



Teoriaa ja tehtäviä
maarakennuskoneiden 3D-
ohjauksesta.

MAARAKENNUSKONEIDEN 3D-OHJAUS

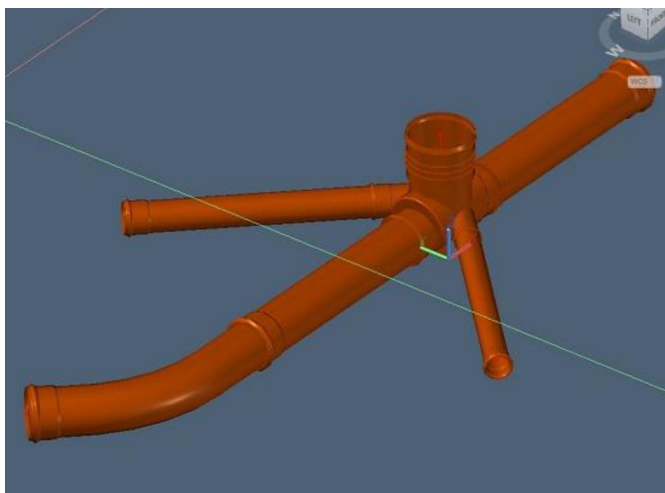


Sisällysluettelo

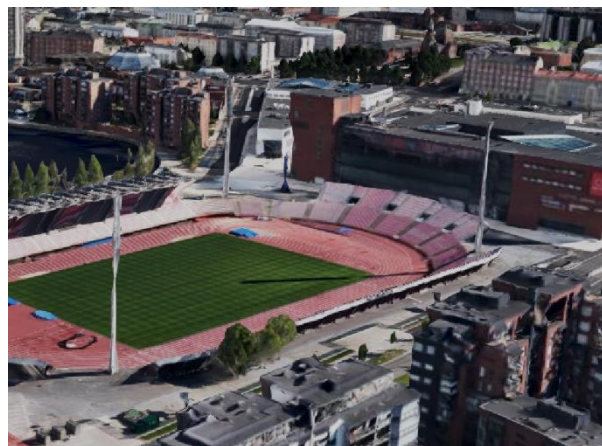
Mitä on koneohjaus?	2
Sijainti- ja korkeustiedot koneohjauksessa.....	3
Satelliittipaikannus - sentin tarkkaan mittaukseen.....	4
Piirustukset, 3D-koneohjausmallit .	6
Koneohjauksen laitteistot	7
Koneohjauksen tarkkuus ja kalibrointi.....	9
Toteumapisteiden mittaus.....	10
3D-koneohjauksen avustamana työskentely	10
Lähteet	11

Mitä on koneohjaus?

Kaivinkoneissa voidaan hyödyntää nykyään kolmiulotteisia suunnitelmaa, joiden pohjalta konekusi voi työskennellä itsenäisesti. Kolmiulotteiset mallit voidaan luoda esimerkiksi tietomallien pohjalta. Tietomalli tarkoittaa suunnittelijan tekemää virtuaalista suunnitelmaa työmaasta, johon on koostettu kaikki oleelliset tiedot. Tietomallista käytetään myös lyhennettä BIM, joka tulee englannin kielisistä sanoista building information model.



Kuva 1. Kolmiulotteinen malli putkista¹



Kuva 2. 3D-kaupunkimalli Ratinasta Tampereelta

Koneohjaus tai 3D-ohjaus tarkoittaa kolmiulotteisten suunnitelmien käyttämistä työkoneissa. Työkoneeseen asennettavan paikannusjärjestelmän, anturijärjestelmän ja tietokoneen avulla konekusi voi työskennellä itsenäisesti ilman perämiehen ohjausta. Työkone ei toimi itsenäisesti vaan koneohjaus on valjastettu kuskin avuksi. Joillakin laitevalmistajilla toki on kehitettyjä järjestelmiä, joiden avulla esimerkiksi kauhan kallistuskulma saadaan asetettua automaattisesti järjestelmän kautta.

