



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KONEOHJAUKSEN PERUSTEET JA KONEOHJAUSMALLIN LUO- MINEN

TEKIJÄ: Matias Niskanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Matias Niskanen			
Työn nimi Koneohjauksen perusteet ja koneohjausmallin luominen			
Päiväys	06.04.2017	Sivumäärä/Liitteet	35/1
Ohjaaja(t) Juha Pakarinen, tuntiopettaja, Mervi Heiskanen, tuntiopettaja			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Niskasen Maansiirto Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä työkoneohjauksen perusteisiin ja koneohjausmallin tekemiseen. Työkoneohjaus on yleistynyt maanrakentamisessa viimevuosina, joten sen mahdollisuuksien tunteminen ja hyödyntäminen lisää kilpailukykyä alalla. Työn tavoitteena oli myös helpottaa opinnäytetyön tekijän siirtymistä työelämään ja lisätä yrityksen työntekijöiden ymmärrystä koneohjauksesta. Mallinnuskohteena oli Haapajärvellä sijaitseva maanläjitysalue, joka tullaan maisemoimaan koneohjausmallia hyödyntäen.</p> <p>Aluksi työssä tarkasteltiin satelliittipaikannusta, sekä Suomessa käytettäviä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmiä. Nämä ovat tärkeitä osa-alueita, etenkin kun ollaan ratkaisemassa koneohjaukseen liittyviä ongelmia. Toinen tärkeä kokonaisuus koostui koneohjausmallin tekemisestä. Mallinnustapoja ja lähtökohtia on useita, joten tähän työhön valittiin Maanmittauslaitoksen aineiston pohjalta tehtävä mallinnus. Tämän prosessin toteutettua on helppo siirtyä erilaisista lähtöaineistoista tehtäviin malleihin.</p> <p>Tämän insinöörityön tuloksia voidaan hyödyntää, kun perehdytään koneohjaukseen tarkemmin tai ollaan tekemässä kokonaan uutta koneohjausmallia.</p>			
Avainsanat Työkoneohjaus, koneohjausmalli, satelliittipaikannus, koordinaatisto, korkeusjärjestelmä			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Civil and Construction Engineering, Construction Architect			
Author(s) Matias Niskanen			
Title of Thesis Basics of Machine Control and Creating a Machine Control Model			
Date	06.04.2017	Pages/Appendices	35/1
Supervisor(s) Mr. Juha Pakarinen, Lecturer and Mrs. Mervi Heiskanen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Niskasen Maansiirto Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this Bachelor's Thesis was to become familiar with the basics of machine control and creating a machine control model. Machine control has become more common in recent years. Knowing its possibilities and its utilization increases competitiveness in this line of business. Another purpose was to help the author of this Thesis to get a job in the field of civil engineering and to increase knowledge about machine control. The object of modeling was a landfill in Haapajärvi that will be landscaped with the model.</p> <p>The study was started by theory part about satellite locationing and coordinate and vertical coordinate reference system that is used in Finland. There are very important sectors especially when solving problems linked to machine control. Another important part of this Thesis was about a machine control model. There are many kind of ways and starting points to carry out the model so it was decided to use the material of National Land Survey of Finland to make a model in this case. After this process it is easy to make machine control models from different materials.</p> <p>The results of this Thesis can be utilized in the familiarization with machine control or when making a new machine control model.</p>			
<p>Keywords Machine control, machine control model, satellite locationing, coordinate, heighsystems</p>			

ESIPUHE

Kiitän Niskasen Maansiirto Oy:n toimitusjohtajaa Pekka Niskasta mahdollisuudesta tehdä insinöörityö yritykseen omien kiinnostuksieni pohjalta. Erityiskiitoksen haluan antaa mallinnuksessa tietoa ja opastusta antaneille Pauli Laitiselle ja Kimmo Paavolalle. Kiitän myös opinnäytetyöni ohjaajaa Juha Pakarista ohjeista, sekä kaikkia, jotka ovat olleet mukana prosessissa.

Haapajärvellä 06.04.2017

Matias Niskanen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Niskasen Maansiirto Oy	7
1.2	Lyhenteet ja määritelmät.....	7
2	KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄT	8
2.1	WGS84.....	8
2.2	ETRS89	8
2.3	ETRS-TM35FIN	8
2.4	ETRS-GKn	9
2.5	KKJ	9
3	KORKEUSJÄRJESTEMÄT	11
4	SATELLIITTIPAIKANNUS	12
4.1	GNSS	12
4.2	GPS.....	12
4.3	GLONASS	13
4.4	Satelliittimittauksen tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä.....	13
5	TYÖKONEOHJAUS	14
5.1	Koneohjausjärjestelmä	14
5.2	Paikannus ja RTK-mittaus.....	15
5.2.1	Perinteinen RTK mittaus	15
5.2.2	RTK-mittaus perustuen VRS- tai SmartNet tukiasemapaalveluun	16
5.3	Haasteet koneenohjauksessa	17
5.4	Suunnitelmien ja ohjelmistojen aiheuttamat ongelmat.....	18
6	KONEOHJAUSMALLIN TEKEMINEN RAKENNUSKONTEESEEN	19
6.1	Mallintamisessa käytettävät ohjelmat	19
6.1.1	YTCad	19
6.1.2	SBG Geo Professional	19
6.2	Koneohjausmallin tekeminen YTCad-ohjelmalla.....	19
6.2.1	Lähtöaineisto ja suunnitelmat	19
6.2.2	Pintamalli	20
6.2.3	Apumalli	26
6.3	Koneohjausmallin viimeistely SBG Geo Professional-ohjelmalla.....	26

6.4	Apuohjelmat.....	28
6.4.1	Fugro Viewer	28
6.4.2	LasTools.....	29
7	YHTEENVETO.....	30
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	31
	LIITE 1: MELUVALLIN PERIAATEKUVA PUTURA.....	33

1 JOHDANTO

Suomessa 3D-ohjausjärjestelmät ovat jo hyvin yleisiä. Tästä huolimatta, useat urakoitsijat tilaavat koneohjausmallin työkohteisiinsa yrityksen ulkopuolelta. Yhdessä Niskasen Maansiirto Oy:n yhteysten henkilöiden kanssa näemme hyväksi, että mallien saaminen oman talon sisältä on etu, niin mallin toimitusajassa, kuin kustannuksissakin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laajentaa ja selkeyttää 3D-koneohjauksessa tarvittavaa tietämystä Niskasen Maansiirto Oy:ssä ja itselläni. Pelkän mallinnusprosessin opetteleminen ei ole tärkeää, vaan myös koordinaattien, korkeusjärjestelmien ja satelliittipaikannuksen laajempi ymmärrys on olennaista, etenkin kun etsitään koneohjaukseen tai malliin liittyviin ongelmiin ratkaisua.

Mallinnus kohteena on Haapajärvellä sijaitseva Puturan maaläjitysalue, johon tehdään lopullista maisemointia varten 3D-koneohjausmalli. Läjitysalue on osittain maisemoitu ja jatkossa maisemoitavat laajemmat tasaiseksi suunnitellut alueet ja pitkät meluvallit voidaan toteuttaa koneohjausta hyödyntäen. Mallin toteuttaminen tehdään hyödyntäen maanmittauslaitoksen laaserkeilaus- ja kartta-aineistoa. Tämän prosessin läpivieminen helpottaa jatkossa merkittävästi mallien tekemistä erilaisista lähtöaineistoista, kuten itse mitatuista GPS-tarkepisteistä ja muista suunnitelmista.

1.1 Niskasen Maansiirto Oy

Niskasen Maansiirto Oy on Haapajärveltä käsin toimiva vuonna 1948 perustettu perheyritys. Päätoimialana on vesihuolto-, maanrakennus-, lyöntipaalutus ja kaivannontuentatyöt. Yritys työskentelee noin 300 kilometrin säteellä Haapajärveltä noin 25 työntekijän voimin. Toimitusjohtajana toimii Pekka Niskanen.

Yrityksen toiminnassa huomioidaan sidosryhmien tarpeet ja keskitytään toimimaan asiakaslähtöisesti. Niskasen Maansiirto Oy haluaa toimia infra-alan kärkiyrityksenä ja erottua joukosta tarjoamalla asiakkailleen paremman vaihtoehdon.

1.2 Lyhenteet ja määritelmät

DWG	AutoCADin piirustus formaatti
LIN	Viivatyypin formaatti Geo Professionalissa
PDF	Portable Document Format
PRF	Tasauksen tiedot Geo Professionalissa
RTK	Real Time Kinematic
TRM	Koneohjauksessa käytettävän maastomallin tallennus formaatti

2 KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄT

Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät luovat perustan paikkatiedolle. Näiden avulla kohteiden tarkan sijainnin määrittäminen on ylipäätään mahdollista. Koordinaattijärjestelmä muodostuu maapallon pintaan kiinnitetystä koordinaatistosta, jolloin se realisoituu ja sitä voidaan hyödyntää paikan tarkan sijainnin määrittämiseen. Kiinnittäminen toteutetaan tähtitieteellisten-, geodeettisten ja runkomi- tausten avulla. Koordinaatisto esiintyy runkopisteiden muodossa, jotka esitetään täsmällisesti hyö- dyntäen kolmenlaisia koordinaatistoja. Näitä ovat maantieteellinen-, ellipsoidikeskinen suorakulmai- nen- ja kaksiulotteinen suorakulmainen koordinaatisto. Tarkkojen koordinaattipisteiden arvojen muun- taminen onnistuu koordinaatistojen välillä. (Laurila 2012, 139 - 140.)

Koordinaattijärjestelmä koostuu koordinaateista, jotka kertovat tarkan sijainnin lukuarvoina, ja datu- mista, jonka avulla koordinaatisto liitetään maapallon pintaan. Tavallisesti jokaisella valtiolla on aina- kin yksi koordinaattijärjestelmä, jonka takia näiden kaikkien tunteminen on mahdotonta. Maantie- teelliset koordinaatit ja suorakulmaiset koordinaatit ovat kaksi yleisintä tyyppiä. Maantieteellisissä koordinaateissa käytetään pituus- ja leveysasteita, jotka ilmoitetaan minuutteina ja sekunteina. Suo- rakulmaisia koordinaatteja taas käytetään esimerkiksi etäisyyksien mittaamiseen tasopinnalle proj- soituja koordinaatteja hyödyntäen. (oulu.)

2.1 WGS84

WGS84 koordinaattijärjestelmää käytetään maailmanlaajuisesti. Tätä koordinaattijärjestelmää käyt- tää myös satelliittipaikannuksessa käytettävä GPS-järjestelmä. GPS-paikantimella voidaan kiinnittyä suoraan tähän järjestelmään, joskin sijaintitiedon tarkkuus ei ole riittävän hyvä vaativiin töihin. Tar- kempia mittauksia tehtäessä voidaan apuna käyttää runkopisteitä. (Laurila 2012, 160)

2.2 ETRS89

Suomessa ollaan siirtymässä karttatöissä ja paikkatietopalveluissa ETRS89-järjestelmään, joka on sidottu Euraasian mannerlaattaan. Tämä tarkoittaa siirtymistä myös kansainväliseen WGS84-järjes- telmään. Kiintopisteiden osalta ETRS89-järjestelmä on tihein ja yhtenäisin WGS84-järjestelmän reali- saatio Euroopassa. EUREF-FIN on suomalainen realisaatio ETRS89-järjestelmästä. (Laurila 2012, 160 - 161.)

