
RISKIARVIOINTI HAULIKKORADAN LYIJYN VAIKUTUKSISTA MAAPERÄÄN, TERVEYTEEN JA POHJAVETEEN

Mikko Leiviskä

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mikko Leiviskä	
Työn nimi Riskiarviointi haulikkoradan lyijyn vaikutuksista maaperään, terveyteen ja pohjaveteen.	
Päiväys 6.5.2011	Sivumäärä/Liitteet 77/2
Ohjaaja(t) Päätoiminen tuntiopettaja Teemu Räsänen, Kontiolahden kunnan ympäristösihteeri Antti Suontama	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kontiolahden urheilijat ry	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työssä oli tarkoituksena selvittää, aiheuttaako haulikkoradan maaperään kertynyt lyijy haitallisia vaikutuksia maaperälle tai pohjavedelle. Lähtökohtana työlle oli vuonna 1988 virallisesti käyttöön otettu Kontiolahden Urheilijat ry:n haulikkojaoston ylläpitämä haulikkorata, jonka ympäristöluvassa vaaditaan riskitarkastelu lyijyn mahdollisista haitoista ja miten siirtyminen lyijyä korvaaviin haulimateriaaleihin vaikuttaa olemassa oleviin haittoihin.</p> <p>Riskiarvioinnin perusteina toimii Valtioneuvoston PIMA-asetus ja Terveiden ja Hyvinvoinnin laitoksen talousvedelle asettamat lyijypitoisuus-rajat. Valtioneuvoston PIMA-asetuksessa on asetettu kynnysarvo, alempi ja ylempi ohjearvo lyijypitoisuudelle. Jos yhden tai useamman haitta-aineen pitoisuus maaperässä ylittää alemman tai ylempään ohjearvon on, mietittävä millaisiin toimenpiteisiin olisi ryhdyttävä. Haulikkoradalta mitattuja lyijypitoisuuksia verrattiin edellä mainittuihin rajoihin ja vertailun perusteella päätettiin, onko välitöntä pohjaveden pilaantumisen vaaraa tai onko maaperä pilaantunut ja missä määrin se on pilaantunut.</p> <p>Riskiarvioinnin tuloksena oli se, että maaperä ei ole merkittävästi saastunut eikä aiheuta terveysriskiä tai pohjaveden pilaantumisen vaaraa. Työn tarkoituksena oli selvittää, millä menetelmillä pilaantunutta ampumarataa voitaisiin puhdistaa, jos rata-alue olisi saastunut merkittävästi. Koska pilaantunutta maata ei tällä alueella ole, menetelmäkartoitus jäi suppeaksi ja menetelmien hintavertailua ei tehty ollenkaan. Työssä kuitenkin esitellään joitain menetelmiä, joilla voitaisiin ehkäistä maaperän pilaantumisen eteneminen ja pohjaveden pilaantuminen.</p> <p>Toimenpiteiden laatu määräytyy sen mukaan millaisessa käytössä kyseinen alue on. Jos pohjavedestä löytyy lyijyä yli sallittujen rajojen, on ryhdyttävä välittömästi puhdistustoimenpiteisiin lyijyn poistamiseksi maaperästä ja pohjavedestä.</p>	
Avainsanat lyijy, pilaantuminen, pohjavesi, liukenevuus, riskiarviointi, ampumarata	

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
THESIS

Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Mikko Leiviskä			
Title of Thesis Risk Evaluation of Impact of Lead on Soil, Health and Groundwater at Outdoor Shooting Range			
Date	06 May 2011	Pages/Appendices	77/2
Supervisor(s) Mr Teemu Räsänen, Lecturer and Mr Antti Suontama, Secretary for Environment of Kontiolahti			
Project/Partners Kontiolahden Urheilijat ry, Municipality of Kontiolahti			
Abstract <p>The first purpose of this thesis was to evaluate risks that the lead, which is shot at the shooting range, causes to health, soil and groundwater. The second purpose of the thesis was to find out how to minimize risks that lead brings to ecology and if the soil is contaminated with lead how it can be cleaned in a proper way.</p> <p>The evaluation was made based on literature that had been published in the United States of America, Finland and Sweden, and measurement records from Kontiolahti's shooting range. Lead concentrations at the shooting range have measured three times: in years 1999, 2007 and 2010 in Kontiolahti. The results from these measurements were compared to legislation and ordinances on concentration limits. With concentrations over the limits that have been set, some methods how to decrease these in economic and effective ways, were studied.</p> <p>The result of this thesis was that the shooting range owned by Kontiolahden urheilijat registered society is not dramatically contaminated with lead. Below the shooting range there is groundwater formation which is important to Kontiolahti because water from that formation can be used in water service. Neither the groundwater formation is in danger to be contaminated with lead because the vertical distance from the soil surface to the groundwater surface is about 30 metres and lead containing soil is only about 0.6 metres deep. At the shooting range lead concentrations of above 200 mg/kg have been measured only in soil surface and the concentration decreases fast while going in the deeper parts of the soil. The harmful impact of lead is going to decrease at the shooting range as from 1 January 2011 because the steel shots will be taken in use to replace lead shots. Steel shots are less harmful than lead shots to the environment.</p>			
Keywords Lead, contamination, groundwater, solubility, risk assessment, shooting range			

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Kontiolahden Urheilijoiden haulikkojaostolle ympäristöluvan lupamääräyksen 5 perusteella. Työssä pääsi tutustumaan millaisia vaikutuksia ampumaradat aiheuttavat ympäristölle ja miten kyseisiä vaikutuksia Suomessa, Yhdysvalloissa ja Ruotsissa tutkitaan.

Työn tekemisessä sain ohjausta Kontiolahden kunnan ympäristösihteeriltä Antti Suontamalta ja työni ohjanneelta tuntiopettaja Teemu Räsäseltä. Haluaisinkin kiittää heitä kannustuksesta ja ohjeista, joita sain työtä tehdessäni. Lisäksi haluaisin kiittää niitä ELY-keskusten, GTK:n ja Aluehallintoviraston edustajia, jotka ystävällisesti avustivat tiedon hankinnassa.

Kuopiossa 6.5.2011

Mikko Leiviskä

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	YLEISTÄ AMPUMARATOJEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA.....	10
3	LYIJY	12
	3.1 Yleistä lyijystä.....	12
	3.2 Terveysvaikutukset.....	14
	3.2.1 Altistuminen lyijylle.....	14
	3.2.2 Lyijyn vaikutukset.....	17
	3.3 Lyijyn kulkeutuminen maassa.....	20
	3.4 Lyijyn vaikutukset ekologialle.....	23
	3.5 Vesien pilaantuminen	24
4	HAULIKORADAN KUORMITUSTIETOJA	28
	4.1 Yleistä	28
	4.2 Kontiolahden haulikkorata	32
	4.2.1 Alueen topografia.....	32
	4.2.2 Alueen maaperätiedot.....	32
	4.2.2 Alueen hydrogeologia	34
	4.2.3 Radan käyttö	36
	4.2.4 Kaavoitus.....	37
5	LYIJYN JA TERÄKSEN YHTEISVAIKUTUS	41
6	POHJAVEDEN LAADUN TARKKAILU	43
7	HAULIKKORADALLA TEHDYT MITTAUKSET JA NIIDEN TULOKSET	45
	7.1 Mitatut haitta-aineet	45
	7.1.1 PAH-yhdisteet.....	45
	7.1.2 Lyijy	46
	7.2 Tulosten analysointi.....	49
8	POHJAVEDEN TARKKAILUSUUNNITELMA	51
9	MAAPERÄN PUHDISTUSMENETELMIÄ.....	53
	9.1 Puhdistustarpeen toteaminen	53
	9.2 Pesuseulonta.....	55
	9.3 Massanvaihto	57
	9.4 Stabilointi.....	58
	9.5.1 Ei toimenpiteitä	60
	9.5.2 Kalkitseminen	60
	9.5.3 Fosforin lisääminen.....	61
	9.5.4 Suotoveden kerääminen umpikaivoon ja suodatus	61
10	RISKIARVIOINNIT	65

10.1 Maaperän pilaantumisen riskiarvio.....	65
10.2 Pohjaveden pilaantumisen riskiarvio.....	66
11 YHTEENVETO.....	69
LÄHTEET.....	72

LIITTEET

Liite 1 Sairaalsuon pohjavesialueen maaperäkarta

Liite 2 Sairaalsuon pohjavesialueen pilaantumisriskiä aiheuttavat alueet

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on kartoittaa millaisia riskejä maaperässä oleva lyijy aiheuttaa Kontiolahden Urheilijat ry:n ylläpitämällä haulikko ammuntaan tarkoitettulla radalla. Lisäksi tarkoituksena on kartoittaa millaisilla toimenpiteillä mahdolliset riskit voitaisiin ehkäistä tai ainakin pienentää. Työn tilaajana on Kontiolahden Urheilijat ry:n haulikkojaosto ja yhteistyökumppanina Kontiolahden kunnan ympäristösihteeri, joka on samalla ympäristölupaviranomainen.

Työssä on lähtökohtana vuonna 1988 virallisesti käyttöön otettu haulikkorata, jonka voimassa olevan ympäristöluvanluvan lupamääräys kohdan 5 mukaan on tehtävä riskikartoitus haitta-aineiden vaikutuksista maaperään, pohjaveteen ja terveyteen. Lähes kaikilla Suomessa olevilla ampumaradoilla maaperä on pilaantunut pintakerroksista, mutta vain osassa radoista alueella mahdollisesti oleva pohjavesi on pilaantunut ja aiheuttanut kunnostustoimenpiteitä. Suurin osa Suomessa toimivista ampumaradoista on perustettu soranotto paikoille, joilla on myös pohjavesiesiintymiä. Kyseisellä ampumaradalla pintamaasta on mitattu kohonneita pitoisuuksia, mutta nekkään eivät ylitä ns. Valtioneuvoston PIMA-asetuksen asettamia alemmaa ja ylempää ohjearvoa ja alueelta tutkituissa pohjavesissä ei ole todettu olevan kohonneita lyijypitoisuuksia.

Työssä on otettu kantaa myös siihen miten siirtyminen lyijyhauleista teräshauleihin vaikuttaa maaperässä tapahtuviin reaktioihin ja lyijyn kulkeutumiseen maaperässä. Lyijyä korvaaviin haulimateriaaleihin siirtyminen on kansainvälinen ympäristönsuojelu toimenpide, jota Suomen ampumaurheiluliitto eikä Kansainvälinen ampumaurheiluliittokaan pidä hyvänä ratkaisuna kilpailullisesti. Teräshaulit kovempina materiaalina tuovat muita riskejä, kuten kimpoamisvaaran yleisöön ampumakilpailuissa, mutta niiden haitallisuus ympäristölle on vähäisempi. Teräshaulit sisältävät raskasmetalleja, jotka ovat liukoisempia kuin lyijy.

Lopputuloksena työstä on tarkoituksena saada maaperän- ja pohjaveden riskiarvio. Jos riskiarviossa päädytään lopputulokseen, että riskit ovat suuret ja maaperä ja pohjavesi ovat pilaantuneet tai välittömässä vaarassa pilaantua on työssä tarkoituksena selvittää kunnostustoimenpiteet. Pilaantuneisuuden arviointiin käytetään Terveystieteiden ja Hyvinvoinninlaitoksen asettamia rajoja talousveden

lyijypitoisuudelle ja maaperän osalta Valtioneuvoston Pima-asetuksen rajoja. Pohjavesien haitta-ainepitoisuuksia ei ole erikseen määritetty Suomessa, mutta sen laatua ohjaa talousvedelle annetut pitoisuusrajat. Pima-asetuksen rajoja verrataan maakuntakaavassa esitettyyn maan käyttöön eli onko alue kaavoitettu asumiseen vai esimerkiksi puolustusvoimien käyttöön, kuten tässä tapauksessa on.

Työssä tarkastellaan miten pohjaveden laatua voitaisiin tarkastella taloudellisesti, jos todetaan pohjaveden olevan tarpeellista. Pohjavesi on noin 30 metriä maan pinnan alla. Onko olemassa halpoja ratkaisuja vai mietitäänkö yhteistarkastelupiste muiden alueen toimijoiden kanssa. Myös menetelmät lyijyn liukoisuuden vähentämiseen ja liukenemisen estämiseen tarkasteltiin.

2 YLEISTÄ AMPUMARATOJEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA

Ampumaradat aiheuttavat monenlaisia ympäristövaikutuksia. Suurimmat vaikutukset ovat maahan ja mahdollisesti jopa pohjaveteen asti kulkeutuvat raskasmetalli päästöt. Ampumalajilla on merkitystä siihen, millaisen kuormituksen se aiheuttaa maaperälle. Haulikkoammunnassa haulit leviävät huomattavasti suuremmalle alueelle kuin kivääri- tai pistooliradoilla. Suomessa kuitenkin suurin osa radoista on kivääriratoja ja toiseksi eniten on haulikkoratoja. (Naumanen ym.2001, 27)

Toiminnasta aiheutuu myös meluhaittaa, joka rajoittaa rakentamista ja muuta ampumaradan ympärillä olevan maa-alueen hyödyntämistä. Kaavoituksella pyritään ratkaisemaan ongelmia, joita ampumaratatoiminta aiheuttaa. Siinä muun muassa pyritään siihen, ettei asutukselle varata alueita melurajojen sisäpuolelta vaan asutus pyritään kaavoittamaan kauemmas meluisista alueista.

Ampumaurheiluliitto on julkaissut ohjeita hyvistä ampumaradoista, millaisia uusien ratojen tulisi olla ja miten vanhoja voidaan kunnostaa, jotta aluetta voitaisiin myöhemmin ammunnan loppuessa käyttää muuhun virkistykseen tai mahdollisesti jopa asutukseen.

Suomen ympäristökeskuksen selvittämien ratojen etäisyydet vesistöihin vaihtelivat 100 metrin ja yli 1 000 metrin välillä. Näistä 8 % sijaitsi 100 metrin tai alle 100 metrin etäisyydellä vesistöissä. Vesistöiksi on luettu osassa radan läpi kulkeva oja tai alueen vieressä oleva lampi tai muu vastaava avovesi. Radan läpi kulkevan ojan kautta radalla ammuttu lyijy saattaa levitä ympäröiviin isompiin vesistöihin, mutta lyijyn hitaan liukenevuuden ja vettä suuremman tiheyden vuoksi ojan kautta kulkeutuminen ja sitä kautta vesistöjen pilaaminen on epätodennäköistä. (Naumanen ym., 2001, 18)

Ampumaratoja on yleisesti perustettu harjualueille ja muille vastaaville alueille, joissa on myös pohjavesiesiintymiä. Pahimmillaan radat sijaitsevat alle 100 metrin etäisyydellä pohjaveden ottamosta yleensä kuitenkin noin 1 kilometrin etäisyydellä. Näillä alueilla on riski, että radan lyijy pilaa liuetessaan alueen pohjaveden juomakelvottomaksi. (Naumanen ym., 2001, 18)

Yleensä radat on perustettu siten, että on huomioitu vain melualueet. Nykyisin asuinalueiden vaatiman lisätilan takia melualueet ovat uhattuina ja joissakin tapauksissa on kaavoitettu asuinkäyttöön alueita jopa melualueiden sisältä. Tämä aiheuttaa usein sen, että ampumatoiminta radalla lakkaa kokonaan ratojen sulkemisen vuoksi.

Ampumaratojen melu ei aiheuta pysyviä kuulovaurioita tai muita suurta kohtuutonta tai kustannuksia aiheuttavaan vahinkoa. Melu on häiritsevää ja jaksoittaista ja rajoittaa ympäröivien alueiden käyttöä esimerkiksi virkistykseen ja varsinkin asumiseen. On myös tutkittu melun ja sydän- ja verisuonitautien yhteyttä, mutta sitä ei ole pystytty todentamaan aukottomasti. Melu aiheuttaa mahdollisesti stressiä, joka liittyy edellä mainittuihin sydän- ja verisuonitauteihin. (Pääkkönen 2011; Viinamäki 2007, 19)

Ammuttavat savikiekot tuovat haulikkoradoilla maahan PAH-yhdisteitä. Nykyisin on olemassa jo ns. eko-kiekkaja, jotka eivät sisällä kivihiilipikeä, josta PAH:t kulkeutuvat maahan. Yleisessä käytössä nämä ekokiekot eivät vielä ole kalliimman hintansa vuoksi. (Viinamäki 2007, 33-34)

3 LYIJY

3.1 Yleistä lyijystä

Lyijy kuuluu jaksollisen järjestelmän hiiliryhmään ja on metallimainen kiinteä alkuaine ja suhteellisen pehmeä metalliksi. Lisäksi se kuuluu raskasmetalleihin ja sen vetolujuus on huono. Ympäristössä oleva lyijy on suhteellisen stabiili ja suhteellisen hitaasti liukeneva. Maa- ja kallioperässä on pieniä lyijypitoisuuksia luonnostaan, mutta esimerkiksi vielä 1980-luvulla bensiinin lisäaineena käytettiin yleisesti lyijyä ja se lisäsi lyijypitoisuutta varsinkin valtateiden varsilla ja kaupungeissa. Maaperän lyijyn taustapitoisuus Suomessa on noin 17 mg/kg. Muita lyijyn lähteitä ovat akkuteollisuus, kaivostoiminta, lyijymaalit, metsästys ja ampumaratatoiminta. (Naumanen ym. 2001, 31-33)

Luonnossa lyijy hapettuu herkästi ja sen pintaan muodostuu karbonaattikerros, joka suojaa lyijyä liukenemiselta ja hajoamiselta luontoon. Tässä vaiheessa lyijyhaulilla on ns. kaksikerrosvaihe, jossa päällyskerros on pääasiallisesti hydroserussiittia $PbCO_3$ ja sisäkerros lyijymonoksidia (PbO) eli lyijy (II) oksidia. Maaperän pH ja maaperässä olevat humusaineet vaikuttavat lyijyn kulkeutumiseen maaperässä. Maaperän lyijy sitoutuu maassa olevaan hienoainekseen ja mitä enemmän sitä on, sitä hitaammin lyijy kulkeutuu pohjaveteen. Mitä matalampi pH on, sitä nopeammin lyijy liukenee. pH:n ollessa neutraali tai emäksisen puolella lyijy on kohtalaisen stabiili. Jos maassa havaitaan korkeita lyijypitoisuuksia, maa voidaan neutraloida esimerkiksi kalsiumkarbonaatilla ja tällöin lyijyn hajoaminen hidastuu. Myös fosfori hidastaa lyijyn hajoamista ja kulkeutumista maassa, koska lyijy muodostaa fosforin kanssa liukenemattomia fosfaatteja sopivissa olosuhteissa. (Naumanen ym. 2001, 33)

