

REVONTULIÄÄNTEN TALTIOINNISTA JA ANALYYSISTÄ

Unto K. Laine

TKK Akustiikan ja äänenkäsittelytekniikan laboratorio
PL3000, 02015 TKK
Unto.Laine@hut.fi

1 JOHDANTO

Niin luonnontieteilijöitä kuin suurta yleisöäkin on jo vuosisatoja ihmetellyt kirkkaiden ja nopealiikkeisten revontulien aikana aika ajoin havaitut oudot äänet. Koska fysiikka ei ole kyennyt näitä ilmiöitä selittämään ja koska mm. 60-luvulla Alaskassa tehty yritys tallentaa tätä ääntä epäonnistui, on geofysikkojen parissa vallinnut vahva skeptisyys koko ääniä kohtaan. Toisaalta havaitsijoiden joukossa on jopa kansainvälisesti tunnettuja revontulitutkijoita, joten itse ääniaistimuksen syntyä ei niinkään ole epäilty.

Jotkut fyysikot ovat yrittäneet selittää koko ääni-ilmiön pois esimerkiksi toteamalla, että se todennäköisesti johtuu tinnituksesta, tai että kovassa pakkasessa hengityksen vesihöyry jäätyy ja aiheuttaa akustista kohinaa. Välillä on pohdittu mahdollisuutta, että geomagneettinen myrsky sinällään olisi välittömästi, ilman sähköakustista muunnosta aistittavissa.

Syksyllä 1999 rakentui aiheen tiimoilta yhteys TKK:n Akustiikan ja äänenkäsittelytekniikan laboratorion sekä Sodankylän geofysiikan observatorion välille. Tehtiin päätös selvittää asiaa sekä äänihavaintoja tehneiden haastatteluin, että käytännön mittauksin. Päätavoitteeksi asetettiin selvittää, ovatko revontuliäänet todella olemassa, voidaanko ne siepata tutkittaviksi vai onko kyseessä jokin havaintopsykologiaan tai aistien toimintaan liittyvä erikoisuus.

Seuraavassa tarkastellaan työn metodologisia vaikeuksia ja ratkaisuja. Työssä saavutettuja tuloksia on jo aiemmin esitelty viime toukokuussa Helsingissä Geofysiikan päivillä [1] ja elokuussa Oulussa kansainvälisessä revontulitutkijain kokouksessa [2]. Parhailaan tuloksista on laadittavana ensimmäinen perusteellisempi kansainvälinen julkaisu.

2 METODISIA ONGELMIA

Revontuliäänityksiä suunniteltaessa ja toteutettaessa on jouduttu selvittämään mm. seuraavia metodisia kysymyksiä:

- miten ennustaa revontuliöitä ja minimoida ”hukkareissut” (äänen synty)
- miten ennustaa pilvisyyttä ja tuulta potentiaalisten mittapaikkojen läheisyydessä (äänitysolosuhteet)
- miten löytää mahdollisimman hiljaisia äänitysympäristöjä (SNR)
- siirrettävän, herkän ja pienikohinaisen mittalaitteiston kehittäminen

- äänitteiden ajoitus ja kytkeminen muihin geomagneettisiin mittauksiin
- simultaaninen, paikallisen sähkökentän mittaaminen
- mittatulosten analyysit

2.1 Revontulien ennustamisesta

Revontuliääniä on vaikeaa tutkia ilman revontulia. Revontulet taasen ovat luonnonilmiö, jota ihminen ei voi kontrolloida. Varsin pian työn alussa kävi ilmi, että revontuliöiden ennustaminen on tavoitteeseen pääsyn kannalta ensiarvoisen tärkeää. On tiedettävä, milloin on todennäköistä päästä tarkkailemaan ja äänittämään revontulia. Voitaisiin tietenkin ajatella, että äänitettä tehdään jatkuvasti, mutta tällöin datamäärät ja niihin kohdistuva analyysityö tulee tavattoman suureksi. Automaattisessa äänimateriaalin tallennuksessa on sekin vaikeus, että kun ympäristöä ei äänitettä tehdessä tarkkailla, siellä voi tapahtua asioita, joita on vaikeaa jälkikäteen tunnistaa ja eritellä pelkästä äänitteestä. Oudot äänet jäävät herkästi selvittämättä.

Revontulien ennustaminen on tavattoman vaikea tehtävä. Satelliittitekniikka tosin tarjoaa nykyään aitiopaikan tarkkailla aurinkoa liki reaaliajassa. Internet tarjoaa useita ulkomaisten asiantuntijain laatimia revontuliennusteita. Näiden seuraamisen lisäksi on syytä opiskella avaruusfysiikan perusteita ja oppia myös itse tulkitsemaan tarjolla olevaa dataa.

