

**PALOKKAANLAMMEN MAGNETOMETRINEN  
KARTOITUS**

Ohtamaa Matti

Opinnäytetyö  
Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

2020

Maanmittaustekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Matti Ohtamaa	Vuosi	2020
<b>Ohjaaja</b>	Timo Karppinen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Radai Oy		
<b>Työn nimi</b>	Palokkaanlammen magnetometrinen kartoitus		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	24		

---

Opinnäytetyössä tutkittiin Radai Oy:n miehittämättömällä kiinteäsiipisellä lennokilla tekemiä magnetometrisiä kartoituksia Ylitorniolla sekä kiinteäsiipisen lennokin soveltuvuutta malminetsintätyöhön. Lennot olivat osana Euroopan unionin rahoittamaa NEXT-projektia. NEXT-projektin tavoitteena oli kehittää uusia ympäristöystävällisiä malminetsintämenetelmiä.

Lennätyksissä käytettiin Radain omaa Albatros VT-2 lennokkia. Radai teki tässä opinnäytetyössä tarkasteltavan magnetometrisen kartoituksen Ylitorniolla syyskuussa 2019.

Lennokin keräämä aineisto oli laadultaan hyvä. Tutkimuksissa lennettiin alue kolmelta eri lentokorkeudelta ja näiden tuloksia vertailtiin toisiinsa sekä aikaisempiin maanpinnalta tehtyihin mittauksiin. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin 60 metrin lentokorkeuden, joka on lentokorkeuksista keskimäinen, tuloksia. Lennokilla tehtyjen tutkimusten mittaustarkkuus ei vastaa maanpinnalta tehtyjen tutkimusten tarkkuutta, mutta ovat silti varsin käyttökelpoisia malminetsinnässä

Avainsanat

lennokki, drone, magnetometraus, magneettinen kartoitus, malminetsintä

Land Surveying Engineer

---

<b>Author</b>	Matti Ohtamaa	<b>Year</b>	2020
<b>Supervisor</b>	Timo Karppinen		
<b>Commissioned by</b>	Radai oy		
<b>Subject of thesis</b>	Magnetometric Survey of Palokaslampi area		
<b>Number of pages</b>	24		

---

The objective of this thesis is to study usage of fixed winged drones application to ore exploration. Studies were carried out in Ylitornio, Finland 2019. Project is part of European Union funded NEXT-project, which aims to develop new environmental friendly ore exploration methods.

Radai Oy is developing surveying methods, most notably drone based geophysical survey methods. Surveys in Ylitornio were carried out with Radai's own Albatross VT-2 drone. Surveys were made in September 2019

Quality of drone based data was good. Flights were made in three different altitudes and were compared to each other and land based magnetometric surveys. This thesis describes middlemost altitude flight, 60 meters, it's results and how drone based data compares to ground based surveys.

Key words

Drone, magnetometric survey, exploration, new technology

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	7
2 PROJEKTIN TAUSTAT .....	8
2.1 Horisontti 2020.....	8
2.2 NEXT, New Exploration Technologies.....	10
2.3 Radai ja Mawson .....	12
3 TUTKIMUSALUE .....	14
4 MITTAUSTYÖ.....	17
4.1 Lennätys .....	17
4.2 Mittaustyön tulos.....	21
5 POHDINTA .....	22
LÄHTEET.....	24

## ALKUSANAT

Ihan ensiksi haluaisin kiittää Palsatechin Mika Alasuutaria, Radain Markku Pirtti-järveä sekä Mawsonin Kinnusen Jannea. Mika pisti minut yhteyksiin Radaihin, Radailta sain aiheen ja Mawsonille tehtiin lennot. Lisäksi ylimääräinen lisäksi kiitos Markulle ja Jannelle tämän opinnäytetyön tarkastamisesta ja palautteen annosta.

”Kun yksi ovi sulkeutuu, toinen avautuu”

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

BVLOS	Eng. beyond visual line-of-sight, näkökentän ulkopuolinen
EU	Euroopan unioni
GTK	Geologian tutkimuskeskus
H2020	Horisontti 2020
MML	Maanmittauslaitos
NEXT	New exploration technologies
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
WP	Work Package

## 1 JOHDANTO

Pohjois-Suomen ja Lapin alueella laajentuva kaivostoiminta ja malminetsintä edellyttävät kustannustehokkaampien ja ympäristöystävällisempien tutkimusmenetelmien kehittämistä (Huttunen 2017, 9). Tähän tarpeeseen on pyritty vastamaan Euroopan unionin Horisontti 2020 -puiteohjelmasta rahoitetulla New Exploration Technologies -projektilla, jota koordinoi Suomen Geologian tutkimuskeskus. Projektissa yritetään löytää uusia malminetsintätapoja sekä tutkitaan malminetsintään ja kaivostoiminnan sosiaalisen luvan hankintaa (NEXT2019a.)

Tämä opinnäytetyö koskee oululaisen mittausmenetelmiä kehittävän yrityksen, Radai Oy:n, NEXT-projektiin Work Package 3:een (WP3) liittyvää magnetometristä mittausta. WP3:n tarkoituksena on kehittää uutta teknologiaa malminetsintää varten. Tässä tapauksessa uusi teknologia on lennokilla tehtävä magnetometrinen kartoitus. Radai osallistuu myös Work Package 4 liittyviin tutkimuksiin.

