



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA**

Opinnäytetyö

**Kaivukoneautomaatio ja sen
soveltuvuus pienelle
maarakennusliikkeelle**

Sami Jalonen

Rakennustekniikka

2009

Turun ammattikorkeakoulu

Tekniikka, ympäristö ja talous

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikka

Sami Jalonen

Opinnäytetyö

KAIVUKONEAUTOMAATIO JA SEN SOVELTUVUUS PIENELLE
MAARAKENNUSLIIKKEELLE

Hyväksytty Turussa _____ / _____ 2009

Valvoja

DI Pirjo Oksanen

Koulutuspäällikkö

Tekn. lis. Raimo Vierimaa

Rakennustekniikka	
Tekijä: Sami Jalonen	
Työn nimi: Kaivukoneautomaatio ja sen soveltuvuus pienelle maarakennusliikkeelle	
Suuntautumisvaihtoehto: Infratekniikka	Ohjaaja Pirjo Oksanen, Lehtori
Opinnäytetyön valmistumisajankohta Toukokuu 2009	Sivumäärä 44 + liitteet 2
<p>Tässä työssä perehdytään koneohjaukseen kokonaisvaltaisesti, mutta tarkemmin juuri kaivukoneen ohjaukseen. Työssä on pyritty selvittämään erilaisia vaihtoehtoja kaivukoneen ohjaukseen sekä selvittämään niiden ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia. Asiaa on tarkasteltu pienen maarakennusyrityksen näkökulmasta eli onko hankinnalle taloudellisia, työkannallisia ja käyttöönotollisia perusteita ja missä töissä koneohjaus on hyödynnettävissä.</p> <p>Pääpaino on pyritty pitämään 3D- koneohjauksessa, joka on juuri se tekniikka, joka on mullistamassa perinteistä maarakennusalaan. Asiaa on selvitetty muutamia asiantuntijoita ja alan urakoitsijoita haastatteleamalla sekä kyselyllä, joka lähetettiin laitevalmistajille sekä urakoitsijoille. Kyselyn tulokset ovat yhteenvedona omassa kappaleessaan.</p> <p>Tämä työn toteutus on lähtenyt liikkeelle omasta kiinnostuksestani kaivukoneisiin sekä erityisesti niiden 3D- ohjaukseen. Olen kiinnostunut selvittämään koneohjausteknologian tuomia mahdollisuuksia sekä pysymään ajan hermolla maarakentamisen tulevassa kehityksessä. Työssä asiaa katsotaan pienemmän maarakennusyrityksen näkökulmasta.</p> <p>Työ loi hyvät puitteet perehtyä asiaan paremmin kuin ehkä muuten olisi ollut mahdollisuuksia. Opinnäytetyö voi toimia tietopakettina muillekin asiasta kiinnostuneille, eli työssä selvitetään myös koneohjauksen perusasioita.</p>	
Hakusanat: Työkoneautomaatio, 3D-kaivukoneohjaus, GPS- mittaus	
Säilytyspaikka: Turun ammattikorkeakoulun kirjasto	

Civil Engineering	
Author: Sami Jalonen	
Title: Automation in excavators and its suitability for small earthwork firm	
Specialization line: Community Infrastructure Engineering	Instructor Pirjo Oksanen, Principal Lecturer
Date May 2009	Total number of pages 44 + appendicies 2
<p>This study deals with automation in construction machinery in general and especially in excavators. The study is about the existing automation systems in excavators, the different levels of automation, particularly 3D excavator automation.</p> <p>The main purpose was to explore the suitability of 3D excavator automation systems for small earthwork firms. This problem was studied from the economical and practical viewpoints. Some equipment producers and constructors were contacted by questionnaires, e-mails and interviews.</p> <p>Construction machinery automation has come to stay and it will change the traditional earth construction business quite a lot. In many construction sites they already use some kind of automation in excavators, motor graders and bulldozers. The development in this field has been very fast and suitable systems are available for all basic machines.</p> <p>It is often thought that only big construction firms are able to use this kind of automation but that is a misconception. Because of the lower prices and the development of modern technology, small firms can use this automation as well. The main problem today is the availability of design information in a form accessible to control systems.</p> <p>The motive of this study was to have the latest knowledge of the development in this field. The study also wanted to provide some information on automation in construction machinery and especially in excavators to those who are interested in this business.</p>	
Keywords: 3D automation, excavator control, machine control, GPS measuring	
Deposit at: Library, Turku University of Applied Sciences	

ALKUSANAT

Tämän työn tekeminen on ollut minulle haaste ja olen saanut paljon apua ja kontakteja ohjaajani Mikko Jauhaisen avulla. Hän on myös ohjannut työni tekemistä ja hänen avullaan työstä tuli paljon parempi kuin jos olisin toteuttanut työni ilman ulkopuolista ohjausta. Haluankin kiittää häntä sekä koulun puolelta ohjaajaani Pirjo Oksasta.

Turussa _____ / _____ 2009

Sami Jalonen

SISÄLLYS

SANASTO

1	JOHDANTO	10
2	KONEAUTOMAATIO MAARAKENTAMISESSA	12
3	KAIVUKONE JA SEN OHJAUKSEN OMINAISPIIRTEET	16
3.1	Yleistä	16
3.2	Käyttökohteet	18
3.3	Ohjauksen ominaispiirteet	19
4	KAIVUKONEOHJAUKSEN VAIHTOEHDOT	21
4.1	Kolmiulotteiset paikalleen mittaavat järjestelmät	21
4.1.1	GPS- mittaus	21
4.1.2	Takymetrimittaus	23
4.2	Yksi- ja kaksiulotteiset järjestelmät ilman paikalleenmittausta	25
4.2.1	Syvyysmittaus	25
4.2.2	Laservastaanotin	26
5	KAIVUKONEEN OHJAUS	27
5.1	Toiminta	27
5.2	Käyttömahdollisuudet	28
6	SUUNNITELMA-AINEISTON YHTEENSOPIVUUS JA SIIRRETTÄVYYS	30
6.1	Yleistä	30

6.2	Yhteensopivuus	32
6.3	Siirrettävyys	32
7	KAIVUKONEOHJAUKSEN SOVELTUVUUS PIENEN MAARAKENNUSLIIKKEEN KÄYTTÖÖN	33
7.1	Taloudellinen arviointi	33
7.2	Työkantaan kohdistuva arviointi	35
7.3	Käyttöönotto	36
8	KYSELYN YHTEENVETO	37
9	PÄÄTELMÄT	40
	LÄHTEET	43

LIITTEET

LIITE 1. Kyselylomake

LIITE 2. Haastatteluissa käytetyt kysymykset

KUVAT

Kuva1. Tierakentamisen teknologian kehitysaskeleita Suomessa.(Paitsola,2009,[viitattu 1.3.2009])	13
Kuva2. Puskukone varustettuna GPS-automaatiolla.(Novatron Oy verkkosivut[viitattu 28.2.2009])	14
Kuva3. Perinteinen tela- alustainen kaivukone	17
Kuva4. Kaivukone varustettuna yhdellä GPS- vastaanottimella.(Novatron Oy verkkosivut[viitattu 1.3.2009])	23
Kuva5. Takymetri pystytettynä.(Scanlaser oy verkkosivut[viitattu 19.3.2009])	24
Kuva6. Koneeseen asennettavat sensorit mittaavat koneen ja puomin asentoa. (Scanlaser Oy verkkosivut [viitattu 1.3.2009])	25
Kuva7. GPS ohjattu kaivukone.(Scanlaser Oy verkkosivut[viitattu 19.3.2009].)	28
Kuva8. Kolmiulotteinen tien malli.(Jaakkola, 2005[viitattu 1.3.2009])	31

TAULUKOT

Taulukko1. Kaivukoneen yksimastoisen RTK-GPS-järjestelmän takaisinmaksuajan arviointi	34
---	----

SANASTO

Ascii-muoto	Tallennusmuoto, joka sisältää tiedon merkkeinä ja on avattavissa millä tahansa tekstieditorilla, mutta on vaikearakenteinen (Kilpeläinen ym. 2004 [viitattu 20.1.2009]).
Binäärimuoto	Tallennusmuoto, joka on tilankäytön suhteen tehokkaampi, mutta suljettu eli vaatii valmistajan lisensoiman ohjelman (Kilpeläinen ym. 2004 [viitattu 20.1.2009]).
DGPS	Differential GPS, referenssivastaanottimella parannettu GPS tarkkuus (Kilpeläinen ym. 2004 [viitattu 20.1.2009]).
KKJ	Kartastokoordinaatistojärjestelmä, Suomessa käytössä oleva, perustuu eurooppalaiseen ED-50-järjestelmään (Kilpeläinen ym. 2004 [viitattu 20.1.2009]).
Laserkeilaus	Ilmasta käsin suoritettava etäisyysdatan kerääminen maanpinnan ja mittalaitteen välillä (Kilpeläinen ym. 2004 [viitattu 20.1.2009]).
RTK-GPS	Real Time Kinematic GPS, reaaliaikaisuus ja mittaustaaajuus sopivat koneohjaukseen, saavutetaan senttimetriluokan tarkkuus tunnetulle pisteelle asetetun tukiaseman avulla (Kilpeläinen ym. 2004 [viitattu 20.1.2009]).
WGS84	World Geodetic System 1984 (Kilpeläinen ym. 2004 [viitattu 20.1.2009]).

1 JOHDANTO

Tierakennus on koneistumisen myötä tehostunut, mutta mitään mullistavaa siinä ei ole tapahtunut vuosikymmeniin. Tilanne on kuitenkin muuttumassa radikaalisti, kun suunnittelu ja rakentaminen sovitetaan yhteen ja koneiden ohjaus automatisoidaan. Rakentaminen tehostuu ja laatu paranee, vaikkakin rakentamisen eri vaiheet pysyvät ennallaan. (Ahlstén, 2003, 33)

Työ käsittelee työkoneautomaatiota yleensä sekä tarkemmin kaivukoneautomaatiota. Työssä tutkitaan olemassa olevia kaivukoneautomaatiojärjestelmiä, automaation eri tasoja sekä tarkemmin 3D-kaivukoneautomaatiota.

Opinnäytetyön päätavoitteena oli selvittää 3D-kaivukoneautomaatiojärjestelmien soveltuvuutta pienten maarakennusliikkeitten käyttöön. Soveltuvuutta tutkittiin taloudellisuuden näkökulmasta sekä työkannan ja käyttöönoton näkökulmasta. Asiaa on selvitetty myös kyselyllä, jossa alan laitevalmistajille sekä urakoitsijoille lähetettiin kyselylomake sähköpostilla. Automaation käyttömahdollisuuksia sekä kokemuksia on kartoitettu myös muutamilla haastatteluilla. Haastattelussa käytetyt kysymykset sekä kyselylomake ovat liitteenä (LIITTEET 1 ja 2)

Työkoneautomaatio on tullut jäädäkseen maarakennusalalle ja muuttaa perinteistä maarakennusalaa merkittävästi. Työkoneautomaatio ei ole vain tulevaisuutta, se on jo tätä päivää. Monilla maarakennustyömailla käytetään jo työkoneohjausta eri muodoissa, niin kaivukoneissa, tiehöylissä kuin puskukoneissa. Automaation kehitys on ollut nopeaa ja nykyään on toimivia järjestelmiä saatavissa jo kaikkiin edellä mainittuihin peruskoneisiin.

