

Infrarakentaminen muutoksessa – työpaketit 2 & 3 sisältösuunnitelma

käsiteltäväksi 17.1.2012 johtoryhmän kokouksessa 1 (4)

Infrarakentaminen 2020

Projektin työnimi on ollut infrarakentaminen 2030. Projektin ensimmäisessä johtoryhmän kokouksessa päätettiin siirtää aikajänne lähemmäs vuoteen 2020. Siihen on aikaa vuodesta 2013 eteen yhtä paljon kuin taaksepäin on vuoteen 2006. Tarkastelu aikajänne on siis kohtuullisen lyhyt. Seitsemän vuoden kuluessa voimistuvat muutokset ovat jo tunnistettuja tarpeita, näkyvissä olevia ilmiöitä, edellä kävijöillä käytössä olevia uusia teknologioita.

Projektin esitutkimuksessa nousi esille kolme pidemmällä aikavälillä kiinnostavaa näkökulmaa 1) infrakantaan liittyvät työt, 2) markkinarakenteen muutokset ja 3) työvoima ja osaaminen. Näiden tekeminen ja raportointi ajoittuu pääasiassa vuodelle 2013.

1. Infrakantaan kohdistuvat työt vuoteen 2020

Tässä projektissa on tavoitteena selvittää tarkasteluajanteella (vuoteen 2020) infrakantaan liittyvän korjausliiketoiminnan kehittyminen. Lähtötietoina hyödynnetään rakenteiden omistajien tekemiä tutkimuksia rakenteiden kunnosta ja korjausvelasta.

1 Infrakantaan kohdistuvat työt vuoteen 2020	
1.1 Infrakanta ja korjausvelka	1.2 Infrakannan korjaus- ja parannustyöt

1.1 Infrakanta ja korjausvelka

Tässä tutkimuksessa kerätään yhteen ikä- ja määrätiedot valtaosasta (tärkeimmistä) infrarakenteista sekä mahdolliset korjausvelkalaskelmat¹.

1.2 Infrakannan korjaus- ja parannustyöt

Viimeaikoina on paljon puhuttu käsitteestä korjausvelka, jolla tarkoitetaan rakenteiden ikääntymisestä ja vikaantumisesta johtuvia teknisiä korjaustarpeita. Olemassa oleviin rakenteisiin kohdistuu myös muita töitä. Vanhoja rakenteita korjataan uudenaikaisilla ratkaisuilla, rakenteisiin integroidaan uutta teknologiaa tai esimerkiksi katutilan heikoimman verkoston takia uusitaan myös kelvollisia rakennusosia. Väestön väheneminen ja toimintojen supistuminen voi tehdä infrarakenteita tarpeettomiksi eikä korjaustarpeet konkretisoidu.

Tässä tutkimuksessa analysoidaan mitä töitä olemassa olevaan infrarakennekantaan tehdään ja miten töiden painotus muuttuu 2020 mennessä.

¹ Esimerkiksi:

Äijö & Virtala (2011) Liikenneväylien korjausvelka, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 2011/42.
FCG (2011) Vesihuoltoverkostojen saneerauksen ja ylläpidon uusien liitetoimintamahdollisuuksien kehittämisohjelma.

Infrarakentaminen muutoksessa – työpaketit 2 & 3 sisältösuunnitelma käsiteltäväksi 17.1.2012 johtoryhmän kokouksessa 2 (4)

2. Inframarkkinarakenteen muutokset -2020

Markkinoiden rakenteeseen ja muutoksiin vaikuttavat sekä toimintaympäristössä tapahtuvat muutokset että tilaajien infrarakentamisen tarpeet ja mahdollisuudet toteuttaa hankkeet. Toimintaympäristön muutoksista ja toimialojen kehityksestä johdetaan inframarkkinoiden kehityssuunnuste.

2 Inframarkkinarakenteen muutokset -2020		
2.1 Toimintaympäristön muutokset	2.2 Infraa käyttävien toimialojen/ toimintojen muutokset	2.2 Muutokset tilaajien toiminnoissa, tarpeissa ja mahdollisuuksissa

2.1 Toimintaympäristön muutokset

Toimintaympäristön muutokset ovat yhteiset koko infra-alalle. Muutokset (otsikkotasolla) tunnistetaan yhteistyössä johtoryhmän kanssa. Otsikkojen sisältö täydennetään tutkijatyönä. Oheiseen liitteeseen on koottu työpajan (16.5.2012) ja InfraExossa (11.10.2012) pidetyn esityksen yleisön esiintuomat näkökulmat.

Muutokset on jäsenetty PESTEL kehikkoon eli politiikan (P), talouden (E) ja sosiaalisen (S) toimintaympäristön muutoksiin sekä teknologian kehitykseen (T), ympäristövaatimukseen (E) ja lainsäädäntöön (L). Muutokset luokitellaan paikallisiksi eli tässä yhteydessä toimialakohtaisiksi (Lo), kansallisiksi (N) ja yleismaailmallisiksi (G).

Liite 1. Infra-alan isot muutokset ja haasteet. Alustava yhteenveto kommentoitavaksi.

Huomioon otetaan myös muita toimintaympäristön ja toimialan tulevaisuutta luodanneita arvioita².

2.2 Infraa käyttävien toimialojen/toimintojen muutokset

Toimintaympäristön lisäksi infrastruktuurin käyttö muuttuu. Muutoksen suuruus seitsemässä vuodessa on vähäinen, mutta muutoksessa voi olla nähtävissä suunta. Tässä projektissa käydään läpi asiakastoimialojen tulevaisuuden visioita³, jotka toteutuessa vaikuttaisivat merkittävästi infrarakentamiseen.

² Esimerkiksi

VTT (2012), *Low Carbon Finland*.

Kirafoorumi (2012), *Rakennettu ympäristömme NYT / 2025*.

Tekes (2011), *Rakennetun ympäristön roadmap*.

SKOL ry (2010), *Kohti suunnittelu- ja konsulttialan tulevaisuutta*.

OECD (2007), *Infrastructure 2030*.

American Society of Civil Engineers ASCE (2007), *The Vision for Civil Engineering in 2025*,

³ Esimerkiksi

Suomen Kuntaliitto (2012), *Huomispäivän infrastruktuuri. Näkökulmia kuntien teknisen toimen uudistamiseen*.

Energiamarkkinavirasto (2009), *Sähköverkkotoiminnan megatrendit 2010-luvulla*.

Valtioneuvoston liikennepoliittinen selonteko eduskunnalle (2012), *Kilpailukykyä ja hyvinvointia vastuullisella liikenteellä*.

Infrarakentaminen muutoksessa – työpaketit 2 & 3 sisältösuunnitelma käsiteltäväksi 17.1.2012 johtoryhmän kokouksessa 3 (4)

2.3 Muutokset tilaajien toiminnoissa, tarpeissa ja mahdollisuudessa toteuttaa hankkeita

Vuosikymmenen teemaksi on nostettu kunnossapito. Rakenteista itsestään nousevat tarpeet (korjausvelka) on kuitenkin vain osa tulevaa infrarakentamista. Kunnossapidon lisäksi tullaan rakentamaan kokonaan uutta infraa. Toteutuvaan rakentamiseen vaikuttaa muutokset toiminnoissa ja tilaajien rahoitusasema.

Markkinamuutoksia tarkastellaan lähtökohtaisesti InfraExossa pidetyssä seminaarissa esitellyllä kolmijaolla: alueiden, yhdyskuntien ja yhdyskuntien välisten yhteyksien rakentaminen. Osa odotettavissa olevista muutoksista on sidoksissa toisiinsa. Esimerkiksi toteutuessaan kaivosinvestoinnit näkyvät sekä alueiden että yhteyksien rakentamisena tai väestökasvu sekä alueiden että yhdyskuntatekniikan rakentamisena. Markkinoiden kehitystä tarkastellaan vuoteen 2020 asti eriteltynä lopputuotteisiin ja työlajeihin.

3. Infra-alan työvoima ja osaaminen 2020

”Useat organisaatiot – muun muassa Liikennevirasto, Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry, Rakennustietosäätiö ja Infra ry - ovat todenneet infra-alan osaamisvajeen merkittäväksi alan toimintaa uhkaavaksi tekijäksi. Sen ratkaiseminen on noussut alan tulevaisuuden yhdeksi tärkeimmistä strategisista tekijöistä. Osaamisvaje on sekä määrällinen että laadullinen. Vajeella on suora vaikutus myös rakennusalan tuottavuuteen, tuotannon ja palvelun laatuun sekä lopputuotteiden toimivuuteen” (Rakentaminen 2012-2013, VM Raksuraportti 2012/2).

VATT ennakoii työvoiman määrällisiä tarpeita ja opetushallitus koulutuksen sisältöä. RIL koulutusbarometri käsittelee rakennusalan kaikkia koulutustasoja. Tässä projektissa täsmennetään edellä mainittujen tutkimusten tuloksia⁴ koskien infa-alaa.

3 Infra-alan työvoima ja osaaminen	
3.1 Osaamisvajeet ja uudet osaamistarpeet	3.2 Infra-alan työvoiman tarve

3.1 Osaamisvajeet ja uudet osaamistarpeet

Projektin tämän osan ensimmäisenä osatavoitteena on tunnistaa infra-alan nykyiset osaamisvajeet sekä miten tilanne on muuttumassa vuoteen 2020. Osa nykyisistä ja tulevista osaamisvajeista johtuu edellä käsitellyistä markkinarakenteiden muutoksista, osa koulutuksen puutteista ja johtuu teknologian kehityksestä.

⁴ Esimerkiksi

VATT (2010), Työvoiman tarve Suomen taloudessa vuosina 2010-2025.

Opetushallitus (2011), Kiinteistö- ja rakennusalan osaamistarveraportti.

RIL, Opetushallitus (2012), Yhteenveto osaamistarveselvityksistä kiinteistö- ja rakentamisalalla.

Infrarakentaminen muutoksessa – työpaketit 2 & 3 sisältösuunnitelma käsiteltäväksi 17.1.2012 johtoryhmän kokouksessa 4 (4)

Teknologiamuutokset ovat pääsääntöisesti yhteiset koko infra-alalle. Oheiseen liitteeseen on koottu infrarakentamisessa käyttöön otettuja uusia teknologioita. Niitä on tunnistettu tietohakujen ja henkilöhaastattelujen avulla. Yhteenveto ei ole vielä kattava. Siitä puuttuu mm. yhdyskuntarakenteisiin liittyviä uusia teknologioita sekä uusia infran pidon ja hankinnan tapoja.

