

Riki Sundberg

Uusi teknologia infrarakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriytyö

27.3.2013

Tekijä(t) Otsikko	Riki Sundberg Uusi teknologia infrarakentamisessa
Sivumäärä Aika	34 sivua 27.3.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentaminen
Ohjaaja(t)	tuntiopettaja Tuomas Jokipii tuotantopäällikkö Eila Hägg
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kaikkia uusia tekniikoita, joilla pystytään tehostamaan infrarakentamista. Tänä päivänä ollaan siirtymässä kovaa vauhtia perinteisistä menetelmistä, joita on hoidettu paperilla ja käymällä kokouksissa, sähköiseen ja nopeasti käyttäjän päätteelle päivittyvään tietoon, jolloin tiedonsiirto on huomattavasti tehokkaampaa.</p> <p>Tietotekniikkapuolella projektipankit ja pilvipalvelut mahdollistavat kaikille projektin osapuolille nopean tiedonvaihdon. Sähköinen arkistointi on kriittistä tulevaisuuden sukupolvia ajatellen sekä myös koneohjaus on yleistymässä Suomessa muuttaen maansiirtokonekuljettajan ja mittamiehen työnkuvaa suuresti sekä vähentäen ylিকাivun määrää. Mahdollisimman monen asian automatisointi nopeuttaa työmaiden toimintaa, mutta tarkoittaa myös sitä, että monien tulee oppia paljon uutta lisää.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin kuinka paljon uutta on tulossa lähivuosina, kuinka paljon niissä riittää opittavaa ja kuinka ne tulevat muuttamaan Zaidankadun tapaisia maarakennustyömaita taloudellisesti tehokkaampaan suuntaan, ottaen huomioon kaikki hankkeen osapuolet ja ympäristön. Tämä säästää yhtiöltä ja kumppaneilta resursseja sekä on ympäristöystävällisempää.</p>	
Avainsanat	Teknologia, automaatio, koneohjaus, tietomallinnus, projektipankki

Author(s) Title	Riki Sundberg Modern technology in infrastructure construction
Number of Pages Date	34 pages 27 March 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Environmental Construction
Instructor(s)	Tuomas Jokipii, Lecturer Eila Hägg, Production Manager
<p>The purpose of this thesis was to study the modern techniques which could enhance construction of infrastructure. In the recent years we have been moving fast away from the traditional methods, which have been using papers and personal meetings, to faster, electrical methods which allow faster information transfer.</p> <p>Project banks and cloud services make fast data transfer possible for all parties of the project. Data archiving is critical for the future generations and satellite machine control is becoming more common in Finland, altering the job description of excavator drivers and surveyors, and making the excavation process more efficient by eliminating over-excavation.</p> <p>This thesis studies how much new is coming in the next few years, how much we need to learn in order to make use of them and how they are going to change infrastructure construction sites like Zaidankatu into more economically efficient projects, taking into account all of the project partners and the environment.</p>	
Keywords	Technology, automation, machine control, building information modeling, project bank

Sisällys

Lyhenteet

1	Terminologia	1
1.1	Infrastrukturi	1
1.2	Tekniikka ja teknologia	1
1.3	Taloudellinen tehokkuus	2
2	Johdanto	3
3	Kirjallisuuskatsaus uudesta teknologiasta infrarakentamisessa	3
3.1	Tiedonhaku aiheesta uusi teknologia infrarakentamisessa	3
3.2	Zaidankadun työmaa	4
3.2.1.	Hankkeen lähtökohdat	5
3.2.2	Hankkeen toteutus	5
3.2.3	Zaidankadun rakentamiseen käytetty teknologia	7
3.2.4	Hankkeen tavoitteet	8
3.3	Uudet tekniikat	9
3.3.1	Tekniikoiden jaottelu	9
3.3.2	Abstraktit tekniikat	9
3.3.3	Konkreettiset tekniikat	13
4	Yhteenveto	26
4.1	Suomen panostus infrarakentamiseen	26
4.1.1	Tulevaisuuden näkymät	27
4.2	Zaidankadun rakentaminen uudella teknologialla	29
4.3	Oman oppimisen arviointi	29
	Lähteet	31

Lyhenteet

- GPS Global Positioning System. Yhdysvaltain puolustusministeriön kehittämä ja rahoittama satelliittipaikannusjärjestelmä. Yleensä puhekielessä viittaa kaikkiin satelliittipaikannusjärjestelmiin, vaikkakin oikea termi siihen on GNSS. [1]
- GNSS Global Navigation Satellite System. Reaaliaikainen satelliittipaikannusjärjestelmä. [2 s.16]
- GLONASS Global Orbiting Navigation Satellite System. Venäläisten omistama satelliittipaikannusjärjestelmä. [3]

1 Terminologia

1.1 Infrastrukturi

Yhteiskunnan infrastrukturi eli perusrakenne muodostuu niistä palveluista ja rakenteista, jotka mahdollistavat yhteiskunnan toiminnan. Infrastrukturi jakautuu sosiaaliseen ja tekniseen infrastruktuuriin. [4]

Sosiaalinen infrastrukturi sisältää julkiset ja yksityiset palvelut. Teknisen infrastruktuurin piiriin kuuluvat liikenneverkot, energiahuollon verkostot, jätehuolto, vesihuolto (vedenotto, -puhdistus ja -jakelu, sade- ja jätevesiviemärit sekä jäteveden puhdistus), tietoliikenneverkot sekä niin sanottu sinivihreä infrastrukturi eli viher- ja vesialueet. Lisäksi infrastruktuuriin kuuluvat rakennukset, satamat, lentokentät sekä nykyiset sähköiset ohjelmistot ja palvelut ja näiden yhdessä muodostamat verkostot. Infrastruktuurin omistus ja ylläpito voi olla yksityistä tai julkisen vallan käsissä. [4]

Infrastrukturi (latinaksi ”infra” eli jonkin alla oleva, alusrakenne) on pohjana oleva rakenne, johon laajempi ja moninaisempi toiminta tukeutuu. [5]

Suomalaisen yhteiskunnan kehitys voidaan ajatella sarjana eri vaiheita: vuosisadan alussa painopisteenä oli tuotannollis- tekninen infrastrukturi (esimerkiksi rautatiet, tiestö, viemäri-, juomavesi- ja puhelinverkostot). Seuraavana vuorossa olivat koulu- ja terveydenhoitojärjestelmät, sosiaaliset palvelujärjestelmät ja sosiaalista yhdenmukaisuutta lisäävät erilaiset tulonsiirtomekanismit. Nykyisin tuo luotu kokonaisuus on pidettävä koossa yhteiskunnan poliittisilla päätöksillä. Uuden rakennettavan infrastruktuurin painopiste on siirtynyt tietoverkostoihin, samalla kun valmiiksi luotuja parannellaan ja kunnostetaan. [4]

1.2 Tekniikka ja teknologia

Teknologia on yhteisnimitys joukolle tietyn alan tekniikoita. Voidaan puhua esimerkiksi metallienjalostusteknologiasta, jolloin siihen sisältyy kaikki ne tekniikat, joilla metalleja rikastetaan ja jalostetaan mineraaleista metalleiksi. [6]

Teknologia on erilaisiin työkaluihin, koneisiin, tekniikoihin, käsitöihin, järjestelmiin ja organisointimenetelmiin liittyvää muokkausta, valmistusta, käyttöä ja tietoa jonkin tietyn ongelman ratkaisemiseksi, olemassa olevan ratkaisun parantamiseksi, päämäärän saavuttamiseksi tai tietyn toiminnan suorittamiseksi. Se voi myös viitata kokoelmaan jossa on tiettyjä työkaluja, koneita, muutoksia, järjestelyjä tai menettelyjä. Eri teknologiat vaikuttavat merkittävästi ihmisen sekä muiden eläinlajien kykyyn hallita ja sopeutua niiden luonnolliseen ympäristöön. [7]

Teknologian etymologisessa alkuperässä yhdistyvät klassisen kreikan sanat tekhnē, joka merkitsi vapaiden miesten työtä ja taitoja, sekä logos, joka merkitsi tietoa, oppia ja perustaa. [6]

1.3 Taloudellinen tehokkuus

Tehokkuus taloustieteessä merkitsee sitä, että preferenssit toteutuvat mahdollisimman hyvin jollain taloudellisella järjestelyllä, eli että hyvinvointi on suurin mahdollinen, eli että ei tuhlaata resursseja eikä ole tarpeetonta kitkaa. Taloustieteessä tehokkuudella tarkoitetaan Pareto-tehokkuutta, ellei muuta sanota. Se liittyy aina ihmisten välisiin sopimus- ja muihin suhteisiin. Tehokkuus on kuviteltu tila, jossa esimerkiksi henkilöyhtiön yhtiösopimusta ei voida muuttaa niin, että ainakin yksi yhtiömies hyötyy eikä kukaan toinen kärsi. [26]

Esimerkiksi työntekijöiden tuottavuuden lisääminen ei tarkoita yksinomaan kovempaa työtahtia, jonka seurauksena työntekijä ns. palaa loppuun eikä kykene enää tekemään entiseenkään malliin töitä, vaan se voidaan myös saavuttaa työhyvinvoinnin parantamisella ja uupumisen ehkäisyllä. [26]

Tehokkuus on luonteva näkökulma ihmisten kokonaishyödyn tarkastelussa. Yleisen edun toteutumiseen ei riitä, että yksi onnistuu lisäämään hyötyään. Yhden hyötyminen läpäisee Pareto-tehokkuuden kriteerin, jos muutkin saavat hyötyä tai kukaan ei ainakaan kärsi haittaa. [26] Rakennusprojektissa useat osapuolet pyrkivät samaan tavoitteeseen; projektin päättymiseen mahdollisimman taloudellisen tehokkaalla tavalla, ottaen huomioon myös ympäristön yhtenä yhtiösopimuksena, jota ei voida laiminlyödä.

2 Johdanto

Insinööriytyö tehdään Staran Läntiselle kaupunkitekniikalle Zaidankadun työmaata seuraten. Olin töissä työmaalla työmaavastaava Osmo Ehrlundin avustajana vuonna 2012 huhtikuusta lokakuuhun ja samoihin aikoihin aloitin insinööriytyön teon. Ohjaajina toimivat Metropolian Agricolankadun toimipisteeltä tuntiopettaja Tuomas Jokipii ja Staralta tuotantopäällikö Eila Hägg.

Stara eli Helsingin kaupungin rakentamispalvelu on kaupungin oma palveluntuottaja, joka rakentaa ja hoitaa katuja, puistoja, luonnonmukaisia alueita, korjaa rakennuksia ja tuottaa logistiikan sekä teknisen alan palveluja. Staran arvoihin kuuluvat asukaslähtöisyys, taloudellisuus, yrittäjämielisyys, turvallisuus, oikeudenmukaisuus ja ekologisuus [23]. Stara jakautuu viiteen eri yksikköön; geopalvelu-, kaupunkitekniikka-, logistiikka-, rakennustekniikka- ja ympäristöhoitoyksikköön. Työskentelyaikani Staran kaupunkitekniikan yksikkö jakautui neljään ilmansuuntaan, mutta lopetettuani organisaatio muuttui ja nykyään tilalla ovat yksiköt Rakentaminen 1 (ent. Läntinen), Rakentaminen 2 (ent. Pohjoinen) ja Rakentaminen 3 (ent. Itäinen). [24]

Työn idea alkaa kiinnostuksestani uuteen tietotekniikkaan ja sen hyödyntämiseen työnteossa. Tietokoneet ovat alkaneet pikkuhiljaa vallata kaikkia aloja, tehostaen erityisesti tiedon tallentamista ja lajittelua. Huomattuani, kuinka monet alat ovat tämän ansiosta todella mullistuneet viimeisen 20 vuoden aikana, halusin tutkia infrarakentamisen tulevaisuuden mullistuksia seuraavan vuosikymmenen aikana.