Tehtävä

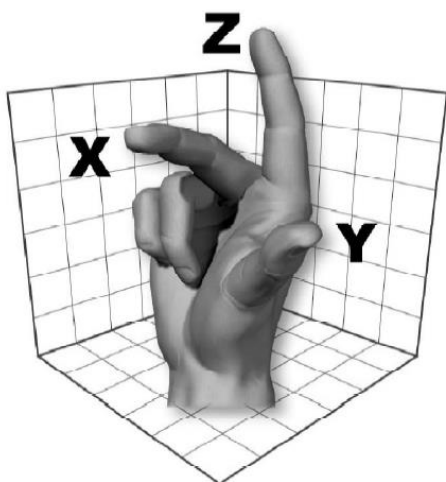
Koneohjausta käytetään nykyään monilla työmailla. Selvitä mitä hyötyjä koneohjausjärjestelmästä on.

Vinkki: kurkista Novatronin sivuille

<https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>

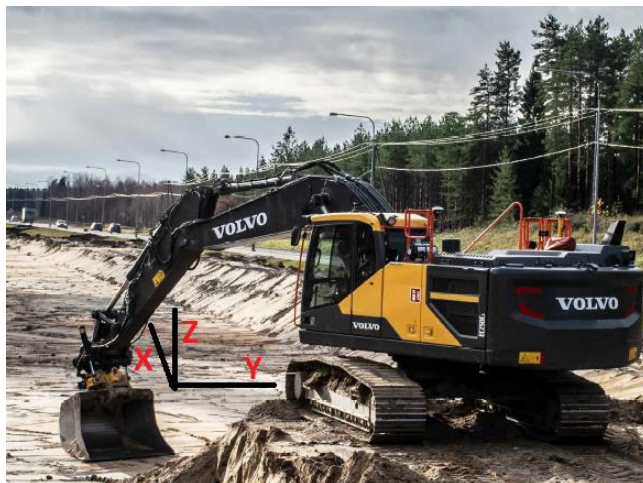
Sijainti- ja korkeustiedot koneohjauksessa

3D-koneohjauksesta on tärkeää ymmärtää, että koneohjauksen kautta välittyy kuljettajalle koneen sijainti- ja korkeustiedot. 3D-koneohjauksessa ollaan kolmiulotteisessa ympäristössä, jossa sijainti ja korkeus tiedetään kolmen eri koordinaatin avulla. X- ja Y-koordinaatit kertovat paikan sijainnin tasossa. Z-koordinaatti kertoo korkeuden.



Kuva 3. XYZ-koordinaatisto. X ja Y ovat tasokoordinaatteja, Z-koordinaatti kertoo korkeuden.²

Huomaa, että tasokoordinaatit X ja Y poikkeavat perinteisestä matematiikassa opitusta koordinaatistosta. X-koordinaatti kasvaa pohjoiseen ja Y-koordinaatti kasvaa itään.



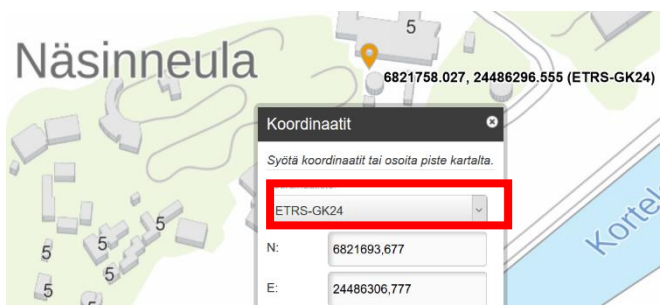
Kuva 4. Maanmittauksessa koordinaatti X kasvaa pohjoisuuntaan, Y itään ja Z-koordinaatti on korkeus.²

Koordinaattijärjestelmiä on useita, joten työmaalla tulee muistaa valita käyttöön oikea koordinaattijärjestelmä. Esimerkiksi ETRS-GK -koordinaattijärjestelmässä Tampereen seudulla käytetään ETRS-GK24 järjestelmää ja Helsingissä ETRS-GK25. Koko Suomen kattava koordinaattijärjestelmä on esimerkiksi ETRS-TM35FIN.