Työkoneautomaatio mielletään usein suurten maarakennustyömaitten erikoislaitteeksi, mutta nykyään asia ei ole enää näin. Esimerkiksi kaivukoneautomaatiojärjestelmien yleistymisen, tekniikan kehittymisen joiden seurauksena järjestelmien hintojen

laskemisen myötä automaatiota pystytään käyttämään jo pienilläkin työmailla. Alan suurin ongelma tällä hetkellä on suunnitelmätiedon saatavuus koneohjausmuodossa.

Opinnäytetyössä tutkittiin eri järjestelmiä, jotta alalla työskentelevillä olisi tarkka ja viimeisin tieto alan kehityksestä ja näin luoda pieni tietopaketti työkoneautomaatiosta ja tarkemmin kaivukoneautomaatiosta kaikille asiasta kiinnostuneille.

2 KONEAUTOMAATIO MAARAKENTAMISESSA

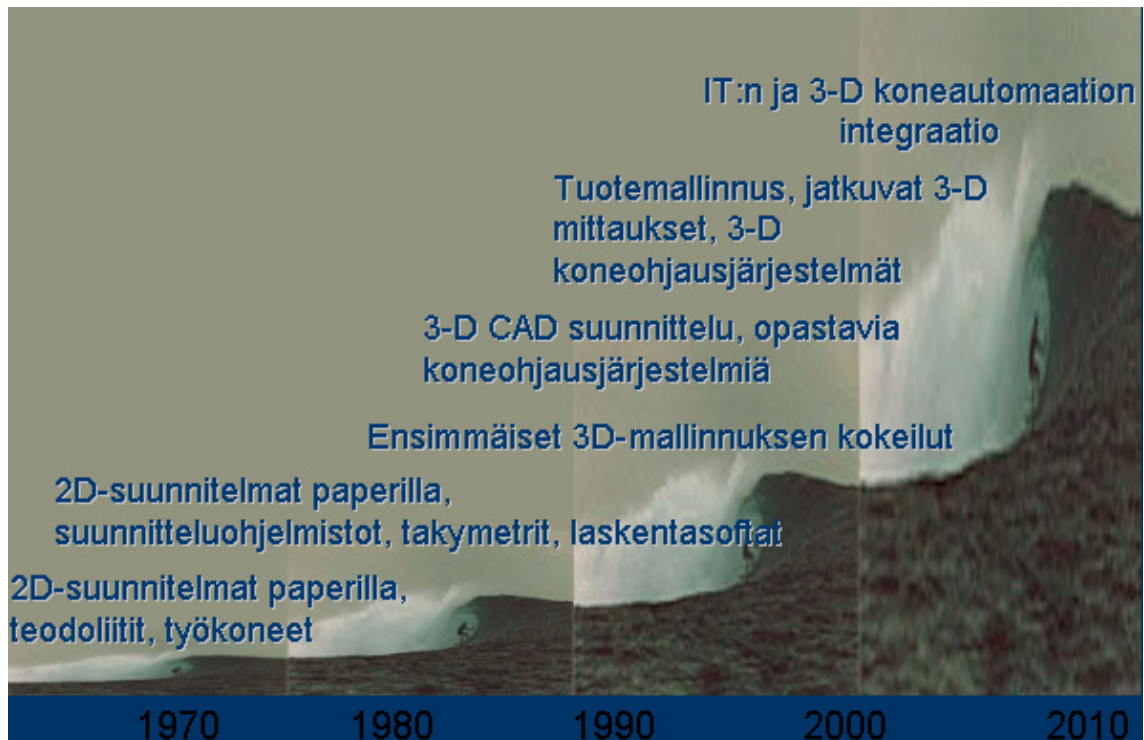
Tie- ja maarakennushankkeissa on kyseessä usein miljoonien arvoisista investoinneista ja onkin selvää, että kustannuksia halutaan karsia siitä mistä se on mahdollista. Varsin usein säästöt osuvat rakentamisen laatuun. Tällöin paras työn laatu ja säästöt saadaan menetelmiä kehittämällä. Tähän tavoitteeseen päästään kehittämällä koneiden automaattista ohjausta.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Tietotekniikan nopea kehittyminen ja yleistyminen ovat luoneet pohjan koneohjauksen kehittymiselle. Tierakennuksessa työvaiheet ovat toistuvia ja suurta tarkkuutta vaativia, esimerkiksi kantavan kerroksen pinnan muotoilu. Työvaiheet perustuvat tarkkoihin ennalta määriteltyihin suunnitelmiin joilla työmaata ohjataan. Automatisoinnin edellytyksenä teknologian kehityksen lisäksi on menetelmien ja koneiden tarkka tunteminen, jolloin voidaan määrittää ohjauksen piirteet.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Työkoneautomaation hyödyntäminen Ruotsissa ja Norjassa on ollut arkipäivää jo useita vuosia. Infrarakentamista on pidetty ja pidetään edelleen alhaisen kehityksen alana. Suomessa rakentamisen teknologian tutkimustyö on korkealla tasolla, mutta tutkimustulosten hyödyntäminen käytännössä on jäänyt vähäiseksi.(Nurminen, 2008, 18.)

Automaattisen koneohjauksen ketju käsittää jo kaikki perustyökoneet. Toimivia järjestelmiä on jo saatavissa kaivukoneisiin, puskukoneisiin sekä tiehöyliin. Muitakin työkoneita on koekäytetty 3D-ohjauksessa ja järjestelmät kehittyvät koko ajan. (Nurminen, 2008, 18.)

Kuvassa 1 on automaation kehityksen vaiheita aina 70-luvulta tähän päivään asti sekä tulevaisuuden odotuksia.



Kuva 1. Tierakentamisen teknologian kehitysaskela Suomessa. (Paitsola, 2009, [viitattu 1.3.2009])

Työkoneautomaatiota käytettäessä koneet varustellaan paikannuslaittein sekä opastusjärjestelmällä, johon kolmiulotteiset mallit tuodaan suunnittelupöydältä. Kolmiulotteisista malleista on työn tuleva lopputulos kuljettajalle helpompi hahmottaa kuin kaksiulotteisista tasokuvista ja kuljettaja näkee lopputuloksen selvemmin jo ennalta. Terän tai kauhan paikannus opastaa kuljettajaa tekemään tarkasti suunnitelman mukaista työtä. Koneenkuljettajat kokevat järjestelmät mielekkäiksi, roolinsa entistä itsenäisemmäksi ja vastuullisemmaksi. He ovat tietoisia siitä, että he ovat mukana muuttamassa ja kehittämässä rakennusalaan. (Nurminen, 2008, 18–19.)

Tulevaisuudessa tienrakennus aloitetaan maaston laserkeilauksella helikopterista. Näin luodaan kolmiulotteinen maastomalli, johon suunnittelija suunnittelee tien kolmiulotteisesti. Työmaalla kone ja kuljettaja toteuttavat suunnitelman 3D-suunnitelman perusteella, jossa ohjausjärjestelmä opastaa kuljettajaa suunnitelman mukaisesti. Lopuksi kone dokumentoi tehdyn työn ja laadun. Työn johto pystyy seuraamaan reaaliaikaisesti koneiden liikkeitä digitaalisesta kartasta ja näin optimoimaan työmaan toimintaa. (Ahlstén, 2003, 33)

Uuden tienrakennuksen ohella myös kunnossapito- ja kuntotutkimukset sekä parannustyöt ovat hyviä automaation käyttökohteita. Kuntotutkimuksia pystytään tekemään entistä paremmin, esimerkiksi maatumkauksen avulla. Tienparantamisen kustannuksia pystytään säästämään kohdistamalla työ oikeisiin kohtiin.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)



Kuva2. Puskukone varustettuna GPS-automaatiolla.(Novatron Oy verkkosivut[viitattu 28.2.2009])

Järjestelmät tuovat mullistavia muutoksia totuttuun ja perinteiseen maa- ja vesirakentamiseen, kun esimerkiksi osassa töistä on maastomerkinnoistä voitu luopua lähes kokonaan. Tämä ei kuitenkaan muuta mittausta tai sen osaamisen tarvetta vaan muuttaa sitä lähinnä toisentyyppiseksi.(Nurminen, 2008, 19.)

Uudenlainen tekniikka kiehtoo uusia alan ammattilaisia, mutta myös vanhemmat alan osaajat ovat kokeneet työkoneautomaation tuoneen uutta ulottuvuutta ja mielenkiintoa perinteiseen maarakennustyöhön. Koneyrittäjä saa tehostuneen työn myötä hyödyn, kun samassa ajassa voidaan tehdä enemmän laskutettavia yksiköitä. Työkoneautomaatio tukee myös tilaajien tarpeita ja tavoitteita. Työjäljen tarkentuessa sekä hukan vähentyessä jäljet näkyvät myös hintatasossa. Koneiden ja kuljetuskaluston aiheuttamat päästöt vähenevät myös.(Nurminen, 2008, 19–20.)

Työkoneautomaatio on tulossa jäädäkseen suomalaiseen rakentamiseen, ennemmin tai myöhemmin. Osittain olemme jääneet naapurimaitamme jälkeen ja ala tarvitsee uusia vetureita sekä motivaatiota että panostuksia kaikilta toimijoilta.(Nurminen, 2008, 20.)

Rakentamisen automatisointiin on potentiaalia myös talonrakennuksessa, mutta huomattavasti enemmän maarakennuksessa. Työt ovat talorakennustöitä useammin toistuvia samankaltaisia töitä sekä työ on pitkälti konevoimin tehtävää ja mekanisoitua. Nykyään on menossa jo toinen kehitysvaihe koneohjauksen maailmassa. Ensimmäiset järjestelmät tuntuvat jo kömpelöiltä ja raskailta.(Heikkilä & Jaakkola, 2005[viitattu 20.1.2009].)