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat (kommentoivaksi).

3.2 Infra-alan työvoiman tarve

Toisena tavoitteena on määrittää työvoiman määrällinen tarve. Maa- ja vesirakentamisen työvoiman määrästä esitetään toisistaan poikkeavia lukemia. Toimiala ”maa- ja vesirakentaminen” on vain osa infra-alaa. Infra-alalla tarvitaan rakentajien lisäksi suunnittelijoita sekä julkisella että yksityisellä sektorilla, työntekijöitä maa-rakennusmateriaalituotantoon ja kuljetuksiin. Tässä osassa Infra muutoksessa -projektia lasketaan alan koko työvoima, jotta voidaan paremmin arvioida tulevaisuuden työvoimatarve.

Tulevien vuosien kysymys niin yksityisellä kuin julkisellakin sektorilla on suurten ikäluokkien eläköityminen ja siitä seuraavan aukon paikkaaminen uusilla työntekijöillä. Jo nyt infra-alalla ollaan työvoiman vajeesta paikattu vierastyövoimalla.

Työvoiman määrä määritetään kahta reittiä 1) tilastojen avulla 2) laskennallisesti ominaislukumenetelmällä. Ominaislukumenetelmässä työvoimatarve sidotaan lopputuotteisiin ja työlajeihin: kuinka paljon erilaista osaamista vaativaa työtä tarvitaan lopputuotteiden suunnitteluun ja rakennuttamiseen; kuinka paljon erilaista osaamista vaativaa työvoimaa tarvitaan eri työlajeissa. Laskennallisella menetelmällä päästiin kiinni kokonaistyötarpeeseen. Kokonaistarve ei selviä tilastoista, koska ne tunnistavat vain Suomessa vakituisesti asuvat työntekijät. Tulevaisuuden työvoimatarpeen (uudet työntekijät) määrittämiseen tarvitaan tietoa nykyisen työvoiman ikärakenteesta eli alalta eläköityvien määrästä.

Liite 1. Infra-alan isot muutokset ja haasteet 1(6)

Projektin johtoryhmän työpajassa tunnistettiin tulossa olevia muutoksia kaavalla: mitä on aiemmin tapahtunut => paraikaa tapahtumassa => tulee tapahtumaan. Yhteenveto näistä esitettiin projektin seminaarissa ja pyydettiin läsnäolijoita täydentämään listaa. Esiintuodut muutokset ovat monella tapaa eritasoisia ja erikokoisia.

Muutos voi olla trendi, eli kertoa yksittäisen tapahtuman sijaan siitä, mihin suuntaan ollaan jonkin asian suhteen menossa. Tässä yhteenvedossa on testattu kerättyjen havaintojen eli muutosten haltuunottoa sovittamalla ne yleistettävyyden mukaan trendeiksi LoNGPESTEL kehikkoon.

PESTEL kehikossa havainnot osoitetaan politiikan (P), talouden (E) ja sosiaalisen (S) toimintaympäristön muutoksiin sekä teknologian kehitykseen (T), ympäristövaatimukseen (E) ja lainsäädäntöön (L). Muutokset luokitellaan paikallisiksi eli tässä yhteydessä toimialakohtaisiksi (Lo), kansallisiksi (N) ja yleismaailmallisiksi (G).

1 Trendit¹

Megatrendit ovat globaaleja muutosprosesseja jotka vaikuttavat kaikkialla. Gigatrendit ovat megatrendien taustalla olevia ajureita, jotka muuttuvat erittäin hitaasti. Megatrendit puolestaan aiheuttavat kansallisia, alueellisia, paikallisia tai toimialojen kehityksessä näkyviä trendejä.

Gigatrendit, megatrendit ja trendit kertovat siitä, mihin suuntaan toimintaympäristö ja toimiala ovat kehittymässä. Myös giga- ja megatrendit muuttuvat. Uusia heikkoina signaaleina näyttäytyviä mahdollisuuksia kutsutaan metatrendeiksi. Metatrendit voivat kehittyä uusiksi mega- ja gigatrendeiksi.

1.1 Gigatrendit – megatrendien ajurit

Väestönkasvu: teollisuusmaissa väestö on vakaa mutta maiden välillä on isoja eroja. Euroopan trendinä on hidas väestönkasvu ja Aasian ja Afrikan väestö kasvaa nopeasti. Euroopassa väestö ikääntyy ja syntyvyys on alhainen. Tämä gigatrendi on ristiriidassa luonnonvarojen kanssa ja gigatrendille on muutospainetta

Taloukasvu: Vaikka viime vuosina talous on ollut turbulenssissa mm. rahoituskriisin takia, on pitkällä aikavälillä maailman talous kasvanut melko vakaasti. Taloukasvun hidastuminen öljyn ja eräiden tärkeiden metallien hinnan nousun takia saattaa vaikuttaa tähän gigatrendiin.

Teknologinen kehitys: Teknologinen kehittyminen on yksi merkittäviä globalisaation taustalla. Kestävän kehityksen ja globaalitalouden muutokset edellyttävät uutta teknologiaa ja uudenlaisen infrastruktuurin. Teknologiahypyn todennäköisyys kasvaa.

¹ Ahvenainen M, Hietanen O and Huhtanen H (2009), Tulevaisuus paketissa.

Liite 1. Infra-alan isot muutokset ja haasteet 2(6)

1.2 Globaalit megatrendit

Gigatrendit tuottavat megatrendejä. Näitä ovat mm. luonnonvarojen niukentuminen, ympäristöongelmat, kansainvälistyminen sekä erilaisten häiriöiden ja konfliktien lisääntyminen.

Niukentuminen on seurausta kulutuksen kasvusta rajallisessa maailmassa. Niukentumisen seurauksena raaka-aineiden hinnat nousevat ja pulaa syntyy energiasta, ruuasta, vedestä ja maasta. Ympäristöriskejä liittyy mm. saastumiseen, luonnonvarojen ehtymiseen, luonnon minimuotoisuuden häviämiseen, ympäristöonnettomuuksiin ja geenimanipulaation hallitsemattomiin seurauksiin.

Kansainvälistyminen ja globalisaatio jatkuvat. Kriisien ja konfliktien ratkaiseminen edellyttää kansainvälistä yhteistyötä ja tuottaa monimutkaisia riippuvuuksia. Kansainvälinen päätöksenteko vaikeutuu ja aiheuttaa protektionismia.

1.3 Euroopan trendit

Euroopassa keskitytään lähivuosina talouden tervehdyttämiseen ja julkishallinnon kustannuskriisin hoitamiseen. Taantuma voi aiheuttaa talouspakolaisuutta EU:n sisällä. Samaan aikaan EU byrokraatisoituu ja toimintakyky hidastuu. Monimutkaisten taloudellisten keskinäisriippuvuuksien vuoksi yhteistä etua on vaikea löytää.

Muutosvauhti nopeutuu Euroopassa. Yrityksiä ja jopa kokonaisia toimialoja syntyy ja kuolee yhä nopeammin. Syntyy perhostalouksia eli klustereita, joiden kilpailukyky perustuu muutoskykyyn. Tämä on haaste perinteisille toimialoille.

1.4 Metatrendit

Metatrendit ovat niitä muutostekijöitä ja ajureita jotka muuttavat gigatrendejä megatrendejä ja trendejä eli muuttavat muutoksen suuntaa.

Metatrendejä ovat mm. polarisaation lisääntyminen ja eriarvoisuuden kasvaminen. Köyhyys ja rikkaus lisääntyvät. Luonnonvaroja kulutetaan entistä enemmän. Tuloksena on kokonaisuuden hallinnan ja muutoksen ymmärtämisen vaikeutuminen.

Gigatrendeistä talouskasvu ja väestönkasvu voivat kumota toisensa. Ne ovat ristiriidassa kestäväen kehityksen kanssa. Seurauksena ovat niukentuminen ja ympäristöongelmia.

Hyvätuloiset pyrkivät jatkossa käyttämään enemmän aikaa perheen kanssa ja vähemmän työn parissa. Ns. slow life nostaa päätään. Etätyö lisääntyy ja väestö ikääntyy. Myös taloudessa hitaata ja pienet systeemit yleistyvät.

Liite 1. Infra-alan isot muutokset ja haasteet 3(6)

Arvot ja tunteet korostuvat työelämässä. Tulosvastuullisuuden, kustannustehokkuuden ja tietoyhteiskunnan vastapainona ovat nousemassa vastuulliset arvot. Työelämässä on noussut esille arvojohtaminen.

Toisaalta yritykset käyttävät vuokratyövoimaa ja omistus siirtyy veroparatiiseihin ja

2 Trendien globaalit, kansalliset ja toimialakohtaiset vaikutukset

2.1 Talous

Globaali: Infrarakentamisen määrään vaikuttaa globaalin talouden kehitys. Useiden maiden talous on riippuvainen kansainvälisestä kaupasta koska vientiyritysten tuottamat verotulot osaltaan rahoittavat julkista sektoria ja sitä kautta investointeja. Yritysten verosuunnittelu ja rahoituskriisi vievät tuloja julkiselta sektorilta. Maailmankaupan sopimukset pyrkivät helpottamaan kansainvälistä kauppaa.

Kansallisella tasolla valtion velkaantuminen vähentää sen mahdollisuutta rahoittaa infrainvestointeja ja hallitsemansa infran ylläpitoa. Hankkeita on tästä syystä rahoitettu yksityis- ja kuntarahoitusmalleilla. Elinkaarihankkeet ovat yleistyneet.

Infra-alan yritykset kärsivät rahoituskriiseistä ja pyrkivät parantamaan kilpailukykyään mm. verkostoitumalla.

2.2 Poliitiikka

Globaalilla tasolla kansainvälinen kauppa on kasvanut. Venäjä on vihdoon 2012 hyväksytty WTO:n jäseneksi. Tämän pitäisi alentaa Venäjän tuontitulleja ja helpottaa kaupan käyntiä kun monimutkaiset tullimaksut poistuvat.

Kansallisella tasolla valtio ja kunnat rahoittavat merkittävän osan infrarakentamisesta. Varsinkin suuret hankkeet ovat poliittisen päätöksenteon tulosta. Taantumassa elvyttäminen ja esimerkiksi velan otto-otto on poliittinen päätös (kuten 2009-2012 Suomessa). Koko maan tasolla suuri huolenaihe on omaisuudenhallinnan osa-alueista infrarakenteiden kunto. Riittämätön kunnossapito ja korjaaminen ovat rappeuttaneet osan infrarakenteista korjauskelvottomaksi. Henkilöturvallisuuteen liittyvät rakenteet kuten lentoasemien kiitotiet ja radat on kyetty pitämään kohtuullisessa kunnossa.