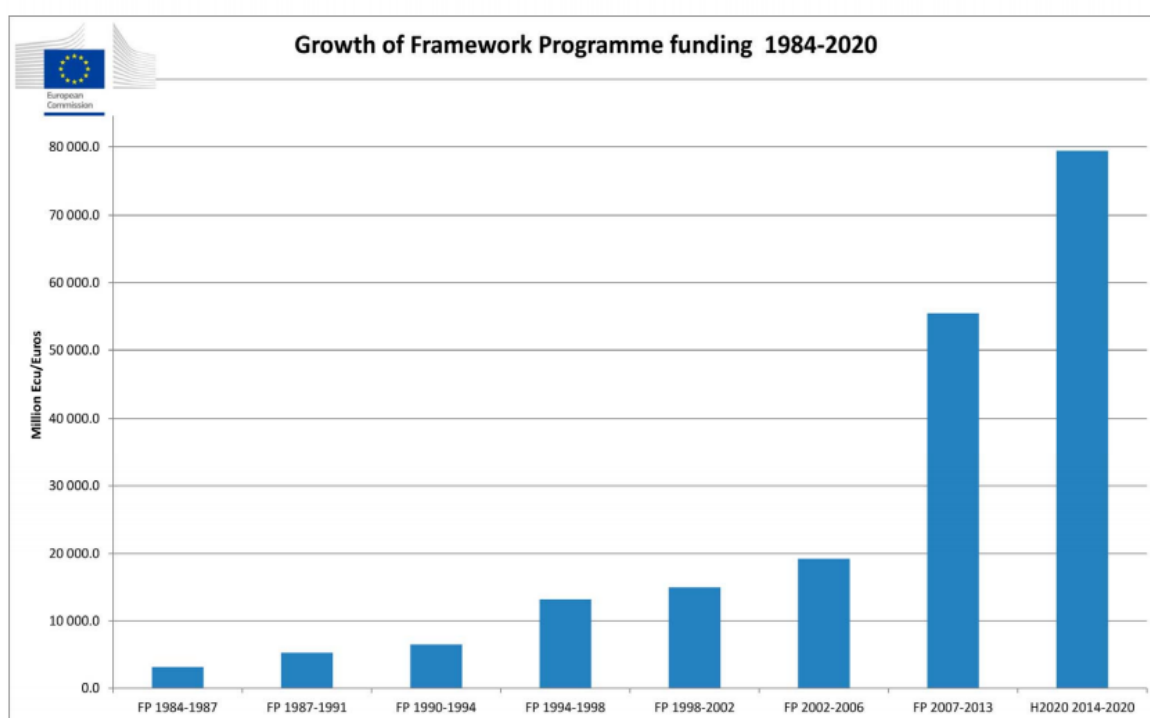
Mittaukset suoritettiin Palokkaanlammen alueella Ylitornion ja Rovaniemen kuntien rajalla, Mawson Oy:n malminetsintäalueella. Mawson on aiemmin tehnyt alueella runsaasti magnetometrisiä kartoituksia maanpinnalla. Näitä mittauksia päästiin täten vertaamaan lennokilla tehtyihin kartoituksiin. Radain mittaukset olivat luonteeltaan menetelmätestausta ja lennot lennettiin kolmella eri korkeudella: 35 m, 60 m ja 100 m. Kolmella eri lentokorkeudella pyrittiin selvittämään lentokorkeuden vaikutusta tehtävän kartoituksen tarkkuuteen. Lennot suoritettiin Radain omalla kiinteäsiipisellä lennokilla syyskuussa 2019.

Tämä opinnäytetyö on kirjallinen tutkielma tehdyistä lennoista ja lennoilta kerätyistä aineistosta. Lisäksi työn pohdinta osiossa on kuvattuna Radain päägeofyyssikon ja Mawsonin malminetsintägeologin kanssa käytyjä keskusteluja sekä heidän tulkintojaan ja näkemyksiä tämän uuden menetelmän soveltuvuudesta malminetsintään ja geologisten tulkintojen tekemiseen.

## 2 PROJEKTIN TAUSTAT

### 2.1 Horisontti 2020

Horisontti 2020 (eng. Horizon 2020, H2020) on Euroopan unionin (EU) rahoittama puiteohjelma vuosille 2014-2020. Sen tavoitteena on luoda Eurooppaan taloudellista kasvua ja uusia työpaikkoja. Puiteohjelman budjetti on noin 80 miljardia euroa. (Business Finland 2019.) Horisontti 2020 -ohjelma on järjestyksessään kahdeksas. Puiteohjelman rahoitusta on lisätty vuosi vuodelta ja meneillään oleva H2020-ohjelma on kaikista suurin (Kuvio 1; Euroopan komissio 2013.)

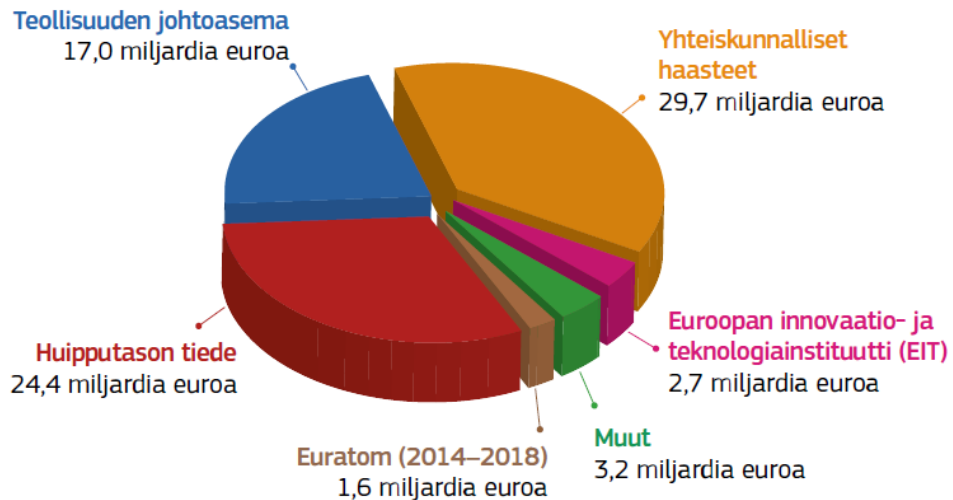


Kuvio 1. Euroopan unionin kehityksen ja innovaatio puiteohjelmiin käytetyt rahat vuosien mittaan. Nykyinen ohjelma alkoi 2014 ja loppuu 2020 (Euroopan komissio 2013)

Rahoitus jaetaan erilaisissa muodoissa innovaatioprosesseihin, niiden eri vaiheissa, aina perustutkimuksesta markkinoille pääsyyn asti. Kuviossa 2 on esitetty rahoituksen pääpainolat ja summat suurpiirteittäin. Yleisesti ottaen puiteohjelman voi ajatella olevan tämänhetkisen EU-rahoituksen tietopankki, jonka alle on koottu suurin osa tutkimukseen ja innovaatioon suunnatuista EU-rahoitusohjelmista. (Excedea 2019.)



## HORISONTTI 2020 -ohjelman määrärahat (vuoden 2013 käypinä hintoina)



Kuvio 2. Horisontti 2020 -ohjelman määrärahojen jakautuminen aiheittain. H2020 pääpaino on Teollisuuden johtoasemalla, huipputason tieteellä ja yhteiskunnallisten haasteiden ratkaisussa, mikä näkyy rahoituksen jakautumisessa (Euroopan komissio 2014)

H2020-puiteohjelman takana on Euroopan poliittisten päättäjien ja parlamentin jäsenten tuki. Euroopan tulevaisuuden kannalta on tärkeää, että Euroopassa panostetaan tutkimukseen ja innovointiin. Euroopassa on tavoitteena luoda lisää työllisyyttä sekä älykästä, kestäväää ja osallistuvaa kasvua. Jotta tähän päästäisiin, Horisontti 2020 -ohjelmalla pyritään yhdistämään innovointi ja tutkimus sekä panostamaan hankkeen kolmeen pääalueeseen: huipputason tieteeseen, teollisuuden johtoasemaan ja yhteiskunnallisiin haasteisiin. (Euroopan komissio 2014.)

