja muokataan korkeusasema kuvan mukaisesti. Vasemman alanurkan korkeusasema on lähtötietojen mukaisesti 10cm kadunpintaa korkeammalla, joten sitä korkeutta käyttämällä muutkin korkeusasemat ovat laskettu.



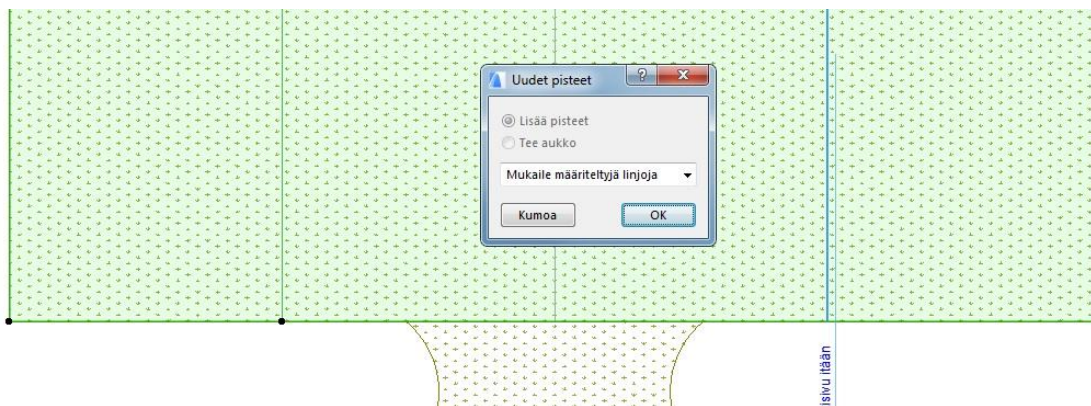
KUVA 41 Kaikki jalkakäytävän tartuntapisteiden korkeusasemat ovat merkittynä kuvaan. Muokataan korkeusasemat kuten kuvassa 32.



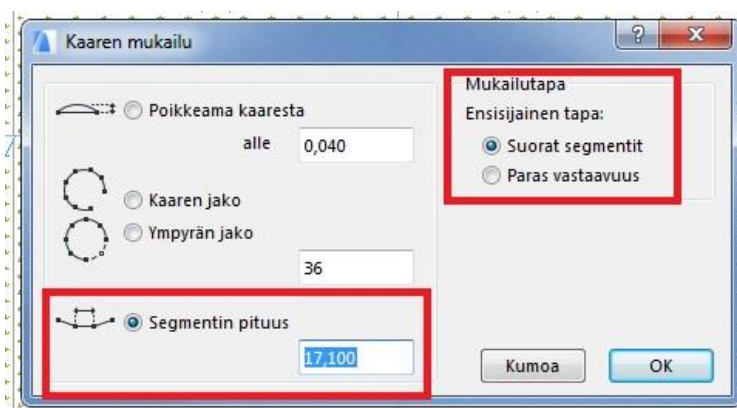
KUVA 42 Seuraavaksi muokataan pysäköintialueen korkeusasemia. Piirretään apuviiva alkaen pohjoispäädyn keskikohdasta vastakkaiseen pätyyn kiinni.



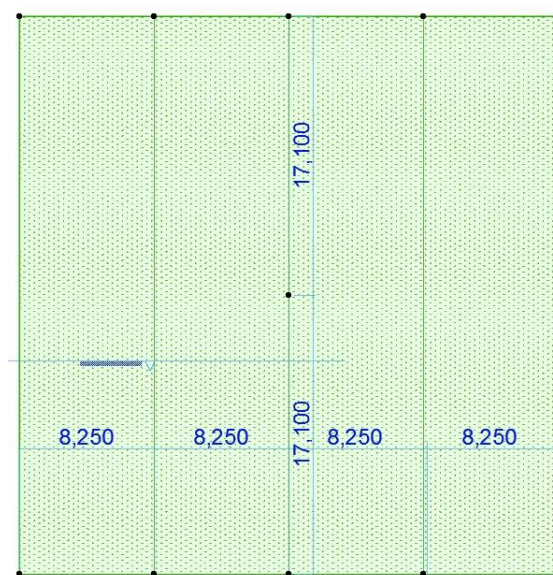
KUVA 43 Kopioidaan ja siirretään (CTRL+VAIHTO+D) apuviiva 8,25m etäisyydelle suoraan kohti länttä. Kopioidaan ja siirretään alkuperäinen apuviiva vielä suoraan itäkiin kohti 8,25m etäisyydelle. Tarkoituksena on luoda pysäköintialueelle kaksi jiiriä viemään hulevedet eteläpäätä kohti. Korkeimmat kohdat ovat molemmat sivut sekä keskikohdan harja.



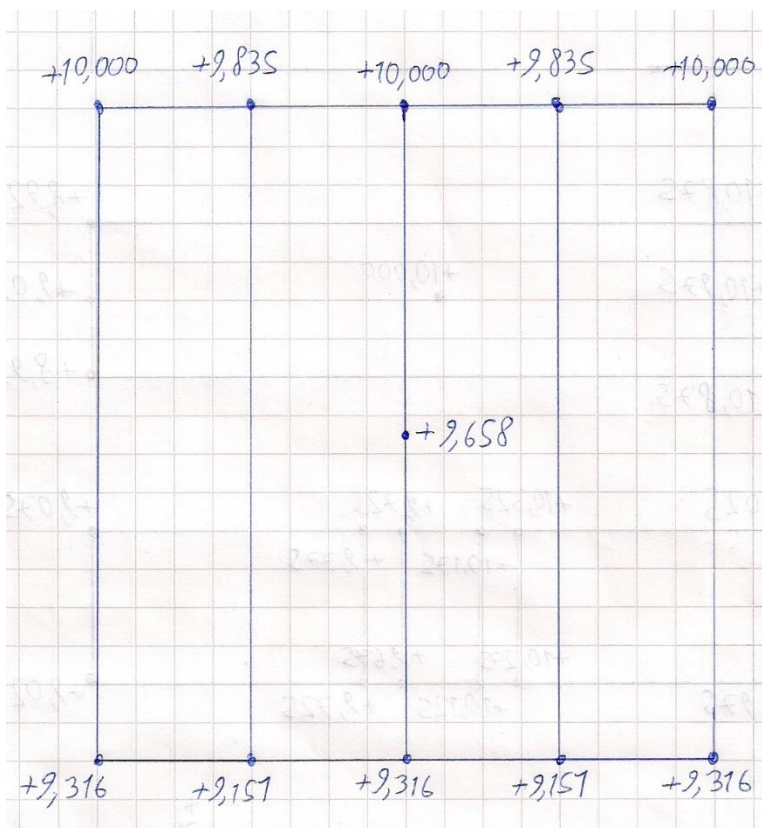
KUVA 44 Luodaan uudet tartuntapisteet apuviivojen avulla, kuten kuvassa 39. **Tartuntapisteitä ei vielä luoda keskimmäselle apuviivalle.**



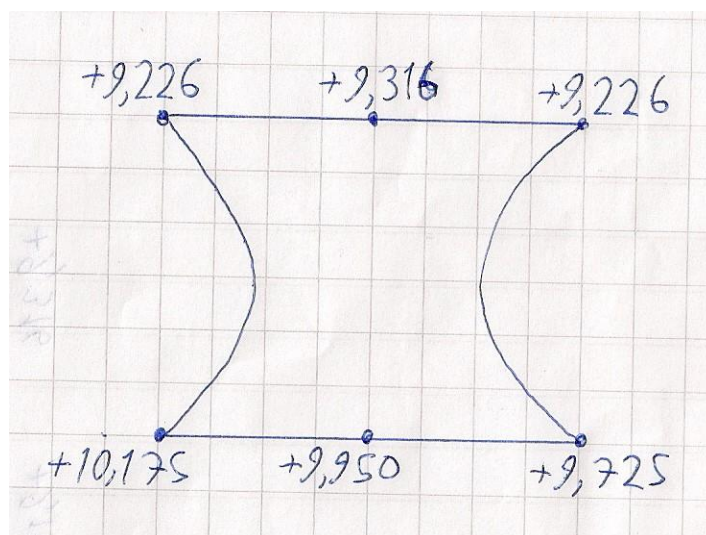
KUVA 45 Otetaan esille *Kaaren mukailu* -ikkuna ja muokataan mukailutavaksi *Suorat segmentit*. Valitaan *Segmentin pituus* ja laitetaan pituudeksi 17,1m. Nyt voidaan luoda uudet pisteet keskimmäselle apuviivalle, jolloin pysäköintialueen keskipisteeseen muodostuu tartuntapiste.



KUVA 46 Pysäköintialueen tartuntapisteiden tulee näyttää tältä. Mittaviivoja ei tarvitse tehdä.

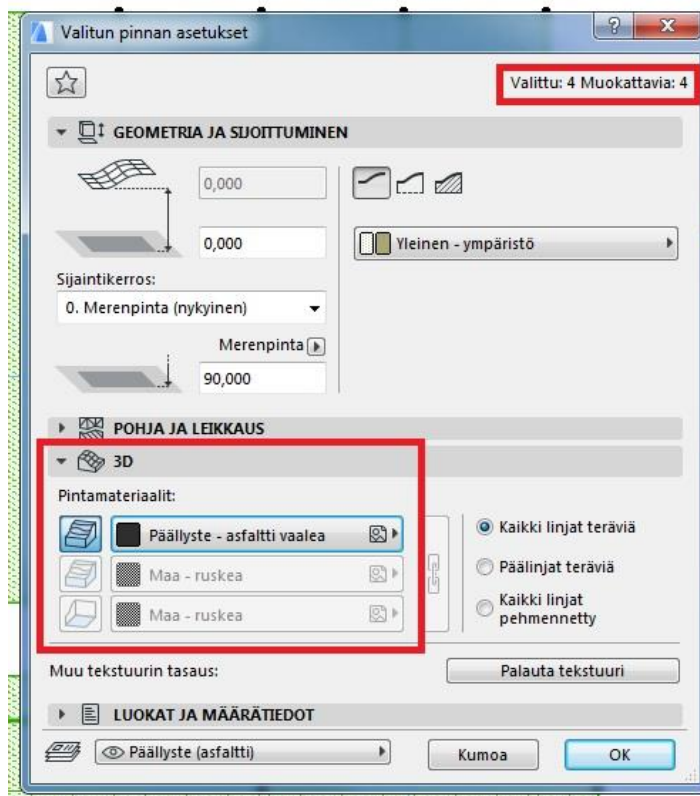


KUVA 47 Pysäköintialueen tartuntapisteiden korkeusasemat valmiiksi laskettuna. Korkeusasemat ovat laskettu suunnitellun kuivatuksen perusteella. Luotujen pisteiden korkeusasemat muokataan vastaaviksi.

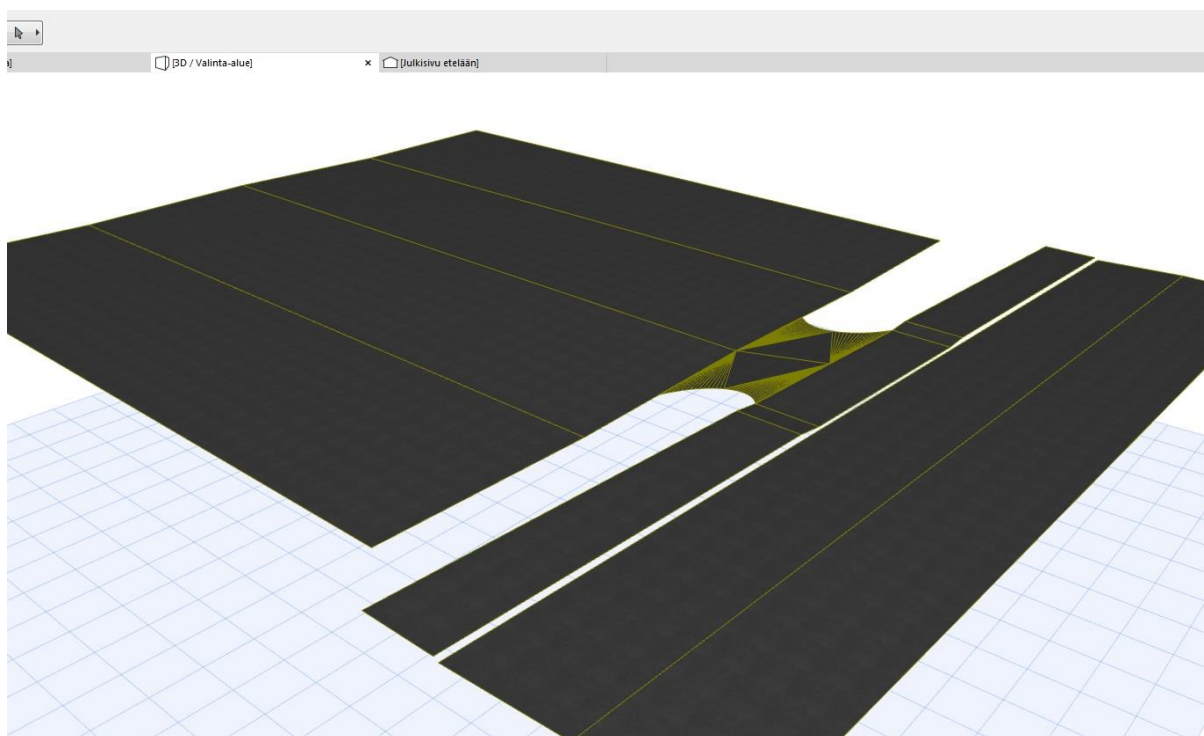


KUVA 48 Liittymän tartuntapisteitä ei tarvitse luoda enempää. Korkeusasemat ovat laskettu valmiiksi kuvaan ja ArchiCADIin mallinnetun liittymän pisteiden korkeusasemat muokataan vastaaviksi.

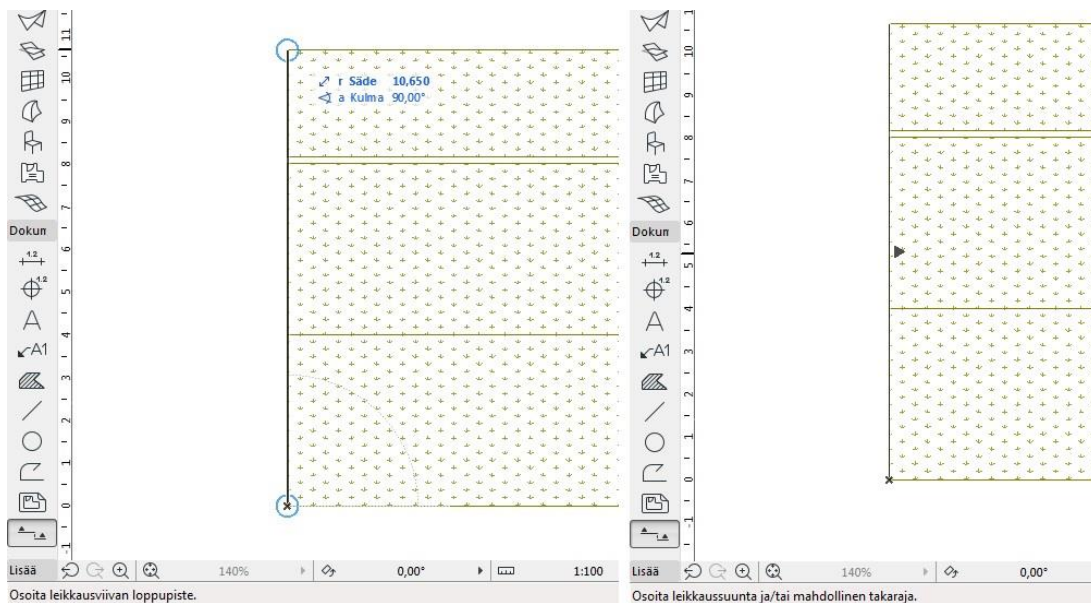
Seuraavaksi poistetaan kaikki apuviivat. Painetaan kahdesti ESC-näppäintä ja valitaan viiva-työkalu. Valitaan kaikki (CTRL+A) ja painetaan DELETE-näppäintä.



KUVA 49 Painetaan kahdesti ESC-näppäintä ja valitaan pinta-työkalu aktiiviseksi. Valitaan kaikki pinnat, joita on 4, ja painetaan *Asetukset* -symbolia. Avataan asetuksista 3D:n asetukset esille ellei ne jo ole ja vaihdetaan pintamateriaaliksi esimerkiksi ”asfaltti vaalea”.

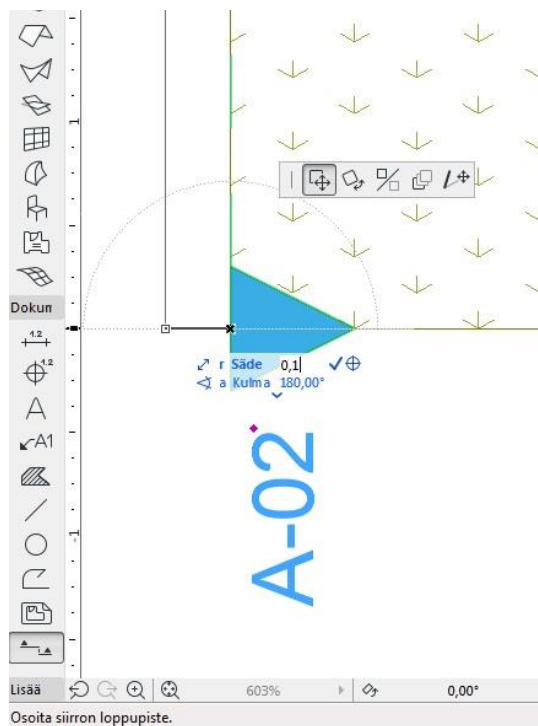


KUVA 50 Siirrytään 3D-välilehteen ja tarkistetaan, että kaikki näyttää siltä, niin kuin pitäisi.

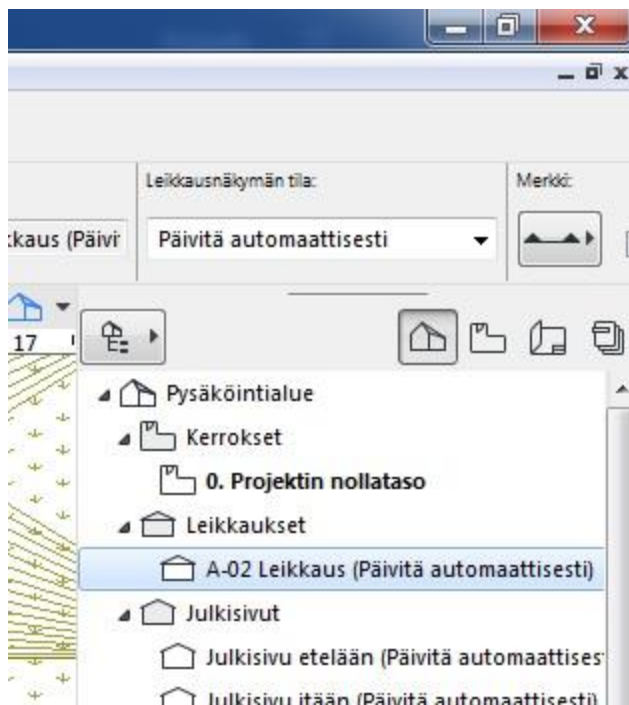


KUVA 51 Seuraavaksi siirrytään mallintamaan katurakenteita. Aloitetaan piirtämällä leikkausviiva kadun ja jalkakäytävän länsipäättyyn.

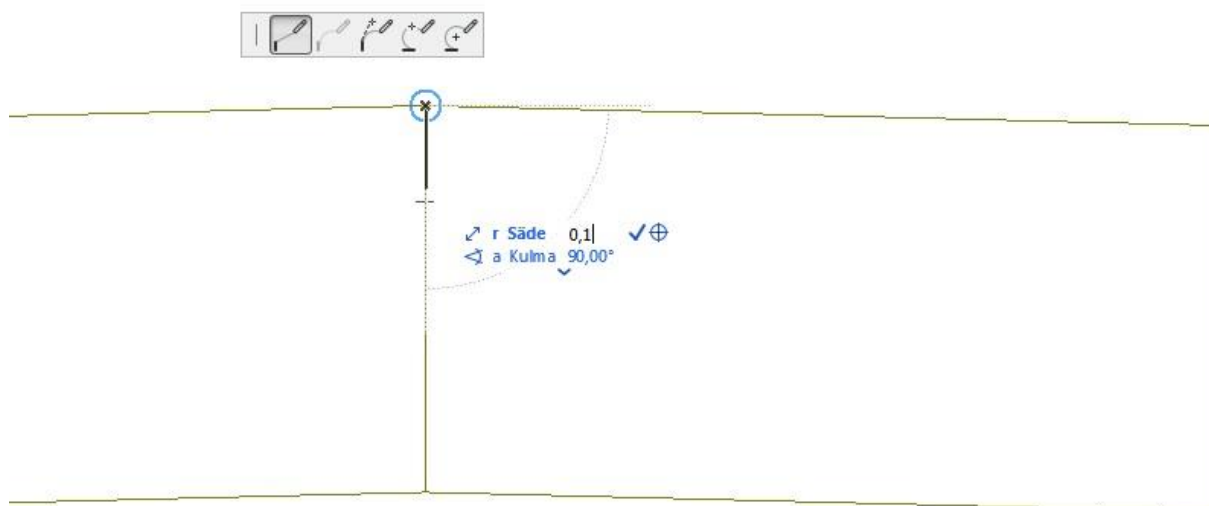
1. Otetaan *leikkausviiva*-työkalu käyttöön.
2. Osoitetaan alkupiste origoon, eli kadun vasempaan alanurkkaan.
3. Osoitetaan loppupiste suoraan kohti pohjoista ja tartutetaan se jalkakäytävän vasempaan ylänurkkaan.
4. Osoitetaan vielä leikkaussuunta leikkausviivan oikealle puolelle.



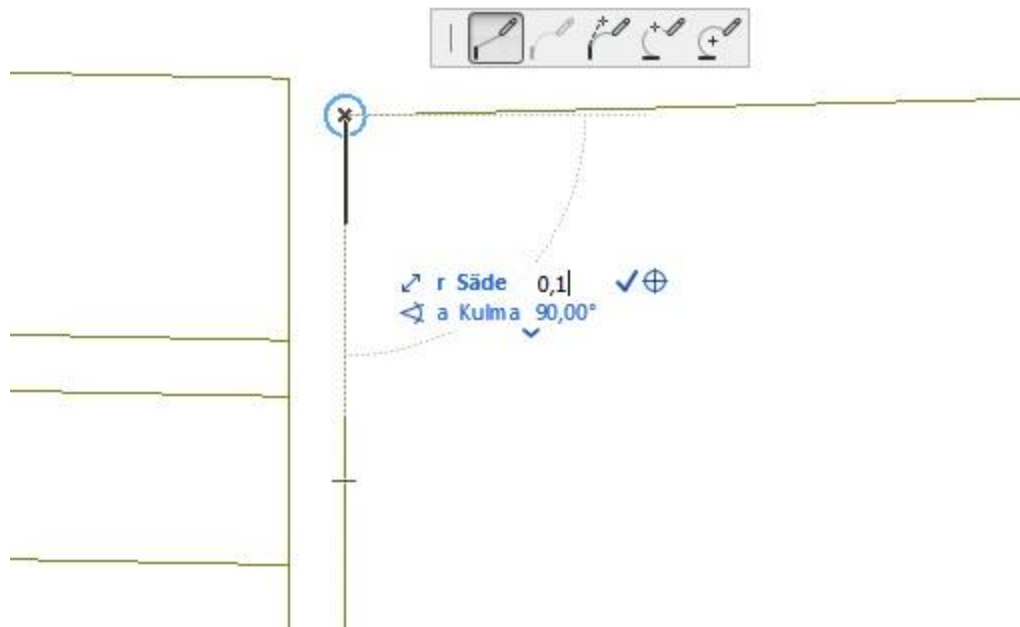
KUVA 52 Siirretään vielä leikkausviivaa 10cm suoraa länttä kohti. Tartutaan aloituspisteestä, varmistetaan, että työkaluikkunassa on *Siirto* aktiivisena ja kirjoitetaan 0,1. Painetaan ENTER. Tämä leikkausviivan siirto tulee helpottamaan myöhemmässä vaiheessa.



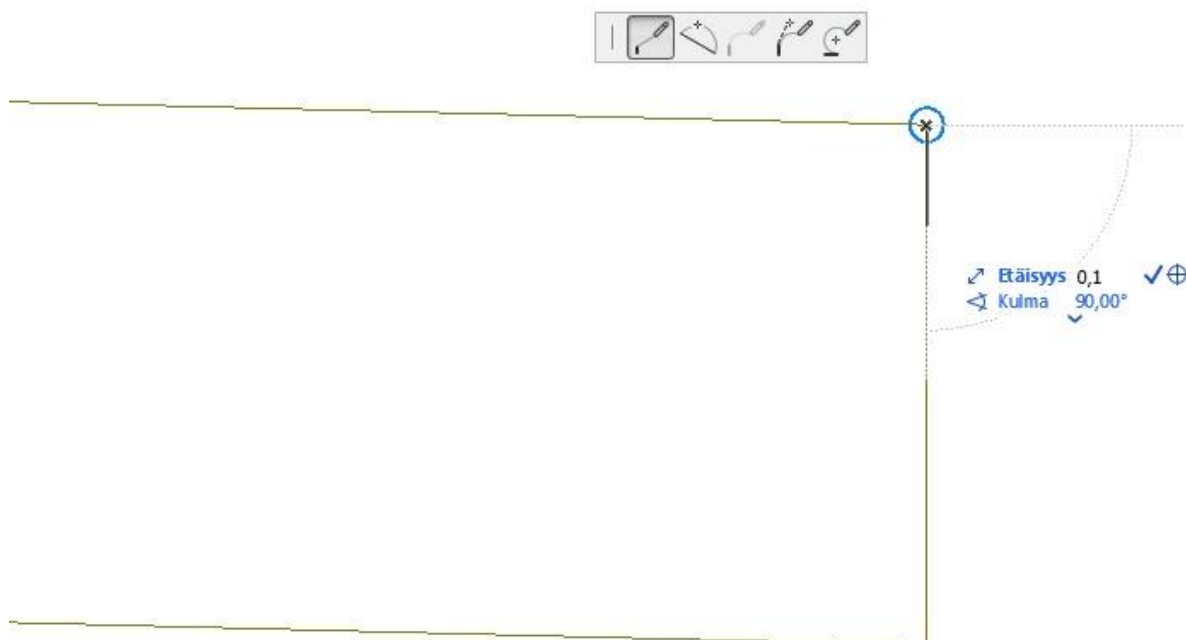
KUVA 53 Siirrytään määrittämäämme leikkauskuvaan avaamalla *Leikkaukset* -valikon ja tuplaklikkaamalla valintaa *A-02 Leikkaus*.



KUVA 54 Tässä leikkausnäkyvässä mallinnetaan kadun pohjarakenteet. Aloitetaan ylhäältä, eli päällysteestä. Tarvitaan apuviivoja, piirretään yksi harjan korkeimmalle kohdalle ja viedään viivan loppupiste suoraan alaspäin. Kirjoitetaan mitaksi 0,1 ja painetaan kahdesti ENTER.



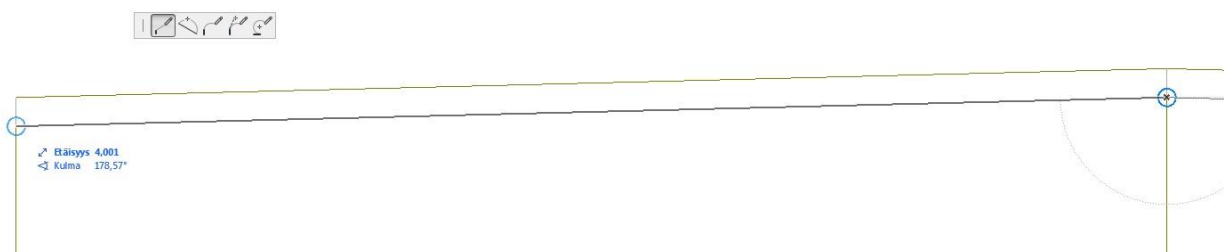
KUVA 55 Piirretään 10cm pitkä apuviiva myös kadun vasempaan ylänurkkaan.



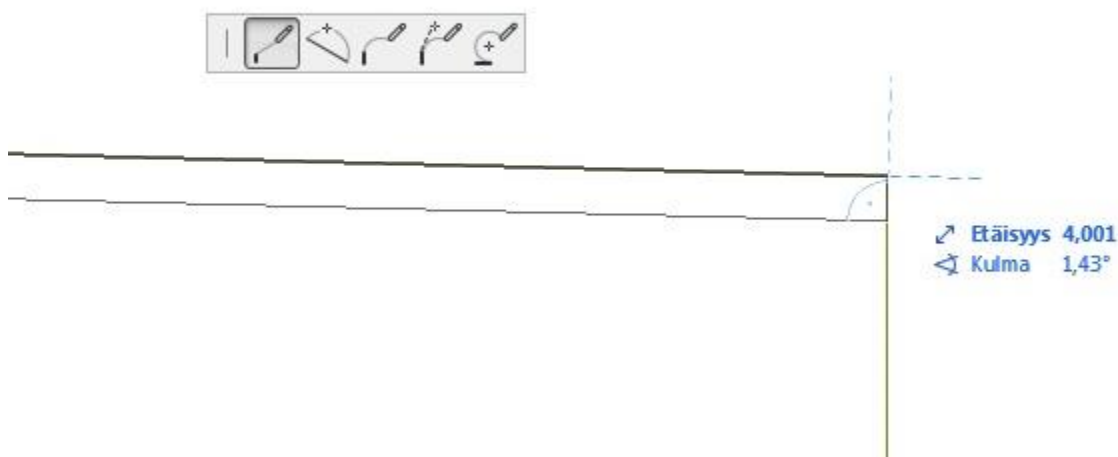
KUVA 56 Valitaan *Muunne*-työkalu aktiiviseksi. Huomioidaan, että piirtotapana on *Monikulmio*. Osoitetaan alkupiste kadun oikeaan ylänurkkaan, viedään kursoria suoraan alaspäin ja kirjoitetaan matkaksi 0,1. Painetaan ENTER.



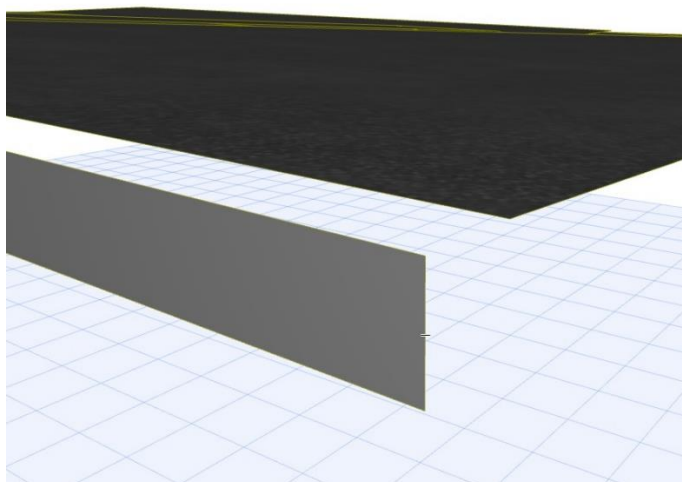
KUVA 57 Osoitetaan muunteen seuraava piste kohti harjaa kuvassa 54 piirretyn apuviivan loppupisteeseen. ArchiCAD ympyröi apuviivan loppupisteen ja piste klikataan siihen.



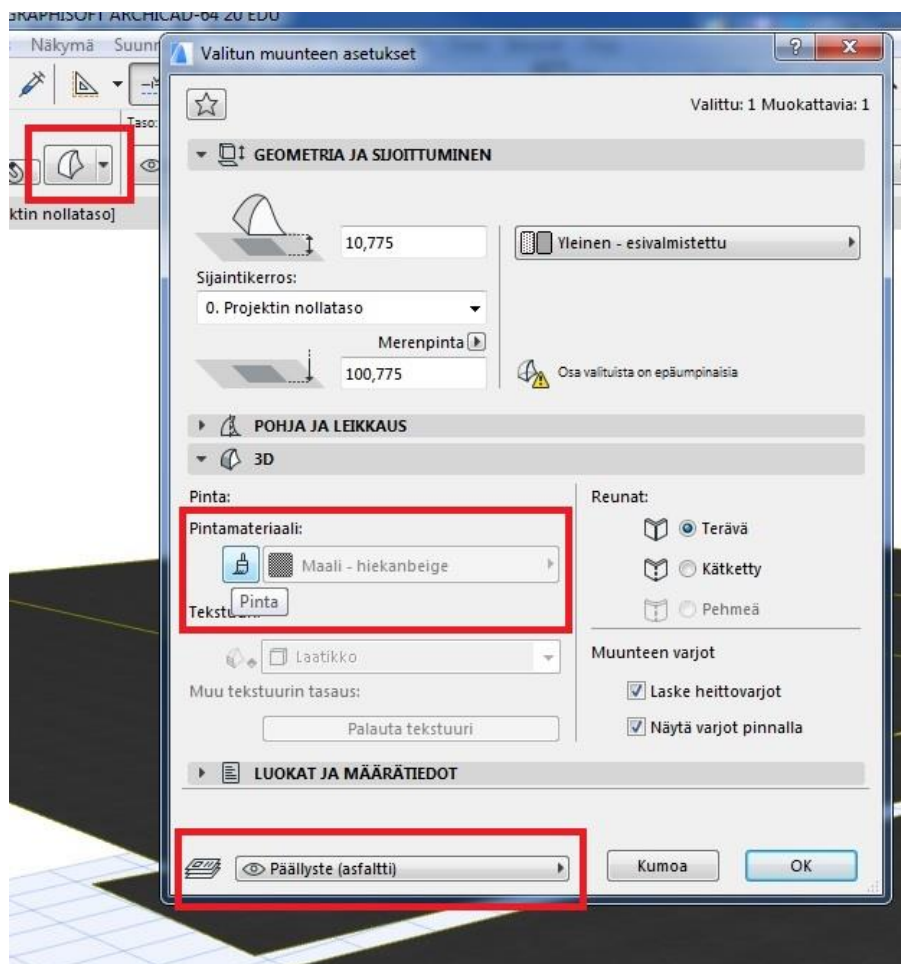
KUVA 58 Jatketaan muunteen piirtämistä ja osoitetaan seuraava piste kuvassa 55 piirretyn apuviivan loppupisteeseen.



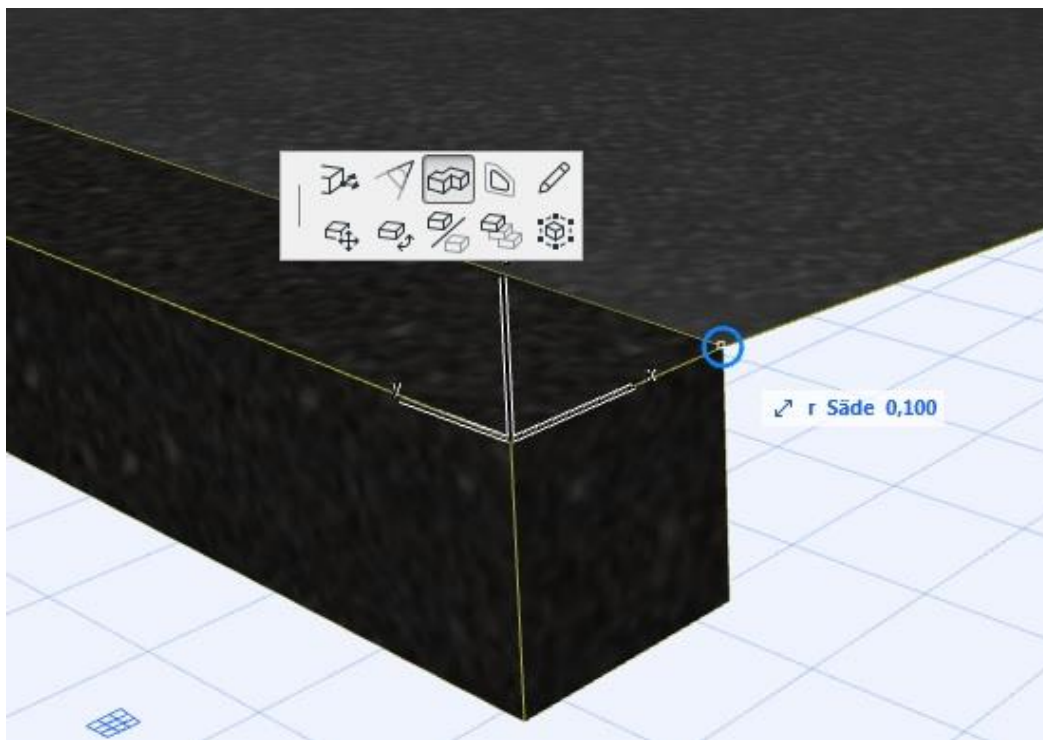
KUVA 59 Jatketaan muunteen piirtämistä seuraten kadun yläpinnan nurkkia. Kun osoitamme kursorilla lopuksi alkupisteeseen, niin se muuttuu vasaraksi. Klikataan loppupiste alkupisteeseen ja muunne on valmis.



KUVA 60 Siirrytään seuraavaksi 3D-välelle katsomaan aikaansaatu muunnetta.

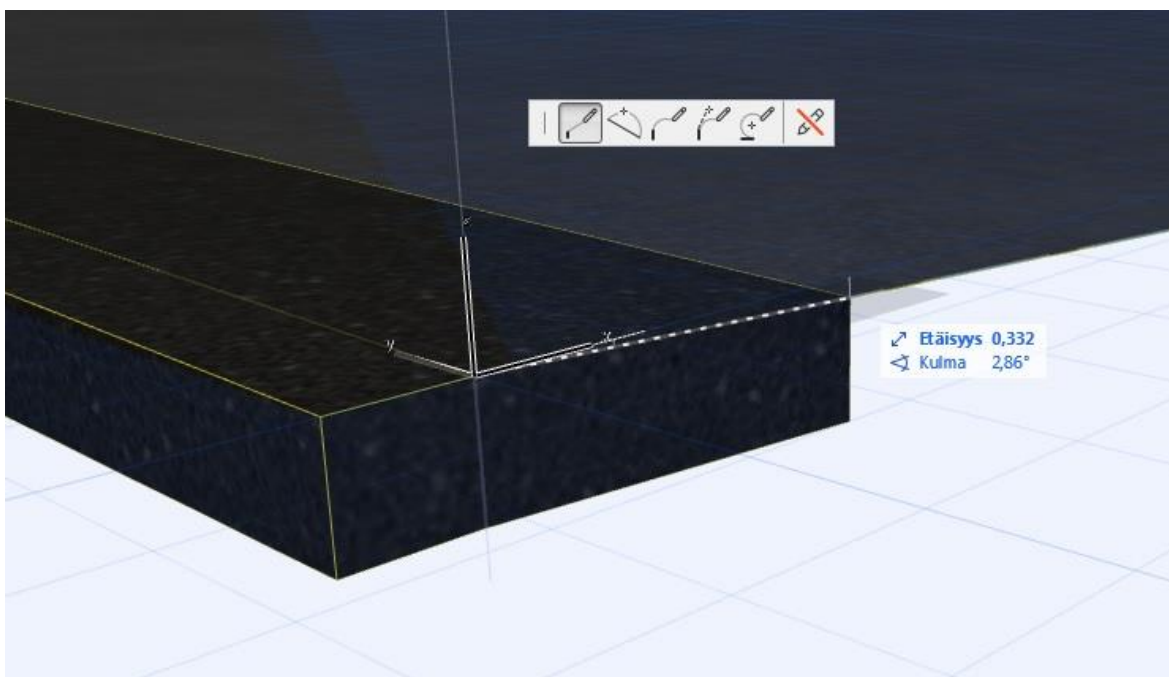


KUVA 61 Valitaan muunne aktiiviseksi ja muokataan asetuksia. Klikataan *pinta*-kuvaketta ja vaihdetaan pintamateriaaliksi ”Päällyste - asfaltti vaalea”. Vaihdetaan tasoksi ”Päällyste (asfaltti)”. Klikataan OK.

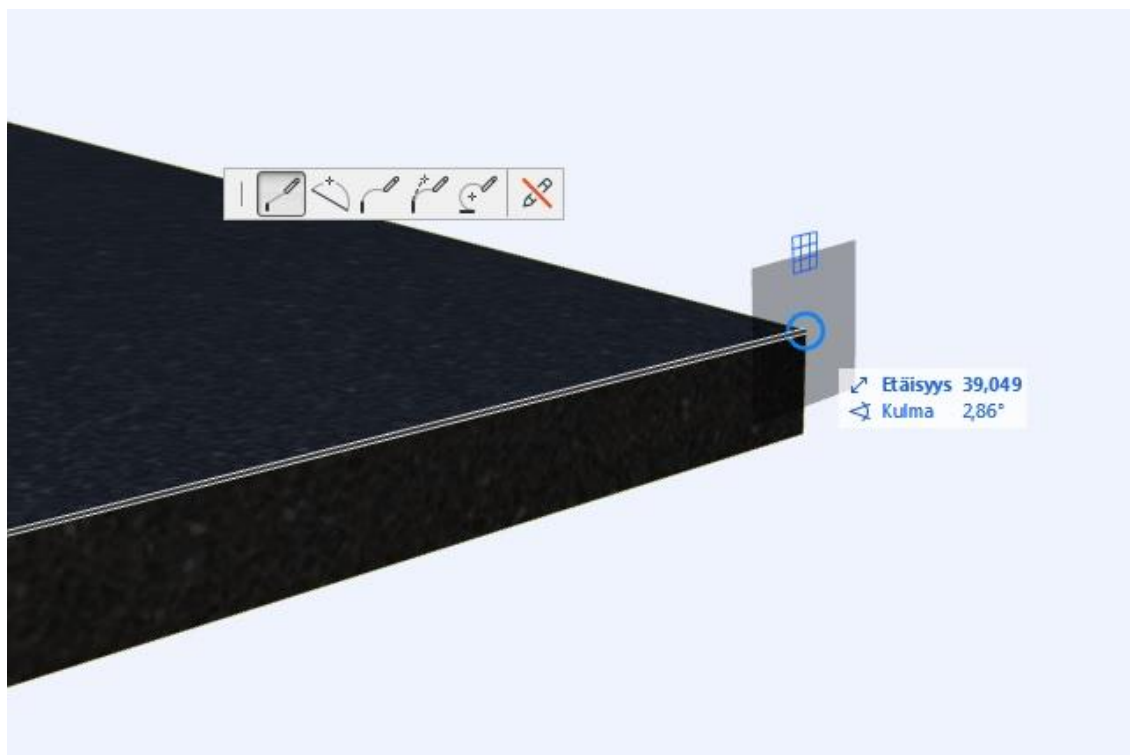


KUVA 62 Klikataan aktiivisen muunteen oikeaa ylänurkkaa ja valitaan työkaluikkunasta *Putki*.

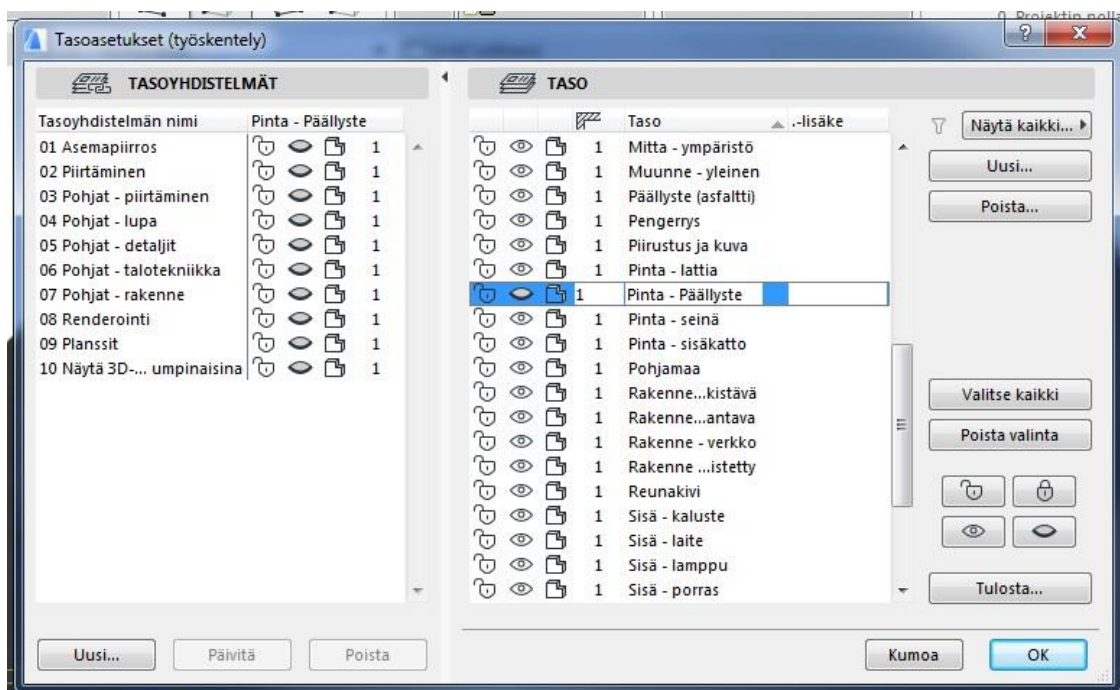
Osoitetaan pursotuksen (putken) ensimmäinen piste kadun asfalttipinnan nurkkaan. Tämä ensimmäinen piste on aina nollakulmassa alkupisteeseen nähden. Sen takia mallinnettu muunne on 10 cm päässä kadun alkupisteestä.



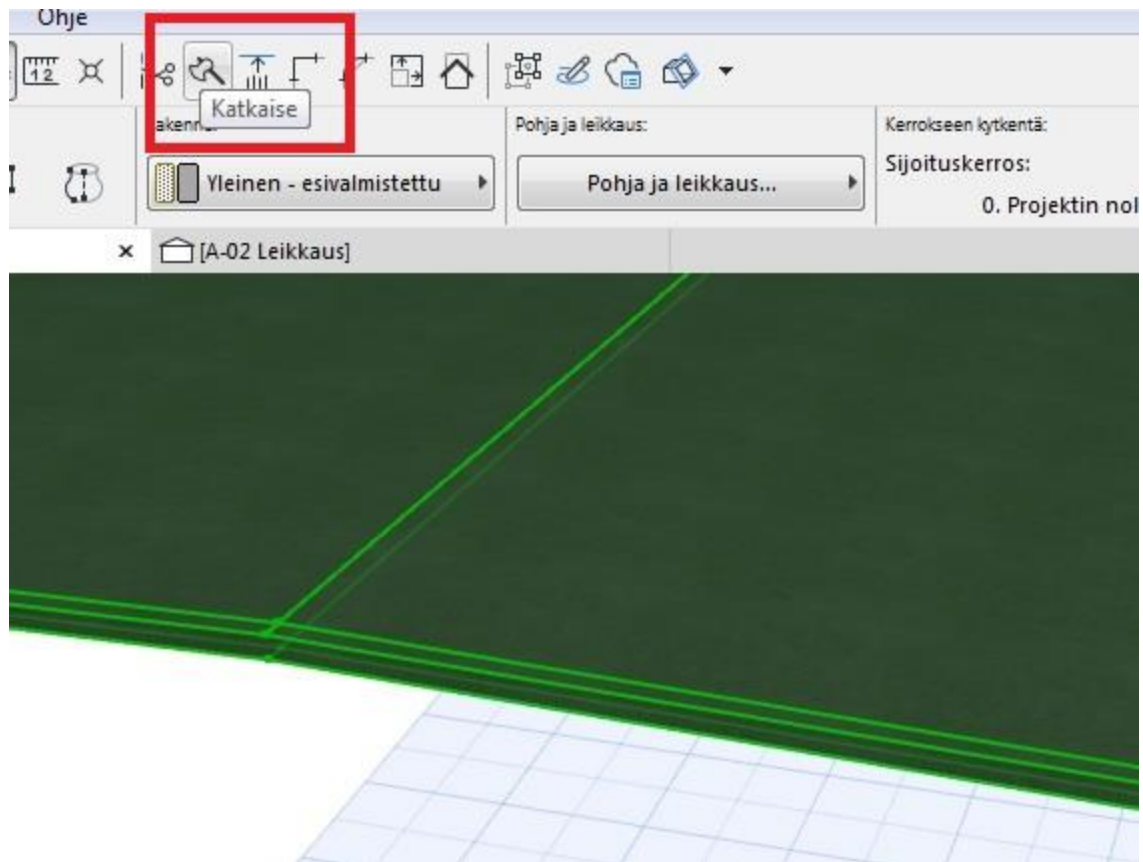
KUVA 63 Lähdetään seuraavaksi seuraamaan asfalttipinnan reunaa kohti sen itäpäättyä. Reunan seuraaminen ei ole välttämätöntä, mutta se voi helpottaa itäpäättyyn saapumista. Nopeampi keino on painaa hiiren rullaa ja viedä hiiren kursori suoraan itäpäättyyn.