2.3 ETRS-TM35FIN

Koneohjausmallien kanssa työskennellessä on tunnettava maamme keskeisimmät tasokoordinaatis- tot. ETRS-TM35FIN on Suomessa käytettävän ETRS89-järjestelmään liittyvä suorakulmainen kartta- koordinaatisto. (Laurila 2012, 162)

Suomessa ETRS-TM35FIN kattaa projektiokaistallaan koko maan. Tämän takia koordinaatisto toimii laajojen alueiden mittaamiseen. Käytettäessä suurempia mittakaavoja pienellä alueella tulisi käy- tössä olla ETRS-GKn -tasokoordinaatisto (kuva 1; maanmittauslaitos.fi a)

2.4 ETRS-GKn

Tarkempia mittauksia Suomessa tehtäessä käytetään 13 projekti- ja koordinaattikaistaan jaettua ETRS-GKn koordinaatistoa (kuva 1). Tunnuksessa GK tarkoittaa Gauss-Krügerin projektiota ja n tarkoittaa kaistan keskimeridiaania. Esimerkki koordinaatit voivat olla $N = 7071911,060$ ja $E = 25515965,445$. E:n, eli itäkoordinaatin kaksi ensimmäistä numeroa näyttävät kaistan keskimeridiaanin $25^{\circ}I$ (taulukko 1; maanmittauslaitos.fi b)

2.5 KKJ

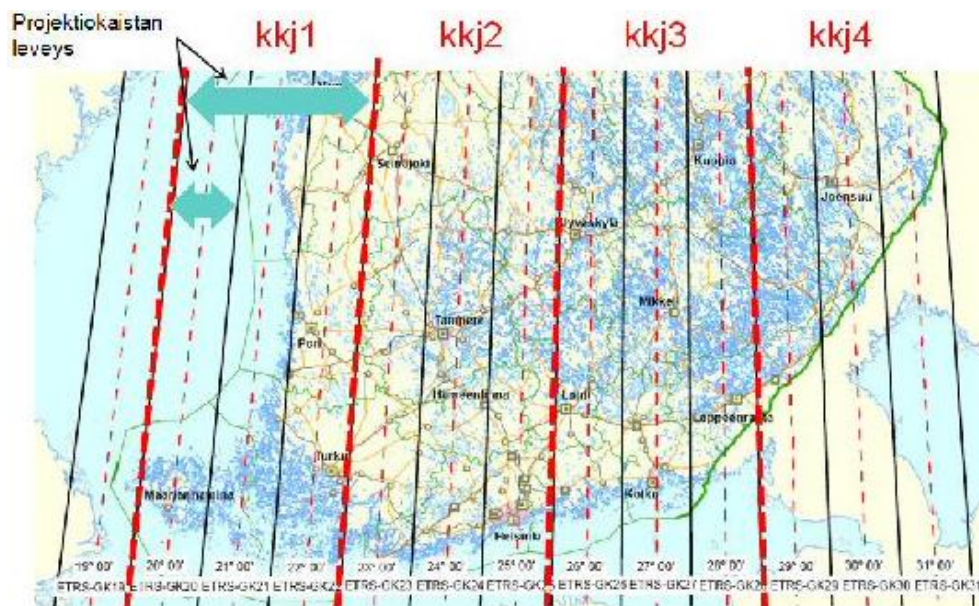
KKJ eli kartastokoordinaattijärjestelmä tarkoittaa Suomeen mitattua kartastokoordinaatistoa. KKJ on myös suorakulmainen koordinaattijärjestelmä ETRS-TM35FIN:n ja ETRS-GKn:n tavoin. KKJ toimii Gauss-Krügerin projektion pinnalla ja se on jaettu Suomessa kuuteen eri projektiokaistaan, jotka kukin ovat 3° :n levyisiä (kuva 1). Tasokoordinaatistostaan huolimatta KKJ voidaan ilmaista myös maantieteellisinä koordinaatteina. (maanmittauslaitos.fi b) Esimerkiksi Haapajärven ABC -huoltoaseman tasokoordinaatit ovat $N = 7073090,047$ $E = 3417402,2045$ ja maantieteelliset koordinaatit ovat Lat: $63^{\circ} 44' 55, 128''$ Lon: $25^{\circ} 19' 36,954''$.

TAULUKKO 1. MML:n Pasilan toimitalon koordinaatit eri koordinaatistoissa. Itäkoordinaateista alleviivattu projektiokaistaan viittaava tunnus. (Maanmittauslaitos e, 9, muokattu)

Koordinaatisto	N (pohjoiskoordinaatti)	E (itäkoordinaatti)
ETRS-TM35FIN	6675355	<u>385534</u>
ETRS-GK19	6691037	<u>19</u> 28895
ETRS-GK24	6676602	<u>24</u> 551869
ETRS-GK31	6691691	<u>31</u> 163936
Koordinaatisto	X (pohjoiskoordinaatti)	Y (itäkoordinaatti)
kkj0 (kaista 0)	6696605	<u>88</u> 4377
kkj0 (kaista 3, ykj)	6678158	<u>33</u> 85657
kkj5 (kaista 5)	6703692	<u>50</u> 53588

TAULUKKO 2. Koordinaattien numerot mittoina

Koordinaatisto	N (pohjoiskoordinaatti)	E (itäkoordinaatti)
ETRS-TM35FIN	6675355,000	385534,000



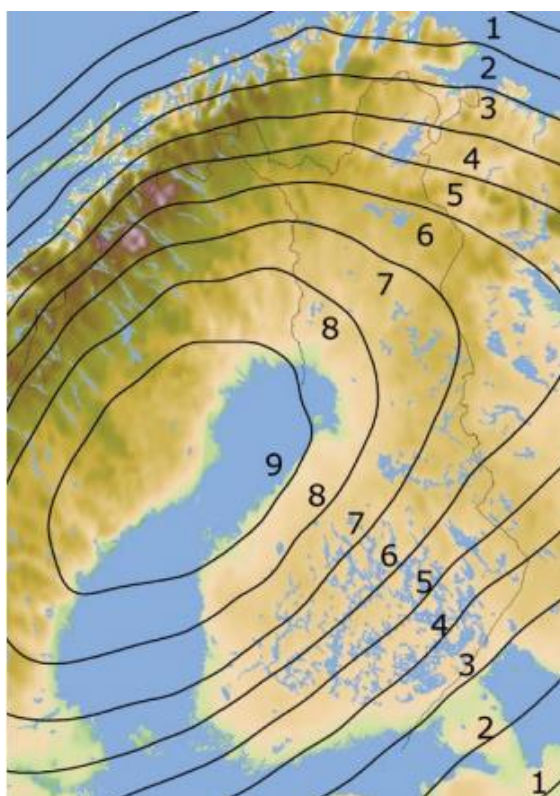
KUVA 1. KKJ- ja ETRS-GKn -kaistojen vertailua eteläisessä Suomessa (Maanmittauslaitos b)

3 KORKEUSJÄRJESTELMÄT

Suomessa on useita korkeusjärjestelmiä. Tämä johtuu siitä, että maanpinta kohoaa ja maanpintaa joudutaan tarkkavaaitsemaan tietyn väliajoin, jotta ollaan ajantasalla maannousuista ja kohoamisnopeuksista. Maa kohoaa eri nopeuksilla eri puolilla Suomea. (kuva 2.)

Suomen ensimmäinen korkeusjärjestelmä oli NN, joka luotiin 1900-luvun alussa. Tämän jälkeen vuosina 1935-1975 luotiin N43-järjestelmä väliaikaiseen käyttöön, mutta se on vieläkin käytössä joissakin Suomen kunnissa. N43-järjestelmän valmistuttua luotiin N60 järjestelmä. Tämä järjestelmä on edelleen käytössä tänäpäivänä, kunnes uusin N2000-järjestelmä otetaan käyttöön sen tilalle.

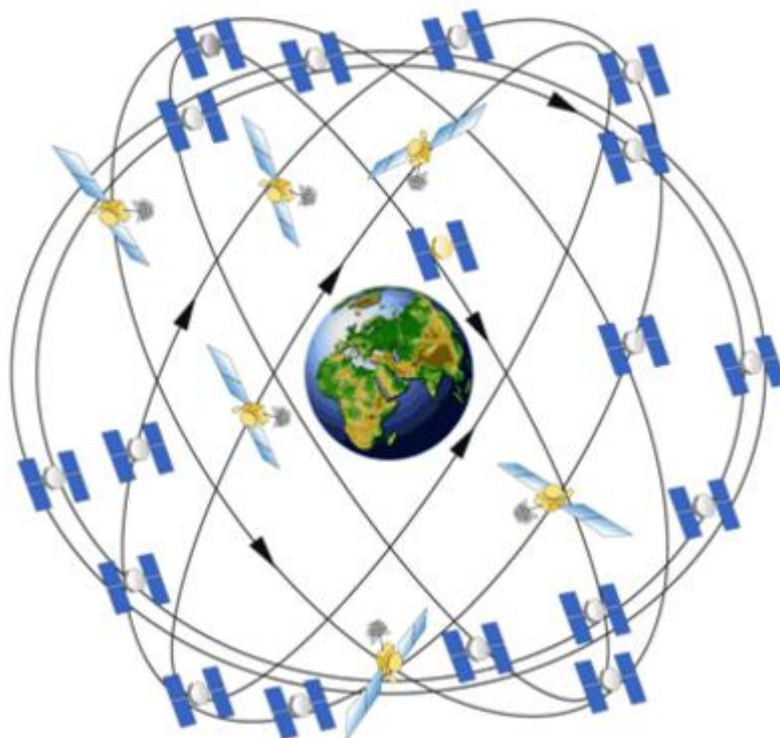
N2000-korkeusjärjestelmää käytetään jo Suomessa ja sitä suositellaan käytettäväksi paikkatietopalveluissa ja karttatöissä. (maanmittauslaitos.fi)



KUVA 2. Maannousu Suomen kohdalla mm/vuosi (Maanmittauslaitos f)

4 SATELLIITTIPAIKANNUS

Satelliittipaikannuksella tarkoitetaan maanpäällä olevan kohteen sijainnin määrittämistä. Määrittäminen tehdään laskemalla satelliitin kulkuaika radiosignaalin lähetysajan ja vastaanottoajankohdan välillä. Tämä kertoo satelliitin ja vastaanottimen etäisyyden toisistaan. Sijainnin määrittämiseen tarvitaan neljä etäisyysmittausta. Näin saadaan kolmiulotteiset paikkakoordinaatit laskettua. (fgi.fi)



KUVA 3. Maata kiertävät GPS-satelliitit (fgi.fi)

4.1 GNSS

Global Navigation Satellite System on yhteisnimitys satelliittipaikannusjärjestelmille. Siihen kuuluvat tärkeimpinä Amerikkalaisten GPS eli Global Positioning System, Venäjän oma Glonass -järjestelmä, Euroopan siviilijäyttöön tarkoitettu Galileo ja Kiinan kehittämä Compass. (fgi.fi) Paikannuksen tarkkuus ja luotettavuus lisääntyy, kun saadaan useampia järjestelmiä yhteiskäyttöön. Järjestelmistä Galileo ja Compass ovat vielä kehitysvaiheessa, joten en käsittele tässä työssä niitä tarkemmin.