Paikallisella tasolla kunta päättää useiden verkostojen käyttömaksuista. Asiakkailta perityillä käyttömaksuilla rahoitetaan myös muita kunnallisia palveluja kuin ao. verkostoa.. Urakoitsijoille merkittävä poliittinen päätös on peritäänkö rakennusaikana esim. kadun yhden kaistan käyttövuokraa. Mahdollisimman lyhyen rakennusajan tarjoava urakoitsija säästää tällöin kaistanvuokramaksuissa.

Liite 1. Infra-alan isot muutokset ja haasteet 4(6)

Taulukko 1. Trendien vaikutukset (alustava).

Talous	Yritysten verkostoituminen Yritysrahoituksen turvaaminen Verosuunnittelu	Valtion velkaantuminen Yksityisrahoitus infrahankkeissa EK ohjauskorko	Globalisaatio Rahoituskriisi Euroopan vakausrahasto Maailmankaupan sopimukset, WTO Vientimaiden talouskasvu
Politiikka	Verkostojen käyttömaksut esim. kaistavuokrat - rakennusaikaiset kannustimet	Julkinen budjettirahoitus Omaisuuksien hallinta – rakenteiden kunnan vaikutus elinkeinoelämälle	
Teknologia	Koneautomaatio Tuotetietomalli	Tuotetietomalli Yhteistyömallit Elinkaarihankkeet Smart grid	Standardointi Patentit Innovaatiot esim. älykäs liikenne ja infrastruktuuri Päästötön energia
Ympäristö	Maa-ainesotto Korvaavat materiaalit Hulevesien käsittely-innovaatiot Kuulemismenettelyt Kaavoitus-liikenne tms. yhteistyö	Ekotehokas yhdyskunta Hajautettu energiantuotanto Uusiutuvat energialähteet Harjujen suojelu	Ilmastomuutos Energian saatavuus Vähähiilinen talous
Juridiikka	Ympäristöluvut Tie-, rata- katuturvapätevyudet Uusi kuntarakenne → sopimussiirot, uudet sopimukset	Jätelaki Maa-ainesvero Kiviainesten CE merkintä	EU direktiivit CE merkintä
Sosiaaliset kysymykset	Työvoimapula Työturvallisuus Osaaminen	Koulutus (määrät) Sosiaalinen media Demografiset muutokset – huoltosuhde Kansalaisten osallistuminen	Muutokset käyttäjätarpeissa Eriarvoisuuden kasvu Maahanmuutto

Liite 1. Infra-alan isot muutokset ja haasteet 5(6)

2.3 Teknologia

Globaalisti infrarakentamiseen liittyviä uusia teknologioita ovat mm. tuotetietomallit sekä satelliittipaikannus (global positioning systems, GPS). Langattomaan tiedonsiirtoon liittyvät sovellukset esimerkiksi paalutuksessa tai värinämittauksissa ovat uusia sovellutuksia infra-alalla. Älykäs liikenne tuo liikenneverkkojen rakentamiseen uusia vaatimuksia ja mahdollisesti vähentää investointitarvetta. Samoin älykäs infrarakenne sisältäen nanoteknologiaa tuovat älykkyyttä infrarakenteisiin. Esimerkiksi sillan kunnossapitotarvetta voidaan seurata reaaliaikaisesti nanopinnoitteiden avulla. Uudet materiaalit ja kierrätys antavat mahdollisuuden vähentää hupenevien soravarojen käyttöä.

Kansallisella tasolla on tarvetta lisätä infrarakenteiden rakentamisen tuottavuutta teknologiahyppäyksellä. Liian suuri osa rakennusprosessista on tuottamatonta odotus/hukka-aikaa. Teknologiahyppäys on mahdollista saada aikaan mm. tuotetietomallin käyttöönotolla koko rakennusprosessissa.

Paikallisella tasolla yritykset ottavat käyttöön tietokoneavusteisia järjestelmiä kuten esim. satelliittipaikannusta käyttävä kaivurin koneohjaus. Tämä vaatii tuekseen 3D suunnitelmat rakennuskohteesta. Kestävien ja vähähiilisten yhdyskuntien rakentaminen on mahdollista vain kytkemällä yhdyskuntatekniikan suunnittelu ja toteutus nykyistä tiiviimmin kaavoitukseen ja talonrakentamiseen.

2.4 Ympäristö

Globaalisti kiistelty kysymys ilmaston lämpenemisestä vaikuttaa infrarakentamiseen paljon eri puolella maailmaa. Mikäli meren pinta nousee, jää veden alle suuria kaupunkeja. Yhdyskunnat eivät ole vielä valmistautuneet veden pinnan nousuun. Samoin lisääntyvien sateiden hulevesiongelmien on varauduttu vain vähäisessä määrin yhdyskunnissa. Öljyn väheneminen nostaa energian hintaa ja öljyn tuotantokustannukset kasvavat kun siirrytään vaikeammin hyödynnettäviin lähteisiin. Tavoitteena on maailmanlaajuisesti nykyistä vähähiilisempi talous.

Kansallisesti ympäristöasiat toteutuvat mm. jätelain ja harjujen suojeleohjelman ansiosta. Vuodesta 1981 lähtien maa-aineisten otto on vaatinut luvan ja osa harjumuodostelmista on suojeltu maa-ainesotolta.

Infra-alaan ympäristöasiat koskevat mm. kansalaisten kuulemismenettelyn takia kaikissa rakennushankkeissa. Hupenevien soravarojen takia kehitetään uusia korvaavia materiaaleja ja maa-ainesten otto vaatii edelleen lupamenettelyn. Sademäärien kasvuun aletaan varautua uusilla hulevesien käsittelyä koskevilla suosituksilla ja ohjeilla.

Liite 1. Infra-alan isot muutokset ja haasteet 6(6)

2.5 Juridiikka

Globaalit tekijät lakiasioissa liittyvät ihmisten turvallisuus- ja terveellisyysvaatimuksiin infrarakenteissa ja niiden käytössä. Myös rakennusaikainen työturvallisuus on otettava huomioon.

Kansallisella tasolla lait ja asetukset liittyvät luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseen ja mm. harjujen suojeluohjelma toteuttaa tätä tavoitetta. Uhanalaisten eläin ja kasvilajien säilymistä säädellään lainsäädännöllä. Paikallisesti infra-alalla ja yrityksissä rakentajilta vaaditaan erilaisia pätevyksiä. Henkilöpätevyudet on uusittava tietyin aikavälein (esim. panostaja).

Kuntien yhdistyminen muokkaa kuntatekniikan omistusta ja tilaajakenttää. Parhaassa tapauksessa lisäresurssit parantavat tilaajatoimintaa ja pahimmassa tapauksessa urakoiden valmistelu viivästyy.

2.5 Sosiaalinen toimintaympäristö

Globaalisti ihmisten tarpeet muuttuvat ja myös tarpeet infrarakenteiden tuottamia palveluja kohtaan muuttuvat. Esimerkiksi puhelinkaapeli aikoinaan ja tilalle tulleet valokaapelit sekä langattomat yhteydet ovat muuttaneet radikaalisti tietoliikenneyhteyksien ominaisuuksia. Työvoima, opiskelijat liikkuvat maailmalla nykyään melko vapaasti maasta toiseen ja maat myöntävät viisumivapauksia. Toisaalta ihmisten välinen eriarvoisuus on kasvamassa mm. tuloerojen takia.

Kansallisella tasolla väestönkasvu ja huoltosuhde vaikuttavat yhteiskunnan kehitykseen. Vaikka koulutus on toisaalta poliittisen päätöksenteon tulosta, on se myös sosiaalinen tekijä. Kuinka paljon ikäluokasta jätetään kokonaan kouluttamatta ja kuinka monelle annetaan mahdollisuus korkeakoulun tarjoamaan opetukseen?

Rakennusalalla kärsitään koulutuksen riittämättömyyden takia ammattitaitoisesta työvoimasta sen kaikilla vaatimustasoilla. Työntekijöiden osaamisvaatimukset kasvavat koko ajan kun tietotekniikan apuvälineitä otetaan rakennusalallakin käyttöön. Euroopassa väestön ikääntyminen vaikuttaa kaikkien palvelujen, infrastruktuuri mukaan lukien, sopeuttamistarpeeseen ikääntyvälle väestölle.

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 1(20)

Tämän yhteenvedon on koornut ja laatinut insinöörioppilas Esa Sankala syyskuu 2012-joulukuu 2012 välisenä aikana. Tehtävää ovat ohjanneet lehtori Eero Nippala ja erikoistutkija Terttu Vainio.

Tavoite

Infrarakentaminen muutoksessa -projektin ”työvoima ja osaaminen” teemaan kuuluu uusien osaamistarpeiden tunnistaminen. Tämän yhteenvedon tavoitteena on ollut maanrakennusalalle tulleiden ja tulossa olevien teknologioiden tunnistaminen ja esittely, jotta ne osattaisiin ottaa huomioon koulutuksessa ja käyttöön niissäkin yrityksissä, jotka eivät ole ns. edelläkävijöitä. Teknologioista kuvattu toimintatapa, käyttökohteet sekä hyödyt.

Menetelmät

Tietoa on haettu alan julkaisuista, järjestöiltä ja yrityksiltä niin kirjallisuustutkimuksin kuin haastatteluin. Pääasiallisina tietolähteinä ovat internet, alan julkaisut ja opinnäytetyöt. Haastattelut tehtiin syksyn 2012 aikana. Haastateltavat edustivat: 2 henkilöä suunnittelusektoria, 4 henkilöä urakointisektoria, 1 henkilö materiaali- ja tutkimuspuolta sekä 1 henkilö alan etujärjestöä.

Rajaukset

Teknologioita etsittiin rakennusprojektin eri vaiheista. Raportoitujen teknologioiden tuli täyttää seuraavat kriteerit:

- Teknologian kehitysajankohta. Vanhakin teknologia hyväksyttiin, mikäli se vasta lähiaikoina on otettu käyttöön maanrakennusalalla.
- Teknologian käyttöaste. Teknologia karsittiin, jos teknologian käyttöaste on alhainen, eikä kasvusta ole merkkejä.
- Merkitys maanrakennusalalle. Teknologian tulisi tuoda jollain tasolla kehitystä alalle.

