

Tartu Ülikool  
Humanitaarteaduste ja kunstide valdkond  
Ajaloo ja arheoloogia instituut

Edgar Laksa  
**VÄRVIKAD KÕRGUSED**  
**VILJANDI VANALINNA ALUSPINNA RELJEEFI ANALÜÜS**  
Bakalaureusetöö

Juhendaja:  
Andres Tvauri, PhD

Tartu 2016

## Sisukord

Sissejuhatus.....	3
Kasutatud allikad.....	6
Metoodika.....	8
Pinnamudelite võrdlus.....	15
Kultuurkihi paksus.....	17
Madalad ja niisked alad.....	18
Pinnamudelite tõlgendus.....	22
Kokkuvõte.....	25
Kasutatud allikad ja kirjandus.....	27
Käsikirjad.....	27
Kirjandus.....	30
Internetiallikad.....	31
Summary.....	32
LISAD.....	35
Lisa 1.....	36

## Sissejuhatus

Inimesed on oma uudishimus kannustatud uut infot otsima ning vana selle kaudu ümber mõtestama. Tarkvaratehnoloogia oskusliku kasutamise abil saab vajalikke märke paremini ära tunda ja neile tähendusi anda. Seega saame täpsemalt ning laiemalt minevikku tõlgendada. Sellega kaasneb ka suurem infotulv ning olulised detailid võivad jääda tähelepanuta. Visuaalse info laiem ja põhjalikum kasutus aitab andmeid paremini sorteerida ja markeerida, mis tagab ülevaatlikuse ja terviklikkuse

3D mudel peab aitama uusi ja olemasolevaid teadmisi paremini ja ülevaatlikult süstematiseerida, olles väärtuslikuks abivahendiks arheoloogia tekstide, fotode ja plaanide mõistmisel. See ei anna otseselt uut infot, vaid võtab selle kompaktsel viisil kokku. Visuaalne info aitab paremini mõista näiteks kirjalikke kontseptsioone. Selle asemel, et uurida ainult kaevamisaruandeid eraldi, saab pilgu heita mudelile ja selle abil järeldusi teha. Loomulikult ei välista see vajadust ja kohustust läbi töötada kirjalikke allikaid, küll aga muudab see tööd kergemaks ja päästab võib-olla üleliigsest vaevast.

Mudel peab täitma mitut ülesanne. Ta peab olema justkui informatiivne kaart, mis näitab mitmesuguste objektide ja nähtuste paiknemist. Siis on kaevamistel või järelevalves paremini teada, mis ees ootab. Informeeritus aitab vältida negatiivseid üllatusi, mis võivad tööd juurde tekitada. Või vastupidi, mudel aitab jõuda sihtpunktini kiirelt ja efektiivselt. Kõik sõltub ikkagi uurimisküsimustest. Teiseks peab mudel olema eksperimentaalne tööriist, mis lisaks andmete visualiseerimisele lubab neid analüüsida ja manipuleerida. Ehk siis mudelit peab saama muuta, et kasutada seda erinevate hüpoteeside testimiseks ja kontrollimiseks.

Varasema uurimisloo põhjal on jõutud järeldusele, et varalinnaline asustus näib koonduvat tänapäeva Viljandi vanalinna piirides eelkõige lääne ja põhjaossa. Käesolevas töös püüan leida sellele põhjuslikke seoseid. Uurimiseks ja kontrollimiseks kogusin kaevamisaruannetest kokku kõrgusandmed loodusliku aluspõhja kohta ning

modelleerisin aluspinna reljeefi. Aluspind ehk saviliiv on kultuurkihi alune pind, mis on jäänud inimtegevusest puutumata. Selle vahele jääb ka muinasaegne orgaaniline mullahorisont, mis on inimtegevuse mõjul enamasti hävinud. Aluspind peegeldab kõige täpsemalt maastiku iseärasusi enne linna ja kultuurkihi tekkimist. Lisaks ja võrdluseks koostas ka tänapäevase pinnareljeefi mudeli. Selliste mudelite, kaevamisaruannete ja aluspinnase omaduste põhjal püüan välja selgitada kõrgemad-madalamad ja sellest tulenevalt ka kuivemad-niiskemad alad. Eeldades, et inimesed valisid elamiseks eelkõige kõrgemad kohad, annab selline analüüs lisainfot varalinnalise asustuse kohta.

Selles kirjatöös lähenen Viljandi tekke- ja kujunemisloo problemaatikale uuel ja värskel viisil. Eelnevalt pole sellist metoodikat varem kasutatud, seega saab see kirjatöö olema justkui katsetus oma puuduste ja voorustega. Selleks kasutan programmi AutoCAD Civil 3D 2016. aasta versiooni, loomaks kolmemõõtmelised pinnamudelid, mille abil ja põhjal vastata antud uurimisküsimusele. Olemasolevaid andmeid kasutan viisil, mis lubab neid vaadelda visuaalselt ühildatud, üldistatud ja ühendatud kujul. Need jagunevad põhimõtteliselt kolmeks:

- Viljandi linnaplaan kuhu on joonestatud tänavad, majad, nimed-numbrid jms.
- LIDAR-i andmete põhjal koostatud pinnamudel, mis annab täpse ülevaate tänapäevasest maapinna reljeefist.
- looduslikku aluspinna kõrgust väljendavad ja sisaldavad koordinaadid, mille sain kaevamisaruannete ja 3D mudelist tuleneva info kombineerimisel.

Niisiis viitab kolmemõõtmeline visualiseerimine sellele, et pinnareljeefi ei kujutata ainult kahemõõtmeliselt (aruannetes jooniste ja fotode kujul) vaid kolmemõõtmelise mudeli kaudu. See näitab pinnareljeefi suhestumist ja paiknemist aladel, mille kohta andmeid on vähe või puuduvad üldse. Programmi võimalusi ära kasutades ja demonstreerides koostas ka mahumudeli, mis visualiseerib kultuurkihi kogupaksust Viljandi vanalinna erinevates osades. Seda tööd kirjutades ja koostades olen tähelepanu pööranud erinevate digitaalsete tööriistade kasutamisele ja nende teadusliku potentsiaali ära kasutamisele. Käesolev töö on ka näide võimalustest, mida pakub AutoCAD Civil

3D arheoloogidele. Programmi, mis on eeskätt mõeldud ehitusinseneridele, saab kasutada ka arheoloogilise info tõlgendamisel, kuivõrd see hõlmab selliste andmete kasutust ja töötlust, mille jaoks antud programm ongi loodud.

Antud kirjatöö hõlmab toorandmete töötlemist, ühildamist ja analüüsimist. Mudeleid saaks edaspidi optimeerida ja paremaks muuta aruannete sisu n-ö interpreteerides. See tähendab et mudelit saab täiendada arheoloogide tähelepanekute põhjal, mida on keeruline konkreetsete numbrite keelde panna. Näiteks kui on täheldatud niiskemaid kohti või välja kaevatud endisaegseid kuivenduskraave, saab need kanda mudelile ja veevoolu analüüsidega läbi katsetada. Või siis täiendada pinnaprofiili andmetega, mis ei tulene otseselt kõrguspunktidest. Selline katsetamine nõuab aga kogemusi, teadmisi ja oskusi, mida töö autoril hetkel napib. Käesolevas töös on sellised tõlgendused toodud välja tekstina.

See kirjatöö jaguneb neljaks peatükiks. Esmalt kirjeldan pinnamudelite tegemise protsessi ja mis aspekte peaks sealjuures silmas pidama. Seega on meetodika peatükil nii kirjeldav kui ka praktiline iseloom. Teises peatükis kirjeldan ja võrdlen tehtud pinnamudeleid. Toon välja nende eripärad, sarnasused ja erinevused. Samuti kirjutan lühidalt mahumudeli praktilistest rakendusvõimalustest. Kolmandas peatükis püüan pinnamudelite ja kaevamisaruannete põhjal välja selgitada alad, mis olid linna rajamise ajal liigniisked ning mõjutasid seega asustusüksuste paiknemist. Neljandas peatükis võrdlen pinnamudelite põhjal tehtud tõlgendusi varasema uurimislooga. Toon välja pinnamudelite tõlgenduste põhjal koostatud hüpoteesi, mis täiendab olemasolevaid teadmisi 13. sajandi Viljandi asustusloost.

## Kasutatud allikad

Aluspinna mudeli koostas kaevamisaruannetest saadud info põhjal. Selekteerisin välja aruanded, mis käsitlevad väljakaevamisi ja/või järelevalvet Viljandi vanalinna alal. Otsisin aruannetest välja kirjaliku või visuaalse info profiili läbilõike ja/või stratigraafia kohta, kus oli märgitud puutumatu loodusliku aluspõhja olemasolu. See omakorda pidi olema märgitud ja/või tuletatud absoluutkõrgusest. Kasutamise eelduseks oli ka korralik ja arusaadav profiili ning kultuurikihi kirjeldus. Mõnel juhul jäid potentsiaalselt kasulikud andmed kasutamata, sest olid sisult või esitusviisilt segadust tekitavad. Näiteks ei olnud kõikidel joonistel kihtide kõrgusandmeid täpselt välja toodud, vaid oli piiratud näiteks üksiku kõrgusjoonega. Tavaliselt sain enamiku kõrgusandmed kätte aruande tekstist, kuid see võttis rohkem aega ja tegi töö palju keerulisemaks.

