

# 3D-koneohjausmallien suunnitteluohje suunnittelijoille



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Hämeenlinna, Visamäki, kevät 2018

Teemu Lindberg

Koulutus Rakennustekniikan koulutusohjelma/ Yhdyskuntatekniikka  
Kampus Visamäki

---

**Tekijä** Teemu Lindberg **Vuosi** 2018

**Työn nimi** 3D-koneohjausmallien suunnitteluohje suunnittelijoille

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö tehtiin PT Pohjanteko Oy:n toimeksiannosta. Lopputyön aiheena oli tehostaa 3D-koneohjauksen käyttöä alihankkijoilla. Koneohjauksen epätäydellinen käyttö johtuu pääosin siitä, että emme ole aikaisemmin ohjeistaneet suunnittelijoita, miten haluamme kuvat ja mallit. Suunnitelmat sisältävät tällä hetkellä informaatiota, jota ei työmaalla tarvita ja aiheuttaa sekaannuksia ja koneohjauslaitteiden epätäydellisen käytön.

Lopputyö koostuu osioista, joissa käydään läpi mitä on koneohjaus, mittalaitteet ja mallintaminen, jonka jälkeen on ohjeet siitä millaisia suunnitelmia ja 3D-malleja halutaan. Lopputyön neuvojen avulla suunnittelu ja suunnitelmien korjaus halutaan poistaa työmaaloista, joka aiheuttaa ylimääräistä ajankulua työmaanohjauksessa.

Lopputyön neuvojen avulla ja niitä edelleen kehittämällä voidaan suunnitelmia ja 3D-malleja käyttää suoraan työmaalla ilman erillistä korjausta työmaanohjauksessa.

Lopuksi haluan kiittää PT PohjanTeon Jaakko Sirviötä, joka on toiminut aiheen parissa enemmän, sekä käsitellyt työmailleni kuvia. Jaakko auttoi minua työssäni etenkin esimerkkikuvien teon kanssa.

**Avainsanat** Koneohjaus, Satelliittipaikannus, GNSS (Global Navigation Satellite Systems), 3D-mallintaminen

**Sivut** 24

Name of degree programme

Campus

---

**Author**

Teemu Lindberg

**Year** 2018

**Subject**

3D machine control systems planning guide for designers

---

ABSTRACT

This thesis was made for PT PohjanTeko Oy. Topic for the thesis was to improve use of the 3D-machine control systems that is used by most of the sub-contractors. Inefficient of the system comes from the lack of guidance to the designer show they present drawings and models. Drawings include information what is not needed in the construction site and this causes inefficient use of the guidance system.

The thesis consists of parts where 3D-machine control system is explained and what kind of drawings and models are wanted. With the advices from the thesis, designing process and adjustment of drawings is taken out from the construction site what caused a lot of time use from the construction management.

By using advices from this thesis and further developing the topic the 2D drawings and 3D-models can be used as is in the construction site without further adjustment from construction supervisors.

**Keywords** Machine control systems, satellite positioning, GNSS (Global Navigation Satellite Systems), 3D-modeling

**Pages** 24

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	NYKYTILASELVITYS .....	1
2.1	Laitetoimittajat.....	4
2.2	Paikannus .....	4
2.3	Laitteisto.....	7
3	KONEOHJAUS.....	7
3.1	Koneohjauksen hyödyt.....	8
3.2	1D-koneohjaus .....	8
3.3	2D-koneohjaus .....	8
3.4	3D-koneohjaus .....	9
4	MITTALAITTEIDEN JA KONEOHJAUSJÄRJESTELMIEN VALMISTAJIA .....	10
4.1	Novatron .....	11
4.2	Leica.....	11
4.3	Trimble .....	12
5	TIETOMALLINNUS MAANRAKENTAMISESSA.....	13
5.1	Mallintamisen historia .....	14
5.2	Nykytila.....	15
5.3	Lähtöaineisto.....	15
6	VAATIMUKSET .....	15
7	SUUNNITTELUOHJE.....	16
7.1	LVI.....	17
7.2	SÄHKÖ .....	20
7.3	RAK .....	21
7.4	Pihakuva .....	23
7.5	Pinnantasaus .....	24
	LÄHTEET .....	25



## 1 JOHDANTO

Infrarakentamisessa mittamiehen rooli on vähentynyt 2000-luvulla merkittävästi. Aikaisemmin rakennustyömaalla jouduttiin käyttämään paljon korkolappuja, nurkkakeppejä, mittatikkuja ja muita apuvälineitä, joiden avulla työmaa pystyttiin toteuttamaan suunnittelijan haluamalla tavalla. Perinteinen menetelmä kuitenkin vie aikaa ja materiaaleja, kun nykyään suunnittelijan tekemät suunnitelmat voidaan tuoda suoraan kaivinkoneessa olevaan tietokoneeseen, josta konekuski pystyy tarkasti seuraamaan mitä ja mihin rakennetaan.

Lyhyesti sanottuna 3D-koneohjausjärjestelmä tarkoittaa sitä, että suunnittelijan laatima digitaalinen malli tuodaan kaivinkoneessa olevaan järjestelmään, jolloin koneen kuljettaja pystyy seuraamaan hytissä olevalta näyttöltä suunnitelmia ja rakentamaan niiden mukaisesti tarkasti ja oikeilla mitoilla oikeassa korossa. Näin ollen myös jalkamiehen työ vähenee, kun hänen ei jatkuvasti tarvitse seurata korkoa. Järjestelmä mahdollistaa myös tarkemittauksien tekemisen, joka helpottaa toteutuneen työn dokumentointia.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää työmailla tulevat ongelmakohdat suunnitelmien ja toteuttamisen välillä. Sekä laatia suunnitteluohjeet ARK-, LVI-, RAK-, ja pinnantasaussuunnittelijoille näiden pohjalta.

## 2 NYKYTILASELVITYS

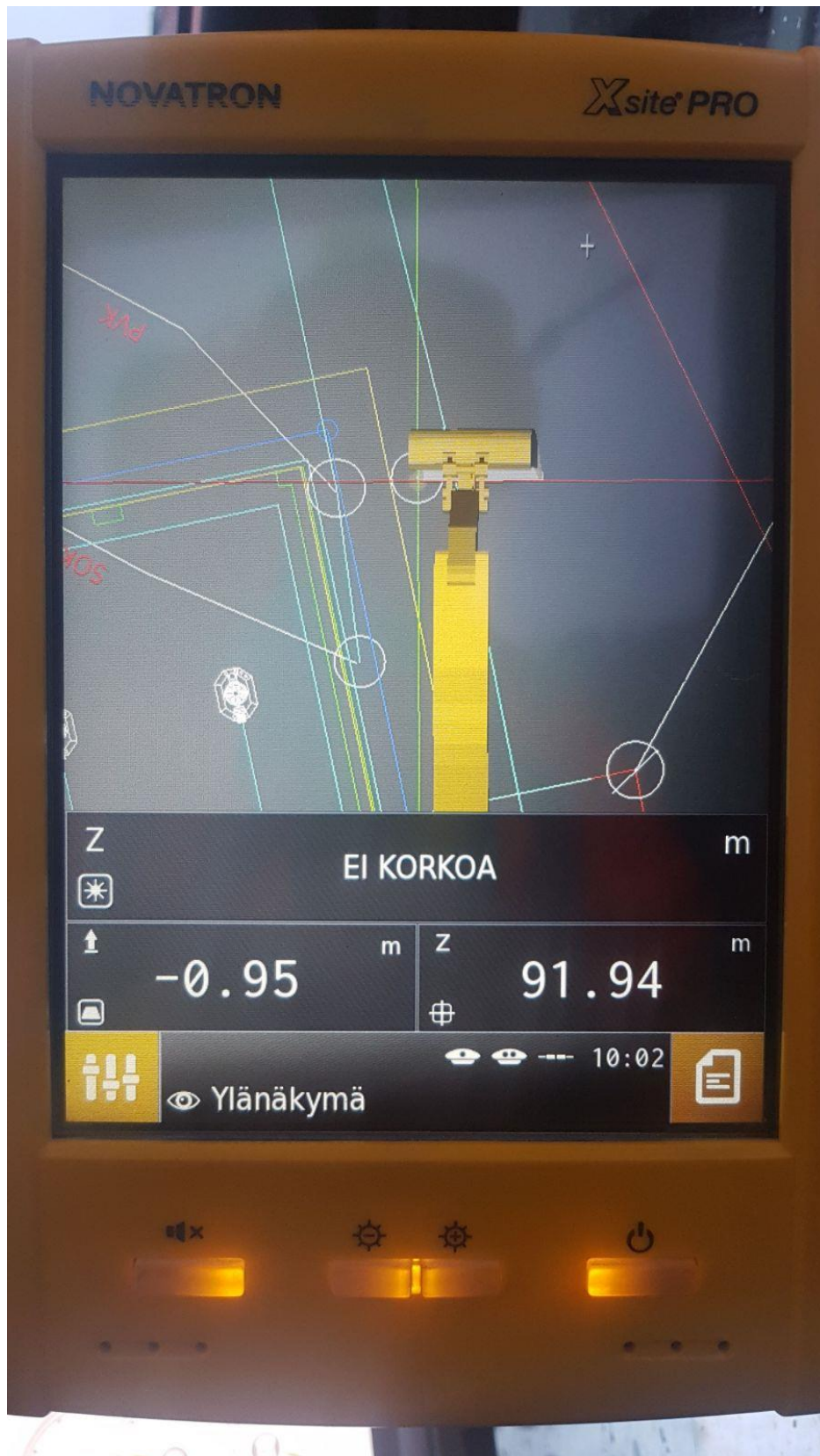
Nykyisin suurin osa isommilla työmailla työskentelevistä työkoneista on varusteltu 3D-koneohjausjärjestelmällä, jotta työ helpottuisi, nopeutuisi, tehostuisi sekä tietojen taltiointi helpottuisi.

3D-koneohjausjärjestelmällä varustelluissa kaivinkoneissa on erikoisvahvoja sensoreita, jotka on pyritty sijoittamaan turvallisiin paikkoihin niin, että ne havaitsevat kaivinkoneen jokaisen liikkeen ja liikkuvan osan. Koneen paikannus valmistajasta riippuen tapahtuu joko satelliittipaikannusta tai takymetriohjausta hyödyntäen. Järjestelmä tunnistaa sekä kauhan, että koneen asennon ja sijainnin käyttäen X, Y, ja Z-koordinaatistoa. Koneohjauksella kauhan sijainti ja asento voidaan siis osoittaa yksiselitteisesti, jolloin vältytään mittaamiselta sekä inhimillisten virheiden määrä minimoituu (Kuva 1). (Piironen 2012, 11.)

Koneohjausjärjestelmällä työmaa on täysin tikuton, eli mittakeppejä ja tikkuja ei ole työmaalla ja työ helpottuu, kun ei tarvitse varoa niitä. Työ voidaan suorittaa siis kannattavammin, turvallisemmin, nopeammin ja edullisemmin.

Nykyisin myös suunnittelu tapahtuu jo pääosin 3D-maailmassa. Tästä huolimatta aineisto toimitetaan usein suunnittelijalta rakentajalle erilaisina 2D-piirrustuksina, tiedostoina ja tulosteina. Suunnittelijan tekemä 3D-malli jää näin ollen hyödyntämättä. Ongelmana on myös se, että suunnitelmien sisältö esitetään useissa kuvissa, kuten karttoina tai pituusleikkauksina. Mallintamalla voidaan tiedot tuoda päällekkäisinä tai eri tasoilla kaivinkoneelle ja tarkastella yhdeltä näytöltä niitä 3D-muodossa (kuva 1). (Hämäläinen 2014, 14.)

Koneohjauksen käyttäminen on siis yleistynyt huomattavasti viime vuosina ja tulee yleistymään jatkuvasti. Koneohjauslaitteiden vaivattomuus, nykyaikaisuus ja kustannustehokkuus kasvattavat laitteiden suosiota. Pienille urakoitsijoille investointi on kuitenkin suuri ja kynnyks uuden tekniikan käyttöön ottoon on suuri. Tästä syystä on ensiarvoisen tärkeää, että laitteista saadaan kaikki teho ja hyöty ulosmitattua. Nykyisin 3D-koneohjauksen vaatimat laitteistot ja ohjelmat maksavat reilun 30 000 euroa konetta kohti. Lisäksi järjestelmien ylläpito, kuten etäyhteyden internetpalvelut maksavat urakoitsijalle vuositasolla satoja tai jopa tuhansia euroja, riippuen koneiden lukumäärästä. Toimivan tietomallinnuksen avulla nämäkin investoinnit maksavat itsensä takaisin. Maanrakennusurakassa hyödyt voivat olla parhaimmillaan jopa useamman kymmenen prosentin luokkaa. (Laukkanen 2017.)