Lyijyn itsessään on myrkyllistä niin kasveille kuin muillekin eliöille kuten ihmisille. Lyijyn läsnäolo maaperässä tai vesistössä hidastaa tai jopa estää mikrobitoimintaa. Mitkään kasvit tai eläimet eivät käytä lyijyä ravinteena. Vesilintujen ruuansulatuskanavista lyijyä on kuitenkin löydetty, sillä vesilinnut saattavat erehdyksissä syödä lyhyen ajan sisään luontoon päässeitä hauleja luullessaan niitä siemeniksi, joita käyttävät ravintonaan. Jo hapettuneita hauleja sorsat eivät syö, koska niiden ulkonäkö on ehtinyt muuttua hapettuessa. Tutkimuksissa ei ole löytynyt merkkejä siitä, että maaperän lyijy siirtyisi kasvien juuristoista niiden lehtiin tai

marjoihin vaan lyijy säilyy ainoastaan juuristoissa. Tästä syystä maaperän lyijy ei kovin helposti siirry ihmisiin tai muihin eliöihin, jotka käyttävät kasveja ravintonaan, muutoin kuin maansyönnin yhteydessä. Joissakin tapauksissa ampumarata-alueiden läheltä tutkittujen sienien sisältä on löytynyt lyijyhauleja, mutta nämä ovat olleet vain poikkeustapauksia. (Naumanen ym. 2001, 33-34; Petterson 2006, 29-31)

Hajotessaan lyijy muodostaa yhdisteitä, joita ovat mm. serussiitti, hydroserussiitti ja anglesiitti. Myös lyijyä sisältävät yhdisteet ovat myrkyllisiä. Lyijyn huonoihin ominaisuuksiin kuuluu myös se, että se rikastuu ravintoketjuissa, luonnossa ja elimistössä. Jos esimerkiksi päästäiset ovat altistuneet lyijylle, lyijy kerääntyy niiden elimistöön, esimerkiksi luihin, ja pienpetojen syödessä päästäisiä kaikki lyijy, mikä niissä on kertyy petojen elimistöön kumulatiivisesti. (Naumanen ym. 2001, 33)

WHO:n ja FAO:n suositusten mukaan viikoittainen enimmäisannos lyijylle on 25 µg/viikko painokiloa kohti niin lapsille kuin aikuisille. Se tarkoittaa viikoittaisannoksen suuruudeksi 1,75 mg/viikko tai 0,091 grammaa vuodessa 70 kg painoiselle aikuiselle. Lyijylle ei ole turvallista määrää, eli aina, kun lyijyä on elimistössä se on myrkyllistä. Ihmiselle ei ole olemassa vaaratonta lyijytasoa. (Stokke ym. 2011, 42-44; Naturvårdsverket & Kemikalieinspektionen 2006, 34-35)

Lyijyä käytetään edelleen paljon mm. akuissa ja ammuksissa. Taulukossa 1 on esitetty lyijyn lähteet päästömäärineen (t/v). Polttoaineiden ominaisuuksien parantamiseksi lyijyn käyttö lopetettiin 1990-luvulla, joten ilmalaskeumat ovat pienentyneet huomattavasti ja ilman laatu sitä mukaa on parantunut. Metsästyksessä ja rata-ammunnassa lyijyn käyttö on nykyisin osittain kiellettyä. Esimerkiksi joissakin kaupunkiympäristöissä, joissa on paljon liikennettä ja teollisuutta, jossa käytetään lyijyä, pitoisuudet voivat olla jopa vaarallisen korkeita. (Nan Hui 2010, 17-19)

TAULUKKO 1. Lyijyn lähteet ja päästömäärät vuodessa. (Naumanen ym. 2001, 32)

Lähde	Lyijy (t/vuosi)
Akut	700
Luodit ja haulit	1 640
Kuona kuparisulatoista	1 690
Sinkkiteollisuus	890
TV-vastaanottimien sisältämä lyijy	480
Voimalaitokset	70
Puun poltto	0,6
Viinipullojen kapselit	20
Kotitalousjäte	150
Polttolaitokset	30
Valimot (puutteellinen tieto)	2
Rauta- ja terästeollisuus	60
Paperiteollisuus	35
Maaliteollisuus	0,5
Muoviteollisuus (stabilisaattorit)	40
Hehkulamppujen valmistaminen	0,23
Lannoiteteollisuus	1,0
Lietteet	85
Yhteensä	5 894

3.2 Terveysvaikutukset

3.2.1 Altistuminen lyijylle

Lyijylle altistumiseen on monia reittejä riippuen siitä, onko kyseessä kasvi- vai eläinkunnan edustaja. Altistumisessa on kolme reittiä ylitse muiden: lyijypitoiset maalit, lyijyä ilmassa ja maassa ja lyijyllä pilaantunut juomavesi. Kasvit altistuvat lyijylle juuriensa kautta kasvaessaan pilaantuneilla mailla tai nykyään yhä vähemmän ilmalaskeuman kautta. Ihmiset altistuvat lyijylle ravinnon, suoran kontaktin, pölyn ja veden välityksellä maaperästä ja ilmasta. Jotkin kasvit kuten juurikkaat saattavat kerätä lyijyä itseensä. (Naumanen ym. 2001, 36; Salminen 1997; Asikainen ym. 2005, 53)

Maansyönti varsinkin ampumaradoilla, joissa maanpinnan lyijypitoisuudet ovat todella korkeat, aiheuttaa myrkytysoireita. Maansyönti altistumistapana ei kuitenkaan ole kovin yleinen varsinkaan ihmisillä. Lapset altistuvat tätä kautta yleisimmin ja jotkin eläimet mm. linnut syövät maata. Aikuisillekin saattaa maata joutua

ruuansulatuskanaviin esimerkiksi, jos jostain syystä on käsitelty maata ja alkaa nauttimaan eväitä tai tupakoimaan voi käsissä olleet maahiukkaset ja niissä mahdollisesti sitoutuneena ollut lyijy siirtyä ruuansulatuskanaviin. (U.S. Environmental Agency 2005, 2-3)

Metsästystilanteissa, varsinkin parviin ammuttaessa ja huonoissa osumissa, joissa eläin ei kuole, riistan lihaksistoon ja suolistoon tulee välitön lyijykuorma. Tämä aiheuttaa lyijyn liuetessa myrkytystilan ja riistan joutuessa ravinnoksi joko ihmiselle tai petoeläimelle sen elimistössä ollut lyijypitoisuus siirtyy lihansyöjään. Myös hyvissä osumissa haavakanavan ympärille saattaa jäädä lyijyä riippuen ammustyypistä. (Stokke ym. 2011, 42-44)

Ihmiset voivat altistua lyijypitoiselle pölylle ampumarata-alueilla kunnostustöiden tai rakentamisen aikana. Lyijypölyn hiukkaskoolla on suuri merkitys siihen miten se kulkeutuu keuhkoissa. Alle 10 µm kokoiset hiukkaset kulkeutuvat helposti keuhkoihin ja aina keuhkorakkuloihin asti. Ampumarata-alueiden ympäristössä on mahdollista todeta kohonneita lyijypitoisuuksia mm. sammalissa ja jäkälissä. Nämä kohonneet pitoisuudet johtuvat radalta tulevasta pölystä. Ulkona sijaitsevilla ampumaradoilla ilman kautta altistuminen on erittäin epätodennäköistä, mutta mahdollista, koska lyijy ja muut ammunnessa syntyvät haitta-aineet ovat heikosti haihtuvia. Altistumisen määrään vaikuttaa myös hengitysnopeus ja -korkeus. Siten esimerkiksi lapset tai maaeliöt altistuvat herkemmin lyijypölylle kuin normaalikokoinen aikuinen. (Naumanen ym. 2001, 36; U.S. Environmental Protection Agency 2005, 4; Asikainen ym. 2005, 53)

Altistuminen voi tapahtua ravinnon kautta. Ravintona voi olla esimerkiksi pienpedoilla päästäisiä, joiden elimistössä on lyijyä. Kuten edellä on todettu, lyijy rikastuu ravintoketjussa ylöspäin mentäessä, eli se ei poistu ketjusta ennen kuin ketju katkeaa. Ihmisten ravintonaan käyttämät kasvit eivät pääosin sisällä lyijyä. Suomen puolustusvoimien teettämän tutkimuksen mukaan ampumarata-alueiden liepeillä kasvavista puolukan juurista on löydetty selvästi kohonneita lyijy-pitoisuuksia. Kuitenkin, jos esimerkiksi juurikkaita on kasvatettu lyijyllä pilaantuneessa maassa, ne voivat sisältää jonkin verran lyijyä. Ilmalaskeuma aiheuttaa suuremmat pitoisuudet kasvien versoissa kuin maaperässä oleva lyijy, sillä lyijy rikastuu kasvien juuriin. Lehtivihanneksista, persiljasta tai salaattista on mitattu suurimmat pitoisuudet juuri

ilmalasjeuman vuoksi. (Naumanen ym. 2001, 36-37; Salminen 2011; Aho ym. 2006, 47-48; Asikainen ym. 2005, 53)

Myös lihatuotteet voivat sisältää lyijyä, jos karja on laiduntanut lyijyllä pilaantuneilla mailla tai riistaeläimet ovat syöneet vahingossa lyijyä. Esimerkiksi sorsa-linnuilla on esiintynyt vahingossa ruuansulatuskanaviin ravinnon mukana kulkeutunutta lyijyä. Kuten edellä on todettu, myös huonoista osumista riistaan on voinut jäädä lyijyä, mutta pitoisuudet eivät ole kovin korkeat ja yleensä haulit tai luodit ovat havaittavassa muodossa löydettyä lihasta. Ihmisen mahassa lyijy ei liukene, vaikka ympäristö on todella hapan. Sen sijaan sorsa-linnuilla kuten heinäisorsalla on ns. lihasvatsa, jossa jauhinkivet jauhavat haulit ja näin ollen myös liukenevat elimistöön jopa muutamassa tunnissa. Ruotsalaisessa tutkimuksessa on todettu, että kanadanhanhen mahassa jauhautuneet haulit aiheuttavat myrkytyksen 45 tunnissa. (Naturvårdsverket&Kemikalieinspektionen 2006, 32-33; Salminen 2011)

Talousvetenä käytettävään pohjaveteen päästyään lyijy kulkeutuu helposti ja huomaamattomasti ihmisten elimistöön. Ollessaan liuenneena veteen lyijy on vaarallisempi kuin kokonaisina hauleina tai luoteina. Talousveden lyijyn maksimipitoisuus on Terveysten ja hyvinvoinnin -laitoksen mukaan 10 µg/litra. Lyijyllä pilaantuneen juomaveden osuuden lyijyaltistuksesta on arvioitu olevan vain noin 10 %. Lyijy voi imeytyä myös pesuvetenä käytetystä saastuneesta vedestä imeytymällä ihon läpi, jos sille altistutaan pitkiä aikoja tiheästi. Myös vaatteiden pesuun käytetystä vedestä lyijy voi päästä hengityselinten kautta elimistöön. Pintavesistä ja sedimenteistä voi päästä elimistöön pilaantunutta vettä vahingossa nieltäessä. (Naumanen ym. 2001, 53; Aho 2006, 47; Sosiaali- ja terveysministeriö 2000)

Ihminen voi altistua lyijylle myös ihonsa kautta. Lyijy kulkeutuu iholle pääasiassa laskeumana sillä se ei haihdu merkittävästi. Tätä altistumistapaa pidetään kuitenkin yleisesti merkityksettömänä verrattuna muihin altistumisreitteihin. (Naumanen ym. 2001, 53)

Työelämässä voi joutua sellaisiin tehtäviin, joissa on tekemisissä lyijyn kanssa. Raskaana olevat tai naiset, joiden lapset ovat imetysiässä, olisi siirrettävä pois sellaista tehtävistä missä ollaan tekemisissä lyijyn kanssa, koska muutoin altistetaan sikiö tai lapsi lyijylle. Jos tehtäviä suorittaessa ei ole saanut kunnollisia suojarusteita tai opastusta miten työ pitää hoitaa, niin ettei altistusta lyijylle voi ihminen

saada lyijymyrkytyksen. Ruotsalaisissa tutkimuksissa on todettu, että matalin lyijypitoisuus veressä mikä ei aiheuta terveysvaikutuksia on 0,3 µmol/l. Tässä pitoisuudessa ja heti sen ylittyessä on havaittavissa haitallisia vaikutuksia esimerkiksi munuaisiin ja verenkiertosysteemiin. Vaikutukset ovat kuitenkin pieniä eivätkä vielä aiheuta vakavaa terveysriskiä aikuiselle. (Naturvårdsverket & Kemikalieinspektionen 2006, 33-34; Asikainen ym. 2005, 53)

3.2.2 Lyijyn vaikutukset terveydelle

Lyijy aiheuttaa monenlaisia terveysriskejä päästessään elimistöön. Elimistössä lyijy jakaantuu veren, pehmytkudosten ja mineralisoivan kudoksen kesken. Mitä pienempi ihminen tai eläin on kyseessä, sitä vähemmän tarvitaan lyijyä aiheuttamaan haitallisia vaikutuksia terveydelle. Jopa niinkin pienet pitoisuudet veressä kuin 0,3 tai 0,5 µmol/l aiheuttavat jo haitallisia vaikutuksia varsinkin lapsilla ja sikiöillä. (Naturvårdsverket & Kemikalieinspektionen 2006, 33-34)

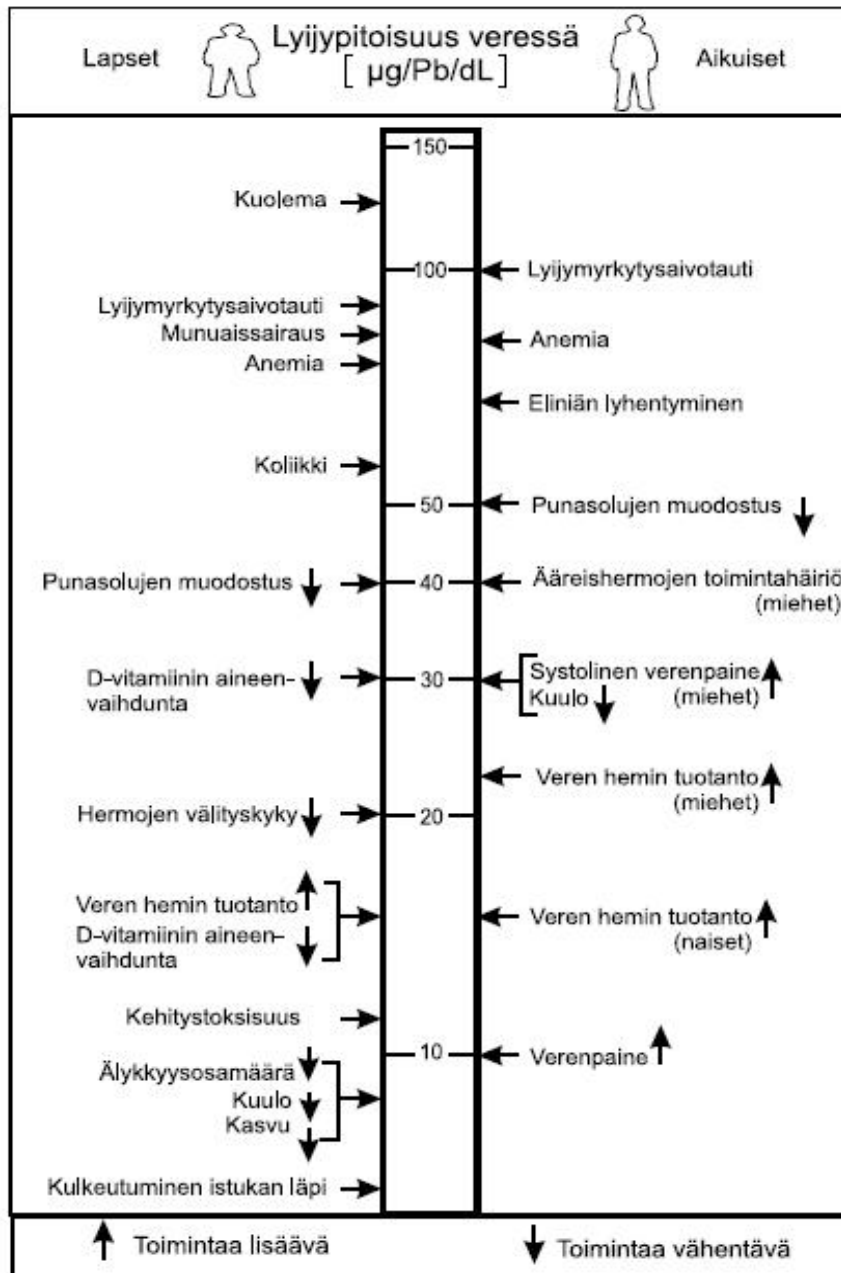
Jos lapsen tai sikiön veren lyijypitoisuus ylittää 0,5 µmol/l pitoisuuden se saattaa aiheuttaa vakavia kehityshäiriöitä, kuten aivojen alikehittyneisyys ja matalampi älykkyydosamäärä. Yli 0,5 µmol/l pitoisuudet aiheuttavat myös käyttäytymishäiriöitä, heikentynyttä kuuloa ja madaltuneen verenmuodostuksen. Lapsilla esiintyvät neuropsykologiset vauriot ovat vakavia ja tästä syystä varsinkin lisääntymisikäisten naisten ja lapsien veren lyijypitoisuuden olisi pysyttävä alle 0,5 µmol/l. Veren lyijypitoisuuden ylittäessä 1,5 µmol/l alkaa aikuisilla esiintyä vakavia terveysvaikutuksia ja sen takia 1,5 µmol/l rajaa ei saisi ylittää missään olosuhteissa. (Naturvårdsverket & Kemikalieinspektionen 2006, 33-34)

Lyijy vaikuttaa myös keskushermostoon. Lyijypitoisuudet aiheuttavat käytöshäiriöitä pieninä pitoisuuksina varsinkin lapsilla. Raskaana olevan naisen kautta sikiöön kulkeutuu lyijyä ja jos äidillä on korkeat veren lyijypitoisuudet niin lapsi voi kärsiä vakaviakin vaurioita. Samoin jos lapsi on imetysiässä ja äidin elimistössä on korkeat lyijypitoisuudet lapsikin altistuu lyijylle ja voi saada vaurioita. Lyijy haittaa mm. aivojen kehitystä nimenomaan sikiö-ikäisillä ja pienillä vauvoilla. Ääreishermoston hermosolujen johtumisnopeuksissa on todettu alenemista lyijyn vaikutuksesta samoin kuin koordinaatiokyvyn alenemista. Lyijyllä on todettu olevan vaikutusta myös verenkiertoelimistöön. Lyijyn on todettu estävän tai hidastavan veren punasolujen

syntymistä, josta seuraa anemia. (Naturvårdsverket & Kemikalieinspektionen 2006, 33-34; Salminen 1997)

Lyijyllä on todettu olevan vaikutusta myös ihmisten lisääntymiskykyyn. Naisilla kohonneiden lyijypitoisuuksien on todettu voivan aiheuttaa keskenmenoja ja miehillä heikentynyttä lisääntymiskykyä. Kuviossa 1 on kuvattu miten lyijy vaikuttaa milläkin pitoisuudella ihmisen terveyteen. (Naturvårdsverket & Kemikalieinspektionen 2006, 33-34; Salminen 1997)

Lyijyllä on taipumus korvata joitain hivenaineita kuten luuston kalsium. Lyijy korvaa luustossa olevan kalsiumin ja näin ollen kertyy ihmisten luustoon. Luustossa luonnostaan oleva kalsium voi joutua syrjäytetyksi jos ihmisen kehossa on lyijyä. Lyijyn käyttäytymisen takia etenkin naisten olisi hyvä tarkastuttaa veren lyijypitoisuus työskennellessään lyijyä käsiteltävissä tiloissa. (Rooney,; Asikainen ym. 2005, 53; Komulainen & Tuomisto 2011, 1066-1067)



KUVIO 1: Lyijyn vaikutus lapsiin ja aikuisiin veren lyijypitoisuuden funktiona. (U.S Department of human service 1992.)