H2020 on avoin kaikille ja ohjelman sisällä noudatetaan yhtenäisiä ja yksinkertaistettuja ohjeita, sääntöjä sekä menettelytapoja. H2020-ohjelman kautta rahoitettavien hankkeiden tekijät pystyvät keskittymään siihen, mikä on kaikkein tärkeintä eli innovaatioon, tutkimukseen ja tuloksiin. (Euroopan komissio 2014.)

## 2.2 NEXT, New Exploration Technologies

New exploration technologies eli NEXT, on H2020:n alla toimiva tutkimusohjelma. NEXT-projektia koordinoi Suomen Geologinen tutkimuskeskus, GTK, ja siinä on osallisena 16 osapuolta kuudesta eri Euroopan unionin maasta (Kuvio 3, Kuvio 4). (NEXT 2019a.)



Kuvio 3. NEXT -projektin avainlukuja. Osallistujia on ympäri Eurooppaa ja usealta eri toimialalta (NEXT 2019a)

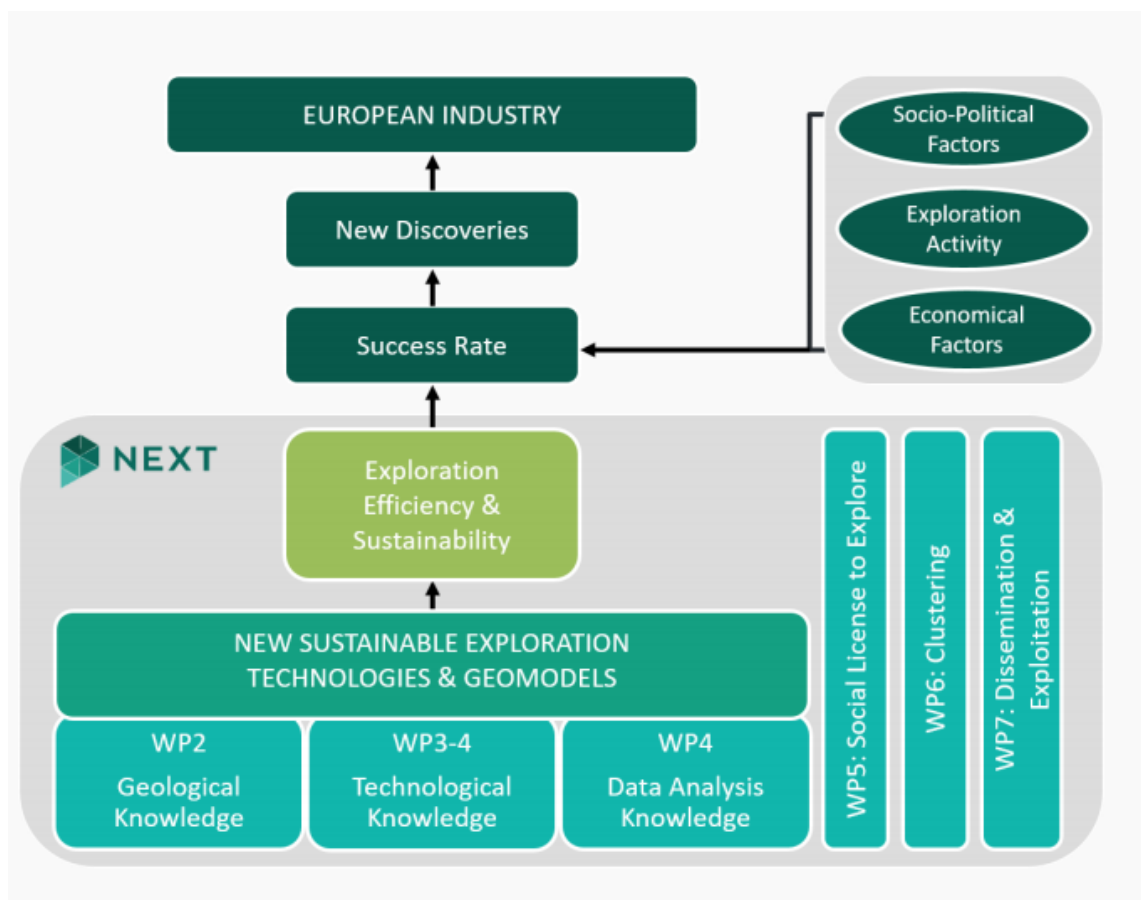
### NEXT consortium:



Kuvio 4. NEXT:ssä mukana olevat yhteistyökumppanit. Suomen Geologiain tutkimuskeskus koordinoi projektia (NEXT 2019a)

NEXT:n päätavoite on kehittää innovatiivisia malminetsintämenetelmiä, jotka vähentävät nykyisiä malminetsintäkustannuksia, ovat ympäristöystävällisempiä ja lisäävät paikallisten yhteisöjen osallistuvuutta malminetsinnän alkuvaiheissa. Uusien teknologioiden ja ympäristöystävällisempien malminetsintämenetelmien toivotaan vaikuttavan myönteisesti yritysten sosiaalisen lisenssin saamiseen ja parantavan yleisesti malminetsintää harjoittavien tahojen ja yhteiskunnan suhteita. (NEXT 2019a; NEXT 2019b.)