Kaivukoneautomaation ja myös kaikkien muidenkin työkoneautomaatioiden seuraava kehityssuunta on koko työmaan toimintojen, kuten esimerkiksi työjohdon ja kuljetusten liittäminen samaan automaation piiriin, jolloin sitä voidaan tarkkailla yhdeltä päätteeltä. Toinen kehityssuunta on täysin automatisoitujen koneiden kehittäminen. Tässä tapauksessa koneet tekisivät yksinkertaisimpia töitä kokonaan ilman ihmisen ohjausta. Tämä saattaa olla hieman kaukaista vielä tällä hetkellä.(Ilmonen 30.1.2009)

3 KAIVUKONE JA SEN OHJAUKSEN OMINAISPIIRTEET

3.1 Yleistä

Kaivukone on vanhin maarakennuskone jolla on ollut ja on edelleen vahva merkitys maarakennustekniikassa. Kaivukone on mahdollista varustaa lukuisilla lisälaitteilla ja täten se on muuttunut pelkästä kaivutehtävästä työmaiden yleiskoneeksi, jolla voidaan rakentaa monia rakenteita alusta loppuun saakka.(Hartikainen, 2002, 44.)

Kaivukone jakautuu neljään perusosaan, joita ovat alavaunu, ylävaunu, puomisto ja työlaite. Alavaunun varassa kaivukone liikkuu ja työskentelee, ylävaunussa sijaitsevat moottori, hytti, hydraulipumput ja vastapaino. Kaivukoneiden käyttövoimana on yleensä dieselmoottori tai sähkömoottori, jälkimmäinen on käytössä yleensä erittäin suurissa tai kaivoksissa työskentelevissä kaivukoneissa. Lisälaitteita ohjataan hydraulisesti tietokoneen avustamana.(Hartikainen, 2002, 45.)

Kaivukoneet ryhmitellään usein liikkumistavan mukaan, yleisimpiä käytössä olevia ovat teloilla tai kumipyörillä liikkuvat kaivukoneet. Tela-alustaiset koneet soveltuvat hyvin pehmeälle tai kumipyöriä vahingoittavalle pohjamaalle. Niiden siirtonopeus on pieni, kun taas pyöräalustakone vaatii kovan pohjan liikkuaakseen, mutta suuren siirtonopeutensa ansiosta se on helppo siirtää paikasta toiseen.(Hartikainen, 2000, 45.)

Kaivukoneet voidaan ryhmitellä myös kaivutavan perusteella pistokaivu-, kuokkakaivu-, kahmarikaivu- sekä laahakaivukoneisiin. Kaivukoneen työpaino kuvastaa koneen tehoa ja työsaavutusta.(Hartikainen, 2002, 45.)

Kaivukoneen liikkeet toistuvat työkiertoina, joita ovat kauhan täyttö, kääntö, tyhjennys sekä kääntö. Muita toimintoja, joita kaivukone joutuu suorittamaan, ovat mm. siirtyminen, kuljetusvälineen vaihtumisen odotus, maa- aineksen irrotus, kivien ja

jäätyneen maan siirto sivuun sekä oman työskentelyalustan tasoittaminen.(Hartikainen, 2002, 47.)

Kaivukone on nykyään mukava ja hiljainen ohjaamoltaan. Hytissä on esimerkiksi ilmastointi, lämmityslaitteet ja raitisilmasuodattimet jotka tekevät kuljettajan olot melko hyviksi. Kaivukoneen ohjaus on tarkka, helppo ja kevyt esiohjauksen ansiosta.

Kaivukoneen lisävarusteita ovat erilaiset kauhat, esimerkiksi kuokkakauha, vesijohtokauha, kaapelikauha, ojakauha, luiskakauha sekä kauhanpyörittäjä, iskuvasara, tärylevy, pontiniskijä, pulveroijat, seulakauhat ja lisäksi erilaiset kourat ja harvesterikourat.

Kuvassa 3 on perinteinen tela- alustainen kaivukone, tyypiltään kuokkakaivukone, jonka työpaino on 22 tonnia, eli luokitukseltaan KKHt22. Merkintä tarkoittaa, että sen kaivutapa on kuokkakaivu, käyttötapa on hydraulikka, alusta on tela ja työpaino 22 tonnia.



Kuva3. Perinteinen tela- alustainen kaivukone

Perinteisen kaivukoneen lisäksi on olemassa kaivurikuormaimia sekä traktorikaivureita. Kaivurikuormaimet muistuttavat kaivupuolelta melko paljon pyöräalustaisia kaivukoneita, mutta ne eivät ole ympäripyöriä. Ohjauksen toteutustapana on yleensä runko- tai pyöräohjaus, joissain malleissa molemmat. Kaivurikuormaimen etuna on paitsi hyvä siirrettävyys, myös etupäässä oleva melkein pienen pyöräkuormaimen tehoinen kuormain.(Hartikainen, 2002, 48.)

Useimmiten koneet ovat nelipyörävetoisia joissa voimansiirto on toteutettu hydrostaattisesti. Traktorikaivuri on kaivurikuormaimen edeltäjä ja on kapasiteetiltään pienempi, mutta toimintaperiaatteeltaan samanlainen kuin kaivurikuormain.(Hartikainen, 2002, 49.)

3.2 Käyttökohteet

Kaivukoneiden käyttökohteita ovat lähinnä kaivu- ja kuormaustyöt, esimerkiksi kallio- ja maamassojen kaivu ja kuormaus leikkauksista ja varamaanottopaikoista, ojien ja jokien kaivu ja perkaus, raivausmaiden irrotus ja kuormaus sekä rumpukuoppien, rakennusperustusten ja viemärikanavien teko.(Hartikainen, 2002, 47.)

Kuivatus, leikkaus, pengerrys ja materiaalin vastaanottotyöt kuuluvat myös usein kaivukoneen työtehtäviin. Kuokkakauha on yleisin työskentelyväline, mutta vaativissa viimeistelytyöissä voidaan käyttää leveitä kauhoja ja erityistä kauhan pyöritys- ja kallistuslaitetta.(Heikkilä & Jaakkola, 2005[viitattu 20.1.2009])

Kaivukone on tehokas minkä tahansa maarakennustyömaan työkonenä, jonka työtehtävät ovat monipuolisia. Erilaisilla lisävarusteilla koneesta pystytään ottamaan paljon tehoa irti, eikä pienemmällä työmailla tarvita kovinkaan montaa muuta konetta kuin kaivukonetta.

Käyttökohteita ovat myös työt, jotka isommassa mittakaavassa tehdään erikoiskoneilla, kuten esimerkiksi pengermateriaalin vastaanotto (puskukone), pihojen ja kantavien kerrosten tasoitustyöt pienemmässä mittakaavassa (tiehöylä). Oikeastaan kaikki maarakennustyöt ovat kaivukoneen käyttökohteita. Kaikkia töitä on mahdollista tehdä

kaivukoneella. Kaivukonetta käytetään myös usein työmailla väliaikaisena nostokoneena.

Kaivukoneen käyttökohteet eivät muutu ainakaan oleellisesti, ehkä jopa lisääntyvät automaation käyttöönoton myötä. Kun automaatio on käytössä, voidaan sitä käyttää myös mittauslaitteena suunnittelijalle toimitettavan materiaalin keräämisessä sekä työn toteutumatiiedon keräämisessä.

3.3 Ohjauksen ominaispiirteet

Kaivukonesovelluksissa on jouduttu ratkaisemaan keskiakselinsa ympäri pyörivän kaivukonealustaisen laitteen kinemaattinen malli. 3D-malliin perustuva ohjaus edellyttää koneen asennon ja paikan reaaliaikaista mittaamista. Paikannusjärjestelmäksi vaaditaan esim. 2 GPS-antennia eli vastaanotinta ja kallistus- ja kulma- anturit rungon asennon mittaamiseen. Kaivukoneen rakenne sekä vaikeat työskentelyolosuhteet (pehmeät pohjamaat) aiheuttavat sen, että kaivukoneohjaus on melko hankalaa.(Heikkilä & Jaakkola, 2005[viitattu 20.1.2009]).

Kaivukone liikkuu myös usein työskennellessään, jolloin järjestelmän pitäisi pystyä määrittämään suuntansa joka hetki. Kaivukoneen ohjauksen ominaispiirteenä voidaan pitää myös sitä, että kuljettajalla säilyy suuri rooli koneen työskentelyssä silti, vaikka koneessa olisikin automaatio- ja paikannuslaitteet. Tilanne on eri kuin esimerkiksi tiehöylässä, jossa terän ohjaus on mahdollista antaa kokonaan automatiikalle. Kaivukoneessa kuljettaja mittaa ohjauslaitteilla, ollaanko oikeassa korossa, mutta muuten koneen ohjauksen hoitaa kuljettaja.(Leino 2.2.2009)

Kaivukoneen ohjauksen ominaispiirteenä voidaan pitää myös sen yleiskoneluonnetta, jolloin sen toiminnan kokonaan tai osittain automatisointi ei ole teknisesti tai taloudellisesti järkevää. Kaivukoneen järjestelmää voidaan pitää kuljettajaa opastavana, jossa kuljettaja ohjaa konetta täysin ja koneohjaus antaa mittaustietoa kuljettajalle.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Kaivukoneohjauksen ominaispiirre on myös kaivukoneen työnkuvan laaja kirjo, jolloin mahdollisimman monista töistä olisi saatavilla toimivia 3D-malleja. Jos kaivukoneen 3D-mallien käyttö rajoittuu vain tierakennustöihin se rajoittaa kaivukoneen ja järjestelmän tehokasta käyttöä ainakin pienemmissä yrityksissä, vaikka tietyömaat ovat parhaimpia työmaita 3D-järjestelmien käyttämiseen.

Kaivukoneohjauksen ominaispiirre on myös se, että kaivukonetta ei saada täysin automaattiseksi ainakaan nykytekniikalla, sillä kuljettajalla on koneen ohjauksessa suuri rooli. Kaivukoneen kuljettaja joutuu tekemään monta maalaisjärkeen perustuvaa ratkaisua jatkuvasti ja tähän ei mikään tietokone pysty, ainakaan vielä.

Olosuhteet vaihtuvat, tehtävä työ vaihtuu, tilannekohtaisia päätöksiä on tehtävä koko ajan. Tiehöylässä harvemmin on tällaisia ongelmia ja siihen koneen kalleuden ja järjestelmän kalleuden vuoksi on järkevää asentaa kokonaan automatisoivat järjestelmät, jolloin työn teho kasvaa merkittävästi. Kaivukoneen kuljettajan ammattitaidon ja tilannekohtaisen harkintakyvyn rooli pysyy suurena automatisoinnin jälkeenkin, kun taas tiehöylässä kuljettajan rooli helpottuu merkittävästi.