3.3 Lyijyn kulkeutuminen maassa

Lyijy kulkeutuu maassa, mikäli olosuhteet ovat siihen otolliset. Matala pH, matala humuskerros, vähän orgaanista ainesta ja vähän puiden ym. kasvien juuria vähentävät lyijyn pidättymistä maahan. Yleisesti lyijyn liikkuvuus maassa on hidasta johtuen sen huonosta liukenevuudesta, kuitenkin happamissa hiekkamaissa ja soilla muuntumistuotteet ovat liukoisia ja saattavat olla liikkuvassa muodossa. Lyijyn liikkuvuus ja muuntuminen hapettuneisiin muotoihin esimerkiksi on riippuvainen maan pH:sta. (Rooney; Naumanen ym. 2001, 37-39;)

Lyijyn kulkeutumiseen maaperässä vaikuttaa maan rakeisuus, pH, sadanta, vedenläpäisykyky, mineraalikoostumus, orgaanisen aineksen ja saveksen määrä. Orgaaninen aines, humus ja savipitoiset maat pidättävät ja sitovat tehokkaasti lyijyä. Kasvien juuret sitovat lyijyä adsorboimalla sitä solukkoihinsa. Tästä syystä ampumaradoilla olisi hyvä pyrkiä lisäämään orgaanisen aineksen määrää. Orgaaniset ainekset muodostavat suoloja, jotka sitovat lyijyä. Orgaanista ainesta voi lisätä esimerkiksi haulikkoradoille levittämällä kompostoitunutta materiaalia haulien laskeuma-alueelle. Tämä hidastaa lyijyn liukenemistä maaperään. On kuitenkin muistettava, että orgaanista hajoavaa ainesta on oltava koko ajan eli kompostia olisi lisättävä tietyn väliajoin, että sitova vaikutus olisi pysyvä. (Naumanen ym. 2001, 37-39; Nan Hui 2007, 17)

Alkuaine lyijy muuttuu maaperässä hapettumalla, karbonoitumalla ja hydrolysoitumalla liuenneiksi ja hiukkasmuodossa oleviksi lyijy-yhdisteiksi. Alkuaine lyijy ja sen hajoamistuotteet ovat heikosti vesiliukoisia. Taulukossa 2 on esitetty lyijyn ja sen hajoamistuotteiden vesiliukoisuus. Hapettumalla muodostuneet lyijy-yhdisteet ovat pääasiassa serussiittia (PbCO_3), hydroserussiittia ($\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$), anglesiittia (PbSO_4) ja massikottia (PbO). Muodostuneet lyijykarbonaatit muodostavat lyijypartikkelin pinnalle liukenemattoman kerroksen ja lyijyhaulista tulee kaksikerroksinen. Sisempi osa haulista on pääosin massikottia (PbO) ja ulompi, liukenematon kerros, hydroserussiittia. Metallinen lyijy voi muuttua maaperässä usealla eri tavalla. Seuraavassa kaavoja joiden mukaisesti lyijy muuttuu maaperässä.

1. Se voi hapettua kahdenarvoiseksi lyijyksi seuraavalla tavalla: $\text{Pb} \rightarrow \text{PbO} \rightarrow \text{PbCO}_3/\text{Pb}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$. Happaman maaperän humushapot yms. kiihdyttävät prosessia. (Ma ym. 2007)

2. Lyijy voi saostua niukkaliukoisina lyijy-yhdisteinä kuten karbonaatteina, sulfaatteina tai fosfaatteina
3. Se voi pidäytyä maapartikkeleihin (mm. saveen ja orgaaniseen ainekseen, rautaoksideihin tai kalsiumkarbonaatteihin)

TAULUKKO 2. Lyijyn ja sen hajoamistuotteiden vesiliukoisuus ja jakaantumiskertoimet. (Naumanen ym. 2001, 32)

Ominaisuus	Pb
Vesiliukoisuus mg l ⁻¹	Pb: ei vesiliukoinen PbSO ₄ : 0,0044 Pb(NO ₃) ₂ : 19,4 PbCO ₃ : 0,00011 Pb ₃ P(PO ₄) ₂ : yl. Ei vesiliuk. (riippuu isomeriasta)
logK _{p(pm/w)}	5,46-5,95 ⁻¹
logK _{p(soil/w)}	3,28-4,25 ⁻¹
logK _{p(sed/w)}	5,18-5,66 ⁻¹
Höyrynpaine 1 atm/kiehumispiste (° C)	1 740/1 744
BCF	
- kalat	452,2003
- kasvit varsi/juuri	0,001/0,03

logK_{p(pm/w)} = jakautumiskerroin kiintoaine/vesi

logK_{p(soil/w)} = jakautumiskerroin maa/vesi

logK_{p(sed/w)} = jakautumiskerroin sedimentti/vesi

BCF = biokertyvyyskerroin

Maaperän eri tyypit vaikuttavat lyijyhaukien ja -luotien hajoamisnopeuteen. Hajoamisnopeus riippuukin enemmän sekundäärimineraalien kuin alkuperäisen metallisen lyijyn liukenemisominaisuuksista. Tutkimuksissa on havaittu, että humuspitoisissa maissa metallisesta lyijystä 15,6 % muuttuu 20 – 25 vuodessa sekundäärisiksi mineraaleiksi. Kun taas mineraalipitoisissa maissa muuntumisnopeus oli 4,8 % samassa ajassa. Humuspitoinen maa kuitenkin sitoo suurimman osan liuenneesta lyijystä eikä se kulkeudu syvemmälle maakerrokseen. Tanskalaisissa tutkimuksissa on todettu, että maaperässä puolet hauleista muuttuu lyijy-yhdisteiksi 40 – 70 vuodessa ja haulien on todettu katoavan kokonaan 100 – 300 vuodessa. Jos maanpintaa muokataan, nopeutuu myös haulien hajoaminen sillä ne altistuvat tällöin kemiallisen rapautumisen lisäksi mekaaniselle rapautumiselle ja hajoamisaika voi olla

huomattavasti lyhyempi, 30 -90 vuotta. Nopeampaan hajoamiseen vaikuttaa kontakti ilmakehän hapen ja hiilihapon kanssa sekä kompleksinmuodostajia sisältävän maaveden kanssa. Suuret vaihtelut lämpötilassa edistävät lyijyn hajoamista eli vähälumisina talvina lyijyn hajoamien voi olla nopeampaa kuin runsaslumisina talvina, jolloin eristävä kerros on paksu ja lämpötila maassa pysyy suhteellisen tasaisena. (Naumanen ym. 2001, 33-34; Asikainen ym. 2005, 81-82)

Yleensä lyijy kertyy maan pintaosiin korkeintaan muutamien senttimetrien syvyyteen joko ampumatoiminnan seurauksena tai ilmalaskeumana, mikä johtuu pintamaan orgaanisen aineksen sitovuudesta ja lyijyn heikosta liukenevuudesta. Jos maan pinnassa on paljon humusta tai orgaanista ainetta lyijy pidättyy maahan ja on heikosti liukenevassa muodossa. Puhtaan maan lyijyn sitomiskyky on huomattavasti parempi kuin maan, jossa on kohonnut lyijypitoisuus. Erityisesti maassa, jossa on fosforia ja sulfaatteja voi lyijy muodostaa yhdisteitä, joiden liukenevuus on todella matala. Maaperän pH:n laskiessa lyijy irtoaa helpommin mineraaleista kuin orgaanisesta aineesta. Orgaanista ainetta sisältävässä maassa lyijy on karbonaattimuodossa ja karbonaattien on havaittu olevan pysyviä jopa pH:n laskiessa alle 6:n ja hydroserussiittia on havaittu maassa vielä pH:n ollessa alle 4. (Naumanen ym. 2001, 33-34; Asikainen ym. 2005, 81-82; U.S. Environmental Protection Agency 2005, 2-4)

Lyijypitoisten mineraalien rapautuessa lyijy pyrkii vapautuessaan sitoutumaan uudelleen sulfaatteina tai sulfidina tai se voi sitoutua myös orgaaniseen ainekseen ja rauta – mangaani -oksihydraatteihin. (Naumanen ym. 2001, 33-34)

Ruotsalaisessa tutkimuksessa on päädytty tulokseen, että lyijyn kulkeutuminen syvemmälle maaperään normaaleissa olosuhteissa on marginaalista. On kuitenkin olemassa esimerkkejä siitäkin, että lyijypitoisessa maassa virtaava vesi aiheuttaa lyijyn kulkeutumista. Irtaimen orgaanisen aineen ja epäorgaanisten ligandien esiintyminen maaperässä kasvattaa lyijyn pitoisuutta huokosvedessä, mutta tämä lyijy ei imeydy ruuansulatuselimistössä eli se ei ole biosaatavaa. (Baker & Senft 1995) (Naumanen ym. 2001, 33-34; Tarvainen & Jarva, 2009, 10-12; U.S. Environmental Protection Agency 2005, 2-4; Nan Hui 2007, 17; Petterson 2006, 31-32)

3.4 Lyijyn vaikutukset ekologialle

Lyijyn ekologiset vaikutukset riippuvat siitä missä lyijyä esiintyy. Maaperässä oleva lyijy ei ole niin haitallista kuin vesistöissä oleva lyijy. Tämä johtuu siitä, että maata ei käytetä ravintona ja kasvit eivät kärsi suuria haittoja lyijypitoisuuden noususta. (Naumanen ym. 2001, 37-41)

Vesiympäristössä lyijy kulkeutuu helpommin ravintoon. Aikaisemmin on todettu, että sorsalinnut erehdyksessä saattavat syödä lyijyhauleja. Haulien syönti aiheuttaa välittömän myrkytyksen johtuen lintujen lihasvatsasta, joka jauhaa lyijyn jopa 45 tunnissa. Kalat ja äyriäiset eivät kärsi veden lyijypitoisuuden noususta samalla tavalla kuin sorsa-linnut. (Nan Hui 2007, 18)

Maaperässä oleva lyijy aiheuttaa monille eliöille lisääntymishaittaa ja hidastaa mm. kasvua. Kasvien tuottavuus ja kasvu heikkenevät lyijypitoisuuden kasvaessa. Piennisäkkäisiin maaperän lyijy rikastuu niiden ravintonaan käyttämien lierojen ja mahdollisen maansyönnin kautta. Piennisäkkäät, jotka syövät kasveja eivät sen sijaan altistu lyijylle, koska lyijy jää pääosin kasvien juuristoon eikä kulkeudu maanpäällisiin osiin. (Asikainen ym. 2005, 81-83)

Petoeläimiin lyijy ei rikastu samassa määrin kuin piennisäkkäisiin sillä niihin rikastunut lyijy on sitoutunut suurimmalta osalta luustoon ja petoeläimet oksentavat pois tai jättävät kokonaan syömättä ne. Ruotsissa on tutkittu kotkia joissa 12 % todettiin kuolleen lyijymyrkytykseen. (Naturvårdsverket&Kemikalieinspektionen 2006, 32)

Kasveilla lyijy estää veden imeytymistä ja aiheuttaa kuparin puutosta. Myös yhteyttämisen on todettu heikentyvän lyijyllä pilaantuneilla mailla kasvavilla kasveilla. Lyijy reagoi muiden aineiden kanssa kasveissa. Sinkki ja kadmium lisäävät kasveilla lyijyn ottoa, fosfori puolestaan vähentää lyijyn aiheuttamaa kuormaa kasveille sillä se saostaa lyijyä liukenemattomaan muotoon. Päästyään kasviin lyijy saattaa estää joidenkin entsyymien toimintaa. Rikki estää kokonaan lyijyn pääsyn juurista versoon. Kasvin juurten syvyys vaikuttanee oleellisesti juurien ottamaan lyijyn pH:n, liukoisen lyijyn määrän ja orgaanisen aineen määrän ohella. (Naumanen ym. 2001, 38—39)

Mikrobeihin lyijy vaikuttaa niin, että niiden määrä vähenee ja koostumus muuttuu. Mikrobeillakin lyijyn kestävyys vaihtelee lajeittain. Huonosti lyijyä sietävät mikrobit vähenevät ja sitä paremmin kestävätkorvaavat poistuvat lajit. Lyijy on myrkyllinen tietyille maaekosysteemin hajottajaryhmille estäen niiden entsyymitoimintaa ja johtaa maaperän ravinnekierron heikkenemiseen ja vaikuttaa maaperän energiajärjestelmään. (Naumanen ym. 2001, 39)

Lajit kuitenkin pääosin sopeutuvat lyijyyn. Sopeutuminen saattaa olla fysiologista tai geneettistä. Ne eivät toimi kuitenkaan yhtä voimakkaasti kuin puhtaassa maassa. Esimerkiksi ampumaradalta otetussa mikrobinäytteessä mikrobit pystyvät lisääntymään vielä lyijypitoisuuden ollessa 10 000 mg/kg, kun taas puhtaassa maassa olevien mikrobien lisääntyminen estyi jo pitoisuuden ollessa 100 mg/kg. Tämä osoittaa, että luonto pystyy muuttumaan olosuhteiden mukaan. (Naumanen ym. 2001, 39; Nan Hui 2007,17)

3.5 Vesien pilaantuminen

Lyijy ei varsinaisesti pilaa vesistöjä, mutta tekee vedestä riittävän suurina pitoisuuksina juomakelvotonta. Lyijy ei rehevöitä vesistöjä tai tuhoa vesistöjen kasvillisuutta, mutta saattaa aiheuttaa vesistöissä elävien lintujen kuolemia. Suomessa talousveden lyijypitoisuudet ovat alhaisia verrattuna muihin teollisuusmaihin. Kaikilla raskasmetalleilla kemialliset ominaisuudet ja pysyvyys ioneina, yhdisteinä ja komplekseina ovat ratkaisevassa asemassa määrittäessä niiden ekologista merkitystä ja myrkyllisyyttä. Näihin esiintymismuotoihin vaikuttaa kaikilla raskasmetalleilla pH, hapetus-pelkistyspotentiaali ja saatavilla olevat kompleksoivat tai saostavat negatiiviset ionit ja liuennut orgaaninen aines. (Asikainen ym. 2005, 81-82)

Lyijy on vesissä liukoisessa muodossa. Se saostuu vesistä oikeissa olosuhteissa. Jos vesissä on kalsiumia, rautaa, magnesiumia tai orgaanista ainetta lyijy voi saostua pois vedestä ja muut metallit liukenevat. Saostunut lyijy painuu pintavesissä sedimentteihin ja siellä lyijy on lähes liukenematon. Lyijy saostuu ja sedimentoituu painuessaan pohjaan karbonaatteina esimerkiksi $PbCO_3$:na. Happamissa vesissä lyijy ei saostu vaan pysyy pitkiä aikoja liukoisessa muodossa johtuen vähäisestä orgaanisen aineen määrästä ja alhaisesta pH:sta. Edellä mainitusta johtuen lyijy on

haitallisempaa happamissa vesissä kuin emäksisissä tai neutraaleissa vesissä. (Naumanen ym. 2001, 35, Asikainen ym. 2005, 81-82)

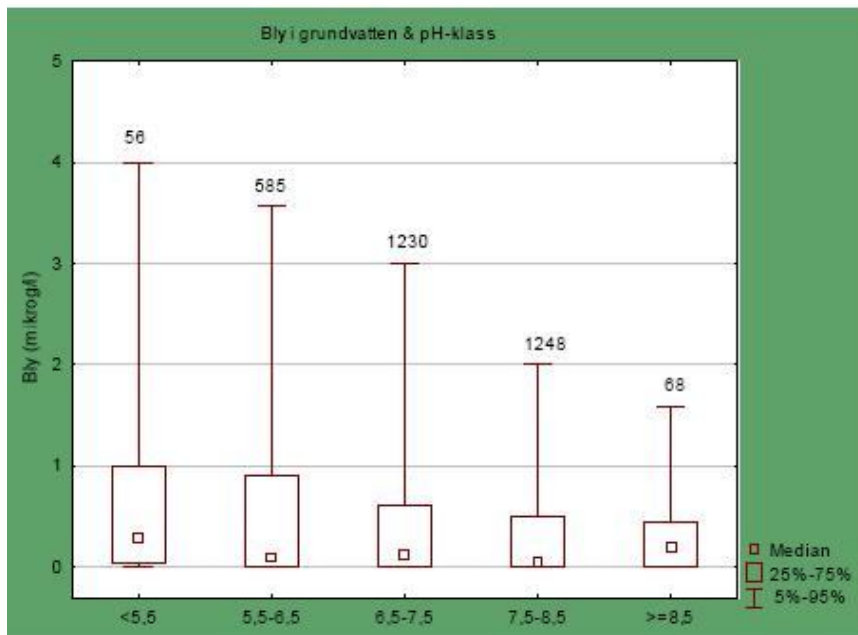
Kuormitus pintavesiin tulee pääosin ilman kautta kaukokulkeumana varsinkin nykypäivänä, kun vesilintumetsästys lyijyhauleilla on kielletty. Valumavedet kuljettavat lyijyä maanpinnalla riippuen lyijypartikkelien koosta ja veden virtauksen voimakkuudesta. Mitä hienompaa lyijy on ja mitä kovempi valuma niin sitä enemmän lyijyä kulkeutuu pois saastuneelta alueelta. Valumavesistä lyijy voi liueta maaperään ja sitä kautta pohjaveteen asti. Pohjavesiin voi liueta lyijyä ampumaradoilta tai soranottoaikoilta, joilla ammutaan kiekkoja ja kohdistetaan kivääreitä. Pohjavesiin liuennut lyijy voi kulkeutua pintavesiin saakka. (U.S Environmental Protection Agency 2005, 3-4;