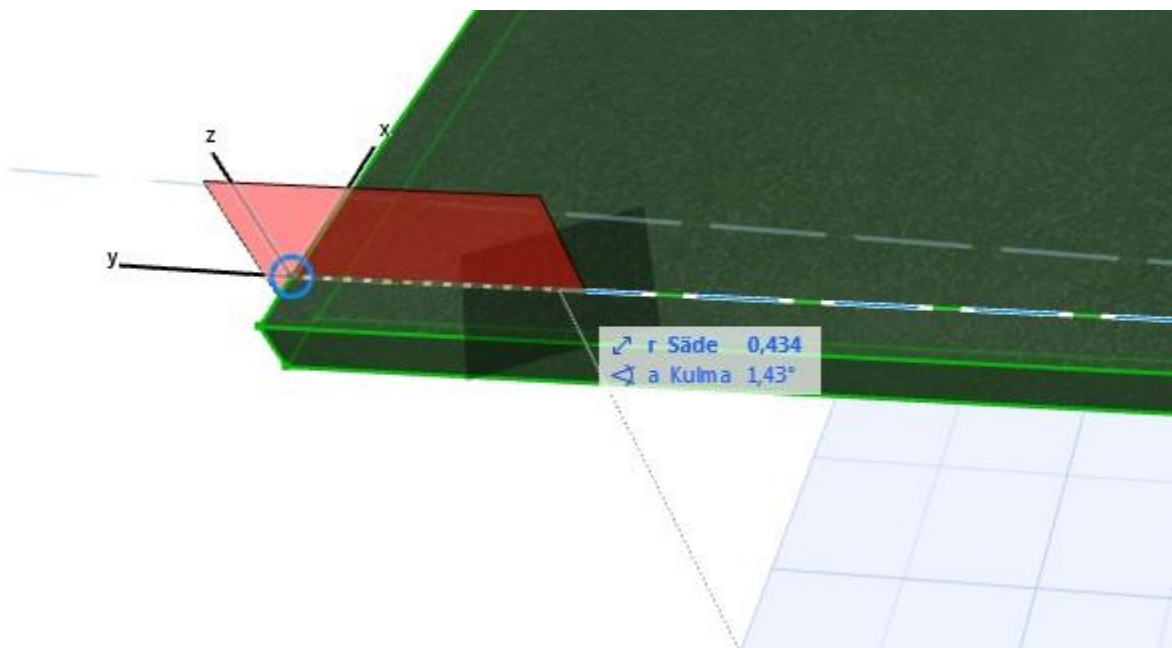
KUVA 64 Itäpäädyssä osoitetaan pursotuksen (putken) loppupiste asfalttipinnan nurkkaan. Klikataan loppupistettä kahdesti. Muunne on valmis ja kadun asfaltti on mallinnettuna.



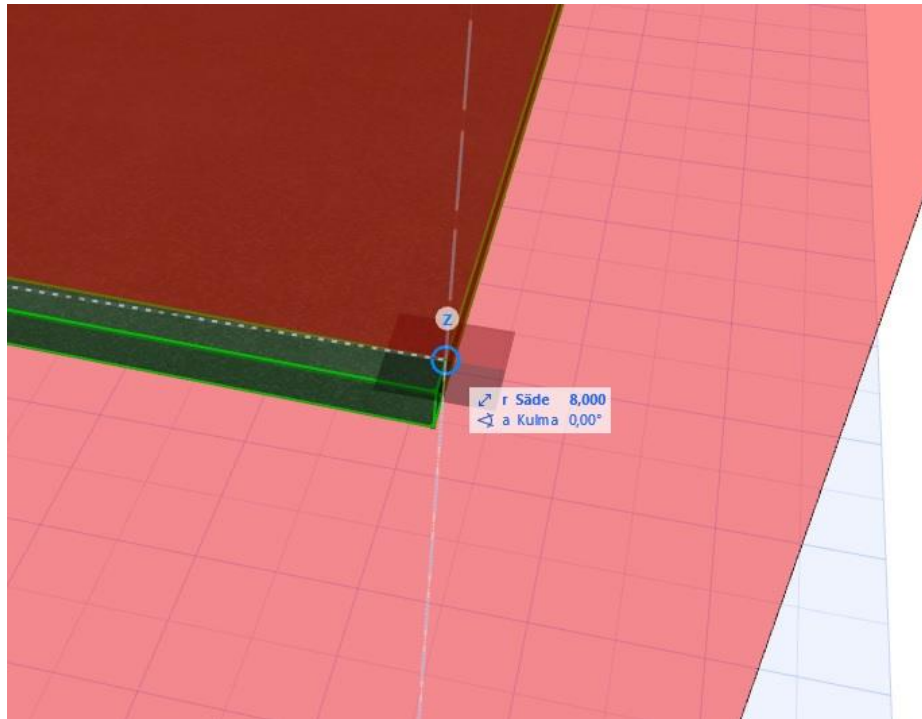
KUVA 65 Tässä vaiheessa päällekkäiset tekstuurit voivat häiritä, joten avataan *Tasoasetukset* painamalla CTRL+L. Valitaan ”Pinta – Päällyste” ja klikataan silmän kuvaketta. Nyt kaikki asfalttipinnat ovat piilotettuna. Ne saa uudelleen näkyviin milloin vain painamalla silmän kuvaketta uudelleen.



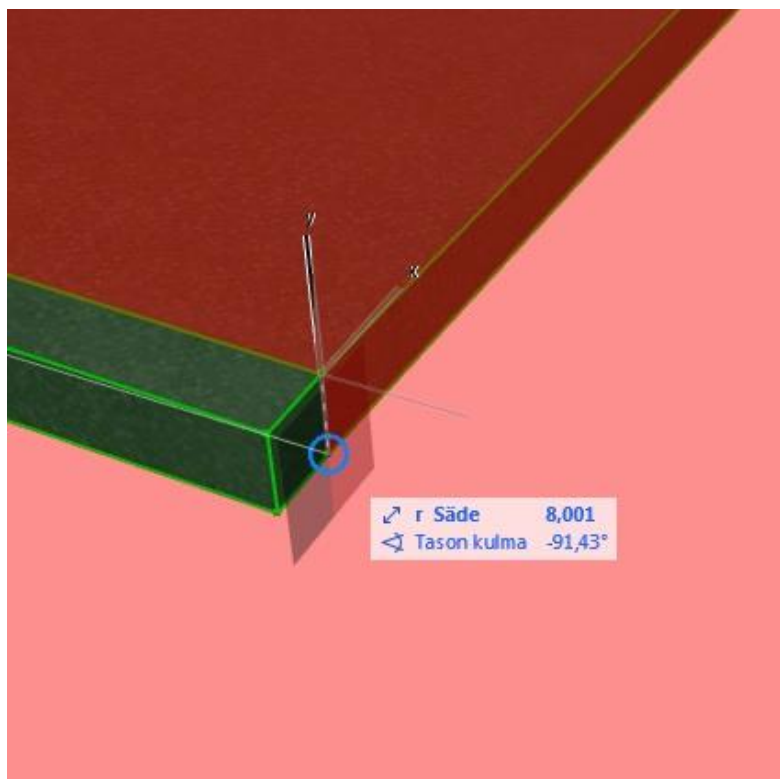
KUVA 66 Leikataan ylimääräinen 10cm levyinen asfaltin palanen erilliseksi. Valitaan muunnepainike aktiiviseksi ja klikataan *Katkaise* -kuvaketta.



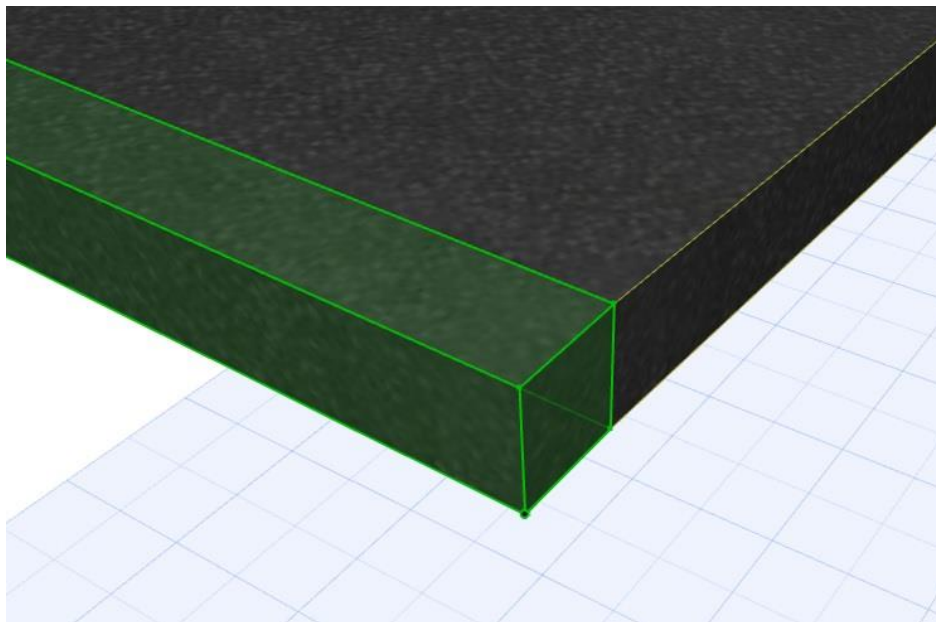
KUVA 67 Valitaan katkaisutason piste kuten kuvassa.



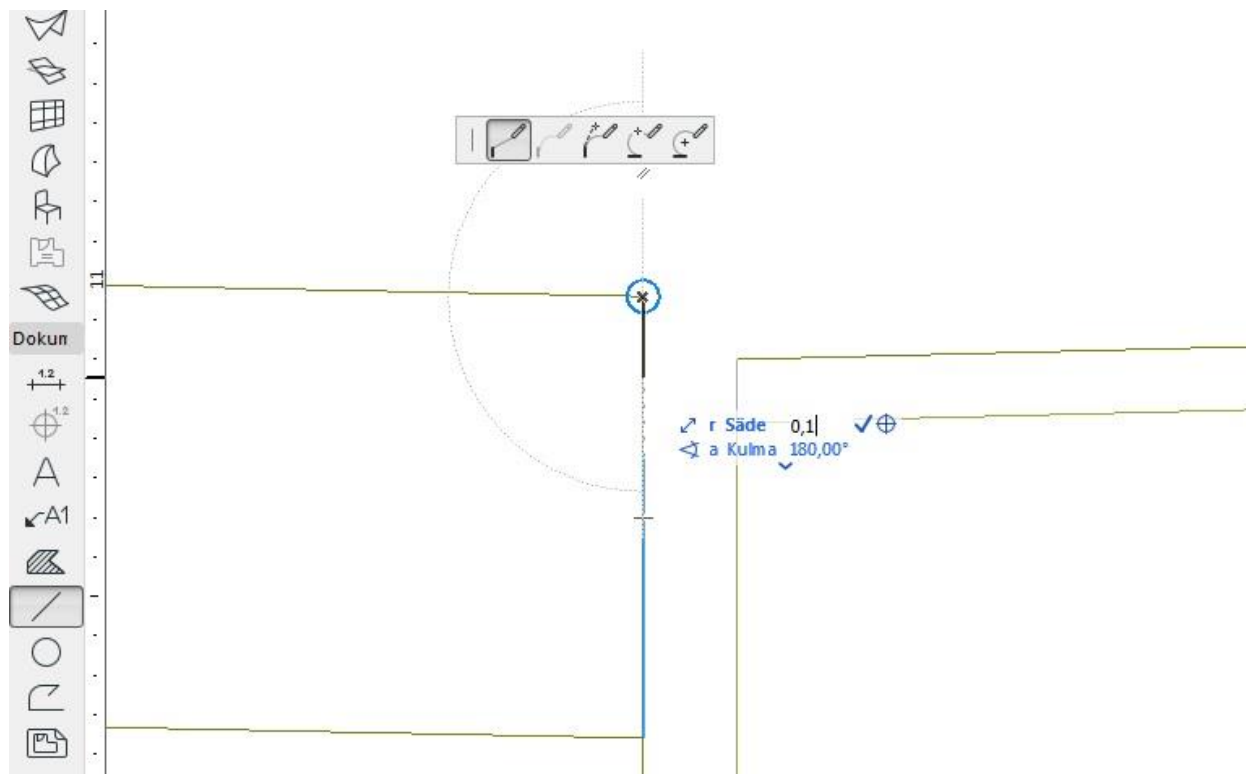
KUVA 68 Määritetään taso osoittamalla seuraava piste vastakkaiselle sivulle kuvan mukaisesti. Klikataan pisteeseen.



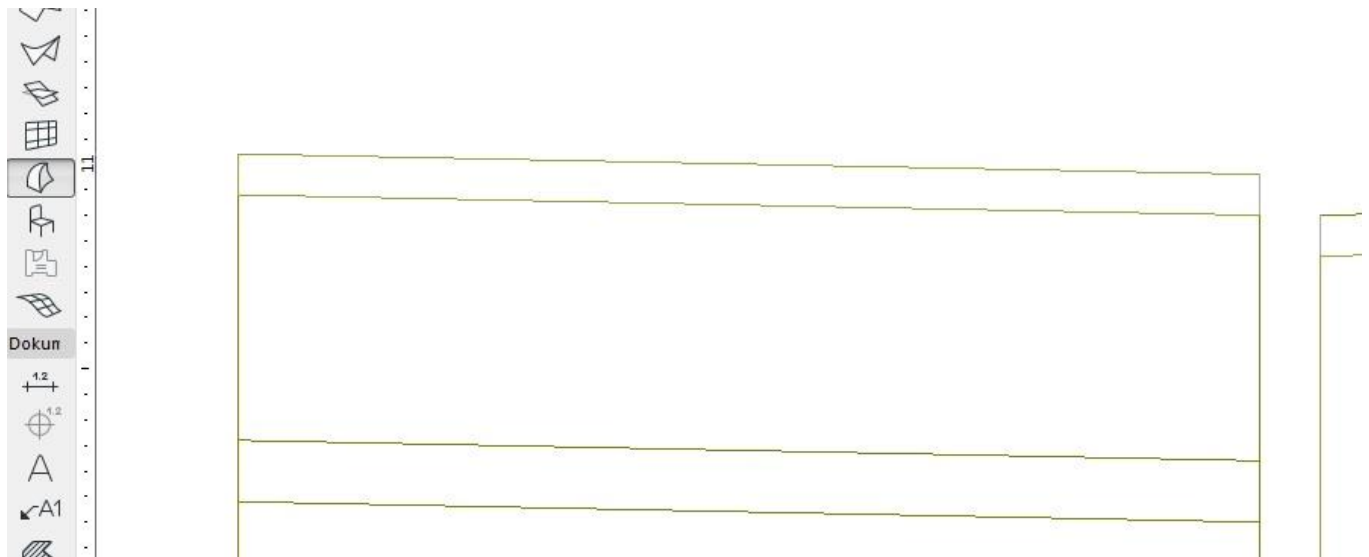
KUVA 69 Osoitetaan seuraavaksi tason määrittämä nurkka kuvan mukaisesti. Klikataan pisteeseen. Osoitetaan tämän jälkeen katkaisutason puoleksi ylimääräisen asfaltin palasen puolta. Klikataan ja katkaisu on valmis.



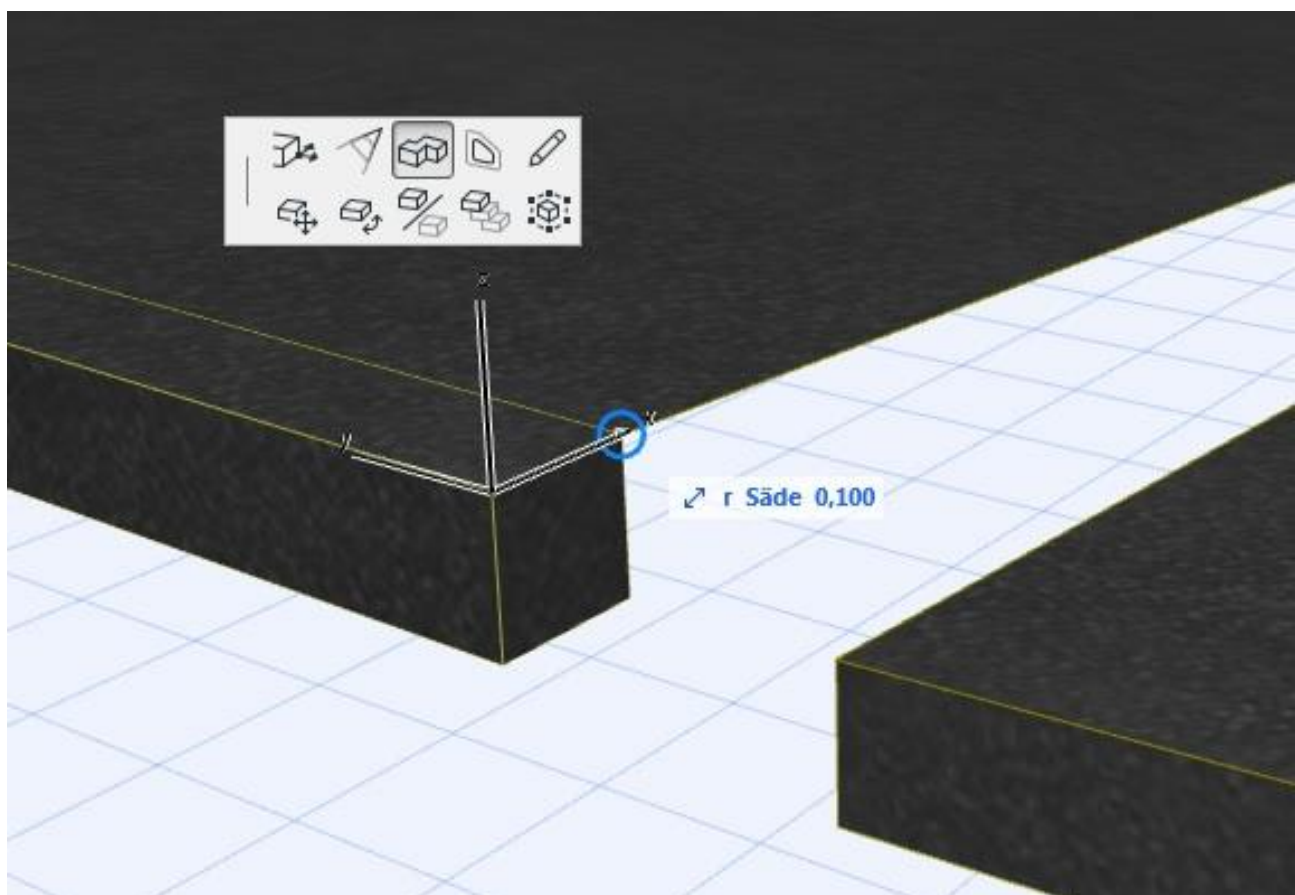
KUVA 70 Varmistetaan painamalla kahdesti ESC-näppäintä, jotta mikään ei ole aktiivisena. Valitaan seuraavaksi katkaistu muunnelle aktiiviseksi. Painetaan DELETE. Nyt kadun asfaltti on mallinnettu valmiiksi tässä ohjeessa. Otetaan taso ”Pinta – Päällyste” takaisin näkyviin (KUVA 65) ja siirrytään takaisin kuvaan A-02 *Leikkaus*.



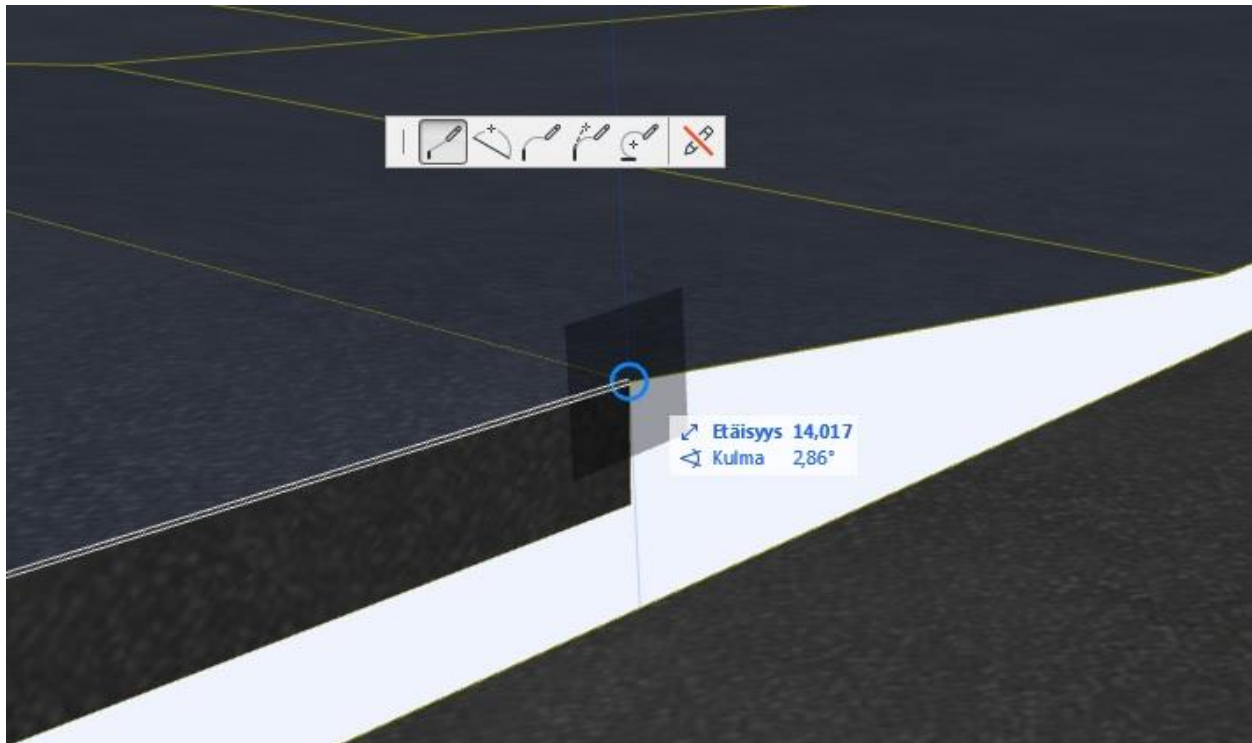
KUVA 71 Seuraavaksi mallinnetaan asfaltti jalkakäytävälle. Aloitetaan piirtämällä apuviiva kuvan mukaisesti.



KUVA 72 Piirretään seuraavaksi *Muunne*-työkalulla muunne samalla periaatteella, kuin kuvissa 56-59.

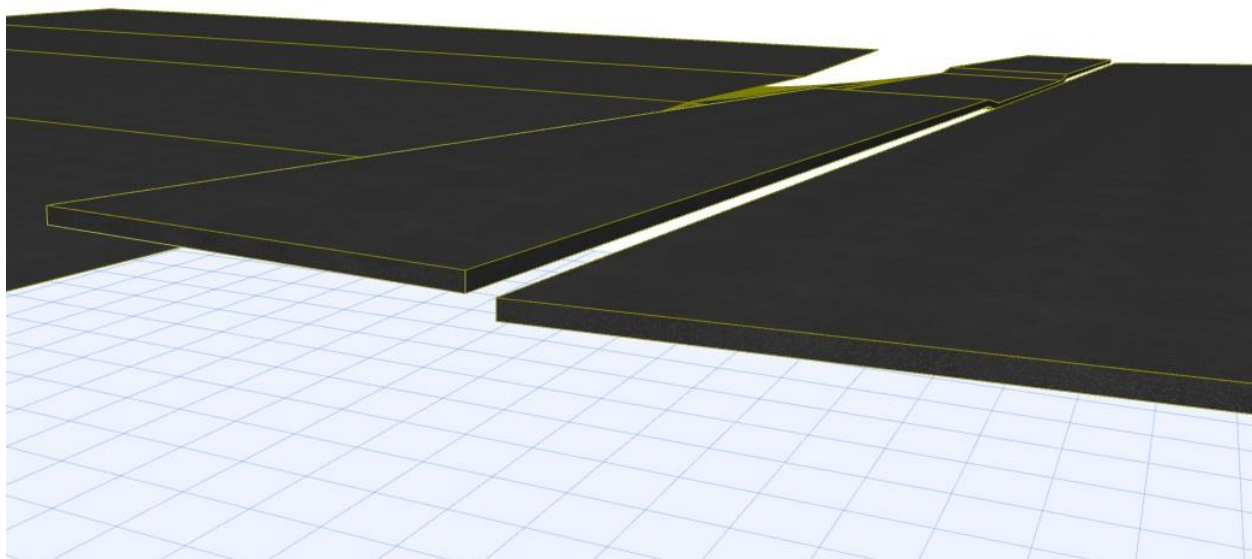


KUVA 73 Siirrytään 3D-kuvaan. Muokataan piirretyn muunteen asetukset saman lailla, kuin kuvassa 61. Tartutaan muunteen oikeasta ylänurkasta ja käytetään pursoruksessa (putkituksessa) samaa periaatetta, kuin kuvassa 62.

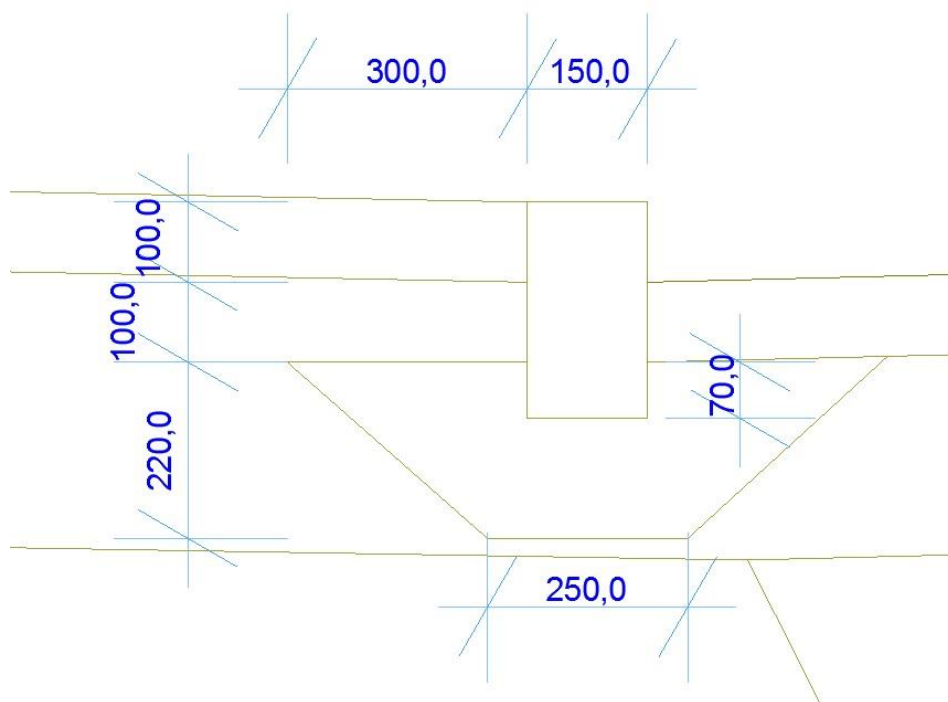


KUVA 74 Jatketaan seuraamalla reunaa kuten kuvassa 63. Huomioidaan, että pursotus (putki) tulee klikata jokaiseen pinnan pisteeseen, jossa pinta kaltevoituu. Jatketaan pisteiden osoittamista itäpäättyä kohden ja lopuksi pursotuksen (putken) loppupiste osoitetaan, kuten kuvassa 64.

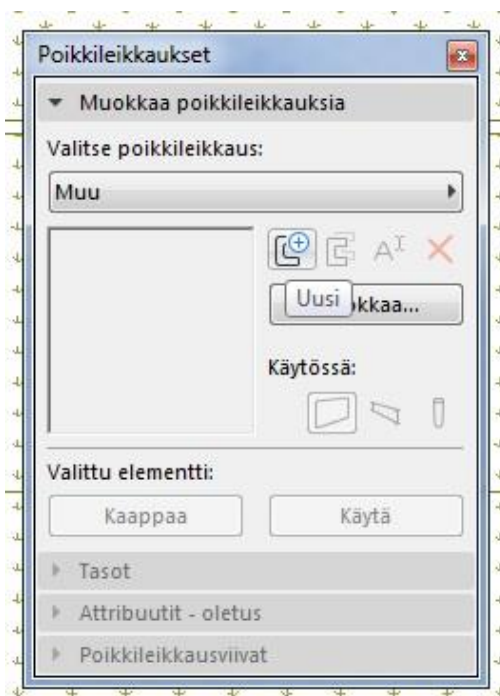
Katkaistaan ylimääräinen muunteen osa irti ja poistetaan se, kuten kuvissa 66-70.



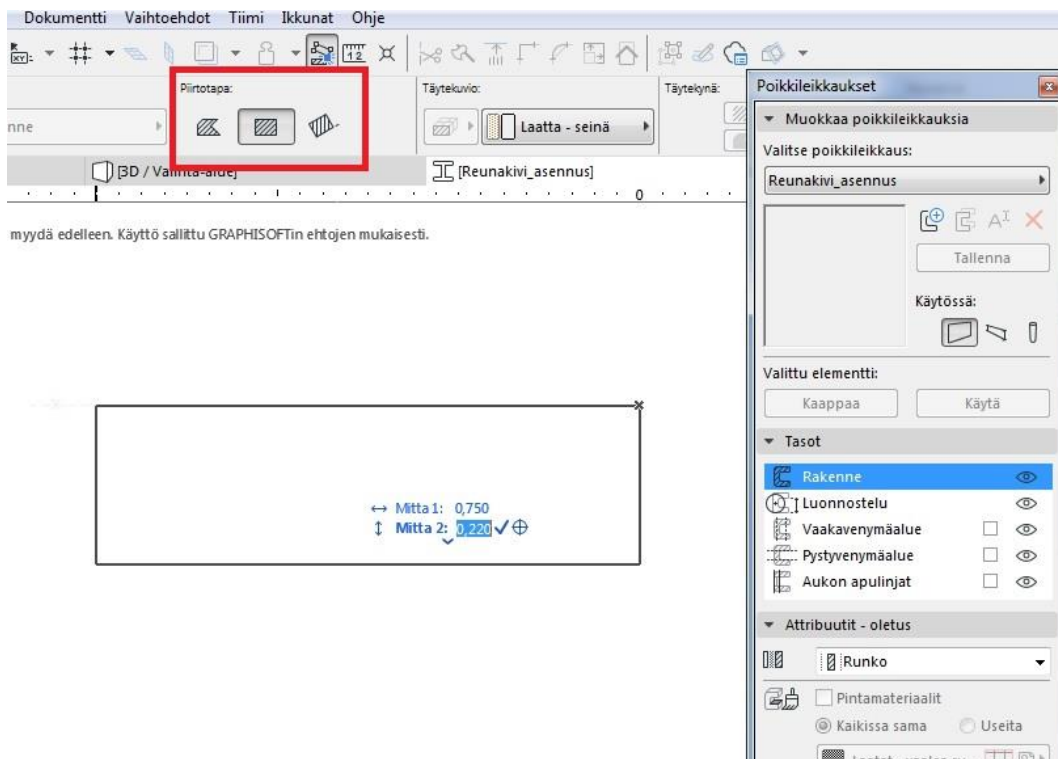
KUVA 75 Tilanteen tulisi näyttää tältä.



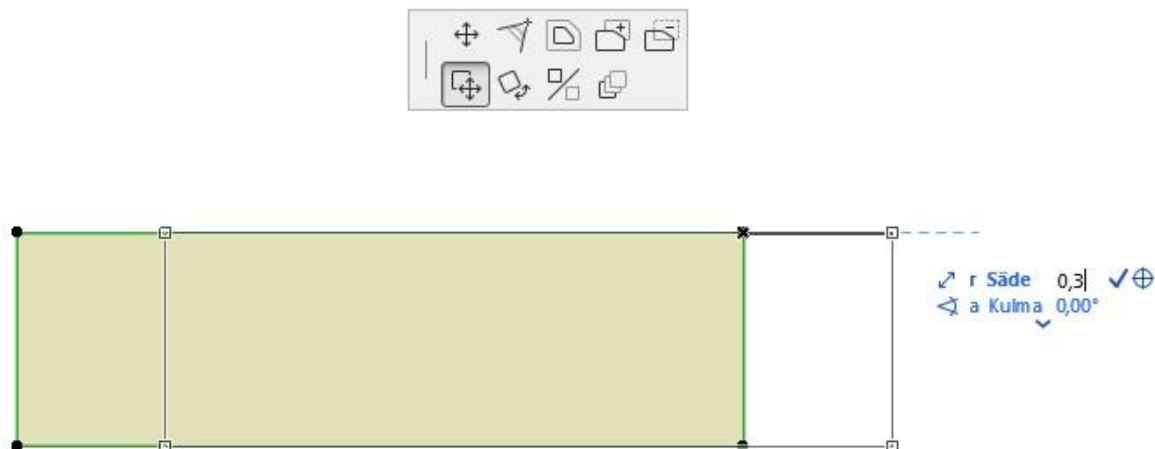
KUVA 76 Mallinnetaan seuraavaksi reunakivi kadun ja jalkakäytävän päällysteiden väliseen tyhjään tilaan. Reunakiveksi on valittu esimerkkiä palvelemaan Ruduksen Suorareunakivi R170. Kuvassa on tarvittavat mitat poikkileikkauksen mallintamista varten.



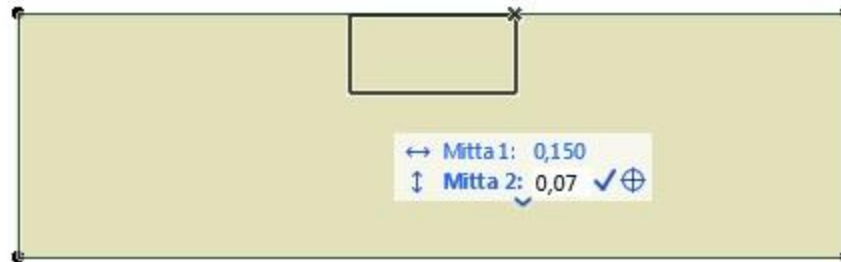
KUVA 77 Avataan *Poikkileikkaukset*-ikkuna polusta *Vaihtoehdot – Poikkileikkaukset – Poikkileikkaukset*. Valitaan ilmestyvästä ikkunasta *Uusi*. Annetaan uudelle poikkileikkaukselle nimeksi "Reunakivi_asennus". Klikataan OK.



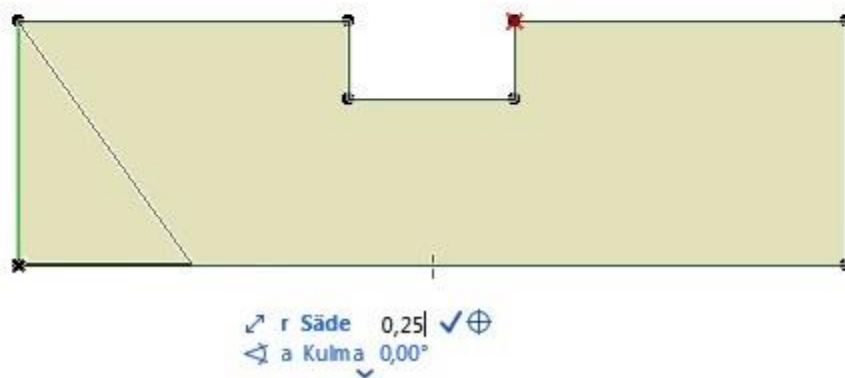
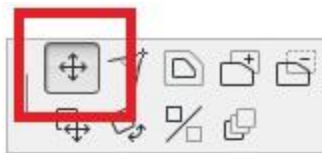
KUVA 78 Valitaan *Täyte*-työkalu. Aloitetaan piirtäminen origosta. Mitoiksi tulee 0,75m x 0,22m. Huomioidaan, että piirtotapana on *Suorakulmainen*.



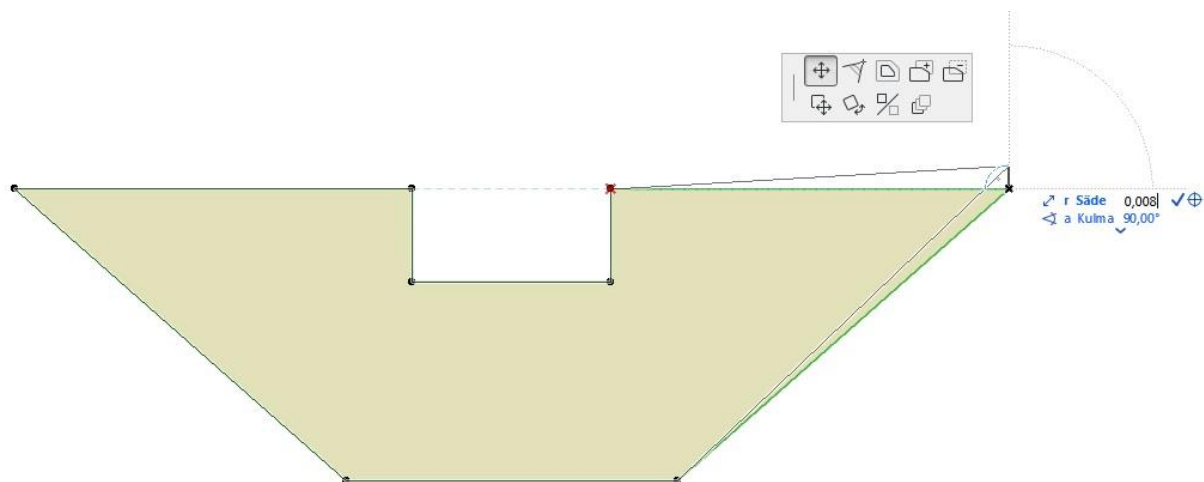
KUVA 79 Tartutaan täytettä aloituspisteestä ja siirretään sitä oikealle 0,3m. Tämä siirto tehdään sen takia, että origo olisi oikealla kohtaa poikkileikkauksista. Origo määrää poikkileikkauksen tartuntapisteen, jonka avulla palkki (asennussora) saadaan mallinnettua oikealle paikalleen. Tämä havainnollistuu myöhemmin.



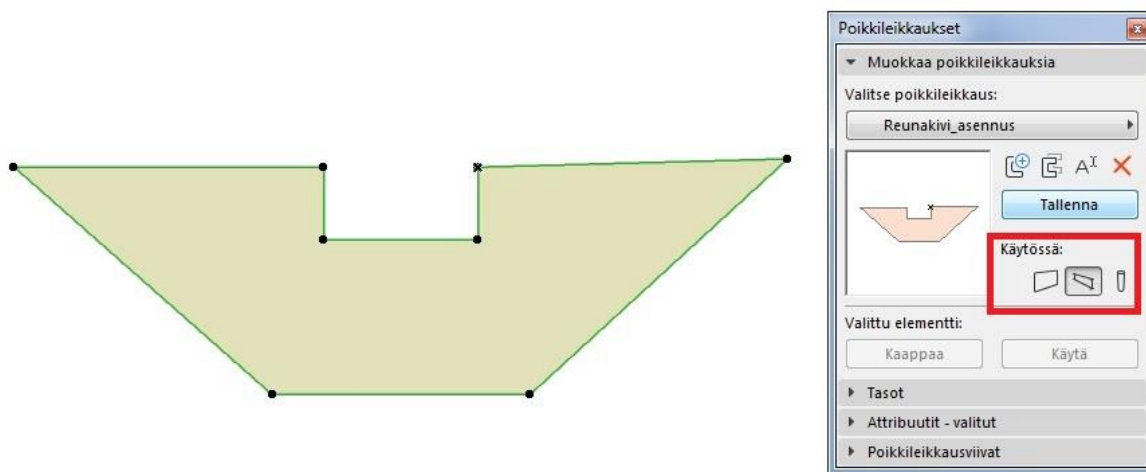
KUVA 80 Tehdään reunakivelle tilaa. Klikataan täytettä origon kohdalta ja valitaan työkaluikkunasta *Vähennä monikulmiosta*. Piirretään kuvan mukainen suorakulmio mitoilla 0,15m x 0,07m.



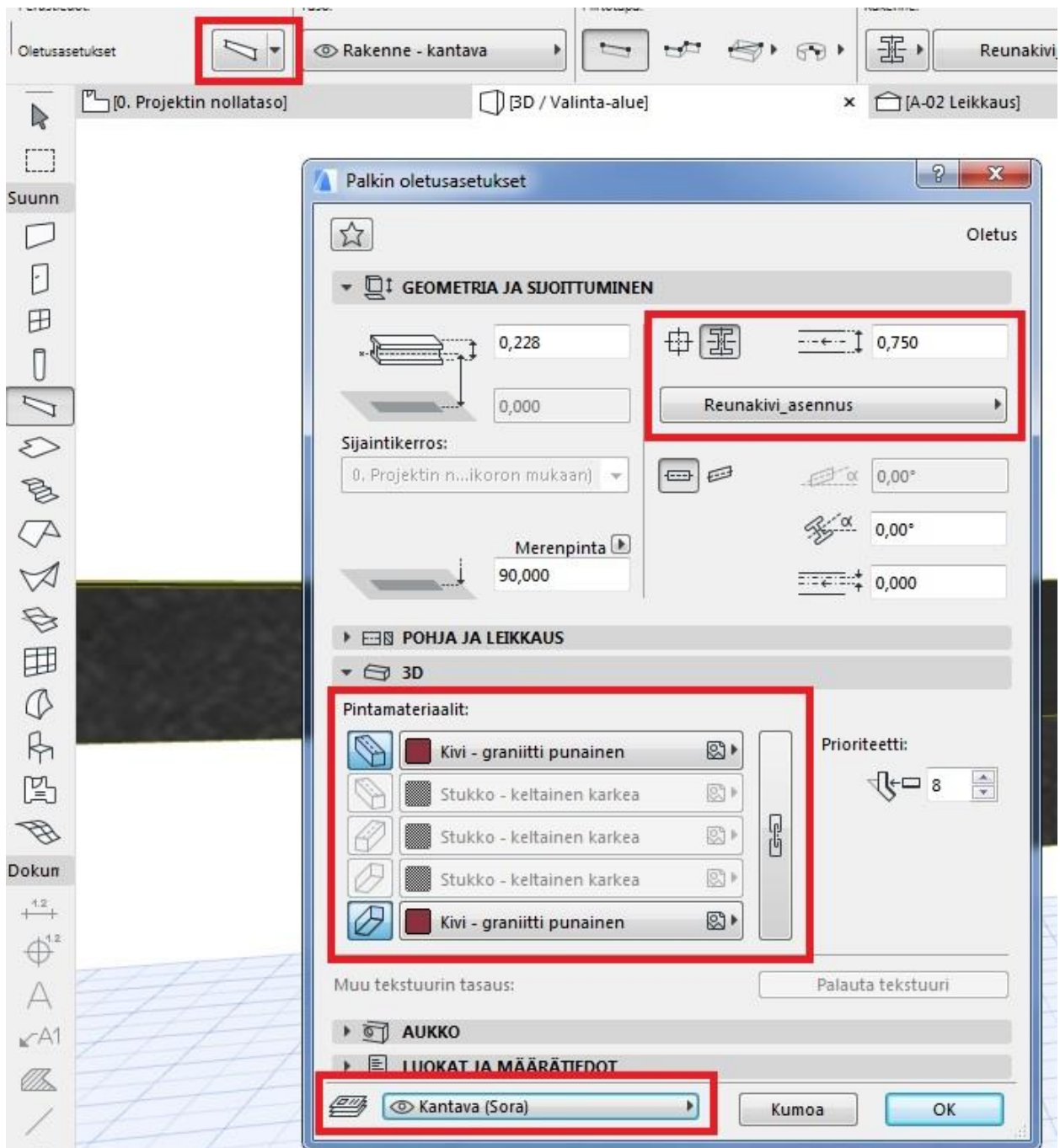
KUVA 81 Siirretään seuraavaksi vasempaa alanurkkaa suoraan oikealle 0,25m. Toistetaan sama vastakkaiselle nurkalle.



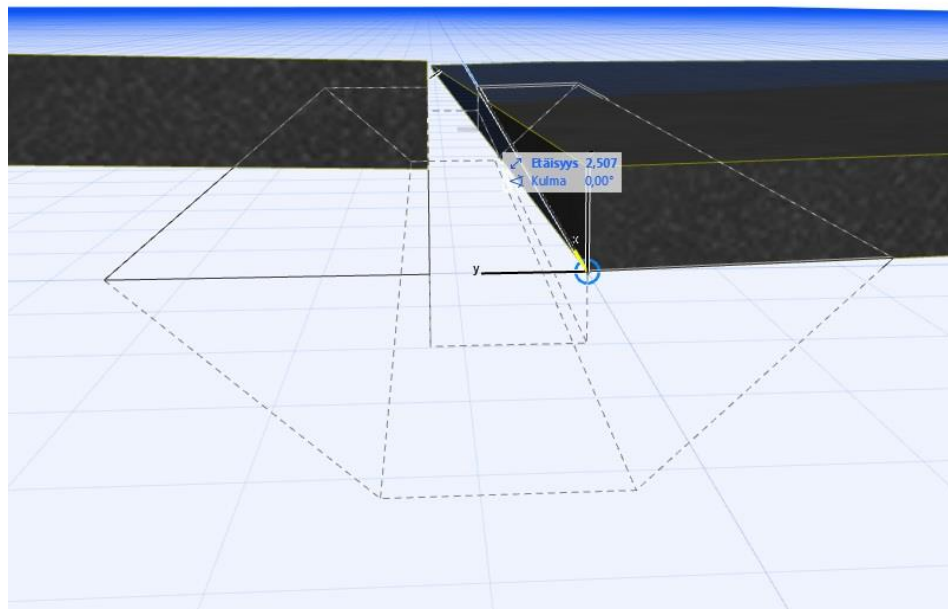
KUVA 82 Nostetaan oikeaa ylänurkkaa vielä suoraa ylöspäin 0,008m eli 8mm. Nyt asennussoran yläpinta tulee 3D-kuvassa kiinni asfalttiin. Harjakaltevuuden perusteella ylänurkkaa tulisi nostaa 7,5mm ($300\text{mm} \times 0,025 = 7,5\text{mm}$), mutta ArchiCADin tarkkuus ei tässä tilanteessa riitä.



