

Luonnonvarakeskus 22.2.2022

Viitteet:

MMM Päättös 23.8.2021, VN/20758/2021-MMM-1

Varsinais-Suomen ELY-keskuksen päätös 27.10.2021, hankenumero 178356

Turku-Kaarina hyljevapaa alue: Rövarholman salmen pilottitestit syksyllä 2021

Johdanto

Luonnonvarakeskus toimitti 23.6.2021 maa- ja metsätalousministeriölle esiselvityksen Turun-Kaarinan-Paraisten edustan salmi- ja lahtivesien hyljevahinkojen vähentämisestä hyljekarkottimien avulla. Esiselvityksessä todettiin, että hanke on potentiaalinen, mutta se on syytä viedä läpi useassa vaiheessa menetelmää samalla kehittäen. Luonnonvarakeskus haki ensimmäistä pilottivaihetta varten rahoitusta sekä Maa- ja metsätalousministeriöltä (Luken hakemus Dnro 728/12 01 01 01/2021) että Varsinais-Suomen ELY-keskukselta (EMKR hankehakemus, hankenumero 178356) uuden sukupolven karkottimien toimivuuden testaamiseksi Rövarholman salmessa. Maa- ja metsätalousministeriö myönsi pilottia varten määrärahan 23.8.2021 ja Varsinais-Suomen ELY-keskus 27.10.2021.

Pilotti-1: koejärjestely

Syksyllä 2021 tehty Pilotti-1 keskittyi karkotinlaitteiden teknisen toimivuuden ja asennusteknisten kysymysten ratkaisuun. Laitetestit tehtiin loka-joulukuussa 2021 yhteistyössä paikallisten toimijoiden kanssa. Karkottimilla ei suljettu koko salmea (leveys 350 m), koska pilotissa oli kysymys laitteiden teknisten ominaisuuksien mittaamisesta ja optimaalisen asentamisen testaamisesta (**kuva 1**).

Testatut karkottimet olivat AceAquatec yrityksen kehittämiä uuden sukupolven laitteita, jotka vuokrattiin pilottia varten. Testissä oli mukana kaksi matalataajuista (RT-1: 0,8 -1,2 kHz) ja yksi keskitaajuista (US-3: 8-11 kHz) ääntä lähettävää karkotinta. US3 erottuu perinteisistä yksitaajuisista karkottimista tarjoamalla moduloidun taajuuslähdon lyhyillä, satunnaistetuilla äänipulsseilla, mikä tehokkaasti estää hylkeiden tottumisen karkottimen lähettämään ääneen (ns. "päivälliskello"-efekti). US-3 karkottimen virrankulutus vaihtelee hieman ääniasetuksista riippuen (esim. scram rate), mutta on yleensä 100-150 W huippukulutuksen ollessa 250 W. Arvio päivittäisestä virrankulutuksesta on välillä 2,4 ja 3,6 kWh. RT1 on puolestaan matalataajuinen karkotin, joka on suunniteltu tilanteisiin, missä hylkeitä on karkotettava samalla kun on vältettävä delfiinien ja pyöriäisten häiriintyminen. Liitteessä 1 on kuvattu karkottimien tarkemmat tekniset ominaisuudet.

Karkottimien lähetinyksiköt (**kuva 2**) asennettiin sukeltajan avulla salmen pohjaan ja lähetysyksiköt olivat kaapeleiden avulla yhteydessä laitteiden säätöyksiköihin, jotka olivat maissa. Karkottimiin syötettiin verkkovirtaa, minkä ansiosta laitteiden jännitteen saanti oli periaatteessa turvattu kaikissa tilanteissa. Karkottimet olivat 6-8 metrin syvyydessä ja noin kaksi metriä pohjan yläpuolella. Vesilläliikkuja varoitettiin käynnissä olevasta tutkimuksesta ja vedenalaisista kaapeleista molemmille rannoille asennetuilla varoitustauluilla.

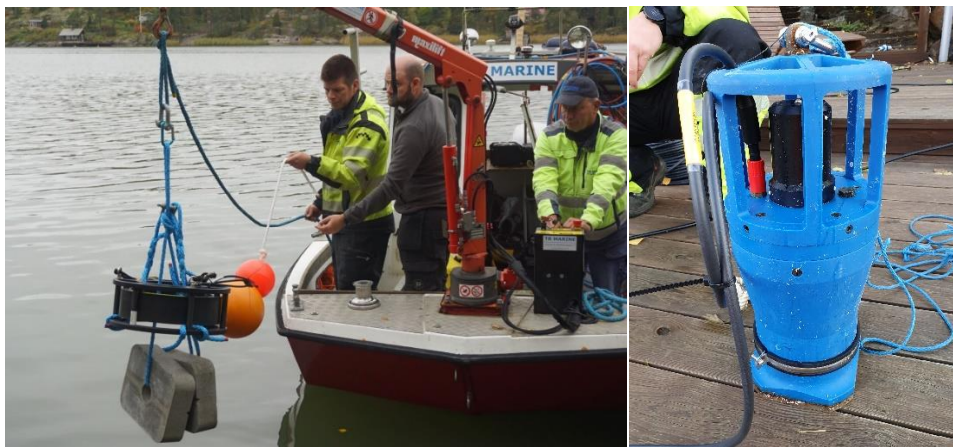
Karkottimien lisäksi pilotissa testattiin ARIS (Adaptive Imaging Sonar) kaikuluotaimen käyttömahdollisuutta pinnan alla uivien hylkeiden määrän ja liikkeen havaitsemisessa. Kaikuluotaimilla, jotka asennettiin salmen kummallekin rannalle (**kuva 3**), pystyttiin luotaamaan noin 90 metrin etäisyyteen saakka. Sekä karkotinten että ARIS-luotainten toimintaa voitiin tarkkailla etäyhteyden avulla.

Karkottimien välittömässä läheisyydessä koekalastettiin kahdella 120 metrin pituisella verkkojadalla, jotka oli asetettu pyyntiin molemmilta rannoilta kohti salmen keskustaa. Verkkojen solmuväli oli 45 mm ja korkeus 3-5 metriä. Ensisijainen kohdelaji oli kuha. Kalastaja piti koentakohaista

saalispäiväkirjaa saaliin määrästä ja koostumuksesta sekä mahdollisista hylkeiden aiheuttamista vaurioista saaliskaloissa ja pyydyksissä. Myös kaikki havainnot hylkeistä merkittiin muistiin. Lisäksi hankkeessa mitattiin hydrofoniloggerin avulla eri karkottimien lähettämän äänen voimakkuutta ja äänen vaimenemista. Palvelu ostettiin ulkopuoliselta toimijalta.



Kuva 1. Koejärjestely syksyn 2021 pilottitutkimuksessa Rönkäholman salmessa. Salmen toisessa rannassa oli RT-1 ja US-3 karkotin, ja toisessa rannassa vain RT-1 karkotin. Lisäksi kummallakin rannalla oli ARIS-luotaimet (siniset keilat kuvaavat luotauksella katettua aluetta).



Kuva 2. RT-1 hyljekarkotin (vasen kuva) US-3 hyljekarkotin (oikea kuva) valmiina asennukseen salmen pohjalle.

ARIS-luotaukset

Kaikuluotausseuranta ARIS-luotaimilla aloitettiin 6. lokakuuta ja lopetettiin 7. joulukuuta (**Liite 2**). Aineistoa kertyi yhteensä 124 vuorokaudelta. Jakson aikana hylkeiden kokoluokan havaintoja tehtiin kaksi kappaletta. Ensimmäinen havainto tehtiin 7.10.21 Rönkäholman puoleisella luotaimella. Hylje mitattiin 222 cm pituiseksi. Toinen havainto tehtiin 29.10.21 samalta puolelta salmea. Hylje mitattiin 221 cm pituiseksi. Salmesta pystyttiin kahdella luotainyksiköllä kattamaan vain noin puolet. Siksi tämän pilotin perusteella ei voida sanoa kuinka monta hyljettä salmesta mahdollisesti ui läpi seurannan aikana. Oleellista oli todeta, että ARIS-luotaimella hylkeet voidaan havaita ja erottaa kaloista syntyvistä kaiuista.



Kuva 3. Putkikehikkoon kiinnitetyt erilliset ARIS-luotaimet asennettiin salmen kummallekin rannalle. Rövarholman salmessa ei ollut esteitä kaikuluotainpulssien edessä, joten kuvasta saatiin hyvänlaatuista.