Happamat vedet liuottavat maaperän lyijyä ja muita mineraaleja. Happamat sateet liuottavat muutoin stabiilia lyijyä ja maaperän emäksisiä aineita, jotka sitoisivat lyijyä, ja näin ollen helpottavat lyijyn pääsyä pohjaveteen. Voimakkaiden sateiden aiheuttamat pintavalunnat kuljettavat maata ja muita aineita, jotka sitoisivat lyijyä mukanaan ja lisäävät ongelmia lyijyn kanssa. (U.S Environmental Protection Agency 2005, 3-4)

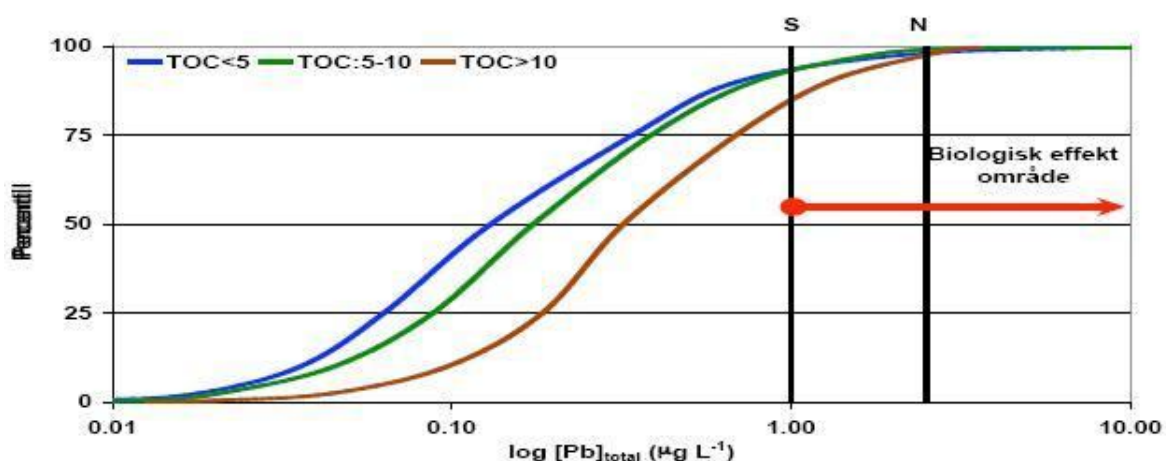
Jos pohjavesiin on liuennut lyijyä se voi kulkeutua pohjaveden mukana pintavesiin ja saastuminen laajenee nopeammin. Kuitenkin, jos pohjavesi kulkee emäksisten alueiden tai alueiden, jotka sisältävät rautaa, magnesiumia, kalsiumia tai muita liukenevia metalleja, lyijy saostuu pohjavedestä eikä pilaa pintavettä. (Naumanen ym. 2001,

Kuvioissa 2, 3 ja 4 kuvataan lyijypitoisuuden suhdetta pH-arvoon ja kokonaishiilen (TOC) määrään pintavesissä. Kuviot osoittavan, että mitä korkeampi pH-arvo ja mitä matalampi TOC-arvo ovat, sitä matalampi on lyijyn pitoisuus vesistössä. Kuvat ovat Ruotsin Geoteknisen tutkimuskeskuksen (SGU) ja Norjan Geoteknisen tutkimuskeskuksen tuloksia. Ympäristöolojen ollessa suhteellisen samankaltaiset Suomen kanssa voi olettaa riippuvuuksien olevan Suomessa samanlaisia. (Löfgren ym. 2003, 4-7)

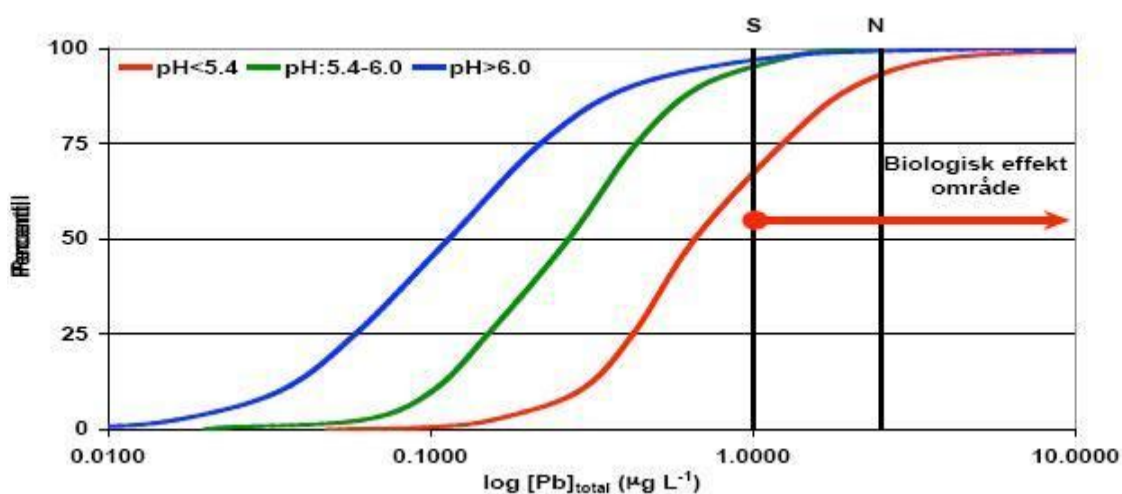
Ensimmäisessä kuvaajassa lyijyn määrä on kuvattu pystyakselilla $\mu\text{g/l}$ ja vaakakselilla on pH:n arvo. Kahdessa seuraavassa kuvaajassa lyijyn kumulatiivinen määrä on kuvattu logaritmisesti vaakakselilla ja pystyakselilla on kuvattu (kuvio 3) TOC ja pH -arvot (kuvio 4). (Löfgren ym. 2003, 4-7)



KUVIO 2: Lyijypitoisuus pH:n suhteen. Pystyakselilla lyijypitoisuus, vaakakselilla pH. (Lydersen&Löfgren 2002)



KUVIO 3: Kumulaatiivinen lyijyn kokonaispitoisuuden taajuusjakauma norjalaisissa ja ruotsalaisissa järvissä kolmen pH luokan perusteella. Tieto peräisin norjalaisista järvi-inventoinneista 1995. (Lydersen&Löfgren 2002). TOC <5, n=915;5> TOC < 10, n = 427; TOC > 10 n = 202



KUVIO 4: Kumulaatiivinen lyijyn kokonaispitoisuuden taajuusjakauma norjalaisissa ja ruotsalaisissa järvissä kolmen pH luokan perusteella. Tieto peräisin norjalaisista järvi-inventoinneista 1995. (Lydersen&Löfgren 2002). TOC <5, n=915;5> pH < 5,4; pH 5,4-6,0; pH > 6,0

4 HAULIKKORADAN KUORMITUSTIETOJA

4.1 Yleistä ampumaradoista

Ampumaratojen toiminta on lakisääteistä. Lait ja asetukset, jotka säätelevät ratojen toimintaa ovat: maankäyttö- ja rakennuslaki, laki ympäristönsuojelulainsäädännön voimaansaattamisesta, ympäristönsuojeluasetus, Valtioneuvoston päätös ampumaratojen melutason ohjearvoista, räjähdeseasetus, Valtioneuvoston päätös lyijytöistä, ympäristönsuojelulaki, jäteasetus, laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä, ympäristövahinkolaki, laki eräistä naapuruussuhteista, terveydensuojelulaki, pelastustoimilaki, ampuma-aselaki ja -asetus, ulkoilulaki, kokoontumislaki, laki järjestyksen valvojista, tieliikennelaki ja -asetus ja luonnonsuojelulaki. (Naumanen ym. 2001; Aho ym. 2006, 9-13)

Ampumalajit on yleisesti jaettu kolmeen ryhmään: haulikko-, kivääri- ja pistooliammunta. Kukin ampumalaji jaetaan lukemattomiin eri alaryhmiin. Seuraavassa keskitytään haulikkoammuntaan ja -ratoihin. (Naumanen ym. 2001, 23)

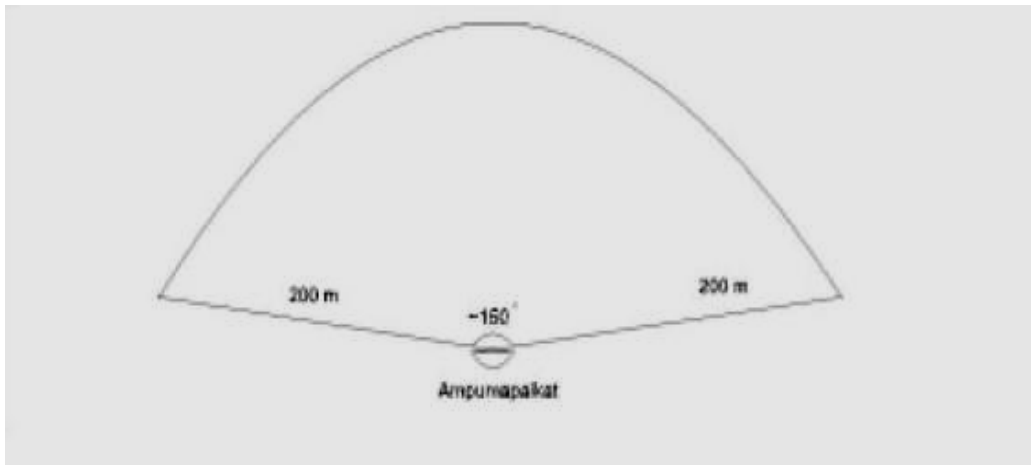
Lainsäädännöllä ohjataan maankäyttöä, kaavoitusta ja ympäristövahinkojen estämistä. Kaikki lait ohjaavat toimintaa yleisesti hyväksyttävään suuntaan esimerkiksi laissa eräistä naapuruussuhteista määritellään melurajoja, joita alueelta saa päästä ympäristöön. Suurin osa laeista ohjaavat ampumaratojen ympäristövaikutusten minimoimista, joka tapahtuu rajoittamalla päästöjä tai valvonnan ja sääntöjen lisäämisellä. Joillakin laeilla varmistetaan se, että ratojen ylläpitäjät tarkkailevat aiheuttamiaan ympäristövaikutuksia säännöllisesti ja ilmoittavat jos muutoksia ympäristön tilassa tapahtuu. Laeissa säädetään puhdistusvastuu maaperänpilaantumisen- ja pohjavedenpilaantumistapauksissa. (Aho ym. 2006, 9-13)

Suomessa on käytössä noin 2000 – 2500 rataa, joista suurin osa on vanhoja, vanhimmat jopa yli 100 vuotta. Vanhuudesta johtuen ne on perustettu aikoinaan ennen nykyisiä ympäristölakeja ja -asetuksia. Pääosa vanhoista ampumaradoista on perustettu vanhoille soranotto paikoille tai metsiin hakatuille ampumarata-alueille, jolloin perustamiskustannukset ovat olleet alhaiset. Näillä paikoilla ei ole perustamisen aikoihin osattu tai haluttu huomioida ympäristövaikutuksia paitsi melua. Soranotto paikat sijaitsevat hyvin usein harjumuodostumilla, joilla esiintyy yleensä

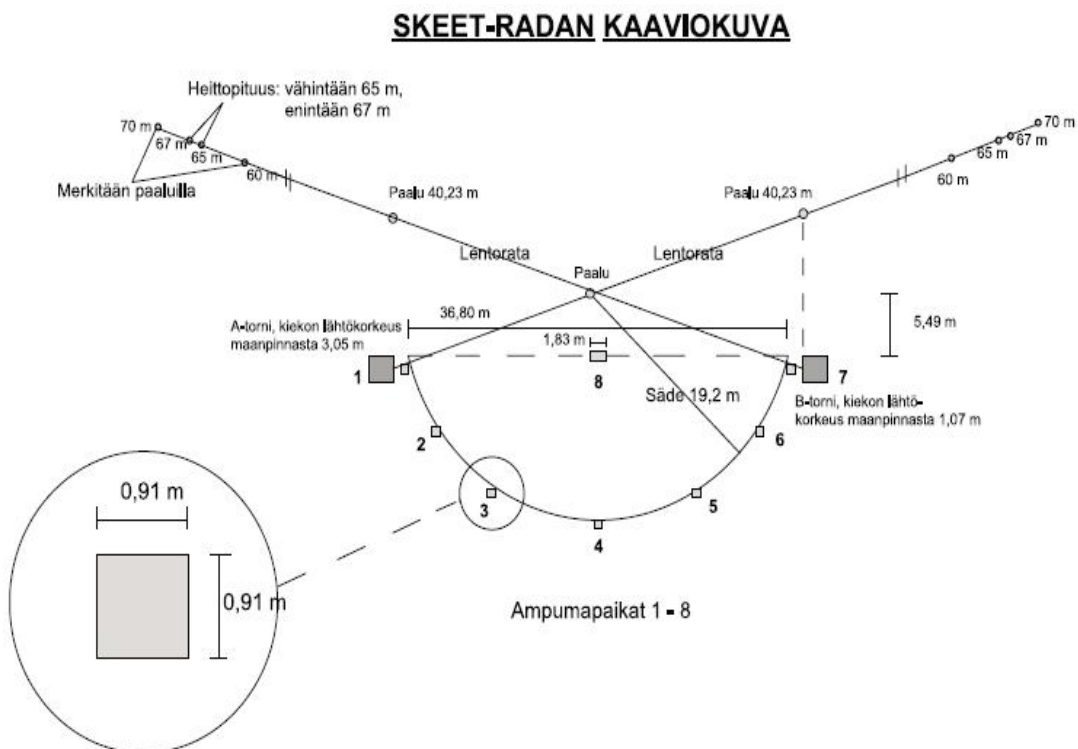
myös pohjaveden muodostumisalue tai pahimmissa tapauksissa jopa vedenottamo on lähellä (alle 500 m). Joitain ratoja on perustettu myös suoalueille. Tämä ratkaisu on todella epäonnistunut, sillä happamilla suoalueilla lyijy liukenee nopeammin kuin sora- ja hiekkamailla. Nykyisten ratojen lupakäytännöt ovat todella tiukat ja huomiota kiinnitetään sekä meluun että haitta-aineisiin. Suomen ampumaurheiluliitto on julkaissut ampumaradan perustamisoppaita, joiden avulla pienetkin seurat voivat opetella millainen on lain mukainen ampumarata ja onko resursseja sellainen perustaa. (Suomen ampumaurheiluliitto: ympäristövaliokunta 2003, 3; Naumanen ym. 2001, 13,18; Asikainen ym. 2005, 57)

Melun osaltakaan ei ole ollut väliä mihin rata on perustettu, kunhan se on perustettu tarpeeksi kauas asutuksesta. Nykyään asutuksen levitessä yhä laajemmalle vanhat radat ovat joutuneet asutuksen ympäröimiksi ja niiden aiheuttamasta melusta on tullut ongelma. Kaavoituksella asiaan voi vaikuttaa kaavoittamalla alueet virkistysalueiksi ja asutusalueet kaavoitettaisiin mitattujen melualueiden ulkopuolelle. Ahtaasti rakennettujen alueiden virkistyskäytöllekin olisi monenlaisia tarpeita ja olemassa olevat ampumaradat rajoittavat kaikenlaista käyttöä. Uusilla perustamisohjeilla pyritään siihen, että rata-alueet olisivat muutettavissa kohtuullisin kustannuksin muuhun käyttöön soveltuviksi. Varsinkin Etelä- ja Lounais-Suomessa on ampumaratojen kannalta ongelmallista, kun asutusalueeksi kelpaavaa maata on rajallisesti ja jatkuvasti on tarvetta kaavoittaa lisää maata asumiskäyttöön, jopa niin että asutuksia kaavoitetaan melualueen sisään. (Naumanen ym. 2001, 20; Asikainen 2005, 57)

Haulikkolajeja ovat skeet, trap, kaksoistrap, sporting ja metsästustrap. Skeet ja trap ovat suosituimpia lajeja ja melkein kaikilla radoilla on radat vain näille kahdelle lajille. Kaikissa niissä on yleisesti käytetty lyijyhaukeja ja savikiekkoja. Nykyisin lyijyhaukien sijaan on suunniteltu käytettävän korvaavia lyijymateriaaleja kuten terästä ja eräillä radoilla on jo siirryttykin käyttämään korvaavia haulimateriaaleja. Isoilla ampuradoilla on siirrytty käyttämään ns. ekokiekkoja tavallisten savikiekkojen sijasta, koska tavalliset savikiekot sisältävät PAH-yhdisteitä. Ekokiekot eivät sisällä PAH:ja, koska niissä ei käytetä kivihiilitervaa. Kuvioissa 5 ja 6 on esitetty periaatekuvat trap ja skeet radoista. (Naumanen ym. 2011, 23, 56; Lundvik 2007)



KUVIO 5. Pelkistetty kuva skeet-radasta. (Naumanen ym., 2001, 28.)



