

3D-SKANNAUKSILLA TERVEET, KESTÄVÄT JA RESURSSIVIISAAT RAKENNUKSET

Loppuraportti 15.3.2024



Euroopan unionin rahoittama –
NextGenerationEU

DEEP SCAN TECH LTD

Non-invasive 3D scanning for securing
clean and resilient environment

Deep Scan Tech Ltd

info@deepscantech.com

+358 20 127 8179

Sisällysluettelo

1	<i>Tiivistelmä – Abstract</i>	2
2	<i>Hankkeen tausta ja tavoitteet</i>	3
3	<i>Hankkeen osapuolet ja menetelmät</i>	4
4	<i>Hankkeen tulokset</i>	5
4.1	Kehitystyön toteutus ja tulokset.....	5
4.2	Koemittaukset	5
5	<i>Hankkeen vaikuttavuus</i>	6
6	<i>Viestinnän toteutuminen ja tulokset</i>	7
7	<i>Yhteenveto hankkeen päätuloksista – Summary of results</i>	8

1 Tiivistelmä – Abstract

Hankkeessa kehitettiin kokeellisen tutkimuksen kautta ja aiempaan tutkimukseen pohjautuen uudenlainen teknologiakokonaisuus rakennusten pohjan, perustusten ja sen alla ja ympärillä olevan maaperän 3D-skannauksiin. Tällä teknologisella ratkaisulla voidaan tutkia rakenteiden kuntoa ja rakentaminen ja korjauksia voidaan suunnitella optimaalisesti. Lisäksi sillä pystytään havaitsemaan maaperän kosteutta, mikä auttaa paikantamaan tarkasti ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvat uhat (esim. vuodot, pilaantuneet maat, kosteusongelmat) ja antamaan tarvittavat tiedot korjaavia toimenpiteitä varten. Kehitetty mittausratkaisu testattiin hankkeen aikana ensin pienen mittakaavan kokeissa ja sitten kenttäkokeissa oikeissa rakennetun ympäristön kohteissa. Hanke on saanut tukea ympäristöministeriöltä Vähähiilisen rakennetun ympäristön ohjelmasta, jonka rahoitus tulee EU:n kertaluonteisesta elpymisvälineestä (RRF).

A new set of technologies for 3D scanning of building foundations and the ground beneath and around was developed in this project, through experimental research and building on previous research. The solution can examine the condition of structures and allow for optimized planning in construction and renovations. It is also able to detect soil moisture helping to pinpoint threats to the environment and people (e.g. leaks, contaminated soil, moisture problems) and provide the necessary information for remedial action. The testing of the measurement solution was conducted first in small-scale experiments and then in field trials in various built environment cases.

2 Hankkeen tausta ja tavoitteet

Suomen tavoitteena on hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä – ja hiilinegatiivisuus nopeasti tämän jälkeen – ja luonnon monimuotoisuuden köyhtymisen pysäyttäminen vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi Suomi pyrkii maailman ensimmäisenä fossiilivapaaksi hyvinvointiyhteiskunnaksi. Korjausrakentamisen strategiassa on tavoitteena rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen vuoden 2030 alkuun mennessä siten, että rakennusten hiilidioksidipäästöt vähenevät vuoden 2020 alusta vuoteen 2050 mennessä 90 %.

Nämä kunnianhimoiset tavoitteet ovat saavutettavissa rakennus- ja kiinteistöalan toimintatapojen muutoksella ja lisäämällä tuottavuutta ilmastonmuutosta torjuvien ja vähähiilisyttä tukevien teknologioiden ja toimintamallien käyttöönotolla. Maailmanlaajuisesti rakentaminen aiheuttaa noin 10 prosenttia kaikista CO₂-päästöistä ja on ilmastovaikutusten kannalta kaikista teollisuudenaloista saastuttavin. Tämä merkitsee valtavaa parannuspotentiaalia, jos rakentamista voidaan optimoida ja rakennusten elinkaarta pidentää.