Eri koordinaattijärjestelmissä saman pisteen koordinaatit eroavat toisistaan, joten sen takia on erittäin tärkeää muistaa valita koordinaattijärjestelmä oikein.



Kuva 5. Pisteen koordinaatit ETRS-TM35FIN koordinaattijärjestelmässä.



Kuva 6. Pisteen koordinaatit ETRS-GK24 koordinaattijärjestelmässä.

Koordinaatit ilmoitetaan metreinä, yleensä kolmen desimaalin tarkkuudella. Tasokoordinaatit eivät ole aina muodossa X, Y. Tasokoordinaatit voidaan ilmoittaa N ja E koordinaatteina. N-koordinaatti vastaa X-koordinaattia eli se kasvaa pohjoiseen mentäessä ja E-koordinaatti vastaa Y-koordinaatti eli se kasvaa itään siirryttäessä.



Kuva 7. Esimerkki koordinaattien esitysmuodosta.²

Satelliittipaikannus - sentin tarkkaan mittaukseen

Suurin osa koneohjauksessa käytettävistä laitteista perustuu satelliittipaikannukseen. Joissakin työkoneissa voidaan käyttää myös takymetrimittauksia. Tässä kokonaisuudessa perehdytään vain satelliittipaikannukseen.

Satelliittipaikannuksella päästään senttimetrin tarkkuuteen, kun takymetrimittauksella tarkkuus on millimetrejä.

Satelliitteja hyödynnetään paikannukseen monenlaisissa laitteissa. Esimerkiksi älypuhelimessa paikannus perustuu satelliittipaikannukseen. Arkikielessä satelliittipaikannuksesta käytetään usein termiä GPS eli "kepsi" (global positioning system). Lyhenne tulee yhdysvaltalaisen kehittämästä satelliittijärjestelmästä, joka kehitettiin alun perin sotilaskäyttöön. Muita satelliittijärjestelmiä ovat GLONASS, Galileo ja BeiDou.

Koska satelliittijärjestelmiä on jo useita, käytetään satelliittipaikannuksesta nykyään lyhennettä GNSS (global navigation satellite system). Termiä RTK (real time kinematic) käytetään myös.

Satelliitit kiertävät maapalloa kiertoradoillaan. Jokaisessa satelliitissa on atomikello. Satelliitit lähettävät maahan aikasignaalia sekä oheistietoja, jotka kertovat muun muassa satelliitin sijainnin.

Satelliittipaikannin esimerkiksi puhelimesta voi vastaanottaa satelliittien lähettämää radiosignaalia. Paikannin osaa laskea sijainnin satelliiteista tulevan tiedon perusteella. Paikantimen täytyy saada signaali vähintään kolmesta satelliitista mutta riittävään tarkkuuteen esimerkiksi työkoneissa päästää vasta neljällä satelliitilla. Signaalien perusteella paikannin laskee paikkatiedot eli X, Y ja Z -koordinaatit. Mitä useammasta satelliitista paikantimeen saadaan tiedot, sen parempi tarkkuus paikannuksella on.

Video satelliittijärjestelmästä (tekstitetty englanniksi)

<https://www.youtube.com/watch?v=CCKisghkcA4>

Video Galileosta, eurooppalaisesta satelliittijärjestelmästä:

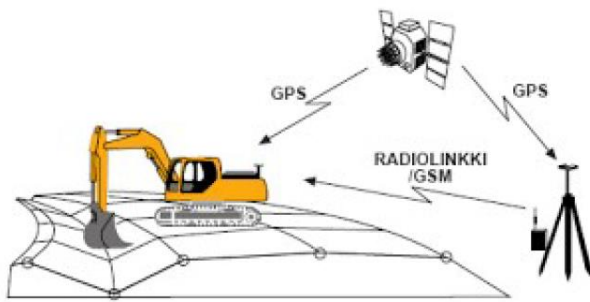
https://www.youtube.com/watch?v=onlax_vW9bQ

Noin 20 000 km päästä tuleva satelliitin lähettämä radiosignaali on herkkä häiriöille. Ilmakehässä häiriöitä aiheuttavat esimerkiksi pilvet. Lähellä maanpintaa on myös monia esteitä, jotka voivat häiritä signaalin kulkua tai heijastaa signaalin kulkemaan ”väärää” reittiä.

