

## SICK 25 v Innovaatiokisan **VOITTAJA** – Aalto yliopisto

### SICK-TiM LASERKEILAIN VOIMALINJOJEN UAV-TARKASTUKSESSA

Voimalinjatarkastuksissa kerätään havaintoja voimalinjan tilasta - havaintojen pohjalta voidaan suorittaa korjauksia hyvissä ajoin ennen suurempaa vahinkoa. Aalto yliopiston Rakennetun Ympäristön laitoksen opiskelijat ovat kehittäneet uuden innovatiivisen tavan hyödyntää Sick-TiM laserkeilainta miehittämättömissä voimalinjatarkastuksissa - tarkastustavassa jossa robottikopteri kartoittaa sensoreillaan voimalinjaa. Innovaatio ratkaisee monia alan haasteita hyödyntämällä laserkeilainta samanaikaisesti linjaseurantaan, törmäyksenestoon sekä pistepilven tuottamiseen.

Innovatiivisuus, suunnitelman käytännön toteutettavuus, sovelluksen kaupalliset mahdollisuudet ja idean tarjoamat laajat käyttömahdollisuudet toteutuivat neljän Aalto-yliopiston tekniikan kandidaatin kilpailutyössä, jolla voittiin 25vuotta täyttäneen SICK Oy:n innovaatiokilpailu. Voittajatyön aiheena oli SICK-TiM LASERKEILAIN VOIMALINJOJEN UAV-TARKASTUKSESSA. Opiskelijajoukkueen jäsenet opiskelevat Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön laitoksen Geoinformatiikan maisteriohjelmassa.



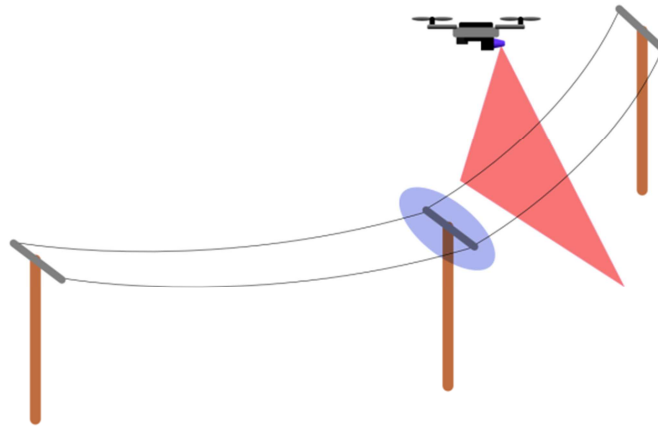
*Kuva: Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön laitoksen kilpailutiimi (vasemmalta oikealle Sami-Petteri Karvonen, Joni Salo, Atte Korhonen, Heikki Kauhanen).*