Yhteenvedon rakenne

Raportissa esitellyt uudet teknologia on jäsennetty seitsemään ryhmään:

1. Työkoneet ja lisälaitteet
2. Mittauslaitteet ja –järjestelmät
3. Materiaalit
4. Suunnittelu
5. Sähköinen asiointi
6. Muut teknologia ja järjestelmät
7. Toimintatavat.

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 2(20)

1	Työkoneet ja lisälaitteet	4
1.1	Koneohjaus, 3D.....	4
1.2	Rusnauslaite	5
1.3	Hybridiajoneuvot.....	5
1.4	Lumilinko talvikunnossapidossa	6
1.5	Kauko-ohjaus/robottiohjaus	6
1.6	Konenäkö.....	6
2	Mittauslaitteet ja -järjestelmät.....	6
2.1	UAV – mittaus.....	6
2.2	Ajoneuvolaserkeilaus	6
2.3	Geotrim VRS – paikannusjärjestelmä	7
2.4	Lämpökamerat laadunvarmistuksessa	7
2.5	Tunneleiden liikennevalvonta (e18, turunväylä)	8
2.6	Langaton värinämittaus	8
3	Materiaalit	9
3.1	Ekosementti.....	9
3.2	Vahtolasi	9
3.3	Graafinen betoni	9
3.4	Nanoteknologia, aistiva pinnoite	10
3.5	Uusiomateriaalit	10
4	Suunnittelu	10
4.1	Rakennuksen tietomallinnus	10
4.2	Lastplanner	13
5	Sähköinen asiointi.....	13
5.1	Projektipankit	13
5.2	RAILI - puhelimet	13
5.3	Sähköinen laskutus.....	13
5.4	Ohjeistukset.....	14

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 3(20)

5.5	Kalenterit	14
5.6	Mobiilit kellokortit ja ajanhallinta	14
5.7	Mobiili sähköposti	15
5.8	Sähköiset huoltokirjat	15
5.9	Automaattinen paalutuspöytäkirja (iPiler).....	15
6	Muut teknologiat ja järjestelmät.....	15
6.1	Poralaitteen simulaattori	15
6.2	ZenRobotics - jätteen erottelu	16
6.3	Vedenpuhdistus, PACS- järjestelmä	16
6.4	Jäteputkijärjestelmä	16
7	Toimintatavat.....	17
7.1	Projektialliansi	17
8	Tulokset	17
	Lähteet	18

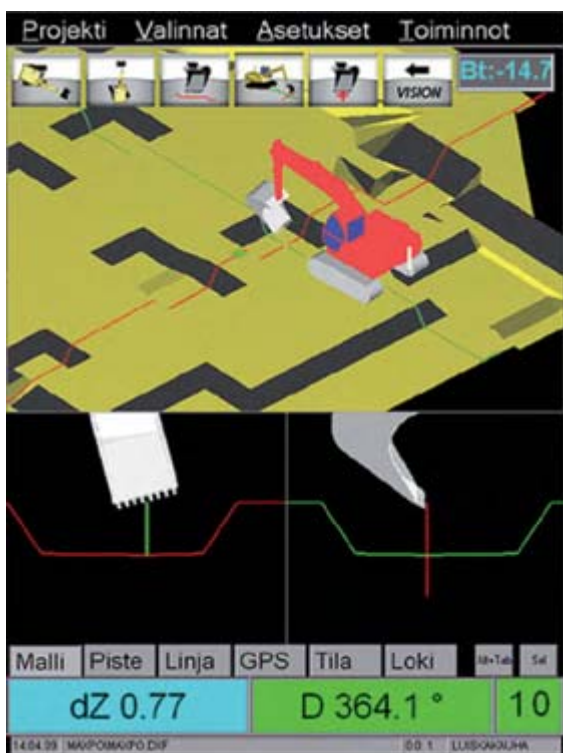
Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 4(20)

1 Työkoneet ja lisälaitteet

1.1 Koneohjaus, 3D

Yksinkertaisuudessaan 3D-koneohjaus on sitä, että suunnittelijalta saatava digitaalinen malli tuodaan työkoneeseen sijaitsevaan ohjausjärjestelmään, jolloin koneen sensorit ohjaavat työkonetta hytissä sijaitsevan näytön avulla automaattisesti tai kuljettajaa avustaen (Topgeo). Koneohjausjärjestelmä koostuu työkoneen anturoinnista, paikannuksesta ja mittatiedon projisoinnista tietokoneen avulla. Nykyaikaiset mobiiliyhteydet mahdollistavat myös etätukiyhteyden lisäksi tiedonsiirron työkoneen ja toimiston välillä. (Novatron, 2012, Vision 3D.)

3D- koneohjaus on tiukasti sidoksissa tietomallinnukseen. Koneohjaus on jo yleistynyt Suomessa merkittävästi. Järjestelmiä on saatavilla monilla eri ominaisuuksilla. Isoimmilla toimijoilla on jo lähes kaikki työkoneet varustettu jonkinasteisella koneohjauksella.



Kuva 1. Novatronin tuottaman Vision 3D järjestelmän käyttöliittymää. (Novatron, 2012, Vision 3D.)

Satelliittipaikannusta hyödynnettäessä koneen sijainti ja korko ovat koko ajan tiedossa. GPS-ominaisuus avaa oven 3D-maailmaan, jolloin maastomallien ja koordinaatteihin sidottujen linjojen hyödyntäminen on mahdollista. Kone toimii itseasiassa melko suurena mittalaitteena. Paikannus tapahtuu ja GPS- ja GLONASS-satelliittien avulla. Tukiasema korjaa paikannusratkaisun parin senttimetrin luokkaan, kertoo Novatronin sivut. (Novatron, 2012, Vision 3D.)

3D-koneohjausta on kokeiltu erilaisissa konetoteutuksissa, joissa joko opastetaan kuljettajaa tai ohjataan hydraulikkaa. Hyödyntämiskohteita koneohjaukselle ovat muun muassa kaivinkone, puskutraktori, tiivistyskone, asfaltinlevitin, porajumbo, tiehöylä, paalutuskone ja jyrsin. 3D koneohjauksen ansiosta koneen tekemän työn laatu on parantunut ja kustannukset pienentyneet. (Topgeo Oy, 2012, Mitä koneohjaus on?)

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 5(20)

Caterpillar Inc. tuottaman tutkimuksen mukaan työmaalla konetyön kapasiteetin kasvua on esim. tiehöylällä +90%, kaivinkoneella +30% ja puskutraktorilla sekä asfaltinlevittimellä +0..20%. Tutkimus suoritettiin rakentamalla kaksi identtistä väylää rinnakkain, toinen perinteisin menetelmin ja toinen mallintamalla ja koneohjausta hyödyntäen. (Tekes, 2010, Tietomallit ja koneohjauk katuhankkeissa.)

Yhä useammilla työmailla 3D-koneohjaus on jo arkipäivää. Maastomerkin sijaan mittatiedot ovat kuljettajan luettavissa koneohjausjärjestelmän näyttöruudulta. Aikaa, materiaalia ja polttoainetta säästy, joka mahdollistaa tuottavuuden kasvattamisen työn jokaisessa vaiheessa. (Novatron, 2012 Vision 3D.)

Mittatiedon näkyminen järjestelmän näytöllä vähentää maastomerkin tarvetta, jolloin työ nopeutuu sekä laatu paranee. Oikean pinnan korko tai kohteen sijainti on aina saatavilla ja sidosmittoja, kuten "sihtilappuja" ei enää tarvita. Materiaalin hallinnassa tarkan mittatiedon saatavuus on tärkeää. Liian syväksi kaivetun leikkauksen pois kuljettaminen sekä kaivannon täyttäminen aiheuttaa lisää kustannuksia, jotka pystytään torjumaan 3D -järjestelmän avulla suunnitelman kaivun pinnasta ollessa koko ajan nähtävillä. (Novatron, 2012, Vision 3D..)

On tärkeää, että ohjausjärjestelmää voidaan hyödyntää projektin jokaisessa työvaiheessa. Aina ei työkohteesta ole saatavilla 3D-suunnitelma-aineistoa, jolloin järjestelmän avulla voidaan luoda yksinkertaisia pintamalleja koordinaattien tai työkonella tehtyjen mittapisteiden perusteella. 3D -järjestelmä toimii myös perinteisenä kaivusvyöryjärjestelmänä, jolloin yksi laite tarjoaa ratkaisut kaikkiin käyttötarpeisiin. (Novatron, 2012, Vision 3D.)

<http://www.novatron.fi/fi/vision3d2.html>

http://www.topgeo.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=121&Itemid=126

http://www.rts.fi/infrabim/InfraTM_pilotti_Tampere_Oulu_loppuraportti.pdf

1.2 Rusnauslaite

Rusnauksella tarkoitetaan löyhästi kiinni olevien lohkeiden poistamista louhitun kallion pinnasta. Tähän tarkoitukseen Harri Eerola on kehittänyt uuden laitteen jolle on haettu patenttia.

Harri Eerola on kehittänyt uuden kalliotunneleiden rusnaukseen tarkoitetun, kaivukoneeseen asennettavan rusnauslaitteen. Kyseessä on kaivukoneen puomistoon kaivuvarren jatkeeksi asennettava laite. (Rusnakone, 2012, Harri Eerola kehitti uuden rusnauspuomin.)

Rusnapuomin etu hydraulisiin iskukoneisiin on se, että se ei irrota turhaan kiveä huonossa ja murenevassa kalliolaadussa. Laite on ollut käytössä Vuosaaren ratatunnelissa sekä Olkiluodossa ONKALON ajotunnelissa (Rusnakone, 2012, Harri Eerola kehitti uuden rusnauspuomin.)

<http://www.rusnakone.fi/pages/artikkeli1.html>

1.3 Hybridiajoneuvot

Hybridiajoneuvojen odotetaan tulevaisuudessa tulevan enenvin määrin myös maanrakennusalalle. Polttoainekustannuksien jatkuva nouseminen tulee lisäämään hybridiajoneuvojen kehitystä ja määrää.

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 6(20)

1.4 Lumilinko talvikunnossapidossa

Lumilinkoa voidaan käyttää joko lastaamaan poistettava lumi suoraan kuorma-auton lavalle tai linkoamalla se kauemmas tien reunasta, joilloin säästetään aikaa ja tilaa. Lumilinko soveltuu hyvin kaupunkien ahtaille kaduille, joissa ei ole tilaa lumen varastointiin.

