



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Energia- ja ympäristötekniikka

Pohjavesialueilla sijaitsevien ampumaratojen haitta-aineiden kulkeutumisriski

Ari-Pekka Kallinen

Opinnäytetyö, Syyskuu 2025

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Syyskuu 2025
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Ari-Pekka Kallinen

Nimeke
Pohjavesialueilla sijaitsevien ampumaratojen haitta-aineiden kulkeutumisriski

Toimeksiantaja
Suomen Ampumaurheiluliitto

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan ampumaratojen ympäristövaikutuksia ja haitta-aineiden kulkeutumisriskiä erityisesti pohjavesialueilla. Tavoitteena on tukea riskiperusteista tarkastelutapaa, jossa suoja-toimet perustuvat mitattuun tai mallinnettuun tietoon.

Tutkimuksessa hyödynnettiin pohjavesialueilla sijaitsevilta ampumaradoilta kerättyjä maaperä- ja pohjavesinäytteitä 2000-luvulta lähtien. Näistä poimittiin lyijyn, arseenin, antimonin ja kuparin haitta-ainepitoisuuksia. Aineiston perusteella tehtiin kulkeutumisaikalaskelmat, joissa arvioitiin haitta-aineiden liukoisuuden ja kulkeutumisen vaikutuksia pohjaveden laatuun. Laskelmien mukaan haitta-aineiden kulkeutuminen pintamaasta pohjaveteen on erittäin hidasta, ja keskimääräiset kulkeutumisajat vaihtelevat tuhansista vuosista satoihin tuhansiin vuosiin.

Pohjavesien tutkimustulokset osoittavat, että pohjavesien yleinen laatu tutkituilla alueilla on hyvä, eikä merkittävää riskiä pohjavesien pilaantumisesta ole. Talousveden laatuvaatimusten raja-arvon ylityksiä havaittiin vain lyijyn ja arseenin kohdalla, mutta nämä esiintyivät vain hyvin rajallisessa määrässä näytteitä, ja pitoisuudet pysyivät pääsääntöisesti maltillisella tasolla. Tulosten perusteella voidaan todeta, että riskiperusteinen lähestymistapa mahdollistaa toimenpiteiden kohdentamisen tehokkaammin. Kaikilla kohteilla ei tarvita samoja suoja-toimia.

Kieli
suomi

Sivuja 45
Liitteet 2
Liitesivumäärä 17

Asiasanat
ampumaradat, maaperä, pohjavesi, kulkeutuminen



THESIS
September 2025
Degree Programme in Energy and Environmental Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Ari-Pekka Kallinen

Title
Transport Risk of Contaminants from Shooting Ranges in Groundwater Areas

Commissioned by
Finnish Shooting Sport Federation

Abstract

This thesis examines the environmental impacts of shooting ranges and the risk of contaminant transport, particularly in groundwater areas. The objective was to support a risk-based approach, in which protective measures were based on measured or modelled information.

This research utilized soil and groundwater samples collected from shooting ranges located in groundwater areas from the 2000s onward. From these, contaminant concentrations of lead, arsenic, antimony, and copper were extracted. Based on the data, transport time calculations were performed to assess the effects of contaminant solubility and transport on groundwater quality. According to the calculations, the transport of contaminants from the surface soil to groundwater was extremely slow, with average transport times ranging from thousands to hundreds of thousands of years.

The groundwater research results indicated that the overall quality of groundwater in the studied areas was good, and there was no significant risk of groundwater contamination. Exceedances of the limit values for drinking water quality were observed only for lead and arsenic, but these occurred in a very limited number of samples, and the concentrations generally remained at moderate levels. In conclusion, the results suggest that a risk-based approach enables more effective targeting of measures, as uniform protective actions are not necessary at all sites.

Language
Finnish

Pages 45
Appendices 2
Pages of Appendices 17

Keywords
shooting ranges, soil, groundwater, contaminants

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Tutkimuksen tavoite ja toimeksiantaja	6
2.1	Tutkimuksen tavoite	6
2.2	Toimeksiantaja.....	7
2.2.1	Suomen Ampumaurheiluliitto	7
2.2.2	Ampumaratojen ympäristölupahanke	7
3	Pohjavesialueet	8
3.1	Pohjaveden merkitys ja käyttö	8
3.1.1	Pohjavesialueiden luokittelu.....	9
3.2	Pohjavesien laadun sääntely	9
4	Ampumaradat	10
4.1	Ampumaradat ja -harrastus	10
4.2	Kivääri- ja pistooliradat	12
4.3	Haulikkoradat.....	12
4.4	Haulikko- ja luotiratojen yhdistelmät	13
5	Lainsäädäntö ampumaradoilla.....	15
5.1	Ampumaratoja koskeva lainsäädäntö	15
5.2	Lainsäädäntöhankkeet ympäristölupaprosessien sujuvoittamiseksi ..	16
6	Haitta-aineet ja tutkimukset ampumaradoilla	18
6.1	Haitta-aineet ja niiden kulkeutuminen	18
6.1.1	Lyijy (Pb).....	21
6.1.2	Arseeni (As).....	21
6.1.3	Antimoni (Sb).....	22
6.1.4	Kupari (Cu)	22
6.2	Tutkimukset ampumaradoilla	23
6.2.1	Ympäristöolosuhteiden tutkimukset	25
7	Laskennat ja tiedonkeruu.....	26
7.1	Kulkeutumisaikalaskennan perusteet	26
7.1.1	Laskentakaavat ja -menetelmät	27
7.2	Tiedonkeruu ja sen hyödyntäminen	30
8	Tutkimustulokset.....	31
8.1	Kulkeutumisajat	31
8.2	Pohjavesien pitoisuudet.....	34
9	Tulosten tarkastelu.....	37
9.1	Kulkeutumisaikalaskennat	37
9.2	Pohjavesien pitoisuudet.....	38
9.3	Epävarmuustekijät	38
10	Pohdinta.....	40
10.1	Johtopäätökset	40
10.2	Loppusanat.....	42
	Lähteet.....	43

Liitteet

- Liite 1 Ratakohtaiset pitoisuudet, K_d -arvot ja kulkeutumisajat
- Liite 2 Pohjavesien haitta-ainepitoisuudet

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ulkona sijaitsevien ampumaratojen sääntelyyn liittyviä velvoitteita sekä pohjavesialueisiin liittyviä ympäristöriskejä ja lupaprosessien haasteita. Tutkimus on toteutettu Suomen Ampumaurheiluliiton toimeksiannosta osana meneillään olevaa ampumaratojen ympäristölupahanketta.

Ympäristöluvasta ja sen tarpeesta säädetään ympäristönsuojelulaissa ja -asetuksessa, ja käytännössä kaikki ulkoradat tarvitsevat toiminnalleen luvan. Suomessa toimii arviolta noin 700 ampumarataa, mutta vain osalla on voimassa oleva ympäristölupa, ja monilla radoilla lupaprosessi on vielä kesken. Tilanteesta tekee haastavan se, että ampumaradoista hieman yli viidennes sijaitsee alueilla, jotka ovat luokiteltu pohjavesialueiksi. Pohjaveden suojeleminen on erityisen tärkeää, koska se täyttää maa- ja kallioperän huokostilat ja muodostaa merkittävän osan juomavedestä. Pohjavesiesiintymät ovat usein haavoittuvia, sillä ne sijaitsevat lähellä maanpintaa ja läpäisevä maaperä altistaa ne ympäristövaurioille (Suomen Vesiyhdistys 2005, 8, 12, 158). Siksi haitta-aineiden käyttäytymisen ymmärtäminen näissä olosuhteissa on keskeistä kestävän ja vastuullisen ampumaratatoiminnan varmistamiseksi.

Ampumaurheiluliiton mukaan ampumaratojen määrä on vähentynyt merkittävästi 1990-luvulta alkaen, osa syynä tähän on ympäristövaikutuksiin liittyvä tietämättömyys ja osaamisen puute, sekä vanhentunut ja tulkinnanvarainen lainsäädäntö. Sen soveltamista ohjaavat, oikeudellisesti sitomattomat ja keskenään ristiriitaiset oppaat vaikeuttavat ympäristölupaprosesseja merkittävästi. Käytännössä tämä näkyy vaadittavien selvitysten määrässä ja lupamääräysten kohtuuttomuutena, mikä aiheuttaa toiminnanharjoittajille huomattavia kustannuksia - usein sellaisia, joihin ei ole taloudellisia resursseja. Pahimmillaan luvan saaminen voi estyä kokonaan, vaikka taustalla olisi perusteettoman ankara arvio toiminnan aiheuttamista ympäristöriskeistä. (Suomen ampumaurheiluliitto 2023.)

2 Tutkimuksen tavoite ja toimeksiantaja

2.1 Tutkimuksen tavoite

Päätavoitteena on pohjavesien haitta-ainepitoisuusaineiston kokoaminen yhteen ampumaratametallien osalta 2000-luvulta. Tutkimuksessa selvitetään keskeisten haitta-aineiden kuten lyijyn (Pb), arseenin (As), antimoinin (Sb) ja kuparin (Cu) laskennallisia kulkeutumisaikoja maaperässä pohjavesialueilla sijaitsevilla ampumaradoilla. Tutkimuksen laajempaan tavoitteeseen on tukea ampumaratojen ympäristöasioiden hallintaa tuottamalla laskennallisesti perusteltua tietoa haitta-aineiden käyttäytymisestä maaperässä. Tällainen tieto voi osaltaan parantaa viranomaispäätösten laatua ja ennakoitavuutta sekä helpottaa toiminnanharjoittajien mahdollisuuksia täyttää lainsäädännön ja viranomaisohjeistusten vaatimuksia kohtuullisin kustannuksin.

Tutkimus voi auttaa kehittämään tapoja, joilla ampumaratojen ympäristövaikutuksia voidaan arvioida riskiperusteisesti. Arviointi nojaa mitattuun tai mallinnettuun tietoon pelkän varovaisuusperiaatteen sijaan, mikä mahdollistaa haitallisten aineiden torjunnan kohdistamisen oikeisiin paikkoihin. Näin voidaan välttää tarpeettoman tiukkoja tai ylimitoitettuja ratkaisuja. Tutkimus voi toimia myös pohjana jatkotutkimuksille ja valtakunnallisille ohjeille, joilla ampumaratojen ympäristölupakäytäntöjä voidaan yhdenmukaistaa. Samalla se vahvistaa luottamusta siihen, että radat ovat ympäristön kannalta turvallisia. Tämä voi helpottaa uusien ampumaratojen rakentamista ja tukea vanhojen ratojen toiminnan jatkumista, myös pohjavesialueilla, joilla vaatimukset ovat tiukimmat.

2.2 Toimeksiantaja

2.2.1 Suomen Ampumaurheiluliitto

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Suomen Ampumaurheiluliitto (SAL). SAL on yksi Suomen vanhimmista ja menestyksekkäimmistä urheilujärjestöistä. Liittoon kuuluu noin 300 jäsenyhdistystä, joissa on yhteensä noin 30 000 harrastajaa. (Suomen Ampumaurheiluliitto 2025.)

Ampumaurheiluliiton tavoitteena on edistää ja kehittää ampumaurheilua Suomessa sekä vaikuttaa ja osallistua kansainväliseen ampumaurheilutoimintaan. Suomen Ampumaurheiluliitto on Kansainvälisen Ampumaurheiluliiton (ISSF) jäsen. Lisäksi liitto kuuluu Euroopan (ESC) ja Pohjoismaiden (NSR) ampujainliittoihin sekä useisiin kansainvälisiin lajiliittoihin, jotka kattavat muun muassa haulikko- ja metsästysammunnan, mustaruuti-, siluetti-, practical- ja kasa-ammunnan. (Suomen Ampumaurheiluliitto 2025.)

2.2.2 Ampumaratojen ympäristölupahanke

Ampumaratojen ympäristölupahanke käynnistyi vuonna 2020, kun havaittiin, että uuden ympäristönsuojelulain myötä ampumaratojen ympäristölupaprosessit ovat aiheuttaneet haasteita monien ratojen toiminnalle. Tavoitteena oli luoda asiantuntijavetoinen, keskitetty ja järjestelmällisesti etenevä palvelu, joka säästää kaikkien osapuolten resursseja ja helpottaa myös lupa-asioista vastaavien viranomaisten työtä. Hankkeessa ovat mukana seuraavat toimijat: Suomen Ampumaurheiluliitto, Suomen Metsästäjäliitto, Suomen Riistakeskus, Reserviläisliitto, Suomen Reserviupseeriliitto sekä Suomen Ampumahiihtoliitto. Hanketta rahoittavat Maa- ja metsätalousministeriö, Urlus-säätiö sekä Maanpuolustuksen kannatussäätiö. Hankkeen nykyinen toimikausi kestää 15.11.2026 saakka. (Suomen Ampumaurheiluliitto 2025.)

Ampumaratojen ympäristölupahankkeen keskiössä on ympäristö- ja muutoslupien hakeminen, joka kattaa sekä olemassa olevien ampumaratojen että uusien ratojen perustamisen. Lisäksi hanke on auttanut lupaehtojen täyttämässä, maa-alueiden hankinnassa, rahoituksen hakemisessa sekä muissa toiminnan turvaamiseen liittyvissä asioissa. Tavoitteena on edistää ampumaratojen toimintaa ja kehitystä ympäristölupien osalta. (Suomen Ampumaurheiluliitto 2025.)

Vuonna 2022 aloitettu työ suurempien muutosten saamiseksi ampumaratoja koskevassa sääntelyssä tulee jatkumaan entistä vahvemmin vuosina 2024–2026. Esitetyt muutokset lainsäädännössä ja luvissa tähtäävät siihen, että ampumaratojen ympäristölupahankkeen työkenttä selkeytyisi ja ympäristöarviointi yhdenmukaistuisi ja nopeutuisi. Tämä mahdollistaisi objektiivisen ja ennakoitavan lupaprosessin, joka tukee ampumaratojen sujuvaa toimintaa. Hankkeessa jatketaan myös vaikuttamistyötä, erityisesti Euroopan komission pyrkimysten estämiseksi rajoittaa lyijyammusten käyttöä ampumaradoilla. Tavoitteena on varmistaa, ettei tällaiset rajoitukset etene, mikä voisi vaikuttaa merkittävästi ampumaratojen toimintaedellytyksiin. (Suomen Ampumaurheiluliitto 2025.)

3 Pohjavesialueet

3.1 Pohjaveden merkitys ja käyttö

Pohjavesialue on maaperän tai kallion osa, jossa on merkittävä määrä vettä vedenhankintaan tai ekosysteemin toimintaan. Pohjavesi syntyy, kun sade- ja sulamisvesi imeytyy maahan ja kerääntyy pohjavesimuodostumaan.

Pohjaveden muodostumisalue tarkoittaa sitä osaa pohjavesialueesta, jossa vesi imeytyy maaperään erityisen hyvin. Tällaisella alueella maan vedenläpäisevyys maanpinnan ja pohjavedenpinnan välillä on vähintään hienohiekan tasoa.

Muodostumisalueeseen sisältyvät myös ne kallio- ja moreenialueet, jotka ovat

suoraan yhteydessä pohjavesialueeseen ja joilta pohjavettä kertyy alueelle merkittävästi lisää. (Suomen ympäristökeskus 2022.)

Suomen ympäristökeskuksen mukaan pohjavettä hyödynnetään laajasti talousvetenä sekä vesihuoltolaitosten raakavesilähteenä. Pohjaveden käyttö on yleistä, koska sen laatu on yleensä parempi kuin pintavedellä, ja sen käsittely vaatii vähemmän toimenpiteitä. Vesihuoltolaitosten jakamasta talousvedestä noin 65 % on peräisin pohjavedestä. (Suomen ympäristökeskus 2022.)

3.1.1 Pohjavesialueiden luokittelu

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY-keskukset) luokittelevat pohjavesialueet sen mukaan, miten hyvin ne soveltuvat veden hankintaan, ja mahdollisen suojelutarpeen mukaan (Suomen ympäristökeskus 2022).

I-luokan pohjavesialueisiin kuuluvat ne alueet, joiden vettä käytetään tai on tarkoitus käyttää yhdyskunnan talousveden lähteenä. Tämä tarkoittaa tilanteita, joissa vettä otetaan vähintään keskimäärin 10 kuutiometriä vuorokaudessa tai vettä toimitetaan yli 50 henkilön tarpeisiin.

II-luokan pohjavesialueet ovat muita alueita, jotka veden määrän ja laadun puolesta soveltuvat edellä mainittuun käyttöön, vaikka niitä ei tällä hetkellä hyödynnetä vedenhankinnassa.

E-luokan pohjavesialueet ovat sellaisia, joissa pohjaveden tila vaikuttaa suoraan johonkin pintavesi- tai maaekosysteemiin, eli ekosysteemi on suoraan riippuvainen pohjavedestä. (Suomen ympäristökeskus 2022.)

3.2 Pohjavesien laadun sääntely

Talousveden ja pohjaveden laatua ohjaavat sekä talousveden laatuvaatimukset että vesienhoidon järjestämistä koskevat ympäristölaatunormit. Säädöksissä määritellään haitallisten aineiden enimmäispitoisuudet, joiden tarkoituksena on turvata veden terveydellinen laatu sekä ehkäistä ympäristölle ja vedenjakelulle

aiheutuvia haittoja. Taulukossa 1 esitetään keskeisten haitta-aineiden – lyijyn, arseenin, antimonin ja kuparin – raja-arvot kummastakin säädöksestä.

Aine	Ympäristölaatu­normit (µg/l)	Talou­veden laatu­vaatimukset (µg/l)
Lyijy	5	5
Antimoni	2,5	10
Arseeni	5	10
Kupari	20	2000

Taulukko 1. Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen talousveden laatuvaatimukset (2/2023) ja vesienhoidon järjestämisestä annetun valtioneuvosten asetuksen (1040/2006) määritetyt ympäristölaatu­normit pohjavesille.