Hydrofonimittaukset

Mittaukset suoritti Suomen ympäristökeskus yhdessä Luonnonvarakeskuksen henkilöstön kanssa 19.10.2021 (Liite 3). Äänenpainetaso mitattiin kaikissa pisteissä viiden metrin syvyydessä. Veden lämpötila oli ko. alueella 9,7 astetta ja äänennopeus 1453 m/s. Mittaukset suoritettiin kolmea linjaa pitkin. Ensimmäinen mittaus tehtiin karkotinlinjan keskeltä etelään. Kaikki kolme karkotinta olivat tuolloin toiminnassa. Toisessa ja kolmannessa mittauksessa, jotka tehtiin alueen länsi- ja itäreunaa karkotinlinjalta etelään, toiminnassa olivat länsipuolen (Kaskerran) RT1- ja US3-lähettimet. RT-karkottimet vastasivat esitearvoja, mutta US3-karkottimen huipputaajuus oli esitearvoa oleellisesti korkeampi, noin 16 kHz. Karkotinsignaalien vaimeneminen etäisyyden kasvaessa oli kohtalaisen voimakasta salmen pehmeän pohjan takia. Lähellä olevat rannat vaikuttivat myös pistearvoihin. Saatujen tulosten perusteella voidaan päätellä, että US3-karkottimen äänisignaali karkottaa hylkeitä tehokkaammin korkeamman taajuuden ja korkeamman lähtötason takia kuin matalataajuisia ääntä lähettävä RT-1 karkotin.

Yhteenveto pilotin keskeisistä tuloksista

Testausjakson aikana Ace Aquatec -karkottimet toimivat moitteettomasti. Muutamat pienet virheet (esim. lämpötila-anturin virhe yhdessä RT1:ssä) johtuivat pääasiassa alkuperäisen verkkoyhteyden puutteesta, ja ne korjattiin nopeasti tämän yhteyden muodostamisen jälkeen. Näillä virheillä ei ollut merkittävää vaikutusta laitteiden kykyyn lähettää ääntä testin aikana.

Pilottitutkimus osoitti, että hyljekarkottimet voidaan asentaa salmien pohjan tuntumaan. Tämä lienee ensimmäinen kerta, kun tällaista asennusta on missään kokeiltu. Pohjalle asentaminen on selkeä edistysaskel ja mahdollistaa karkottimien käytön myös vilkkaasti liikennöidyillä veneväylillä (laitteita ei Traficom'in ohjeistuksen mukaan kuitenkaan tule asentaa väylien keskelle, vaikka ne olisivat pohjan tuntumassa). Pohjalle asennettujen karkottimien yksi merkittävä etu on se, että ne ovat täysin näkymättömissä eivätkä aiheuta esimerkiksi visuaalista häiriötä kesäasukkaille. Karkottimien asennus pohjalle edellyttää aina sukeltajan käyttöä.

Pilottitutkimuksessa oli käytössä 80 metriä pitkät kaapelit, joilla karkottimet yhdistettiin maissa oleviin säätöyksiköihin. Laittevalmistaja on vahvistanut, että kaapelit voidaan pidentää ainakin 200 metriä pitkiksi ilman että signaali heikkenee. Toinen tärkeä havainto tässä pilottitutkimuksessa oli se, että karkottimien jatkuvan toiminnan varmistaminen edellyttää verkkovirran käyttömahdollisuutta. Sillä tavoin laitteiden ylläpito helpottuu oleellisesti. Laitteiden toimintaa voidaan valvoa etäyhteyden kautta. Verkkoyhteys mahdollistaa helpon etänä-tehtävän ääniasetusten muuttamisen ja siten mahdollisuuden testata laitteiston vaikutusta hylkeiden karkottamiseen eri ääniasetuksilla. Ace Aquatec on ottanut käyttöön uuden prosessin varmistaa laiteohjelmiston yhteensopivuuden antennien ja BaseStation 4G -viestintälaitteiden välillä, mikä estää verkkoyhteyksien ongelmat tulevaisuudessa.

Tämän pilottitutkimuksen perusteella voitiin myös alustavasti todeta, että matalataajuinen RT-1 karkotin ei tuo etua hylkeen karkottamisessa, vaikka äänen kantama on jonkin verran pitempi kuin korkeammalla taajuudella toimivan US-3 karkottimen kantama. Tulokset viittaavat siihen suuntaan, että korkeammalla taajuudella saadaan tehokkaampi karkotusvaikutus. Tätä oletusta tukee myös se, että kaksi ARIS-hyljehavaintoa tehtiin Rövarholman puolella, jossa oli käytössä vain matalataajuinen RT-1 karkotin. Matalataajuinen (1 kHz) ääni ei ilmeisesti aiheuta hallille yhtä epämiellyttävää kokemusta kuin korkeampitaajuinen (>10 kHz) ääni, joka on lähempänä hallin kuuloalueen herkintä aluetta.

Pilotissa tehtyjen koekalastuksen perusteella voidaan myös todeta, että karkottimet eivät vaikuta haitallisesti kaloihin. Karkottimien tuntumassa tehdyissä verkkokalastuksissa saaliit olivat kalastajien arvion mukaan normaalia parempia ja saaliiksi saatiin kaikkia alueella yleisesti tavattavia kalalajeja. Hylkeiden vahingoittamia kaloja ei ollut verkkosaaliissa, mutta kahdessa tapauksessa verkoissa oli mahdollinen hylkeen tekemä repeämä.

Karkottimien mahdollisesta negatiivisesta vaikutuksesta hylkeiden kuuloaistiin ei ole luotettavaa tutkimustietoa. On kuitenkin huomattava, että nykyaikaiset karkottimet toimivat sellaisella periaatteella, että karkottimen ääni lähetetään aina vaihtelevalla rytmillä ja äänisignaalia ei lähetetä heti täydellä intensiteetillä vaan aluksi signaalin voimakkuus on alhainen (soft start function). Tämän ansiosta hylkeellä kuten myös mahdollisilla sukeltavilla vesilinnuilla karkottimen lähellä on mahdollisuus siirtyä kauemmaksi karkottimesta ennen kuin äänisignaali saavuttaa täyden intensiteetin (niille jää aikaa väistyä).

ARIS-luotaimella voitiin havaita hylkeet ja arvioida niiden kulkusuunta. Menetelmän rutiinikäyttöä haittaa aineiston työläs analysointi, mutta menetelmän kehitysvaiheessa data hylkeiden esiintymisestä ja käyttäytymisestä karkotinten läheisyydessä on hyödyllistä. Rövarholman pilottitutkimuksen aikana kertyneen kaikuluotausaineiston purku vaati yhden henkilökuukauden.

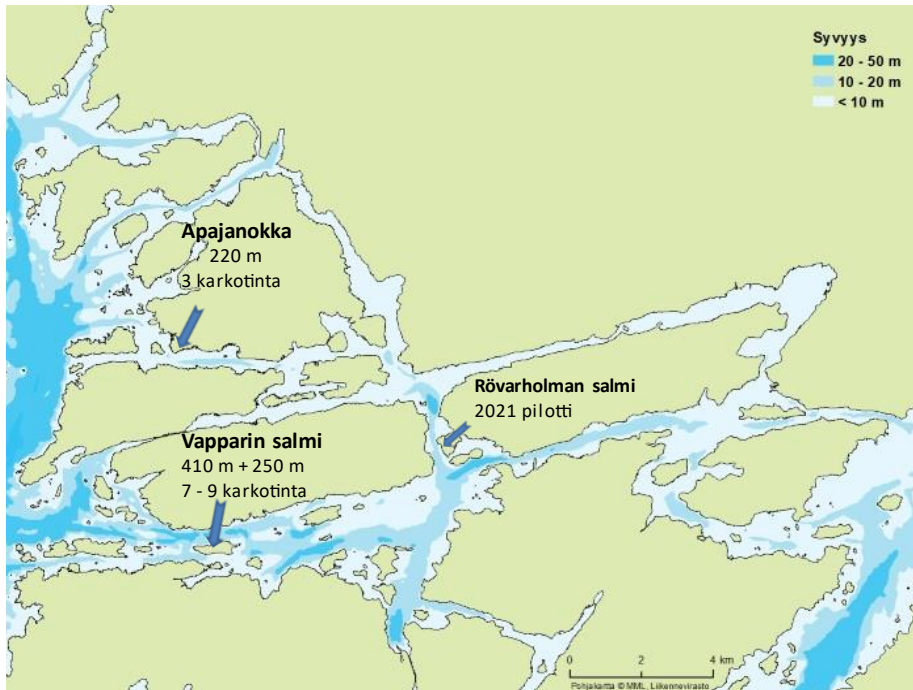
Rövarholman salmen ranta-asukkaat suhtautuivat myönteisesti pilottihankkeen toteutukseen ja mahdollistivat yksityisrantojensa ja laitureiden käytön sekä sähkön saannin karkottimille.