Saadud info hulk oli kõikuv ja sõltus kaevamiste suurusest. Uuematest ja mahukamatest aruannetest sain reeglina rohkem infot. Kõige rohkem kõrguspunkte sain ma Eero Heinloo aruannetest, kus hästi koostatud profiili joonistele oli alati lisatud kihtide kõrgusandmed. Palju väärtuslikku infot sain ka Andres Tvauri aruannetest, mis dokumenteerisid järelevalvetöid Väike-Turu, Kauba, Munga, Sepa ja Pikal tänaval. Asendamatuks infoallikaks osutus Heiki Valgu 1996. aasta georadari- ja puurimisuuringute aruanne. Kihtide kõrgusandmed olid seal esitatud sügavusena maapinnast. Selle teisendamine absoluutkõrgusteks nõudis rohkem tööd. Samas tehti puurauke (mida oli võrdlemisi palju) ka elamukvartalite sees. Enamik kõrgusandmeid pärinevad järelevalvetöödest, mis toimuvad tavaliselt tänavatel. Seega on info tänavate ja õuealade vahel jagunenud ebaühtlaselt. Üldiselt sain vähem andmeid vanalinna idaosa kohta, kui välja arvata Martti Veldi järelevalvetööd Pikal tänaval (endine Juudi tänav).

DGN formaadis (Bentley Systems Microstations) linnaplaani sain Viljandi arhitektuuriametist. Konverteerisin selle AutoCAD-i DWG formaati. LIDAR-i andmed tellisin Maa-ametist XYZ (ASCII TXT) formaadis. Kaardilehe mõõtkava, mida saab

valida Maainfo kaardirakendusest kaardilehtede jaotuse alt, oli 1:2000 ning selle number 470593.

Täna oma juhendajat Andres Tvaurit valgustavate nõuannete ja arutelude eest. Need varustasid mind alati värskete ideede ja motivatsiooniga. Sügav kummardus Ingmar Aijale, kelle juhtnöörid aitasid mul AutoCAD Civil 3D-d kiiremini ja valutumalt tundma õppida. Samuti soovin tänada Tiit Hangu, kelle üldised tähelepanekud Viljandi geomorfoloogiast aitasid mul näha uuritavat teemat uues valguses. Ning lõpuks kestvad ovatsioonid Iiris Lüsile ja Kristiina Paavelile, kelle moraalne toetus ja terav kriitika teksti toimetamisel aitas selle uurimistööl lõpuni viia.

## Metoodika

Enne metoodika ja tööprotsessi kirjeldamist põhjendan 3D modelleerimise kasulikkust arheoloogias. Selle mõttekus sõltub paljuski nõudmistest ja ka uurimisküsimusest. Arheoloogias on 3D mudel tööriist, millega jõuda uue infoni. Selle abil liidetakse erinevad elemendid tervikuks, mille omadusi ei saa käsitada lihtsalt elementide omaduste summana. See tervikust tulenev uus info on aga inimese tõlgendustöö tulemus. Kui tööriista õigesti ei kasutata, ei pruugi ka tulemused olla ootuspärased. Seega peab mudel olema kasutatav, muudetav ja mõõdetav, sellel peab saama testida erinevaid hüpoteese. Mudel on märk, osutav tähis selle poole, mida me tahame leida ja mõtestada. 3D-mudelite ja rekonstruktsioonide väärtus ei tohiks seisneda ainult nende enda visuaalses olemuses, vaid andma juurde võimaluse väljendada ja eksperimenteerida kirjaliku kõrval ka visuaalse keele sfääris (Barceló 2000, 2001).

Arheoloogia on oma metodoloogia ja sealt saadava info poolest kolmemõõtmeline (Lanjouw 2016: 2). Inimene näeb samuti ruumiliselt ja info mõistmine on efektiivsem ja täpsem, kui see on esitatud samamoodi (Daniels 1997). Semiootilisest vaatenurgast lähtudes läheb tõlkes alati midagi kaduma. Seega põhjustab kolmemõõtmelise info tõlkimine kahemõõtmelisse visuaalkeelde või ka teksti, märkide ja nende tähenduste muutust. Algne mõõde ja vaade peab säilima, sest pilt ütleb ju rohkem kui tuhat sõna.

Üldiselt on 3D modelleerimine muutunud tervikuna kergemaks, odavamaks ja kiiremaks, võrreldes paberile joonestamisega. Keerukaid struktuure on kolmemõõtmeliselt arvutis kergem visualiseerida, sama käib ka andmete muutmise ja säilitamise kohta. 3D kuulub selles osas suuremasse n-ö ökosüsteemi, mis kasutab ära digitaalse andmeladustamise eeliseid (Lanjouw 2016: 6). Olles terviklikult omaks võtnud need kasutusvõimalused, tulevad esile 3D modelleerimise eelised, sest saadaval on erinevad funktsioonid ja teenused, mis muudavad info loomise, töötlemise ja haldamise efektiivsemaks.



Oma töös kasutasin programmi AutoCAD Civil 3D. See CAD (*computer aided design*) programm on suunatud eelkõige ehitusinseneridele (*civil engineer*), kes koostavad kõikvõimalikke ehitusprojekte või peavad selle üle järelevalvet. Siiski lubab programmi lai funktsionaalsus seda kasutada ka näiteks geoloogidel ja arheoloogidel. Arendaja ja levitaja Autodesk väljastab tasuta litsentsi, mis on suunatud õpilastele ja õpetajatele. See võimaldab õppeotstarbel kasutada nende erinevaid tarkvaratooteid<sup>1</sup>. Sellega kaasnevad ka piirangud. Tasuta litsentsiga saadud tarkavara on funktsionaalsuselt identne tasulise versiooniga, välja arvatud ühes aspektis. Tasuta versioon loob DWG failidele eemaldamatu „vesimärgi”, mis kandub edasi ka tasulistesse versioonidesse. Seepärast ei saa tudengilitsentsi omanik kasutada programmi kommertslikel eesmärkidel<sup>2</sup>. On olemas ka laiendusi ja programme geoloogidele, mille eesmärgiks on stratigraafia modelleerimine ja visualiseerimine. Need programmid võiksid sobida antud kontekstis ka arheoloogidele. Mõned näited: HoleBASE SI, SGS Genesis, IRAP RMS Suite, Geomodeller3D, GM-SYS, VOXI 3D, GSI3D, Petrel, Rockworks, Move jne.

Kui oskusi ja teadmisi napib, aga on soov kasutada programmi põhjalikumalt, tasuks võimaluse korral võtta enne osa koolitustest, kus seletatakse lahti ja harjutatakse läbi Civil 3D ja AutoCAD-i põhifunktsioonid ja kasutusloogika. See aitab paremini mõista programmi enda kasutusjuhendeid ja lugematuid vastava sisuga videosid internetis. Näiteks on Tallinna Tehnikaülikooli lektor Raido Puust<sup>3</sup> teinud Youtube'is mitukümmend eestikeelset videoloengut Civil 3D ja muude Autodeski programmide kasutamisest.

Selles peatükis kirjeldan ülevaatlikult mudelite koostamise tööprotsessi. Olen pööranud tähelepanu ka praktilisele poolele; toon välja aspekte, mis on kasulikud mudeli koostamise seisukohast, aga kasutud mudeli tõlgendamisel. Kolmemõõtmelise mudeli/joonise loomise juures on oluline ka tööde sooritamise järjekord. Sellest tulenevalt kirjeldan info kogumise etappe, mis on vajalikud mudeli tegemisel. Püüdsin

1 [download.autodesk.com/us/FY16/Suites/LSA/en-US/lisa.html](http://download.autodesk.com/us/FY16/Suites/LSA/en-US/lisa.html) (08.04.2016)

2 [docs.autodesk.com/ACD/2011/ENU/filesAUG/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-6050.htm](http://docs.autodesk.com/ACD/2011/ENU/filesAUG/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-6050.htm) (08.04.2016)

3 [www.youtube.com/user/eRaido](http://www.youtube.com/user/eRaido) (08.08.2016)

järgida reaalsel tegetsemise järjekorda, kuigi soovi ja oskuste korral on võimalik tegutseda ka teistmoodi.

Mudel koosneb kolmest erinevast põhikomponendist:

- Viljandi linnaplaan, kuhu on joonestatud tänavad, majad, kõrgusjooned, veekogud jms. Plaan on georefereeritud L-EST97 koordinaatsüsteemi, kuid sellel puuduvad kõrgused. Linnaplaan on kahemõõtmeline ning 3D mudelina seda kasutada pole võimalik;
- LIDAR-i andmete põhjal koostatud pinnamudel, mis annab täpse ülevaate tänapäevasest maapinna reljeefist. See on samuti georefereeritud L-EST97 koordinaatsüsteemi;
- loodusliku aluspinna kõrgust väljendavad ja sisaldavad koordinaadid, mille sain kaevamisaruannete ja 3D mudelist tuleneva info kombineerimisel.

Kõigepealt piiritlesin mõtteliselt huvipakkuva piirkonna ehk antud kontekstis Viljandi vanalinna, mis on ajalooliselt ümbritsetud linnamüüri. Seega pakkus mulle huvi ala, mis jääb linnamüüri sisse. Eemaldas linnaplaani jooniselt tänavad-majad ja muud joonestatud objektid, mis polnud vanalinna alal. Alles jätsin vanalinna hoonestust ja tänavaid sisaldavad joonisekihid. Piir kulges järgmiselt: põhja poolt Tartu tänav; ida poolt Kraavi ja Oru tänav; lõuna poolt ulatus piir Pikk tn 33 majast ning esimesest Kirsimäest. Ida poolt kulges piir Tasuja puiestee ja Tallinna tänava kaudu (Lisa 1). Kuna linnuse ala ei olnud uurimistöo fookuses ning selle kohta puudusid mul ka LIDAR-i andmed, siis jätsin selle välja.