Ennustaminen perustuu auringonpilkkujen (sunspots) ja niiden lähistöllä tapahtuvien leimahdusten (flare) sekä näiden mahdollisesti tuotamien koronapurkausten (CME Coronal Mass Ejection) seurantaan. Kaikille näille osaprosesseille löytyy omat liki reaaliajassa päivittyvät Internet sivut. Kun täyden halokuvion omaava CME shokkiaalto on koronagrafissa havaittu, kestää enää yhdestä kolmeen vuorokautta ja aalto on mitattavissa maan ja auringon välisen minimigravitaatiopisteen tuntumassa liikkuvasta satelliitista. Tuosta mittapistestä aalto saapuu maan tuntumaan jo alle tunnissa, eli kovin kaukana sopivasta mittapaikasta ei tuolloin enää saisi olla. CME aallon tulisi osua maahan mielellään hieman ennen paikallista magneettista keskiyötä (maan magneettinen pohjoisnapa tarkkailupisteen ja auringon linjalla). Jos keskimääräinen geomagneettinen myrsky kestää neljä tuntia, on todennäköisyys sille, että revontulet tulevat Suomessa näkyviin 1/6, jos oletamme, että aalto ylipäättään iskeytyy maan magneettikenttään. Revontulet voi siis yhtä todennäköisesti mennä Alaskaan, Kanadaan, Grönlantiin, tai Siperiaan.

2.2 Sääolosuhteiden kehittymisen tarkkailu

Pelkkä avaruussään seuranta ei tietenkään riitä, vaan mittapaikka on valittava maanpinnan sääolojen mukaan siten, että taivas on mahdollisimman sees ja tuuli mahdollisimman tyyni. Sääolojen kehittymistä voi seurata Meteorologian laitoksen web-sivuilta tai sitten muilta Eurooppalaisilta palvelimilta. Etenkin syksy 2000 oli sääolojen takia erittäin vaikeaa aikaa. Äänitykselle kelvollista säää ei tuntunut löytyvän lainkaan ja sitten kun löytyi, CME aalto meni Siperiaan tai Alaskaan. Kaikkialle muualle, mutta ei Suomeen.

2.3 Äänitysympäristöjen etsintä

Hiljaisen äänitysympäristön löytäminen Etelä-Suomesta on työn ja tuskan takana. Kartoista on vaikeaa tietää, onko alue sittenkään hiljainen. Etenkin syksyisin pelloilla voidaan työskennellä läpi yön. Ilmassa voi olla lentoliikennettä, sulan veden aikana järvillä veneilyä ja talvella moottorikelkkailua. Jossain voi metsäkone jyllätä. Vaikka miten yrittäisi päästä etäälle elämisen ja asumisen äänistä, saattaa sittenkin törmätä fataaliin melulähteeseen. Lisäksi omat mausteensa äänimaisemaan tuovat erilaiset eläimet.

Vajaan kahden vuoden kokemus on osoittanut, että aina pitäisi olla usea vaihtoehtopaikka tiedossa jo etukäteen siltä varalta, että parhaaksi katsottu pettää. Paikan on syytä olla melko aukea, etäällä puista. Kuusien ja mäntyjen latvat tuottavat kohinaa jo melko pienellä tuulella. Samoin lehtimetsä kesäisenä aikana. Lehdeettömät puut eivät pienessä tuulella juuri kohise. Silti parasta olisi puuton laakso, minne tuuli ei helposti pääse ja missä ei ole potentiaaleja ”suhinalähteitä”. Viimeisin idea on mennä tekemään äänitteitä turvesuolle, missä ei ole kasvustoa lainkaan ja missä siksi myöskään eläimet eivät viihdy.

2.4 Mittalaitteiston kehittäminen

Kohtalaisesti päänvaivaa tässä hankkeessa on tuottanut sopivan mittalaitteiston kokoaminen. Laitteiston pitää olla helposti siirrettävissä. Sen pitää toimia kylmissäkin olosuhteissa. Olla herkkä ja pienikohinainen. Kokeilujen jälkeen päädyttiin B&K:n mittamikrofonin 4179 käyttöön. Kapselin taajuusalue rajoittuu välille 20 Hz - 16 kHz. Ylärajataajuutta alentamalla on saatu lisää herkkyyttä. Tämän kapselin käytössä on se ongelma, että sitä ei ole suunniteltu ulkokäyttöön. Näin ollen sitä ei saa päästää kostumaan. Onneksi äänitteitä tehdään pääasiansa kuivassa pakkassäädssä, joten oikein toimien kapseliin ei pääse kosteutta tai ainakin kosteusvaikutukset voidaan minimoida. Mikrofonin käyttö tuulisuojan kanssa auttaa myös asiaa.