1.5 Kauko-ohjaus/robottiohjaus

Kauko- ja robottiohjauksella on jo sovelluksia käytössä maanrakennusalalla. Koneohjauksen yleistyessä yhä, myös kauko- tai robottiohjauksen voidaan olettaa yleistyvän lähitulevaisuudessa. Kauko- ja robottiohjauksen tuomia etuja ovat turvallisuus, tarkkuus ja tuottavuuden kasvu. Kauko- tai robottiohjattavia työkoneita voitaisiin käyttää esimerkiksi tilanteissa, joissa turvallisuusriskit ovat liian suuria, jos työvaihe on yksinkertainen ja toistoja on paljon tai vaaditaan sellaista tarkkuutta, johon perinteisellä tavalla ei päästä.

1.6 Konenäkö

Konenäöllä on paljon sovelluksia teollisuuden puolella ja tulevaisuudessa teknologialla voi olla useita käyttösovelluksia myös maanrakennusalalla. Konenäkö koostuu erilaisista antureista ja kameroista, joita yleisesti käytetään laadunvarmistukseen. Konenäkö soveltuu parhaiten linjamaiseen työskentelyyn, joten sen käyttökohteita voivat hyvin olla jätteenkäsittelylaitokset tai murskaamot.

2 Mittauslaitteet ja -järjestelmät

2.1 UAV – mittaus

UAV- mittauksella (unmanned aerial vehicle) tarkoitetaan ilmasta tehtävää laserkeilausta miehittämättömien lennokkien avulla. Laserkeilaus on mittaus tapa, jolla kohteesta saadaan lasersäteiden avulla mittatarkkaa kolmiulotteista tietoa kohteeseen koskematta. Alueen lupaavimpina sovellusalueina pidetään kaivosteollisuutta ja erilaisia infrahankkeita. (Paikkatietoikkuna, 2011, Uusia asiakkaita ilmakuvauselle.)

Mittaus tapa soveltuu hyvin muutaman neliökilometrin alueille ja tapaa on Suomessa käytetty mm. maanainesalueiden mittaamiseen jonka pintamallilta on helppo laskea tilvauustietoja. UAV- mittaus soveltuu hyvin myös niin ympäristön ja maatalouden seurantaan kuin energiateollisuudelle. Menelmän etuna on kustannustehokkuus mutta rajoituksena on -10 asteenlämpötila ja huono näkyvyys tuulisella ja sateisella säällä. (Positio, 2011, Uusia asiakkaita ilmakuvauselle.)

http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio_3_2011_uusia_asiakkaita_ilmakuvauselle

http://www.paikkatietoikkuna.fi/c/document_library/get_file?uuid=d2b18403-d980-45b7-bcc3-d05e37eace54&groupId=108478

2.2 Ajoneuvolaserkeilaus

Ajoneuvolaserkeilaus on mittausmenetelmä, jota pyritään kehittämään vaihtoehtoksi ilmasta tehtäville laserkeilauksille. Mittaus perustuu ajoneuvon katolla olevaan laserkeilaimeen ja sitä paikantavaan

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 7(20)

takymetriin tai VRS-GPS:ään. (Pesonen, 2007, Ajoneuvolaserkeilauksen hyödyntäminen tien rakenteen parantamisen suunnittelussa.)

Ajneuvolaserkeilauksella saadaan 3D- malli tiestä ja sen ympäristöstä nopeasti ja tehokkaasti. Mallia voidaan hyödyntää tilavuustietojen laskemiseen, vaurioiden arviointiin, suunnitteluun ja niin edelleen.

<http://oci.oulu.fi/OuluConstructionInnovations/Tiedostot/Ajneuvolaserkeilauksen%20hyodyntaminen%20tien%20rakenteen%20parantamisen%20suunnittelussa.pdf>

2.3 Geotrim VRS – paikannusjärjestelmä

VRSnet.fi on Geotrim Oy:n sadasta ympäri Suomea olevasta tukiasemasta koostuva VRS-tukiasemaverkkopalvelu. Geotrim Oy:n verkkosivuilla paikannusjärjestelmästä sanotaan seuraavaa:

Geotrimin VRS-palvelu perustuu GPS/GNSS-satelliittitekologiaan, joka tuo laitemerkistä riippumatta ylivoimaista tehoa ja tarkkuutta reaaliaikaiseen sijainnin määrittämiseen ja satelliittidatan jälkikäsitteilyyn sekä -laskentaan — maanmittauksen, rakentamisen, paikkatiedon, ympäristön ja tutkimuksen tarpeisiin kaikkialla Suomessa. (Geotrim, 2012, Valtakunnallinen VRS-tukiasemaverkkopalvelu.)

Palvelu perustuu suljettuun tiedonsiirtoverkkoon joka on hyväksytty myös viranomaiskäyttöön. Järjestelmä tuottaa mittaustulokset EUREF- Fin ja muissa koordinaastistoissa. Järjestelmän takana on Vantaalla sijaitsevan laskentakeskuksen ohjelmistoteknologia, joka korjaa automaattisesti ilmakehän aiheuttamat ja muut signaaleihin vaikuttavat häiriöt GNSS- mittauksissa. (Geotrim, 2012, VRSnet.fi- esite.)

Menetelmällä päästään perinteistä RTK-menetelmää (real time kinematic) parempaan tarkkuuteen, sillä etäisyydestä johtuvasta virheestä päästään eroon lähes kokonaan. Menetelmä tuo myös kustannus- ja aikasäästöä, sillä omasta tukiasemasta ja sen pystyttämisestä voidaan luopua. (Maanmittauslaitos, 2012, GPS- mittaus.)

<http://www.geotrim.fi/vrsnet/>

<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/gps-mittaus>

2.4 Lämpökamerat laadunvarmistuksessa

Inframitta Oy kuvaa lämpökuvausmenetelmän seuraavanlaisesti:

Lämpökuvaus on ainetta rikkomaton tutkimusmenetelmä, jolla voidaan arvioida rakennusten, rakenteiden ja rakennusmateriaalien toimivuutta, kuntoa ja laatua. Lämpökuvauksella voidaan kartoittaa vanhojen rakennusten korjaustarvetta ja se on myös erinomainen apu laadunvarmistukseen uudisrakentamisessa. (Inframitta, 2012, Lämpökuvaus)

Lämpökamera soveltuu esimerkiksi kaukolämpöputkien vuotojen paikallistamiseen tai eristysrakenteiden toimivuuden varmistamiseen.

<http://www.inframitta.fi/lampokuvaus/index.html>

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 8(20)

2.5 Tunneleiden liikennevalvonta (e18, turunväylä)

Tunneleiden liikennevalvontaan turunväylällä otettiin käyttöön häiriönhavaitsemisjärjestelmä. Rakennustieto kertoo artikkelissaan asiasta seuraavasti:

Siemensin toimittama häiriönhavaitsemisjärjestelmä välittää tiedon esimerkiksi pysähtyneestä ajoneuvosta Tiehallinnon valvontakeskuksiin. Kaikki Lohja-Muurla -hankkeen seitsemän tunnelia sisältävät lisäksi tavanomaiset liikenteen valvontakamerajärjestelmät. (Rakennustieto, 2008, Missä ovat ifran innovaatiot?)

Häiriönhavaitsemisjärjestelmän eduiksi voidaan katsoa viiveetön ilmoitus valvontakeskuksiin häiriötilanteen sattuessa.

http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/P_4224.html

2.6 Langaton tärinämittaus

Langattomien tärinämittareiden käyttäminen on nopeaa ja helppoa, lupaa Wireless Seismic-sivusto:

The RT System 2 is a cable-free seismic system that is a drop-in replacement for a traditional cabled system. Contractors can use familiar planning tools and can expect the same performance that they have been accustomed to, except, there is no need to contend with river and road crossings and the HSE exposure of a cabled system. RT System 2 features expanded bandwidth that supports the deployment of the thousands of channels required by modern 3D surveys. (Wireless Seismic, 2012, RT System 2 Technical Overview)

Järjestelmä koostuu useista maastoon asennettavista langattomista mittareista (Kuva 2) ja keskusyksiköstä, jonne kaikki tieto kerätään.

<http://www.wirelesseismic.com/>



Kuva 2. Wireless Seismicin RT System 2 langaton tärinämittari (Wireless Seismic, 2012)

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 9(20)

3 Materiaalit

3.1 Ekosementti

Sementin valmistamiseen kuluu paljon energiaa. Energiatohokkaampi sideaine betoniin on enemmän kuin tervetullut:

Uusi kalkkikiveen perustuva sementti vähentää hiilidioksidipäästöjä 98 prosenttia ja vähentää materiaalikustannuksia 40 prosenttia. Uusi sementti on alkali-aktiivinen sementti, joka käyttää kuonaa ja kalkkikiveä eikä tarvitse kuumennusta valmistuksessa. (Tekniikkatalous, 2012, Uusi ekosementti vähentää rakennusmateriaalin päästöt olettomiin – sai inspiraationsa Egyptin pyramideista.)

<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/uusi+ekosementti+vahentaa+rakennusmateriaalin+paastot+oletto+miin+ndash+sai+inspiraationsa+egyptin+pyramideista/a782269>

<http://scitechdaily.com/limestone-based-cement-reduces-energy-consumption-and-co2-production-by-97-percent/>

3.2 Vaahtolasi

Vaahtolasi ei ole kovinkaan uusi keksintö, mutta se näkyy olevan tekemässä uutta tuloa maanrakennusalalle Suomessa. Eräs vaahtolasin valmista kertoo asiasta tyhjentävästi:

Vaahtolasi on puhdistetusta kierrätyslasista valmistettu kevytkiviaines. Vaahtolasia on käytetty Euroopassa jo pitkään ja sen hyvät ominaisuudet ovat tiedossa; se on ympäristöystävällistä, palamatonta, kevyttä ja helppo työstää. Murske sopii mm. kevennysrakenteisiin ja routasuojauksiin. Rakenteen keveys, lämmöneristävyyden ja kantavuus säästää rakentamiskustannuksissa merkittävästi. Foamitin keveyden ansiosta pitkätkään etäisyydet eivät nosta kuljetuskustannuksia merkittävästi. Yhdellä kerralla voidaan parhaimmillaan toimittaa yli kuusikertainen määrä vaahtolasimursketta verrattuna tavalliseen sorarekka toimitukseen. (Uusioaines Oy, 2012.)

<http://www.foamit.fi/DowebEasyCMS/?Page=FoamitInfrarakentaminen>

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2458.pdf>

3.3 Graafinen betoni

Graafisen betonin avulla saadaan pienellä panostuksella näyttäviäkin kuvoita betoniin julkisivuihin.