Talou­veden tulee myös ominaisuuksiltaan olla sellaista, ettei sen käyttö aiheuta putkistojen tai vesilaitteiden kulumista eikä haitallisten kerrostumien muodostumista (Sosiaali- ja terveysministeriö 2023).

4 Ampumaradat

4.1 Ampumaradat ja -harrastus

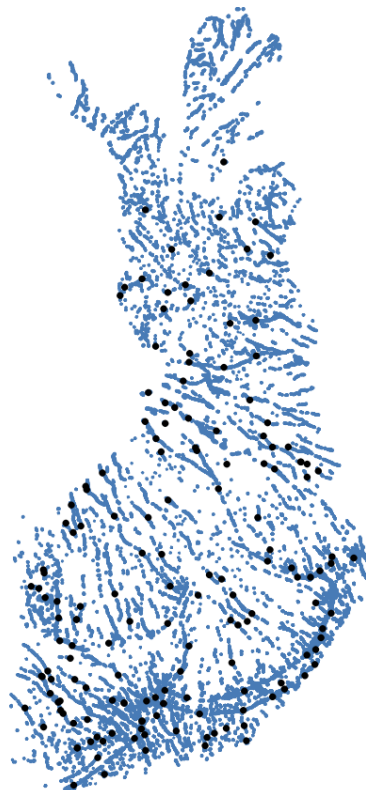
Ampumarata on alue tai tila, jossa on tarkasti määritellyt paikat ja suunnat ampumiselle. Se on suunniteltu erityisesti ampumarjoittelua ja kilpailuja varten. Ampumaradan koko ja siellä käytettävät laitteet riippuvat siitä, millaisilla aseilla siellä on tarkoitus ampua. (Suomen Metsästäjäliitto 2024.)

Ampumaratoja on tällä hetkellä hieman yli 700, joista pohjavesialueilla sijaitsevia on noin 160 (Ampumaratojen ympäristölupahanke 2025).

Ampumaratojen määrä on laskenut 1990-luvulta todella paljon, jolloin ratoja oli vielä noin 2000 (Naumanen ym. 2002, 13).



Kuva 1. Haulikko- ja kivääriratojen sijainnit kartalla (Pelkonen 2024).



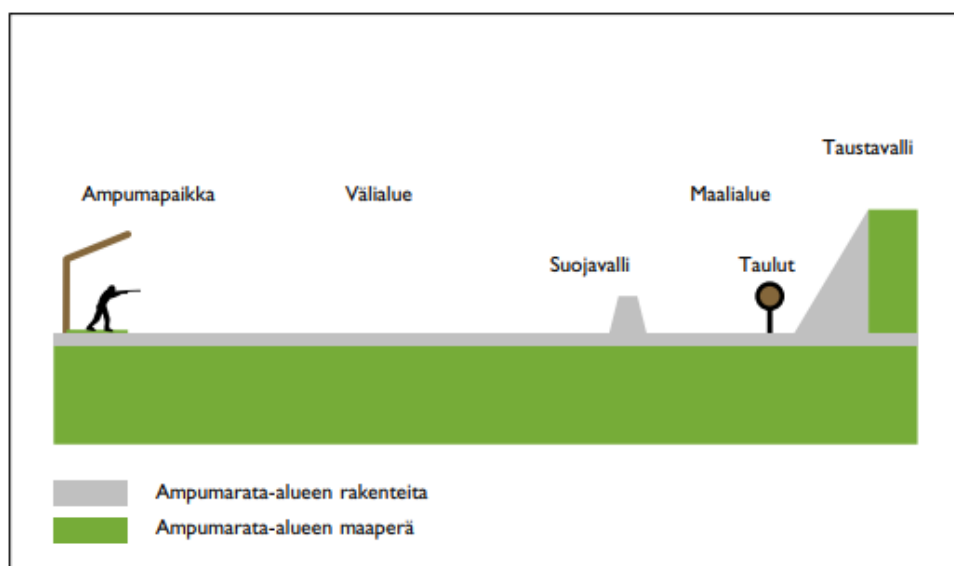
Kuva 2. Pohjavesialueilla sijaitsevat ampumaradat kartalla.

Ampumaratojen tarkoituksena on mahdollistaa ampumaharjoittelu valvotusti ja asianmukaisessa ympäristössä. Ammuntaa voidaan harrastaa monissa muodoissa: huippu-urheiluna, virkistysmuotona, metsästyksen harjoitteluna tai SRVA-toiminnan (suurriistavirka-apu) puitteissa, sekä lisäksi se on reserviläistoiminnan suosituin laji. Suurinta osaa ampumaradoista ylläpitävät ampuma- ja metsästyssseurat. Puolustusvoimat on merkittävin yksittäinen toiminnanharjoittaja. Myös viranomaisilla, kuten poliisilla, rajavartiolaitoksella sekä tullilla on vähäinen määrä omia ampumaratoja, ja suurimman osan harjoitteluistaan he toteuttavat siviiliampumaradoilla. (Suomen Ampumaurheiluliitto 2024.)

Ampumataito on tärkeä myös ammattilaisille, kuten puolustusvoimien, tullin, vankeinhoitolaitoksen, rajavartiolaitoksen ja lentokenttien eläintorjunnasta vastaavalle henkilökunnalle sekä poliisille. Näin ollen ampumaharrastus edistää merkittävästi kokonaisturvallisuutta ja yleistä etua. (Suomen Ampumaurheiluliitto 2024.)

4.2 Kivääri- ja pistooliradat

Kivääri- ja pistooliammunnassa käytetään luotipatruunoita, joilla ammutaan joko paikallaan oleviin tai liikkuviin tauluihin. Ammukset pysähtyvät taustarakenteisiin, kuten luotiloukkuihin tai penkkaan, jotka sijaitsevat taulujen takana useiden kymmenien metrien levyisellä alueella. (Attila, Pyy, Jylhä & Oivanen 2023, 17.)

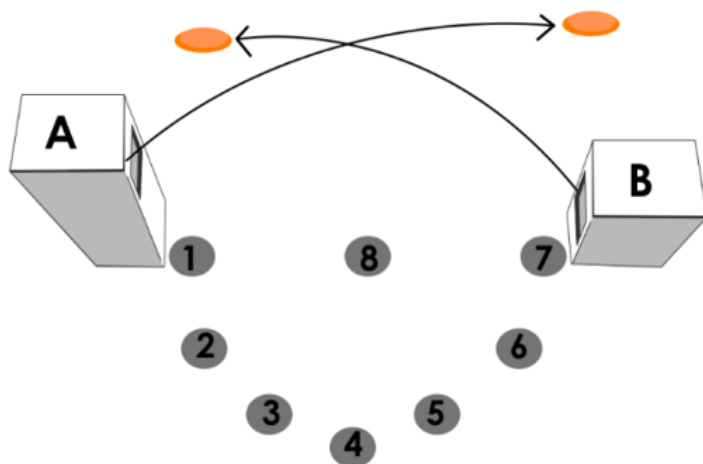


Kuva 3. Kivääri- ja pistooliradan rakenne (AMPY-työryhmä 2012).

Ratojen pituudet vaihtelevat lajin mukaan tavallisesti 25–300 metrin välillä. Siluettiammunnassa matka voi olla jopa 500 metriä, ja kasa-ammunnassa käytettävät radat voivat olla vielä tätäkin pidempiä. (Attila ym. 2023, 17.)

4.3 Haulikkoradat

Haulikkoammunnassa kohteina toimivat ilmassa lentävät kiekot. Ne laukaistaan ilmaan heittimestä, jotka lajista riippuen sijaitsevat joko torneissa tai maan tasalla. Heittimien avulla kiekkojen lentorataa, kuten korkeutta ja kulmaa, voidaan vaihdella. Suorituksen aikana ampuja siirtyy eri ampumapaikoille: skeet-radalla niitä on kahdeksan ja trap-radalla viisi. Haulikolla tehokas ampumaetäisyys on käytännössä alle 50 metriä. (Attila ym. 2023, 22.)



Kuva 4. Skeet-radan rakenne (Hämäläinen 2018).



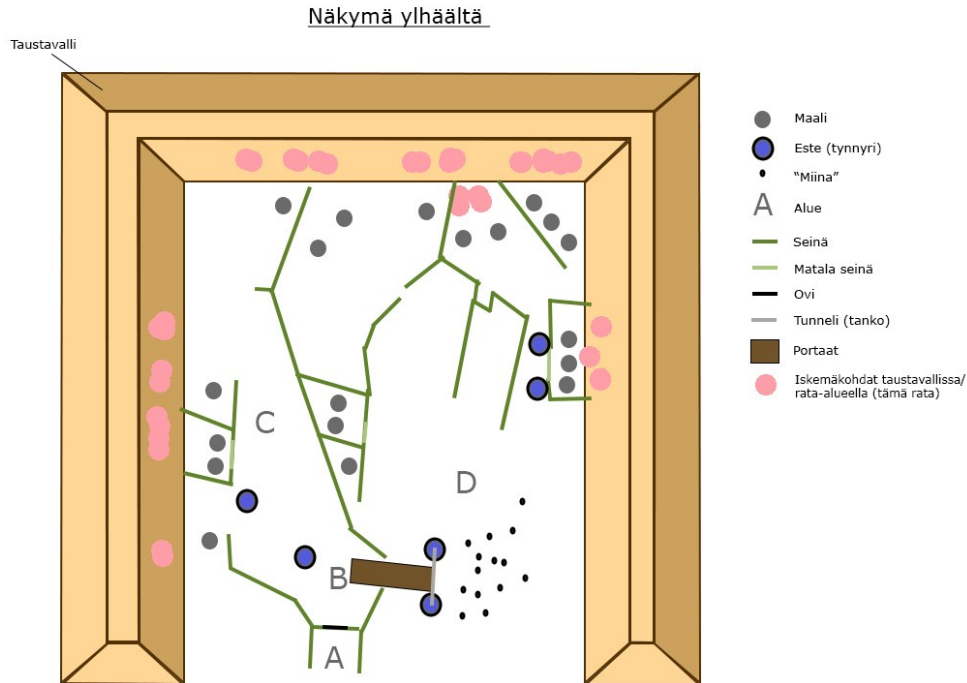
Kuva 5. Trap-radan rakenne (Kankare 2024).

Haulikkoradat voidaan jakaa kahteen osaan: ampumapaikkoihin, joissa on tornit ja heittimet, sekä maalialueeseen, johon kiekot ja haulit putoavat. Koska radoilla ei yleensä ole taustarakenteita pysäyttämässä ammuntaa, kiekot ja erityisesti haulit leviävät laajalle alueelle ympäröivään maastoon. (Attila ym. 2023, 22.)

4.4 Haulikko- ja luotiratojen yhdistelmät

Sovellettu reserviläisammunta (SRA) on toiminnallinen ampumalaji, jonka suosio on kasvanut erityisesti nuorten keskuudessa. Lajissa käytetään pääasiassa itselataavia aseita, kuten reserviläiskiväärejä, karbiineja, pistoolia, haulikkoa ja tarkkuuskivääriä, jotka muistuttavat nykyaikaisen sotilasaseistuksen kaltaisia välineitä. Jokaiselle ampumasuoritukselle eli rastille

laaditaan kuvitteelliseen taistelutilanteeseen perustuva tehtävä, jonka ampuja suorittaa ennalta määritetyn tilannekuvauksen mukaan. Rasteihin kuuluu usein nopeatempoista liikkumista, lippaanvaihtoja, haavoittuneen evakuointia ja muuta oheistoimintaa. (Reserviläisliitto 2023.)



Kuva 6. Practical-radon rakenne (Pelkonen 2025).

Practical-ammunta on tällä hetkellä ampumaurheilulajeista nopeimmin suosiotaan kasvattava laji Suomessa. Laji eroaa muista ampumalajeista siinä, että ampujan on ratkaistava erilaisia ampumatehtäviä sääntöjen puitteissa mahdollisimman tehokkaasti. Lajin pariin pääsee vain suorittamalla peruskurssin turvallisuusmääräysten vuoksi. Suomessa lajia harrastavat sekä miehet että naiset ikäluokissa 15–70 vuotta, ja useimmat aloittavat pistooli-practicalin kautta, mutta harrastus laajenee usein myös haulikko- ja kiväärikäyttöön. (Suomen Ampumaurheiluliitto 2025.)

5 Lainsäädäntö ampumaradoilla

5.1 Ampumaratoja koskeva lainsäädäntö

Ampumaradan perustaminen ja käyttö vaativat sekä poliisin että ympäristöviranomaisten myöntävät luvat. Poliisin lupa varmistaa toiminnan turvallisuuden ja sääntöjen noudattamisen, kun taas ympäristölupa arvioi mahdolliset ympäristövaikutukset, kuten melun, maaperän saastumisen ja pohjavesiriskit.

Ympäristönsuojelulaissa (Ympäristönsuojelulaki 527/2014) säädetään ympäristöluvan tarpeesta. Ympäristönsuojelulain 27 § 1 momentin mukaan ympäristölupa tarvitaan sellaiseen toimintaan, joka voi aiheuttaa riskin ympäristön pilaantumiselle. Ympäristösuojeluasetuksen 1 §:ssä on luettelo niistä toiminnoista, jotka tarvitsevat aina ympäristöluvan, ja ulkona sijaitseva ampumarata on yksi niistä. Ympäristölupa vaaditaan kaikilta ampumaradoilta, ellei kyseessä ole lain tarkoittama vähäinen ampumarata, jolla ei käytetä haulikkoa eikä rata sijaitse pohjavesialueella. Tällöin riittää ilmoitusmenettely, mutta myös tällaisessa tapauksessa on tehtävä ympäristölupahakemusta vastaavat selvitykset ympäristövaikutuksista.

Ampumaratojen ympäristönsuojelussa sovellettavia lakeja:

- Maankäyttö- ja rakennuslaki 751/2023
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014
- Jätelaki 646/2011
- Valtioneuvoston päätös ampumaratojen aiheuttaman melutason ohjearvoista 53/1997
- Laki eräistä naapurussuhteista 26/1920
- Asetus vesienhoidon järjestämisestä VNa 342/2009
- Asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006
- Asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007

Lisäksi ampumaradan perustaminen ja ylläpitäminen edellyttävät ampumaratalain mukaista ampumaradan turvallisuuteen keskittyvää lupamenettelyä, jonka taso määräytyy ampumaradan koon ja ampumamäärän mukaan. Suurissa ampumaradoissa tarvitaan Poliisihallituksen myöntämä ampumaratalupa, kun taas pienemmät radat voidaan perustaa ilmoitusmenettelyllä. Ampumaradalla tarkoitetaan sisätilaa tai ulkoaluetta, joka on tarkoitettu ampuma-aseella tapahtuvaan maaliin ampumiseen. Ampumaurheilukeskus on useita eri ampumalajeille tarkoitettuja ratoja sisältävä kokonaisuus, jolla voidaan ampua yli 300 000 laukausta vuodessa. Vähäiseksi ampumaradaksi määritellään rata, jolla ammutaan enintään 10 000 laukausta vuodessa. Vähäisen ampumaradan osalta riittää ampumaratailmoitus, joka tehdään Poliisihallitukselle. (Poliisi 2025.)

5.2 Lainsäädäntöhankkeet ympäristölupaprosessien sujuvoittamiseksi

Tällä hetkellä on käynnissä useita lainsäädäntöhankkeita, joiden tavoitteena on sujuvoittaa ampumaratojen ympäristölupaprosesseja, päivittää melusäätelyä ja turvata ratojen toimintaedellytykset pitkällä aikavälillä.

Hallitusohjelmassa on asetettu tavoitteeksi turvata Suomessa toimivien ampumaratojen jatkuvuus sekä edistää uusien ratojen perustamista. Tavoitteiden toteuttamiseksi sisäministeriö on käynnistänyt hankkeen, jonka tarkoituksena on arvioida keinoja ampumaratojen toiminnan varmistamiseksi ja valmistella tarvittavat muutokset lainsäädäntöön. Hallitusohjelman mukaisena määrällisenä tavoitteena on, että Suomessa olisi noin tuhat ulkona sijaitsevaa ampumarataa vuoteen 2030 mennessä. Painopiste on kivääriratojen ja toiminnallisten ratojen riittävässä määrässä koko maassa. (Sisäministeriö 2024.)

Ilman kohdennettuja toimenpiteitä ampumaratojen määrä Suomessa on vaarassa vähentyä merkittävästi. Ratojen sijainti vaihtelee laajasti eri puolilla maata ja niiden maantieteellinen jakautuminen on epätasainen. Osana hallitusohjelman toimeenpanoa hankkeessa valmistellaan ehdotuksia, joilla

ampumaratoihin liittyviä ympäristölupaprosesseja voidaan sujuvoittaa. Lisäksi hankkeessa toteutetaan kansainvälinen vertailu, jossa tarkastellaan EU:n jäsenvaltioiden lainsäädäntöä ja ympäristölupamenettelyjä Suomen kannalta vertailukelpoisissa maissa. (Sisäministeriö 2024.)

Ympäristöministeriön laatimassa esityksessä esitetään muutosta ilmoituksenvaraisuuden rajaan. Ympäristönsuojelulain mukaan ulkona sijaitseva ampumarata, jolla on tarkoitus ampua enintään 10 000 laukausta vuodessa eikä ole haulikkoammuntaan tarkoitettua rataa, on ilmoituksenvarainen toiminta. Muu ulkona sijaitseva ampumarata on luvanvarainen ja edellyttää ympäristölupaa. Esityksessä ehdotetaan, että ilmoituksenvaraisuuden raja nostettaisiin 50 000 laukaukseen vuodessa edellyttäen, ettei radalla ole lyijyhauleilla tapahtuvaan haulikkoammuntaan tarkoitettua rataa. Tällöin muut ulkona sijaitsevat ampumaradat olisivat edelleen ympäristöluvanvaraisia. (Ympäristöministeriö 2024.)