Kuva 1. Koneen hytissä oleva näyttö, josta näkyy kaikki tarvittava tieto ja kauhan sijainti ja korko kuviin nähden. (Lindberg)



## 2.1 Laitetoimittajat

Yleisimmät laitettoimittajat infrarakentamisessa Suomessa ovat:

- Leica
- Novatron
- Trimble
- Mikrofyn
- Axiomatic BPS
- Gomaco
- Prolec
- Plasser & Theuer

Näistä merkeistä yleisimmin kaivinkoneissa käytössä ovat Leica, Novatron ja Trimble.

(Eklöf 2011, 17.)

## 2.2 Paikannus

3D-koneohjausjärjestelmä käyttää paikantamiseen satelliitteja tai takymetriä. Satelliittipaikannuksella saavutetaan useimpiin maanrakennustyövaiheisiin riittävä tarkkuus. Tarkkuus paranee, mitä useampaa satelliittia voidaan käyttää samanaikaisesti. Paikannus vaatii kuitenkin riittävän tarkkuuden varmistamiseksi yhteyden vähintään neljään satelliittiin samanaikaisesti.

Globaaleita paikannusjärjestelmiä on maailmassa monia ja yhteisesti niitä kutsutaan lyhenteellä GNSS, Global Navigation Satellite Systems. Järjestelmä antaa tarkkaa paikannuspalvelua, jonka toiminnan perustana on maanpinnalla toimivat vastaanottimet, jotka poimivat ja rekisteröivät Maata kiertävistä satelliiteista lähetettyä radiosignaalia. (Laakso 2012, 9.)

Tunnetuin järjestelmä maailmalla on yhdysvaltalainen GPS eli Global Positioning System, joka on alun perin tarkoitettu sotilaskäyttöön. Muita tunnettuja järjestelmiä ovat neuvostoliittolainen GLONASS ja eurooppalainen Galileo (Kuva 2). Esimerkiksi Novatronin koneohjausjärjestelmä pystyy hyödyntämään samanaikaisesti sekä GPS- että GLONASS-järjestelmien satelliitteja. Satelliitit kiertävät maata taivaalla noin 27 000 km:n etäisyydellä maapallosta. Päivästä ja kellonajasta riippuen laite voi havaita niitä kerrallaan 8-20kpl. (Laakso 2012, 9.)

Satelliitit lähettävät tarkan aikatiedon sisältävää signaalia kahdella eri taajuudella. Signaali on huomattavasti korkeampi, kuin esimerkiksi radio- tai televisiolähetysissä käytetyt taajuudet. Paikannustarkkuus perustuu satelliitin lähettämän signaalin kulku-aikaan. Näin ollen mitä useampi signaali

lähettää tiedon kulkuajastaan, vastaanotin voi laskea sijaintinsa tarkemmin.

Avaruusmyrskyt saattavat heikentää paikannuspalvelun saatavuutta sekä laatua. Tämä johtuu siitä, että satelliittipaikannussignaalit kulkevat Maan ionisfääriin läpi. Radiosignaalin etenemisnopeuteen vaikuttaa ionisfäärin elektronitiheys. Paikannustietoihin tämä ei kuitenkaan vaikuta suuresti, johtuen korkeasta lähetystaajuudesta, mutta se täytyy kuitenkin huomioida. Paikannukseen vaikuttava virhe voidaan välttää, jos vastaanotin pysyy vastaanottamaan kumpaakin lähetettyä taajuutta. Laitteet jotka tukevat vain yhteen taajuuteen, joutuvat käyttämään ajoittain pelkästään tilastolliseen ionisfäärimalliin perustuvaa korjausta. Avaruusmyrskyjen aikaan mallit kuvaavat kuitenkin huonosti ionisfäärin todellista tilaa. Ionisfäärin elektronipitoisuus kasvaa merkittävästi silloin kun auringon tuottama UV-säteily on voimakasta. Silloin elektronipitoisuus saattaa vaihdella nopeasti ja huomattavan paljon. Korkeilla leveyspiireillä hiukkassade aiheuttaa pyörteisyyttä sekä suuria paikallisia vaihteluita ionisfäärin plasmassa. Sama ilmiö joka aiheuttaa myös revontulet. Näistä ilmiöistä johtuen paikannussignaalin nopeutta ja kulkureittiä on vaikea ennakoida ja signaalissa esiintyy haitallista häilyntää. (Ilmatieteenlaitos.)

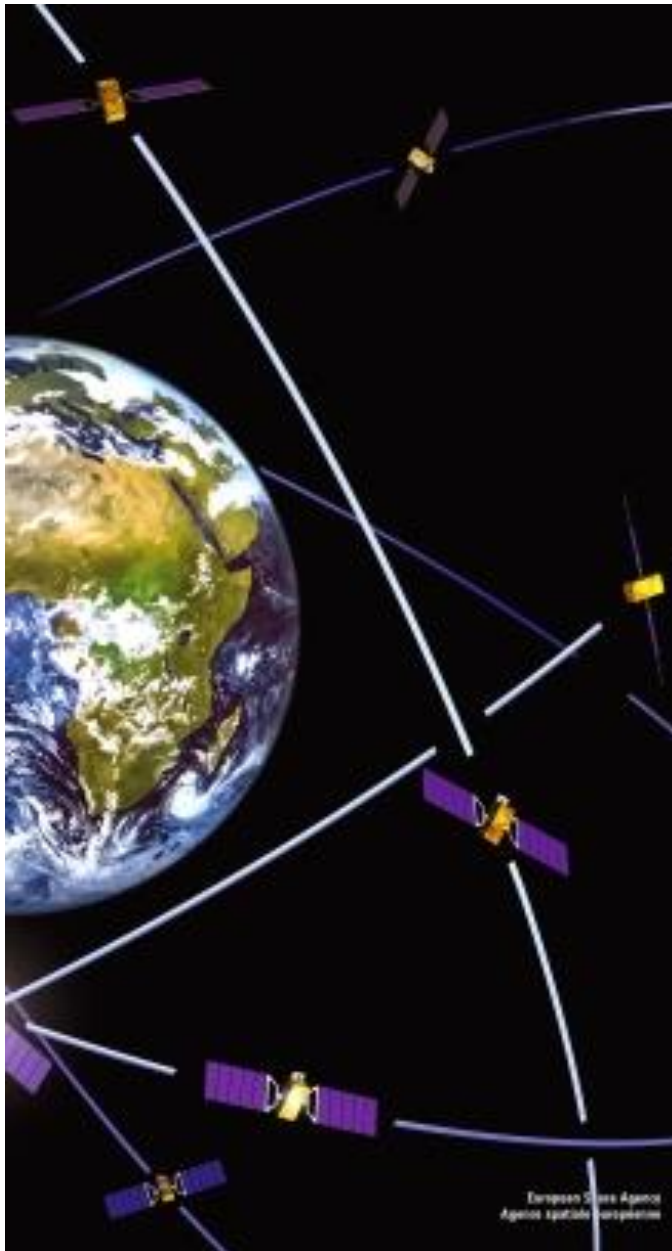
Vain yhtä taajuutta käyttävissä vastaanottimissa ionisfäärihäiriöiden on arvioitu aiheuttavan jopa useiden metrien heittoja paikannustiedoissa. Ongelma voi aiheuttaa myös useiden minuuttien pituisia katkoksia palvelussa. Rakennustyömaan tarpeissa usein tarvitaan senttimetr tarkkuutta. Satelliittipaikannukselle kehitetään jatkuvasti uusia automatisoituja sovelluksia, jotka pystyvät hyödyntämään ionisfäärimalleja, havaintojen ja kerätyn datan avulla. Näitä sovelluksia voidaan hyödyntää jatkossa käyttökattokosten ajan tai jos eri luonnonilmiöt aiheuttavat suuria heittoja. Automatisoitujen sovellusten käyttämisen ionisfäärimallien avulla pitäisi siis päästä rakennusalla tarvittavaan senttimetr tarkkuuteen.

Jos työ vaatii tarkempaa paikannusta, sijainti tieto voidaan myös määrittää takymetrillä. Takymetrillä saatu tieto on tarkempaa varsinkin korkotiedossa. Paras tarkkuus saavutetaan, jos työmaalla käytetään molempia menetelmiä, tai jos työkone ei havaitse vähintään neljää satelliittia voidaan työmaalle perustaa tukiasema. (Eklöf 2011, 18.)

Eri laitteista riippumatta kauhan huulilevyn suuntaista heittoa suositusten mukaan tulee maksimissaan +/- 4cm, puomin suuntaisesti +/- 3cm ja korkeudessa vain +/- 1,5cm.

Takymetrin ja satelliittipaikannuksen yhdistäminen on paras mahdollinen työkoneneiden paikantamisjärjestelmä.

(Laakso 2012.), (Mitä on koneohjaus?, Novatron n.d.), (Meriläinen 2010.), (Avaruussään vaikutus satelliittipaikannukseen, Ilmatieteenlaitos n.d.)



Kuva 2. Euroopan avaruusjärjestö Galileo-paikannussatelliitteja kiertoradoillaan (ESA)

Tukiaseman käyttö parantaa myös entisestään mittatiedon tarkkuutta, ja varsinkin isoilla työmailla on usein kannattavaa perustaa mittatietoa vastaanottava ja lähettävä tukiasema, jonka sijainti on tarkasti määritetty. Tukiasema lähettää korjaussignaalia työkoneisiin radio- tai GSM-tekniikkaa hyödyntämällä. Menetelmää kutsutaan RTK-mittaukseksi. (Eklöf 2011, 18.)

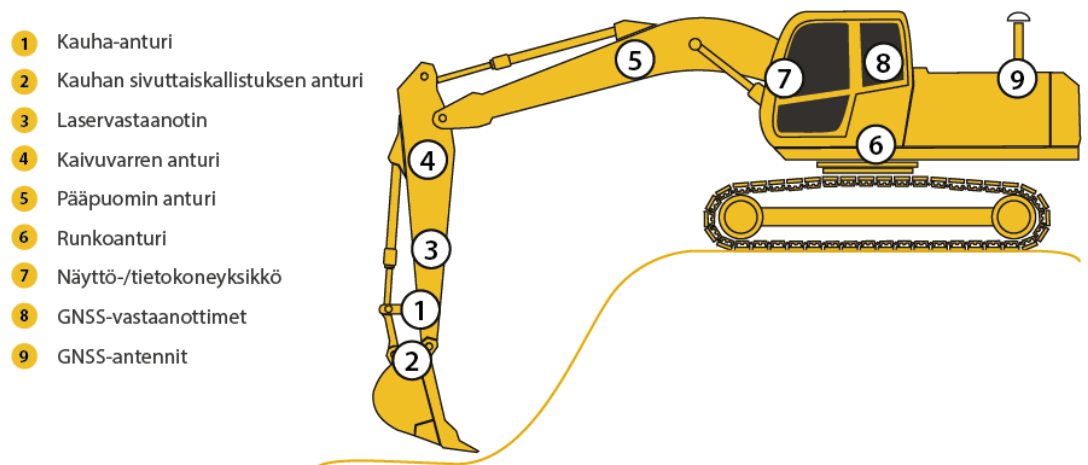
Kiinteän tukiaseman pystyttämisessä on kuitenkin omat ongelmansa työmaaloissa. Työmaalle pystytetty tukiasema vaatii päivittäisen pystyttämisen, jollei sille ole varmaa paikkaa esimerkiksi työmaaparakkien katolla,

jossa se on piilossa ilkeivallalta. Toiset laitteet käyttävät virtuaalisia tukiasemaverkkoja, jolloin päivittäistä tukiaseman pystyttämistä ei vaadita. Esimerkiksi Trimble tarjoaa kaikkialla suomessa toimivan tukiasemaverkoston. (Nieminen 2011, 28.)

### 2.3 Laitteisto

Nyky aikaista järjestelmää yksinkertaisin edeltäjä oli tasolaser ja kauhaan kiinnitettävä vastaanotin. Tasolaser asetettiin tiettyyn korkoon ja vastaanotin kiinnitettiin kauhaan pinnan korkoon säädetyllä latalla. Tällä menetelmällä kuljettaja näkee vastaanottimesta kauhan huulilevyn tason, mutta ei sijaintia.

3D-koneohjauslaitteistoon kuuluu paikannukseen tarvittavat vastaanottimet sekä koneen ja kauhan liikkeitä mittaavat anturit (Kuva 3). Vastaanottimien ja antureiden avulla kuljettaja pystyy seuraamaan koneen hytissä olevalta näytöltä koneen sijainnin, kauhan asennon, kauhan koron, suunnan ja paikan senttimetrin tarkkuudella (Kuva 3). (Eklöf 2011, 15.)



Kuva 3. Koneohjauksella varustettu kaivinkone (Novatron)

## 3 KONEOHJAUS

Kolmiulotteisiin malleihin perustuva koneohjaus on nykyaikainen ja tehokas tapa toteuttaa infrahankkeita. Koneohjauksen käyttö rakentamisessa asettaa vaatimuksia koko rakentamisprosessin etenemiseen suunnittelusta aina työmaalla tapahtuvaan konetyöhön. Lopulta kuitenkin koneohjaus on haasteista ja vaatimuksista huolimatta yksi mittavimmista teknologian kehitysaskeleista maanrakennusalalla.