## Innovatiivisuus

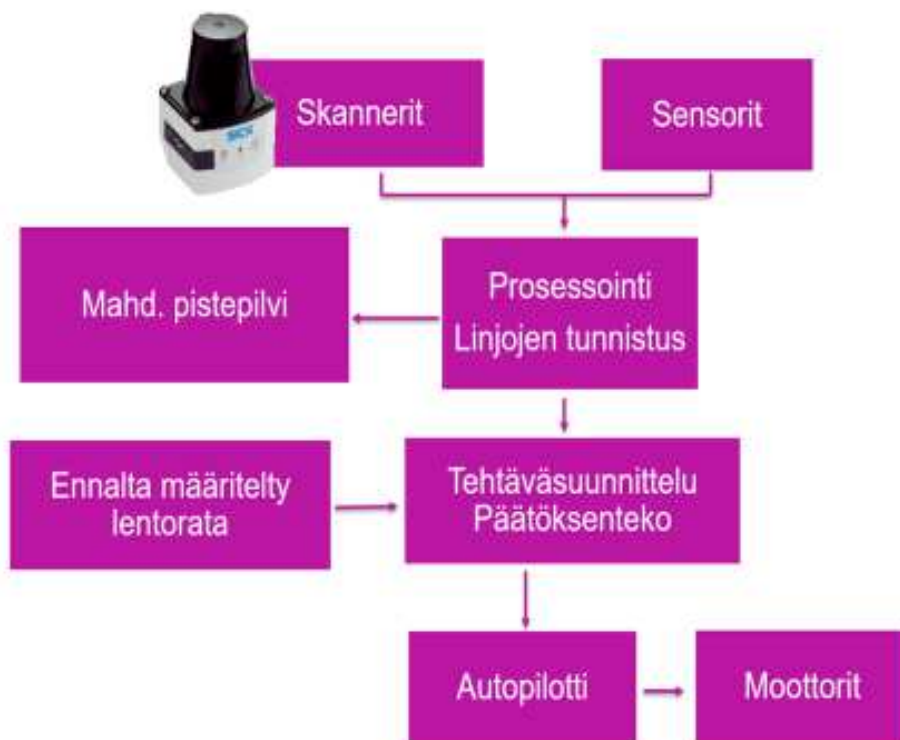
Teekkarijoukkue kehitti kilpailun aikana uudenlaisen yhdistelmän hyödyntää pienikokoista laserkeilainta robottikopterissa sekä konseptin soveltaa sitä voimalinjatarkastuksiin. Jatkuva voimalinjojen seuranta ehkäisee onnettomuusriskiä ja näin parantaa sähköverkon luotettavuutta. Innovaatiossa hyödynnettiin samanaikaisesti laserkeilaimen havaintoja lentoreitin tarkentamiseen, esteiden väistämiseen sekä karkean pistepilven tuottamiseen. Konsepti tarjoaa nykyaikaisen vaihtoehdon perinteisille voimalinjatarkastuksille, kuten visuaalisille ilmatarkastuksille. Toisaalta ehdotus uudistaa myös uusimpien kauko-ohjattavilla lennokeilla tehtävien linjatarkastusten menetelmiä. Opiskelijajoukkueen vetäjä Atte Korhonen valottaa menetelmän uutuusarvoa sanoen: "Tällä hetkellä linjaa tarkastavat robottikopterit ovat suurikokoisia ja kalliita - sekä lentävät turvallisuussyistä korkealla puiden ja kannatinpylväiden yläpuolella. Päätimme kääntää asetelman ylösalaisin. Pienikokoinen ja edullinen laserkeilaimella varustettu robottikopteri voi tarkastaa voimalinjaa mahdollisimman läheltä ja näin tarjota mittausaineistot paljon edullisemmin kuin aikaisemmat menetelmät." Joukkue kehitti miehittämättömiin linjatarkastuksiin liittyvän ideansa heti kilpailun alkaessa syksyllä 2016. "Tavoitteenamme kilpailussa oli kehittää sellainen innovaatio pienelle laserkeilaimelle, joka tarjoaa ratkaisun yhteen oikean elämän ongelmaan", paljastaa Heikki Kauhanen.

Automaattinen linjaseuranta tarkoittaa sitä, että robottikopteri säätää lentoreittiään itsenäisesti - esimerkiksi lentoon suoraan linjan päällä. Linjaseurantaa hyödyntämätön robottikopteri vaatii ennalta määritettyjä reittikoordinaatteja lentonsa suorittamiseen, joita se seuraa automaattisesti GNSS -järjestelmän avulla. Reittikoordinaatit voivat esimerkiksi olla voimalinjan kannatinpylväitä. Reittikoordinaatteihin perustuvassa tavassa on kuitenkin haasteita. Jos koordinaatit eivät ole riittävän tarkkoja, ei voida olla varmoja siitä missä tarkastettava linja sijaitsee. Epävarmuus linjan sijainnista johtaa epätarkkuuteen kerätyssä tarkastusdatassa. Tähän ongelmaan voittajajoukkue kehitti innovatiivisen ratkaisun. Pienikokoinen robottikopteri voisi hyödyntää laserkeilainta linjaseurantaa varten havaitsemalla, missä voimalinjan johtimet ja pylväät sijaitsevat suhteessa robottikopteriin. Näin sijainti voitaisiin korjata reaaliaikaisesti ja automaattisesti linjatarkastukseen optimaalisesti sopivaksi. Laserkeilaimen havaintojen muuttaminen lentoreitin korjauksiksi voitaisiin esimerkiksi suorittaa robottikopteriin integroidussa tietokoneessa.

