

Aki Mykkänen

**VIRMUTJOEN AMPUMARADAN
PERUSTILASELVITYS**
Maaperän pilaantumisen osalta

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia

2018



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä	Tutkinto	Aika
Aki Mykkänen	Insinööri (AMK), ympäristöteknologia	Tammikuu 2018
Opinnäytetyön nimi		
Virmutjoen ampumaradan perustilaselvitys – maaperän pilaantumisen osalta		50 sivua 14 liitesivua
Toimeksiantajat		
Ruokolahden ja Imatran riistanhoitoyhdistys Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu		
Ohjaaja		
Arto Sormunen		
Tiivistelmä		
<p>Suomessa on arvioiden mukaan 2000-2500 ulkoampumarataa, joista noin 800 on vielä nykyään käytössä. Ampumaratoja on lähes jokaisessa kunnassa, ja ne mahdollistavat ampu-maharrastajien sekä metsästäjien harrastustoiminnan turvallisella ja valvotulla alueella. Ampumaratatoiminnasta syntyvien ammusjätteiden rapautuessa ympäristössä fyysikaalisten ja kemikaalisten toimintojen seurauksesta niiden sisältämät haitta-aineet pääsevät liukene-maan ja vaikuttamaan maaperään, pohjaveteen ja eliöihin. Riski ei ole kuitenkaan välitön, vaan sen vaikutuksia tapahtuu useiden vuosikymmenien aikavälillä. Tämän takia on tär-keää väliajoin selvittää, kuinka pilaantunutta ampumaratojen sekä niiden lähimaastojen maaperä on ja ovatko haitta-aineet kulkeutuneet ympäristössä.</p>		
<p>Opinnäytetyössä laadittiin perustilaselvitys maaperän pilaantumisen osalta Ruokolahden ja Imatran riistanhoitoyhdistyksen Virmutjoen ampumaradalta. Ampumaradalla on kolme käy-tössä olevaa ja yksi käytöstä poistettu luodikkorata sekä kolme haulikkorataa. Näytteitä otettiin alueen maa-aineksesta, sedimenteistä sekä vesistä. Tutkittavina aineina oli lyijy, an-timoni, kupari sekä sinkki sekä vesinäytteistä niiden pH-arvo sekä sähkönjohtokyky. Näyt-teenotto suoritettiin kahtena päivänä toukokuussa 2017, jonka jälkeen näytteet esikäsiteltiin ja analysoitiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Ympäristölaboratoriossa. Näyttei-den analyysimenetelmänä käytettiin röntgenfluoresenssiin perustuvaa kenttäanalyysointia.</p>		
<p>Tulokset osoittivat, että Virmutjoen ampumaradan ympäristön tila on hyvin tyypillinen suo-malaisille ampumaradoille. Erityisesti lyijyn pitoisuudet olivat korkeita ammusten is-keymäkohdissa luodikko- sekä haulikkoradoilla. Tuloksien mukaan ei ole viitteitä siitä, että haitta-aineet kulkeutuisivat syvemmälle maaperään, vaan ne ovat sitoutuneena taustaval-lien sekä alueen pintamaahan, erityisesti orgaaniseen ainekseen. Täten radan ympäristö-riski voidaan arvioida paikalliseksi, eikä se vaadi suuria ja välittömiä kunnostustoimenpi-teitä. Koska rata on jatkuvassa käytössä, olisi tulevaisuutta ajatellen kuitenkin suositelta-vaa, että esimerkiksi luodikkoratojen taustavalleja puhdistettaisiin ja että haulikkoratojen haulien leviämisaluetta yritettäisiin rajoittaa.</p>		
Asiasanat		
ampumarata, maaperä, näytteenotto, riskinarviointi, lyijy, raskasmetallit, XRF		

Author

Aki Mykkänen

Degree

Bachelor of Engineering, Environmental Engineering

TimeJanuary 2018

Thesis title

Virmutjoki shooting range baseline study – soil contamination

50 pages

14 pages of appendices

Commissioned byRuokolahti and Imatra hunter's association
South-Eastern Finland University of Applied Sciences

SupervisorArto Sormunen

Abstract

According to estimates, there are 2000 to 2500 outdoor shooting ranges in Finland, of which 800 are still in use. Almost every municipality has a shooting range and this allows hunters and hobbyists to shoot in a safe and supervised area. However, shooting ranges cause environmental stress to the surrounding area in the form of ammunition waste. As bullets and pellets degrade in the environment due to physical and chemical reactions, the harmful substances can dissolve and affect the soil, groundwater and organisms in a negative manner over long periods.

The purpose of this thesis was to create a baseline study on Virmutjoki shooting range owned by the hunter's association of Ruokolahti and Imatra. The range had two shotgun ranges and four rifle ranges of which one was decommissioned. Samples were taken from the area's soil, sediments and water. The observed contaminants were lead, antimony, copper and zinc as well as the pH value and electrical conductivity of the water samples. Sampling was planned and done in May of 2017, after which the samples were analyzed using x-ray fluorescence.

Based on the results, the state of the soil in Virmutjoki was very typical of the shooting ranges in Finland. Especially the lead values were high in the points in which the bullets or pellets had landed, as is to be expected. According to the results, there were no indications that the contaminants would seep deeper into the soil, but were instead bound to the berms and surface of the area, especially to the undergrowth's organic matter. Therefore, the environmental risk of the area can be assessed as being local and does not require major and immediate cleanup actions. It is however advisable to seek options for decreasing the spreading area of shotgun pellets and to regularly clean the berms of the rifle ranges to minimize the environmental risks caused by the shooting range.

Keywords

shooting range, soil, sampling, risk assessment, lead, heavy metals, XRF

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	AMPUMARADAT	2
2.1	Ampumaratojen ympäristölainsäädäntöä	3
2.1.1	Ohjearvoja pilaantuneisuuden arviointiin	5
3	AMPUMARATATOIMINNAN VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖÖN	6
3.1	Ammusjäte	6
3.1.1	Lyijy	8
3.1.2	Antimoni	10
3.1.3	Kupari	10
3.1.4	Sinkki	11
3.2	Haitta-aineiden analysointi röntgenfluoresenssilla	11
3.3	Haitta-aineiden esiintymisalueet	13
3.4	Haitta-ainepäästöjen hallinta ja vähentäminen	14
3.5	Pilaantuneiden ampumaratojen kunnostaminen	17
4	TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	20
4.1	Virnutjoen ampumarata	20
4.2	Ampumaradan laukausmäärät	22
4.2.1	Teoreettisia haitta-ainemääriä	23
4.3	Näytteenotto	24
4.3.1	Luodikkoradat	24
4.3.2	Haulikkoradat	26
4.3.3	Vesi- ja sedimenttinäytteet	28
4.4	Näytteiden analysointi	29
5	TULOKSET	31
5.1	Luodikkoradat.....	31
5.2	Haulikkoradat	33
5.3	Sedimenttinäytteet.....	35

5.4	Vesinäytteet.....	36
6	TULOSTEN TULKINTA.....	36
6.1	Luodikkoradat.....	36
6.2	Haulikkoradat	38
6.3	Sedimenttinäytteet.....	39
6.4	Vesinäytteet.....	40
6.5	Virhearviointi.....	41
7	RISKINARVIOINTI JA ARVIOT KUNNOSTAMISTARPEISTA.....	42
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	44
	LÄHTEET.....	46
	KUVALUETTELO	49
	LIITTEET	

Liite 1. Virtumäen ampumaradan asemapiirros

Liite 2. Esimerkki näytteenottopöytäkirjasta

Liite 3. Kaikki alueen näytteenottopisteet

Liite 4. Näytekäytösten koordinaatit

Liite 5. Lyijypitoisuudet luodikkoradoilla

Liite 6. Antimonipitoisuudet luodikkoradoilla

Liite 7. Kuparipitoisuudet luodikkoradoilla

Liite 8. Sinkkipitoisuudet luodikkoradoilla

Liite 9. Luodikkoratojen näytteiden kuiva-aineen ja orgaanisen aineen pitoisuudet

Liite 10. Haulikkoratojen lyijypitoisuudet

Liite 11. Haulikkoratojen antimonipitoisuudet

Liite 12. Haulikkoratojen näytteiden kuiva-aineen ja orgaanisen aineen pitoisuudet

1 JOHDANTO

Ympäristöministeriön mukaan Suomessa on nykyisin noin 800 ulkona sijaitsevaa ampumarataa, joista pääosa on metsästys-, harrastus- ja urheiluseurojen ylläpitämiä. Suomessa ampuma-aseen hallussapitolupia on noin 700 000-800 000 ihmisellä, joten ampumaradoille on tarvetta, jotta ampumaharrastus sekä taitojen kehittäminen voi tapahtua valvotulla ja sille tarkoitettulla alueella.

Valtaosa Suomen ampumaradoista on perustettu 1960—1980-luvuilla, jolloin ratoja perustettiin paljon ampumaharrastuksen kiinnostuksen kasvun myötä, mutta on myös olemassa paljon tätäkin vanhempia ratoja. Lähes jokaisessa kunnassa onkin oma ampumarata, joista pienimmillä ammutaan vain tuhat laukausta, kun taas suurimmilla jopa miljoonia laukauksia vuodessa. Suomessa on myös paljon käytöstä poistettuja ratoja, joten ratojen kokonaismääräksi arvioidaan 2000–2500 ulkoampumarataa, joista noin 800 on edelleen käytössä.

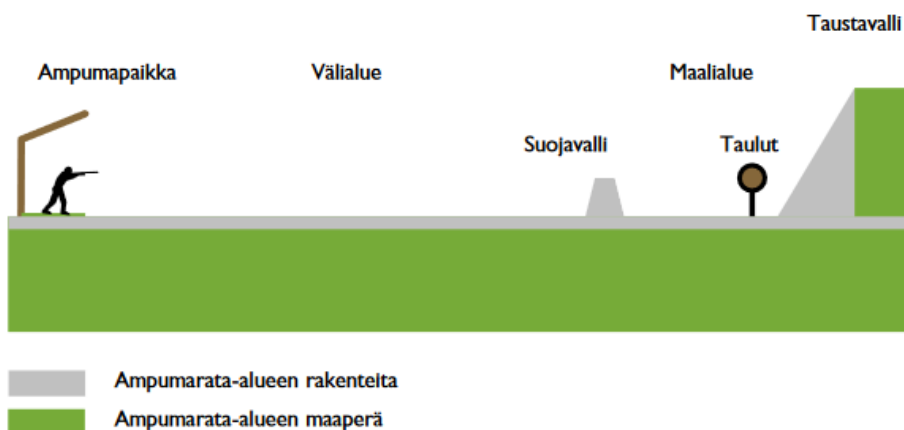
Ammusjätteiden rapautuessa ympäristössä fysikaalisten ja kemikaalisten toimintojen seurauksesta niiden sisältämät haitta-aineet pääsevät liukenemaan ja vaikuttamaan maaperään, pohjaveteen ja eliöihin. Suurin ongelma ammusjätteiden haitta-aineista on lyjy, mutta myös antimoni, kupari ja sinkki nostattavat ympäristöriskiä. Riski ei ole kuitenkaan välitön, vaan sen vaikutuksia tapahtuu useiden vuosikymmenien aikavälillä. Onkin siis tärkeää väliajoin selvittää, kuinka pilaantunutta ampumaratojen sekä niiden lähimaastojen maaperä on ja ovatko haitta-aineet kulkeutuneet ympäristössä. Tämä on kuitenkin aina ampumaratakohtaista ja tutkimuksia tehdessä jokaista aluetta tulee tarkkailla omana kohteenaan.

Tässä opinnäytetyössä tehdään perustilaselvitys Ruokalahden ja Imatran riistanhoitoyhdistyksen Virtutjoen ampumaradalle osana Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun toimeksiantotyötä, jossa tutkittiin alueen haitta-aineiden määriä, pitoisuuksia sekä kulkeutumista. Saaduista tuloksista tehtiin riskiperusteinen arvio maaperän pilaantuneisuudesta, luodikkoratojen kunnostustarpeesta sekä haulikkoammuntojen pohjavesivaikutuksista.

2 AMPUMARADAT

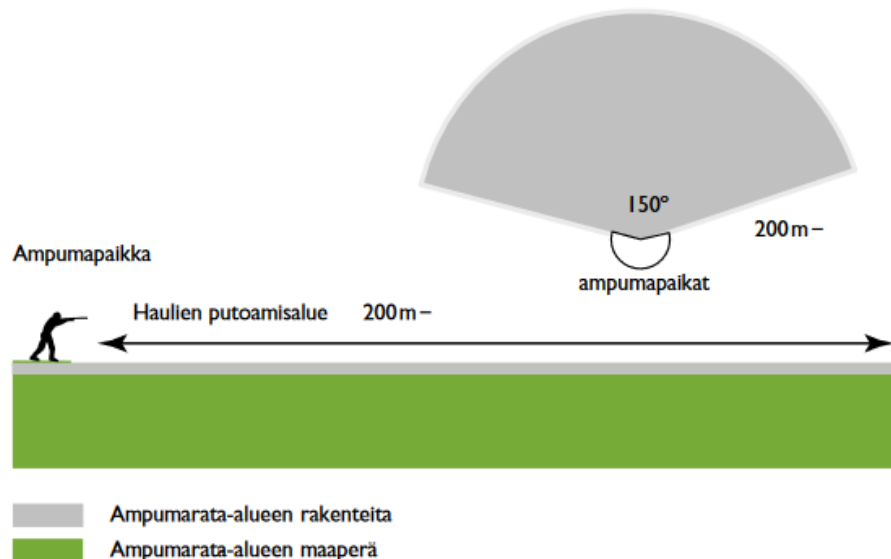
Ampumaradat Suomessa ovat ampumaratalain (763/2015) alaisia. Sen mukaan ampumarata on luvanvarainen, ulkona tai sisällä oleva alue, jossa ampuma-aseilla ammutaan maaleihin. Ampumaurheilukeskuksella taas tarkoitetaan ampumarataa, jossa on useita ampumaratalajien ratoja ja ammutaan yli 300 000 laukausta vuodessa, kun taas vähäisellä ampumaradalla tarkoitetaan ampumarataa, jolla ammutaan enintään 10 000 laukausta vuodessa (Ampumaratalaki 763/2015). Ampumaradoilla ammuttavat ampumalajit jaetaan kolmeen pääryhmään, jotka ovat haulikkolajit, kiväärilajit sekä pistoolilajit. Näistä pistooli- ja kiväärilajeissa ammutaan paikoillaan olevia tai liikkuvia tauluja luodeilla, kun taas haulikoilla ammutaan heittimistä ammuttuihin savikiekkoihin. Ratoja voidaan kuitenkin käyttää yhdelle tai useammalle lajille.

Kivääri- ja pistoolilajeja ammutaan niin sanotuilla luodikoradoilla, joiden pituudet vaihtelevat 25 metristä 500 metriin lajin vaatimusten mukaisesti. Ratojen rakenne voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen; ampumapaikat, välialue ja maalialue (kuva 1). Itse luodit kerääntyvät taulujen takana olevaan taustavalliin tai luotiloukkuihin. Suojavallin tarkoituksena on suojata esimerkiksi liikkuvien taulujen kiskojärjestelmää, kun taas sivuvallien estää harhalaukauksien pääsemistä rata-alueen ulkopuolelle. Ampumapaikka taas on yleisesti puinen katos, joka toimii lähinnä sääsuojana, mutta myös hyvin rakennettuna melunestäjänä. Kuvassa 1 merkittynä harmaalla on ampumarata-alueen rakenteita, joiden tarkoitus on estää maaperän pilaantumista, eli ammuksista syntyvien haitta-aineiden pääsemistä maaperään. (Ympäristöministeriö 2012.)



Kuva 1. Luodikkoratojen rakenne (Ympäristöministeriö 2012)

Haulikkolajeissa, kuten skeet- ja trap-ammunnoissa, ammutaan heittimistä lähteviä lentäviä kiekkoja, jotka ovat lajista riippuen sijoitettu joko maanpinnan tasoon tai torneihin. Itse ampumapaikat ovat puolikaaren muodossa ampumasektoriin päin ja niitä voi olla yhdestä kahdeksaan kappaletta. Trap-radalla ampumapaikkoja on viisi, kun taas skeet-radalla kahdeksan. Rakenteellisesti haulikkoradat voidaan jakaa kuvan 2 mukaisesti kahteen alueeseen, eli ampumapaikkoihin heittimiseen sekä maalialueeseen, jonne kiekko ja ammusjäte kertyvät. Korkean ampumakulman takia haulikkoradoilla ei kuitenkaan ole yleensä taustavallia, joten haulit levittyvät ja lentävät ampumasektorin maastoon laajalle alueelle.



Kuva 2. Haulikkoratojen rakenne (Ympäristöministeriö 2012)

2.1 Ampumaratojen ympäristölainsäädäntöä

Ampumaradoilla sovelletaan ympäristönsuojelulakia 527/2014 sekä ympäristönsuojeluasetusta 713/2014, joiden säädökset pyrkivät torjumaan ympäristön pilaamista. Ympäristönsuojelulain ensimmäisessä liitteessä määritetään, että ampumaratatoiminta on ympäristöluvan vaativaa toimintaa. Toiminannharjoittajalla on myös selvilläolovelvollisuus, eli hänen on oltava selvillä toiminnastaan aiheutuvista ympäristövaikutuksista ja -riskeistä sekä niiden hallinnasta ja vähentämismahdollisuuksista (YSL 6 §). Toiminannharjoittajalla on myös velvollisuus ehkäistä ja rajoittaa ympäristön pilaantumista, eli hänen on järjestettävä toimintansa niin, että ympäristön pilaantumista voidaan ennaltaehkäistä

tai rajoittaa niin, että ympäristöhaitta on mahdollisimman vähäistä. Toiminnassa on noudatettava jätelain 646/2011 sekä kemikaalilain 599/2013 velvollisuuksia ja periaatteita (YSL 7 §).

Ympäristönsuojelulaissa annetaan pilaamiskiellot maaperälle sekä pohjavedelle, jotka ovat olennaisia ampumaratojen toimintatyyppien kannalta. Maaperän pilaamiskiellon mukaan *maahan ei saa jättää tai päästää jätettä tai muuta ainetta taikka eliöitä tai pieneliöitä siten, että seurauksena on sellainen maaperän laadun huononeminen, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, viihtyisyyden melkoista vähentymistä tai muu niihin verrattava yleisen tai yksityisen edun loukkaus* (YSL 16 §). Näitä kuitenkin sovelletaan aina tapaus- ja käyttötarkoituksellisesti, ja ne vaikuttavat maaperän pilaantuneisuuden arvioitiin.

Koska pohjavesien pilaantumisella on potentiaalisesti suuremmat vaikutukset ympäristöön ja terveyteen, on siitä ympäristönsuojelulaissa annettu maaperän pilaamiskiellon verrattuna kattavampi määräys: *Ainetta, energiaa tai pieneliöitä ei saa panna, päästää tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsittelyä siten, että: 1) tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka pohjaveden laatu voi muutoin olennaisesti huonontua; 2) toisen kiinteistöllä olevan pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka tehdä pohjaveden kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai 3) toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua* (YSL 17 §).

Jos alueella on syytä epäillä maaperän tai pohjaveden pilaantumista, on toiminnanharjoittaja selvitysvelvollinen sekä samalla velvollinen arvioimaan alueen puhdistamistarve. Tässä on huomioitava alueen ympäristön sekä sitä pilaannuttavien aineiden ominaisuudet sekä haittatekijät (YSL 135 §). Toiminnanharjoittaja on myös puhdistusvelvollinen, mikäli hänen toiminnastaan on aiheutunut maaperän tai pohjaveden pilaantumista ja siitä aiheutuu ympäristö- tai terveysriskiä. Puhdistusvelvollisuuden myötä toiminnanharjoittajan on saatettava pilaantunut alue sellaiseen tilaan, että siitä ei aiheudu enää riskiä (YSL 133 §).

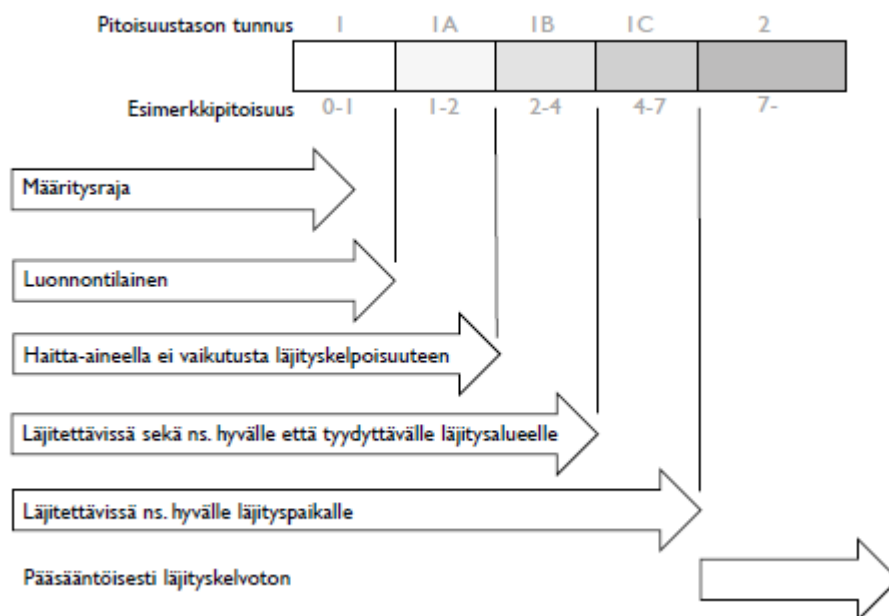
2.1.1 Ohjearvoja pilaantuneisuuden arviointiin

Valtioneuvoston asetuksen maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista eli PIMA-asetuksen mukaan arvioinnin on perustuttava arvioon maaperässä olevien haitallisten aineiden aiheuttamasta vaarasta tai haitasta terveydelle ja ympäristölle. Asetuksen liitteessä on annettu 52:lle maaperän haitallisen aineen tai aineryhmän pitoisuudelle riskiperusteiset kynnys- ja ohjearvot, joita käytetään pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin apuna. Tutkittavien aineiden ohjearvot ovat esillä taulukossa 1. Ohjearvot voivat olla joko terveys- tai ekologisten riskien perusteella (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007).

Taulukko 1. PIMA-asetuksen ohje- ja kynnysarvot tutkittavien aineiden osalta

Aine	Kynnysarvo	Alempi ohjearvo (mg/kg)	Ylempi ohjearvo (mg/kg)
Lyijy (Pb)	60	200 (t)	750 (e)
Antimoni (Sb)	2	10 (t)	50 (e)
Kupari (Cu)	100	150 (e)	200 (e)
Sinkki (Zn)	200	250 (e)	400 (e)
(t) = terveysriskien perusteella, (e)= ekologisten riskien perusteella			

Sedimenttien pilaantuneisuuden arviointiin ei voida soveltaa PIMA-asetuksen arvoja, koska haitta-aineet käyttäytyvät eri tavalla veden vaikutuksen alaisena. Tämän takia sedimenttinäytteitä verrataan Ympäristöhallinnon sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa oleviin ohjeellisiin pitoisuustasoihin (kuva 3), jotka määrittävät niiden läjityskelpoisuuden (Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015).