Ympäristöministeriö on myös asettanut työryhmän valmistelemaan kivääricaliiperisia aseita koskevan melusäätelyn uudistamista. Työryhmän tehtävänä on arvioida tarvittavan säätelyn tarve, määrittää aseiden melutasolle tunnusarvot sekä laatia vaikutusarvioinnit ja ehdotukset uusiksi säädöksiksi. Uuden ampumaratojen melutason säätelyä koskevan asetuksen on suunniteltu tulevan voimaan keväällä 2025. Asetus korvaa voimassa olevan valtioneuvoston päätöksen 53/1997, joka koskee ampumaratojen aiheuttamien melutasojen ohjearvoja. (Ympäristöministeriö 2024.)
Opinnäytetyön julkaisuhetkellä uutta asetusta ei kuitenkaan ollut vielä saatettu voimaan.

6 Haitta-aineet ja tutkimukset ampumaradoilla

6.1 Haitta-aineet ja niiden kulkeutuminen

Tässä luvussa tarkastellaan ampumaratatoiminnan ympäristövaikutusten keskeisiä mekanismeja sekä käytettyjen ammusten koostumukseen liittyviä riskejä. Ampumaratatoiminnan ympäristövaikutukset kohdistuvat erityisesti maaperään, mikä voi vaikuttaa myös vesien laatuun. Toiminnan aikana maaperään voi kertyä haitta-aineita, kuten lyijyä, antimonia, arseenia ja kuparia, joita vapautuu luodeista ja hauleista. Vaikutukset syntyvät pitkällä aikavälillä, ja niiden laajuuteen vaikuttavat muun muassa maalaji, maaperän vedenläpäisevyys, pH-arvo ja sademäärä.

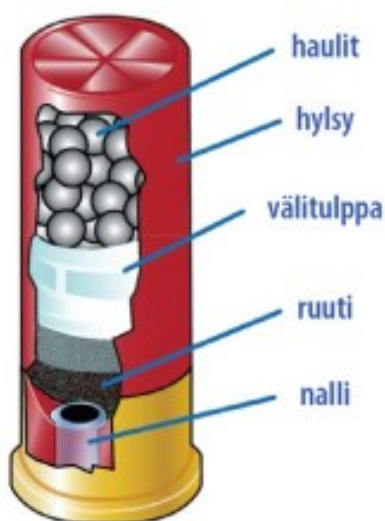
Ampumaratatoiminnalla ei ole välittömiä tai lyhyen aikavälin ympäristövaikutuksia, vaan haitta-aineiden kulkeutuminen tapahtuu yleensä hitaasti. Ratarakenteisiin jääneet luodit ja haulit altistuvat ympäristön (ilma, vesi ja maa) vaikutuksille, mikä käynnistää fysikaalisia ja kemiallisia reaktioita. Näiden seurauksena metalleja voi ajan myötä liueta sade- ja sulamisvesiin, saostua maaperän eri kerroksissa mineraaleina tai sitoutua pienhiukkasiin. Metallit voivat kulkeutua sadeveden mukana pintavesiin tai maahan imeytyvän vajoveden kautta syvemmälle maakerroksiin ja jopa pohjaveteen. Kulkeutumisenopeuteen ja -määrään vaikuttavat ympäristöolosuhteet, kuten maalaji, maaperän vedenläpäisevyys, pH-arvo ja sademäärä. Kuivassa ja neutraalissa ympäristössä, kuten hiekkamaassa, rapautuminen on yleensä hidasta. Sen sijaan hyvin vettä läpäisevässä hiekka- ja soramaassa haitta-aineet voivat liueta nopeammin ja pidättyminen on heikompaa. (Kajander & Parri 2014, 25–26.)

Luotien ja haulien pinnalle muodostuu sekundäärimineraalikerros, joka koostuu metallien oksideista ja hydroksideista ja hidastaa rapautumista sekä metallien liukenemistä. Kosteissa tai happamissa maaperäolosuhteissa rapautuminen tapahtuu nopeammin, ja syntyvät sekundäärimineraalit liukenevat herkemmin. Maaperän humus, mikro-organismit ja kasvit voivat nopeuttaa metallien

rapautumista, mutta ne kykenevät myös sitomaan liuennetta metalleja. Lisäksi savimineraalien ja hienoaineksen negatiivinen pintavaraus ja ioninvaihtokapasiteetti auttavat metallien pidättymisessä, hidastaen niiden kulkeutumista ympäristössä. (Kajander & Parri 2014, 25–26.)

Ampumaratojen ympäristökuormitus johtuu pääasiassa luodeissa ja hauleissa käytetyistä haitallisista metalleista. Suomessa tavallisimpien luotien sisältämiä merkittäviä haitta-aineita ovat lyijy, kupari, antimoni ja sinkki, kun taas haulien kohdalla keskeisiä ovat lyijy ja antimoni. Myös patruunoiden ruudit ja niiden lisäaineet, esimerkiksi nitroglyseriini, voivat aiheuttaa ympäristöhaittoja. (Kajander & Parri 2014, 25.)

Haulikon patruuna sisältää useita hauleja, jotka lähtevät piipusta yhtenä panoksena, mutta leviävät nopeasti. Haulit koostuvat pääasiassa lyijystä, jota on noin 97 %, sekä antimonista (1–3 %) ja arseenista (0,1–0,5 %). Lisäksi hauleissa voi esiintyä pieniä määriä kuparia, sinkkiä ja nikkeliä. Useimmissa haulikkoammuntalajeissa suurin sallittu lataus on 24 grammaa, mutta Compak- ja Sporting-lajeissa sallitaan 28 gramman lataus. (Naumanen ym. 2002, 27.)

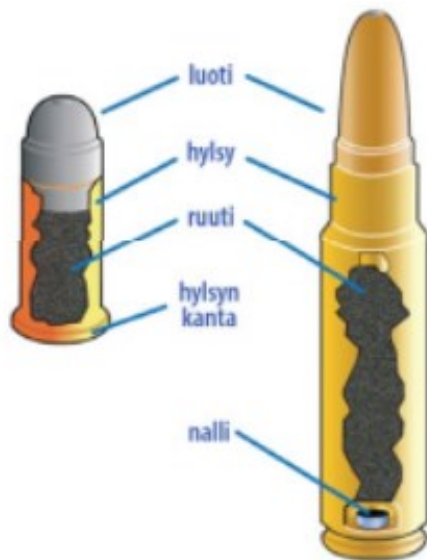


Kuva 7. Haulikon patruunan rakenne (Attila ym. 2023).

Metsästäjälehden mukaan myös teräshaulipatruunoiden osuus on kasvanut merkittävästä viime vuosina. Teräs- eli rautahaulien käyttö on ollut jo pitkään tavallista vesilintujen metsästyksessä, mutta muissa käyttötarkoituksissa niitä on hyödynnetty selvästi vähemmän. Viime vuosina rautahaulien käyttö on kuitenkin yleistynyt myös ampumaradoilla. (Määttä 2021.)

Kivääri- ja pistoolilajien patruunat koostuvat neljästä osasta: hylsystä, luodista, nallista ja ruudista. Hylsy toimii patruunan runkona, johon sekä luoti että nalli kiinnittyvät. Yleisimmin hylsyt valmistetaan messingistä, jonka koostumus on 72 % kuparia ja 28 % sinkkiä. (Naumanen ym. 2002, 29.)

Ampumatilanteessa ainoastaan luoti irtoaa ja päätyy taustavalliin, muut patruunan osat, kuten hylsy ja nalli, jäävät ampumapaikalle, eikä niillä ole vaikutusta maaperään.



Kuva 8. Kiväärin patruunan rakenne (Attila ym. 2023).

Luodit voidaan luokitella lyijyluoteihin, kokovaippaluoteihin, lyijykärkiluoteihin eli puolivaippaluoteihin ja erikoisluoteihin. Vaippa suojaa osittain lyijysydäntä estäen sen suoran kosketuksen ympäristöön. Nykyisin luotivaippa valmistetaan tompakista, joka on kuparin (90–95 %) ja sinkin (5–10 %) seos. Luotiydin koostuu pääasiassa lyijystä (97–99 %), ja siihen lisätään pieniä määriä (1–3 %) antimonia. Luodin kokonaismassasta noin 89 % on lyijyä, 9 % kuparia sekä antimonia ja sinkkiä kumpaakin noin 1 %. Luotien painot vaihtelevat lajin

mukaan 2,9–15,6 gramman välillä. Sotien jälkeen käytettiin vielä nikkeliwaippaisia luoteja, mutta niiden käyttö päättyi 1950-luvulla. Tästä syystä vanhoilla ampumaradoilla voi esiintyä luodeista peräisin olevaa nikkeliä. (Naumanen ym. 2002, 29.)

6.1.1 Lyijy (Pb)

Lyijy on metalli, jota voidaan pitää merkittävimpänä haitta-aineena ampumaradoilla, koska se esiintyy usein haulien materiaalina ja voi vapautua maaperään hapettumisprosessien kautta. Lyijy hapettuu ja muodostaa yhdisteitä, kuten lyijykarbonaatteja, jotka voivat liueta happamissa olosuhteissa. Lyijyn liukoisuus ja liikkuvuus maaperässä riippuvat pH-arvosta, ja se voi sitoutua maaperän saviin ja orgaanisiin aineisiin. Lyijy on myrkyllistä ja voi saastuttaa ympäristöä, erityisesti pohjavettä. (Tarvainen ym. 2011, 4.)

Ampumaratojen päästöjen arvioinnissa lyijyä käytetään ensisijaisena indikaattorina. Tarvittaessa muiden metallien hyväksyttävät päästötasot voidaan määrittää lisätutkimusten ja riskinarvion avulla. (Kajander & Parri 2014, 77.)

6.1.2 Arseeni (As)

Arseeni on luonnossa yleinen ja esiintyy maaperässä sulfidimineraalien kanssa ja voi olla hapetusluvuilla +III (arseniitti) tai +V (arsenaatti). Hapettavissa olosuhteissa arseeni esiintyy arsenaattianioneina (AsO_4^{3-}) ja pelkistyneissä olosuhteissa arseniittina (As_2O_3). Arseeni sitoutuu maaperän oksideihin, saviin ja orgaaniseen aineeseen, mutta voi kulkeutua pohjaveteen erityisesti happamissa ja hapettavissa olosuhteissa. Arseeni on myrkyllistä ja voi aiheuttaa terveysriskejä korkeissa pitoisuuksissa. (Tarvainen ym. 2011,5.)

Arseeni on myrkyllinen ja syöpää aiheuttava alkuaine, jota esiintyy laajasti ympäristössä yleensä pieninä pitoisuuksina niin luonnollisesti kuin ihmistoiminnan seurauksena. Paikallisesti arseenipitoisuudet voivat kuitenkin

kohota huomattavasti. Arseeni on ympäristölle haitallinen ja aiheuttaa haittoja maaperässä, vesistöissä sekä eliöissä. Siksi sen ympäristövaikutuksiin on tärkeää perehtyä huolellisesti sekä tutkia, miten niihin liittyviä riskejä voidaan hallita ja ehkäistä. (Hannukainen 2024.)

6.1.3 Antimoni (Sb)

Antimoni on puolimetalli, joka esiintyy tavallisimmin maaperässä sulfidimineraalien kanssa ja voi esiintyä hapetusluvulla +III (antimonit) ja +V (antimonaatit). Sb^{3+} on liukoisempi ja voi kulkeutua maaperästä pohjaveteen, erityisesti pelkistyneissä olosuhteissa, kun taas $Sb(V)$ on stabiilimpi hapettavissa olosuhteissa ja sitoutuu maaperän mineraaleihin. Antimoni on myrkyllinen ja voi saastuttaa ympäristön, erityisesti pohjaveden. (Tarvainen ym. 2011, 5.)

Antimoni liukenee ja kulkeutuu usein huomattavasti lyijyä herkemmin, mutta sen pitoisuudet ja kokonaismäärät maaperässä jäävät lyijyä pienemmiksi (Lewis ym. 2010). Ampumaradoilla antimonia voi vapautua ammusten komponenttina ja kulkeutua maaperään sekä pohjaveteen, mikä tekee sen seurannasta tärkeää ympäristönsuojelun kannalta.

6.1.4 Kupari (Cu)

Kupari on luonnossa yleisesti esiintyvä raskasmetalli, jota tavataan erityisesti sulfidimineraaleissa, kuten kalkopyriitissä ($CuFeS_2$). Ympäristössä se esiintyy pääasiassa kupari (II)-ionina (Cu^{2+}), joka on liukoinen erityisesti hapettavissa ja happamissa oloissa. Pelkistyneissä olosuhteissa kupari voi saostua metallina tai sulfidiyhdisteinä. Maaperässä kupari sitoutuu tehokkaasti savimineraaleihin, oksideihin ja orgaaniseen aineeseen, mikä vähentää sen liikkuvuutta. Liikkuvuus kuitenkin kasvaa happamuuden lisääntyessä. Kupari on biologisesti välttämätön hivenaine, mutta kohonneet pitoisuudet voivat olla haitallisia maaperän eliöille ja vesistöille. (Kabata-Pendias 2011.)

Kupari on välttämätön hivenaine sekä eläimille että kasveille, sillä se osallistuu monien entsyymien muodostukseen. Kasvien kuparipitoisuudet vaihtelevat tyypillisesti 5–1500 mg/kg välillä, ja ne heijastavat usein maaperän kuparipitoisuutta. Vaikka kupari on kasveille tarpeellinen, liian suuret pitoisuudet voivat olla niille haitallisia. Jotkut kasvilajit pystyvät kuitenkin sietämään ja sitomaan kuparia tehokkaasti, mikä johtaa korkeisiin kuparipitoisuuksiin esimerkiksi niiden siemenissä, juurissa ja versoissa. Liiallinen kuparin määrä voi aiheuttaa kasveille haittaa, kuten heikentää siementen kehitystä, hidastaa kasvua sekä häiritä juurten normaalia kehitystä. Ihmisen akuutti altistuminen korkeille kuparipitoisuuksille voi puolestaan johtaa metallikuumeeseen, ruoansulatusongelmiin ja päänsärkyyn. (Jäntti 2012, 13.)

6.2 Tutkimukset ampumaradoilla

Ampumaratojen ympäristöselvitysten tulee olla riittävän kattavia, jotta voidaan luotettavasti arvioida toiminnasta aiheutuvat päästöt, niiden vaikutukset sekä pitkän aikavälin riskit. Tarvittavien tutkimusten laajuus ja kohdistaminen ympäristön eri osiin vaihtelevat tapauskohtaisesti toiminnan laajuuden ja ympäristöolosuhteiden mukaan. Pienimuotoisessa toiminnassa ja alueilla, jotka eivät sijaitse pohjavesialueilla, perustason selvitykset voivat olla riittäviä. Laajempia tutkimuksia edellytetään erityisesti pohjavesialueilla, talousvesikaivojen läheisyydessä sekä alueilla, joilla on erityisiä luontoarvoja tai riskikohteita. (Kajander & Parri 2014, 241.)

Ampumaradat jaotellaan tutkimustarpeen mukaan kolmeen luokkaan esiselvityksen perusteella, ja luokitus kattaa koko rata-alueen. Luokittelu on ohjeellinen ja siitä voidaan poiketa perustellusti. Pienillä luotiaseradoilla, joissa ratarakenteisiin kertynyt lyijymäärä on alle 5 tonnia, maastotutkimukset eivät yleensä ole tarpeen. Sen sijaan haulikkoradoilla maastotutkimukset ovat yleensä tarpeen kaikissa kokoluokissa haulien suuremman liukoisuuden ja laajemman kuormitusalueen vuoksi. Tapauskohtaisen harkinnan perusteella tästä voidaan kuitenkin poiketa. (Kajander & Parri 2014, 241.)

Perustason tutkimukset toteutetaan kohteissa, joissa lähtötietojen perusteella ei ole odotettavissa merkittävää pohja- tai pintavesien pilaantumiseriskiä. Jos kuitenkin esiselvityksen tai perustason tutkimuksen perusteella ilmenee mahdollisuus merkittävään riskiin pintaveden tai pohjaveden laadulle, siirrytään laajennettuun tutkimukseen. Laajennettu pintavesitutkimus suoritetaan, jos on viitteitä pintaveden pilaantumisvaarasta, ja vastaavasti pohjaveden osalta, mikäli alueella arvioidaan olevan riski pohjaveden saastumiselle.

Erityistapauksissa, joissa rata-alueella imeytyy huomattavia määriä hule- ja vajovettä maaperään ja samanaikaisesti vettä myös poistuu pintavesien kautta, laajennettu tutkimus kattaa molemmat vesistöt. Tämä on erityisen tärkeää silloin, kun pohjavettä hyödynnetään talousvetenä. Suojellut luontokohteet ja niiden läheisyys huomioidaan tapauskohtaisesti, ja niiden osalta arvioidaan erikseen tarvittavien tutkimusten laajuus ja kohdistaminen. (Kajander & Parri 2014, 241–242.)

Selvityksen tavoitteena on kerätä riittävät tiedot ampumarata-alueen ympäristöolosuhteista kuten pintavedestä, pohjavedestä ja maaperästä sekä arvioida ampumatoiminnan mahdolliset vaikutukset näihin. Tavoitteena on myös selvittää pitkän aikavälin ympäristö- ja terveysriskit tunnistamalla päästöt, olosuhteet ja altistajat. Näiden tietojen perusteella voidaan määrittää haitta-aineiden hallinnan tarve ja taso, BAT-selvityksen mukaiseen riskitasoluokitukseen perustuen. (Kajander & Parri 2014, 244.)

Talousveden laadun arvioinnissa ja mahdollisen puhdistustarpeen määrittelyssä on huomioitava sosiaali- ja terveysministeriön juomavedelle asettamat laatuvaatimukset ja -suositukset (taulukko 1). Mikäli vedenlaadussa havaitaan laatuvaatimuksen ylittävä haitta-ainepitoisuus, tulisi veden laatua tarkastella tarkemmin ja tarvittaessa tehdä toimenpiteitä laadun parantamiseksi. Tilanteesta täytyy viipymättä myös tiedottaa kunnan terveysviranomaisista ja ELY-keskusta. (Attila ym. 2023, 111.)