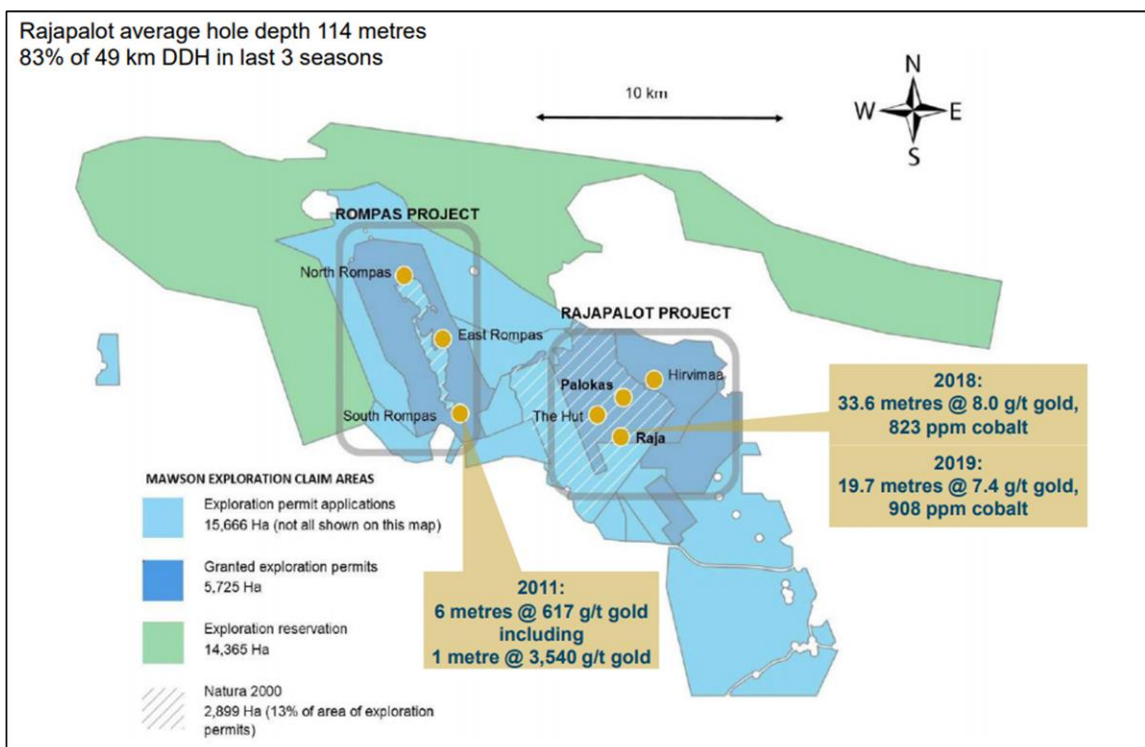
NEXT tuo yhteen kaivosteollisuuden tekijöitä, palvelun tuottajia ja tutkimuksen tekijöitä. Kuviossa 5 on esitetty projektin rakenne, jossa projekti on jaettu useaan eri osa-alueeseen ns. work packageihin. NEXT on tarkoitus toteuttaa näiden work packagejen kautta. Radai Oy:n osuus NEXT:ssä ja tämä opinnäytetyö kuuluvat WP3 piiriin. (NEXT 2019a.)



Kuvio 5. NEXT-projektin rakenne ja osa-alueet (NEXT 2019a)

### 2.3 Radai ja Mawson

Mawson Oy on Mawson Resources LTD:n kokonaan omistama tytäryhtiö. Mawson LTD on Toronton pörsssille (TSX:MAW) listattu, pääasiassa kultaa etsivä malminetsintäyhtiö. Yrityksen lippulaivaprojekti on Ylitorniolla sijaitseva Rompas ja Rajapalot -projekti. Pääosa yhtiön toiminnasta keskittyy Suomeen ja sen Suomen päätoimisto sijaitsee Rovaniemellä.



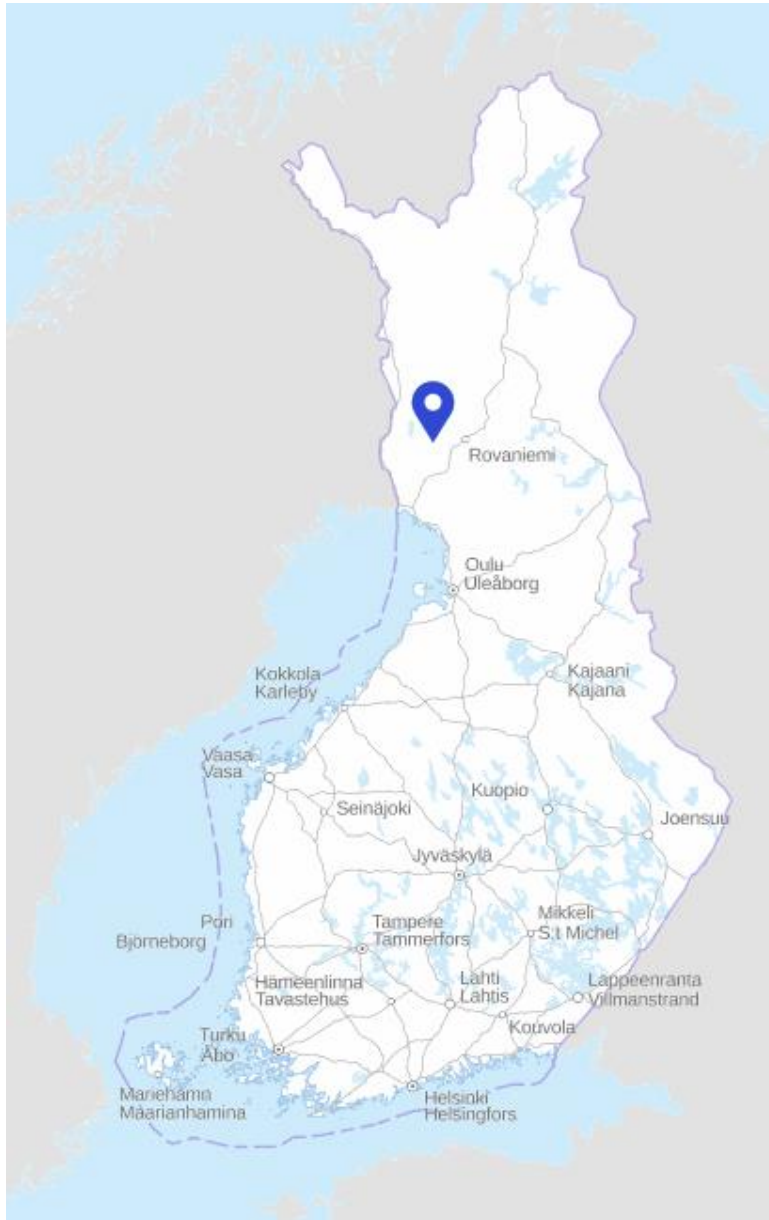
Kuvio 6. Mawsonin pääprojektit Suomessa Ylitorniolla. Tumman sinisellä voimassa olevat malminetsintäluvat, vaalean sinisellä malminetsintäluvapahakemukset. Viistoviivalla merkattu Natura 2000 -alueet. (Mawson, 2019)

Radai Oy on Oulussa vuonna 2013 perustettu, mittausmenetelmien kehitykseen erikoistunut yritys. Yritys kehittää pääasiassa lennokeilla tapahtuvia geofyysikaalisia mittausmenetelmiä malminetsintään. Yrityksellä on tällä hetkellä kymmenkunta vakituista työntekijää (Pirttijärvi 2019b.)