4.2 GPS

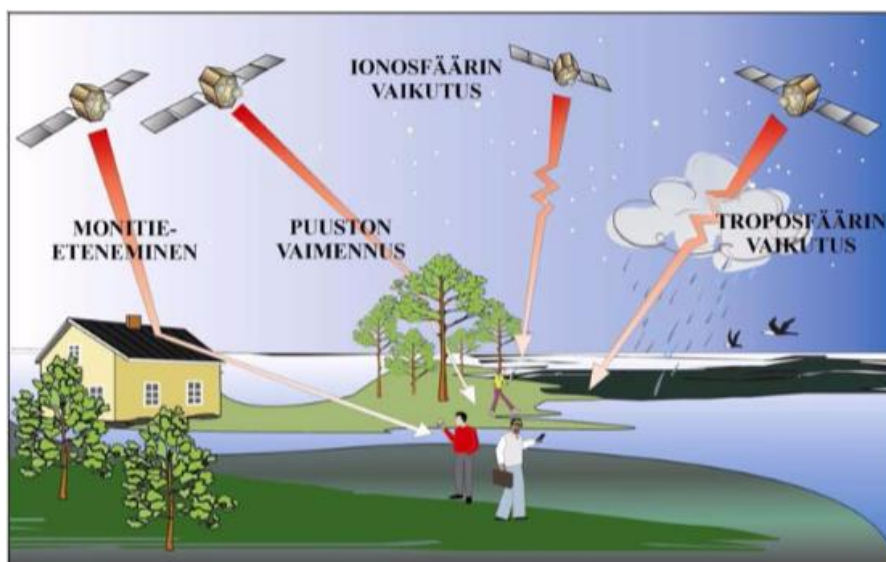
Global Positioning System on kaikkien tuntema satelliittipaikannusjärjestelmä. Se on Amerikkalaisten kehittämä ja ylläpitämä järjestelmä, joka toimii reaaliaikaisesti, paikasta ja sääolosuhteesta riippumatta. GPS -järjestelmässä kiertää 32 satelliittia maapalloa noin 20 200 kilometrin korkeudessa maanpinnasta. (kuva 3.) GPS:llä saatu paikkatietotarkkuus liikkuu muutaman millimetrin ja useiden kymmenien metrien välillä. Vaikuttavia tekijöitä tässä ovat toimintaympäristö, sääolot ja vastaanotustekniikka. Erittäin tarkan mittaustuloksen saaminen vaatii esteettömän ja hyvän signaaliolosuhteen. (fgi.fi)

4.3 GLONASS

Venäjän satelliittijärjestelmä toimii 19000 kilometrin korkeudessa sijaitsevilla satelliiteilla. Satelliittejä on tällä hetkellä 24. Suurin eroavaisuus GLONASS- ja GPS-järjestelmien välillä on se, että GLONASS lähettää satelliittisignaalit omilla taajuuksillaan, kun GPS-järjestelmä lähettää signaalit käytännössä kahdella taajuudella. Tulevaisuudessa kuitenkin GLONASS-järjestelmän on tarkoitus kehittää lähettämään kaikilla satelliiteilla samalla taajuudella. Signaaleja lisättäessä yhteiskäyttöisyys eri järjestelmien kanssa paranee ja paikantaminen tarkentuu. (fgi.fi)

4.4 Satelliittimittauksen tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä

- Maapallo liikkuu havaittajansa kanssa noin 4 km/s suhteessa satelliittiin.
 - Satelliitin sijainnin tunteminen on mahdollista muutaman metrin tarkkuudella, joten absoluuttista sijaintia ei voida määrittää.
 - Satelliitti lähettämä paikannussignaali etenee valon nopeudella, ja etenemiseen puolestaan vaikuttaa ilmakehän tila.
 - Satelliittien sijainti ja lukumäärä voi olla mittaushetkellä epäedullinen.
 - Lähetetty signaali voi heijastua ympäristöstä.
 - Vastaanottimien ohjelmistot voivat olla minkä tahansa tietokoneen tavoin virheellinen.
 - Mittaaja tai käyttäjä ei osaa käyttää ohjelmia oikein.
 - Mittauksissa käytettävän koordinaatiston ja korkeuksien väärin käyttö.
- (Laurila 2012, 306 - 307.)



KUVA 4. Satelliittipaikannukseen virheitä aiheuttavia tekijöitä (Airos, Korhonen, Pulkkinen, 2007, 16)

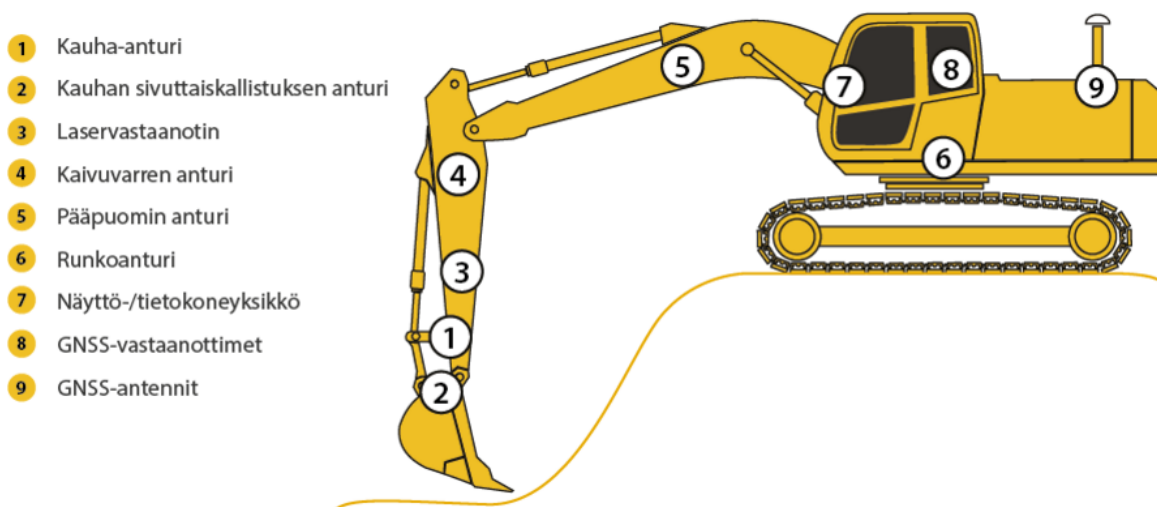
5 TYÖKONEOHJAUS

Koneohjauksella tarkoitetaan työskentelyä koneohjausmallin avulla. Työkohtainen 3D-koneohjausmalli tehdään tietokoneella ja siirretään työkoneeseen pilvipalvelun tai usb-tikun kautta. Kuljettaja pystyy myös tekemään yksinkertaisia koneohjausmalleja, tasoja ja ojalinjoja itse koneen näyttöyksiköllä. Työkoneeseen asennetun koneohjausjärjestelmän avulla kone osaa paikantaa oman- ja kauhan sijainnin, joka mahdollistaa kuljettajalle koneohjausmallin hyödyntämisen työskennellessä (kuva 5). Työkoneohjasta eli työkoneautomaatiota voidaan hyödyntää maarakennuksen eri vaiheissa, kuten pengerrys- ja leikkaustöissä. Maarakennustöissä koneohjausta käytetään, puskukoneissa, pyöräkuormaajissa, tiehöylissä, paalutuskoneissa ja yleisimmin kaivinkoneissa, joka onkin tämän opinnäytetyön keskiössä.

Työkoneautomaatio mahdollistaa työkonoiden tehokkuuden kasvattamisen. Mittatikkujen ja muiden mittatietojen puuttuminen ei keskeytä enää työskentelyä vaan työ voi jatkua taukoamatta. Mahdolliset suunnitelmamuutokset kuljettaja saa välittömästi koneeseen päivittämällä mallit. Rakennusmateriaaleissa säästetään, koska tasoitettava luiska tai kaivettava pinta saadaan kerralla oikeaan muotoon ja korkoon, eikä pääse syntymään ryöstöjä. Työkoneautomaation käytön lisäämisellä töiden läpimenoaika lyhenee ja koko työkonetjetjun kapasiteettia voidaan lisätä. (Jaakkola 2010, 44 - 46.)

5.1 Koneohjausjärjestelmä

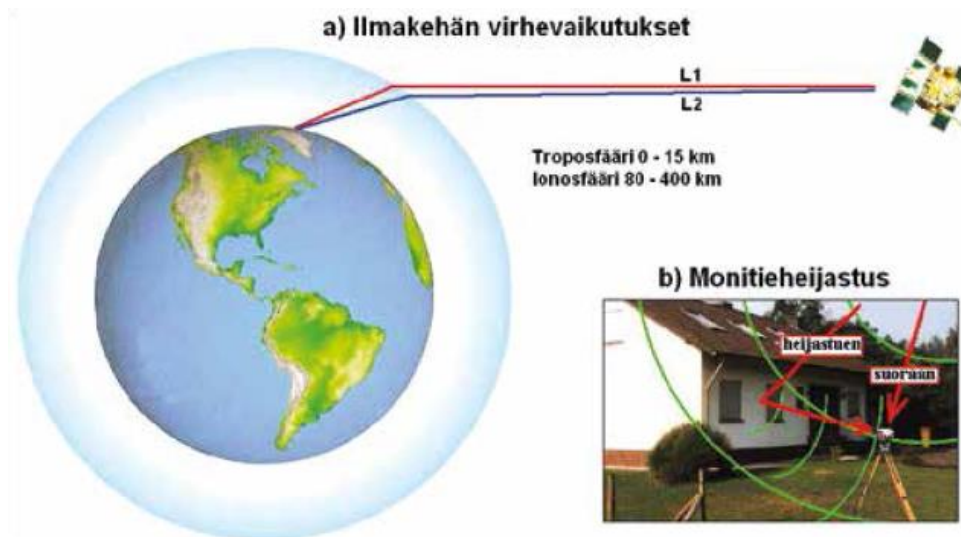
Kaivinkoneen koneohjausjärjestelmään kuuluu pääasiassa erikoisvahvat anturit, satelliittivastaanottimet ja näyttöyksikkö. Kaivinkoneen ylävaunuun kiinnitetyt antenni/vastaanottimet paikantavat koneen sijainnin koordinaatistossa ja antureiden avulla kauhan huulilevyn sijainti saadaan tarkasti määriteltyä (kuva 5). Huulilevyn korko näkyy reaaliajassa kuljettajalle näyttöyksiköstä, jolloin hän voi kaivaa haluttuun tasoon.



KUVA 5. Koneohjausjärjestelmän komponentit (Novatron)

5.2 Paikannus ja RTK-mittaus

3D-koneohjauksen käyttämisen kaivinkoneessa mahdollistaa GNSS-satelliittipaikannus. Satelliittien lähettämät signaalit ovat herkkiä paikannusta heikentäville häiriötekijöille (kuva 4). Ionosfäärinen tila tarkoittaa maapallon ilmakehän ylimmässä kerroksessa tapahtuvaa Auringon hiukkassäteilyä. Säteilyn aktiivisuus vaikuttaa signaalin tarkkuuteen ja näin myös voi aiheuttaa häiriöitä paikannuksessa. Troposfäärinen tila on puolestaan ilmakehän alimmassa kerroksessa vaikuttava vesihöyrynpitoisuus. Suomessa troposfääri aiheuttaa vain pieniä virheitä paikannuksessa (kuva 6; Laurila 2012, 306)



KUVA 6. Paikannussignaalia häiritseviä tekijöitä (Laurila 2012, 307)

Paikannuksen apuna hyödynnetään tukiasemia, joiden avulla koneen sijanti voidaan määrittää senttimetriluokan tarkkuuteen. Tunnetulla pisteellä olevan tukiaseman ja liikkuvan kohteen eli kaivinkoneen vastaanottimen välistä eroa havainnoidaan. Tämän tarkan mittaustavan nimi on RTK-mittaus eli Real Time Kinematic-mittaus. (topgeo.fi)

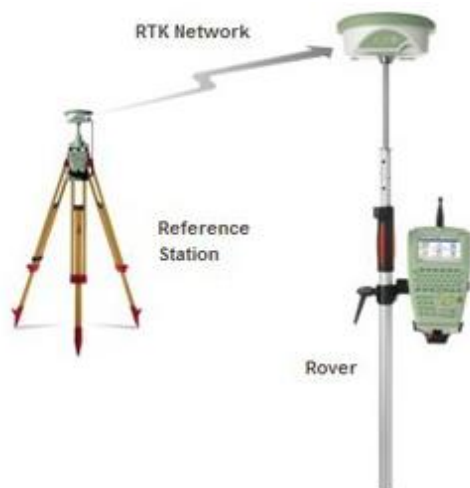
5.2.1 Perinteinen RTK mittaus

RTK (Real Time Kinematic) -mittaus soveltuu hyvin koneohjaus, maastomalli- ja kartoitustehtäviin tarkkuutensa ansiosta. Perinteisessä RTK-mittaustavassa pystytetään itse tukiasema tunnetulle koordinaattipisteelle tai hyödynnetään kiinteää tukiasemaa, joka on sijoitettu esimerkiksi rakennuksen katolle. Tukiasema lähettää liikkuvalla vastaanottimelle eli kaivinkoneelle omat koordinaattinsa ja mittaamansa havaintotiedot, jolloin liikkuva vastaanotin ratkaisee alkutuntemattomat koordinaatit ja tarvittavat suureet. Ratkaisun kesto riippuu tukiaseman ja vastaanottimen välisestä etäisyydestä, mutta ratkaisu pitäisi tapahtua aina alle minuutissa. (Laurila 2012, 319)

Tukiaseman ja liikkuvan paikantimen välille muodostetaan tiedonsiirtoyhteys radiomodeemin tai matkapuhelinverkon avulla, jonka jälkeen liikkuva asema paikantuu reaaliajassa. Matkapuhelinverkon kanssa muodostettu yhteys toimii noin 10 kilometrin säteellä ja 20 kilometrin etäisyydellä vain

poikkeuksellisen hyvissä olosuhteissa. Radiomodeemin toimintasäde on enintään kymmenen kilometriä. Menetelmä toimii luotettavasti kun molemmilla vastaanottimilla on käytössä 6 - 7 yhteistä satelliittia, mutta satelliitteja täytyy olla aina vähintään viisi. (Laurila 2012, 319 - 320.)