6.2.1 Ympäristöolosuhteiden tutkimukset

Uusia ympäristölupia ei yleensä voida myöntää tärkeille tai muutoin vedenhankintaan soveltuville pohjavesialueille, jos maaperän ja pohjaveden suojaamisen edellytykset eivät täyty. Jos lupa kuitenkin myönnetään, tulee pilaantumisen estää luotettavasti tehokkailla suojaus- ja seurantatoimilla. Päästörajoja asetettaessa on tärkeää ottaa huomioon alueen erityispiirteet, kuten pohja- ja pintaveden luonnolliset taustapitoisuudet ja niiden mahdollinen käyttö, sekä ympäristön- ja terveydensuojeluun liittyvät laatuvaatimukset ja tavoitteet. (Attila ym. 2023, 110.)

Maaperätutkimukset voidaan tehdä silloin, kun esiselvityksen tiedot eivät anna riittävää kuvaa ympäristöolosuhteista, kuten maaperän laadusta, vedenläpäisevyydestä tai kallionpinnan syvyydestä. Ratarakenteisiin kertyneiden haitta-aineiden määrää arvioidaan pääsääntöisesti laukaussmäärien perusteella, eikä perustason selvityksissä yleensä ole tarpeen tutkia haitta-ainepitoisuuksia maaperästä. Haitta-aineiden analysointi maastossa tulee kuitenkin ajankohtaiseksi laajempien tutkimustarpeiden yhteydessä. Tällaisia tilanteita ovat muun muassa ampumaradat, jotka sijaitsevat pohjavesialueilla tai talousvesikaivojen läheisyydessä, sekä alueet, joilla on erityisiä luontoarvoja tai muita ympäristöriskikohteita. Myös toiminnan laajuus ja suuret ampumamäärät voivat edellyttää tarkempia maaperätutkimuksia, jotta ympäristöriskit voidaan arvioida luotettavasti. (Kajander & Parri 2014, 241–252.)

Pintavesitutkimukset tulevat kyseeseen, mikäli ampumaradan valuma-alueella on pintavesistöjä. Tällöin tarkastellaan erityisesti pintavalunnan kautta tapahtuvaa haitta-aineiden kulkeutumista ja vaikutuksia vesistöön. Tutkimukset voivat sisältää esimerkiksi näytteenottoa ojista, puroista tai järvistä, ja niiden avulla arvioidaan, onko toiminnasta aiheutunut merkittävää pintavesien kuormitusta. (Kajander & Parri 2014, 245.)

Pohjavesitutkimukset tehdään ensisijaisesti silloin, kun rata sijaitsee luokitellulla pohjavesialueella tai sen läheisyydessä. Tutkimusten tavoitteena on selvittää, onko haitta-aineita kulkeutunut tai kulkeutumassa pohjaveteen, ja ne

kohdistetaan ensisijaisesti niille ampumaradan osa-alueille, joilla päästöriski on suurin. Tutkimukset voivat sisältää esimerkiksi pohjaveden laadun analysointia havaintoputkista tai alueella sijaitsevien kaivojen vedenlaadun seuranta.

(Kajander & Parri 2014, 247–248.)

7 Laskennat ja tiedonkeruu

7.1 Kulkeutumisaikalaskennan perusteet

Kulkeutumisaikalaskenta on menetelmä, minkä avulla arvioidaan, kuinka kauan haitta-aineiden kulkeutuminen maaperän läpi pohjaveteen kestää. Laskennassa otetaan huomioon maaperän fysikaaliset ominaisuudet, kuten huokoisuus ja vedenläpäisevyys, sekä veden virtausnopeus ja -suunta. Lisäksi voidaan huomioida kulkeutuvan aineen ominaisuudet, kuten liukoisuus, sitoutuminen maaperään ja mahdollinen hajoaminen kulkeutumisen aikana.

Kulkeutumisaikalaskennan tuloksena saadaan laskennallisia kulkeutumisaika-arvioita, jotka kuvaavat aineen siirtymisen nopeutta eri maaperäolosuhteissa. Nämä arviot ovat hyödyllisiä esimerkiksi pohjavesialueiden suojavyöhykkeiden määrittelyssä, vedenottamoiden riskien arvioinnissa ja ympäristölupahakemuksissa. Käytännössä laskenta voi perustua yksinkertaisiin kaavoihin tai monimutkaisempiin numeerisiin malleihin riippuen siitä, kuinka tarkkaa arviota tarvitaan. (Ebel & Nimmo 2010.)

K_d -arvo kuvaa haitta-aineen jakautumista maaperän ja huokosveden välillä, ja sen suuruus kertoo aineen sitoutumisesta maaperään sekä kulkeutuvuudesta. Suuri K_d -arvo tarkoittaa, että aine sitoutuu voimakkaasti maaperään eikä liiku helposti ympäristössä. Aineet, joiden K_d -arvo on yli 75, luokitellaan kulkeutumattomiksi, kun taas arvot välillä 30–75 viittaavat heikosti kulkeutuvaan, 7,5–30 hieman kulkeutuvaan, 2,25–7,5 kohtalaisen kulkeutuvaan, 0,75–2,25 helposti kulkeutuvaan ja arvot alle 0,75 erittäin kulkeutuvaan aineeseen. (Nikunen 2002.)

Taulukossa 2 esitetään luokittelu, jonka avulla haitta-aineet voidaan ryhmitellä kulkeutumisen perusteella. Taulukosta ilmenee, miten K_d - ja K_{oc} -arvojen suuruus määrittää aineen kulkeutuvuuden maaperässä.

K_{oc} -arvo	K_d -arvo	Ryhmittely
<50	<0,75	erittäin kulkeutuva
50–100	0,75–2,25	helposti kulkeutuva
150–500	2,25–7,5	kohtalaisen kulkeutuva
500–2000	7,5–30	hieman kulkeutuva
2000–5000	30–75	heikosti kulkeutuva
>5000	>75	kulkeutumaton

Taulukko 2. Haitta-aineiden luokittelu kulkeutuvuuden perusteella.

Jakaantumiskerroin veden ja orgaanisen hiilen välillä K_{oc} ja adsorptiokerroin K_d . (Nikunen 2002).

Koska K_d -arvot voivat vaihdella merkittävästi eri maalajeilla tehtyjen määritysten perusteella, niiden arvioinnin tulisi aina perustua kohdekohtaiseen analyysiin, jotta saadaan tarkempi kuva haitta-aineiden todellisesta käyttäytymisestä ympäristössä (Ympäristöministeriö 2014).

7.1.1 Laskentakaavat ja -menetelmät

Kulkeutumisaikalaskennoissa käytetyt kaavat perustuvat Geologian tutkimuskeskuksen tekemään Mansikkakuopan tutkimukseen (Tarvainen ym. 2011). Kaavat (kaavat 1–7) ja laskentamenetelmät on valittu ja sovellettu kyseisen tutkimuksen periaatteiden mukaisesti, joten kaikki seuraavat laskelmat pohjautuvat samaan lähteeseen.

K_d -arvon laskenta 1.

Kaavalla (1) laskettiin alkuaineen X maa-maavesi-jakautumiskerroin (K_d), joka kuvaa, kuinka suuri osa aineesta on sitoutuneena maaperään suhteessa liukoiseen pitoisuuteen huokosvedessä:

$$K_{dX} = C_{sX}/Cl_X \quad (1)$$

missä K_{dX} = K_d -arvo alkuaineelle X (l/kg)

C_{sX} = alkuaineen X kokonaispitoisuus maaperässä ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Cl_X = alkuaineen X pitoisuus huokosvedessä ($\mu\text{g}/\text{l}$)

Pintakerroksesta huokosveteen liukeneva pitoisuus 2.

Maaperän haitta-ainepitoisuuden ja pilaantuneelle pintakerrokselle määritetyn K_d -arvon avulla haitta-aineen maaveteen liukeneva pitoisuus määritettiin seuraavasti:

$$C_w = C_s / \left[K_{d_pinta} + \frac{\theta_w}{\rho_s} \right] \quad (2)$$

missä C_w = pitoisuus vajovedessä (mg/l)

C_s = kuningasvesiliukoinen pitoisuus maaperässä (mg/kg)

K_{d_pinta} = maa-maavesi-jakautumiskerroin pilaantuneessa pintamaassa (l/kg)

Θ_w = veden täyttämä huokostilavuus vajovesikerroksessa (-)

ρ_s = maaperän tiheys (kg/l).

Vajoveden keskimääräinen imeytymisnopeus 3.

Kulkeutumisaajan määrittämiseksi tarvittiin arvio haitta-aineen kulkeutumisnopeudesta maaperässä. Haitta-aineiden kulkeutuminen oletettiin tapahtuvan vajoveden virtauksen mukana (advektio), minkä vuoksi määritettiin ensin vajoveden keskimääräinen imeytymisnopeus:

$$V_v = I/n_v \quad (3)$$

missä V_v = vajoveden keskimääräinen imeytymisnopeus (m/a)

I = maahan imeytyvän sadeveden määrä (m/a)

n_v = tehollinen huokoisuus vajovesikerroksessa (-)

Hidastumiskerroin puhtaassa pohjamaassa adsorption vuoksi 4.

Koska haitta-aineen pidättyminen (adsorptio) maa-ainekseen hidastaa sen kulkeutumista vajoveden virtaukseen verrattuna, määritettiin seuraavaksi ainekohtaiset hidastumiskertoimet puhtaalle pohjamaalle määritettyjen K_d -arvojen avulla:

$$R_f = 1 + \left(K_{d_pohja} \times \frac{\rho_s}{n_v} \right) \quad (4)$$

missä R_f = pidättymiskerroin (-)

K_{d_pohja} = maa-maavesi-jakautumiskerroin puhtaassa pohjamaassa (l/kg)

n_v = tehollinen huokoisuus vajovesikerroksessa (-)

ρ_s = maaperän tiheys (kg/l)

Kulkeutumisaika pilaantuneen pintamaan alareunasta pohjaveden pintaan 5.

Haitta-aineen kulkeutumisaika pilaantuneen pintakerroksen alareunasta pohjaveden pintaan laskettiin edelleen hidastumiskertoimen ja vajoveden imeytymisnopeuden (hidastunut kulkeutumisnopeus) sekä kulkeutumismatkan perusteella:

$$t_{Rf} = \frac{d}{\frac{v_v}{R_f}} \quad (5)$$

missä t_{Rf} = kulkeutumisaika pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan (a)

d = etäisyys pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan (a)

v_v = vajoveden keskimääräinen imeytymisnopeus (m/a)

R_f = hidastumiskerroin (-)

Pohjaveden haitta-ainepitoisuus 6.

Pohjaveden haitta-ainepitoisuuden arvioimiseksi käytettiin seuraavaa yksinkertaistettua kaavaa, jossa huomioidaan vajoveden pitoisuus ja laimeneminen maaveden ja pohjaveden välillä:

$$C_{gw} = C_w \times DF \quad (6)$$

missä C_{gw} = pitoisuus pohjavedessä (mg/l)
 C_w = pitoisuus vajovedessä (mg/l)
 DF = laimenemiskerroin maaveden ja pohjaveden pitoisuuksien välillä (-)

Laimenemiskerroin 7.

Määritettiin maahan (pohjavedeksi) imeytyvän sadeveden määrän ja arvioidun pohjavesivirtaaman avulla:

$$DF_{gw} = \frac{L_{gw} \times I}{K_{gw} \times i \times d_{mix} + L_{gw} \times I} \quad (7)$$

missä L_{gw} = pilaantuneen alueen leveys pohjavesivirtauksen suunnassa
 I = pohjavedeksi imeytyvän sademäärän määrä (m/a)
 K_{gw} = vedenjohtavuus pohjavesikerroksessa (m/a)
 i = pohjaveden pinnan gradientti
 d_{mix} = sekoittumiskerroksen paksuus (m)

7.2 Tiedonkeruu ja sen hyödyntäminen

Tutkimusaineisto koostui 2000-luvulla otettujen maaperä- ja pohjavesinäytteiden tuloksista, jotka hankittiin pohjavesialueilla sijaitsevien ampumaratojen toiminnanharjoittajilta ja valvontaviranomaisilta. Näytteistä poimittiin lyijyn, arseenin, antimonin ja kuparin pitoisuuksia. Alkuperäisessä aineistossa oli noin 60 ampumarataa, joista 50 voitiin hyödyntää tutkimuksessa. Osa radoista rajattiin pois puutteellisten tai epäselvien tietojen vuoksi.

Maaperänäytteiden pohjalta suoritettiin kulkeutumisaikalaskennat (kaavat 1–7, kappale 7.1.1 mukaisesti), joiden avulla arvioitiin haitta-aineiden kulkeutumisaikoja maaperässä sekä niiden mahdollisia vaikutuksia pohjaveteen. Laskennan edellytyksenä oli, että radoilta löytyi liukoisuustestin ($L/S=2$ tai $L/S=10$) tulokset, joiden avulla voitiin arvioida haitta-aineiden liukoisuutta ja kulkeutumispotentiaalia.

Liukoisuustestit ovat standardoituja menetelmiä haitta-aineiden liukenemisen arviointiin, ja niitä käytetään ympäristöriskien arvioinnissa sekä materiaalien hyötykäyttökelpoisuuden määrittämisessä. Menetelmien ero liittyy liuoksen ja kiinteän aineksen suhteeseen, mikä vaikuttaa arviointeihin kulkeutumisaikoihin: $L/S=2$ antaa tietoa varhaisesta liukenemisestä, kun taas $L/S=10$ antaa tietoa kokonaisliukoisuudesta tai pidempiaikaisesta altistuksesta. (SFS-EN 12457-3). Kulkeutumisaikalaskennat voitiin suorittaa yhteensä 14 radalle: kymmenelle, joille oli tehty $L/S=10$ -testi, ja neljälle, joille oli tehty $L/S=2$ -testi.

Pohjavesinäytteiden osalta koottiin pitoisuustiedot, joista laskettiin pienimmät, suurimmat ja mediaaniarvot. Näitä laskettuja arvoja verrattiin sosiaali- ja terveystieteiden talousveden laatuvaatimukseen (taulukko 1). Tässä tutkimuksessa pystyttiin hyödyntämään kaikkia 265 näytettä 50 ampumaradalta.

8 Tutkimustulokset

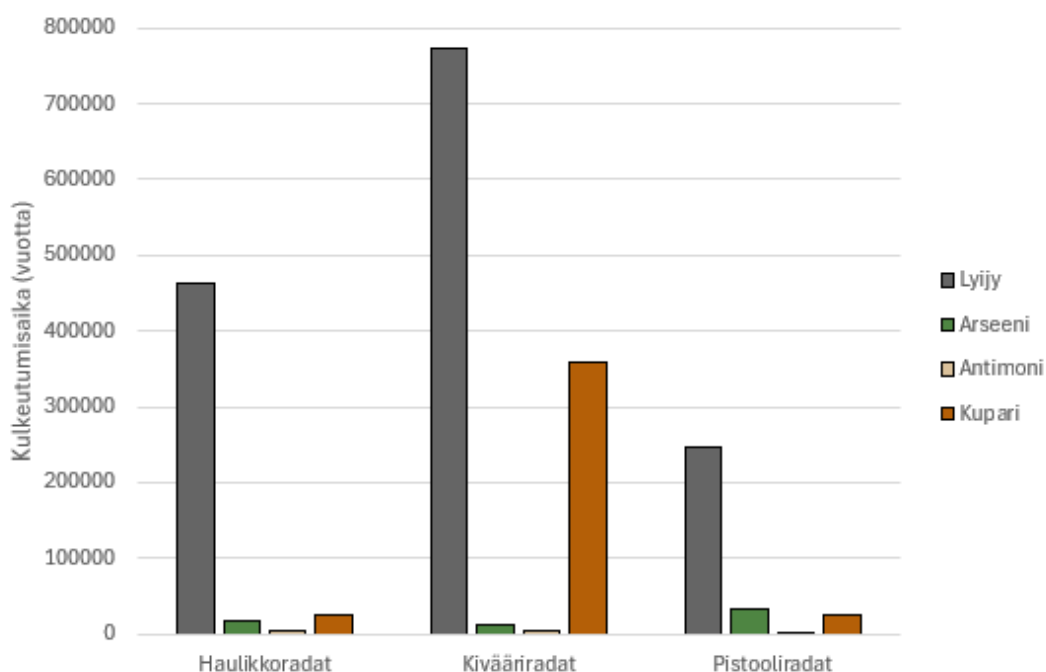
8.1 Kulkeutumisajat

Tässä osiossa esitetään haulikko-, kivääri- ja pistooliratojen lasketut keskimääräiset kulkeutumisajat haitta-aineille (lyijy, arseeni, antimoni ja kupari). Taulukossa 3 esitetään liukoisuustestien ($L/S=2$ ja $L/S=10$) pohjalta lasketut keskimääräiset kulkeutumisajat kullekin ratatyypille. Laskelmat on yhdistetty lähtöaineiston suppeuden vuoksi. Kuviossa 1 havainnollistetaan samat keskimääräiset kulkeutumisajat graafisesti.

Tarkemmat ratakohtaiset pitoisuudet ja kulkeutumisajat on esitetty raportin liitteissä (liite 1). Liitteistä löytyvät yksityiskohtaiset mittaustulokset ja laskentataulukot, joihin taulukon 3 ja kuvion 1 tulokset perustuvat.

Ratatyyppi	Lyijy (vuotta)	Arseeni (vuotta)	Antimoni (vuotta)	Kupari (vuotta)
Haulikkoradat	455944	16293	5496	23605
Kivääriradat	773600	12329	3561	355042
Pistooliradat	240780	33220	2976	24235

Taulukko 3. Keskimääräiset kulkeutumisajat.