Graafinen betoni on teollinen tuote, joka sopii laajoihin betonipintoihin. Sillä saadaan tyylikäs ja ympäristöä elävöittävä seinäpinta kustannustehokkaasti. (Tekes, 2012, Graphic Concrete: Graafinen betoni saa jalansijaa maailmalla.)

Menetelmässä voidaan luoda kuvioita betonielementin pinnalle käyttämällä elementtien valmistusprosessissa olevia pintahidasteaineita. Ne painetaan painokoneessa kalvolle, joka asetetaan valun aikana muotin pohjalle. Kuvio muodostuu kontrastista, jonka synnyttävät sementti ja kivet, jotka tulevat esille, kun elementin pinta on pesty vuorokauden kovettumisen jälkeen. (Tekes, 2012, Graphic Concrete: Graafinen betoni saa jalansijaa maailmalla.)

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 10(20)

http://www.tekes.fi/fi/community/Asiakkaiden_tuloksia/403/Asiakkaiden_tuloksia/647?name=Graafinen+betoni+saa+jalansijaa+maailmalla

3.4 Nanoteknologia, aistiva pinnoite

Nanoteknologiaan perustuva pinnoitemateriaali auttaa silmälle näkymättömien vaurioiden tunnistamisessa esimerkiksi siltarakenteissa. Yhdysvaltalainen tiedesivusto kertoo aineesta seuraavasti:

Engineers developed a spray or paint that coats bridges with carbon nanotubes, allowing inspectors to check for damages without depending on visual indications. The skin conducts electrical current. If the bridge corrodes or cracks, it breaks the current or increases electrical resistance, and the location of that damage can be pinpointed by a computer, alerting inspectors to damage smaller than what human eyes can see. (Sciencedaily, 2008, How Safe Is This Bridge?)

Vastaavanlaista kapselointitekniologiaa tutkitaan myös Suomessa, mutta kohteita joissa tätä tekniologiaa Suomessa olisi käytetty ei tullut vastaan. Teknologian hyötynä on vaurioiden tarkan sijainnin määrittely sekä silmälle näkymättömien vaurioiden havaitseminen.

http://www.sciencedaily.com/videos/2008/0308-how_safe_is_this_bridge.htm

3.5 Uusiomateriaalit

Uusiomateriaalit voivat tulevaisuudessa kasvattaa merkittävästi markkinaosuuttaan neitseellisten luonnonvarojen hupenemisen johdosta. Uusiomateriaaleja on tutkinut muun muassa UUMA- hanke.

UUMA on Infrarakentamisen uusi materiaalitekniologia, jonka tarkoituksena on edistää luonnonvarojen kestävästä käyttöä. UUMA-materiaaleina käytetään maarakentamiseen soveltuvia uusiomateriaaleja, joilla on tarkoitus korvata neitseellistä kiviainesta luonnonvarojen säästämiseksi (Ympäristöministeriö, 2011.)

UUMA- hankkeessa tutkittiin muun muassa teollisuuden sivutuotteiden, ylijäämämaiden ja heikkolaatuisten maa-ainesten hyödyntämistä. Rambollin julkaisema raportti UUMA- materiaalien ja – rakenteiden inventaari pureutuu syvemmin mahdollisiin hyödynnettäviin materiaaleihin. Raportin mukaan esimerkiksi kerrosstabiloinnissa voidaan säästää 80–90% luonnon kiviainemassoja.

<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=399994&lan=FI#a3>

[http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/UUMA-inv-raportti_\(12-2008\).pdf](http://projektit.ramboll.fi/uuma/pages/UUMA-inv-raportti_(12-2008).pdf)

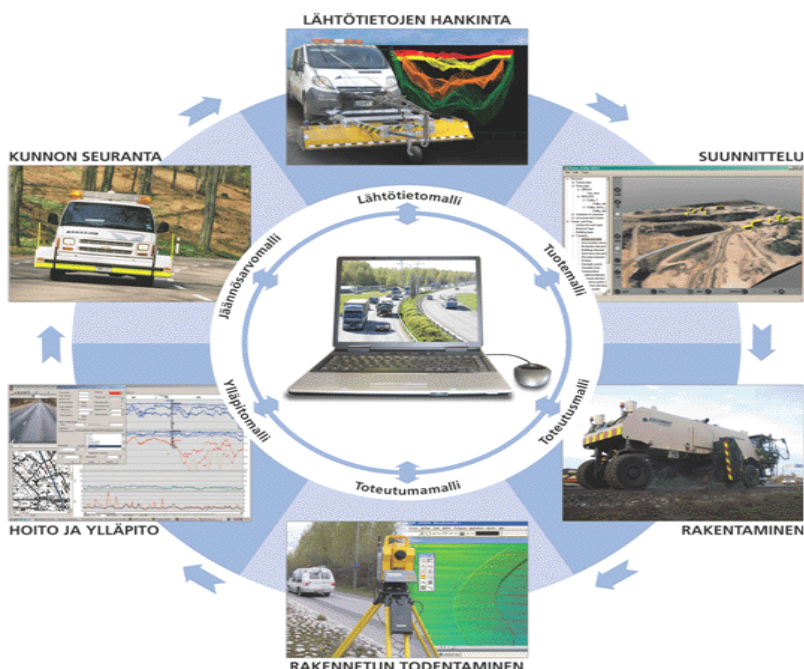
4 Suunnittelu

4.1 Rakennuksen tietomallinnus

Rakennusinsinööriiltä selviää, että tietomalli on infrakohteen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Kolmiulotteisen mallin tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteentiedon hyödyntämisen helpottamiseksi. Yksittäinen tieto tallennetaan vain yhteen kertaan ja sitä voi hyödyntää koko suunnittelu- ja toteutusketju. Malli mahdollistaa erilaisten

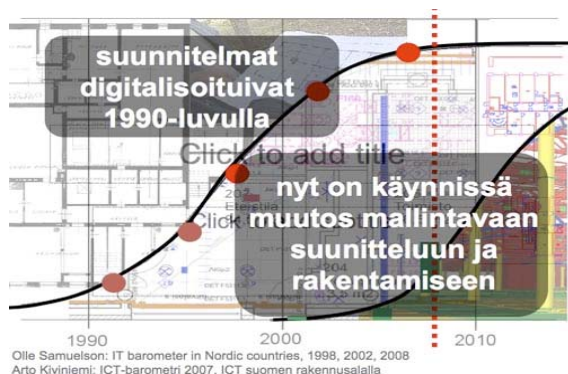
Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 11(20)

analyysien ja simulointien tekemisen jo hankkeen alkuvaiheessa. Tämä edesauttaa vaatimukset ja normit täyttävien, toimivien ja helposti rakennettävien kohteiden suunnittelua. (RIL, 2012, Tietomallinnus.)



Kuva 3. Tietomallinnus hankkeessa

Mittaviiva- sivuston mukaan 1960-luvulta alkanut arkkitehtisuunnittelun digitalisoituminen kiihtyi 1970- ja 80-lukujen vaihteessa, kun tietokoneavusteinen suunnittelu tuli mahdolliseksi mikrotietokoneiden myötä. CAD-suunnittelun varsinainen murroskausi oli 90-luku, jolloin rakennussuunnittelussa siirryttiin käsinpiirtämisestä 2D-piirtämiseen CADillä. CADin volyyymi oli 90-luvun lopulla Suomessa noin 70...80 % rakennushankkeista ja vielä nykyäänkin valtaosa rakennussuunnitelmista tuotetaan CAD-järjestelmillä, tallennetaan piirustustiedostoina ja jaetaan projektipankkien kautta. (Penttilä, 2009, Mikä tekee suunnitteluprojektista BIM-projektin?)



Kuva 4. Suunnittelmien ja mallinnuksen kehitys

Tietomallinnusta ollaan standardisoimassa maanrakennusallalle (InfraBIM) ja ajamassa kovaa vauhtia eteenpäin ja se tulee olemaan iso kehitysskel koko infrarakentamisen sektorilla. Tietomallinnus on jo

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 12(20)

arkipäivää joissain yrityksissä, mutta tullakseen yleiseksi toimintatavaksi, tulisi tilaajaosapuolen alkaa vaatimaan tietomallinnusta hankkeissa. Tämä edesauttaisi tietomallinnuksen kehitystä yrityksissä.

Tuotemallipohjainen tiedonhallinta ja yhteinen tuotemallistandardi tarjoavat infra-alan toimijoille monenlaisia hyötyjä.

Hyödyt tilaajille ja omistajille:

- Tuottavuuden ja laadun parantuminen ja kustannussäästöt
- Prosessien nopeutuminen ja parempi hallinta
- Tehokkaampi sähköinen kilpailuttaminen
- Tuote- ja ohjelmistoriippuvuuden vähentyminen
- Käytön aikaiselle johtamiselle parempi tiedonhallinta
- Infra-alan vetovoimaisuuden lisääntyminen

Hyödyt suunnittelijoille ja toteuttajille

- Kansainvälisesti yhteensopiva toimintamalli
- Suunnittelutarkkuuden parantuminen
- Resurssien tehokkaampi käyttö
- Virheiden vähentyminen ja tehokkuuden parantuminen
- Parempi kannattavuus
- Työmaa-automaation kehittyminen
- Ohjelmistotaloille laajenevat markkinat

Yhteisen tuotemallistandardin merkitys infra-alalle

- Uuden tiedon ja omien prosessien kehittämistä ketjun eri vaiheissa, tuotannon tehokkuuden parantuminen
- 3-D lähtötietojen hallinta, 3-D suunnittelu ja linkki rakentamiseen, tietomallitekniikan hyödyntäminen ylläpidossa
- Tuotannon ohjauksen kehittyminen
- Koneautomaatiolle luotettavat lähtötiedot
- Toteutuneen tiedon tallennus (rakentaminen ja ylläpito), suunnitellun ja toteutuneen erot näkyviin
- Mobiili tiedonsiirto ja tiedonsiirron tehostuminen
- Moderni laadunvalvontateknologia
- Ylläpidon tehostuminen

(RTS, 2012, INFRA TM –HANKE LYHYESTI.)