Äänilähteen sijainnista, tyypistä, säteilykuviosta jne ei ole tietoa. Havaintoja tehneiden raporteista voidaan toki jotain päätellä. Enemmistö sijoittaa äänilähteen siihen suuntaan, missä revontuletkin ovat. Toisaalta revontulen liikkeen ja äänen muuttumisen välillä on usein todettu olevan varsin kiinteä (lyhyt viive) yhteys [3]. Täten voimme olettaa, että äänilähde sijaitsee alemmassa ilmakehässä tarkkailijan ja optisen revontulen välissä. Siksi mikrofonin suuntaavuutta ja samalla herkkyyttä on pyritty parantamaan ottamalla käyttöön metallista prässätty heijastin (satelliittiantenni). Heijastin on takaa akustisesti vaimennettu levyn omien värähtelyjen estämiseksi. Heijastimella saadaan lisää herkkyyttä yli 20 dB keski- ja korkeilla taajuuksilla. Vielä 500Hz:n alueellakin vahvistusta saadaan yli 15 dB. Laitteistokokonaisuus pystyy tallentamaan huomattavasti keskimääräisen kuulokynnyksen alapuolella olevia ääniä mikäli ympäristöolosuhteet sen vain sallivat.

2.5 Äänitteiden ajoitus

Yksittäisellä äänitteellä ei juuri ole todistusarvoa, ellei sitä kyetä ajoittamaan siten, että sitä myöhemmin on mahdollista korreloida muihin geomagneettista myrskyä kuvaaviin ja mittavaisiin muuttujiin. Tarkka ajoitus ykinkertaisella ja halvalla laitteella onkin osoittautunut yllättävän vaikeaksi kysymykseksi. Tällä hetkellä käytetään radion äänimerkkiä, jolla on mahdollista päästä vähintään sekunnin parin kymmenyksen tarkkuuteen. Tämä on useimmiten riittävä, sillä esim. magnetogrammia tallennetaan yksi näyte sekunnissa kussakin suunnassa (x, y, z).

2.6 Paikallisen sähkökentän rekisteröinti (VLF)

Audiosignaalia on pyritty korreloimaan taivaankannen optisiin mittauksiin ja magnetogrammeihin. Magnetogrammin näytetaajuus on tyypillisesti näyte sekunnissa tai jopa vain näyte kymmenessä sekunnissa. Poikkeuksen muodostaa ns. pulsaatiomagnetogrammi, missä näytetaajuus on 50 Hz. Huomattavasti tarkempaan ajotukseen päästään, kun otetaan käyttöön paikallisen sähkökentän mittaus koko audiokaistalla (näytetaajuus 48 kHz). Tässä yhteydessä puhutaan VLF- (Very Low Frequency) tekniikasta tai VLF-radiosta.

Yksinkertainen laite koostuu pystysuorasta antennista ja sen perässä olevasta passiivikomponentein toteutetusta alipäästösuotimesta, jolla pyritään pääsemään eroon voimakkaista, ylemmillä taajuuksilla olevista radiohäiriöistä. Koska DAT-nauhurin sisäänmenossa on jyrkkä alipäästö ennen AD-muunninta, riittää esisuotimeksi toisen kertaluvun passiivipiiri. Aktiivisuotimen käyttö antennin perässä ei ole suositeltavaa, koska sen mahdollinen epälineaarisuus johtaa radioasemien ilmaisuun ja signaalin sekottumiseen mitattavan VLF signaalin kanssa.

VLF-signaali indikoi ilmakehän sähköpurkaukset ja siinä voidaan revontulien aikana havaita lisäksi raekohinaa.

2.7 Mittatulosten analyysit (DSP)

Yhtenä revontuliyönä voi kertyä jopa 5-6 tuntia stereodataa (audio ja VLF) 48000 näytettä sekunnissa kanavaa kohti. Tällöin puhutaan useista gigabyteista dataa. Tällaisten datamäärien tehokas ja monipuolinen käsittely on vaativaa. Alustavasti on päädytty terssianalyysien ja eri informaatiolähteiden ristikorrelaatioiden laskentaan. Terssianalyysit tehdään MatLab-ympäristössä Fourier muunnoksella ja laskemalla tästä terssikaistaenergiat. Lakenta tehdään puolen sekunnin aikaikkunasta. Signaaleja on myös syytä käydä käsin läpi siten, että kustakin kuunneltavasta pätkästä lasketaan ensin spektrogrammi. Tämä tukee analyttistä kuuntelua.

3 YHTEENVETO

Tässä raportissa on tarkasteltu lyhyesti seitsemää eri osa-aluetta, joiden on syytä olla kunnossa jos mielihän päästä nauttimaan revontulien loihimasta äänimateriaalista.

LÄHTEET

1. LAINE U K, TURUNEN E, MANNINEN J & NEVANLINNA H, Revontuliäänet, havaintoja ja mittauksia. *XX Geofysiikan päivät 15.-16.5.2001*, Helsinki.
2. LAINE U K, TURUNEN E, MANNINEN J & NEVANLINNA H, Auroral Sounds, Observations and Measurements. *28th Annual European Meeting on Atmospheric Studies by Optical Methods*, 19 - 24.8.2001, Oulu (Abstract).
3. SILVERMAN & TUAN, Auroral Audibility. *Adv. Geophysics* **16** (1973), 155-266.