Kuva 3. Haitta-aineille annettujen ohjeellisten pitoisuusrajojen merkitys läjityskelpoisuuden arvioinnissa (Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015)

Pitoisuuden ohjearvot on annettu lyijylle, kuparille sekä sinkille, mutta antimonille ei ole olemassa ruoppaus- ja läjitysohjeessa omia arvoja. Pitoisuudet on väritetty niiden läjityskelpoisuuden mukaisesti parhaasta (vihreä) huonoimpaan (punainen) (taulukko 2).

Taulukko 2. Ohjeelliset läjityskelpoisuuden arvioinnissa käytettävät pitoisuustasot (Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015)

Aine	Pitoisuustaso (mg/kg)				
	1	1A	1B	1C	2
Lyijy	<40	40-80	80-100	100-200	>200
Kupari	<35	35-50	50-70	70-90	>90
Sinkki	<170	170-360	360-500		>500

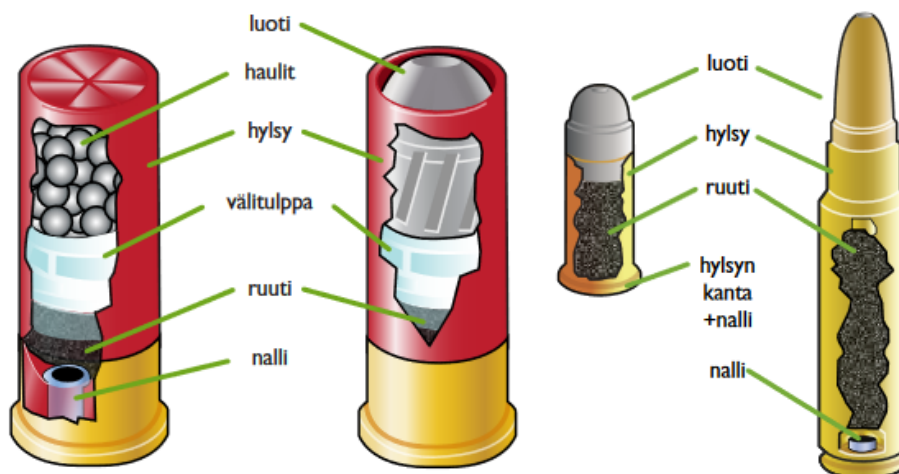
3 AMPUMARATATOIMINNAN VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖÖN

3.1 Ammusjäte

Yleisimmät haitta-aineet Suomessa käytettävissä luodeissa ovat lyijy, kupari, antimoni sekä sinkki. Käytettävät luodit voidaan jakaa neljään eri luokkaan: kokovaippaluoteihin, lyijykärki-/puolivaippaluoteihin, lyijyluoteihin sekä erikoisluoteihin. Luodeissa oleva vaippa suojaa luodin lyijy-ydintä saamasta kosketusta sitä ympäröivän maaperän kanssa, mutta esimerkiksi kohteeseen osuessaan luoti voi pirstaloitua osiksi. Tämä taas lisää luodin ominaispinta-alaa, jol-

lolin haitta-aineet pääsevät helpommin liukenemaan. Yleisesti luotien kokonaisuudesta noin 89 % on lyijyä, 9 % kuparia ja loput antimonia ja sinkkiä. Käytettävien luotien massat vaihtelevat 2,9 gramman ja 15,6 gramman välillä. Myös itse ampumatapahtumasta tulee ampumapaikalle esimerkiksi ruutipäästöjä sekä sen lisäaineita, kuten nitroglyseriiniä (Naumanen ym. 2002, 29).

Haulikoissa käytettävät patruunat muodostuvat useista hauleista (100-400 kpl), jotka poistuvat aseeseen piipusta yhtenä panoksena, mutta hajaantuvat lentomatkan aikana. Suomessa käytettävät haulit sisältävät yleensä lyijyä noin 97 %, antimonia 1–3 % sekä arseenia 0,1–0,5 %. Haulit saattavat myös sisältää pieniä määriä nikkeliä, kuparia sekä sinkkiä (Naumanen ym. 2002, 27). Haulien rakenteen takia haulikkoradoilta ei ole olennaista tarkkailla sinkki- sekä kuparipitoisuuksia. Haulikoilla voidaan ampua myös ns. täyteisiä, jotka toimivat luotien tavoin, jossa usean haulin sijasta haulikon patruuna sisältää yhden kiinteän ammuksen. Kuvassa 4 esitettynä haulikkopatruunoiden sekä luotien rakenne.



Kuva 4. Haulikkopatruunoiden (hauhi sekä täyteinen) sekä luotien rakenne (Ympäristöministeriö 2012)

Ampumaratatoiminnasta syntyvistä haitta-aineista ei aiheudu välitöntä tai lyhyemmän aikavälin ympäristöriskiä, vaan sen sijaan niiden kulkeutumista ja ympäristövaikutusta tapahtuu vuosikymmenien, jopa satojen vuosien aikavälillä. Esimerkiksi ratojen päässä oleviin taustavalleihin päätyneistä ammuksista saattaa vapautua aineita niiden altistuttaessa kemiallisille ja fysikaalisille reaktioille. Niistä taas haitta-aineet voivat kulkeutua esimerkiksi huuhtouman mu-

kana syvemmälle maakerrokseen ja jopa pohjaveteen. Tästä huolimatta suurimmat haitta-ainepitoisuudet kuitenkin esiintyvät maa-aineksen pinnassa. Aineiden vapautumiseen ja käyttäytymiseen kuitenkin vaikuttavat ympäristöolosuhteet, kuten maaperän tyyppi, pH-arvo sekä vedenläpäisevyys. Ammusten haitta-ainepäästöjä, eli rapautumista kuitenkin edistää erityisesti ympäristön happamat ja kosteat olosuhteet (Kajander & Parri 2014, 8).

Pintavesiin haitta-ainekuormituksia muodostuu erityisesti alueilla, joissa maaperän vedenläpäisy on huonoa. Tällöin sadevesi ei pääse imeytymään maaperään, jolloin haitta-aineet kerääntyvät pintavesiin. Haitta-aineita tutkiessa huomioita pitäisi eniten kiinnittää alueen ojiin, joiden kautta huuhtoumavedet kulkevat. Jos alueella on vesistöjä, jonne esimerkiksi hauleja pääsee laskeutumaan, tulisi näytteenottoa suorittaa myös sieltä. Lyijy ja nikkeli ovat suurimmat haitta-aineet pintavesille (Kajander & Parri 2014, 26).

Sedimenttinäytteenottoa on hyvä tehdä pintavesinäytteenoton lisäksi. Erityisen hyödyllistä tämä on silloin, kun on todettavissa, että haitta-aineita pääsee kulkeutumaan suoraan tai esimerkiksi huuhtoumassa liikkuvan kiintoaineen mukana alueen sedimentteihin. Tällöin alueen kokoomaojista otetaan sedimenttinäytteitä haitta-aineiden laajuuden ja toimenpidetarpeiden selvittämiseksi. Näytteet otetaan sedimentin pintakerroksesta, sekä niitä säilytetään näytteenottopusseissa tai -purkeissa (Kajander ja Parri 2014, 33).

3.1.1 Lyijy

Lyijy (Pb) on sinertävän harmaa ja pehmeä raskasmetalli, joka on järjestysluvultaan 82. alkuaine. Lyijyn tiheys on $11,34 \text{ g/cm}^3$ ja se esiintyy luonnossa hapetusasteilla 0, +2 ja +4, joista tärkein ympäristölle on lyijy-ioni Pb^{2+} (Luonnonvarakeskus 2013). Suomen maaperässä lyijyn taustapitoisuus on 17 mg/kg , mutta tämä voi vaihdella alueellisesti paljon. Lyijy ja sen kaikki yhdisteet ovat myrkyllisiä eliöille, erityisesti nisäkkäille ja vesieliöille, jota lisää lyijyn kertymisominaisuus ravintoketjussa. Lyijyn terveysvaikutukset kohdistuvat hermostoon, maksaan ja munuaisiin. Herkimmille maaperän organismeille lyijy voi aiheuttaa vaikutuksia jo $50\text{--}100 \text{ mg/kg}$ pitoisuudessa, mutta on olemassa mikrobeja, jotka ovat sopeutuneet jopa $10\,000 \text{ mg/kg}$ pitoisuuksiin. Kasveissa lyijy aiheuttaa näkyviä muutoksia $500\text{--}1000 \text{ mg/kg}$ pitoisuuksissa, mutta korkeat

maa-aineksen lyijymäärät eivät välttämättä siirry lehtiin tai kasvien hedelmiin ja marjoihin. Sienet ja esimerkiksi puolukat kuitenkin tiedettävästi keräävät itseensä pilaantuneesta maasta lyijyä, jolloin ne eivät ole enää ruokakelpoisia. (Puolustushallinnon rakennuslaitos 2005, 10-11.)

Suomessa vuonna 1990 maaperän vuosittainen lyijykuormitus on ollut 5 900 tonnia, josta noin 1 640 tonnia on syntynyt luodeista ja hauleista syntyvästä ammusjätteestä (Naumanen ym. 2002, 31). Tämä tarkoittaa sitä, että vuoden 1990 tietojen mukaan noin 28 % maaperän lyijykuormituksesta aiheutuu ampumaradoista. Ampumaratatoiminnasta syntyvistä haitta-aineista lyijy onkin merkittävin määränsä ja haitallisuutensa takia.

Maaperässä metallinen lyijy voi muuttua usealla eri tavalla, kuten hapettua liukoiseksi kahdenarvoiseksi lyijyksi, saostua niukkaliukoisina lyijy-yhdisteinä tai esimerkiksi pidättäytyä maan partikkeleihin kuten saveen tai orgaaniseen ainekseen. Maaperässä lyijy on luonnollisesti heikkoliukoisessa muodossa, mutta maan pH- arvolla on suuri vaikutus lyijyn liukoisuuteen. Kun maaperä on hapanta, liukenee esimerkiksi orgaaniseen ainekseen tai mineraaleihin absorboitunut lyijy helpommin. Tyypillisessä tilanteessa lyijy kertyykin maan pintakerroksen orgaaniseen ainekseen. Vedessä lyijyn sulfidit ja oksidit ovat myös niukkaliukoisia, mutta kloridit, nitraatit ja kloraatit ovat taas helppoliukoisia. (Naumanen ym. 2002, 34.)

Ampumaratojen tapauksessa ammusjätteen hajoamiseen vaikuttavat esimerkiksi maaperän pH-arvo, maan suotautumisnopeus sekä orgaanisen aineksen määrä. Myös happi, kosteus, humushapot, hiilidioksidi ja suolat nopeuttavat ammusten rappeutumista. Ammusten pinnan metallinen lyijy voi myös hapettua ja muuttua sekundäärimineraaleiksi, kuten hydroserusiitiksi, serussiitiksi tai anglesiitiksi. Nämä sekundäärimineraalit ovat enemmän biokertyviä kuin puhdas, metallinen lyijy. Joissakin tapauksissa lyijyn pinnalle muodostuu mineraalikerroksia, jotka toimivat kapselina, joka taas hidastaa ammusten korroosiota estämällä fysikaalisten ja kemiallisten reaktioiden vaikutusta itse lyijyyn (Naumanen ym. 2002, 34.)

Ympäristöön ammusten muodossa päässyt metallinen lyijy ensiksi hapettuu, jonka jälkeen se muuttuu lyijykarbonaateiksi ja muodostaa ammusten pinnalle

liukenemattoman hydroserusiittikerroksen. Kun metallinen lyijy pääsee kosketuksiin ilman ja veden kanssa, se hapettuu ja muodostaa lyijyoksideja. Jos maaperässä on paljon hiilidioksidia, saattaa se laskea maaperän pH-arvoa entisestään ja vahvistaa lyijyn liukenemista ja muuttumista sekundäärilyijymineeraaleiksi. Orgaanisen aineksen hajoamisprosessit sekä mikrobitoiminta myös nopeuttavat lyijyn liukenemista. Rapautuminen muuttaa lyijyä ioniseksi eli kasvattaa sen liukenemista ympäristössä, mutta tämä on riippuvaista ammusten hajonneisuudesta, maa-aineksen ominaisuuksista ja rapautumisen määrästä. (Fayiga & Saha 2016.)

3.1.2 Antimoni

Antimoni (Sb) on hopeanhohtoinen ja hauras puolimetalli, joka on järjestysluvultaan 51 alkuaine. Suomessa maaperässä antimonia esiintyy keskimäärin 0,5 mg/kg ja vesissä alle 0,1 µg/l, eli sen esiintyminen on harvinaista. Eliöille antimoni ei ole välttämätöntä ja sen myrkyllisyys on riippuvainen antimonin olomuodosta ja hapetusasteesta. Luonnossa antimoni voi esiintyä hapetusasteilla -3, +3, (+4) sekä +5, joista kolmenarvoiset ovat haitallisimpia. Happamissa olosuhteissa ja voimakkaan pelkistiminen myötä antimoni muodostaa vedyn kanssa stibiiniä (SbH₃), joka on myrkyllinen kaasumainen yhdiste, jolle altistuminen voi johtaa kuolemaan. Toksisuusarvoja vertailemalla antimoni onkin lyijyä huomattavasti vaarallisempaa eliöille. (Naumanen ym. 2002, 46-47.)

Ammuksissa antimonia käytetään kovettajana, joista se pääsee ammusjätteidensä mukana ympäristöön. Antimoni liukenee maaperässä huomattavasti lyijyä helpommin, jopa neutraalissa pH-arvossa. Antimoni sitoutuu tehokkaasti saveen, orgaaniseen ainekseen sekä rautaoksideihin, vaikkakin rautaoksidien anionit vähentävät sitoutumista antimonin hapettuessa. Koska antimoni on helppoliukoista, on se suuri ongelma pohjavesille. (Tandy ym. 2017.)

3.1.3 Kupari

Kupari (Cu) on punaruskea metalli, joka on järjestysluvultaan 29 alkuaine. Kupari on lähellä jalometalleja, kuten kultaa ja hopeaa, vaikkakin sitä ei luokitella jalometalliksi. Luonnollisesti kuparia esiintyy yhden- tai kahdenarvoisena. Kuparia käytetään paljon elektroniikassa sen sähkönjohtokyvyn takia, mutta myös putkistoissa ja tietenkin luodeissa. Suomessa kuparin keskimääräinen

pitoisuus maaperässä on 25 mg/kg ja vedessä 3 µg/l. Kupari esiintyy yleisemmin sitoutuneena tai absorboituneena orgaaniseen ainekseen tai saveen, mutta myös saostuneena muihin mineraaleihin tai liuenneena maavedessä. Kuparin esiintymismuoto riippuu useista asioista, joista tärkeimmät ovat maaperän pH-arvosta ja saveen, orgaanisen aineksen ja oksidien määrä. Kasveille ja eliöille kupari on tarvittava hivenaine, mutta liiallisissa pitoisuuksissa se on toksista. Tämä on kasveille harvinaista, mutta liiallisen kuparin esiintymisen on todettu heikentävän juuriston kasvua. Eläinten elimistöillä on mekanismeja kuparin vaikutusten vähentämiseksi ja toksisia vaikutuksia esiintyykin silloin, kun nämä mekanismit eivät toimi kunnolla. Vesieliöille kupari on kuitenkin erittäin myrkyllistä ja sen toksisuusarvot ovat niille lyijyäkin korkeammat. (Naumanen ym. 2002, 50-51.)

3.1.4 Sinkki

Sinkki (Zn) on sinertävä metalli, joka on järjestysluvultaan 30 alkuaine. Suomen maaperässä sinkin keskimääräinen pitoisuus on 70 mg/kg ja vesissä 15 µg/l. Luonnossa kahdenarvoinen sinkki muodostaa kompleksiyhdisteitä humuksen, mineraalien ja rauta-mangaani-oksihydraattien kanssa. Sinkki on helppoliukoista ja sen liukoisuus on korkea jopa silloin, kun maaperän pH-arvo on korkea, orgaanisen aineksen määrä suuri ja vahvasti pelkistävässä olosuhteissa. Vedessä ja sedimenteissä sinkki kulkeutuu orgaaniseen ainekseen tai mineraaleihin.

Sinkki on eliöille ja kasveille tarvittava hivenaine, mutta kuten kuparikin, on se liiallisissa määrissä toksista. Sen toksisuusarvo on kuitenkin matala ja sinkkipuute aiheuttaa yleisemmin ongelmia kuin sen yliannostus. Kasvien sinkin sietokyky vaihtelee paljon lajien välillä sekä maaperän ominaisuuksista ja sinkin biosaatavuudesta. Vesieliöille sinkki on yhtä vaarallista kuin lyijy, mutta muille eliöille vaarattomampaa. (Naumanen ym. 2012, 54-55.)

3.2 Haitta-aineiden analysointi röntgenfluoresenssilla

Röntgenfluoresenssi eli XRF (x-ray fluorescence) on analyysimenetelmä, jolla saadaan selville tutkittavan näytteen alkuainepitoisuuksia. Se perustuu prosessiin, jossa röntgensäteily siirtää atomien sisemmiltä elektronikuorilta elektroneja ulommille elektronikuorille. Tämän liikehdinnän yhteydessä syntyy

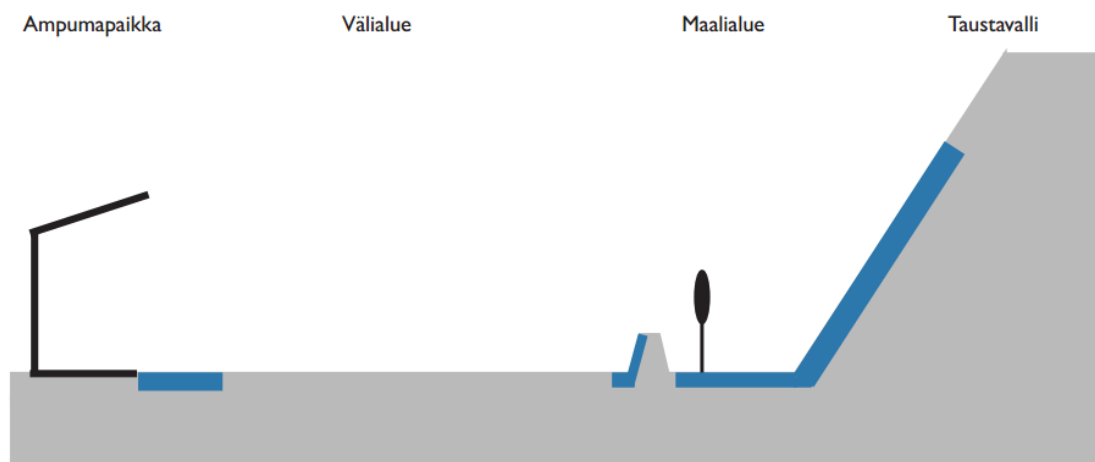
energiaa, joka on luonteenomainen jokaiselle alkuaineelle. Tämä energiamäärä voidaan taas mitata, jolloin saadaan selville kyseessä oleva alkuaine.

Energiapurkaus perustuu röntgensäteilyn ja elektroneja elektronikuorella pitävän voiman eroon. Kun röntgensäteilyn energia on suurempi kuin elektronia paikallaan pitävä voima, siirtyy elektroni toiselle elektronikuorelle samalla vapauttaen sille ominaisen energian. Tämä jokaisen alkuaineen oma, tunnusomainen energiamäärä johtuu siitä, että jokaisella alkuaineella on omat etäisyytensä, jolla elektronikuoret ovat atomista. Myös eri elektronikuorien väliset etäisyydet vaihtelevat alkuainekohtaisesti. Kun elektronit siirtyvät pois elektronikuoreltaan, tulee atomista epävakaa ja sen täytyy välittömästi korvata poistunut elektroni uudella elektronilla. Uusi elektroni voi tulla atomin kauemmilta elektronikuorilta ja täyttää sisemmältä kuorelta poistuneen elektronin paikan. Tätä kutsutaan fluoresenssiksi. Mitä kauempana elektroni on atomin yimestä, sitä suurempi sitoutumisenergia sillä on. Tämän takia elektroni menettää energiaa, kun se siirtyy kauemmalta elektronikuorelta lähemmäksi atomia. Tämä energiamäärä on yhtä suuri kuin mitä on näiden kahden elektronikuoren ero sitoutumisenergiassa. Tämä elektronin menettämä energiamäärä on se, mikä mahdollistaa röntgenfluoresenssimenetelmän. (Bruker 2017.)

Tässä työssä käytetty Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Ympäristölaboratorion Niton XL3 950 GOLDD -analysointilaitteisto toimii käyttämällä erilaisia säteilyprofilleja, joista jokainen soveltuu omalle alkuaineryhmälleen. Jos laitteella mitattaisiin kaikki mahdolliset aineet, joita se voi mitata, olisi mittausaika jokaiselle näytteelle hyvin pitkä. Tämän takia on hyödyllistä valita oikeat säteilyprofiilit, jotka tunnistavat vain tutkittavia aineita. Laitteessa on neljä erilaista säteilyprofiilia, jotka ovat main-, high-, low- ja light-range. Luotettavia mittauksia varten laitteelle on myös annettava tutkittavan näytteen tyyppi eli mittausmenetelmä. Näitä ovat esimerkiksi muovit, maalatut tuotteet, elektroniikkametallit tai maa-aines. (Thermo Fisher Scientific 2010.)

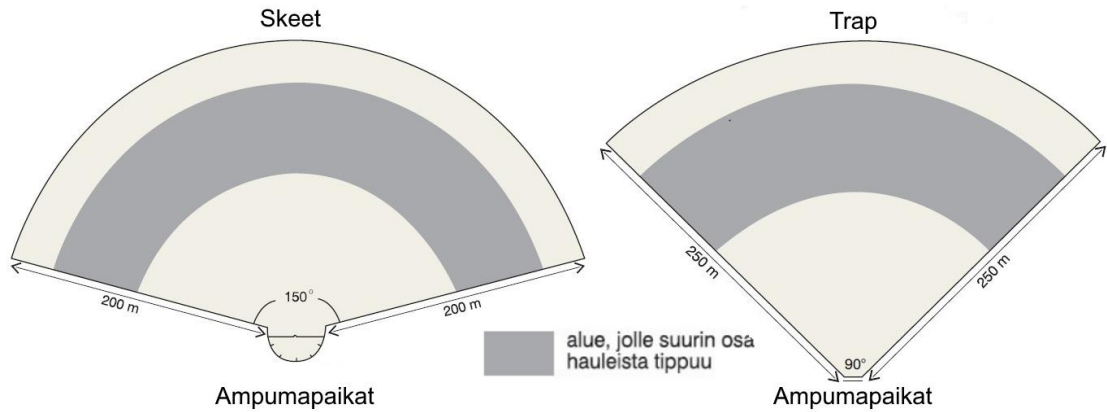
3.3 Haitta-aineiden esiintymisalueet

Luodikkoradoilla valtaosa haitta-ainekuormituksesta on luotien osumakohdassa taustavallissa sekä taulualueella ja välivallissa. Itse ampumatapahtuma luo myös haitta-aineita ampumapaikalle (kuva 5). Haitta-aineiden yleisten esiintymisalueiden mukaisesti näytteenotossa keskitytään taustavallien, välivallien, maalialueiden, ampuma-alueen sekä myös lähialueen maastoon (Kajander & Parri 2014, 27-28).