Täysin väärä käsitys on se, että automaatiojärjestelmät korvaisivat ammattitaitoisen kuljettajan. Kuljettaja päättää mitä tehdään ja seuraa vain ruudulta, missä mennään. Yksi automaation ominaispiirre on se, että työmaalle ei tarvita yhtään mittatikkua. Tällöin työjohdon rooli on hankala, kun näkee vain sen mitä on tehty mutta ei mittatikkua missään. Tähän tarkoitukseen olisi hyvä kehittää kämmenmikro, jossa ovat suunnitelmat ja joka paikantaa itsensä koneohjauksen tarkkuudella. Tällöin työjohdon olisi helppo automaatiotyömailla tarkastaa työtä ja seurata työn etenemistä ja oikeellisuutta.(Leino 2.2.2009)

4 KAIVUKONEOHJAUKSEN VAIHTOEHDOT

4.1 Kolmiulotteiset paikalleen mittaavat järjestelmät

Kaikki RTK-GPS- ja takymetrimittausjärjestelmät vaativat pohjaksi kaivussyvyysmittausjärjestelmän. Ilman sitä ei kauhan paikkaa pystytä paikallistamaan vaikka paikalleenmittausjärjestelmät koneen paikan pystyisivätkin mittaamaan. Syvyysmittausjärjestelmistä kerrotaan tarkemmin luvussa 4.2.1.

4.1.1 GPS- mittaus

GPS (Global positioning system) on alun perin kehitetty Yhdysvaltain armeijan käyttöön, mutta se on levinnyt myös siviilikäyttöön. Muita vastaavia ovat venäläinen GLONASS sekä eurooppalainen GALILEO.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

GPS-järjestelmän perustana ovat maapalloa kiertävät satelliitit, joiden lähettämää radiosignaalia voidaan vastaanottaa GPS-vastaanottimella. Signaali sisältää satelliitin sijainnin sekä kulkuajan. Signaalin kulkuajan perusteella voidaan laskea ns. vale-etäisyys vastaanottimen ja satelliitin välillä. Kun vale-etäisyyksiä on saatu tarpeeksi monta, eli noin neljä kappaletta, voidaan laskea vastaanottimen sijainti x-, y- ja z-koordinaatistossa. GPS-laitteilla hyvissä olosuhteissa saavutettava metrien tarkkuus ei sinällään sovellu koneohjauksen käyttöön.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Tarkkuuden parantamiseen voidaan käyttää tunnetulle pisteelle asetettua tukiasemaa eli referenssivastaanotinta. Tämän mittauksen perusteella voidaan määrittää virheitä paikannuksessa ja parantaa tarkkuutta huomattavasti. Menetelmää nimitetään differentiaaliseksi GPS-paikannukseksi eli lyhennettynä DGPS. Menetelmällä päästään parhaimmillaan kymmenien senttimetrien tarkkuuteen.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Työkoneiden ohjauksessa on tärkeää paitsi mittauksen tarkkuus myös mittausten tiheys ja reaaliaikaisuus, ja tähän tarpeeseen on kehitetty RTK-GPS- menetelmä (Real Time Kinematics). Tämä on kehitetty erityisesti liikkuvien koneiden paikannukseen. Näillä laitteilla päästään parhaimmillaan 10 Hz mittaustaajuuteen ja kahden senttimetrin mittaustarkkuuteen sekä useammalla antennilla voidaan määrittää koneen asento.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Tarkkuus perustuu korjaussignaalia lähettävään tukiasemaan joka pystytetään tunnetulle pisteelle. Geotrim Oy on rakentanut Suomeen kiinteän tukiasemaverkon, jota käytettäessä ei oma tukiasema ole välttämätön. Tukiaseman toiminta-alue on laaja, n. 20–30 km.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

GPS-järjestelmät ovat hyvä vaihtoehto työkoneiden ohjaukseen. Kahden senttimetrin tarkkuus riittää jo moniin maarakennustöihin. GPS-järjestelmien etuina ovat kattava toiminta- alue, riippumattomuus sääolosuhteista sekä laitteiden vähäinen siirtelyn tarve työn edistyessä. Huonona puolena ovat mittaustarkkuuden vaihtelut sekä esimerkiksi puiden ja rakennusten tuomat katvealueet. Koska GPS-laitteilla mittaus tapahtuu WGS84-koordinaatistosysteemissä, se täytyy muuntaa eurooppalaiseen KKJ-koordinaatistojärjestelmään ja tämä muunnos aiheuttaa myös helposti mittausrvirhettä.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

RTK-GPS on nykyisin eniten käytetty mittausjärjestelmä kaivukoneissa sen joustavuuden takia. Siinä näkemäesteet eivät aiheuta ongelmia mittauksen kannalta.(Ilmonen 30.1.2009)

Kuvassa neljä on kaivukone varustettuna GPS-laitteilla.



Kuva4. Kaivukone varustettuna yhdellä GPS- vastaanottimella. (Novatron Oy verkkosivut[viitattu 1.3.2009])

4.1.2 Takymetrimittaus

Takymetrin toiminta perustuu laseriin, vaikka se on optinen mittalaite. Takymetrit ovat olleet käytössä jo pitkään työmaiden paikalleenmittauksissa, mutta vasta nykyään niiden ominaisuudet ovat kehityksen myötä muuttuneet koneohjaukseen sopivaksi. (Ahlstén, 2003, 33)

Takymetrillä pystytään mittaamaan prisman sijainti x-, y- ja z-koordinaatistossa. Mittalaite pitää aluksi orientoida työmaan koordinaatistoon, jolloin se oman pisteensä tuntiessaan pystyy määrittelemään muiden pisteiden sijainnin ja korkeustason. Mittaus perustuu laserilla tapahtuvaan etäisyyden mittaamiseen sekä sisäisten kulma- anturien määrittämiin suuntakulmiin. (Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Koneohjauksessa käytetään ATS-takymetrejä (Advanced Tracking System), jotka on varustettu automaattisella prisman seurannalla, jolloin ne seuraavat ja mittaavat prisman sijaintia useita kertoja sekunnissa. Mittaustieto lähetetään työkoneen ohjausjärjestelmälle radiomodeemilla. Laitteet varustetaan myös toiminnolla, jossa

takymetri löytää prisman uudelleen lyhyiden näkemäkatkosten jälkeen.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Kuvassa 5 on takymetri pystytettynä.



Kuva5. Takymetri pystytettynä.(Scanlaser oy verkkosivut[viitattu 19.3.2009])

Hyviä puolia ATS- takymetrimittauksessa ovat mittauksen tarkkuus ja luotettavuus sekä virheen sattuessa sen helpompi paikantaminen GPS-mittaukseen verrattuna. Huonoina puolina laitteen toiminnan perustuminen optiseen näkemään eli näkemäesteiden esimerkiksi työmaaliikenteen aiheuttamat katkokset tai huonon sään aiheuttama puutteellinen näkemä.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Myös maksimimittausetäisyys rajoittaa toiminta-alueen 200:n metriin. Tästä syystä laitetta joudutaan siirtämään työmaan edistyessä eli työmaa vaatii tiheämmän kiintopisteverkon. Toiminta-alue sekä näkemäesteet myös rajoittavat kojeen sijoittamista työmaalle. Takymetrien paikannustarkkuus on huippuluokka, n. 2 mm vaaka- ja pystytasossa koneen liikkumisnopeuden ollessa 1 m/s.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Kaivukoneen työmailla yleensä parin senttimetrin mittaustarkkuus riittää, jolloin takymetrin tuoma huipputarkkuus ei pääse oikeuksiinsa. Kuljettajan tarkkuuskaan koneen ajamisessa ei yleensä ole millimetrin luokkaa. Takymetrin millimetritarkkuutta

ei tarvita kaivukoneissa. Tiehöylässä taas millimetrin tarkkuudella on merkitystä ja kun automatiikka hoitaa terän ohjauksen, siihen myös päästään.

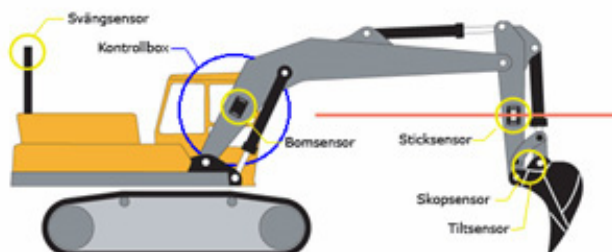
4.2 Yksi- ja kaksiulotteiset järjestelmät ilman paikalleenmittausta

4.2.1 Syvyysmittaus

Syvyysmittaus eli kaivukoneen perusmittausjärjestelmä sisältää kulma-antureita, jotka asennetaan kaivukoneen puomiin. Sensorit ovat painovoimatoimisia sensoreita, jotka reagoivat herkästi puomin liikkeisiin. Kaivukoneen perusmittausjärjestelmä mittaa kaivuun syvyyden, kaltevuuden sekä etäisyyden.(Scanlaser Oy verkkosivut [viitattu 27.1.2009].)

Järjestelmä mittaa syvyyden halutun nollasson mukaan. Nollassona voidaan pitää tunnettua pistettä, jonka päälle kauha lasketaan ja nollassaan tai tavallisen tasolaserin lähettämää sädetä, jonka kaivukoneen puomissa oleva säteen vastaanotin tunnistaa ja järjestelmä käyttää tätä nollassokorkeutena. Kaivukoneen anturointi on esitetty kuvassa 6.(Scanlaser Oy verkkosivut [viitattu 27.1.2009].)

Järjestelmään syötetään haluttu syvyys ja kaltevuus ja tämän jälkeen näyttö ilmaisee kauhan korkeuden haluttuun tasoon nähden. Järjestelmiä on saatavana yksikaade- ja kaksikaadejärjestelminä. Lisäksi on saatavana kallistuvan kauhan asennon mittaus.(Scanlaser Oy verkkosivut [viitattu 27.1.2009].)



Kuva6. Koneeseen asennettavat sensorit mittaavat koneen ja puomin asentoa. (Scanlaser Oy verkkosivut [viitattu 1.3.2009])

4.2.2 Laservastaanotin

Kaivukoneohjauksen yksinkertaisin muoto on yksi- tai kaksikaateinen pyörivä laser, jonka lähettämä säde vastaanotetaan kaivukoneen puomiin yleisimmin magneetilla kiinnitettävään vastaanottimeen. Vastaanottimessa on suuret merkkivalot näyttämässä korkeutta ja ohjaamassa kuljettajaa muuttamaan korkeustasoja oikeaan suuntaan. Joissain malleissa on mahdollista saada korkeuden näyttö kaivukoneen hyttiin asennettuna jolloin sen tarkkailu helpottuu.

Korkeuden määrittäminen tapahtuu yleisimmin asettamalla koneen kauha valmiiseen pintaan ja suuntaamalla vastaanotin lasersäteeseen. Kauhaa pidettäessä mittauksen aikana samassa asennossa, näyttää vastaanotin oikean korkeuden. Järjestelmän tarkkuus on hyvällä kuljettajalla n. 5 cm: n luokkaa.