Tarkoituksena on tutkia Zaidankadun työmaalla työelämän erilaisia käytänteitä sekä työmaan kehittämistarpeita yhteistyössä työmaan asiantuntijoiden kanssa. Tavoitteena on kerätä ja koota uutta tietoa taloudellisesti tehostavista tekniikoista yhtiölle.

3 Kirjallisuuskatsaus uudesta teknologiasta infrarakentamisessa

3.1 Tiedonhaku aiheesta uusi teknologia infrarakentamisessa

Tässä insinööriytyössä on käytetty kotimaisia sekä ulkomaisia lähteitä internetistä ja kirjallisuudesta, yhtä tutkimusta sekä haastatteluja useilta kehittäjiltä InfraExpo 2012 -messuilta ja messujen jälkeen puhelimitse ja sähköpostien kautta. Tiedonhaku aloitet-

tiin Eila Häggin avustuksella huhtikuussa 2012 Zaidankadun työmaan alkaessa. Tiedonhakuun käytettiin mm. Metropolian oman kirjaston hakukonetta MetCat:ia, Googlen hakukonetta ja julkaisuarkisto Theseusta.

3.2 Zaidankadun työmaa

Hankkeen nimi on Zaidankatu, pysäköintialue, Meilahdentien kiertoliittymä ja Paciuksenkadun yhdistetty jalankulku- ja pyörätie välillä Meilahdentie ja Tukholmankatu. Sijaintina on Meilahden kaupunginosa. Rakennushanke käsittää Zaidankadun, sen viereisen pysäköintialueen, Meilahdentien kiertoliittymän ja Paciuksenkadun kevyen liikenteen järjestelyt välillä Meilahdentie - Tukholmankatu. [25]

Rakennushanke perustuu Meilahden liikuntapuiston alueelle laadittuun asemakaavan muutokseen, joka mahdollistaa opetus- ja tutkimustoimintaa harjoittavan Biomedicum in toimitilarakentamisen toimitilarakennus-korttelialueelle Paciuksenkadun lounaispuolella Meilahden liikuntapuiston alueella. Zaidankatu on kaavan mukainen uusi katu, joka korvaa nykyisen, Meilahden liikuntapuistoon johtavan ajoneuvo- ja kevyen liikenteen yhteyden. Uuden ajoyhteyden leveys on 6,5 m ja kevytliikenneväylän 4,0 m. Erotuskaistan leveys on 0,5 m. Kadun viereiselle pysäköintialueelle sekä kadun päähän sijoitetaan henkilöautojen pysäköintipaikkoja noin 70 kappaletta, kaksi invalidipaikkaa sekä kaksi linja-autopaikkaa. [25]

Paciuksenkadun varteen rakennetaan kaksi metriä leveä pyörätie, joka erotetaan ajoradasta metrin levyisellä erotuskaistalla. Jalkakäytävä rakennetaan kolme metriä leveänä ja se erotetaan pyörätiestä puurivillä ja pensasistutuksilla. Istutuskaistan leveys on viisi metriä. Kadun länsipäässä pyörätie ja jalkakäytävä ovat vierekkäin, kunnes erkanevat puurivin molemmille puolille tontille rakennettavan rakennuksen kohdalla. [25]

Kaavamuutoksella on vaikutusta myös muihin alueella oleviin laitteisiin ja varusteisiin. Toimitilarakennus-korttelialueen läpi kulkee yksityinen liikuntaviraston vesijohto ja sekavesiviemäri joka täytyy siirtää kadun alle. Myös Paciuksenkadun suuntainen korttelialueelle jäävä sadevesiviemäri sekä Elisan betonikanaali siirretään Paciuksenkadun reunaan. Allergiasairaalan puoleiselle puistoalueelle on toteutettu väliaikainen pinta-asennettu kaukolämpölinja, joka on tarkoitus tämän hankkeen yhteydessä korvata uu-

della kadun alle rakennettavalla kaukolämpölinjalla. Lisäksi kadulle toteutetaan normaalit vesihuoltolinjat, katuvalaistus sekä sähkö- ja puhelinkaapelit. Paciuksenkadun kevyen liikenteen väylän leventäminen aiheuttaa siirtotarpeen katuvalaistuksen ja raitiovaunujen sähköistyksen yhteiskäyttöpölyväille. [25]

3.2.1. Hankkeen lähtökohdat

Asemakaavassa on varattu toimitilarakennus-korttelialue Biomedicum 3:n rakentamista varten. Tontille sekä liikuntapuistoon ajoa varten tarvitaan uusi katu, koska nykyinen ajoyhteys jää toimitilarakennus-korttelin alle. Zaidankadun suunnittelun yhteydessä on ollut käytössä Biomedicum 3:n esisuunnitelma, jonka mukaan kadun taso on määritetty yhteistyössä suunnittelijoiden kanssa. Lisäksi suunnittelussa on huomioitu varaus huolto- ja pysäköinnin ajoyhteystunnelille Zaidankadun alitse Meilahden sairaalan tunnelista Biomedicummin kellarituloihin. [25]

Zaidankadun varteen sijoittuvalle pysäköintialueelle on HUS:in toimeksiannosta rakenteilla Meilahden sairaalan maanalaisten tilojen ajoyhteys. Tunnelin ajoyhteys liittyy Zaidankatuun 100 m:n pituisella avo-osuudella ja tämän jälkeen ajoyhteys jatkuu 70 m pitkänä betonirakenteisena tunnelina ennen kalliotunneliosuutta. Betonitunneliosuus kulkee Zaidankadun päässä olevan pysäköintialueen alitse. [25]

3.2.2 Hankkeen toteutus

Hankkeen toteutus tapahtuu kahdessa vaiheessa.

Ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan:

- Zaidankatu pysäköintialueineen ja vesihuoltojärjestelmineen.
- Meilahden kiertoliittymä ja Paciuksenkadun liittymä.
- Paciuksenkadun linja-autopysäkki.

Rakentaminen tapahtuu tässä järjestyksessä:

1. Stabilointi-työt

Stabiloitaessa huomioidaan tunnelihankkeen kallioankkureiden sijainnit ja toiminnassa olevat vesihuoltolinjat. Sekavesiviemärien jatkaminen tunnelikaivannosta mahdollista sen jälkeen kun stabilointi on lujittunut kuukauden ajan. [25]

- Zaidankadun muut vesihuoltotyöt (sis. louhintatöitä).
 - Zaidankadun katurakenteet, kaukolämpö, putkitukset, valaisinjalustat.
2. Kun tunnelin maatyöt on saatu päätökseen:
- Paikoitusalueen vesihuolto.
 - Paikoitusalueen katurakenteet, kaukolämpö, putkitukset, valaisinjalustat.
3. Kun tunnelityömaalla louheen ajo on loppunut Zaidankadun kautta:
- Zaidankadun tukimuurin ja portaiden rakentaminen.
 - Meilahdentien kiertoliittymän muutostyöt.
 - Paciuksenkadun liittymä.
4. Kun vesihuollon työt on saatu valmiiksi ja toiminta testattua:
- Rakennetaan kaivo Jv 17, jolloin nykyinen käytöstä poistuva seka-vesiviemäri ja vesijohto poistetaan käytöstä ja tulpataan.
5. Vapaasti valittavissa oleva rakentamisajankohta:
- Paciuksenkadun pysäkin muutostyöt.
 - Tulvareitin rakentaminen.

Työmaajärjestelyt:

- Mississipinraitti on suljettu tunnelityömaan ja Seurasaarentien väliseltä osuudelta.
- Liikuntapuiston asiakaspysäköinti tapahtuu tunnelityömaan edustalla.
- Tilapäinen jalankulkuyhteys liikuntapuistoon tapahtuu Mississipinraitin takana olevan kallion kautta.
- Huolto- ja vip-ajo liikuntapuistoon eteläkautta Mississipinraitia pitkin.

Toinen vaihe käsittää Paciuksenkadun linja-autopysäkiltä lähtevän jalankulku- ja pyörätien rakentamisen Tukholmankadun liittymään asti. Toinen vaihe ajoittuu toimitilarakennuskortteliin rakennettavan Biomedicum 3 rakentamisen yhteyteen. [25]

Toinen rakennusvaihe sisältää:

Rakennusvaiheen 2 työt tulee aloittaa noin kahdeksan kuukautta ennen kuin Biomedicum 3:n työmaa käynnistyy. Paciuksenkadun yhdistetty jalankulku- ja pyörätie sekä johtosiirrot toteutetaan seuraavassa järjestyksessä:

- Zaidankatu pysäköintialueineen ja vesihuoltojärjestelmineen.
- Johtosiirrot:
- Yhteiskäyttöpylväiden siirto (työn kesto noin 1 kk).
- Sähkö- ja Soneran kaapeleiden siirrot. Huom. sähköverkon oltava toiminnassa koko työn ajan (Allergiasairaalan sähkönsyöttö).
- Elisan betonikanaali (työn kesto 4,5 kk).
- Huleveden runkolinja.
- Pyörätien rakennekerrokset.
- Jalkakäytävän rakennekerrokset siten, kun Biomedicummin rakennetyöt valmistuneet ja maatyöt käynnissä.
- Istutukset, verhoilu.

3.2.3 Zaidankadun rakentamiseen käytetty teknologia

Zaidankadun työmaalla oli käytössä hankkeen alussa työmiehinä kolme apumiestä ja yksi etumies. Kuorma-autoina toimivat kolme sora-autoa. Maansiirtokoneina toimivat kaksi ympäripyörivää kaivinkonetta, toinen niistä oli 19-tonninen Case Poclain 988 pyöräalustalla ja toinen tela-alustainen 24-tonninen Volvo EC240. Kummassakaan kaivinkoneessa ei ollut käytössä mitään erityislaitteita. Työmaan sisäistä kuljetusta sekä mm. tukikohdasta veden tuontia varten oli käytössä lava-auto Fiat Ducato, jonka lavaan oli asennettu pieni nosturi. Painavien ja isojen tavaroiden, kuten putkien ja aitojen siirtämiseen oli käytössä Palfinger PK 16503 -kuorma-auto kuormausnosturilla. Työmiehet käyttivät tarvittaessa piikkaustöihin Makita HR4011 -piikkauskonetta. [25]

Mittausmiehet saapuivat paikalle pakettiautolla ja käyttivät mittaustyövälineinä Geotrim Trimble S6 robottitakymetriä jolla he hakivat mittatikkujen paikat prisman avulla. Työmiehillä oli omina mittaustarvikkeina työkaluvarastossa kaksi putkilaseriala Quante QL-150D ja QL-125D sekä tasolaser Quante QL-320HS ja laservastaanotin. [25]

Koska siirretyn maan tulee olla tiiveydeltään kohtalaisen tiivistä eikä löyhää, käytössä oli erilaisia täryttimiä. Maan tiivistämiseen käytettiin 460-kiloista kahteen suuntaan kulkevaa Mikasa MVH-403 -maantiivistäjää ja pienempää yhteen suuntaan kulkevaa 96-kiloista CP KMR11 -tärymallia. Käyttöön tuli pari kuukautta myöhemmin myös melkein 2,5-tonninen valssijyrä, Volvo DD22, jossa ei ollut mitään ihmeempiä tiiveysmittareita kojelaudassa. [25]