### 3.1 Koneohjauksen hyödyt

Koneohjausta käyttämällä työ tehostuu ja nopeutuu, koska koneen kuljettaja voi keskittyä tuottavaan työhön. Kun urakat valmistuvat nopeammin säästöjä saavutetaan työvoima-, polttoaine- ja konekustannuksissa. (Novatron.)

Koneen mittalaitteilla varmistetaan tiukemmat toleranssit. Mittalaitteet auttavat, ettei leikkauksia kaiveta ylisyväksi, eikä täyttökerrokset kasva liian suuriksi. Näin ollen säästöä syntyy myös materiaali- ja kuljetuskustannuksissa. (Novatron.)

Koneen kuljettajan kokemus ei enää ole suurin tekijä työn tasalaatuisuudessa. Taitavasti mittalaitteita hyödyntävä koneen kuljettaja voi olla kokematonkin ja saavuttaa silti tarkkaa ja tasalaatuista työtä. (Novatron.)

Työturvallisuus paranee, kun koneen ympärillä ja kaivannoissa mittaus-tarve vähenee. 3D-koneohjauksella on mahdollista dokumentoida välittömästi valmistunut työvaihe. Mittauskustannukset vähenevät, kun kaivinkoneella saa taltioitua samat tarketiedot, kuin mittamies. (Novatron.)

### 3.2 1D-koneohjaus

1D-koneohjauksella tarkoitetaan koneen puomin tai terän sijainnin seuraamista ainoastaan pystysuunnassa eli y-koordinaattiakselilla. Korkeus määritetään työmaalle pystytetyn pyörivän lasersäteiden ja vastaanottimen tai koneeseen asennettujen anturien välillä. (Nieminen 2011, 9.)

1D-järjestelmällä voidaan mitata kauhan suhteellista korkeutta tiettyyn vertailutasoon nähden. Anturitekniikkaa käyttävässä järjestelmässä vertailukorkeus otetaan viemällä kauha tunnetulle korkopisteelle ja asettamalla tämä vertailutasoksi. Tieto etäisyydestä vertailutasoon näkyy kuljettajalle näytöllä numeroina tai oikeaa kaivuutasoa osoittavalla valonäytöllä. Kuitenkin aina kun konetta siirretään, on myös vertailutaso tallennettava uudestaan. (Nieminen 2011, 9.)

### 3.3 2D-koneohjaus

2D-koneohjausjärjestelmä tarkastelee antureiden avulla kauhan sijaintia y- ja x-koordinaattiakseleilla. Y-suunta määrittää korkeutta ja x-suunta koneen puomin suuntaista vaakasuuntaisuutta. Näiden kahden havaintosuunnan perusteella pystytään määrittämään koneen puomin suuntaista kaltevuutta. 2D-järjestelmällä voidaan mitata ja seurata haluttua kaatoa. Konetta siirtäessä tai kääntäessä sivuun linjalta jolle kaato on asetettu, on

gelmaksi muodostuu kaivutason muuttuminen. Koneen kääntämisestä aiheutuvaa virhettä voidaan korjata erillisellä anturilla, joka mittaa koneen pyörimisliikettä. (Nieminen 2011, 9.)

2D-koneohjauksella kuljettaja pystyy seuraamaan kauhan huulilevyn tai terän etäisyyttä ja korkeutta määritetyn vertailupisteen suhteen. Vertailupiste osoitetaan viemällä kauhan terä kyseiselle pisteelle. Vertailupisteeltä voidaan lähteä etenemään halutussa kaltevuudessa. (Nieminen 2011, 9.)

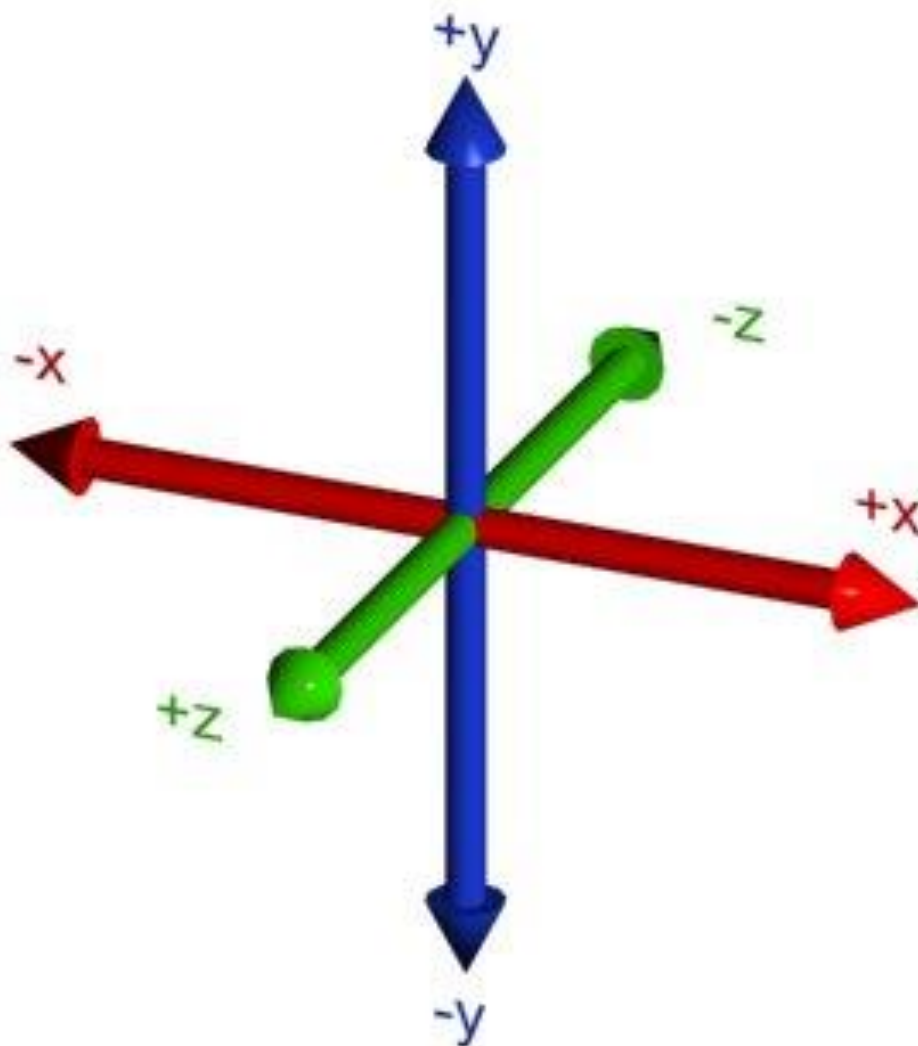
Kuljettaja voi seurata mittaustietoa etäisyydestä ja korkeudesta koneen ohjaamossa olevalta näytöltä. (Nieminen 2011, 9-10.)

2D-järjestelmä ei havaitse koneen liikkumista, kallistumista tai painumista, joten virheen mahdollisuus on suuri. Aina kun konetta siirretään, on myös vertailutaso tallennettava uudelleen. Uuden vertailutason ottaminen jokaisen siirron jälkeen vie aikaa ja sujuvan työskentelyn kannalta se ei ole joka vaiheessa mahdollista. (Nieminen 2011, 10.)

Mittavirheiden vähentämiseksi työmaalle voidaan sijoittaa tasolaser, jonka säteestä koneen puomiin sijoitettu vastaanotin määrittää koneen korkeusasemaa. Myös koneen kaltevuutta mittaavia antureita on saatavilla mittavirheiden vähentämiseksi. (Nieminen 2011, 10.)

### 3.4 3D-koneohjaus

3D-koneohjausjärjestelmän toiminta perustuu kaivinkoneessa sijaitsevien sensoreiden toimintaan sekä takymetrin ja satelliittimaikannuksen sijaintidataan. 3D-koneohjauksessa kaivinkoneen kauhan sijaintia voidaan seurata tarkasti ja yksiselitteisesti, koska se käyttää jatkuvasti x-, y-, ja z-koordinaatteja. 3D-koneohjausjärjestelmä seuraa myös paikkatietoa, joten koneen siirto ei aiheuta ongelmaa. Kaivinkoneeseen sijoitetaan useita antureita, jotka seuraavat koneen sijaintia ja kauhan asemaa xyz-avaruudessa. Paikkatieto ja suunnitelmat yhdistämällä, koneen kuljettaja pystyy rakentamaan tarkasti mallin mukaisesti. Koneen toimintaa ohjaa edelleen kuljettaja, mutta kaivinkoneen hytissä olevan näytön avulla kuljettaja näkee suunnitelmat ja oman koneensa paikan suhteessa suunnitelmiin ja maastoon. (Nieminen 2011, 10.), (Piironen 2012, 11.)



Kuva 4. X-, Y-, Z-koordinaatisto (Wikipedia)

Rakennussuunnitelmissa esitetyt tiedot on sidottu koordinaatistoon. Tämän ansiosta koneohjausjärjestelmän avulla voidaan seurata kauhan ja koneen todellista sijaintia ja verrata niitä suunnitelmiin tarkasti. Ohjaamossa olevalta näytöltä kuljettaja pystyy seuraamaan reaaliaikaista kuvaa rakennussuunnitelmasta. Suunniteltujen mallien avulla kuljettaja näkee eri pinnat, kaivuutasot ja sijainnin rakennettavalle kohteelle. Järjestelmä käyttää satelliitteja paikantamiseen. (Nieminen 2011, 11.)

#### 4 MITTALAITTEIDEN JA KONEOHJAUSJÄRJESTELMIEN VALMISTAJIA

Suomessa kaivinkoneissa yleisimmin käytössä ovat Novatronin, Leican ja Trimblen valmistamat mittalaitteet ja koneohjausjärjestelmät.

Koneohjaukselle tarkoitettuja mittalaitteita markkinoilla on runsas valikoima. Niiden toimintaperiaatteissa ei merkkien välillä ole suuria eroja, koska niiden käyttämä paikkatietotekniikka on samankaltaista. Kilpailu perustuu suurilta osin käytettävyyteen, hintaan ja oheispalvelujen kattavuuteen. (Nieminen 2011, 28.)

#### 4.1 Novatron

Novatron Oy on suomalainen perheyritys, joka valmistaa koneohjaukseen soveltuvia maansiirtokoneiden mittalaitteita. Novatronin palveluihin kuuluu myös laitteiden huolto- ja tukipalvelut. (Nieminen 2011, 22.)

Novatronin mittalaitteet eivät vaadi työmaalle pystytettävää tukiasemaa, vaan järjestelmä käyttää internetin yli tapahtuvaa langatonta tiedonsiirtoa. Suunnitelma-aineistoa voidaan siirtää työkoneen järjestelmään verkko-yhteyden avulla. Langaton tiedonsiirto mahdollistaa myös etätuen käytön, jolloin käyttäjätuen saaminen on helppoa. (Nieminen 2011, 22.)

Novatronin koneohjausjärjestelmiin on valittavissa erilaisia satelliittipaikantimia käyttötarpeen mukaan. Esimerkiksi RTK-X-tekniikkaa hyödyntävä Novatron GNSS-paikannin mahdollistaa koneohjausjärjestelmän käytön, vaikka tukiasemalta saatava korjaussignaali katkeaisi muutamiksi minuuteiksi. Työskenneltäessä kaukana tukiasemasta signaalin kantomatkan rajoilla, on katkonaisellakin korjaussignaalilla mahdollista kuitenkin toimia. Toisena hyötynä on mahdollisuus lähettää korjausviestiä internetyhteyden välityksellä. (Nieminen 2011, 22-23.)

Novatronin tukemat tiedostoformaattit:

- 2D-asemapiirustus: DXF
- Pisteet: DXF, XML, GT, CSV, KOF, PXY
- Geometrialinjat: VGP, SBG, XML, Anpakke
- Pintamallit: DXF, XML

Tiedonsiirto: GSM/ GPRS/ EDGE/ WCDMA/ UMTS/ HSPA/ HSUPA/ LTE (4G)

(Novatron)

#### 4.2 Leica

Leica on sveitsiläinen valmistaja, jonka mittalaitteiden jälleenmyynnistä, huollosta ja teknisestä tuesta Suomessa vastaa Scanlaser Oy. (Nieminen 2011, 20.)