AutoCAD Civil 3D-s saab jooni kasutada suure hulga erinevate ülesannete tarvis. On olemas erinevad n-õ joonetüübid, igaüks spetsiifiliste omadustega: *line*, *polyline*, *3D polyline*, *multiline*, *feature line* jne. Et linnaplaani jooned pärast pinnamudelile saada, pidin nad konvertima PEDIT käsuga *polylines*-iks. Et mudel näeks välja selgem ja ülevaatlikum, joonestasin üle hoonete kontuurid, muutsin ja sättisin majade-kruntide numbreid ning viisin läbi muid pisiparandusi. Sõltuvalt eesmärgist ja oskustest võib

algset linnaplaani täiendada rohkemgi, sest pakutavaid võimalusi on programmis hulgi. Lisasin näiteks mudelile keskaegsete kraavijäänuste asukohad ning vanimate asustusüksuste ligikaudsed asukohad (Haak ja Russow 2013: jn 7).

Järgnevalt ehitasin linnaplaani joonisefaili pinnamudeli (*surface*). See on kolmemõõtmeline kujutis alast, mis on esitatud punkte ühendava võrestikuna (*triangles* või *grid*). Pinnamudel on alguses defineerimata ehk tühi ning sellele tuleb lisada LIDAR-i punktid. Algandmed, mis on tehtud LIDAR-i skaneeringute põhjal, tellisin Maa-ameti geoportaali kaudu. Kõrgusandmed on esitatud lihttekstina (*plain text*), kus iga punkt on kirjas XYZ koordinaatides. Valisin 1-meetrise resolutsiooniga kõrgusandmed, kust oli välja sorteeritud hooned ja puud ning alles jäetud maapinna reljeef. Need punktid ehitatakse võrestikuks (*mesh*), mis võib-olla kas TIN ehk kolmnurkadest moodustatud reljeefmudel (*triangulated irregular network*) või siis DEM, mida esitatakse rasterkujutisena (*digital elevation model*).

Nagu ka linnaplaan, oli pinnamudel antud kontekstis liiga suur, seepärast kasutasin *Create Cropped Surface* funktsiooni, et seda väiksemaks teha. Erinevalt näiteks pilditöötlusprogrammist, kus foto kärpimise tulemust saab näha samas failis, peab Civil 3D-s kärbitud pinnamudeli eksportima teise faili. See võib vabalt olla olemasoleva faili koopia, kus on olemas linnaplaan, aga puudub pinnamudel.

Kui mul oli olemas kõik kolm sobivale kujule viidud komponenti, ühendasin linnaplaani ja pinnamudeli. Maapinna reljeefi ja aluspinna mudeldamisest on vähe kasu, kui seda pole viidud vastavusse linnaplaaniga, sest alati peab olema midagi võrdluseks. Kasutasin *Elevations from Surface* funktsiooni, mis paigutab jooned pinnamudelile. Mõlemad objektid olid georefereeritud, seega omavahel täpses vastavuses. See samm ei ole tingimata vajalik, sest pealtvaates ei ole vahet, kas linnaplaan on ühendatud pinnamudeliga või on nullkõrgusega pinnamudeli all. Mõlemad näevad pealtvaates samasugused välja. Vahe tuleb välja ainult siis, kui mudelit nurga all vaadata. Samuti tasub meeles pidada, et kui näiteks riskülik, mis on nelja tipupunktiga (*vertex*), paigutada pinnamudelile, siis järgib ta kõiki reljeefi muutusi. Iga polügooni reljeefil

järgides tekitatakse tipupunkt juurde. Mida rohkem polügoone, seda rohkem tipupunkte. Kui riskülik on pinnamudelile toodud, on kuju muutmine väga tülikas, sest selleks peab kõik tipupunkte liigutama. See tähendab et enne linnaplaani ja pinnamudeli ühendamist peab esimesel kõik vajalik tehtud olema.

Kõige töömahukamaks etapiks osutus koordinaatide hankimine aluspinna mudeli jaoks. Koordinaat esindab mingit punkti kaevandis, kust on saadud asukoha- ja kõrgusandmed (XYZ). Need uurisin ma välja järgmiselt. Kuna aruannetes pole tavaliselt kaevandite asukohakoordinaate ära toodud, hankisin ma need vastloodud mudeli kaudu. Võrdlesin aruannete kaevamisplaane ja mudelit ning leides viimasel vastava koha, tekitasin CREATEPOINTMANUAL käsuga punkti, millele lisasin vajaliku kirjelduse ning kõrguse jätsin nulli peale.

Sellisest meetodist tulenevalt võis kaevandi tegelik asukoht ja mudeli tarvis võetud koordinaadid erineda 1-1,5 meetri ulatuses. Kuna nendel punktidel polnud kõrgust (Z), kandsin nad *Elevations from Surface* funktsiooniga pinnamudelile. See tähendab et programm andis LIDAR-i andmete põhjal ehitatud pinnamudeli kaudu nendele punktidele kõrgused. Samuti olid need punktid mudelil, mis viitasid vastava profiili asukohale, märgitud visuaalsete sümbolitena. See toimib osutava viidana ja näitab aluspinna kõrguspunktide jaotumist. Kõik see võimaldas mul täiendada aruandeid, kus ei olnud märgitud maapinna absoluutkõrgus, vaid ainult kultuurkihtide sügavus maapinnast.

Profiili asukohta esindavad punktid jagasin punktigruppidesse (*point groups*), millest igaüks esindas vastavat kaevamisaruannet. Grupeerimine võimaldab lisada punktigrupile asjakohast metainfot. Mina lisasin näiteks kaevamisaruannete pealkirjad. Samuti aitab grupeerimine punkte paremini sorteerida ja mudelil markeerida. Kui profiilide asukohad olid märgistatud ja kõrgused välja selgitatud, eksportisin need punktid lihttekstifaili kujul. Seejärel asendasin kõik maapinna kõrgused loodusliku aluspinnase omadega. Nendest andmetest lähtuvalt ehitasin loodusliku aluspinna

mudeli. Kuna see on georefereeritud ja asub tänapäeva maapinna mudeli all, avab see uued võimalused kultuurikihi tõlgendamise osas.

Selleks et mudelilt info lugemine oleks võimalikult kerge, tuleb selle visuaalne esitatus vastavaks seada. Selleks on peamiselt kaks võimalust: *surface style* ja *surface properties*. Esimene võimaldab defineerida pinnamudeli komponentide väljanägemist<sup>4</sup>. Teisega saab muuta pinnamudeli omadusi laiemalt ja ka läbi viia erinevaid analüüse, mis toetub pinnamudeli omadustele. LIDAR-i andmete põhjal tehtud pinnamudelil määrasin esitusstiiliks kõrgusvahemikud (*elevations*). Tavaliselt on vaikimisi olemas ka stiilide eelvalikud, kuid antud juhul neid polnud ja seega muutsin ainukese saadaoleva (*Standard*) eelvaliku seadeid. Samuti saab määrata kõrgusvahemike hulka ja seda esindavad värvid. Kõrgemad ja madalamad kohad on esitatud erinevate värvidega ja seega omavahel selgelt eristatavad.

Väga olulised on ka mudeli levitamismõisted. On selge, et igapähe ei ole AutoCAD Civil 3D-d arvutis ning selle kasutusoskus pole samuti iseenesestmõistetav. Seega peavad olema võimalused mudelite vaatamiseks ja presenteerimiseks. Õnneks pakub programm mitmeid lahendusi. Kõige kindlamaks valikuks on mudeli eksportimine PDF formaati. Kuigi üksikasjalikke seadeid on jällegi palju, valisin eksportimisel *Save As PDF* dialoogis *AutoCAD PDF (General Documentation)* eelseadistuse. See töötas probleemideta, seega ei olnud põhjust muid valikuid kasutada.

Et mudel töötaks PDF vaaturis sujuvalt ja ei kasutaks liigselt arvuti ressursse, tasub üle kontrollida pinnamudeli võrestiku polügoonide arv. Soovitatavalt tasuks seda hoida vahemikus 100 000 - 200 000, see peaks tagama sujuva esituse. Antud juhul vähendasin LIDAR-i andmetel põhinevat pinnamudeli polügoonide arvu, mida saab teha *Simplify Surfaces* funktsiooniga<sup>5</sup>. Samuti tasub kontrollida *Include layer information* valiku kehtivust. Valik on oluline sellepärast, et PDF vaaturis on võimalik lülitada sisse-välja

4 [docs.autodesk.com/CIV3D/2012/ENU/filesCTU/GUID-08661740-9006-422C-AD84-8060BBE4959-45.htm](https://docs.autodesk.com/CIV3D/2012/ENU/filesCTU/GUID-08661740-9006-422C-AD84-8060BBE4959-45.htm) (11.07.2016)

5 [help.autodesk.com/view/CIV3D/2016/ENU/?guid=GUID-81482A2A-B158-4A2F-88C6-97676CF1AA05](https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2016/ENU/?guid=GUID-81482A2A-B158-4A2F-88C6-97676CF1AA05) (06.08.2016)

erinevaid kihte: olgu selleks pinnakihid, teed, tänavad jne. PDF vaaturis on saadaval ainult kihid, mis olid Civil 3D-s eksportimise ajal sisse lülitatud. Sama loogika käib ka mudelivaate kohta. Kui Civil 3D-s on mudelit visuaalselt suurendatud, valitakse eksportimisel ainult vastav osa.