Kuvio 1. Keskimääräiset kulkeutumisajat graafina.

Lyijy osoittautui tarkastelluista haitta-aineista selvästi pysyvimmäksi maaperässä. Kulkeutumisajat olivat erittäin pitkiä kaikilla tarkastelussa olleilla ratatyypeillä: kivääriradoilla keskimäärin noin 774 000 vuotta, haulikkoradoilla noin 456 000 vuotta, ja pistooliradoilla noin 241 000 vuotta. Tulokset viittaavat siihen, että lyijy sitoutuu maaperään hyvin voimakkaasti, eikä sillä ole merkittävää kulkeutumispotentiaalia pohjaveteen.

Arseenin kulkeutuminen oli selvästi nopeampaa. Pistooliradoilla keskimääräiset kulkeutumisajat olivat noin 33 000 vuotta, haulikkoradoilla noin 16 000 vuotta ja kivääriradoilla noin 12 000. Arseni tunnetaan heikosti sitoutuvana aineena erityisesti happamissa ja hiekkapitoisissa maaperissä, mikä selittää sen nopeamman kulkeutumisen.

Antimonin kulkeutumisajat olivat lyhyimmät kaikista tarkastelluista aineista. Haulikkoradoilla keskimääräiset kulkeutumisajat olivat noin 5 500 vuotta, kivääriradoilla noin 3 600 vuotta ja pistooliradoilla noin 3 000 vuotta. Antimoni tunnetaan kulkeutuvana erityisesti karkeassa maalajissa, ja saadut tulokset vahvistavat sen olevan potentiaalisesti herkin kulkeutumaan tarkastelluista haitta-aineista.

Kuparilla havaittiin myös erittäin pitkiä kulkeutumisajoja. Kivääriradoilla noin 355 000 vuotta, pistooliradoilla noin 24 000 vuotta ja haulikkoradoilla vastaavasti noin 24 000 vuotta. Kupari vaikuttaa sitoutuvan maaperään lähes yhtä tehokkaasti kuin lyijy, erityisesti kivääriratojen olosuhteissa, mikä hidastaa sen mahdollista kulkeutumista kohti pohjavettä. Haulikkoradoilla kuparin osuus on lähes merkityksettömän pieni verrattuna muihin haitta-aineisiin, sillä haulikon patruunoiden kuparipitoisuudet ovat muutenkin vähäisiä.

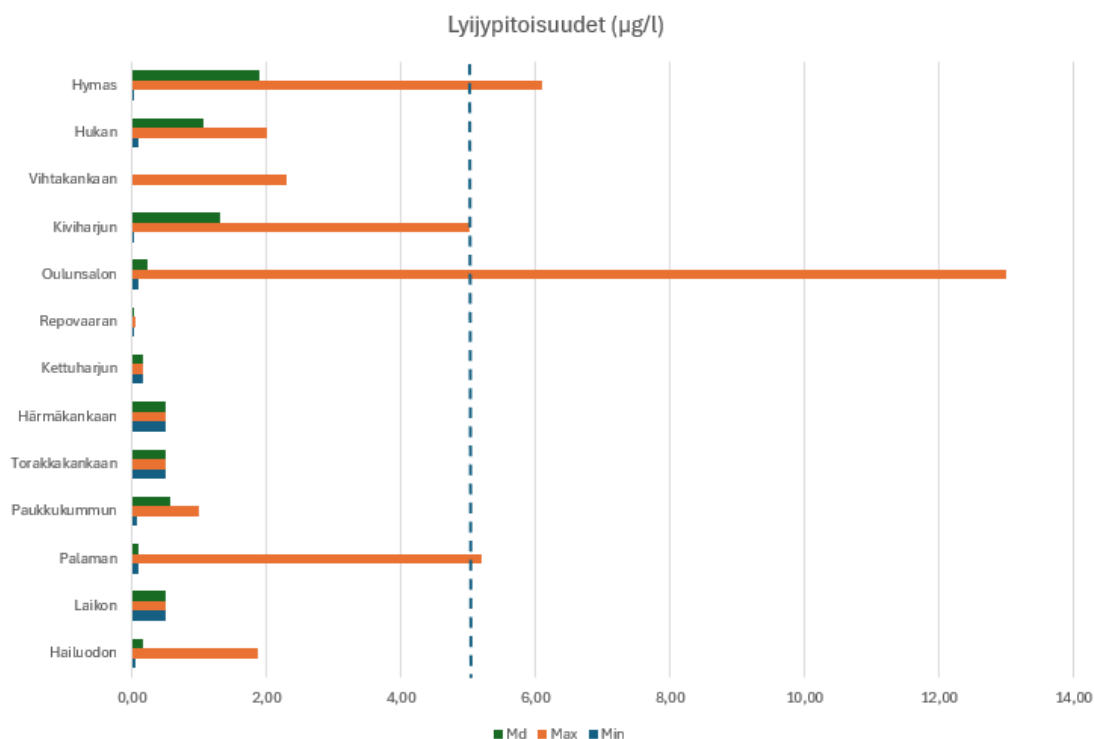
Yhteenvetona voidaan todeta, että haitta-aineiden kulkeutumispotentiaali maaperässä vaihtelee selvästi ainekohtaisesti. Tulosten perusteella lyijy ja kupari sitoutuvat erittäin tehokkaasti maaperään, mikä pidentää niiden kulkeutumisajoja ja vähentää riskiä kulkeutua pohjaveteen lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä. Arseni ja erityisesti antimoni sen sijaan kulkeutuvat herkemmin, ja voivat karkeissa tai happamissa maaperissä edetä nopeammin kohti pohjavesivyöhykettä.

Vaikka arseenilla ja antimonilla on suurempi kulkeutumispotentiaali, niiden pitoisuudet ampumaradoilla ovat selvästi vähäisempiä verrattuna lyijyyn, eivätkä ne yleensä ylitä edes kynnysarvotasoja. Lyijyä puolestaan kertyy ampumaratatoiminnassa enemmän kuin muita tarkasteltuja haitta-aineita, mikä tekee siitä kokonaisuutena merkittävimmän haitta-aineen.

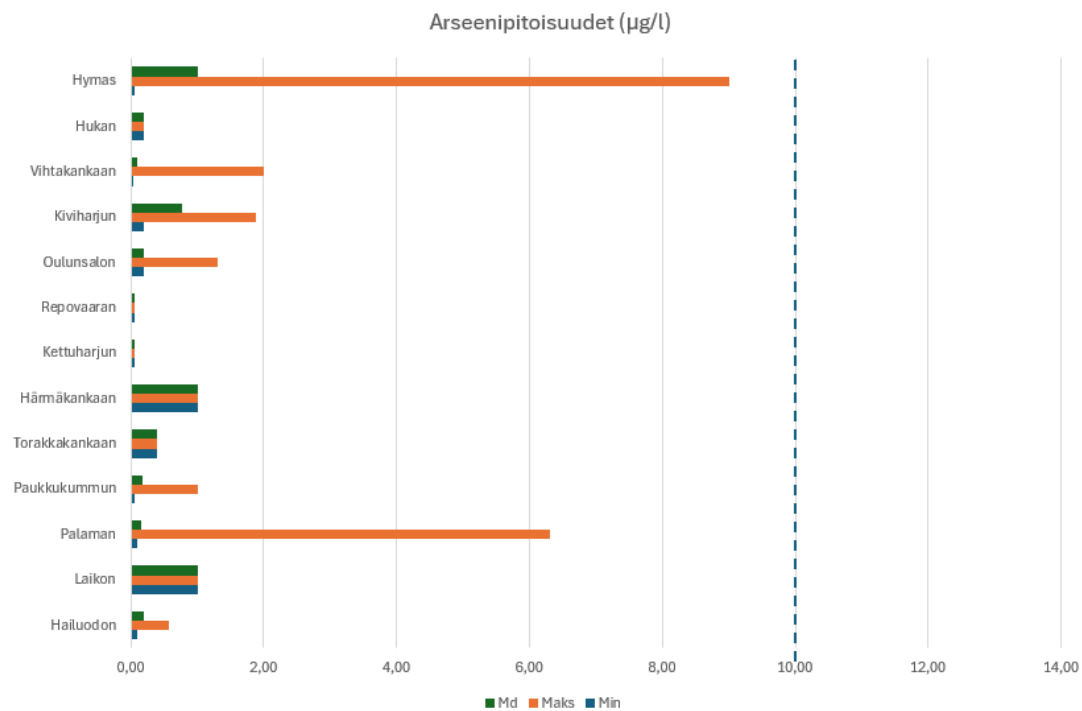
8.2 Pohjavesien pitoisuudet

Tutkimuksessa analysoitiin yhteensä 265 näytettä, jotka on otettu 50 eri ampumaradalta. Kuvioissa 2–5 esitetään pohjavesinäytteistä määritetyt haitta-ainepitoisuudet niiltä radoilta, joilta on tehty myös kulkeutumisaikalaskelmat. Muiden ratojen pitoisuudet on esitetty raportin liitteenä olevissa kuvioissa (liite 2).

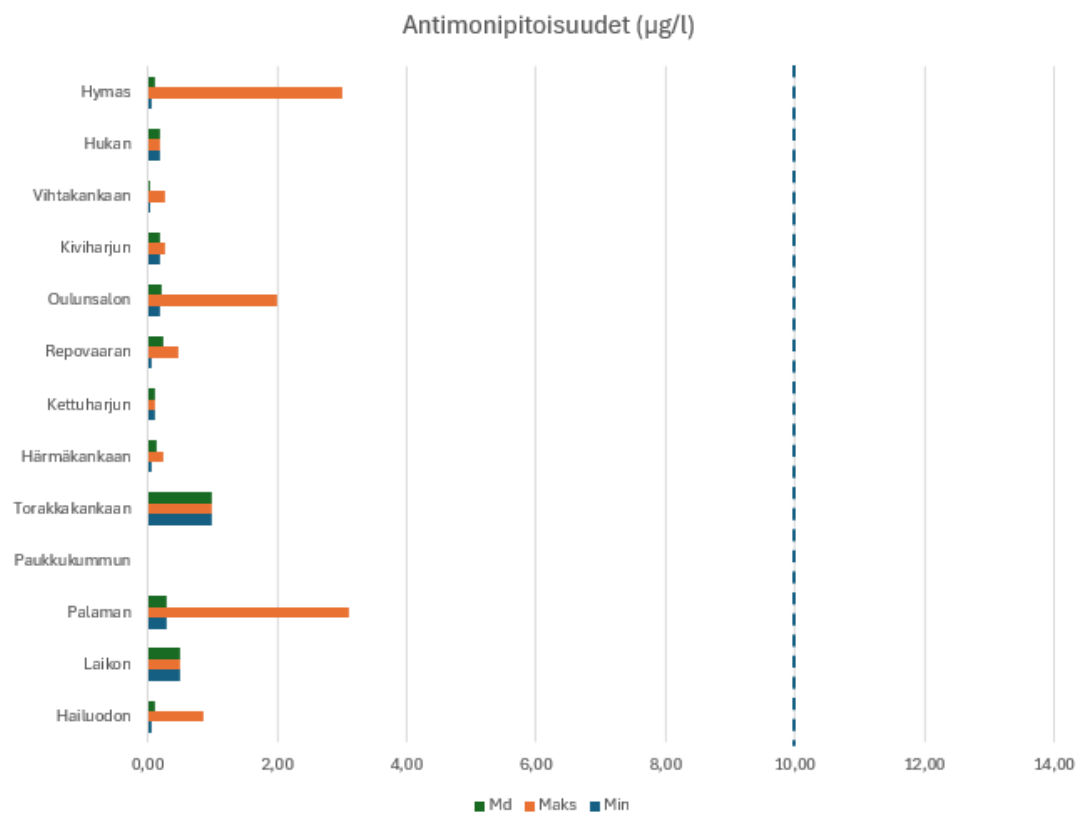
Näytteistä tarkasteltiin lyijyn, arseenin, antimonin ja kuparin pitoisuuksia. Tuloksista laskettiin kullekin radalle pienin ja suurin havaittu pitoisuus sekä mediaaniarvo. Arvoja verrattiin sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa määriteltyihin talousveden laatuvaatimukseen (taulukko 1). Talousveden laatuvaatimusten raja-arvot on esitetty kuvioissa 2–5 (sekä liitteessä 2) sinisellä katkoviivalla.



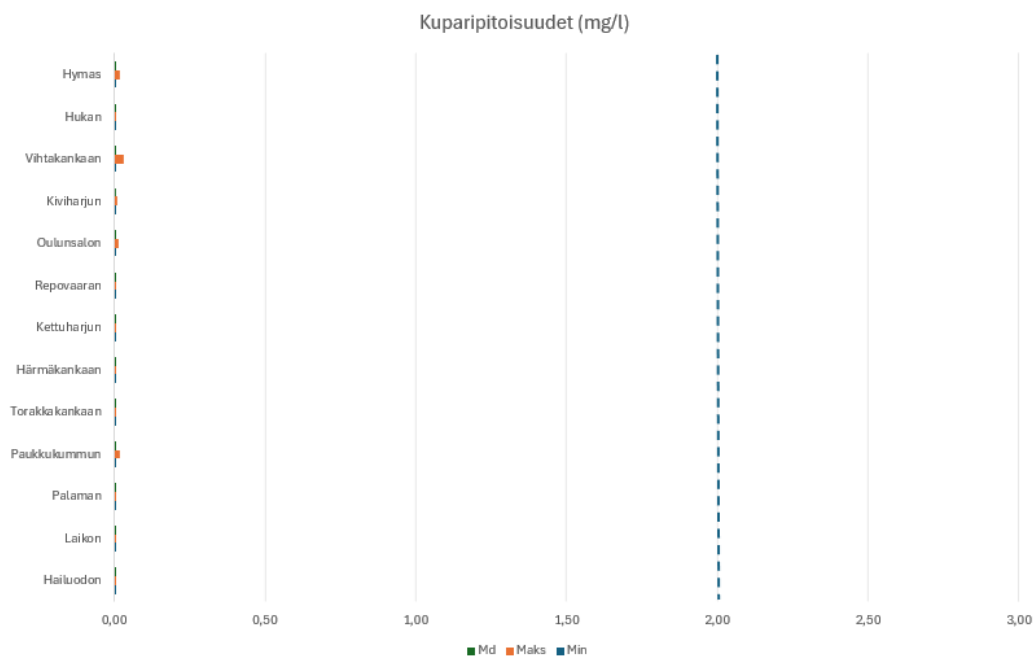
Kuvio 2. Pohjavesistä mitatut lyijypitoisuudet.



Kuvio 3. Pohjavesistä mitatut arseenipitoisuudet.



Kuvio 4. Pohjavesistä mitatut antimonipitoisuudet.



Kuvio 5. Pohjavesistä mitatut kuparipitoisuudet.

Tässä vertailussa olivat mukana kaikki tutkitut 50 ampumarataa, myös radat, joiden tulokset on esitetty liitteissä (liite 2). Lyijypitoisuuksien osalta talousveden laatuvaatimuksen raja-arvon ylityksiä havaittiin 17 näytteessä, jotka sijoittuivat 11 eri radalle. Lisäksi yhdellä radalla lyijypitoisuuden mediaaniarvo ylitti talousveden laatuvaatimuksille asetetun raja-arvon. Arseenin osalta ylitys todettiin yhdellä radalla, jossa neljässä näytteessä pitoisuudet ylittivät laatuvaatimuksen. Antimonin ja kuparin osalta yhdessäkään näytteessä ei havaittu ylityksiä, vaan kaikki arvot jäivät selvästi asetuksen mukaiselle tasolle.

Kokonaisuutena 265 näytteestä noin 6,4 % havaittiin talousveden laatuvaatimusten raja-arvon ylitys lyijyn osalta ja noin 1,5 % arseenin osalta. Yhteensä tämä vastaa noin 7,9 % kaikista tutkituista näytteistä, eli noin 92 % näytteistä alitti selvästi asetetut laatuvaatimusten raja-arvot. Vaikka yksittäisiä ylityksiä esiintyi, suurin osa näytteistä oli pitoisuuksiltaan hyvin maltillisilla.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että pohjavesinäytteiden yleinen laatu oli hyvä, eikä tarkasteltujen haitta-aineiden osalta ole merkittävää riskiä pohjavesien pilaantumiselle. Ylityksiä havaittiin vain lyijyn ja arseenin kohdalla, mutta niidenkin osalta kyse oli hyvin rajallisesta määrästä näytteitä ja pitoisuudet pysyivät pääsääntöisesti maltillisella tasolla.

9 Tulosten tarkastelu

9.1 Kulkeutumisaikalaskennat

Kulkeutumisaikalaskelmien perusteella haitta-aineiden kulkeutuminen pintamaasta pohjaveteen on erittäin hidasta, ja keskimääräiset kulkeutumisajat ulottuvat tuhansista vuosista satoihin tuhansiin vuosiin.

Ampumaratakohtaisessa tarkastelussa, missä huomioitiin kaikki ratatyypit, pisimmät kulkeutumisajat olivat jopa yli 6 miljoonaa vuotta. Yksittäisten haitta-aineiden vaihteluvälit olivat merkittäviä: lyijyllä noin 3 000–6 000 000 vuotta, arseenilla noin 100–100 000 vuotta, antimonilla noin 100–40 000 vuotta ja kuparilla noin 900–3 000 000 vuotta. Tulokset osoittavat, että haitta-aineiden kulkeutumista tulisi arvioida aina tapauskohtaisesti ja riskiperusteisesti, jolloin suoja-toimet voitaisiin kohdentaa tehokkaasti tarpeen mukaan.