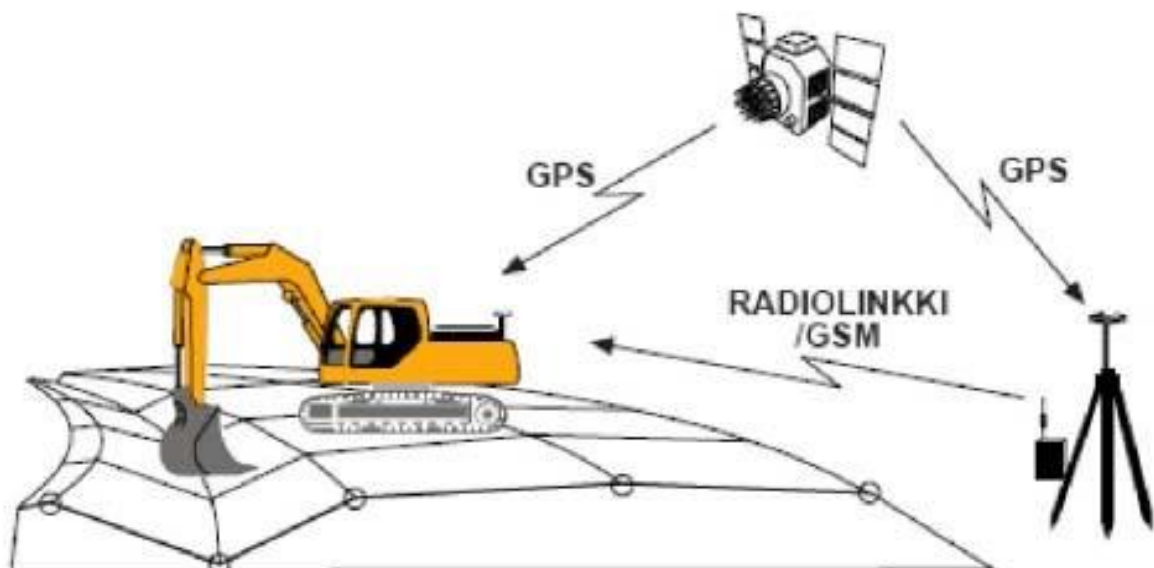
Leica PowerDigger 3D on kaivinkoneelle tarkoitettu koneohjausjärjestelmä. Kauhan sijainnin määrittäminen perustuu koneen puomissa oleviin



antureiden ja koneen paikkatietoa satelliiteista määrittävien GNSS-antennien yhteistoimintaan. Kyseessä on tyyppillinen RTK-GPS-järjestelmä, eli se vaatii käyttöönsä tukiaseman (Kuva 5). Työmaalla sijaitsevan tukiaseman korvaamiseksi on myös virtuaaliseen tukiasemaan perustuvia verkkoja. (Nieminen 2011, 20.)

Leican järjestelmillä on mahdollista työskennellä suoraan DWG-muotoisen CAD-aineiston pohjalta eli maastomallien tuomisessa ei tarvita formaatin muunnoksia. (Leica.)

Leican koneohjaukseen voi myös rajoittaa puomin nousemisen määrättyyn korkeuteen, jolloin esimerkiksi sähkölinjojen alla työskentely on turvallista. (Leica.)



Kuva 5. RTK-GPS-mittaus (Nieminen 2011)

#### 4.3 Trimble

Trimble on globaali mittalaittevalmistaja, jonka jälleenmyynnistä, huollosta sekä muista oheispalveluista Suomessa vastaa Geotrim Oy. (Nieminen 2011, 24.)

Trimblen satelliittivastaanottimet ovat niin ikään GNSS-laitteita. Trimblen laitteilla paikkatietosignaalia voidaan vastaanottaa GPS- ja GLONASS- sekä tulevaisuudessa myös GALILEO-järjestelmien satelliiteilta. (Nieminen 2011, 24.)

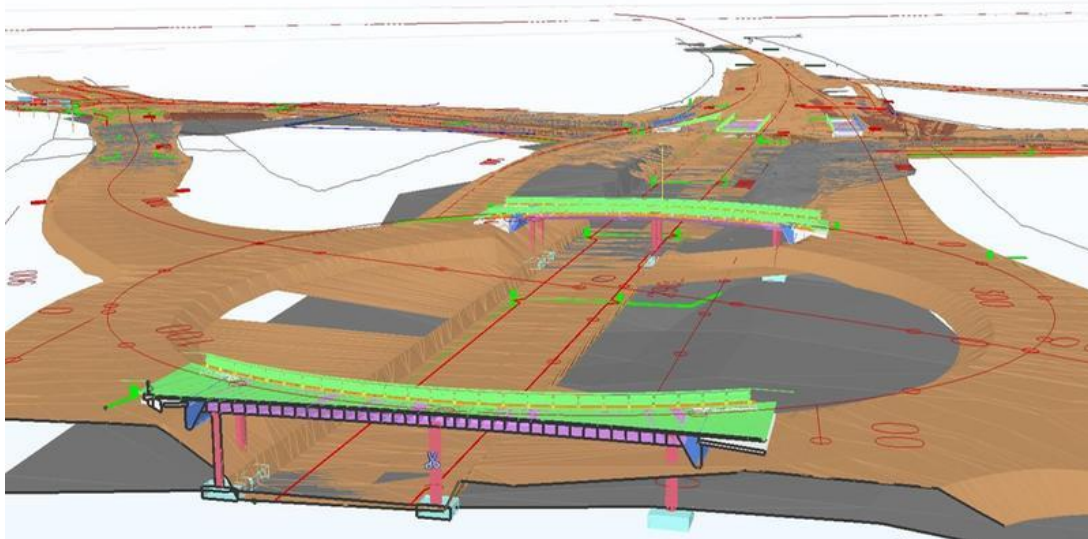
## 5 TIETOMALLINUS MAANRAKENTAMISESSA

Tietomalli on jonkin rakennuksen tai maanrakennuskohteen tiedot digitaalisessa muodossa. Tietomalliin koostetaan kaikki oleelliset hankkeeseen liittyvät suunnitelmat ja tiedot. Tietomallin pohjalta voidaan luoda kolmiulotteisia kuvia, joita voidaan hyödyntää kaivinkoneen koneohjauslaitteissa. Kaivinkoneessa on koneohjausjärjestelmän tietokone, joka lukee tietomallista saamaansa tietoaineistoa ja muodostaa siitä ajantasaisen kuvan koneen näytölle. Näytöllä näkyy jatkuvasti kaivinkoneen suunta ja kauhan asento sekä sijainti. Koneen kuljettaja pystyy seuraamaan kauhan liikkeitä ja vertaamaan näytöllä niitä mallinnettuun kuvaan. Näin ollen esimerkiksi maanpinnasta kerätystä mittatiedoista ja niiden avulla luodusta kolmiopinnasta voidaan muodostaa maastomalli, joka on pisteiden muodostama verkko, jota tietokoneen laskenta pystyy ymmärtämään ja käsittelemään. Maastomallin avulla voidaan tarkasti muodostaa esimerkiksi leikkauspinnat, jotta massanvaihto saadaan suoritettua tarkasti ja kustannustehokkaasti. (Koneviesti.)

Mallinnuksella voidaan rakentaa tarkasti eri täyttökerrokset, maanpinnat, ojat, luiskat, reunalinjat ja niin edelleen. Mallinnus siis säästää aikaa sekä rahaa, kun mittamiestä ei tarvita jatkuvasti. Myös niin sanottu ryöstö vähenee, kun koneen kuljettajan ei tarvitse kaivaa jatkuvasti ylisyväksi, varmistuakseen siitä, että kerrokset ovat riittävät. (Koneviesti.)

Tietomallinnus tehostaa myös määrälaskentaa ja työmaaohjeistusta. Kaivinkoneessa olevat tiedot myös vähentävät paperisien kuvien käyttöä ja säästää näin ollen aikaa ja vaivaa. (Koneviesti.)

Vaikka mallintamisella pyritään vähentämään paperisen kuvan käyttöä ja tätä kautta tehostamaan työntekoa, niin silti paperidokumentaatio on tärkeä osa hankkeen kokonaisuutta mallien rinnalla. Mallintamisen rinnalla esimerkiksi pdf-formaatti tulee säilymään rakentamisessa. Paperisia kuvia käytetään kuitenkin edelleen jurisdisiin, hallinnollisiin ja hyväksymisnettelyihin. (Hämäläinen 2011, 15.)



Kuva 6. Esimerkkikuva mallinnuksesta. (Jussi Laukkanen, koneviesti)

## 5.1 Mallintamisen historia

Jo 1970-luvulla oli olemassa 2D-suunnitteluohjelmia, mutta suurin osa suunnittelusta tehtiin kuitenkin vielä käsin skaalatikun ja lyijykynän kanssa. Suunnitteluohjelmat olivat siihen aikaan vielä liian kalliita ja alkeellisia, mikä johtui osittain teknologian alkeellisyydestä tuohon aikaan. Vielä 1970-luvulla tavoiteltiin perinteisen paperikuvan korvaamista 2D-uloitteisella kuvalla tietokoneen näytöllä. Dassault Systéms alkoi kuitenkin 1977 perustamisensa jälkeen kehittää uudenlaista 3D-suunnittelua, jossa ei piirretty kuvantoja vaan koko kappale tietokoneella. (Kuru 2018, 2.)

1980-luvulla tehokkaammat PC-tietokoneet alkoivat yleistyä ja myös CAD-suunnittelu (Computer Aided Design) alkoi yleistymään suunnittelutoimistoissa. Yksi merkittävimmistä muutoksista alalla oli 1982 perustetun Autodeskin Autocad-ohjelman mukaantulo, kun sen lisenssikään ei ollut enää kuin 1000 dollaria. Kuten lähes kaikki suunnitteluohjelmat siihen aikaan, myös Autocad oli vielä puhtaasti 2D-suunnitteluohjelma. Poikkeuksena tähän Dassault Systémsin 1982 julkaisema CATIA. CATIA oli yksi ensimmäisistä täysin 3D-pohjaisista suunnitteluohjelmista. Myös suomalainen Vertex toimi edelläkävijänä tuohon aikaan ja jonka ohjelmilla on jollain tasolla voinut tehdä 3D-mallintamista jo vuodesta 1981. (Kuru 2018, 2.)

Myöhemmin 1988 luvulla julkaistu Pro/ENGINEER on ohjelma, joka esitteli maailmalle parametriseen 3D-mallintamiseen. Kyseinen tapa on niin tehokas, että vielä nykyäänkin kaikki suunnitteluohjelmat käyttävät sitä. Se oli kuitenkin UNIX/Linux-pohjainen ohjelma. Ensimmäinen kunnon suunnitteluohjelma, joka on suunnattu Windowsille, kehitettiin vasta 1995, jolloin Dassault Systéms julkaisi SolidWorksin. Sen helppokäyttöinen käyttöliittymä sai siihen aikaan arvostusta alalla. (Kuru 2018, 2.)

## 5.2 Nykytila

3D-suunnitteluohjelmia on tänä päivänä saatavilla todella montaa eri laatua. Nykyään suurin osa mallinnusohjelmista on hyvin saman kaltaisia toistensa kanssa. Lähes jokainen ohjelma käyttää Microsoftin Ribbon-käyttöliittymää. Jokainen ohjelma osaa tekniset piirustukset, kokoonpanot ja jonkinlaisen renderöinnin, ohjelmien hintaluokan ollessa samaa luokkaa, riippuen lisenssistä, noin muutaman tuhat euroa. Valinta perustuukin pieniin eroihin ohjelmien välillä. (Kuru 2018, 3.)

Tietomalli eli BIM (Building Information Model) on rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kattava digitaalinen kokonaisuus. Tietomallin tarkoitus on koota kaikki tarvittava tieto yhteen, jotta tiedon hyödyntäminen olisi mahdollisimman helppoa. Tietokantaa hyödynnetään suunnittelun alusta lähtien ja tietoa on mahdollista kerätä rakentamisen aikana tarkkeiden ottamisella. Näitä tietoja ylläpidetään ja päivitetään koko prosessin aikana, jotta niistä olisi hyötyä myös hankkeen lopussa ja hankkeen jälkeen käytössä ja ylläpidossa. (Hämäläinen 2011, 11.)

## 5.3 Lähtöaineisto

Mallinnuksen vaatimuksena on se, että kaikki tuotetut suunnitelmat pysyvät koordinaatistossa. Kunnalta tai kaupungilta saatu pohjakartta on aina valmiiksi koordinaatistossa. Hankkeen pääsuunnittelijan tulee vastata siitä, että kunnalta tai kaupungilta saatu kuva pysyy koordinaatistossa, eikä tämä tieto häviä suunnittelun eri vaiheissa. Toinen vaihtoehto on, että tieto on erillisenä tiedostona. Esimerkiksi pohjakartta omana tiedostona takana ja sen päälle muodostetaan ARK-suunnitelma. ARK-suunnitelmaa käytetään tämän jälkeen esimerkiksi pohjalla tai erillistä ARK-viitettä kohdistamista varten niin LVI-asemakuvassa kuin sähköasemakuvassa. Eli LVI-suunnittelija tai sähköasemakuvan suunnittelija käyttää arkkitehdin kuvaa taustalla ja luo omat suunnitelmansa eri tasolle. Tällöin koordinaattitieto säilyy ja siitä voidaan muodostaa joko taustakuva tai malli koneohjaukselle.

Korkotieto tulee olla joko nollatasolla tai todellisessa korossa spline-tiedostona, koska usein esimerkiksi putken taso saattaa olla koneohjauksessa täysin väärä ja tämä aiheuttaa virheitä tai jopa ongelmia kuvien viemisessä koneohjaukselle.