## Pinnamudelite võrdlus

Peale seda kui vajalikud andmed on kätte saadud, välja sorteeritud ja mudelid koostatud, tuleb välja tuua ka nende sarnasused ja erinevused (Lisa 1) Arutleda tuleb ka selle üle, kui võrd kasutatav on 13. sajandi pinnareljeefi mudel. Kui on soov ammutada lisainformatsiooni loodusliku aluspõhja kõrguse ja kultuurkihi paksuse kohta, aitavad need mudelid efektiivsemalt planeerida puurimisi-kaevamisi.

Esimene silmapaistev erinevus kahe mudeli vahel on kõrguspunktide hulk ja paiknemine. Kui tänapäevase reljeefi mudel baseerub ülitäpsel LIDAR-i tehnoloogial, kus võrestik ja sellel baseeruv pinnamudel moodustatakse sadadest tuhandetest kõrguspunktidest, siis aluspinna reljeef on ehitatud käsitsi kogutud punktidest, mida on kokku 215 ringis. Need esindavad kindlaid asukohti, kus kaevamiste ajal oli profiil nähtav alates looduslikust pinnasest. Mudeli täpsuse suurendamiseks saab selliseid kõrguspunkte juurde kaevamisandmete interpreteerimisel. Näiteks kui aruandes on välja toodud tähelepanek, et looduslik pinnas kulgeb mööda kaevandit enam-vähem ühel kõrgusel, siis saan sama kõrgusega punkte panna mudelile rohkem kui üks profiil seda lubaks. Seda võtet kasutasin näiteks Viljandi muuseumi juurdeehitusel, Sepa tänava kaevandi ja Jaani kiriku kommunikatsioonitrasside kaevamistel. Viimase puhul oli näiteks mainitud, et kogu kaevandi ulatuses paljandus inimtegevusest puutumatu looduslik aluspõhi kõrgusel 82.35 – 82.40 m (Valk 1991a: 10). Samas tuleb selliste tõlgenduste puhul olla ettevaatlik ja võrrelda punkti kõrgust ümbritsevaga. Kui see erineb väga järsult, olles tunduvalt madalam või kõrgem, tasub profiili kirjeldus ja kõrgused üle kontrollida.

On selge, et nii väheste ja ebaühtlaselt paiknevate punktidega mudelilt ei saa oodata erilist täpsust, kuid võrdlevat ülevaadet saab siiski teha. Mõlemalt mudelilt on näha, et maapind langeb märgatavalt Hiire, Linnu ja Oru tänava piirkonnas ning on üldiselt kõrgem linna lääne- ja põhjaosas. Kõrgem paistab ka piirkond, mis piirneb Johan Laidoneri platsi, Lutsu, Pika ja Lossi tänavaga. Mingil määral võib märgata sarnasust

Sepa, Munga, Pika ja Lossi tänava lõunapoolse osaga, kus maapind on ümbritsevast madalam. Suurim erinevus on aga just Kauba ja Väike-Turu vahelisel ning Munga 4, 5 ja 5A keskel olevat alal. Kahte mudelit võrreldes on nendel aladel kõrguste erinevus suurim. Aluspinna mudeli info tuleneb kõrguspunktidest, mis pärinevad 1996. aastal läbi viidud puurimistöödelt. Võib oletada, et nendes kohtades ongi looduslikult reljeef sügavam, kuid ümbritsevate punktide vähesuse tõttu on see muutus võimendatud. Sügavust kinnitab muidu ka asjaolu, et aluspinnas oli üsna märg ja kultuurkiht hästi säilinud orgaanikaga (Valk 1996: 8-9).

Kindlasti peab arvestama ka sellega, et aluspinna reljeef ei kulge tasaselt, vaid on oma väikeste kõrgendike ja süvenditega. Kui andmeid on ala arvestades hõredalt või need paiknevad ebahühtlaselt, siis on ka mudel ebatäpsem. Seega annab see võrdlus ja mudelid üldistatud pildi ja seega ka teadmised. Paremaid tulemusi annaks kogu kultuurikihi andmestiku mudeldamine, mis näitaks ära ka maapinna kerkimise erinevused inimtegevuse tagajärjel.

Küsimust võib tekitada tõik, miks ei ole mudelis kasutatud 1996. aasta välitööde georadari andmeid. Põhjus on selles, et georadari andmed kultuurikihi paksusest ja aluspinna reljeefist olid võrdlemisi subjektiivsed, vastandudes seega puurimisandmetele. Selle info kasutamine ei ole välistatud, kuid oma üldise loomuse tõttu ei saa seda kasutada kõrguspunktidenä. Neid tõlgendusi saab edukalt ära kasutada profiilidel põhineval vertikaalplaneerimisel. Kui praegust polügoonidel põhinevat pinnamudelit vaadelda küljelt ehk profiilis (siinses töös olev mudel ei võimalda seda), siis on aluspinda tähistav piirjoon väga nurgeline, sest iga tipupunkt (*vertex*) on ühendatud sirge joonega. Vertikaalplaneerimisel saab aga sisse viia täiendused, mis muudavad pinnamudeli reljeefi tervikuna sujuvamaks. Profiil ja pinnamudel on omavahel dünaamiliselt seotud, seega ühte muutes muutub automaatselt ka teine.



## Kultuurkihi paksus

Mudeli üheks praktiliseks väljundiks on võimalus saada üldine ülevaade kultuurkihi paksusest (Lisa 1). Seda võimaldab AutoCAD Civil 3D funktsioon *TIN Volume Surface*. Kuna antud juhul on olemas nii loodusliku aluspõhja ja hetkeseisule vastav pinnamudel, saab selle funktsiooniga välja arvutada kahe reljeefi kõrguste vahe ehk kultuurkihi paksuse. Mahumudelil on kultuurkihi paksemad kohad violetsed ja õhemad punased; roheline jääb mõlema äärmuse keskele. Esimene silmatorkav tunnus on tänavate ja hoonekvartalite kõrguste erinevus. Tänavad on hoonekvartalitest võrdlemisi madalamal. Seda saab seletada näiteks asjaoluga, et tänavaid puhastatakse regulaarselt ning kultuurkiht pakseneb peamiselt otsese ehk tahtliku inimtegevuse mõjul. Hoonekvartalites olev kultuurkiht aga ladestub pigem inimtegevuse kaasmõjul. Mudelilt nähtub, et kultuurkiht on silmnähtavalt õhuke endise Juudi tänava piirkonnas. Mõlemad pinnamudelid erinevad oma täpsuses väga palju ja see kajastub mõneti ka mahumodelis. Mis võiks olla sellise mahumudeli praktiline väärtus? Näiteks aitaks see kaasa kaevamiste planeerimisel ning näitaks mida on vastavas kohas oodata. Seda enam, kui modelleerida eri ajastute kultuurkihid, on võimalik täpsemalt arvestada inimtegevuse aktiivsust vastaval ajaperioodil.

Selle teema kontekstis ma ei analüüsi olemasolevat mahumudelit täpsemalt. Uurides eelkõige (vara)keskaega, tuleb selleks koguda kõrgusandmeid keskaegse kultuurkihi kohta, et selle põhjal modelleerida vastav pinnamudel. Kultuurkiht kuhjub eri kohtades eri kiirusega. Kultuurkihti võidakse hiljem ka eemaldada ning ümber paigutada. Seepärast võivad kihistused ja muudatused hilisemast ajast moonutada üldpilti. Samuti võib oma osa olla ka kultuurkihi koostisel ja selle muutustel erinevate keskkonnamõjude toimetel. See omakorda võib mõjutada kihi paksust.

## Madalad ja niisked alad

Üheks uurimisküsimuseks oli ka niiskemate alade välja selgitamine ja selle võrdlemine aruannete sisuga. Selliste eristuste välja selgitamine aitab mõista algsete asustusüksuste paiknemise põhjuseid. Suhtlesin ka geoloogia vanemteaduri (Tartu Ülikooli ökoloogia- ja maateaduste instituudi geoloogia osakond) ja geomorfoloog Tiit Hanguga, kes selgitas seoseid niiskuse liikumise, aluspinna reljeefi ja viimase koostise vahel. Viljandi vanalinna alal moodustab aluspinnase kollane saviliiv ja vahel ka liivsavi; sügavates ja niisketes kohtades kus orgaanika oli hästi säilinud, leidus ka sinakashalli liivsavi (Valk 1996: 5). Väga üldiselt võib eeldada, et pinnasevesi koguneb madalamatesse kohtadesse ning see sõltub mitmetest teguritest. Näiteks pinnaseomadused ise: sõmeras pinnases võib eeldada suhteliselt ühtlast vee infiltreerumist ja selle kiiret liikumist. Peeneteralistes setetes nagu saviliiv ja liivsavi on vee infiltreerumine ja selle liikumine pigem aeglane. Sellest on ka tingitud vee kogunemine madalamatesse reljeefiosadesse (Kirjavahetus Tiit Hanguga 13-17.07.2016).