Tehtävä

Mitkä asiat voivat häiritä signaalin kulkua maanpinnalla? Nämä häiriötekijät ovat tärkeä ymmärtää, että voidaan päätellä milloin 3D-ohjausta ei voida työmaalla käyttää tai milloin sen tarkkuus ei ole paras mahdollinen.

Satelliittipaikannuksen tarkkuutta voidaan parantaa tukiasemilla. Tukiasema voi olla fyysinen tai virtuaalinen. Fyysinen tukiasema voi olla esimerkiksi työmaalle tuotu kontti, joka tuottaa korjaussignaalia työmaalla käytettävälle paikantimelle. Tukiasema voi olla myös mukana kannettava pienempi laite, joka voidaan pystyttää haluttuun paikkaan.



Kuva 8. Tukiaseman käyttäminen.²

Virtuaalinen tukiasema on nimensä mukaisesti tekniikan avulla aikaansaatu näkymätön tukiasema. Laittevalmistajat, kuten Geotrim tuottavat maksullista palvelua, jonka avulla saadaan käyttöön virtuaalitukiasema.

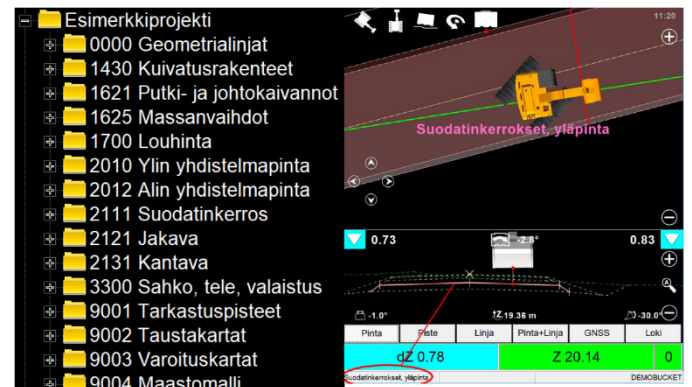
Video Trimnet VRS-palvelusta:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=ujcE82A9ofk&feature=emb_logo

Piirustukset, 3D-koneohjausmallit

Työmaalla kuvat ovat olleet ennen paperisia mutta nykyään on mahdollista käyttää hyödyksi sähköisiä piirustuksia ja tietomalleja. Ne kulkevat työmaalla kätevästi mukana esim. tablet-laitteella tai puhelimessa. Koneohjauksen yleistyminen työmailla ei kuitenkaan tarkoita sitä, että työntekijän ei tarvitsisi osata lukea ja

tulkita kuvia. Kuvienlukutaito sekä korkojen ja kaatojen laskeminen ovat edelleen tärkeä osa ammattitaitoa. 3D-ohjaus on lisätyökalu maarakentajien ja konekuskien avuksi mutta se ei suorita töitä eikä ajattele kenenkään puolesta. Työntekijän tulee ymmärtää ihan samalla tavalla työhön liittyvät käsitteet ja menetelmät ja osata tehdä työtä myös ilman 3D-laitteistoa.



Kuva 9. Esimerkki koneohjausjärjestelmän käyttöliittymästä. Kuskien pitää ymmärtää erilaiset termit ja kuvamerkinnot.²

Jotta 3D-laitteistosta saadaan paras mahdollinen hyöty irti, täytyy suunnitelmien ja piirustusten olla siinä muodossa, että niitä voidaan 3D-laitteissa hyödyntää. Suunnitelmat eivät automaattisesti tule suunnittelijalta työmaalle niin, että ne olisivat esimerkiksi kaivinkonekuskien hyödynnettävissä kaivinkoneen 3D-laitteistossa.