Yhtenä keskeisenä tekijänä yhteiskunnan vihreää siirtymää kohti hiiletöntä ja puhtaan energian järjestelmää on rakennuskannan perusparantaminen. Tämän ohella kestävän kasvun lähteitä ovat energia- ja materiaalitehokkuus, hiilineutraalius, kiertotalous sekä resurssiniukkuus. Nämä kaikki avaavat lukuisia mahdollisuuksia uusille teollisuuden kasvutarinoille ja vientituotteiden syntymiselle.

Rakennukset, rakennustuotteet ja rakentaminen ovat merkittävä sektori ilmastonmuutoksen torjunnan ja vähähiilisyden sekä kiertotalouden kysymyksiä ratkottaessa. Tämän kokeellisen tutkimusprojektin fokus on erityisesti rakennetun ympäristön ja rakentamisen vähähiilisyden sekä ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja sen torjunnan varhaisen vaiheen toimenpiteissä – suunnitteluvaiheen aikana tehdään 90 % päätöksistä, jotka vaikuttavat päästöihin.

Hankkeessa kehitettiin kokeellisen tutkimuksen kautta ja aiempaan tutkimukseen pohjautuen uudenlainen räätälöity teknologiakokonaisuus, joka auttaa saavuttamaan päästötavoitteita, kun olemassa olevien rakenteiden kunto voidaan osoittaa ja uudisrakentaminen voidaan suunnitella optimaalisesti. Lisäksi sillä pystytään havaitsemaan maaperän kosteuden ja epäpuhtaudet, mikä auttaa paikantamaan tarkasti ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvat uhat (esim. vuodot, pilaantuneet maat, kosteusongelmat) ja antamaan tarvittavat tiedot korjaavia toimenpiteitä varten. Tällä on erityisesti merkitystä ilmastonmuutokseen sopeuduttaessa. Tässä hankkeessa keskityttiin erityisesti rakennusten pohjan, perustusten ja sen alla ja ympärillä olevan maaperän 3D-skannauksiin.

Lisäksi hankkeessa kehitettiin uusi palvelukonsepti sovellettavaksi osaksi rakennetun ympäristön mittauksia.

3 Hankkeen osapuolet ja menetelmät

Deep Scan Tech Oy (myöhemmin tekstissä DST) on teknologiayritys, joka on suuntautunut maaperän ominaisuuksien ja maanalaisten rakenteiden selvittämiseen nopeasti ja kustannustehokkaasti. DST:n kehittämä ratkaisukokonaisuus pohjautuu moniin eri teknologioihin, joita hyödyntäen on mahdollista synnyttää niin maaperästä kuin siinä olevista infrastruktuurin osista 3D-tomografiakuva näyttäen maaperän ominaisuuksia eri kerroksista. Tulokset voidaan esittää numeerisesti eri ominaisuuksia kuvaavina suureina tai 3D-kuvana. Lupaavimpia sovelluskohteita, joissa lähiaikojen kehitysnäkymät erilaisiksi vientituotteiksi asti ovat parhaat, ovat maaperän 3D-tomografia ja ympäristöteknologia.

DST soveltaa ratkaisukokonaisuudessaan muun muassa sähköistä tomografiaa, jossa maan pinnalla olevista sähköisistä resistanssimittauksista tai yhdestä tai useammasta kohdasta tehdyistä mittauksista muodostetaan kuva maan sisäisistä rakenteista. 3D-skannauksissaan DST hyödyntää eri menetelmien yhdistelmiä, joita on täydennetty yrityksen itse kehittämällä rakennetun ympäristön kohteisiin räätälöidyillä innovaatioilla. Innovaatiot kattavat niin teknisen laitteiston, mittausten toteutustavan kuin datan käsittelyn ja analysoinnin ratkaisut. Mittausten tulokset ja niiden tulkinnat esitetään kuvallisessa muodossa (esimerkkejä luvussa 4) ja valmiiksi tulkittuina ne voidaan siirtää osaksi loppukäyttäjän omaa CAD/BIM-prosessia. Tässä lopullisessa muodossaan 3D-kuvat esittävät esimerkiksi rakenteita, materiaaleja, maalajien kerroksia, kosteutta tai muiden tulosten käyttäjää kiinnostavia seikkoja rakennuskohteesta.