<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>

http://www.mittaviiva.fi/hannu/BIM_project/index_bim_basics.html#anchor_erabuild

<http://www.rts.fi/infrabim/index.htm>

<http://www.infrabim.fi/index.htm>

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 13(20)

4.2 Lastplanner

LastPlanner-menetelmä on uusi lyhyen tähtäyksen tuotannonohjauksen menetelmä. Last Planner on 1990-luvulla Yhdysvalloissa kehitetty menetelmä rakentamisen tuotannonohjaukseen. Last Planner -menetelmä keskittyy lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen. Last Planner -menetelmässä seurataan viikkosuunnitelman tehtävien toteutumisastetta ja selvitetään syyt tehtävien toteutumatta jäämiseen. Siihin vaikuttamalla tavoitellaan viikkosuunnitelman toteutumisasteen kohoamista. (Mittaviiva, 2008, Rakentamisen tuotannosuunnittelu.)

<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/6386.html>

<http://www.mittaviiva.fi/index.php?sivu=2214>

5 Sähköinen asiointi

Sähköinen asiointi on lisääntynyt jatkuvasti niin toimistoissa kuin työmaillakin. Informaation siirtyessä jatkuvasti enenevin määrin sähköiseen muotoon, on sitä tukevan teknologian käyttö lisääntynyt myös maanrakennusalalla. Mobiiliteknologian kehittyminen tuo uusia toimintatapoja työmaille ja saattaa helpottaa päivittäisiä rutiineja.

5.1 Projektipankit

Projektipankki voidaan määritellä seuraavasti:

Projektipankki on yleensä Web-sovellus joka on käytössä jossakin tietyssä projektissa.

Projektipankkiin lisätään kaikki projektia koskevat dokumentit. Kaikilla projektin jäsenillä on näin ollen pääsy aina uusimpiin versioihin kaikista projektia koskevista dokumenteista. (Webbisivu, 2012, Projektipankki)

Projektipankin käyttö hyödyntää projektin kaikki osapuolia, sillä kaikki dokumentit ovat kaikkien saatavilla käyttäjän sijainnista riippumatta.

<http://www.webbisivu.com/projektipankki>

5.2 RAILI - puhelimet

Liikenneviraston GSM-R-verkko RAILI eli rautateiden integroitu liikenneviestintäjärjestelmä palvelee ensisijaisesti liikenteenohjaajia, kuljettajia ja konduktöörejä sekä lisäksi myös vaihtotyönjohtajia ja ratatyöstä vastaavia. Verkko kattaa noin 5 000 km ratoja ja ratapihoja. (Liikennevirasto, 2012, GSM-R-verkko RAILI.)

5.3 Sähköinen laskutus

Sähköinen lasku välitetään suoraan kuluttajan tai pienyrityksen verkkopankkiin tai yrityksen pankkiyhteysohjelmaan. Tapa soveltuu niin yritys- kuin yksityisasiakkaille. Sähköinen lasku on käytännöllinen ja kustannustehokas tapa välittää laskuja. Tapa perustuu suomalaisten pankkien yhdessä Finanssialan Keskusliitossa kehittämään Finvoice-malliin.

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 14(20)

Yhä useammat yritykset vaativat ostolaskunsa sähköisessä muodossa ja myös yksityishenkilöt haluavat usein saada laskunsa suoraan verkkopankkiin sähköisenä. Palvelu tuo kustannushyötyjä yrityksen laskutukseen, sillä se on edullinen tapa tuottaa ja lähettää laskut. Sähköinen laskutus yksinkertaistaa yrityksen taloushallintoa ja laskut etenevät vaivattomasti sähköiseen laskukiertoon. (Osuuspankki, E-laskutus.)

<https://www.op.fi/op?id=53003>

5.4 Ohjeistukset

Ohjeistuksien ja laatuvaatimusjärjestelmien siirtyminen sähköiseen muotoon helpottaa arkista työskentelyä. Paperiset versiot vievät tilaa, eikä tiedonhaku niistä ole yhtä nopeaa kuin sähköisessä muodossa olevista ohjeista. Sähköisten asiakirjojen päivittäminen käy helposti, eikä aiheuta ylimääräisiä kustannuksia.

5.5 Kalenterit

Sähköisten kalenterien käytöstä voi olla monenlaista hyötyä. Esimerkiksi kalenterimerkintöjen jakaminen onnistuu vaivatta; kokoukseen osallistujille voi lähettää tiedon tulevasta kokouksesta helposti ja nopeasti. Mobiilitekniikan lisääntyvä käyttö mahdollistaa myös sähköisten kalenterien käytön työmailla tietokoneiden ulottumattomissa.

5.6 Mobiilit kellokortit ja ajanhallinta

Mobiili ajanhallintajärjestelmä mahdollistaa helpon ja yksinkertaisen päivittäisten tehtävien seurannan. Systeemillä voidaan esimerkiksi varmistaa kohteessa käynti, seurata ajokilometrejä tai tallentaa työtehtävään liittyvää tietoa tai systeemiä voi käyttää työmaalla puhelimen avulla henkilötunnistukseen. (Reslink, 2011, Mobiili ajanhallinta, mobiili kellokortti)

Reslink yrityksen sivusto kertoo muun muassa seuraavaa:

Reslinkin mobiililla ajanhallintaratkaisulla voit varmistaa, että suorite tai työ on tapahtunut oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Kohteeseen tai asiayhteyteen liittyvä tieto - mitä kohteessa tapahtui on mahdollista tallettaa vaivattomasti. Tieto voi olla yksinkertaisimmillaan varmistettua kohteessa käyntiä, ajokilometrien kirjausta tai työtehtävään liittyvää tietoa asiakaskohteessa. Kaikki tämä voidaan tehdä kännykällä ilman erillistä kannettavaa lisälaitetta (PDA). (Reslink, 2011, Mobiili ajanhallinta, mobiili kellokortti)

Matkapuhelimella tehtävään leimaukseen voidaan siis sisältää GPS- koordinaatit, joten systeemi soveltuu mainiosti liikkuvien työntekijöiden kellokortiksi.

<http://www.reslink.fi/index.php/finnish/component/content/13/13?task=view>

<http://www.aacon.fi/matkapuhelin-leimauslaitteena-mukana-paikkatieto.html>

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 15(20)

5.7 Mobiili sähköposti

Matkapuhelimen mukana kulkeva sähköposti helpottaa tiedon saantia paikasta riippumatta. Tärkeätkään viestit eivät jää saamatta, jos tietokonetta ei ole lähettyvillä. Myös esimerkiksi kuvien, suunnitelmien ynnä muiden asiakirjojen lähettäminen ja vastaanottaminen työmaan ja toimiston välillä helpottuu ja nopeutuu.

5.8 Sähköiset huoltokirjat

Kiinteistöalalla jo laajasti käytössä olevia sähköisiä huoltokirjoja voi hyvin soveltaa maanrakennusalalle. Kun kaikki tieto kerätään yhteen paikkaan sähköisenä ja on kaikkien käyttäjien saatavilla, säästyy niin aikaa kuin paperiakin. Sähköiset huoltokirjat voivat nopeuttaa ja helpottaa suunnittelua, seurantaa ja raportointia.

5.9 Automaattinen paalutuspöytäkirja (iPiler)

iPiler on suomalaisen Junttan Oy:n kehittämä järjestelmä paalutuskoneisiin, jonka tarkoitus on optimoida paalutusprosessia ja sen tietohallintaa. iPiler- sivusto kertoo järjestelmästä seuraavaa:

Junttan's iPiler is a completely new system for optimising pile driving processes and data management. iPiler system consists of a control device, PCD, attached to Junttan's pile driving rig and a piling management software, PMO, operated via the internet. With the help of this system, the pile driving process becomes faster, safer and more efficient. (Junttan Oy, 2009, What is iPiler)

Järjestelmän ansiosta osa valmisteluista voidaan tehdä jo toimistolla. Järjestelmästä saadaan ulos myös hyödyllistä tietoa analysoitavaksi esimerkiksi seuraavia työkohteita varten. Tiedoista voidaan myös varmistaa, että työ on tehty sovitun mukaisesti. (Junttan Oy, 2012, iPiler - uusi tapa lisätä projektin kannattavuutta)

http://www.junttan.com/tuotteet/junttan_ipiler_fi#

http://www.ipiler.com/en/what_is_ipiler/

6 Muut teknologiat ja järjestelmät

6.1 Poralaitteen simulaattori

Tekesin rahoittamassa tutkimuksessa kehitettiin poralaitteen simulaattori:

Sandvik Mining and Construction kehitti yhdessä Creanex Oy:n kanssa uudenlaisen poralaitteen simulaattorin. Se toimii porareiden kouluttamisen lisäksi tuotekehityksen työkaluna. (Tekes, 2012, Poralaitteen simulaattorin huikea matka maailmalle.)

Simulaattoria on käytetty maailmalla uuden poralaitteen koulutuksen yhteydessä.

http://www.tekes.fi/fi/community/Asiakkaiden_tuloksia/403/Asiakkaiden_tuloksia/647?name=Poralaitteen+simulaattorin+huikea+matka+maailmalle

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 16(20)

6.2 ZenRobotics - jätteen erottelu

Suomalaisen ZenRobotics Oy:n kehittämä jätteenkäsittelylaitteen idea kuulostaa seuraavalta:

Robotteihin perustuva, koneoppimista hyödyntävä järjestelmä, joka ottaa jätevirrasta talteen halutut esineet ja raaka-aineet. Järjestelmä soveltuu rakennus- ja purkujätteen, kotitalousjätteen ja kaupan ja teollisuuden jätteiden käsittelyyn. (ZenRobotics, 2012).

Jätteiden tunnistamiseen käytetään monia sensoreita, muun muassa kameroita, läpivalaisua, konetuntoaistia ja laserskanneria.

<http://www.zenrobotics.com/web/fi/>

6.3 Vedenpuhdistus, PACS- järjestelmä

PAC-Solution Ltd:n kehittämä järjestelmä veden jälkidesinfiointiin kuulostaa tältä:

PACS-järjestelmä on jäteveden jälkidesinfiointiin uusi vaihtoehto, joka on turvallinen sekä luonnolle että ihmisille. Verrattuna muihin olemassa oleviin vaihtoehtoihin, PACS-liuos ei muodosta haitallisia sivutuotteita vaan muuttuu puhdistusprosessissa luonnon omiksi aineiksi. Se kuluu loppuun reagoidessaan epäpuhtauksien kanssa, eikä siitä jää jäämiä luontoon. (Pacs, 2012, Jäteveden jälkidesinfiointi.)