Seuraava vaihe

Tämän tutkimuksen seuraavassa vaiheessa on tarkoitus sulkea kaksi tärkeää salmea karkottimilla ja muodostaa laaja hyljevapaa alue Turun eteläiseen saaristoon Kaarinan ja Paraisten edustalle. Leveämpien salmien sulkemiseen parhaiten soveltuva karkotinteknologia sekä karkotinten optimaalinen määrä ja ankkurointitapa on pilottitutkimuksen ansiosta arvioitavissa melko tarkasti. Tavoitteena seuraavassa vaiheessa on sulkea Vapparin salmi Latosaaren kohdalta, jossa pohjoinen salmi on noin 410 m leveä ja eteläinen matalampi salmi noin 250 m leveä (**kuva 4**). Vapparin salmesta on suora yhteys Airiston eteläosissa sijaitseville Saaristomeren pahimmille hyljealueille (**kuva 5**) ja

alueen kaupallisten kalastajien näkemyksen mukaan Vapparin salmi on keskeisen tärkeä sulkea hylkeiltä. Tämä edesauttaisi myös kalastusoppaiden ja kaikkien muidenkin kalastajaryhmien kalastusta.

Lisäksi tarkoitus on sulkea kapeampi (noin 220 m leveä) salmi Kaksikerran saaren pohjoispuolella Apajanokan läheisyydessä. Vapparin salmeen tarvitaan 7-9 kpl ja Apajanokan salmeen 3-4 kpl US-3 karkotinta. Karkottimissa pitää olla mahdollista käyttää ainakin 200 metrin pituisia vedenalaisia kaapeleita.



Kuva 4. Vapparin salmi ja Apajanokan salmi, joissa jatkotutkimus on tarkoitus toteuttaa.



Kuva 5. Hallien lepoluodoilta Airistolla on noin 15 km matka Vapparin salmen länsipäähän.

Liite 1. US-3 ja RT-1 karkottimien tekniset ominaisuudet.

US-3

Power draw	12V deep-cycle non-spillable gel battery Each pelicase and top box system will draw a maximum of 250W	Dimensions	Surface Control Box = 150 x 260 x 50mm Peli = 361mm x 289mm x 165mm Pod = 190mm diameter, 520mm height
Input voltage	AC mains input is a universal supply from 90–260 volts (single phase)	Frequency range	8-11kHz
Connections	16A 230V Mains Amphenol Ecomate C016	Sound level	Average within a transmission: 181dB re 1uPa rms @ 1m
Average current draw	Average power draw = 100-150W Average daily consumption = 2.4kW hours	Duty cycle (min/max)	0.9% to 10%
Effective Range	50m radius (8000 sq m)	Tone profile	9x short duration, randomised pulses of sound that avoids habituations and hearing loss
UW Extension cable	Polyurethane Jacket, fully submersible	Ramp-up/soft-start time	15 minutes
UW Ext. cable length	20m/40m + Made to measure for specific sites	Manufacture license certifications	ISO 9001:2005 Low Voltage Directive (LVD) 2006/95/EC – EN61010-1:2001 Electromagnetic Compatibility Directive (EMC) 2004/108/EC EN61000-3-2:2000 EN61000-6-2:2001 EN61000-6-4:2001
Battery coverage	12/24 hours – varies on scram rate Real Time Clock for data logging	Waterproof rating	IP68 (fully submersible) Pelicase = IP67; TopBox = IP68
Materials used	Surface Control Box = 316 Stainless Steel Peli = HDPE; QuadBox = POM Pod = Nylon	Fault reporting	Warning light, email, online alerts
Depth rating	fully submersible to 100m		
User rate	12-144 scrams per hour Avg. tone length = 2.6 seconds		
Weight Air/Water	14kg/5kg		

RT-1

Power draw	12V deep-cycle non-spillable gel battery Each pelicase and top box system will draw a maximum of 250W	Frequency range	Flex (Setting 1): 0.8 kHz – 1.2 kHz Ring (Setting 2): 1.0 kHz – 2.0 kHz
Input voltage	AC mains input is a universal supply from 90–260 volts (single phase)	Sound level	Average within a transmission: (re 1uPa rms @ 1m) Flex: 176 dB re 1uPa rms@1m Ring: 180dB re 1uPa rms@1m
Connections	16A 230V Mains Amphenol Ecomate C016	Duty cycle (min/max)	0.9% to 11%
Average current draw	Average power draw = 100-150W Average daily consumption = 2.4kW hours	Tone profile	9x short duration, randomised pulses of sound that avoids habituations and hearing loss
Effective Range	70m radius (15000 sq m)	Ramp-up/soft-start time	15 minutes
UW Extension cable	Polyurethane Jacket	Operating temperature	20°C to 40°C
UW Ext. cable length	30m / made to measure for specific sites	Manufacture license certifications	ISO 9001:2005 Low Voltage Directive (LVD) 2006/95/EC – EN61010-1:2001 Electromagnetic Compatibility Directive (EMC) 2004/108/EC EN61000-3-2:2000 EN61000-6-2:2001 EN61000-6-4:2001
Battery coverage	12/24 hours – varies on scram rate Real Time Clock for data logging	Waterproof rating	IP68(fully submersible) Pelicase = IP68 TopBox = IP68
Materials used	TopBox - 316 Stainless Steel Peli = HDPE; QuadBox = POM Ring = Polyurethane; Pod + Cage = Nylon	Fault reporting	Warning light, email, online alerts
Depth rating	From 10m to Unlimited		
User rate	12-144 scrams per hour Avg. tone length = 2.8 seconds		

Liite 2

Rövarholman salmessa ARIS-kaikuluotaimilla tehty seuranta

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, soveltuuko ARIS (Adaptive Imaging Sonar) kaikuluotaus hylkeiden havaitsemiseen meressä. Seurantapaikka sijaitsi Turun saaristossa, Kaksikerran ja Ryöväriholman väliin jäävällä salmialueella (**kuva 1**). Salmi on noin 350 metriä leveä. Kahdella luotainyksiköllä pystytään saavuttamaan maksimissaan 160 metrin kattama. Koko salmea ei näin ollen pystytty kattamaan luotaimilla. Ryöväriholman puolelta salmi on kauttaaltaan 10–10,5 metriä syvä. Kaksikerran puolelta ranta syvenee loivemmin ja on vielä 20 metrin etäisyydellä vain 6 metriä syvä. ARIS-kaikuluotaimella voidaan luodata kattavasti 11 metrin syvyyteen saakka. Luotaimet asetettiin siten, että niiden äänikeilat olivat hyljekarkottimien toimintasäteen sisälle. Siten voitiin tarkkailla karkottimien toimivuutta.



Kuva 1. Kaikuluotaimet asennettiin yksi salmen kummallekin rannalle, hyljekarkottimien toimintasäteen sisälle.

Molempien saarien ranta on tasaista savipohjaa, joten luotaimet voitiin asentaa tukevasti pohjaan (**kuva 2**). Tukeva asennus on ensiarvoisen tärkeää kaikuluotaimen tuottaman kuvanlaadun kannalta. Vähänkin heiluva luotan tuottaa epätarkkaa kaikuaineistoa, josta kaikujen mittausta tarkasti on mahdotonta. Veden virtaus oli alueella vähäistä, eikä aiheuttanut ongelmia luotaimen kuvanlaatuun. Kummankaan saarien rannalla ei ole vedessä esteitä kaikuluotainpulssien edessä, joten kuvasta saatiin hyvänlaatuista.

Seuranta-asetelma

Kaikuluotausseuranta aloitettiin lokakuun kuudes päivä ja lopetettiin joulukuun seitsemäs päivä. Aineistoa kerättiin kahdella luotaimella molempien saarien rannalta vuorokauden ympäri. Aineistoa kertyi kahdella luotaimella yhteensä 124 vuorokautta. Kaikuluotaimet asetettiin luotaamaan siten, että aloittivat luotauksen 10 metrin etäisyydeltä rannasta. Luotaimilla pystytettiin luotaamaan noin 90 metrin etäisyyteen saakka.



Kuva 2. ARIS-kaikuluotaimet olivat kiinnitettyinä rakennustelineistä valmistettuihin helposti vedessä siirrettäviin telineisiin. Telineiden jaloissa oli korkeudensäätö, joiden avulla luotaimet voitiin asettaa suoraan epätasaisellakin pohjalla. Telineissä luotaimen kulmaa ja suuntausta sekä korkeutta voitiin säätää.

TUTKIMUSLAITE ARIS EXPLORER 1200

ARIS (Adaptive Imaging Sonar) luotaimen toiminta perustuu ultraääniaalto-pulssien lähetykseen vedessä. Ääniaallot kulkevat vedessä noin 2000 kertaa pidemmälle kuin esimerkiksi valo. Jos ääniaallon lähetyssignaali kohtaa vedessä objektin, aiheuttaa se paluusignaalin eli kaiun. Kaiku voidaan havaita ja mitata tietokoneen näytöltä valmistajan toimittamalla ohjelmalla. Luotaimen tuottama kuvanlaatu on sitä parempi, mitä lyhempää etäisyyttä luodataan.