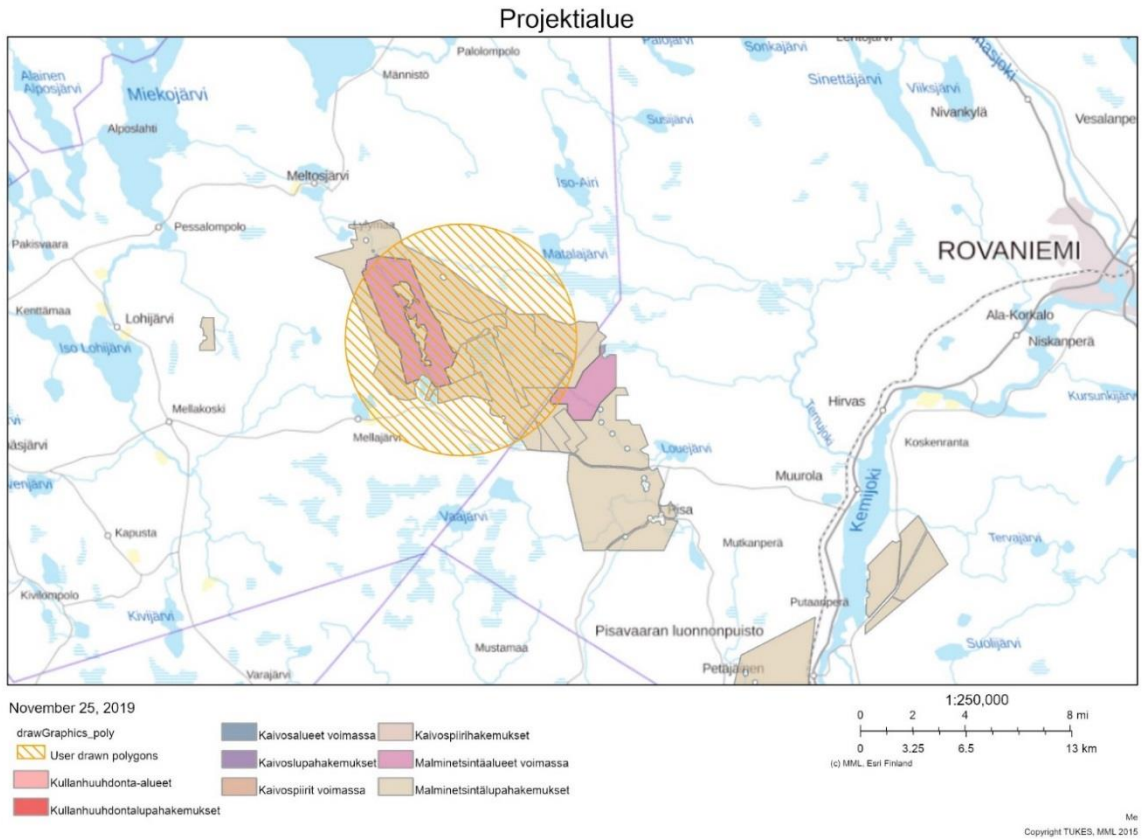
NEXT-projektissa mukanaolo on antanut Radaille mahdollisuuksia toteuttaa heidän omaa kehitysohjelmaansa laajemmin ja etsiä ratkaisuja esim. lennokin materiaalipuolella. Toisaalta osa kehitystyöstä olisi toteutunut ilman EU:n rahoitustakin. Asiakkaille toteutettavien tutkimustöitten tilaaminen on kausiluontoista ja varsinkin vähän hiljaisempina vuosina EU-rahoitus auttaa viemään menetelmien tutkimustyötä eteenpäin. (Pirttijärvi 2019c.)

### 3 TUTKIMUSALUE

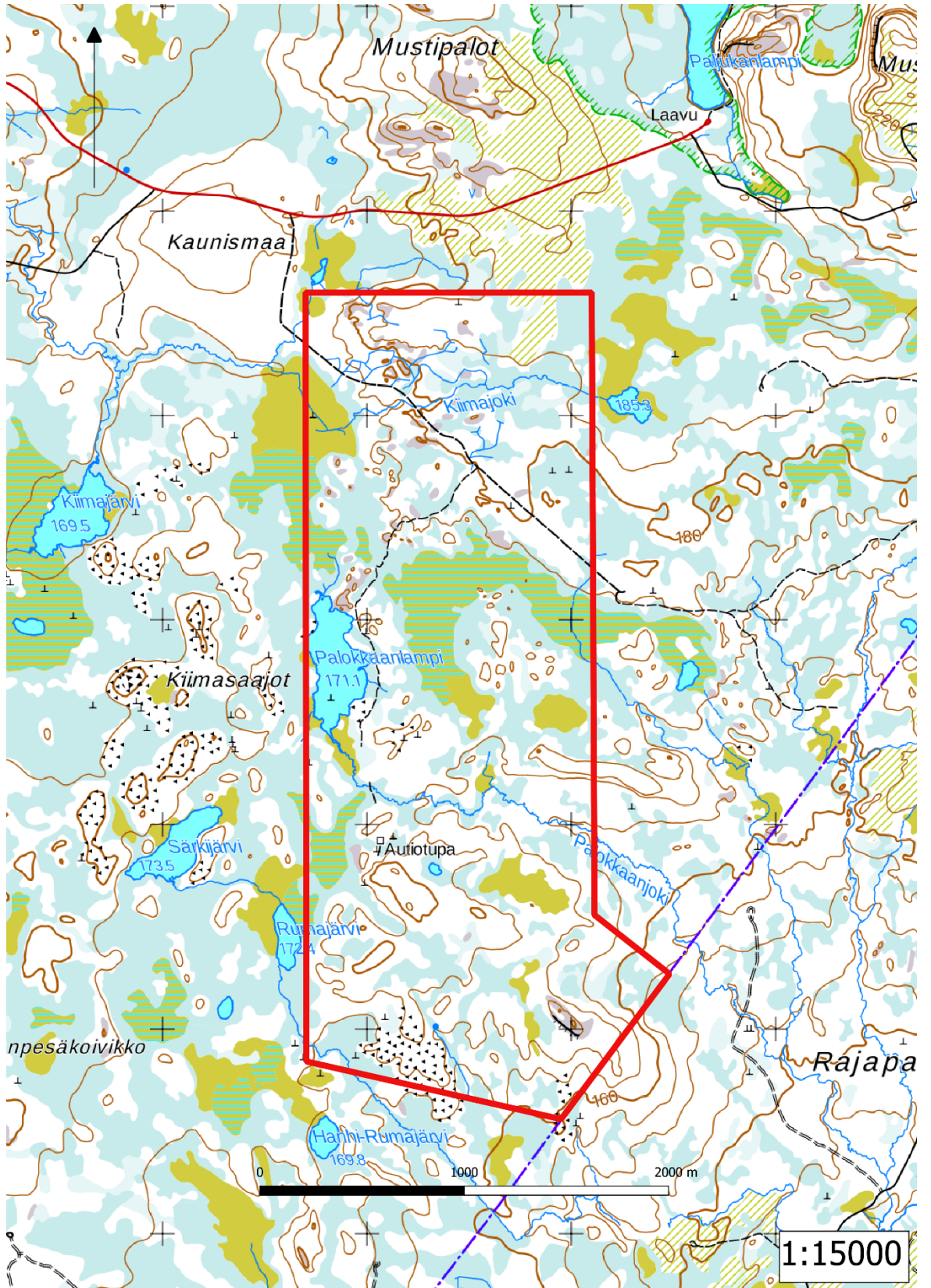
Tutkimusalue sijaitsee Rovaniemen ja Ylitornion kunnan rajalla, Ylitornion kunnan puolella (Kuviot 7-9). Alueella on Mawson Oy:n voimassa olevia malminetsintälupia sekä meneillään olevia malminetsintälupahakemuksia (Tukes 2019). Lentomittausalueen (Kuvio 9) kokonaispinta-ala on noin 5,6 km<sup>2</sup>.