Kiinteän tukiaseman etuihin kuuluu helppo periaatteen ymmärrettävyys ja mittausten toistettavuus, kun kiinteää tukiasemaa ei ole liikutettu pisteeltään. Tukiasemakaluston kustannukset ja aika, joka kuluu uuden tukiaseman asettamiseen, ovat kiinteän tukiaseman heikkoja puolia. (fi.smartnet-eu.com a)

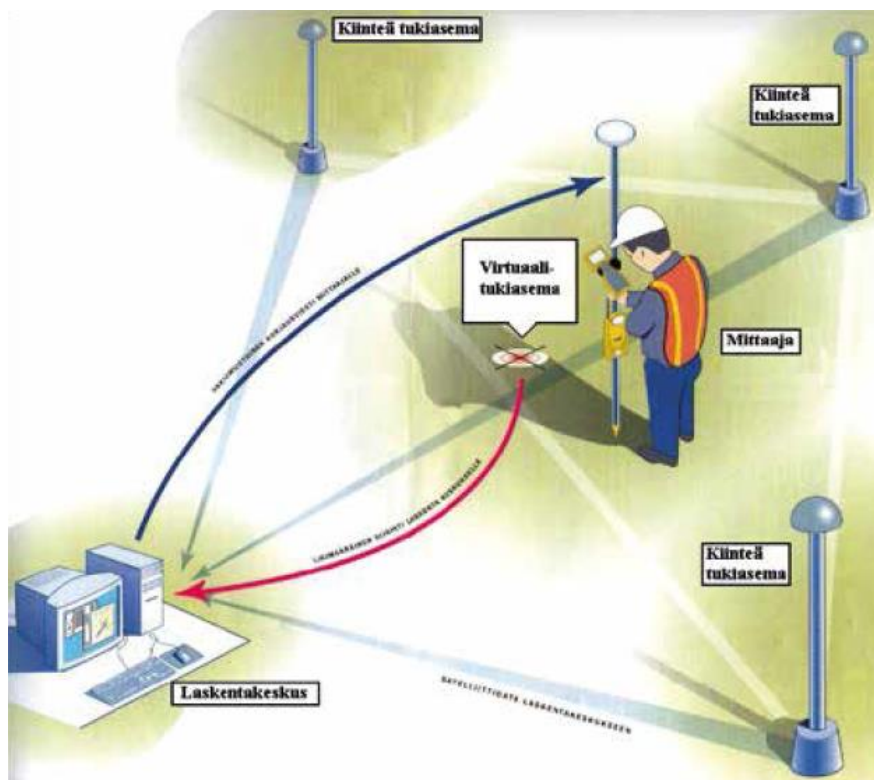


KUVA 7. Kiinteän tukiaseman käyttäminen (fi.smartnet-eu a)

5.2.2 RTK-mittaus perustuen VRS- tai SmartNet tukiasemapalveluun

Perinteistä RTK-mittausta paremmin toimii verkko-RTK-mittaus. Tämä mittaustapa hyödyntää yhden tukiaseman sijaan tukiasemaverkostoa. Tukiasemaverkon ansiosta mittauksesta saadaan luotettavampaa ja etäisyyksiä tukiasemiin voidaan kasvattaa. VRS (Virtual Reference Station) tarkoittaa virtuaalista tukiasema järjestelmää, joka sisältää vastaanottimen varusteineen, ohjelmiston ja tidonsiirtotekniikan kokonaisuudessaan. Paikannus tapahtuu, kun kiinteät tukiasemat lähettävät satelliittitietonsa laskentakeskukseen. Myös liikkuva paikannin lähettää likimääräisen sijaintinsa laskentakeskukseen matkapuhelinverkon avulla. Laskentakeskus muodostaa saatujen paikkatietojen avulla liikkuvan paikantimen lähelle virtuaalista tukiasemaa ja lähettää korjausdataa liikkuvaan paikantimeen. Kun liikkuvan paikantimen sijainti muuttuu yli 5 kilometrin etäisyydelle virtuaalisesta tukiasemasta, laskentakeskus laskee uuden virtuaalisen tukiaseman paikantimen viereen. (Laurila 2012, 320 - 322.)

SmartNet on Leica Geosystems Oy:n tuottama Verkko RTK-korjauspalvelu. Siihen kuuluu yli 100 tukiasemaa, joilla se kattaa koko Suomen. (Laurila 2012, 322) Verkko RTK mittausta käytettäessä ei siis tarvitse käyttää tai ostaa omaa tukiasemaa, mutta verkon käyttö vaatii lisenssin oston. (fi.smartnet-eu.com b)



KUVA 8. Tukiasemaverkko RTK:n toimintaperiaate. (Laurila 2012, 321)

5.3 Haasteet koneenohjauksessa

Koneenohjaus on saatu luotettavuuden ja toimivuuden puolesta hyvälle tasolle. Ongelmakohtat ja haasteet liittyvät pääasiassa signaalien tarkkuuteen ja kantavuuteen tai inhimillisiin käyttövirheisiin. Aina ongelmiin ei pystytä varautumaan, koska vika voi olla esimerkiksi laitteistoon liittyvä tekninen vaurio. On mahdollista että laitteiston kuten vastaanottimien toimittaja päivittää laitteistoaan ilmoittamatta sitä käyttäjälle, jolloin toiminta voi keskeytyä häiriön vuoksi. Teknisiä ongelmia voidaan itse ennaltaehkäistä tarkastelemalla säännöllisesti antureiden, antennien, johtojen ja muiden paikannuslaitteiden kuntoa (kuva 5). Pahimmassa tapauksessa työ keskeytyy kokonaan vaurion tultua. Esimerkkinä voidaan pitää viettoviemärin kaivuuta työtä koneohjausmallin avulla. Jos anturi vioittuu, eikä sitä voi itse korjata, jää työvaihe täysin kesken. Uuden osan saaminen voi vielä aikaa paljonkin, jolloin tulee tuotannollisia ja taloudellisia tappiota.

Inhimillisenä virheenä voidaan pitää kuljettajan huolimattonta toimintaa, joka olisi vältettävissä asianmukaisella toiminnalla. Kuljettajalla voi esimerkiksi unohtua kauhanvaihdon yhteydessä vaihtaa kauha myös koneenohjausjärjestelmään. Tällöin kuvitteellinen 100 m pitkä ja 3 m leveä kaivanto kaivetaan kauhanvaihdon takia tulleen virheen takia 0,2 m liian syväksi. Tämä tekee 60 m³ liikaa kaivuuta. Kauhan huulilevyn kuluminen vaikuttaa mittatarkkuuteen, joten kaivinkonetta tulisi käyttää säännöllisesti koron tarkistuspisteellä, joka on merkitty kiinteä piste maastossa, esimerkiksi isoon kiveen merkitty piste. Tarvittaessa kauha tulee kalibroida uudestaan. (Kiiskinen 2015, 30)

5.4 Suunnitelmien ja ohjelmistojen aiheuttamat ongelmat

Yksi koneenohjauksen haasteista on suunnitelmien ja niiden tiedonsiirtoformaattien toimivuus. Leica Geosystems Oy:n laitteissa käytettäviä malleja muutetaan Geo Professional-ohjelmalla oikeaan tiedostomuotoon (lin, prf, trm), jotta ne toimisi koneenohjausjärjestelmässä. Usein työsuunnitelmat tulevat AutoCAD-ohjelmalla tehtynä ja tiedostoformaattina on dwg. Dwg-tiedostoa voi käyttää Leican koneenohjauksessa apumallina, joka asetetaan pintamallin taustalle ja se antaa havaintotietoa kuljettajalle kaivuukohteessa. Itse päämallissa on tarvittavat x- ja y-koordinaatit ja korkeustietona z-koordinaatti. Kuljettajan on muistettava aina vaihtaa koordinaattijärjestelmä näyttöyksiköstä suunnitelmia vastaavaksi.

6 KONEOHJAUSMALLIN TEKEMINEN RAKENNUSKONTEESEEN

Tehtävänä on luoda koneohjausmalli Haapajärvellä sijaitsevalle Puturan maaläjitysalueelle. Alue on ollut Niskasen Maansiirto Oy:n läjitysalueena ja siihen tehdään lopullista maisemointia varten malli. Tehtävä on hyvä, koska siinä toteutuu mallin teon prosessi kokonaisuudessaan, aina lähtöaineiston keräämisestä lopulliseen mallitiedoston lähettämiseen koneohjausjärjestelmään. Tehtävä suunniteltiin Niskasen Maansiirto Oy:ssä projekti-insinöörinä toimivan Pauli Laitisen kanssa.

6.1 Mallintamisessa käytettävät ohjelmat

6.1.1 YTCad

YTCad on Sweco Ympäristö Oy:n kehittämä suunnitteluohjelma AutoCad Civil 3D-ohjelman pohjalta. YTCad on tehty helpottamaan suunnittelua ja mallintamista, suomenkielisillä valikoilla ja selkeillä toiminnoilla. Tarkoituksena on siis ollut lisätä työn tuottavuutta ja parantamaan laatua. Lähes koko mallinnustyö tehdäänkin YTCad:illa.

6.1.2 SBG Geo Professional

SBG on ruotsalainen ohjelmistoja tuottava yhtiö. SBG:n tuottama Geo Professional on Leican kanssa yhteen toimiva suunnitteluohjelma, jonka avulla tässä työssä tehdään lähinnä työn visuaalinen tarkistus ja formaattimuunnokset. Tarvittaessa massalaskentoja on myös helppo toteuttaa tällä ohjelmalla.