Kaikuluotainta voidaan käyttää kahdella taajuudella: matala taajuus (LF) tai korkea taajuus (HF). Korkealla taajuudella saadaan tuotettua laadultaan parasta luotausmateriaalia, mutta tällöin pystytään luotaamaan ainoastaan 30 metriä. Matalalla taajuudella pystytään luotaamaan jopa 80 metriin saakka, mutta kuvan resoluutio on heikompaa.

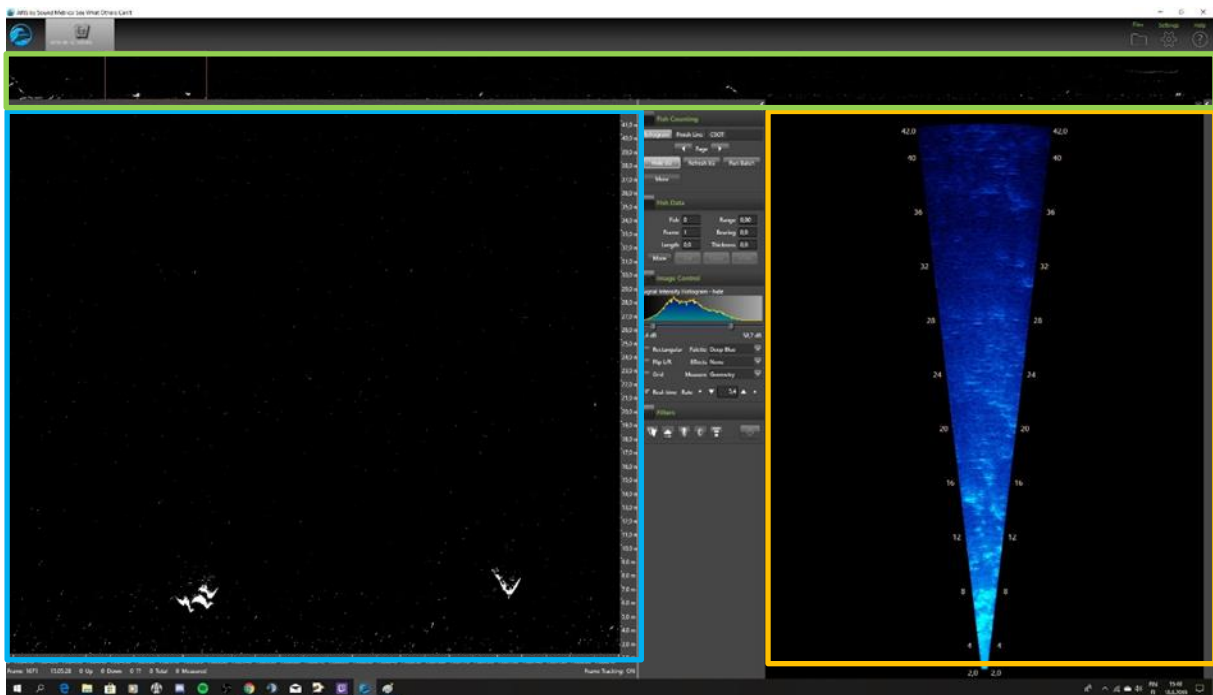
Luotain lähettää 48 rinnakkaista äänikeilaa 700 KHz taajuudella. Jokainen yksittäinen keila on jaettu 512 siivuun. Luotain muodostama kuva syntyy 48 x 512 intensiteettimatriisista. Matriisin avulla kaiun tarkka paikka saadaan mitattua analysointiohjelmalla.

Luotaimen näkökenttää voidaan säätää päälinssillä ja keskitinlinssillä. ARIS-luotaimissa päälinssinä on käytössä telefotolinssit ja keskitinlinssinä käytetään aiemmilla luotaimilleillä hyväksi havaittua 8° linssiä. Luotaimen avautumiskulmaksi muodostuu horisontaalinen 15° ja vertikaalinen 8°.

ARIS-aineiston analysointi

Kaikuluotaustutkimuksessa yleensä eniten aikaa kuluttava työ on ollut aineiston analysointi. Uuden sukupolven ARIS-aineiston "puoliautomaattinen" analysointi kuitenkin nopeuttaa analysointia. ARIS-aineiston käsittelyohjelmassa on myös sisäänrakennettu automaattinen tunnistusalgoritmi. Valitettavasti automaattinen tunnistus toimii luotettavasti vain lyhyillä ikkunapituuksilla (10–15 metriä). Pidempiä luotausikkunoita käytettäessä kuvan resoluutio heikkenee, eikä automaattinen tunnistus enää pysty erottelemaan kaikuja virtauksen aiheuttamista häiriöistä.

ARIS-aineiston analysointi tapahtuu luotaimen valmistajan kehittämällä analysointiohjelmalla (ARIS-Fish). Merkittävin parannus ohjelmassa on, että aineistoa voidaan tarkastella videokuvan ohella myös liikkumattomasta ns. echogrammista (**kuva 3**). Echogrammiin piirtyy näkyviin kaikki luotaimen keilassa liikkuvien objektien liike etäisyyden ja ajan funktiona. Kaikujen ensimmäinen havaitseminen tapahtuu echogrammista. Havaitseminen echogrammista on nopeampaa ja aineistokäsittelijän kannalta miellyttävämpää, koska kaikuja ei tarvitse etsiä ihmissilmällä suoraan raakavideomateriaalista. Echogrammista valitut kaiut voidaan mitata ohjelmassa olevalla mittaustyökalulla ja mittaukset tallentuvat automaattisesti lokitietoihin (**kuva 4**).



Kuva 3. ARIS-luotaimen tuottama aineisto avattuna käsittelyohjelmassa. ARIS-aineisto avautuu analysointiohjelmassa kolmeen eri ikkunaan. Ylhäällä olevassa ikkunassa on koko käsittelyjakson kaikujen tiivistelmä (vihreä suorakaide). Vasemmalla on kolmen minuutin jakso echogrammia (sininen suorakaide). Echogrammiin piirtyy luotaimen havaitsemien kaikujen historia (valkoiset piirtymät). Oikealla olevassa ikkunassa on luotaimen todellinen keilakuva (oranssi suorakaide). Keilakuva esittää luotaimen näkymää vedessä.

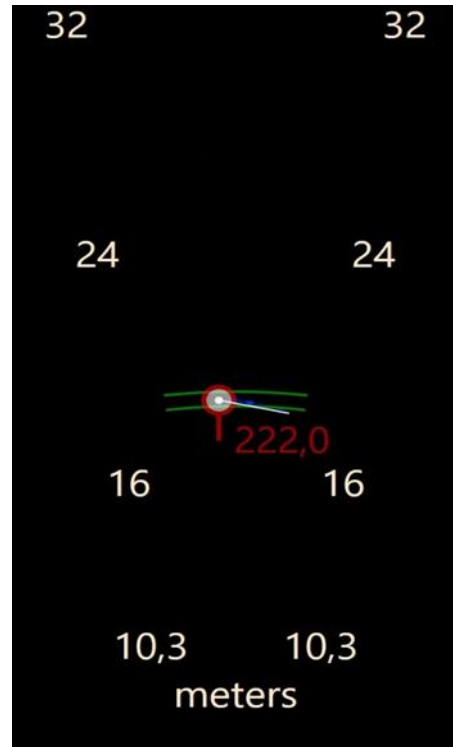
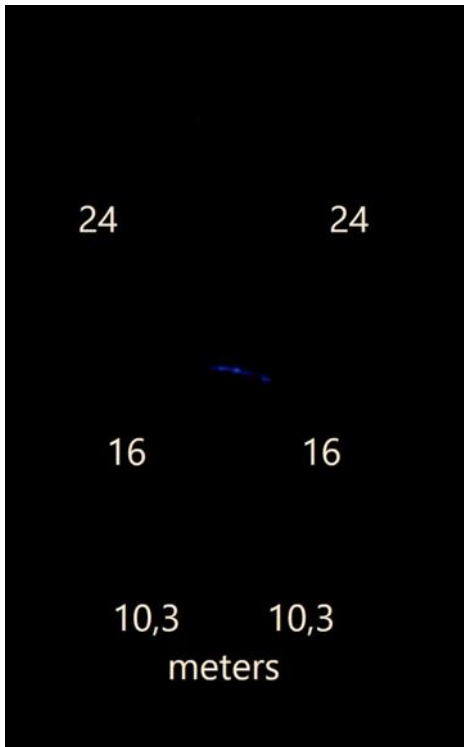
Kuva 4. Echogrammista voidaan valita haluttu kaiku ja mitata se oikealla olevasta luotaimen keilakuvasta. Kuvassa ison kalan kaiun mittausta.