Haitta-aineiden kulkeutumispotentiaali maaperässä vaihtelee merkittävästi ainekohtaisesti. Tulosten perusteella lyijy ja kupari sitoutuvat maaperään erittäin tehokkaasti, minkä vuoksi niiden kulkeutumisajat ovat huomattavan pitkiä. Tämä viittaa siihen, että näillä metalleilla ei ole merkittävää riskiä kulkeutua pohjaveteen ainakaan lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä. Sen sijaan arseeni ja erityisesti antimoni osoittautuivat selvästi herkemmin kulkeutuvimmiksi aineiksi. Niiden kulkeutumisajat olivat selvästi lyhyempiä, mikä viittaa siihen, että ne saattavat tietyissä olosuhteissa, kuten karkeissa ja happamissa maaperissä, edetä pohjavesivyöhykettä kohti nopeammin kuin lyijy tai kupari.

On tärkeää huomata, että vaikka arseenilla ja antimonilla on suurempi kulkeutumispotentiaali, niiden pitoisuudet ratojen maaperässä ovat huomattavasti vähäisempiä verrattuna lyijyyn, ja yleensä pitoisuudet ratarakenteessa eivät ylitä edes kynnysarvotasoja. Lyijyä syntyy ampumaratatoiminnassa enemmän kuin muita tarkasteltuja haitta-aineita, mikä tekee siitä kokonaisuutena merkittävimmän haitta-aineen niin määrällisesti kuin kertyvyyden kannalta.

Useimmilla radoilla kulkeutumisajat olivat samaa suuruusluokkaa, mikä viittaa siihen, että maaperäolosuhteet ja imeytymismäärät ovat melko yhtenäisiä. Tulokset ovat myös samansuuntaisia aikaisempien tutkimusten, kuten Geologian tutkimuskeskuksen tekemän Mansikkakuopan selvityksen (Tarvainen ym. 2011), kanssa. Pohjavesialueet sijaitsevat pääsääntöisesti harjualueilla, joille on ominaista hyvä vedenläpäiseväisyys, ja laskennoissa maahan imeytyvän veden määränä käytettiin arviota, jonka mukaan noin 50 % vuotuisesta sadannasta imeytyy maaperään.

9.2 Pohjavesien pitoisuudet

Tutkimuksessa tarkastellut 265 pohjavesinäytettä osoittivat, että valtaosa näytteistä täytti sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa määritellyt talousveden laatuvaatimukset. Raja-arvojen ylityksiä havaittiin vain lyijyn ja arseenin osalta, ja ne koskivat vain pientä osaa näytteistä (noin 7,9 %). Antimonin ja kuparin pitoisuudet pysyivät kaikissa näytteissä asetuksen mukaisella tasolla.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että pohjavesien yleinen laatu tutkituilla alueilla on hyvä, eikä merkittävää riskiä pohjavesien pilaantumisesta ole. Havaitut raja-arvojen ylitykset ovat vähäisiä, eivätkä ne muodosta merkittävää uhkaa pohjavesien laadulle.

9.3 Epävarmuustekijät

Tulosten tulkinnassa on huomioitava joitakin epävarmuustekijöitä. Käytännön olosuhteissa haitta-aineiden kulkeutuminen saattaa olla jonkin verran nopeampaa tai hitaampaa, mikä johtuu muun muassa siitä, että laskelmissa käytetty vajoveden imeytymisnopeus perustuu näytteenottovuoden keskimääräiseen arvoon. Todellisissa olosuhteissa imeytymisnopeus voi vaihdella sääolosuhteiden ja maaperän tilan mukaan, mutta vaihtelun ei arvioida muuttavan kulkeutumisaikojen suuruusluokkaa olennaisesti.

Liukoisuustestit myös todennäköisesti yliarvioivat liukoisuutta ja maaperästä kulkeutuvaan veteen kertyviä pitoisuuksia ennemmin kuin aliarvioivat niitä. Tämä johtuu siitä, että laboratorioanalyysissä käytetään häiriintynyttä maa-ainesnäytettä, ja erityisesti ravistelutestissä vesi voi irrottaa hienojakoiseen maaperään sitoutuneita haitta-aineita, jotka eivät normaalisti liukenesi luonnollisissa maasto-olosuhteissa.

Osassa näytteenotoista sekä kokonaispitoisuudet että liukoisuustestien tulokset ovat alittaneet määritysrajan, jolloin laskelmissa on käytetty määritysrajan arvoa. Tämä voi vääristää tuloksia, sillä matala kokonaispitoisuus suhteessa liukoisuustestin arvoon voi tuottaa laskennallisesti epärealistisen lyhyen kulkeutumisaajan. Todellisuudessa haitta-aineiden kulkeutuminen voi näissä tapauksessa olla merkittävästi hitaampaa kuin mitä laskelma antaa ymmärtää.

Lisäksi osalla tutkituista ampumaradoista maa–maavesi-jakautumiskertoimen (K_d) on oletettu olevan sama sekä pinta- että pohjamaassa. Tämä johtuu lähtöaineiston suppeudesta, oletus voi lisätä epävarmuutta tuloksiin verrattuna tarkempiin ja paikkakohtaisiin arvioihin.

Laskennassa käytetty hidastumiskerroin perustuu oletukseen puhtaasta pohjamaasta, mikä voi vaikuttaa laskentatuloksiin erityisesti tilanteissa, joissa haitta-aineiden pitoisuudet ylittävät määritellyt kynnyksarvot. Yhtenäistä laskentamenetelmää on kuitenkin käytetty johdonmukaisuuden varmistamiseksi tilanteissa, joissa tarkempaa mallinnusta ei ole ollut mahdollista toteuttaa lähtöaineiston suppeuden takia.

Pohjavesien tulosten tarkastelussa on huomioitava, että aineiston kokoamisessa esiintyi haasteita laboratorioanalyysien osalta. Osasta analyysistä puuttui keskeisiä tietoja, kuten näytteen tyyppi (pohja- vai pintavesi) sekä tieto siitä, onko kyseessä kokonais- vai liukoisuuspitoisuus. Tästä huolimatta tulokset sisällytettiin tarkasteluun, jotta analyysi olisi mahdollisimman kattava eikä mahdollisia kohonneita pitoisuuksia jäisi tarkastelun ulkopuolelle. Tuloksissa oli myös huomattava määrä pitoisuuksia, jotka alittivat laboratoriomäärityksen rajan. Näissä tapauksissa pitoisuutta ei

pystytty määrittämään tarkasti, ja pitoisuudeksi merkattiin määritysrajan arvo. Tämä voi vääristää monessa kohdassa keskimääräisiä pitoisuuksia liian suureksi.

Pohjavesituloksiin voi liittyä epävarmuutta myös havaintoputkien sijainnin ja kunnan vuoksi. Esimerkiksi suolle asennetut putket voivat heijastaa enemmän pintaveden kuin pohjaveden pitoisuuksia. Myös näytteenottoajankohta voi vaikuttaa tuloksiin, jos näytteet on otettu taustavallien puhdistuksen aikana tai välittömästi sen jälkeen. Vaikka metallit ovat yleensä stabiilissa tilassa, maaperän möyhintä voi vapauttaa liukoisia yhdisteitä ja nostaa niiden pitoisuuksia pohjavedessä.

10 Pohdinta

10.1 Johtopäätökset

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin ampumaratojen ympäristövaikutuksia ja haitta-aineiden kulkeutumisriskiä pohjavesialueilla sijaitsevilla ampumaradoilla. Tutkimuksen perusteella haitta-aineiden kulkeutuminen on erittäin hidasta, ja pohjavesien laatu tutkituilla alueilla on pääosin hyvä. Riskiperusteinen tarkastelutapa osoittautui toimivaksi, sillä se mahdollistaa suojoitimien kohdentamisen tarpeen mukaan.

Vaikka lyijyn osalta havaittiin joitakin tapauksia, joissa talousveden laatuvaatimuksen raja-arvo ylittyi, sen kulkeutumisajat olivat keskimäärin kaikkein pisimpiä. Arseenin ja antimonin kulkeutumisajat olivat huomattavasti lyhyempiä, mutta niiden syntyminen ampumaratatoiminnassa on vähäistä. Kuparia syntyy toiminnassa myös huomattavan vähän, ja erityisesti haulikkoradoilla sen osuus on merkityksettömän pieni. Lyijyä syntyy ampumaratatoiminnassa kaikkein eniten, mikä tekee siitä ympäristövaikutusten kannalta keskeisimmän haitta-aineen.

Tutkimuksessa käytetty laskennallinen malli kuvaa haitta-aineiden kulkeutumista maaperässä kohti pohjavettä ratojen omien mittaustulosten pohjalta. K_d -arvot laskettiin jokaiselle radalle erikseen maaperän ja huokosveden haitta-ainepitoisuuksien perusteella, jolloin kulkeutumisen arvioinnissa voidaan huomioida ratakohtaiset erot. Vajoveden keskimääräinen imeytymisnopeus sekä hidastumiskerroin kuvaavat aineiden kulkeutumisen hidastumista, ja kulkeutumisaika yhdessä laimenemiskertoimen kanssa mahdollistaa haitta-ainepitoisuuksien arvioinnin pohjavedessä.

Mallin avulla voidaan arvioida keskimääräisiä kulkeutumisaikoja ja pitoisuuksia kyseisillä alueilla, mutta tuloksiin liittyy myös epävarmuustekijöitä. Imeytymisnopeus perustuu näytteenottovuoden keskiarvoon, joten todellisissa olosuhteissa kulkeutuminen voi olla nopeampaa tai hitaampaa esimerkiksi sademäärän vaihtelun seurauksena. Lisäksi liukoisuustestit saattavat yliarvioida haitta-aineiden liukoisuutta, sillä laboratorioanalyseissa käytetty häiriintynyt maa-aines ja ravistelutestit voivat vapauttaa aineita, jotka luonnonolosuhteissa pysyisivät sitoutuneina. Joissakin laskennoissa epävarmuutta lisää oletus K_d -arvon yhtenäisyydestä pinta- ja pohjamaassa. Hidastumiskertoimen osalta epävarmuutta syntyy puolestaan siitä, että arvo määritetään puhtaalle pohjamaalle, mikä voi heikentää tulosten luotettavuutta erityisesti silloin, kun haitta-aineiden pitoisuudet ylittävät kynnyksarvot. Pohjavesitulosten luotettavuuteen vaikuttavat myös laboratorioanalyysien mahdolliset puutteet, havaintoputkien sijainti ja kunto sekä näytteenottoajankohta, jotka voivat johtaa mitattujen pitoisuuksien epäluonnolliseen vaihteluun.

Huolimatta yksinkertaistuksista ja epävarmuustekijöistä malli tarjoaa relevantteja kulkeutumisaika-arvioita, joita voidaan hyödyntää sekä ympäristölupaprosesseissa että alueellista päätöksentekoa tukevassa arvioinnissa. Tarkemmat johtopäätökset edellyttäisivät laajempia tutkimuksia maaperän rakenteesta, pohjavesiolosuhteista ja ympäristötekijöistä, jotta ratakohtaiset vaihtelut ja paikalliset poikkeamat voitaisiin paremmin huomioida.

10.2 Loppusanat

Työn tekeminen oli opettavainen prosessi. Laajan aineiston kokoaminen yhteenvedoksi vaati aikaa ja huolellisuutta, mutta tarjosi samalla hyvän harjoituksen sidosryhmäyhteistyön ja tiedonhallinnan taitojen kehittämisessä. Vaikka tarkempia ratakohtaisia tutkimuksia ei työn rajauksen ja lähtöaineiston suppeuden vuoksi voitu toteuttaa, tämä työ voi toimia lähtökohtana ja avauksena mahdollisille jatkotutkimuksille.

Laboratoriokaavakkeiden epäselvyydet ja vaihtelevaisuudet aiheuttivat joitakin haasteita, mutta ne opettivat myös tarkastelemaan aineistoa kriittisesti. Samalla kävi ilmi, että standardoidut laboratorioanalyysien kaavakkeet sekä molemminpuolinen ymmärrys haitta-aineiden kulkeutumisesta voisivat merkittävästi helpottaa toiminnanharjoittajien ja viranomaisten työtä.

Lisäksi haitta-aineiden käyttäytymisen ja kulkeutumisen ymmärtäminen on keskeistä kaikille, jotka työskentelevät ampumaratojen ympäristövaikutusten parissa. Kun viranomaiset ja toiminnanharjoittajat tuntevat ympäristöön vaikuttavat tekijät, voidaan välttää ylimitoitettut vaatimukset ja kohdentaa suoja-toimet oikein. Tämä lisää toimenpiteiden vaikuttavuutta ja voi pitkällä aikavälillä tuoda merkittäviä säästöjä sekä taloudellisesti että ajallisesti.

Kiitokset

Kiitokset esitetään ampumaratojen parissa työskenteleville viranomaisille ja toiminnanharjoittajille mittaustulosten toimittamisesta ja aineiston saatavuuden mahdollistamisesta. Kiitokset myös opinnäytetyön ohjaajalle, opettaja Anniina Kontiokorpi, arvokkaista neuvoista, sekä opettaja Jani Kangas konsultaatioavusta. Erityiset kiitokset toimeksiantajalle, Suomen Ampumaurheiluliitolle, sekä ampumaratojen ympäristölupahankkeessa mukana työskenteleville ohjaajille, Anri Junnola, Outi Rekola (Suomen Ampumaurheiluliitto) sekä Tuomas Pelkonen (Suomen Metsästäjäliitto), heidän tuestaan ja neuvoistaan työn aikana.

Lähteet

- Ampumaratojen ympäristölupahanke 2025. Ampumaratojen ympäristölupahankkeen henkilöstö. Sisäiset selvitykset. 1.5.2025.
- AMPY-työryhmä. 2012. Ampumaratojen ympäristölupa. Suomen Ympäristö 23/2012. Helsinki: Ympäristöministeriö.
<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/14ccdaee-5f0f-416b-8ee8-56a027ac125f/content>. 1.5.2025.
- Attila, Pyy, Jylhä & Oivanen. 2023. Ampumaratojen ympäristölupa. Ympäristöministeriön julkaisuja 2023:40. Helsinki: Ympäristöministeriö.
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165208/YM_2023_40.pdf. 17.7.2025.
- Ebel, B.A & Nimmo, J.R. 2010. Estimation of Contaminant Travel times. https://www.rcamnl.wr.usgs.gov/uzf/abs_pubs/papers/ebel_nimmo_2010.pdf. 1.8.2025.
- Hannukainen, N. 2024. Arseenin ympäristövaikutukset. <https://oulurepo oulu.fi/bitstream/handle/10024/49859/nbnfioulu-202405223827.pdf>. 29.5.2025.
- Hämäläinen, M. 2018. Haulikkolajit tutuiksi. Metsälle.fi <https://metsalle.fi/2018/08/13/haulikkolajit-tutuiksi/>. 29.8.2025.
- Jäntti, T. 2012. Kuparin, Nikkelin, ja sinkin vaikutukset maaperän hajotustoimintaan kaivosympäristössä. <https://erepo.uef.fi/server/api/core/bitstreams/73311cc0-77c5-468b-8052-164b2eaed92d/content>. 29.5.2025.
- Jätelaki 646/2011.
- Kabata-Pendias, A. 2011. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press.
- Kajander, S. & Parri, A. 2014. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Suomen ympäristö 4/2014. Helsinki: Ympäristöministeriö.
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/136000/SY_4_2014.pdf. 26.5.2024.
- Kankare, V. 2024. Aloittelijana ampumaradalle. Metsästäjälehti. <https://metsastajalehti.fi/metsastys/aloittelijana-ampumaradalle/>. 17.8.2025.
- Laki eräistä naapurussuhteista 26/1920.
- Lewis et al. 2010. Distribution, Chemical Speciation, and Mobility of Lead and Antimony Originating from Small Arms Ammunition in a Coarse-Grained Unsaturated Surface Sand. J. Environ. Qual. 39:863–870 doi:10.2134/jeq2009.0211. Julkaistu sähköisenä 22.3.2010.
- Määttä, A. 2021. Unohda ennakkoluulot. Teräshaulipatruunat harjoittelussa. Metsästäjälehti. <https://metsastajalehti.fi/metsastys/unohda-ennakkoluulot/>. 26.5.2025.
- Naumanen ym. 2002. Ampumarata alueiden pilaantunut maaperä. Joensuu: Pohjois-Karjalan ympäristökeskus.
<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/6cd27e3e-5b65-478d-a306-ecff219bb3d7/content>. 3.3.2025.
- Nikunen, E. 2002. Ympäristölle vaaralliset kemikaalit: riskinarviointi ja luokitus. Kemianteollisuus ry, Helsinki. 142 s. ISBN 952-9597-52-5 (nid.)