6.2 Koneohjausmallin tekeminen YTCad-ohjelmalla

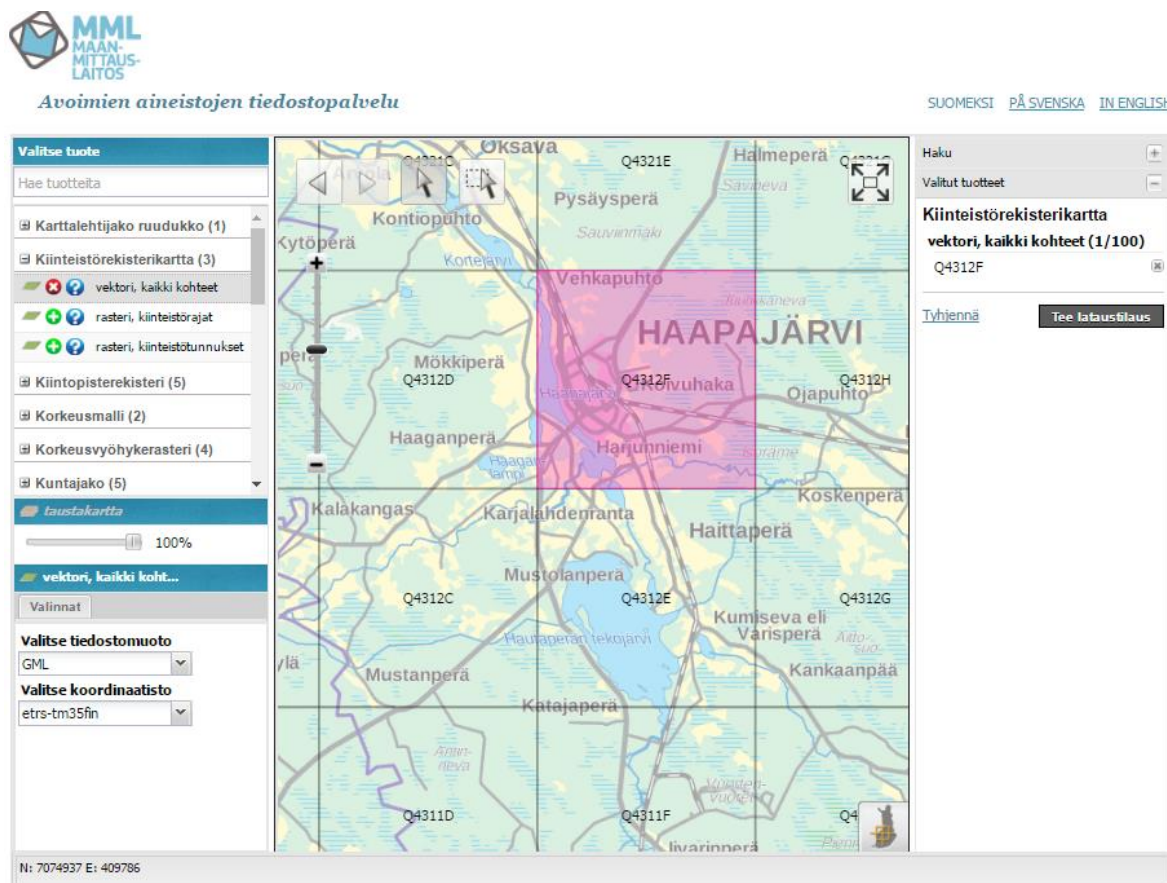
6.2.1 Lähtöaineisto ja suunnitelmat

Lähtötietoina käytän Maanmittauslaitoksen tiedostopalvelusta saatavaa ilmaista ainestoa (<https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>) ja projekti-insinööri Laitiselta saatavaa suullista tietoa, sekä poikkileikkauskuvaa (liite 1). Kävimme työn aluksi paikanpäällä toteamassa nykyisen tilanteen läjitysalueella ja suunnittelimme samalla tulevaa toteutusta. Maaläjitysalue on tällä hetkellä lähellä laasekeilausaineiston osoittamaa muotoa ja lopullisen maisemoidun pinnan muoto määräytyy tämän mallin mukaan. Vieressä kulkeva tie on Elämäjärventie ja läjitysalueen tasaisen kentän korko määräytyy tien tasauksen mukaan samaan korkoon. Tien viereen ojan taakse tulee 2 metriä korkea meluvalli tien suuntaisesti (liite 1). Tasainen kenttä tehdään loivasti kaatavaksi meluvallista takametsään päin, jotta vesi ei jää seisomaan kentälle. Kokonaisuudessaan läjitysalueen loppumuotoilu on tarkoitus tehdä visuaalisesti asiallisen näköiseksi, johon on kiinnitettävä huomio myös mallin teossa. Visuaalisuutta voidaan tarkastella Geo Professional- ja Google Earth -ohjelmilla mallin valmistuttua.

6.2.2 Pintamalli

Pintamalli tehdään dwg-formaatissa ja muutetaan lopuksi työkoneelle sopivaan trm-formaattiin. Eri työvaiheille on usein järkevää tehdä omat mallit, jolloin kuljettaja voi avata ja sulkea niitä tarpeen mukaan työskennellessä. Pintamalleja voidaan avata useita päällekkäin työkoneen näyttöpäätteelle, esimerkiksi maanpintamalli, putket ja kaapelit omina tiedostoinaan.

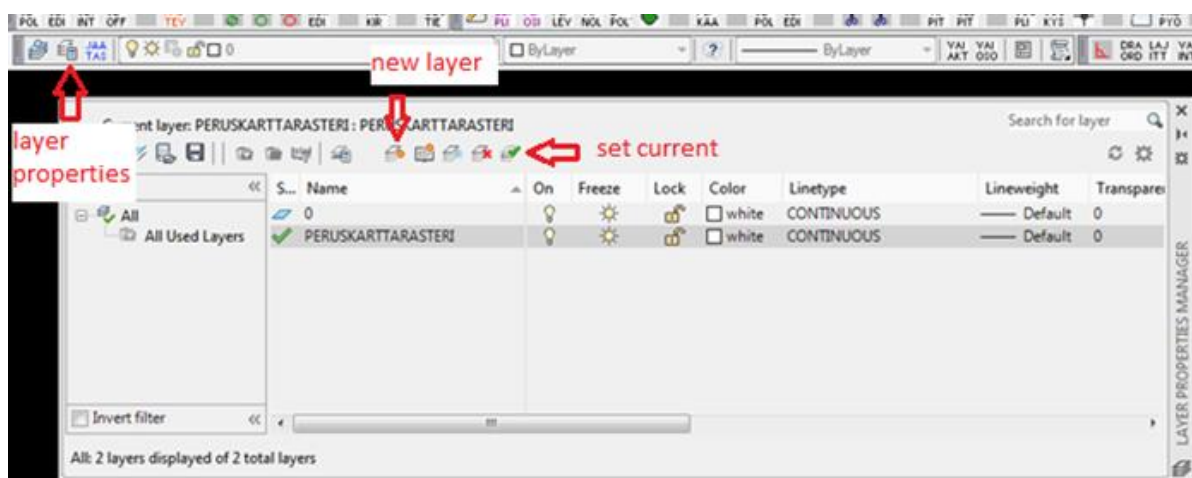
Työ aloitetaan hakemalla työssä tarvittavat aineistot Maanmittauslaitoksen tiedostopalvelusta. Työssäni tarvitsen kiinteistörekisterikartan, peruskarttarasterin, korkeusmallin ja ortoilmakuvan. Ladattavat aineistot ovat tiedostopalvelussa jaettu Suomen alueelle ruutuihin, joilla rajataan ladattavien tiedostojen koko. Kunkin tiedoston kohdalla valitaan oikea ruutu kartalta, koordinaatisto ja tiedostomuoto. Tiedostot lähetetään omaan sähköpostiosoitteeseen latausilauksella, josta tiedostot sitten ladataan tietokoneelle työkansioon. Työkansion polku tulee tehdä ohjelmiston toimivuuden kannalta siten, ettei tiedostopolussa ole ä ja ö kirjaimia, eikä myöskään välilyöntejä, esim: C:\Users\Maansiirto\Desktop\KOULU\Putura.



KUVA 9. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu (Maanmittauslaitos d)

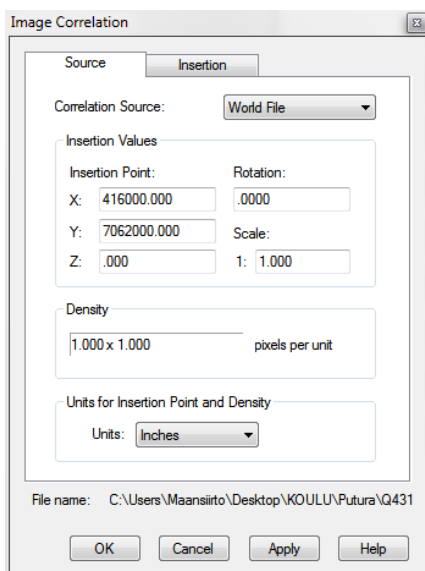
YTCad:iin avataan uusi pohja valitsemalla File-valikosta new ja avaamalla Acad.dwt-pohja. Tämän jälkeen tiedosto tallennetaan save as -komennolla samaan kansioon ladattujen tiedostojen kanssa asianmukaisella nimellä käyttämättä ääkkösiä ja välilyöntejä. Kaikki tulevat tiedostot tallennetaan jatkossa samaan työkansioon.

Seuraavaksi tuodaan aineistot ohjelmaan. Jokaiselle tiedostolle tehdään oma taso eli new layer avaamalla layer properties (kuva 10) ja asettamalla uusi layer aktiiviseksi valitsemalla set current. Aineistojen asettaminen omille tasoille helpottaa työskentelyä, kun niitä voidaan jatkossa sammuttaa tai laittaa päälle tarpeen mukaan.



KUVA 10. Layer properties

Ensimmäisenä tiedostona haen peruskarttarasterin ylävalikosta map → image → insert, jolloin valitaan työtiedostoon tallennettu png-tiedosto → avaa. Avautuu image correlation -ikkuna (kuva 11), jossa pitää tarkistaa, että source ja insertion välilehdillä on samat X- ja Y-koordinaatit. Jos koordinaatit eivät ole samat, tarkista että units valikossa on oikea mittayksikkö, kuten tässä inches.



KUVA 11. Image correlation

Jos peruskarttarasteri ei tullut näkyviin painetaan z → enter, e → enter.

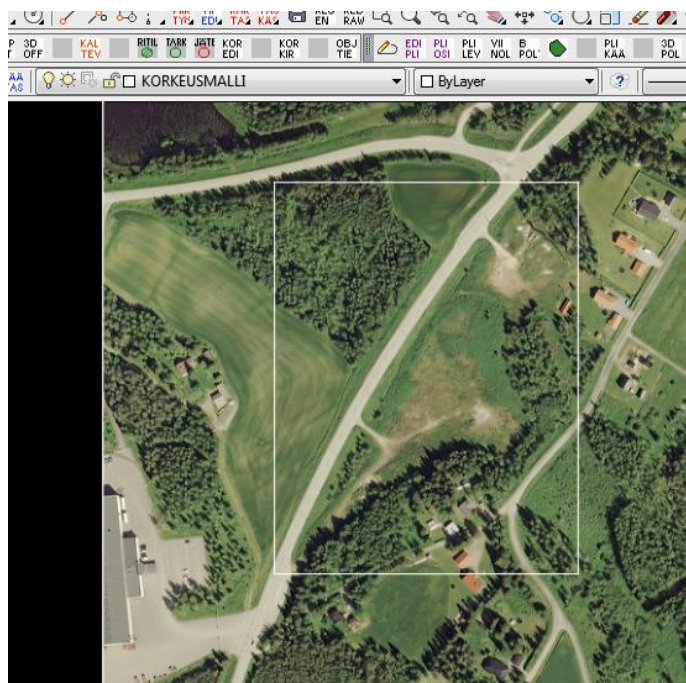
Raskerikuvan pitäisi asettua oikeaan koordinaatistoon automaattisesti. Tämän voi kuitenkin tarkistaa valitsemalla kuvan aktiiviseksi kuvan reunasta ja avaamalla hiiren oikealla napilla valikon, josta löytyy properties. Properties ikkunasta löytyy x- ja y-koordinaatit, sekä korkeus z, jos sellainen on yksittäiselle pisteelle annettu. Seuraavaksi haetaan ortoilmakuva. Tehdään uusi layer ja asetetaan se

aktiiviseksi. Kuva tuodaan samalla tavalla kuin edellä tuotu peruskarttarasteri, mutta nyt valitaan jp2-tiedosto.

Kolmantena tiedostona tuodaan korkeusmalli, joka on asc-tiedosto. Asc-tiedosto on tehty laserkeilausaineistosta siten, että vain maanpinnan korkopisteet on otettu käyttöön ja siitä on tehty keskivopinta, jotta se vastaisi mahdollisimman tarkasti todellista maanpintaa niillä alueilla, joilla laaserpisteet eivät ole päässeet tiheästi maahan asti, kuten metsäisillä alueilla.

Asc-tiedosto tulee pakattuna zip-tiedostona kun se ladataan MML:n sivulta, joten se pitää olla purettuna työkansioon ennen las-tiedostoksi muuttamista. Kartoitus → LAS-aineiston käsittely → MML:n ASC-tiedoston muuntaminen LAS-tiedostoksi → valitse asc-tiedosto ja näin ohjelma tekee las-tiedoston työkansioon. LAS-tiedosto rajataan ennen sen varsinaista lataamista YTCad:iin.

Piirretään suorakaiteen muotoinen ikkuna rectangle -komennolla alueelle, johon pintamalli haluaa (kuva 12). Alue kannattaa rajata tarkasti mahdollisimman pieneksi vain tarvitsemalle alueelle, koska las-aineisto on iso ja sen lataaminen ja käsitteleminen on hidasta. Kartoitus → LAS-aineiston käsittely → Las-aineiston käsittely suljetun PLINE:n perusteella. Työkansioon ilmestyy rajattu.las-tiedosto.



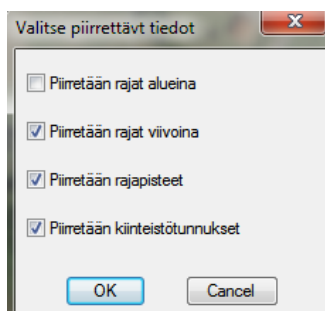
KUVA 12. Rajattu kolmioitava alue

Seuraavaksi rajatusta las-tiedostosta muodostetaan kolmioitu grid-verkko, joka tarkoittaa käytännössä maanpintaa todellisessa korossa. Rajattu las-tiedosto muutetaan ensin KAR-tiedostoksi seuraavasti, Kartoitus → LAS-aineistojen käsittely → LAS-tiedoston muuttaminen GT-formaattiin kolmioita varten → valitse rajattu.las-tiedosto → avaa. Näin muodostuu työkansioon KAR-tiedosto.