KUVIO 6: Skeet-radän kaaviokuva ampumamatkoineen ja -suuntineen. (Suomen metsästäjäliitto ry 1996)

Ampumaradoilla maaperään joutuu huomattava määrä haitta-aineita, pääosin lyijyä. Hylsyjen mukana maahan siirtyy myös kuparia, sinkkiä ja nikkeliä. Varsinkin kivääri- ja pistooliammunnoissa käytettyjen ammusten hylsyt ladataan uudelleen, joten ne eivät jää kuormittamaan ratojen maaperää. Yleensä virallisilla radoilla pitää olla järjestetty keräys hylsille ja siksi hylsyjen aiheuttama kuormitus jää vähäiseksi. Epävirallisillakin ampumapaikoilla on hyvien tapojen mukaista kerätä ampumansa hylsyt talteen. Lyijyä vaarallisempaa antimonia siirtyy ammunnan yhteydessä maaperään pieniä määriä, mutta sen kanssa on oltava tarkkana sillä antimonin ja sen yhdisteiden on todettu olevan syöpää aiheuttavia. Raskasmetallien lisäksi maaperään joutuu myös PAH-yhdisteitä mm. savikeikkojen pehmentimenä. (Naumanen ym 2001, 23, 56; Lundvik 2007)

Haulikkoradoilla lyijypitoisuudet ovat laajemmalla alueella kuin pistooli- ja kivääriammunnassa, koska ampumasektorit ovat laajemmat ja luodikolla ammuttaessa luodit kerääntyvät taustapenkkeihin. Haulikkoradoilla myös kuormitus on suurempaa johtuen suuremmasta kerta-annoksesta, joka on haulikolla ammuttaessa 24 grammaa ja kiväärillä alle 10 grammaa laukausta kohti. Haulikolla ammuttaessa laukauksia kertyy helposti jopa yli sata, mutta luodikko ammunnoissa laukausmäärät jäävät huomattavasti pienemmiksi. Haulikkoradat tarvitsevat tilaa jopa yli 10 hehtaaria etteivät haulit leviä ampumaradan ulkopuolelle. Ammutut kiekot jäävät noin kahden hehtaarin alueelle ampumapaikasta. Haulikolla ammuttaessa haulit jäävät maan pinnalle ja luodikoilla ammuttaessa luodit uppoavat muutamien senttimetrien syvyyteen. Tämä seikka vaikuttaa aineiden kulkeutumiseen, koska maanpinnalle jääneet lyijyhiukkaset sitoutuvat maan humukseen ja orgaaniseen ainekseen, mutta pinnan alle uponneet luodit eivät pysty reagoimaan alueen sitovien aineiden kanssa. (Naumanen ym. 2001, 23,27; Rooney, 3)

Hauleissa käytettävä materiaali sisältää 97 % lyijyä, 1 – 3 % antimonia ja 0,1 – 0,5 % arseenia. Usein ammuksissa on myös muita metalleja kuten kuparia, sinkkiä ja nikkeliä. Kilpa-ammunnassa skeet patruunoiden haulien sallittu läpimitta on suurimmillaan 2,0 mm ja trapissa 2,5 mm. Haulien lentomatka on suoraan verrannollinen niiden läpimittaan niin, että 2,0 mm:n hauli lentää 200 metriä jne. Ammunnassa käytettyjen savikiekkojen mitat ovat: halkaisija 110 mm, korkeus 25 – 28 mm ja paino 100 – 110 grammaa. Ennen kiekot valmistettiin kalsiitista (70 %) ja kivihiilitervasta (20 %), mikä sisältää polyaromaattisia hiilivetyjä eli PAH:ja. Nykyään

käytössä olevat savikiekot eivät sisällä kivihiilitervaa, mutta ovat kalliimpia. (Naumanen ym. 2001, 27; Lundvik 2007)

Jotkin PAH-yhdisteistä ovat helposti haihtuvia ja saattavat sitoutua haihtuessaan pölyhiukkasiin tai hajota auringonvalon tai muiden aineiden vaikutuksesta päivien tai viikkojen aikana. Useimmiten savikiekkojen sisältävät yhdisteet ovat suurimolekyylisiä, erittäin niukkaliukoisia ja maaperän kiintoaineeseen sitoutuvia ja tästä syystä niiden liikkuvuus maaperässä on erittäin heikko. Jos PAH-yhdisteitä pääsee sedimentteihin ne sitoutuvat sedimenttiin ja siirtyminen veteen on vähäistä. (Naumanen ym. 2001, 56)

4.2 Kontiolahden haulikkorata

4.2.1 Alueen topografia

Kontiolahden haulikkorata sijaitsee Jaamankankaan harjumuodostelmalla Sairaalasuo pohjavesialueella. Alue on luokiteltu I-luokan pohjavesialueeksi eli vedenottoon tärkeäksi alueeksi. Alue on jyrkkäpiirteistä soraharjua. Jaamankankaan alue on muodostunut jääkauden sulamisvaiheen aikana, kun jäätiköt ovat sulaneet ja kerrostaneet maa-aineksia harjumuodostelmiksi vetäytyessään. Maanpinnan korkeus meren pinnasta on noin 119,5 metriä ja alueen itä ja luoteen puolella olevan järven, Höytiäisen, pinta on 35 – 45 metriä Jaamankangasta alempana. Etäisyys Kontiolahden urheilijoiden ampumaradalta Höytiäiseen ei ole kovin suuri, lyhimmillään noin 670 metriä. (Britschgi & Gustafsson, 39)

Jaamankangas on haulikkoradan alueella tasaista mäntyvaltaista kangasta. Haulikkoradalla kasvaa nuorta mänty-puustoa ja alueen reunoilla isokokoista männikköä. (Ympäristölupa 27.3.2009)

4.2.2 Alueen maaperätiedot

Jaamankankaan harjumuodostelma on pääosin soraa ja hiekkaa, mutta alueen maalajit ovat heikosti lajittuneita. Jaamankankaan harjumuodostelma jatkuu koilliseen Höytiäisen rantaa pitkin Pitkälammen suuntaan. Pitkälammen koillispuolella moreenista tulee maaperän valta-aines. Lisäksi alueen läpi kulkee kaksi pitkittäisharjua, jotka ovat soraa ja hiekkaa. Kartassa 1 (Liite 1) on esitetty tumman

vihreällä värillä haulikkoradan maaperä-aineksen laatu, joka on soraa. Haulikkoradan pohjoispuolella maaperän sora vaihtuu hiekaksi ja tämä on esitetty kartassa 1 vaaleanvihreällä värillä. Sairaalasuoan saraturve-alue on kartassa 1 merkitty ruskealla värillä. Alueella on runsaasti suppia ja Höytiäisen rannalla on lohkarivyöhyke. (Kontiolahden maaperäkartta, 4; Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry 2010, 3)

Rata-alueella ei ole ojituksia tai muita pintavesiä, joiden mukana lyijy voisi levitä laajemmalle alueelle tai kulkeutua isoihin vesistöihin. Sadeveden mukana liukeneminen maaperään voi olla happamilla sateilla mahdollista, mutta lyijyn niukkaliukoisuuden takia tämä on hyvin epätodennäköistä, koska pohjavesi on noin 30 metriä maanpinnan alapuolella. (Kontiolahden maaperäkartta, 4 ;Britschgi & Gustafsson, 39; Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry 2010, 3)

Kontiolahden kallioperä on yleisesti ottaen peruskallio aluetta. Peruskallioalue on muodostunut graniitti-gneissi -kerrostumasta. Kuviossa 7 on esitetty turkoosilla värillä alueen kallioperän materiaali. (Britschgi & Gustafsson, 39)

ampumaradoille päin ja niiden läpi purkautuen Höytiäiseen. (Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry 2010, 4)

Sairaalasuo-alueen pohjavedestä on tehty mittauksia ja koepumppauksia vuosina 2005 – 2007, mutta vain yhdestä pisteestä on mitattu kohonneita nikkelpitoisuuksia. Pohjaveden laatu on ollut muutoin hyvä. Pohjaveden pinta on tasolla 91 metriä merenpinnan yläpuolella eli se on noin 30 metrin syvyydellä maanpinnasta haulikkoradan kohdalla. (Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry 2010, kansalaisen.karttapaikka.fi)

Jaamankankaan ja Sairaalasuo-alueet rajoittuvat lännessä Höytiäisen -järveen. Järvi on kuitenkin etäällä ampumaradoista ja ratojen ampumasuunnat ovat poispäin järvestä, joten välitöntä vaaraa lyijyaltistukseen ei järvellä ole. Järven pinnan korkeus on 87,3 metriä merenpinnan yläpuolella. Järven pinnan ollessa alempana kuin pohjaveden pinnan, ja pohjaveden virtaussuunnan ollessa idästä länteen, pohjaveteen mahdollisesti päässeet epäpuhtaudet voivat kuormittaa järveä. (Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry 2010, 3)

Sairaalasuo-pohjavesialueen kokonaispinta-ala on 3,97 km² ja alueesta 3,56 km² on pohjaveden muodostumisaluetta. Alueelta arvioidaan saatavan vettä 1400 m³/vrk. Alueen vedessä on ollut pohjavedelle tyypillisiä ongelmia korkean rautapitoisuuden suhteen. (Kontiolahden maaperäkartta, 7)

4.2.3 Radan käyttö

Kontiolahden urheilijoiden haulikkorata on ollut käytössä vuodesta 1988 alkaen. Haulikkorata käsittää kolme rataa, joista kaksi on skeet-ratoja ja yksi trap-rata. Ratojen ampumasektorit ovat osittain samat ja ampumasuunnat koillisen ja kaakon suuntiin. Rata on pääasiallisesti käytössä toukokuusta elokuuhun, jolloin siellä käy ampumassa muitakin kuin pelkästään Kontiolahden Urheilijoiden edustajia. Metsästäjien ampumistoiminta kiihtyy elokuun puoliväliin mennessä koko kesän ajan ja hiljenee metsästyskauden alkaessa elokuun puolivälin jälkeen, jolloin ampumisesta vastaa suurimmalta osin Kontiolahden Urheilijoiden edustajat. Loppusyksystä alkukesään asti radan käyttö on vähäistä. Ampumistoimintaa säädellään lupaehtojen mukaan kellonajoilla ja juhlapäivinä voimassa olevilla täyskielloilla. (Ympäristölupapäätös 2009, 2-3)

Radoilla ammutaan voimassa olevan ympäristöluvan mukaisesti ekokiekkoja lyijyhauhi-patruunoilla. Haulipatruunoiden lataukset ovat kansainvälisten ampumajärjestöjen sääntöjen mukaiset 24 grammaa laukausta kohti. Uuden ympäristöluvan mukaan Kontiolahden Urheilijat oli veloitettu siirtymään lyijyä korvaavien haulimateriaalien käyttöön vuoden 2011 alusta. Kontiolahden urheilijat ovat kuitenkin hakeneet jatkoaikaa lyijyhauhiin käytölle ja ovat sen myös saaneet. Jatkoaikaa on myönnetty vuoden 2013 loppuun saakka. Vuosittainen ympäristöluvan mukainen laukausmäärä on 150 000 laukausta. Haettu enimmäislaukausmäärä on ollut 300 000, josta toteutui 70 000 – 90 000 laukausta 10 vuoden aikana. Ennen ympäristölupaa radalla on ammuttu noin miljoona laukausta ja luvan puitteissa noin 800 000 laukausta yhteismäärän ollessa noin 1,8 miljoona laukausta. Lyijyä on maaperään kertynyt laukausmäärä ja lataus/patruuna huomioiden noin 43 000 kiloa. Kiekkomurskaa on samalla tavalla laskien kertynyt alueelle yhteensä 180 000 kiloa radan käyttöhistorian aikana. Suurin osa ammutuista kiekkoista on perinteisiä kivihiilipiistä ja kalkkikivestä valmistettuja kiekkoja, jotka sisältävät enemmän PAH-yhdisteitä kuin nykyisin radalla käytössä olevat ekokiekot. (Ympäristölupapäätös 2009, 2-3)

Ampumaradan haulien leviämialue on 5 – 7 hehtaaria ja haulit lentävät 200 – 250 metriä ampumasuuntaan. Leviämialueelle tulee vuosittain luvan salliman enimmäislaukausmäärän (150 000 kpl) täyttyessä 3600 kiloa lyijyä ja kiekon painon ollessa keskimäärin 100 grammaa 15 000 kiloa saviekkojätettä. Edellisestä luvasta

asti käytössä olleet ekokiekot sisältävät huomattavasti pienempiä määriä PAH - yhdisteitä kuin perinteiset savikiekot. Vuoden 2011 alusta alkaen Kontiolahden Urheilijoiden haulikkoradalla tulee voimassa olevan ympäristöluvan mukaan käyttää teräshauleja, joiden ympäristökuormitus on vähäisempää kuin perinteisten lyijyhaulien. (Ympäristölupapäätös 2009, 2-3)

Alueella syntyy lyijyn ja kiekkojätteiden lisäksi pahvi-, muovi- ja hylsyjätettä. Kisojen aikaan mahdollisen yleisön tuoma lisäkuormitus ei aiheuta ympäristölle vaaraa sillä jätemäärät pysyvät alhaalla ja jätejakeet ovat normaalia sekajätettä. Lisäksi järjestämällä roskienkeruupisteitä saadaan roskat tarkasti talteen. Pahvijäte kierrätetään ja muut jätteet kuten hylsyt toimitetaan sekajätteenä kaatopaikalle. Pahvijätettä syntyy ammus- ja kiekkolaatikoista. (Ympäristölupapäätös 2009, 4)

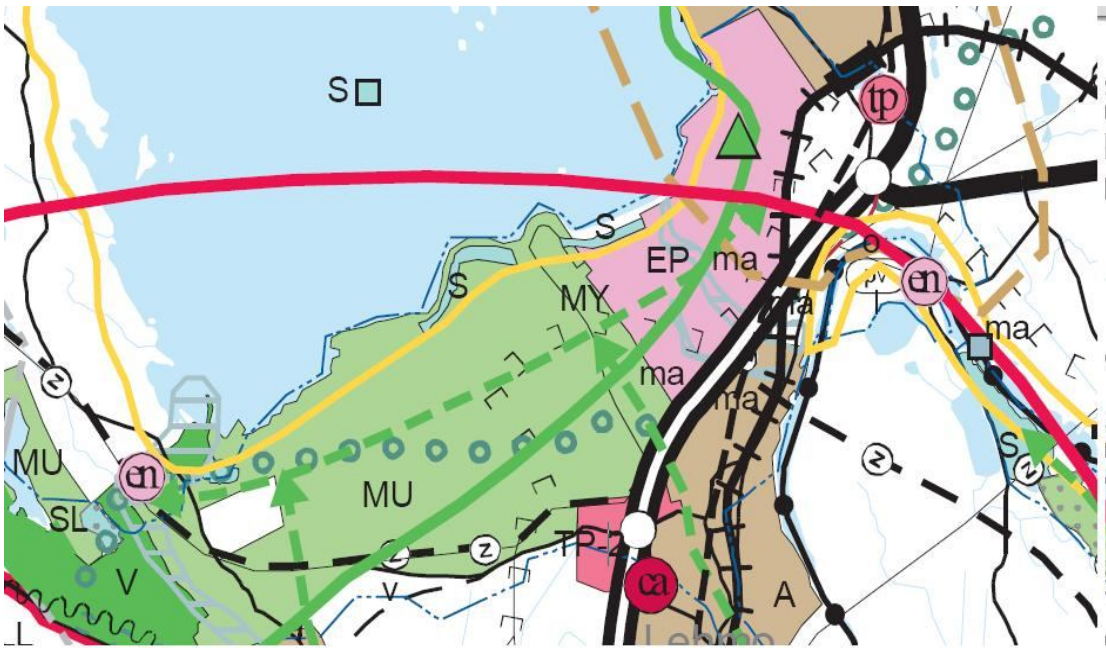
4.2.4 Kaavoitus

Kontiolahden Jaamankangas ja Sairaalasuo pohjavesi alue on kaavoitettu puolustusvoimien käyttöön vuoteen 2020 asti Pohjois-Karjalan maakuntakaavan mukaan. Myös Joensuun yleiskaavassa kyseiset alueet on merkitty puolustusvoimien käyttöön. Sekä maakunta- että yleiskaavassa Jaamankankaalle on merkitty myös ulkoilureittejä. Asemakaavaa kyseiselle alueelle ei ole eikä ole suunnitteillakaan ainakaan ennen vuotta 2020. (Pohjois-Karjalan maakuntakaavan 2. vaihe 2010, 25)

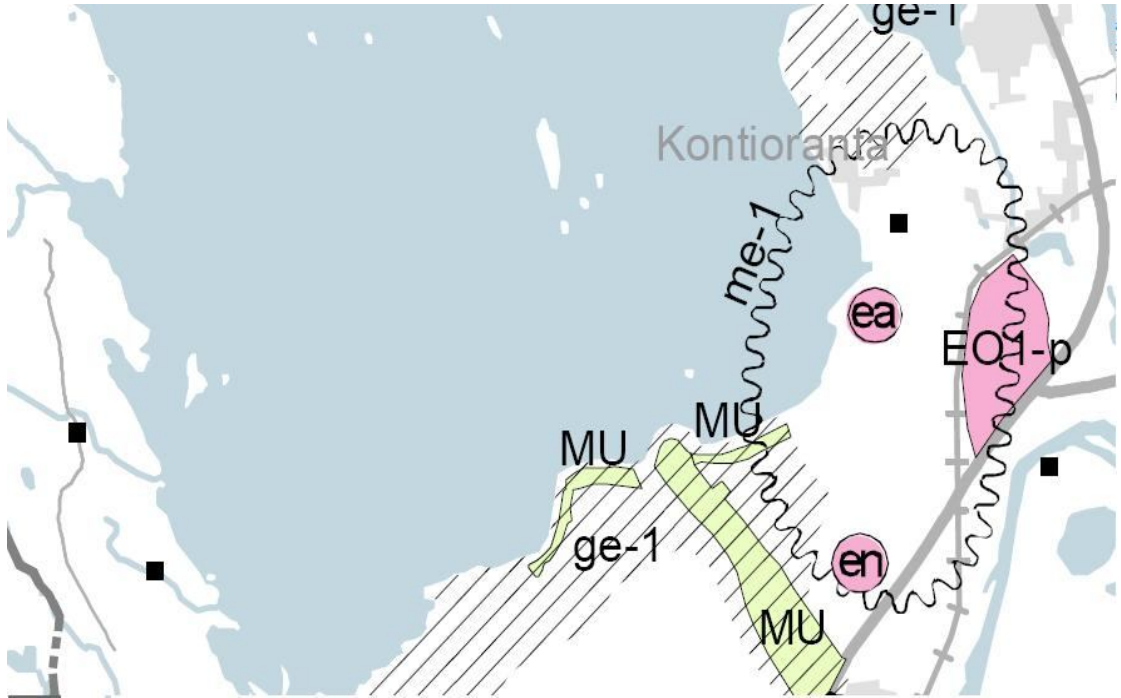
Kuviossa 8 on esitetty maakuntakaavassa varatut alueet. Vihreällä värillä merkityt alueet ovat virkistysalueita ja vaaleanpunainen alue on varattu puolustusvoimien käyttöön. Ulkoilureitit kulkevat puolustusvoimien alueen läpi, osittain siksi että puolustusvoimat käyttävät itsekin niitä. Höytiäisen rannalla on varattu kaksi suojelukohdetta, joista toinen rajoittuu puolustusvoimien alueeseen. Kuviossa 9 on kuvattu melualue 1 (me-1), jonka rajojen ulkopuolella melu ei saa ylittää 55 dB:n arvoa. Puolustusvoimien-alueen (ea) sisällä olevaa haulikkorataa ja ampumahiihtostadionia koskee melualue (me-2) rajoitus, jonka mukaan sen desibelirajat saavat olla rajojen ulkopuolella maksimissaan 65 db. Melualueille ei kaavoiteta asuinrakennuksia tai muita toimintoja, jotka voivat häiriintyä melusta. Kaavakarttoihin ei ole merkitty ampumarata-alueille pohjaveden hankinnan kannalta tärkeäksi koettua aluetta (pv). Ampumarata-alueiden lounaispuolelle Jaamankankaan pohjavesialueelle on suunnitteilla Joensuun ja Kontiolahden yhteinen vedenottamo-hanke, mutta ampumaratojen tuottama mahdollinen kuormitus ei uhkaa tätä hanketta sillä

pohjaveden virtaussuunta on idästä länteen eli järvelle päin. (Pohjois-Karjalan maakuntakaavan 2. vaihe: Liitekartat 2010)