- Pelkonen, T. 2024. Ampumaradat. Suomen Metsästäjäliitto.
<https://metsastajaliitto.fi/metsastajalle/metsastysammunnan-abc/ampumaradat>. 1.5.2024.
- Pelkonen, T. 2025. Practical-radan rakenne. 30.8.2025.
- Poliisi. 2025. Ampumaradat. <https://poliisi.fi/ampumaradat>. 8.5.2025.
- Rakentamislaki 751/2023.
- Reserviläisliitto. 2023. Lajiesittelyssä sovellettu reserviläisammunta SRA.
<https://www.reservilaisliitto.fi/kirjoitus/lajiesittelyssa-sra/>. 17.8.2025.
- SFS-EN 12457. 2012. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
<https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/186921.html.stx>. 10.7.2025.
- Sisäministeriö. 2024. Sisäministeriö asettaa hankkeen ampumaratojen toiminnan turvaamiseksi.
<https://intermin.fi/-/sisaministerio-asettaa-hankkeen-ampumaratojen-toiminnan-turvaamiseksi>. 8.5.2025.
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta 2/2023.
- Suomen Ampumaurheiluliitto. 2023. Ympäristöohjelma.
<https://www.ampumaurheiluliitto.fi/liitto/vastuullisuus/ymparisto/ymparistohjelma/>. 1.5.2025.
- Suomen Ampumaurheiluliitto. 2024. Ampumaharrastuksen laajempi yhteiskunnallinen merkitys.
<https://www.ampumaurheiluliitto.fi/liitto/ymparisto-ja-olosuhteet/>. 1.5.2024.
- Suomen Ampumaurheiluliitto. 2025. Practical-ammunta.
<https://www.ampumaurheiluliitto.fi/practical/lajiesittely/>. 17.8.2025.
- Suomen Vesiyhdistys. 2005. Pohjavesitutkimusopas. Käytännön ohjeita.
<https://vesiyhdistys.fi/wp-content/uploads/2025/06/Pohjavesiopas.pdf>. 1.3.2025.
- Suomen ympäristökeskus. 2022. Vesitieto, pohjavesialueet.
<https://www.vesi.fi/vesitieto/pohjavesialueet/>. 1.5.2025.
- Suomen ympäristökeskus. 2022. Vesitieto, pohjavedenkäyttö ja pohjavesialueiden suojelu. <https://www.vesi.fi/vesitieto/pohjavedenkaytto-ja-pohjavesialueiden-suojelu/>. 12.7.2025.
- Tarvainen ym. 2011. Haitta-aineiden kulkeutumisen arviointi Mansikkakuopan ampumarata-alueella. 1.3.2025.
- Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007.
- Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä 342/2009.
- Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006.
- Valtioneuvoston päätös ampumaratojen aiheuttaman melutason ohjearvoista 53/1997.
- Ympäristöministeriö. 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007. Helsinki: Ympäristöministeriö.
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41523/OH_2_2007.pdf. 1.3.2025.

- Ympäristöministeriö. 2014. Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014. Helsinki: Ympäristöministeriö.
https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/136564/OH_6_2014.pdf. 1.3.2025.
- Ympäristöministeriö. 2024. Ympäristöministeriö asetti työryhmän ampumaratameluasetuksen uudistamiseksi. Ampumaratameluasetuksen (53/1997) uudistaminen. <https://ym.fi/-/ymparistoministerio-asetti-tyoryhman-ampumaratameluasetuksen-uudistamiseksi>. 8.5.2025.
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014.

Liite 1. Ratakohtaiset pitoisuudet, K_d -arvot ja kulkeutumisaajat

Hailuodon ampumarata

Kiväärirata taustavalli (0–0,2 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K_d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	124,1	1,6	776	13206
Arseeni	0,7	0,05	140	2386
Antimoni	2,1	0,39	54	919
Kupari	23,8	0,67	355	6050

Paukkukummun ampumarata

Kiväärirata (0–0,6 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K_d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	27000	1,8	150000	1557002
Arseeni	11	0,02	5500	57092
Antimoni	690	4,2	1643	17055
Kupari	3100	0,095	326316	3387160

Kettuharjun ampumarata

Kiväärirata P1.1 (0–0,2 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K_d . L/S=10 (l/kg)
Lyijy	4500	0,83	54217
Arseeni	0,55	0,01	550
Antimoni	47	1,2	392
Kupari	160	0,088	18182

Kiväärirata P1.2 (0,2–0,4 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	5000	1,6	31250	308930
Arseeni	0,51	0,01	510	5043
Antimoni	58	1	580	5735
Kupari	240	0,081	29630	292912

Repovaaran ampumarata**Kiväärirata MNP1/1 (0–0,2 m)**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)
Lyijy	4200	1,4	30000
Arseeni	0,8	0,01	800
Antimoni	43	1,1	391
Kupari	160	0,12	13333

Kiväärirata MNP1/2 (0,2–0,4 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	480	0,31	15484	230784
Arseeni	0,2	0,01	200	2983
Antimoni	5,5	0,73	75	1125
Kupari	61	0,055	11091	165308

Laikon ampumarata**Haulikkorata (0–0,1 m)**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	7100	1,2	59167	3312697
Arseeni	27	0,15	1800	100789
Antimoni	100	1,4	714	40001
Kupari	8,7	0,048	1813	101489

Torakkakankaan ampumarata**Haulikkorata HR10 (0–0,1 m)**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	86	0,8	1075	33170
Arseeni	1,9	0,1	190	5867
Antimoni	1	0,3	33	1033
Kupari	3	0,1	300	9260

Oulunsalon haulikkorata**Haulikkorata NP6 (0,15–0,3 m)**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	65	0,17	3824	80329
Arseeni	1	0,078	128	2697
Antimoni	0,5	0,33	15	322

Haulikkorata NP11 (0–0,1 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	1100	20	5500	121897
Arseeni	2,3	5,6	4	95
Antimoni	12	5,1	24	525

Haulikkorata NP22 (0–0,1 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	77	0,46	1674	37102
Arseeni	1	0,074	135	2998
Antimoni	0,5	0,62	8	182

Härmäkankaan ampumarata**Kivääri-/pistoolirata VAH1 (0–0,1 m)**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)
Lyijy	497,2	0,4	12430
Arseeni	1,7	0,1	170
Antimoni	4	0,3	133
Kupari	22,9	0,1	2290

Kivääri-/pistoolirata VAH2 (0,1–0,2 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	80,5	0,1	8050	86744
Arseeni	1,6	0,1	160	1726
Antimoni	1	0,1	100	1079
Kupari	8,3	0,1	830	8945

Haulikkorata VAH3 (0–0,1 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)
Lyijy	402,6	0,7	5751
Arseeni	1,6	0,1	160
Antimoni	2,8	0,1	280
Kupari	2,8	0,1	280

Haulikkorata VAH4 (0,1–0,2 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	141,8	0,4	3545	38201
Arseeni	1,3	0,1	130	1403
Antimoni	1	0,8	13	136
Kupari	1,8	0,1	180	1941

Palaman ampumarata**Haulikkorata N4569 (0–0,2 m)**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)
Lyijy	250	1,1	2273
Arseeni	2,8	0,05	560
Antimoni	1,6	1,6	10
Kupari	7	0,23	304

Haulikkorata N4570 (0,2–0,4 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	17	0,05	3400	20168
Arseeni	3,4	0,05	680	4034
Antimoni	0,26	0,03	87	515
Kupari	8,9	0,14	636	3772

Kiväärirata N4571 (0–0,2 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)
Lyijy	1900	0,13	146154
Antimoni	37	0,86	430
Kupari	97	0,05	19400

Kiväärirata N4572 (0,2–0,4 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	3,6	0,05	720	10038
Antimoni	1,1	0,22	50	699
Kupari	9,9	0,05	1980	27601

Pistoolirata N4573 (0–0,2 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)
Lyijy	980	1,4	7000
Antimoni	7	1,1	64
Kupari	130	0,59	2203

Pistoolirata N4574 (0,2–0,4 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	59	0,06	9833	137068
Antimoni	0,36	0,033	109	1523
Kupari	13	0,12	1083	15103

Miehikkälän ampumarata**Kiväärirata kok1, pinta**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)
Lyijy	16030	3,5	45800
Antimoni	199,3	2,8	712
Kupari	591,5	0,4	14788

Kiväärirata kok2, pohja

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=10 (mg/kg)	K _d . L/S=10 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	30,4	0,5	6080	350915
Antimoni	1	0,09	111	6422
Kupari	5,1	0,4	128	7368

Hukan ampumarata**Luotiaserata (0–0,3 m)**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)
Lyijy	4400	6,2	1419
Arseeni	2	0,1	400
Antimoni	60	2,2	55
Kupari	180	0,32	1125

Luotiaserata (0,3–0,5 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	3,8	0,05	152	4738
Arseeni	2	0,01	400	12461
Antimoni	1	0,05	40	1251
Kupari	5	0,2	50	1562

Haulikkorata (0–0,2 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)
Lyijy	190	1,5	253
Arseeni	2	0,35	11
Antimoni	1	4	1
Kupari	5	0,2	50

Haulikkorata (0,2–0,4 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	3,2	0,05	128	3991
Arseeni	2	0,01	400	12461
Antimoni	1	0,05	40	1251
Kupari	5	0,2	50	1562

Vihtakankaan ampumarata**Pistoolirata kasat 52, 68, 70, 69 (0–0,1 m)**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	13,3	0,1	266	3469
Antimoni	109	0,52	419	5466
Kupari	13,3	0,4	67	869

Pistoolirata kasa 51 (0–0,1 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	7752	1	15504	202061
Antimoni	121	1,5	161	2105
Kupari	138,4	0,4	692	9021

Hirvirata kasat 31, 36 (0–0,1 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	3404	1	6808	142515
Antimoni	34	0,78	87	1828
Kupari	218,8	0,4	1094	22904

Hirvirata kasat 32, 39, 33, 34 (0–0,1 m)

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	2413	0,3	16087	336746
Antimoni	20	0,34	118	2466
Kupari	45,6	0,4	228	4776

Kiviharjun ampumarata**Kivääri- /pistoolirata T2 (0–0,2 m)**

Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	5205	1,8	5783	72897
Arseeni	1,3	0,1	26	330
Antimoni	48	0,68	141	1781
Kupari	59,6	0,4	298	3758

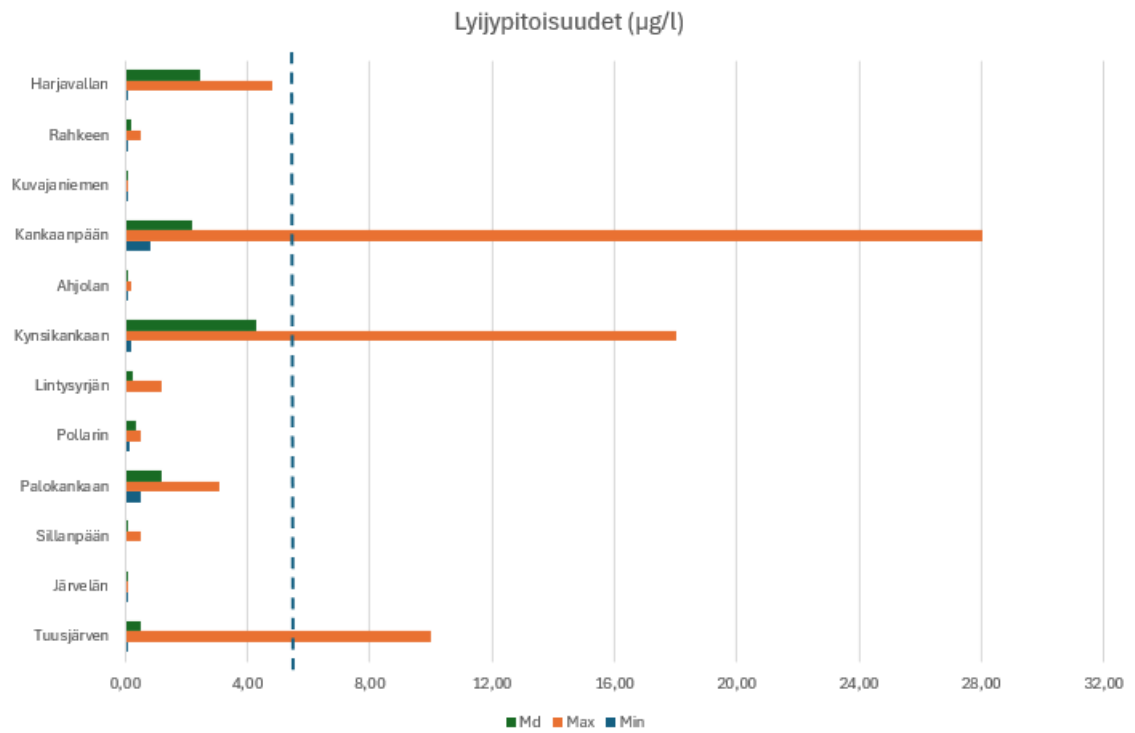
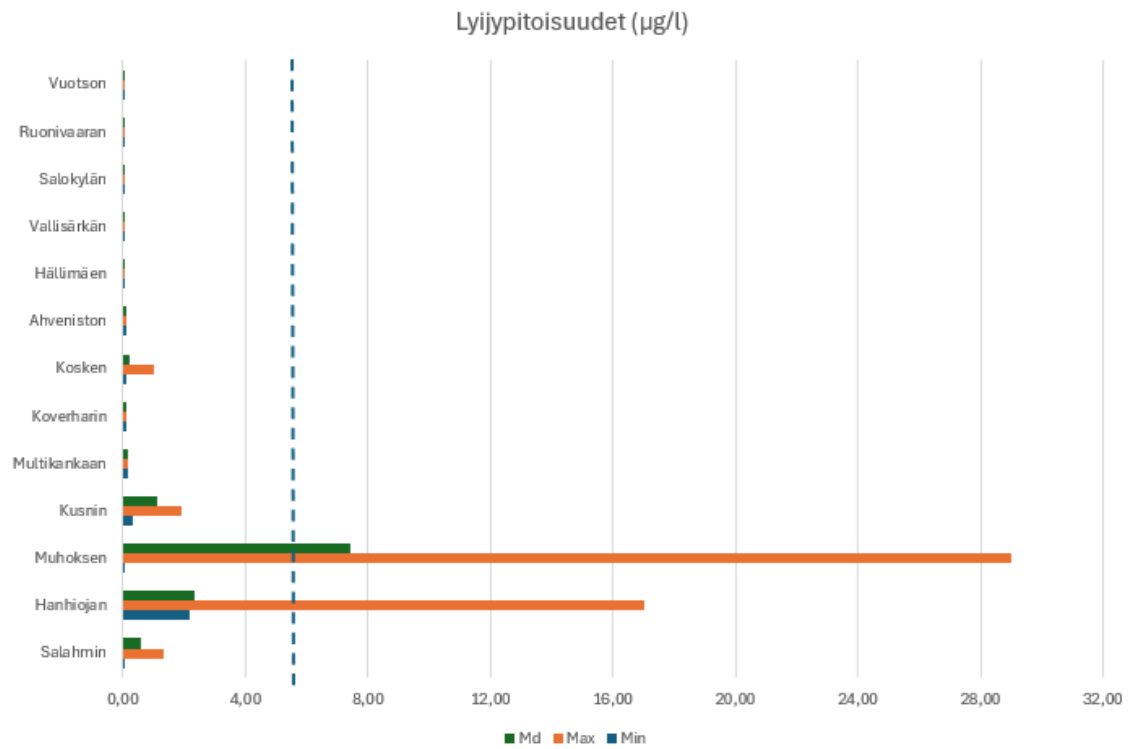
Hymas ampumarata**Kiväärirata TP1 (0–0,2 m)**

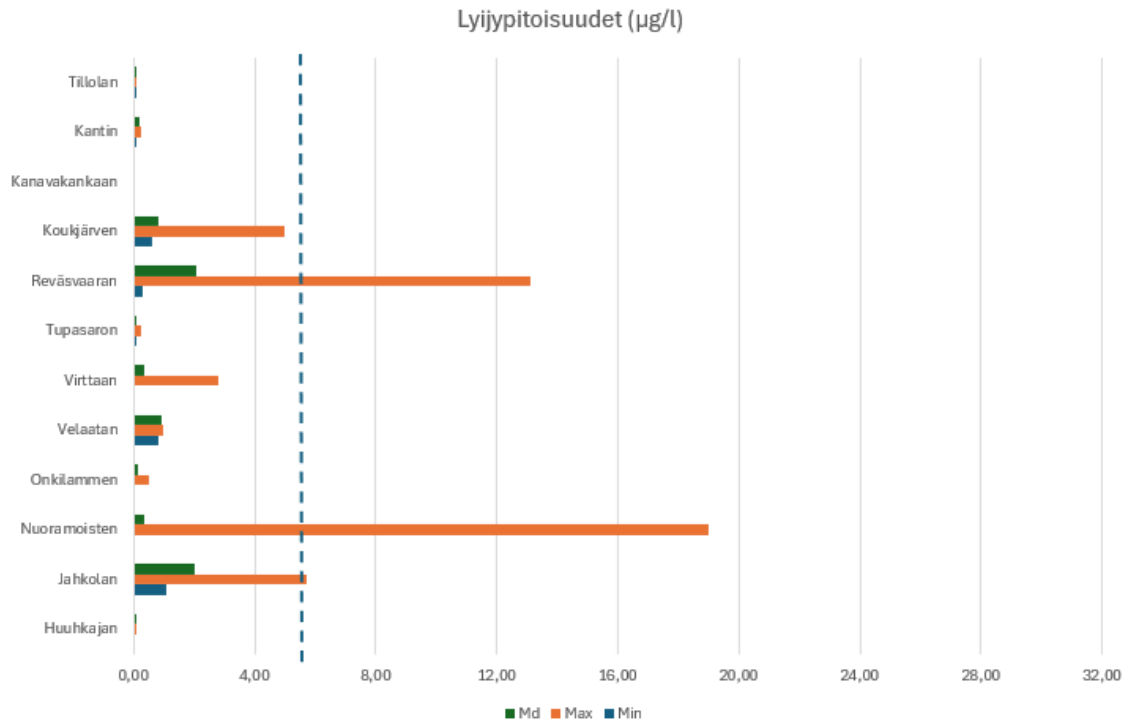
Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	6500	0,05	260000	6168689
Arseeni	3,5	0,1	700	16612
Antimoni	140	2,8	100	2376
Kupari	1400	0,2	14000	332164

Pistoolirata TP6 (0–0,2 m)