Kuvio 7. Tutkimusalueen sijainti Suomen Lapissa (MML 2019)



Kuvio 8. Tutkimusalueen tarkempi sijainti. Kuvan pohjakartta on Maanmittauslaitoksen avoimesta aineistosta ja lupatilanne Tukesin avoimesta karttapalvelusta. Purppurat suorut viivat ovat kuntien rajoja. Alue sijaitsee noin tunnin ajomatkan päässä Rovaniemen kaupungista Ylitornion suuntaan. (MML 2019;Tukes 2019)



Kuvio 9. Lentomittausalueen rajaus (MML 2019)



## 4 MITTAUSTYÖ

### 4.1 Lennätys

Magnetometraukseen käytettiin Radain omaa, Albatros VT2-lennokkia (Kuvio 10). Lennokin, mittalaitteen ja referenssiaseman tekniset tiedot on esitetty taulukossa 1. Lennätykset suoritettiin kolmessa eri korkeudessa, tässä työssä käsitellään 60 metrin korkeuden lennätystä, mikä on korkeuksista keskimäinen. Lennot suoritettiin ns. näköyhteyden ulkopuolisina lentoina (eng. BVLOS, beyond visual line of sight). Tätä varten oli erikseen pyydetty luvat asiaa hallinnoivalta viranomaiselta, Trafilta.

Taulukko 1. Radai Oy:n lennokin, mittalaitteiden ja referenssiaseman tekniset tiedot (Pirttijärvi 2019a)

UAV parameters	Value
Electric engine	1000 W
Wingspan	2.5-2.8 m
Mass	5 kg
Max. payload	2 kg
Flight speed	13-30 m/s
Flight time	up to 3 h
UAV magnetometer (RVM)	Flux-gate
Noise level	$\pm 0.5$ nT
Dynamic range	$\pm 100$ $\mu$ T
Sampling frequency (RVM1)	12 Hz
Sampling frequency (RVM2)	55 Hz
Base station magnetometer	Flux-gate
Resolution	0.01 nT
Dynamic range	$\pm 70$ $\mu$ T
Sampling frequency	0.167 Hz

Lennoissa oleva magnetometri mittaa magneettikentän kolmea kohtisuoraa komponenttia X, Y ja Z. Lennoissa on myös Radain oma mittauslaite, joka mittaa GPS-aikaa, lennokin sijaintia sekä barometrista painetta. Barometristä painetta käytetään lentokorkeuden määrittämiseen. Mittalaite mittaa myös lennon aikana lennokin muutoksia kallistuskulmissa pituus- ja poikkiakselin ympäri sekä kiertokulmaa pystyakselin ympäri. (Pirttijärvi 2019a.)



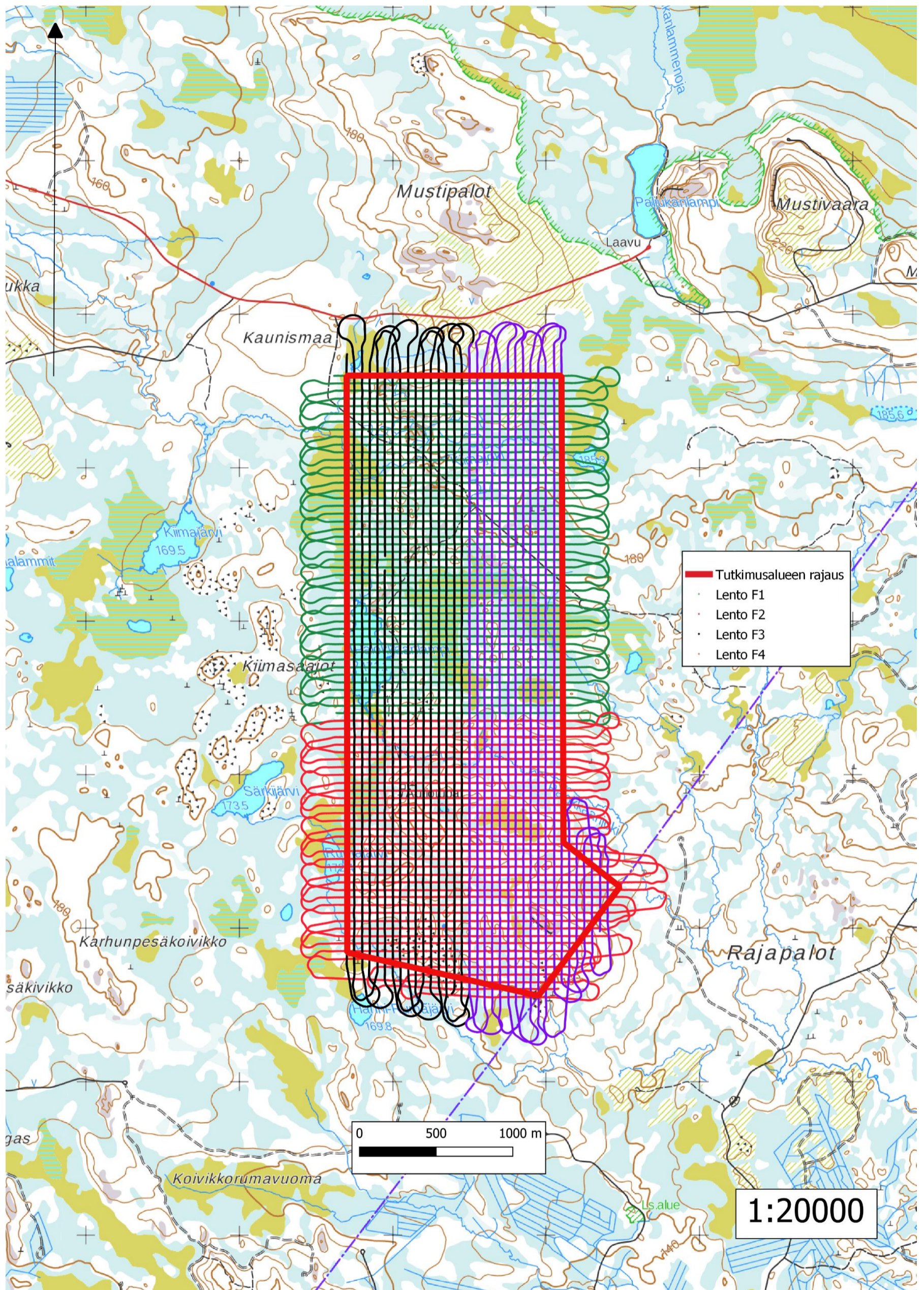
Kuvio 10. Kuvituskuva mittauksissa käytetystä lennokista. Kuvassa Radai Oy:n Arto Karinen valmistele lennokkia mittauksia varten. Mittauksissa käytettävä magnetometri on lennokin perässä oleva "kapula" (Pirttijärvi 2019a)