Rata-alueiden läheisyydessä on kaavoituksen mukaan suojeltavia luontokohteita, mutta niiden käyttö tai olemassaolo ei ole uhattuna ampumistoiminnan vuoksi. Puolustusvoimille kaavoitetulle alueelle on merkitty virkistyskohteita. Virkistyskohteilla kaavamääräysten mukaan on kiinnitettävä erityistä huomiota ympäristöarvojen säilymiseen. (Pohjois-Karjalan maakuntakaavan 2. vaihe 2010, 25)



KUVIO 8: Maakuntakaavassa käyttötarkoituksen mukaan varatut alueet. Vaaleanpunainen alue on varattu puolustusvoimien käyttöön vuoteen 2020 asti. (Pohjois-Karjalan maakuntakaava: Liitekartat 2010)



KUVIO 9: Maakuntakaavassa määritetty ampuma-alueiden ensimmäisen luokan meluraja me-1. (Pohjois-Karjalan maakuntakaava)

Mustan viivoituksen sisällä olevat vaaleanpunaiset alueet on kaavoitettu varuskunnalle ja ampumatoiminnan käyttöön. Rajat on merkitty siten, että ne ovat merkinä melualueesta. Varuskunnan alueen sisälle Joensuun seudun seutukaavassa on merkitty I-luokan pohjavesialue (pv-1). Puolustusvoimien ampumaradat, ampumahiihto-stadion ja Kontiolahden Urheilijoiden haulikkorata on merkitty punaisilla i-kirjaimilla, mikä tarkoittaa että ne on merkitty mahdollisesti saastuneiksi maa-alueiksi. Ampumahiihto-stadion ja haulikkorata on kaavakartassa sijoitettu varuskunta-alueen (ea) sisäpuolelle. Kuviossa 10 on kuvattu Joensuun seudun seutukaavassa varatut maa-alueet. (Joensuun seudun yleiskaava; Pohjois-Karjalan maakuntakaavan 2. vaiheen esittelyraportti ja kartta-aineisto; Joensuun seudun seutukaava 2020)



KUVIO 10. Joensuun seudun seutukaavaan merkitty aluevaraukset.
(Joensuunseudun yleiskaava)

Kontiolahden kunnan laajentuminen tapahtuu kunnan eteläpään. Tästä syystä asemakaavoituspainetta ei kohdistu varuskunnan lähetyville. Rakentamista Jaamankankaan-Sairaalasuon alueelle rajoittaa myös se, että alue on luokiteltu I-luokan pohjavesialueeksi. Koska alue on pohjaveden muodostumisen kannalta tärkeä, asutusta alueelle ei ole järkevää sijoittaa mm. siksi, että se voi aiheuttaa pohjaveden pilaantumisen vaaraa jätevesien muodostumisen ja lisääntyneen liikenteen takia. Varuskunnan alueeksi kaavoitetulle alueelle ei meluhaittojen takia saa kaavoittaa asutusalueita. Varuskunta alueen lisäksi alueen viereen on kaavoitettu seutukaavan mukaan virkistyskäyttöön tarkoitettu alue. Vakituista asutusta ei varuskunnalle kaavoitetulla alueella ole ja loma-asutustakin alueella on vähän ja välimatka ampumaratojen ja loma-asutuksen välillä on noin 1,2 kilometriä. Vakituiseen asutukseen radoilta on matkaa ampumasuuntaan 1,7 kilometriä. (Pohjois-Karjalan maakuntakaava 2. vaihe 2008, 26-28; Ympäristölupapäätös 2009, 2; Joensuun seudun yleiskaava 2008, 45, 47)

5 LYIJYN JA TERÄKSEN YHTEISVAIKUTUS

Teräs on raudan ja, ominaisuuksien parantamiseen käytettyjen, lisäaineiden metalliseos. Teräksessä on hiiltä enintään 5,1 %. Muita seosaineita ovat mm. mangaani ja pii. Seosaineet muuttavat teräksen ominaisuuksia ja seossuhteilla ja lisäainevalinnoilla teräksestä saadaan esille halutut ominaisuudet. Ominaisuudet riippuvat pääosin hiilen määrästä ja muista käytetyistä seosaineista. Hauleissa tavoitelluin ominaisuus mahdollisimman korkean tiheyden lisäksi on pehmeys. Muita yleisesti haluttuja teräksen ominaisuuksia ovat kovuus ja ruostumattomuus. (Naumanen ym. 2001, 32-33)

Teräs sisältää suurimmaksi osaksi rautaa, alle 5 % hiiltä ja loput rakenneosat tulevat haettavien ominaisuuksien mukaan esimerkiksi mangaanista ja piistä. Pohjaveden yleinen ongelma on liian suuret Fe- ja Mn -pitoisuudet, joten niiden lisäämistä alueelle ei voi suositella. Rauta ja mangaani sitovat joitain lyijyn hajoamistuotteita, vaikka raudan korrodoitumisnopeus onkin viisi kertaa suurempi kuin lyijyllä. Raudan ja lyijyn elektronegatiivisuus on sama 1,8, mangaanin elektronegatiivisuus on 1,5 ja hiilen 2,5. Reagoidessaan keskenään elektronegatiivisempi aine pelkistyy ja toinen hapettuu. (Heikkinen 2000, 30; Rooney, 3; Petterson 2006, 32)

Rauta partikkelit hajoavat luontoon täysin, koska korrodoituessaan rautaoksidit muuttuvat hauraksi ja murenevat pois terveen raudan pinnalta. Raudan liikkuvuus maaperässä on kaikissa oloissa heikkoa. Hapettavassa ympäristössä, jossa pH on <4 – 8 rauta on heikosti liikkuva ja pelkistävässä ympäristössä se on immobiili eli liikkumaton. Vastaavasti mangaani on hapettavissa olosuhteissa pH:n ollessa alle 4 suhteellisen liikkuva, mutta pH:n kasvaessa yli 5 se muuttuu heikosti liikkuvaksi. Kontiolahden haulikkoradalla mitatut pH-arvot ovat pääosin yli 5, joten Fe- ja Mn-partikkelien liukenevuus on edellä mainitun perusteella heikkoa. Pelkistävässä ympäristössä mangaani on kohtalaisesti liikkuva. (Heikkinen 2000, 30; Petterson 2006, 33-34)

Myös teräksessä oleva hiili sitoo lyijyä tehokkaasti. Hiilen pitoisuus hauleissa on pieni, mutta maaperän oman hiilen kanssa ne sitovat tehokkaasti lyijyä. (Heikkinen 2000, 30)

Teräshaulien käyttöön liittyy kuitenkin vaaroja. Haulit sisältävät pieniä pitoisuuksia epäpuhtauksia kuten raskasmetalleja, jotka eivät ole yhtä stabiileja kuin lyijy. Haulit sisältävät mm. kromia ja kuparia, jotka saattavat haulin korrodoituessa vapautua ja kulkeutua pohjaveteen asti. Kromia ja kuparia on syntynyt myös puukyllästämöiltä ja ne ovat yhdessä arseenin kanssa pilanneet kovina pitoisuuksina kyllästämöjen pihat. Ampumaradoilla kromin ja kuparin pitoisuudet eivät ole yhtä korkeita kuin kyllästämöillä, mutta pilaantumista voi silti tapahtua. (Heikkinen 2000, 32)

6 POHJAVEDEN LAADUN TARKKAILU

Pohjaveden laatua on tarkkailtava, jos alueen toimista saattaa aiheutua pohjaveden pilaantumista tai jos ollaan ottamassa käyttöön uutta pohjavedenottamoita. Pohjaveden laatua tarkkaillaan myös siksi, että talousvesi ei saa aiheuttaa haittaa terveydelle ja sen tulee täyttää esteettiset ja toiminnalliset vaatimukset. Onnistunut näytteenotto edellyttää riittävän runsaan näytteen sopivalta paikalta. Näytteenottopaikan läheisyydessä ei saa olla mitään sellaista toimintaa, joka voisi pilata näytteenottopisteen veden. Myöskään mitattavaa ainetta ei saa olla näytteenottopaikan vieressä siten, että sitä voisi päästä näytelähteeseen. (Rintala & Suokko 2008, 7)

Pohjavesinäytteenottoon kuuluu läheisesti näytteenottosuunnitelma. Aina ennen näytteenottoa on tehtävä näytteenottosuunnitelma. Suunnitelman tärkeys käy ilmi siitä, että siinä kerrotaan näytteenottopaikan sijainti, näytteenottoaikataulu-, -tiheys, menetelmät joilla näytteet otetaan, näytteiden käsittely ja analyysit. Näytteitä kerätään pohjavesikaivoista, lysimetreistä, lähteistä, pohjavesilammikoista ja tärkeimpänä pohjaveden havaintoputkista. Menetelmiä näytteen saantiin maan alta ovat noutimet tai uppopumput, jotka ovat suositumpia. Näytteet voidaan analysoida osittain maastossa kenttämittareilla, mutta tarkimmat tulokset saadaan laboratorioissa. Näytteenottoon liittyy aina epävarmuustekijöitä, joita pyritään vähentämään sertifioituilla tai kokeneilla näytteenottajilla. On olemassa tarkat ohjeet siitä, kuinka näytteenotto tulee suorittaa, jottei tule virheitä näytteisiin ja tulokset ovat oikeita. (Rintala & Suokko 2008, 20-22, 26)

Ampumaratojen toimintaa koskee pohjaveden ja maaperän pilaamiskielto, jotka edellyttävät jatkuvaa seurantaan ettei mahdollinen pilaantuminen pääse etenemään. Alueen toiminta huomioon ottaen on mietittävä onko näytteenoton oltava jatkuvatoimista vai toteutetaanko näytteenotto jaksottaisesti esimerkiksi kerran vuodessa. (Asikainen 2005, 22)

Pohjavesinäytteenotossa oleellista on selvittää korkeuserot maanpinnan ja pohjaveden pinnan välillä. Näytteenottajana voi toimia sertifioitu näytteenottaja, pitkän näytteenotto kokemuksen omaava henkilö kuten konsultti tai satunnainen

näytteenottaja. Näytteen analysoijana toimii sertifioitu laboratorio. Näytteenotto on tilattava esimerkiksi konsulttitoimistoilta, jotka tekevät maaperätutkimuksia. Tämä lisää pohjavesitutkimuksen hintaa. Pohjavesitutkimus on kuitenkin hyödyllinen ja halpa tapa varmistaa alueen pohjaveden puhtaus ja näin ollen varmistaa ampumistoiminnan hyväksyttävyyden yhteisön keskuudessa ja jatkuvuus alueella. (Rintala & Suokko 2008, 13, 26)

Jos radan läheisyydestä pohjaveden virtaussuunnassa alavirran puolelta mitattaisiin lyijypitoisuuksia ja niitä ei löytyisi, ei olisi tarvetta kunnostustoimenpiteisiin. Jos taas lyijyä löytyisi, tiedettäisiin alkaa toimenpiteisiin alueen puhdistamiseksi ja saastumisen leviämisen ehkäisemiseksi.

Pohjavesi tarkkailuun on olemassa monia jo käytössä olevia ja toimivia ratkaisuja. Rajoittavia tekijöitä tutkimusmenetelmän valinnalle ovat hinta, pohjaveden syvyys, maaperän ominaisuudet ja se mitä vedestä halutaan tutkia. Suosituin ratkaisu pohjaveden tarkkailuun on näytteenottoputki, joka on halpa ja helppo ratkaisu. (Rintala 2010)

7 HAULIKKORADALLA TEHDYT MITTAUKSET JA NIIDEN TULOKSET

7.1 Mitatut haitta-aineet

7.1.1 PAH-yhdisteet

Ampumaradoilla maaperään joutuu savikiekkoja ammuttaessa PAH -yhdisteitä kiekkojen pinnassa olevasta maalista ja sidosaineista. Perinteiset saviekot sisältävät PAH:ja uusia ns. ekokiekkoja enemmän, koska ne on valmistettu kivihiilitervasta ja kalsiitista. Uudet ekokiekot taas eivät sisällä kivihiilitervaa, jonka mukana PAH:ja kulkeutuu maaperään. (Naumanen ym. 2001, 56)

Kontiolahden Urheilijoiden haulikkoradalla ei enää mitata PAH:ja, koska Kontiolahden urheilijat ovat hakeneet lievennyksiä maaperän pitoisuuksien mittaamiseen PAH:ien osalta, koska radalla on siirrytty ekokiekkojen käyttöön ja pitoisuudet ovat olleet aikaisemmissa mittauksissa alle määritysrajan. Viimeksi PAH:ja on mitattu vuonna 1999. Vuonna 2007 PAH -pitoisuudet olisi pitänyt määrittää, mutta ELY -keskus totesi sen olevan tarpeetonta, vedoten entisiin määrityksiin. Taulukossa 1 on mitattujen PAH:ien pitoisuudet. Taulukkoon 3 on eritelty saviekkoissa yleisesti esiintyvien PAH:ien pitoisuudet verrattuna Valtioneuvoston PIMA -asetuksen antamiin kynnysarvoihin ja alempaan ja ylempään ohjearvoon. Määritykset on tehnyt GTK akkreditoidulla menetelmällä 858.

TAULUKKO 3: Taulukossa GTK:n mitaamat PAH pitoisuudet vuonna 1999. Pitoisuuksia verrattu luontaiseen pitoisuuteen ja Valtioneuvoston PIMA-asetuksessa annettuihin arvoihin (Valtioneuvoston PIMA-asetus & Analyysituloksia GTK Kemian laboratorio)

	Mitatut pitoisuudet			Vna PIMA-asetuksen mukaiset PAH-pitoisuudet mg/kg			
	PAH (0-5)	PAH(5-10)	PAH(20-30)	Luont.pitoisuus	Kynnysarvo	Alempi o.a	Ylempi o.a.
pH	5,58	5,69	5,84				
Ant (mg/kg)	1,2	<0,1	<0,1	-	1	5	15
BaA (mg/kg)	7,8	0,2	<0,1	-	1	5	15
BaP (mg/kg)	10,6	0,2	0,1	-	0,2	2	15
BbFlt (mg/kg)	10,7	0,2	0,1	-	1	5	15
BghiPer (mg/kg)	8,6	0,2	0,1	-	-	-	-
BkFlt (mg/kg)	4,8	0,1	<0,1	-	-	-	-
DbahA (mg/kg)	0,6	<0,1	<0,1	-	-	-	-
Fen (mg/kg)	5,7	<0,2	<0,2	-	1	5	15
Flt (mg/kg)	7,9	0,2	0,1	-	-	-	-
Flu (mg/kg)	0,6	<0,1	<0,1	-	-	-	-
ln123cdP (mg/kg)	10,4	<0,5	<0,5	-	-	-	-
Krys (mg/kg)	6,8	<0,1	<0,1	-	-	-	-
Pyr (mg/kg)	9,1	0,2	0,1	-	-	-	-
PAH	9,4				15	30	100

7.1.2 Lyijy

Lyijypitoisuuksia on analysoitu vuodesta 1999 lähtien kolme kertaa vuosina 2007 ja 2010 vuoden 1999 lisäksi. Näytteitä on otettu eri syvyyksiltä ja näytepisteet sijaitsevat eri kohdissa ampumarataa lyijyn laskeuma-alueella. Pitoisuuksista on havaittavissa se, että lyijy on heikosti liukeneva ja että lyijy kertyy maanpinnalle humuskerrokseen. Taulukoissa 2 - 4 on esitetty jokaisen määrittämisen tulokset verrattuna Valtioneuvoston PIMA -asetuksen antamiin luonnollisiin pitoisuuksiin, kynnysarvoihin, alempaan ja ylempään ohjearvoon. (Ympäristölupapäätös 2009, 3)

Ensimmäisessä taulukossa (taulukko 4), jonka määrittäminen on tehnyt GTK, on määritetty myös radan pH. Mittauspiste sarakkeessa syvyyden jälkeen esiintyvä U-kirjain tarkoittaa uudelleen määrittämistä samasta näytteestä. Siitä huomataan pitoisuusarvojen selvästi pienenevän uudelleen mittauksessa, joissakin pisteissä. Happamuus vähenee mitä syvemmälle maaperässä mennään. Erona GTK:n ja

Pohjois-karjalan ELY -keskuksen analyyseissä on se, että GTK:n mitaamat suurimmat arvot ovat kertaluokkaa suurempia kuin ELY -keskuksen. Vastaavasti GTK:n määritysten mukaan syvemälle mentäessä pitoisuudet vähenevät huomattavasti nopeammin ja pienempiin pitoisuuksiin kuin ELY -keskuksen määrittämissä. Erot selittynevät analysointi-menetelmien eroilla. ELY -keskus analysoi näytteet InnovX -kenttäanalyysointilaitteilla omassa laboratoriossaan. GTK on tehnyt määrittämisensä ICP-AES tekniikalla. (Analyysituloksia GTK Kemian laboratorio; Pohjois-Karjalan ELY-keskus)