Tulokset

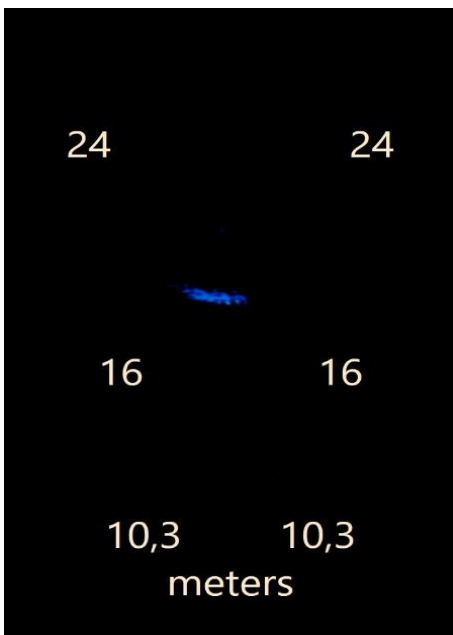
Kaikuluotaustutkimuksessa mittaustulosten tulkitseminen ja lajin määrittäminen perustuu kaikujen pituusmittaukseen. Kaikuluotaimella ei voida kaikujen perusteella suoraan erotella lajeja toisistaan. Tämä on ongelmallista vesistöissä, joissa tutkitaan kahta samankokoista lajia. Hylkeiden kohdalla tällaista ongelmaa ei ole, sillä vesistön muut lajit ovat kooltaan huomattavasti pienempiä. Harmaahylje uros voi olla 2,5–3,3 metriä ja naaras 1,6–2 metriä.

Seurantajakson aikana hylkeiden kokoluokan mittauksia tehtiin 2 kappaletta. Ensimmäinen havainto tehtiin 7.10.21 illalla klo 19:17 Ryöväriholman puoleisella luotaimella. Kaiku mitattiin 222 cm pituiseksi (**kuva 5**). Toinen havainto tehtiin 29.10.21 aamulla klo 08:31, myöskin Ryöväriholman puoleisella luotaimella. Kaiku mitattiin 220,7 cm pituiseksi (**kuva 6**). Kummatkin hyljehavainnot ohittivat luotaimen pohjoisesta etelään. Vaikkakin kaikuluotaimella ei voida nähdä itse lajia, ei alueen vesistöissä ole muita eläimiä, mitkä sopivat yli kahden metrin kokoluokkaan. Havainnot tukevat alueen kalastajien kertomuksia revityistä kalastusverkoista.

ARIS-luotaimella voidaan havaita keilassa liikkuva hylje ja arvioida sen kulkusuunta ja koko. Kohteen uintisyvyyttä sen sijaan ei voida arvioida. Huomioitavaa on, että nykyisillä tutkimuslaitteilla ei voida kattavasti tutkia näin suurta vesialuetta. Tutkimusalueesta pystyttiin kahdella luotainyksiköllä kattamaan noin puolet. Siksi onkin mahdotonta sanoa kuinka monta hyljettä alueella ui seurannan aikana. Jos ARIS-luotaimia haluttaisiin käyttää tehokkaasti hyväksi siten että kaikki salmen läpi kulkevat hylkeet rekisteröitäisiin, oleellista olisi kattaa koko salmi. Leveissä salmissa tämä edellyttäisi uudenlaista koejärjestelyä.



Kuva 5. Ryöväriholman luotain 7.10.2021. Vasemmalla hyljehavainnon kaiku pysäytettynä. Oikealla havainto mitattuna 222,0 cm.



Kuva 6. Ryöväriholman luotain 29.10.2021. Vasemmalla hyljehavainnon kaiku pysäytettynä. Oikealla havainto mitattuna 220,7 cm.

Kaikuluotausseurannan vaatimukset

Kaikuluotautustutkimuksen kannalta tutkimuspaikalla on oleellinen merkitys luotaimien tuottamalle kuvanlaadulle, luotainten kattavuudelle ja tulosten luotettavuudelle. Kaiku-
luotaukseen soveltuvan tutkimuspaikan tulisi täyttää seuraavat kriteerit:

- Mahdollisimman kapea uoma tutkittavasta vesistöstä. Mitä kapeampi uoma on, sitä lähemmäksi luotainyksiköt voidaan sijoittaa ja sitä laadukkaampaa luotausainestoa voidaan tuottaa.
- Pohjanmuodoiltaan tasaisesti syvenevä pohja. Isot syvänteet ja kuopat aiheuttavat aineistoon katveita. Myös isot kivet ja lohkat peittävät kaikukeilojen kulkemisen vedessä ja näin peittävät luotaimen näkökenttää.
- Suhteellisen tasainen virtaus. Pintavirtaukset ja ilmakuplat tuottavat kuvaan häiriötä, mikä haittaa aineiston analysointia.
- Luotauksen on oltava mahdollista kaikilla vedenkorkeuksilla.

Liite 3.

Hyljekarkotinhanke, Luonnonvarakeskus
HYDROFONIMITTAUKSIEN ANALYYSI

Jukka Pajala

2.11.2021

Tarkennuksia (RT1) 21.2.2022

1. MITTAUKSET

Mittaukset suoritti Suomen ympäristökeskus yhdessä Luonnonvarakeskuksen henkilöstön kanssa 19.10.2021. Mittaussyvyyttenä oli viisi metriä veden pinnasta.

Mittalaite (kuva 1.1.):

Loggerhead Underwater acoustic recorder
 HTI-96-min hydrophone
 Instrument LS1, ID 042332290610517
 Sample rate 44.1 kHz, gain 2.05
 Sensitivity -180.6 dBV/uPa



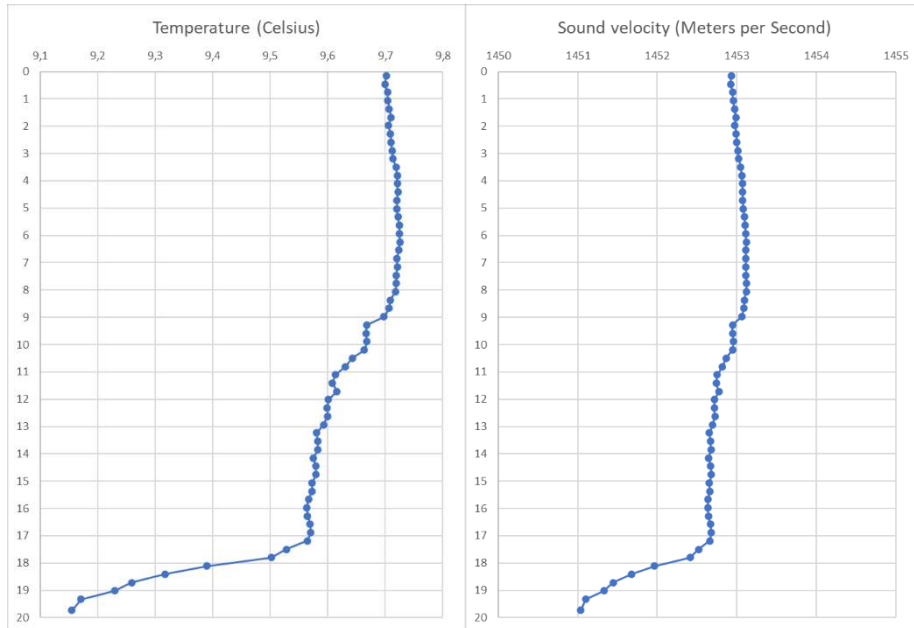
Kuva 1.1.



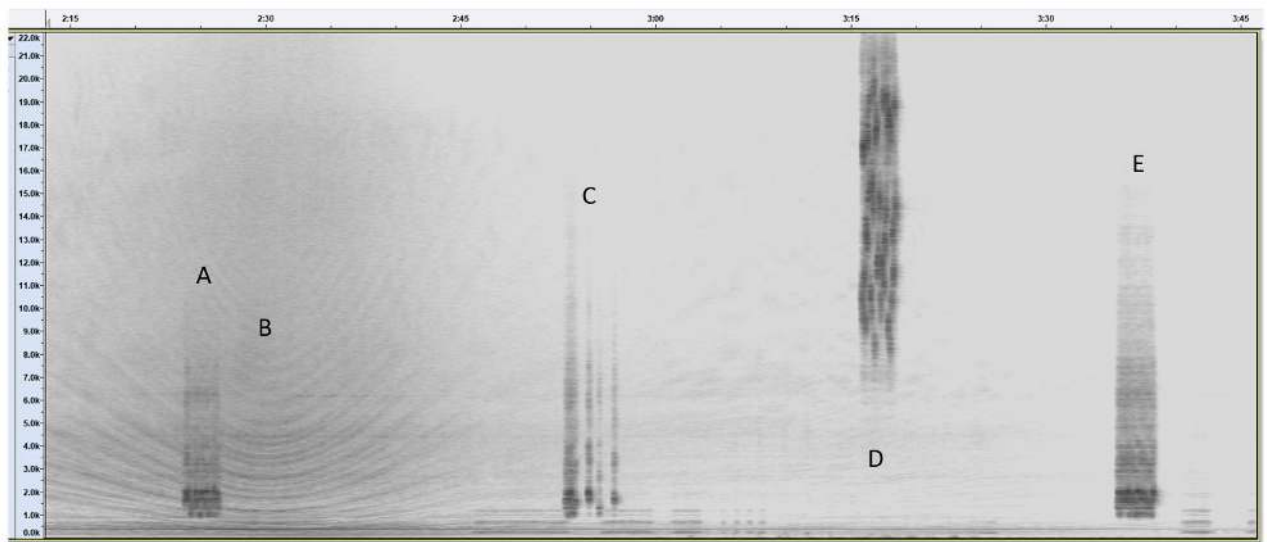
Kuva 1.2. Karkottimien paikat merkattu pystyneliöillä (RT1 - sininen ja keltainen, US3 - vihreä) ja mittauspisteet ympyröillä (Siniset ympyrät = mittauslinja 1, punaiset ympyrät = mittauslinja 2, harmaat ympyrät = mittauslinja 3).