Suunnitelmista täytyy mallintajan tehdä erikseen koneohjausmallit.

Suurin hyöty laitteistosta saadaan silloin, kun työmaasta on luotu kolmiulotteinen malli, jossa kaikilla pisteillä on sijainti XY-tasossa sekä korkeussuunnassa Z.

Kolmiulotteisesta mallista kuljettaja näkee valmiin pinnanmuodon, kauhan etäisyyden pinnasta ja halutusta linjasta, esimerkiksi tien reunasta.

Tehtävä

Miten 3D-laitteistoa voitaisiin hyödyntää työmaalla, vaikka koneohjausmalleja ei olisi käytössä? Mitä hyötyä koneen antamalla paikannus- ja korkotiedoilla voisi työmaalla olla?

Suunnitelmien jakamiseen työkohteessa olevien osapuolten välillä on olemassa pilvipalveluita. Pilvipalvelun avulla saadaan tieto siirtymään suunnittelijalta suoraan esimerkiksi työmaalle työntekijöiden käyttöön ilman välikäsiä. Pilvipalvelut toimivat myös konekuskin 3D-laitteistossa, kun se on varustettu internetyhteydellä. Jos pilvipalvelua ei ole käytössä, voidaan suunnitelmat siirtää

koneen 3D-laitteistoon esimerkiksi muistitikun avulla.

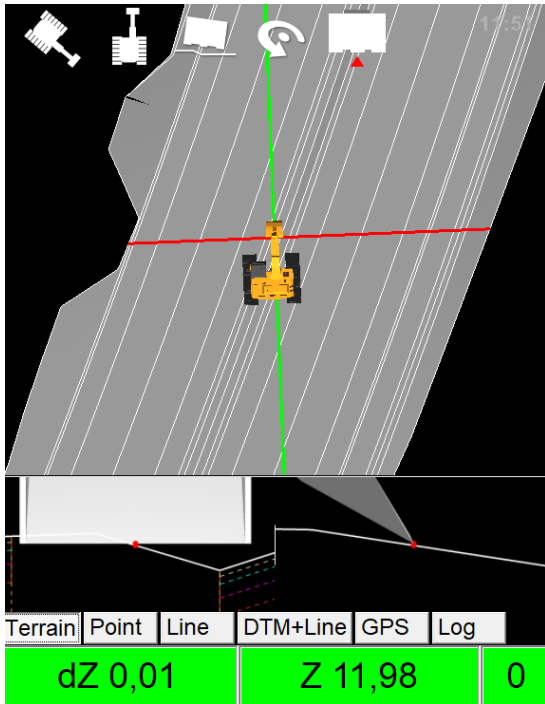
Lue teksti:

<https://novatron.fi/koneohjauksen-hyodyntaminen-pienemmillä-tyomailla/>

Koneohjauksen laitteistot

Koneohjauksesta puhuttaessa tarkoitetaan usein 3D-koneohjausta. On olemassa kuitenkin myös 2D-koneohjaus ja 1D-koneohjaus. 2D-laitteistolla saadaan tietoa syvyydestä ja etäisyydestä määritetyn vertailupisteen suhteen. Siinä ei ole käytössä paikkatietoja, jolloin koneen siirron jälkeen vertailupiste täytyy määrittää uudelleen. 2D-koneohjauksella voidaan tehdä esimerkiksi kaatoja. 1D-järjestelmässä saadaan pelkästään korkotietoa.

3D-koneohjausjärjestelmä näyttää kuljettajalle koko ajan koneen sijainnin. Kuljettajalle välittyy järjestelmän kautta tietoa esimerkiksi siitä, että mistä kohtaa pitää kaivaa ja kuinka syväälle kaivetaan. Kaivinkoneissa käytetään huulilevyä mittamaan sijaintia tarkasteltavaan pintaan nähden.



Kuva 10. Esimerkki koneohjausjärjestelmän näkymästä koneen kuljettajalle.