TAULUKKO 4: GTK:n vuonna 1999 määrittämät lyijypitoisuudet verrattuna luonnolliseen pitoisuuteen ja Valtioneuvoston PIMA-asetuksessa määrättyihin kynnysarvoon, alempaan ja ylempään ohjearvoon. Taulukossa esitetty myös kunkin näytteenotto pisteen pH-arvo näytteenottohetkellä. (GTK:n kemian laboratorio ja Valtioneuvoston PIMA-asetus)

1999			Vna Pima-asetuksen mukaiset lyijypitoisuudet mg/kg			
Piste (syvyys cm)	pH	Pb	Luont. pitoisuus	Kynnysarvo	Alempi o.a.	Ylempi o.a.
Pb1 (0-8)	4,31	13700	5 (0,1-5)	60	200	750
Pb1 (0-8 U)	4,29	1180	5 (0,1-5)	60	200	750
Pb1 (8-14)	5,05	36,3	5 (0,1-5)	60	200	750
Pb1 (8-14U)		36,3	5 (0,1-5)	60	200	750
Pb1 (14-20)	5,06	7,2	5 (0,1-5)	60	200	750
Pb1 (14-20 U)		7,7	5 (0,1-5)	60	200	750
Pb1 (20-30)	5,42	<5	5 (0,1-5)	60	200	750
Pb1 (20-30U)		<5	5 (0,1-5)	60	200	750

TAULUKKO 5: ELY -keskuksen vuonna 2007 määrittämät lyijypitoisuudet kultakin pisteeltä. Pitoisuuksia verrattu Valtioneuvoston PIMA -asetuksessa annettuihin kynnysarvoon, alempaan ja ylempään ohjearvoon. (Pohjois-Karjalan ELY-keskus ja Valtioneuvoston PIMA -asetus)

2007		Vna Pima-asetuksen mukaiset lyijypitoisuudet mg/kg			
Piste (syvyys cm)	mg/kg	Luont. Pitoisuus	Kynnysarvo	Alempi o.a.	Ylempi o.a.
A1 (0-5)	236	5 (0,1-5)	60	200	750
A1 (5-10)	16	5 (0,1-5)	60	200	750
A1 (10-30)	14	5 (0,1-5)	60	200	750
A2 (0-5)	27	5 (0,1-5)	60	200	750
A2 (5-10)	18	5 (0,1-5)	60	200	750
A2 (10-30)	33	5 (0,1-5)	60	200	750
A3 (0-5)	26	5 (0,1-5)	60	200	750
A(5-10)	67	5 (0,1-5)	60	200	750
A3 (10-30)	38	5 (0,1-5)	60	200	750

TAULUKKO 6: ELY -keskuksen vuonna 2010 määrittämät lyijypitoisuudet kultakin pisteeltä. Pitoisuuksia verrattu Valtioneuvoston PIMA -asetuksessa annettuihin kynnysarvoon, alempaan ja ylempään ohjearvoon. (Pohjois-Karjalan ELY-keskus ja Valtioneuvoston PIMA -asetus)

2010		Vna Pima-asetuksen mukaiset lyijypitoisuudet mg/kg			
Piste (syvyys cm)	mg/kg	Luont. Pitoisuus	Kynnysarvo	Alempi o.a.	Ylempi o.a.
A1 (0-10)	189	5 (0,1-5)	60	200	750
A1 (10-20)	13	5 (0,1-5)	60	200	750
A1 (20-30)	13	5 (0,1-5)	60	200	750
A1 (30-40)	16	5 (0,1-5)	60	200	750
A2 (0-10)	36	5 (0,1-5)	60	200	750
A2 (10-20)	16	5 (0,1-5)	60	200	750
A2 (20-30)	18	5 (0,1-5)	60	200	750
A2 (30-40)	14	5 (0,1-5)	60	200	750
A3 (0-10)	31	5 (0,1-5)	60	200	750
A3 (10-20)	26	5 (0,1-5)	60	200	750
A3 (20-30)	35	5 (0,1-5)	60	200	750
A3 (30-40)	17	5 (0,1-5)	60	200	750

Molemmat tutkimustahot ovat tutkineet lyijymäärityksen yhteydessä myös antimonia, mutta vain GTK:n määrittämissä vuonna 1999 löytyi antimonia ampumaradan maaperästä. ELY -keskuksen tekemissä kahdessa (2007 ja 2010) määrittämisessä antimonipitoisuudet olivat alle määrittämissä rajan. (Analyysituloksia GTK Kemian laboratorio; Pohjois-Karjalan ELY-keskus; Valtioneuvoston PIMA-asetus)

Taulukot osoittavat, että mitä syvemmälle maaperässä mennään, sitä pienempi on lyijypitoisuus. Vuosien 2007 ja 2010 Pohjois-karjalan ELY -keskuksen tekemien määrittämissä pitoisuudet ovat suhteellisen yhteneväiset. Molemmissa erottuu selvästi pintamaan korkeat pitoisuudet. Vain vuonna 2007 pintamaan (0 – 5 cm) pitoisuudet ylittivät Valtioneuvoston PIMA -asetuksen asettaman alemman ohjearvon rajan. Vuonna 2010 mitattu maaperän lyijypitoisuus jäi alle alemman ohjearvon. (Analyysituloksia GTK Kemian laboratorio; Pohjois-Karjalan ELY-keskus; Valtioneuvoston PIMA-asetus)

Kaikilta muilta syvyyksiltä mitatut lyijypitoisuudet jäävät selvästi alle alemman ohjearvon ja vain yhdessä mittaussyvytyydessä yhdessä mittauspisteessä ylitty

kynnysarvo. GTK:n vuoden 1999 määrittelyn mukaan syvyydeltä 20 cm alkaen lyijypitoisuudet alittavat jopa luontaisen pitoisuuden rajan. ELY -keskuksen tekemien määrittelyjen perusteella luontainen pitoisuus ei alitu yhdessäkään mittauspisteessä. (Analyysituloksia GTK Kemian laboratorio; Pohjois-Karjalan ELY-keskus; Valtioneuvoston PIMA-asetus)

7.2 Tulosten analysointi

Tulosten perusteella on helppo todeta asia, mikä on tullut jo aikaisemminkin esille: lyijyn liukenevuus maahan on heikkoa. Kaikissa mittauspisteissä maanpinnasta alaspäin mentäessä lyijypitoisuudet putoavat kertaluokkaa pienemmiksi kuin mitä ne ovat maan pinnalla, mihin lyijy kertyy.

Ekokiekkoihin siirtyminen on vaikuttanut PAH-pitoisuuksiin alentamalla niitä entisestään. PAH:ienkin osalta on todettavissa, että niiden korkeimmat pitoisuudet ovat olleet maan pinnalla mihin kaikki savikiekkokappaleet myös kertyy. On myös todettu, että PAH -yhdisteet, varsinkin savikiekoista peräisin olevat, ovat huonosti veteen liukenevia ja suhteellisen stabiileja suuren molekyylikokonsa vuoksi. Tämä voidaan todeta taulukosta 4, jossa yksiselitteisesti suurimmat pitoisuudet ovat pintakerroksissa. Maan pinnan alla mitatut pitoisuudet ovat tuskin määritettävissä olevia ja haitallisuudeltaan täysin merkityksettömiä.

Valtioneuvoston PIMA -asetuksen mukaan maaperän puhdistustarve on arvioitava, jos yhden tai useamman haitta-aineen pitoisuus ylittää asetuksessa säädetyn kynnyspitoisuuden. Taustapitoisuus voi olla suurempi kuin kynnysarvo ja näissä tapauksissa, joissa taustapitoisuus ylittää kynnysarvon puhdistustarve arvioidaan taustapitoisuuden mukaan. (Valtioneuvoston PIMA -asetus)

Maan pinnan osalta lyijy ja PAH -yhdisteet ylittävät säädetyn kynnysarvon, muilta osin jäädyään pääosin sen alapuolelle, paitsi vuonna 2007 5 – 10 cm syvyydellä on mitattu 67 mg/kg pitoisuus kynnysarvon ollessa 60 mg/kg.

Alue ei ole teollisuus-, liikenne- tai muu siihen verrattava alue. Alue on kuitenkin kaavoitettu puolustusvoimien käyttöön ampuma- ja harjoitusalueeksi. Tästä johtuen

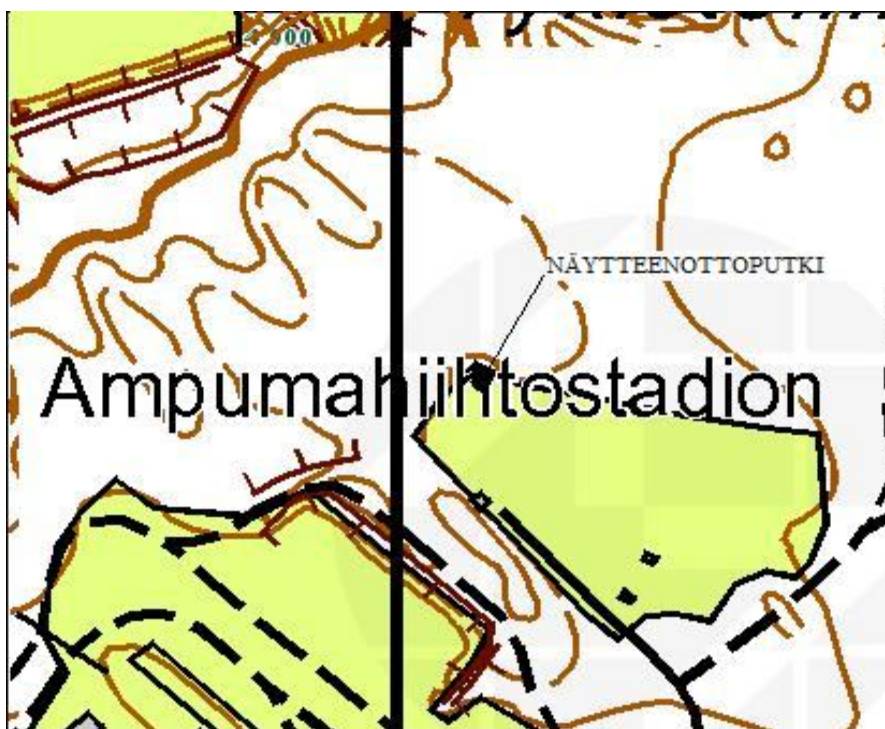
alueelle sovelletaan Valtioneuvoston PIMA -asetuksen pykälän 4 kohtaa 1. Sen mukaan alueen pilaantuneisuutta ja puhdistustarvetta verrataan käyttötarkoituksen takia ylempään ohjearvoon. PIMA -asetuksen mukaan, jos alueen käyttö jossain vaiheessa kuitenkin muuttuu, on pilaantuneisuuden arvioinnin kriteereitä harkittava uudelleen. Tässä tapauksessa tarkoittaa, että pilaantuneisuutta verrataan käytön muuttuessa alempaan ohjearvoon. (Valtioneuvoston PIMA -asetus)

Maaperä on pintaosiltaan lievästi pilaantunut. Pilaantumisen haitallisuus ei ole merkittävä kyseisellä alueella huomioitaessa etäisyys pohjaveteen ja alueen käyttötarkoitus. Pilaantuneisuus ei ole levinnyt alempiin maakerroksiin, vaikka rata on ollut käytössä jo vuodesta 1988. Tämä osoittaa, että lyijy ei ole nopeasti liikkuva maaperässä.

8 POHJAVEDEN TARKKAILUSUUNNITELMA

Näytteenottoputkella varustettu porakaivo on yleisin menetelmä, jolla pohjavesinäytteitä kerätään. Näyte otetaan maan pinnalle ulottuvasta putkesta, riippuen kuinka syvällä pohjaveden pinta on, joko noutimella tai uppopumpulla, joka saa virtansa aggregaatista. (Rintala & Suokko 2008, 16-17, 22, 48)

Näytteenottoputki ei ole pelkästään suora putki maan pinnalta pohjaveteen vaan sen mukana tulee muitakin rakenteita. Pohjalle tulee siiviläputki, joka estää hiekan ja muun vastaavan aineksen pääsyn veteen. Varsinainen putki voi olla HDPE - muoviputkea. Maan pinnalle tehdään lukittavalla hatulla varustettu putki, jota kautta näytteet otetaan. Näytteenotopistettä valittaessa on huomioitava pohjaveden virtaussuunta siten, että piste olisi alavirran puolella pilaantuneeseen kohteeseen verrattuna. Valittavan näytteenottoaikan tulisi olla haitta-aineiden mahdollisen pohjaveteen kulkeutumisen kannalta kriittinen piste. Tämä tarkoittaa pisteen perustamista alueen takareunalle siten, että mahdollisten haitta-aineiden pitoisuus olisi korkeimmillaan ja pohjavesi virtaisi alueen läpi kuitenkin minkään muun pilaavan toiminnan heikentämättä veden laatua. Näytteenotopistettä perustettaessa olisi huomioitava kulkuyhteyksien toimivuus varsinkin, jos näytteet on otettava uppopumpulla ja kannettavaa on paljon, niin olisi suotavaa, jos pisteelle pääsisi autolla. Kuviossa 11 on esitetty mahdollinen näytteenottoaika. (Rintala & Suokko 2008, 16-17, 48)



KUVIO 11: Ehdotus pohjavesi näytteenotto paikalle huomioonottaen pohjaveden virtaussuunnan ja mahdollisen pilaantumisen aiheuttamat pitoisuudet. (Pohjakartta (C) Maanmittauslaitos lupanro 51/MML/11)

Näytteenotto putken asennus vaatii pohjalle esiselvityksen millainen maaperä alueella on ja missä syvyydessä pohjaveden pinta on. Maalajien kerrosjärjestyskin on selvitettävä ja se onko alueella kalliota ja jos on niin millä syvyydellä. Putken asennus on helppo, nopea ja halpa tapa tutkia pohjavettä. Lisäkustannuksia aiheutuu, mikäli maakerroksista löytyy kalliota. (Rintala & Suokko 2008, 17)

Paikalliset ELY -keskukset voivat toimia näytteenottajina, jos haulikkoradalle päätetään perustaa pohjavesi näytteenotto putki. Pohjavesinäytteen voisi ottaa noutimella tai uppopumpulla pumpaamalla. Tässä tapauksessa, kun pohjaveden pinta on noin 30 metrin syvyydellä maan pinnasta, parempi vaihtoehto näytteenottoon olisi pumppaus näytteenotto putkesta.

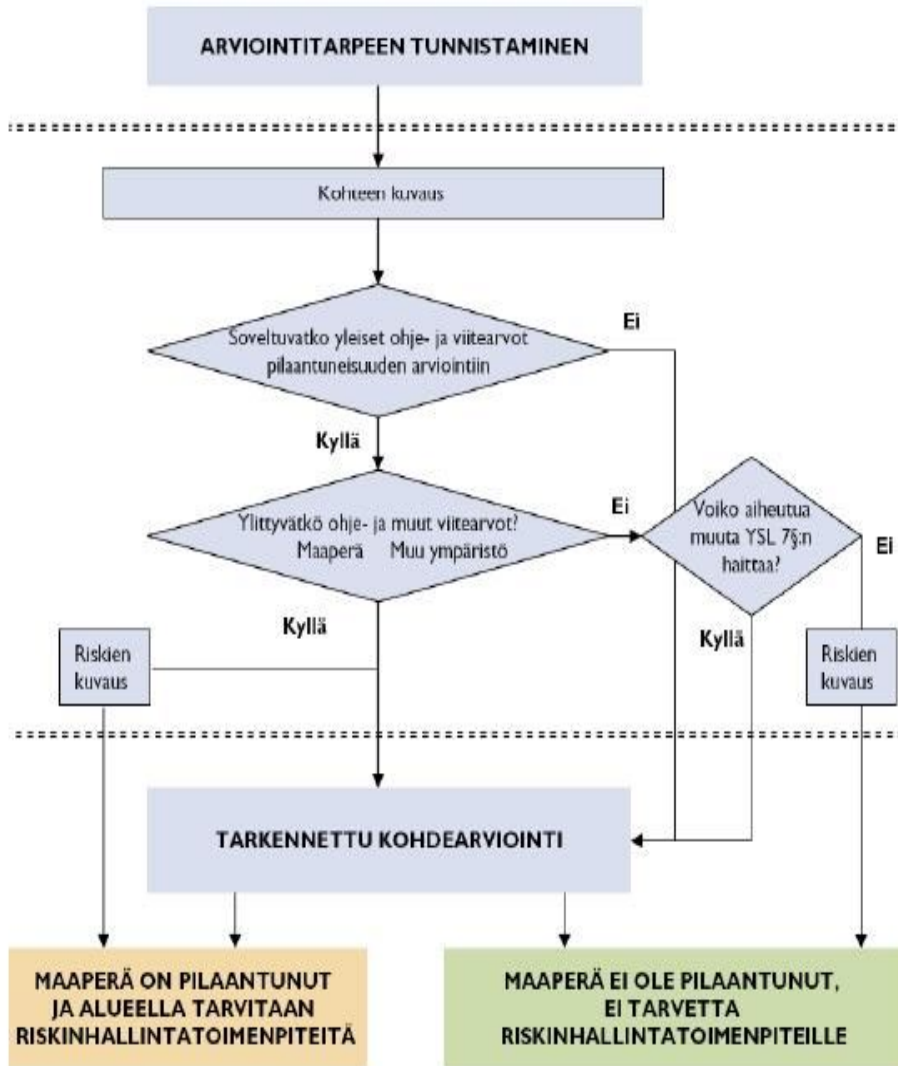
9 MAAPERÄN PUHDISTUSMENETELMIÄ

9.1 Puhdistustarpeen toteaminen

Puhdistustarpeen voi todeta mittaamalla millaisia pitoisuuksia maaperässä on haitallisia aineita. Jos haitta-aineiden pitoisuudet ylittävät selvästi Valtioneuvoston PIMA-asetuksen määräämät kynnyksarvon tai alemman tai ylemmän ohjearvon on kyseessä pilaantunut maa. Puhdistustarpeen toteamiseen voi käyttää kuviossa 12 esitettyä järjestelmää. (Naumanen ym. 2001, 127; Sorvari & Antikainen 2004, 15-16)

Pilaantuneisuuden laajuuden pinta-ala ja syvyysuuntainen pilaantuminen on tutkittava. Haitta-aineiden määrät ja pitoisuudet on kartoitettava niin, että tiedetään missä mitäkin on ja millä pitoisuudella kyseinen haitta-aine esiintyy. Nämä määritykset auttavat myöhemmin päätettäessä puhdistusmenetelmiä ja laskettaessa kustannuksia. Aina ei ole tarpeen laskea kuluja ja massoja liian tarkasti sillä se kuluttaa resursseja. Varsinkin pienissä kohteissa, joissa resurssitkin ovat vähäiset voi massat laskea pelkästään pinta-alojen ja kerrospaksuuksien mukaan. (Sorvari & Antikainen 2004, 15-16; U.S. Environmental Protection Agency 2005, 15)

Puhdistettavan alueen pinta-ala voidaan kartoittaa kolmioverkon avulla. Näytteenottopisteitä perustetaan kolmion muotoon. Näytteitä otetaan usealta eri syvyydeltä aina siihen syvyyteen saakka missä pilaantuneisuutta ei enää ole. Näin voidaan määrittää mitkä osat alueesta ovat vaikeasti pilaantuneita ja mitkä osat lievästi pilaantuneita. Tämä on tärkeää kustannusten hallinnan kannalta. Vaikeasti pilaantuneet maat ovat huomattavasti kalliimpia loppusijoitettavia kuin lievästi pilaantuneet maat, mitä voi käyttää esimerkiksi kaatopaikkojen maanrakennukseen tai tiepohjien tekoon siellä missä haitta-aineita saa olla maaperässä pieniä pitoisuuksia. (Kautto 2007, 14)



KUVIO 12: Pilaantuneen maan arviointi. (Ympäristöministeriö, 2007)

Jos alueen todetaan olevan pilaantunut, aletaan miettiä millaisilla toimenpiteillä pilaantuneisuuden leviäminen estetään ja miten pilaantuneisuus poistetaan. Pilaantuneiden maiden kunnostus vaatii ympäristöluvan ja tätä varten on tehtävä kartoitukset pilaantuneisuuden laadusta ja määrästä. (US EPA 2005, 15; Kautto 2007, 14)

Kontiolahden haulikkoradalla ei ole tarvetta voimassa olevan luvan puitteissa alkaa maaperän kunnostustoimiin. On tärkeää tutkia maaperän haitta-aine pitoisuuksia säännöllisin väliajoin, mutta kunnostukselle ei ole kunnollisia perusteita. Alueen kaavoitus vuoteen 2020 asti puolustusvoimien käyttöön ja maaperän lievä pilaantuneisuus aiheuttavat sen ettei mittaville kunnostushankkeille ole tarvetta.