## 6 VAATIMUKSET

Paikannusjärjestelmä on luotu helpottamaan kaivinkoneenkuljettajan joka päiväistä työskentelyä, mutta ei poista kuljettajan ammattitaidon vaatimustasoa. Koneen kuljettajan tulee olla jatkuvasti tietoinen mitä ja mihin rakennetaan, sekä seurata kuvia ja todellisuutta, jotta vältytään mahdollisilta tekniikan aiheuttamilta virheiltä. Sen sijaan kokenut ja ammattitaitoinen kuljettaja pystyy entistä tehokkaammin tekemään työnsä, kun osaa käyttää koneohjausta mahdollisimman tehokkaasti hyödykseen.

Kuljettaja itse vastaa perushuollosta, joten hänen on osattava ohjelman ja antureiden kalibrointi, hallintalaitteiden sijainti koneessa, oikeaoppinen säilöminen kun laitteita ei käytetä sekä ymmärrettävä laitteen perustoleranssit, jotta voi huomioida, heti jos ongelma ilmenee. Järjestelmiin on mahdollista saada etäyhteys ja näin ollen koneen vaativimmat kalibroinnit ja perusviat voidaan korjata ammattilaisen toimesta myös etänä.

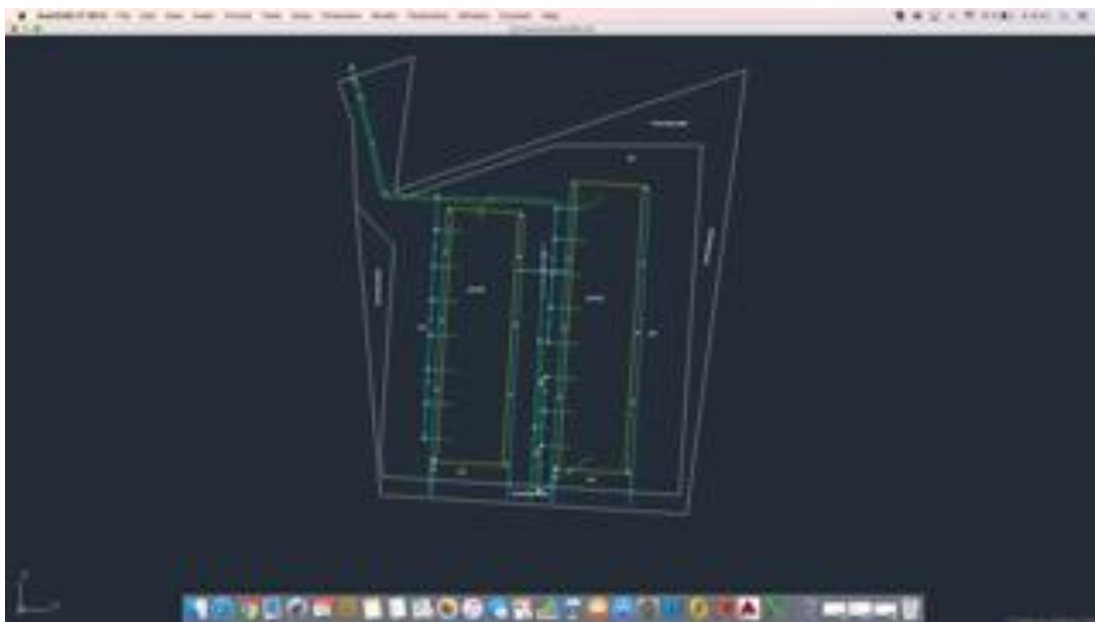
## 7 SUUNNITTELUOHJE

Suunnitelmat tulevat toteutusvaiheeseen usein suunnittelijan toimesta kaksiulotteisena, sähköisenä tai paperisina dokumentteina sekä luetteloina. 3D-mallipohjaiseen toteutustapaan kuitenkin olisi onnistuneen kokonaisuuden kannalta tärkeää, että hankkeen kaikki osapuolet tilaajasta rakentajaan sitoutuvat mallipohjaiseen toteutustapaan. Jos kaikki osapuolet eivät tähtää tähän rakentamistapaan, käy usein niin, että suunnitelmat vaihtavat muotoa 2D:n ja 3D:n välillä useita kertoja. Tämä tuottaa turhaa työtä eri työvaiheiden välillä. (Eklöf 2011, 5.)

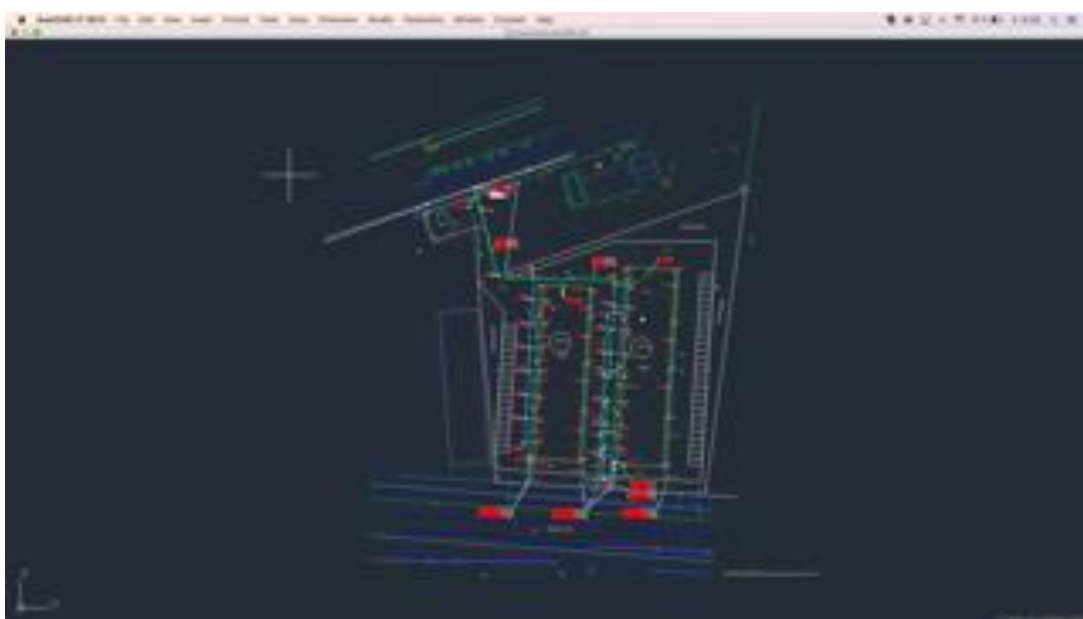
Kaupungin tai kunnan pohjakartta on aina koordinaatistossa ja jos tätä olemassa olevaa tietoa ei hyödynnetä suunnittelun seuraavissa vaiheissa, aiheutuu siitä jatkossa ylimääräistä työtä ja virheiden mahdollisuus kasvaa. ARK-suunnittelija käyttää pohjakarttaa omaan suunnitelmaansa niin, että pohjakartan koordinaattitieto säilyy. ARK-suunnittelija käyttää kaupungin tai kunnan pohjakarttaa omana tiedostonaan ja sen päälle piirtää asemakuvan niin, että pohjakartta säilyy esimerkiksi erillisenä tasona (ARK-viite) kohdistamista varten. Tämän jälkeen LVI- ja sähkösuunnittelija toteuttaa omat suunnitelmansa käyttäen arkkitehdin kuvaa taustalla.

Tässä suunnitteluohjeessa on otettu huomioon työmailla ilmenneet ongelmat, puutteet, lisättävät asiat sekä se millaisessa muodossa eri asioiden tulee näkyä.

Tässä kaksi esimerkkikuvaa toteutuneesta kohteesta. Kuvista ilmenee, että ne ovat täynnä ja todella raskaita käsitellä. Kuvissa on aivan liikaa tietoa ja näin ollen niistä on vaikea eritellä mitä ja mihin rakennetaan. Myöhemmin jokaisen suunnittelu alakohdan alla näkyy esimerkkikuva samasta kohteesta, siistittynä ja eriteltynä eri tiedostoksi.



Kuva 7. Alkuperäinen kuva, jossa liikaa tietoa päällekkäin.



Kuva 8. Toinen alkuperäinen kuva, jossa liikaa tietoa päällekkäin.

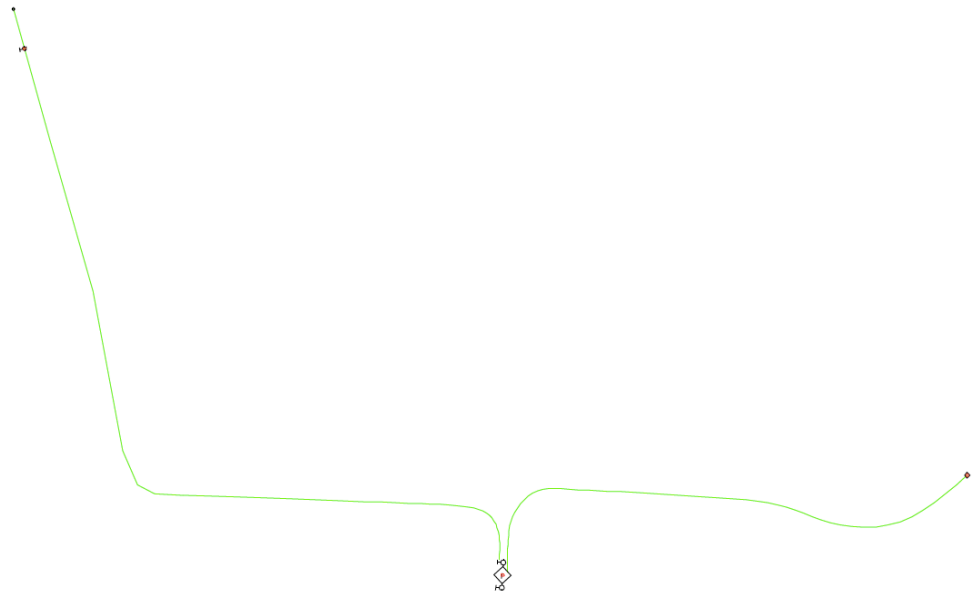
## 7.1 LVI

LVI-suunnittelija käyttää arkkitehdin kuvaa taustalla ja toteuttaa omat suunnitelmansa sen päälle, jotta kuva pysyy koordinaatistossa. Y-korkotieto tulee olla joko nollassa tai todellisella korolla. Arkkitehdin kuva pitää olla eri tasolla, kuin putkiasema. Putkikuvassa ei saa näkyä muuta, kuin rakennettavat linjat ja kaivot yms. Eli turha tieto koneohjauksessa tekee kuvasta sekavan ja raskaan työstää. LVI-kuvassa ei tarvita esimerkiksi

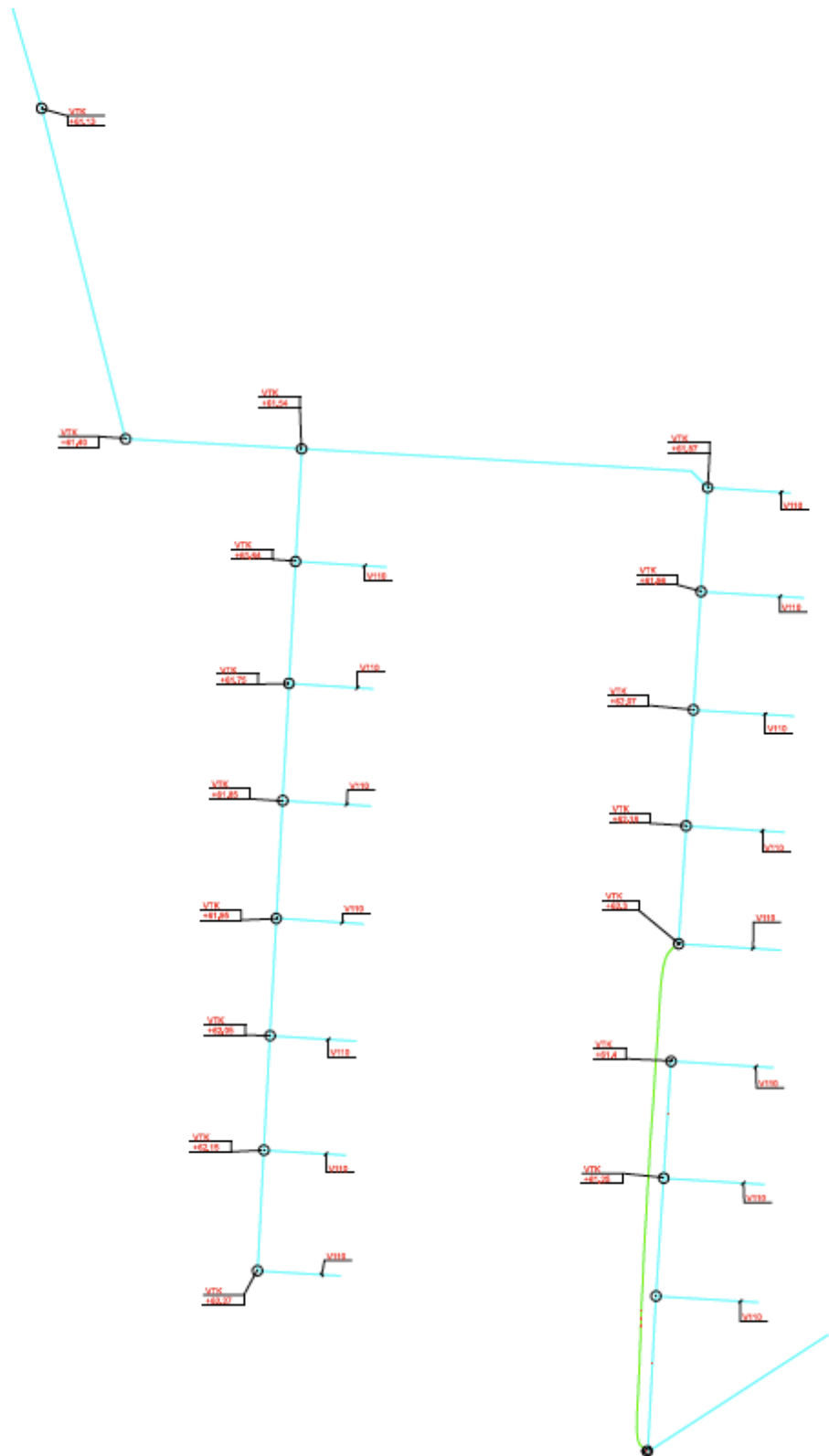
rakennuksen reunalinjoja. LVI-asemakuva ja rakennuksen pohjaviemäri tulee olla eri kuvassa, niin että ulkopuolisessa asemakuvassa näkyy vain rakennukseen tulevat nousukohtat, niiden päätepiste ja korko.