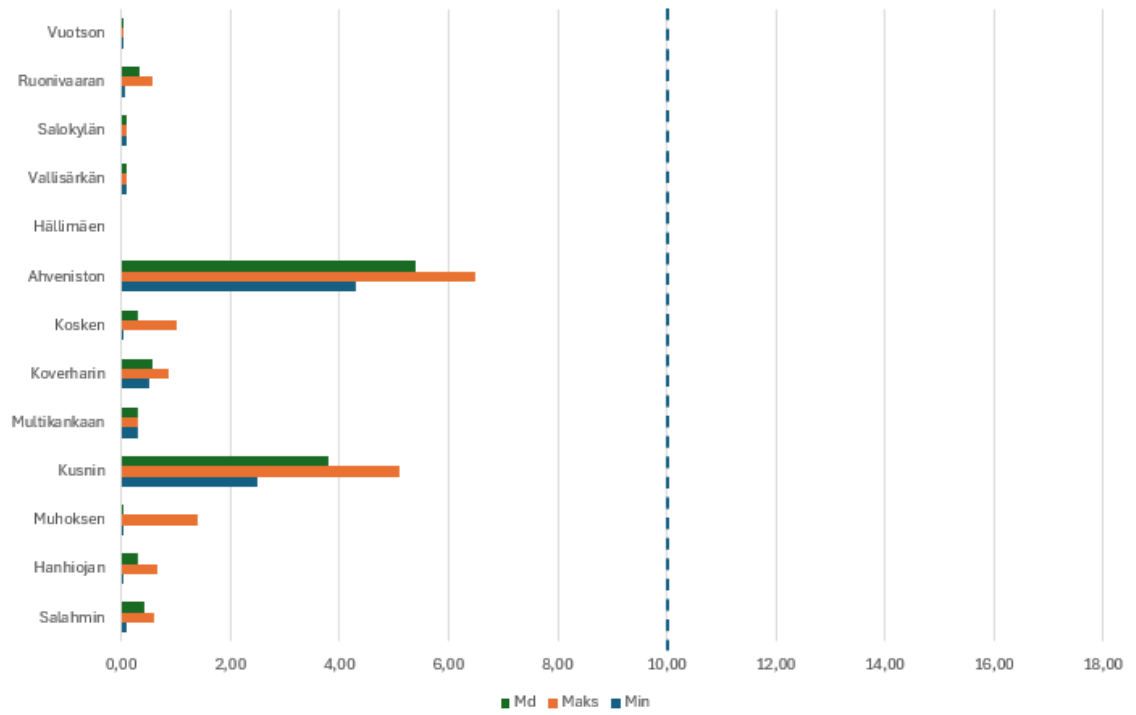
Haitta-aine	Kokonaispitoisuus (mg/kg)	Liukoisuustesti L/S=2 (mg/kg)	K _d . L/S=2 (l/kg)	Kulkeutumisaika (vuotta)
Lyijy	17000	1,3	26154	620522
Arseeni	7	0,01	1400	33220
Antimoni	420	7,1	118	2811
Kupari	470	0,31	3032	71946

Liite 2. Pohjavesien haitta-ainepitoisuudet

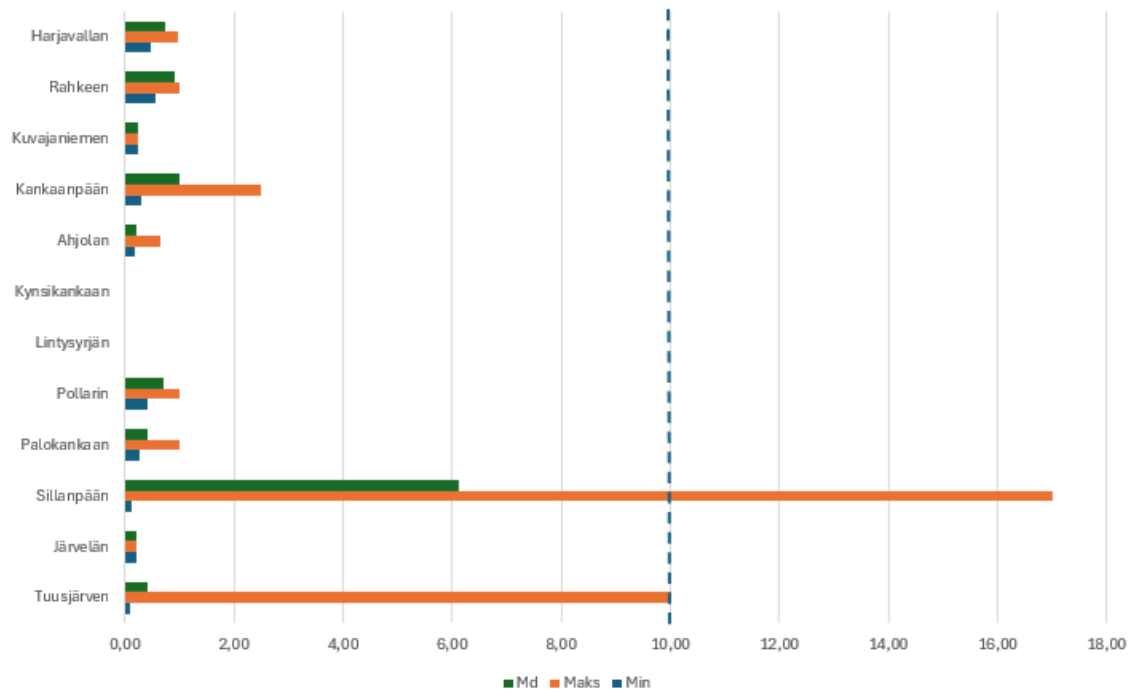


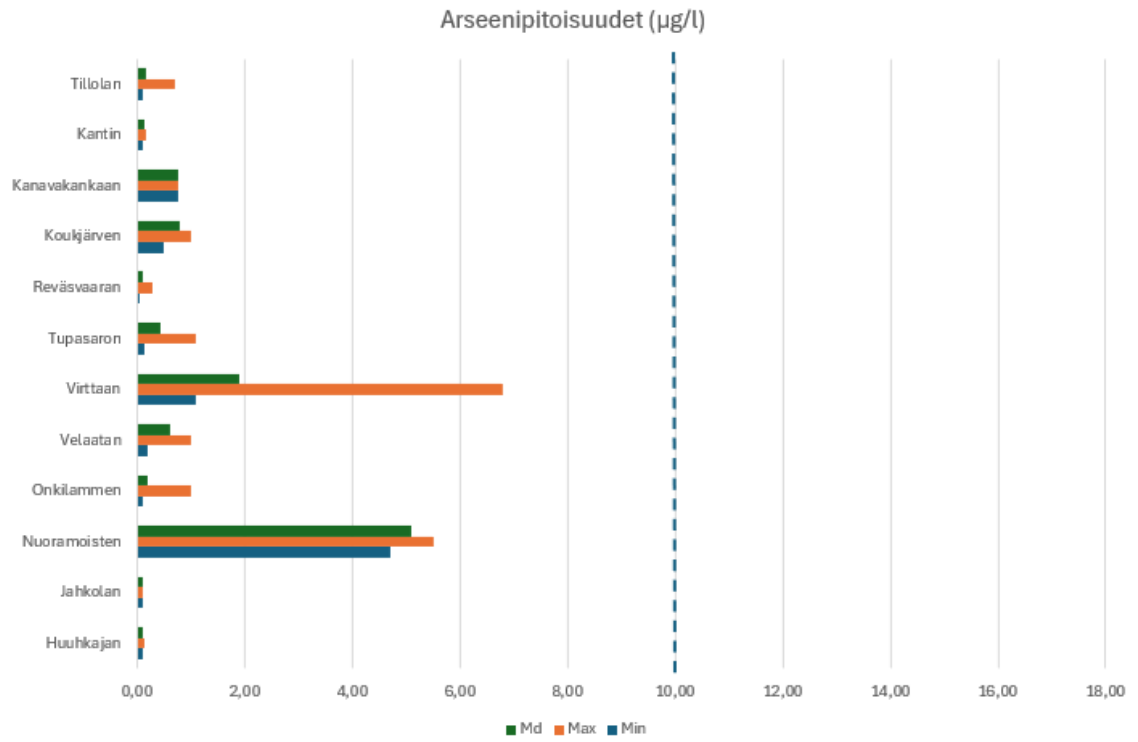


Arseenipitoisuudet (µg/l)

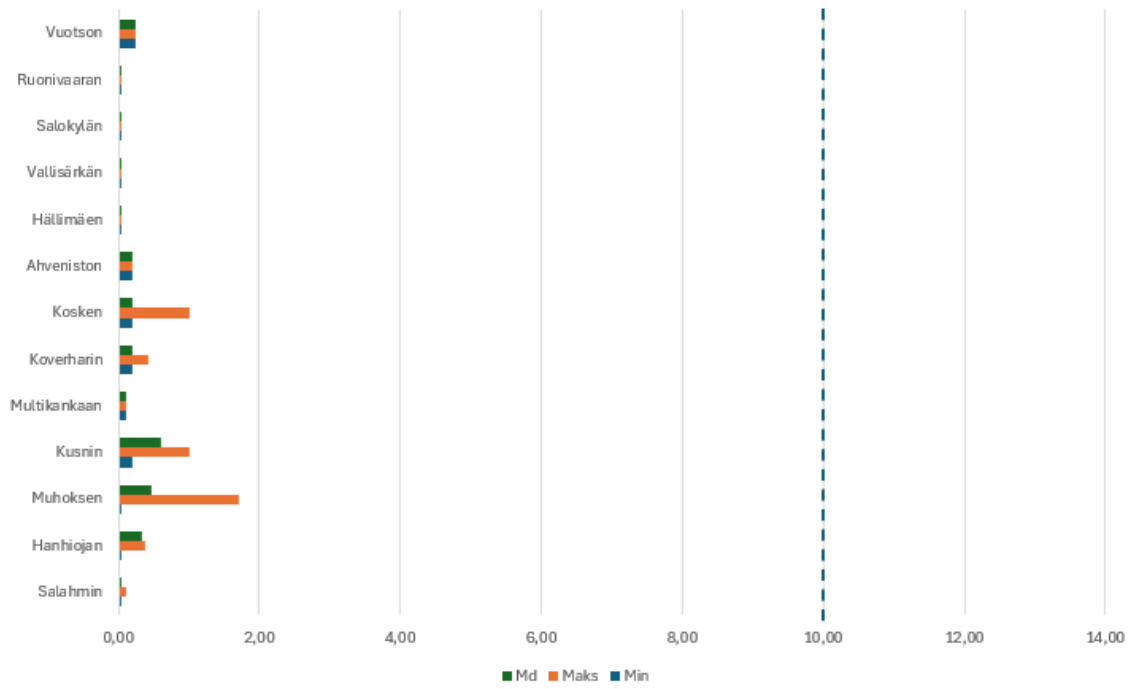


Arseenipitoisuudet (µg/l)

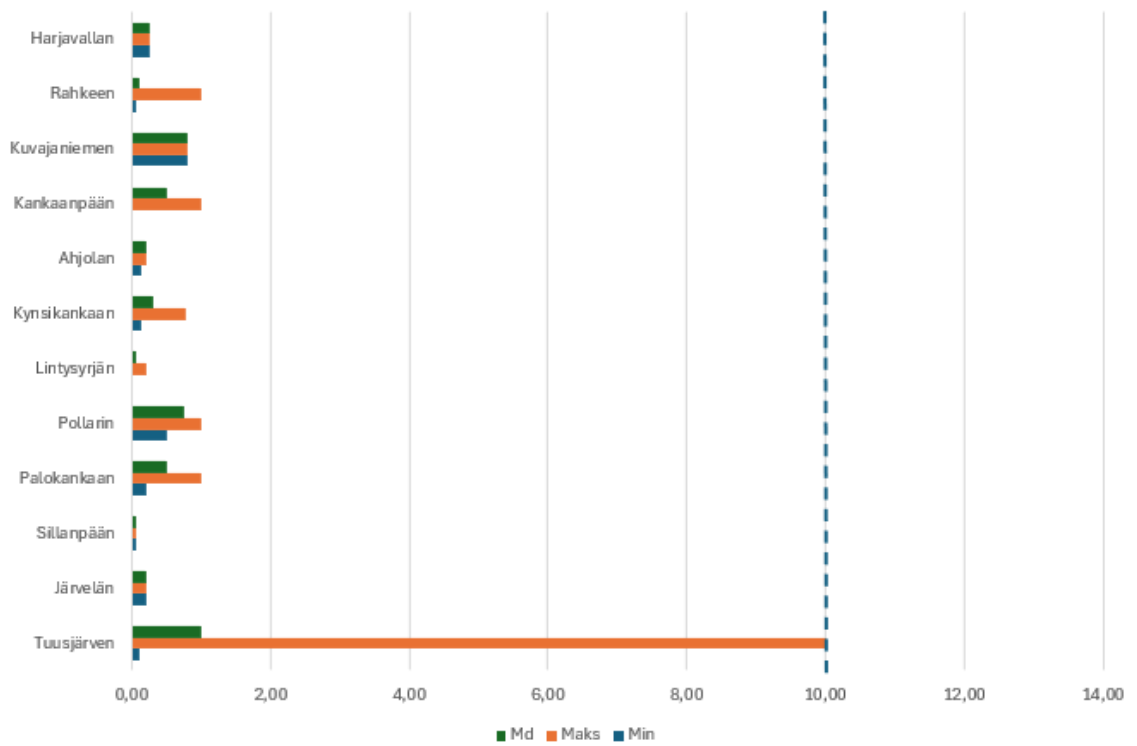


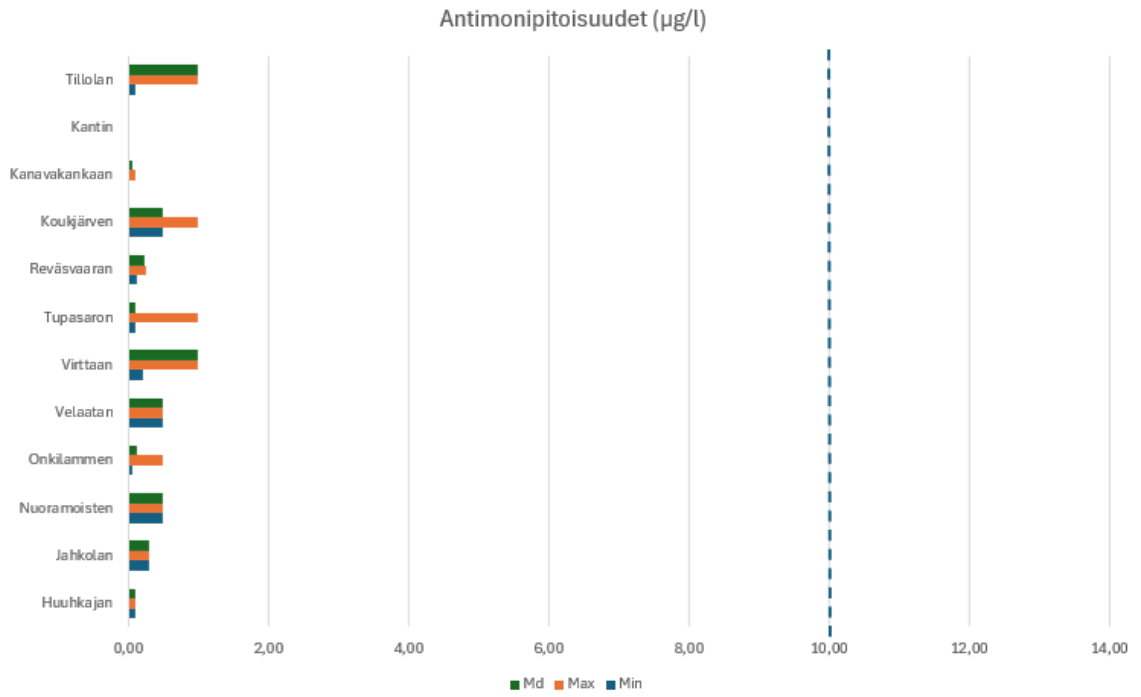


Antimonipitoisuudet (µg/l)

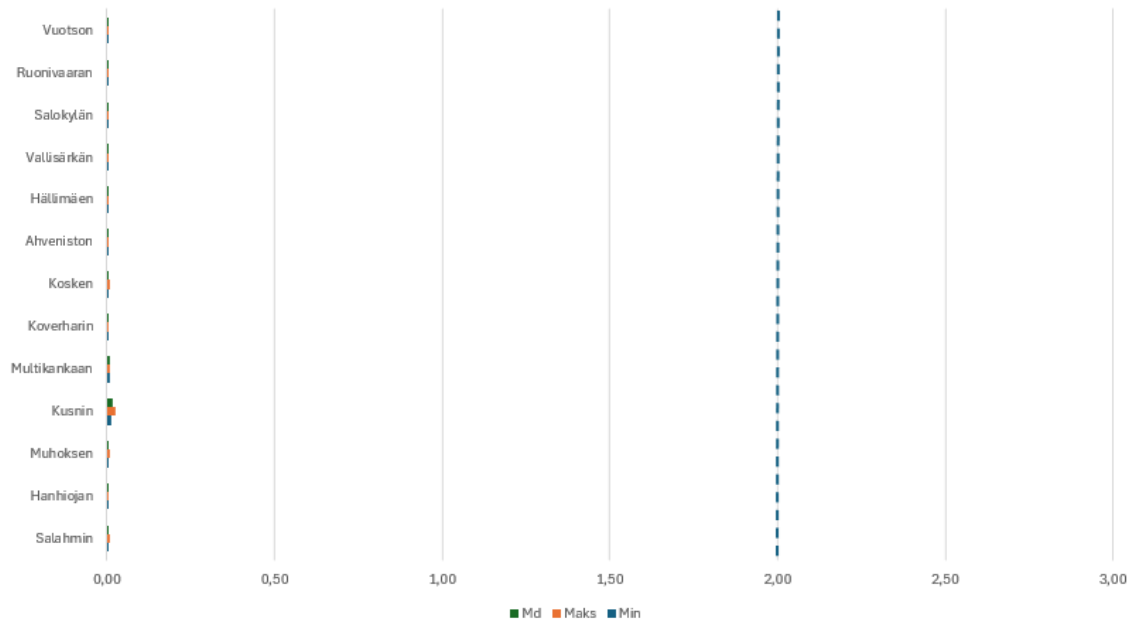


Antimonipitoisuudet (µg/l)





Kuparipitoisuudet (mg/l)



Kuparipitoisuudet (mg/l)