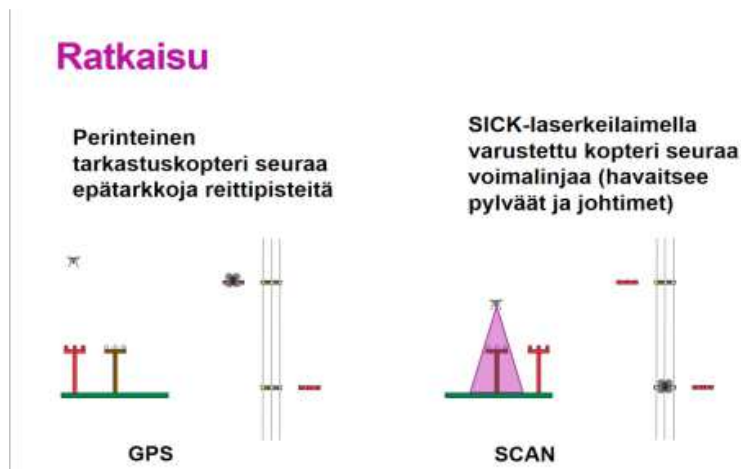
Innovaatioon sisältynyt törmäksenestotoiminto on myös oleellinen osa robottikopterin turvallisuutta. Voittajajoukkueen suunnitelmissa pienikokoinen robottikopteri hyödyntää SICK-TiM laserkeilainta törmäksenestoa varten. Laserkeilaimen havaitessa riittämättömän lentokorkeuden tai riittämättömän etäisyyden lentoesteeseen, voi robottikopteri hyödyntää tietoa lentoreitin korjaamiseen. Lentokorkeutta voitaisiin laskea turvallisesti, sekä mahdolliset lentoesteet kyettäisiin väistämään. Lisäksi järjestelmä voisi hyödyntää IMU -sensorien ja GNSS:n antamia suunta- ja nopeustietoja, jolloin tiedettäisiin, kuinka paljon aikaa mahdolliseen väistöliikkeeseen on. Oletettavasti miehittämättömän ilma-aluksen automaattinen törmäksenesto lennettäessä näköpiirin ulkopuolella tulee olemaan erityisen tärkeä tekijä tulevaisuuden linjatarkastustoiminnassa.



*Kuva: Havainnekuva voimalinjan tarkastuksesta - robottikopteri havaitsee voimalinjan johtimet sekä kannatinpylväät joiden avulla se kykenee asettamaan lentoreitin parhaiten tarkastukseen soveltuvaksi.*



*Kuva: Havainnekaavio laserkeilaimen tietojen hyödyntämisestä lentoreitin korjaamiseen linjaseurannassa.*



*Kuva: Linjaseuranta mahdollistaa voimalinjan seuraamisen. Suorana hyötynä aikaisempaan on esimerkiksi kerätyn kuva-aineiston suurempi erottelukyky - kiitos alhaisemman lentokorkeuden sekä tarkemman tiedon tarkastuskohteiden (kannatinpylväiden) sijainnista.*

Joukkueen jäsenien taustat täydensivät toisiaan, mikä mahdollisti tehokkaan toimimisen. Ajatuksen linjakartoituksista toi joukkueeseen Atte Korhonen, joka oli työskennellyt miehittämättömien linjatarkastusten parissa sekä kotimaassa että muualla Euroopassa ja Etelä-Amerikassa. Joukkueeseen ensimmäisenä liittynyt Heikki Kauhanen on jo opintojensa aikana tähdännyt tutkijanuralle ja hän on jo ehtinyt kirjoittaa alalta neljä tieteellistä julkaisua ja saanut kaksi patenttia. Joukkuetta täydensivät opinnoissaan hyvin menestyneet Joni Salo sekä Sami-Petteri Karvonen.

### Käytännön toteutettavuus

Konseptia ei jätetty pelkän ajatuksen tasolle vaan joukkue rakensi ensimmäisen prototyypin SICK-TiM laserkeilainta hyödyntävästä robottilennokista. ”Alusta lähtien oli selvää, että kokeilisimme käytännössä konseptia, kun saimme käsiimme SICK-TiM keilaimen”, muistelee Sami-Petteri Karvonen. Erilaisista taustoista johtuen joukkueesta löytyi sekä teoreettista tietämystä, että käytännön osaamista. Sopivalla työnjaolla työstä tulikin varsin sujuvaa. Käytännön kokeilut mahdollisivat samalla teoreettisen tiedon todentamisen todellisessa tilanteessa. Ennenkuin keilain laitettiin lennokin kyytiin, sähköjohdinten näkyvyys keilausaineistossa todennettiin maasta käsin mittamalla. ”Halusimme kokeilla, miten keskijännitelinjan johtimet näkyvät keilaimen aineistossa. Iloksemme Heikin teoria piti paikkansa - johtimilla on korkea heijastuvuus, joten ne näkyivät erinomaisesti”, totesi Joni Salo.