Siinkohal siiski ei selgu, kuivõrd otseselt saab seostada niisket orgaanikarikast kultuurkihti aluspinnareljeefiga. Kas mudelilt nähtuv madalam koht tähistab alati niiskemat kultuurkihti? Mõnel puhul on seos ilmne (Valk 1996: 5-6, 8-9; 1993a: 9; 1990: 27), aga sellest üldise seaduspärasuse tuletamine on info nappuse tõttu pigem arbitraarne ja ei anna kindlat pidepunkti. Täpsemaks arvestamiseks peab üksikasjalikult teadma mullastiku, temperatuuri, veerežiimi ja inimtegevuse omavahelist mõju ajas. Samas ei tasu olemasolevaid tähelepanekuid kõrvale jätta, vaid tuleks kasutada neid koos teiste andmetega, loomaks suuremat pilti.

Niiskemate ja madalamate alade välja selgitamisel alustan Munga tänavast, kus on kahel korral läbi viidud ulatuslikud kaevamised (Tvauri ja Metsoja 2013; Valk 1990). Mõõda Munga tänavat voolas keskajal kraav, mis võis olla osa suuremast kuivendusvõrgust. Sellele viitavad temasse suubunud riskraavide otsad. Veevool kraavis oli suundunud läänest itta ehk Lossi tänava poole (Valk 1990: 18-19). Mõlemat mudelit (Lisa 1)

vaadates aga selgub, et maapinna kalle kulgeb kõrgemalt madalamale just lääne-ida suunaliselt. 2013. aastal läbiviidud kaevetööd kinnitasid üldjoontes eelnevat (Tvauri ja Metsoja 2013: 11). Sealne maapind oli linna rajamisel ajal niiske, millele viitavad niisketel aladel kasvavate tarnade seemned<sup>6</sup>, mida sisaldasid kõik tumedast kihist võetud mullaproovid. Niiskele pinnasele võivad viidata ka teed katnud palgid, mis muutsid tänava läbikäidavamaks (Valk 1990: 27). Madalamale looduslikule pinnale tänava idaosas viitab ka hilisem täitepinnase toomine kasutusest ära jäetud munakivisillutisele. Selle eesmärgiks oli ilmselt maapinna tasandamine (Heinloo 2015: 14).

Sama võrdlust võib kasutada ka Väike-Turu ja Kauba tänava puhul. Mudelitelt nähtub, et võrreldes Munga tänavaga asub Väike-Turu kõrgemal, kuid 2014. aasta järevalve käigus täheldati, et tänava idaosas langeb sealne maapind ning oli kaetud palkidega (Tvauri 2014: 10-11). Samuti leiti keskajal maha laotud palke Kauba tänavalt. Pole selge, kas need asetati sinna kõndimiseks, mis viitaks niiskele, porisele ja kehva läbitavusega teele, või hilisemate sillutisekihtide aluseks. Niiskemale pinnasele võiks vihjata ka orgaanikarikas keskaegne kultuurkiht, mis on levinud mõlema tänava kogu ulatuses (Ibid: 15).

Viljandi muusemi (Johan Laidoneri plats 8) juurdeehitusel 1991. aastal leiti orgaanikarikas kultuurkiht, mis seostus varalinnalise asustusega. Orgaanika säilivusest tulenevalt oli seal ka niiske ja vänge lõhnaga pinnas (Valk 1993a: 7, 9). Mudelil jääb muuseumi asukoht madalamale alale, kus algab langus järveoru suunas. Tähelepanu äratas ka Pikk 15 ja 17 hoonete juures olev ala, kus aluspinna reljeef on ümbritsevast palju madalam. Nagu ka Kauba ja Väike-Turu ala puhul, on selline tulemus tingitud ühest-kahest kõrguspunktist, mis asus Pikk 15 ja 17 majade vahel hoovis. Sealne kultuurkiht oli niiske ja intensiivne, jäädes eemale tänavatest ja olles pigem õuealal. Ka 2014. aasta järelevalvel täheldati Pika ja Lossi tänavate ristist lääne poole jäävat looduslikku vagumust (Heinloo 2015: 10). Raske on öelda, kas selline madal ala on väike või ulatub edasi põhja poole Sepa tänava suunas. Seda enam, et põhjapoolsest kvartali sisealast ei ole täpsustavaid andmeid.

---

<sup>6</sup> [www.ents.ee/ents.php?artikkel=tarn&art=ENC-28933](http://www.ents.ee/ents.php?artikkel=tarn&art=ENC-28933) (12.07.2016)

Et veenduda aluspinna reljeefi suhtelises õigsuses, viisin läbi ka järgmise katse. Otsisin aruannetest välja info kraavide kohta, mis seostuvad Viljandi varalinnalise asustusega. Kandsin kraavide oletatavad suunad punaste lühikeste joontena mudelile (Lisa 1). Aluspinnaks olevas peeneteralises materjalis on vee infiltreerumine ja liikumine aeglane. Lossi 21 (endine kino „Rubiin”) idaküljel toimunud väljakaevamistel leitud kahe kraavi näitel võib eeldada, et olles küllaltki madalad, olid nad mõeldud eelkõige pinnavee juhtimiseks niiskel aastajal või peale suuremat sadu (Tvauri 2009: 6). Visuaalse võrdlemise teel teiste kraavidega (profiili joonisel) võtsin aluseks teadmise, et kraavid kaevati üleliigse pinnavee ärajuhtimiseks, seega pidid nad järgima ka maapinna reljeefi ehk siis kulgema kõrgemalt madalamale (Lisa 1). Infot kraavide kohta leidsin pigem napilt, kuid üldistusi see teha lubas.

Kõige paremini tuli suhe reljeefi ja kraavi suundade vahel välja Oru ja Munga tänaval (Heinloo 2016: 10; Valk 1990: 18). Mõlemal puhul olid kraavijäänused ida-lääne suunaga. Mudelit vaadates on üsnagi tõenäoline, et veevool toimus just idast läände. Lossi 21 (endine kino „Rubiin”) juures välja kaevatud дренаazisüsteem näib üldiselt järgivat samuti maapinna reljeefi. Linnamüüri valmimise järel on loodusliku savika aluspinnase sisse rajatud maa-alune дренаazisüsteem sademevete ärajuhtimiseks, sügavusega 20–30 cm ja laiusel 70–80 cm. Kaevandi lõunapoolses osas oli jälgitav ida-lääne-suunaline kraav, kerge kaldega lääne suunas. Samalaadne kraav leiti kaevandi keskosas, mis kulges ligikaudu põhja-lõuna suunas, alates linnamüürist kaldega lõuna poole (Tvauri 2009: 6). Ka Lossi 18 juurest leitud kaks kraavi (Heinloo 2016: jn 12, 13), mis jooksid Oru tänavas sihis, võisid olla ühendatud kraaviga, mida täheldati Oru 7 juures olevast profiilist (Ibid: 11, jn 19).

Mitmekesisem pilt avaneb aga Lossi tänaval. Täheldatud on kraave, mis on tänavas suhtes nii paralleelselt, risti kui ka diagonaalselt. See viitab korrapärasele kuivendussüsteemile. Suurused varieerusid, kus mõned madalamad kraavid olid Lossi tänavaga pigem risti või diagonaalselt ning sügavamad piki tänavat (Heinloo 2016: 4-5; 2015: 11). Kui välja arvata Lossi tänavaga samas sihis kulgenud kraav(id), mis on osadena välja tulnud enam-vähem kogu tänavas ulatuses (Heinloo, 2016: jn 6, 7, 8; 2015:

jn 4, 5, 37, 38, 43), siis risti ja diagonaalselt kulgevate kraavide kohta on juba raskem edasist suunda arvata. Ainult Lossi 17 juurest leitud kraavide puhul on ilmne, et nende voolusuund oli idast läände, suubudes Pika tänava sihis Lossi tänava (pea)kraavi (Heinloo, 2015: jn 8, 9).

Tervikuna tekitab Lossi tänaval kulgev kraavisüsteem pigem segadust. Lähtudes aluspinna mudelist, on Lossi tänavast lääne poole jääv ala madalam, välja arvatud Pika ja Väike-Turu tänava piirkond. Seega peaks vesi pigem kogunema sellesse vagumusse. Aga nagu mudelilt näha, on selles piirkonnas ka väga vähe kõrguspunkte. Need üksikud, mille põhjal moodustub mudeli reljeef antud piirkonnas, näitavad aga looduslikku vagumust. Madalate alade täpsem piiritlemine nõuab lisaandmeid ja -uurimist. Ka tänapäevane pinnamudel ei ole selles küsimuses täielikult usaldusväärne, sest maapind on inimtegevuse tagajärjel oluliselt muutunud ning algset maapinna reljeefi Lossi tänaval saab tuletada ainult piiratud ulatuses.

## Pinnamudelite tõlgendus

Mudelit tuleb võrrelda ka olemasolevate tõlgendustega. Need põhinevad peamiselt arheoloogilise leiuainese analüüsil, siia lisandub ka varasem kirjalikel allikatel põhinev uurimislugu. Siinkohal jätan ma kõrvale käsitlused, mis põhinevad linnaplaanide rekonstruktsioonil ja kirjalikel allikatel. Keskendun uurimisloole, mis tugineb oma järeldustes arheoloogilisele materjalile. Praeguste seisukohtade järgi ei ole Viljandi tänavatevõrk rajamisest saati püsinud muutumatuna. Esimesed Viljandi linnaplaani kajastavad kirjalikud allikad pärinevad 16-17 sajandist, mistõttu ajaline vahe 13. sajandiga on suur. Seega on varasema linnaplaani tuletamine hilisemast pigem hüpoteetilise iseloomuga (Haak ja Russow 2013: 62).