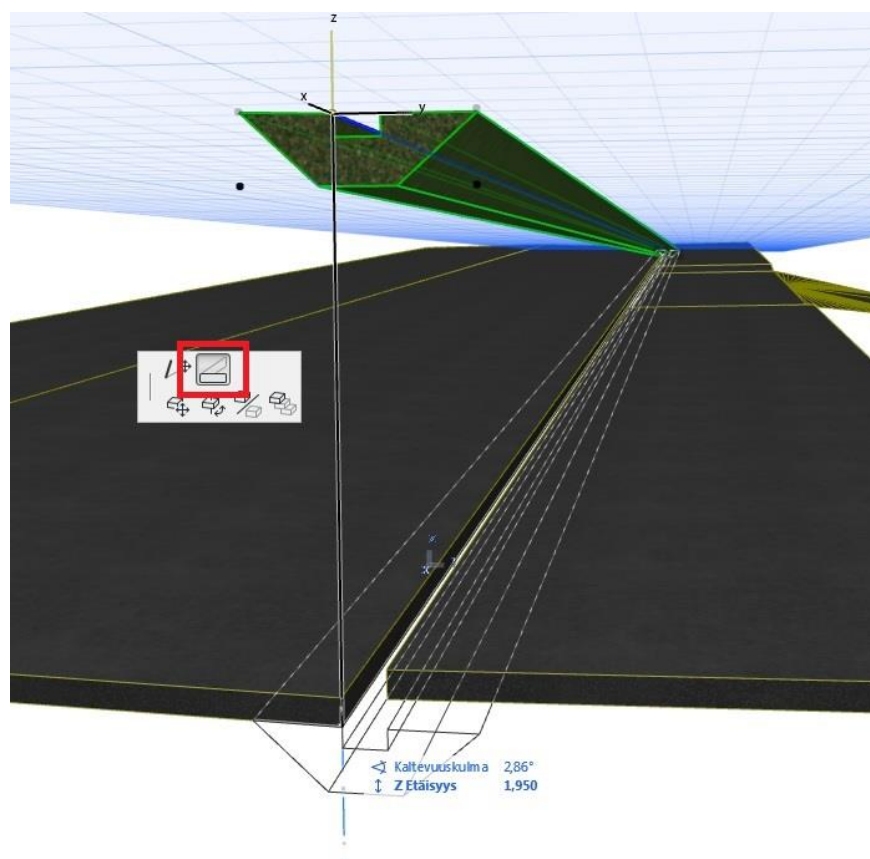
KUVA 83 Valitaan seuraavaksi *Poikkileikkaukset*-ikkunassa poikkileikkaus käyttöön *Palkki-*työkalulle. Klikataan *Tallenna*.



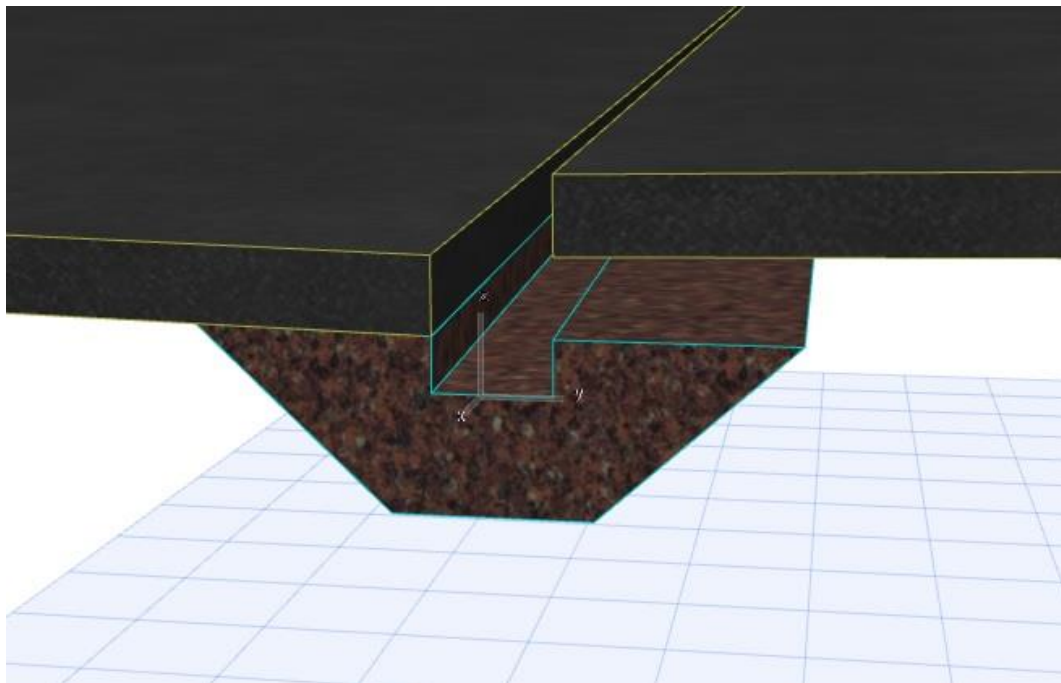
KUVA 84 Valitaan *Palkki*-työkalu ja siirrytään asetuksiin. Vaihdataan rakenteeksi *poikkileikkaus* ja valitaan listasta mallinnettu ”Reunakivi_asennus”. Muokataan myös pintamateriaalit niin kuin kuvassa ja vaihdetaan taso.



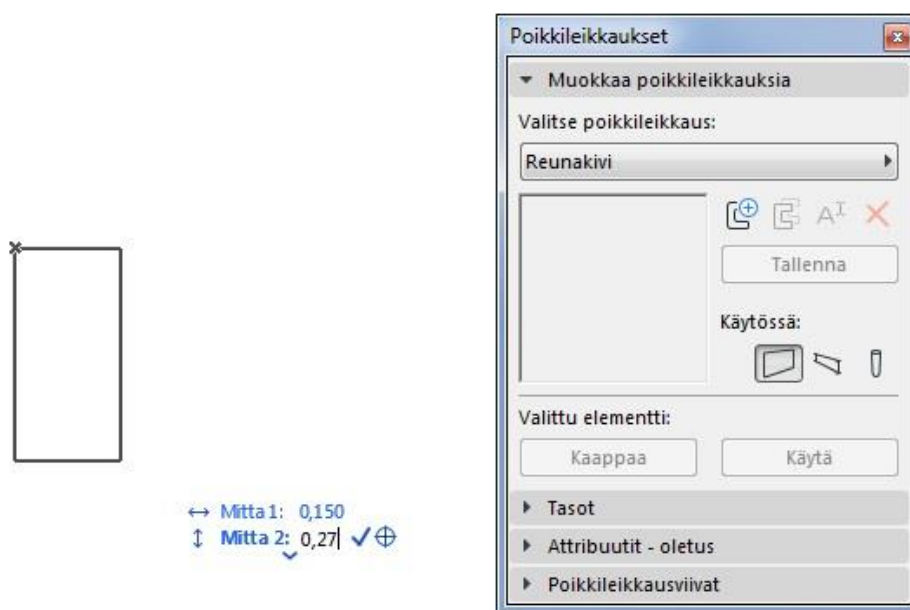
KUVA 85 Aloitetaan palkin mallintaminen kadun länsipäädyn vasemmasta alanurkasta. Osoitetaan piste ja viedään loppupiste itäpäädyn vastakkaiseen pisteeseen.



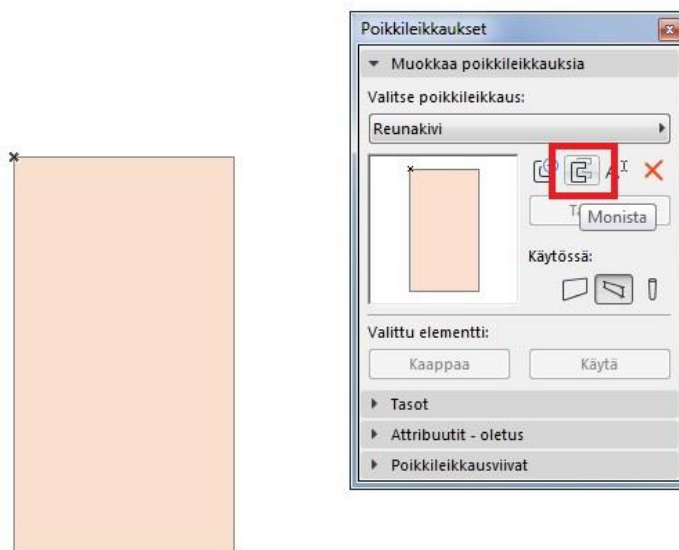
KUVA 86 Palkki jää nollakulmassa ilmaan. Valitaan palkki aktiiviseksi ja tartutaan palkin loppupisteestä. Valitaan työkaluikkunasta *Muokkaa kulmaa* ja siirretään tartuttu piste sille kuuluvaan paikkaan, eli asfaltin alanurkkaan kuten kuvassa 85.



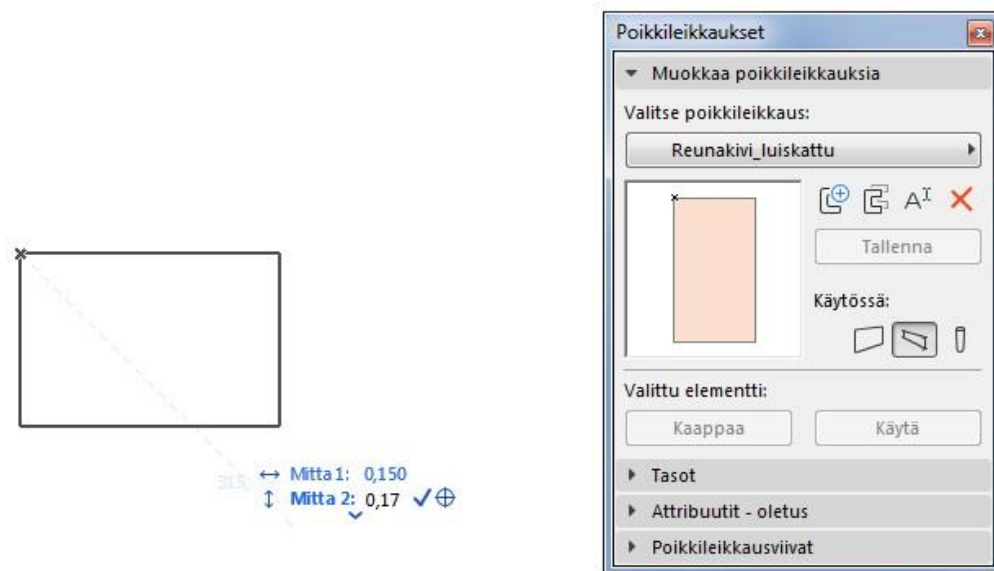
KUVA 87 Nyt asennussora on paikallaan. Siirrytään seuraavaksi mallintamaan reunakiven poikkileikkaus.



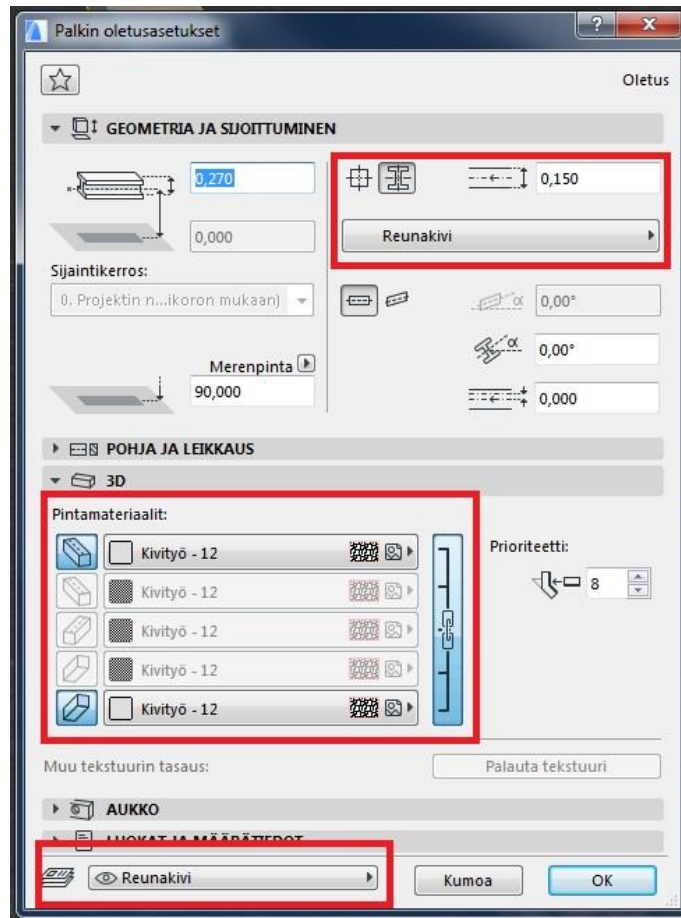
KUVA 88 Siirrytään mallintamaan poikkileikkausta, kuten kuvassa 77. Annetaan uuden poikkileikkauksen nimeksi ”Reunakivi”. Huomioidaan, että piirtotapana on *Suorakulmainen*, kuten kuvassa 78. Piirretään *Täyte*-työkalulla kuvan mukainen poikkileikkaus. Huomioidaan, että origo on vasemmassa ylänurkassa. Tallennetaan poikkileikkaus tämän jälkeen, kuten kuvassa 83.



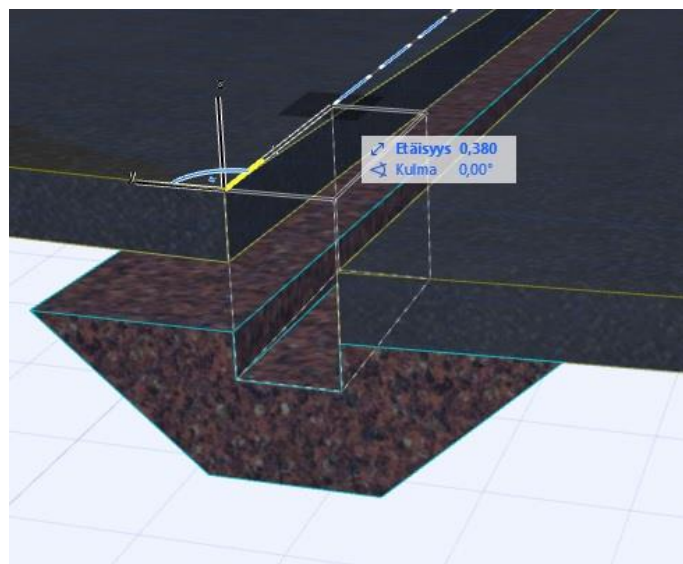
KUVA 89 Ennakoidaan tulevaa mallintamista ja reunakiven luiskausta. Monistetaan tallennettu poikkileikkaus ja annetaan monisteelle nimeksi esimerkiksi ”Reunakivi_luiskattu”. Toinen keino olisi valita *Uusi* ja luoda uusi poikkileikkaus.



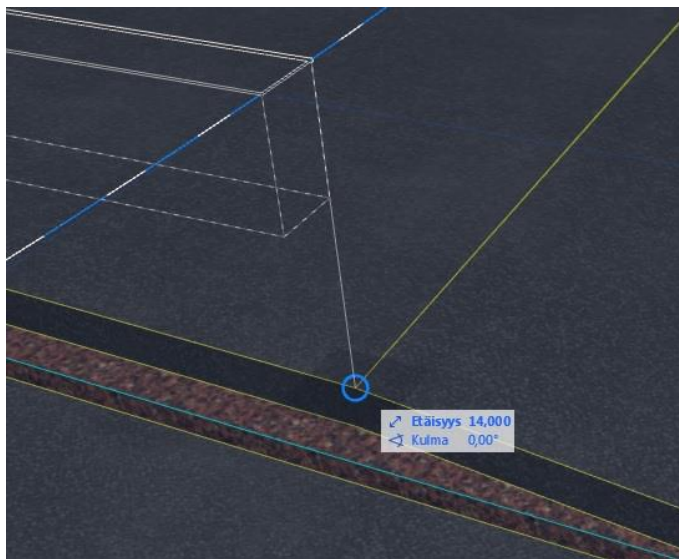
KUVA 90 Poistetaan täyte ja piirretään uusi kuvan mukaisilla mitoilla. Tallennetaan monistettu poikkileikkaus.



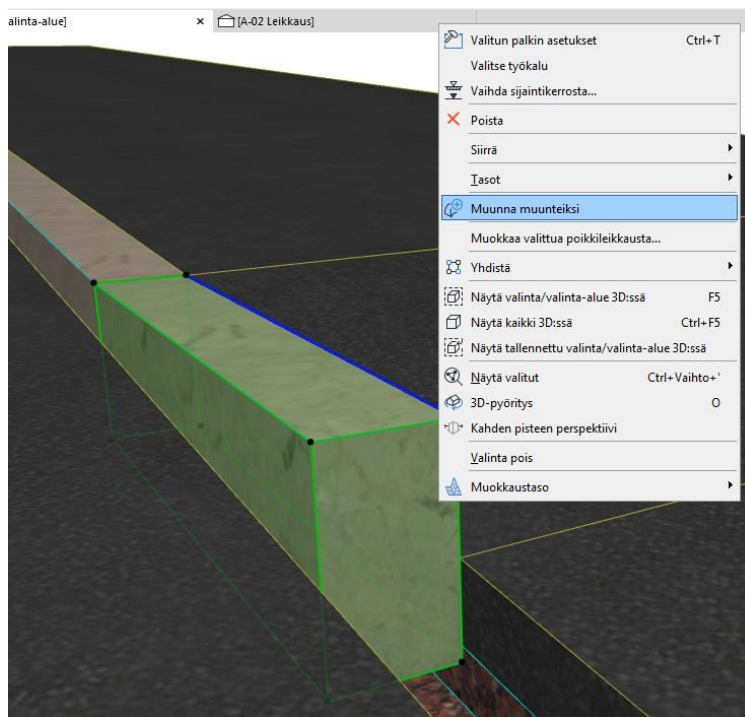
KUVA 91 Seuraavaksi mallinnetaan reunakivi käyttäen poikkileikkausta ”Reunakivi”. Valitaan *Palkki*-työkalu ja siirrytään asetuksiin, kuten kuvassa 84. Muokataan asetukset kuten kuvassa.



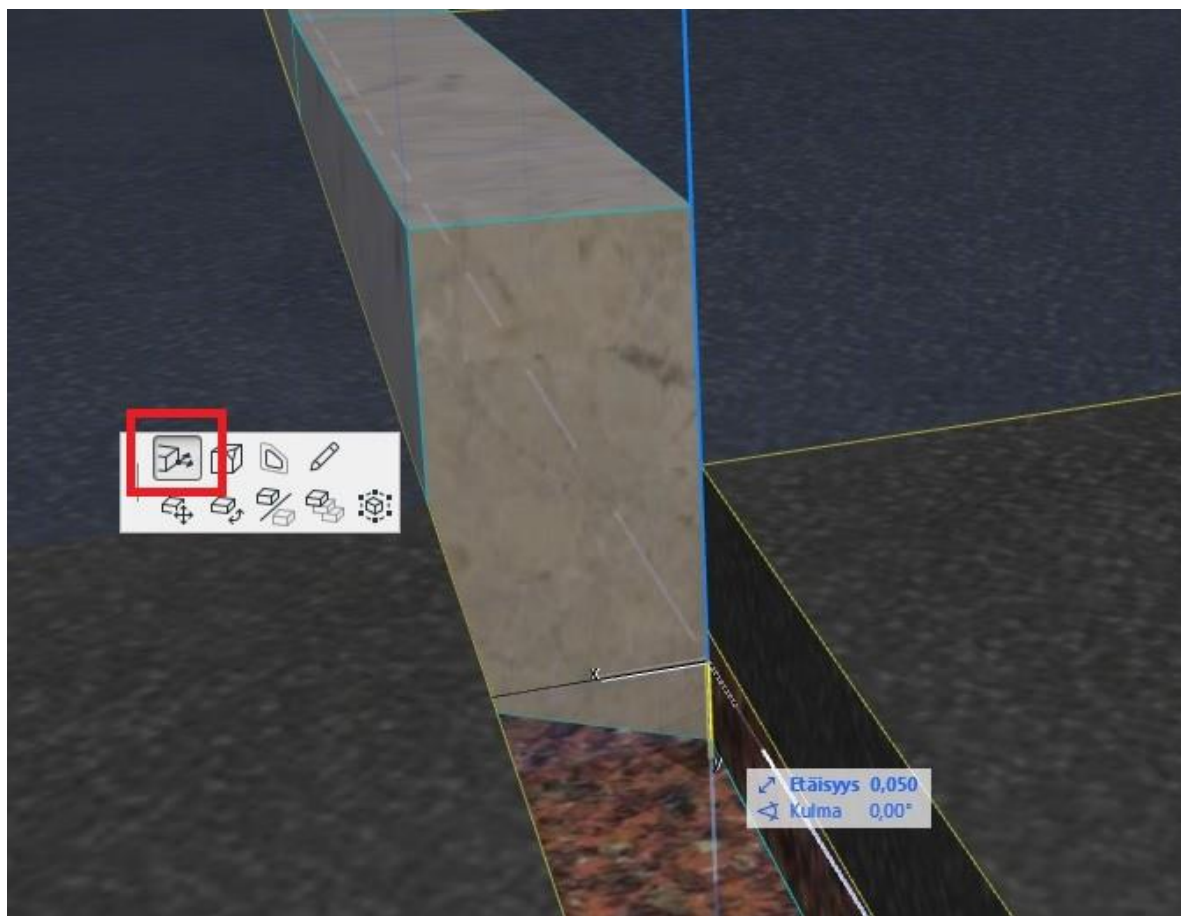
KUVA 92 Lähdetään liikkeelle länsipäädystä ja tartutaan jalkakäytävän oikeasta ylänurkasta. Lähdetään seuraamaan reunaa kohti itäpäätä.



KUVA 93 Osoitetaan palkin loppupiste ensimmäiseen jalkakäytävän vastaan tulevaan pisteeseen, jossa jalkakäytävä kaltevoituu. Muutetaan palkin kaltevuutta niin, että tartuntapiste kohtaa reunan yläpinnan, eli kuvassa sinisellä ympyröidyn pisteen. Tämä on välttämätöntä, sillä reunakivi luiskataan suunnitelman mukaisesti liittymän kohdalla. Siksi palkit tullaan mallintamaan osissa, jotka luiskataan suunnitelmaa vastaaviksi.

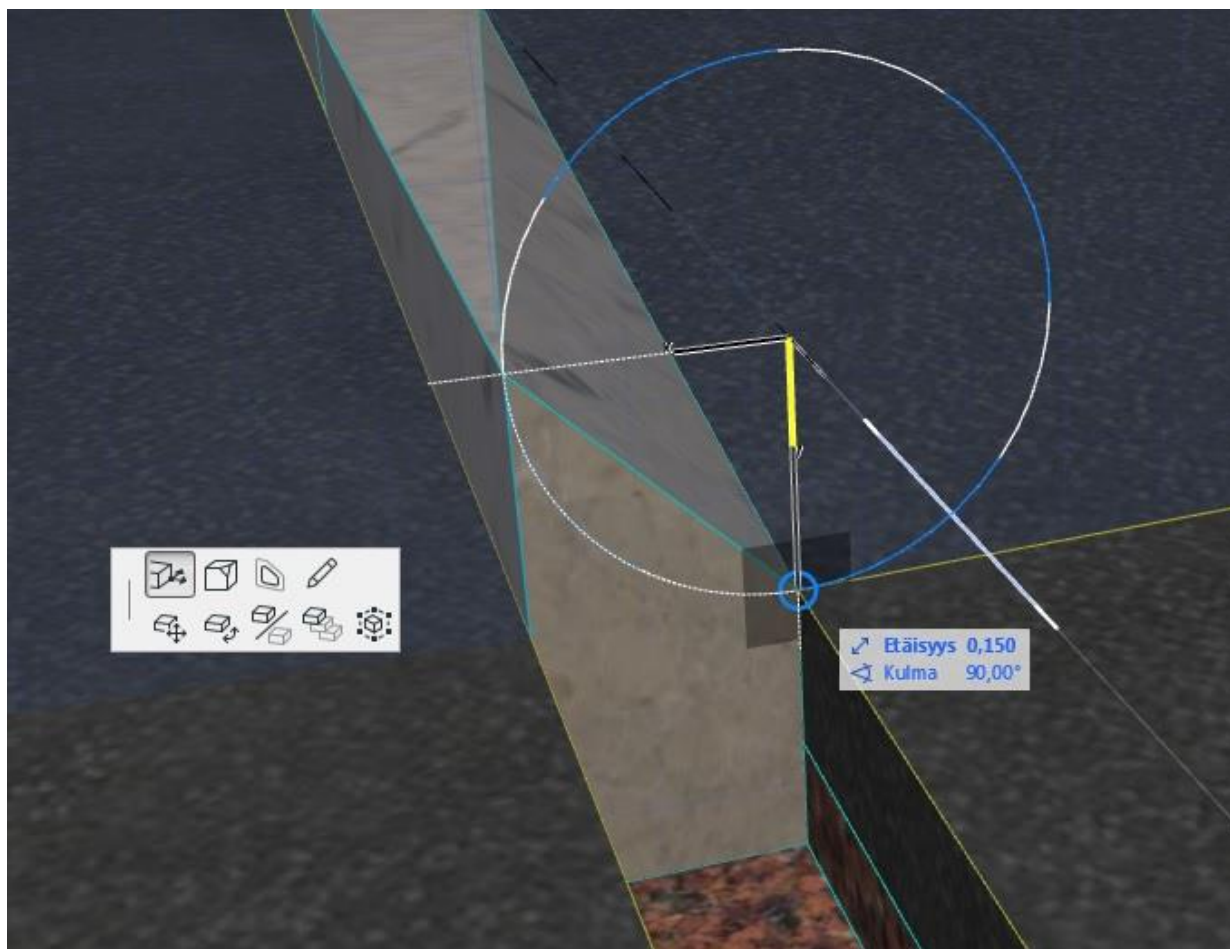


KUVA 94 Seuraavan palkin alkupiste on edellisen palkin loppupiste. Osoitetaan uuden palkin loppupiste seuraavaan jalkakäytävän pisteeseen. Asetetaan mallinnettu reunakivi paikalleen ja luiskataan se. Tätä varten klikataan hiiren oikealle aktivoitua palkkia ja valitaan *Muunna muunteiksi*. Klikataan ilmestyvässä ikkunassa OK.



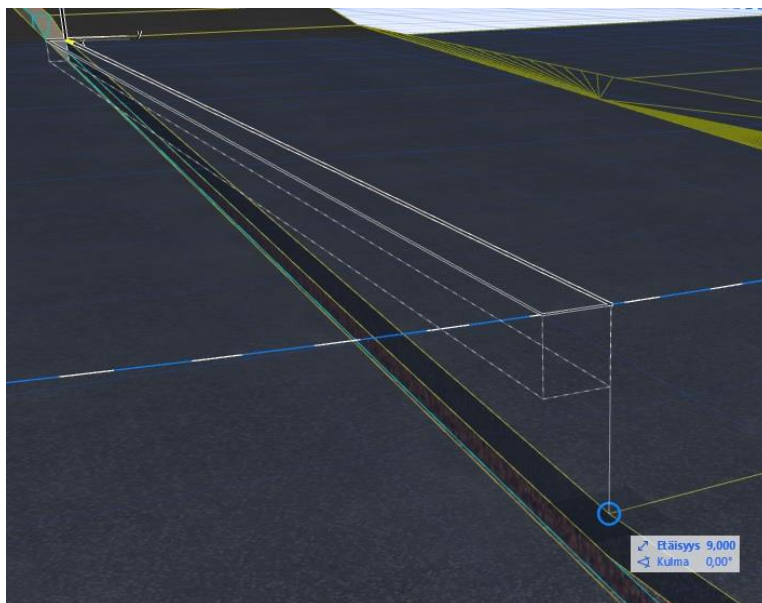
KUVA 95 Nyt kun reunakivi on palkin sijasta muunne, niin sen muotoa voi muokata tartuntapisteiden avulla.

1. Tartutaan kuvassa näkyvästä oikeasta alanurkasta ja viedään se suoraan alaspäin kiinni asennussoraan. Kiinnitetään huomiota myös kursoriin, joka muuttuu rastiksi (X), kun ArchiCAD ehdottaa pisteen tarttumiskohtaa. Tässä vaiheessa huomioidaan, että etäisyys on 0,05m ja kulma on 0,00°. 5cm väli on perusteltavissa jalkakäytävän kaadolla, sillä jalkakäytävä laskee lähtötietojen mukaisesti itää kohti 5cm per metri (5%) ja muokattavana oleva muunne on metrin mittainen.
2. Toistetaan sama vastakkaisellekin pisteelle, eli lasketaan tartuntapistettä 0,05m alaspäin kulmalla 0,00°.

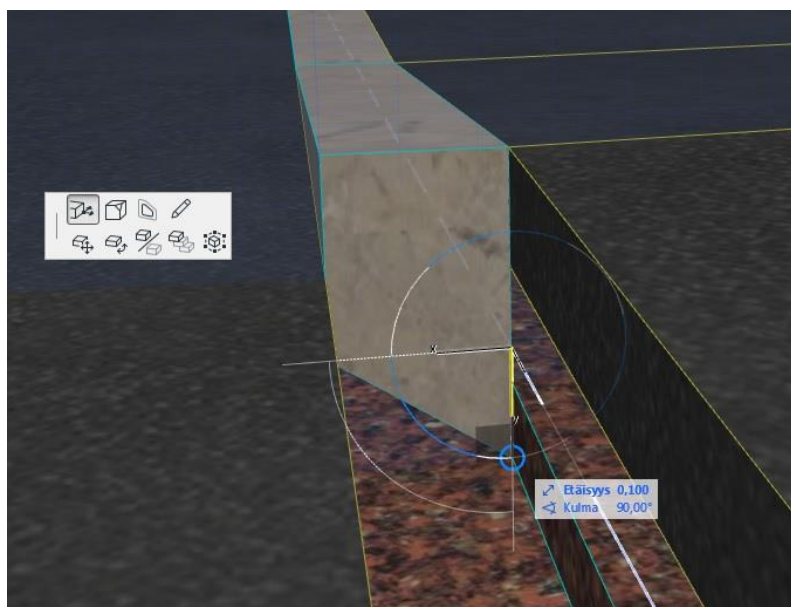


KUVA 96 Seuraavaksi muokataan tartuntapisteiden sijainteja lisää.

1. Tartutaan seuraavaksi ylänurkasta ja viedään se kiinni asfaltin yläpintaan kuvan mukaisesti. Tässä tapauksessa etäisyytenä on 0,15m, sillä jalkakäytävän pinta laskee luiskan kohdalla 10cm metrille ja siihen lisätään vielä jalkakäytävän 5% kaato, josta opimme jo kuvassa 95.
2. Toistetaan sama vastakkaiselle muunteen tartuntapisteelle. Huomioidaan, että ArchiCAD ehdottaa oikeaa tartuntakohtaa jälleen muuttamalla kursorin rastiksi.

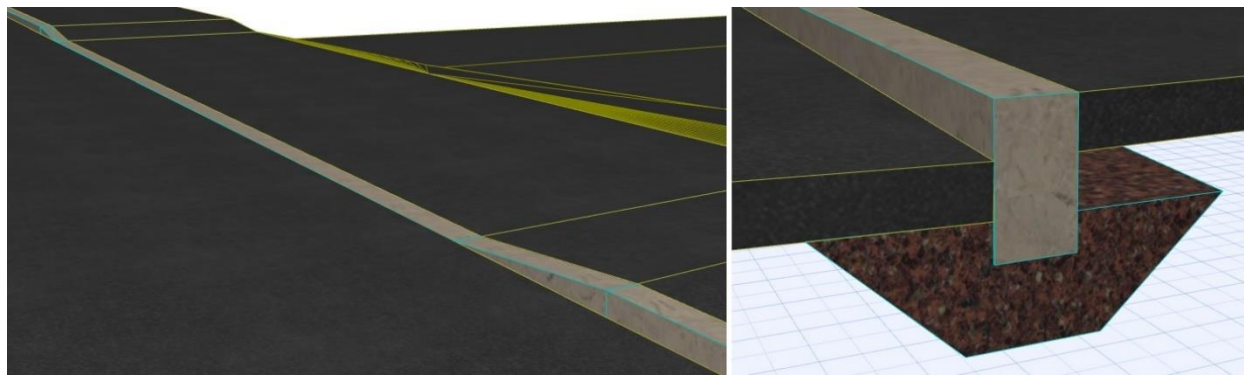


KUVA 97 Vaihdetaan palkin asetuksista poikkileikkaukseksi ”Reunakivi_Luiskattu”. Osoitetaan aloituspiste muokkaamamme muunteen oikeaan ylänurkkaan, kuten kuvassa. Osoitetaan loppupiste seuraavaan jalkakäytävän pisteeseen. Muokataan palkin kaltevuutta siirtämällä loppupistettä sinisellä ympyröityyn pisteeseen.

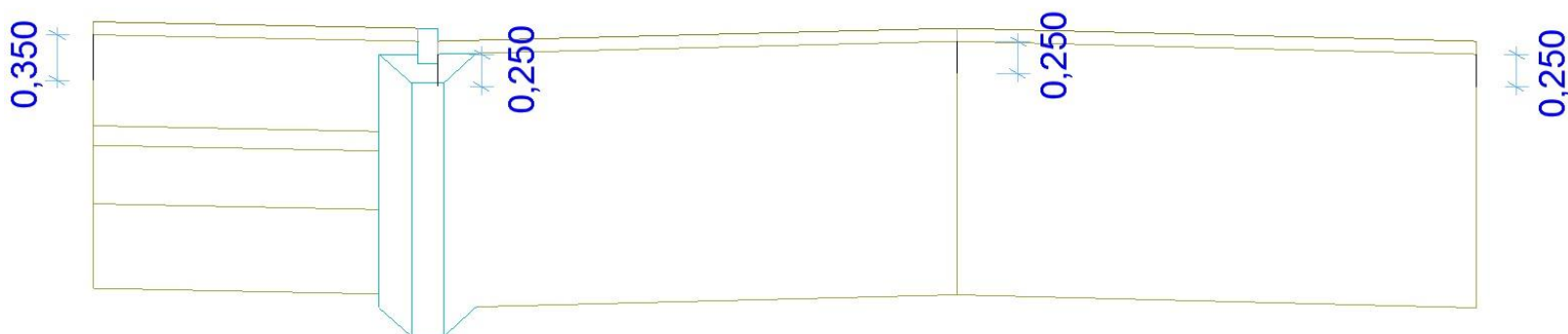


KUVA 98 Mallinnetaan jatkoksi uusi reunakivi.

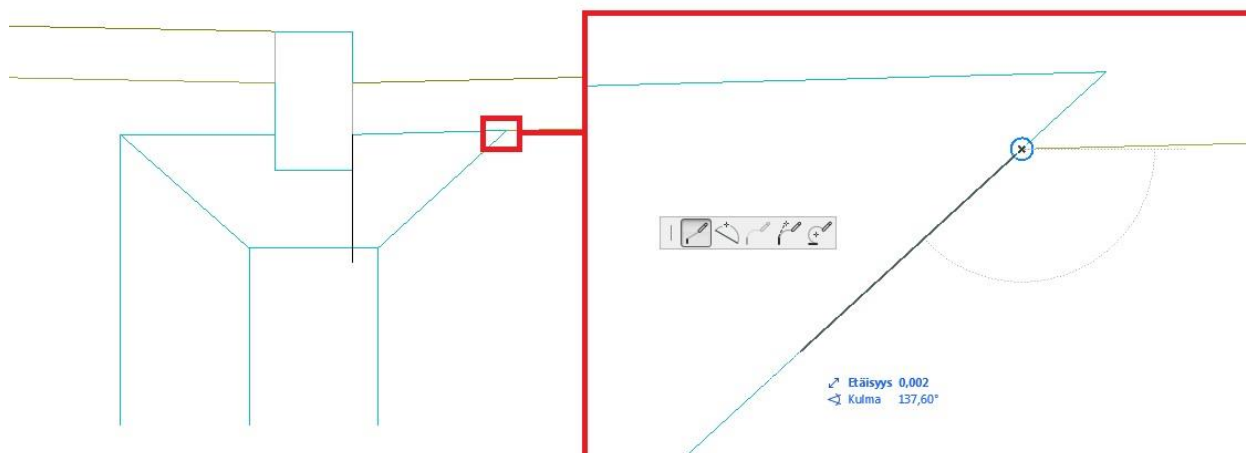
1. Osoitetaan uusi palkki paikalleen osoittamalla sen alkavaksi edellisen palkin loppupisteestä ja loppumalla seuraavaan jalkakäytävän pisteeseen. Palkille tulee siis mitaksi 1m.
2. Muunnetaan uusi palkki muunteeksi, kuten kuvassa 94.
3. Siirretään alanurkka kiinni asennussoraan, kuten kuvassa 95, mutta tällä kertaa etäisyydeksi tulee 0,1m.
4. Toistetaan sama vastakkaisellekin tartuntapisteelle. Nyt on mallinnettuna toinenkin luiskattu reunakivi.



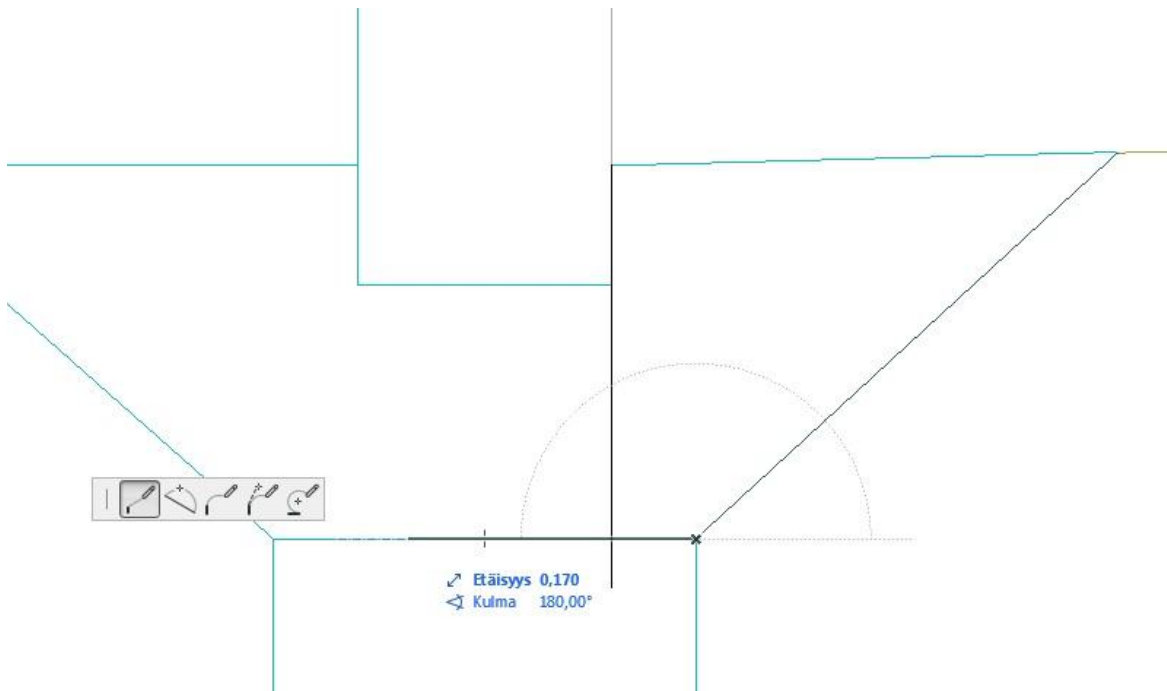
KUVA 99 Vaihetaan palkin asetuksista poikkileikkaukseksi ”Reunakivi” ja mallinnetaan reunakivi loppuun itäpäättyyn asti. Muutetaan kaltevuus kuntoon ja reunakivi on luiskauksineen valmis, kuten kuvassa.



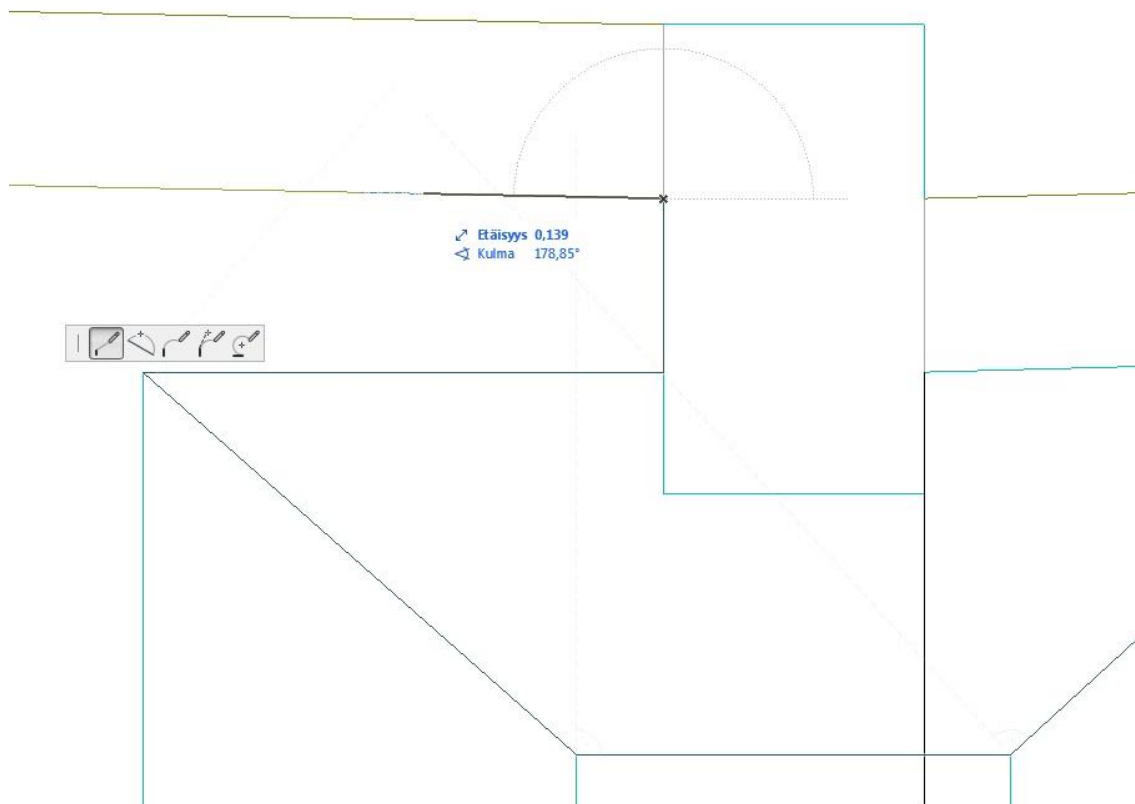
KUVA 100 Seuraavaksi mallinnetaan kantava kerros. Siirrytään leikkauskuvaan *A-02 Leikkaus*. Piirretään apuviivat alkamaan asfaltin alapinnan pisteistä suoraan alaspäin. Viivojen värillä ei ole väliä, mutta ne voi halutessaan muokata erottuvammaksi. Mittaviivoja ei tarvitse tehdä.



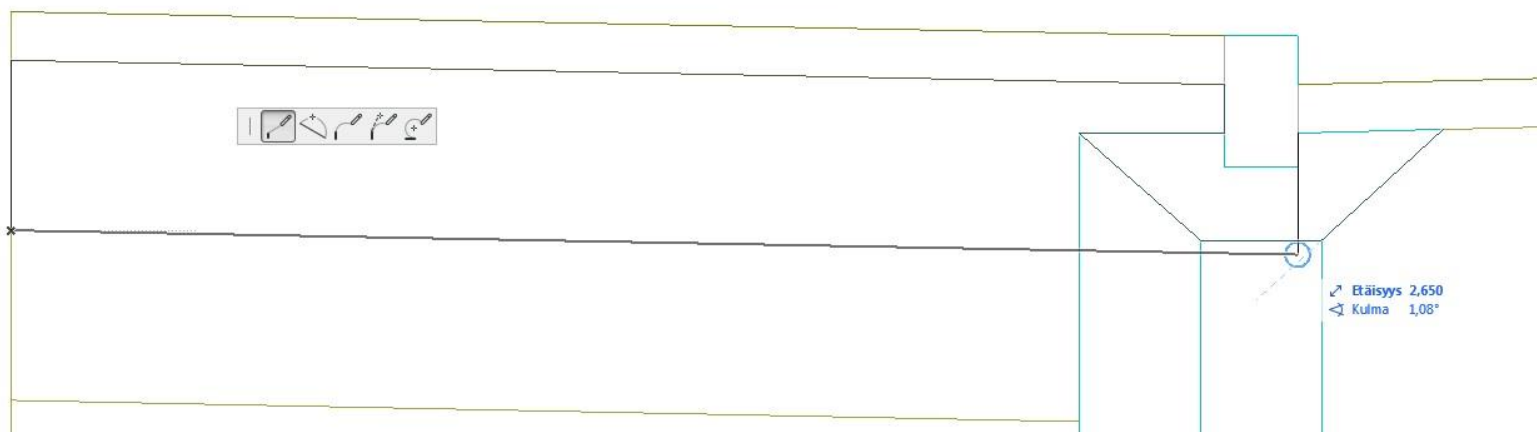
KUVA 101 Osoitetaan muunteen alkupiste kuvassa havainnollistettuun pisteeseen.



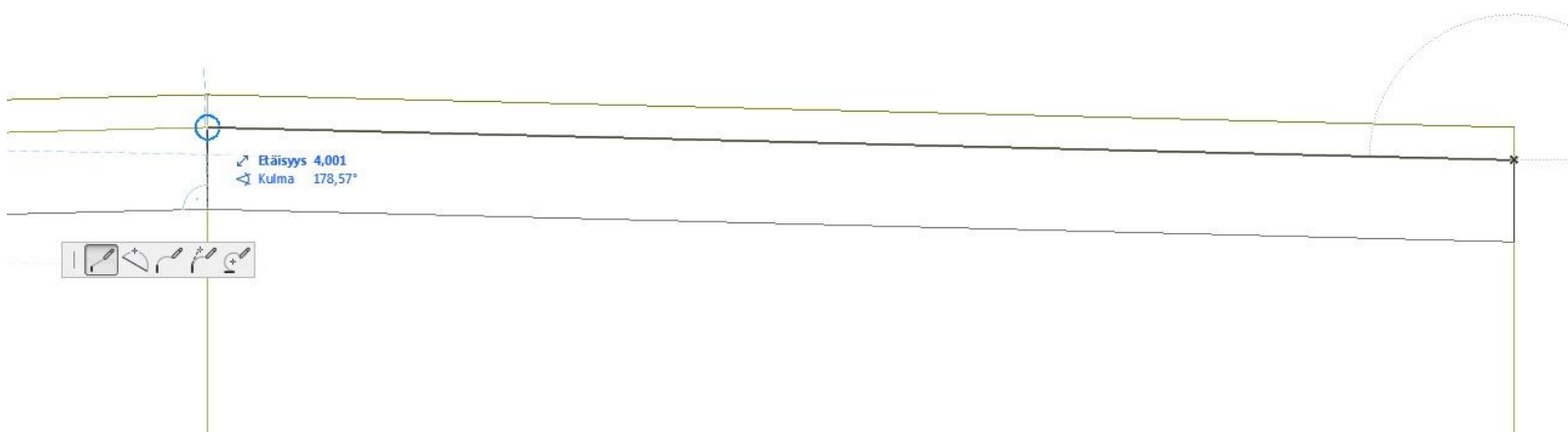
KUVA 102 Osoitetaan muunteen pisteitä asennussoran poikkileikkauksen ääriviivoja seuraten. Apuviivaa ei huomioida vielä tässä kohtaa.



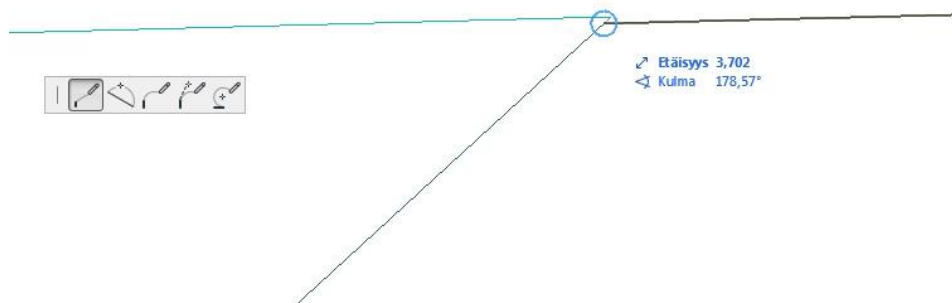
KUVA 103 Jatketaan muunteen piirtämistä seuraten jalkakäytävän asfaltin alapintaa.