LVI-asemakuvassa tulee näkyä selvästi putkikoko, kaivon tyyppi, vesijuoksun korko, taitepisteiden korko, vesijohdon sulut ja linjat, sekä liitoskohdat ja niiden korko (kuvat 9, 10 ja 11). Näiden tietojen tulee olla myös realistisessa korossa Y-tietona, jotta mahdollinen mallintaminen onnistuu.

Usein LVI-asemakuvassa ei näy salaojakaivojen paikat, vaan ne ovat perusvesikaivolta eteenpäin RAK-kuvissa. LVI-suunnittelijan tehtävä on selvittää salaojakaivojen paikat ja lisätä ne DWG-kuviin. Esimerkiksi talliosakkeen kohteissa ne ovat usein samalla paikalla, joten selvitystyö riittää vain kerran, koska ne määräytyvät oviaukkojen perusteella.

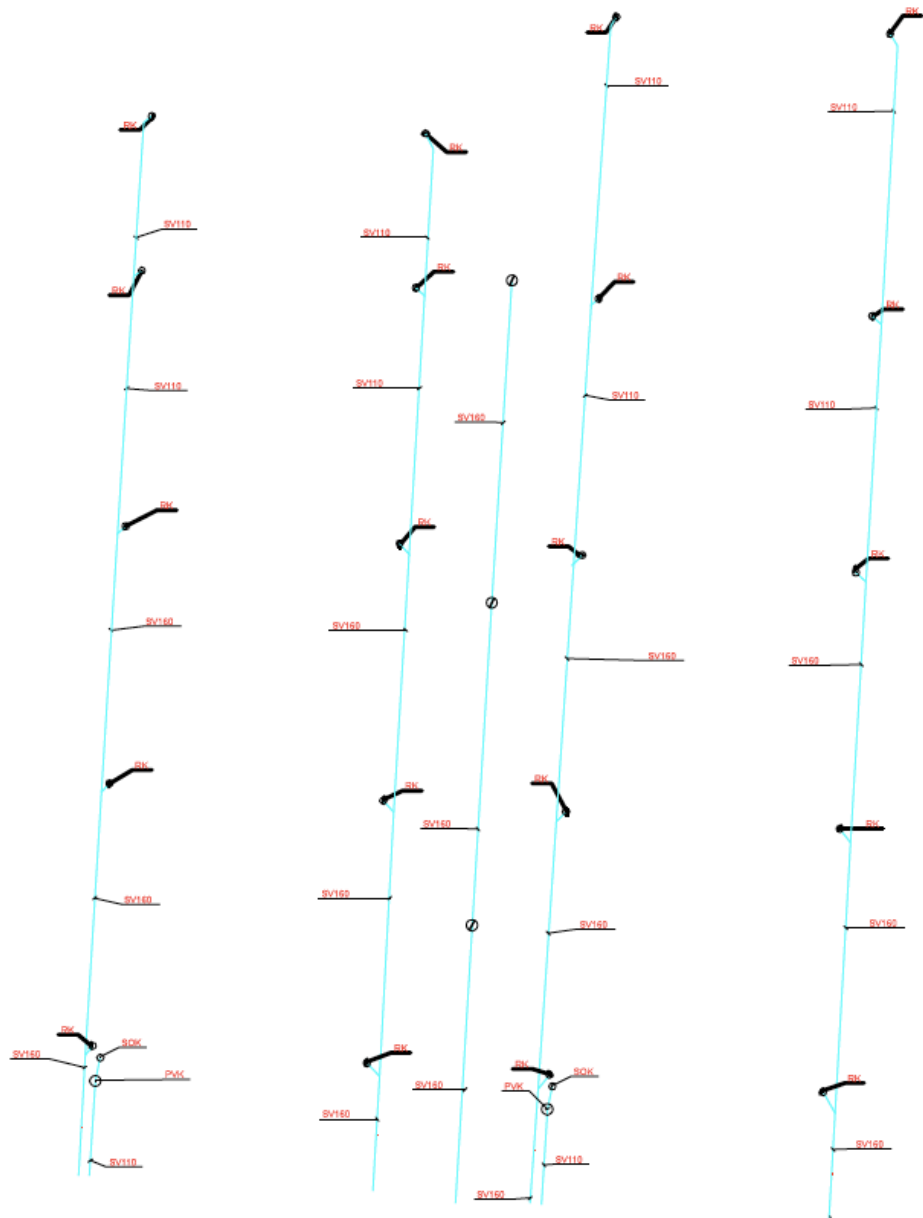


Kuva 9. Vesijohdon taustakuva omana taustanaan, esimerkiksi muodossa: VesiTausta!BG.dxf



Kuva 10. Jäteveden tausta, jossa näkyy kaivon paikka ja malli, linjat, korot ja putkikoko. Esimerkiksi muodossa: Jätevesi-Tausta!BG.dxf

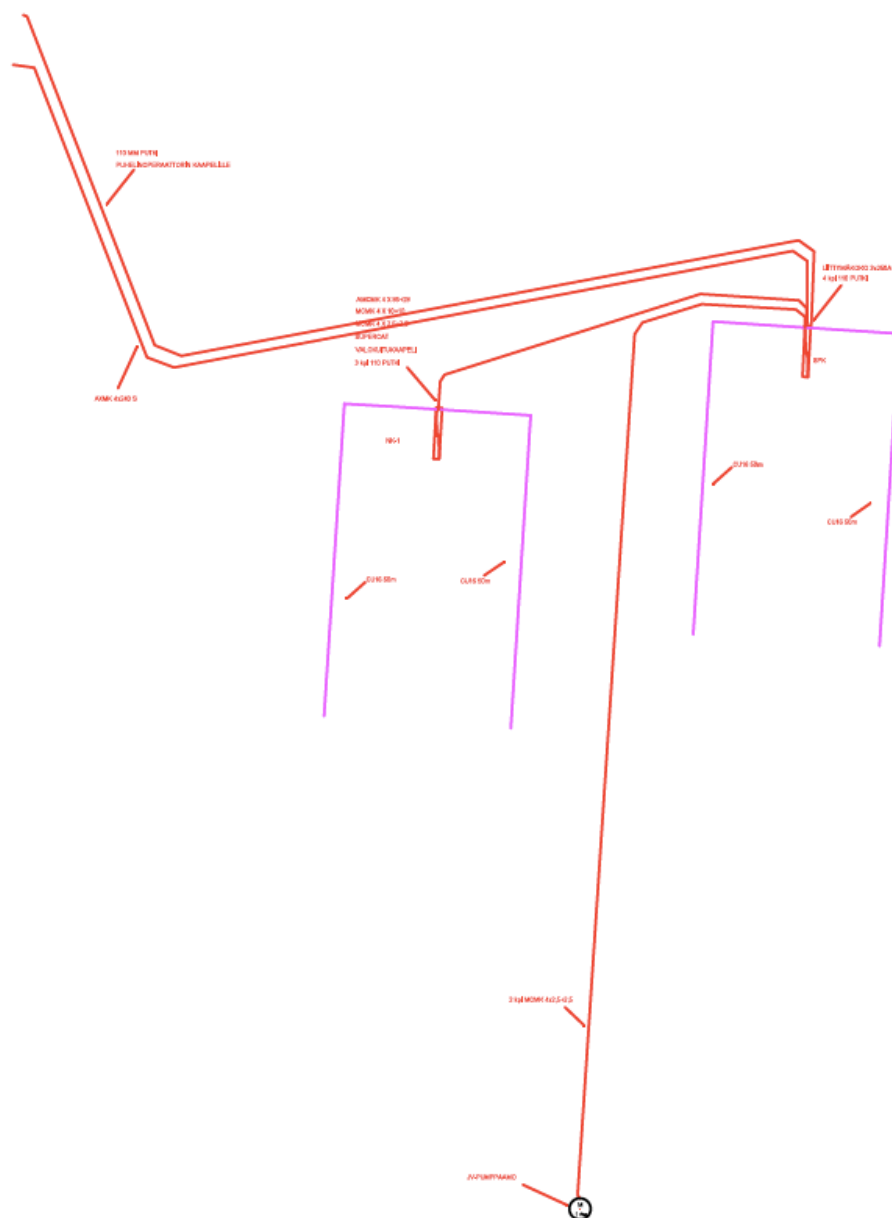




Kuva 11. Hulevesien suunnitelmakuva, josta ilmenee tarvittavat tiedot kuten edellisessä. Esimerkiksi muodossa: Hulevesi-Tausta!BG.dxf

## 7.2 SÄHKÖ

Sähkö-suunnittelija käyttää arkkitehdin kuvaa taustalla ja toteuttaa omat suunnitelmansa sen päälle, jotta kuva pysyy koordinaatistossa. Arkkitehdin kuva pitää olla eri tasolla, kuin sähköasema. sähkökuvassa ei saa näkyä muuta, kuin rakennettavat linjat. Eli turha tieto koneohjauksessa tekee kuvasta sekavan ja raskaan työstää. Sähköasemakuvassa ei tarvita esimerkiksi rakennuksen reunalinjoja. Sähköasemakuvasta tulee selvitä linjat, mitä rakennetaan, vedettävien kaapeleiden määrä ja laatu sekä mahdolliset suojaputket ja niiden koko (kuva 12).

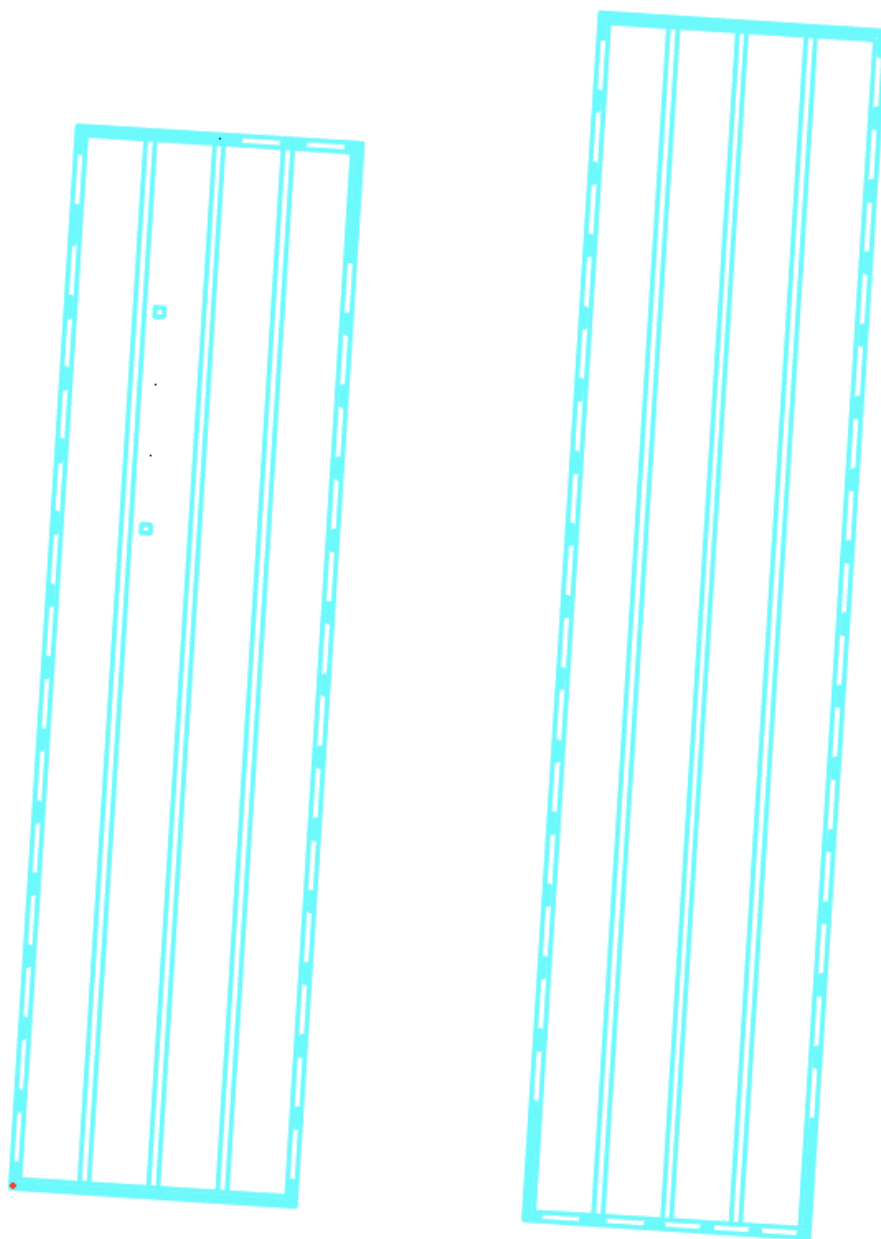


Kuva 12. Kuvassa näkyy kaikki kohdat listalta ja ylimääräinen on poistettu. Esimerkiksi muodossa: SahkoTausta.dxf