Kuigi Liivimaa kroonikas on mitmel korral mainitud muinasaegset linnamäge, puuduvad viited asutusele Viljandi vanalinna asukohas (Valk 2005: 98). Seda kinnitavad ka senised kaevamised vanalinna alal, kus pole leitud jälgi muinasaegsest asutusest. Vanimad jäljed inimtegevusest on adrajäljed, mis leiti Pikk 4 alalt ja Jaani kiriku koori lähedalt. See tähendab et vähemalt osa maad oli muinasajal põllumaana kasutusel (Tvauri 2001a: 106; Valk 2005: 99).

Lääne-Euroopa kolonistide vallutused ja sisseseadmine Eesti-Läti aladel märgivad keskaja algust. See tähendas ka Viljandi linna rajamist ning vana asustumustri muutumist. Varasemalt linnamäest lõunas paiknev asustus nihkus põhja poole, kus lauge platoo oli palju sobivam suurema asula ehk linna ja tema kaitsehitiste jaoks (Valk 2005: 102). Varaseimad aga napid püasustuse jäljed on seostatavad 13. sajandi II teise veerandiga. See ühtib kirjalike allikatega, kus linnuse ehitamise alguseks märgitakse 1224. aastat. Võrdlemisi aktiivsem elutegevus algas alates 13. sajandi keskpaigast (Haak ja Russow 2013: 62, 73).

Linna algseks tuumikalaks on pakutud peamiselt kahte kohta. Nendeks on Jaani kiriku piirkond ja keskaegsest turuplatsist põhja poole jääv vanalinnaosa. Esimese puhul leiti

kiriku lähedalt, Pikk 4 krundilt keskaegne pottsepaahi. Leidude järgi selgus, et sealkandis tegutses 13. sajandil pottsepatöökoda ning seal töötas ilmselt Pihkvast pärit pottsepaameister (Tvauri 2001a: 106). Koos Pikalt tänavalt leitud savitihendite katkete ja samaaegse keraamikaga saab dateeringu paigutada 13. sajandi teise või kolmandasse veerandisse (Haak ja Russow 2013: 85; Valk 1993: 20). Intensiivset kultuurkihti varasest 14. sajandist esineb ka Jaani kiriku juures, mida on võimalik tõlgendada esimese turuplatsina (Valk 2005: 103). Mõned leiud 13. sajandist annavad oletada, et inimtegevus võis seal eksisteerida ka enne turuplatsi tegutsemist (Haak ja Russow 2013: 76). Seega jääb üks varajase asustusega ala Viljandi vanalinna edela ja lääneosasse.

Linna algseks tuumikalaks on arvatud ka keskaegsest turuplatsist põhja poole jäävat vanalinnaosa. Seda vaadet toetavad vastavad dateeringud, mis on saadud importkeraamika analüüsimisel. Selle põhjal näib, et algne tuumikala koondus just keskaegsest turuplatsist põhja poole (Ibid: 77). Paratamatult on täpne dateerimine praeguse leiumaterjali põhjal väga raske kui mitte võimatu. Seega tuleb varalinnalise asustuse dateerimisel arvestada pigem mitmete aastakümnete suurusjärgu täpsusega. Jälgi 14. sajandi alguse asustusest leidub ka Munga tänavalt ja Viljandi muuseumi juurest, sealne leiumaterjal on dateeritud pisut hilisemaks võrreldes Tartu värava ja Pika tänava asustusüksustega. See oli võib-olla seotud linnamüüri püstitamise, mis piiritles rangemalt eluruumi ning sundis kasutusele võtma ka alad, mis olid varasemalt tühjad. Näib et isegi linnamüüri rajamise ajaks polnud kogu ala asustatud (Ibid: 75).

Üldiselt võib järeldada, et algset ja vanimat tuumikala on pigem keeruline välja selgitada. Algselt võisid asustusüksused eraldi välja areneda, mis siis aja jooksul kokku kasvasid (Heinloo 2015: 5). Kõrvutades arheoloogilistel leidudel põhinevat uurimislugu ja loodusliku aluspinna mudelit, näib et vanimate asustusüksuste paiknemine ei ole juhuslik. 13. sajandil ja eriti selle alguspoolel võis algne asustus koonduda just looduslikult kõrgematesse kohtadesse. Aluspinnaseks oleva saviliiva tõttu koguneb vesi madalamatesse kohtadesse. Eeldades et inimesed eelistavad elamiseks kuiva keskkonda, on varalinnalise asustusüksuste paiknemine kõrgematel kohtadel ka mõistetav. Kraavide

kaevamisega sai liigse niiskuse pinnasest ära juhtida, see suurendas asustuskõlblikku maa-ala.

Siinkohal võib sisse tuua ka Kaur Alttoa hüpoteesi, mille kohaselt kulgesid varaseimad teed just Pika ja Väike-Turu tänavate sihis (Alttoa 1978: 53). Pika tänava alguseks pean ma kohta, kus ta ristub hilisema Lossi tänavaga. Seega jätsin välja endise Juudi tänava osa, sest see ei viinud otseselt lossini. Samuti on sealkandis kultuurkiht märkimisväärselt õhuke, mis viitab inimtegevuse vähesele intensiivsusele. Pikk ja Väike-Turu olid ühenduses juba muinasajal eksisteerivate maanteedega. Samas on Pika ja Väike-Turu tänavate eelkäijate eksisteerimine muinasajal kaheldav. Nagu eelnevalt mainitud, oli see koht varasemalt kasutusel põllumaana ning asustus jäi linnamäest lõuna poole (Valk 2005: 102). Hüpoteesina pakun välja, et varaseim asustus, mida esindavad pottsepatöökoda ja vanalinna põhjaosas paiknev asustusüksus, rajati paralleelselt koos Pika ja Väike-Turu tänavate eelkäijatega. Nende ümber koondus kogu asustus, mis sai alguse koos linnuse rajamisega. Koos viimase ehitusega laienes 13. sajandi jooksul ka linn. Linnamüüri ehitusega tekkis kindel tänavatevõrk, mis jagas ümber ka tänavate rollid; n-ö uueks peatänavaks muutus aga Lossi tänav.



## Kokkuvõte

Selles uurimistöös eesmärk oli leida vähemalt osaline seletus küsimusele, et miks varalinnaline asustus näib koonduvat tänapäeva Viljandi vanalinna lääne ja põhjaossa. Et sellele vastust leida, otsisin ja hankisin mitmesuguseid andmeid. Modelleerimiseks kasutasin AutoCAD Civil 3D 2016. aasta väljalaset. See programm on mõeldud eelkõige ehitusinseneridele, kuid sobib ka arheoloogidele. Mõlemate alade tegevus hõlmab selliste andmete kasutust ja töötlust, mille jaoks antud programm ongi loodud.

Küsisin Viljandi linna arhitektuuriametist CAD linnaplaani ja tellisin Maa-ametist LIDAR-i kõrgusandmed Viljandi vanalinna alast. Et digitaalne linnaplaan oleks selgem ja ülevaatlikum, joonestasin üle hoonete kontuurid, muutsin ja sättisin majade-kruntide numbreid ning viisin läbi muid pisiparandusi. Seejärel modelleerisin LIDAR-i kõrgusandmete põhjal pinnamudeli. Optimeerisin seda ning valisin kõrgusvahemikke värviliselt kujutava visuaalse stiili. Seejärel ühendasin linnaplaani ja pinnamudeli. Tulemuseks oli suure täpsusega kõrgusmudel tänapäeva Viljandi vanalinnast.

Peale seda kogusin kaevamisaruannetest kokku kõrgusandmed loodusliku aluspõhja kohta. Selleks oli inimtegevusest puutumata jäänud saviliiv, mis jääb kultuurkihi ning muistse ja enamasti hävinud orgaanilise mullahorisoni alla. Kui kihi absoluutkõrguse (Z) sain ma aruandest, siis XY koordinaadid sain ma eelnevalt mainitud suure täpsusega kõrgusmudelist. Olles kokku kogunud punktkoordinaadid (215) loodusliku aluspinna kohta, ehitasin ma nendest loodusliku aluspinna mudeli. Sellele kohaldasid ma sama värvistiili. Kuna see mudel oli georefereeritud, asetses see täpselt tänapäeva pinnamudeli all. See võimaldas nende kahe vahel teha täpsemat võrdlust.

Värvistiiliga, kus iga kõrgusvahemik oli märgitud spetsiifilise värviga, tulid esile madalamad ja kõrgemad alad. Aluspinna mudel näitab üldiselt milline võis välja näha maapinna reljeef Viljandi linna asutamise ajal. Kokkuvõtlikult öeldes näib, et maapind oli kõrgem linna kirde-, lääne- ja põhjaosas. Madalam ja seega ka ilmselt niiskem ala jäi

piklikult põhja-lõuna sihis linna keskele. Ida pool langes maapind üsna järsult allapoole jõeorgu.