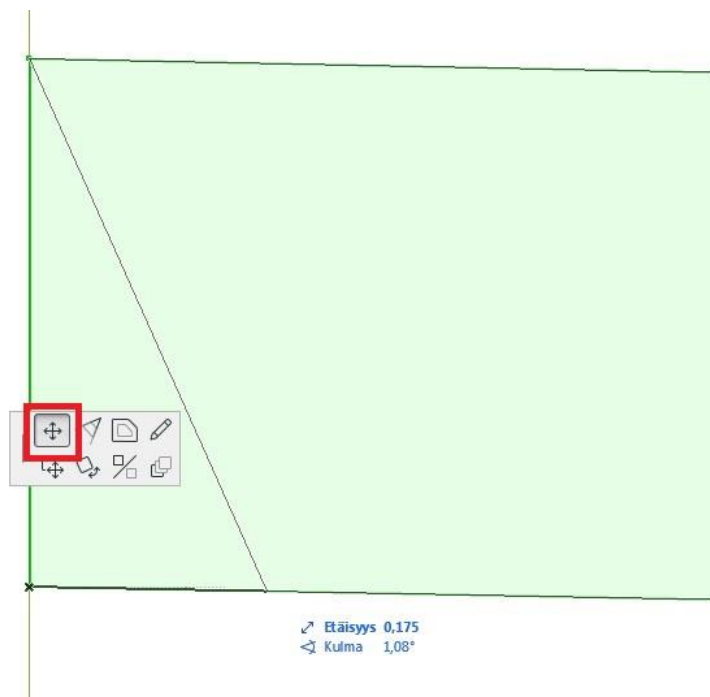
KUVA 104 Muunteen piirtämistä jatketaan apuviivaa myöten ja nyt saavutaan aiemmin sivuutetulle apuviivalle.



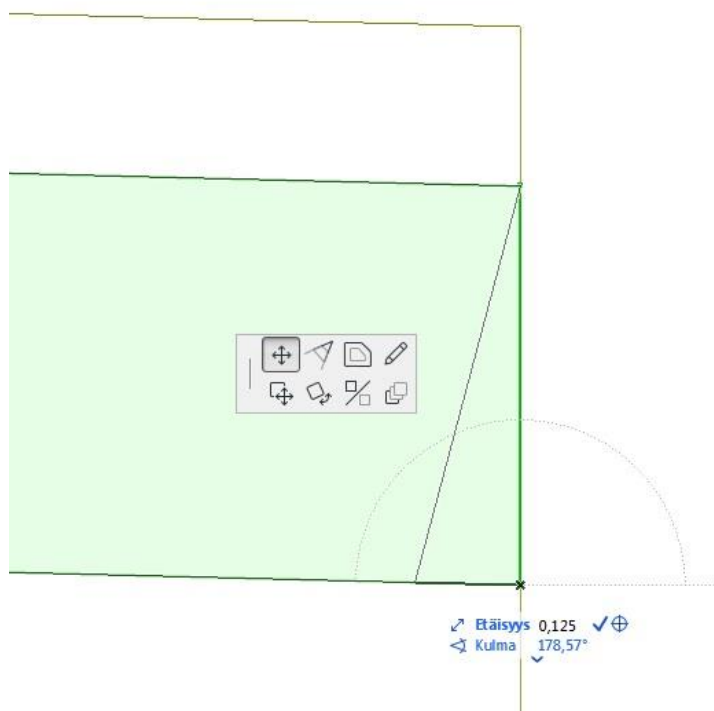
KUVA 105 Muunteen piirtämistä jatketaan apuviivojen avulla kohti kadun asfaltin alapintaa ja seuraavaksi seurataan sitä.



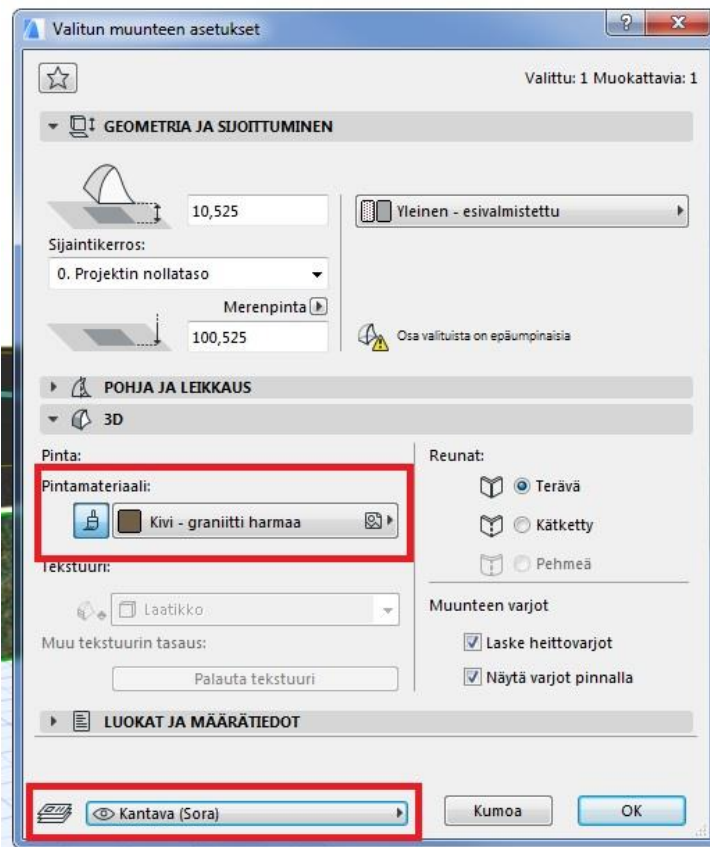
KUVA 106 Osoitetaan muunteen loppupiste alkupisteeseen. Huomioidaan, että kursori vaihtuu vasaraksi alkupisteen kohdalla.



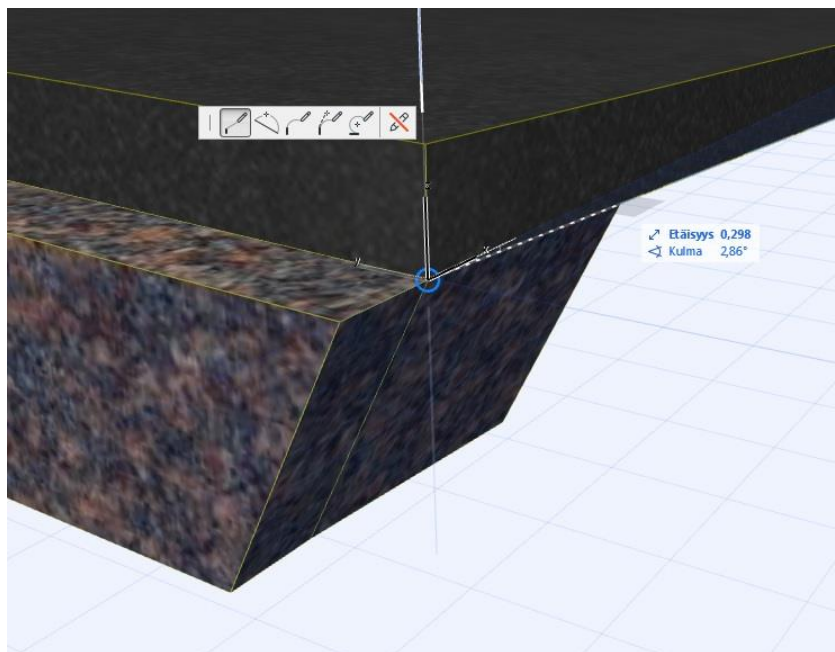
KUVA 107 Muokataan muunnetta vastaamaan tosielämän kaivannon luiskausta. Valitaan luiskauksen kaltevuudeksi esimerkiksi 1:2. Tässä tapauksessa 0,35m paksuista kerrosta siirretään alapinnan äärioviivaa seuraten 0,175m ($0,35\text{m} \div 2$) oikealle päin. Äärioviivan seuraamisen voi päätellä siitä, että kulma on jotain muuta kuin $0,00^\circ$.



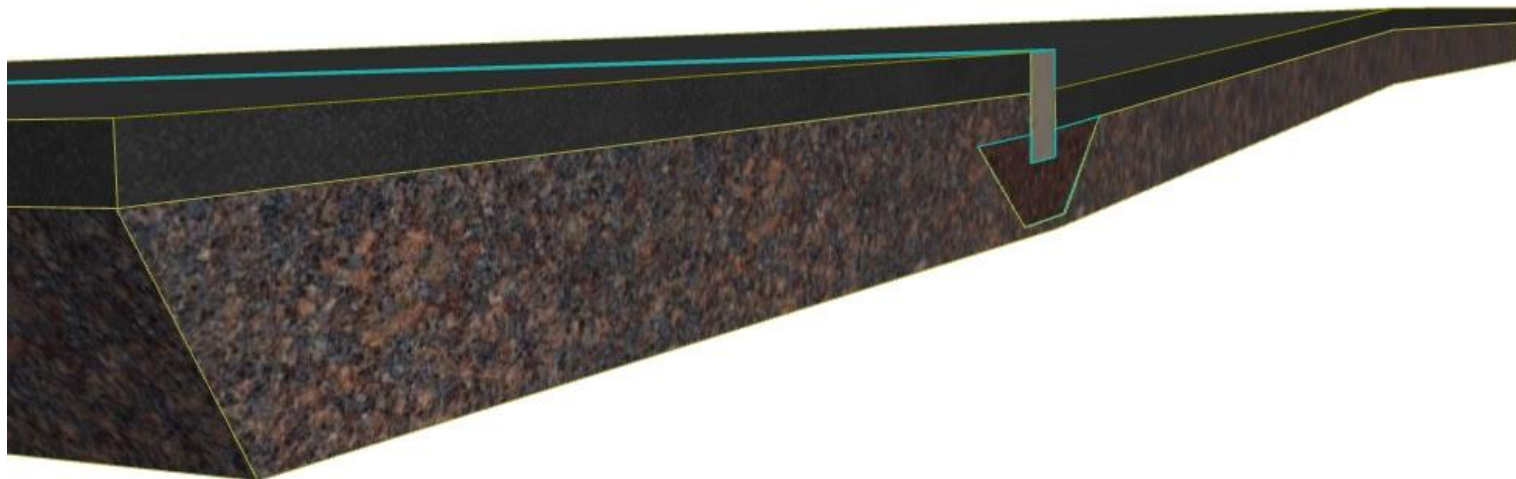
KUVA 108 Tehdään seuraavaksi sama muunteen toiselle alanurkkapisteelle. Tässä tilanteessa äärioviivaa myöten siirretäänkin 0,125m ($0,25\text{m} \div 2$), sillä kadun kantava kerros on 0,25m paksu.



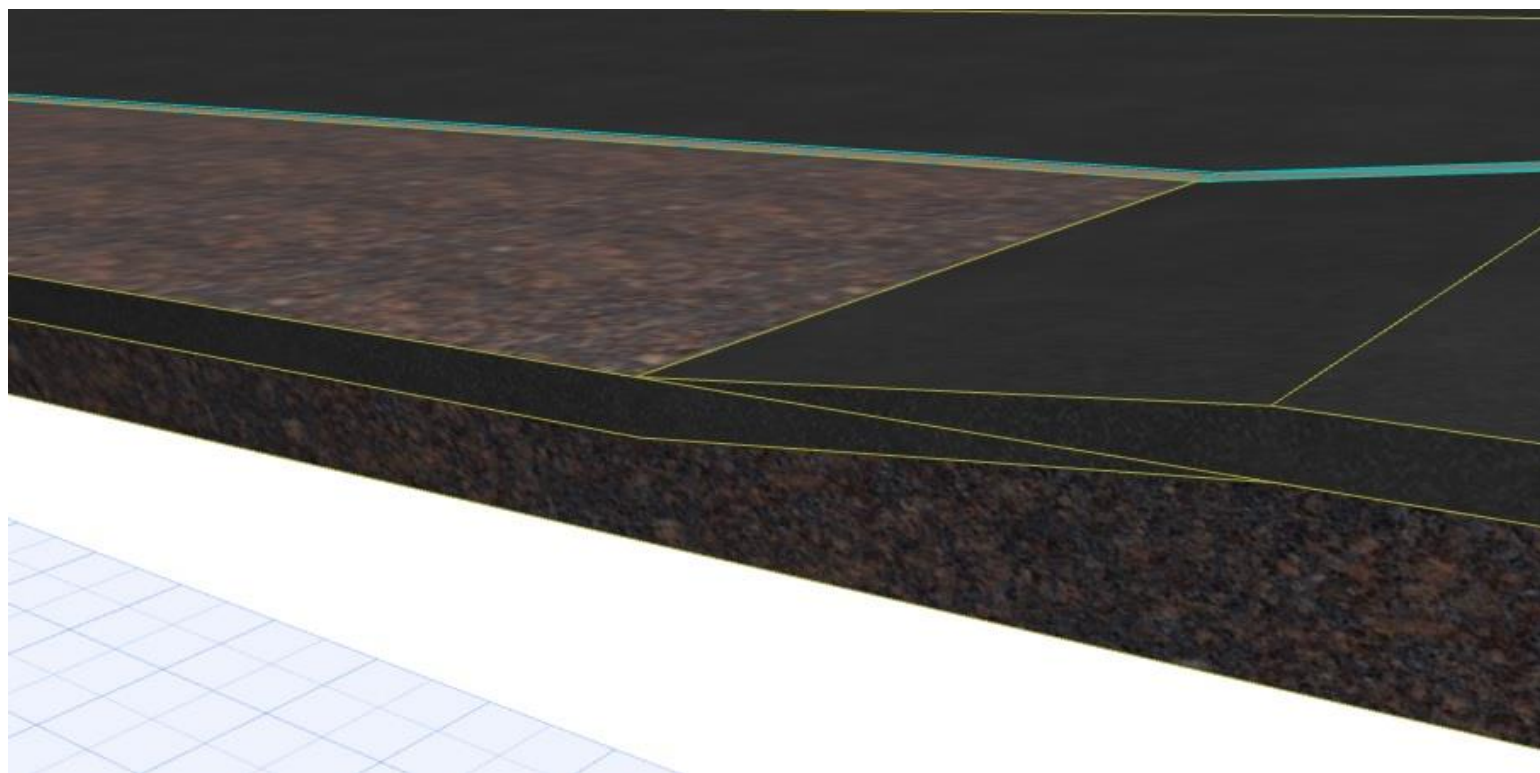
KUVA 109 Muokataan mallinnetun muunteen asetukset kuvan mukaisiksi.



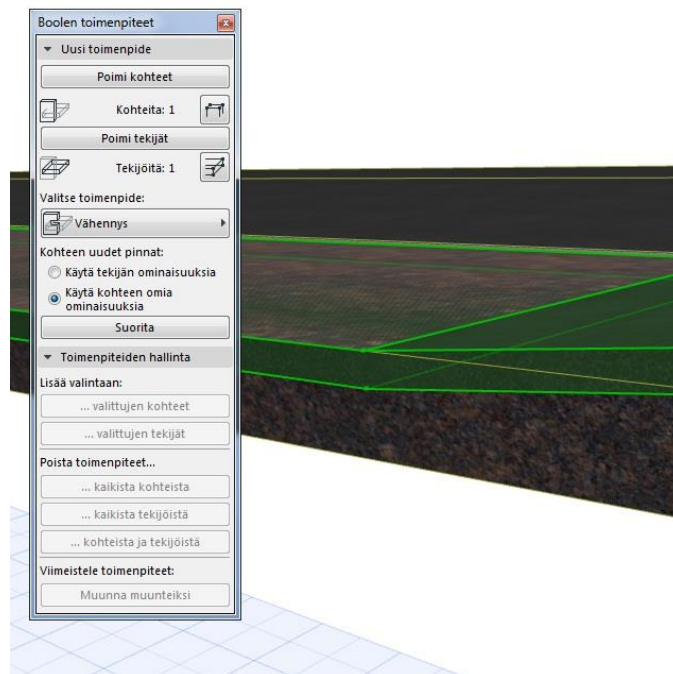
KUVA 110 Siirrytään pursottamaan kantavaa kerrosta, kuten kuvissa 62-64 ja osoitetaan loppupiste itäpäättyyn asti.



KUVA 111 Leikataan ylimääräinen muunne ja poistetaan se, kuten kuvissa 66-70. Nyt länsipääty näyttää tältä. Kantavan kerroksen pääty ei välttämättä ole samassa tasossa reunakiven ja asennussoran kanssa, mutta se on ArchiCADin omaa epätarkkuutta.

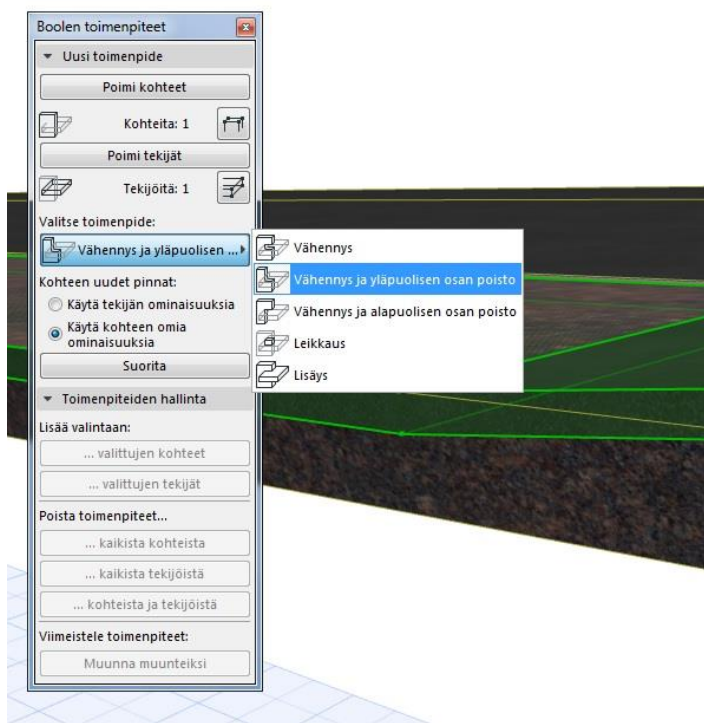


KUVA 112 Seuraavaksi korjataan tilanne, jossa kantava kerros on samassa tilassa asfaltin kanssa. Tätä varten on tasoasetuksista piilotettu asfalttipinnat, kuten kuvassa 65. Avataan *Boolean toimenpiteet* polusta *Suunnittelu – Boolean toimenpiteet*.

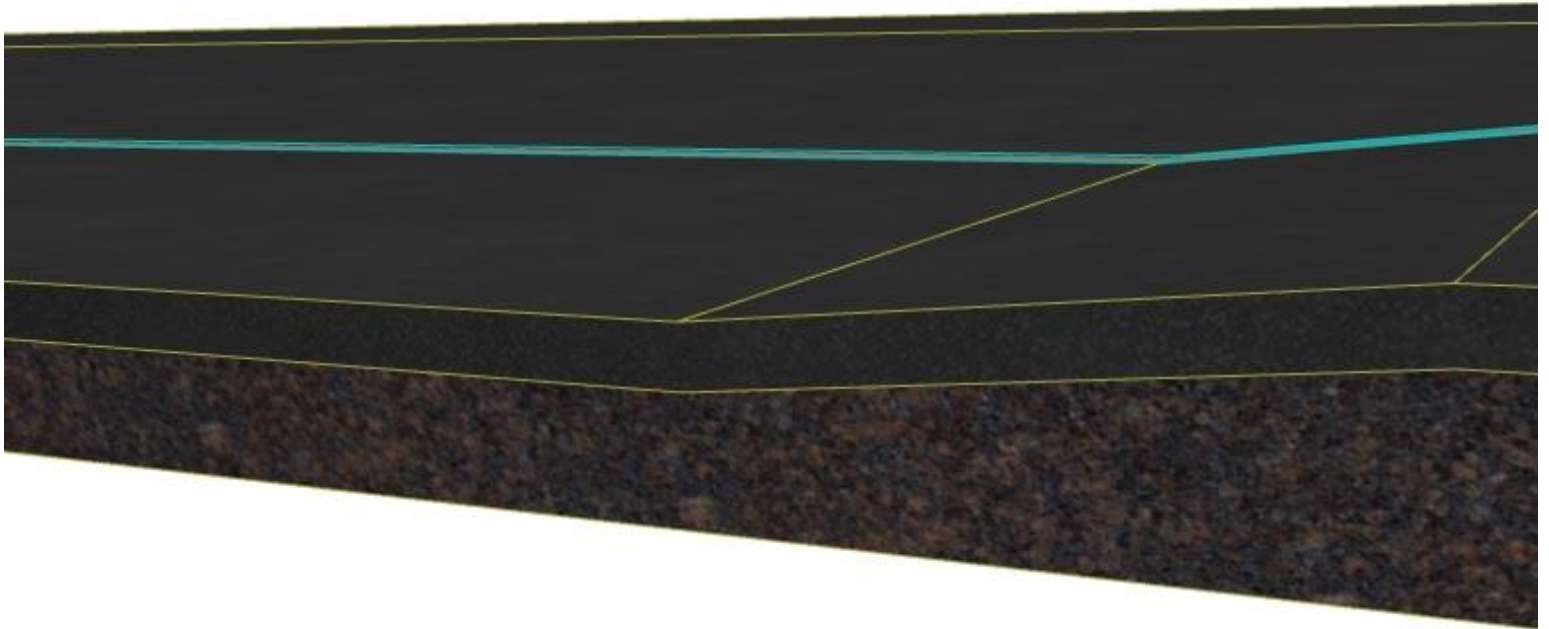


KUVA 113 Seuraavaksi ruudulle ilmestyy *Boolean toimenpiteet*-ikkuna

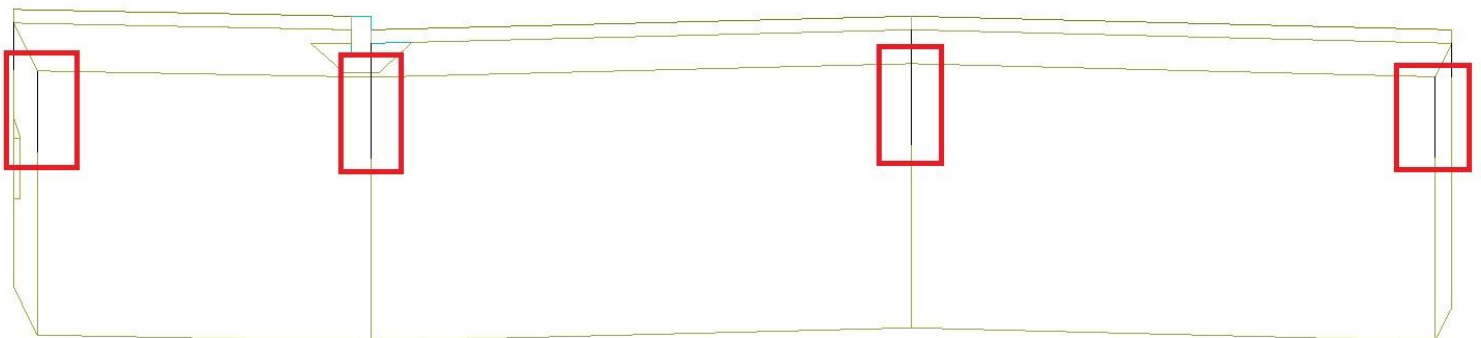
1. Valitaan kantava kerros aktiiviseksi, ja klikataan ”Poimi kohteet”. Nyt kohteita on yksi (1).
2. Poistetaan aktiivisuus painamalla ESC ja valitaan aktiiviseksi jalkakäytävän asfaltti.
3. Klikataan *Poimi tekijät*. Nyt tekijöitäkin on yksi (1).



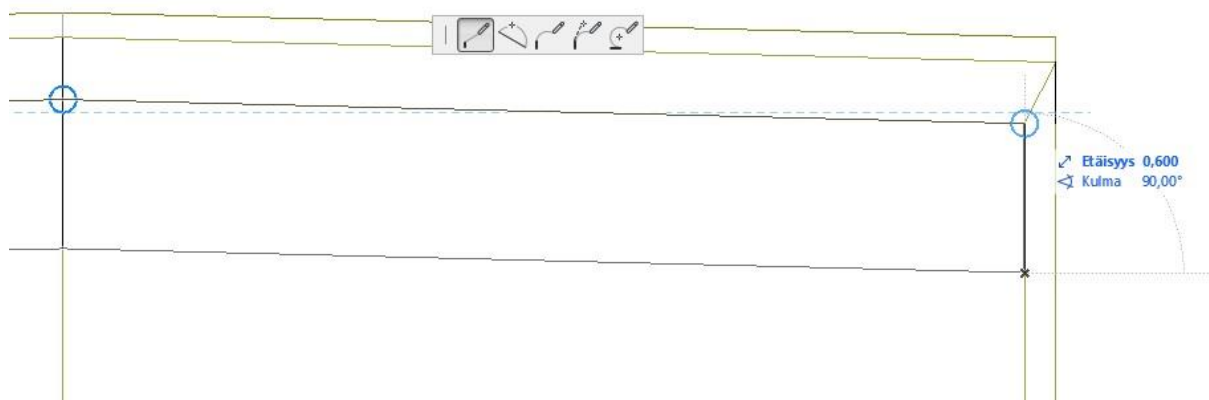
KUVA 114 Valitaan toimenpiteeksi *Vähennys ja yläpuolisen osan poisto*. Klikataan seuraavaksi *Suorita* ja suljetaan ikkuna.



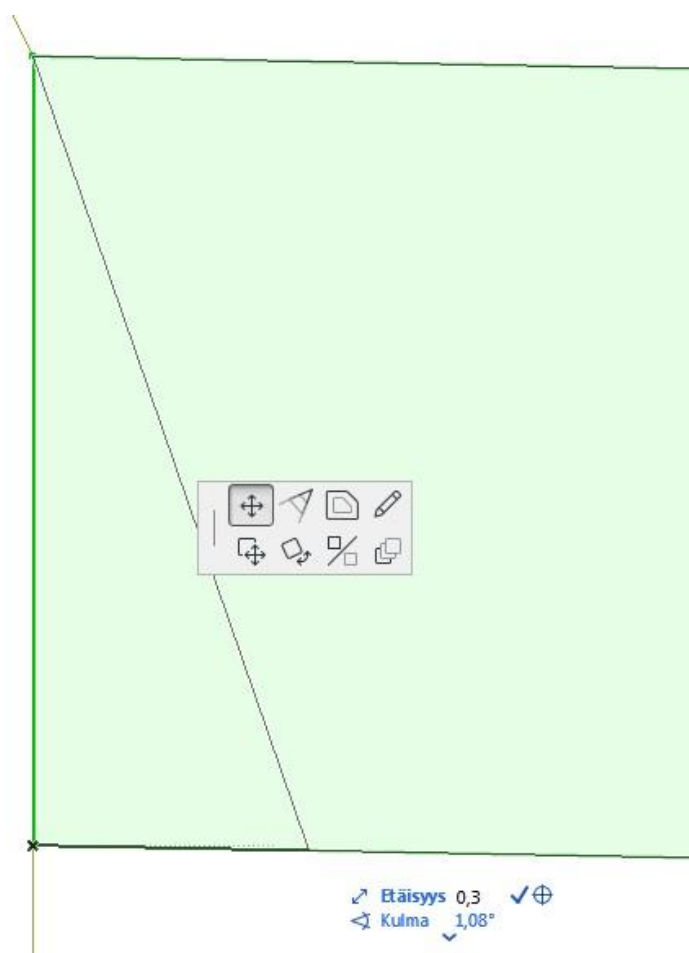
KUVA 115 Nyt kantava kerros noudattaa asfaltin alapintaa. Boolean toimenpiteitä kannattaa käyttää silloinkin, jos osien päällekkäisyys ei näy. Se auttaa mm. mahdollisen määräluettelon täsmällisyyteen.



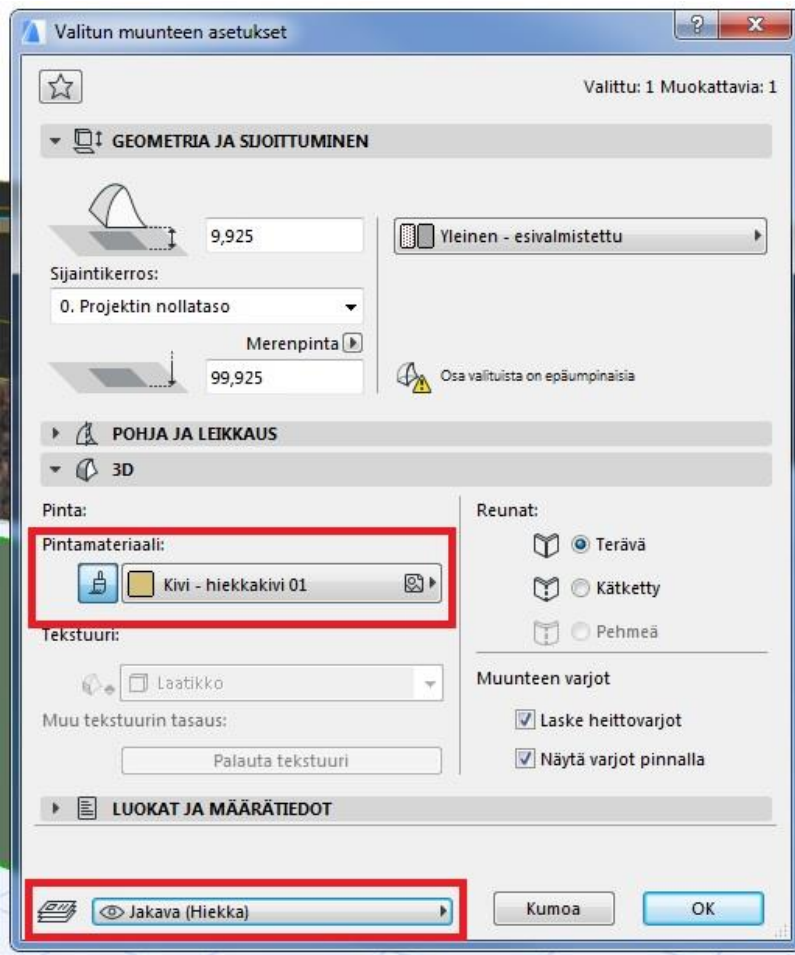
KUVA 116 Siirrytään A-02 leikkaus -kuvaan ja aloitetaan jakavan kerroksen mallintaminen. Piiretään kuvan mukaisiin kohtiin 0,6m mittaiset apuviivat. Apuviivat alkavat kantavan kerroksen alapinnasta.



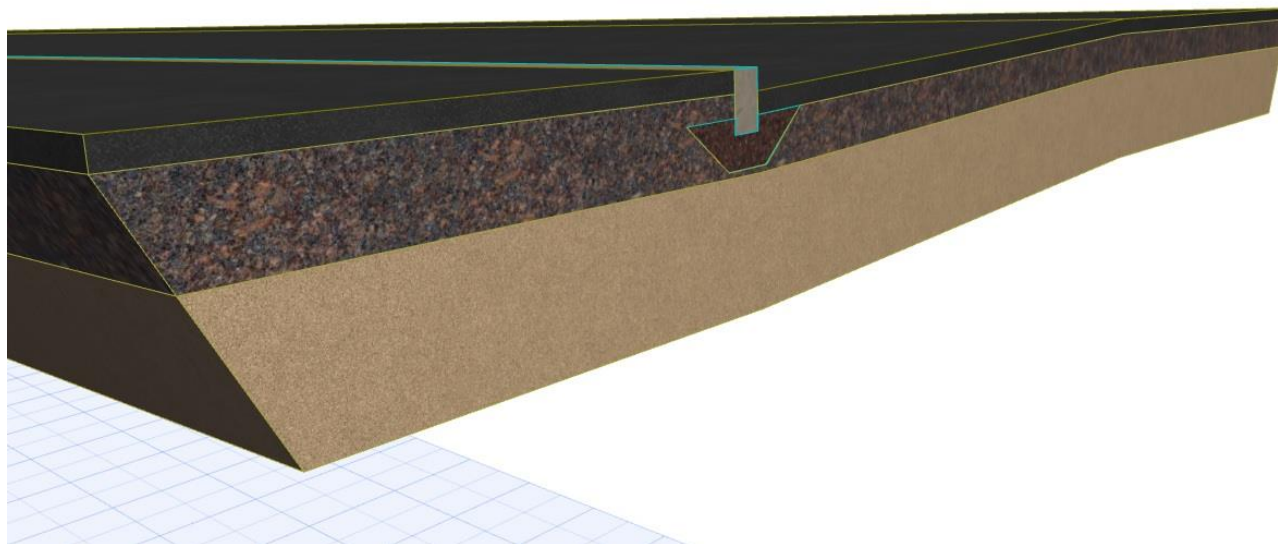
KUVA 117 Osoitetaan muunteen alkupisteeksi esimerkiksi kantavan kerroksen oikea alanurkka. Seurataan kantavan kerroksen alapintaa ja apuviivojen loppupisteitä, kunnes osoitetaan muunteen loppupiste alkupisteen kohdalle. Tämän merkiksi kursori vaihtuu vasaraksi.



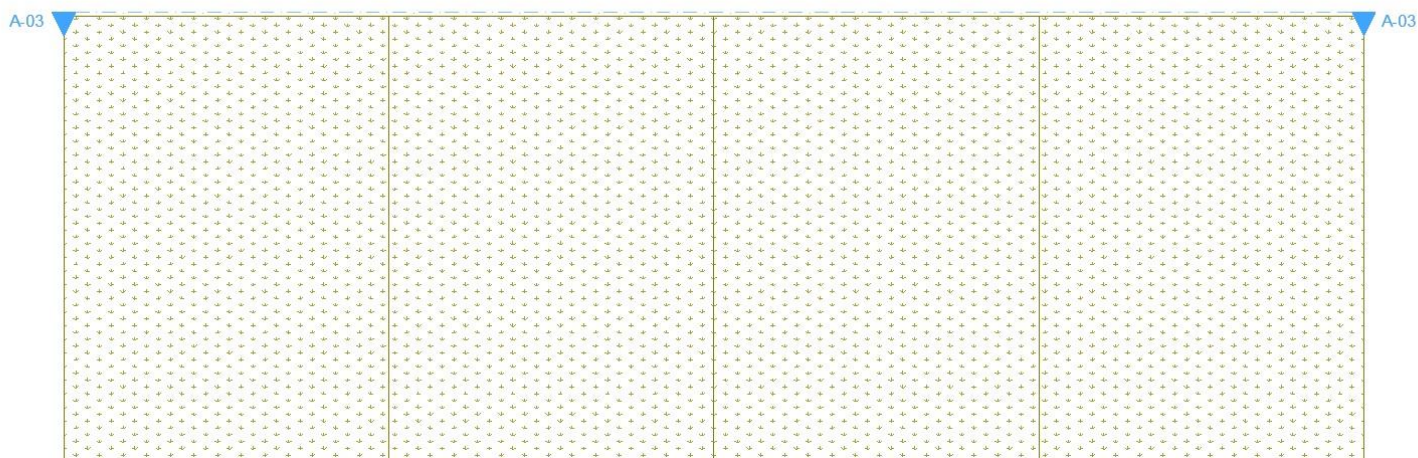
KUVA 118 Siirretään jakavan kerroksen vasenta alanurkkaa oikealle päin äärioviivaa seuraten 0,3m ($0,6m \div 2$). Tehdään sama myös oikealle alanurkalle. Kun nurkat ovat siirretty, niin valitaan Viiva-työkalu, painetaan CTRL+A ja DELETE. Nyt apuviivat ovat poistettu, koska niitä ei enää tarvita.



KUVA 119 Muokataan uuden muunteen asetukset kuvan mukaisiksi.



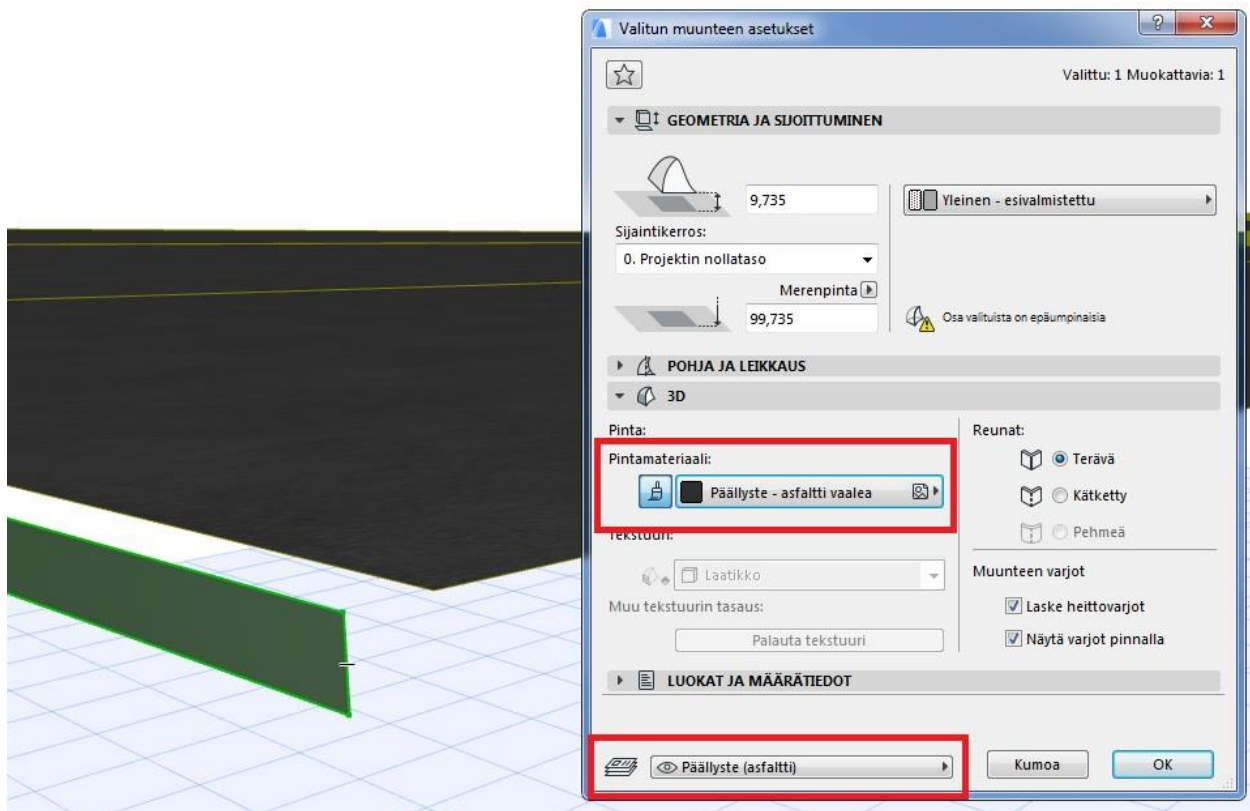
KUVA 120 Pursotetaan muunne kokonaiseksi kerrokseksi, kuten kuvissa 62-64. Poistetaan ylimääräinen osa kuten kuvissa 66-70. Boolean toimenpiteitä ei tarvita, vaan jalkakäytävä ja katu pohjarakenteineen on nyt mallinnettu valmiiksi.



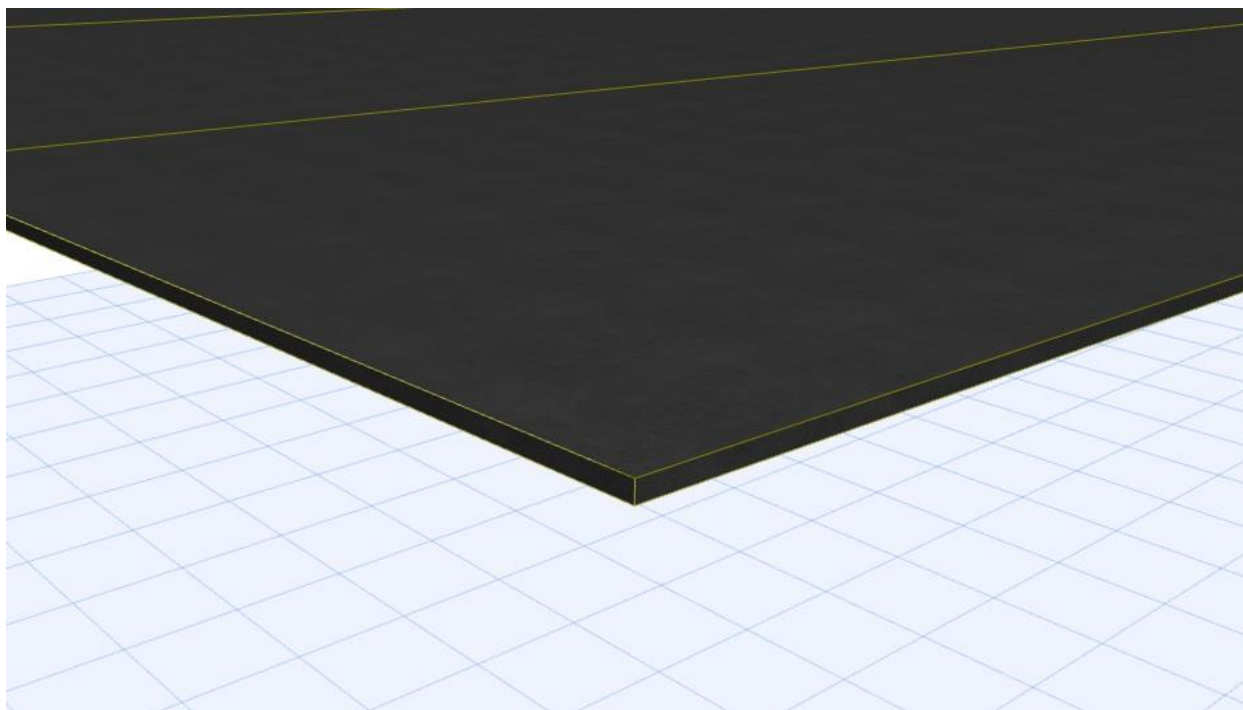
KUVA 121 Siirrytään 2D-kuvaan ja piirretään *Leikkaus*-työkalulla uusi leikkaus pysäköintialueen pohjoispäättyyn ja siirretään sitä pohjoiseen 0,1m. Eli noudatetaan samaa periaatetta, kuin kuvissa 51-52.



KUVA 122 Siirrytään *A03-Leikkaus* -kuvaan ja aloitetaan pysäköintialueen asfalttipinnan mallintaminen. Ensiksi piirrämme kaikkien kaltevuuksien muutoskohtien pisteisiin 0,1m mittaiset apuviivat suoraan alaspäin. Samalla periaatteella siis kuin kuvissa 54-56. Piirretään seuraavaksi muunne, kuten kuvissa 56-59.



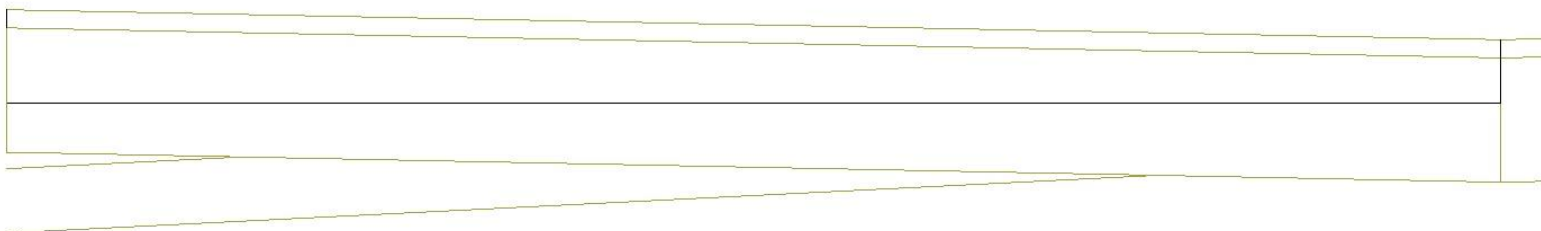
KUVA 123 Muokataan muunteen asetukset kuvan mukaisiksi.



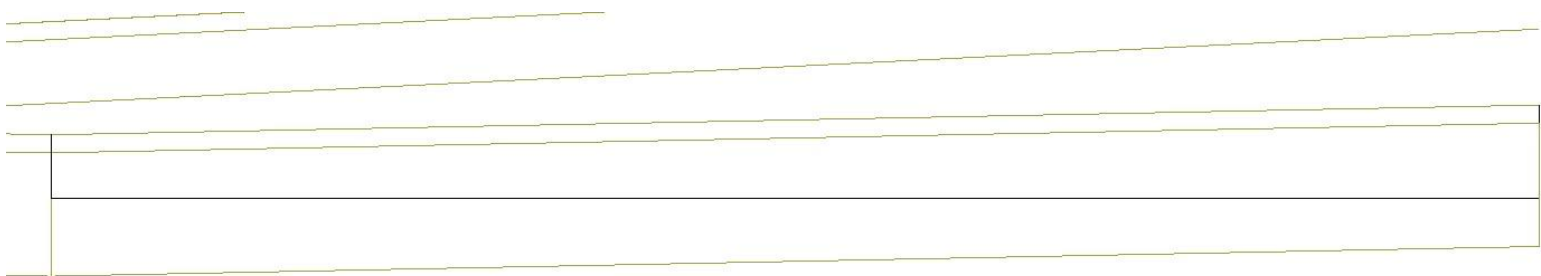
KUVA 124 Pursotetaan muunne ja poistetaan ylimääräinen osa samalla periaatteella kuten aiemminkin.



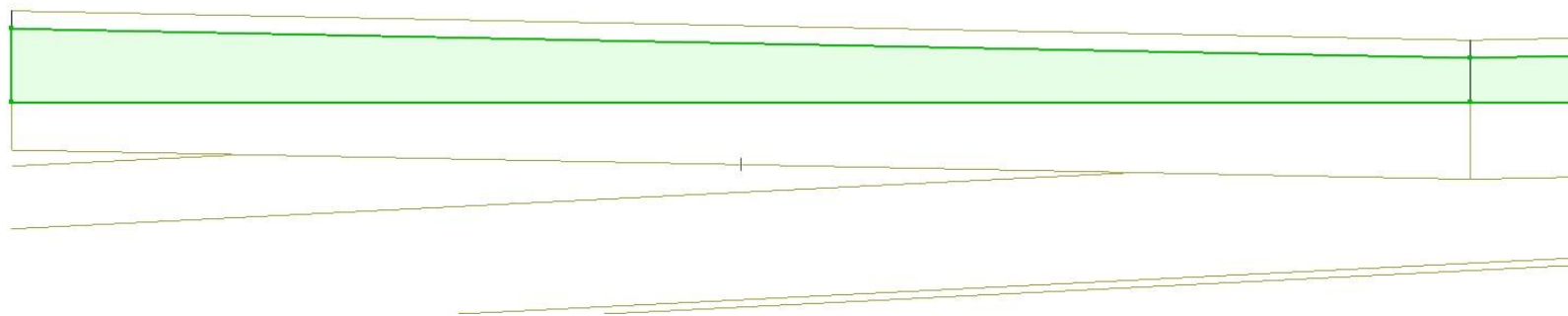
KUVA 125 Jatketaan kantavan kerroksen mallintamisella. Pysäköintialueella kantavan kerroksen alapintaa ei muotoilla, joten se on tasainen. Tätä varten piirretään 0,25m pituinen apuviiva toiseksi vasemman puoleisen apuviivan jatkoksi. Apuviivaa lähdetään jatkamaan nollakulmassa kohti itää kiinni asfalttipinnan ääriviivaan.