Järjestelmään ei kuulu puomiantureita eikä sensoreita. Kaateiden mittaus tapahtuu ainoastaan kallistettavan lasersäteeseen asetettavan kallistuksen mukaan. Järjestelmällä on mahdollista tehdä tasaisia pintoja kahteen suuntaan kallistettuna, jos lähettävässä laserissa on säteen kallistus kahteen suuntaan

Järjestelmän hyviä puolia ovat sen yksinkertaisuus sekä edullisuus. Huono puoli on eri tasoissa työskentelyn hankaluus. Jos alueella on monta eri tasoa, jotka pitää muotoilla, korkeuden muuttaminen onnistuu ainoastaan vastaanottimen korkeutta muuttamalla. Huonoja puolia ovat myös virheen suuruus, vaatii näkemän laseriin sekä vastaanottimen asettaminen puomiin, joka on hankalaa letkujen ja putkien vuoksi. Parhaimmillaan järjestelmä on vesihuoltolinjojen kaivutöissä sekä isojen ja tasaisten kenttien karkeissa tasaustöissä.

5 KAIVUKONEEN OHJAUS

5.1 Toiminta

Kaivukoneen ohjauksen toiminta perustuu kauhan tarkan paikan mittaamiseen peruskoneeseen nähden. Kun mittaustekniikalla pystytään paikantamaan koneen keskikohta, anturointi siirtää mittaustiedon kauhan kärkeen. Anturien toiminta perustuu painovoimaan, mutta niiden sisällä ei ole liikkuvia osia. Ne ovat kooltaan pieniä ja näin sopivat esimerkiksi kauhan pikakiinnikkeeseen piiloon kolhuilta.(Ilmonen 30.1.2009)

Kauhassa tai pikakiinnikkeessä oleva anturi määrittää kauhan asentoa, kaivupuomissa oleva anturi määrittää kaivupuomin asentoa ja pääpuomissa oleva anturi määrittää järjestelmälle sen asentoa. Lisäksi koneessa on anturi kaivukoneen asennon määrittämiseen. Kun laitteisto on kalibroitu käyttökuntoon, se pystyy siirtämään koneen paikannuksen kauhan kärkeen.(Ilmonen 30.1.2009)

Koneen paikannus mahdollistetaan RTK-GPS-järjestelmällä jolla saavutetaan muutaman senttimetrin tarkkuus. RTK-GPS-järjestelmä tarvitsee tukiaseman tunnetulle pisteelle, josta se lähettää korjaussignaalia työkoneelle. Yhdellä tukiasemalla voidaan parantaa monen koneen tarkkuutta samanaikaisesti.(Ilmonen 30.1.2009)

Kun kone tietää kauhan sijainnin x-, y- ja z-koordinaatistossa, se pystyy vertaamaan sitä suunnitelma- aineistossa olevaan x-, y- ja z- koordinaatistoon, jolloin pystytään näytöllä osoittamaan kauhan tason ja suunnitelmassa halutun tason erotus. Kun laitteisto mittaa kauhan sijaintia muutaman kerran sekunnissa, koneen liikkeet tapahtuvat näytöllä reaaliaikaisina. Kaivukoneen kuljettaja pystyy seuraamaan näytöltä koneen sijaintia, kauhan sijaintia ja korkeutta suunnitelma-aineistoon nähden.(Ilmonen 30.1.2009)

Kun suunnitelmatieto on koneissa kolmiulotteisena tietona, järjestelmä pystyy mittaamaan ja lukemaan jokaisen pisteen kolmioidun alueen sisällä, koska jokaisella pisteellä on tällöin olemassa korkeus ja sijaintitieto.(Ilmonen 30.1.2009)

Kolmiverkon ulkopuolella olevaa pistettä ei ole mahdollista mitata, koska korkeustieto on olemassa vain kolmioverkon sisäpuolella. Tämä rajoittaa varsinkin erikoistilanteissa toimimista työmaalla, jos joudutaan esimerkiksi kiertämään kiviä tai kalliota vesijohtotyömaalla ja korkeustieto häviää kolmioverkon ulkopuolella.(Ilmonen 30.1.2009)

Kuvassa 7 on kahdella GPS-antennilla varustettu kaivukone.



Kuva7. GPS ohjattu kaivukone.(Scanlaser Oy verkkosivut[viitattu 19.3.2009].)

Aineisto voi olla myös linjamuotoisena, jolloin suunnitelma-aineisto on pelkkänä viivana näytöllä ja tällä viivalla on korkeus, mahdollinen kaltevuus, sijainti ja paalulukemat olemassa. Tässä tapauksessa korkeustieto ei ole sidottu tietylle alueelle vaan se on olemassa joka paikassa. Esimerkiksi vesijohtotyömaalla, jos joudutaan kalliota kiertämään, korkeustieto säilyy joka paikassa.(Ilmonen 30.1.2009)

5.2 Käyttömahdollisuudet

Kaivukoneohjauksen käyttömahdollisuudet ovat lähes rajattomat. Tärkein rajoittava tekijä on suunnitelma-aineiston saatavuus. Vaikka lähes kaikki suunnitelmat tehdään nykyään tietokoneella, niiden saaminen kolmiulotteiseen muotoon on hankalaa. Itse kaivukoneessa oleva järjestelmä ei rajoita sen käyttömahdollisuuksia. Kaivukoneohjauksen ja työkoneohjauksen yleisin käyttöalue on tierakennustyöt. Yhtä hyvin koneohjaus soveltuu niin vesihuoltolinjojen kuin erilaisten alueidenkin rakentamiseen.

Kaivukoneen mittausjärjestelmä toimii myös toisin päin eli kaivukoneella voidaan mitata pisteitä mielivaltaisesti ja ohjaustietokoneella luoda yksinkertaisia kaivumalleja. Voidaan esimerkiksi mitata kaksi pistettä, antaa niille kaivuun syvyys ja asettaa pisteiden välille kaltevuus, jonka mukaan voidaan esimerkiksi oja tai putki kaivaa.(Ilmonen 30.1.2009)

Mittausjärjestelmää voidaan hyödyntää myös monissa yksinkertaisimmissa kohteissa joissa ei ole mittautietoa ja malleja saatavilla. Tämä lisää huomattavasti pienemmän yrityksen automaation käyttömahdollisuuksia, kun sillä voidaan tehdä esimerkiksi talon pohja ilman suurempia erillisiä mittauksia, mikäli nurkkien koordinaatit ja perustamisen syvyys ovat selvillä. Järjestelmällä voidaan kerätä myös mittautietoa tietokoneen muistiin ja siirtää suunnitteluohjelmaan. Urakoiden toteutumamittaukset saadaan järjestelmän avulla.(Ilmonen 30.1.2009)

Vain mielikuvitus on rajana 3D-kaivukoneohjauksen käyttömahdollisuuksissa (Häggroth 9.3.2009).

6 SUUNNITELMA-AINEISTON YHTEENSOPIVUUS JA SIIRRETTÄVYYS

6.1 Yleistä

Suunnitelma- aineiston lähtötiedoksi tarvitaan maastomalli, joka nykypäivänä saadaan isommilta alueilta esimerkiksi helikopterista laserkeilaamalla ja pienemmiltä alueilta tarkalla GPS-mittauksella tai takymetrillä. Laserkeilauksen tuloksena saadaan esimerkiksi maanpinta, rakennukset ja puut yksinkertaisena 3D-mallina.(Heikkilä & Jaakkola, 2005[viitattu 20.1.2009].)

Pisteistä koostuvaan kolmiulotteiseen suunnitelmaan tarvitaan mahdollisimman yksinkertaista kuvaamistapaa, josta yleisimmin käytetty muoto on kolmioverkko. Kolmiointi yhdistää kolme pistettä samalla tasolla mahdollisimman yksiselitteisesti ja yksinkertaisesti. Kolmioverkko vaatii toimiakseen tiheän pistetiedon. Verkkoa voidaan tihentää tarkkuusvaatimusten suuretessa ja näillä keinoilla päästään riittävään tarkkuuteen maaston kuvauksessa.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

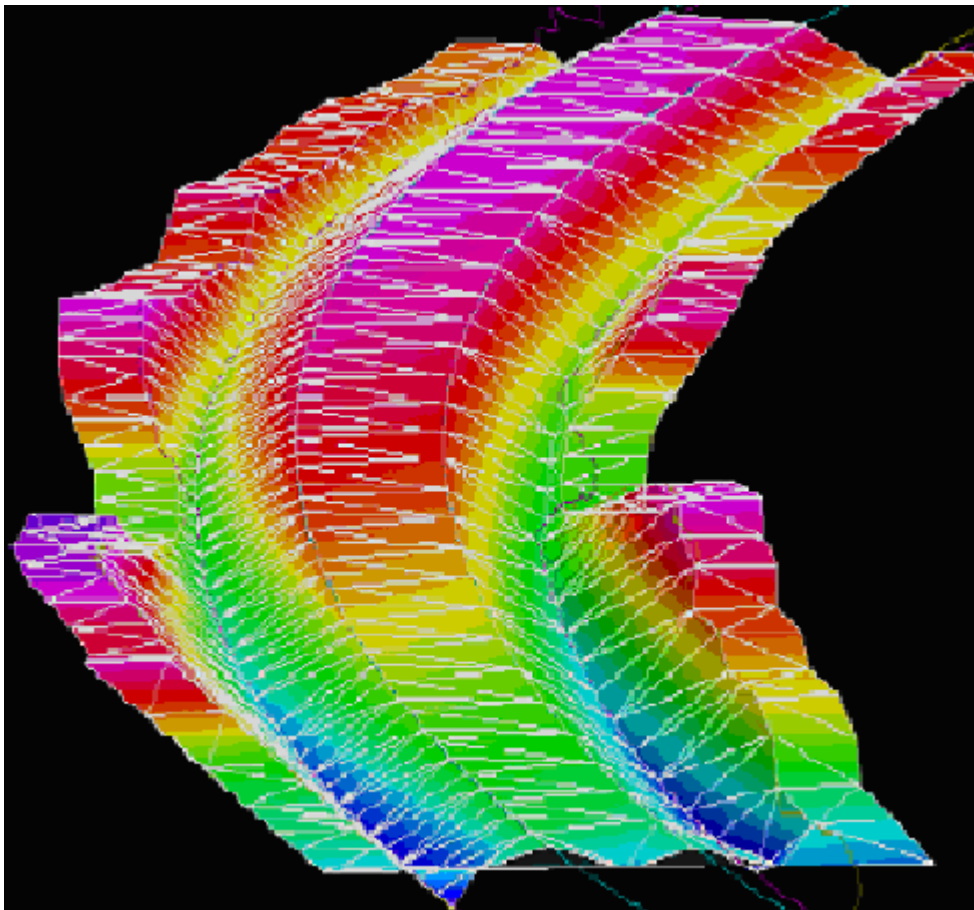
Poikkileikkausmenetelmässä tien rakennekerrokset kuvataan tien poikkileikkauksilla, jossa poikkileikkauksien väliset alueet kuvataan tien pituussuuntaan piirrettyillä viivoilla rakennekerrosten pinnasta. Tämä aiheuttaa epätarkkuutta, esimerkiksi poikkileikkausvälin ollessa 10–20 m, poikkileikkausten välillä.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Tietokoneella suunnitellut teiden mallit tallennetaan digitaaliseen muotoon, jossa niiden varastointiin ja siirtämiseen tarvitaan tallennusformaatti. Formaatti voi olla binääri- tai ascii-muotoinen, joista binäärimuoto on tilankäytöltään tehokkaampi mutta vaatii lukemiseen valmistajan lisensoiman ohjelman kun taas ascii-muoto sisältää suunnittelutiedon merkkeinä, jolloin sen avaaminen onnistuu lähes millä tahansa

tekstieditorilla. Ascii-muodossa rakenteen selvittäminen voi olla hankalaa.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Suunnitteluohjelmat tallentavat tiedot ilman yhtenäistä menetelmää. Vanhemmat ohjelmat käyttävät ascii-pohjaista tallennusta mutta nykyään suunta on enemmän kohti tietokantapohjaista hallintajärjestelmää. Tiedonhallinta tulee helpommaksi, pisteisiin asetettu tietomäärä voi olla suurempi sekä tietokannasta voidaan hakea tarvittavia tietoja. Koneohjausjärjestelmään voidaan tehdä malli, jossa on vain sen tarvitsemat tiedot.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Kuvassa 8 on kolmiulotteinen tien malli.