Toinen vaihe grid-verkon teossa, 3D → kolmioverkon teko → kolmiointi kolmioverkon tekoa varten → valitse komioitava tiedosto → KAR-tiedosto → avaa → ok, jolloin työkansioon muodostuu MM0-tiedosto.

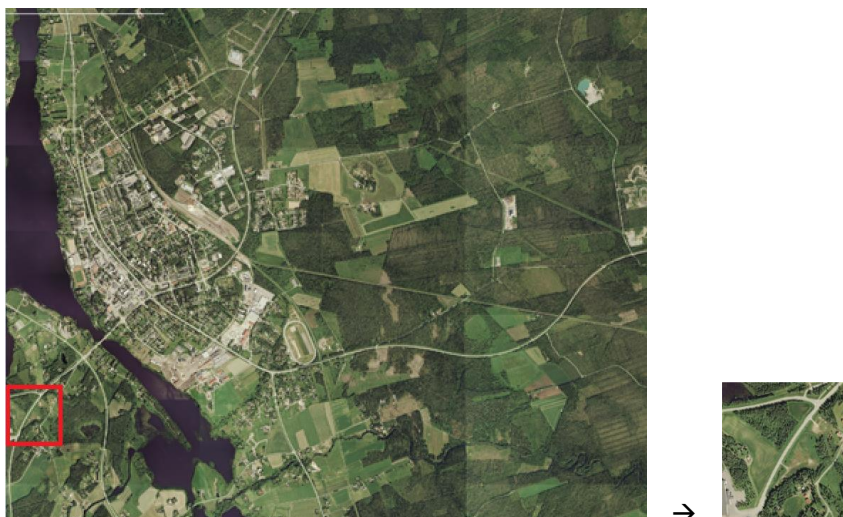
Grid verkko saadaan valmiiksi seuraavasti, 3D → kolmioverkon teko → kolmioverkon teko, muodostuu 3DFACEja → valitse MM0-tiedosto → avaa. Tällöin rajatulle alueelle alkaa muodostua kolmioverkko.

Neljäs tiedosto joka ladataan on kiinteistörekisterikartta, josta nähdään kiinteistöjen rajat, tunnuksiset ja pyykkit. Aineisto tulee MML:n sivulta pakattuna tiedostona, mutta sitä ei saa purkaa, vaan xml-tiedosto kopioidaan pakatusta kansioista työkansioon. Karttoitus → FORMAATTEJA → MML:n kiinteistörekisterikartan rajojen, rajapisteiden ja kiinteistötunnusten luku XML-tiedostosta → MML:n kiinteistörekisterikartan usean tiedoston luku yhtäaikaan. Tämän jälkeen valitaan haluttavat tiedot, jota työskentelyssä tarvitaan (kuva 13.). Tämän tiedoston lataaminen voi kestää kymmeniä minutteja, koska tiedoston koko on suuri. Tiedoston ladattua voi poistaa ylimääräiset objektit työskentelyalueen ulkopuolelta.



KUVA 13. Piirrettävät tiedot XML-tiedostosta

Peruskarttarasteri ja ortoilmakuva kannattaa rajata työskentelyä varten mieleisen kokoiseksi. Kuvat rajataan yksitellen siten, että vain rajattava tiedosto on aktivoituna tasona ja muut on sammutettu. mod → RASTERIT → Rasterien leikkaus → valitse rasterikuva hiirellä ja pain R, jolloin voit rajata alueen ikkunalla, mikä jää näkyviin.



KUVA 14. Rasterikuvien rajaus

Nyt kun lähtöaineisto on saatu tuotua YTCad:iin ja rajattua ne työskentelyn vaatimaan kokoon, voidaan aloittaa itse pintamallin tekeminen.

Aluksi teen uuden PINTAMALLI-tason ja asetan tämän aktiiviseksi. Muista tasoista otan käyttöön vain ortoilmakuvan taustalle ja muut sammutetaan layer propertiesista. Työssä voidaan käyttää itse tarpeen mukaan kiinteistörajoja, ortoilmakuvaa tai peruskarttarasteria.

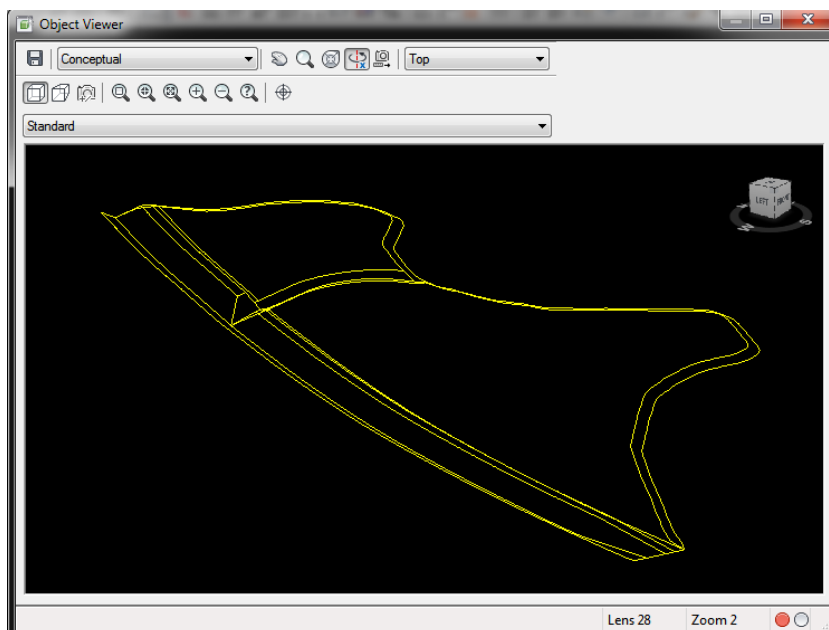
Aloitan piirtämällä 2D-polylinen Elämäjärventien reunaan lähelle etuluiskan yläaitetta. Tämän jälkeen kytken grid-verkon päälle ja muutan 2D-polylinen 3D-polylineksi, 3D → OBJEKTIT VERKOLLE JA MAASTOMALLILLE → PLINEt, LINEt, ARCit verkolle → valitse hiirellä 2D-polyline ja enter. Nyt polyline siirtyy todelliseen korkoon. Seuraavaksi kopioin 3D-polylinen offset komennolla suunnitelman mukaan (liite 1) oikeilla luiskan kaadoilla, ojan pohjalle, meluvallin ylälaitaan jne. 3D → 3D offset ja valitsen kopiotavan polylinen, sekä arvot mihin se siirretään.

Seuraavaksi teen omat 2D-polylinet läjitysalueen takareunaksi ja keskellä kulkevan ojan pohjaksi ja nostan ne grid verkolle, jotta ne tulevat todelliseen korkoon (kuva 15).



KUVA 15. 3D-polylinet

Kentän taso määrätään apuviivoja käyttäen loivaksi kaadoksi meluvallilta metsänreunaan. Meluvallin päätyihin tehdään visuaalisesti siistin näköiset luiskat, jotka eivät kiinnitä ohikulkijan huomiota. Työkaluina käytän pääasiassa 2D- ja 3D-polylinejä, sekä 3D-polylinen interpolointi työkalua, jolla saadaan määrättyjen pisteiden välille interpoloitua tasainen kaato. Visuaaliseksi tarkastelu työkaluksi olen kokenut käteväksi Object Viewer näkymän (kuva 16). Sillä on helppo tarkistaa viivojen yhteensopivuus ja muuten tarkastella tilannetta työskenneltäessä. Object View saadaan maalaamalla hiirellä halutut objektit, painamalla hiiren oikeaa nappia ja Object Viewer.



KUVA 16. Object Viewer-näkymä

Malli täytyy tehdä siten, että kaikki viivat päättyvä toiseen viivaan, jotta lopullinen pintamalli voidaan tehdä. Malliin jätetään vain tarvittavat taiteviivat, jotta pinnat ovat selkeitä ja työskentely helppoa.



KUVA 17. Valmis malli ortoilmakuvan päällä

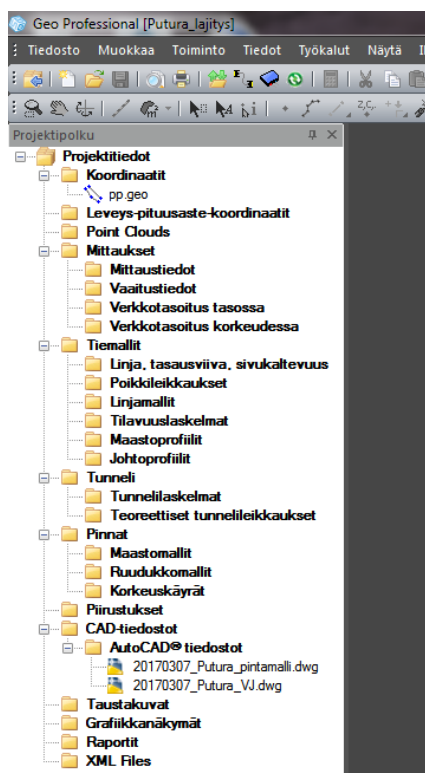
Kun malli on valmis formaatinmuunnosta varten, työstä sammutetaan kaikki muut tasot, paitsi kopiotavat objektit eli mallin taiteviivat. Kopiointi tehdään valitsemalla halutut objektit → hiiren oikea nappi → copy, jonka jälkeen siirrytään uuteen puhtaaseen acad-pohjaan ja painetaan jälleen hiiren oikeaa nappia ja valitaan paste to Original Coordinates. Näin kaikki objektit siirtyvät oikeaan koordinaatistoon. Lopuksi tiedosto tallennetaan jälleen uudella nimellä.

6.2.3 Apumalli

Edellä tehdyn pintamallin avuksi voidaan tehdä apumalli, joka avataan työkoneessa pintamallin taustalle. Apumalliin voidaan lisätä esimerkiksi varoitus- tai ohjetekstejä, kaapeleita, vanhoja putkia tai muita tietoja. Apumallissa olevat objektit ja tekstit ovat samassa koordinaatistossa, kuin pintamalli, mutta niillä ei ole z eli korkeus tietoa. Näin ne toimivat vain viitetietoina taustalla. Tiedostoformaattina on dwg.

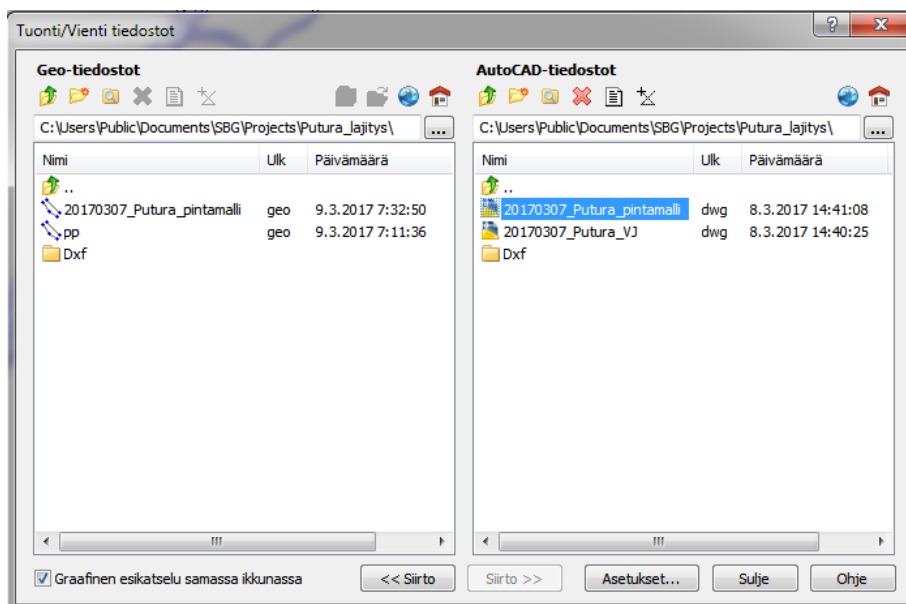
6.3 Koneohjausmallin viimeistely SBG Geo Professional-ohjelmalla

Geo Professionalin toiminnot kävimme Niskasen Maansiirto Oy:n työnjohtaja Kimmo Paavolan kanssa läpi. Työskentely aloitetaan tekemällä uusi projekti: tiedosto → uusi projekti → annetaan UUSIPROJEKTIKANSIO tilalle työlle sopiva nimi käyttämättä ä- ja ö-kirjaimia sekä välilyöntiä. Tämän jälkeen ohjelman käyttämään projects kansioon muodostuu edellä tehty kansio ja sinne siirretään mallinnuksessa käytettävät aikaisemmin tehdyt dwg-tiedostot. Tiedostojen siirron jälkeen ne tulevat näkyviin ohjelman vasempaan projektipolku ikkunaan (kuva 18).