Zaidankadulla räjäytystöistä aiheutuneita tärinöitä tarkasteltiin internetistä käsin. Tärinämittareita asennettiin louhintapaikasta katsottuna melkein jokaiseen ilmansuuntaan n. 50–300 metrin päähän mm. Meilahden liikuntakeskuksen tanssisaliin, Allergiasairaan tunneliin ja Meilahden yläasteen läheisyyteen. Tärinätiedot saatiin melkein välittömästi (2-10 minuutin viiveellä) räjäytyksen jälkeen näkyviin internet-sivustolta. Tämä säästi räjäytystyön johtajan ja panostajan vaivaa, kun tiedettiin välittömästi, että räjähdykset eivät aiheuttaneet lainkaan vahinkoa läheisiin rakenteisiin tärinöiden ollessa niin pieniä. Tärinämittarit toimivat täysin ongelmitta, eikä huoltoa tai tarkastuksia tarvittu. [25]

3.2.4 Hankkeen tavoitteet

Kadun tulee täyttää toiminnallisesta katuluokastaan määräytyvä liikennetehtävänsä halutulla tavalla. Kadulla tulee olla liikennetehtävänsä mukainen liikenteenvälityskyky, liikkumisen tulee olla mahdollisimman sujuvaa kaikille kadun käyttäjille ja turvallista erityisesti liikenteen haavoittuvimpien osallisten kannalta. Jalankulun esteettömyys tulee varmistaa, jotta myös liikuntarajoitteiset ja -esteiset voivat liikkua kadulla suuremmitta vaikeuksista. Kadun tulee tukea sen varrella olevaa maankäyttöä ja toimintoja. Kadun tulee mahdollistaa asiointi kiinteistöissä ja niiden tarvitsemat huolto- ja muut kuljetuspalvelut. Katutilan mitoituksen ja liikennejärjestelyjen tulee olla yhdenmukaiset ja jatkuvat koko kadulla. Kadun tulee olla monikäyttöinen ja liikennejärjestelyiltään joustava, jotta se voidaan tarvittaessa sopeuttaa tilapäisiin ja pysyviin maankäytön ja liikenteen muutoksiin. [30, s. 12] Zaidankadun on tarkoitus luoda sujuva liikenneyhteys ja

toimiva ajoneuvojen pysäköintitila tulevia Biomedicum tutkimus- ja opetuskeskuksia ja Meilahden liikuntakeskusta varten.

3.3 Uudet tekniikat

3.3.1 Tekniikoiden jaottelu

Koska erilaisia tekniikoita infrastruktuurin suunnitteluun ja rakentamiseen liittyen on monenlaisia, selvyys vuoksi ne on eroteltu abstrakteihin, eli käsitteellisiin, ja konkreettisiin, eli aineellisiin, keinoihin. Käsitteellisellä tarkoitan enemmänkin, kuinka paljon fyysisesti työssä liikkuu asioita. Työtä voidaan tehdä joko liikuttamalla suuria asioita ja konkreettisesti aikaansaada muutoksia, tai edesauttaa näitä töitä suunnittelemalla. Suunnittelussa ja esim. projektipäiväkirjan teossa ei tapahdu suurta energian vaihtoa, mutta ne ovat silti äärimmäisen tärkeitä osia itse työn teon osalta. Muutama näistä on poikkeus tekniikan yhdistäessä saumattomasti molempia tapoja jolloin sitä ei pysty selvästi luokittelemaan vain jompaankumpaan, vaan enemmänkin molempiin. Ensimmäinen tapaus, tietomallinnus ja koneohjaus ovat kaksi saman kolikon eri puolta, vaikka tietomallinnus-puoli tapahtuu tietokoneilla bittiavaruudessa, niin koneohjaus on täyttä fyysistä työtä kun nämä suunnitellut pisteet siirretään todellisuuteen.

3.3.2 Abstraktit tekniikat

3.3.2.1 Sähköinen arkistointi

Kestävää kehitystä ajatellen on jatkuvasti tärkeämpää, miten hankkeen tiedot ovat tallessa. Tulevia mahdollisia ongelmia ja viimeistään välttämätöntä uudelleenrakentamista varten muidenkin kuin työmaan työntekijöiden tulee saada tietää, mitä työmaalla tuli aikoinaan tehtyä. Valinta vaikuttaa helpolta: maksaako varaston täyttämistä paperilla ja ylläpitokustannuksista vai valitako tietoturvallinen sähköinen arkistoratkaisu, joka mahdollistaa vaivattoman ja käyttäjäoikeuksin rajatun haun murto-osalla kustannuksista. Silti monissa yrityksissä Suomessa sähköinen arkistointi on vasta lapsenkengissä.

Sähköisellä arkistoinnilla on mahdollista säilyttää kaikkia asiakirjoja kompaktissa tilassa isojen paperikansioiden sijasta. Asiakirjat ovat myös helposti haettavissa, mikäli arkis-

topuu on selkeä ja huolella tehty. Tämä mahdollistaa helpon käsiksi pääsyn tietoihin vuosiakin hankkeen päättymisen jälkeen. Dokumentteja on mahdollista selata fyysisesti useasta eri paikasta ja monta henkilöä pystyy selaamaan niitä yhtä aikaa. Tämä yhdistettynä tietomallisuunnitteluun mahdollistaa kaikkien hankkeen osapuolien täydellisen ajan tasalla pysymisen. Lisäksi sähköinen arkistointi parantaa myös tietoturva, silloin kun arkistojen sähköinen salausta tehdään huolella. Salaamattoman aineiston riskinä on sen sijaan aineiston helppo ja nopea kopiointi – jälkiä jättämättä. [10]

Tiedon tulee säilyä sähköisessä arkistossa käytettävänä ja ymmärrettävänä. Kopiointi tulee suorittaa oikein valitulle tallennevälineelle, joka on varastoitu oikeanlaiseen ympäristöön. Oikein suoritettulla kopioinnilla pyritään varmistamaan asiakirjojen luettavuus myös tulevaisuudessa. Asiakirjojen sisältämän tiedon tulee säilyä ehyenä koko elinkaaren ajan. Tiedon eheydellä tarkoitetaan nimenomaan sen muuttumattomuutta syötön, käsittelyn, tiedonsiirron ja arkistoinnin ajan. Sähköiseltä arkistolta vaaditaan kykyä säilyttää tieto muuttumattomana laitteisto-, ohjelmisto- ja tiedonsiirtovirheiden sattuessa. [12, 63.]

Staralla oli Zaidankadun suunnitelmat tallessa Staran intranetissä. Tämä oli käytännössä yhtiön sisäinen pilvipalvelu, mutta suunnittelijoilla ei ollut sinne suoraa yhteyttä. Sähköisen työmaapäiväkirjan tapaista ohjelmaa suunniteltiin Zaidankadulla käytettäväksi, mutta se oli vielä projektin aikana toteutettu erityisesti puisto-osaston käyttöön, jolloin sitä ei katupuolella juuri pystytty hyödyntämään. Suunnitelmissa oli myös toinen ohjelma erityisesti suunniteltu mobiilikäyttöön, mutta siitäkään ei ollut vielä suurta hyötyä Zaidankadun hankkeessa. Tällainen ohjelma pääsee todelliseen hyötykäyttöön vasta jonkin aikaa hankkeen päättymisen jälkeen, ja päästessään se voi säästää todella paljon resursseja. Järjestelmä, joka yhdistettynä kännykkään jolla pystyisi ottamaan kuvia työmaalta ja lisätä kuvaan kommentin - paikka ja aika tallentuisivat automaattisesti - auttaisi todella paljon sitä henkilöä, joka joskus tulevaisuudessa tulee paikalle ja yrittää selvittää, mitä kaikkea maan sisälle on rakennettu.

3.3.2.2 Projektipankki

Nykypäivänä projektien eri tehtävät ovat jaettu aliurakoitsijoille ja aliurakoitsijoiden aliurakoitsijoille. Hankkeen piirustuksiin ja muihin tietoihin käsiksi pääsy nopeasti voi tämän takia olla vaikeaa. Kaikkien osapuolten tulisi tietää toisen toiminta reaaliaikaisesti,

sekaannukset uusien ja vanhojen suunnitelmien kanssa voivat olla tuottaa suuria taikaiskuja.

Projektipankkipalvelu tarjoaa projektien ja dokumenttien informaation hallintaan projektipankkiratkaisun, jossa tiedon jäljitettävyyys, elinkaarenhallinta ja järjestelmän monipuolisuus ovat tärkeitä ominaisuuksia. Tällainen pilvilaskenta-periaatteella toimiva tietopankki mahdollistaa muun muassa:

- Projektin kaikki dokumentaatio on yhdessä yhteisessä ja tietoturvalisessa paikassa.
- Projektin eri osapuolet pysyvät tiedon jaon osalta koko ajan reaaliajassa ja aina ajan tasalla.
- Muutosten tekeminen on hallittua ja helposti seurattavissa.
- Muutosten seurantaraportit lähetetään automaattisesti käyttäjien henkilökohtaiseen sähköpostiin.
- Piirustusluettelon tekeminen onnistuu suoraan järjestelmästä.
- Sähköinen kilpailutus on mahdollista.
- Tiedon laadun parantuminen ja tiedon jakamisen helpottuminen.
- Sähköinen tarkastusasiakirjan ja työmaapäiväkirjan ja niiden tarkastus-, kuittaus- ja hyväksyntämahdollisuus.
- Tarkastusasiakirjaan ja työmaapäiväkirjaan voidaan liittää vapaasti esim. valokuvia, niitä voidaan hakea, ne voidaan tarvittaessa avata viranomaisille tai niitä voidaan linkittää keskenään.
- Tehokas hakutyökalu projektin dokumentaatioon, myös tiedostojen sisällöstä.
- CAD-kuvien (DWG/DXF, HP-GL/2) selailu ja tulostusmahdollisuus erillisellä tiedostojen katseluohjelmalla.
- Yhteinen projekti-informaation hallintatyökalu mahdollistaa yhteiset toimintatavat.
- Ei tiedostokoko tai -muoto rajoituksia.
- Projektin jälkeinen kiinteistötiedon hallinta kokonaisvaltaisesti.
- Kopiolaitosliittymän kautta kopiotilaukset hoituvat tehokkaasti ja helposti sekä käyttäjällä on myös usean eri kopiolaitoksen käyttömahdollisuus samassa hankkeessa.
- Näistä seuraa alentuneet dokumentaation käsittely- ja jakelukulut.

Tiukkaan aikatauluun sidottu rakennushanke edellyttää, että tiedonsiirto rakennushankkeen eri osapuolten välillä on tehokasta ja luotettavaa. Tähän tarkoitukseen on kehitetty tiedonhallintajärjestelmä nimeltään projektipankki. Tiedon ja dokumenttien määrän kasvaessa projektipankeista on tullut tärkeä osa rakennusteollisuuden tiedonsiirtoa ja dokumentointia. [11]

Ensimmäiset projektipankit ovat tulleet käyttöön jo 1990-luvun loppupuolella yritysten sisäisinä tiedonhallintajärjestelminä, mutta erilliseksi liiketoimeksi projektipankit ovat tulleet vasta viime vuosikymmenen aikana. Suomessa ensimmäiset projektipankit tulivat markkinoille 2000-luvun alkupuolella. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta projektipankkien palveluntarjoajina toimivat nykyään kopiolaitokset. [12]

Projektipankki on palvelinkirjasto, johon voidaan varastoida digitaalinen aineisto, sähköiset asiakirjat ja suunnittelutiedot. Projektipankin hyöty korostuu rakennusprojekteissa, joissa on mukana useampia osapuolia kuten suunnittelutoimistoja, jolloin tarvitaan nopea ja helppo tapa siirtää informaatiota suunnittelijalta toiselle. Projektipankin käyttöön ei tarvita erillisiä ohjelmistoja tai laitteita, koska projektipankkisovellus on rakennettu palveluntarjoajan omalle palvelimelle, jota käytetään internetin välityksellä. Projektipankkia voi periaatteessa käyttää kaikilla selaimilla ja käyttöjärjestelmillä. [12]

Zaidankadun hankkeessa suunnittelijat ja Stara kommunikoivat sähköpostin kautta. Aliurakoitsijoihin pidettiin yhteyttä enimmäkseen puhelimen kautta. Tämä oli toimiva ratkaisu, mutta mikäli hankkeessa olisi ollut useampi osapuoli työstämässä, sähköpostit olisivat voineet mennä pahasti sekaisin vastausten ja kysymysten seassa jolloin pahimmassa tapauksessa muutos suunnitelmissa jää täysin huomioimatta. Projektipankki voisi tällaisessa tilanteessa olla todella suuri apu esim. uusimpien suunnitelmien jakamiseen ja niiden kommentoimiseen.