Kuva 5. Haitta-aineiden esiintymisalueet luodikkoradoilla esitettyinä sinisellä värillä (Kajander & Parri, 2014)

Koska haulikoilla ammutaan loivasti ylöspäin ampumapaikoilta, päätyvät haulit ja niistä lähtevät metallit lähes koko ampuma-alueen pintakerrokseen. Haulien potentiaalinen lentomatka on suoraan verrannollinen niiden kokoon, eli karkeasti arvioituna lentomatka on metreissa yhtä pitkä kuin haulin halkaisija millimetreinä. Sääntöjen mukaan skeet-patruunan haulien halkaisija ei saa ylittää 2,0 mm eikä trap-patruunan haulien 2,5 mm (Naumanen ym. 2002, 27). Tämän myötä voidaan arvioida haulien lentomatka skeet-radoilla noin 200 metrin päähän ja trap-radoilla noin 250 metrin päähän (kuva 6).



Kuva 6. Haulien pääasiainen putoamisalue skeet- ja trap- radoilla (Kajander & Parri, 2014)

Kuitenkin esimerkiksi harjoitusammunnoissa käytettäessä suurempia latauksia voivat lentomatkatkin kasvaa yli 300 metrin. Haulien lentomatkiaan vaikuttaa tietenkin osuma savikiekkoon tai esimerkiksi puusto, maaston korkeuden vaihtelut tai tuuliolosuhteet. (Kajander ja Parri 2014, 29). Onkin siis aina tärkeää tarkkailla jokaista haulikkorataa omana kohteenaan.

3.4 Haitta-ainepäästöjen hallinta ja vähentäminen

Ampumaradoilta syntyy väistämättä ympäristöhaittaa, mutta sen minimointi on mahdollista usein erilaisin keinoin. Ympäristön kannalta on siis parempi hallita ja vähentää aiheutuvaa riskiä kuin puhdistaa saastunut maaperä jälkeempäin. Hallinta ja vähentäminen ovat myös yksi toiminnanharjoittajan lain määräämistä velvollisuuksista.

Luodikkoradoilla tähän voidaan käyttää luotiloukkuja, joiden tarkoituksena on kerätä mahdollisimman paljon luodeista puhtaana jakeena ja täten estää haitta-aineiden kulkeutuminen ympäristöön. Tämä tarkoittaa sitä, että taustavallin sijasta luodit kertyvät tilaan, josta ne on helppo kerätä ja jossa ne eivät aiheuta haittaa ympäristölle. Luotiloukku voi toimia väliaineen avulla, joka hidastaa luotien energian tai kulmassa olevien metallilevyjen, joilla luodit ohjataan keräystilaan. On myös olemassa näiden kahden menetelmän yhdistelmiä. Luotiloukut vaativat silti kuitenkin vielä taakse rakenteita, jotka estävät esimerkiksi harhalaukausten vaaraa. Luotiloukut ovat siis toimiva ratkaisu haitta-ainepäästöjen hallintaan luodikkoradoilla, jotka mahdollistavat helpon luotien keräämisen. Niiden haittapuolina on kuitenkin huoltotarve, mahdollinen kimmokevaara sekä perinteistä hiekasta rakennettua taustavallia kalliimmat kustannukset. (Kajander & Parri 2014, 41-53.)

Koska haitta-aineet pääsevät kulkeutumaan ympäristöön veden avulla, on esimerkiksi taustavallin kattaminen toimiva keino ympäristöriskin vähentämiseksi. Yksinkertaisella kattorakenteella saadaan aikaiseksi se, ettei sadevesi pääse suoraan kosketuksiin vallirakenteiden kanssa, jolloin veden aiheuttama eroosio vähenee sekä samalla haitta-aineiden kulkeutuminen. Tämä kuitenkin kuivattaa vallirakenteita samalla lisäten sen pölyämistä ja täten altistusriskiä esimerkiksi hengityksen kautta. Vallien alle voidaan myös rakentaa tiivistysrakenteita, kuten betonilaatta tai vedenpitävä kalvo, jonka tarkoituksena on estää veden ja sitä kautta haitta-aineiden suora imeytyminen vallin alla olevaan maaperään. Tätä kutsutaan hiekkaloukukseksi. Rakenteen päälle kertynyt vesi salaojitetaan, jolloin se voidaan tarvittaessa talteenottaa ja käsitellä siitä mahdolliset haitta-aineet pois. Hiekkaloukkujen avulla vesiin aiheutuvaa haitta-ainekuormitusta saadaan vähettyä tehokkaasti. (Kajander & Parri 2014, 54-56.)

Haulikkoratojen haitta-ainepäästöjen hallinta on luodikkoratoja vaikeampaa ja kalliimpaa haulien suuren leviämisalueen takia. Käytännössä hallintaa voidaan tehdä rajaamalla ammusjätteellä kuormittuva alue pienemmäksi esimerkiksi maaston muotoiluilla tai rakenteilla, jotka estävät haulien leviämistä. Itse haulikkoratojen haitta-aine kuormituksen määrää nämä keinot eivät pienennä, mutta ne rajaavat sen pienemmälle alueelle, josta ne ovat tarvittaessa helpompi ja kustannustehokkaampi puhdistaa.

Yksinkertaisuudessaan maaston muotoilu tarkoittaa taustavallin rakentamista haulikkoradalle. Suomessa sekä ympäri maailmaa tätä on käytetty useilla eri ampumaradoilla. Vallin on oltava riittävän korkea, jotta haulit eivät pääse lentämään sen yli, sekä useassa tapauksessa se on pinnoitettu esimerkiksi muovilla, joka mahdollistaa haulien keräämisen vallin pohjalta sekä estää haulien uppoutumisen valliin. Ongelmana maaston muotoilussa on kuitenkin se, että sen rakentaminen vaatii massiiviset määrät maa-ainesta sekä tietenkin vaadittavat raivaustyöt sen sijoituskohtalle. Tämän takia se ei ole realistinen hallintakeino pienille ampumaradoille (Kajander & Parri 2014, 61-65). Vallien sijasta hallintaa voidaan myös tehdä rakentamalla ampumasektorille verkkoja ja seinämiä, joiden toimintaperiaate on sama. Näiden kuitenkin pitää olla riittävän suuria ja riittävällä korkeudella, jotta haulien pysähtyminen onnistuu. Rakenteiden pysäytystehokkuutta voidaan kuitenkin tehostaa asentamalla useita jär-

jestelmiä peräkkäin. Nämä rakenteet kuitenkin kuluvat haulien iskeytyessä niihin sekä ovat alttiita kaatumaan suurien tuulien myötä. On myös olemassa liikutettavia, kiskoilla olevia verhojärjestelmiä, mutta niiden kustannukset ovat huomattavasti korkeammat (Kim & Lewis 2006). Kuvassa 7 on näkyvillä esimerkki verhojärjestelmästä.



Kuva 7. Haulien pysäyttämistä varten rakennettu verhojärjestelmä (Kim & Lewis 2006)

Haulikkoradoilta syntyvien haitta-aineiden kulkeutumista voidaan myös estää maan pinnoittamisella, joka estää veden ja siihen liuenneiden haitta-aineiden pääsemisen syvemmälle maaperään ja samalla mahdollistaa haulien helpon keräämisen. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi asfalttia. Suomessa ei kuitenkaan tiedossa ampumarataa, jossa tätä keinoa olisi käytetty haulikkoradoilla haitta-ainekuormituksen vähentämiseen, mutta se myös vaatii pinnoitteen päälle kertyvän veden ohjausta. Haittapuolena pinnoituksessa on sen suuret kustannukset sekä se, että puuston ja maaston muotojen poistuessa ampu-
matoiminnasta syntyvä meluhaitta kasvaa (Kajander & Parri 2011, 65-66). Ampumaratojen haitta-ainepäästöjen hallinta on siis mahdollista, mutta yleisesti ottaen se on hyvin kallista. Monet menetelmistä tuovat jo yksinään helppo-

tuksia ympäristölle, mutta niitä voidaan tietenkin myös käyttää yhdessä keskenään. Ideaalitulanteessa kaikki ammusjätteet saataisiin kerättyä pois, ennen kuin ne pääsevät aiheuttamaan minkäänlaista riskiä ympäristölle.

3.5 Pilaantuneiden ampumaratojen kunnostaminen

Maa-aineksen puhdistaminen tulee tarpeelliseksi silloin, kun alueelle suunnitellaan uutta käyttöä tai maaperän saastumisen todetaan olevan välitön riski esimerkiksi pohjavedelle tai asukkaille. Jos riski todetaan, voi ympäristökeskus jätelain nojalla velvoittaa saastuttajan puhdistamisvelvollisuuteen, eli kunnostustoimenpiteisiin (Mroueh ym. 1996, 100). Kuten kaikki pilaantuneiden maiden kunnostaminen, vaatii myös ampumaratojen kunnostaminen maa-aineksen kaivamista, lajittelemista, varastointia ja kuljetuksia. Puhdistaminen vaatii paljon suunnittelua ja ennen sitä on tiedettävä haitta-aineiden ja maa-aineksen ominaisuuksia sekä yleisesti ympäristön olosuhteista. Pahimmassa tapauksessa väärin kaivetusta maa-aineksesta saattaa vapautua siihen sitoutuneita haitta-aineita, joka taas edistää niiden kulkeutumista ympäristöön. Tämän takia itse kaivamista varten onkin huomioitava maa-aineksen kaivattavuus, pohjaveden tiedot, alueen rakennukset ja kaivussyvyys. Haitta-aineita löytyy yleensä useissa eri muodoissa, aina liukoisina vedessä höyryyn pohjaveden yläpuolella. Itse puhdistustöiden, kuten näytteenotonkin aikana on myös tietenkin huolehdittava myös työturvallisuudesta (Sarkkila ym. 2004, 59).

Mikäli näytteenotolla todetaan, että ampumarata-alueen maaperä on pilaantunut ja siitä voi aiheutua ympäristö- tai terveyshaittaa, toimitaan aiheuttaja maksaa- periaatteella. Tämä kattaa pilaantuneisuuden selvittämisen, puhdistamisen ja siitä syntyvän jätteen käsittelyn sekä puhdistustoimien jälkeisen jälkiseurannan. Tämä prosessi toimii ympäristönsuojelulain mukaisesti. Ampumaratatilanteissa vastuussa yleensä on ampumaradan omistaja, vaikkakin itse radan käyttäjät aiheuttavat pilaantumisen. Heitä kuitenkin ei voi määrätä kunnostusvastuuseen, ellei alue ole ollut kuin muutaman ampujan käytössä (Naumanen ym. 2002, 128). Virtutjoen tapauksessa vastuussa on itse riistanhoitoyhdistys.

Yleisesti Suomessa pilaantuneet maa alueet kaivetaan pois, jonka jälkeen ne joko loppusijoitetaan kaatopaikoille tai välivarastoidaan. Syynä tähän on se, että se on kustannuksiltaan ja varmuudeltaan paras vaihtoehto. Vaihtoehtoisia puhdistusmenetelmiä on useita, mutta niiden kustannukset voivat olla pelkkään siirtämiseen verrattuna moninkertaiset sekä niiden toimivuudesta ei ole välttämättä varmaa tietoa (Naumanen ym. 2002, 130). Yleistavoitteena kuitenkin on poistaa saastuneisuuden ympäristölle aiheuttama vaara tai vähentää sen vaikutuksia. Tämä toteutetaan ensisijaisesti menetelmillä, joissa haitta-aineet poistetaan maa-aineksesta tai sidotaan ja eristetään ne niin, etteivät ne pääse liikkumaan ympäristöön (Mroueh ym. 1996, 101). Tilanteen salliessa ympäristöä voidaan myös puhdistaa imuroimalla ammusjätteet pois. Tämä on kuitenkin mahdollista vain, jos esimerkiksi hauleja on kallion tai muun kiinteän pohjan päällä (Naumanen ym. 2002, 133).

Eristäminen on puhdistusmenetelmä, jossa haitta-aineiden leviämistä ja kulkeutumista estetään. Sitä voidaan tehdä itse saastumisalueella suoraan maa-ainekseen in situ -tilassa tai maa-ainesta voidaan kaivaa ja siirtää, jossa se eristetään loppusijoituspaikassa (ex situ). Eristäminen ei siis poista itse haitta-aineita maa-aineksesta ja tämän takia eristyksen vaurioitumisen myötä se voi aiheuttaa uudelleen riskiä ympäristölle. Menetelmä perustuu siihen, että haitta-aineiden reagointi fysikaalisiin ja kemikaalisiin reaktioihin estetään, jolloin ne eivät pääse kosketuksiin vesien ja eliöiden kanssa. Koska ampumaraatojen puhdistaminen tarkoittaa yleensä laaja-alaista puhdistustyötä, on eristäminen kustannuksiltaan verrattuna muihin menetelmiin ollut suosittu (Naumanen ym. 2002, 130).

Haitta-aineet voidaan myös poistaa maa-aineksesta. Tähän käytettäviä menetelmiä ovat esimerkiksi seulonta ja märkäerotusmenetelmät. Seulonnassa maa-aineksen erikokoiset jakeet saadaan erotettua toisistaan. Pienimpiä ja liuenneita haitta-aineita ei saada eroteltua seulomalla, mutta luodikoratojen hiekkavalleista luotien erotteluun se soveltuu hyvin. Kun suurimmat haitta-ainemäärät poistuvat maa-aineksesta luotien myötä, pienenee samalla pitkäaikainen ympäristökuormitus. Märkäerotuksessa maa-ainesta pestään, jolloin haitta-aineet saadaan erotettua puhtaasta maa-aineksesta. Tämä erotus perustuu eroihin raekoissa, aineiden laskeutumisnopeudessa nesteessä sekä niiden pintaominaisuuksissa. Märkäerotus ei kuitenkaan sovellu siltti-, savi- tai

turvemaille niiden hienojakoisuuden takia. Tämä yleensä estää sen käytön ampumaratatilanteissa, joissa haitta-aineet ovat juurikin sitoutuneet saveen tai orgaaniseen ainekseen (Naumanen ym. 2002, 130-131). Haitta-aineiden poistaminen maa-aineksesta mahdollistaa myös niiden jatkokäyttämisen, eli esimerkiksi taustavallista poistetut luodit voidaan sulattaa ja käyttää uudelleen raaka-aineina.

Maa-aines voidaan myös stabiloida, eli haitta-aineiden liikkuminen estetään sitomalla ne paikalleen. Stabiloinnissa maan ja haitta-aineiden ominaisuuksia pyritään muuttamaan, eli estämään esimerkiksi liukoisuutta, liikkuvuutta ja kosketusta eroosioon. Yleisemmin Suomessa tähän käytetään betonointia, mutta myös kalkkia, ferrosulfaattia ja bitumia myös käytetään stabilointiin. Betonoinnissa maahan lisätään vettä, sementtiä ja sideaineita, jonka jälkeen se levitetään ohuina kerroksina ja tiivistetään paikalleen. Stabilointi soveltuu lähinnä vain mineraalimaille, eikä esimerkiksi korkea orgaanisaineisiin humusmaihin (Naumanen ym. 2002, 131-132). Koreassa on viime vuosina tehty tutkimusta, jossa kananmunankuorta käytetään lyijyllä pilaantuneen maan stabiloimiseen. Tutkimuskohteina oli normaali kananmunankuori sekä hehkuttamalla esikäsitelty kananmunankuori, joista hehkutetun todettiin olevan normaalia munankuorta tehokkaampaa stabilointiaineena. Tutkimuksessa selvisi, että sen avulla lyijyn pinnalle saadaan aikaiseksi kalsiumsilikaattihydraattikerros, joka kapseloi lyijyn sisäänsä. Tämän lisäksi kananmunankuoren kalsium nostattaa maaperän pH-arvoa samalla myös estäen haitta-aineiden liukene- mistä. (Ahmad ym. 2014.)

Polttaminen on puhdistusmenetelmä, jossa yli 700 °C lämpötilassa maa-aineksesta haihdutetaan vesi ja poltetaan valtaosa orgaanisesta aineksesta, samalla höyrystäen tai hajottaen osan metalleista. Polttamista tehdään yleensä kaksivaiheisena, jossa ensimmäisessä haitta-aineet poistetaan maa-aineksesta lämmön avulla ja toisessa ne tuhotaan syntyneistä kaasuista erillisellä jälkipoltolla. Poltto soveltuu monille erilaisille maalajeille riippumatta niiden hienoaines- ja humuspitoisuudesta. Ampumaratatilanteissa polttaminen soveltuu hyvin lyijyllä pilaantuneen humusmaan puhdistamiseen, vaikkakin ongelmia saattaa tuottaa se, että lyijy jää polttokammioon sulana sekä osa höyrystyy savukaasujen mukana. Tämän takia pölynerotuksen on oltava tehokasta ja

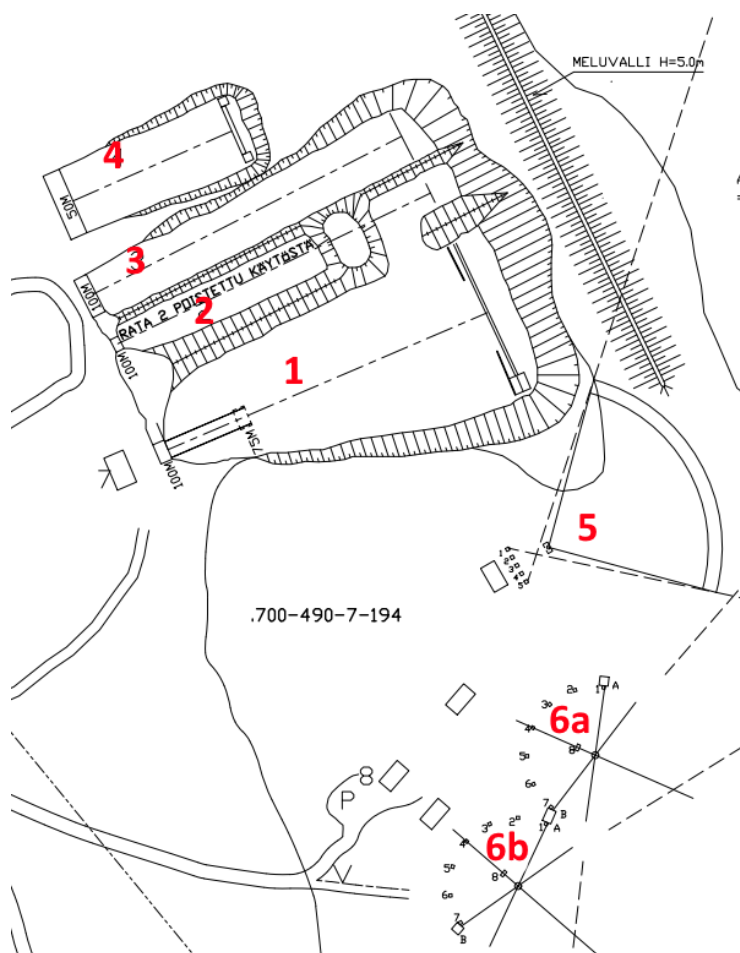
syntynyt tuhka on jatkokäsiteltävä huolellisesti. Verrattuna muihin puhdistuskeinoihin on polttaminen kuitenkin huomattavasti kalliimpaa, joka rajoittaa sen käyttöä (Naumanen ym. 2002, 132).

Oli kyseessä mikä tahansa puhdistusmenetelmä, on puhdistusvelvollinen vastuussa sen soveltuvuudesta sekä laadunvarmistuksesta. Puhdistustoimilla pitää saavuttaa tila, jossa ympäristölle tai terveydelle aiheudu enää haittaa maaperän pilaantumisesta. Pelkkä puhdistaminen ei siis riitä, vaan sen lisäksi tarvitaan myös varmistua käytettyjen menetelmien toimivuudesta, kuten liukoisuuden ja liikkuvuuden estymisestä tai haitta-ainepitoisuuksien vähenemisestä. (Mroueh ym. 1996). Laadunvarmistus ja lopputulosten toimivuus ovat siis tärkeä osa pilaantuneiden maiden puhdistamista. Puhdistamisesta ei ole hyötyä, jos se ei saavuta tavoitettaan.

4 TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

4.1 Virmutjoen ampumarata

Virmutjoen ampumarata on Ruokolahden ja Imatran riistanhoitoyhdistyksen ylläpitämä ampumarata. Ampumaradalla suoritetaan lähinnä harjoittelu- sekä kilpailutoimintaan liittyviä ammuntoja, mutta myös metsästyslakiin liittyviä ampumakokeita. Alueen tarkempi asemapiirros on esillä liitteessä 1. Nykyään ampumarata (kuva 8) koostuu 100 metrin hirviradasta (piste 1), 100 metrin luodikkoradasta (piste 3), 50 metrin pienoiskivääriradasta (piste 4), trap-radasta (piste 5) sekä kahdesta skeet-radasta (pisteet 6a ja 6b). Radalta on poistettu vuonna 2017 käytöstä 100 metrin seisovan hirven rata (piste 2).



Kuva 8. Ampumaradan ampumapaikat numeroituna (Virmutjoen ampumaradan asemapiirros)

Ampumaratatoiminta alueella on alkanut vuonna 1966, jolloin Kymen lääninhallitus on antanut 9.3.1966 ampumaradasta rakentamispäätöksen. Ampumarataa on vuonna 1976 laajennettu luodikko ja haulikkoradoilla sekä vuonna 1995 Kymen lääninhallitus on uusinnut päätöksen antaen radan käytölle erikoisehdot (Virmutjoen ampumaradan ympäristölupahakemus ja päätös 2008). Luodikkoratojen taustavalleista on seulomalla poistettu ammusjätettä 1970–1980-luvulla ja vuonna 2003 hirviradan taustavallista on siirretty ja läjitetty nykyään käytöstä poistetun seisovan hirven radalle (Imatran seudun ympäristötoimi 2017).

Ampumarata-alueen läheisyydessä ei ole suojelukohteita eikä tunnettuja pohjavesialueita tai vedenottoja. Pintavesi alueelta poistuu imeytymällä, eikä se pääse esimerkiksi huuhtoutumaan lähialueen pintavesiin. Imeytymisen taakia haitta-aineet saattavat päästä kuitenkin syvemmälle maaperään. Lähimmät asuinrakennuksen sijaitsevat koillisessa noin 390 metrin päässä sekä lännessä noin 470 metrin päässä (Virmutjoen ampumaradan ympäristölupahakemus ja päätös 2008).