Tässä työssä käsiteltävä lennätyksen linjaväli oli 50 metriä. Lennon aikana lennokin GPS-tarkkuus oli n.  $\pm 1$  m. Mittaus suoritettiin neljän lennon kokonaisuutena. Mittauslentojen tilastotietoja on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Palokkaanlammen magnetometrauslentojen tilastotietoja

Parameter	Total	F1	F2	F3	F4
Data points	<b>174423</b>	42923	42317	44808	44375
Length (m)	<b>245052</b>	67694	54752	66402	56203
Fly-time (min)	<b>238,7</b>	59,3	57,1	61,6	60,7
Mean speed (m/s)	<b>17,1</b>	19	16	18	15,4
Mean sampling (m)	<b>1,40</b>	1,58	1,29	1,48	1,27
Mean height (m)	<b>65,8</b>	68	68	64,5	63
Min Btot (nT)	<b>52820</b>	53022	52852	52821	52820
Max Btot (nT)	<b>54584</b>	54584	54219	54448	54437
Mean Btot (nT)	<b>53268</b>	53465	53082	53280	53243
Median Btot (nT)	<b>53191</b>	53373	53013	53217	53128
Std D4 raw (nT)	<b>6,695</b>	5,926	5,367	8,134	6,924
Std Btot (nT)	<b>345,159</b>	328,562	231,53	315,255	384,138
Std D4 cor (nT)	<b>1,975</b>	1,719	0,592	2,789	2,071

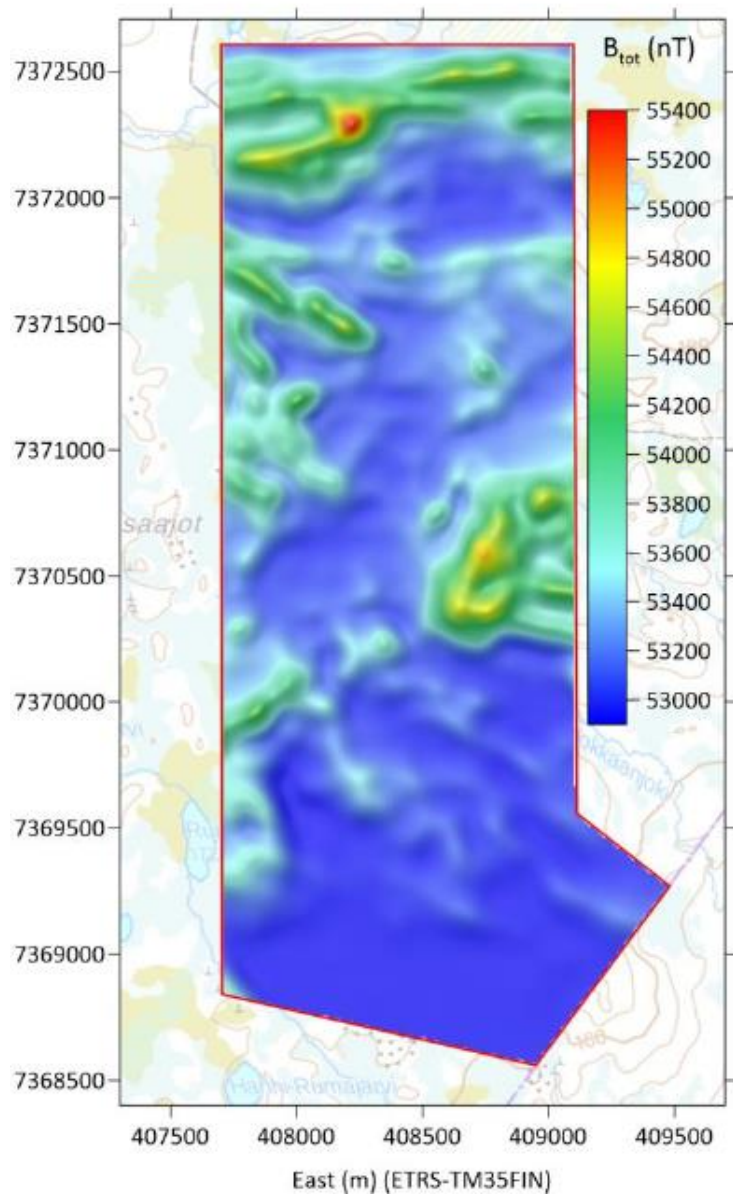
Lentoon lähettämisen jälkeen lennokka lensi autopilotilla sille etukäteen annetun reitin. Lentoreitti oli annettu etukäteen lennokille pistemäisessä muodossa. Lennokin lentämä reitti on esitetty kuviossa 11. (Pirttijärvi 2019a.)



Kuvio 11. Rajapalot-alueen magnetometrauslennot F1-F4 kartalla. Lentokorkeus on 60 metriä ja linjaväli 50 m. Lento F1 ylhäällä vaakaan vihreä, lento F2 alhaalla vaakaan punainen, lento F3 pohjois-etelä suunnassa vasemmalla musta, lento F4 pohjois-etelä suunnassa oikealla purppura (Pirttijärvi 2019a)

## 4.2 Mittaustyön tulos

Lopullinen magneettikenttää kuvaava kartta on esitelty kuviossa 12. Tulos on saatu aikaan mittausaineiston tietokoneavusteisen prosessoinnin tuloksena. Karttaa varten rajattiin ulos lennokin suorittamat käännökset ja mutkat tutkimusalueen ulkopuolella. Lisäksi lennokin lähtöpaikalta tutkimusalueelle lennettävä mittaus on rajattu pois. (Pirttijärvi, 2019a.)