3.3.2.3 Maapörssi

Maapörssi Oy on maa-aineiden kierrätyspörssi, joka toimii Suomessa yksityisten ja julkisten yritysten ylijäämä maa-aineksien tarjousten, tarjouspyyntöjen ja yhteystietojen välittäjänä. Se toimii kuin ilmoitustaulu, johon kirjoittaminen ja lukeminen on ilmaista siihen asti, kunnes käyttäjä haluaa tietää yhteystietoja, joka on mahdollista ostamalla ns. lukuaikaa. Yritykset voivat palvelun kautta kierrättää ylijäämä maa-aineksia hyötykäyttöön niille, joilla niille on tarvetta. Näin saadaan säästöä myös jätemaksuissa.

Usein vastaanottava työmaa löytyy lähempää kuin kaatopaikka ja täten myös kuljetuskustannukset vähenevät. Näin myös vähennetään maankaatopaikkojen kuormitusta ja voidaan toimia ruuhka-ajan ulkopuolella, kun ei olla riippuvaisia kaatopaikkojen aukioloajoista. [13]

Kaikki yritykset, sekä myös henkilöasiakkaiden tarjoukset ja -pyynnöt, ovat Maapörsissä täysin tasa-arvoisia. Tämä mahdollistaa logistisesti ja taloudellisesti järkevimpien kauppojen tapahtumisen sen sijasta, että kauppoja tehtäisiin vain vanhojen kumppanien kanssa. Myös kuljetus- ja maanrakennusliikkeet sekä konetyöurakoitsijat voivat tarjota palveluitaan suoraan asiakkaille Maapörssin kautta. [13]

Zaidankadulla tästä tekniikasta näytettiin hyvää esimerkkiä, kun yksityinen yrittäjä tilasi kaiken ylös kaivettavan stabiloidun savimassan (joka luokiteltiin jättemaaksi) tulevan golf-kenttensä täytteeksi. Maa-ainesta tuli yhteensä n. 2000 m³. Tietääkseni häneen ei saatu yhteyttä Maapörssin kautta, mutta idea oli loppujen lopuksi sama; maata viedään tasavertaisesti sinne, missä sitä välittömästi tarvitaan, säästään aikaa ja muita resursseja.

3.3.3 Konkreettiset tekniikat

3.3.3.1 Tietomallinnus yhdistettynä koneohjaukseen

Insinöörit ja yleisesti ottaen urakoitsijat kohtaavat tiukkoja aikatauluja ja tiukempia määrärahoja nykypäivän haastavassa taloudessa. Saadakseen rakennushankkeita loppuun ajoissa ja budjetin rajoissa, heidän täytyy työskennellä tarkasti ja tehokkaasti, sekä aivan liian usein vuorokauden ympäri. Jokainen työmaa on tiivis tuotantoprosessi, joka vaatii aiemman työvaiheen toteutumista ennen kuin seuraava voi aloittaa. Tämän toimintakokonaisuuden optimointi on hyvin tärkeää. [8]

Tietomallien ja satelliittipaikannuksella ohjattujen koneiden avulla insinöörit, urakoitsijat ja katsastajat kykenevät automatisoimaan laajalti rakentamisprosessia, parantaen tuotavuutta ja tarkkuutta, suorittaen rakennushankkeita huomattavasti nopeammin ja kannattavammin.

Tietomallit koostuvat alkioista, joilla on erilaisia ominaisuuksia. Valokuvan tietomallissa alkioita ovat kuvapisteen, joiden ominaisuutena ovat eri värit. Piirustuksen tietomallissa

alkioita ovat esimerkiksi viivat, kaaret, ympyrät ja tekstit ja niiden ominaisuuksia esimerkiksi sijainti, pituus, väri ja viivapaksuus. Analyysien avulla tietomallissa tai useamman tietomallin yhdistelmässä olevasta datasta voidaan johtaa matemaattisesti uutta dataa. Esimerkiksi rakennuksen valaistusanalyysi laskee rakennuksen, pintamateriaalien ja valaisimien tietomalleista valokuvantarkan kuvan rakennuksen todellisista valaistusolosuhteista. Rajapintojen avulla tätä tietoa saadaan siirrettyä muihin ohjelmiin. [29, s. 23]

Edistynyttä tietomallinnusohjelmistoa käyttämällä insinöörit kehittävät erittäin tarkan digitaalisen 3D-mallin rakennushankkeen alueesta. Saatuaan kopion tästä mallista, urakoitsija lataa sen muunnelman suoraan satelliittipaikannusjärjestelmällä varustetun kaivinkoneensa tai puskutraktorinsa tietokoneeseen. Satelliittipaikanninta ja paikan päälle asetettua laser-pohjaista paikannusjärjestelmää käyttämällä laitteiden operaattori vertaa hänen reaaliaikaista sijaintiaan nykyiseen maastoon ja tarpeen mukaan luiskaa, leikkaa tai täyttää joko automaattisesti tai koneen sisältä ohjaten. Koko prosessi käytännössä eliminoi mittatikkujen tarpeen ja tekee laitteiden käytöstä helpompaa.

Yhdessä nämä kaksi kehitystyötä auttavat ohjastamaan meitä rakentamisautomaation uuteen aikakauteen, joka tulee muuttamaan maanmittauksen, vesirakentamisen and rakennusteollisuuden samalla tavoin kuin mekanisoituminen muutti manuaalista työntekoa teollistumisen alkutaipaleella.

3.3.3.1.1 Paikkatietoa avaruudesta

Varhaiset pyrkimykset raskaan rakentamisen automatisoinnille koneohjaustekniikalla alkoi Australiassa 1990-luvun lopulla. Sittenmin hyväksynnän vauhti on kasvanut tasaisesti, etenkin kehittyvissä talouksissa, kuten Kiinassa, Intiassa ja Yhdistyneissä Arabiemiraateissa, missä insinöörit ja urakoitsijat ovat nousseet monet teknologian tasot ja hyväksyvät koneohjauksen lähes kaikkialla. Monien insinöörien harmiksi urakoitsijoita ovat myös ryhtyneet rakentamaan 3D-malleja joita he käyttävät rakentamiseen itse, koska insinöörit eivät ole niitä tarjonneet. Tämän seurauksena infrastruktuurien nykyaikaistamisohjelmat kyseisissä maissa kuten Australiassa, Uudessa-Seelannissa, osassa Yhdysvaltoja ja Eurooppaa etenevät paljon nopeammin kuin muualla kehittyneessä maailmassa, jossa ihmiset ovat yhä riippuvaisia tehokkaista mutta vanhentuneista sekä hitaista tekniikoista ja prosesseista. [8]

Järjestelmä perustuu maailmanlaajuisen satelliittinavigointijärjestelmän (GNSS) kansainväliseen verkostoon, joka koostuu Yhdysvaltojen (GPS/NAVSTAR) ja Venäjän satelliittijärjestelmistä (GLONASS). Pian Eurooppa (Galileo) ja Kiina (Compass) lisäävät omat järjestelmänsä mukaan, lisäten jokainen n. 30 uutta satelliittia Maan kiertoradalle, parantaen suorituskykyä ja luotettavuutta paikantavaan koneohjaukseen. [8]

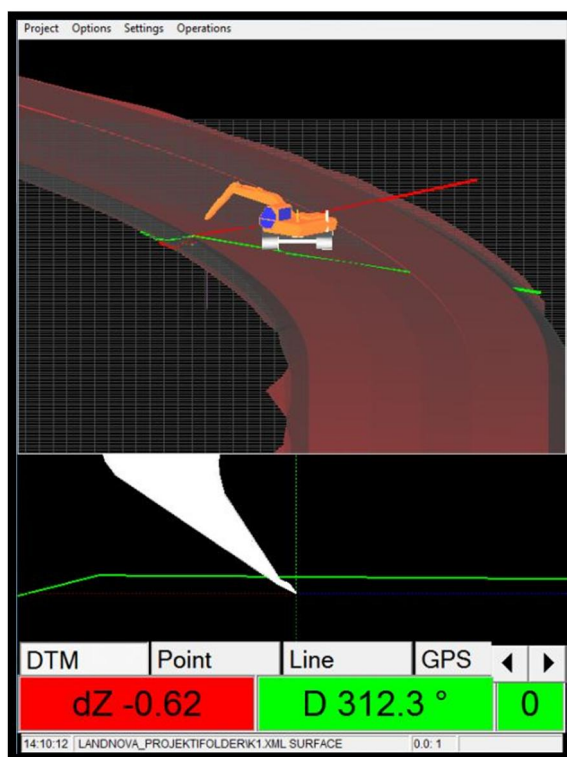
Liikkuvan kaivinkoneen tai puskutraktorin tarkan sijainnin jatkuva kolmiomittaus tarvitsee kolme perusosaa: satelliitit, kiinteän tukiaseman ja paikannusvastaanottimen sijoitettuna itse ajoneuvoon. Prosessi itsessään menee näin:

1. Satelliitit lähettävät radiosignaaleja Maahan noin 21 000 km korkeudesta. Nämä signaalit sisältävät paikkavirheitä.
2. Tukiasema ja liikkuvat vastaanottimet vastaanottavat nämä radiosignaalit.
3. Tukiasema suorittaa virheiden korjauksia ja määrittää, mikä sen tarkka sijainti on.
4. Tukiasema lähettää reaaliaikaisia (yli 20 kertaa sekunnissa) virhekorjauksia liikkuviin (kannettaviin tai laitteisiin asennettuihin) vastaanottimiin.