Uurides mudelilt välja omaaegsed madalamad kohad, võtsin selle kõrvale abiks kaevamisaruannete tõlgendused kultuurkihi niiskuse kohta. Seda lähenemist õigustas ka saviliivast koosnev aluspinnas, mis seob hästi vett ja seega oli vee kogunemine madalamatesse kohtadesse väga tõenäoline. Eelnevalt esitatud info teel püüdsin välja selgitada alad, mis võisid olla esialgu elamiseks ebasobivad. Kõrvutades neid järeldusi dateeringutega, mis pärinevad erinevatest leidudest, näib et esimesed ja vanimad asustusüksused asusid looduslikult kõrgemates kohtades. Sealtnaudu võisid kulgeda ka Pika ja Väike-Turu tänavate eelkäijad, mis olid ühenduses kaugemale viivate maanteedega. See olukord näis kehtvat kuni linnamüüri valmimiseni. Elutegevus hoogustus, inimesi tuli juurde ning kasutusele võeti ka varem tühjalt seisnud alad. Rajati uued tänavad. Kogu maa kasutuselevõtt nõudis ilmselt maaparandustöid. Antud juhul olid selleks kraavid, mis juhtisid ära liigset vett. See ilmselt alati ei aidanud, sest enne Viljandi tänavate sillutamist on mitmel pool leitud palgijäänuseid. Ilmselt paigutatud selleks, et ka märjal aastajal saaks kuivemalt liikuda.

Peale selle, et see uurimistöö andis uusi mõtteid Viljandi arenguloo osas, näitas see üsna veenvalt, et arheoloogilistel väljakaevamistel saadud andmeid saab kasutada vägagi mitmekülgset viisil. Selleks et saada uut infot uurimisloos tarvis, ei pea tingimata korraldama uusi kaevamisi või vaatama üle juba uuritud leide, mõnikord leiab abi ka interdistsiplinaarsest lähenemisest. Sisuliselt on töös kasutatud mudeli ehitamise meetodid identsed sellele, mida ehitusinsenerid kasutavad oma ehitusprojektides. Vahe on ainult selles, et siin töös piirduti ainult mõne üksiku funktsiooni kasutamisega. Peamiseks põhjuseks oli vastava info nappus. Kuid olemasolevast tuleb võtta maksimaalne ning see töö näitas, et palju potentsiaali on veel kasutamata.

# Kasutatud allikad ja kirjandus

## Käsikirjad

- Bernotas, R. 2007.** Aruanne arheoloogilisest järelvalvest Viljandis Pikk tn 33 krundile rajatud kanalisatsioonitrassidel 28.02 kuni 02.03.2007. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Haak, A. 2002.** Aruanne arheoloogilisest järelevalvest kindral Laidoneri platsil Viljandis 5. juulil 2002. a. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Haak, A. Tvauri, A. 2003.** Aruanne arheoloogilisest järelevalvest Viljandis, kanalisatsioonitrassi väljavahetamisel Pikal ja Lutsu tänaval 2002. a sügisel. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Heinloo, E. 2016.** Aruanne arheoloogilistest uuringutest Viljandis Lossi, Oru, Kraavi, Supeluse ja Posti tänavate vee-, reovee- ja sadeveekanalisationitrasside rajamisel 2015. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Heinloo, E. 2015.** Aruanne arheoloogilistest uuringutest Viljandis, Lossi tänava vee-, reovee- ja sadeveekanalisationitrasside rajamisel 2014. - 2015. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Sarv, K. 2000.** Aruanne arheoloogilisest järelevalvest Viljandis, Pikal tänaval ja Lossi tn. 22 hoovis. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 2014.** Aruanne arheoloogilisest järelevalvest Viljandis Väike-Turu ja Kauba tänaval 2014. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 2009.** Aruanne arheoloogilistest kaevamistest Viljandis Lossi 21 hoone (endine kino Rubiin) idaküljel 2009. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 2001b.** Aruanne arheoloogilistest uuringutest Viljandis Pikk 4 krundil 2000. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.

- Tvauri, A. 1999a.** Aruanne arheoloogilistest uuringutest Viljandi vanalinnas Lutsu t 5 hoovis 1999. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 1999b.** Aruanne Viljandi linna arheoloogilistest uuringutest kvartali nr 162 alal 1999. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 1999c.** Aruanne Viljandi linnamüüri arheoloogilistest uuringutest Tasuja, Kauba ja Pika tänava vahelise kvartali nr 172 alal 1999. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 1999d.** Aruanne Viljandi linnamüüri arheoloogilistest uuringutest Trepimäe, Oru, Pika ja Lutsu tänavate vahelise kvartali nr 177 alal 1999. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 1999e.** Aruanne Viljandi linnamüüri arheoloogilistest uuringutest kvartali nr 176 alal 1999. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 1999f.** Aruanne arheoloogilisest järelvalvest Viljandis Kauba ja Pika tänava ristil 1999. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 1998a.** Aruanne arheoloogilistest kaevamistest keskaegse keraamikatöökoja alal Viljandis Pikk t 4 krundil 1998. a. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 1998b.** Aruanne arheoloogilisest järelvalvest Viljandis Laidoneri pl 5 ja Linnu t 2 hoonete vahelise soojatorustiku ehitustöödel 1998. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. 1998c.** Aruanne arheoloogilisest järelvalvest Viljandi vanalinnas telefonikaabli paigaldustöödel 1998. aasta sügiskul. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Tvauri, A. Metsoja, K. 2013.** Aruanne arheoloogilisest järelevalvest vee- ja kanalisatsioonitrasside rajamise juures Viljandis Munga, Sepa ja Pikal tänaval 2013. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Valk, H. 2002.** Aruanne arheoloogilistest fikseerimistöödest Viljandis Pikk tn 15 ja 17 veetrassil 2002. a. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Valk, H. 1999.** Aruanne Viljandi linnamüüri arh. uuringutest Linnu, Oru ja Trepimäe tänavate vahelise kvartali nr 167 alal 1999. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.

- Valk, H. 1996.** Viljandi arheoloogilise kultuurkihi paksusest ja iseloomust. 1996. a. georadari- ja puurimisuuringute aruanne. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Valk, H. 1993a.** Aruanne arheoloogilistest kaevamistest ja järelvalvetöödest Viljandi muuseumi juurdeehitusel 1991. aastal. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Valk, H. 1993b.** Aruanne arheoloogilistest kaevamistest Viljandi noorte huvikeskuse küttetrassil 1991. a. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Valk, H. 1991a.** Aruanne arheoloogilistest kaevamistest Viljandi Jaani kiriku kommunikatsioonidetrassil. Köide I. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Valk, H. 1991b.** Aruanne arheoloogilisest järelvalvest ü/e “Estkompexim” ehituskruundil Viljandis Lossi tänaval 29.07. - 01.08.1991. a. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Valk, H. 1991c.** Kultuurkihi iseloomust Viljandis Pikal tänaval maja nr. 3 ees. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Valk, H. 1990.** Viljandi Munga tn. trassi arheoloogilised uurimistööd. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Valk, H. Tvauri, A. 1997.** Arheoloogilised uuringud Viljandi vanalinnas kvartalis nr 161 linnamüüri piirkonnas 1997. a. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.
- Veldi, M. 2005.** Aruanne arheoloogilistest kaevamistest Viljandi Pikal tänaval 16.09-20.09.2004. Tartu. Käsikiri Tartu Ülikooli arheoloogia kabineti arhiivis.

## Kirjandus

- Alttoa, K. 1978.** Viljandi linna kujunemisest. *Ehit. Ja Arhit.* 2, 48–54.
- Barceló, J. 2000.** Visualizing what might be: an introduction to virtual reality techniques in archaeology, in: Barceló, J., Forte, M., Sanders, D. (Eds.), . Presented at the Virtual Reality in Archaeology, pp. 9–36.
- Barceló, J. 2001.** Virtual reality for archaeological explanation. Beyond “picturesque” reconstruction. *Archeol. E Calcolatori* 221–244.
- Daniels, R. 1997.** The need for the solid modelling of structure in the archaeology of buildings. *Internet Archaeol.* doi:10.11141/ia.2.1
- Haak, A. Russow, E. 2013.** On the development of the town of Viljandi in the light of earliest archaeological find complexes. *Est. J. Archaeol.* 17, 57–86.
- Hang, T.** Geomorfoloogia ning Viljandi vanalinn. *Kirjavahetus* 13-17.07.2016
- Lanjouw, T. 2016.** Discussing the obvious or defending the contested: why are we still discussing the “scientific value” of 3D applications in archaeology?, in: *The Three Dimensions of Archaeology - Proceedings of the XVII UISPP World Congress (1–7 September, Burgos, Spain)*. Archeopress, Oxford, pp. 1–13.
- Tvauri, A. 2001a.** Archaeological Investigations in the Old Town of Viljandi, at 4 Pikk Street. *Arheol. Välitööd Eest. 2000, Arheoloogilised välitööd Eestis* 103–107.
- Valk, H. 2005.** The genesis of Viljandi (Fellin): archaeological data, in: Misāns, I., Wernicke, H. (Eds.), *Riga Und Der Ostseeraum : Von Der Gründung 1201 Bis in Die Frühe Neuzeit*. Marburg, pp. 95–107.