Kuvio 12. Lentomittausten perusteella tuotettu kartta totaalimagneettikentästä Palokkaanlammen tutkimusalueella (Pirttijärvi 2019a)

## 5 POHDINTA

Radain mittauslentojen tarkoitus oli testata lennokin lentokorkeuden vaikutusta mittaustarkkuuteen ja sitä, mihin käyttötarkoituksiin eri mittauskorkeuksia voisi soveltaa. Mawsonin Palokkaanlammen alue valikoitui tutkittavaksi alueeksi sen haastavuuden vuoksi. Alueelta löytyy erilaisia magneettisia anomalioita ja lisäksi alueelta on aiemmin tehty maanpinnalta magnetometrisiä kartoituksia, joihin lennokilla tehtyjä tutkimuksia voitiin verrata.

Jos malminetsintäalueella tehdään lennokilla tapahtuvaa magnetometrausta, kaikkein ensimmäisenä lähtökohtana tulisi olla käytettävän kartoituksen käyttötarkoitus. Onko tarkoituksena löytää suoraan malminetsintäkohteita kairattavaksi vai suorittaa yleismaallisempaa geologista kartoitusta ja tulkintaa? Mawsonin kohteen tapauksessa pyrittiin tekemään tarkempaa malminetsintätöitä.

Suurin tarkkuuden lisääntyminen tapahtui vaihdettaessa lentokorkeutta 100 metristä 60 metriin. Geologista kartoitusta tehtäessä 60 metrin ja 35 metrin lentokorkeuden tulokset muistuttivat toisiaan niin paljon, että eroa ei Mawsonin tapauksessa käytännössä ollut paljoakaan. Siirryttäessä yleisestä geologisesta tulkinnasta tarkempaan malminetsintätöihin, saattaa ero silti olla merkittävä (Kinnunen 2019.)

Mawsonin Palokkaanlammen alueen malmimineralisaatiossa esiintyy negatiivisia magneettisia anomalioita, jotka liittyvät malminmineralisaation muodostumiseen. Yhtiö kohdentaa malminetsintäänsä näihin remanenttia magneettisuutta sisältäviin kohteisiin. Lennokilla suoritettavalla mittauksella ei päästy niin hyvään tarkkuuteen, että mineralisaatioon liittyvät negatiiviset magneettiset anomaliat olisivat näkyneet, ainakaan totaalimagneettikentässä (Kinnunen 2019.)

Jos tavoitteena on tehdä kallioperätulkintaa, on lennokilla lennettävä aineisto tarpeeksi tarkkaa. Malmietsintätarkoituksessa aineiston tarkkuuden riittävyys on tulkittava tapauskohtaisesti. Suomi on sinänsä maana poikkeuksellinen, että GTK:n avoimesta Hakku-palvelusta löytyy jo valmiiksi koko maan kattava magnetometrinen kartoitus, joka on tehty aikanaan miehitetyillä lentokoneilla. Jos tutkittava alue sijaitisi jossain muussa maassa, missä vapaasti hyödynnettävää dataa ei ole saatavilla, on lennokin käyttäminen malminetsinnässä varmasti kannattavaa

sen nopeuden ja tarkkuuden ansiosta. Lennokilla tehtävä mittaustoiminta on myös siinä mielessä kätevää, että se ei juurikaan tarvitse valmiina olevaa infrastruktuuria (Kinnunen 2019.)

Radain puolesta Palokkaanlammen lennätys sujui hyvin. Lennetty alue vastaa laajuudeltaan aika hyvin heidän asiakkaidensa tutkimusalueiden kokoa yleensä. Ongelmia ei lennätyksessä juurikaan ollut. Ainoaksi huomioitavaksi asiaksi jäänee lennokin lentokorkeuden vaihtelu. Lennokki ei lentänyt kaikkia linjoja annetussa lentokorkeudessa, vaan lentokorkeus vaihteli reitin nimelliskorkeuden ylä- ja alapuolella. Lennokin lentokorkeuden seuraaminen ja linjavälin muuttamisen vaikutus datan tarkkuuteen onkin yksi tulevaisuudessa kehitettävistä asioista (Pirttijärvi 2019c.)

## LÄHTEET

Business Finland 2019. Horisontti 2020. Eu:n Horisontti 2020-ohjelman rahoittaa tutkimusta ja innovaatioita 80 miljardilla eurolla 2014-2020. Viitattu 31.8.2019 <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/horisontti-2020/lyhyesti/>.

Euroopan komissio 2013. Factsheet: Horizon 2020 Budget. Viitattu 9.10.2019 [https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/Factsheet\\_budget\\_H2020\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/Factsheet_budget_H2020_0.pdf).

Euroopan komissio 2014. Horizon 2020 lyhyesti: Euroopan unionin tutkimus ja innovoinnin puiteohjelma. Viitattu 31.8.2019 [https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020\\_FI\\_KI0213413FIN.pdf](https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_FI_KI0213413FIN.pdf).

Excedea 2020. Tutustu EU rahoitukseen. Viitattu 31.8.2019 <https://tukivii-dakko.com/eu-rahoitus-yrityksille/>.

Huttunen, M. 2017. UAV-MEMO-projekti, Osa II Kevyiden miehittämättömien ilma-alusten käytön sääntely malminetsintä- ja kaivostoiminnassa. Espoo: GTK.

Kinnunen, J. 2019. Mawson Oy:n malminetsintägeologin haastattelu. 3.12.2019.

Mawson Ltd. 2019. High Grade Gold-Cobalt Resources Expansion in Finland. Viitattu 21.11.2019 <http://mawsonresources.com/assets/docs/presentations/Mawson-Corporate-Presentation-14-November-2019.pdf>.

Maanmittauslaitos 2019. Karttapaikka. Viitattu 25.11.2019 <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>

NEXT 2019a. New exploration technologies. Viitattu 12.11.2019 [https://www.new-exploration.tech/docs/Image/NEXT\\_ShortPresentation.pdf](https://www.new-exploration.tech/docs/Image/NEXT_ShortPresentation.pdf).

- 2019b. Discover the ore. Improve your efficiency with our technologies, Viitattu 12.11.2019 [https://www.new-exploration.tech/docs/lage/39101\\_NEXT\\_Brochure\\_A4-12pages\\_LA07.pdf](https://www.new-exploration.tech/docs/lage/39101_NEXT_Brochure_A4-12pages_LA07.pdf).

Pirttijärvi, M. 2019a Radai's UAV-based magnetic survey in Palokkaanlampi. 4.10.2019.

- 2019b. Radai Oy:n päägeofyysikon haastattelu. 20.11.2019.

- 2019c. Radai Oy:n päägeofyysikon kanssa käyty puhelinhaastattelu. 17.12.2019.

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2019. Kaivosrekisterin karttapalvelu. Viitattu 25.11.2019 <http://gtkdata.gtk.fi/kaivosrekisteri/>.