Käyttämällä näitä virhekorjauksia ja tietoja paikannusvastaanottimesta, koneet jatkuvasti tuottavat koordinaatteja, joita tietokone pystyy käyttämään suunnittelumallin vertailukohtana ja manipuloida ajoneuvon puskuterää tai kauhaa tarkasti. [8]

Yksinään käytettynä koneohjauksella saadaan horisontaalisesti yhden senttimetrin tarkkuuden luokkaa, joka on riittävä autolla navigoimiseen, mutta ei sovellu monimutkaisiin rakennushankkeisiin, jotka myös vaativat tarkkaa korkeuskomponenttia. Tätä varten monet urakoitsijat käyttävät tasolasereita, jotka lähettävät vaakasuoraa tasoa ympärilleen. Vastaanottavat prismat kaivinkoneessa tai puskutraktorissa automaattisesti ilmoittavat kuljettajalle, kun ne ovat saavuttaneet halutun korkeuden, jotta ne voivat saavuttaa millimetri-tason vertikaalisen tarkkuuden. Tapauksissa, joissa tasolaserin käyttö ei ole tarkoituksenmukaista, voidaan käyttää Sonic Tracker -sovellutusta, joka tuottaa ääniaaltoja n. 25 Hz taajuudella ja mittaa niitä apuna käyttäen etäisyyden olemassa olevaan pintaan. Laitte soveltuu työskentelyyn tierakentamisessa, jossa ilmenee usein pystygeometrisiä kaaria. [8]

Koneohjausjärjestelmiä on kahdenlaisia: ilmoittava ja automaattinen. Ilmoittavat koneet käyttävät valoja, ääniä, tai ohjaamonsisäisiä näyttöjä ohjaamaan kuljettajaa samalla kun hän manuaalisesti siirtää terän tiettyyn paikkaan tai korkeuteen. Jatkuvan palautteen avulla kuljettaja voi asettaa instrumenttinsa oikein ilman mittatikkujen käyttöä. Näissä suhteellisen edullista järjestelmien kuljettaja ottaa laitteen täyden määräysvalan. Automaattiset koneet käyttävät hienostuneita tietokoneita toimiakseen osittain itsehallinnollisella tavalla. Kuljettaja on edelleen ajamassa konetta, mutta koneohjausjärjestelmä automaattisesti tulkitsee suunnittelumallia ja ohjaa varsinaiset terien ja kauhojen liikkeet. Järjestelmän asentamisen jälkeenkin konetta voidaan käyttää edelleen manuaalisesti sekä automaattisesti aiheuttamatta hitaita vaihtoprosesseja. [8]



Kuva 1. Novatron VISION 3D, kaivinkonekuskin näkymä laitteesta [22]

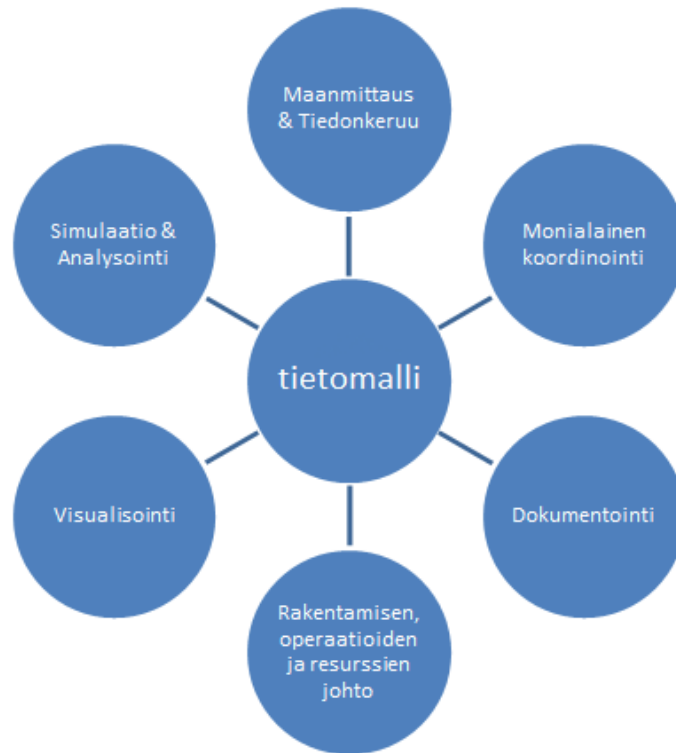
Lähitulevaisuudessa koneohjausjärjestelmät voisivat saavuttaa jopa suurempaa tuottavuutta. Hiljattaisessa lehdistötiedotteessa Caterpillar ilmoitti osan uusien raskaiden puskutraktoriensa sisältävän polttoainetehokkaan, hydrostaattisen vaihteiston, jonka kaltaisia löytyy eniten ruohonleikkureissa. Kun ei ole tarvetta vaihtaa vaihteita, se mahdollistaa eteenpäin tai taaksepäin liikkumisen yhden polkimen painamisella. Tämän seurauksena he poistavat merkittävän esteen maarakennuskoneiden täydelliseltä au-

tomaatiolta, joka on tavoite jonka insinöörit hahmottelevat saavuttavansa seuraavan vuosikymmenen aikana. [8]

3.3.3.1.2 Eroon papereista ja mittatikuista

Viime aikoihin asti, 3D-mallin siirtäminen koneen ohjausjärjestelmään (MCS) oli aikaa vievä ja työläs prosessi. Tyypillisesti insinöörit loivat kaksiulotteisia suunnitelmia, pituus- ja poikkileikkauksia sähköisistä piirustuksista ja sitten tulostivat ne paperille. Jos urakoitsijat halusivat uudelleen nämä tiedot MCS:ään, heidän täytyi manuaalisesti muuntaa paperin piirustukset digitaaliseen 3D-muotoon ja vielä lopuksi muuntaa tiedosto MCS-muotoon. Tämä prosessi vie aikaa varsinkin niissä tilanteissa, kun suunnitelmia muutetaan kesken projektin, jolloin tämä prosessi joudutaan toistamaan uudelleen jokaisen muutoksen sattuessa. [8]

Tietomalli on yhteisöllinen prosessi, jonka avulla insinöörit, arkkitehdit, urakoitsijat ja asiakkaat voivat työskennellä yhden digitaalisen projektimallin parissa ja jakaa luotettavaa, koordinoitua tietoa projektin elinkaaren jokaisessa vaiheessa. Insinöörit voivat helposti luoda älykkäitä 3D-malleja, joita muut alat voivat käyttää uudelleen monenlaisissa loppupään prosesseissa, kuten koneohjauksessa käyttämällä. Nopeuttamalla välivaiheita, joissa suunnitelmat siirretään koneille ja muiden käyttöön, nopeutetaan koko rakennusprosessia. [8]



Kuva 2. Tietomallin monikäyttöisyys

Koneohjauksella koko prosessi etenee nopeammin, tehokkaammin ja tarkemmin. Ennen sen laajamittaista hyväksymistä, insinöörit loivat malleja, piirtäjät muuttivat ne 2D-paperiasiakirjoiksi, jonka jälkeen teknikot, katsastajat, ja urakoitsijat tulkitsivat nämä asiakirjat tuottaen useita kuvia leikkauksista, täytöistä ja koordinaateista. Ennen, aina kun laitteen kuljettaja törmäsi mittatikkuun tai ajoi pari kertaa sen ohitse, mittausmiehen piti asettaa mittatikut uudestaan, luomalla useita uusia mahdollisuuksia virheille jokaisessa vaiheessa. Nykypäivän hankkeiden koko, monimutkaisuus ja vauhti vain lisäävät tätä riskiä. [8]

Koneohjaus poistaa näitä ja muita tekijöitä, jotka hidastavat projektia ja lisäävät kustannuksia. Näiden tekniikoiden avulla miehet työmaalla tekevät töitä projektin ajantasaisen mallin mukaan, vaikka suunnittelijat tekisivätkin kesken kaiken muutoksia. Perinteisillä menetelmillä, kun malliin tehtiin muutoksia, mittausmiesten tuli siirtää kaikkia mittatikkuja jälleen; tämä prosessi vie paljon aikaa ja jättää kalliita koneita ja työntekijöitä käyttämättömiksi. Tietomallin kanssa yhteensopivalla koneohjauksella joka kerta kun suunnittelija päivittää mallia - missä rakennusvaiheessa tahansa - järjestelmä automaattisesti päivittää mallin kaivinkoneessa tai muussa maansiirtokoneessa ilman ylimääräisiä mittauksia tai mittatikkujen asettamista. Kuljettaja yksinkertaisesti alkaa

työskennellä tarkistettujen tietojen pohjalta, luottaen siihen että jos malli on oikea, työjälkikin on. [8]

Koneohjauksen avulla monia asioita, joita työmiehien oli tapana tehdä manuaalisesti - mittatikkujen asettaminen, leikkaus- ja täyttöviivojen maahan piirtäminen ja kauhan sijoittaminen - voi nyt suorittaa täysin automaattisesti ja konemaisella tarkkuudella. Tällaiset pienentyneet virhemarginaalit, mitä ensimmäisellä yrittämällä saadaan aikaan, ei ainoastaan nopeuta projektia, mutta myös vähentää tarpeetonta työtä ja resurssien väärinkäyttöä. [8]

Koska infrastruktuurin nykyaikaistaminen nopeutuu maailmanlaajuisesti, joillakin rakennusyhtiöillä on vaikeuksia löytää tarpeeksi päteviä mittaushmiehiä ja laitteiden käyttäjiä pitääkseen projektinsa aikataulussa. Maanmittaukseen, mittatikkujen asettamiseen ja maansiirtokoneiden ohjaamiseen tarvittavien taitojen kehittämiseen tarvitaan useita vuosia. Tämän seurauksena monet kehitysmaat joutuvat työvoimapulaan, kun vanhat osaajat ovat jäämässä eläkkeelle eikä heidän tilalle ole tarpeeksi uusia, ammattitaitoisia nuoria työntekijöitä. Mittaamisen ja kaivuprosessien automatisointi tekisi työlaiteiden käyttämisestä helpompaa. [8]

Nykypäivän haastavassa verotuksellisessa toimintaympäristössä yrityksen virtaviivaistaminen ja tehokkuuden lisääminen on ratkaisevaa. Koneohjaus auttaa molemmissa asioissa. Tulevaisuudessa yleistyvä tietomallintaminen tulee todennäköisesti olemaan todella luotettava vaihtoehto insinööreille, urakoitsijoille ja mittaushmiehille. [8]

3.3.3.1.3 Mittausmiesten vaihtuva rooli

Tarpeettomien mittatikkujen kautta herää luonnollisesti kysymys: ovatko mittaushmiehet enää tarpeellisia tulevaisuuden rakennusprojekteissa? Vastaus on kyllä, eivätkä he ole ainoastaan tarpeellisia, he ovat tärkeämpiä kuin koskaan. Tietomalliprojekteissa heidän työnsä jatkuu koko projektin elinkaaren ajan. [8]

Jotta insinöörit suunnittelisivat rakennusprojektinsa perustuen oikeaan ulkomaailmaan, mittaushmiehiä tarvitaan työmaan alkuperäisen maanpinnan mittaukseen ja tarkistamiseen. Mittaushmiehet ovat velvollisia pitämään maansiirtokoneiden ohjausjärjestelmien suunnitelmatiedostot ajan tasalla koko projektin ajan. Myös satelliittipaikannustukiasemien asennus on heidän hartioillaan, jos niitä tarvitsee. [8]

3.3.3.1.4 Lisääntyvä tuottavuus ja tehokkuus

Koneohjauskäytössä maarakennuskoneet pystyvät tekemään töitä koko päivän ja yön, samalla saavuttaen tarkkaa laatua ensimmäisellä läpiajolla. Tämän seurauksena urakoitsijoiden on mahdollista mm.:

- Lisätä tuottavuutta.
- Vähentää arvailuja ja kalliita uusintoja siirtämällä maata oikein yhdellä yrittämällä.
- Leikata tarpeettomien mittausten kustannuksia jopa 90 %.
- Vähentää hukkamateriaalien määriä.
- Vähentää joutoaikaa ja uusintoja.
- Vähentää polttoaineen kulutusta 40 % ja niihin liittyviä kasvihuonepäästöjä.
- Alentamaan kokonaiskustannuksia ja pidentää työpäivää.
- Selviytymään työvoimapulasta: koneohjaus parantaa vähemmän koneiden kuljettajien tarkkuuden helposti tasolle johon ennen vain kokeneimmat kuljettajat kykenivät.

3.3.3.1.5 Johtoselvitykset verkosta

Kaivutöihin ryhtyminen edellyttää sekä johtoselvitystä että lupaa aloittaa kaivutyöt. Useita kuntia kattaneet suunnitelmat olivat suunnittelijoille suuri päänvaiva, kun jokaisen kunnan johtotiedot piti käydä erikseen läpi. Sen sijaan, että johtotietoja joutuisi jonttamaan tai odottamaan aukioloaikoja paikallisen kuntatekniikan keskuksessa - näyttäjän paikalle saapumisesta odottamisesta puhumattakaan - on kehitteillä uusi vaihtoehto: tietojen lataaminen suoraan verkossa sijaitsevasta palvelusta. [10]

Helppokäyttöisen nettisivuston kautta saadaan tiedot maanalaisista rakenteista ympäri vuorokauden maksutta ja ilman jonttamista. Kaivualan saa määriteltyä tarkasti karttapohjalle ja karkea analyysi johdonmista ja heidän yhteystiedoistaan on heti kaivajan käytössä. Karttatulosten voi tilata sähköpostiin ja myös näyttöpyynnön voi pyytää sivuston kautta. Kaivannot saadaan myös peitettyä heti ilman mittausmiesten odot-

tamista, koska koneohjausjärjestelmän avulla kaivukone toimii mittalaitteena, jolla asennettu johto voidaan kartoittaa 2-5 cm tarkkuudella. [10]

Tämä tehostaa kaikkien osapuolien toimintaa. Sivusto on toimiva, mutta vielä kehityksen alla ja se aiotaan laajentaa johtotietoineen koko Suomen kattavaksi. Johdonomistajille tämä järjestelmä vähentää vaurion riskiä verkostolle.