Kuva8. Kolmiulotteinen tien malli.(Jaakkola, 2005[viitattu 1.3.2009])

6.2 Yhteensopivuus

Nykyajan koneohjauslaitteistoilla pystytään käsittelemään oikeastaan kaikkea CAD-muotoista kuvaa, joka on DXF-muodossa tai LIN-muodossa. Ohjauspäätteen taustalla näkyy ihan perinteinen CAD-kuva, jolla kolmen suunnan koordinaatit ovat tiedossa. Tärkeää ei olekaan se, että millä ohjelmistolla suunnitelma on tehty vaan se, että missä formaatissa suunnitelmat ovat. Ohjauslaitteisto pystyy lukemaan minkä tahansa suunnitteluohjelmiston tuottamaa materiaalia, jos se on oikeassa formaatissa.(Ilmonen 30.1.2009)

Niin maastomallien kuin koko digitaalisen tiesuunnittelun ongelmana ovat lukuisat eri formaatit, joita eri suunnitteluohjelmistot käyttävät. Jos mallia joudutaan muuttamaan formaatista toiseen, osia saattaa muuttua tai koko malli saattaa kadota.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

6.3 Siirrettävyys

Suunnitelmatieto koneeseen saadaan joko muistitikulla tuomalla tai langattoman internetyhteyden avulla lataamalla. Tällä voidaan varmistaa, että työmaalla on aina uusimmat suunnitelmat käytössä, kun esimerkiksi joka aamu kuljettajat lataavat uudet kuvat palvelimelta. Jos laitteen käytössä tai toiminnassa ilmenee häiriöitä, etähuoltoyhteyden avulla saadaan yhteys kaivukoneen yksikköön internetyhteyden avulla.(Ilmonen 30.1.2009)

7 KAIVUKONEOHJAUKSEN SOVELTUVUUS PIENEN MAARAKENNUSLIIKKEEN KÄYTTÖÖN

7.1 Taloudellinen arviointi

Taloudellista etua järjestelmillä saavutetaan työn tehostumisen, laadun paranemisen ja materiaalisäästön myötä. Automatisoinnin tason järkevyyden riippuu paljon koneesta ja sen työtehtävistä. Parhaimmillaan automatisointi on toistuvissa työtehtävissä ja koneissa joiden työkirjo rajoittuu pienelle sektorille. Yleiskäyttöisille koneille järjestelmä on lähinnä lisävaruste, jolla saadaan tiettyä työvaihetta tehostettua.(Kilpeläinen ym. 2004[viitattu 20.1.2009].)

Kaivukoneen tuntilaskutushinta on melko alhainen ja näin ollen järjestelmissäkin olisi pyrittävä mahdollisimman edullisiin järjestelmiin (Heikkilä & Jaakkola, 2005[viitattu 20.1.2009]).

Työn tehostuminen on selvää, kun järjestelmä otetaan käyttöön. Alussa järjestelmän käytön opettelu ottaa aikaa, ennen kuin työ hallitaan kunnolla. Työn tehostumisella on enemmän merkitystä koneissa, jotka on tarkoitettu tekemään jotain tiettyä työtä esimerkiksi tiehöylä, jonka ainut työ maarakentamisessa on pintojen tasoitus teillä ja alueilla.

Varsinkin pienemmällä yrityksillä ja pienemmissä urakoissa samaa työtä ei ole kovinkaan paljon kerrallaan. Esimerkiksi maaleikkauksessa työn tehostumisella ei ole kokonaisuuden kannalta niin suurta merkitystä kuin suurissa projekteissa, joissa massojen määrät ovat huomattavasti suuremmat. Tehokkuuden kasvun määrällä on merkitystä silloin, kun automaatiokoneelle sopivaa työtä, esimerkiksi maaleikkausta, on paljon.

Automaatio lisää työn tehokkuutta, mutta miten se sitä lisää, se on monimutkainen asia. Se ei suoranaisesti vähennä kokonaisuuden kannalta mittamiesten työn määrää, se vaan muuttaa sitä erilaiseksi. Se myös nopeuttaa tarkemittausten tekemistä, jos tilaaja hyväksyy koneilla mitatut tarkkeet. Myös tilanteissa, joissa olosuhteet ovat huonot, esimerkiksi pimeällä, työn tehokkuus paranee paljon, kun ei tarvitse katsella korkeusmerkkejä.(Leino 2.2.2009)

Yksi vähemmälle huomiolle jäänyt asia kaivukoneautomaatiossa on työturvallisuus, joka paranee huomattavasti. Koneesta ulos ja sisään kulkeminen vähenee huomattavasti. Varsinaista mittausta työn tehokkuuden lisäyksestä ei ole tehty, mutta tehokkuus ehdottomasti kasvaa. Suurin taloudellinen hyöty järjestelmästä saadaan, kun työn tarkkuus paranee ja sen myötä rakennusmateriaalien hukkamäärät pienenevät. Suurin hyöty ainakin isoilla moottoritien leikkaustyömailla saavutetaan, kun ei leikata ylimääräistä.(Leino 2.2.2009)

Yksimastoinen RTK-GPS järjestelmä täydellisenä 20 tonnin kaivukoneeseen maksaa asennettuna n. 30000–35000 €. Hintaan lisäksi tulee työmailla tarvittava GPS tukiasema, jonka hinta on n. 15000 €. Tukiaseman voi myös vuokrata, jolloin sen kustannukset eivät muodostu kovinkaan suuriksi. Arvioinnin kohteena on yritys, joka tekee n. 200000 € maarakennusurakoita 5 kpl vuodessa. Mittaustyön osuudeksi urakkaa kohden on arvioitu 2500 € eli n. 45 tunnin mittaustyö. Apumiehen tuntien sekä koneen odottelutuntien säästökseen urakkaa kohti on arvioitu 1000 €.

Taulukko 1. Kaivukoneen yksimastoinen RTK-GPS-järjestelmän takaisinmaksuajan arviointi

Takaisinmaksuajan arviointi edellisen perusteella	
Järjestelmän hankintahinta	32000€
Mallinnohjelman hinta	3000€
Tukiaseman vuokra	200€/urakka
Mittaustyön hinta	2500€/urakka
Säästöt järjestelmän avulla	1000€/urakka
Säästöt urakkaa kohden	3300€/urakka
Säästö vuodessa	16500€/a
Järjestelmä säästänyt oman hintansa	2,1a

Taulukon laskelmassa oletetaan, että mallit tehdään itselle hankitulla ohjelmistolla, jonka hinta on arvioitu. Tukiaseman vuokra on arvioitu karkeasti. Laskelman järjestelmä on yksimastoinen, vaikka haastattelut toivat sen asian esille, että kaksimastoinen on käytännössä parempi, mutta yksimastoinenkin toimii hyvin. Laskelmassa ei myöskään ole otettu huomioon rahoituksen ja pääoman kuluja eikä järjestelmän jäännösarvoa. Säästöt itse työssä on arvioitu melko varovaisesti eikä siinä ole otettu huomioon materiaalien säästöjä ollenkaan, mutta silti järjestelmän takaisinmaksuajassa päästään kahteen vuoteen. Arviointi on melko karkea, mutta valottaa automaation tuomia kustannussäästöjä numeroiden muodossa.

Taloudellisessa mielessä järjestelmän hankinta edellä mainitun kokoiseen melko pieneen yritykseen on taloudellisesti kannattavaa, jos yrityksestä löytyy mielenkiintoa ja osaamista mallien teon ja yleisen mittausmekaniikan sekä tietotekniikan osalta. Yhteistyö mallinnuksen hallitsevan mittausyrityksen kanssa voi olla hyvä keino saada työ koneohjausmuodossa toimimaan. Kustannusten säästöt tulevat pitkällä aikavälillä. Järjestelmä ei tuo pienissä projekteissa suuria säästöjä nopeasti.

7.2 Työkantaan kohdistuva arviointi

Työn laadun osalta paras tulos saadaan, kun laitteita päästään käyttämään omilla urakatyömailla. Silloin laitteistojen tuoman tehokkuuden kasvusta pääsee hyötymään suoraan järjestelmän hankkinut urakoitsija. Jos pienemmän kaivukoneyrityksen työkanta koostuu lähinnä pienistä urakoista ja suurimmaksi osaksi tuntitöistä, ei 3D-järjestelmän hankintaan useinkaan ole perusteita. Järjestelmä on erittäin kallis, kolmasosa uuden kaivukoneen hinnasta. Jos järjestelmän käyttöastetta ei saada korkeaksi, sen tuomalla työn tehostuvuudella ei ole riittävää taloudellista merkitystä.

Järjestelmien kehittämisessä on pyritty käyttöasteen nostamiseen mahdollisia työkohteita lisäämällä. Sitä voidaan käyttää kolmioidun mallin ja linjamuotoisen aineiston kanssa. Mittaamalla pisteitä maastosta ja erottelemalla ne koodien avulla voidaan luoda oma pieni maastomalli. Laitteella voidaan tallentaa mikä tahansa piste osoittamalla se kauhalla tai syöttämällä koordinaatit ja antaa sille korkeus joko vähennettynä edellisestä korosta tai suoraan plus- korkeutena merenpinnasta. Tällä

ominaisuudella voidaan tehdä vaikka talonpohja ilman mitään erityisempiä erillisiä mittauksia. Riittää, että on kaksi talon nurkkaa merkittynä sekä korkeus annettuna.(Ilmonen 30.1.2009)

Kaivukoneautomaation yleistymisen kulmakivi on suunnitelmatiedon saatavuus. Suunnitelmat ovat kyllä sähköisessä muodossa, mutta koneenohjaukseen soveltuvien mallien saatavuus on huono.(Leino 2.2.2009)

Koneohjausmallien saatavuudella on myös suuri merkitys. Jos suunnitelmat olisivat kolmiulotteisessa muodossa helposti, ei järjestelmien käytölle pienemmissäkään urakoissa olisi mitään erityisiä esteitä. Jos työkanta koostuu pääasiassa urakoista, on järjestelmän hankinta kannattavaa, edellyttäen että mallinnus- ja mittaustekniikka on hallinnassa. Järjestelmän käyttöä voi täydentää myös pienemmillä työmailla urakkatyömaiden välissä, jolloin käyttöaste saadaan korkeaksi. Hyvät sopimukset isompien automaatiota käyttävien toimijoiden kanssa mahdollistavat pienemmälle urakoitsijalle luontevasti tilaisuuden hankkia koneohjausjärjestelmät.