Tehtävä

Liitä 3D-koneohjauksessa käytettävä laite oikeaan paikkaan kaivinkonetta kuvassa 11.



Kuva 11. Tehtävä²

Tehtävä

Etsi tarkempia tietoja 3D-ohjauksessa tarvittavista laitteista. Riittääkö esimerkiksi yksi anturi vai pitääkö niitä olla enemmän?

3D-laitteistot ovat yrityksen investointi, joilla halutaan muun muassa tehostaa työntekoa. Laitteistojen hinnat riippuvat valmistajasta ja siitä minkälaisia vaatimuksia laitteistolle asetetaan.

Kustannukset nousevat kuitenkin kymmeniin tuhansiin euroihin.

Työntekijänä pitää muistaa, että laitteistot ja niiden anturit eivät kestä mitä tahansa. Esimerkiksi puomin ja kauhan anturit ovat vaarassa rikkoutua, jos koneella tehdään täysin varomattomasti töitä.

Koneohjausjärjestelmät kehittyvät koko ajan. Uutta tekniikka edustaa esimerkiksi Hitachin uusi kaivinkone, johon on valmiiksi rakennettu koneohjausjärjestelmä yhteistyössä Trimblen kanssa. Siinä kuski voi asettaa ohjauksen puoliautomaatille.

Katso Hitachin video:

<https://www.youtube.com/watch?v=k8XJzW0me88>

Koneohjauksen tarkkuus ja kalibrointi

Koneohjauksen yhteydessä voidaan puhua senttimetrin tarkkuudesta. Usein se on riittävä tarkkuus infrakohteissa. Kauhaa pitää muistaa käyttää tarkistuspisteessä riittävän usein, jotta voidaan olla varmoja mittaustulosten luotettavuudesta. Kauhan tarkkuus tarkistetaan kauhan kahdessa eri



Kuva 12. Kauha tarkistuspisteellä.²

asennossa samalla tarkistuspisteellä.

Kauha pitää aina kalibroida, jos huomataan, että tarkkuus ei ole kohdallaan.



Kuva 13. Esimerkki tarkistuspisteestä.⁴

Kauhan mittatarkkuus voi heikentyä myös kauhan kulumisen seurauksena. Jos kauha on kulunut, niin on syytä tehdä kauhan kalibrointi uudelleen eli mitata kauhan mitat järjestelmään uudestaan. Huomaa, että tämä kauhan kalibrointi on eri asia kuin kauhan tarkastus tarkistuspisteessä. Järjestelmään voidaan kalibroida ja tallentaa useampia kauhoja. Kun kaivinkoneeseen vaihdetaan kauha, niin 3D-laitteistosta pitää aina muistaa valita oikea kauha käyttöön.

Video kauhan kalibroinnista:

<https://www.youtube.com/watch?v=5-3hBzl9QVo>

Toteumapisteiden mittaus

Sen lisäksi, että 3D-laitteistolla avulla voidaan tehdä töitä, voidaan sillä myös mitata toteumapisteitä. Riippuen kohteesta ja vaaditusta tarkkuudesta, voidaan työmaan suunnitelmien toteutumista seurata kaivinkoneen ottamalla toteumapisteillä. Jos tarvitaan tarkempaa mittausta, niin silloin mittamies tulee suorittamaan tarkemittaukset takymetrillä. 3D-laitteistolla ja hyvillä koneohjausmalleilla voidaankin vähentää mittamiehen käyntejä työmaalla. Joissakin kohteissa voi olla mahdollista tehdä kaikki tarvittavat mittaukset kaivinkoneen 3D-laitteistolla.