3.3.3.1.6 Työ- ja ajattelutavan muutos

Tietomallin jakaminen monien eri alojen kanssa voi myös tietojen omistusoikeuksien ja vastuiden kanssa sekaannusta. Viime vuosina asiantuntijat ovat työskennelleet kehittääkseen uusia menetelmiä lisensoida ja jakaa käyttöoikeuksia digitaalisiin tietomalleihin. Niistä tärkeimpiä uusia lähestymistapoja on Integrated Process Delivery eli IPD-projekti, jonka sopimuksessa edellytetään että omistaja, arkkitehdit, insinöörit, mittausmiehet ja urakoitsijat jakavat hankkeen riskit ja tekevät töitä yhtenä integroituna joukkueena hankkeen alusta loppuun. [9]

Koneohjaus on mullistanut rakennusalan monissa maissa ja tulee tekemään niin muuallakin, mahdollistaen urakoitsijoille nopeamman projektien valmistumisen ilman ylimääräisiä kuluja ja suuremmalla tarkkuudella. Koneohjausta ja tietomallinnusta yhdistämällä suunnittelijan suunnitelmat toteutuvat horisontaalisesti millimetrin ja korkeudessa senttimetrin tarkkuudella. Muutoksia piirustuksiin pystytään tekemään reaaliajassa, tyhjäkäynti on vähentynyt huomattavasti ja työkoneita voidaan käyttää vuorokauden ympäri, lisäten tehokkuutta ja kannattavuutta. Langaton yhteys työmaan tietokoneen ja maansiirtokoneen välillä lisää tehokkuutta entisestään. Työmaan vastaava saa tietää minuutilleen tilannekatsaukset, sekä pystyy lataamaan suunnittelijan tekemiä muutoksia ja yhdistämään ne vanhaan suunnitelmaan maansiirtokoneen tietokoneeseen, välttäen mittatikuttamisen ja niiden tarkistamisen. [9]

Zaidankadullakin tätä menetelmää käytettiin stabilointipilarien paikannuksessa. Mittatikuilla tehtiin joitakin alkukatselmuksia varmuuden vuoksi, mutta pian stabilointikone löysi paikat itsekin paikannusjärjestelmällään. Kuljettaja kertoi järjestelmän olleen erittäin selkeä ja auttoi paljon stabilointiurakkaa, erityisesti kun stabilointipilareita pystyi tekemään mistä suunnasta tahansa, sillä kuskin ei tarvinnut varoa mittatikkuja. Tämä auttoi siihen, että näkyvyys pysyi hyvänä, kun muuten kovalla tuulella stabiloinnissa käytetty kalkkipöly tunki helposti ohjaamoon ja peitti näkyvyyden täysin auringonpais-

teen kanssa. Ainoana haittapuolena kuljettaja mainitsi, että näkyvyyden tulee olla hyvä. Puut ja talot saattavat haitata satelliittiyhteyksiä vielä jonkin verran, vaikkakin muutama viime vuotena GLONASS-satelliitit ovat reilusti lisänneet (31 satelliitista 52:een) käytettävissä olevien paikannussatelliittien määrää ja vuoteen 2020 mennessä on tulossa 35 COMPASS-projektin satelliittia ja 30 Galileo-projektin satelliittia myös siviilikäyttöön. [9]

Viimeaikaiset muutokset rakennus-automaatiossa ovat tehneet selväksi sen, että ei ole enää epäilystäkään, hyväksyisivätkö insinöörit, suunnittelijat ja urakoitsijat tämän uuden työtavan. Koneellistuminen on ollut läsnä teollisuuden synnystä 1800-luvulta asti, ja vaikka siitä edistyneemmän automaation pitkäaikaisia sosiaalisia vaikutuksia ei ole vielä tutkittu kunnolla, on selkeä fakta, että koneet kykenevät tekemään pidempää työpäivää kuin ihminen, tehdä erittäin tarkkaa jälkeä eivätkä vaadi palkkaa muuten kuin ylläpidon muodossa. Rakennusautomaation tapauksessa, kuten myös monien muiden alojen kanssa, se on myös ympäristöystävällisempää. [9]

Zaidankadun hankkeessa käytettiin perinteisiä menetelmiä. Johtotiedot haettiin paikalta johtotietoja jakavasta toimipisteestä Helsingissä. Mittamiehiä sai odottaa useamman kerran todella suuren osan työpäivästä, koska ymmärrettävästi heillä oli todella monta työmaata, joissa oli täysin sama tilanne menossa. Mittamiesten odottaminen minimoitaisiin koneohjauksella, vaikkakin heitä edelleen tarvittaisiin tarkistamaan kaivon tarkka sijainti, enää ei tarvitsisi pyytää heitä paikalle asentamaan uusia mittatikkuja ja varoa tönäisemästä niitä. Onneksi Zaidankadulla työskennelleet kaivinkonekuskit ja mittamiehet olivat todella kokeneita ja ammattitaitoisia, koska muuten virheitä olisi sattunut varmasti paljon enemmän. Alkuinvestointi koneohjaukseen on tuntuva, mutta se todennäköisesti maksaisi itsensä takaisin ja auttaisi pysymään paremmin aikataulussa, varsinkin jos tulevaisuudessa on tulossa enemmän Zaidankadun kokoisia, tai isompia, hankkeita.

3.3.3.2 Automaattinen mittaus

Siirtymien, painumien, huokospaineen ja lämpötilaprofiilien mittaus toteutetaan normaalisti käsivaraisesti mittaamalla, esim. painumissa painumaletkun osoittaman painetasen mukaan, ja vertaamalla tuloksia johonkin luotettavaan kiintopisteeseen. Joissakin projekteissa maaperä koostuu luonnollisesti todella vedenpitävästä savesta ja kun tämä vesi puristuu hitaasti pois savesta, painumat ovat valtavia. Tämä on erittäin hidaskäyttöinen.

prosessi, joka vaatii ihmisiä ajamaan paikalle mittaamaan käsin, käyttäen runsaasti ammattilaisten aikaa ja luoden myös ruuhkaa ja päästöjä. Käsin mitatessa on myös monta kohtaa, jossa voi tapahtua inhimillisiä virheitä, puhumattakaan huonoista mittausolosuhteista.

Usein pienetkin siirtymät kriittisissä kohdissa saattavat aiheuttaa turvallisuusriskin, jolla voi olla vakavat seuraukset. Automaattisilla mittaustarvikkeilla pienistäkin siirtymistä saadaan nopeasti tarkka tieto ennakoitua ja toimenpiteitä varten. Mittaussauva asennetaan maaperään pysty- tai vaakasuoraan asentoon siten, että se liikkuu ja taipuu maaperän kerrosten liikkeiden mukaan. Maaperän siirtymä- tai painumaprofiili laskeetaan sauvan antureiden antamista tiedoista, jotka on mahdollista tarkastaa internet-palvelusta käsin, jossa graafisia siirtymäprofiileja voidaan seurata ja asettaa siirtymille hälytysrajoja. [16], [17]

Huokospaineen nopea nousu esimerkiksi paalutustyömaalla saattaa aiheuttaa maaperän kantavuuden romahtamisen. Tätä on myös mahdollista seurata automaattisella mittausjärjestelmällä. [18] Kuten myös lämpötilaprofiilin mittaus, jolla saadaan tietoa mm. eristemateriaali- ja muihin tutkimuksiin, maan sulamiseen sekä jäätyksen seurantaan, kompostien sekä muiden biologisten prosessien valvontaan ja teollisuuden mittaussovellutuksiin. Esimerkiksi roudan sulamisen ja jäätyksen seuranta on helppoa: graafisista lämpötilakuvaajista näkee tarkasti, milloin routa on alkanut sulaa tai mille syvyydelle routa on ulottunut. Eristemateriaalitutkimuksissa nähdään, miten eri materiaalit estävät pakkasen vaikutuksia ja lämmön siirtymistä maassa tai rakenteissa. Luotettavuus lämpötilojen tarkastelussa on huomattavasti perinteisiä menetelmiä tarkempi, koska elektroniikan lämpötila, kaapeleiden sekä liittimien laatu ja akun jännite eivät vaikuta mittaustulokseen. [19]

Internet-palvelussa voidaan asettaa hälytysrajat niin, että jos siirtymä tietyssä kohteessa ylittää määritellyn rajan, vastuuhenkilö saa asiasta tiedon sähköpostiinsa tai matkapuhelimeensa. Näin ennakoiviin toimenpiteisiin voidaan ryhtyä nopeasti ennen kuin ongelmat kehittyvät vakaviksi. [18]

Zaidankadun työmaalla ei käytetty paalutusta, joten huokospaineen tarkkailu ei ollut oleellista. Siirtymiä, painumia ja routanousuja aletaan tarkkailla vasta hankkeen päätyttyä katurakenteiden tiiveyden varmistamiseksi. On vaikea sanoa hankkeen vielä ollessa kesken, että kuinka paljon edullisempaa olisi käyttää automaattisia mittausvälineitä.

Automaattisilla metodeilla kuitenkin säästetään sen henkilön aikaa ja vaivaa, jonka tehtävä on kiertää työmaalta toiselle ja tehdä mittaukset. Kun laite on asennettu mittauspisteeseen, käyttökustannukset ja huoltotarve ovat erittäin vähäiset. Paikalla ei tarvitse käydä ja mittausvirheiden vaikutus on huomattavasti pienempi.