### 7.3 RAK

RAK-suunnitelmakehässä tulee näkyä vain tarvittavat tiedot, jotka liittyvät itse rakennukseen. Koneohjaukselle tarkoitettuun kuvaan tarvitaan vain anturalinja, koska muut rakennuksen viivat sotkevat kuvaa liikaa. Esimerkiksi ulkoseinälinjalla voi pahimmassa tapauksessa näkyä kuvassa useita saman värisiä ja paksuisia viivoja kuten, räystäslinja ulkoseinä, sisäseinä, anturan ulko- ja sisäpinta jne, jolloin koneen kuljettajalla ei ole tietoa työmaalla mitä linjaa tulee seurata perustusten tekovaiheessa. Anturalinjan

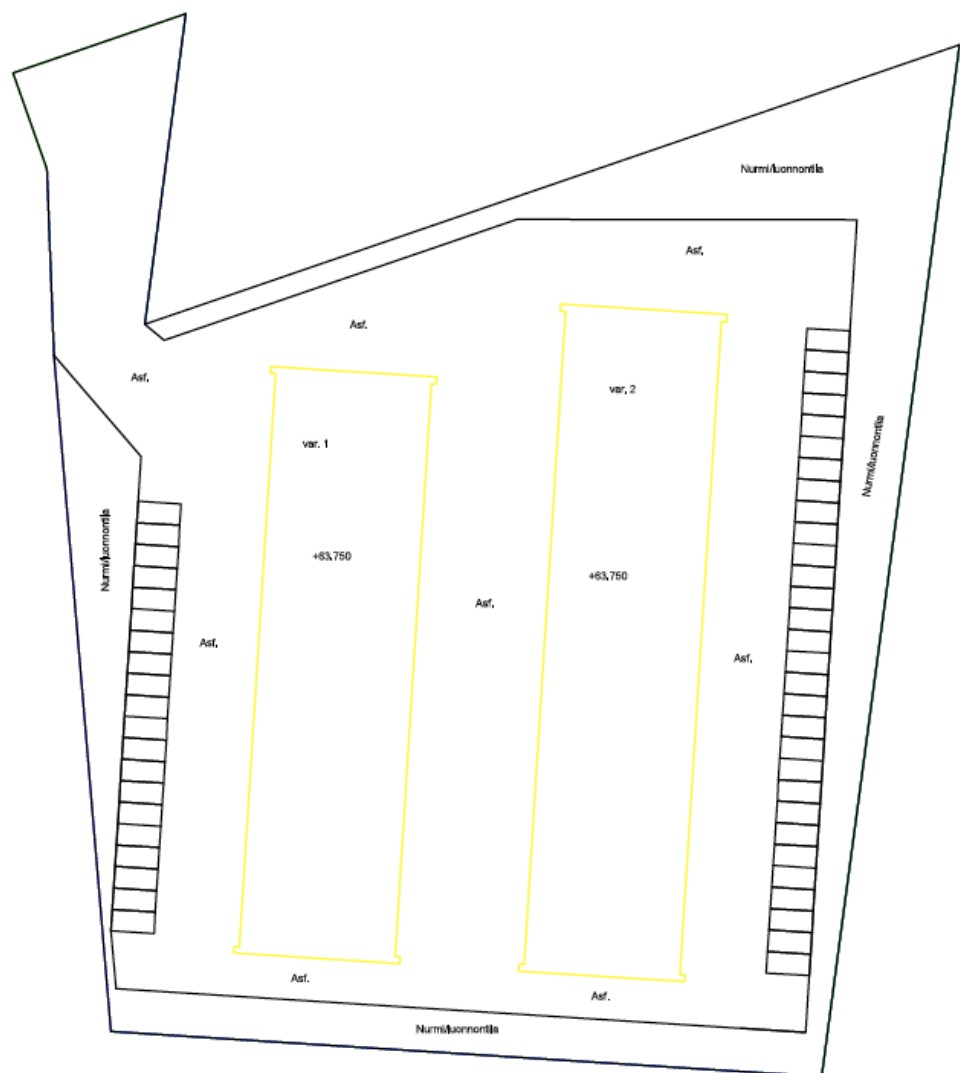
viivat tulee olla todellisessa Y-koordinaatistossa, jotta työskentely on sujuvaa, sekä mahdollisten mallien teko onnistuu ilman, että kyseisten linjojen tietoja tarvitsee enää siinä vaiheessa alkaa muuttamaan. Talliosakkeen kohteissa myös oviaukkojen paikat tulee näkyä kuvassa (kuva 13).



Kuva 13. Anturat ja sokkelit sekä oviaukot näkyvät selvästi. Esimerkiksi muodossa: AnturasokkeliTausta!BG.dxf

## 7.4 Pihakuva

Pihakuva tulee niin ikään säilyä koordinaatistossa. Pihakuvassa tärkeimpiä kaivinkonekuskin tietoja ovat syöksykaivojen paikat, asfalttialueen reunat, tontin rajat ja muun päällystettävän alueen reunat. Kuvassa saattaa olla paljonkin eri informaatiota ja tästä syystä se tulee pitää mahdollisimman yksinkertaisena. Koneohjaukselle tarkoitetussa kuvassa tulee ottaa huomioon vain ne seikat, mitä mahdollisesti koneen kuljettajan tulee tietää (kuva 14).



Kuva 14. Asemakuvan tausta, josta karsittu kaikki ylimääräinen. Tästä kuvasta on helppo ja nopea tehdä pihat tai käyttää muiden

kuvien kanssa päällekkäin selkeyttämään työtä. Esimerkiksi muodossa: AsemaTausta.dxf

## 7.5 Pinnantasaus

Pinnantasauskuvaksi riittää pelkkä pintamalli ja yksinkertainen tausta, jossa näkyy ainoastaan korkoviivat ja syöksykaivojen paikat. Näillä tiedoilla koneen kuljettaja osaa tehdä tarvittavat kaadot pihassa kaivoille tai ojiin. Tämän taustan kanssa voi tarvittaessa laittaa näkyviin joko asemakuvan taustan tai pihakuvan taustan.

## LÄHTEET

Eklöf, O. (2011). *Tietomalleista koneohjaukseen*. Insinööriyö. Rakennustekniikka. Metropolia ammattikorkeakoulu. Haettu 7.6.2017 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34940/Tietomalleista%20koneohjaukseen.pdf?sequence=1>

Hämäläinen, R. (2014) *Tietomallinnuksen hyödyntäminen infrahankkeessa*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikka. Oulun ammattikorkeakoulu. Haettu 11.5.2018 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74808/Hamalainen\\_Rauli.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74808/Hamalainen_Rauli.pdf?sequence=1)

Ilmatieteenlaitos (n.d.). Avaruussään vaikutus satelliittipaikannukseen. Haettu 7.12.2017 osoitteesta <http://ilmatieteenlaitos.fi/satelliittipaikannus>

Koneviesti (2017) *Tietomallinnuksen edut ja haitat*. Koneviestin artikkeli. Haettu 10.5.2018 osoitteesta <https://www.koneviesti.fi/artikkelit/tietomallinnuksen-edut-ja-haitat-1.174482>

Kuru, J. (2015). *3D-Suunnitteluohjelmat*. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikka. Lahden ammattikorkeakoulu. Haettu 10.5.2018 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91013/Kuru\\_Joo-nas.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91013/Kuru_Joo-nas.pdf?sequence=1)

Laakso, M. (2012). *Kaivinkoneen koneohjauksen hyödyntäminen talonrakennustyömaalla*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Haettu 8.6.2017 osoitteesta [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41520/Laakso\\_Markus.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41520/Laakso_Markus.pdf?sequence=1)

Laukkanen, J. (2017) *Kuinka koneohjaus auttaa maanrakennuksen käytännön töissä?*. Koneviestin artikkeli. Haettu 10.5.2018 osoitteesta <https://www.koneviesti.fi/artikkelit/kuinka-koneohjaus-auttaa-maanrakennuksen-kaetannon-toissa-1.174489>

Laukkanen, J. (2017) *Mitä on tietomallinnus maanrakennuksessa?*. Koneviestin artikkeli. Haettu 10.5.2018 osoitteesta <https://www.koneviesti.fi/artikkelit/mita-on-tietomallinnus-maanrakennuksessa-1.174481>

Leica (n.d.) *Leica iCON iXE3 – 3D-järjestelmä*. Haettu 4.5.2018 osoitteesta <https://leica-geosystems.com/fi-fi/products/machine-control-systems/excavator/leica-icon-ixe3---3d-system>

Meriläinen, O. (2010). *Työkoneautomaatio maanrakennustyömaalla*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikka. Savonia-ammattikorkeakoulu. Haettu 7.12.2017 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33678/Merilainen\\_Olli.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33678/Merilainen_Olli.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Nieminen, J-M. (2011). *Koneohjaus maanrakennustyössä*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikka. Saimaan ammattikorkeakoulu. Haettu 10.5.2018 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27378/Nieminen\\_JuhaMatti.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27378/Nieminen_JuhaMatti.pdf?sequence=1)

Novatron (n.d.). *Mitä on koneohjaus?*. Haettu 7.6.2017 osoitteesta <http://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>

Piironen, V. (2012). *3D-koneohjausjärjestelmä kaivinkoneissa*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikka. Tampereen ammattikorkeakoulu. Haettu 7.6.2017 osoitteesta [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41528/Piironen\\_Ville.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41528/Piironen_Ville.pdf?sequence=1)

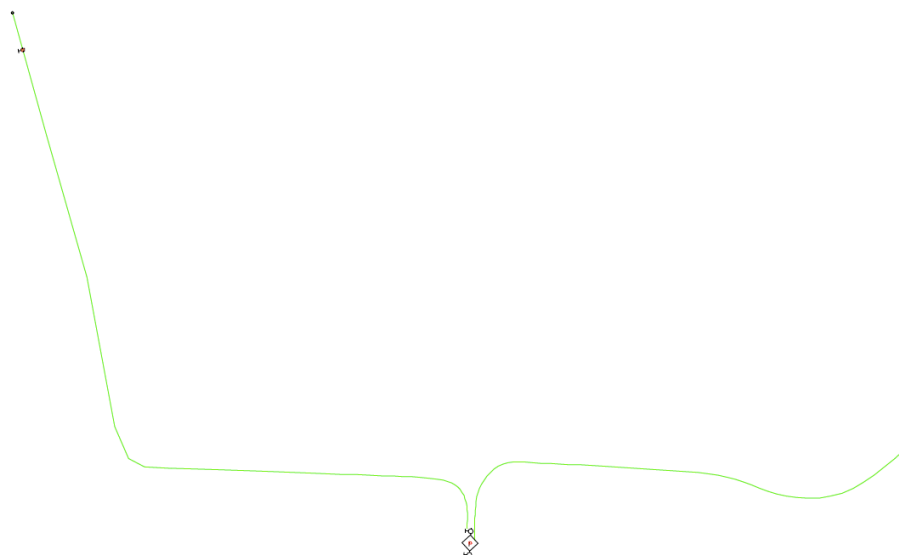
## OHJELISTA LVI-SUUNNITTELIJALLE

Kuvissa pitää näkyä seuraavat asiat:

- Putkilinjat, niiden korko ja kaadot (viiva)
- Putkikoko
- Kaivon malli (SVK, JVK, PVK yms.)
- Kaivojen paikat, korko
- Tulo- ja lähtöputkien korko
- Salaojakaivojen paikka (ruksi tai piste)
- Viemäri- ja tulo-putkien rakennuksen sisääntulon kohta ja korko
- Vesijohdot ja niiden nousukohtat sekä sulut
- Kaukolämpölinjat ja nousukohtat
- Rakennuksen (ulko-)seinälinja (tai ulokkeet kuten terassi)

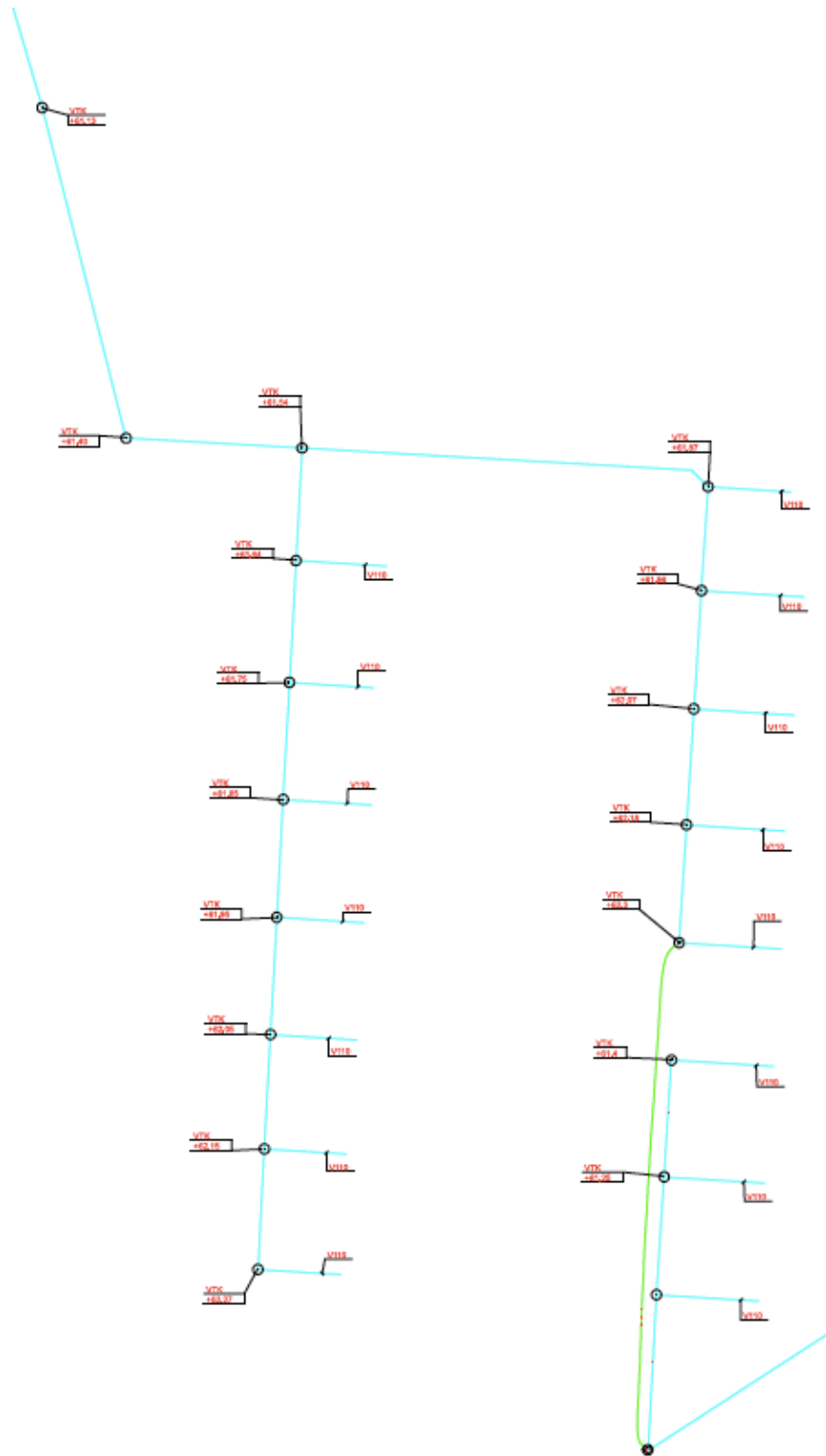
Kuvissa ei saa näkyä:

- Rakennukseen liittyvät viivat ja pisteet (paitsi seinälinja)
- Puut, pensaat, autopaikat yms.
- Pihakalusteet
- Salaojalinjat (vain kaivon paikat)
- Pinnantasaus



Vesijohdon taustakuva omana taustanaan, esimerkiksi muodossa: VesiTausta!BG.dxf





Jäteveden tausta, jossa näkyy kaivon paikka ja malli, linjat, korot ja putkikoko. Esimerkiksi muodossa: Jätevesi-Tausta!BG.dxf



## OHJELISTA SÄHKÖ-SUUNNITTELIJALLE

Kuvissa pitää näkyä seuraavat asiat:

- Linjat mistä mihin
- Vedettävien johtojen ja kaapeleiden malli ja määrä
- Suojaputkien määrä
- Suojaputken koko
- Kupari (metrit ja malli)
- Mahdollinen pumppaamo

Kuvissa ei saa näkyä:

- Mitään muuta kuin esimerkikuvassa



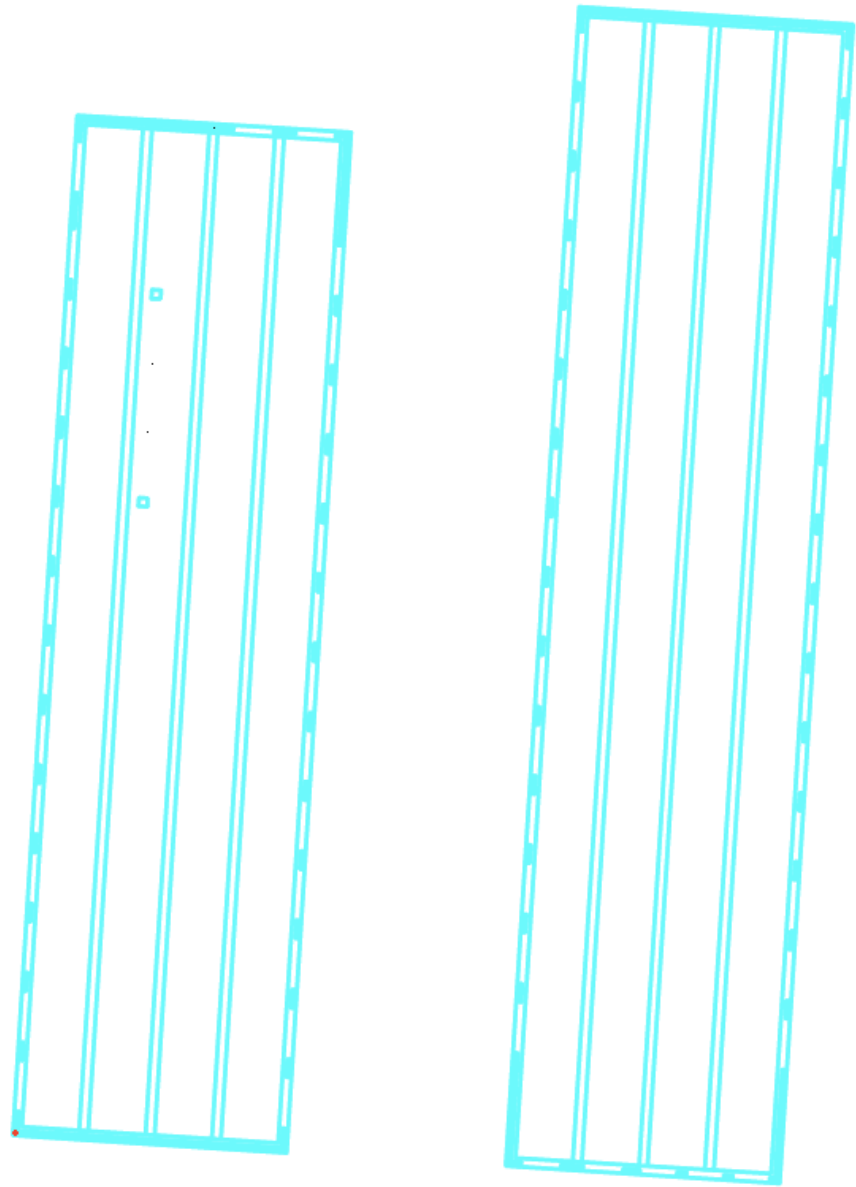
## OHJELISTA RAK-SUUNNITTELIJALLE

Kuvissa pitää näkyä seuraavat asiat:

- Anturalinja (viivana esimerkiksi keskiviiva)
- AAP korko
- Oviaukot
- Terassit, siirtymälaatat ja muut mahdollisesti kaivojen paikkoihin vaikuttavat rakenteet (Talliosakkeen kohteissa riittää oviaukon paikka)

Kuvissa ei saa näkyä:

- Rakennuksen muut viivat yms.
- Puut, pensaat yms.
- Pihakalusteet
- Salaojalinjat (vain kaivon paikat)
- Pinnantasaus
- Yms.

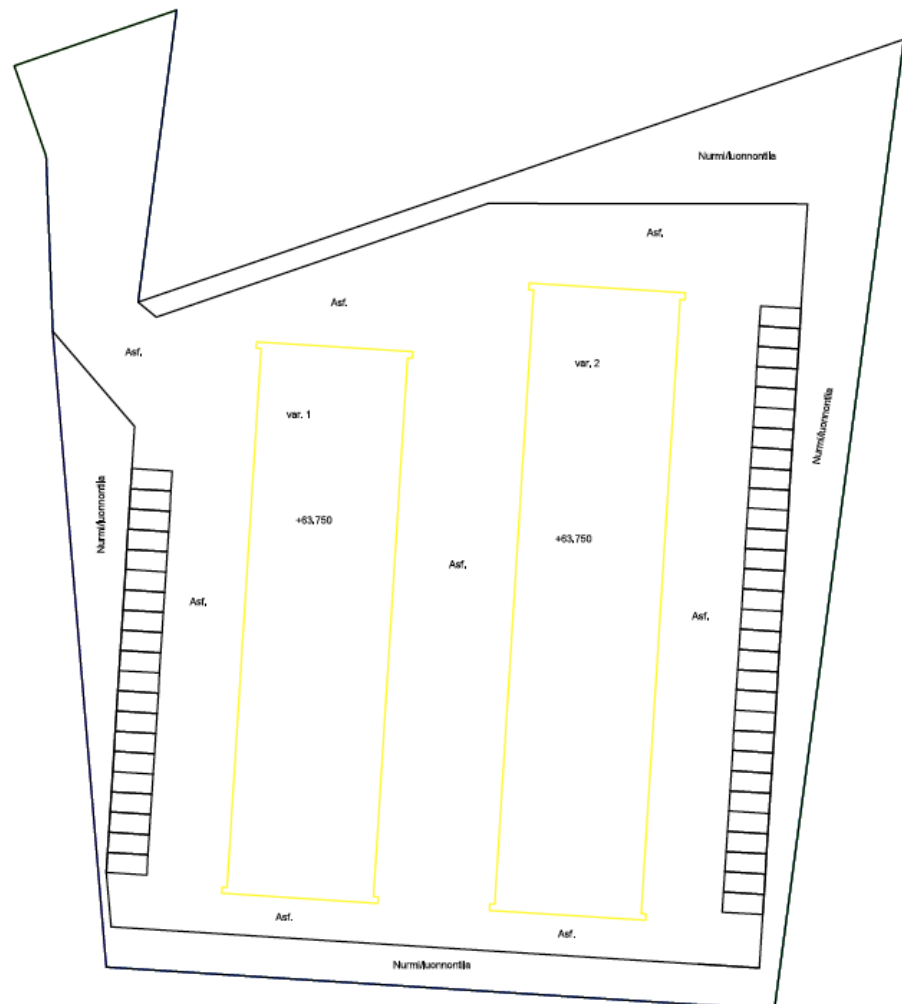


Kuva 10. Anturat ja sokkelit sekä oviaukot näkyvät selvästi. Esimerkiksi muodossa: AnturasokkeliTausta!BG.dxf

## OHJELISTA PIHA-SUUNNITTELIJALLE

Kuvissa pitää näkyä seuraavat asiat:

- syösykaivojen kannen korot
- Parkkipaikat
- Istutettavat puut ja pensaat
- Tontin rajat
- Asfaltoitavan alueen rajat
- Päällystettävän alueen rajat (esim. Kivituhka)
- Kiveykset
- Nurmialueet
- Pihakalusteet, leikkipaikat yms.
- Valaisinpylväät, lämmitystolpat yms.



Kuva 11. Asemakuvan tausta, josta karsittu kaikki ylimääräinen. Tästä kuvasta on helppo ja nopea tehdä pihat tai käyttää muiden kuvien kanssa päällekkäin selkeyttämään työtä. Esimerkiksi muodossa: AsemaTausta.dxf