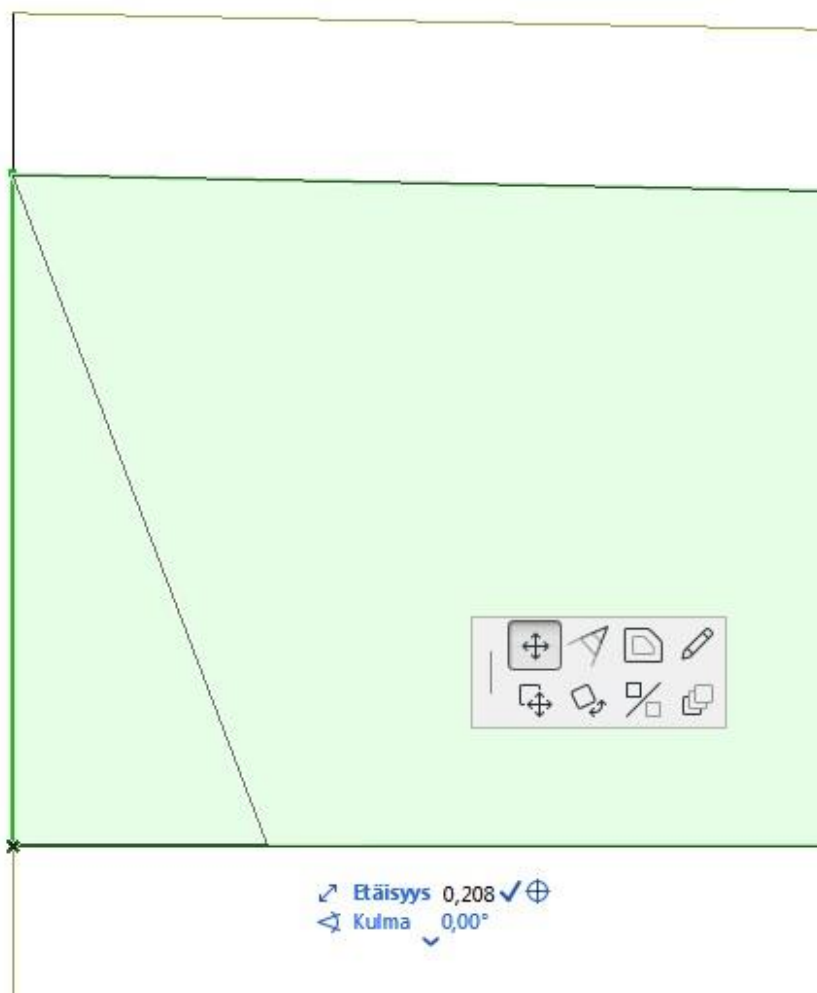
KUVA 126 Apuviiva kokonaisuudessaan. Samanlainen apuviiva piirretään leikkauskuvaan peilikuvana oikeanpuoleisellekin sivulle.



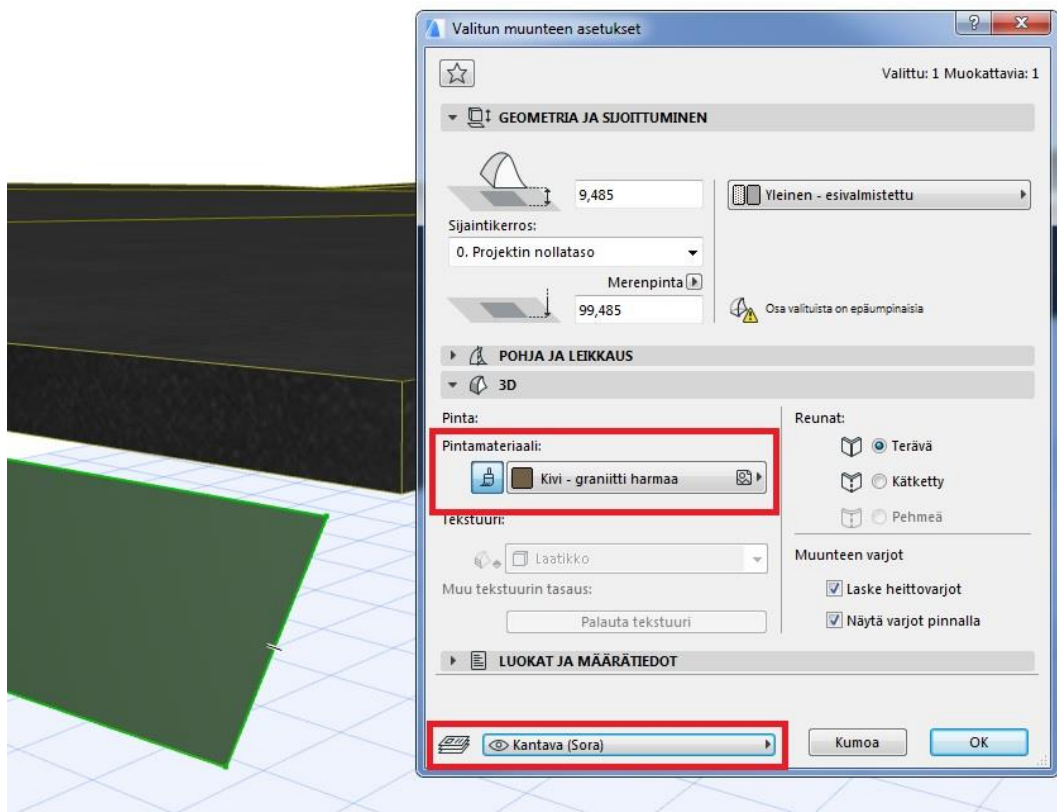
KUVA 127 Vasemmanpuoleisen nurkan apuviiva.



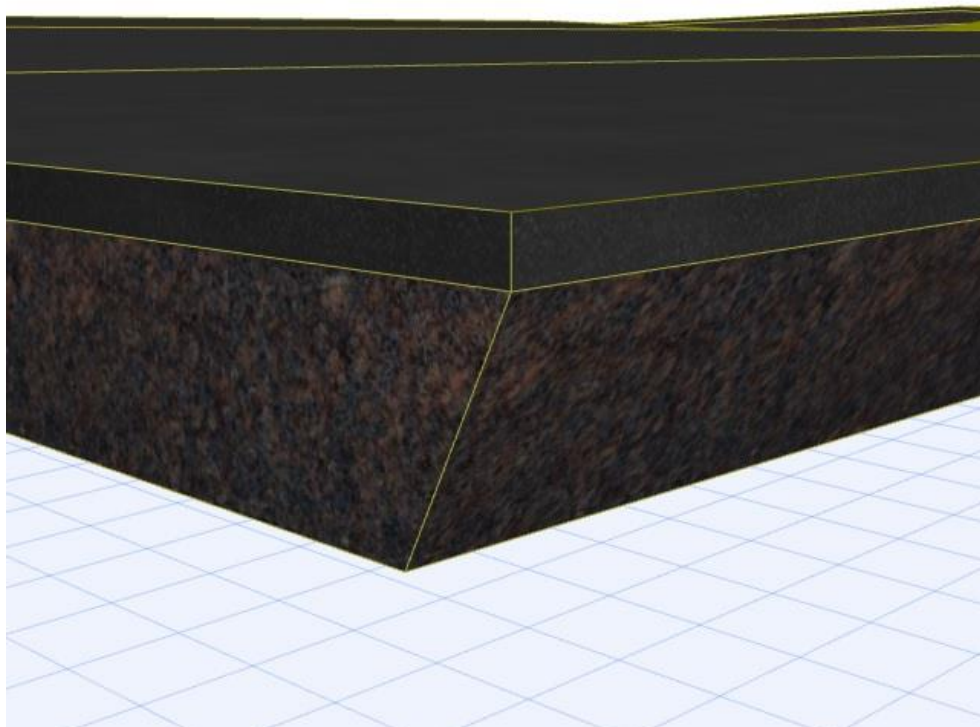
KUVA 128 Kuten kuvassa näkyy, niin uusi muunne piirretään mukaillen asfaltin alapintaa, kun taas muunteen alapinta jää tasaiseksi. Nyt jakavan kerroksen paksuus vaihtelee 0,25m – 0,415m välillä.



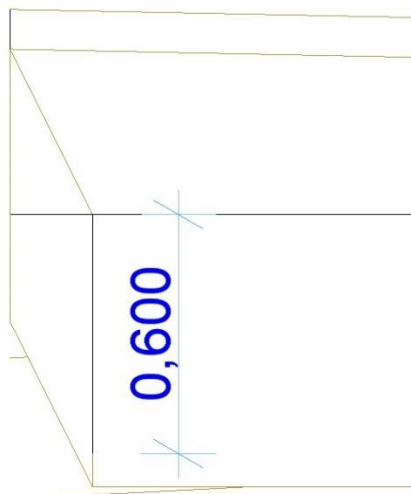
KUVA 129 Kuten aiemminkin, jakavan kerroksen alanurkkaa siirretään kaivannon 1:2 luiskausta vastaavaksi. Tällä kertaa vastaan tulee kuitenkin pieni ongelma. Paksuutena on 0,415m, joka on puolitetuna 0,2075m. Pyöristetään luku ylös 0,208 metriin. Tehdään sama vasemmallekin alanurkalle.



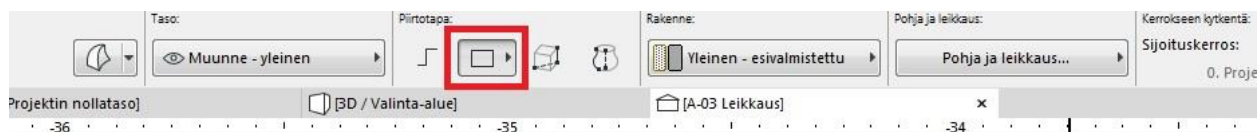
KUVA 130 Muokataan uuden muunteen asetukset.



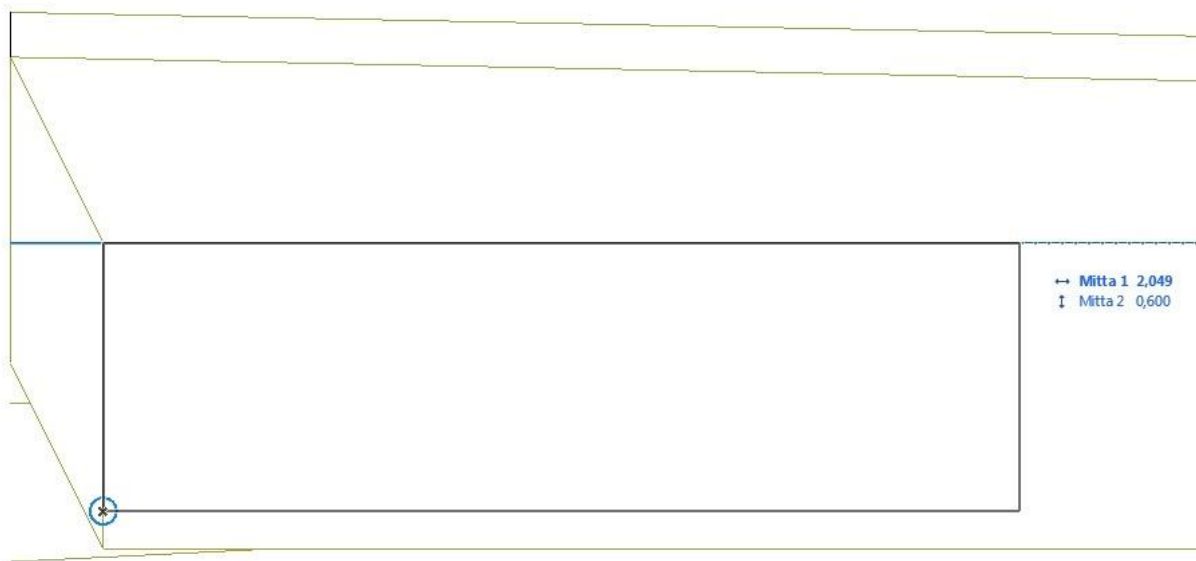
KUVA 131 Pursotuksen ja ylimääräisen osan poiston jälkeinen päädyn näkymä.



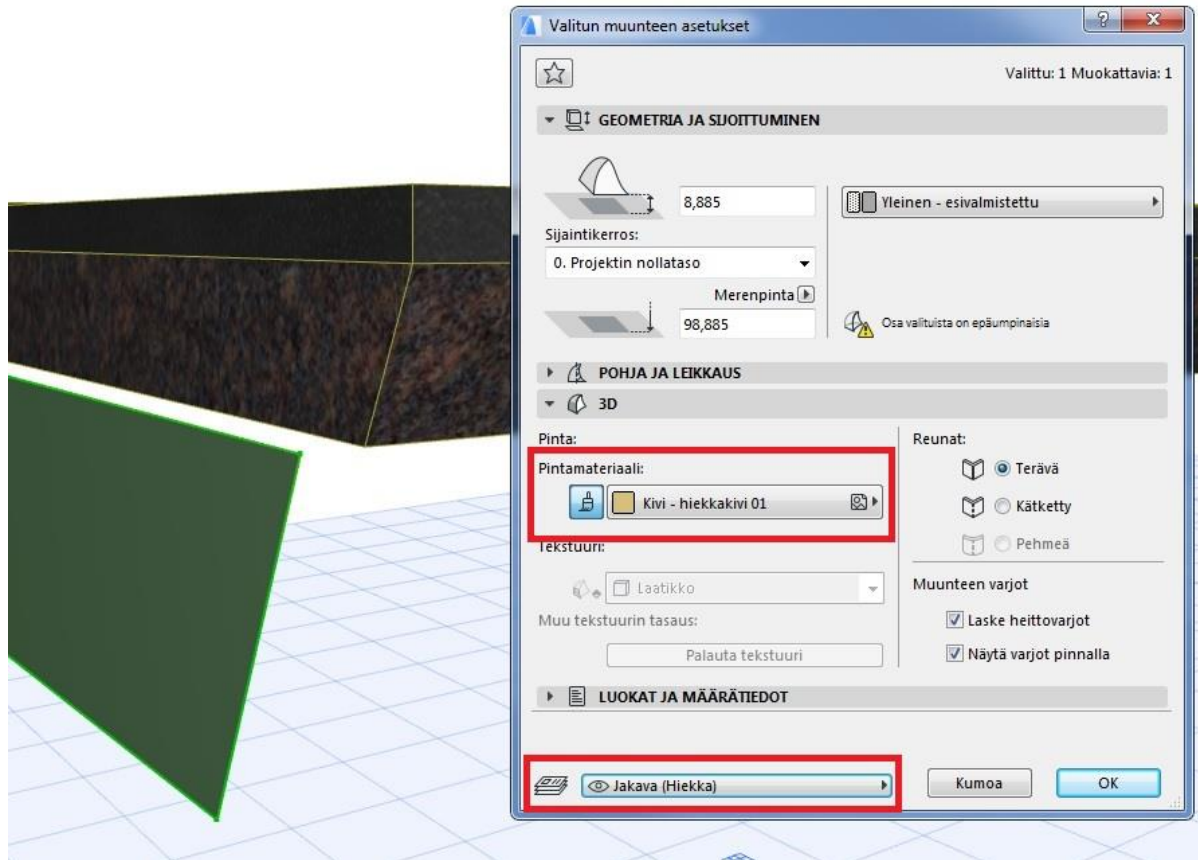
KUVA 132 Piirretään seuraavaksi jakavan kerroksen 0,6m pituinen apuviiva kantavan kerroksen alanurkan pisteestä alaspäin.



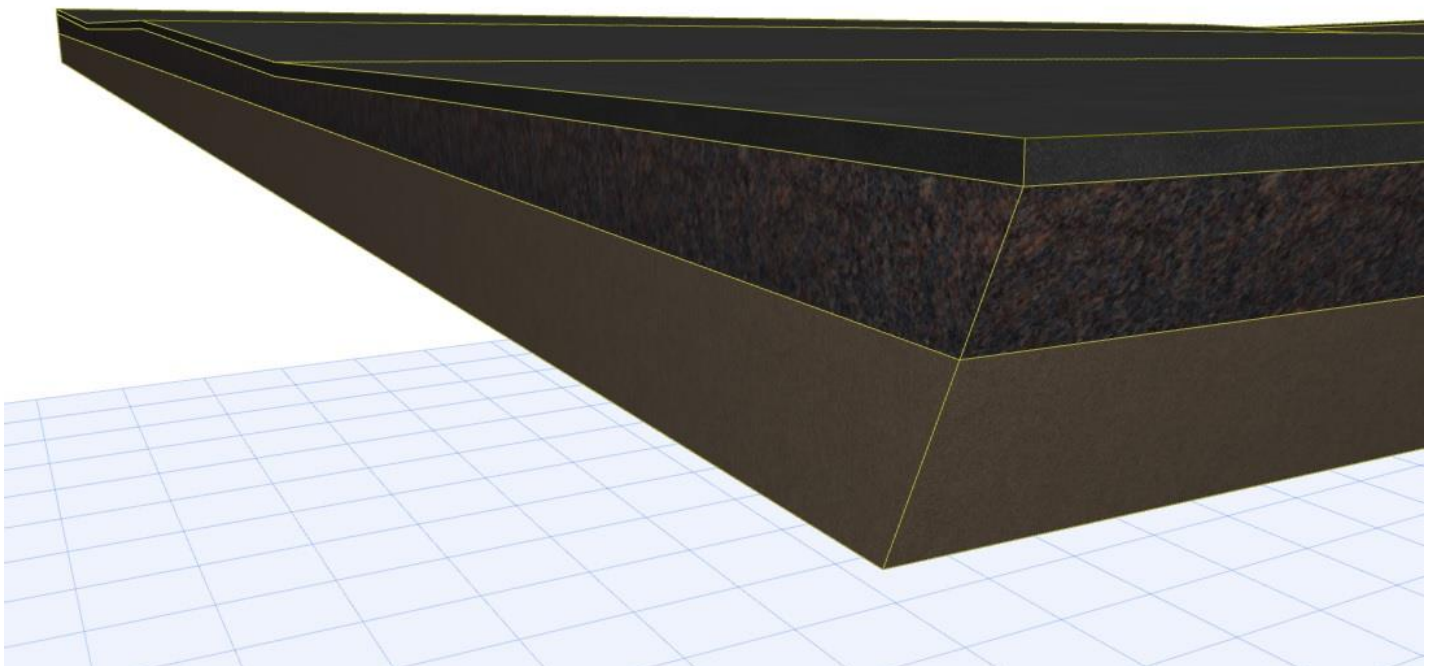
CHICAD-opiskelijalisenssi, ei saa myydä edelleen. Käyttö sallittu GRAPHISOFTin ehtojen mukaisesti.



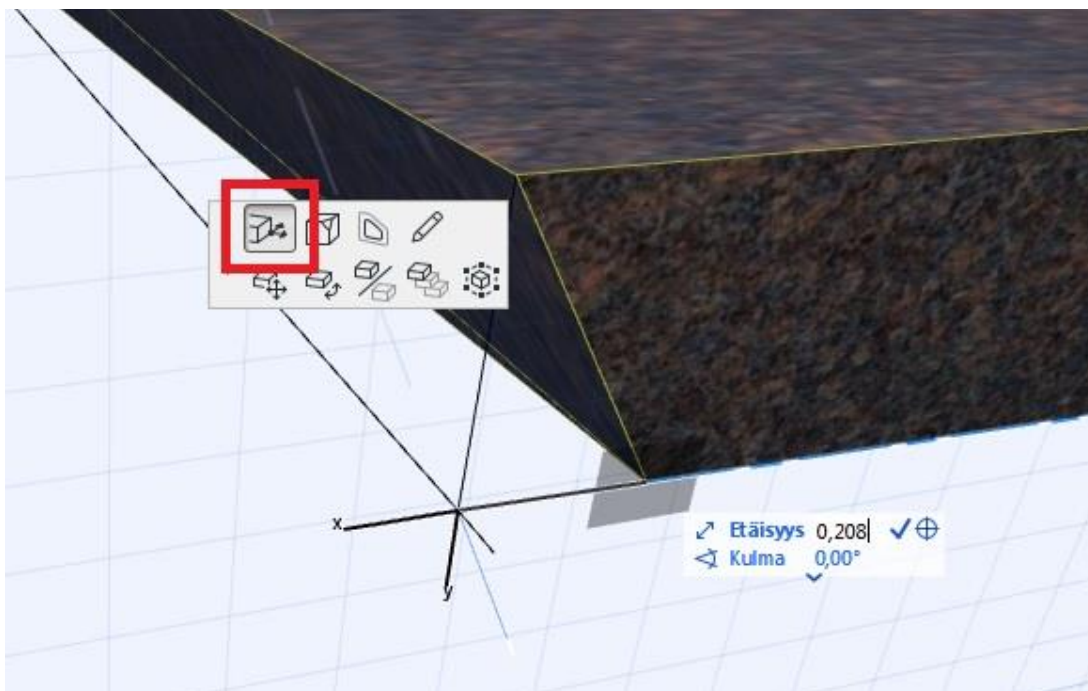
KUVA 133 Piirretään uusi muunne suorakulmaisella piirtotavalla osoittaen alkupiste apuviivan loppupisteeseen. Viedään suorakulmion oikean ylänurkan loppupiste aina jakavan kerroksen oikeaan alanurkkaan kiinni. Siirretään molempia alanurkkia 0,3m vastaamaan 1:2 luiskattua kaivantoa, kuten aiemminkin. Valitaan lopuksi kaikki viivat ja poistetaan ne.



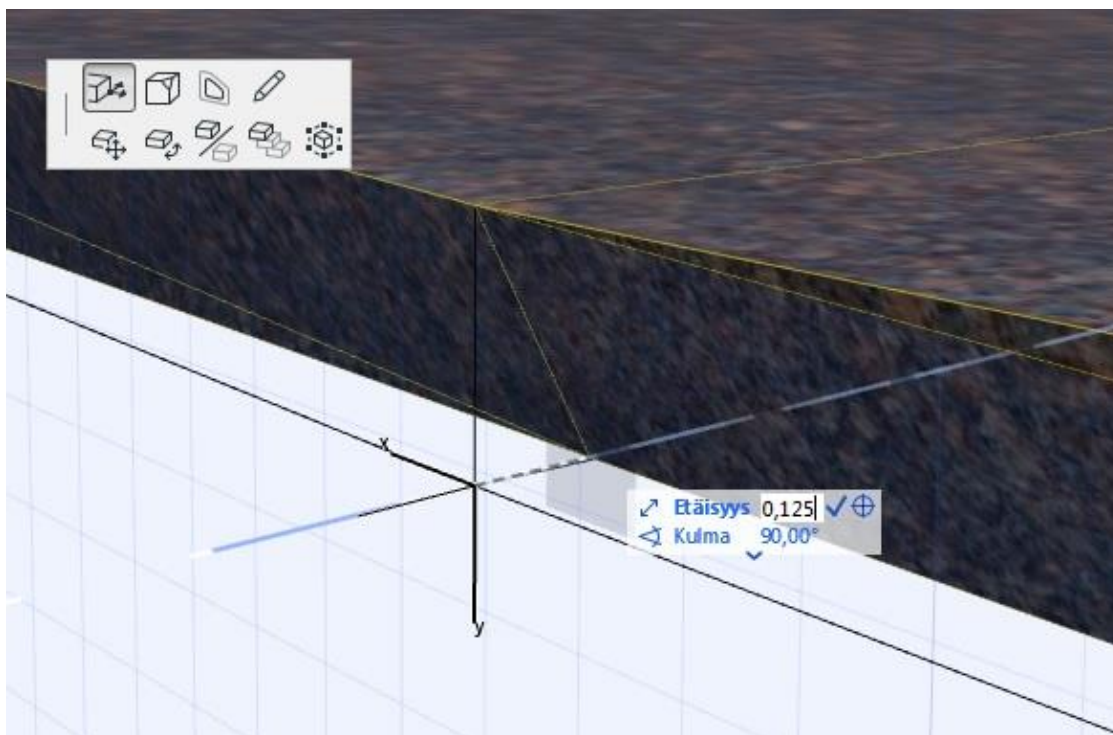
KUVA 134 Muokataan uuden muunteen asetukset.



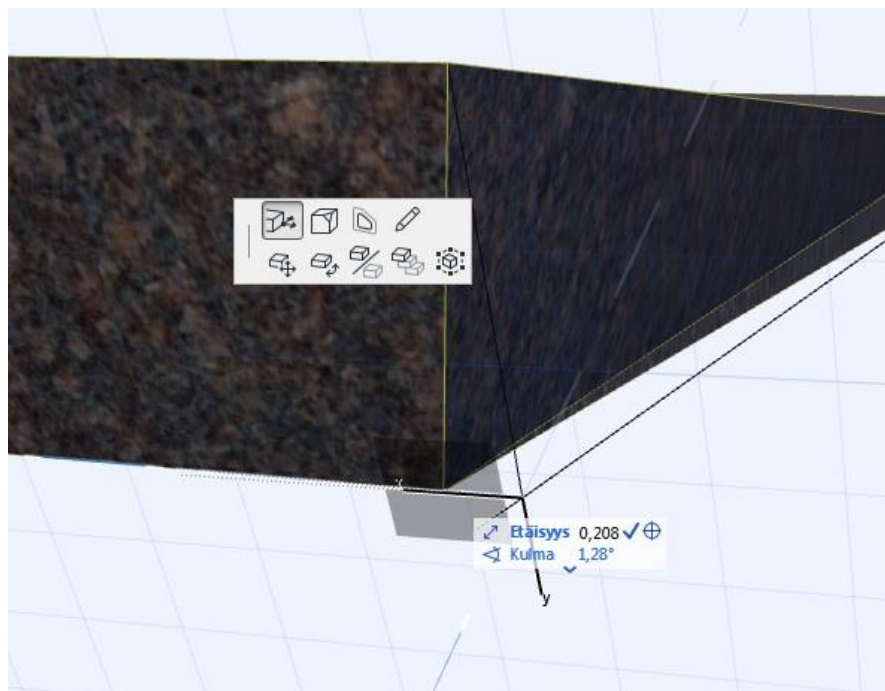
KUVA 135 Jakava kerros pursotettu valmiiksi ja ylimääräinen osa poistettuna.



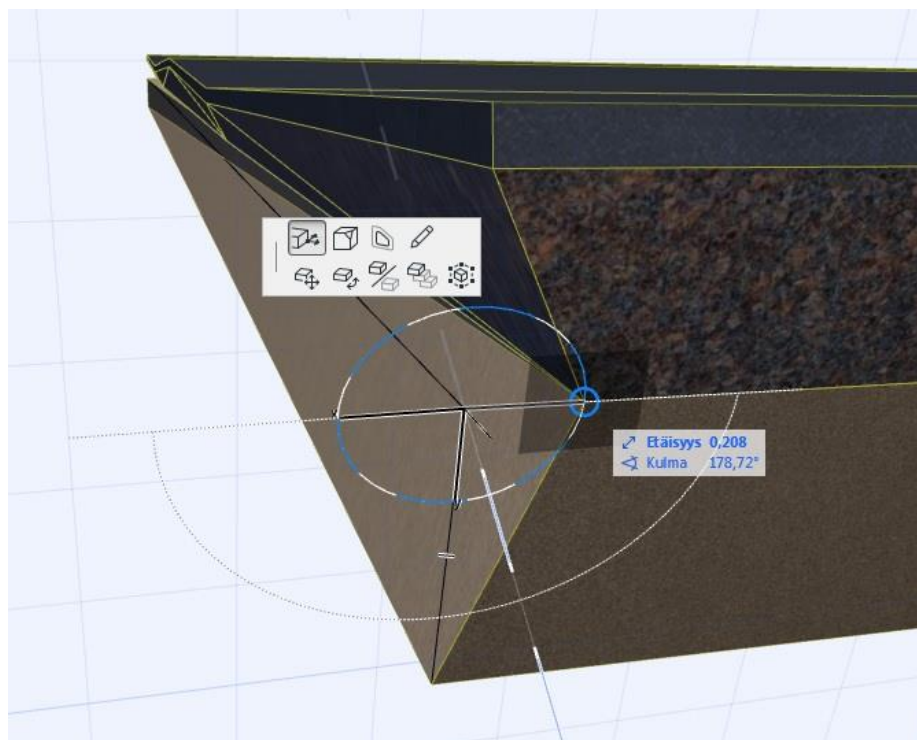
KUVA 136 Muokataan seuraavaksi pysäköintialueen päädyt vastaamaan kaivannon 1:2 luiskausta. Piilotetaan tasoasetuksista ”Pinta-Päällyste”, ”Jakava (hiekkä)” ja ”Päällyste (asfaltti)”. Tartutaan alanurkasta ja viedään sitä suoraan vastakkaista päätä kohti etäisyydellä 0,208m.



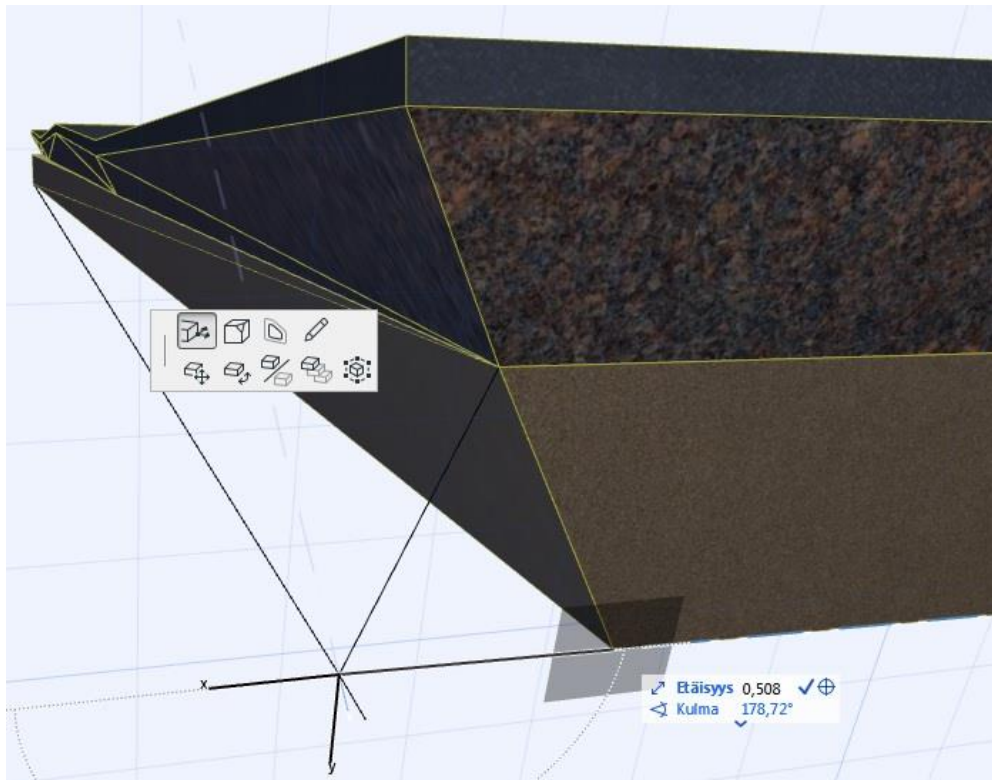
KUVA 137 Siirrytään kohti seuraavaa pistettä ja siirretään sitä kohti vastakkaista päätä etäisyydellä 0,125m. Siirretään samalla periaatteella loputkin päädyn pisteet. Huomioidaan, että keskikohdan harjalla ei ole alapistettä, mutta asia ei haittaa päädyn alapinnan siirtoa.



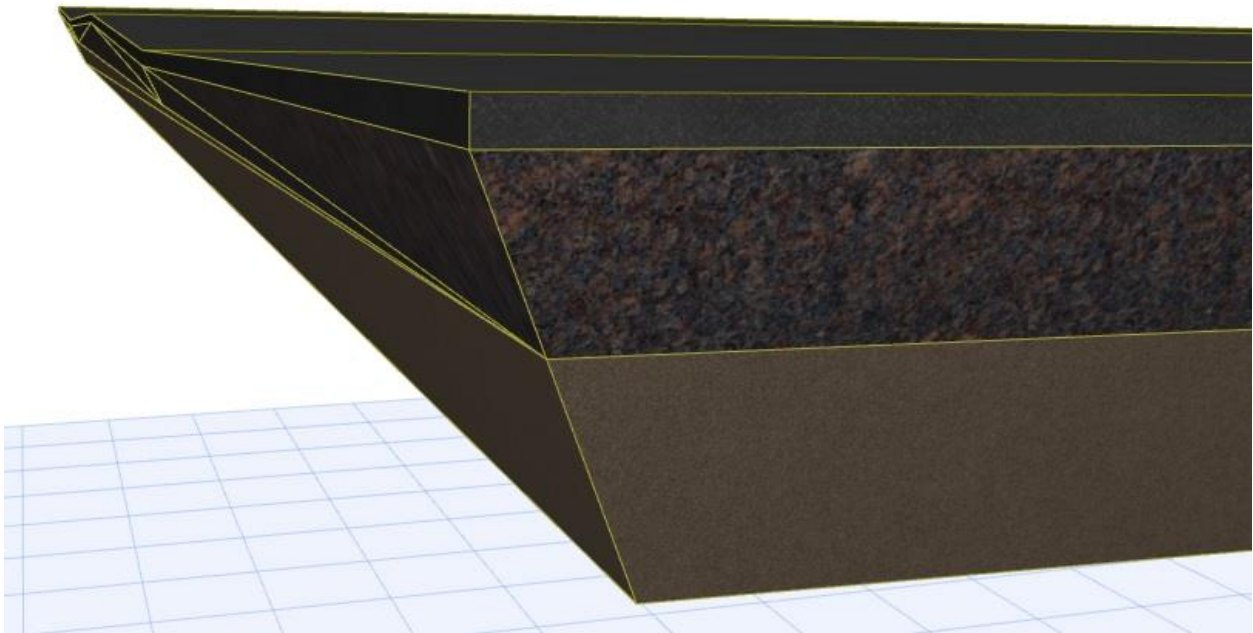
KUVA 138 Toistetaan sama vastakkaisellekin päädylle. Huomioidaan, että kulma on $1,28^\circ$ tai jokin muu lähellä nollaa. Tämä ei kuitenkaan haittaa, mikäli kursorilla seurataan kantavan kerroksen alanurkan äärivivaa. Loppupääty siirretään samalla periaatteella, kuin vastakkainenkin pääty.



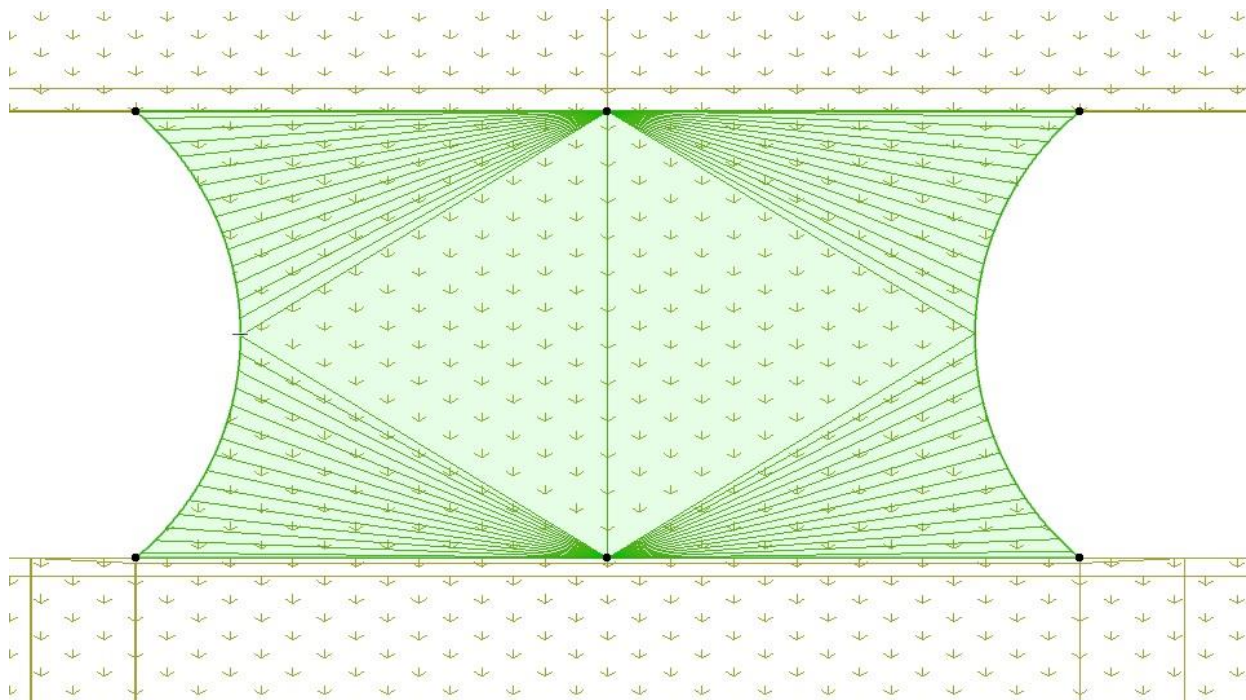
KUVA 139 Kun kantavan kerroksen päädyt ovat muokattuna, niin otetaan tasoasetuksissa kaikki takaisin näkyviin. Jakava kerros on helpompi siirtää, sillä siinä tartutaan yhteensä vain neljään pisteeseen. Siirretään ylänurkka kiinni jakavan kerroksen alanurkkaan, kuten kuvassa.



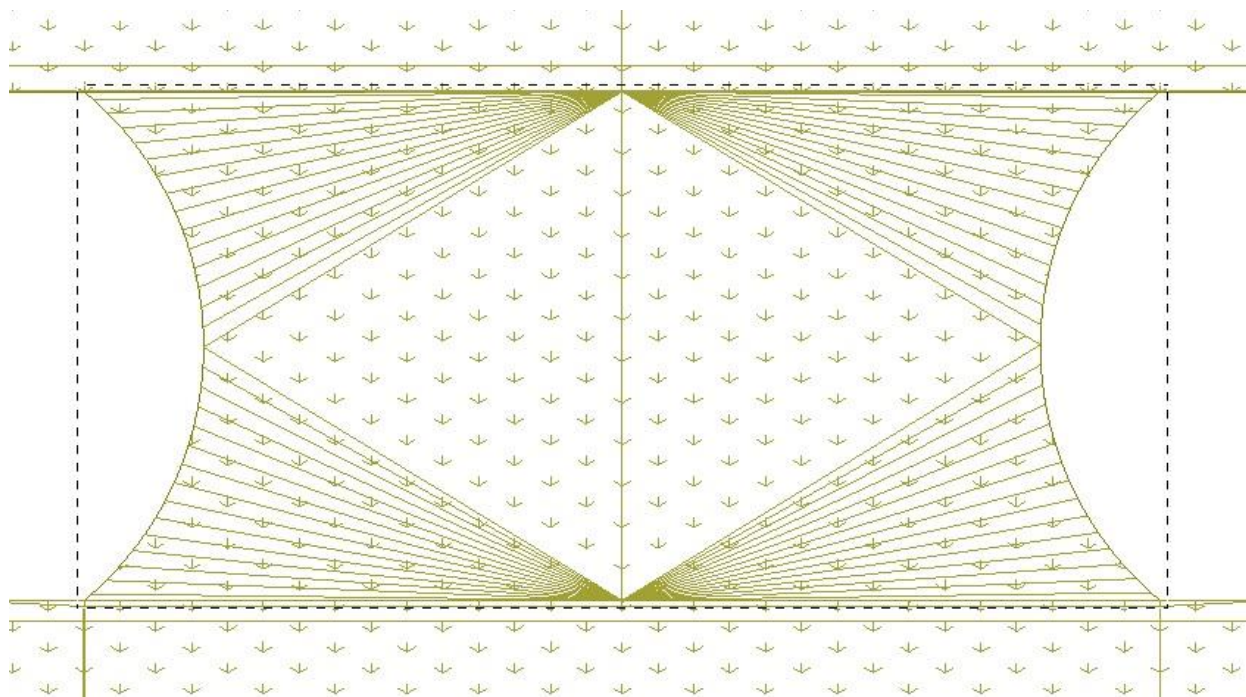
KUVA 140 Jakavan kerroksen alanurkkaa siirretään kuten kuvassa 126, mutta etäisyydeksi kaikille alanurkille tulee kantavan kerroksen siirron myötä $0,6\text{m} \div 2 + 0,208\text{m} = 0,508\text{m}$. Siirretään seuraavaksi loput jakavan kerroksen nurkat.



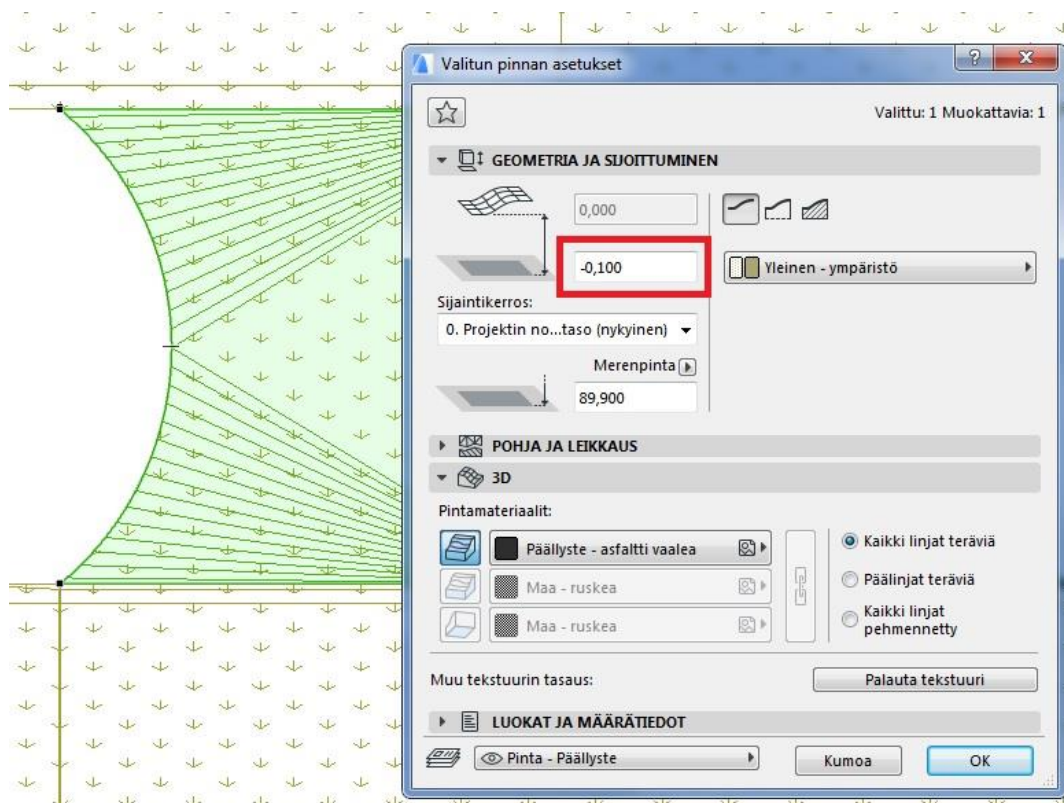
KUVA 141 Pysäköintialue on mallinnettu haluttuun tilaan.



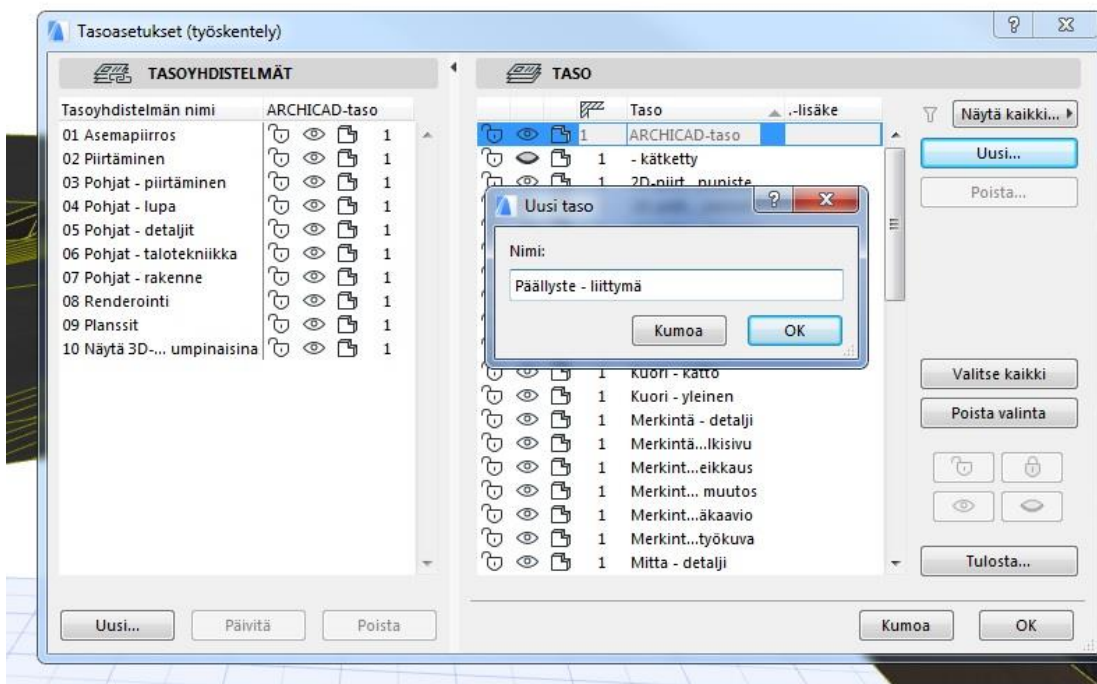
KUVA 142 Seuraavaksi mallinnetaan liittymän pohjakerrokset. Liittymän rakennekerrokset ovat sen verran hankalat mallintaa valmiiksi, joten rakennekerrokset mallinnetaan tässä ohjeessa vain alustavasti, eli toisin sanoen palvelemaan esimerkkiä. Valitaan pinta aktiiviseksi ja painetaan CTRL+C.



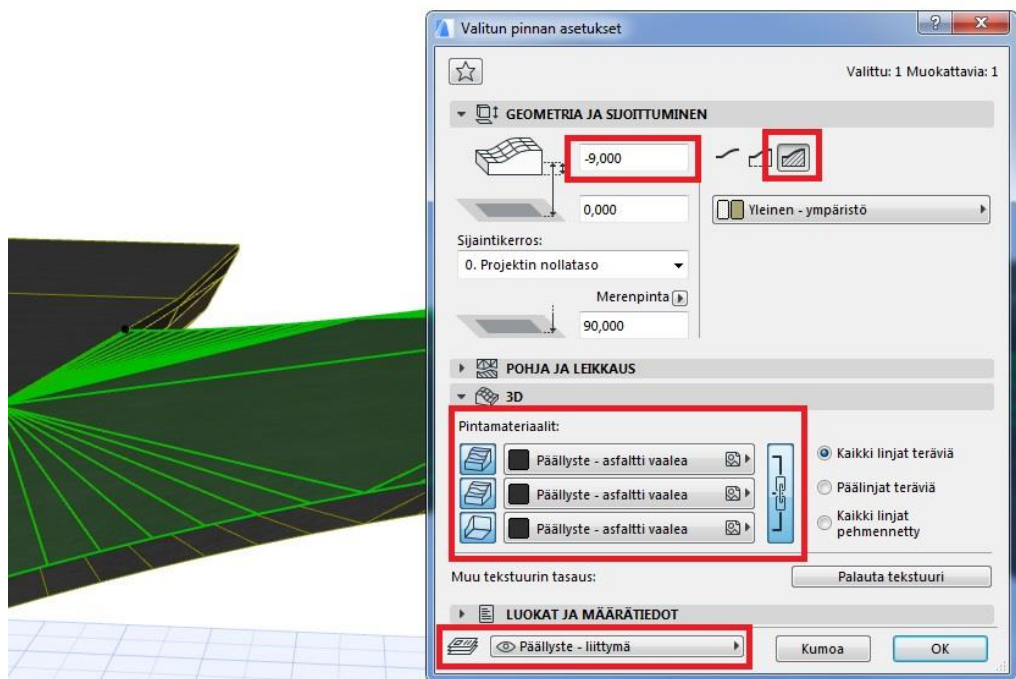
KUVA 143 Painetaan CTRL+V, joka liittää kopioidun pinnan samaan tilaan. Painetaan katkoviivaisen suorakulmion ulkopuolelle, jolloin kopioitu pinta ankkuroituu paikalleen.