3.3.3.3 Maatutkat

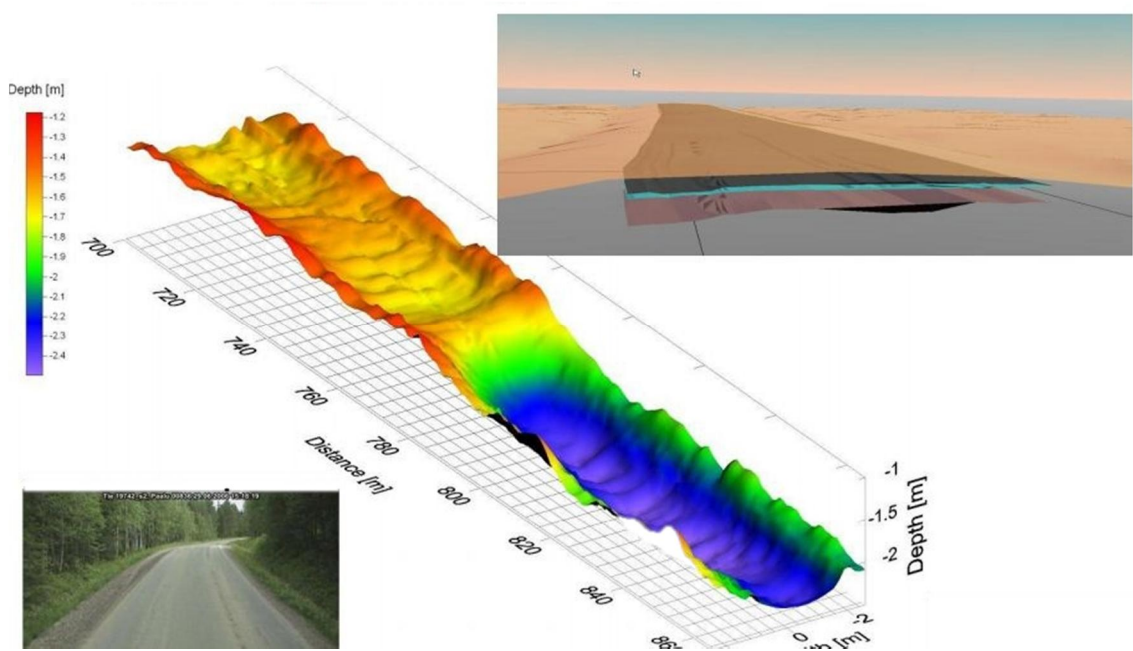
Maatutkaluotaus on kustannustehokas tapa tehdä maaperätutkimuksia vaikka referenssikairauksia tulosten tarkistamiseksi tarvittaisiinkin. Luotausten jälkeen pystytään kairaukset kohdentamaan järkevästi ja kuitenkin lopputuloksena on jatkuva profiili. Maatutka on ”kaikuluotain”, jolla on mahdollista erottaa erilaisia maaperän kerroksia. Periaatteeltaan keksintö on vanha, mutta vasta 1980-luvulla kehitetty digitaalitekniikka toi laitteet tavallisen käyttäjän ulottuville. Suomi on ollut mukana kehityksen kärjessä alusta lähtien. [21]

Maatutka lähettää antenniyksikkönsä avulla lyhyitä (1-6 nanosekunnin pituisia) sähkömagneettisia pulsseja mitattavaan kohteeseen (maaperään, lattiaan jne.). Nämä pulssit (sähköaallot) etenevät kohteen väliaineessa noin valon nopeudella, ja aina väliaineen sähköisesti muuttuvasta rajapinnasta osa lähetetystä aaltoenergiasta palautuu takaisin. Tämän takaisin palautuneen aaltoenergian voimakkuus (amplitudi) ja edestakaiseen matkaan kulunut aika (nanosekuntia) rekisteröidään tutkalaitteiston avulla. Tällä tekniikalla saadaan yleensä määriteltä pohjaveden pinnan taso, materiaalin jakautuminen alueella sekä suhteellinen karkeusaste. Kalliopinnan paikannus samoin kuin suuntaantava arvio kallion laadusta on myös yleensä mahdollista. Syvyysulottuvuutta on mahdollista saada karkeissa materiaaleissa jopa yli viiteenkymmeneen metriin. [21]



Kuva 3. Maatutka maastokäytössä. [20]

Tutkalla on mahdollista paikantaa maaperästä myös vesijohtoja ja kaapeleita ennen kaivu- tai muita pohjarakennustöitä. Saneerattavissa tie- ja katukohteissa voidaan selvittää nopeasti vanhat tierakenteet ja niissä mahdollisesti olevat ongelmakohtat. Jatkuvan tulosprofiilin ansiosta tutkimuslinjalta saadaan nopeasti kattava kuva perustamistason maa- ja kallioperäolosuhteista. Hankalissakin maasto-olosuhteissa voidaan nopeasti tutkia vaihtoehtoisia reittejä linjaukselle. [20]



Kuva 4. 3D-mallin tekeminen maatutkalla on myös mahdollista. Tämä helpottaa visualisointia ja malli pystytään liittämään saumattomasti tietomalliin.

Aiemmin tutkalaitteiston koon takia tutkaus täytyi suorittaa jollain kulkuneuvolla. Kehityksen myötä tänä päivänä tutkaus yleensä tehdään kävellen, jolloin kulkeminen helpottuu hankalassa maastossa eikä mittauksesta jää käytännössä mitään jälkiä.

Zaidankadulla ei tehty kaikuluotausta, vaan kalliopinta arvioitiin kairauksilla. Kairauksista saadut tiedot pitivät hyvin paikkansa ja kalliopinnan kanssa ei tullut yllätyksiä. Kohteessa oli vanhoja putki- ja sähkölinjoja, joiden sijainnista ei oltu varmoja, jossa maatutka olisi todennäköisesti ollut suureksi hyödyksi.

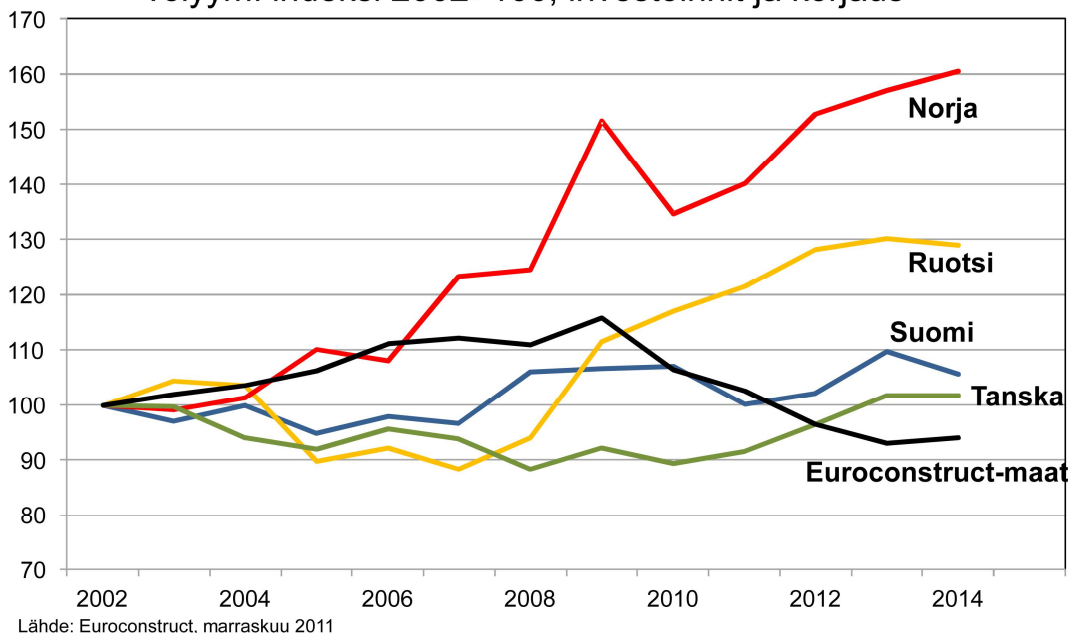
4 Yhteenveto

4.1 Suomen panostus infrarakentamiseen

Suomen investoinnit infrarakentamiseen ovat kansainvälisesti verrattuna korkeita, noin 1000 euroa henkilöä kohden, eli noin kolme prosenttia bruttokansantuotteesta, kun muualla Euroopassa investoidaan keskimäärin 600 euroa henkilöä kohden. Infrarakentamisen kustannusten nousu on viime vuosina ollut selvästi yleistä hintojen nousua nopeampaa polttoaineen hinnan nousun vuoksi ja jatkossa Suomella ei kuitenkaan ole mahdollisuuksia nostaa infraan käytettäviä panostuksia. Tilanne pakottaa miettimään entistä tarkemmin infrarakentamisen tulevia painotuksia. [15]

Infrarakentamista ohjaavat samat tekijät kuin muutakin rakentamista: elinkeinojakauman muutokset, kestävä kehitys, väestön ikääntyminen ja määrä, kaupungistuminen sekä globalisaatio. Myös liikkumisen tarpeet ja tavat muuttuvat. Teknologian kehitys parantaa etäyhteyksiä, saavutettavuutta ja tavoitettavuutta, vähentää liikkumistarvetta sekä lisää väylien kapasiteettia, toimintavarmuutta ja turvallisuutta. [15]

Tie- ja katurakentamisen määrä
volyymi indeksi 2002=100, investoinnit ja korjaus



Kuva 5. Tie- ja katurakentamisen määrä Pohjoismaissa

Keskeistä on tiedonhallinnan, digitaalisuuden ja automaation hyödyntäminen koko rakentamis-, ylläpito- ja kunnossapitoprosessissa. Myös teollistaminen ja esivalmistus tarjoavat hyviä edellytyksiä, sillä tuottavuuskehitys on tehdasolosuhteissa paljon parempi kuin työmaalla. [15]

4.1.1 Tulevaisuuden näkymät

Tietomallien avulla saavutetut hyödyt riippuvat järjestelmästä, jonka sisällä tietomalleja käytetään. Jos tietomalleja käsitellään erillisinä saarekkeina, jäävät niiden hyödyt vähäisiksi, ja toisaalta väärin tietomallien käyttäminen estää parhaidenkin järjestelmien toiminnan. Ongelmana on selkeästi se, ettei mikään rakentamiseen osallistuva taho varsinaisesti tunne olevansa vastuussa järjestelmien kehittämisestä. Järjestelmien tekninen toteutus taas riippuu hyvin pitkälti kaupallisesta ohjelmistokehityksestä ja ohjelmistojen välisen tiedonsiirron standardeista. [29, s. 92]

Kun vielä vastuukysymykset ja järjestelmien tarjoamien hyötyjen oikeudenmukainen jakaminen eri osapuolten kesken ovat ratkaisematta, ei hitaan kehityksen pitäisi ihmetyttää ketään. Tietomalleihin perustuviin järjestelmiin liittyy kuitenkin valtavia mahdollisuuksia. Eikä ole epäilystäkään siitä, ettei näiden mahdollisuuksien toteuttamiseen lopulta löytyisi keinoja. [29, s. 92]

On vielä paljon matkaa täysin automatisoituun työmaahan, joka voitaisiin jättää esim. yöksi vartioimatta, mutta yksi asia on varmaa, sitä kohti olemme hiljalleen etenemässä. Robottien vallankumousta on vielä turha pelätä. Työttömyyden vaarassa seuraavien vuosikymmenten aikana ovat ainoastaan täysin manuaalisen työn tekijät, kuten esim. siivoojat ja kauppojen kassatyöntekijät. Koneet kykenevät helposti tekemään fyysiset askareet, mutta luovaa ajattelua ja korkeampaa älykkyyttä ne eivät kykene vielä tuottamaan. Koneet eivät ole varastamassa ihmisiltä töitä, vaan ensisijaisesti vapauttamassa meitä kaikista raskaimmista ja itseään toistavimmista töistä, kuten nykyiset kaivinkoneet avustavat meitä kaivamaan maata paljon tehokkaammin verrattuna lapiolla kaivamiseen.



Kuva 6.
Yksi mahdollisista maansiirtokonevaihtoehtoista, johon saatamme törmätä tulevaisuudessa.

Tietomallintaminen on tulossa Suomessa yleisempään käyttöön, mm. kehärata-hankkeessa ollaan tietomalleja hyödynnetty suuresti. Inframarkkinoille on tulossa myös avoin ja yhtenäinen InfraBIM-tietomalli, joka perustuu kansainvälisiin paikkatieto- ja tuotemallistandardeihin sekä kotimaiseen vakionimikkeistöön. Tietojen yhteensopivuus nopeuttaa yhtiöiden keskeistä kanssakäyntiä.

Nykypäivänä on tärkeää kouluttaa itseään jatkuvasti, jotta pysyy mukana muuttuvassa teknologiassa, eikä teknologian vauhti näytä olevan hidastumassa vaan päinvastoin. Työt eivät ole enää selkeästi rajattuja, vaan enemmänkin dynaamisia kun jokaisen työntekijän tulee osata vähän sitä ja tätä. Tämä edellytys mahdollistaa dynaamisemman työympäristön ja tehokkaamman työtavan, joka saa asiat tehtyä nopeammin, ja myös niin, että yhtiössä oikea käsi näkee ja ymmärtää mitä vasen käsi tekee. Koko yhtiö täynnä yleisesti alallaan päteviä ammattilaisia toimii jouhevammin kuin liukuhinnallinen yhtiö, jossa on erikoistuneita ammattilaisia, sillä jos yksikin lenkki ketjussa katkeaa, mikään ei liiku mihinkään.