Maaperä ampumarata-alueella on sora- ja hiekkaperäistä ja kasvillisuus pääasiassa havumetsää. Trap-radalla ampumasektorin etureuna on kivennäismaata, jonka päällä kasvaa heinikkoa. Tästä eteenpäin maasto muodostuu avokalliosta, jonka takana maasto laskeutuu pois päin ampumapaikoilta. Skeet-ratojen etuosa on myös kivennäismaata, mutta jo hyvin lähellä ampumapaikkoja maasto on hyvin soista. Molemmilla haulikkoradoilla ampuma-alueista noin 50-100 metrin päässä on metsittynyttä taimikkoa, jonka jälkeen alkaa itse havumetsä. Metsä on alueella havupuuvoittoista sekä korkeuseroja on paljon lähimaastossa. Ampumaradan koillispuolella, noin 250 metrin päässä on kostea suoalue. Vuonna 2017 alueen lähimaastossa on useita metsähakkuualueita.

Luodikoradoilta jätteenä syntyvät hylsytyt kerätään ampumakopeissa sijaitseviin astioihin. Osa niistä menee metallinkeräykseen, ja osa panostetaan uudelleen käyttöön. Haulikkoradoilta syntyvät hylsytyt kerätään jätelavalle, josta ne toimitetaan Kukkuroinmäen jätekeskukseen. Muut alueella syntyvät jätteet, kuten taulukehikot, pahviset taulut ja muovijätteet kerätään talteen ja kuljetetaan Etelä-Karjalan jätehuollon toimipisteisiin (Imatran seudun ympäristötoimi 2017). Vuonna 2008 tehdyn ympäristölupahakemuksen mukaan ampumaradan toiminnasta ei ole haittaa naapureille. Lähimmät ympärivuotiset asuinrakennukset sijaitsevat 400–700 metrin päässä ampumarata-alueelta (Litmanen 2015).

4.2 Ampumaradan laukausmäärät

Ruokolahden ja Imatran riistanhoitoyhdistyksen ampumapäiväkirjojen vuosilta 2008-2016 mukaan ampumaradalla on ollut laukauksia ratakohtaisesti taulukon 3 mukaisesti. Taulukkoon on laskettu kaikki laukaukset, mitä ampumaratapäiväkirjat pitivät sisällään, sekä ratojen vuosittaisten laukausmäärien keskiarvot. Hirviradan päiväkirjasta oli vuodelta 2014 hävinnyt 1.1–24.2.2014 välisen ajan ampumatiedot, kun taas pienoiskivääriradalta 2010, 2011 sekä 2012 vuosilta valtaosa ampumatiedoista oli hävinnyt. Pienoiskivääriradalta ei myöskään ollut vuoden 2014 touko- sekä kesäkuun päiväkirjoja. Päiväkirjojen häviämistä ei ole tiedossa.

Taulukko 3. Ratojen laukauserä määrät vuosina 2008–2016

Rata	Laukausten määrä 2008-2016	Vuosittainen keskiarvo
Haulikko (skeet ja trap)	713 212	79 246
Hirvirata	77 839	9 730
Luodikkorata	133 421	14 825
Pienoiskiväärirata	94 518	18 904
Yhteensä	1 018 990	122 704

4.2.1 Teoreettisia haitta-ainemääriä

Koska luodikkoradoilla tehtävissä ammunnoissa käytetään monia erilaisia ammuskaliipereja ja -malleja, sekä penkkoja kunnostetaan ja siivotaan, on ennakkotiedoista vaikea lähteä laskemaan teoreettisia haitta-ainepitoisuuksia, mutta haulikkoradoilla tämä on kuitenkin mahdollista.

Suomen ampumaurheiluliiton mukaan kilpailussa suurin sallittu haulilatauksen paino ei saa ylittää 24,0 grammaa (+0,5 toleranssi), sekä haulien halkaisija ei saa olla suurempi kuin 2,6 mm. Haulien pitää myös olla lyijystä, lyijyseoksesta tai muusta kansainvälisen ampumaurheiluliiton hyväksymästä aineesta valmistettuja (Suomen ampumaurheiluliitto 2017). Nämä kuitenkin pätevät vain pelkästään kisojen aikana, joten radoilla on todennäköisesti myös ammuttu esimerkiksi harjoituslaukauksia kisamääräysten ylittämällä latauksilla.

Olettaen, että kaikki haulikkoradoilla vuosien 2008 ja 2016 välillä ammutut laukaukset olisivat suurinta kisoissa sallittua haulilatausta (24 g) sekä että ne kaikki olisivat valmistettu lyijystä, olisi ammunnoissa käytetty tällä ajalla noin *17 000 kiloa lyijyhauleja*, jotka ovat päätyneet lähialueen maastoon. Pitää kuitenkin huomioida, että kaikki ammutut laukaukset eivät sisällä samaa latausta, kaikki ammunat eivät ole kisa-ammuntoja, eikä välttämättä aivan jokaista laukausta ole tilastoitu. Myöskään kaikki ammutut haulit eivät ole valmistettu lyijystä tai sisältävät lyijyn lisäksi muitakin aineita. Kuitenkin ottaen huomioon sen, että ampumaradalla on ollut haulikkoammuntaa vuodesta 1976 lähtien, on odotettavissa, että ampumaradalla ja sen lähimaastossa on kymmeniä, ellei satoja tonneja hauleja.

4.3 Näytteenotto

Näytteenoton suunnittelu aloitettiin välittömästi opinnäytetyön aloittamisen myötä 3.5.2017. Suunnittelu perustui aikaisempiin tutkimuksiin, ympäristöluopiin sekä Maanmittauslaitoksen karttatietoihin. Näytteenottoa varten tehtiin tutkimussuunnitelma, sekä erillinen näytteenottosuunnitelma, jossa käytiin yksityiskohtaisesti läpi kentällä tapahtuvat asiat, sekä suunniteltiin kaikki mahdolliset näytteenottopisteet, jotka pystyttiin etukäteen tekemään. Itse näytteenotto tapahtui 22-23.5.2017, joista ensimmäisenä kerättiin valtaosa haulikkoratojen näytteistä. Toisena päivänä kerättiin loput haulikkoratojen näytteistä, sekä kaikki loput näytteet. Lämpötila näytteenottopäivinä oli 16-24 °C sekä sää oli aurinkoista tai puolipilvistä. Toisen näytteenottopäivän loppuhetkillä alkoi myös vesisade, mutta tällä ei ollut vaikutusta tuloksiin.

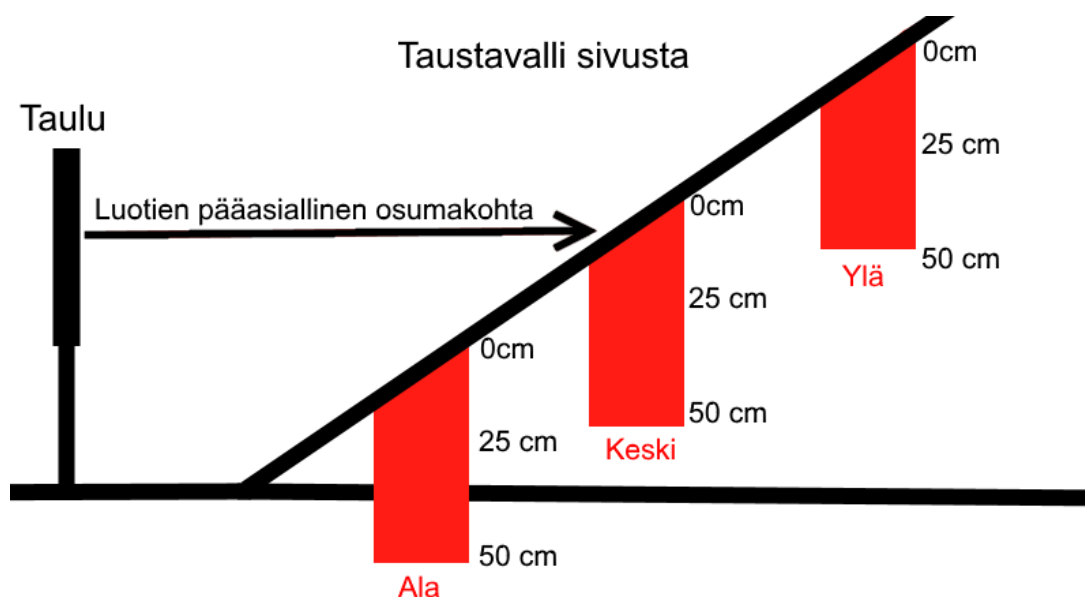
Tutkimuksessa näytteitä merkitään etuliittein sekä numeroin. Etuliitteet näytteille ovat; maanäyte=M, vesinäyte=V, sedimenttinäyte=S. Luodikkoradoista käytetään seuraavia lyhenteitä. Hirvirata = HI, seisovan hirven rata (käytöstä poistettu) = SE, luodikkorata = LU sekä pienoiskiväärirata = PI. Näiden perään lisätään myös näytteen syvyys.

Näytteenottoa varten tehtiin myös näytteenottopöytäkirjat (esimerkki liitteessä 2), joihin merkittiin näytteenottopisteiltä olennaisia tietoja, kuten huomioita maaperästä ja kasvillisuudesta, tarkemmat GPS-koordinaatit (liite 4) sekä muuta huomioitavaa ympäristöstä ja näytteenotosta. Näytteenotto onnistui hyvin ja kaikki halutut näytteet saatiin kerättyä. Maanäytteitä alueelta syntyi yhteensä 204 kappaletta, joista 120 oli haulikkoradoilta ja 84 luodikkoradoilta. Sedimenttinäytteitä kerättiin 14 kappaletta ja vesinäytteitä 12 kappaletta. Liitteessä 3 näkyvillä kaikki näytteenottopisteet, sekä kohta, josta otettiin haulikko-, vesi- ja sedimenttiverrokinäyte.

4.3.1 Luodikkoradat

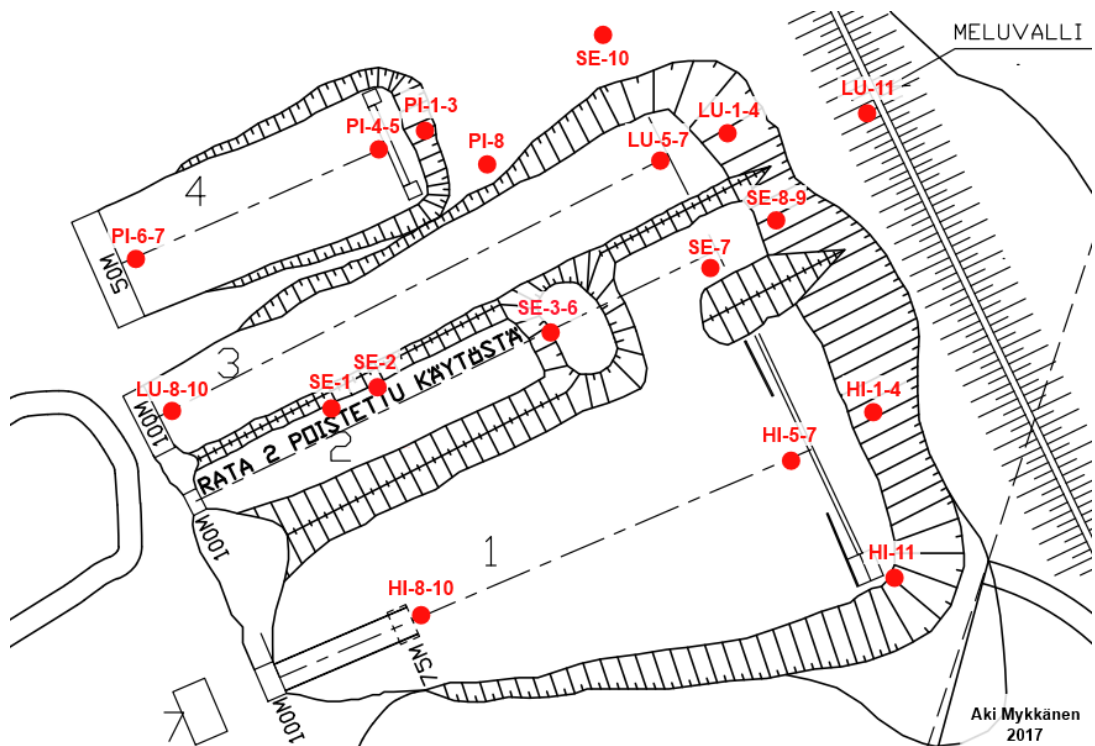
Luodikkoratojen näytteenotto suoritettiin lähinnä ampumataulujen takana olevista taustavalleista. Keskimmäisenä näytteenottopisteenä on luotien pääasiallinen iskeytymiskohta, eli taulun taka-ala. Lisäksi näytteitä otettiin myös linjassa keskikohdan ylä- sekä alapuolelta, eli kolmen pisteen linjassa (kuva 9). Yhden taustavallin näytteenottokohdan eri syvyyksien näytteet yhdistettiin

kentällä kokoomanäytteeksi, eli yhden linjan sisältä näytettä syntyi jokaiselta syvyydeltä 150 millilitraa. Itse näytteenotto tapahtui kaivamalla valleihiin lapiolla ylhäältä päin noin 50 senttimetrin syvyyteen, josta näytettä otettiin kuopan reunoilta näytteenottimella 50 millilitran dekanterilasiin. Näytteenottosyvyydet olivat 0 cm, 25 cm ja 50 cm. Näytteenotto aloitettiin alimmasta näytteenottokohdasta, jottei keski- sekä yläkohtien pintamaa sekoittuisi turhaan.



Kuva 9. Yhden linjan näytteenottokohdat taustavallin sivusta kuvattuna

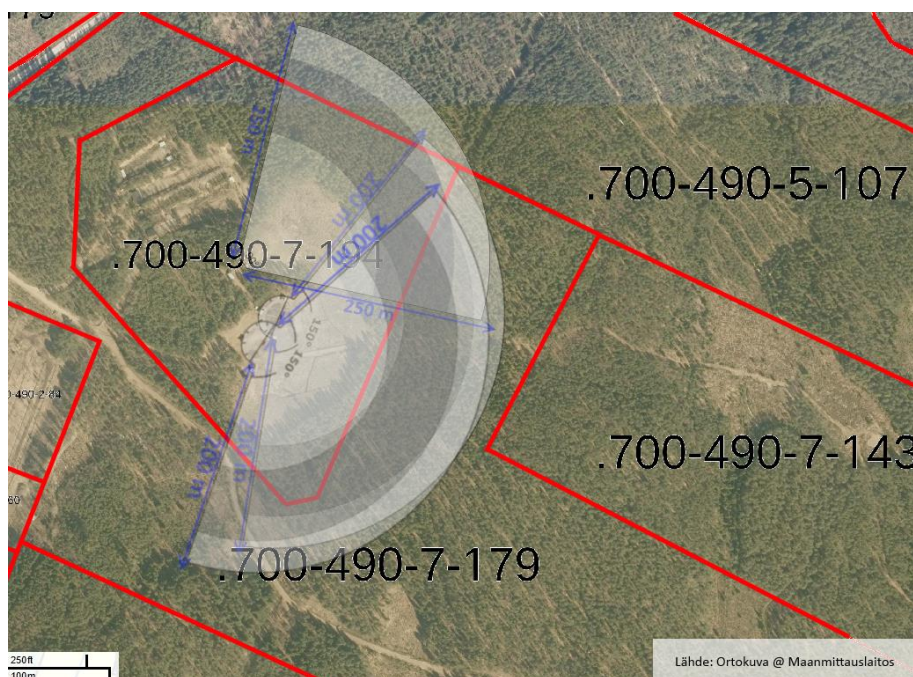
Lisäksi pintamaanäytteitä otettiin jokaisen luodikkoradan ampumapaikkojen edestä sekä myös välivalleista. Jokaiselta radalta otettiin myös oma verrokkinäyte, paitsi käytöstä poistetulta seisovan hirven radalta, jota ei nähty tarpeelliseksi, koska radalla ei oltu useampaan vuoteen ammuttu laukauksia. Verrokkinäytteet otettiin ratojen välittömästä läheisyydestä alueilta, joissa maa-aines on samaa kuin radoilla ja jonne ampumaradan luodit eivät kantaudu. Radan henkilökunnan pyynnöstä näytteitä myös otettiin pisteestä SE-10, joka on vanha vallirakenteiden maa-aineksen läjityspaikka. Kaikille näytteenottopisteille määritettiin koordinaattitiedot (kuva 10).



Kuva 10. Luodikkoratojen näytteenottopisteet

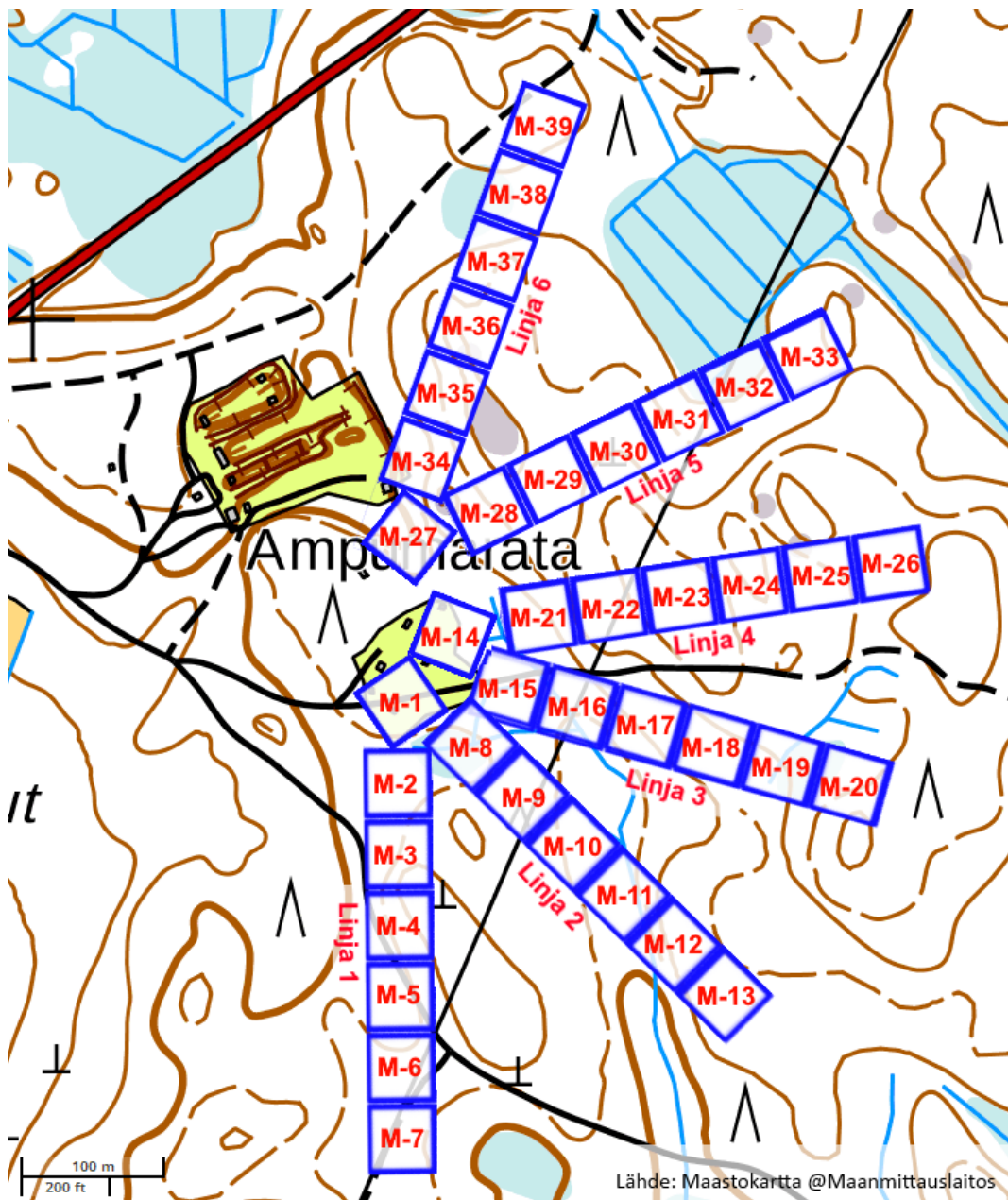
4.3.2 Haulikkoradat

Haulikkoradoilta määritettiin haulien teoreettiset putoamisalueet, joiden perusteella voitiin arvioida tutkittavan alueen laajuus ja määrittää näytteenottopisteiden sijainnit. Samalla selvisi myös, että ampumasektorit ulottuvat itse ampumaradan tontin ulkopuolelle (kuva 11).



Kuva 11. Haulien teoreettiset putoamisalueet ilmakuvassa. Kuvassa näkyvillä myös alueen tonttijako.

Virmutjoella trap- ja skeet-ratojen ampumasektorit muodostavat noin 180 asteen kulman, jonka keskikohdilla ratojen sektorit kohtaavat. Perinteisemmän ruudukkonäytteenoton sijasta alueelta suoritettiin linjanäytteenotto, eli ampumasektoreille määritettiin kuusi näytteenottolinjaa. Jokainen linjoista jaettiin 6-7 50 x 50 m näytteenottoruutuun, joiden keskipisteen koordinaatit määritettiin ennakkoon. Jokainen linjoista on täten 350 metriä pitkä. Vierekkäisten linjojen ensimmäiset näytteenottoruudut yhdistettiin, koska näytteenottoruudut ovat niissä päällekkäin toisiaan (Kuva 12).