4 Hankkeen tulokset

4.1 Kehitystyön toteutus ja tulokset

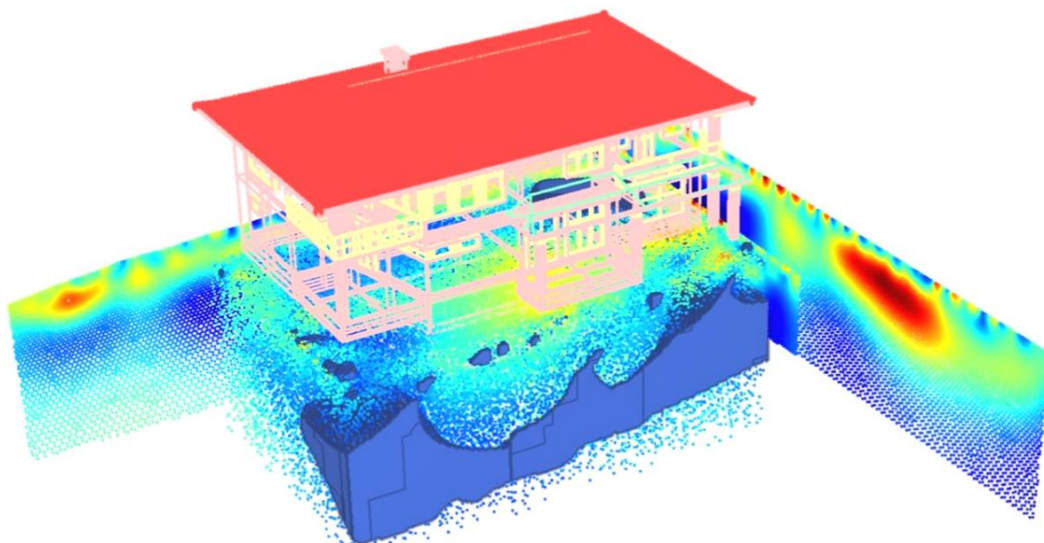
Hankkeessa kehitettiin mittauslaitteiston ja -mittauskenttien konfiguraatiota rakennetun ympäristön kohteisiin sopivaksi. Lisäksi kehitettiin analytiikkaa sekä matemaattisten menetelmien että ohjelmistojen osalta sellaiseksi, että se vastaa hankkeessa toisaalta kirjallisuusselvityksen ja toisaalta kenttäkokeiden osoittamia mittaustarpeita. Hankkeen teknisessä kehitystyössä on kiinnitetty huomiota visualisointiin tulosten loppukäyttäjälle havainnollisella tavalla sekä paneuduttu tulosten siirtämiseen CAD- ja BIM-malleihin.

4.2 Koemittaukset

Hankkeessa toteutettiin useita koemittauksia erilaisissa sovelluskohteissa seuraavasti:

1. Kontrolloituja pienen mittakaavan kokeita
2. Kenttämittaus pientalokohteessa
3. Kenttämittaus kaupunki-infrastruktuurikohteessa
4. Kenttämittaus toimistotalon uudisrakennuskohteessa
5. Kenttämittaus teollisuusrakennuksessa
6. Kenttämittaus asuinkerrostalon ja teollisuusrakennuksen muodostamassa kohteessa