Karkottimet olivat 6-8 metrin syvyydessä ja noin kaksi metriä pohjasta. Äänenpainetaso mitattiin kaikissa pisteissä viiden metrin syvyydessä. Veden lämpötila oli ko. alueella 9,7 astetta ja äänennopeus 1453 m/s (kuva 1.3).

Meren pohja on pehmeää savea. Sää oli mittauksien aikana tyyni.



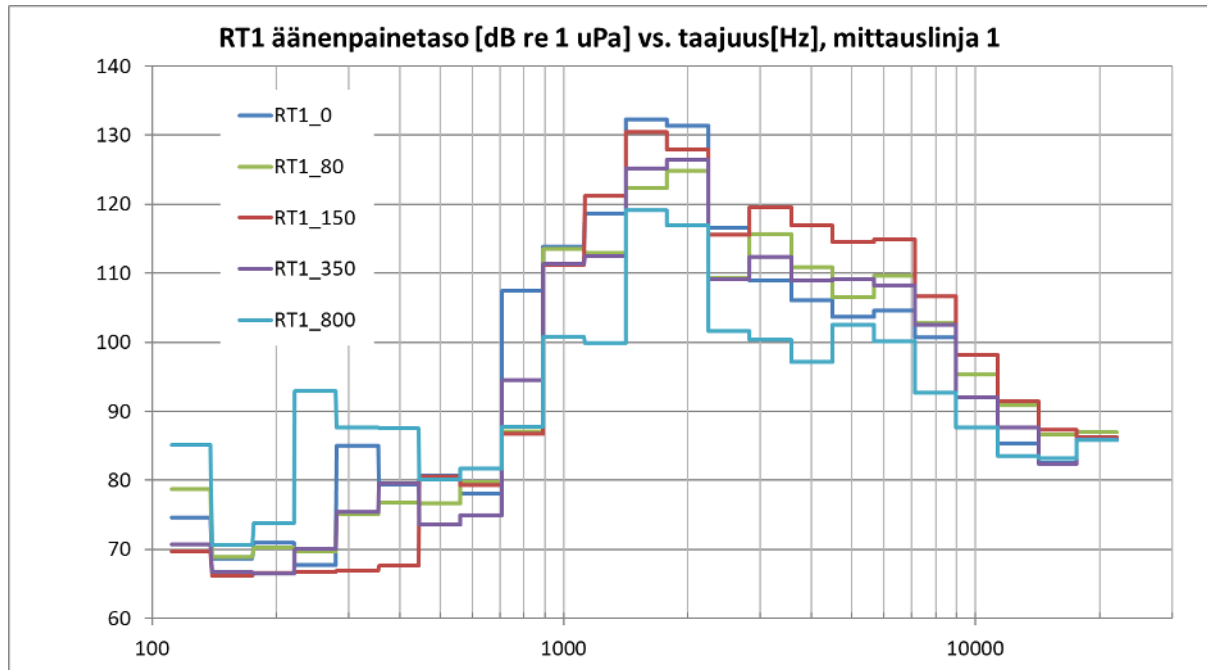
Kuva 1.3. CTD-mittaus syvimmissä pisteessä mittausalueen eteläosassa.



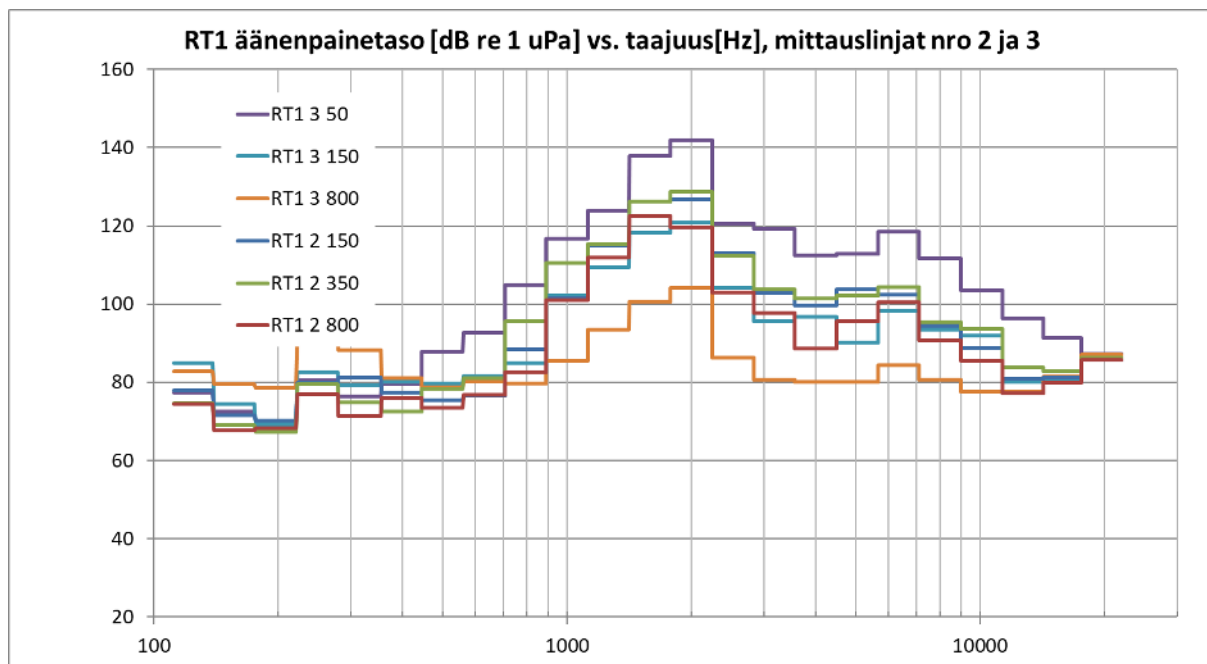
Kuva 1.4. Spectrogram-esimerkki äänistä. Vaaka-akselilla aika 90 s. Pystyakselilla taajuus 0 - 22000 Hz. A, C ja E ovat RT1 -signaaleja. D on US3-signaali. Signaalien intervalli oli epäsäännöllinen. B – ohi ajava moottorivene.

2. TULOKSET

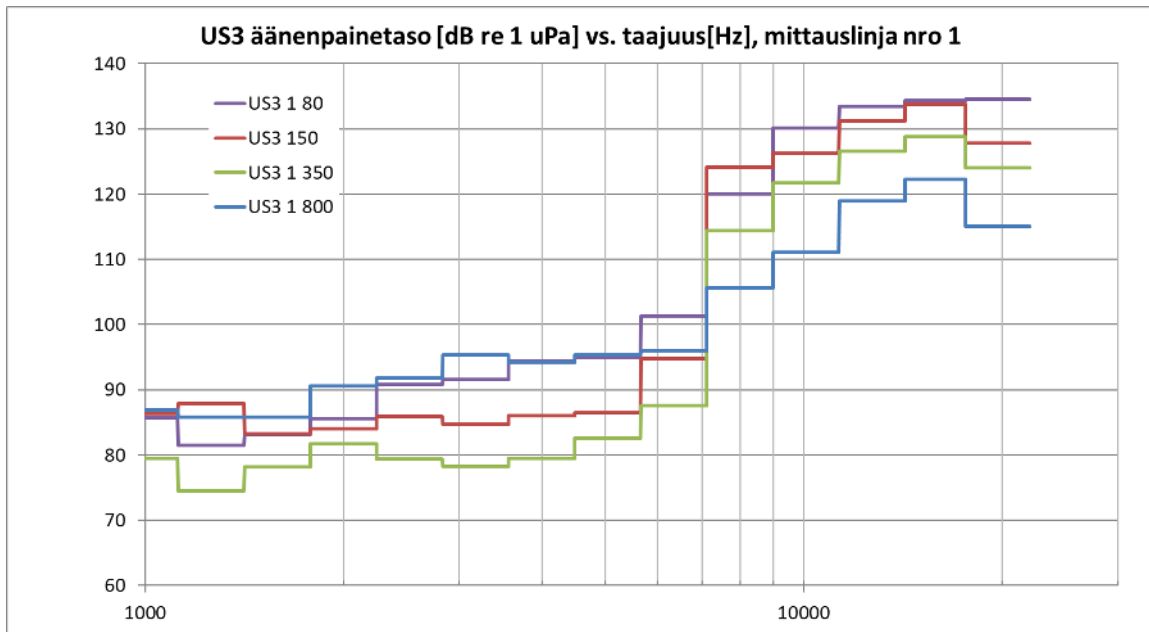
Mittaukset suoritettiin kolmea linjaa pitkin. Ensimmäinen mittaus tehtiin karkotinlinjan keskeltä etelään. Kaikki kolme karkotinta olivat toiminnassa. Kuvat 2.1, 2.3 ja 2.7. Toisessa mittauksessa alueen länsireunalla toiminnassa olivat RT1 ja US3 kuten myös kolmannessa mittauksessa alueen itäreunalla. Kuvat 2.2, 2.4, 2.5 ja 2.8. US3-tulokset kaikista kolmesta mittauslinjasta on koottu kuviin 2.6 ja 2.9.