Kuva 12. Haulikkoratojen näytteenottoruudukko ja näytteenottoruutujen numerointi

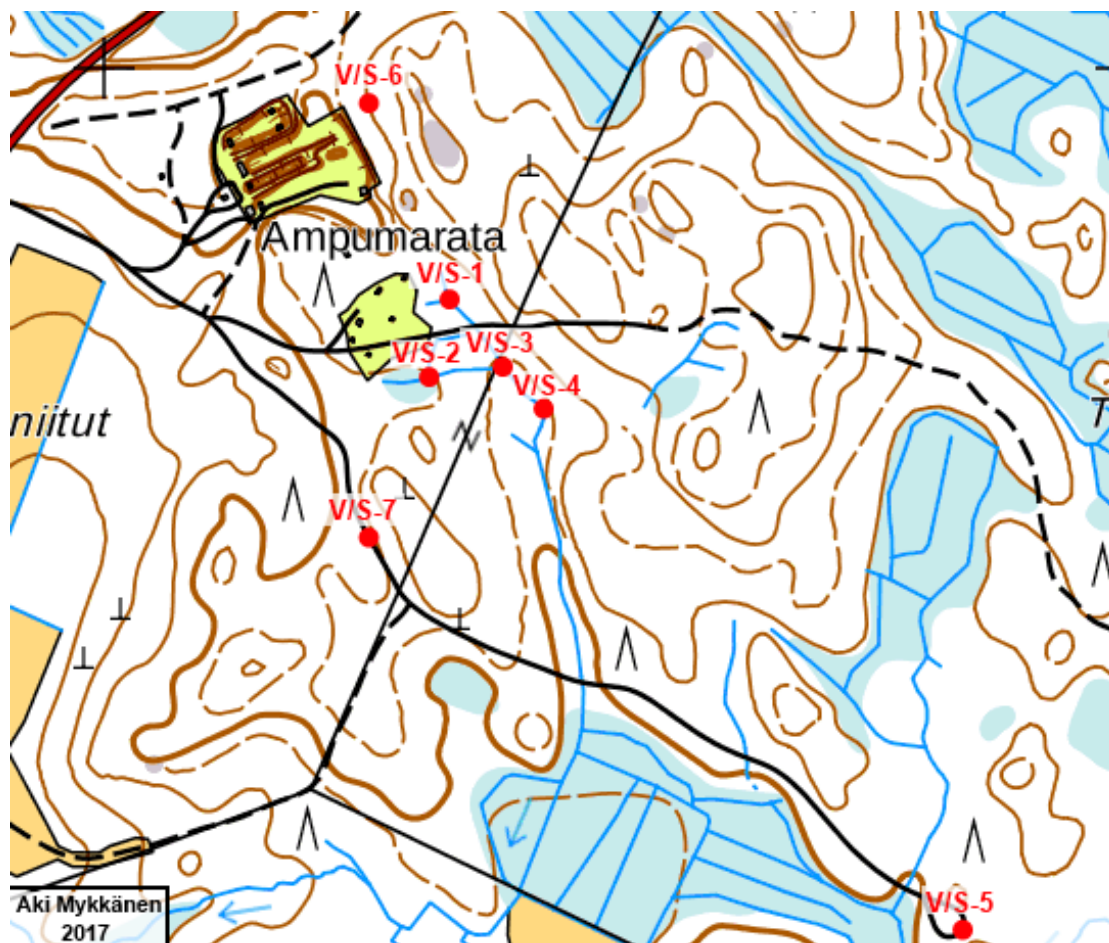
Yhdessä ruudussa oli kolme näytteenottopistettä, joista kaikista otettiin näytettä 50 ml kolmelta tutkittavalta syvyydeltä (pintamaa, 10 cm ja 30 cm). GPS-laitteen antama keskipiste oli aina ensimmäinen osanäytepiste ja kaksi muuta pistettä valittiin satunnaisilta kohdilta noin 10–25 metrin päästä keskipisteestä. Jokaisen ruudun näytteet yhdistettiin syvyyskohtaisiksi kokoomanäytteiksi, eli yhdestä ruudusta näytettä tuli 150 ml jokaiselta syvyydeltä. Ennalta määritettyjen pisteiden lisäksi otettiin myös verrokinäyte (M-40) ampumaradan eteläpuolelta, ammusjätteen vaikutusalueen ulkopuolelta.

4.3.3 Vesi- ja sedimenttinäytteet

Vesi- ja sedimenttinäytteitä valittiin alueen karttatietojen perusteella 5 kappaletta, joista 4 oli itse ampumarata-alueella ja 1 verrokinäytteenä alueen ulkopuolelta. Itse näytteenoton yhteydessä päätettiin vielä ottaa ylimääräiset näytteet meluvallin taakse muodostuneesta vesialtaasta sekä ampumarata-alueen reunalla kulkevan hiekkatien vierestä ojasta (näytepisteet V/S-6 ja V/S-7). Aikaisemmissa alueen tutkimuksissa oli tarkkailtu näytepistettä V/S-2, joka on pintaveden imeytymispaikka.

Vesinäytteet kerättiin 0,5 litran näytteenottopulloihin, jonka jälkeen niitä säilöttiin kylmälaukussa. Näytteenottotilanteessa yritettiin välttää roskien sekä lian pääsemistä pullojen sisälle, joten vesinäytteet otettiin ennen sedimenttinäytteitä. Sedimenttinäytteitä kerättiin nostamalla lapiolla veden alta sedimenttiä, jonka jälkeen siitä otettiin näytteet näytteenottopusseihin. Valtaosassa pisteistä sedimentti oli muta- ja savipitoista, mutta esimerkiksi pisteessä S-3 ojan kuivumisen myötä sedimenttinäyte oli pelkkää sammalta.

Kumpiakin näytteitä otettiin aina samalta kohdalta 2 rinnakkaisnäytettä. Näytteenoton yhteydessä kuitenkin paljastui, että näytepisteen V/S-3 oja oli kuivunut, joten siitä saatiin otettua vain pelkkä sedimenttinäyte. Yhteensä vesinäytteitä syntyi 12 kappaletta ja sedimenttinäytteitä 14 (kuva 13).



Kuva 13. Vesi- sekä sedimenttinäytteenottopisteet

4.4 Näytteiden analysointi

Näytteenottopäivien jälkeen kaikki näytteet kuljetettiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Mikkelin kampuksen ympäristölaboratorioon, jossa niitä säilöttiin +4 °C lämpötilassa. Vesinäytteiden pH- arvo ja sähkönjohtokyky määritettiin heti seuraavana päivänä näytteenoton jälkeen, kun taas maa- sekä sedimenttinäytteiden analyysit suoritettiin kesällä sekä alkusyksyllä.

Kaikki otetut maa- sekä sedimenttinäytteet käsiteltiin samalla tavalla. Ensiksi niistä poistettiin selvästi näkyvillä olevat ammusjätteet sekä esimerkiksi suuret kivet, jonka jälkeen ne homogenisoitiin käsin mahdollisimman yksijakeisiksi. Tämän jälkeen ne siirrettiin lasisille petrimaljoille ja punnittiin. Näytteitä kuivatettiin 24 tuntia 105 °C lämpötilassa ja laskettiin niiden kuiva-ainepitoisuus, sekä samalla mahdollistettiin luotettavampi XRF-analyysi. Näytteet siirrettiin petrimaljoilta takaisin kuivattuihin näytteenottopusseihin analyysin helpottamiseksi.

XRF-analysaattorissa käytettiin Test All Geo -asetusta sekä Main- ja High-suodatinta, koska ne soveltuivat parhaiten tutkittaville alkuaineille. Yhden mittauksen kesto oli 40 sekuntia, joissa analysaattori mittasi ensiksi 20 sekuntia Main-suodattimella, jonka jälkeen 20 sekuntia High-suodattimella. Näistä tuloksista analysaattori antoi lukemat tutkittaville aineille sekä niiden virhearvot. Jokaisesta näytteestä otettiin 3 rinnakkaismittausta eri kohdista näytettä, joten yhden näytteen yhtenäinen mittausaika oli 120 sekuntia.

XRF-analysien valmistuttua näytteistä valittiin tulosten perusteella merkittävimmät näytteet sekä verrokinäytteet, joista vielä määritettiin orgaaninen aines. Luodikkoradoilta tämä selvitettiin yhteensä 15 näytteestä, haulikkoradoilta 39 näytteestä ja sedimenteistä 6 näytteestä. Orgaaninen aines selvitettiin mittaamalla näytteitä upokkaisiin, kuivaamalla ne uudelleen ja hehkuttamalla ne 550 °C lämpötilassa 3 tunnin ajan hehkutusuunissa.

Vesinäytteistä analysoitiin niiden pH-arvo sekä sähkönjohtokyky. Näytepullot siirrettiin kylmähuoneesta huoneenlämpöön ennen mittauksia, jotta näytteiden lämpötila vastaisi paremmin laitteiden kalibrointilämpötiloja. Kaikista näytteistä suoritettiin molemmat mittaukset, sekä merkittiin ylös yleisiä huomioita esimerkiksi vesien tummuudesta ja pieneliöiden määrästä.

5 TULOKSET

5.1 Luodikkoradat

Keskiarvopitoisuudet lyijylle vaihtelivat 23–10 100 mg/kg välillä ja kokonaiskeskiarvo oli 1000 mg/kg (liite 5). Suurimmat pitoisuusmäärät esiintyivät kaikilla radoilla taustavallien pintamassa pitoisuuksien laskien syvemmälle mentäessä. Kohonneita arvoja oli myös havaittavissa välivalleissa, mutta verrokki-näytteet olivat puhtaita lyijystä. PIMA-asetuksen alempi ohjearvo 200 mg/kg (oranssi) ylittyi 16 näytteessä ja ylempi ohjearvo 750 mg/kg (punainen) ylittyi 23 näytteessä (taulukko 4).

Taulukko 4. Luodikkoratojen näytteiden lyijyn ohjearvoylitykset ratakohtaisesti

Rata	Alle kyn- nysarvon (<60 mg/kg)	Kynnys- arvo (60 mg/kg)	Alempi oh- jearvo (200 mg/kg)	Ylempi oh- jearvo (750 mg/kg)
Pienois kivääri	4	4	4	4
Luodikko	10	4	1	6
Hirvi	11	0	2	8
Seisova hirvi	9	3	9	5
Yhteensä	34	11	16	23

Antimonin keskiarvopitoisuus vaihteli 0–90 mg/kg välillä ja kokonaiskeskiarvo kaikille näytteille oli 33 mg/kg (liite 6). Antimonia havaittiin eniten luodikko- ja hirviradan taustavalleissa. Alempi ohjearvo antimonille (oranssi) ylittyi kaikissa näytteissä kolmea lukuun ottamatta ja ylempi ohjearvo (punainen) 9 näytteessä (taulukko 5).

Taulukko 5. Luodikkoratojen näytteiden antimonin ohjearvoylitykset ratakohtaisesti

Rata	Alle kyn- nysarvon (<2 mg/kg)	Kynnys- arvo (2 mg/kg)	Alempi oh- jearvo (10 mg/kg)	Ylempi oh- jearvo (50 mg/kg)
Pienois kivääri	0	0	16	0
Luodikko	0	0	18	3
Hirvi	0	0	16	5
Seisova hirvi	3	0	22	1
Yhteensä	3	0	72	9

Kuparin keskiarvopitoisuus vaihteli 0–2600 mg/kg välillä ja kokonaiskeskiarvo oli 91 mg/kg (liite 7). Kohonneita kuparipitoisuuksia havaittiin pelkästään hirvi-radan taustavallissa, erityisesti vallin vasemmassa reunassa. Alempi ohjearvo (oranssi) ylittyi 9 näytteessä, joista vain yksi jäi ylempään ohjearvon (punainen) alapuolelle (taulukko 6).

Taulukko 6. Luodikkoratojen näytteiden kuparin ohjearvoylitykset ratakohtaisesti

Rata	Alle kyn- nysarvon (<100 mg/kg)	Kynnys- arvo (100 mg/kg)	Alempi oh- jearvo (150 mg/kg)	Ylempi oh- jearvo (200 mg/kg)
Pienoiskivääri	15	1	0	0
Luodikko	21	0	0	0
Hirvi	13	0	1	7
Seisova hirvi	23	2	0	1
Yhteensä	72	3	1	8

Sinkin keskiarvopitoisuus vaihteli 0-426 mg/kg välillä ja kokonaiskeskiarvo oli 60 mg/kg (liite 8). Alempi ohjearvo sekä ylempi ohjearvo (punainen) ylittyi vain yhdessä näytteessä ja vain kahdessa muussa kynnyksarvo (keltainen).

Taulukko 7. Luodikkoratojen näytteiden sinkin ohjearvoylitykset ratakohtaisesti

Rata	Alle kyn- nysarvon (<60 mg/kg)	Kynnys- arvo (60 mg/kg)	Alempi oh- jearvo (200 mg/kg)	Ylempi oh- jearvo (750 mg/kg)
Pienoiskivääri	16	0	0	0
Luodikko	20	0	0	1
Hirvi	20	1	0	0
Seisova hirvi	25	1	0	0
Yhteensä	81	2	0	1

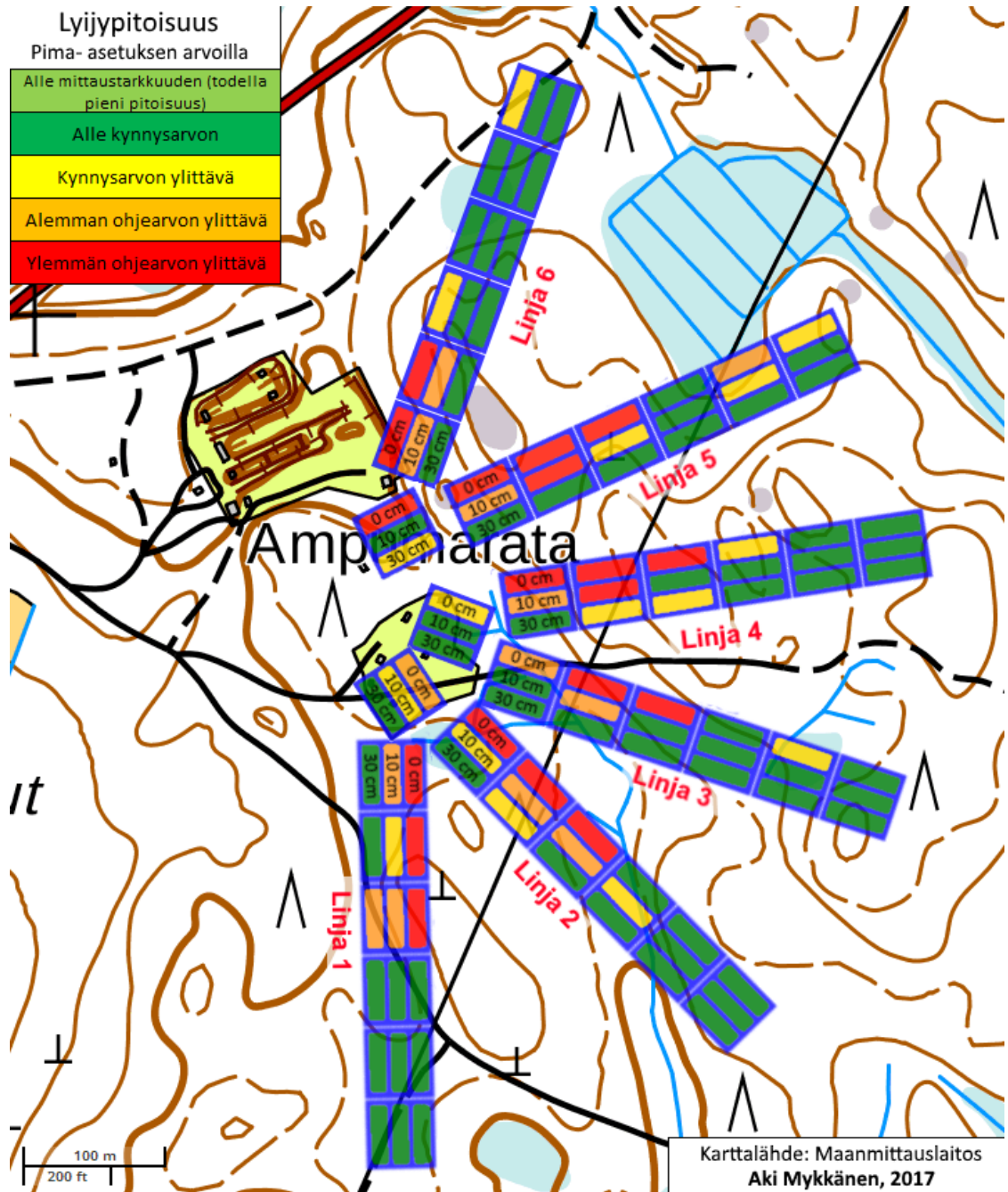
Luodikkoratojen näytteiden kuiva-ainepitoisuus oli 87–99 % välillä ja orgaanisen aineksen määrä 0,43–2,29 % välillä (liite 9). Lähes kaikki näytteet olivat hiekkamaata.

5.2 Haulikkoradat

Lyijypitoisuus vaihteli haulikkoratojen näytteissä 21–21 000 mg/kg välillä ja kokonaiskeskiarvo oli 1 600 mg/kg (liite 10). Suurimmat pitoisuudet olivat 0-200 metrin päässä ampumapaikoista ja keskittyneinä alueiden pintamaahan pitoisuuksien laskiessa syvemmälle mentäessä. Ylempi ohjearvo (punainen) ylittyi 19 näytteessä ja alempi ohjearvo (oranssi) 14 näytteessä (taulukko 8). Verrokinäytteissä lyijypitoisuus oli alle kynnsarvon. Tulokset ovat esillä kartassa, jossa näkyvillä lyijyn levinneisyys sekä ohjearvojen ylitykset syvyyskohtaisesti (kuva 14).

Taulukko 8. Haulikkoratojen näytteiden lyijyn ohjearvoylitykset linjakohtaisesti

Linja	Alle kynnsarvon (<200 mg/kg)	Kynnsarvo (200 mg/kg)	Alempi ohjearvo (250 mg/kg)	Ylempi ohjearvo (400 mg/kg)
1	12	2	4	3
2	10	3	2	3
3	15	2	2	2
4	9	3	2	4
5	11	3	2	5
6	12	2	2	2
Yhteensä	69	15	14	19



Kuva 14. Lyijyn analyysitulokset haulikoradoille esitettynä karttakuvassa. Näytteenottoruudut on jaettu mittaussyvyyksiin sekä värikoodattu PIMA-asetuksen arvojen mukaisesti (vasen yläkulma)

Antimonipitoisuudet vaihtelivat 0–58 mg/kg välillä, ja ne löytyivät lähinnä vain 10 ja 30 cm syvyydeltä (liite 11). Antimonissa alempi ohjearvo ylittyi 39 näytteessä ja vain yhdessä ylemmän ohjearvon. 30 senttimetrin syvyydeltä otetussa verrokinäytteessä alempi ohjearvo ylittyi. Suurimmassa osassa näytteistä pitoisuus oli alle kynnyksarvon (taulukko 9).

Taulukko 9. Haulikkoratojen näytteiden antimonin ohjearvoylitykset linjakohtaisesti

Linja	Alle kyn- nysarvon (<2 mg/kg)	Kynnys- arvo (2 mg/kg)	Alempi oh- jearvo (10 mg/kg)	Ylempi oh- jearvo (50 mg/kg)
1	11	0	9	1
2	12	0	6	0
3	14	0	7	0
4	11	0	7	0
5	17	0	4	0
6	12	0	6	0
Yhteensä	77	0	39	1

Näytteiden kuiva-ainepitoisuus oli 27–98 % välillä ja orgaanisen aineksen määrä 2,3–81,9 % välillä (liite 12).

5.3 Sedimenttinäytteet

Sedimenttinäytteissä ei esiintynyt muissa haitta-aineissa suuria pitoisuuksia kuin lyijyssä, ja nekin vain pisteissä S-1, S-3 ja S-4 (taulukko 12). Väriytykset ovat sedimenttien läjitysohjeen ohjearvojen mukaiset (kohta 2.1.1).

Taulukko 10. Sedimenttinäytteiden ainepitoisuudet XRF – menetelmän mukaan. Tulosten vieressä esitettyinä 3 rinnakkaismittauksen keskihajonta. <LOD = alle määrittysrajan (pieni pitoisuus)

Näytteenotto- piste	Lyijy, mg/kg	Keski- hajonta	Kupari, mg/kg	Keski- hajonta	Sinkki, mg/kg	Keski- hajonta	Antimoni, mg/kg	Keski- hajonta
S-1	55	6	25	3	29	5	21	2
	514	164	<LOD	-	32	1	21	5
S-2	64	10	43	3	27	4	15	1
	25	0	<LOD	0	29	8	18	5
S-3	6024	384	<LOD	-	41	1	<LOD	-
	1179	656	<LOD	-	32	6	<LOD	-
S-4	15592	2149	<LOD	-	37	6	<LOD	5
	5053	1880	<LOD	-	28	8	<LOD	-
S-5 Verrokki	26	5	25	4	111	9	30	4
	22	2	<LOD	-	100	22	31	3
S-6	26	1	<LOD	-	33	4	15	3
	25	4	<LOD	-	39	5	16	5
S-7	22	4	21	1	24	8	18	3
	30	4	24	1	40	4	19	8

Sedimenttinäytteiden kuiva-ainepitoisuus vaihteli 12,6–82,4 % välillä ja orgaanisen aineksen pitoisuus 0,95–88,6 % välillä (taulukko 13).

Taulukko 11. Sedimenttinäytteiden kuiva-aine ja orgaanisen aineen pitoisuudet

Näytteen- otto- piste	S-1		S-2		S-3		S-4		S-5 (verrokki)		S-6		S-7	
	Kuiva- aine %	68,0	59,8	74,0	72,4	16,8	12,6	16,6	51,6	82,4	78,5	65,4	67,5	71,3
Org.aine %					77,3	88,6	49,6	21,8	1,0	1,1				

5.4 Vesinäytteet

Vesinäytteiden analyysitulokset ovat esillä taulukossa 14. Näytteiden pH-arvot olivat väliltä 5,2–6,2 ja sähkönjohtokyky 13–28 mS/m. Vesinäytettä V-3 ei voitu ottaa ojan kuivumisen takia.

Taulukko 12. Vesinäytteiden analyysitulokset

Näytteen- ottopiste	pH	Sähkön- johtokyky mS/m	Huomioita
V-1	5,3	19	Vesi tummaa, muutamia pieneliötä näyt- teessä
V-2	5,3	13	Vesi tummaa, muutamia pieneliötä näyt- teessä
V-4	5,8	28	Vesi kirkasta, paljon pieneliöitä
V-5 Verrokki	5,4	24	Vesi tummaa, paljon roskia ja pieneliöitä
V-6	6,1	21	Vesi kirkasta ja puhdasta
V-7	5,8	23	Vesi kirkasta, muutamia pieneliöitä ja roskia

6 TULOSTEN TULKINTA

6.1 Luodikkoradat

Kaikkien luodikkoratojen näytteistä löytyi kohonneita määriä haitta-aineita. Suurimmat lyijypitoisuusmäärät ovat taustavalleissa sekä välivalleissa. Taustavalleissa pitoisuudet olivat pienoiskivääriradalla sekä luodikkoradalla keskittyneet vallien pintaan pitoisuuksien laskeutumisessa syvemmälle mentäessä. Hirviradalla pitoisuudet olivat suuria vielä jopa 50 senttimetrin syvyydessä. Tämä selittyy sillä, että hirviradalla käytetyt ammuksiset ovat suurempaa kaliiberia ja niiden iskeytymisenergia on suurempi, joten ne myös uppoutuvat syvemmälle

taustavalliin. Lyijyn osalta suurimmat pitoisuudet ylittivät taustavalleissa ylemmän ohjearvon yli kymmenkertaisesti.

Kaikkien ratojen välivallien pitoisuudet ylittivät lyijyn alemman ohjearvon, mutta luodikko- ja hirviradalla myös ylempi ohjearvo ylittyi. Tätä selittää harhalaukaukset sekä luotien pirstaloituminen. Ampumapaikoilla sen sijaan ei ollut huomattavasti kohonneita arvoja, ja vain muutamassa kohdassa lyijyn kynnyсарvo ylittyi. Verrokinäytteet olivat jokaiselta radalta puhtaita lyijystä.