Esimerkkinä esitetään tiivistelmä mittauksen 2 tuloksista. Kohteessa selvitettiin kosteutta pientalon alla ja ympärillä olevassa maaperässä. Rakenteissa oli havaittu merkkejä kosteudessa, joiden perusteella oli aiheellista selvittää ympäristön mahdolliset kosteuslähteet. Perinteisin menetelmin tutkimalla rakennuksen ympäristön maata olisi pitänyt kaivaa, joka on työlästä, kallista ja aikaa vievää. Tämä olisi lisäksi vaikuttanut esimerkiksi pihakiveykseen ja puutarhaan sekä mahdollisesti myös maanalaisiin muihin rakenteisiin, kuten vesi- ja viemäriinjoiniin ja kaukolämpöputkiin. Lisäksi kaivaessa on aina mahdollisuus, että aiheutetaan komplikaatioita tai vahinkoja. DST-tekniikalla rakennuksen alapuolisten rakenteiden ja maaperäolosuhteiden kuvantamisen ja piilevien ongelmien kartoittaminen oli mahdollista suorittaa nopeasti ja luotettavasti maanpinnalta mitaten, ilman tarvetta kaivaa tai rikkoa rakenteita. Mittausten avulla saatiin kartoitettua kiinteistön maaperäolosuhteet (Kuva 1), kuten peruskallion korkeus, maalajit ja pohjaveden korkeus, sekä juurisyyt liialliselle kosteudelle: loiva kalliopinta ohjasi veden suoraan talon alle. Lisäksi talon rinteeseen puoleinen salaoja ei poistanut maaperäkerroksissa ollutta vettä tehokkaasti.



Kuva 1. Tulosten visualisointi yhdessä rakennuksen CAD-mallin kanssa. (Kuva: Deep Scan Tech Oy.)

5 Hankkeen vaikuttavuus

Kiinteistöt rakennuksineen, rakennustuotteet ja rakentaminen ovat merkittävä sektori ilmastonmuutoksen torjunnan ja vähähiilisyyden sekä kiertotalouden kysymyksiä ratkottaessa. Tässä hankkeessa tutkittiin DST-teknologian sovellettavuutta rakennuskannan ilmasto- ja ympäristövaikutuksien pienentämisen kontekstissa erityisesti keskittyen rakennusten pohjan, perustusten ja sen alla ja ympärillä olevan maaperän 3D-skannauksiin. Hankkeen tulokset mahdollistavat uudenlaisen kolmiulotteisen näkymän kiinteistön piileviin ongelmiin, joita perinteisillä menetelmillä on joko mahdoton tai hyvin vaikea saada selvitettyä luotettavasti ja kustannustehokkaasti ilman rakenteiden rikkomista tai maaperävaukuksia.

Hankkeessa on luotu aiempaan tutkimukseen pohjautuen uudenlainen räätälöity teknologia-kokonaisuus ja palvelukonsepti. Hankkeella on tähdätty ensisijaisesti vähähiilisyyteen, kestävyYTEEN ja hyväkuntoiseen ja terveelliseen rakennettuun ympäristöön Suomessa. Lisäksi hankkeessa tutkittiin skannausteknologian sovellettavuutta kiinteistöllä olevien rakenteiden ja rakennetun ympäristön laadun, kunnon ja toimivuuden suunnittelun ja varmistamisen toimialalla. Teknologian avulla on mahdollista tarkastella laajojakin aloja hyvin nopeasti. Tämä mahdollistaa ainutlaatuisen tiedon tuomisen varhaisessa vaiheessa suunnittelun ja päätöksenteon tueksi. Näin epävarmojen ja kalliiden rakenteita turmelevien mittausmenetelmien käyttö vähenee, kun vastaavaa tietoa on mahdollista kerätä nopeasti ja edullisesti ilman rakenteita rikkomatta.

Vähähiilisen rakennetun ympäristön tukiohjelman päätavoitteet ovat:

- 1) ilmastonmuutoksen hillintä ja
- 2) siihen sopeutuminen sekä
- 3) vähähiilisten ratkaisujen löytäminen ja käyttöönotto rakennetussa ympäristössä.