KUVA 18. Geo Professional näkymä ja Projektipolku

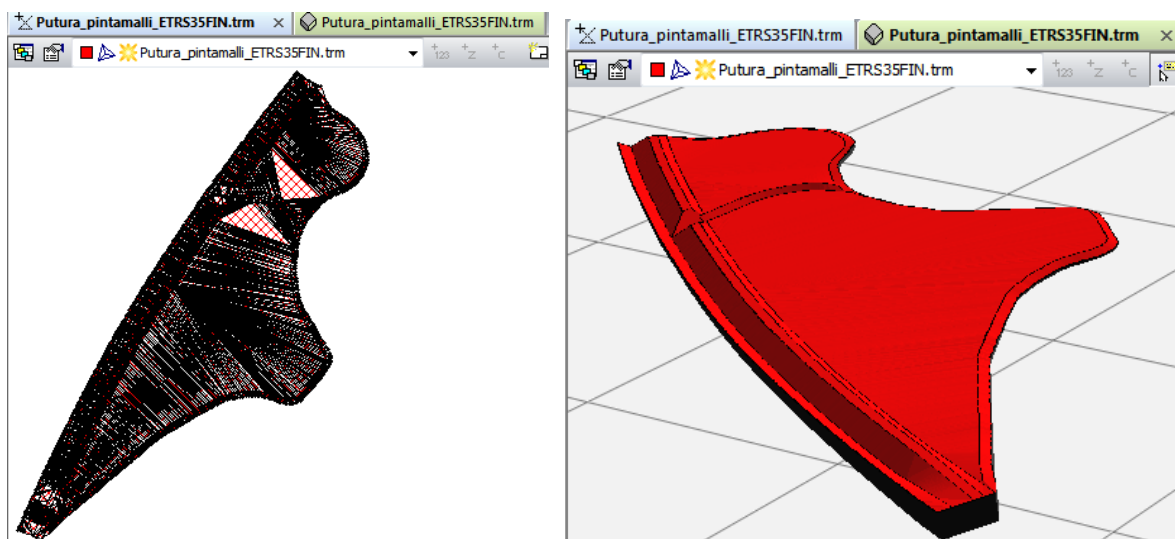
Seuraavaksi avataan pintamalli dwg-tiedosto sivuvalikosti ja valitaan Käytä projektit (Ei skaalausta), jolloin malli avautuu näytölle. Dwg-tiedostosta tehdään geo-tiedosto menemällä tiedosto → tuonti/vienti → valitsemalla AutoCAD DXF/DWG ja ok. Avautuu kaksiosainen ikkuna, jossa oikeanpuoleisesta ikkunasta etsitään geo-tiedostoksi muutettava dwg-tiedosto, valitaan se hiirellä ja painetaan siirto nappia, jolloin tiedostoformaatti muuttuu (kuva 19).



KUVA 19. Tuonti/Vienti tiedostot

Nyt projektipolku valikkoon ilmestyi juuri tehty geo-tiedosto, joka avataan klikkaamalla sitä. Ennen maastomallin tekemistä pitää tarkistaa, että vain geo-tiedosto on avattuna. Ohjelman koordinaattijärjestelmä pitää valita samaksi, kuin on käytetty dwg-tiedostoa tehdessä. Projektipolku-ikkunan alalaidasta valitaan asetukset välilehti, josta "muuta koordinaattijärjestelmä" painikkeen alta päästään valitsemaan haluttu koordinaattijärjestelmä.

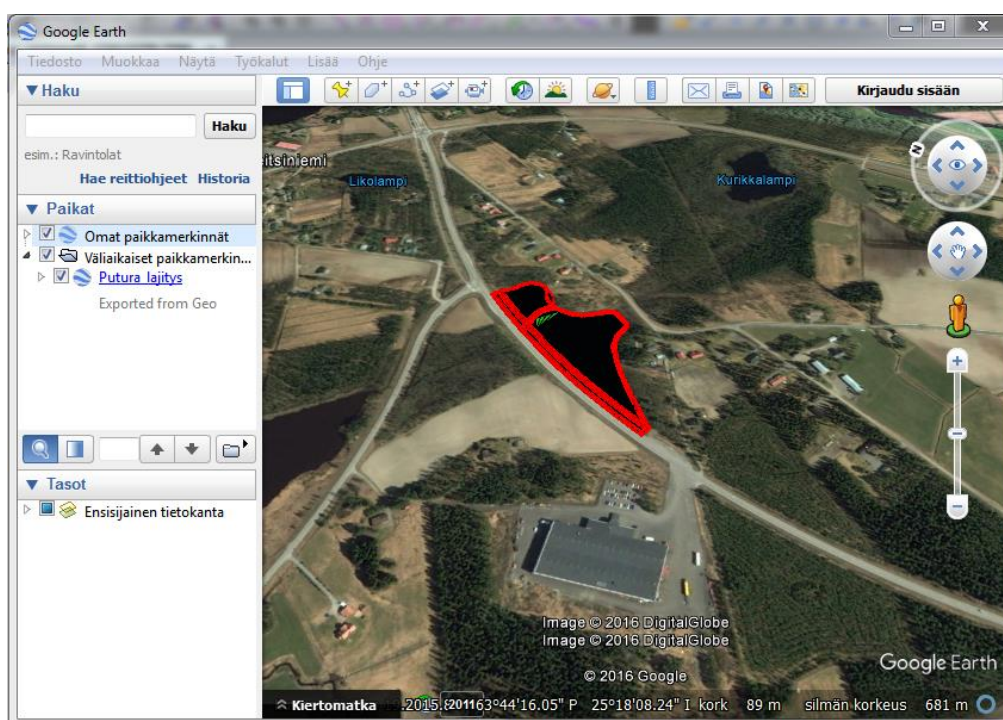
Maastomallin tekeminen aloitetaan avaamalla tiedot välilehti, valitsemalla luo maastomalli ja avautuvaan workflow view-ikkunaan voidaan muuttaa halutut parametrit kolmiontia varten, jonka jälkeen malli luodaan painamalla create. Ohjelma muodostaa kolmioverkon ja koneohjauksessa käytettävän trm-tiedoston, josta voidaan tarvittaessa poistaa mahdollisia turhia komioita (kuva 20). Tiedosto pitää tallentaa nimellä, johon on hyvä lisätä käytettävä koordinaatisto, esim. Putura_pintamalli_ETRS35FIN.



KUVA 20. Trm-tiedosto kolmiointi ja 3D-näkymä

Tien viereisen ojan pohjalla kulkee noin 0,5 metriä maanpinnan alapuolella vanha vesijohto, josta tehdään myös malli. Aluksi avataan jälleen dwg-tiedosto ja se muutetaan geo-tiedostoksi, kuten tehtiin pintamallille. Viivamalli tehdään "luo linja ja profiili"-toiminnolla, jolloin ohjelma tekee viivasta prf- ja lin-tiedostot. Nämä tiedostot tulee siirtää myös työkoneeseen, jolloin vesijohto saadaan näyttöpäätteelle työskentelyä varten. Tässä tapauksessa linjamalli toimii vain varottavana objektina.

Yhtenä pitämällin toimivuuden varmistamiskeinona voidaan käyttää Google Earth-ohjelmaa. Tiedosto voidaan lähettää Geo Professionalista seuraavasti: Näytä → tallenna näkymä nimellä → Google Earth tiedosto... → konvertoi ja tallenna → Google Earth näkymä. Jos tiedosto on tallennettu oikeassa koordinaattijärjestelmässä, malli asettuu Google Earthissa oikeaan paikkaan. Google Earth tukee toistaiseksi vain ETRS35FIN-koordinaattijärjestelmää.

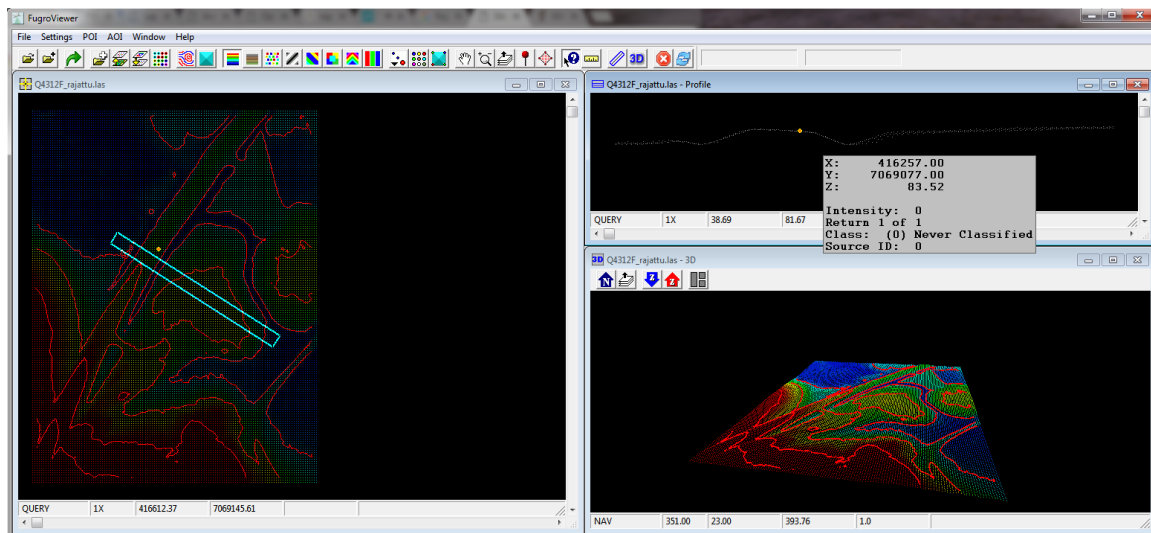


KUVA 21. Google Earth-näkymä

6.4 Apuohjelmat

6.4.1 Fugro Viewer

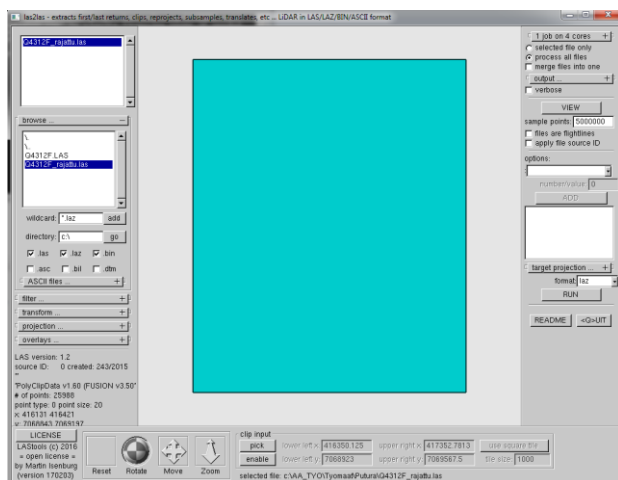
Tämä ohjelma on hyvä apu laserkeilausaineiston visualisointiin ja analysointiin. Ohjelmalla voi tarkastella alueita kolmiulotteisesti suodattamalla pistepilveä halutulla tavalla. Ohjelma on kätevä maanpinnan korkoja ja koordinaatteja tarkastellessa halutuista kohdissa (kuva 22). Käyttöliittymä on yksinkertainen ja laserkeilausaineiston avaaminen ohjelmalla tapahtuu käytännössä samantien. Fugro Viewer on ladattavissa ilmaiseksi www.fugroviewer.com sivulta. Tässä työssä käytin tätä ohjelmaa suunniteltaessa läjitysalueen lopullista korkoa suhteessa vierestä kulkevaan tiehen.