Antimonin osalta lähes jokaisessa luodikkoratojen näytteistä pitoisuudet ylittivät alemman ohjearvon ja luodikko- sekä hirviradan pintamaissa ylemmän ohjearvon. Alempi ohjearvo ylittyi jopa verrokinäytteissä. Ohjearvoylityksiä selittää se, että antimonin alempi ohjearvo on vain 10 mg/kg, eli erittäin vähän. Jos huomioidaan kaikista ratojen näytteistä alemman ohjearvon ylittäneet antimonipitoisuudet, saadaan keskiarvopitoisuudeksi luodikkoradoille 34 mg/kg. Ottaen huomioon rinnakkaismittausten keskihajonnat, pienet ohjearvolukemat sekä sen, että lähes kaikissa näytteenottopisteissä alempi ohjearvo on ylittynyt, ovat tulokset antimonin osalta epäluotettavia. On tietenkin täysin mahdollista, että alueella esiintyy luontaisesti antimonia, mutta puutteellisten taustainepitoisuustietojen takia tästä ei voida olla varmoja. Selvää on kuitenkin se, että antimonia esiintyy eniten luodikko- sekä hirviradan taustavallissa.

Kuparia esiintyy käytössä olevilla luodikkoradoilla vain hirviradan taustavallissa sekä hirviradan verrokinäytteen pintamaassa. Verrokinäytteen pintamaan tulos on kuparin osalta 714 mg/kg ja keskihajonta 1191 mg/kg, joten voidaan todeta tämän olevan mittausvirhe. Näytteessä on todennäköisemmin ollut luodin sirpale, joka on antanut kohonneita arvoja yhdelle rinnakkaismitauksista. Se, että hirviradan taustavallissa esiintyy eniten kuparia, johtuu todennäköisemmin hirviradalla käytetyistä luodeista, jotka sisältävät suuremman kuparivaipan.

Sinkin osalta vain luodikkoradan yhdessä taustavallin pintanäytteessä esiintyy kohonnut pitoisuus, joka ylittää ylemmän ohjearvon. Kynnyсарvo myös ylittyi yhdessä hirviradalta 50 senttimetrin syvyydeltä otetussa näytteessä, mutta

sen keskihajonta on suurempi kuin pitoisuus. Tämä voidaan todeta myös mitausvirheeksi. Kaikissa muissa näytteissä pitoisuudet pysyvät reilusti alle kynnysarvon.

Käytöstä poistetulla seisovan hirven radalla pitoisuudet ovat myös koholla. Koska radalle ei ole ollut ampumatoimintaa pitkään aikaan eikä sitä ole huollettu, ovat pitoisuudet myös syvemmällä valleissa kohonneita. Radan henkilökunnan pyynnöstä otetusta vanhasta täytemontusta (SE-10) esiintyi myös kohonneita pitoisuuksia lyijyn osalta. Pitoisuudet olivat korkeimpia syvimmällä, mikä vahvistaa sen, että kyseessä on vanhaa, pilaantunutta maa-ainesta. Vuosien myötä pilaantuneen maan päälle on kertynyt esimerkiksi lehtiä, jotka ovat maatuneet jättemaan päälle.

Hirviradalla tuloksista näkee myös sen, että erityisesti lyijy- ja kuparipitoisuudet ovat suurimpia taustavallin vasemmalla laidassa. Aluksi tämän epäiltiin olevan viittaus taulujen liikkumasuunnasta, mutta radan henkilökunta epäili sen johtuvan radan historiasta. Vuonna 2011 radalle valmistui uusi ampumasuoja, jota ennen radalla ammuttiin kahdesta erillisestä ampumasuojasta. Näistä toinen, 75 metrin etäisyydellä oleva, sijaitsi radan vasemmalla puolella, jolloin todennäköisesti ammuttava taulu oli myös taustavallin vasemmalla puolella. Lisäksi alueella aikaisemmin tehdyissä ampumakokeissa ammuttiin vasemmalle liikkuvaan tauluun kaksi ja oikealle liikkuvaan yksi laukaus (Kurki 2017). Tämä historiatieto vahvistaa sitä, että XRF-analyysi on antanut luotettavampia tuloksia ainakin hirviradan taustavallista.

6.2 Haulikkoradat

Haulikkoratojen ampumasektoreilla maaperä on pilaantunut lyijyllä jokaiselta linjalta 200 metriin asti ampumapaikoista. Lyijyn pitoisuudet laskevat syvyyden myötä pienemmiksi ja melkein jokaisessa ruudussa 30 senttimetrin syvyydellä pitoisuudet ovat muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta alle kynnysarvon. Tästä voidaan päätellä se, että lyijy ei liiku pintamaata syvemmälle, vaan sitoutuu pintamaan orgaaniseen ainekseen, eli esimerkiksi metsän aluskasvillisuuteen.

Suurimmat lyijypitoisuudet esiintyvät 150–200 metrin päässä ampumapaikoista eli juurikin haulien teoreettisella putoamisalueella. Tämä kuitenkin vaihtelee hieman alueen maaston muotojen sekä puuston määrän mukaisesti. Kaikkien linjojen viimeiset 150 metriä ovatkin pääasiallisesti XRF-analyysin mukaan puhtaita lyijystä, mutta linjan 5 päädyssä, 250–300 metrin päässä ampumapaikalta on huomattavissa lyijyesiintymiä 250 metrin päässä pintamaassa sekä 10 senttimetrin syvyydellä sekä 300 metrissä pintamaassa. Näissä kaikissa ylittyi lyijyn kynnyisarvo sekä 250 metrin pintamaassa myös alempi ohjearvo. Tämä voi selittyä näytteenottopisteistä luoteeseen olevalla suoalueella, johon on saattanut vuosien myötä liueta ampumasektorilta lyijyä, jota on kertynyt näytteenottopisteille.

Antimonia esiintyi paljon syvimmissä näytteistä, joten on mahdollista, että ne ovat haulijätteistä peräisin olevaa liuennutta antimonia. Antimonitasot kuitenkin ylittivät myös verrokinäytteessä. Antimonin ohjearvot ovat pieniä (alempi ohjearvo 10 mg/kg), kuten ovat näytteistäkin löytyneet pitoisuudet. Kun tarkkaillaan kaikkia alemman ohjearvon ylittäneitä haulikkonäytteitä, saadaan keskiarvoksi antimonille 18 mg/kg. Haulikkoradoilta otettujen näytteiden orgaanisen aineksen pitoisuudet olivat myös paikoittain suuria, kuten oli myös vaihtelevuus näytteiden rakenteiden ja raekokojen välillä. On siis myös täysin mahdollista, että nämä virhetekijät ovat nostattaneet analysaattorin antamia antimonipitoisuuksia.

On kuitenkin selvää, että haulikkoradat ja niiden lähimaasto on 200 metriin päähän ampumapaikoista pilaantunut lyijyllä, kuten on odotettavissa useamman kymmenen vuoden haulikkoratatoiminnan vaikutuksesta. Vielä 250 metrissä on paikallisesti huomattavissa kohonneita haitta-ainepitoisuuksia, mutta yli 300 metrin päässä maaperä ei ole enää pilaantunutta.

6.3 Sedimenttinäytteet

Sedimenttinäytteissä on myös huomioitava lähinnä vain lyijyn arvoja. Lyijy ylitti läjityskelpoisuuden korkeimman pitoisuustason yli kymmenkertaisesti kummassakin osanäytteessä pisteillä S-3 ja S-4 sekä myös yli kaksikertaisesti näytepisteen S-1 toisessa osanäytteessä. Korkeat arvot selittyvät yksinkertai-

sesti sillä, että näytepisteet S-3 ja S-4 ovat juuri haulien pääasiallisella pu-toamisalueella, joten niihin kerääntyy hauleja todella paljon sekä myös lyijyä esimerkiksi huuhtouman kautta. Näytepisteen S-1 toisen osanäytteen lyijypitoisuus on todennäköisemmin myös suoraan hauleista. Vaikkakin antimonille ei ole läjityskelpoisuudessa annettu ohjearvoja, vastaavat saadut tulokset haulikkoratojen tuloksia. Huomattavaa on kuitenkin se, että eniten lyijyä sisältäneet näytteet (S-3 ja S-3) eivät sisällä analyysituloksien mukaan ollenkaan antimonin. Kaikissa muissa sedimenttinäytteissä antimonipitoisuus vaihtelee 15–1 mg/kg välillä. Tämä voi selittyä sillä, että antimoni on liennut syvemmälle sedimenttiin ja koska näytteet otettiin vain sedimentit pinnasta, eivät ne sisällä antimonin.

Sedimenttinäytteiden kuiva-aineita tarkkailtaessa voidaan huomata, että korkeimpia lyijypitoisuuksia sisältäneet S-3 ja S-4 ovat myös sisältäneet eniten vettä näytteenottotilassa. Myös niiden orgaanisen aineksen määrä on hyvin suuri, keskiarvolla 59,3 %. Suuri orgaanisen aineksen määrä voi siis vaikuttaa mittauksiin, mutta on kuitenkin selvää, että lyijypitoisuudet pisteissä S-3 ja S-4 ylittävät lyijyn ylempien ohjearvojen huomattavasti.

6.4 Vesinäytteet

Vesinäytteiden pH-arvot ovat selvästi happaman puolella, mutta suuria eroavaisuuksia näytteiden kesken ei ole. Happamuus selittyy vuodenaikasta johtuvista kevättulvista sekä sillä, että alue on havumetsävoittoista eli luontaisesti hapanta.

Myöskään sähkönjohtavuudessa ei ole huomattavissa selviä viitteitä siitä, että se olisi Virtutjoella koholla haulien vaikutuksesta. Toiseksi korkein sähkönjohtokyky (24 mS/m) esiintyi verrokinäytteessä, kaukana itse ampumarata-alueelta. Katsottaessa vesistötulosten ohjearvoja (Kokemäenjoen vesistön vesien suojeleuyhdistys 1999) vesien sähkönjohtokyvystä voidaan huomata arvojen olevan sisävesien arvojen (5-10 mS/m) yläpuolella, mutta kuitenkin reilusti jätevesien rajan (50-100 mS/m) alapuolella. Vedenlaatuluokituksessa kuitenkin puhutaan lähinnä järvesistä, ja koska kyseessä on metsän läpi kulkevia oja, on oletettavissa luontaista sähkönjohtokyvyn kasvua verrattaessa järvesiin.

Vesinäytteistä ei tehdyillä analyyseillä siis paljastunut mitään selkeästi poikkeavaa tai viittauksia siihen, että ampumaratatoiminta vaikuttaisi veden ominaisuuksiin. Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy on analysoinut marraskuussa 2014 vesinäytteitä pisteestä V-2, jolloin veden pH-arvo on ollut 5,4 ja lyijypitoisuus 34 µg/l (Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy, 2014). Tämän selvityksen yhteydessä otetuissa näytteissä samalta pisteestä pH-arvo oli 5,3 eli ainakaan pH-arvossa pisteen V-2 osalta muutosta ei ole tapahtunut.

6.5 Virhearviointi

XRF-analysointilaitteiden tuloksia tarkastellessa pitää huomioida myös mahdolliset näytteistä aiheutuvat häiriötekijät, jotka voivat vaikuttaa esitettyihin pitoisuusmääriin. Yhdysvaltain ympäristösuojeluviraston (EPA) mukaan huomioitava asioita ovat näytteen alkuaineiden vaikutukset keskenään, näytteen fyysiset ominaisuudet sekä sen kosteuspitoisuus. Eri alkuaineiden esiintyminen näytteissä saattaa johtaa röntgensäteilyn absorptioon ja tätä kautta tulosten muuttumiseen. Esimerkiksi rauta absorboi kuparin röntgensäteitä ja häiritsee alhaisia kromipitoisuuksia, kun taas korkeat lyijypitoisuudet häiritsevät arseenin analyysituloksia. Koska XRF-analysointilaitteet toimivat mittaamalla yhtä tiettyä kohtaa näytteestä ja vain muutaman millimetrin syvyydeltä, ovat näytteen fyysiset ominaisuudet myös tärkeitä. Jos esimerkiksi mittauskohdalla sattuu olemaan yksittäinen lyijyhauli, nostattaa tämä annettua pitoisuutta huomattavasti. Tämän takia näytteiden esikäsittely on tärkeää, jolloin niistä tulisi saada mahdollisimman homogeenisiä luotettavampien tuloksien saamiseksi. Näytteiden kosteudella on myös todistettu olevan negatiivinen vaikutus tulosten luotettavuuteen, mikäli kosteuspitoisuus on yli 20 %. Tämä kuitenkin saadaan helposti estettyä kuivaamalla näytteet ennen analyysiä (United States Environmental Protection Agency).

Orgaanisen aineksen määrällä näytteessä on myös todettu olevan vaikutusta XRF-analyysin tuloksiin. Skotlantilaisessa tutkimuksessa vertailtiin kenttäkäyttöisen XRF-analysointilaitteen sekä sertifioidun laboratorion kuningasvedellä teettämiä mittauksia mineraali- sekä turvemaasta. Tutkimuksessa selvisi, että turvemaasta XRF-analysointilaitteet antoi lyijylle ja kuparille totuudenmukaisia tuloksia, mutta kalsium-, tina-, kromi-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet olivat 2-3-kertaisia ja rautapitoisuus jopa 5-kertainen näytteiden todellisesta alkuainepitoisuudesta.

Tämä orgaanisen aineksen aiheuttama häiriötekijä voitaisiin teoriassa kalibroida analysaattoreihin niin, ettei siitä olisi niin suurta haittaa. Tämä kuitenkin vaatisi suunnattomat määrät näytteitä erilaisista tyyppillistä orgaanisen aineksen lähteistä sekä paljon tutkimustyötä. (Shand & Wendler 2014.)

On siis muistettava, etteivät XRF-analysaattoreiden antamat alkuainepitoisuudet ole absoluuttisen tarkkoja, vaan suuntaa antavia. Koska mittausepävarmuuksia on useita, aina näytteenoton onnistumisesta lähtien, on tuloksia tarkasteltava kriittisesti. Erityisen suurta tämä on haulikko- sekä sedimenttinäytteissä, joissa tapauskohtaisesti orgaanisen aineksen määrä saattoi olla hyvinkin suurta ja mineraaliaineksen tyyppi vaihtelevaa. Koska kaikkien näytteiden homogenisointi suoritettiin käsin, ei niiden partikkelikoko ole yhtenäistä, täten mahdollisesti vaikuttaen mittaustuloksiin entisestään. Näitä virhetekijöitä huomioiden on tärkeää myös tarkkailla kolmesta rinnakkaismittauksesta laskettua tulosten keskihajontaa.

7 RISKINARVIOINTI JA ARVIOT KUNNOSTAMISTARPEISTA

Virnutjoelta saatujen analyysitulosten pohjalta voidaan sanoa, että haitta-ainepitoisuudet ovat paikallisia, eivätkä ne ole kulkeutuneet rata-alueen tai haulien putoamisalueiden ulkopuolelle. Vaikkakin erityisesti lyijypitoisuudet ylittävät PIMA-ohjearvot pintamaassa, laskevat pitoisuudet huomattavasti syvemmälle mentäessä. Ampumaratatoiminnasta aiheutuva ympäristöriski on siis paikallinen eikä toiminnasta aiheudu välittömiä tai lyhyen aikavälin ympäristövaikutuksia. Vaikkakin pohjavesistä ei tässä tutkimuksessa otettu näytteitä, ei tulosten perusteella ole viitteitä siitä, että haitta-aineet kulkeutuisivat syvemmälle maaperään. Koska alue ei sijaitse kartoitetulla pohjavesialueella eikä välittömässä läheisyydessä ole vedenottamoita tai kaivoja, on riski vielä pienempi.

Kunnostamistarvetta arvioidessa luodikkoratojen taustavallien puhdistaminen olisi suositeltavaa. Kaikissa taustavalleissa esiintyy suuria lyijypitoisuuksia ja koska niitä ei ole puhdistettu pitkään aikaan, on tämä ympäristöterveydellisistä syistä suositeltavaa. Hirviradalla pitoisuudet olivat suurimmat sekä myös syvimmillä, joten se vaatii eniten huomiota mahdollisten puhdistustöiden aikana.

Parasta olisi taustavallien maa-aineksen vaihtaminen, mutta myös seulomilla saadaan vähennettyä vallien riskiä poistamalla niistä valtaosa ammusjätteestä. Haitta-aineiden riskejä voidaan myös vähentää ennakkoon rakentamalla luotiloukkuja tai kattamalla taustavallit, jolloin sääolot eivät vaikuta niin suuresti haitta-aineisiin. Puhdistus- ja kunnostustöitä tehdessä on kuitenkin muistettava työturvallisuus, koska taustavallien hiekan pölyttyessä myös siinä olevat haitta-aineet nousevat ilmaan ja sitä kautta mahdollisesti hengityselimiin. Henkilösuojaimien käyttö on täten suositeltavaa.

Haulikkoratojen suuren pilaantuneisuusalueen myötä on sen puhdistaminen huomattavasti vaativampi ja kalliimpi toteuttaa. Alueen pintamaa voitaisiin kaivaa ylös ja siirtää loppusijoituspaikalle tai puhdistaa esimerkiksi polttamalla tai pesemällä, mutta tämä vaatisi alueen metsän raivaamisen, joka tietenkin vaikuttaisi ympäristöön suuresti. Kaivaminen myös mahdollisesti vapauttaisi sitoutuneita haitta-aineita, jolloin ne saattaisivat liueta syvemmälle maaperään. Täten ei kaivaminen ole Virtutjoen tapauksessa suositeltava puhdistuskeino haulikkoradoille. Jos haitta-aineiden kulkeutumista halutaan kuitenkin rajoittaa, voidaan niiden liukoisuutta vähentää esimerkiksi neutraloimalla maa kalsiumkarbonaatilla tai fosforilla, mutta tällä on taas omat haittavaikutuksensa alueen eliöille ja kasveille. Alueelle voidaan myös levittää kompostoinutta materiaalia, jonka orgaaniseen ainekseen haitta-aineet sitoutuvat. Tämä on suhteellisen kustannustehokas keino ja soveltuu hyvin kohdille, joihin haulijätettä laskeutuu eniten. On kuitenkin myös huomioitava, että orgaanisen aineksen määrää lisäämällä esimerkiksi vesien rehevöityminen saattaa kasvaa.

Koska analyysituloksien mukaan haulikkoratojen haitta-aineet eivät vaikuta kulkeutuvan, olisi hyödyllisempää hallita ympäristöön pääsevää haulijätettä. Tämä onnistuisi maaston muotoiluilla, mutta sen suurien rakennuskustannuksien ja alueen raivaamistarpeen takia se ei ole realistinen vaihtoehto Virtutjoella. Tämän sijaan alueelle voitaisiin rakentaa esimerkiksi verhorakenteita, jotka pysäyttäisivät haulit ja täten pienentäisivät haitta-aineiden vaikutusalueita. Rakenteet voitaisiin sijoittaa haulikkoratojen rataosuuden loppuun, juuri ennen kuin ratarakenteet muuttuvat metsäksi (kuva 15). Täten saataisiin vähennettyä metsälle aiheutuvaa haitta-ainekuormitusta pitämällä haulit itse rata-alueella sekä mahdollistaen haulien väliaikaisen puhdistamisen rakenteiden edestä. Rakenteiden pitäisi kuitenkin olla riittävän korkeat, jotteivat haulit

pääse lentämään niiden ylitse sekä riittävän kestävät tuuliolosuhteet ja haulien osumat huomioiden.



Kuva 15. Alueet, joille voitaisiin rakentaa rakenteita haulien leviämisalueen rajoittamiseksi

Näytteenoton yhteydessä paljastui myös, että useat haulikkoratojen ampumasektorin metsässä olevat varoituskyltit ampumaradasta olivat vaurioituneet tai tuhoutuneet kokonaan. Nämä olisi hyvä korjata sekä mahdollisesti sisällyttää niihin teksti, jossa varoitetaan pilaantuneesta maasta. Tällä saataisiin vähentää riskiä siitä, että alueelta kerätään esimerkiksi sieniä tai marjoja, joihin on saattanut kertyä haitta-aineita.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Virmutjoen ampumaradan maaperässä on kohonneita haitta-ainepitoisuuksia. Suurimpana haittatekijänä on lyijy, kuten ampumaradoilla on odotettavissa. Tuloksien perusteella on kuitenkin selvää, että haitta-aineet eivät kulkeudu rata-alueen tai haulien putoamisalueen ulkopuolelle, eivätkä ne liukene syvemmälle maaperään. Toiminnasta aiheutuva ympäristöriski on siis paikallinen eikä siitä ei aiheudu välitöntä tai lyhyen aikavälin vaikutuksia ympäristölle. Ampumaradan sijainti on hyvä, koska se sijaitsee pohjavedettömällä alueella, eikä välittömässä läheisyydessä ole pintavesiä, joihin haitta-aineet pääsisivät vaikuttamaan. Myös maaston muodot, orgaanisen aineksen määrä sekä maan aineksen tyyppi estävät haitta-aineiden leviämistä Virmutjoella.

Vaikkakin tilanne on tällä hetkellä siedettävä, eikä se vaadi välittömiä puhdistustoimenpiteitä, olisi silti hyvä yrittää minimoida ampumatoiminnasta aiheutuvia ympäristöhaittoja. Koska ampumarata on käytössä, tarkoittaa se sitä, että ympäristöön tulee jatkuvasti lisää luoti- ja haulijätettä, joka taas kasvattaa kuormitusta ja riskiä entisestään. Tämän takia olisi hyvä löytää keinoja, joilla syntyvien haitta-aineiden määrää sekä haittaa saataisiin vähennettyä, jotta välttäisiin tulevaisuudessa mittavilta puhdistustoimenpiteiltä. Virmutjoen tapauksessa realistisimmat vaihtoehdot saattaisivat olla luodikkoratojen taustavallien maa-aineksen vaihtaminen tai puhdistaminen sekä haulikkoradoille haulien leviämisen estävien rakenteiden pystyttäminen. Tilanteen salliessa piilaantuneiden alueiden puhdistaminen olisi kuitenkin paras vaihtoehto ympäristölle.

LÄHTEET

Ahmad, M. Hashimoto, Y. Hyon Moon, D. Soo Lee, & Sik Ok, Y. 2012. Immobilization of lead in a Korean military shooting range soil using eggshell waste: An integrated mechanistic approach. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.xamk.fi:2048/science/article/pii/S0304389412000787> [Viitattu 19.11.2017].

Ampumaratalaki 763/2015. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150763> [Viitattu 15.9.2017].

Bruker, Handheld XRF: How it works, 2017. Saatavissa: <https://www.bruker.com/products/x-ray-diffraction-and-elemental-analysis/handheld-xrf/how-xrf-works.html> [Viitattu 16.11.2017].

Fayiga, A. & Saha, U. 2016. Soil pollution at outdoor shooting ranges: Health effects, bioavailability and best management practices. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.xamk.fi:2048/science/article/pii/S026974911630450X> [Viitattu 17.11.2017].

Imatran seudun ympäristötoimi. 2017. Virtutjoen ampumaradan ympäristölupa, neuvottelutilaisuus. Muistio 7.2.2017.

Kajander, S. & Parri, A. 2014. Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT).

Kim, Y. & Lewis, A. 2006. Lead Shot Fabrics and Curtain Systems Mitigating Lead Contamination at Shooting Ranges. Saatavissa: <https://rangeservices.nra.org/media/4077/lead-shot-fabrics-and-curtain-systems-for-mitigating-lead.pdf> [Viitattu 22.11.2017].