Järjestelmä voidaan integroida olemassa olevaan vedenkäsittelylaitokseen. Järjestelmä koostuu tiedon keruusta antureilla, analysointilaitteesta, valvonnasta ja syöttöohjelmasta sekä PACS-liuksesta.

http://www.pacs.fi/?page_id=117&lang=fi

6.4 Jäteputkijärjestelmä

Tampereen vuorekseen asennettu jäteputkijärjestelmä on ollut käytössä jo maailmalla ja nyt vastaavaa on kokeiltu myös Suomessa. Kuntatekniikka- lehden artikkeli kuvaa järjestelmän kattavasti:

Putkijärjestelmä koostuu keräyspaikoista, maanalaisesta putkistosta ja koonta-asemasta. Jätteet lajitellaan kotona ja tuodaan keräyspaikkaan, missä on oma syöttöputkensa jokaiselle jätelajille. Putken luukku aukeaa automaattisesti asiakkaan sähköisellä avaimella. Jätteet laitetaan syöttölokeroon, joka luukun sulkeutuessa kippaa jätteen syöttöputken varastotilaan. Jätteen tyhjennys varastotilasta tapahtuu automaattisesti perustuen sen täyttöasteen seurantaan. Tyhjennyksen alkaessa varastotilan alapäässä sijaitseva formaattori siirtää jätteen liityntäputkeen, johon koonta-asemalaitteistolla on synnytetty alipaine. Jäte siirtyy suurella nopeudella koonta-asemalle, jossa jäte erotetaan ilmapirrasta. Jäte putoaa jätepuristimeen, joka siirtää sen kuljetuskonttiin. Kontit kuljetetaan kuorma-autolla ao. jätelajin vastaanottajalle. (Kuntatekniikka, 2012.)

<http://lehti.kuntatekniikka.fi/sites/default/files/KT0412-PDF-WWW-LQ.pdf>

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 17(20)

7 Toimintatavat

7.1 Projektiallianssi

Allianssimallissa tilaaja, suunnittelijat ja urakoitsijat muodostavat yhteistyöryhmän, allianssin, joka yhdessä vastaa hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta. Toteutusmallilla pyritään pääasiassa parantamaan rakentamisen tuottavuutta sekä muuttamaan rakentamisen toimintakulttuuria kohti avoimempaa ja luottamukseen perustuvaa toimintatapaa. (Liikennevirasto, 2012, Allianssimalli)

Muun muassa VTT on julkaissut Allianssiurakasta kattavan tutkimuksen.

http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/hankkeet/kaynnissa/lielahti_kokemaki/allianssimalli

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2471.pdf>

http://www.innokonseptit.fi/kr-tukefin1_2_lataukset-soveltamisen_vaihe/KR1%20TUKEFIN%20allianssi.pdf

8 Tulokset

Alustavien alan toimijoiden haastattelujen perusteella tärkeimpänä muutoksena koko infra-alalla pidettiin ehdottomasti tietomallinnusta. Tutkimusta tehdessä kehittyi kuva siitä, että tietomallinnuksen kehittyminen tulee viemään alaa uudelle aikakaudelle ja moni muu teknologia tulee kehittymään tietomallinnuksen kehityksen ohella. Tietomallinnukselta odotetaan paljon mutta riskinä voi olla sen epäonnistuminen tärkeissä pilottihankkeissa, jolloin sen kehitys saatta taantua.

Tämän lisäksi tärkeänä uudistuksena pidettiin tietomallinnukseen kytköksissä olevaa 3D- koneohjausta, joka on jo arkipäivää ainakin isojen yritysten kalustossa.

Tärkeänä muutoksena pidettiin sähköisen asioinnin lisääntymistä. Varsinkin pienissä yrityksissä tässä kuljetaan jälkijunassa. Sähköisen asioinnin lisääminen voi olla helpoin ja kustannustehokkain tapa lisätä yrityksen toimivuutta ja kustannustehokkuutta.

Lisäksi mobiilitekniikka tulee viemään työmaan käytäntöjä uuteen suuntaan, kun suunnitelmat kulkevat näppärästi mukana ja kaikki projektin tieto on saatavilla muutamalla napin painalluksella.

Myös materiaalien kierrätystä sekä uusiokäyttöä pidettiin tärkeänä tekijänä lähitulevaisuudessa. Luonnonvarojen huetessa ja materiaalien saatavuuden vaikeutuessa kierrätys tulee olemaan tärkeässä roolissa tulevaisuudessa varsinkin alueilla, joissa materiaalien kuljetusmatkat ovat pitkiä.

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 18(20)

Lähteet

Lifländer T. TEKES. 2012. Poralaitteen simulaattorin huikea matka maailmalle. Luettu 19. 09.2012.

http://www.tekes.fi/fi/community/Asiakkaiden_tuloksia/403/Asiakkaiden_tuloksia/647?name=Poralaitteen+simulaattorin+huikea+matka+maailmalle

Teonsana Oy. TEKES. 2012. Graphic Concrete: Graafinen betoni saa jalansijaa maailmalla. Luettu 19.09.2012.

http://www.tekes.fi/fi/community/Asiakkaiden_tuloksia/403/Asiakkaiden_tuloksia/647?name=Graafinen+betoni+saa+jalansijaa+maailmalla

Sciencedaily. 2008. How Safe Is This Bridge? Luettu 19.09.2012.

http://www.sciencedaily.com/videos/2008/0308-how_safe_is_this_bridge.htm

Scitechdaily. 2012. Limestone Based Cement Reduces Energy Consumption and CO2 Production by 97 Percent. Luettu 19.09.2012.

<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/uusi+ekosementti+vahentaa+rakennusmateriaalin+paastot+oletto+miin+ndash+sai+inspiraationsa+egyptin+pyramideista/a782269>

Kandolin R. Harri Eerola kehitti uuden rusnauspuomin. Luettu 19.09.2012.

<http://www.rusnakone.fi/pages/artikkeli1.html>

PAC-Solution Ltd. 2010. Jäteveden jälkidesinfiointi. Luettu 19.09.2012.

http://www.pacs.fi/?page_id=110&lang=fi

RIL. 2012. Tietomallinnus. Luettu 19.09.2012.

<http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>

Topgeo Oy. Mitä koneohjaus on? Luettu 19.09.2012.

http://www.topgeo.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=121&Itemid=126

Uusioaines Oy. Foamit. Luettu 19.09.2012.

<http://www.foamit.fi/DowebEasyCMS/?Page=foamitInfrarakentaminen>

Isotalo K. 2011. Uusia asiakkaita ilmakuvauselle. Positio 4/2011, 17-19.

Paikkatietoikkuna. 2011. Uusia asiakkaita ilmakuvauselle. Luettu 14.11.2012.

http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio_3_2011_uusia_asiakkaita_ilmakuvauselle

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 19(20)

Pesonen N. 2007. Ajoneuvolaserkeilauksen hyödyntäminen tien rakenteen parantamisen suunnittelussa. Oulun yliopisto.

Geotrim Oy. 2012. Valtakunnallinen VRS-tukiasemaverkkopalvelu. Luettu 19.09.2012.
<http://www.geotrim.fi/vrsnet/>

NTD Inframitta Oy. Mihin lämpökuvausta voidaan käyttää? Luettu 17.10.2012.
<http://www.inframitta.fi/lampokuvaus/index.html>

Webbisivut. Projektipankki. Luettu 8.11.2012.
<http://www.webbisivu.com/projektipankki>

Isoaho S. 2012. Vuoreksen jätteet putkeen ja maan alle. Kuntatekniikka 4/2012, 24-26.

Mittaviiva Oy. 2008. LastPlanner - toimiva tuotannonohjaus. Luettu 10.12.2012.
<http://www.mittaviiva.fi/index.php?sivu=2214>

InfraBim. 2012. Tietomallintaminen uudistaa infra-alan. Luettu 19.09.2012.
<http://www.infrabim.fi/index.htm>

Novatron Oy. 2012. VISION 3D. Luettu 11.12.2012.
<http://www.novatron.fi/fi/vision3d2.html>

Liikennevirasto. 2012. GSM-R-verkko RAILI. Luettu 4.12.2012.
[http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/ammattiliikenteen_palvelut/rataverkolla_liikennointi/gsm_r_ve
rkko](http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/ammattiliikenteen_palvelut/rataverkolla_liikennointi/gsm_r_verkko)

Maanmittauslaitos. 2012. GPS- mittaus. Luettu 17.12.2012.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/gps-mittaus>

Reslink Solutions Ltd. 2011. Mobiili ajanhallinta, mobiili kellokortti. Luettu 17.12.2012.
<http://www.reslink.fi/index.php/finnish/component/content/13/13?task=view>

Aacon Oy. 2012. Matkapuhelin leimauslaitteena - mukana paikkatieto. Luettu 17.12.2012.
<http://www.aacon.fi/matkapuhelin-leimauslaitteena-mukana-paikkatieto.html>

Liikennevirasto. 2012. Allianssimalli. Luettu 17.12.2012.
http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/hankkeet/kaynnissa/lielahti_kokemaki/allianssimalli

Lahdenperä. 2012. VTT. Allianssiurakka.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2471.pdf>

Junttan Oy. 2009. What is iPiler. Luettu 17.12.2012.
http://www.ipiler.com/en/what_is_ipiler/

Liite 2. Infrarakentamisen uudet teknologiat 20(20)

Junttan Oy. 2012. iPiler - uusi tapa lisätä projektin kannattavuutta.

http://www.junttan.com/tuotteet/junttan_ipiler_fi#

Ympäristöministeriö. 2011. Infrarakentamisen uusi materiaalitekologia – UUMA. Luettu 19.09.2012

<http://www.environment.fi/default.asp?contentid=399994&lan=FI#a3>

Wiress Seismic inc. 2012. A Revolution in Seismic Data Acquisition. Luettu 17.12.2012

<http://www.wirelesseismic.com/>

Haastattelut:

Järvinen, V. Asiantuntija. 2012. Haastattelu 6.11.2012. Haastattelija Sankala, E.

Myllys, T. Johtaja. 2012. Haastattelu 6.11.2012. Haastattelija Sankala, E.

Piiparinen, A. Yksikön johtaja. 2012. Haastattelu 12.11.2012. Haastattelija Sankala, E.

Laatunen, K. Tuotekehityspäällikkö. 2012. Haastattelu 14.11.2012. Haastattelija Sankala, E.

Jämsä, H. Tohtori. 2012. Haastattelu 15.11.2012. Haastattelija Sankala, E.

Pohjola, J. Kehityspäällikkö. 2012. Haastattelu 16.11.2012. Haastattelija Sankala, E.

Holt, E. Senior research scientist. 2012. Haastattelu 3.12.2012. Haastattelija Sankala, E.

Leppänen, M. Tekninen johtaja. 2012. Haastattelu 3.12.2012. Haastattelija Sankala, E.