KUVA 22. Fugro Viewer -näköm

6.4.2 LasTools

LasTools on ilmainen laserkeilausaineiston rajaus ja formaatin muutospalvelu. Ohjelmalla voidaan luoda pintamalleja, korkuskäyriä ja pakata aineistoja. Esimerkiksi Maanmittauslaitokselta ladattavat laserskannausaineisto tulee laz-formaatissa, jolloin pistepilvi on helppo avata, rajata ja muuttaa esimerkiksi las-tiedostoksi työskentelyä varten.



KUVA 23. LasTools-näköm

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli syventää tietämystä 3D-koneohjauksesta ja koneohjausmallien tekemisestä, sekä niihin liittyvistä asioista, kuten koordinaatti- ja korkeusjärjestelmistä, sekä satelliittipaikannuksesta. Yleisimmät Suomessa käytettävät koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät tulevat vastaan jatkuvasti koneohjauksen parissa työskennellessä. On tärkeää tietää silmämääräisesti, onko malli koordinaattien perusteella sijoitettu oikeaan paikkaan, tai onko sitä ylipäätään sijoitettu koordinaatistoon. Voi olla, että suunnittelijalta tulevat lähtöaineistot eivät ole missään koordinaatistossa. Tällöin työ on sidottava oikeaan koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään oikeassa mittasuhteessa.

Työssä käytettävien maanmittauslaitoksen aineistojen epätarkkuus loi pieniä haasteita. Esimerkiksi ilmakuvan perusteella piirretty tienviereinen ojanpohja oli vaikea saada vastaamaan todellisuutta. Tarkistin myöhemmin koneohjausmallin toimivuuden paikanpäällä GPS-paikantimella, jolloin näin mallin korkojen poikkeaman todellisuudesta. Vastaavassa tilanteessa jatkossa kannattaa käydä ensin mittaamassa GPS-paikantimella tarkepisteet tien ylimmästä taiteviivasta, ojanpohjalta ja muista paikoista, jotka tekijä näkee tarpeellisiksi mallinnuksessa. Näiden avulla saadaan huomattavasti luotettavampi ja toimivampi koneohjausmalli.

Opinnäytetyön mallinnusta suunniteltaessa minulla oli kolme hyvää vaihtoehtoa, joista lähteä työ toteuttamaan. Ensimmäinen näistä oli tilaajalta saatujen suunnitelmien pohjalta tehdyn koneohjausmallin tekeminen. Tässä toteutustavassa rakenteiden taiteviivat, putket, korkotiedot, sekä muut tarvittavat tiedot on annettuina pdf- tai dwg-tiedostossa. Mallinnusprosessi olisi lähinnä tiedoston karsiminen, korkojen syöttäminen objekteille, sekä tiedostoformaatin muutokset. Toinen tapa olisi ollut itse GPS-paikantimen avulla tallennettujen korkopisteiden avulla toteutettu mallinnusprosessi. Jälkeenpäin tätä tapaa olisi ehdottomasti kannattanut hyödyntää laasekeilauseineiston lisänä. Kolmas mallinnustapa vaihtoehto oli toteutettu tapa, eli maanmittauslaitoksen aineiston avulla toteutettu mallinnus. Tähän tapaan päädyin, koska malli tulisi tulevaisuudessa käyttöön. Työmaata, johon olisi ollut valmiit suunnitelmat, ei ollut tarjolla.

Mallinnusprosessin tehtyä alusta loppuun huomasin paljon asioita, jotka olisivat helpottaneet työskentelyäni. Näitä olivat YTCAD-ohjelmassa käytettävät pikakomennot, jotka tulivat tutuksi työn edetessä, työvaiheiden toteuttaminen järkevässä järjestyksessä, sekä turhien työvaiheiden karsiminen. Nämä ovat kuitenkin asioita, jotka voi oppia vain tekemällä, kokeilemalla ja hyväksi kokemalla.

Koen, että jatkossa valmiuteni mallintaa nopeallakin aikataululla työmaakohteita on hyvä. Tämä työ antoi selkeän ja laajan käsityksen siitä, mitä mallintaminen on ja mitä siinä tulee ottaa huomioon. Työ oli antoisa ja ennenkaikkeaa opettavainen, joten voin pitää sitä onnistuneena.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

fgi.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-01-23]. Saatavissa: <http://www.fgi.fi/fgi/fi/teemat/paikannussatelliittij%C3%A4rjestelm%C3%A4t>

Polku: fgi.fi. Teematietoa. Paikannussatelliittijärjestelmät

fi.smartnet-eu.com a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-01-25]. Saatavissa: fi.smartnet-eu.com/yksittainen-tukiasema_220.htm

Polku: fi.smartnet-eu.com. Kuinka se toimii. Johdanto. Yksittäinen tukiasema.

fi.smartnet-eu.com b. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-01-25]. Saatavissa: fi.smartnet-eu.com/verkko-rtk_221.htm

Polku: fi.smartnet-eu.com. Kuinka se toimii. Johdanto. Verkko RTK.

JAAKKOLA, Mika. 2010. Työkoneautomaatio hyötykäyttöön – haaste työnjohdolle. Tierakennusmes-tari 4/2010, 44 - 46.

KIISKINEN, Mikko 2015. Koneohjauksen ongelmat työmaalla. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opin-näytetyö. [viitattu 2017-02-06]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89820/Kiiskinen_Mikko.pdf?sequence=1

LAURILA, Pasi. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. Jyväskylä: Kopi-jyvä Oy.

maanmittauslaitos.fi a. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017.01.19]. Saatavissa: <http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/koordinaatti-korkeusjarjestelmat/karttaprojektiot-tasokoordinaatistot/tasokoordinaatistot>

Polku: maanmittauslaitos.fi. Ammattilaisille. Maastotiedot. Koordinaatti-korkeusjärjestelmät. Kartta-projektiot-tasokoordinaatistot. Tasokoordinaatistot.

Verkko-osoite ei ole käytettävissä.

maanmittauslaitos.fi b. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017.01.19]. Saatavissa: <http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/koordinaatti-korkeusjarjestelmat/karttaprojektiot-tasokoordinaatistot/tasokoordinaatistot/etrs-gkn>

Polku: maanmittauslaitos.fi. Ammattilaisille. Maastotiedot. Koordinaatti-korkeusjärjestelmät. Kartta-projektiot-tasokoordinaatistot. Tasokoordinaatistot. Etrs-gkn.

Verkko-osoite ei ole käytettävissä.

maanmittauslaitos.fi c. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-01-23]. Saatavissa: <http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/koordinaatti-korkeusjarjestelmat/etrs89-euref-fin/satelliittimittaus-eli-gps-mittaus>

Polku: maanmittauslaitos.fi. Ammattilaisille. Maastotiedot. Koordinaatti-korkeusjärjestelmät. Satelliittimittaus eli gps-mittaus.

Verkko-osoite ei ole käytettävissä.

maanmittauslaitos.fi d. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-02-22]. Saatavissa: <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>

Polku: maanmittauslaitos. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. Siirry tiedostopalveluun.

Maanmittauslaitos e. [verkkoaineisto] Tietoa maasta, 3/2009 [viitattu 2017-01-20]. Saatavissa: http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/Tietoa_maasta_32009.pdf

Maanmittauslaitos f. [verkkoaineisto] N2000 valtakunnallinen korkeusjärjestelmä [viitattu 2017-01-20]. Saatavissa: http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/N2000_Valtakunnallinen_korkeusjarjestelma.pdf

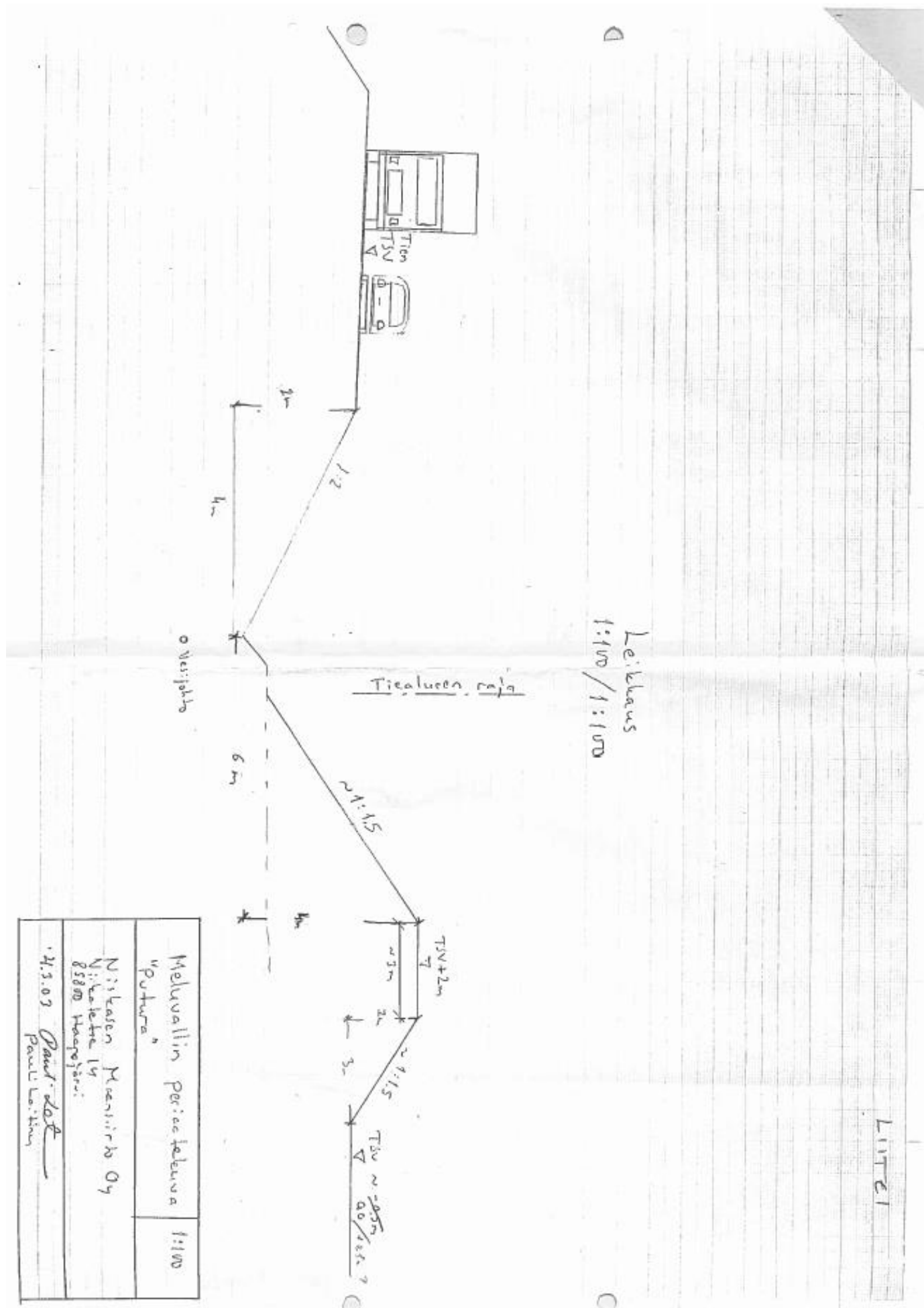
Oulu. [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-01-18]. Saatavissa: <http://www.oulu.fi/oulugis/fi/koordinaattijarjestelmat.html>

Polku: oulu.fi. Oulugis. Koordinaattijärjestelmät.

topgeo.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2017-01-25]. Saatavissa: <http://www.topgeo.fi/tuotteet/koneohjausjarjestelmat-ja-konevastaanottimet/mita-koneohjaus-on/>

Polku: topgeo.fi. Tuotteet. Koneohjausjärjestelmät ja konevastaanottimet. Mitä koneohjaus on.

LIITE 1: MELUVALLIN PERIAATEKUVA PUTURA



Meluvallin periaatekuva "putura"	1:100
Niskasen Koneurina Oy Yhteystie 14 85800 Haapajärvi	
21.5.03 Pauli Lahti Pauli Lahti	

LIITE 1