*Kuva: Laserkeilainta testattiin voimalinjan alta käsin, ennen keilaimen asentamista robottikopteriin.*

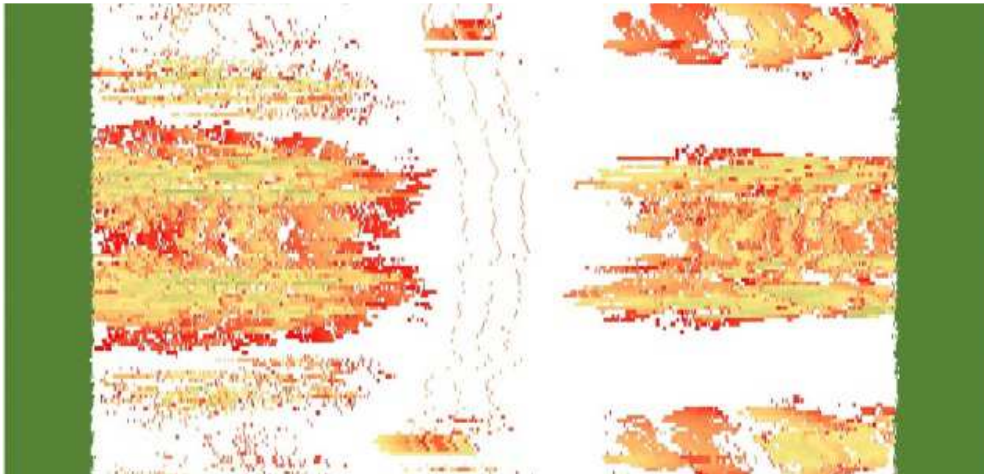
Käytännön koetta varten joukkue integroi laserkeilaimen sekä sen mittausaineistoa keräävän tietokoneen 3DR Solo -robottikopteriin. Sick-TiM laserkeilain painaa alle 300g, joten keilain on mahdollista asentaa pienikokoiseen robottikopteriin ilman että tehokas lentoaika merkittävästi lyhentyy. Järjestelmä sai virtansa multikopterista sekä lennättäjä kykeni näkemään lennon aikana laserkeilaimen datan langattoman videolinkin kautta. Ilma-aluksen videokameran lisäksi kaksi videokameraa kuvasi lentoa maasta eri kuvakulmista.



*Kuva: 3DR Solo -robottikopterin lentoaika Sick-TiM laserkeilaimen sekä kameran kanssa on noin 10-15 minuuttia - linjaa voidaan tarkastaa jopa 4 km yhdellä edestakaisella lennolla. Solon lentoonlähtöpaino on noin 2000g ja energianlähteenä käytetään 14.8V 5200mAh litium-polymeeriakkua.*

Ensimmäistä testilentoa varten valittiin sopiva kohde ja suunniteltiin reittikoordinaatit, joita seuraamalla robottikopteri matkasi edestakaisin keskijännitelinjan päällä. Keräämällä lennon aikana keilausaineiston lisäksi IMU-havaintoja sekä GNSS-havaintoja, voidaan nämä tiedot yhdistää kolmiulotteiseksi pistepilveksi. Jotta mittauksia saataisiin eri korkeuksilta, robottikopteri laskeutui jokaisen paluumatkan jälkeen metrin alaspäin ollen alimmillaan noin 3-4 metriä johtimista. "Lentoa edelsi muutama sateinen

ja tuulinen päivä jolloin emme voineet lentää - onneksi lentopäivä oli tuuleton. Analysoimme keilausaineiston lennon jälkeen - oli selvää että kolme suunnittelemaamme tapaa hyödyntää laserkeilainta pienikokoisessa robottikopterissa - linjaseuranta, törmäyksenesto sekä pistepilven tuottaminen - olisivat kaikki mahdollisia.” kertoi Sami-Petteri Karvonen.



*Kuva: Tarkastuslennolla kerätyssä laserkeilausaineistossa keskijännitelinjan johtimet erottuvat selkeästi taustasta lähes 10 metrin etäisyydeltä – yllä nähtävässä kuvassa on nähtävillä oikaisematon keilausaineisto jossa robottikopterin heilahtelut vielä näkyvissä*

*Väriskaala on määritelty siten että punaiset pisteet ovat mittauksia 10m etäisyydeltä, keltaiset 5m etäisyydeltä, vihreät <0.5m etäisyydeltä – jos paluupulssia ei havaittu on piste valkoinen.*

### **Sovelluksen kaupalliset mahdollisuudet ja muut käyttömahdollisuudet**

Voittokonsepti soveltuu laajoille markkinoille. Varovaisetkin arviot ennustavat robottikoptereilla suoritettavien linjatarkastusten sekä linjatarkastuspalveluiden maailmanlaajuisen vuosittaisen liikevaihdon kasvavan useaan miljardiin euroon vuoteen 2025 mennessä. Kehitetyllä menetelmällä ja laitteistolla voisi olla hyvät edellytykset päästä näille markkinoille tarjoten edullisen vaihtoehdon nykyisille järjestelmille. Tarvittaessa yhden kalliin järjestelmän sijaan linjatarkastuksia tekemään voidaan valjastaa useita halvempia järjestelmiä, jolloin myös tarkistusnopeus paranee aikaisemmasta.