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 1999. Vesistötulosten tulkinta – opasvihkonen. Saatavissa: <http://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf> [Viitattu 22.11.2017].

Kurki, H. 2017. Toiminnanohjaaja, Ruokolahden ja Imatran riistanhoitoyhdystys. Kirjallinen tiedoksianto.

Litmanen, R. 2015. Virtutjoen ampumaradan meluraportti 2015. Imatran kaupunki. Imatran seudun ympäristötoimi.

Mroueh, U-M. Järvinen, H-L & Lehto, O. 1996. Saastuneiden maiden tutkiminen ja kunnostus, teknologiakatsaus 47/96. Teknologian kehittämiskeskus.

Naumanen, P. Sorvari, J. Pyy, O. Rajala, P. Penttinen, R. Tiainen, J. & Lindroos, S. 2002. Ampumarata-alueiden pilaantunut maaperä. Tutkimukset ja riskienhallinta. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40415/SY_543.pdf?sequence=1 [Viitattu 8.5.2017].

Ruokolahden sosiaali- ja terveyslautakunnan valvonta- ja ympäristöjaosto. 2008. Kokouspöytäkirja. Virtutjoen ampumaradan ympäristölupahakemus ja päätös.

Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy, 2014. Testausseloste.

Sarkkila, J. Mroueh, U-M. Leino-Forsman, H. Pilaantuneen maan kunnostaminen ja laadunvarmistus. Ympäristöopas. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41742/Ymp%c3%a4rist%c3%b6opas_110.pdf?sequence=1 [Viitattu 18.11.2017].

Shand, C. Wendler, R. 2014. Portable X-ray fluorescence analysis of mineral and organic soils and the influence of organic matter. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.xamk.fi:2048/science/article/pii/S0375674214000995> [Viitattu 22.11.2017].

Suomen Ampumaurheiluliitto. 2017. Haulikkolajien säännöt (H). Saatavissa: <https://www.ampumaurheiluliitto.fi/wp-content/uploads/2016/09/Haulikkos%c3%a4%c3%a4nn%c3%b6t-2017-netti-1-1.pdf> [Viitattu 6.5.2017].

Suomen ympäristökeskus/Maanmittauslaitos. 2017. Karttapalvelu Karpalo. Ei päivitystietoa. Saatavissa: <https://wwwp2.ymparisto.fi/Karpalo> [Viitattu 8.5.2017]

Tandy, S., Meier, N., & Schulin, R. 2017. Use of soil amendments to immobilize antimony and lead in moderately contaminated shooting range soils. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.xamk.fi:2048/science/article/pii/S0304389416310457> [Viitattu 17.11.2017].

Thermo Fisher Scientific, Thermo Fisher Scientific Niton Analyzers – XL3 Analyzer – Version 7.0.1 – User’s Guide. 2010. Saatavissa: <https://www.ttenviro.com/wp-content/uploads/Manual-XL3-Series-v7.0.11.pdf> [Viitattu 18.11.2017].

United States Environmental Protection Agency (EPA), X-Ray Fluorescence. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://clu-in.org/characterization/technologies/xrf.cfm> [Viitattu 22.11.2017].

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214> [Viitattu 15.5.2017].

Ympäristöministeriö. 2012. Ampumaratojen ympäristölupa – opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38779/SY23_2012_Ampumaradan_ymparistolupa_web.pdf?sequence=1 [Viitattu 25.10.2017].

Ympäristöministeriö. 2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnon ohjeita. Saatavissa: https://alsglobal.fi/media-fi/pdf/oh_1_2015.pdf [Viitattu 28.9.2017].

Ympäristönsuojeluasetus 713/2014. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140713> [Viitattu 16.11.2017].

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527#Pidp451529472> [Viitattu 16.11.2017].

KUVALUETTELO

Kuva 1. Luodikkoratojen rakenne. Ympäristöministeriö, 2012. Ampumaratojen ympäristölupa – opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille.

Kuva 2. Haulikkoratojen rakenne. Ympäristöministeriö, 2012. Ampumaratojen ympäristölupa – opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille.

Kuva 3. Haitta-aineille annettujen ohjeellisten pitoisuusrajojen merkitys sedimenttien läjityskelpoisuuden arvioinnissa. Ympäristöministeriö, 2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnon ohjeita.

Kuva 4. Haulikkopatruunoiden (hauhi sekä täyteinen) sekä luotien rakenne. Ympäristöministeriö, 2012. Ampumaratojen ympäristölupa – opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille.

Kuva 5. Haitta-aineiden esiintymisaluet luodikkoradoilla esitettyinä sinisellä värillä. Kajander, S. & Parri, A., 2014. Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT).

Kuva 6. Haulien pääasiallinen putoamisalue skeet- ja trap radoilla. Kajander, S. & Parri, A., 2014. Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Yhdistetty kahdesta kuvasta.

Kuva 7. Haulien pysäyttämistä varten rakennettu verhojärjestelmä. Kim, Y. & Lewis, A. 2006. Lead Shot Fabrics and Curtain Systems Mitigating Lead Contamination at Shooting Ranges.

Kuva 8. Ampumaradan ampumapaikat numeroituna. Virtutjoen ampumaradan asemapiirros. Muokkaukset Aki Mykkänen, 2017.

Kuva 9. Yhden linjan näytteenottokohdat taustavallin sivusta kuvattuna. Aki Mykkänen, 2017.

Kuva 10. Luodikkoratojen näytteenottopisteet. Virtumäen asemapiirros. Muokkaukset, Aki Mykkänen 2017.

Kuva 11. Haulien teoreettiset putoamisalueet ilmakuvassa. Kuvassa näkyvillä myös alueen tonttijako. Maanmittauslaitoksen ortokuva. Muokkaukset Aki Mykkänen, 2017.

Kuva 12. Haulikkoratojen näytteenottoruudukko ja näytteenottoruutujen numerointi. Maanmittauslaitoksen maastokartta. Muokkaukset Aki Mykkänen, 2017.

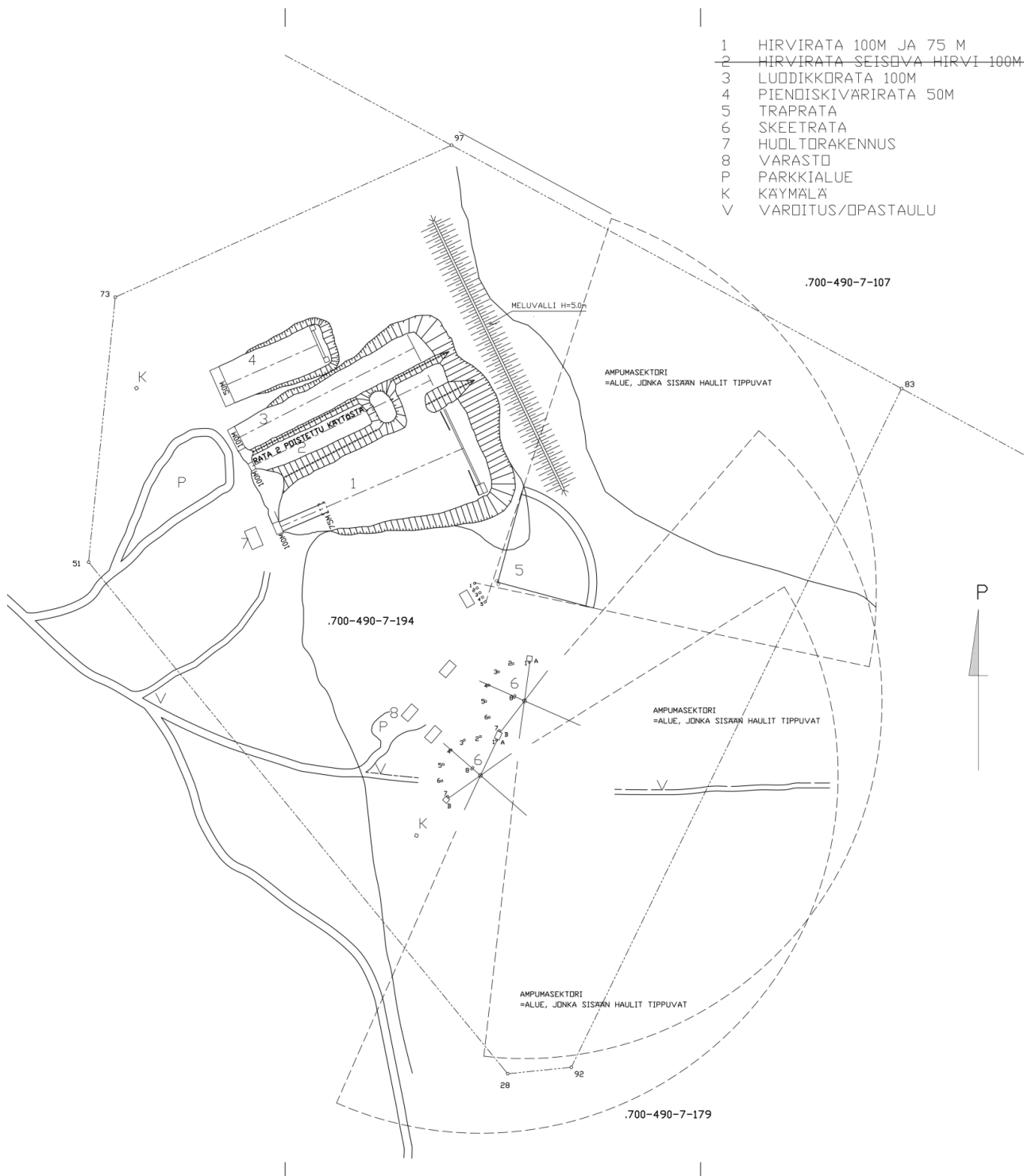
Kuva 13. Vesi- sekä sedimenttinäytteenottopisteet. Maanmittauslaitoksen maastokartta. Muokkaukset Aki Mykkänen, 2017.

Kuva 14. Lyijyn analyysitulokset haulikkoradoille esitettynä karttakuvassa. Näytteenottoruudut on jaettu mittaussyvyysiksi sekä värikoodattu PIMA-asetuksen arvojen mukaisesti (vasen yläkulma). Maanmittauslaitoksen maastokartta. Muokkaukset Aki Mykkänen, 2017.

Kuva 15. Alueet, joille voitaisiin rakentaa rakenteita haulien leviämisen rajoittamiseksi. Maanmittauslaitoksen ortokuva. Muokkaukset Aki Mykkänen, 2017.

Virmutjoen ampumaradan asemapiirros

- 1 HIRVIRATA 100M JA 75 M
- ~~2 HIRVIRATA SEISOVA HIRVI 100M~~
- 3 LUODIKKORATA 100M
- 4 PIENDISKIVÄRIRATA 50M
- 5 TRAPRATA
- 6 SKEETRATA
- 7 HUOLTORAKENNUS
- 8 VARASTO
- P PARKKIALUE
- K KÄYMÄLÄ
- V VARDITUS/OPASTAULU



Esimerkki näytteenottopöytäkirjasta

Aki Mykkänen, 15.5.2017

Maanäytteenottopöytäkirja - Haulikkoradat

SIJAINTI	Virmutjoen ampumarata, Pohjalankilantie 202, 56210 VIRMUTJOKI
PVM JA KELLO (ALKU-LOPPU)	
LINJA- SEKÄ RUUTUNUMEROT	Linja 1, Ruudut M-1 – M-7
SÄÄ	
MUUTA	

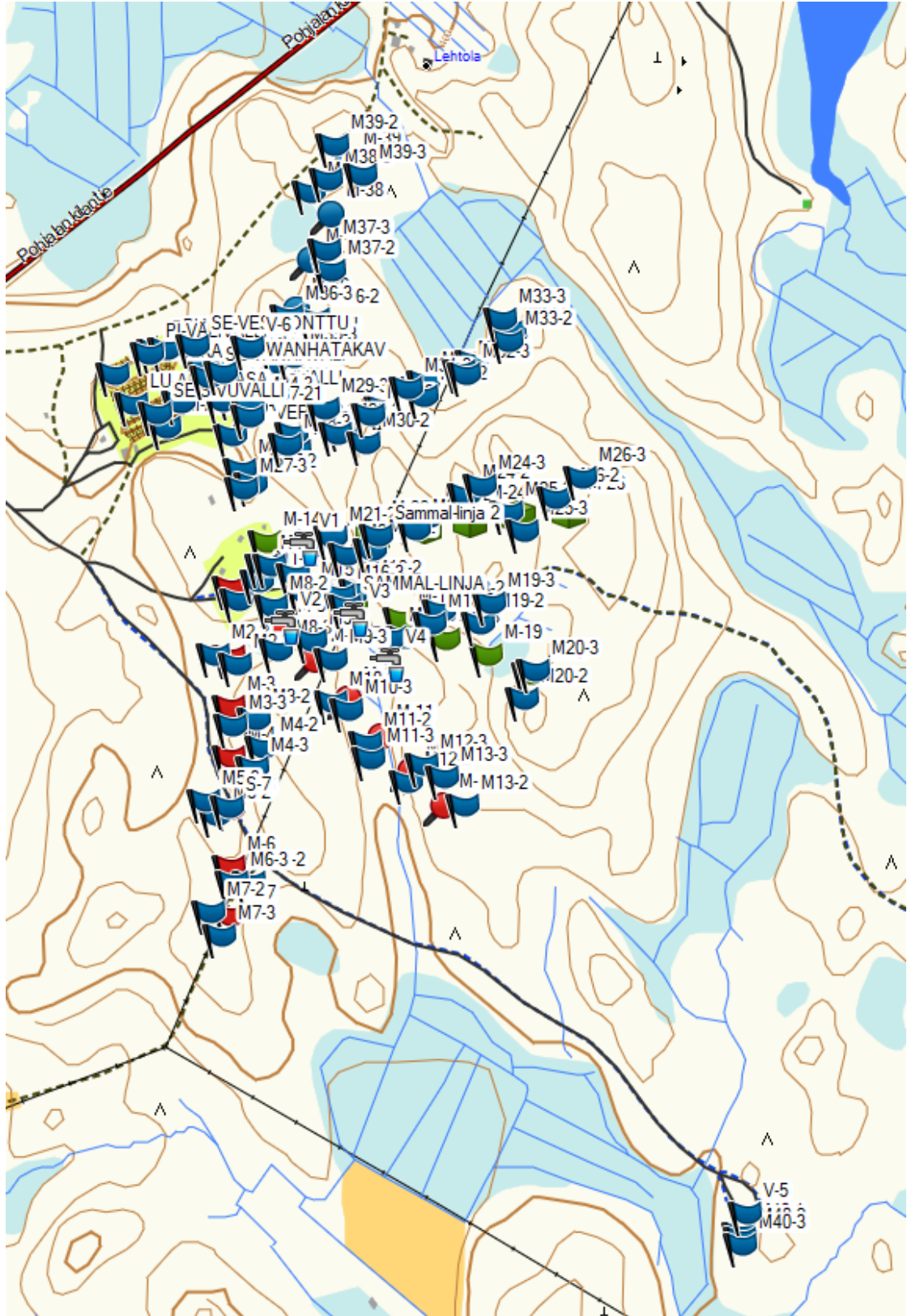
RUUTU M-1	Huomioitavaa ruudusta		
KOEKUOPPA	N-KOORD.	E-KOORD.	HUOM.
1.	61,35564	28,80006	
2.			
3.			

RUUTU M-2	Huomioitavaa ruudusta		
KOEKUOPPA	N-KOORD.	E-KOORD.	HUOM.
1.	61,35505	28,80006	
2.			
3.			

RUUTU M-3	Huomioitavaa ruudusta		
KOEKUOPPA	N-KOORD.	E-KOORD.	HUOM.
1.	61,35462	28,80006	
2.			
3.			

Kaikki alueen näyteenotto pisteet.

Huomioitavana oikeassa alakulmassa alue, josta otettiin haulikko-, vesi- sekä sedimentti-
verrokkinäytteet.



Näytteenottopisteiden koordinaatit

Haulikkoratojen (skeet ja trap) näytteenottoruutujen keskipisteet, sekä vesi- ja sedimentti-näytteenottopisteiden koordinaatit (EUREF-FIN/WGS84- koordinaattijärjestelmä). Koordinaatit hankittu Maanmittauslaitoksen kartoista sekä Garmin GPSMAP 64s- navigaattorista.

Maanäytteenottopisteet - Luodikko**Pienoiskiväärirata**

Näyte	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
PI-1,2,3	61,35769	28,79853
PI-4,5	61,35765	28,79841
PI-6,7	61,35748	28,79772
PI-8 (verrokki)	61,35770	28,79877

Luodikkorata

Näyte	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
LU-1,2,3,4	61,35756	28,79970
LU-5,6,7	61,35755	28,79952
LU-8,9,10	61,35722	28,79809
LU-11 (verrokki)	61,35771	28,80002

Hirvirata

Näyte	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
HI-1,2,3,4	61,35728	28,80012
HI-5,6,7	61,35725	28,79989
HI-8,9,10	61,35702	28,78877
HI-11 (verrokki)	61,35696	28,80006

Seisovan hirven rata

Näyte	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
SE-1,2	61,35714	28,79856
SE-3,4,5,6	61,35724	28,79904
SE-7	61,35745	28,79961
SE-8,9	61,35750	28,79988

Täytemaamonttu

Näyte	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
SE-10	61,35772	28,79934

Maanäytteenottopisteet - Haulikko

Linja 1 - Skeet etelään

Ruutukoodi	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
M-1	61,35564	28,80006
M-2	61,35505	28,80006
M-3	61,35462	28,80006
M-4	61,35419	28,80006
M-5	61,35374	28,80006
M-6	61,35325	28,80006
M-7	61,35283	28,80006

Linja 2 - Skeet kaakkoon

Ruutukoodi	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
M-8	61,35530	28,80106
M-9	61,35504	28,80172
M-10	61,35470	28,80239
M-11	61,35438	28,80306
M-12	61,35408	28,80364
M-13	61,35383	28,80402

Linja 3 - Skeet itään/kaakkoon

Ruutukoodi	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
M-14	61,35604	28,80077
M-15	61,35568	28,80162
M-16	61,35550	28,80253
M-17	61,35543	28,80345
M-18	61,35522	28,80450
M-19	61,35515	28,80523
M-20	61,35498	28,80622

Linja 4 - Skeet itään/koilliseen

Ruutukoodi	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
M-21	61,35604	28,80204
M-22	61,35613	28,80295
M-23	61,35625	28,80390
M-24	61,35629	28,80489
M-25	61,35638	28,80568
M-26	61,35634	28,60690

Näytepisteiden koordinaatit.

Linja 5 – Trap koilliseen

Ruutukoodi	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
M-27	61,35666	28,80029
M-28	61,35682	28,80138
M-29	61,35700	28,80241
M-30	61,35722	28,80307
M-31	61,35741	28,80398
M-32	61,35763	28,80505
M-33	61,35787	28,80561

Linja 6 – Trap pohjoiseen

Ruutukoodi	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
M-34	61,35722	28,80050
M-35	61,35761	28,80094
M-36	61,35805	28,80135
M-37	61,35847	28,80163
M-38	61,35886	28,80204
M-39	61,35931	28,80239

Verrokki

Näyte	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
M-40	61,35010	28,81030
	61,35006	28,80134
	61,34999	28,81034

Vesi- ja sedimenttinäytteiden näytteenottopisteet

Näyte	Koordinaatit (N)	Koordinaatit (E)
V-1 & S-1	61,356024	28,801518
V-2 & S-2	61,355350	28,801110
V-3 & S-3	61,355411	28,802514
V-4 & S-4	61,355011	28,803236
V-5 & S-5 Verrokki	61,35027	28,81045
V-6 & S-6	61,35771	28,80044
V-7 & S-7	61,35337	28,80004

Antimonipitoisuudet luodikkoradoilla

Pienoiskivääri (PI)				Luodikkorata (LU)				Hirvirata (HI)				Seisovan hirven rata (SE)			
	Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta
Taustavalli, vasen (1)	Pinta	40	13	Taustavalli, vasen (1)	Pinta	71	57	Taustavalli, vasen (1)	Pinta	58	13	Sivuvalli, vasen (1)	Pinta	25	6
	25 cm	23	4		25 cm	30	6		25 cm	31	6		25 cm	30	10
	50 cm	28	5		50 cm	25	1		50 cm	37	4		50 cm	34	12
Taustavalli, keski (2)	Pinta	41	5	Taustavalli, kesk. vas. (2)	Pinta	74	8	Taustavalli, kesk. vas. (2)	Pinta	53	9	Sivuvalli, oikea (2)	Pinta	27	-
	25 cm	23	9		25 cm	26	2		25 cm	90	12		25 cm	29	8
	50 cm	31	3		50 cm	34	11		50 cm	37	11		50 cm	31	-
Taustavalli, oikea (3)	Pinta	46	8	Taustavalli, kesk.oik. (3)	Pinta	38	7	Taustavalli, kesk.oik. (3)	Pinta	59	7	Täyttövalli, vasen (3)	Pinta	48	5
	25 cm	27	8		25 cm	25	4		25 cm	23	4		25 cm	34	4
	50 cm	29	3		50 cm	30	10		50 cm	30	4		50 cm	30	9
Välivalli, vasen (4)	Pinta	26	4	Taustavalli, oikea (4)	Pinta	67	21	Taustavalli, oikea (4)	Pinta	63	6	Täyttövalli, oikea (4)	Pinta	53	30
					25 cm	38	4		25 cm	31	5		25 cm	27	6
					50 cm	32	11		50 cm	26	7		50 cm	28	5
Välivalli, oikea (5)	Pinta	27	3	Välivalli, vasen (5)	Pinta	33	2	Välivalli, vasen (5)	Pinta	25	4	Täyttövallin edusta, vasen (5)	Pinta	<LOD	7
Ampupaikka, vasen (6)	Pinta	14	1	Välivalli, keski (6)	Pinta	30	3	Välivalli, keski (6)	Pinta	43	18	Täyttövallin edusta, oikea (6)	Pinta	22	5
Ampupaikka, oikea (7)	Pinta	29	11	Välivalli, oikea (7)	Pinta	25	7	Välivalli, oikea (7)	Pinta	23	5	Vanha välivalli (7)	Pinta	22	4
													25 cm	29	-
													50 cm	27	4
Verrokki (8)	Pinta	28	6	Ampupaikka, vasen (8)	Pinta	28	0	Ampupaikka, vasen (8)	Pinta	23	5	Takavalli, vasen (8)	Pinta	39	3
	25 cm	26	9										25 cm	33	11
	50 cm	25	15										50 cm	26	6
LOD = pitoisuus alittaa määrittämissä rajan	mg/kg	<11	6	Ampupaikka, keski (9)	Pinta	34	4	Ampupaikka, keski (9)	Pinta	23	2	Takavalli, oikea (9)	Pinta	26	4
													25 cm	32	8
													50 cm	72	5
Kynnysarvo	2	10	9	Ampupaikka, oikea (10)	Pinta	33	8	Ampupaikka, oikea (10)	Pinta	24	4	Monttu (10)	Pinta	<LOD	7
													25 cm	21	1
													50 cm	<LOD	3
Alempi ohjearvo	10	50	15	Verrokki (11)	Pinta	27	10	Verrokki (11)	Pinta	23	2				
					25 cm	30	2		25 cm	22	5				
					50 cm	18	0		50 cm	27	7				