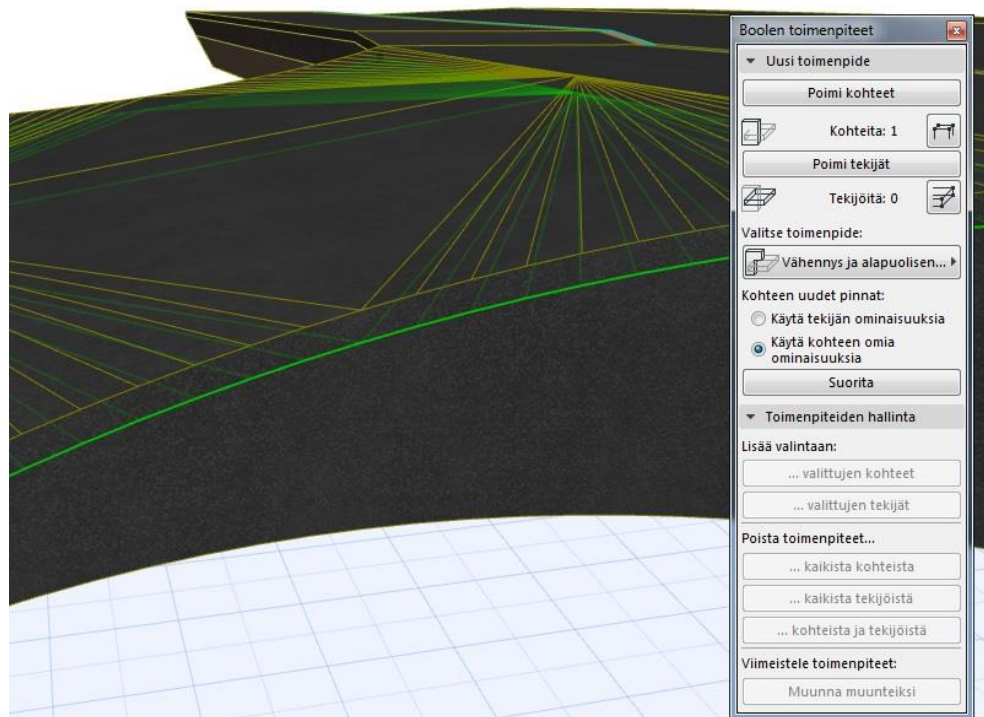
KUVA 144 Valitaan kopioitu pinta aktiiviseksi ja muokataan sen asetuksia. Nyt kopioitu pinta siirtyy 10cm suoraan alaspäin.



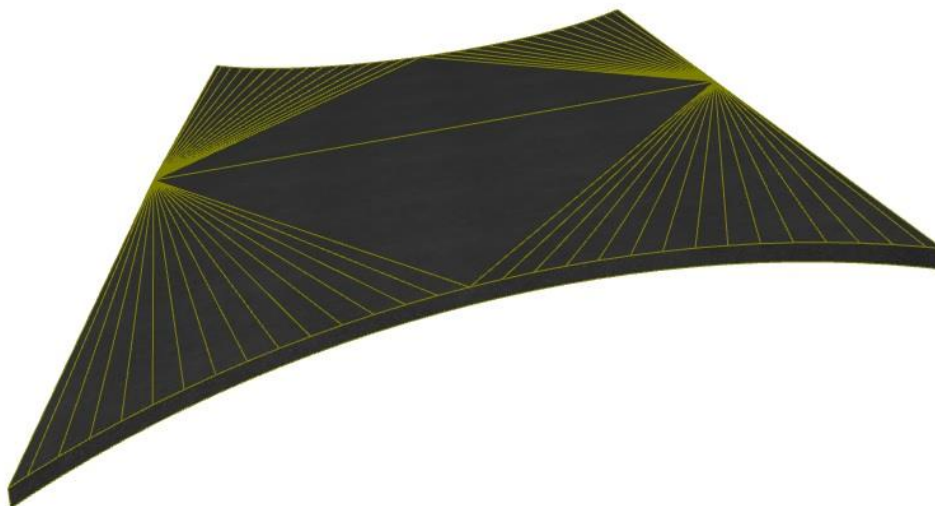
KUVA 145 Luodaan mallintamisen helpottamiseksi uusi taso nimeltä ”Päällyste – liittymä”.



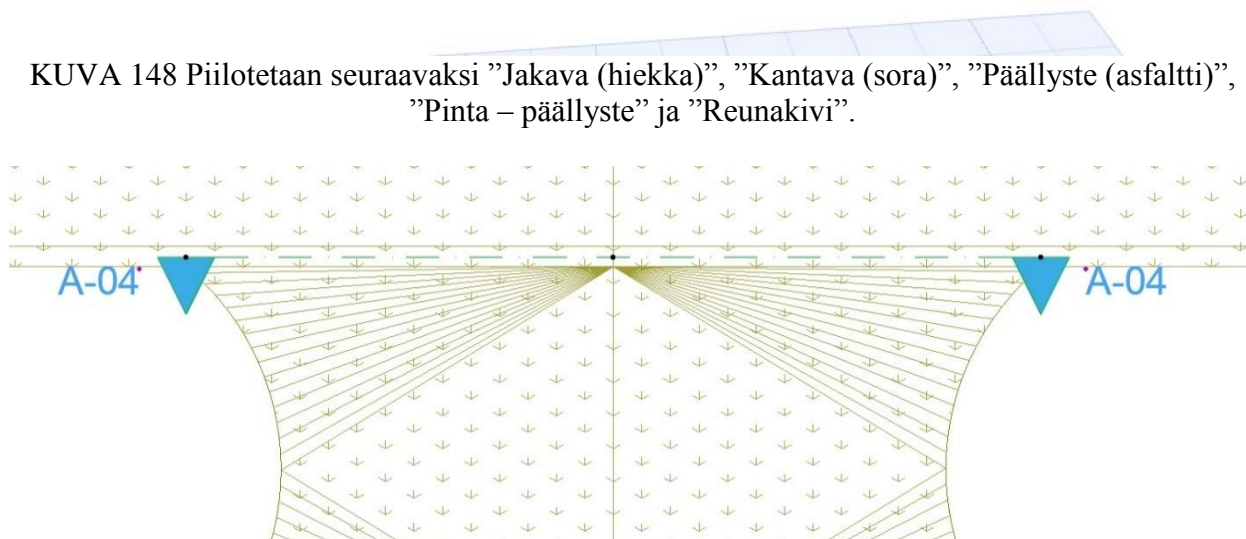
KUVA 146 Valitaan ylempi pinta aktiiviseksi ja muokataan asetukset kuvan mukaisiksi.



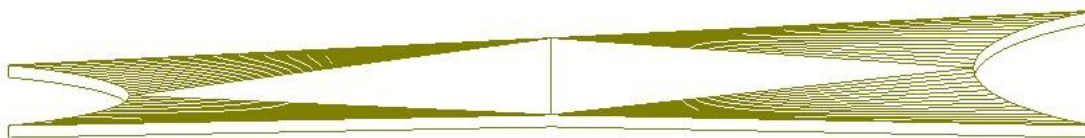
KUVA 147 Avataan *Boolean toimenpiteet* -ikkuna. (KUVA 112) Poimitaan kohteeksi viimeksi muokattu pinta. Poimitaan tekijäksi kopioitu ja 10cm alaspäin siirretty pinta. Valitaan toimenpiteeksi *Vähennys ja alapuolisen osan poisto*. Klikataan *Suorita* ja suljetaan ikkuna.



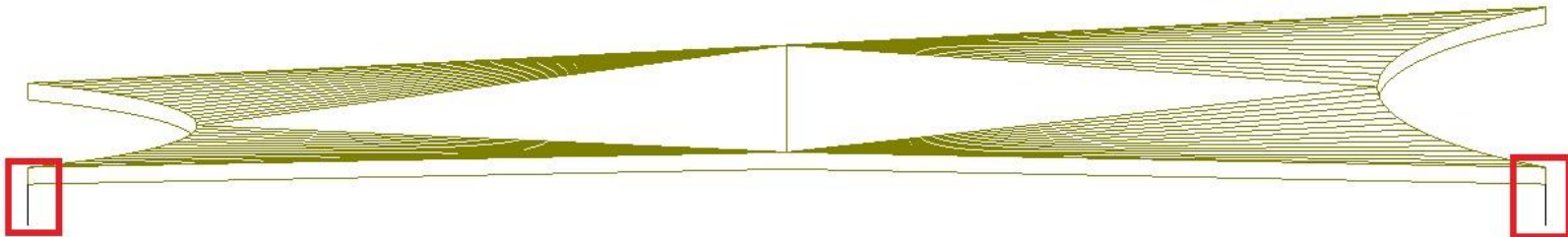
KUVA 148 Piilotetaan seuraavaksi ”Jakava (hiekk)”, ”Kantava (sora)”, ”Päällyste (asfaltti)”, ”Pinta – päällyste” ja ”Reunakivi”.



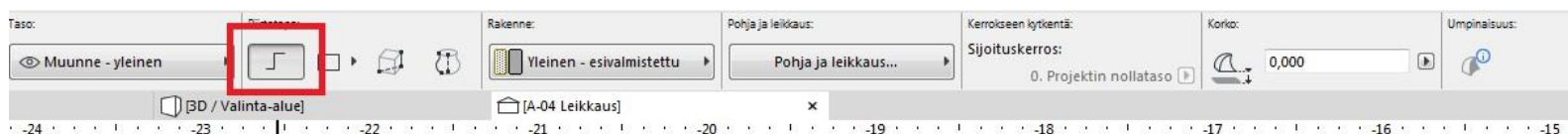
KUVA 149 Piirretään uusi leikkausviiva liittymän pohjoispäättyyn. Siirretään leikkausta pohjoista kohti 0,1m.



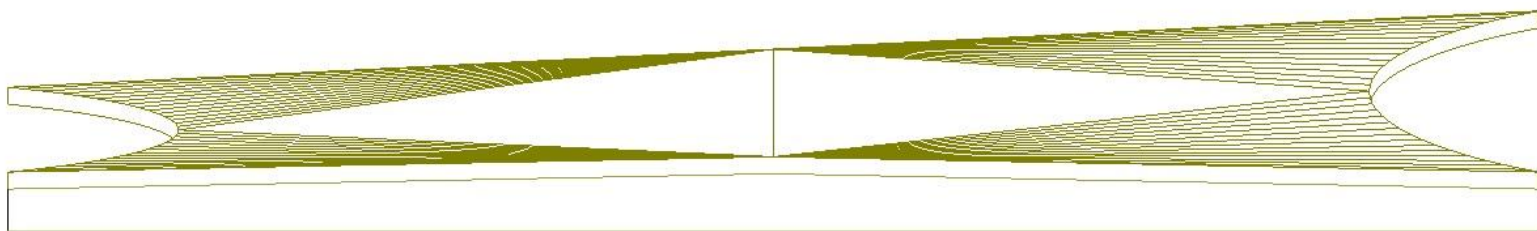
KUVA 150 Siirrytään leikkauskuvaan A-04 Leikkaus. Toistetaan kuvassa 148 tapahtunut tasojen piilotus. Huomioidaan, että ”Päällyste – liittymä” jää näkyväksi.



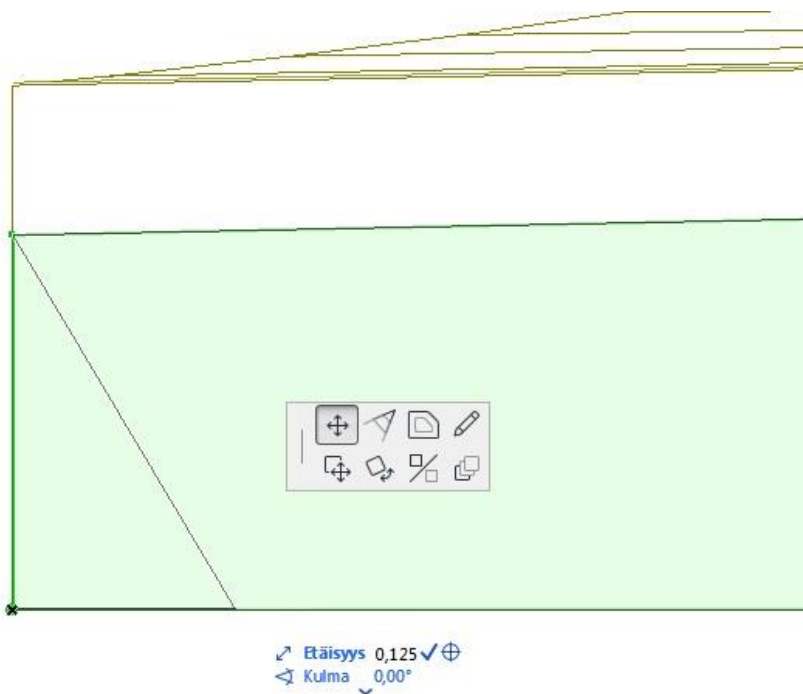
KUVA 151 Piirretään seuraavaksi 0,25m pituiset apuviivat asfaltin alanurkista alaspäin.



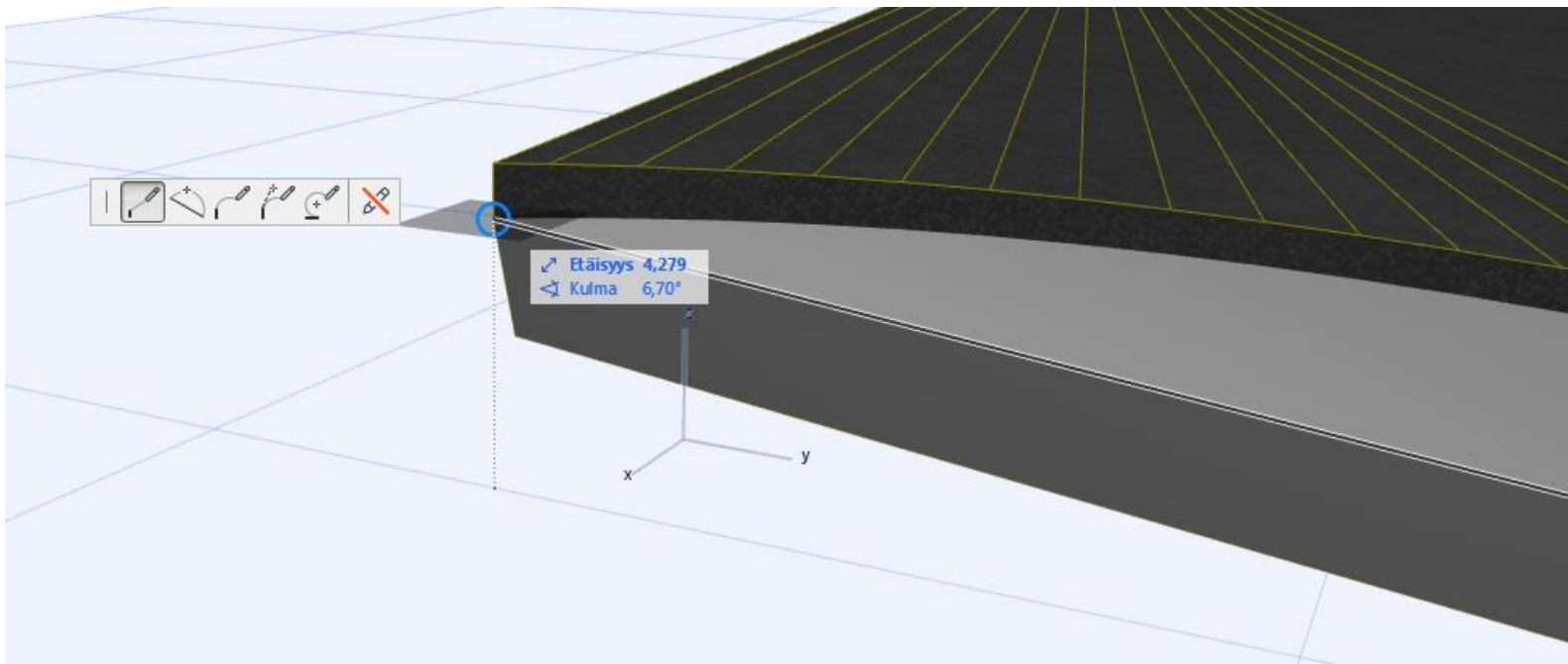
nsi, ei saa myydä edelleen. Käyttö sallittu GRAPHISOFTin ehtojen mukaisesti.



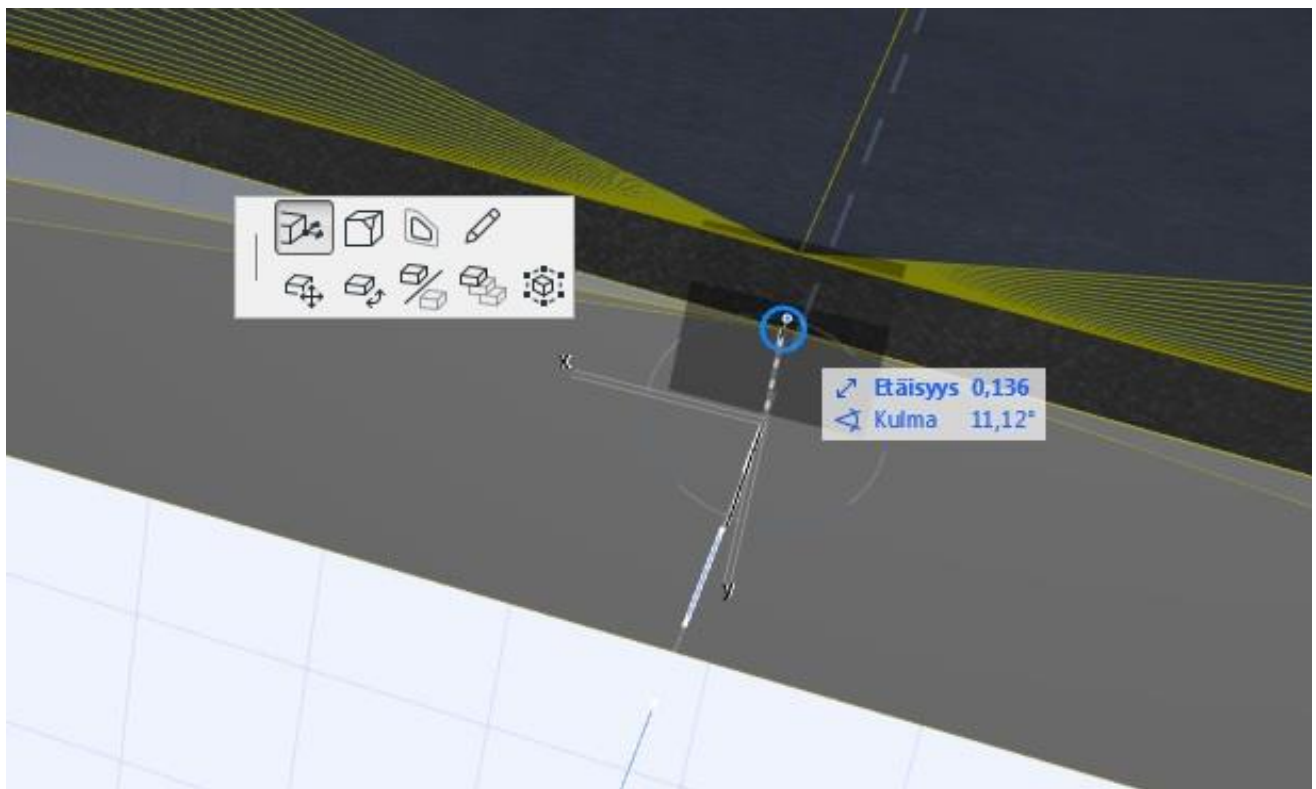
KUVA 152 Piirretään muunne mukaillen asfaltin alapintaa ja apuviivoja.



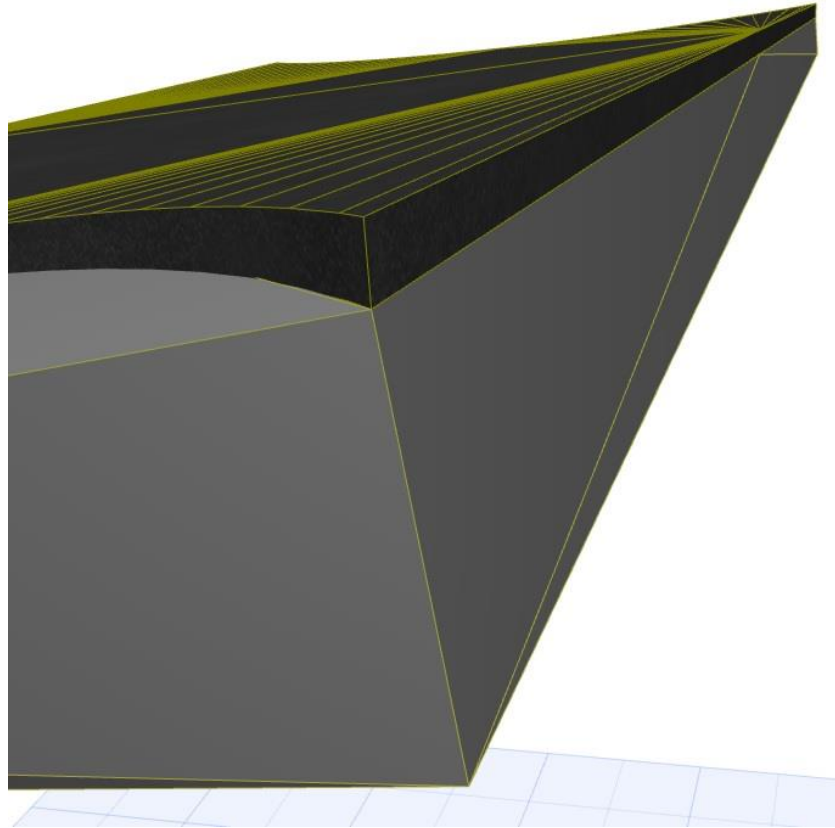
KUVA 153 Alanurkat siirretään vastaamaan kaivannon 1:2 luiskausta.



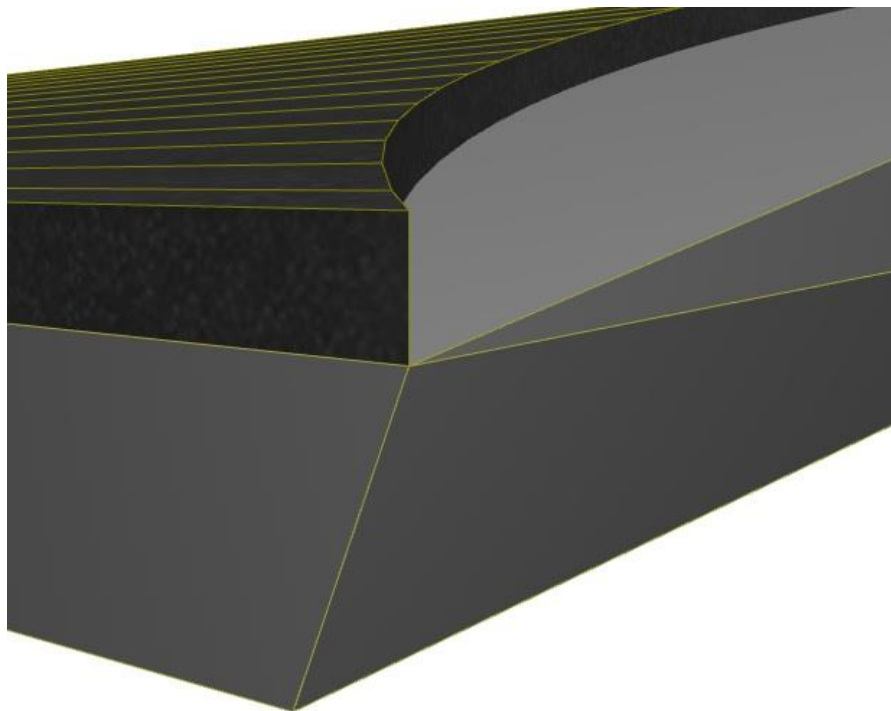
KUVA 154 Muunteen pursotus tehdään itäisen puolen tartuntapisteitä käyttäen. Muunteen asetuksia ei vielä muokata.



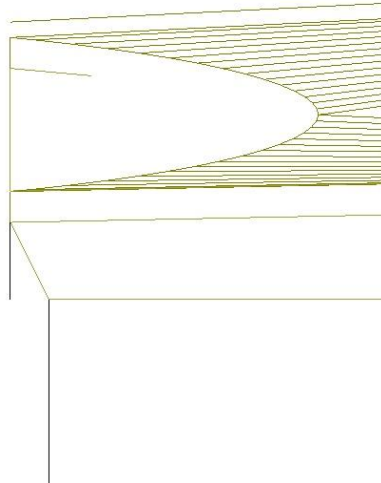
KUVA 155 Eteläpään yläpinnan tartuntapisteet siirretään suoraan ylöspäin kiinni asfaltin alapintaan.



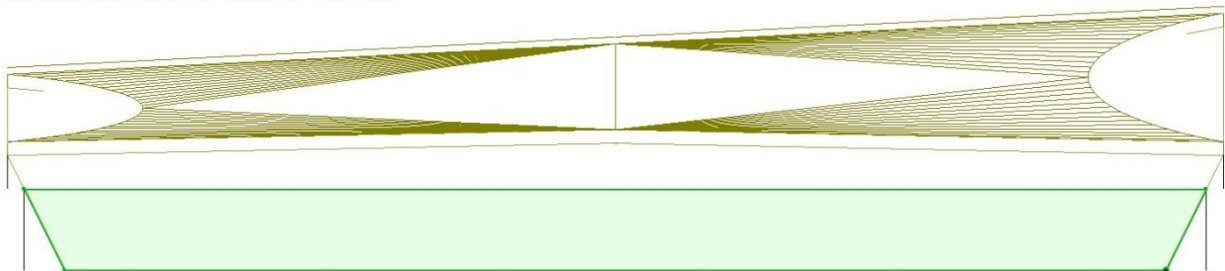
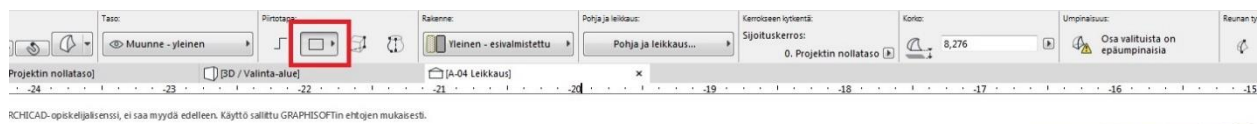
KUVA 156 Tartuntapisteet siirrettynä kiinni.



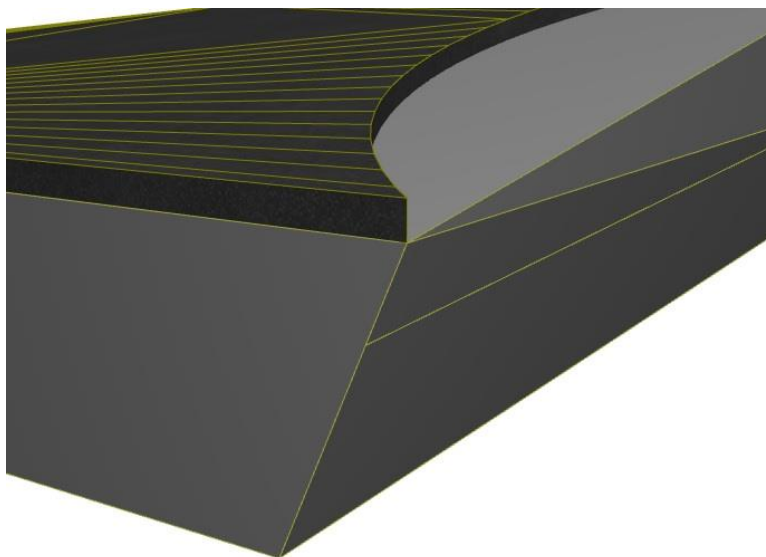
KUVA 157 Kuva pohjoispäädystä. Ylimääräinen osa katkaistu ja poistettu.



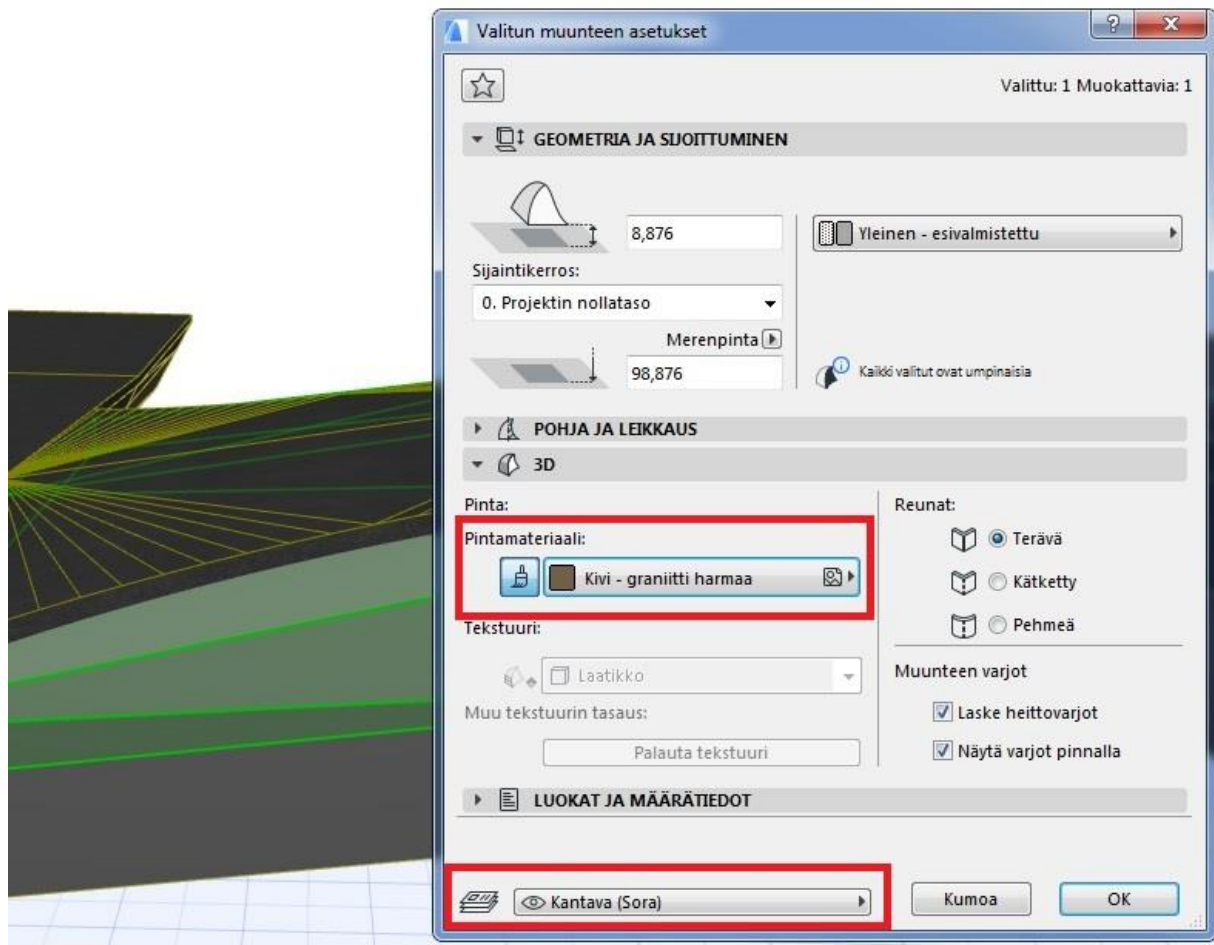
KUVA 158 Piirretään seuraavaksi kantavan kerroksen alanurkkiin 0,6 pituiset apuviivat.



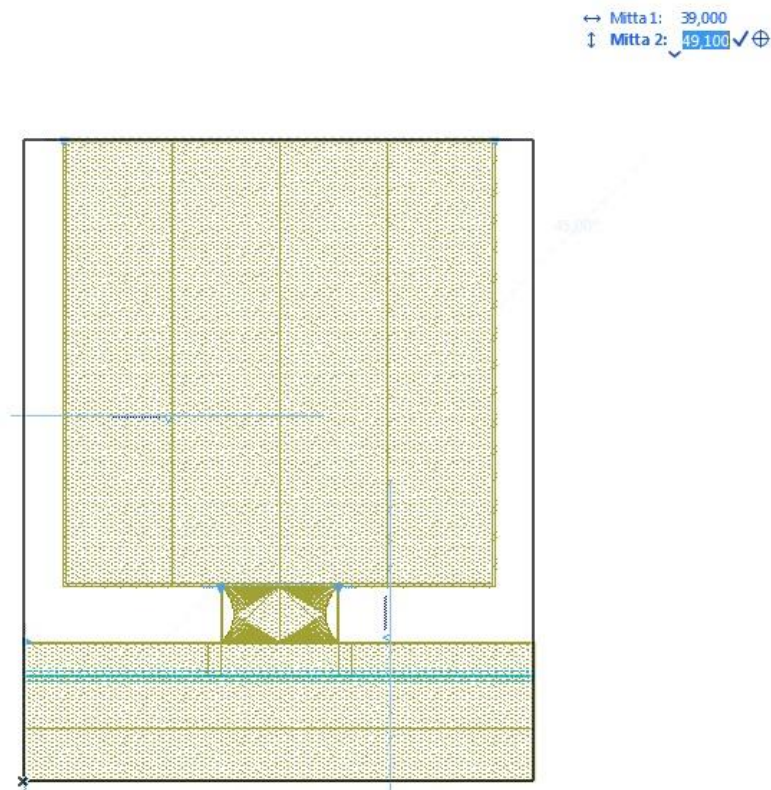
KUVA 159 Muunne suorakulmiolla piirrettynä, kuten kuvassa 133. Alanurkat on siirretty 0,3m etäisyyksillä.



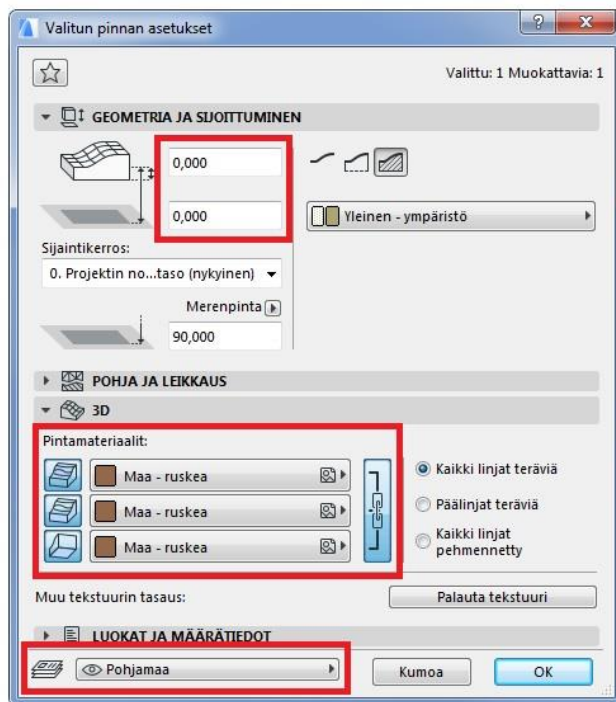
KUVA 160 Pohjoispääty pursotetun muunteen kanssa ja ylimääräinen osa poistettu.



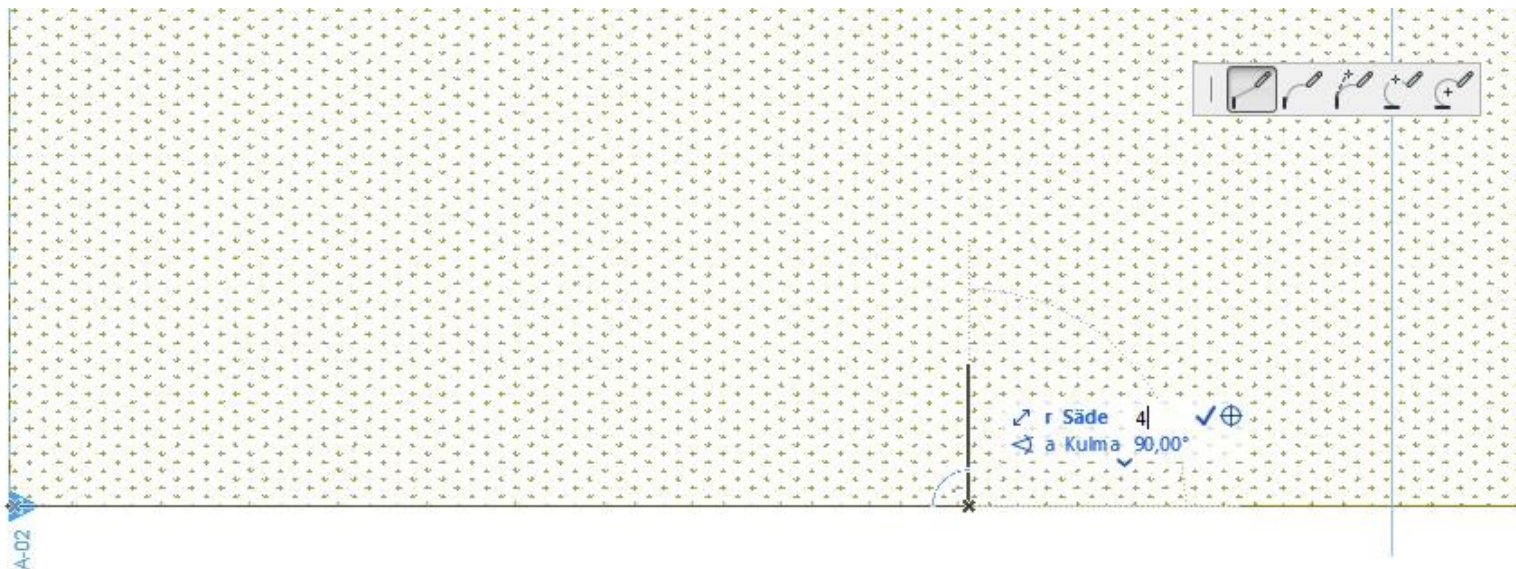
KUVA 161 Asetetaan kaikki takaisin näkyville tasoasetuksista. Valitaan ylempi muokkaamaton muunne aktiiviseksi ja muokataan asetukset kuvan mukaisiksi. Muokataan myös alemman muunteen pintamateriaaliksi ”Kivi – hiekkakivi 01” ja tasoksi ”Jakava (hiekkä)”.



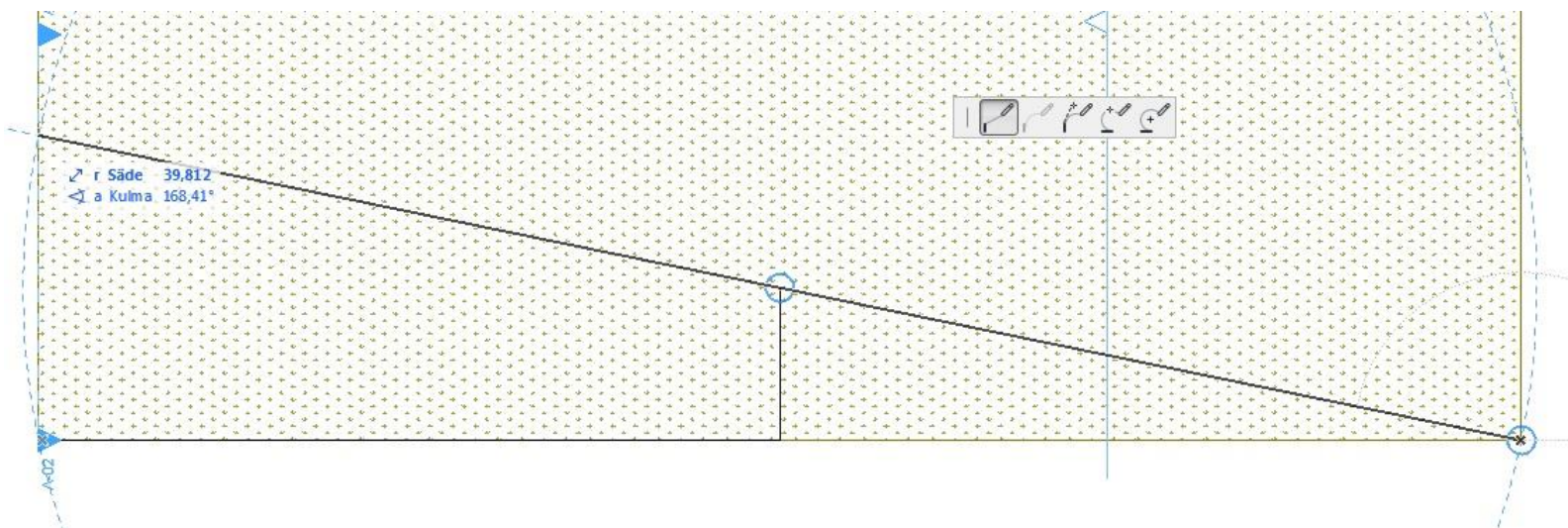
KUVA 162 Seuraavaksi mallinnetaan pohjamaa. Osoitetaan uuden pinnan lähtöpiste origoon ja kirjoitetaan mitoiksi 39m x 49,1m. Jos origon viereinen leikkausviiva on tiellä, niin se voidaan piilottaa tasoasetuksissa painamalla silmä-kuvaketta kohdassa ”Merkintä – leikkaus”.



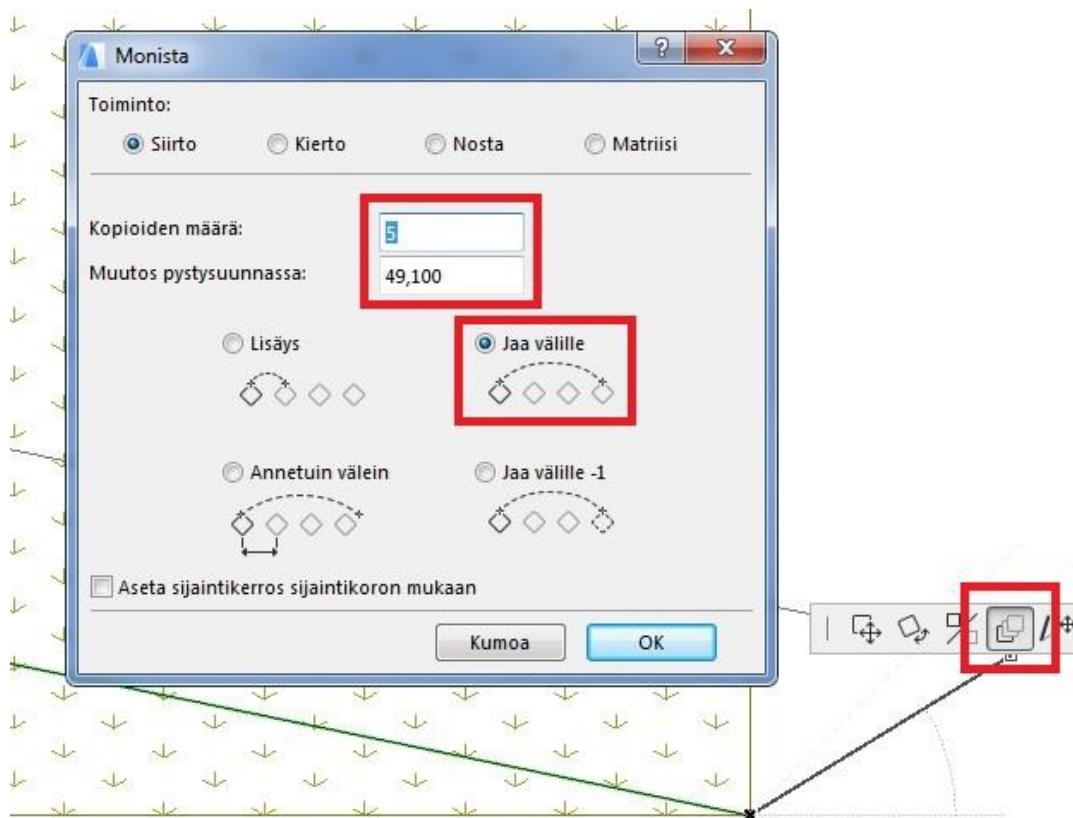
KUVA 163 Muokataan pinnan asetukset kuvan mukaisiksi.



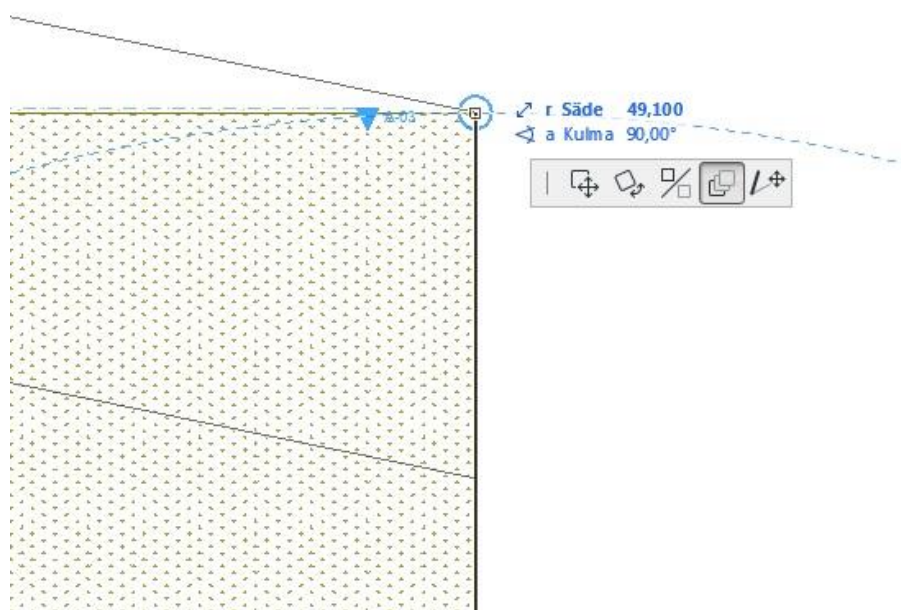
KUVA 164 Seuraavaksi luodaan pisteitä korkeusasemien muokkaamista varten. Piilotetaan tasoasetuksissa kaikki muut ohjeessa luodut tasot, paitsi ”Pohjamaa”. Piirretään apuviiva ja osoitetaan alkupiste origoon, osoitetaan seuraava piste päädyn keskikohtaan (19,5m) ja jatketaan viivaa kohti pohjoista. Osoitetaan loppupiste 4 metrin etäisyydelle.



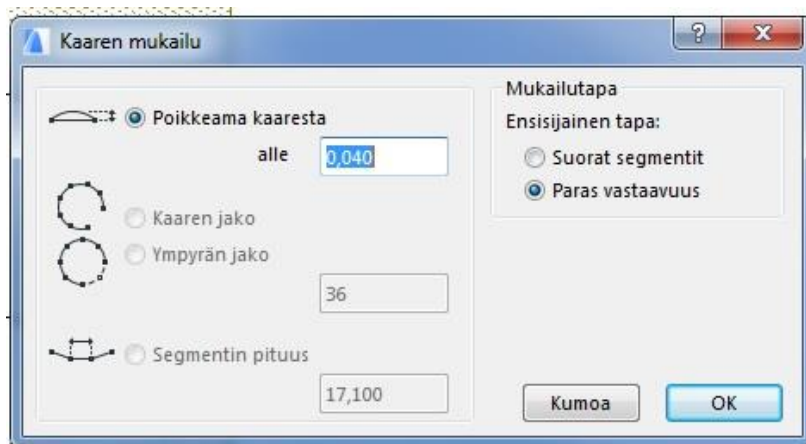
KUVA 165 Piirretään apuviiva osoittamalla alkupiste oikeaan alanurkkaan. Jatketaan viivaa kuvassa 164 piirtämämme apuviivan loppupisteelle, muttei osoiteta uutta pistettä, vaan annetaan ArchiCADin antaa suunta, jota pitkin seurataan aina vasenta sivua kohti. Osoitetaan loppupiste vasempaan sivuun kiinni.