Vaikka innovaatio oli kehitetty linjaseurannan tarpeisiin, järjestelmää on hyödynnettävissä moniin muihinkin kartoitus- ja tarkistustehtäviin. Tästä näkökulmasta innovaation laitteistolla olisi vieläkin suuremmat markkinapotentiaalit kuin vain linjaseurannassa.

### **Kehitystyö jatkuu**

Opiskelijajoukkueen jäsenten ryhmätyötaidot kehittyivät sekä jäsenet tutustuivat hyvin toisiinsa kilpailun aikana. Ensimmäisen sijan saavuttamisen myötä ansaittua matkaa Saksaan SICK:n toimi- ja tuotantotiloihin odotetaan innolla. “Nyt tulevat yliopiston saksankielen kurssit tarpeeseen. Voisin veikata että yksi tai useampi henkilö tiimistä saattaa hyvin asettua valmistumisen jälkeen jossakin vaiheessa Saksaan töihin”, totesi Atte Korhonen.

Kilpailutyössä syntyi myös valtavasti ideoita, jotka jäävät kehitettäväksi kilpailun jälkeen. "Kaikilla tiimin jäsenillä kokemus kilpailusta oli positiivinen. Myös jatkuvuutta löytyy - yksi tiimin jäsen on suunnitellut jatkavansa kehitystyötä Sick-TiM:llä tuotettavan pistepilven parissa ja toinen harkitsee hakevansa SICK Oy:lle tekemään diplomityötään." mainitsee Heikki Kauhanen.

### Geoinformatiikan maisteriohjelmasta taustatuki kilpailuun

Joukkueen jäsenet aloittivat opiskelun syksyllä 2016 aivan uudessa Aalto-yliopiston Geoinformatiikan maisteriohjelmassa ([http://www.aalto.fi/fi/studies/education/programme/geoinformatics\\_master/](http://www.aalto.fi/fi/studies/education/programme/geoinformatics_master/)). Maisteriohjelma antaa opiskelijoille laajan osaamispohjan sisältäen laserkeilauksen, fotogrammetrian, kaukokartoituksen, geodesian, geoinformaatiotekniikan ja kartografian yliopisto-opintoja. "Voitto SICK Oy:n 25-vuotisinnovaatiokilpailussa oli upea alku uudelle maisteriohjelmallemme. On hienoa, että maisteriohjelmamme on houkuttellut näin hyviä opiskelijoita.", hehkuttaa Geoinformatiikan ryhmän vetäjä professori Henrik Haggrén.

Kilpailuun osallistumisen mahdollisti kuitenkin alun perin koulutusohjelman kiinteä yhteys Aalto-yliopiston Rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutin (<https://foto.aalto.fi/memo/>) tutkimusryhmän kanssa ja instituutin johtaja professori Hannu Hyyppä oli se henkilö, joka "löysi" SICK Oy:n 25-vuotisinnovaatiokilpailun. Yhteistyössä Geoinformatiikan maisteriohjelmassa laserkeilausta ja fotogrammetriaa opettavan vanhemman yliopistonlehtorin Petri Rönholmin kanssa projektia lähdettiin viemään eteenpäin rekrytoimalla joukkueeseen jäseniä. Lisäksi jo mukaan lähteneet opiskelijat jatkoivat itse aktiivisesti rekrytointia.

Kilparyhmän toimintaa läheltä seuranneen ja matkan varrella vinkkejä antaneen Petri Rönholmin kommentit voittajajoukkueesta oli: "On mahtavaa työskennellä tällaisten huippulahjakkaiden opiskelijoiden kanssa. Näyttää siltä, että he tarvitsevat vain pienen tönäisyn ja tilaisuuden, jonka jälkeen he ovat valmiita tekemään ihmeitä. Onnittelut voittajille ja kiitokset SICK Oy:lle!"

#### Kirjoittaja ja lisätietoja:

Atte Korhonen  
045-6346512  
[atte.korhonen@aalto.fi](mailto:atte.korhonen@aalto.fi)

SICK Oy:  
Ari Rämö  
040-9008030  
[ari.ramo@sick.fi](mailto:ari.ramo@sick.fi)