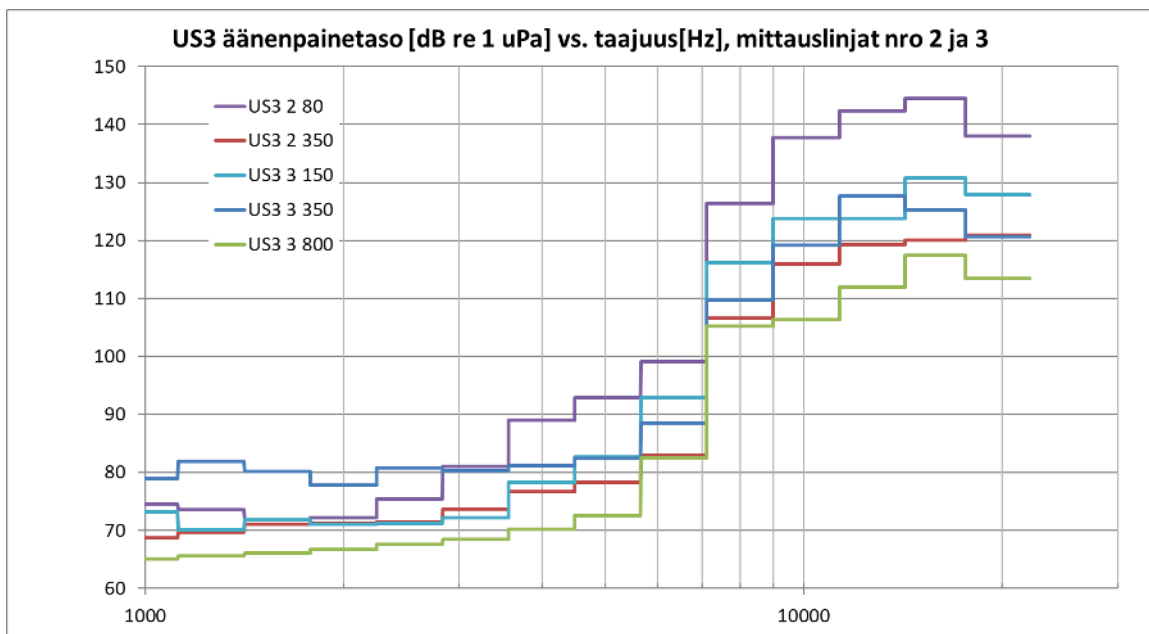
Kuva 2.1. RT1-karkottimen (2 kpl) äänenpainetasot laskettuna 1/3 oktaavikaistoille.



Kuva 2.2. RT1 karkottimen äänenpainetasot laskettuna 1/3 oktaavikaistoille.



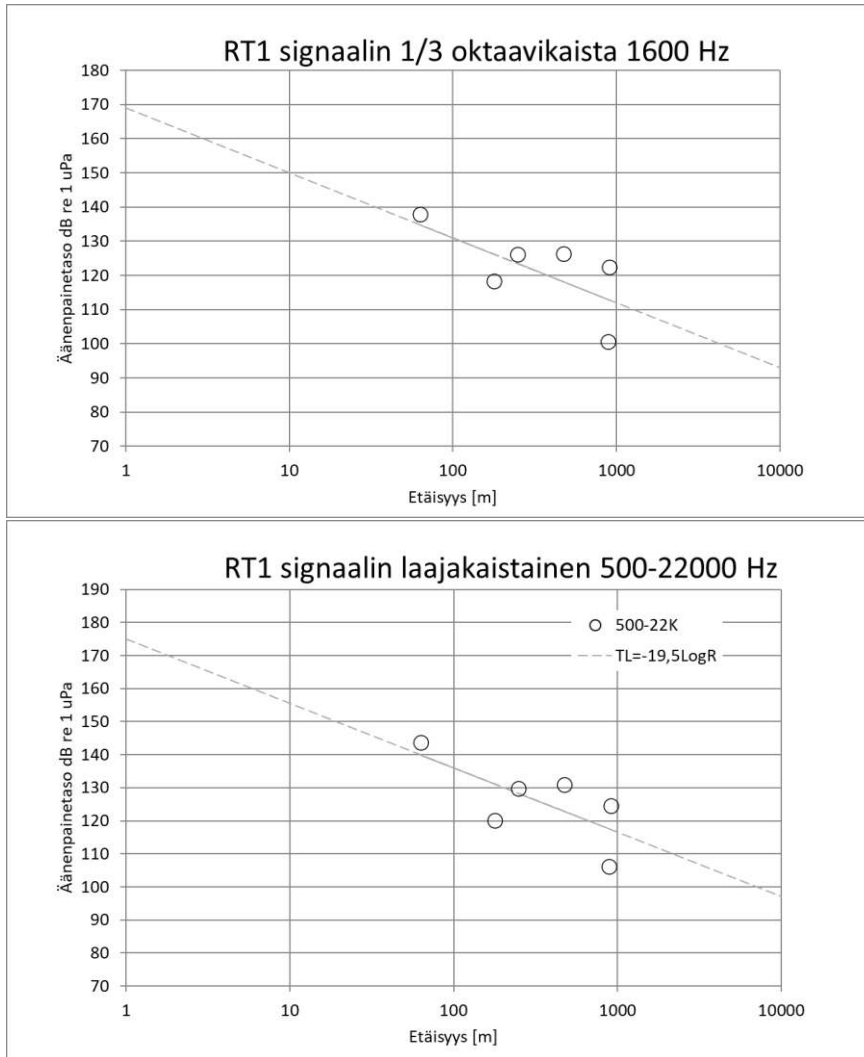
Kuva 2.3. US3 karkottimen äänenpainetasot laskettuna 1/3 oktaavikaistoille.



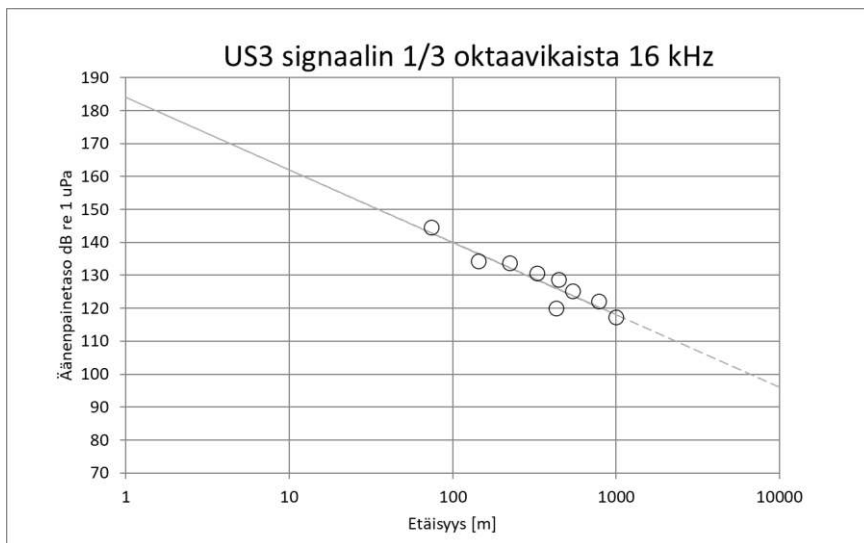
Kuva 2.4. US3 karkottimen äänenpainetasot laskettuna 1/3 oktaavikaistoille.

Mittaustulosten perusteella lasketun signaalin vaimenemisen (TL [dB]) matkan (R [m]) suhteen avulla voidaan arvioida signaalin lähtötaso ($R=1$ m) sekä millä etäisyydellä saavutetaan ko. eläimen kuulokynnys. Mitattu signaali (SE) = lähtenyt signaali (SL) - häviöt (TL).