Kuparipitoisuudet luodikkoradoilla

Pienoiskivääri (PI)				Luodikkorata (LU)				Hirvirata (HI)				Seisovan hirven rata (SE)					
	Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		
Taustavalli, vasen (1)	Pinta	31	2	Taustavalli, vasen (1)	Pinta	46	6	Taustavalli, vasen (1)	Pinta	275	12	Sivuvalli, vasen (1)	Pinta	28	7		
	25 cm	27	7		25 cm	26	3		25 cm	<LOD	-		25 cm	42	17		
	50 cm	<LOD	-		50 cm	20	2		50 cm	2622	4162		50 cm	<LOD	-		
Taustavalli, keski (2)	Pinta	28	1	Taustavalli, kesk. vas. (2)	Pinta	96	15	Taustavalli, kesk. vas. (2)	Pinta	178	61	Sivuvalli, oikea (2)	Pinta	27	4		
	25 cm	24	2		25 cm	19	5		25 cm	551	136		25 cm	24	19		
	50 cm	27	6		50 cm	27	11		50 cm	306	181		50 cm	26	61		
Taustavalli, oikea (3)	Pinta	34	9	Taustavalli, kesk. oik. (3)	Pinta	43	1	Taustavalli, kesk. oik. (3)	Pinta	215	21	Täyttövalli, vasen (3)	Pinta	78	4		
	25 cm	<LOD	-		25 cm	25	4		25 cm	31	7		25 cm	82	6		
	50 cm	128	205		50 cm	32	11		50 cm	<LOD	-		50 cm	30	2		
Välivalli, vasen (4)	Pinta	41	8	Taustavalli, oikea (4)	Pinta	63	12	Taustavalli, oikea (4)	Pinta	423	103	Täyttövalli, oikea (4)	Pinta	221	17		
					25 cm	58	33		25 cm	<LOD	-		25 cm	73	56		
					50 cm	37	8		50 cm	29	3		50 cm	27	7		
Välivalli, oikea (5)	Pinta	39	4	Välivalli, vasen (5)	Pinta	54	16	Välivalli, vasen (5)	Pinta	40	10	Täyttövallin edusta, vasen (5)	Pinta	32	82		
Amppupaikka, vasen (6)	Pinta	38	18	Välivalli, keski (6)	Pinta	44	4	Välivalli, keski (6)	Pinta	76	17	Täyttövallin edusta, oikea (6)	Pinta	40	21		
Amppupaikka, oikea (7)	Pinta	34	12	Välivalli, oikea (7)	Pinta	46	4	Välivalli, oikea (7)	Pinta	49	8	Vanha välivalli (7)	Pinta	47	4		
														25 cm	<LOD	5	
															50 cm	<LOD	9
Verrokki (8)	Pinta	27	11	Amppupaikka, vasen (8)	Pinta	50	19	Amppupaikka, vasen (8)	Pinta	29	3	Taka-valli, vasen (8)	Pinta	147	8		
	25 cm	<LOD	-						25 cm	28	-						
	50 cm	30	5						50 cm	23	-						
LOD = pitoisuus alittaa määrittysrajan	mg/kg			Amppupaikka, keski (9)	Pinta	52	2	Amppupaikka, keski (9)	Pinta	32	8	Taka-valli, oikea (9)	Pinta	97	33		
	Alle kynnyksen arvon	<100													25 cm	32	8
	Kynnyksen arvo	100													50 cm	72	5
Alempi ohjearvo	150			Amppupaikka, oikea (10)	Pinta	48	11	Amppupaikka, oikea (10)	Pinta	27	6	Monttu (10)	Pinta	24	64		
	Ylempi ohjearvo	200													25 cm	30	5
															50 cm	104	24
Verrokki (11)	Pinta	27	5	Verrokki (11)	Pinta	714	1191	Verrokki (11)	Pinta	714	1191						
	25 cm	29	3		25 cm	28	4										
	50 cm	29	5		50 cm	26	6										

Sinkkipitoisuudet luodikkoradoilla

Pienoiskivääri (PI)				Luodikkorata (LU)				Hirvirata (HI)				Seisovan hirven rata (SE)			
	Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta		Syvyys	mg/kg	Keskihaajonta
Taustavalli, vasen (1)	Pinta	42	1	Taustavalli, vasen (1)	Pinta	178	17	Taustavalli, vasen (1)	Pinta	69	3	Sivuvalli, vasen (1)	Pinta	33	6
	25 cm	26	10		25 cm	28	5		25 cm	34	10		25 cm	55	26
	50 cm	28	3		50 cm	<LOD	-		50 cm	241	302		50 cm	24	14
Taustavalli, keski (2)	Pinta	55	9	Taustavalli, keski vas. (2)	Pinta	426	28	Taustavalli, keski vas. (2)	Pinta	60	44	Sivuvalli, oikea (2)	Pinta	36	29
	25 cm	34	8		25 cm	<LOD	-		25 cm	84	10		25 cm	35	19
	50 cm	33	6		50 cm	<LOD	-		50 cm	63	19		50 cm	36	173
Taustavalli, oikea (3)	Pinta	50	2	Taustavalli, keski oik. (3)	Pinta	132	24	Taustavalli, keski oik. (3)	Pinta	56	13	Täyttövalli, vasen (3)	Pinta	38	4
	25 cm	54	11		25 cm	<LOD	-		25 cm	31	3		25 cm	44	8
	50 cm	57	30		50 cm	<LOD	-		50 cm	34	5		50 cm	32	1
Välivalli, vasen (4)	Pinta	100	14	Taustavalli, oikea (4)	Pinta	178	48	Taustavalli, oikea (4)	Pinta	92	25	Täyttövalli, oikea (4)	Pinta	84	10
	Pinta	100	14		25 cm	26	11		25 cm	38	10		25 cm	43	8
					50 cm	39	12		50 cm	35	6		50 cm	36	10
Välivalli, oikea (5)	Pinta	91	24	Välivalli, vasen (5)	Pinta	58	20	Välivalli, vasen (5)	Pinta	37	8	Täyttövallin edusta, vasen (5)	Pinta	101	31
Amputaipaikka, vasen (6)	Pinta	58	37	Välivalli, keski (6)	Pinta	80	15	Välivalli, keski (6)	Pinta	37	3	Täyttövallin edusta, oikea (6)	Pinta	62	5
Amputaipaikka, oikea (7)	Pinta	40	5	Välivalli, oikea (7)	Pinta	61	14	Välivalli, oikea (7)	Pinta	45	7	Vanha välivalli (7)	Pinta	35	11
					25 cm				25 cm				25 cm	36	30
					50 cm				50 cm				50 cm	36	23
Verrokki (8)	Pinta	40	1	Amputaipaikka, vasen (8)	Pinta	42	10	Amputaipaikka, vasen (8)	Pinta	38	4	Takaavalli, vasen (8)	Pinta	46	4
	25 cm	34	3						25 cm				25 cm	35	6
	50 cm	31	5						50 cm				50 cm	38	9
LOD = pitoisuus alittaa määritysrajan				Amputaipaikka, keski (9)	Pinta	42	10	Amputaipaikka, keski (9)	Pinta	50	1	Takaavalli, oikea (9)	Pinta	34	2
					25 cm				25 cm				25 cm	32	8
					50 cm				50 cm				50 cm	72	5
Alle kynnyksen arvo		<200		Amputaipaikka, oikea (10)	Pinta	45	7	Amputaipaikka, oikea (10)	Pinta	36	1	Monttu (10)	Pinta	136	9
		200			25 cm				25 cm				25 cm	50	6
		250			50 cm				50 cm				50 cm	224	11
Alempi ohjeavo		250		Verrokki (11)	Pinta	<LOD	3	Verrokki (11)	Pinta	155	215				
		400			25 cm	25	4		25 cm	38	10				
					50 cm	<LOD	-		50 cm	27	7				

LOD = pitoisuus alittaa määritysrajan

mg/kg

Alle kynnyksen arvo

<200

Kynnyksen arvo

200

Alempi ohjeavo

250

Ylempi ohjeavo

400

Luodikkoratojen näytteiden kuiva-aineen ja orgaanisen aineen pitoisuudet

Pienoiskivääri (PI)				Luodikkorata (LU)				Hirvirata (HI)				Seisovan hirven rata (SE)			
	Syvyys	Kuiva- aine, %	Org. aine, %		Sy- vyys	Kuiva- aine, %	Org. aine, %		Sy- vyys	Kuiva- aine, %	Org. aine, %		Sy- vyys	Kuiva- aine, %	Org. aine, %
Tausta- valli, vasen (1)	Pinta	96,9	1,22	Tausta- valli, va- sen (1)	Pinta	98,5	0,47	Tausta- valli, va- sen (1)	Pinta	98,8	0,75	Sivu- valli, va- sen (1)	Pinta	99,2	
	25 cm	97,5			25 cm	97,5			25 cm	98,0			25 cm	97,4	
	50 cm	97,4			50 cm	96,8			50 cm	95,8	0,59		50 cm	97,2	
Tausta- valli, keski (2)	Pinta	94,3		Tausta- valli, kesk. vas. (2)	Pinta	98,1		Tausta- valli, kesk. vas. (2)	Pinta	97,9		Sivu- valli, oi- kea (2)	Pinta	99,3	
	25 cm	95,6	1,56		25 cm	96,9			25 cm	95,0	1,16		25 cm	95,3	
	50 cm	94,9			50 cm	94,9			50 cm	96,8			50 cm	94,2	
Tausta- valli, oikea (3)	Pinta	94,5		Tausta- valli, kesk. oik. (3)	Pinta	96,6		Tausta- valli, kesk. oik. (3)	Pinta	98,6		Täyttö- valli, va- sen (3)	Pinta	97,2	
	25 cm	89,1			25 cm	95,1	0,43		25 cm	97,5			25 cm	96,7	0,85
	50 cm	92,1	2,29		50 cm	95,0	0,47		50 cm	97,4			50 cm	95,1	0,96
Välivalli, vasen (4)	Pinta			Tausta- valli, oi- kea (4)	Pinta	99,0		Tausta- valli, oi- kea (4)	Pinta	97,7		Täyttö- valli, oi- kea (4)	Pinta	97,2	1,25
	Pinta	99,7			25 cm	98,1			25 cm	97,5			25 cm	96,3	
					50 cm	97,8			50 cm	96,9			50 cm	96,1	
Välivalli, oikea (5)	Pinta	99,6		Välivalli, vasen (5)	Pinta	99,6		Välivalli, vasen (5)	Pinta	99,5		Täyttö- vallin edusta, vasen (5)	Pinta	83,9	
Am- puma- paikka, vasen (6)	Pinta	98,8		Välivalli, keski (6)	Pinta	99,4		Välivalli, keski (6)	Pinta	99,3		Täyttö- valin edusta, oikea (6)	Pinta	89,2	
Am- puma- paikka, oikea (7)	Pinta	99,3		Välivalli, oikea (7)	Pinta	98,8		Välivalli, oikea (7)	Pinta	99,3		Vanha välivalli (7)	Pinta	96,0	
									25 cm	94,8					
									50 cm	94,4					
Verrokki (8)	Pinta	99,2		Am- puma- paikka, vasen (8)	Pinta	99,2		Am- puma- paikka, vasen (8)	Pinta	88,4		Taka- valli, va- sen (8)	Pinta	99,4	
	25 cm	97,5			25 cm				25 cm	98,1					
	50 cm	96,2			50 cm				50 cm	94,1					
				Am- puma- paikka, keski (9)	Pinta	98,5		Am- puma- paikka, keski (9)	Pinta	98,1		Taka- valli, oi- kea (9)	Pinta	98,3	
			25 cm				25 cm		96,5						
			50 cm				50 cm		96,5						
				Am- puma- paikka, oikea (10)	Pinta	98,8		Am- puma- paikka, oikea (10)	Pinta	98,8		Monttu (10)	Pinta	76,2	
			25 cm				25 cm		85,8						
			50 cm				50 cm		63,2						
				Verrokki (11)	Pinta	93,9	0,83	Verrokki (11)	Pinta	98,9					
			25 cm		88,1	1,27	25 cm		90,5						
			50 cm		86,9	1,45	50 cm		94,3						

Haulikkoratojen lyijypitoisuudet

Ruutu	Syvyys	mg/kg	Keski-hajonta	Ruutu	Syvyys	mg/kg	Keski-hajonta	Ruutu	Syvyys	mg/kg	Keski-hajonta	Ruutu	Syvyys	mg/kg	Keski-hajonta
M-1	Pinta	610	126	M-11	Pinta	59	9	M-21	Pinta	20806	2025	M-31	Pinta	45	9
	10 cm	82	3		10 cm	200	149		10 cm	282	405		10 cm	36	7
	30 cm	20	1		30 cm	41	24		30 cm	37	8		30 cm	21	1
M-2	Pinta	2300	372	M-12	Pinta	45	10	M-22	Pinta	4396	4353	M-32	Pinta	303	204
	10 cm	596	828		10 cm	27	2		10 cm	10342	11321		10 cm	116	88
	30 cm	44	6		30 cm	23	1		30 cm	128	71		30 cm	21	5
M-3	Pinta	10742	6079	M-13	Pinta	53	13	M-23	Pinta	1198	1957	M-33	Pinta	68	12
	10 cm	199	113		10 cm	22	0		10 cm	48	18		10 cm	28	5
	30 cm	27	5		30 cm	22	2		30 cm	150	150		30 cm	22	1
M-4	Pinta	18010	5690	M-14	Pinta	189	42	M-24	Pinta	64	3	M-34	Pinta	14450	4372
	10 cm	353	106		10 cm	34	1		10 cm	31	4		10 cm	280	23
	30 cm	339	158		30 cm	29	9		30 cm	24	1		30 cm	31	6
M-5	Pinta	50	7	M-15	Pinta	207	100	M-25	Pinta	52	7	M-35	Pinta	1256	233
	10 cm	31	6		10 cm	23	1		10 cm	28	6		10 cm	471	345
	30 cm	21	3		30 cm	46	10		30 cm	20	3		30 cm	43	7
M-6	Pinta	46	17	M-16	Pinta	23697	10762	M-26	Pinta	48	19	M-36	Pinta	73	10
	10 cm	24	4		10 cm	645	536		10 cm	27	6		10 cm	24	1
	30 cm	20	2		30 cm	58	29		30 cm	22	7		30 cm	24	1
M-7	Pinta	54	2	M-17	Pinta	2951	950	M-27	Pinta	1479	678	M-37	Pinta	58	2
	10 cm	27	2		10 cm	37	7		10 cm	32	11		10 cm	28	3
	30 cm	24	3		30 cm	58	51		30 cm	72	77		30 cm	19	1
M-8	Pinta	5432	4263	M-18	Pinta	38	5	M-28	Pinta	22057	15643	M-38	Pinta	52	5
	10 cm	83	37		10 cm	37	6		10 cm	619	350		10 cm	32	8
	30 cm	26	3		30 cm	22	2		30 cm	47	18		30 cm	24	2
M-9	Pinta	9370	7286	M-19	Pinta	61	3	M-29	Pinta	15467	4219	M-39	Pinta	71	2
	10 cm	534	137		10 cm	24	2		10 cm	3782	1132		10 cm	24	2
	30 cm	81	21		30 cm	24	3		30 cm	28	6		30 cm	23	3
M-10	Pinta	826	318	M-20	Pinta	38	5	M-30	Pinta	13033	4993	M-40 Verrokki	Pinta	56	12
	10 cm	338	206		10 cm	33	2		10 cm	102	56		10 cm	26	2
	30 cm	33	5		30 cm	22	2		30 cm	24	1		30 cm	25	2

Haulikkoratojen antimoniipitoisuudet

Ruutu	Syvyys	mg/kg	Keski-hajonta	Ruutu	Syvyys	mg/kg	Keski-hajonta	Ruutu	Syvyys	mg/kg	Keski-hajonta	Ruutu	Syvyys	mg/kg	Keski-hajonta
M-1	Pinta	<LOD	-	M-11	Pinta	<LOD	-	M-21	Pinta	<LOD	-	M-31	Pinta	<LOD	-
	10 cm	12			10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	5		10 cm	<LOD	-
	30 cm	19	7		30 cm	<LOD	-		30 cm	22	11		30 cm	<LOD	-
M-2	Pinta	<LOD	-	M-12	Pinta	<LOD	-	M-22	Pinta	<LOD	-	M-32	Pinta	<LOD	-
	10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-		10 cm	15	3		10 cm	<LOD	-
	30 cm	19	1		30 cm	31	10		30 cm	<LOD	-		30 cm	<LOD	-
M-3	Pinta	<LOD	-	M-13	Pinta	<LOD	-	M-23	Pinta	<LOD	-	M-33	Pinta	<LOD	-
	10 cm	14	5		10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-
	30 cm	17	4		30 cm	16	4		30 cm	23	5		30 cm	24	6
M-4	Pinta	58	-	M-14	Pinta	22	1	M-24	Pinta	<LOD	-	M-34	Pinta	<LOD	-
	10 cm	<LOD	-		10 cm	29	7		10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-
	30 cm	17	2		30 cm	<LOD	2		30 cm	12	-		30 cm	<LOD	-
M-5	Pinta	<LOD	-	M-15	Pinta	<LOD	-	M-25	Pinta	<LOD	-	M-35	Pinta	<LOD	-
	10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	1		10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-
	30 cm	<LOD	2		30 cm	18	5		30 cm	16	3		30 cm	15	2
M-6	Pinta	<LOD	-	M-16	Pinta	<LOD	-	M-26	Pinta	<LOD	-	M-36	Pinta	<LOD	-
	10 cm	18	12		10 cm	<LOD	-		10 cm	13	-		10 cm	<LOD	-
	30 cm	17	4		30 cm	<LOD	-		30 cm	24	7		30 cm	12	-
M-7	Pinta	<LOD	-	M-17	Pinta	<LOD	-	M-27	Pinta	<LOD	-	M-37	Pinta	<LOD	-
	10 cm	<LOD	-		10 cm	15	3		10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-
	30 cm	17	4		30 cm	14	1		30 cm	<LOD	-		30 cm	13	3
M-8	Pinta	<LOD	-	M-18	Pinta	<LOD	-	M-28	Pinta	<LOD	-	M-38	Pinta	<LOD	-
	10 cm	13	-		10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-
	30 cm	13	-		30 cm	<LOD	-		30 cm	12	-		30 cm	14	-
M-9	Pinta	<LOD	-	M-19	Pinta	<LOD	-	M-29	Pinta	<LOD	-	M-39	Pinta	<LOD	-
	10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	3		10 cm	<LOD	-		10 cm	12	-
	30 cm	28	13		30 cm	13	0		30 cm	12	-		30 cm	17	7
M-10	Pinta	<LOD	-	M-20	Pinta	<LOD	-	M-30	Pinta	<LOD	-	M-40 Ver- rokki	Pinta	<LOD	-
	10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-		10 cm	<LOD	-
	30 cm	13	2		30 cm	13	3		30 cm	15	2		30 cm	20	9

Haulikkoratojen näytteiden kuiva-aineen ja orgaanisen aineen pitoisuudet

Ruutu	Syvyys	Kuiva-aine, %	Org. aine, %	Ruutu	Syvyys	Kuiva-aine, %	Org. aine, %	Ruutu	Syvyys	Kuiva-aine, %	Org. aine, %	Ruutu	Syvyys	Kuiva-aine, %	Org. aine, %
M-1	Pinta	84,6	14,8	M-11	Pinta	27,3		M-21	Pinta	49,8		M-31	Pinta	44,2	
	10 cm	80,4	7,3		10 cm	55,4			10 cm	65,4			10 cm	70,0	
	30 cm	89,8	2,3		30 cm	71,6			30 cm	74,9			30 cm	66,6	
M-2	Pinta	31,2		M-12	Pinta	45,4		M-22	Pinta	45,0	49,9	M-32	Pinta	27,3	
	10 cm	51,0			10 cm	65,3			10 cm	59,5	11,9		10 cm	35,9	
	30 cm	72,8			30 cm	70,8			30 cm	68,7	5,8		30 cm	47,0	
M-3	Pinta	66,0		M-13	Pinta	40,2		M-23	Pinta	43,9		M-33	Pinta	32,4	
	10 cm	78,7			10 cm	68,5			10 cm	79,5			10 cm	61,6	
	30 cm	87,4			30 cm	71,1			30 cm	83,1			30 cm	73,3	
M-4	Pinta	66,2	65,0	M-14	Pinta	95,5	4,6	M-24	Pinta	36,1		M-34	Pinta	46,9	29,1
	10 cm	80,6	7,0		10 cm	95,6	1,5		10 cm	74,1			10 cm	69,3	9,4
	30 cm	82,5	4,7		30 cm	93,9	1,5		30 cm	98,4			30 cm	80,5	
M-5	Pinta	61,4		M-15	Pinta	75,9		M-25	Pinta	50,2		M-35	Pinta	50,9	
	10 cm	64,2			10 cm	73,9			10 cm	75,6			10 cm	69,3	
	30 cm	72,2			30 cm	78,5			30 cm	65,3			30 cm	75,0	
M-6	Pinta	49,8		M-16	Pinta	46,5	44,6	M-26	Pinta	51,4		M-36	Pinta	49,7	
	10 cm	72,1			10 cm	64,2	10,1		10 cm	64,9			10 cm	81,0	
	30 cm	72,4			30 cm	72,3	4,2		30 cm	73,3			30 cm	83,5	
M-7	Pinta	56,0		M-17	Pinta	54,6		M-27	Pinta	77,1	42,0	M-37	Pinta	43,8	
	10 cm	77,0			10 cm	72,1			10 cm	64,9	8,7		10 cm	75,0	
	30 cm	81,2			30 cm	72,3			30 cm	81,0	4,1		30 cm	77,8	
M-8	Pinta	63,3	37,2	M-18	Pinta	58,5		M-28	Pinta	37,7		M-38	Pinta	57,8	
	10 cm	72,2	5,0		10 cm	77,6			10 cm	58,6			10 cm	67,9	
	30 cm	69,0	7,4		30 cm	81,6			30 cm	65,1			30 cm	72,5	
M-9	Pinta	42,8	81,9	M-19	Pinta	55,2		M-29	Pinta	46,5		M-39	Pinta	48,5	
	10 cm	69,9	11,6		10 cm	74,9			10 cm	73,9			10 cm	78,4	
	30 cm	76,8	4,2		30 cm	78,8			30 cm	77,9			30 cm	82,3	
M-10	Pinta	43,3		M-20	Pinta	39,8		M-30	Pinta	37,7	75,2	M-40 Verrokki	Pinta	56,2	24,8
	10 cm	68,8			10 cm	71,5			10 cm	83,1	6,4		10 cm	67,0	10,8
	30 cm	72,9			30 cm	76,9			30 cm	85,5	2,8		30 cm	71,8	5,2