Lähitulevaisuudessa on näkyvissä suuria muutoksia infrarakentamisessa, etenkin mittausmiehille ja konekuljettajille. Askel on myös ympäristöystävällisempi, sillä ympäristön kannalta tämä muutos tuo vähentyneet ajot henkilöajoneuvoilla ja kuorma-autoilla, kun työmaavastaavan tiedonhaku projektista käy työmaalla paikan päällä jollain pääte-laitteella, ei tarvitse kutsua mittausmiehiä paikalle jokaista mittatikkujen tarkistusta var-

ten ja maan ylikaivu vähenee huomattavasti. Olemme nähneet vasta alun automaation vaikutuksista.

4.2 Zaidankadun rakentaminen uudella teknologialla

Jos Zaidankatu tehtäisiin uudestaan ja projekti haluttaisiin tehdä mahdollisimman taloudellisen tehokkaasti käyttäen tämän päivän uusinta teknologiaa, tässä insinööriyössä mainittuja tekniikoita kannattaisi harkita. Projektipankki auttaisi yhtiötä pitämään työmaavastaavat ja sitä kautta loput työntekijät täysin ajan tasalla uusista muutoksista suunnitelmissa ja myös toiseen suuntaan päivittää johtoportalle, missä vaiheessa työmaalla ollaan.

Työmaapäiväkirja ja sähköinen arkistointi yhdessä hyötyttäisivät tulevaisuudessa kadun ympäristöön suunnittelevia ja rakentavia ammattilaisia tietämään mitä Zaidankadun sisällä missäkin on. Maapörssin tai vastaavan kierrätyspörssin kautta saataisiin yhteyttä mahdollisimman sopivaan ylijäämämaan vastaanottajaan, joka tehostaisi kuorma-autojen matkaamista ja säästäisi yhtiön omia maankaatopaikkoja.

Automaattiset mittauslaitteet voisivat olla tarpeellisia saven kantavuuden arvioimiseen, mahdollisesti säästären stabilointiurakkaa. Maan kaikuluotaus maatutkalla olisi paljastanut vanhojen vesilinjat ja käytöstä pois otetut sähkölinjat, joita ei oltu merkitty tietokantoihin, ja olisi näin nopeuttanut kaivutöitä paikoitellen. Koneohjaus parantaisi huomattavasti maansiirtokoneiden tehokkuutta, vähentäisi maansiirron määrää ja mittatikujen asentamisen tarvetta ei enää olisi. Mittamiesten tulisi käydä vielä tekemässä tarkemittaukset asennetuista kaivoista, mutta ne tilanteet olisivat paljon paremmin ennakoitavissa kuin liikahtaneet mittatikut.

4.3 Oman oppimisen arviointi

Oman oppimisen arviointi voidaan määritellä toiminnaksi, jossa joku tekee arvion omasta suorituskvyyvystään. Itsearviointissa määritellään itselle oppimistavoitteita, hankitaan tietoa tavoitteiden saavuttamiseksi sekä arvioidaan ja kehitetään omia ratkaisuja ja toiminnan seurauksia. Itsearviointiin liittyy kiinteästi reflektiivisyys, jolla tarkoitetaan valmiutta pohdiskella ja ymmärtää omaa toimintaa eri näkökulmista sekä muuttaa ja

ohjata sitä. Itsearviointi lisää tietoutta omasta itsestä sekä syventää käsitystä arvioinnin merkityksestä eli auttaa tulemaan paremmaksi oppijaksi. [27]

Ammatillinen kasvu on prosessi, joka kehittyy ja muuttuu jatkuvasti. Ammatillinen pätevyys lisääntyy jatkuvan tiedonhankinnan, kokemusten sekä oppimisen kautta. Koulutuksen antamat valmiudet ja työelämän vaatimukset luovat vankan perustan ammatillisen osaamisen kehittymiselle. [28]

Tämän insinööriyön aihe vaikeutui huomattavasti huomattessani, että tulevista tekniikoista on yllättävän vaikea löytää luotettavaa tietoa. Tuote, joka ei ole ehtinyt tulla vielä markkinoille, voi olla yhtiölle todella arvokas liikesalaisuus. Täten jouduin keskittymään tämän päivän uusimpiin, jo markkinoilla oleviin, tekniikoihin. Odotin aluksi löytäväni useita pieniä parannuksia melkein jokaiseen Staran käytössä olevaan tekniikkaan, mutta löysinkin melkein vain yhden todella ison muutoksen, joka tulisi rajusti muuttamaan työmaata. Jos olisin tiennyt tästä tekniikasta aiemmin, olisi tämä työ tehty todennäköisesti hyvin erilailla.

Insinööriyö tutustutti tekijänsä uusimpiin tekniikoihin ja ammensi paljon kuvaa tulevaisuuden näkymistä automaatiota ja muuttuvia työmenetelmiä koskien. Tekijä oppi myös paljon uusista yhtiöistä ja mitä heillä on rakennusosalalle tarjota. Staran työmaalla työskentely paransi huomattavasti ammatillista asiantuntijuutta, kun työmaalla pääsi näkemään kuinka asiat hoituvat käytännössä.

Staran Läntisen kaupunkitekniikan tuotantopäällikkö Eila Hägg saa tietoa tämän insinööriyön kautta erilaisista käytettävistä tekniikoista, mahdollisesti ottaen käyttöön joi-takin parantaakseen Staran taloudellista tehokkuutta. Staran arvoista yhden ollessa ekologisuus, tämä taloudellinen tehokkuus ottaa huomioon myös ympäristön yhtenä tinkimättömistä osapuolista, luoden kestäväää kehitystä ja entistä ympäristöystävällisempiä hankkeita.

Lähteet

- 1 Ylhäinen, A. 2009. Käytännön Maamies 1/2009, s. 60
- 2 National Research Council 1995. The Global Positioning System: A Shared National Asset. National Academies Press.
- 3 Encyclopedia Astronautica. GLONASS-järjestelmän historia. <<http://www.astronautix.com/craft/glonass.htm>> Viitattu 4.1.2013.
- 4 SuomiSanakirja.fi. Infrastruktuurin määritelmä. <<http://suomisanakirja.fi/infrastrukturi>> Viitattu 4.1.2013.
- 5 Heinonen, S. & Kasanen, P. & Walls, M. 2002: Ekotehokas yhteiskunta. Ympäristöklusterin kolmannen ohjelmakauden esiselvitysraportti. Suomen ympäristö. s. 598
- 6 SuomiSanakirja.fi. Teknologian määritelmä. <<http://suomisanakirja.fi/teknologia>> Viitattu. 4.1.2013.
- 7 Merriam-Webster 2007. Definition of technology. <<http://mw1.merriam-webster.com/dictionary/technology>> Viitattu 4.1.2013.
- 8 Bennett, T. 2010. A New Age of Construction Automation, Part 1: The Rise of GPS Machine Control and Building Information Modeling. Professional Surveyor Magazine. <<http://www.profsurv.com/magazine/article.aspx?i=70729>> Viitattu 5.12.2012.
- 9 Bennett T. 2010. A New Age of Construction Automation, Part 2: Process and Partnership Changes. Professional Surveyor Magazine. <<http://www.profsurv.com/magazine/article.aspx?i=70763>> Viitattu 5.12.2012.
- 10 Kaivulupa.fi. Tietoa palvelusta urakoitsijalle. <<https://www.kaivulupa.fi/urakoitsija/>> Viitattu 28.2.2013.
- 11 Uusavuton. Sähköisen arkistoinnin hyödyt. <<http://www.uusavuton.fi/sahkoisen-arkistoinnin-hyodyt>> Viitattu 4.1.2013.
- 12 BlueCielo. MultiKronodoc dokumentinhallintapalvelun hyödyt projekteille. <<http://www.bluecieloecm.fi/fi/dokumenttien-hallinnan-ja-tiedostojen-hallinnan-ratkaisut/multikronodoc-projektipankki-investointiprojektien-tiedonhallintaan.html>> Viitattu 4.1.2013.
- 13 Pohjola M. & Hakala, P. 2003. Arkistot kuntoon. Tieteellisten seurain valtuuskunta, Helsinki.

- 14 Maapörssi. Hyötyä käyttäjille. <<http://www.maaporssi.fi/pages/advertising>> Viitattu 4.1.2013.
- 15 Pekka Pajakkala, 2012. VTT: Infrarakentaminen valintojen edessä, lisäpanostuksiin ei juurikaan mahdollisuuksia. <http://www.vtt.fi/news/2012/060312vtt_nfrarakentaminen_valintojen_edessa.jsp> Viitattu 8.2.2013
- 16 FinMeas Oy. Siirtymän mittaus. <http://www.finmeas.com/?Tuotteet:Siirtym%E4n_mittaus> Viitattu 8.2.2013
- 17 FinMeas Oy. Painuman mittaus. <http://www.finmeas.com/?Tuotteet:Painuman_mittaus> Viitattu 8.2.2013
- 18 FinMeas Oy. Huokospaineen mittaus. <http://www.finmeas.com/?Tuotteet:Huokospaineen_mittaus> Viitattu 8.2.2013
- 19 FinMeas Oy. Lämpöprofiilin mittaus. <http://www.finmeas.com/?Tuotteet:L%E4mp%E6tilaprofiilin_mittaus> Viitattu 8.2.2013
- 20 Geo-Work Oy. Maa-ainestutkimukset. <<http://www.geo-work.com/Maa-ainestutkimukset.html>> Viitattu 8.2.2013
- 21 Geo-Work Oy. Maatutkaluotaus. <<http://www.geo-work.com/Maatutka.html>> Viitattu 8.2.2013
- 22 BlueCielo ECM Solutions, 2012. MultiKronodoc projektipankki. <<http://www.bluecieloecm.fi/fi/dokumenttien-hallinnan-ja-tiedostojen-hallinnan-ratkaisut/multikronodoc-projektipankki-investointiprojektien-tiedonhallintaan.html>> Viitattu 8.2.2013.
- 23 Stara, 2013. Staran esittely. <<http://www.hel.fi/hki/Rakpa/fi/Staran+esittely>> Viitattu 28.2.2013.
- 24 Stara, 2013. Kaupunkitekniikan rakentaminen. <<http://www.hel.fi/hki/Rakpa/fi/Kaupunkitekniikka/Rakentaminen>> Viitattu 28.2.2013.
- 25 Sito Oy, 2010. Zaidankatu, LP-alue, Meilahdentien kiertoliittymä ja Paciuksenkadun jk + pp-tie välillä Meilahdentie – Tukholmankatu. Helsingin kaupunki ja Rakennusviraston Katu- ja puisto-osaston Zaidankadun hankeselostus.
- 26 http://www.ace-economics.fi/kuvat/mvihanto_inst06.pdf (taloudellinen tehokkuus)

- 27 Atjonen, P. 2007. Hyvä, paha arviointi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 82
- 28 Janhonen, S. & Vanhanen-Nuutinen, L. 2004. Kohti asiantuntijuutta. Oppiminen ja ammatillinen kasvu sosiaali- ja terveysalalla. 1. painos. Vantaa: WSOY. s. 17
- 29 Hietanen, J. 2005. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu. Tammer-Paino Oy Tampere 2005
- 30 Katu 2002, Katusuunnittelun ja -rakentamisen ohjeet, Suomen kuntatekniikan yhdistys, Gummerus Kirjapaino Oy Jyväskylä 2003
- 31 Kuva sivulta: <http://cyberneticzoo.com/wp-content/uploads/Aliens_Power-Loader-with-Ellen-Ripley.jpg> Viitattu 27.3.2013