Video toteumapisteen tallennuksesta:

<https://www.youtube.com/watch?v=C90>

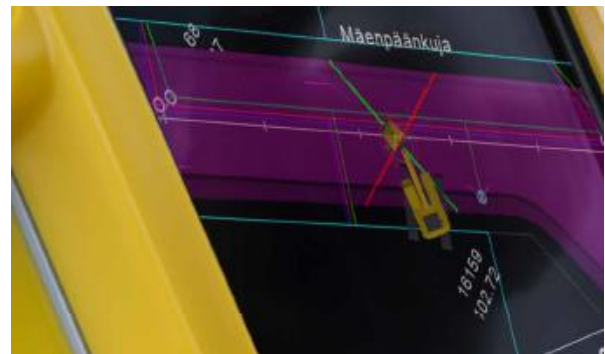
[QiizvKnE](#)

Tehtävä

Mieti mistä kohteista kaivinkoneella voitaisiin mitata toteumapisteitä työmaalla?

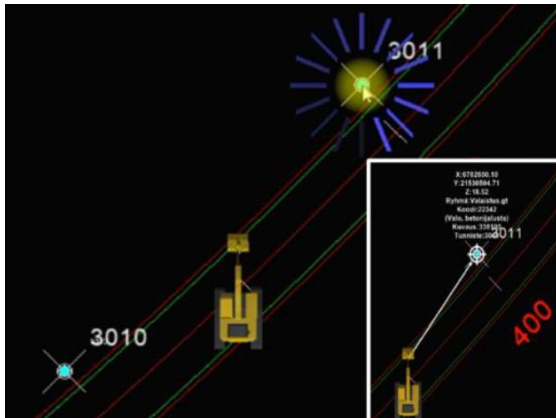
3D-koneohjauksen avustamana työskentely

Piirustukset ja suunnitelmat näyttävät hieman erilaiselta, kun niitä katselee kaivinkoneessa 3D-laitteiston näytöltä kuin paperikuvina. Ymmärtääkseen tietokoneen kuvia, pitää paperisten kuvien tarkastelun sujua hyvin. Laitteiston käytöstä saa monesti koulutusta laitevalmistajalta mutta, jos ei ole perustaitoja kuvien lukemisesta, on 3D-laitteiston kanssa työskentely haastavaa.



Kuva 14. Esimerkki koneohjausjärjestelmän näkymästä kaivinkonekuskille.²

3D-laitteiston malleissa viivamaisina kohteina kuvataan esimerkiksi putkia, kaapeleita ja rakennepintojen taitteita. Pistemäisinä kohteina esimerkiksi valaisinpylväiden perustukset ja kaivot.



Kuva 15. Esimerkki koneohjausjärjestelmän näkymästä kaivinkonekuskille. Kuvassa on valittuna pistemäinen kohde, joka on tässä kuvassa valaisinpylväs.²

Ennen 3D-laitteistojen yleistymistä oli kaivinkonekuskien apuna yleensä perämies. Perämiehen tehtävänä on ohjata kaivinkonekuskien työskentelyä mittaamalla esimerkiksi korkoja ja tarkkailemalla kaivuuta. Koneohjauksen myötä kaivinkonekuskien ja perämiehen yhteistyö on hieman muuttunut. Jos perämiehellä on käytössään GNSS-vastaanotin, niin hän voi hoitaa mittaustöitä ja merkitä esimerkiksi kaivojen paikkoja valmiiksi maastoon. Perämies voi tehdä myös esimerkiksi valmistelevia töitä putkiasennuksia varten. Työ edistyy näin nopeammin ja tehokkaammin.

Tutustu materiaaliin: kuljettajien perehdytys mallipohjaiseen tuotantoon (Novatron)

<https://novatron.fi/tiedostot/kuljettajien-perehdytys-mallipohjaiseen-tuotantoon/>

Lähteet

1. Pelimanni, J. 2014. 3D-koneohjaus apuvälineenä infrahankkeessa. Opinnäytetyö
2. Novatron Oy
3. Rasanen, V. 2018. 3D-koneohjaus kaivinkoneenkuljettajan näkökulmasta. Opinnäytetyö.
4. Lehtonen, A. 2019. Inframittaus koneohjausmaailmassa. Opinnäytetyö.

Aineiston on laatinut:

Jenni Luukkainen, tuntiopettaja,
Tampereen seudun ammattiopisto Tredu