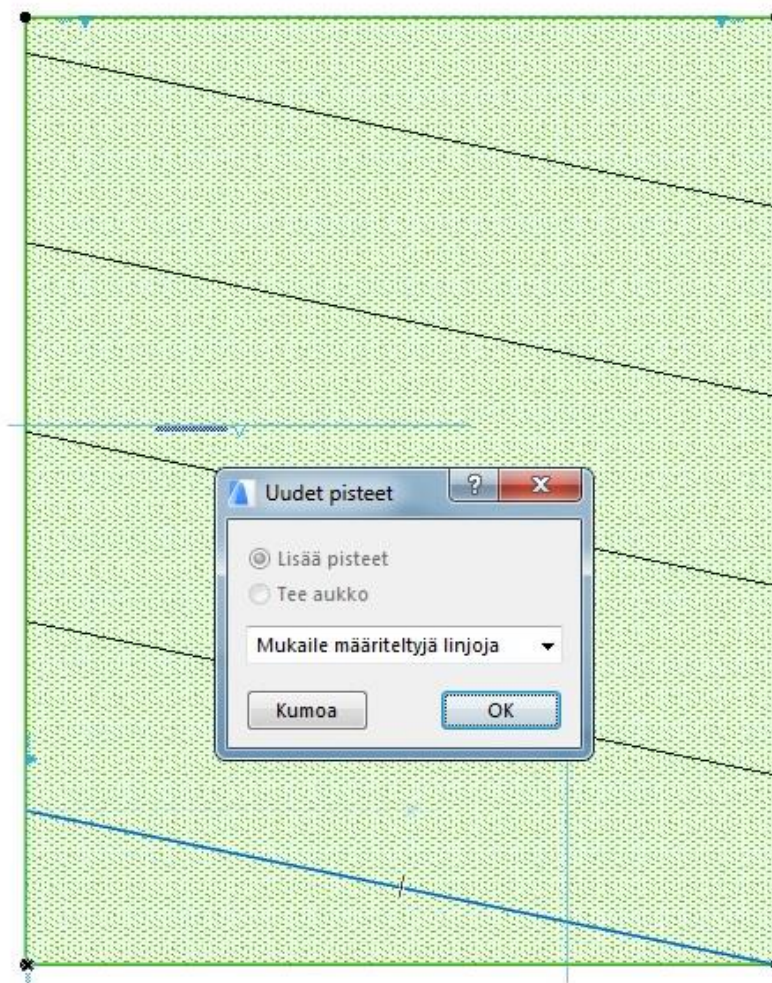
KUVA 166 Klikataan kuvassa 165 piirretyn apuviivan alkupistettä. Valitaan työkaluikkunasta *Monistus*. Valitaan kopioiden määräksi 5 ja muutokseksi pystysuunnassa 49,100m, eli pohjamaan pituus. Apuviivan monisteet jaetaan siis pohjamaan pituudelle. Klikataan OK.



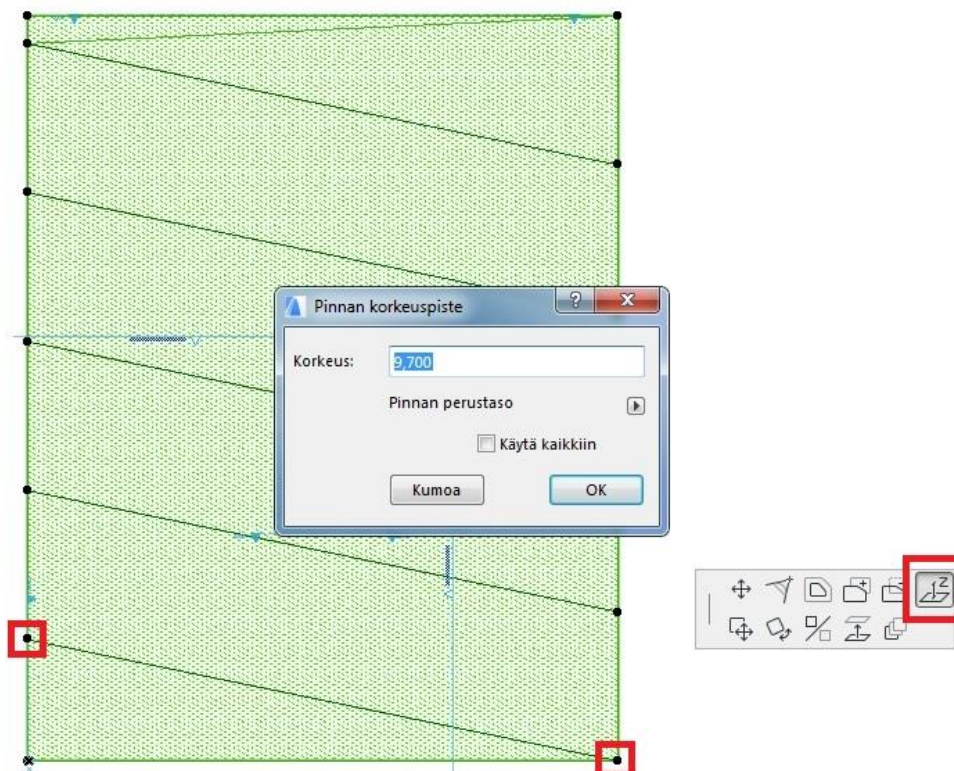
KUVA 167 Valitaan siirron alkupisteeksi apuviivan alkupiste. Loppupisteeksi osoitetaan pohjamaan pinnan oikea ylänurkka. Valitaan ylin monistettu apuviiva sekä kuvassa 164 piirretty apuviiva ja painetaan DELETE.



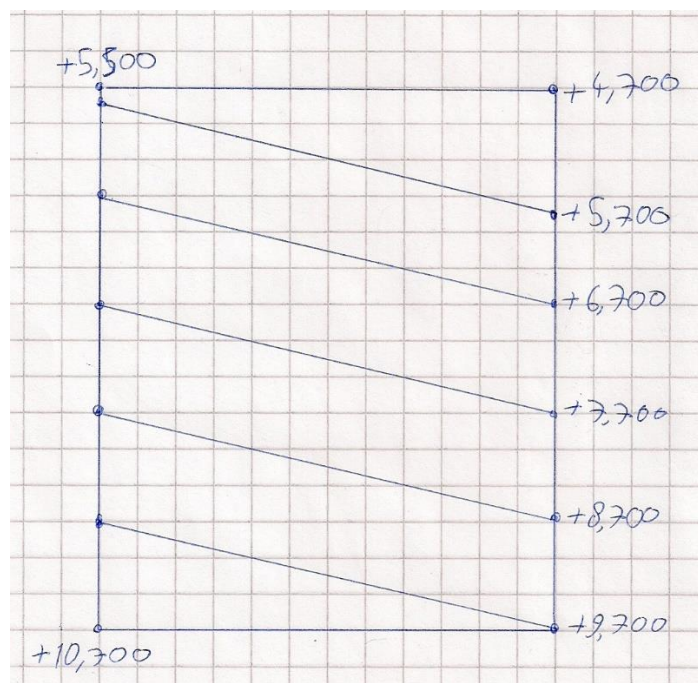
KUVA 168 Avataan *Kaaren mukailu* -ikkuna polusta *Suunnittelu – Kaaren mukailu* ja valitaan ensisijaiseksi tavaksi *Paras vastaavuus*.



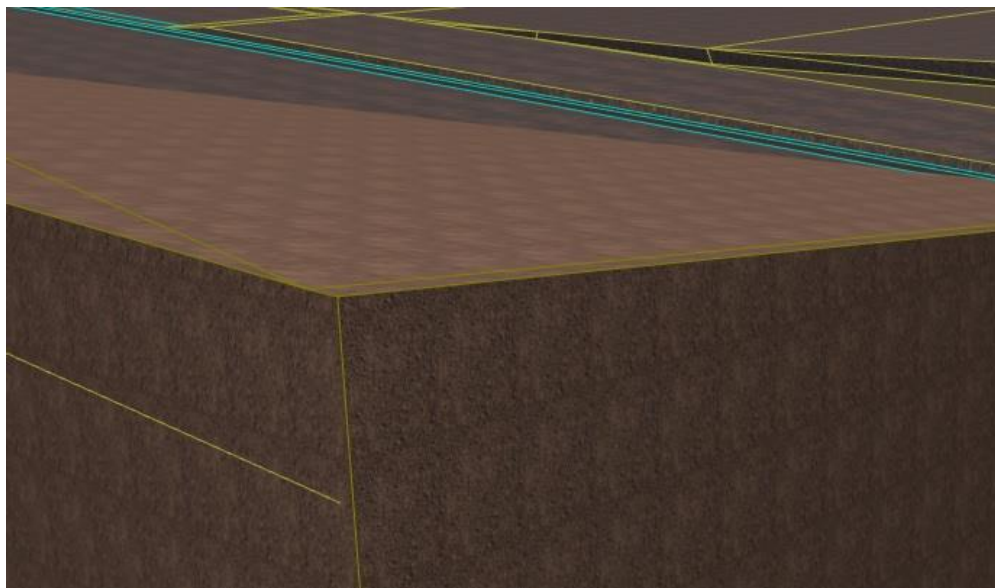
KUVA 169 Valitaan *Pinta*-työkalu sekä pohjamaan pinta aktiiviseksi ja valitaan taikasauvalla apuviivat yksitellen ja luodaan pisteet, kuten kuvassa 30.



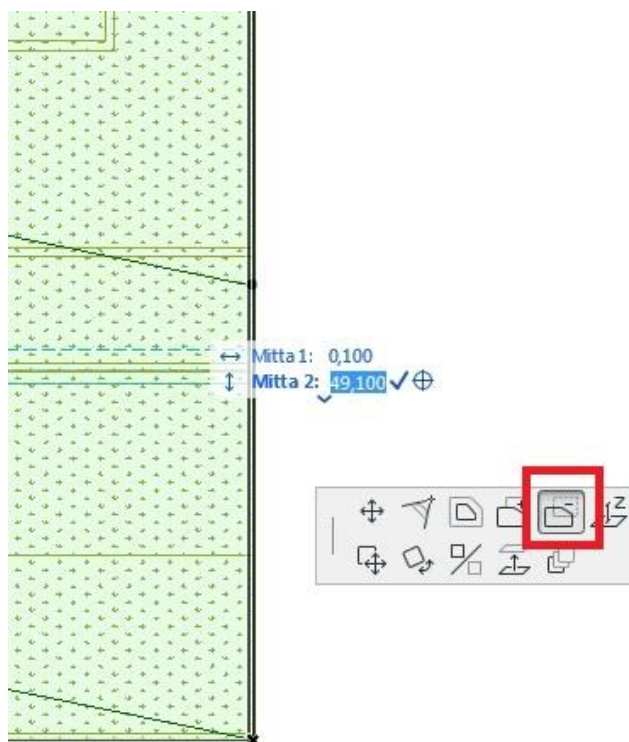
KUVA 170 Muokataan pisteiden korkeusasemat yksitellen, kuten kuvassa 31. Tarkoituksena on mallintaa esimerkkinä yksinkertainen pohjamaa, joten luodut pisteet muodostavat korkeusviivoja. Tästä syystä kuvassa apuviivan alku- sekä loppupiste muokataan korkeudelle 9,700m.



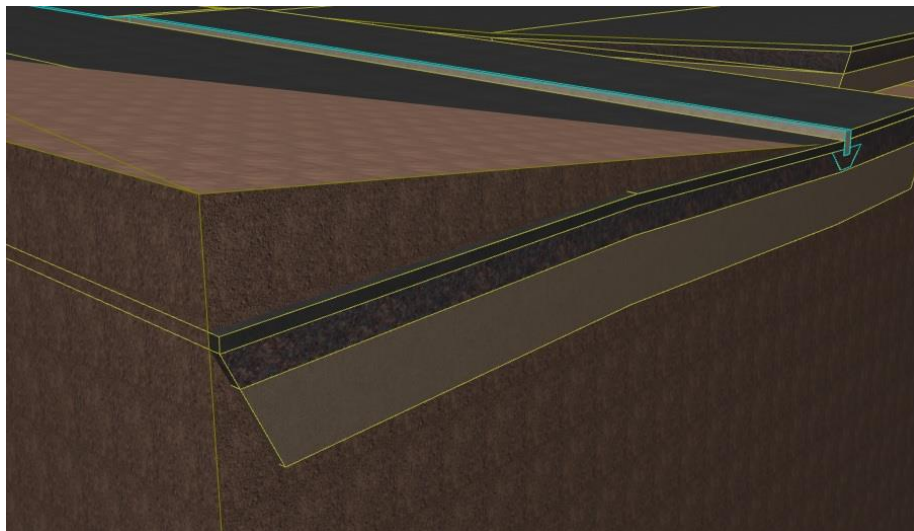
KUVA 171 Loput pisteet muokataan kuvan mukaisille korkeuksille. Huomioidaan, että apuviivojen alku- sekä loppupisteiden korkeusasemat ovat samat.



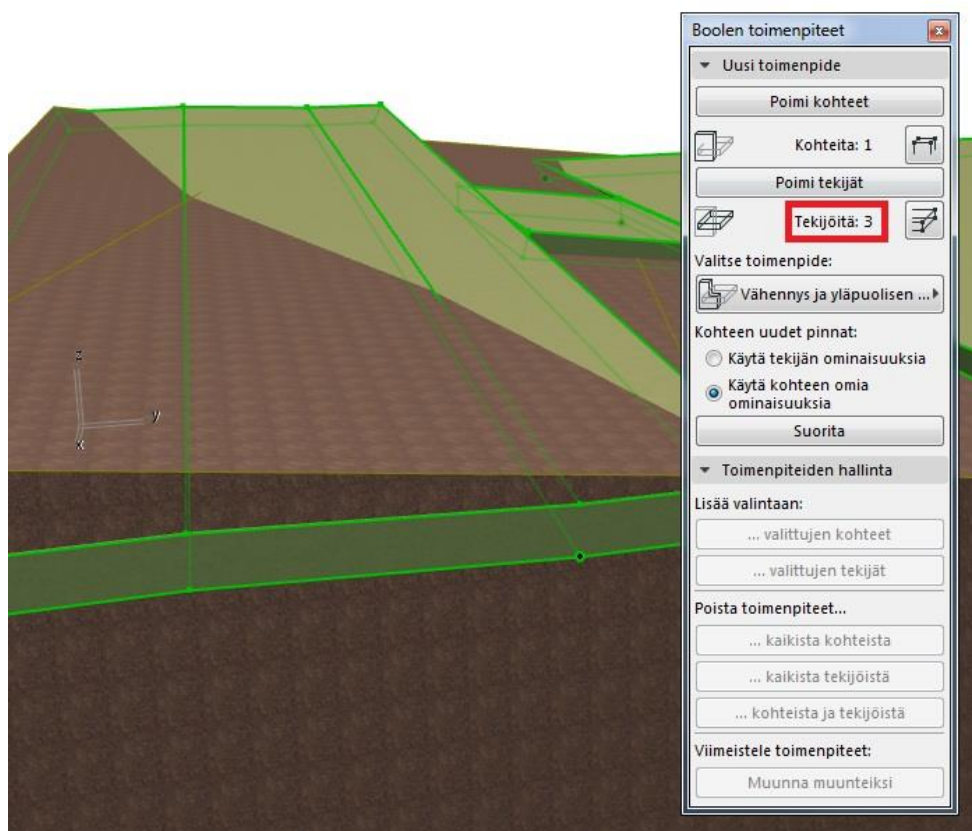
KUVA 172 ArchiCADin epätarkkuus voi tulla nyt näkyville, sillä rakenteiden päätyjen tulisi olla samassa tasossa pohjamaan kanssa. Jos itäpääty näyttää tältä, niin korjataan seuraavaksi kadun ja jalkakäytävän rakenteiden päädyt näkyviin esimerkkiä varten.



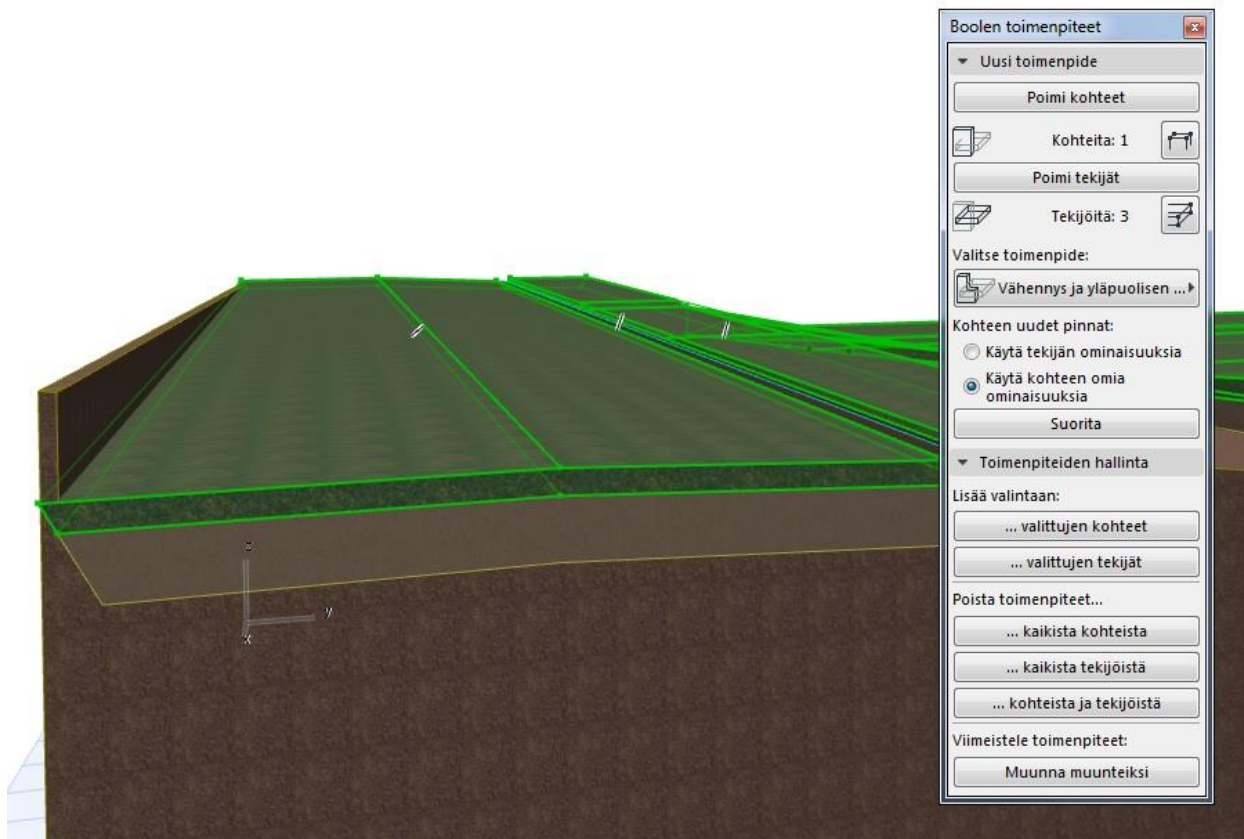
KUVA 173 Vähennetään pohjamaan leveyttä esimerkiksi 0,1m, sillä havainnollistamista varten halutaan katurakenteiden päädyt näkyville. Siirrytään 2D-kuvaan ja tartutaan pohjamaan pinnan oikean alanurkan pisteeseen. Valitaan työkaluikkunasta *Vähennä monikulmiosta* ja osoitetaan alkupiste kyseiseen alanurkan pisteeseen. Mitoiksi tulee 0,1m x 49,1m.



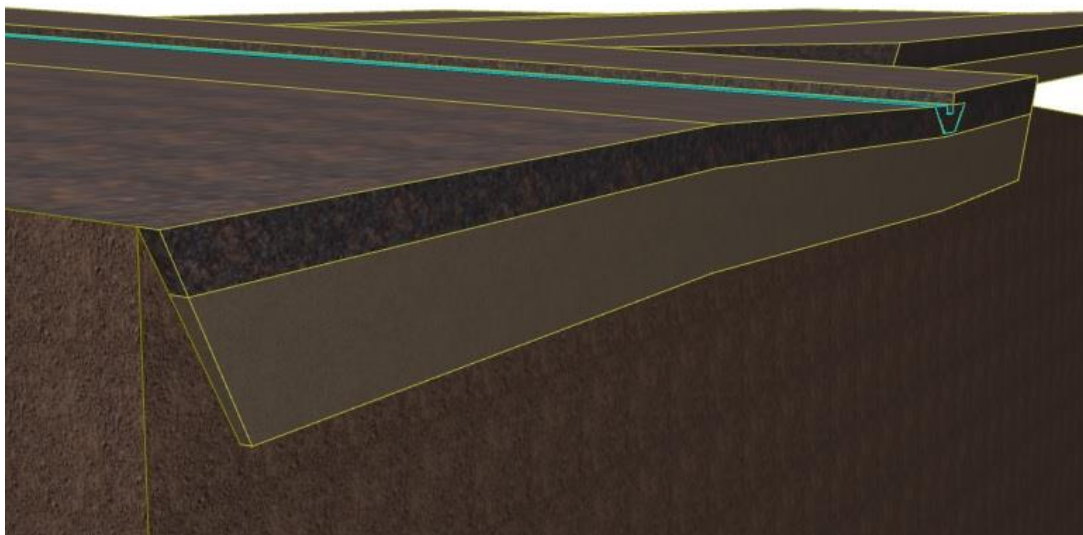
KUVA 174 Nyt pohjamaa tulee kuvan mukaisesti mallinnettujen rakenteiden läpi. Muokataan pohjamaa noudattamaan rakenteita ja piilotetaan ensiksi tasoasetuksista kaikki paitsi ”Pohjamaa” ja ”Jakava (hiekkä)”.



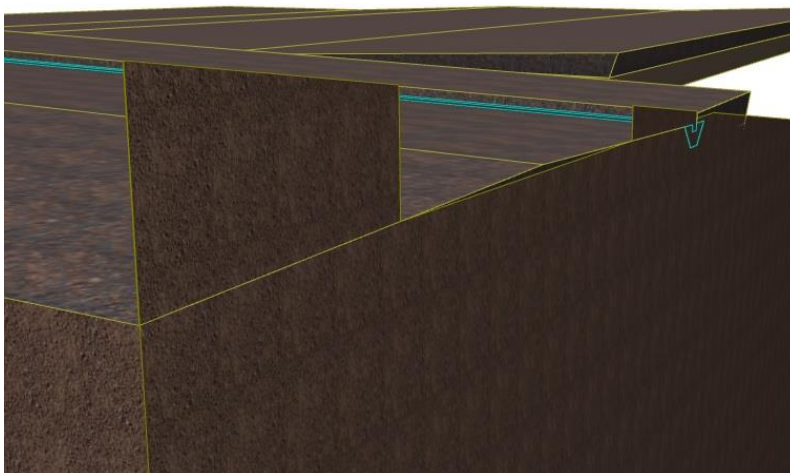
KUVA 175 Kun näkyvissä on vain pohjamaa ja jakava kerros, niin avataan seuraavaksi *Boolean toimenpiteet*-ikkuna. Poimitaan kohteeksi pohjamaa ja tekijöiksi kaikki kolme jakavaa kerrosta. Valitaan toimenpiteeksi *Vähennys ja yläpuolisen osan poisto*. Painetaan *Suorita*. Pidetään *Boolean toimenpiteet*-ikkuna vielä esillä.



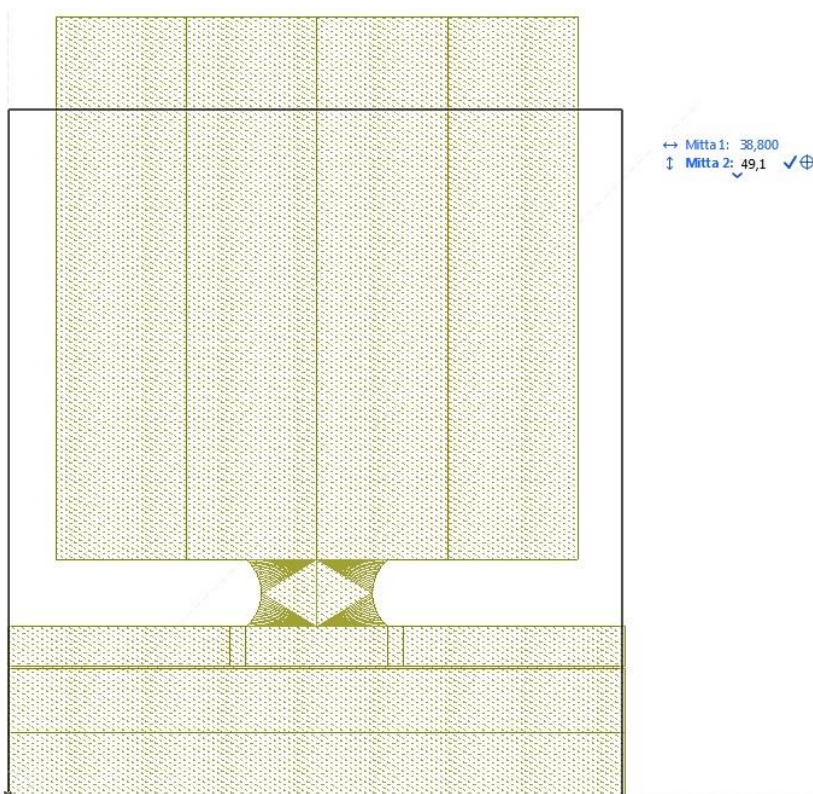
KUVA 176 Otetaan tasoasetuksista ”Kantava (sora)” takaisin näkyville ja toistetaan kuvan 175 Boolean toimenpide, mutta tällä kertaa tekijöiksi poimitaan kaikki kolme kantavaa kerrosta. Boolean toimenpiteet voi nyt sulkea, sillä pohjamaa ei tule kantavaa eikä jakavaa kerrosta korkeammalle. Jos tulee, niin toistetaan Boolean toimenpidettä samalla periaatteella uusilla tekijöillä, joiden kanssa pohjamaa on samassa tilassa.



KUVA 177 Nyt pääty näyttää tältä.

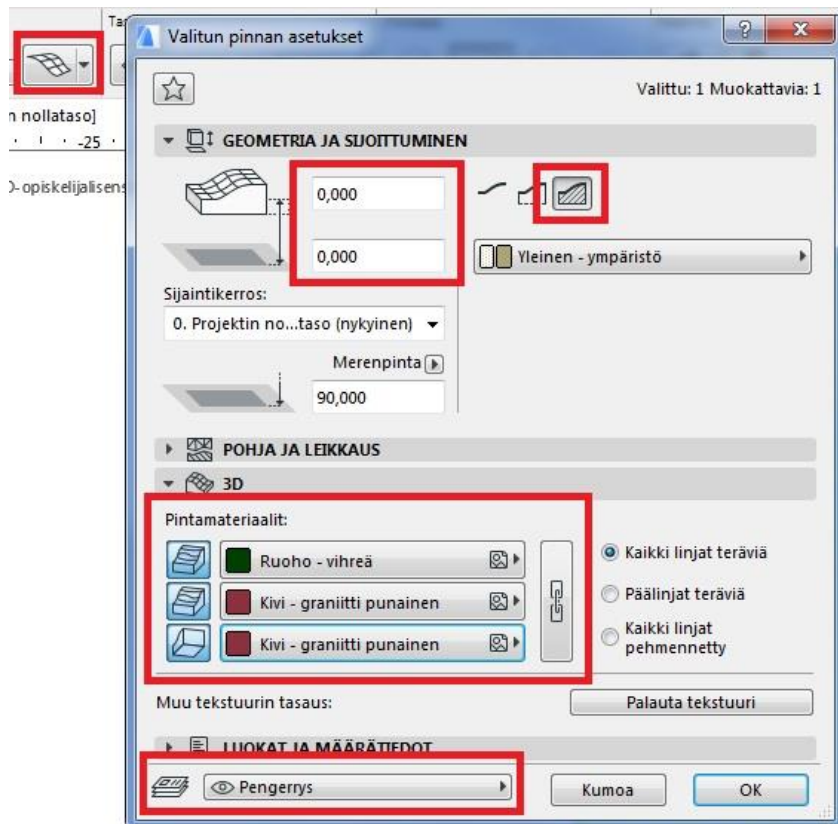


KUVA 178 Tämä kuva ei ole välivaihe, vaan havainnollistaa tilannetta, jos kuvan 173 vähennystä ei olisi tehty. Boolean toimenpiteet on tarkka, jonka takia kuvan mukainen tilanne voi sattua, eli jopa 1mm siivut voi nousta tekijöiksi poimitujen pintojen ohi. Edellä mainittu tarkkuus ei siis päde kaikkiin ArchiCADin ominaisuuksiin.

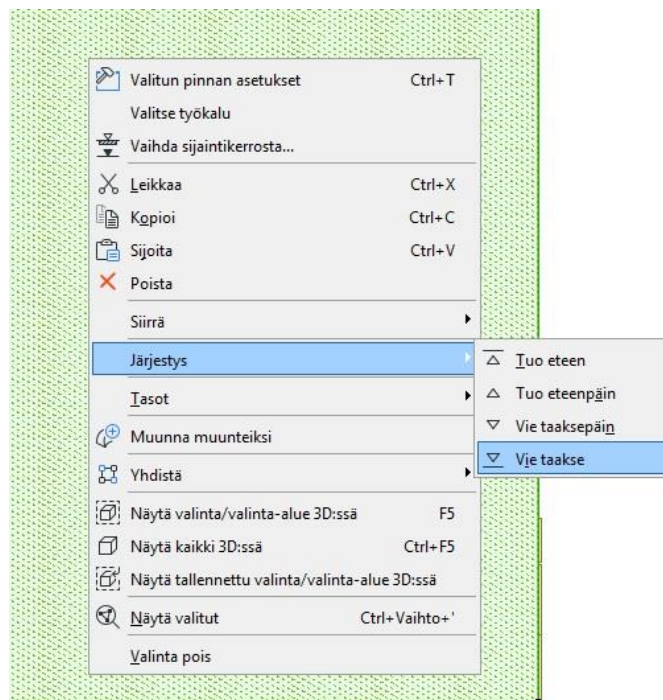


KUVA 179 Seuraavaksi mallinnetaan pengerrys.

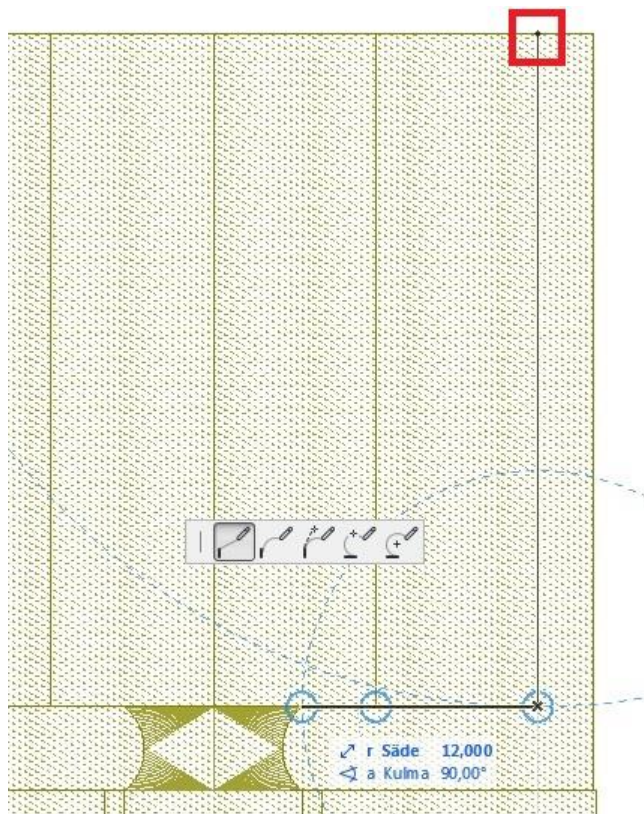
1. Siirrytään 2D-kuvaan ja piilotetaan tasoasetuksissa kaikki, paitsi ”Pinta – Päällyste”.
- Huomioidaan, että myös ”Merkintä – julkisivu” ja ”Merkintä – leikkaus” on piilotettuna.
2. Poistetaan kaikki apuviivat.
3. Piirretään kuvan mukaisesti uusi pinta ja osoitetaan alkupiste origoon. Leveys on 38,8m, jotta tilanteessa tulisi näkymään selvästi pohjamaan ja pengerryksen rajapinta.



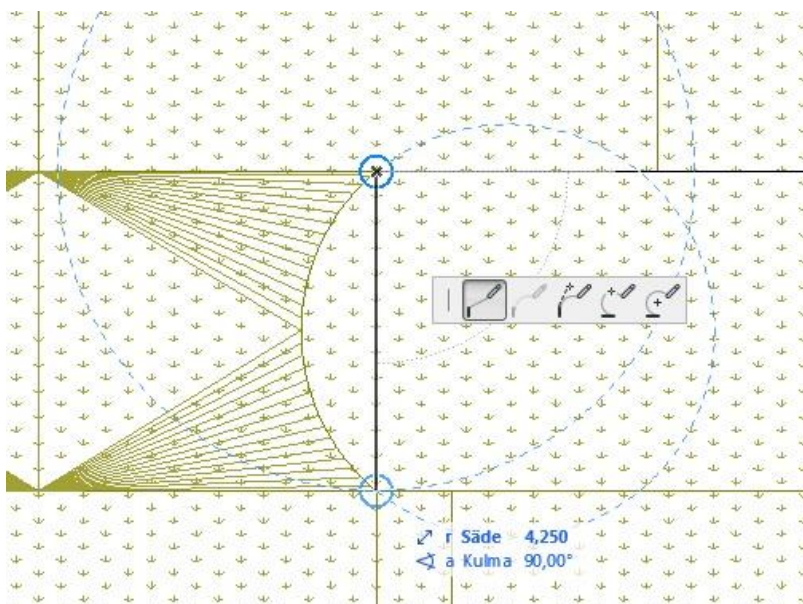
KUVA 180 Muokataan uuden pinnan asetukset kuvan mukaisiksi.



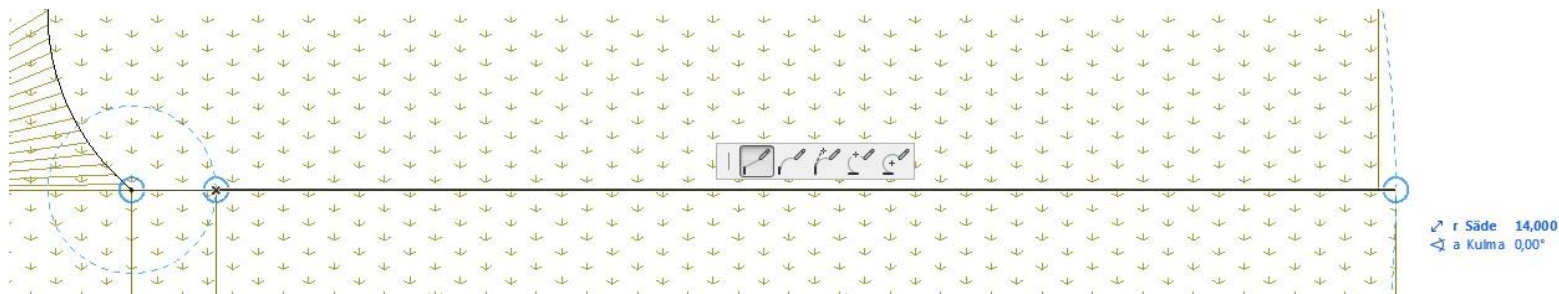
KUVA 181 Klikataan hiiren oikealla aktivoitua uutta pintaa ja viedään se taakse kuvan mukaisesti.



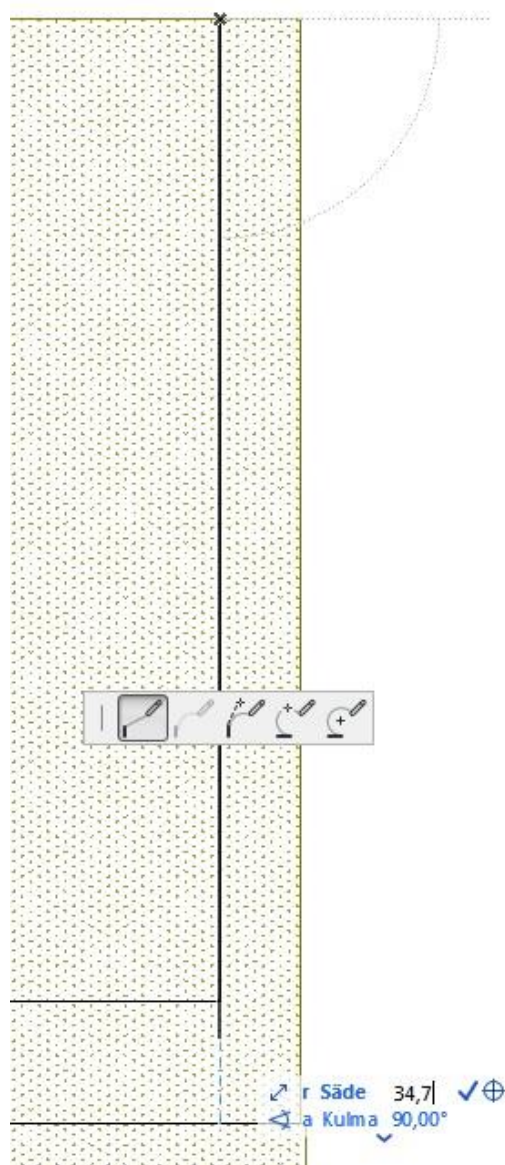
KUVA 182 Aloitetaan uusien pisteiden luontia varten apuviivojen piirto. Osoitetaan alkupiste pysäköintialueen oikean ylänurkan pisteeseen. Osoitetaan uudet pisteet sinisillä ympyröidyillä merkityissä kohdissa. Osoitetaan loppupiste liittymän asfalttipinnan oikean ylänurkan pisteeseen.



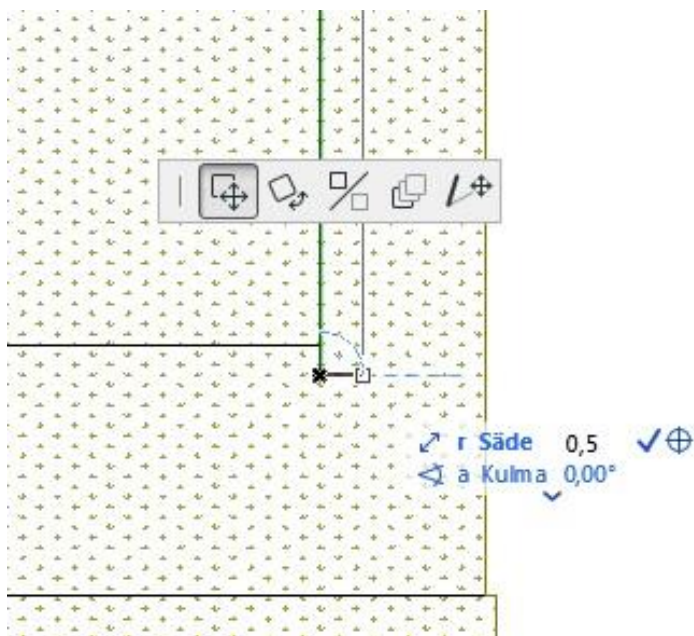
KUVA 183 Huomioidaan, että apuviivojen piirtämisen välissä edellisen viivan aktiivisuus poistetaan painamalla ESC. Piirretään seuraava apuviiva edellisen loppupisteestä alkaen ja loppupiste osoitetaan liittymän asfalttipinnan oikean alanurkan pisteeseen. Pullistetaan tämä apuviiva vielä kiinni liittymän asfalttipintaan, kuten kuvassa 24.



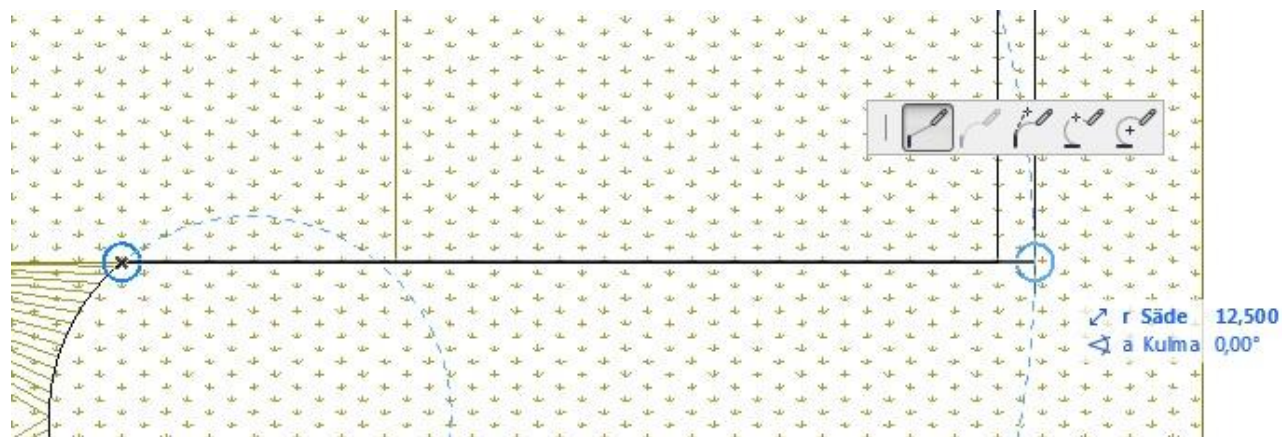
KUVA 184 Osoitetaan seuraavan apuviivan alkupiste edellisen loppupisteeseen ja osoitetaan seuraava piste sinisellä ympyröityyn pisteeseen. Osoitetaan loppupiste jalkakäytävän pinnan oikean ylänurkan pisteeseen.



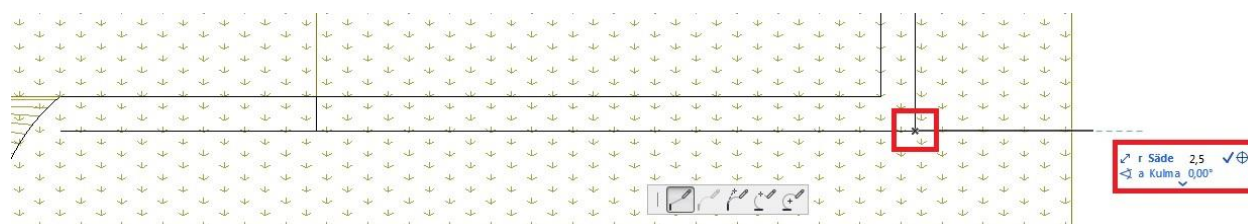
KUVA 185 Osoitetaan seuraavan apuviivan alkupiste pysäköintialueen oikean ylänurkan pisteeseen. Kirjoitetaan mitaksi 34,7m ja painetaan kahdesti ENTER.



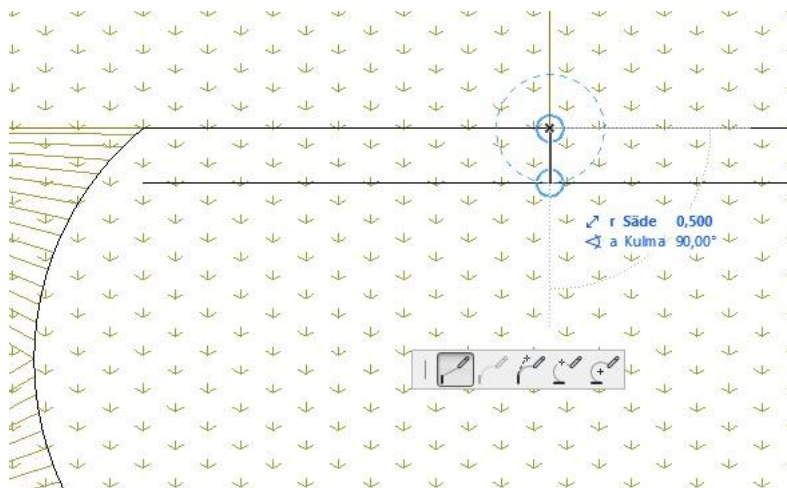
KUVA 186 Siirretään uutta apuviivaa suoraa itää kohti 0,5m



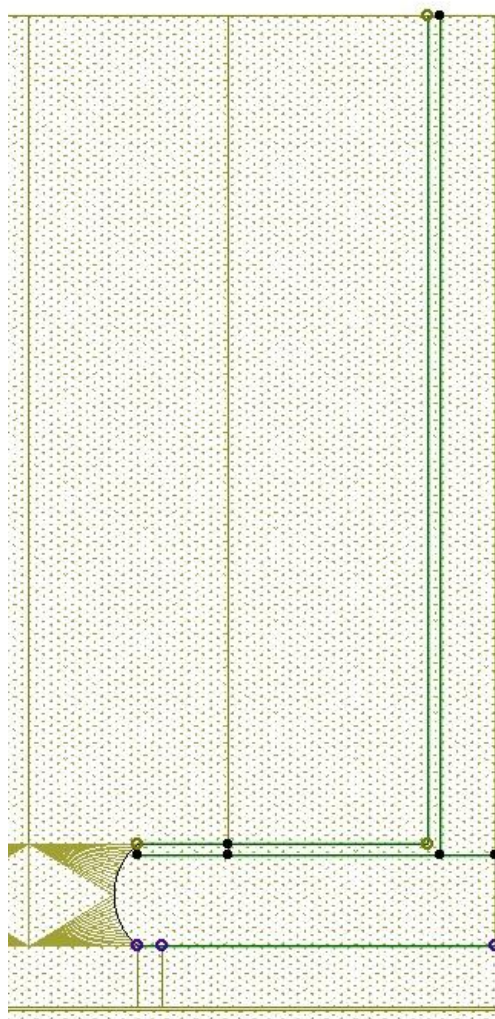
KUVA 187 Osoitetaan uuden apuviivan alkupisteeksi liittymän asfalttipinnan oikean ylänurkan piste. Osoitetaan loppupiste kiinni viimeksi piirrettyyn apuviivaan. Siirretään uusi apuviiva 0,5m suoraan kohti etelää, eli apuviivojen loppupisteet yhdistyvät.



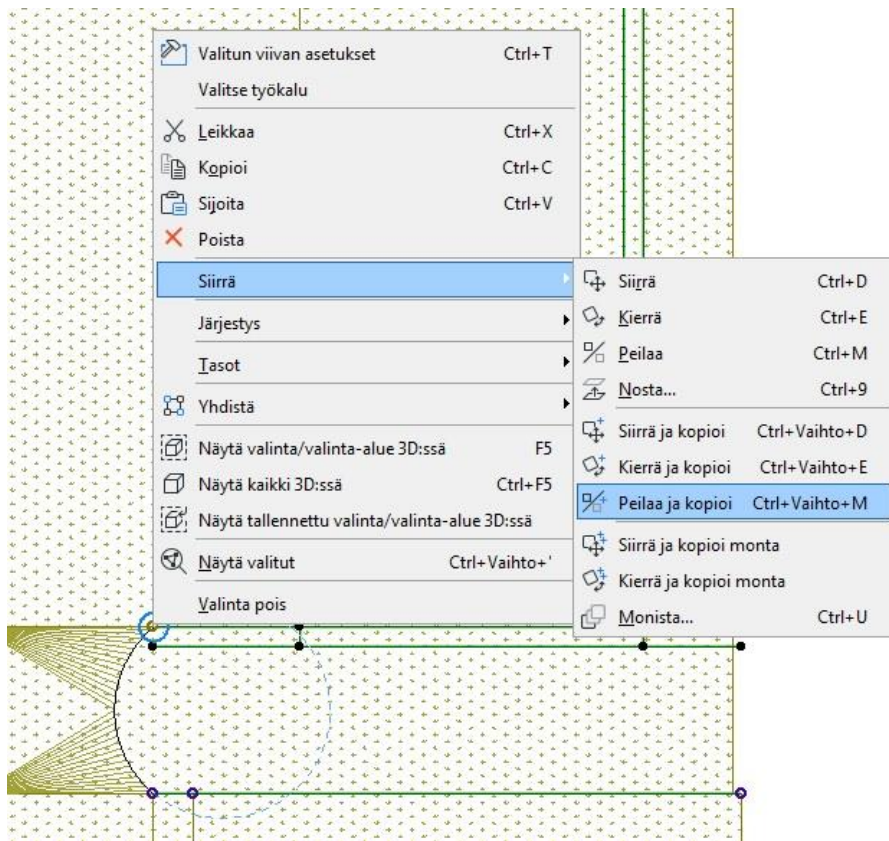
KUVA 188 Jatketaan apuviivaa osoittamalla uuden apuviivan alkupiste punaisella kehystettyyn pisteeseen ja osoitetaan alkupistettä suoraa kohti itää, mutta kirjoitetaan mitaksi 2,5m.