Tämä hanke edistää seuraavilla konkreettisilla tavoilla edellä mainittuja pääteemoja:

1. Rakennusten energiatehokkuuden parantuessa yhä suurempi osa ilmastopäästöistä on peräisin rakenteista ja rakentamisesta. Tämä korostaa kiertotalouden ja resurssiviisauden periaatteiden merkitystä kuten elinkaaren pidentämistä, kestäviä rakenteita, optimoituja rakenteita ja tarpeelle perustuvia korjauksia. Juuri näitä tavoitteita on mahdollista edistää 3D-skannauksilla, jotka tuovat niin nykyisissä rakennuksissa kuin uudiskohteissa näkyviksi muuten piiloon jäävät rakennusten ja maaperän ominaisuudet kuten esimerkiksi rakenteiden ja perustusten kunnon, perustamisolosuhteet, mahdolliset kosteusvauriot ja kosteuden lähteet, yms.
2. Ilmastonmuutoksen ennakoitaan ilmenevän rakennuskannassa lisääntyvinä kosteus- ja homeongelmina. Tähän vaikuttaa sateiden lisääntyminen, lumitalvien muuttuminen vetisemmiksi, ilman suhteellisen kosteuden kasvu sekä voimakkaan tuulen aiheuttamat vinosateet. Rakennuksien kosteusongelmista saattaa seurata rakenteiden pilaantumista, joka puolestaan johtaa asukkaiden terveysongelmiin. 3D-skannaukset on osoitettu hankkeessa hyvin soveltuvaksi teknologiaksi kosteusriskien riskitekijöiden havaitsemiseen ja ennaltaehkäisyyn.
3. Hanke mahdollistaa uuden teknologian käyttöönoton rakennetun ympäristön kohteissa.

6 Viestinnän toteutuminen ja tulokset

Viestintä hankkeessa jakautuu niin kahdenväliseen viestintään sidosryhmien edustajien kanssa kuin laajalevikkiseen viestintään (esim. artikkelit ja sosiaalinen media). Hankkeen alussa on toimitettu tietoja Ympäristöministeriön viestintäkanaviin sekä osallistuttu KIRAilmaston järjestämiin tapahtumiin. Hankkeesta on lisäksi julkaistu artikkeli. Tulosten hyödynnettävyydestä on myös keskusteltu kunkin mittauskohteen (listattu luvussa 4.2) sidosryhmien kanssa.

Hankkeen tuloksia esiteltiin muun muassa valtakunnallisessa Rakennusfysiikka-seminaarissa Tampereella 25.10.2023., johon liittyen julkaistiin myös artikkeli *Sähköisellä tomografialla maanalainen osa rakennuksista haltuun* kyseisen konferenssin julkaisukokoelmassa. Tuloksia esiteltiin myös 1.11.2023 KIRAilmasto-ohjelman "Vähähiilinen suunnittelu ja rakentaminen" -tulostilaisuudessa.

7 Yhteenveto hankkeen päätuloksista – Summary of results

Hanke on toteutunut suunnitelman mukaisesti ja hankkeessa kehitettävän mittausratkaisun testauksessa edettiin pienen mittakaavan kokeiden kautta kenttäkokeisiin oikeissa rakennetun ympäristön kohteissa. 3D-skannausten tulokset tuovat olennaisia lisätietoja rakennusten kestävästä käytöstä, kunnossapitoa, korjaamista ja rakentamista koskien. Kehitetyllä ratkaisulla voidaan osoittaa rakenteiden kunto ja uudisrakentaminen voidaan suunnitella optimaalisesti. Lisäksi sillä pystytään havaitsemaan maaperän kosteuden – ja jopa epäpuhtaudet, mikä auttaa paikantamaan tarkasti ympäristöön ja ihmisiin kohdistuvat uhat (esim. vuodot, pilaantuneet maat, kosteusongelmat) ja antamaan tarvittavat tiedot korjaavia toimenpiteitä varten.

The project has been realized according to the plan. The testing of the measurement solution progressed from small-scale experiments to field trials in the built environment. The 3D scans clearly show relevant new information useful in the sustainable operation, maintenance, repair and construction of buildings. This new technological solution is able to demonstrate the condition of underground structures and allow for optimal design of new construction. It is also able to detect soil moisture – and even contaminants, helping to pinpoint threats to the environment and people (e.g. leaks, contaminated soil, moisture problems) and provide the necessary information for remedial action.