7.3 Käyttöönotto

Laitteistojen asennus kestää yhden päivän, minkä jälkeen se on käyttökunnossa. Järjestelmän käytön opettelu sen sijaan kestää kauemmin ja tästä syystä työn tehon kasvu ei heti näy tuloksissa. Kun järjestelmä saadaan käyttöön ja kokemus opettaa käytön salat, niin tehon kasvu on huomattava.(Ilmonen 30.1.2009)

Järjestelmän käyttöönotto on melko yksinkertaista, mutta sen hienouksien oppiminen vie aikansa. Ellei laitetta tunne kunnolla, ei sen tehostakaan saa kaikkea irti. Järjestelmän käyttökunnossa pitäminen on vaativa tehtävä. Järjestelmän kalibrointi ja sen tarkkuudessa pysymisen tarkistaminen on tärkeää. Aluksi tarvitaan paljon tukea järjestelmän käytössä ja kaikkien tukiasemien käytössä ja koordinaattimaailman ymmärtämisessä. Koordinaattijärjestelmiäkin on useita, mm. monilla isommilla kaupungeilla omansa. Aluksi tarvitaan tarkemittauksia mittausyritysten kautta tarkistamaan työn laatua ja koneen mittausten tarkkuutta.

8 KYSELYN YHTEENVETO

Kysely kaivukoneohjauksen vahvuuksista ja heikkouksista toteutettiin lähettämällä sähköpostin liitetiedostona kyselylomake, johon vastaukset täytettiin. Tämän jälkeen tiedosto palautettiin lähettäjälle. Kysely lähetettiin viidelle laitevalmistajalle ja viidelle urakoitsijalle, jolla on koneohjaus käytössä. Vastaus tuli kolmelta laitevalmistajalta sekä yhdeltä urakoitsijalta. Seuraavassa on yhteenveto kyselyn tuloksista, joiden kyselylomake on liitteenä (LIITE 2).

Kaikki vastanneet olivat yhtä mieltä siitä, että koneohjaus tehostaa työtä. Työn laadun paranemisen ja työn mielekkyyden paranemisessa laitevalmistajat olivat yhtä mieltä, kun taas urakoitsija vastasi näihin kohtiin jonkin verran. On hyvä saada eri alojen mielipiteitä käyttökokemuksista esille. Urakoitsija katsoo asiaa enemmän käytännön työnteon kannalta.

Suunnittelutieto koneohjausmuodossa on vaikeasti saatavissa kaikkien vastanneiden mielestä. Tämä on nykyään suurin ongelma kaivukoneautomaation käytössä. Suunnittelutiedon siirto työmaan ja suunnittelijan välillä ei ollut vastaajien mielestä hankalaa. Kaivukoneautomaatio säästää jonkin verran kustannuksia työmailla vastanneiden mielestä. Tarkemittaukset onnistuvat vastanneiden mukaan koneautomaatiota käyttäen. Epäselvää on, että hyväksyvätkö tilaajat tämän käytännön.

Vastanneiden mielestä kuljettajan on mahdollista itse tehdä mittauksen aloittamis- ja lopettamistoimet. Nykyajan koneohjausjärjestelmissä on kehitetty paitsi mittausjärjestelmiä myös näyttöpäätteen käytettävyyttä ja havainnollisuutta. Näyttö on vastanneiden mielestä riittävän suuri, selkeä ja valoa heijastamaton.

Kaivukoneen ohjaus tarvitsee toimiakseen yhden GPS-antennin, mutta kahdella antennilla kone pysyy koko ajan suunnattuna, kun yhdellä antennilla konetta joudutaan pyörittämään hieman suunnan saamiseksi. Vastanneiden mielestä taloudellisesti paras

järjestelmä on 3D-järjestelmä vaikka yksi olikin 2D-järjestelmän kannalla. Kauhankallistajan käyttö 3D-järjestelmän kanssa on mahdollista.

Enemmistö oli sitä mieltä, että koneohjausmallien kehittämiseksi tarvittaisiin kehittyneempiä menetelmiä. Suunnittelujärjestelmien ja ohjausjärjestelmien kehittämisessä keskitytään vieläkin jonkin verran vastanneiden mielestä omiin suljettuihin järjestelmiin. Tiesuunnitelmista jalostetaan koneohjausjärjestelmiin tarvittavat mallit erillisissä CAD-sovelluksissa. Siinä, onko linjojen ja massojen laskenta sekä kustannusten vertailu työlästä, oli vastauksissa melko paljon hajontaa.

Vastanneet kertoivat koneohjauksen parhaiden puolien olevan työn nopeutuminen, työn laadun paraneminen, työn luotettavuuden paraneminen. Kustannussäästöt etenkin pitkällä aikavälillä sekä työmaamittauksien vähentyminen oleellisesti olivat vastanneiden mielestä myös koneohjauksen parhaita puolia. Urakoitsijan näkökulmana asiaan tuli, että kaivetaan aina oikeasta paikasta ja oikeita määriä. Tämä on tärkeää sekä kustannusten kannalta että työmaan työn sujumisen ja työn lopputuloksen kannalta.

Koneohjauksen ongelmakohdiksi vastaajat kertoivat metsäisessä maastossa työskentelyyn, jossa katveet estävät GPS-mittauksen onnistumisen, 3D-suunnittelun puutteellisuudet, suunnitelma-aineiston saatavuuden koneohjausmuodossa, 3D-suunnitelmapmallien yhtenäisyyden eri toimijoiden välillä (formaattit) sekä joissain tapauksissa Suomen olosuhteet. Suunnittelussa ei vielä tehdä 3D-suunnittelua ja kaikki tehdään vielä suurimmaksi osaksi paperille tasokuvina. Jos suunnittelussa siirryttäisiin 3D-suunnitteluun ainakin maarakennuksen osalta päästäisiin asiassa paljon eteenpäin myös koneohjauksen kannalta.

Kaivukoneohjaus soveltuu kaikille työmaille, joissa on 3D-suunnitelmatietoa saatavilla, parhaimmillaan työmaille joissa on paljon tarkemittausta ja kohteiden kartoittamista. Automaatio soveltuu myös pieniin ja keskikokoisiin projekteihin, kunhan koko ketju toimii (suunnittelu, asemointi, dokumentointi), kaikenlaisten kenttien ja alueiden tekemiseen, tietöihin, erilaisten vallien rakentamiseen, pyöreiden altaiden teko yms. Eli kohteissa joissa suunnittelu, rakentaminen ja dokumentointi on sovitettu yhteen, niin

siellä koneohjaus toimii parhaiten ja tuottaa parhaiten tulosta kun kaikki sopivat yhteen toistensa kanssa. Tässä tapauksessa kaikkien toimiessa ei kohteen koolla ole niin suurta merkitystä.

Kaivun dokumentointimahdollisuuksia ovat tehdyn alueen mittausmahdollisuus, tarkemitat, pintojen mittaus (maastomalli), pistetiedon kerääminen, jota voidaan luokitella koodien avulla, kartoitetut pisteet voidaan siirtää suunnittelijalle jatkokäsittelyä varten. Kone toimii myös työmaalla hyvänä mittauslaitteena, josta saadaan mittaustietoa suunnittelijan käyttöön. Koodien avulla voidaan pisteet erotella suunnittelijan tarpeisiin.

9 PÄÄTELMÄT

Tämä työ loi hyvät puitteet perehtyä koneohjaukseen syvemmin kuin muuten olisi ollut mahdollista. Työn puitteissa oli mahdollista päästä haastattelemaan alan asiantuntijoita ja saada arvokasta tietoa koneohjauksen nykytilasta. Tarkoituksena oli tehdä työstä tietopaketti, josta muutkin asiasta kiinnostuneet saisivat lisää tietoa koneohjauksesta.

Työkoneautomaatio on jo tätä päivää, ei enää tulevaisuutta. Työmaita tehdään jo paljon automaation avulla ja määrä kasvaa koko ajan. Kaivukoneautomaatio tehostaa työtä, mutta pienelle yritykselle suurin hankinnan sysäys olisi, että suurten rakennuttajien vaatimuksiin tulisi koneautomaation käyttö rakennuskohteissa.

Myös isot rakennusyhtiöt käyttäessään pienempiä koneurakoitsijoita työmaillaan voisivat edistää automaation yleistymistä. Tilaaja eli iso rakennusliike voisi huolehtia suunnitelma-aineiston saatavuudesta, koska heillä on usein suunnitteluosaamista omasta takaa. Koneurakoitsija voisi hankkia koneohjauslaitteet sopimuksen pohjalta, joka takaa töitä pitemmälle aikajaksolle. Silloin suunnitelma-aineiston saatavuus olisi taattu sekä pienempi koneurakoitsija pääsisi hyödyntämään ohjausta työmailla ja tilaaja saisi myös hyödyn yhteistyöstä. Koneurakoitsijat ja isot rakennusyrietykset voisivat tehdä paljonkin yhteistyötä tällä saralla.

Koneautomaation yleistyminen vaatii paitsi työn tehostumista, laadun paranemista, materiaalien säästöä, mittausten vähenemistä, myös henkilöitä urakoitsijoiden puolelta, jotka ottavat asian omakseen. He perehtyvät alan tekniikkaan ja mahdollisuuksiin sekä selvittävät asioita ja toimivat yhdyshenkilöinä alan kehitysprojekteissa tuomassa urakoitsijoiden näkökulmaa kehitykseen.

Uusi tekniikka tuntuu monesta varsinkin vanhemman polven maarakentajasta monimutkaiselta ja vaikealta. Uusi sukupolvi, joka on pienestä asti ollut tekemisissä monenlaisten tietokoneiden kanssa, pääsee helpommin sisälle koneohjaukseen ja asia tuntuu heistä melko helpolta.

Koneautomaatio tulee yleistymään, jos ei suurten tilaajien auttamana, niin uuden sukupolven astuessa maarakennusyritysten johtoon. Koneautomaation yleistymisessä tulee käymään kuin monessa muussakin uudessa laitteessa maarakennusalalla. Aluksi ne ovat kalliita ja niitä ei ollut varaa hankkia kuin muutamilla urakoitsijoilla, mutta ne hiljaa yleistyivät ja nykyään ovat jo arkipäivää.