## Internetiallikad

AutoCAD Civil 3D Help: To Simplify Surfaces

<http://help.autodesk.com/view/CIV3D/2016/ENU/?guid=GUID-81482A2A-B158-4A2F-88C6-97676CF1AA05>

(06.08.2016)

AutoCAD Civil 3D Tutorials: Tutorial: Changing the Surface Style and Display

<http://docs.autodesk.com/CIV3D/2012/ENU/filesCTU/GUID-08661740-9006-422C-AD84-8060BBE4959-45.htm>

(11.07.2016)

LICENSE AND SERVICES AGREEMENT

<http://download.autodesk.com/us/FY16/Suites/LSA/en-US/lisa.html>

(08.04.2016)

lõikheinalised - TEA Entsüklopeedia

[<https://www.ents.ee/ents.php?artikkel=tarn&art=ENC-28933>]

(12.07.2016)

Raido Puust - YouTube

<https://www.youtube.com/user/eRaido>

(08.08.2016)

User's Guide: Overview of Plotting

[<http://docs.autodesk.com/ACD/2011/ENU/filesAUG/WS1a9193826455f5ffa23ce210c4a30acaf-6050.htm>]

(08.04.2016)

## Summary

### **Vivid heights - Analysis of the surface model based on virgin soil elevation data in the old town of Viljandi**

The aim of this thesis was to provide additional insight into the development of Viljandi in the 13th century. The basis of this research is an earlier conclusion that 13th-century settlement was located in the northern and western part of town. To confirm this, different kinds of hard data were searched and obtained. All modeling work was done in AutoCAD Civil 3D 2016 version. I divided the data into three main categories:

- CAD drawing of Viljandi, which was obtained from Viljandi's city administration (Department of Architecture);
- high-resolution elevation data (ASCII TXT) of Viljandi old town area; obtained via LIDAR technology. Data was ordered through Estonian Land Board Geoportal;
- virgin soil elevation data which was obtained from various excavation articles.

First, numerous improvements were made in order to make the AutoCAD drawing of Viljandi visually clear and more appealing. The second task was to build a TIN surface model based on LIDAR data. Resulting model was too big and resource intensive, so it was cropped and simplified (fewer polygons). Specific colored elevation surface style was chosen. After that, these two datasets were merged. Since the drawing and surface model were georeferenced, combined model represented very accurate elevation model of today's Viljandi old town.

Next step, gathering the elevation data of virgin soil, proved to be the most time-consuming process. All available articles covering excavations in Viljandi old town were carefully perused. The objective was to determine all kinds of excavation pits where virgin soil and hence its elevation was exposed. With the previously mentioned



combined model, exact coordinates of the excavation pits were located and 215 points (XYZ coordinates) were thus collected. This data was used to build another TIN surface model, this time, it represented approximate 13th-century ground relief. Colored elevation surface style was applied.

To demonstrate programs capabilities in archaeological context, I modelled a TIN volume surface, which is a composite of points in a base surface and comparison surface. It provides an exact difference between the base and comparison surfaces. Therefore this volume surface represents the thickness of the whole occupation layer. Given the right dataset, it is possible to model a volume surface representing specific strata. Models as such can be helpful when planning an excavation. It shows what can be expected during the excavation.

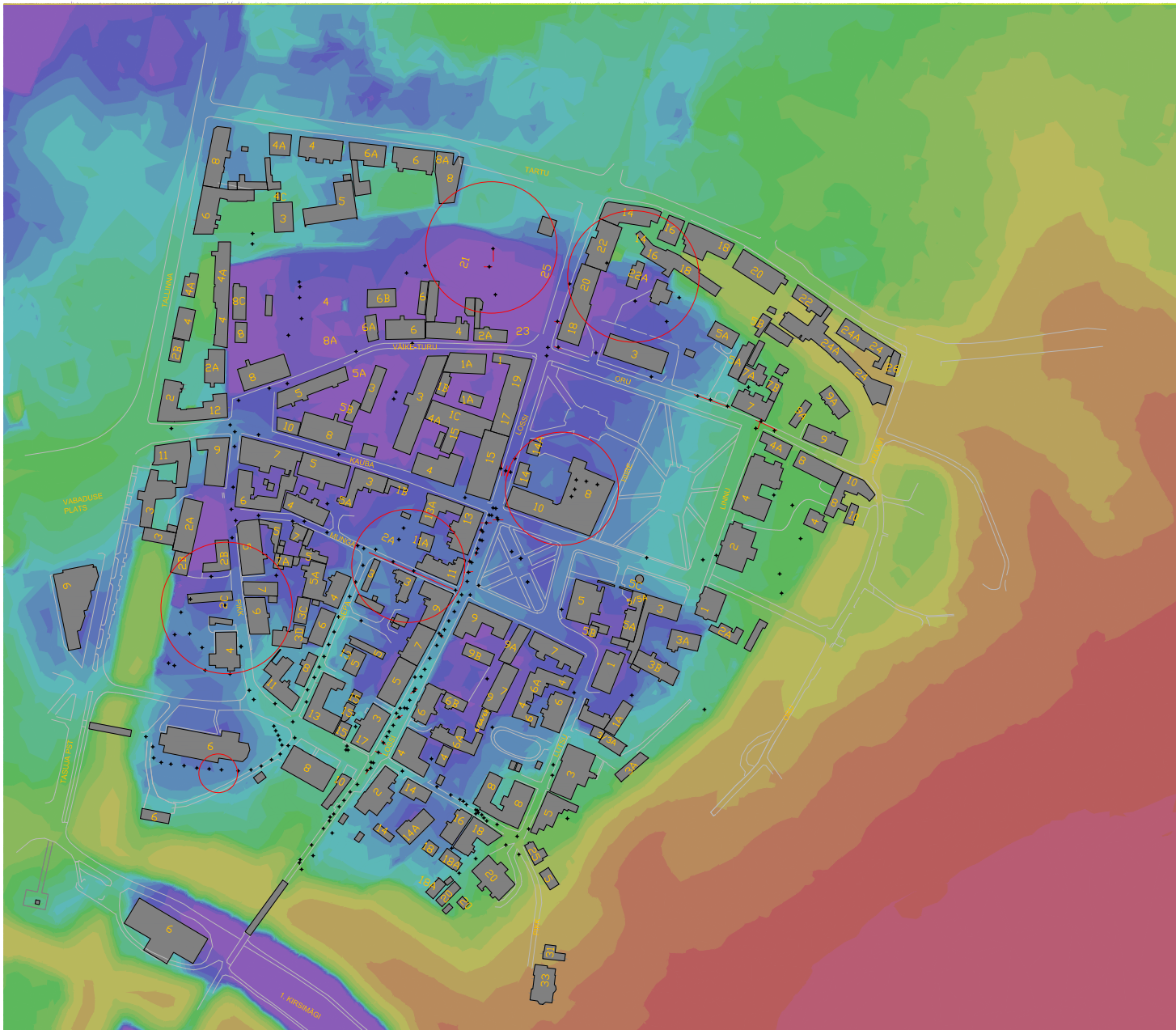
Next step was to analyse and compare two surface models. As expected, there are noticeable similarities and differences. For example, both models show that the ground elevation is higher in northern, western and southeast parts of the old town. On the 13th century model, these areas are somewhat smaller and lower, indicating that the occupation layer has lifted the overall ground elevation. In general, the biggest difference is the oblong shape shallow area, extending in the north-south direction (Kauba, Munga, and Sepa street area).

In view of the fact that the virgin soil consists of loam, which effectively retains water, shallower areas were more likely to be excessively wet. This leads to a conclusion that these areas were not considered suitable for habitation. Previous research, mainly based on artefact datings, has concluded that the oldest signs of medieval habitation were located at northern and western parts of the today's old town. This placement corresponds with virgin soil surface model. People back in 13th century chose areas for habitation which were relatively drier. This could also hint that Väike-Turu and Pikk streets (western part) precursors were the first of its kind.

Viljandi was built at the same time as the Teutonic Order castle nearby (1224 *terminus post quem*). It shared parts with the castle's defence systems; for example, the wall. When the town wall was erected, it meant that living space was sharply determined. This apparently meant, that along with the possibility of pre-set plans regarding the street networks, land reclamation works took place (ditches for example). Land, formerly too wet, was taken into use. It is impossible to determine the causality of these factors but they certainly appeared together with one objective in mind: forming a prosperous and functioning town.

**LISAD**

Adobe'i PDF-vaaturitel on vasakul pool paan, kus asub Layer's nupp. Sellele klõpsates avaneb kihtide loetelu, mida on võimalik üksikshaaval sisse ja välja lülitada. See võimaldab paremat ja efektiivsemat ülevaadet. Paremal pool paiknevad kõrgustabelid. Väiksemas tabelis on välja toodud loodusliku aluspinna mudeli kõrgusvahemikud ja värvid; suuremas aga tänapäevase pinna- reljeefi omad. Mudel on koostatud töö autori poolt.



Elevations Table			
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation	Color
1	79.760	81.630	Red
2	81.630	82.000	Dark Red
3	82.000	82.389	Brown
4	82.389	82.470	Light Green
5	82.470	82.560	Green
6	82.560	82.700	Light Green
7	82.700	82.840	Green
8	82.840	82.900	Teal
9	82.900	83.016	Blue
10	83.016	83.104	Dark Blue
11	83.104	83.200	Purple
12	83.200	83.715	Dark Purple

Lisa 1

Elevations Table			
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation	Color
1	43.830	46.710	Red
2	46.710	54.710	Dark Red
3	54.710	65.040	Brown
4	65.040	70.850	Light Green
5	70.850	74.790	Green
6	74.790	78.410	Light Green
7	78.410	80.450	Green
8	80.450	81.750	Light Green
9	81.750	82.630	Green
10	82.630	83.040	Light Green
11	83.040	83.390	Green
12	83.390	83.640	Light Green
13	83.640	83.850	Teal
14	83.850	84.070	Blue
15	84.070	84.280	Dark Blue
16	84.280	84.510	Blue
17	84.510	84.730	Dark Blue
18	84.730	85.000	Purple
19	85.000	85.390	Dark Purple
20	85.390	88.360	Dark Purple

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Edgar Laksa

(sünnikuupäev: 19.03.1992)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
“Värvikad kõrgused: Viljandi vanalinna aluspinna reljeefi analüüs”,

mille juhendaja on Andres Tvauri,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus 10.08.2016