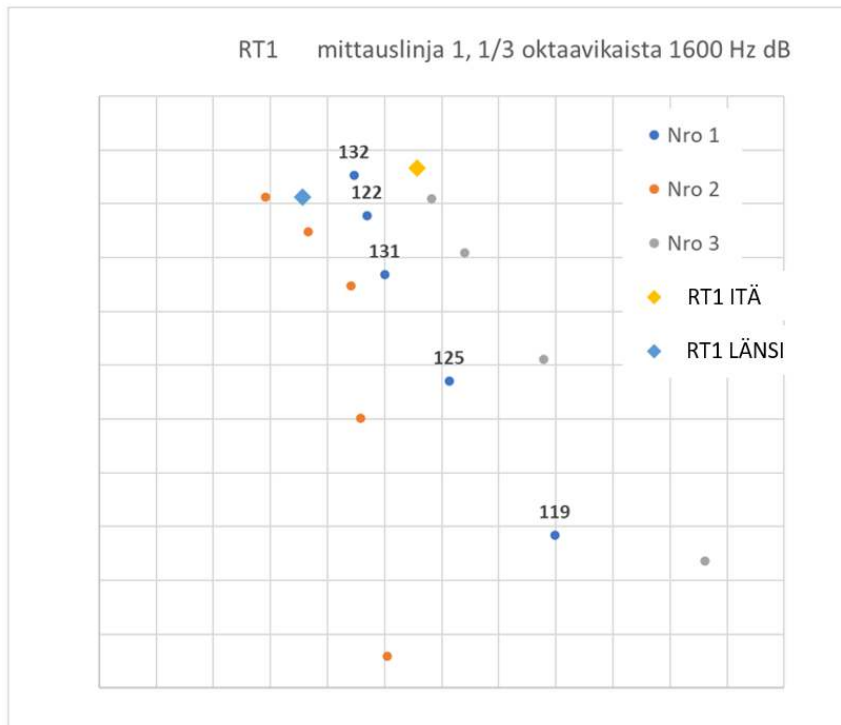
Kokeellisen häviösuhteen $TL = X \log \frac{R}{1}$ X-arvo saadaan mittausarvojen regressiota avuksi käyttäen.



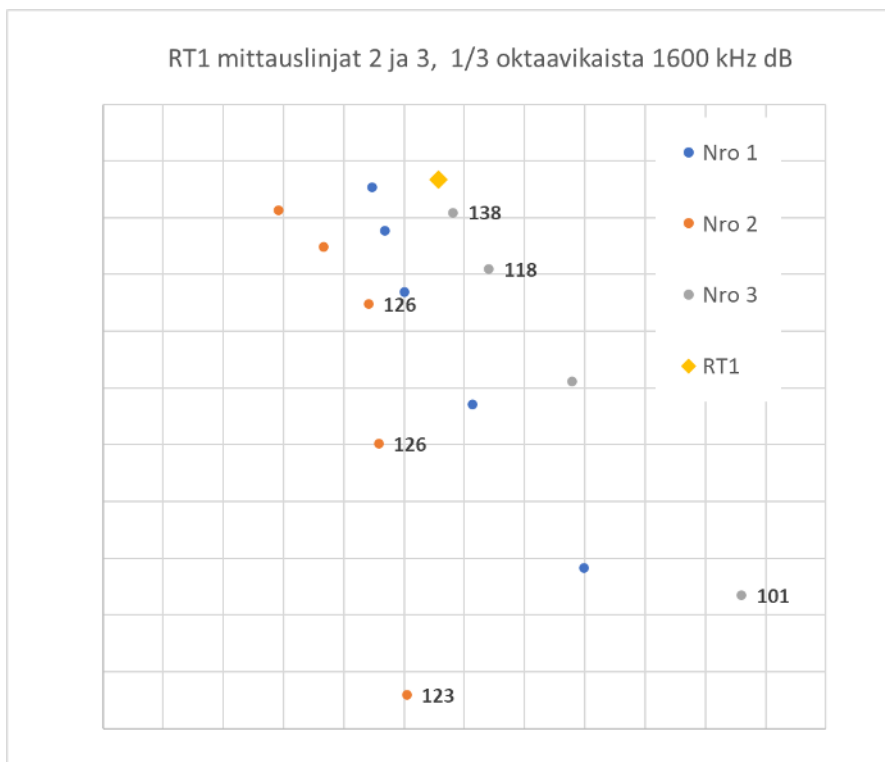
Kuva 2.5. RT1-karkottimen signaalin taso suhteessa etäisyyteen.



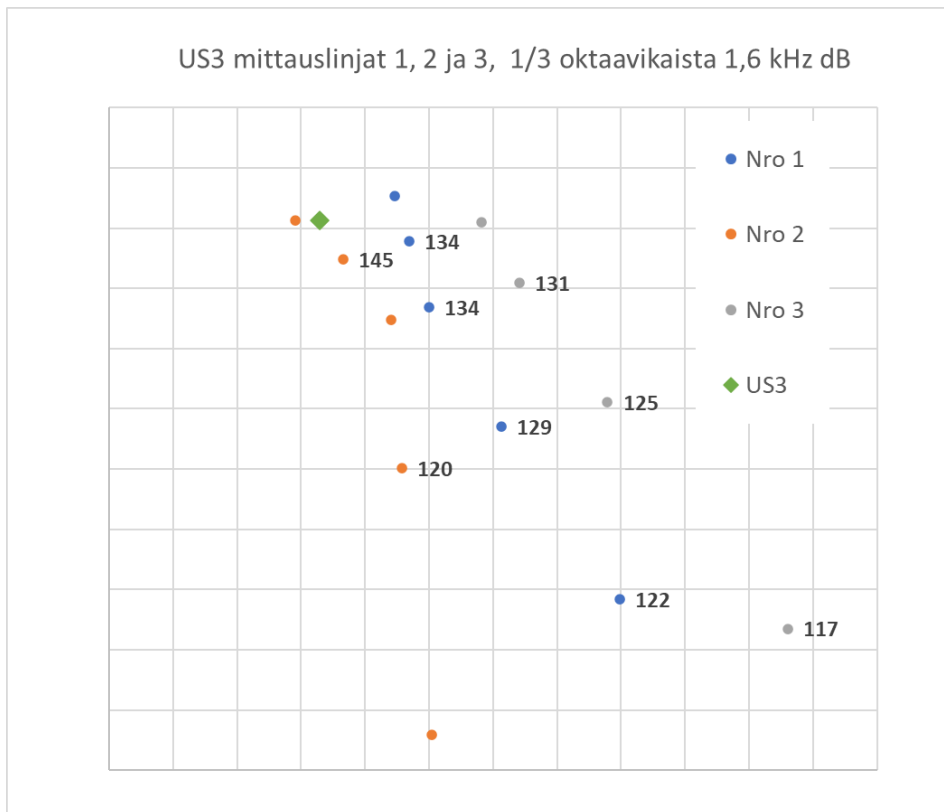
Kuva 2.6. US3-karkottimen signaalin taso suhteessa etäisyyteen.



Kuva 2.7. RT1-karkottimien äänenpainetasot – Lukuarvot annettu mittauslinjalle 1. Molemmat RT1-karkottimet olivat toiminnassa, mutta eivät yhtä aikaa.



Kuva 2.8. RT1 – Lukuarvot annettu osalle mittauslinjojen 2 ja 3 pisteille.



Kuva 2.9. US3 - Mittauslinjat 1, 2 ja 3.

3. YHTEENVETO

RT1-karkottimet vastasivat esitearvoja, mutta US3-karkottimen huipputaajuus oli esitearvoa korkeampi, 16 kHz. Korkeampi taajuus on oletettavasti harmaahylkeen kuuloalueen herkimällä alueella.

RT1-karkottimien signaalit eivät erottuneet toisistaan. Mittauksessa 1 (mittauslinja 1, kuva 2.7) molemmat olivat toiminnassa ja etäisyydet mittauspisteistä lähes samat. Mittauksissa 2 ja 3 (kuva 2.8) vain itäinen RT1 oli toiminnassa.

Karkotinsignaalien vaimeneminen oli kohtalaisen voimakasta pehmeän pohjan takia. Lähellä olevat rannat vaikuttivat myös pistearvoihin.

Saatujen tulosten perusteella US3 -karkotin on voimakkaammin harmaahyljettä karkottava korkeamman taajuuden ja korkeamman lähtötason takia. Kalastuskokemukset tarkentanevat vertailua.

Eräs ero verrattuna Naantalin ja Kotkan karkotinasennuksiin on karkottimen syvyys. RT1/US3 karkottimet ovat 6-8 metrin syvyydessä ja alle kahden metrin etäisyydellä pohjasta. Tästä voi seurata, pohjan muodosta riippuen, erilainen äänen leviämiskuvio. Kohoumat meren pohjassa estävät pohjaan asennetun karkottimen signaalin etenemistä.