Kaivukoneautomaation hankintaan on jo nykyään olemassa perusteet niin taloudellisesti kuin toimivuudenkin kannalta. Suurin kaivukoneautomaation hankintaa vastustava asia on suunnitelmien formaattien kirjavuus. Monilla suunnitteluohjelmilla on oma suljettu formaattinsa, jossa muodossa suunnitelmat tuotetaan ja sitä ei pysty lukemaan kuin saman ohjelmistovalmistajan laitteilla. Kehittämisen mahdollisuuksia olisi myös suunnittelun saralla, jossa voitaisiin enemmän siirtyä jo suunnittelussa 3D-maailmaan. Tällöin myös koneohjauksen suurin ongelma, suunnitelmien saatavuus koneohjausmuodossa, helpottaisi jonkin verran.

Suunnitteluohjelmistoja on useita erilaisia, niiden yhteensovittaminen on vaikeaa ja juuri tässä tarvitaan nuorta ja innostunutta väkeä. Osa laitevalmistajista kertoo laitteiden olevan jo niin kehittyneitä, että ne pystyvät käsittelemään melkein mitä tahansa käytössä olevaa formaattia.

Pienelle maarakennusyritykselle paras tilanne olisi, jos omassa yrityksessä olisi kaikki mahdollista omasta takaa. Pystyttäisiin tekemään itse koneohjausmallit suunnitelmien pohjalta sekä toteuttamaan ne koneohjauslaitteilla mitaten. Tällöin saataisiin paras hyöty laitteista. Ohjauslaitteet ja mallinnusohjelmistot sopisivat yhteen ja työ olisi sujuvaa.

Automaation hankinnalle on perusteet myös pienemmille maarakennusyrityksille, jos yrityksestä löytyy sitoumusta ja halua toimia koneohjauksen maailmassa. Aluksi järjestelmien kanssa toimiminen on hankalaa mutta käytön opetteluun ja harjaantumisen jälkeen saavutetaan etu muihin kilpailijoihin nähden. Uusimmalla tekniikalla toteuttaminen saattaa kiinnostaa myös tilaajia.

Järjestelmän tuoma kustannussäästö tulee pitkällä aikavälillä. Pienissä projekteissa ei saada suuria säästöjä hetkessä automaation hyödyntämisellä. Järjestelmän kalliin hinnan vuoksi on pienen maarakennusyrityksen sitouduttava pitkäjänteiseen työhön sekä melko suureen investointiin automaatioon satsattaessa, jotta kustannussäästöjä ja etua muihin kilpailijoihin saadaan aikaiseksi.

Kaivukoneohjaus ja kaivukoneautomaatio ovat hieman harhaanjohtavia nimityksiä kyseisille järjestelmille varsinkin kaivukoneiden maailmassa, kun kaivukoneen ohjaus ei ole automaattista eikä järjestelmä ohjaa kaivukonetta. Esimerkiksi tiehöylissä voidaan puhua automaatiosta, kun kyseessä on kokonaan terää ohjaava järjestelmä eli automaatio ohjaa terää kokonaan eikä kuljettajan tarvitse muuta kuin ohjata koneen kulkusuuntaa.

Kaivukoneiden osalta asia ei ole näin eikä näin ollen voida puhua automaatiosta. Paremmiin kuvaaviin nimiin olisivat esimerkiksi kaivukoneen 3D-mittausjärjestelmät tai kaivukoneen kuljettajan ohjausjärjestelmä.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet

Ahlstén Matti, 2003, Älykkäät koneet uudistavat tierakennuksen, Tekniikan näköalat 3/2003, 32–33.

Hartikainen, Olli-Pekka, 2002, Maarakennustekniikka, Helsinki: Otatieto Oy

Nurminen, Pasi, 2008, Automaatiosta arkipäivää rakentamisessa, Tierakennusmestari 4/2008, 18–20.

Sähköiset lähteet

Heikkilä Rauno, Jaakkola Mika, 2005, Johdatus tierakentamisen automaatioon, Tiehallinnon selvityksiä 61/2004,[viitattu 20.1.2009]. Saatavissa <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200915-vjohdatustienrakautom.pdf>

Jaakkola Mika, 2005, 3D- mallit työkoneita ohjaamaan, Älykkään rakentamisen koulutusiltpäivä 20.10.2005 seminaarin esitysaineisto, Rakentamisteknologian tutkimusryhmä, Oulun Yliopisto[viitattu 1.3.2009]. Saatavissa <http://oci oulu.fi/OuluConstructionInnovations/Tiedostot/%C3%84lykk%C3%A4%C3%A4n%20rakentamisen%20koulutusiltp%C3%A4iv%C3%A4/3D%20mallit%20ty%C3%B6koneita%20ohjaamaan.pdf>

Kilpeläinen Pekka, Nevala Kalervo, Tukeva Pirkka, Rannanjärvi Leila, Näyhä Tuomo ja Parkkila Tommi, 2004, Älykäs tietyömaa- tierakennuskoneiden modulaarinen ohjaus, Espoo, Otamedia Oy, [viitattu 20.1.2009]. Saatavissa <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2255.pdf>

Novatron Oy, verkkosivut, [viitattu 28.2.2009]. Saatavissa www.novatron.fi

Scanlaser Oy, verkkosivut, [viitattu 1.3.2009]. Saatavissa www.scanlaser.fi

Haastattelut

Häggroth, Peter, toimitusjohtaja. Haastattelu 9.3.2009. Scanlaser Oy

Ilmonen, Mikko, tuotepäällikkö. Haastattelu 30.1.2009. Novatron Oy.

Leino, Ilkka, rakennuspäällikkö. Haastattelu 2.2.2009. Skanska Oy

Muut

Paitsola, Janne, 2009, Työkoneiden 3D-ohjaus-nykytilanne ja tulevaisuuden haasteita, seminaari (esitysaineisto), INFRA RY Urakointipäivät, Vantaa, 5.-6.2.2009.

Kysymykset laitevalmistajille:

Minkä suunnitelma-aineiston kanssa laite on yhteensopiva?

Mikä tarkkuus laitteistolla saavutetaan ammattikuljettajan avulla?

Jos suunnitelma- aineisto on jossain muussa muodossa, onko se mahdollista saada sopivaan muotoon ja minkä ohjelman se vaatii?

Onko olemassa kevyempiä vaihtoehtoja 3D rinnalle ja miten ne toimivat?

Mikä on täydellisen 3D varustelun hinta n. 20 t kaivinkoneeseen

Onko käytettävän kauhan oltava aina sama vai täytyykö laite kalibroida uudelleen kauhan vaihtuessa?

Toimiiko laite säässä kuin säässä?

Kumpi nykyään on parempi kaivukoneen ohjauksessa, takymetri vai GPS paikannus?

Miten tiedonsiirto suunnittelijan ja työmaan välillä onnistuu?

Mitä laitteita tarvitaan kaivukoneeseen asennettavien osien lisäksi?

Mihin töihin järjestelmät soveltuvat?

Onko mahdollisesti mitattua tietoa tehokkuuden kasvusta?

Mitä mieltä yleensä alan kehitysnäkymistä?

Kysymykset urakoitsijoille:

Onko työkoneautomaatio tuonut tehokkuutta työsuoritteisiin?

Ovatko suunnitelmat helposti saatavilla työkoneeseen sopivassa muodossa?

Onko tarkemittaus mahdollista työkoneen mittausjärjestelmällä ja hyväksyykö tilaaja tämän käytännön?

Ovatko koneenkuljettajat innostuneita asiasta?

Onko työn tarkkuus ja työjälki parantuneet ohjauksen käyttöönoton jälkeen?

Onko automaatiota käytetty muissa kuin tienrakennustöissä ja jos on niin miten se on niihin soveltunut?

Mikä automaation käytössä on ollut parasta ja mikä hankalinta?

Mikä oli suurin motivoija järjestelmän hankintaan?

Onko mitattua tietoa mahdollisesta tehokkuuden kasvusta?

Mitä mieltä yleensä alan kehitysnäkymistä?

Kysymykset opinnäytetyöhön liittyen

Työn aihe:Kaivukoneautomaatio ja soveltuvuus pienille yrityksille

Tekijä: Sami Jalonen Turun AMK

Voitte laittaa minkä merkin tahansa haluamaanne vastauskohtaan, vaihtoehtoja on neljä. Lopussa on neljä omin sanoin kysymystä. Kiitos vastauksistanne!
Vastausvaihtoehdot

		Kysymykset:			
		Kyllä	Jonkin verran	Melko vähän	Ei
1	Tehostaako kaivukoneautomaatio työtä?				
2	Parantaako kaivukoneautomaatio työn laatua?				
3	Parantaako kaivukoneautomaatio työn mielekkyyttä?				
4	Onko suunnittelutieto saatavissa helposti koneohjausmuodossa?				
5	Parantaako kaivukoneautomaatio työturvallisuutta?				
6	Säästääkö kaivukoneautomaatio kustannuksia työmailla?				
7	Takymetrin kyky seurata prismaa on luotettava kaikissa olosuhteissa				
8	Kuljettajan on mahdollista tehdä mittauksen aloittamis ja lopettamistoimet				
9	Näyttö on riittävän suuri, selkeä ja valoa heijastamaton				
10	Tarkemmittaus onnistuu koneohjausta käyttäen				
11	Pyörivän kauhankallistajan käyttö mahdollista 3D- ohjauksessa				
12	3D- toimivuus on taattu vaihtelevissa olosuhteissa, esim. pehmeillä maapohjilla				
13	Kaivukoneen taloudellisesti paras järjestelmä on	1D	2D	3D	
14	Kaivukoneen paikannuksessa tarvitaan 2 GPS- antennia				
15	Suunnitelmatiedon siirto suunnitteluohjelmasta työmaalle on työlästä				
16	Suunnittelujärjestelmien ja työkonoiden ohjausjärjestelmien kehittämisessä keskitytään vieläkin omiin suljettuihin järjestelmiin				
17	Tiesuunnitteluohjelmissa vaihtoehtoisten linjojen ja massojen laskenta sekä kustannusten vertailu on työlästä				
18	Pohjarakennustöiden koneiden koneohjausmallien kehittämiseksi tarvittaisiin kehittyneempiä mallinnusmenetelmiä ja malleja				
19	Tiesuunnittelamista jalostetaan koneohjausjärjestelmiin tarvittavat koneohjausmallit erillisissä työmaan mittaus ja koneohjaus CAD- sovelluksissa				

Omin sanoin:

1	Koneohjauksen parhaat puolet
2	Koneohjauksen ongelmakohtat
3	Kaivukone 3D- ohjauksella soveltuu parhaiten
4	Mitkä ovat kaivun dokumentointimahdollisuudet