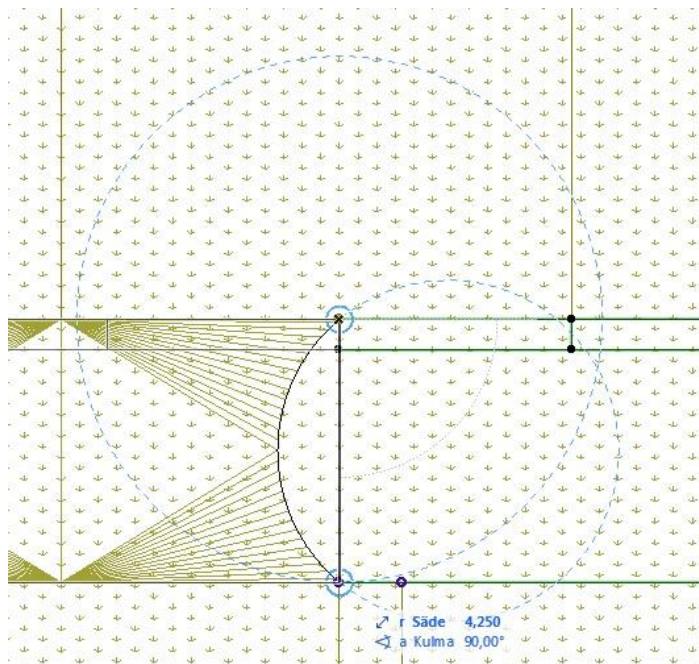
KUVA 189 Osoitetaan vielä yhden uuden apuviivan alkupiste sinisellä ympyrällä merkittyyn pisteeseen ja loppupiste myös. Tällä 0,5m mittaisella apuviivalla ei ole merkitystä kumpi on alkupiste.



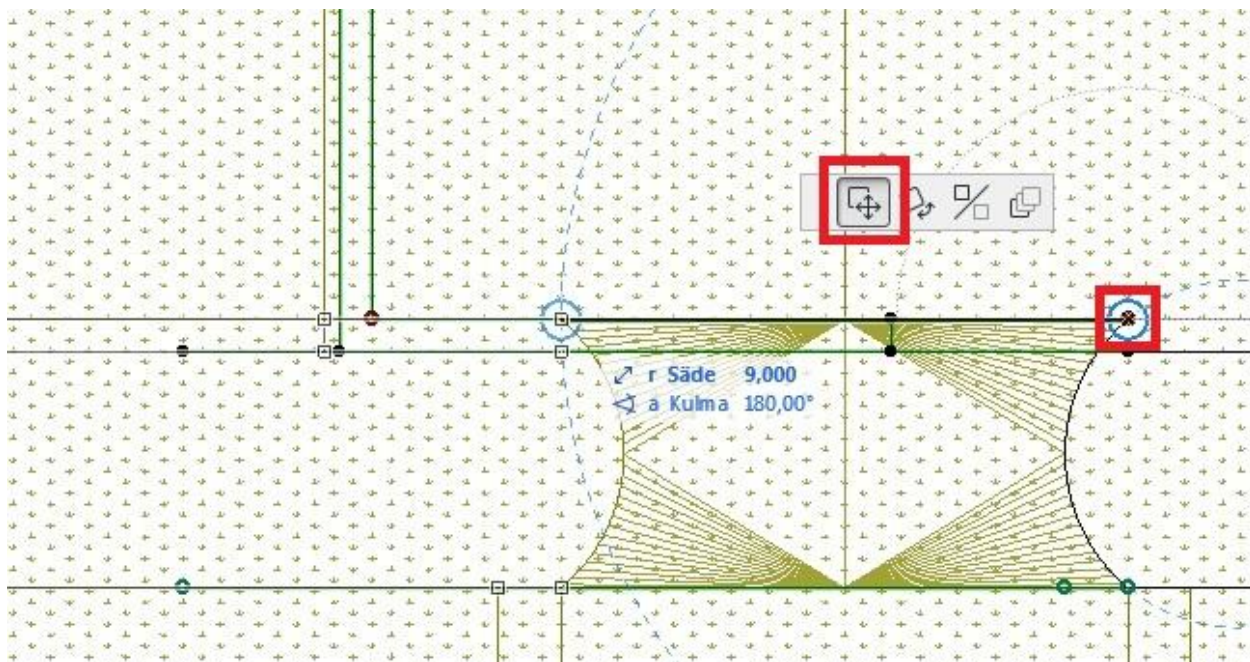
KUVA 190 Tilanne apuviivojen osalta näyttää nyt tältä. Toistetaan apuviivojen piirto peilikuvana toisellekin puolelle, mutta piirtämisen sijasta kopioidaan nykyiset apuviivat.



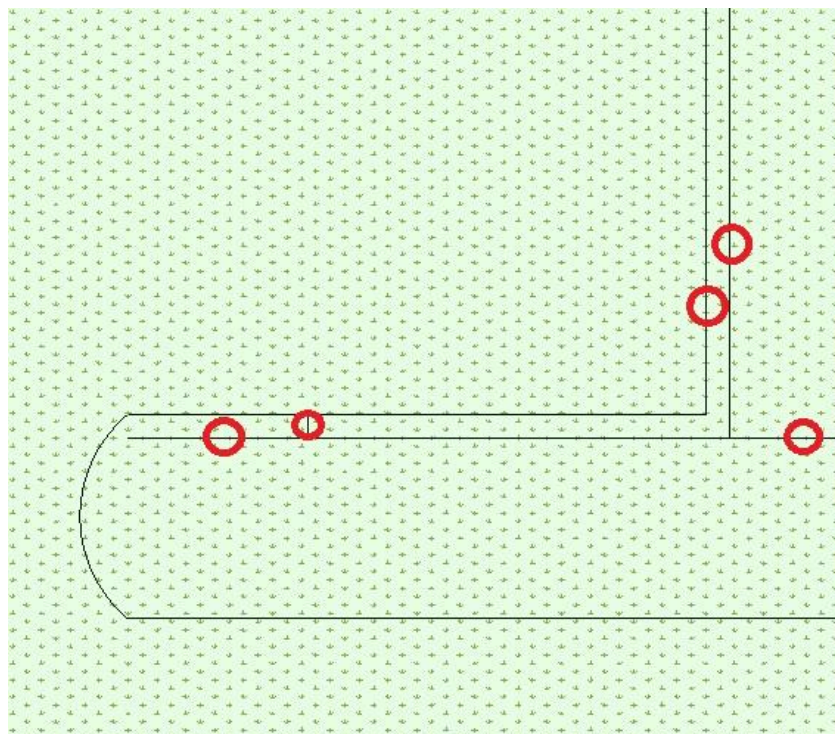
KUVA 191 Valitaan kaikki piirretyt apuviivat. Huomioidaan, että liittymään kiinni pullistettu viiva on muuttunut ”Kaari/ympyräksi” ja aktivoidaan sekin käyttämällä VAIHTO-näppäintä. Klikataan hiiren oikealla yhta viivoista ja valitaan *Peilaa ja kopioi* kuvan mukaisesti.



KUVA 192 Osoitetaan peilauslinjan ensimmäiseksi pisteeksi liittymän oikeassa ylänurkassa sijaitsevan apuviivan piste. Osoitetaan liittymän alanurkkaan toinen piste kuvan mukaisesti.

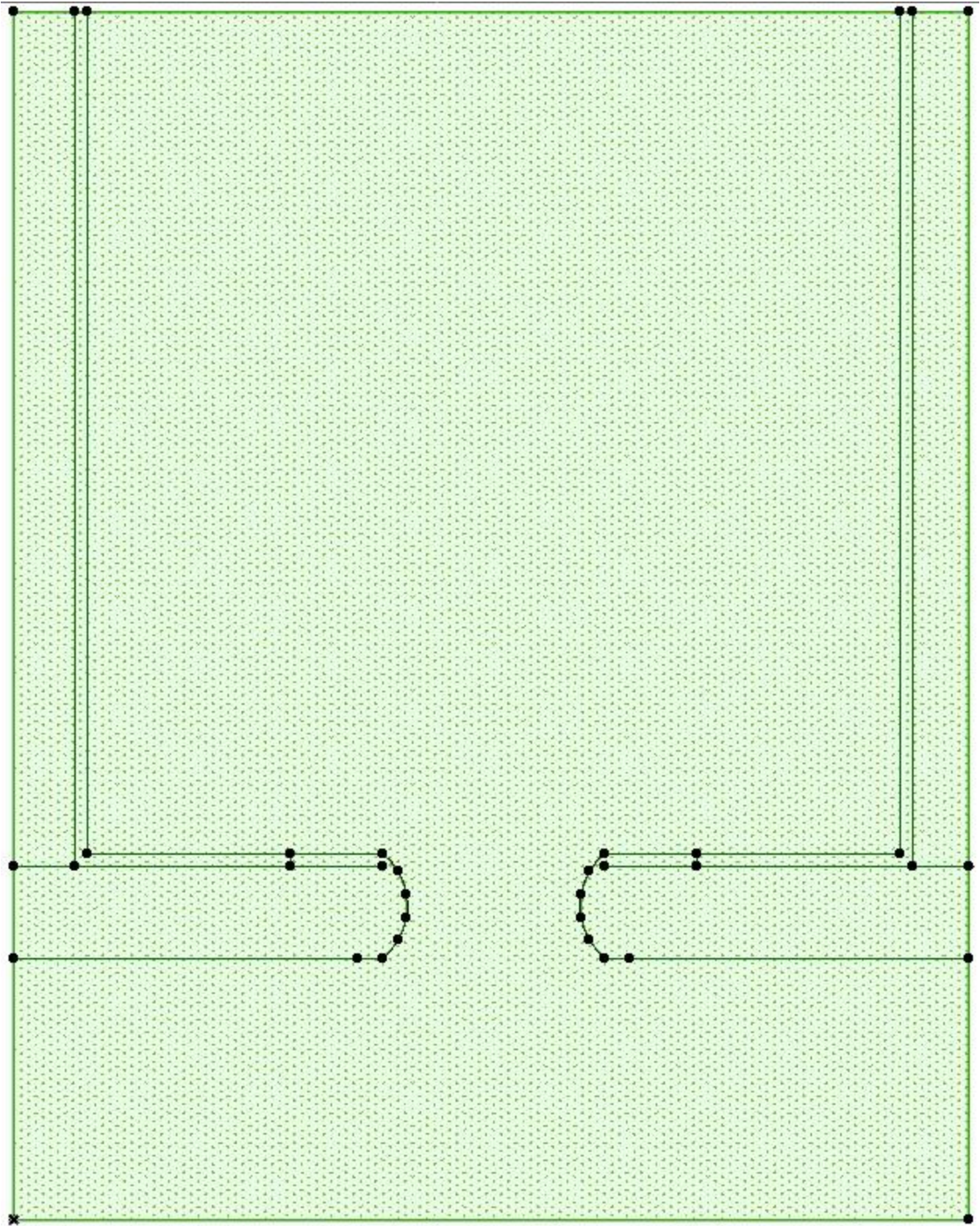


KUVA 193 Tartutaan kopioitua apuviivaryhmää tarttumalla ensimmäisen peilauslinjan pisteeseen. Siirretään ryhmä liittymän vastakkaiselle puolelle.

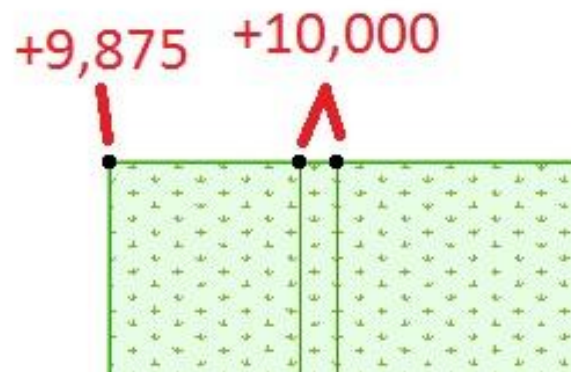


KUVA 194 Luodaan uudet pisteet taikasauvaa käyttäen. Piilotetaan tasoasetuksista myös ”Pinta – päällyste”. Toisin sanoen, luoduista tasoista näkyvillä on vain ”Pengerrys”. Huomioidaan, että *Kaaren mukailu*-ikkunassa on valittuna *Paras vastaavuus*, kuten kuvassa 168. Valitaan apuviivat taikasauvalla esimerkiksi kuvan mukaisissa kohdissa mahdollisten virheiden välttämiseksi.

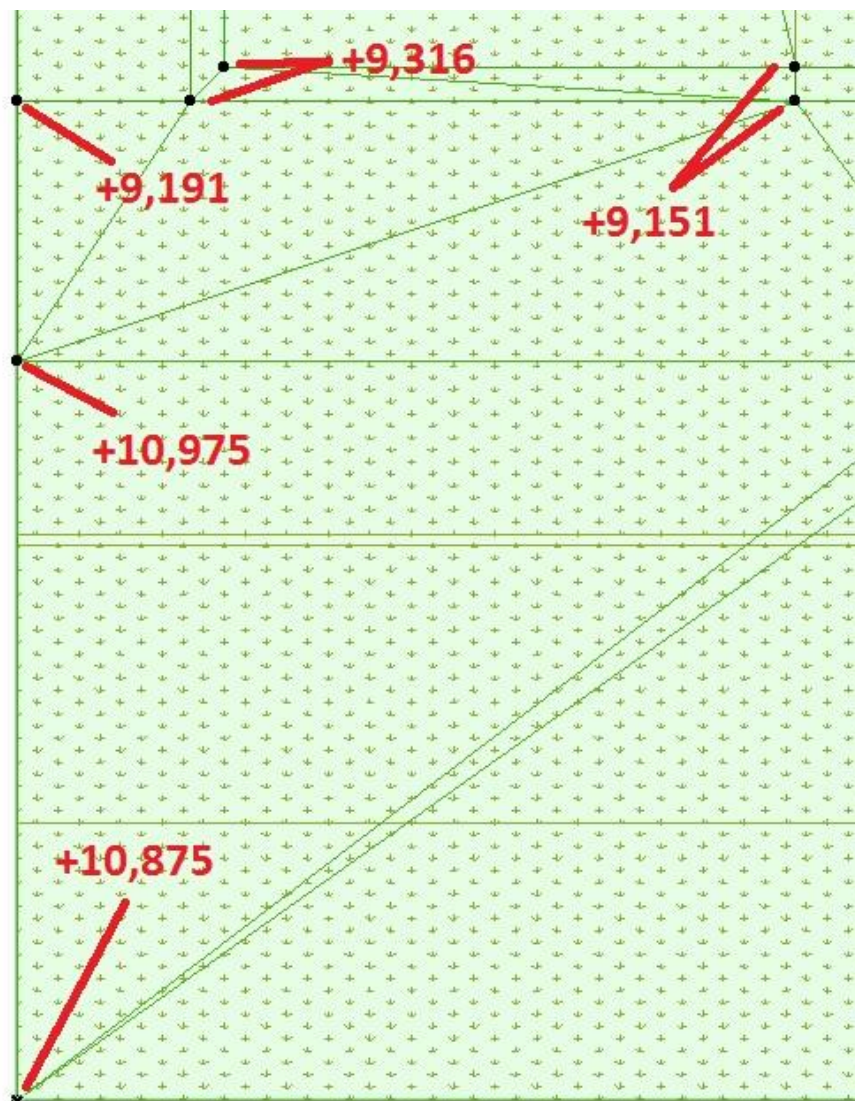
Toistetaan sama peilikuvana toisellakin puolella.



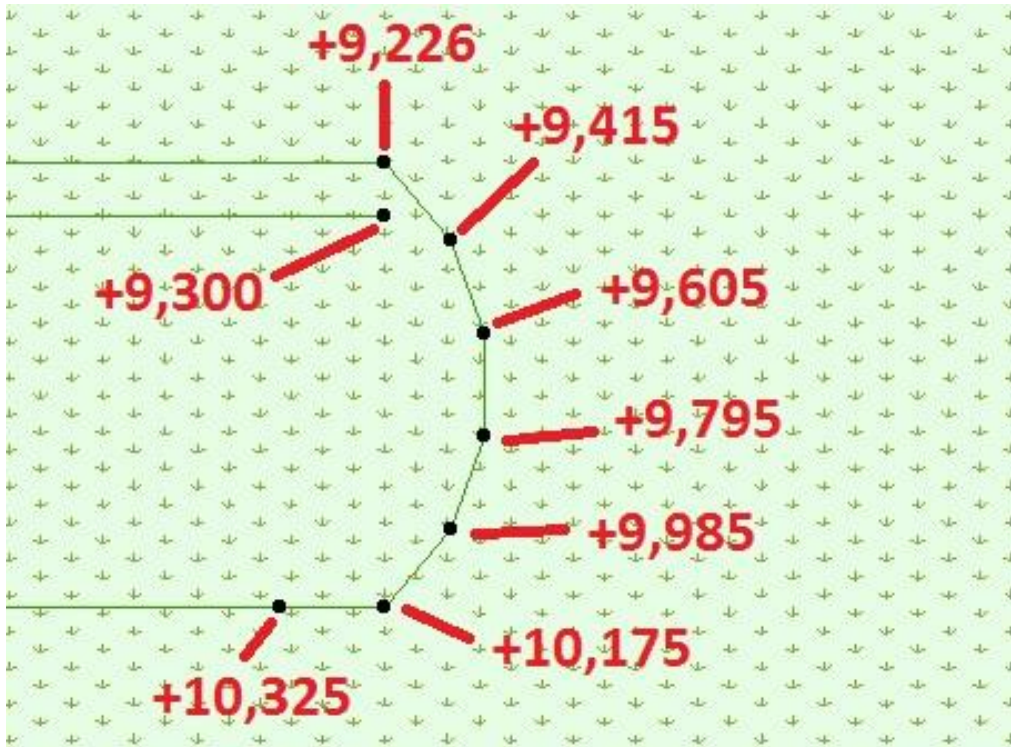
KUVA 195 Kaikki tarvittavat pisteet pengerryksen korkeusasemien muokkaamista varten ovat luotuna. Valitaan kaikki apuviivat ja *Ympyrä/kaari* sekä poistetaan ne.



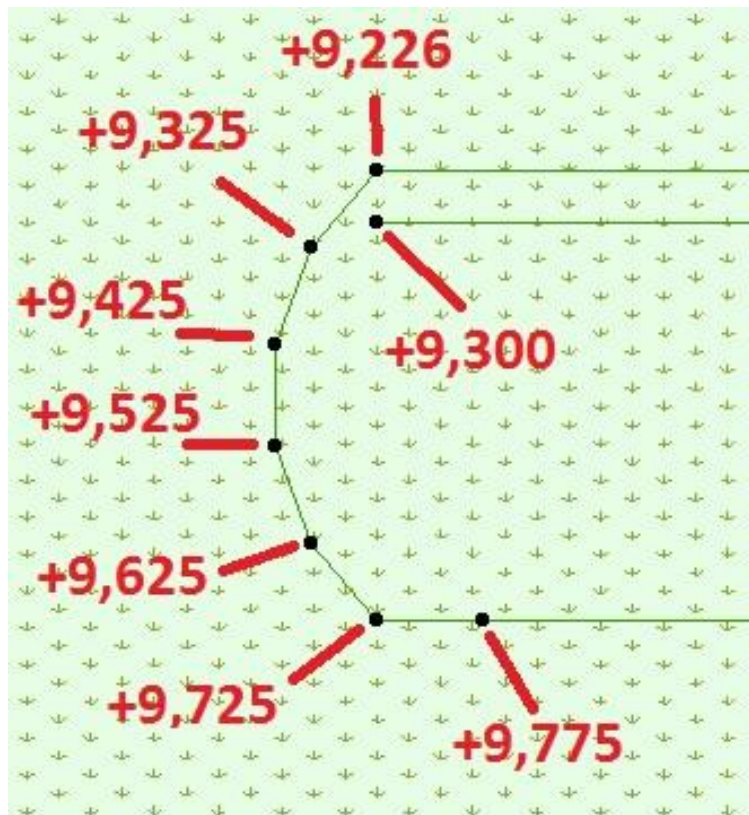
KUVA 196 Pysäköintialueen ylänurkan korkeusasemat. Toistetaan muokkaus peilikuvana vastakkaiselle ylänurkalle.



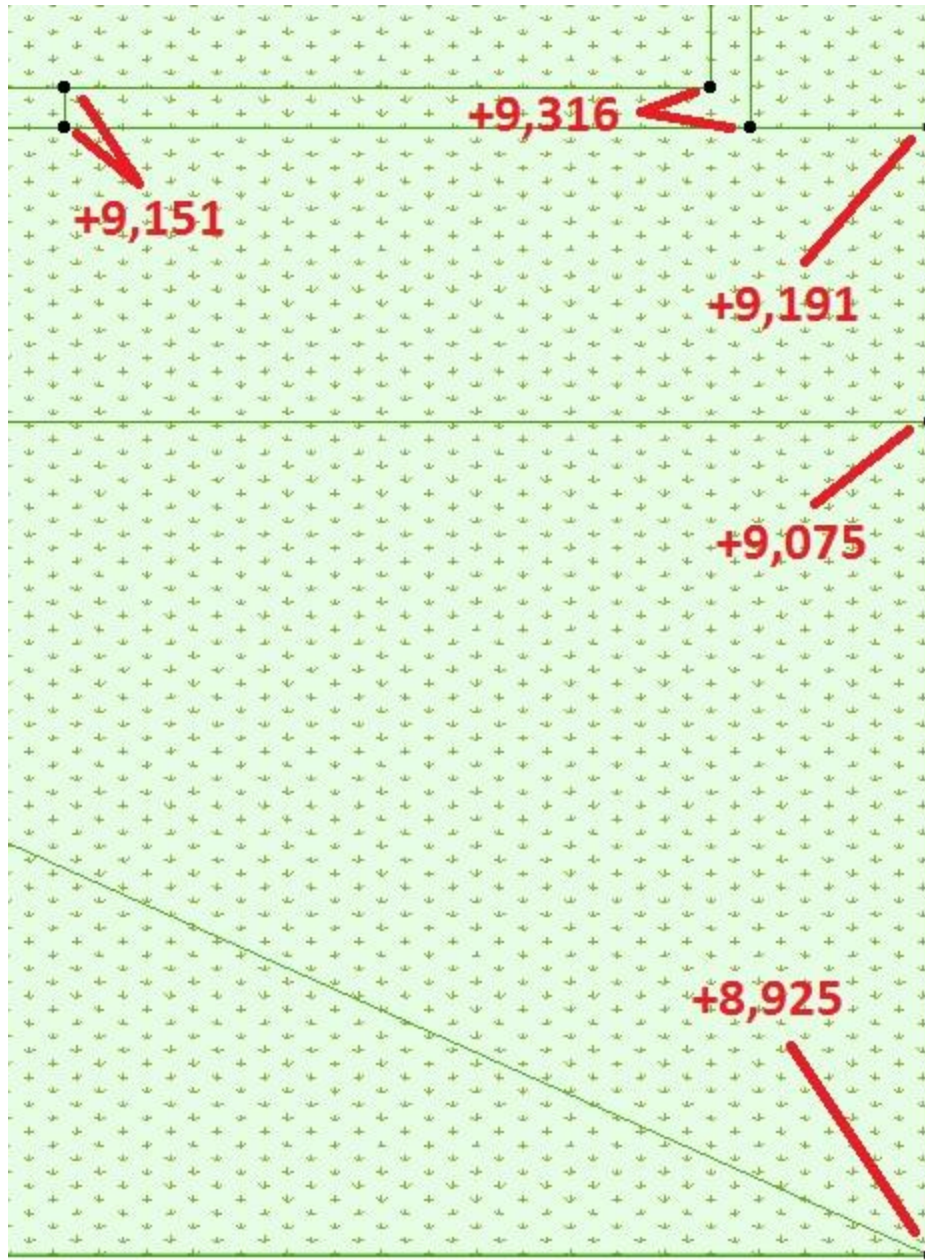
KUVA 197 Vasemman alanurkan korkeudet.



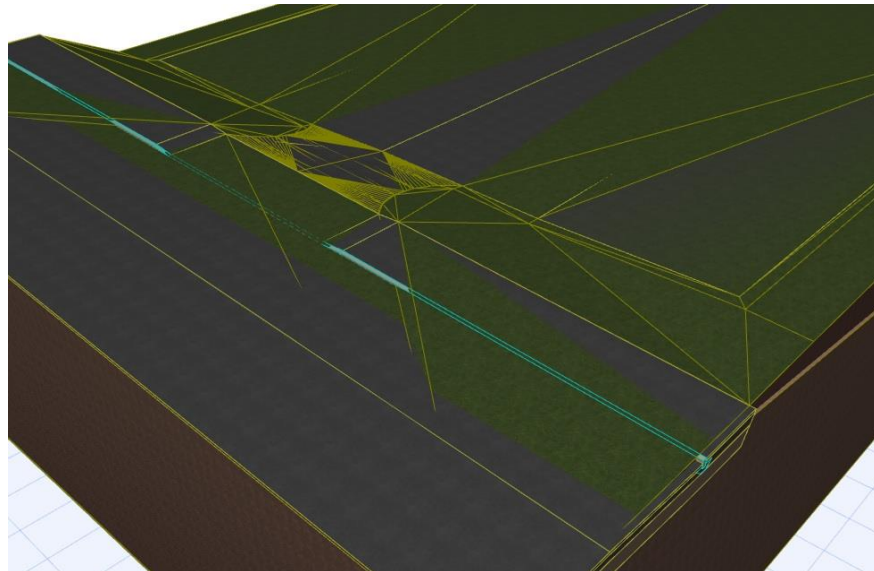
KUVA 198 Liittymän vasemman puoleiset korkeusasemat.



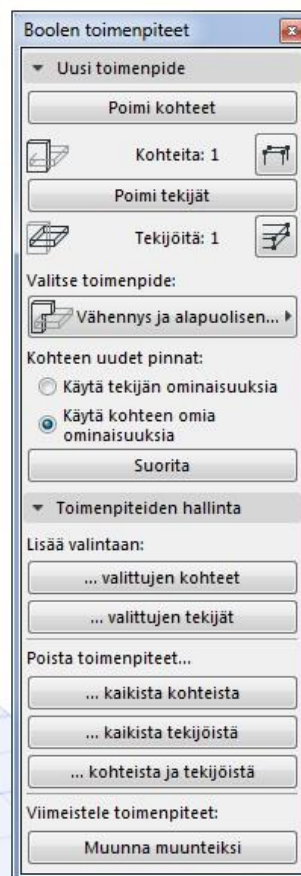
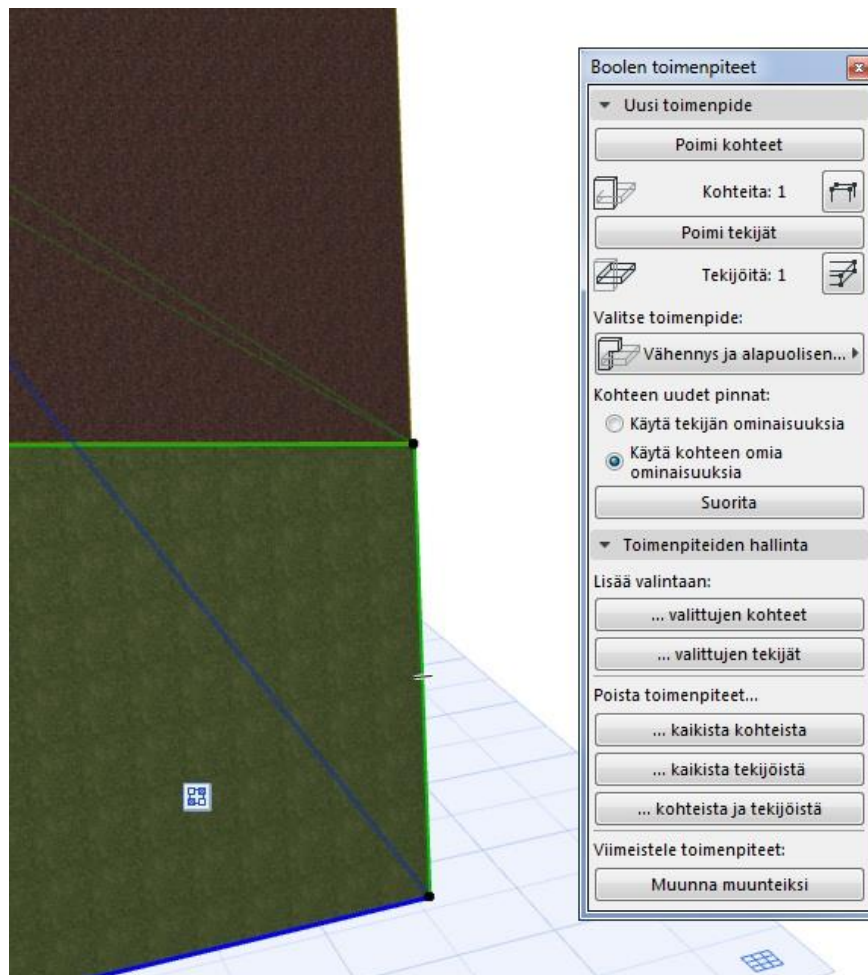
KUVA 199 Liittymän oikean puoleiset korkeusasemat.



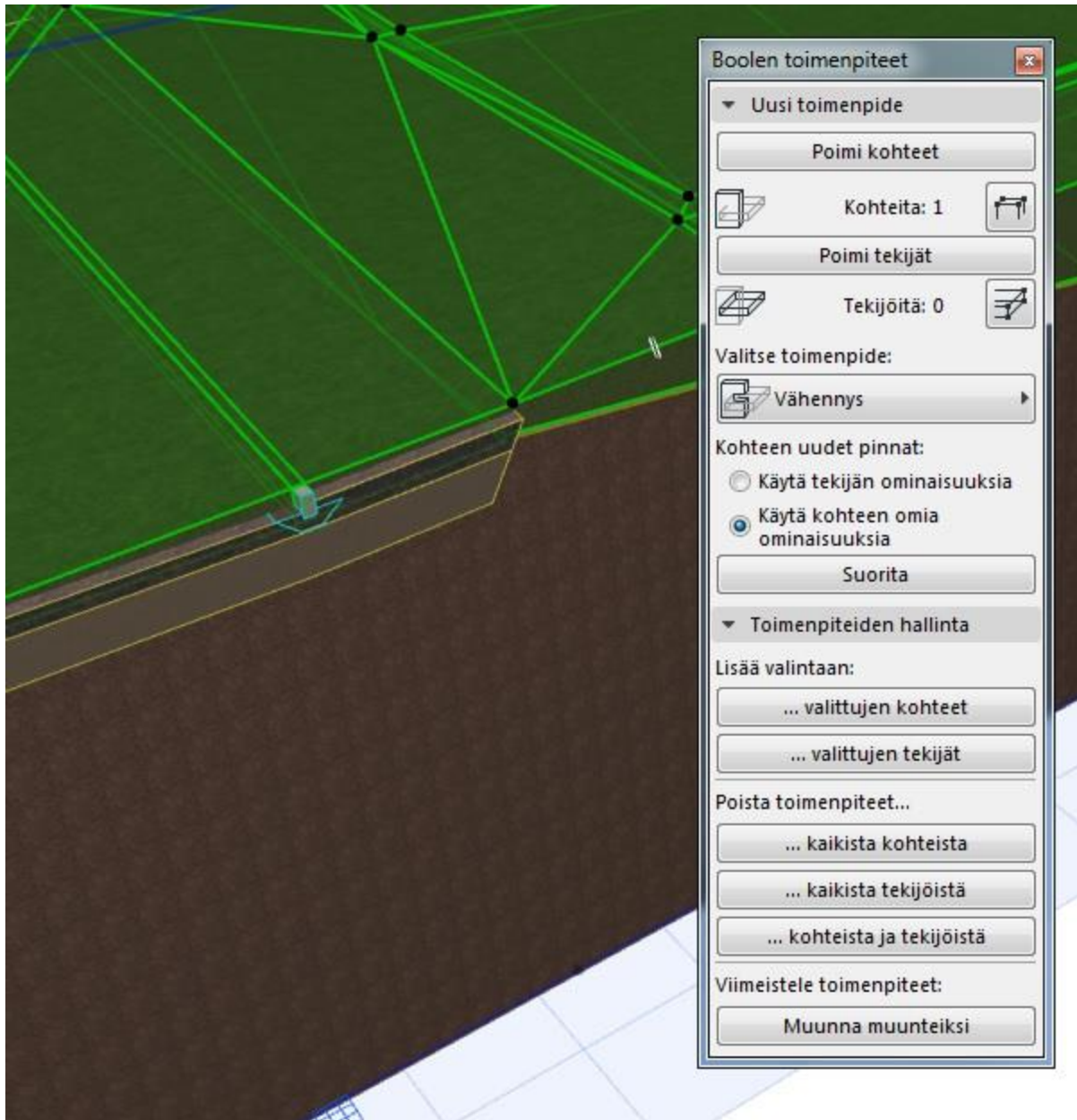
KUVA 200 Oikean alanurkan korkeusasemat.



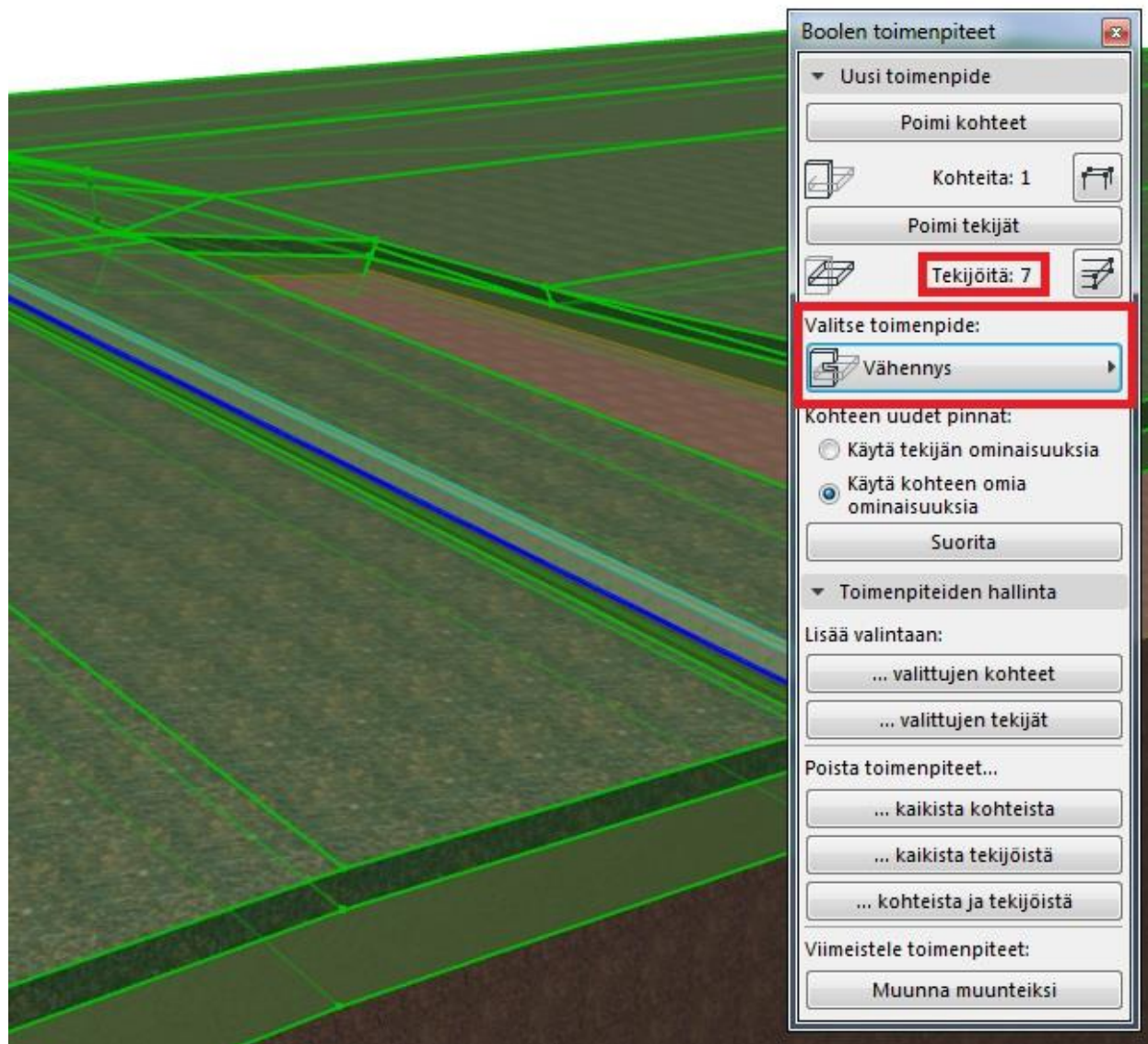
KUVA 201 Asetetaan tasoasetuksista kaikki näkyville ja tilanne näyttää tältä.



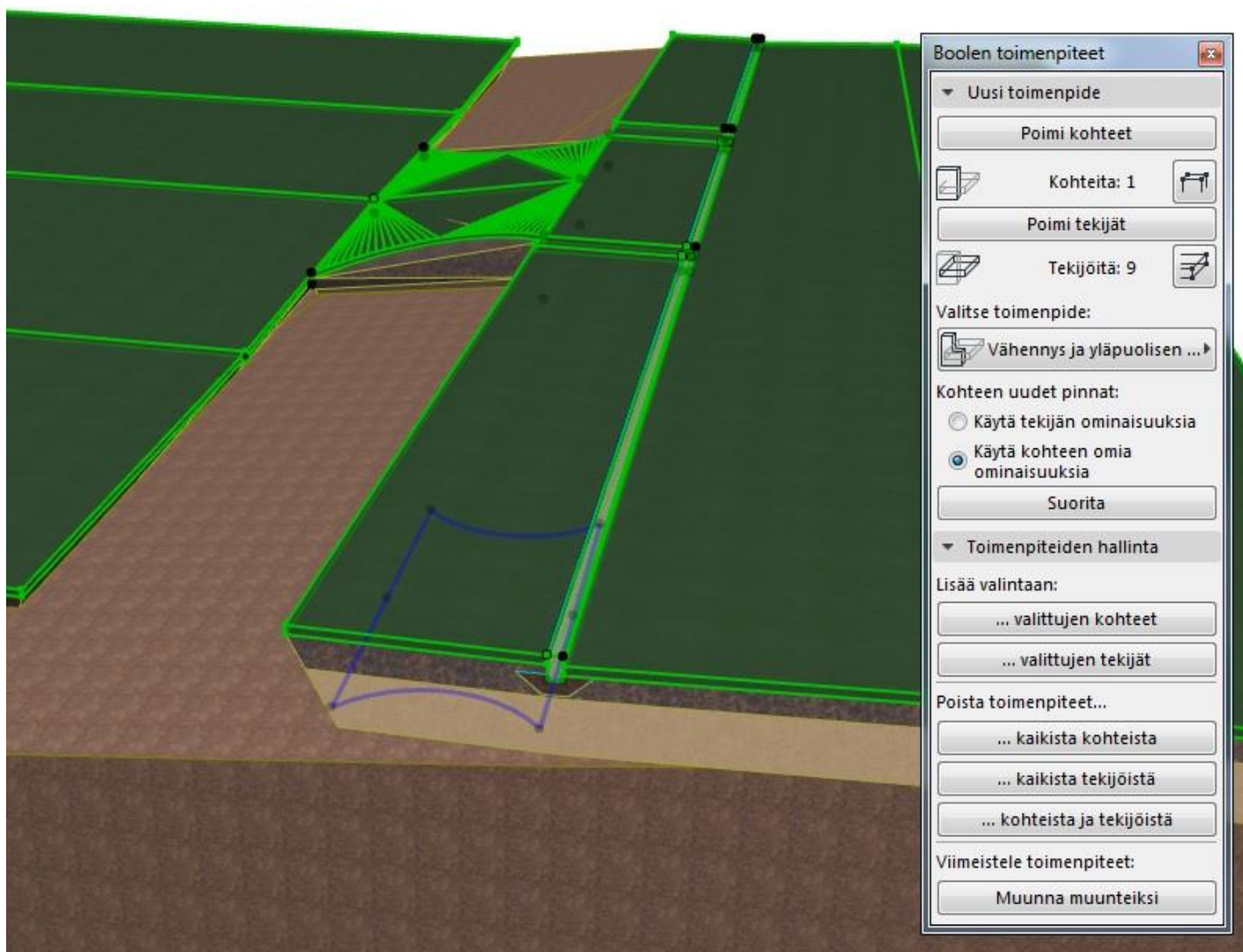
KUVA 202 Avataan Boolean toimenpiteet ja poimitaan kohteeksi pengerryksen pinta. Tekijäksi poimitaan pohjamaan pinta. Valitaan toimenpiteeksi *Vähennys ja alapuolisen osan poisto* sekä painetaan *Suorita*.



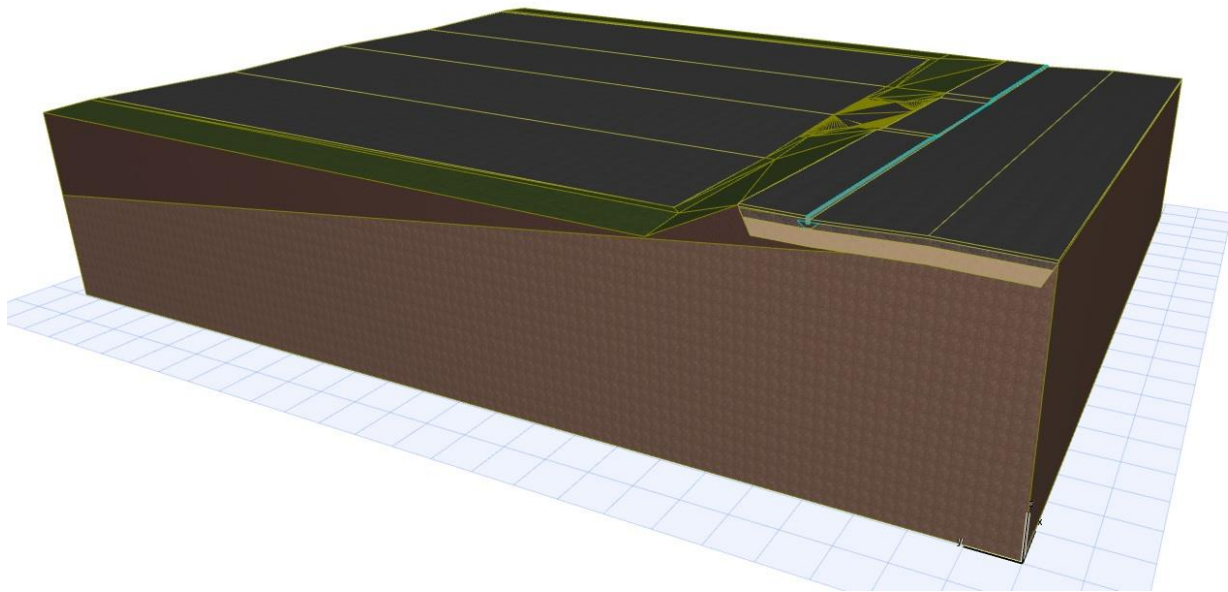
KUVA 203 Seuraavaksi asetetaan pengerrys ja rakennekerrokset erille toisistaan. Piilotetaan tasoasetuksista ”Päällyste – liittymä”, ”Päällyste (asfaltti)” ja ”Pinta – päällyste”. Poimitaan kohteeksi pengerryksen pinta. Piilotetaan ”Pengerrys” tasoasetuksista.



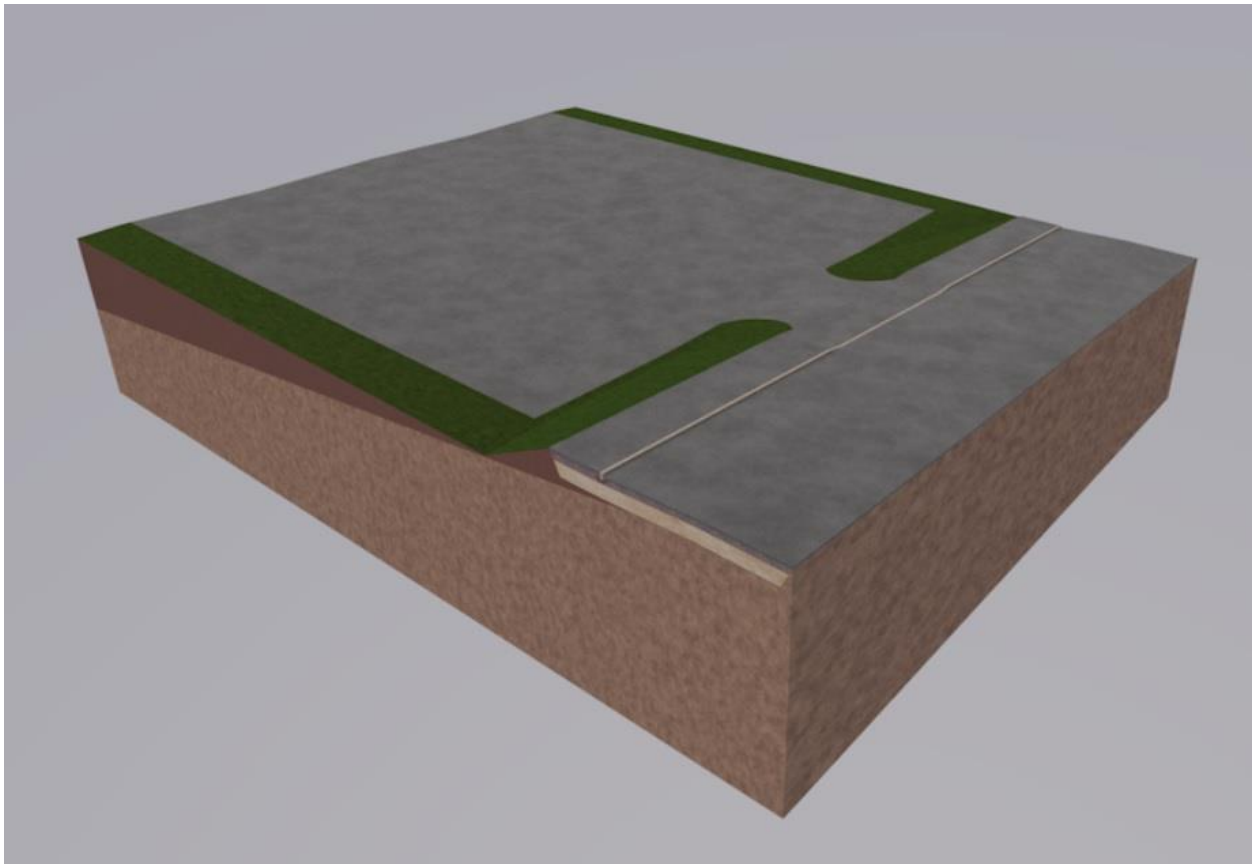
KUVA 204 Poimitaan tekijöiksi kaikki kantavat sekä jakavat kerrokset. Poimitaan tekijöiksi lisäksi vielä asennussoran palkki. Tekijöitä on yhteensä seitsemän (7). Valitaan toimenpiteeksi *Vähennys*. Painetaan *Suorita*. Asetetaan tasoasetuksista takaisin näkyville ”Pengerrys”, ”Päällyste – liittymä” ja ”Päällyste (asfaltti)”.



KUVA 205 Poimitaan kohteeksi pengerryksen pinta ja piilotetaan se tasoasetuksissa, kuten kuvassa 203. Poimitaan tekijöiksi kaikki päällystepinnat sekä kaikki reunakiven osat. Tekijöitä on yhteensä yhdeksän. Valitaan toimenpiteeksi *Vähennys ja yläpuolisen osan poisto*. Painetaan *Suorita*. Suljetaan *Boolean toimenpiteet*. Asetetaan tasoasetuksissa ”Pengerrys” takaisin näkyviin. ”Pinta – päällyste” saa jäädä piiloon.



KUVA 206 Pysäköintialueen 3D-mallinnos on valmis.



KUVA 207 Renderöity pysäköintialue (1024x768). 3D-kuva renderoidaan polusta *Dokumentti – Visualisointi – Renderoi*. Renderointiasetuksia saa muokattua polusta *Dokumentti – Visualisointi – Renderointiasetukset*.

LÄHTEET

ArchiCAD-harjoituskirja, KM.HAR. Luettu 15.3.2017.

http://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja17/KM.HAR_web.pdf

Markkanen, Tero, rakennustekniikan lehtori. Ohjauskeskustelut 10.3.2017, 24.3.2017 ja 3.4.2017. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Silvennoinen, Piia, Lamminsaari, Minna-Maaria. 2009. Liite 2. VirtuaaliViipuri: Ohje maastoon istuttamiseen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö.

Luettu 15.3.2017. Saatavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9508/Silvennoinen.Piia_Lamminsaari.Minna-Maaria.pdf?sequence=2