Koska radan pilaantuneisuus ei uhkaa alueen pohjavettä, sekään ei aiheuta painetta kunnostustöille.

9.2 Pesuseulonta

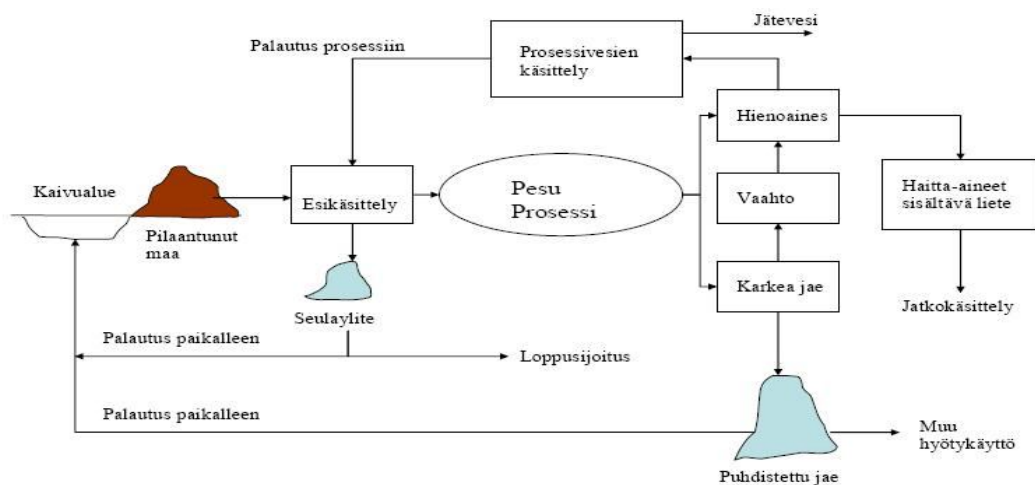
Maan pesu ei ole kovin tavallinen pilaantuneiden maiden kunnostusmenetelmä. Kyseistä menetelmää on käytetty mm. Haaruskankaan haulikkoradalla maiden puhdistamiseen. Haaruskankaan maaperän lyijypitoisuudet olivat noin kaksi kertaa suuremmat kuin Kontiolahden haulikkoradan vastaavat pitoisuudet. Pesuseulonta vaatii ympäristöluvan. (Ekokem: Maanpesu; Länsi-Suomen ympäristökeskus 2000, 2)

Puhdistustulokseksi urakoitsija lupasi 95 %. Pesuseulonnan voi tehdä paikan päällä radalla tai pilaantuneet massat voidaan kuljettaa käsittelyyn pesuseulonta paikalle. Tuloksena saatavaa puhdasta maata voi käyttää maarakennukseen pitoisuusrajojen puitteissa, tavallisesti se voidaan sijoittaa takaisin kunnostuskohteeseen. (Länsi-Suomen ympäristökeskus 2000, 2 – 3, 8 – 11)

Prosessin tarkoituksena on erottaa maa-aineksesta lyijyhaulit, jolloin jäljelle jää hienojakoinen maa-aines, joka on lievästi lyijyllä pilaantunut. Laitteisto koostuu useista eri osista: saastuneen maan esikäsittely, kiinteän lyijyn ja hienoaineksen erotus karkeasta maa-aineksesta pesurummussa, kiinteän lyijyn erotus rihlalla hiekka- ja humusmaan talteenotto ja suljettu vesikiertojärjestelmä. Lisäksi liikuteltavaan laitteistoon kuuluu mahdollisesti mittari, jolla mitataan lyijypitoisuutta paikan päällä. Liikutettava pesukalusto tuodaan poistettujen maiden viereen tai pilaantuneet maat viedään pesukaluston viereen. Aumasta pilaantunut maa-aines syötetään kaivinkoneella tai muulla vastaavalla kuormaimella syöttörumpuun. Syöttönopeus voi olla 15 – 20 m³/h. (Länsi-Suomen ympäristökeskus 2000, 2 – 6, 8 – 11; Turpeinen 2006)

Pyörivään seularumpuun syötetään vettä ja pilaantunutta maata. Pesuseula erottelee humuksen, haulit sekä hiekan karkeasta kivi- ja puujakeesta. Puhdas karkeajae kulkeutuu hihnakuljettimelle läjitettäväksi kauemmas puhdistusprosessista. Samalla ylimääräinen vesi poistuu massasta ja palautuu pesuun. Maa-aineksessa oleva lyijy sekä hienompi maa-aines kulkeutuvat pesurummussa olevien reikien läpi rummun

alla olevaan valuma-altaaseen. Vettä kuluu pesuprosessiin $30 \text{ m}^3/\text{vrk}$ syöttönopeuden ollessa $1 \text{ m}^3/\text{min}$. Kuviossa 13 on esitetty prosessikaavio maan pesusta. (Länsi-Suomen ympäristökeskus 2000, 8 – 11; Turpeinen 2006; Penttinen 2001, 26)



KUVIO 13. Maan pesun prosessikaavio. (Mroueh ym. 2004)

Valuma-altaassa lyijypitoinen hienoaines kulkeutuu veden mukana kaltevalle liukuhihnalle, jossa olevat rihtat erottelevat raskaat lyijyhauhit muusta maa-aineksestä. Lyijyjae kulkeutuu liukuhinnan pyörimissuunnan mukaisesti ylöspäin ja se kerätään talteen liukuhinnan toisesta päästä. Hiekka, humus ja muu hieno maa-aines kulkeutuvat pesuveden mukana liukuhinnan pyörimissuuntaa vastaan hinnan alapään kautta vesialtaaseen. (Mroueh ym. 2004, 163; Ekokem:Maanpesu)

Hiekka ja humus voidaan erottaa joko laskeuttamalla kahdessa eri altaassa tai suodattamalla viirikankaan läpi. Laskeutuksessa ensimmäisessä vesialtaassa hiekka laskeutuu altaan pohjalle. Humuspitoinen vesi pumpataan toiseen altaaseen, jossa se erotetaan vedestä joko laskeuttamalla tai suodattimella. Toisessa vaihtoehdossa pesuvesi ohjataan heti lyijypitoisen jakeen erottumisen jälkeen suotoviirikankaalle, jolloin hienoaines pidättyy kankaaseen. (Mroueh ym. 2004, 163-164; Länsi-Suomen ympäristökeskus 2000, 3)

Puhdistuksessa maa-aineksesta erottuu neljä eri jaeetta: lyijypitoinen rihtajae, karkea maa-aines, pesty hiekkajae ja humus. Jos kierovesijärjestelmään lisätään suodatin(kangas) hiekka ja humus erottuvat samaan jakeeseen. Puhdistuksessa

käytetty pesuvesi on vielä erikseen puhdistettava siihen sopivalla menetelmällä. Taulukossa 7 esitetty millaisiin tuloksiin maan pesulla voidaan päästä. Tulokset on saatu aikaan Alahärmän Haaruskankaan haulikkoradalla. (Mroueh ym. 2004, 163-164; Länsi-Suomen ympäristökeskus 2000, 3)

TAULUKKO 7: Lyijypitoisen maan puhdistustulokset jakeittain ja jakeittaiset jatkotoimenpiteet.(Länsi-Suomen ympäristökeskus 2002, 3)

JAE	JATKOTOIMET	KERTYMÄARVIO KÄSITELLYSTÄ MASSASTA
LYIJYPITOINEN RIHLAJAE	LYIJYN TALTEENOTTO JA HYÖTYKÄYTTÖ	NOIN 5 %
KARKEA MAA-AINES	PALAUTETAAN KUNNOSTUSALUEELLE	NOIN 70 %
PESTY HIEKKAJAE	LOPPUSIJOITUS KAATOPAIKALLE TAI	NOIN 12 %
HUMUS	PALAUTUS KUNNOSTUSALUEELLE	NOIN 13 %
PESUVESI	KIERRÄTYS JA PUHDISTUS	

Tämän kunnostusmenetelmän yhteydessä voidaan maan leikkauksen yhteydessä asentaa vettä läpäisemättömät rakenteet ja salaojaputket, joilla ohjataan suotovedet kaivoon puhdistettaviksi. Haaruskankaan tapauksessa kunnostus tällä menetelmällä on tullut maksamaan noin 31 000 euroa. Puhdistettavaa ei kuitenkaan ollut kuin 9 309,5 m³, koska maan pesuun ei laitettu kuin pahimmin pilaantuneet maat joiden lyijypitoisuus oli keskimäärin 500 mg/kg. Kontiolahdella samankaltaisen puhdistusmenetelmän käyttö ei liene järkevää. Pilaantuneita maita pitäisi puhdistaa noin puolen metrin syvyyteen ja haulien laskeuma-alueen pinta-alan ollessa noin 6 hehtaaria puhdistettavia maita tulisi 30 000 m³ eli kolme kertaa enemmän. Lyijypitoisuuskin on huomattavasti pienempi kuin Haaruskankaan tapauksessa. Puhdistettavien maiden määrää voisi vähentää sillä, että pestäisiin vain pahiten pilaantuneet osat eli ne joiden pitoisuudet ylittävät kynnyksarvon. Hinta on riippuvainen myös urakoitsijasta, mutta suuruusluokka lienee kaikilla sama. (Länsi-Suomen ympäristökeskus 2000, 2-3; Ekokem: maan pesu; Pesu 2007, 3-4)

9.3 Massanvaihto

Massojen vaihto on Suomessa yleisimmin käytetty tapa puhdistaa pilaantuneita maita. Se on helposti tehtävissä, nopea ja varma tapa saada pilaantumisen aiheuttaneet haitta-aineet pois maaperästä. Suomen ympäristökeskuksen

tutkimuksen mukaan massan vaihto ei ole kuitenkaan ekotehokkain tapa puhdistaa maaperää. Massojen kaivusta ja kuljetuksesta pois kunnostuspaikalta ja uusien massojen leikkaus ja tuonti pilaantuneiden maiden tilalle aiheuttavat ympäristökuormitusta varsinkin jos matkat ovat pitkiä. Jos pilaantuneet maat voidaan hyödyntää paikan päällä, ekotehokkuus kasvaa. (Turpeinen 2006)

Pilaantuneita maita käytetään ja vastaanotetaan monella eri taholla. Jos maat ovat lievästi pilaantuneita, ne voidaan hyödyntää mm. kaatopaikkojen sulkemisvaiheessa peitemateriaalina. Kaatopaikkojen vastaanottoa ohjaa niiden ympäristöluvassa määritetty pitoisuusraja, jonka mukaan ne saavat maita ottaa vastaan. Monesti maat käsitellään vastaanottoaikalla mm. maan pesulla, jolloin maat saadaan takaisin käyttökelpoiseen muotoon. (Mroueh 2004, 62-63.; Turpeinen 2006)

Massanvaihdossa tarpeellisia työkoneita ovat kaivinkone ja maansiirto-kalusto eli kuorma-autot. Massoja ei kannattaisi kuljettaa kovin kauas sillä kuljetusmatka lisää kustannuksia. Suurin kustannuserä massanvaihdossa on pilaantuneet maa-ainekset. Mitä suuremmat haitta-ainepitoisuudet ovat sitä kalliimpia ne ovat vastaanottaa. Kustannuksia lisää puhtaan materiaalin kuljettaminen pois leikatun maan tilalle. Kyseisellä haulikkoradalla haitta-ainepitoisuudet ovat maan pintaosia lukuunottamatta kovin matalat eivätkä yllä Valtioneuvoston PIMA-asetuksen kynnyksarvoihin, joten niiden hyödyntäminen olisi mahdollista ja näin ollen kustannukset jäisivät alhaisemmiksi kuin voimakkaasti pilaantuneilla mailla. Kustannuksia voisi alentaa myös talkootyöllä. Jos alueella olisi kaivinkone, maaleikkauskustannuksissa säästettäisiin huomattavasti. (Mroueh 2004, 62-63; Turpeinen 2006)

9.4 Stabilointi

Stabiloinnin tarkoituksena ei ole pienentää haitta-ainepitoisuutta maaperässä vaan muuttaa haitta-aine sellaiseen muotoon, ettei se kulkeudu tai leviä ympäristöön. Kiinteytys voidaan tehdä kemiallisesti tai fysikaalisesti. (Penttinen ym. 2001, 36; Turpeinen 2006)

Kiinteytyksessä haitta-aine kapseloidaan sideaineella estäen sen kulkeutuminen. Stabiloinnissa taas haitta-aine muutetaan vähemmän liukoiseen, kulkeutuvaan tai toksiseen muotoon. Käsiteltävän materiaalin olomuotoa ei välttämättä muuteta. (Penttinen 2001, 36; Turpeinen 2006; Mrouh 2004, 94)

Kiinteytyksessä/stabiloinnissa pilaantuneeseen maahan lisätään jotain sideainetta kuten sementtiä, kalkkia, bentoniittia, bitumia, silikaatteja tai orgaanisia polymeerejä. Käytettävät sideaineet ja niiden määrät ovat kohdekohtaisia eli jokaiselle kunnostuskohteelle on tehtävä omanlaisensa sideaine-seos. Kiinteytytylle/stabiloidulle massalle on tehtävä liukoisuustesti, ettei haitta-aineita liukene yli sallitun määrän. Seoksen määrittämiseen voi mennä hyvin pitkä aika 0,5 – 1 vuosi, mutta kiinteytys/stabilointi itsessään on nopea toimenpide. (Penttinen 2001, 36; Turpeinen 2001; Mroueh 2004, 94)

Kiinteytys/stabilointi voidaan tehdä paikan päällä (on site) tai pilaantuneet maainekset voidaan stabiloida jossain muualla (ex-situ). On olemassa myös in-situ menetelmiä eli maat stabiloidaan paikoilleen leikkaamatta tai siirtämättä niitä minnekään. (Penttinen 2001, 36; Turpeinen 2006; Mroueh 2004, 94)

Tätä menetelmää voidaan käyttää yksistään tai yhteiskäsittelynä muiden kanssa. Esimerkiksi maan pesussa syntyneitä lievästi pilaantuneita maita voidaan kiinteyttää/stabiloida, jolloin niitä voi, sideaineesta riippuen, käyttää tie rakentamisessa tai kaatopaikkojen kunnostamisessa. Raskasmetallien sitomiseen sopii parhaiten epäorgaaniset sideaineet. (Penttinen 2001, 36; Mroueh 2004, 94)

Sementti-stabilointi sopii erityisesti metalleilla pilaantuneiden maiden kunnostukseen sillä betoni nostaa kohteen pH:ta oman korkean pH:ssa takia ja näin vähentää liukoisuutta. Sementin lisäksi seosaineina voidaan käyttää muitakin aineita kuten lentotuhkaa, savea tai kalkkia. Pilaantuneen maan sisältäessä runsaasti humusta tai muuta vastaavaa hienoainesta maa voidaan seuloa homogeenisemmaksi. (Penttinen 2001, 36; Turpeinen 2006; Mroueh 2004, 94)

Kiinteytystä/stabilointia tekevät mm. Lemminkäinen, Ekokem ja Lohja Rudus.

9.5 Muita keinoja lyijyn liikkumisen estämiseksi

9.5.1 Ei toimenpiteitä

Jos maaperä tai sen alla oleva pohjavesi eivät ole pilaantuneet tai välittömässä vaarassa pilaantua, halvin, nopein ja helpoin tapa, on olla tekemättä mitään. Maan muokkaus tai liukoisuuden vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet voivat aiheuttaa lyijyn ennakoitua nopeammat liikkeet maaperässä. Maan koskemattomuus ei ainakaan lisää lyijyn liikkuvuutta maaperässä. Kaikenlaiset toimenpiteet maaperään voivat aiheuttaa ennakoimattomia lyijyn liikkeitä. Jopa kalkitseminen voi aiheuttaa, päinvastoin mitä kalkitsemisella haetaan, lyijyn nopeutuneen liikkumisen maaperässä. (Naumanen 2001, 34)

Lyijyn nopeutunut liikkuminen maaperässä kaikenlaisen muokkauksen yhteydessä oletetaan johtuvan siitä, että lyijypartikkeleita irtoaa mekaanisesti ei pelkästään kemiallisesti. Myös yllättävät olosuhte muutokset kuten pH:n säätäminen voivat aiheuttaa nopeamman liikkumisen. Tämä johtuu siitä, että maaperä tavallaan sopeutuu vallitseviin oloihin, joissa lyijyä on liikaa. Jos kuitenkin olosuhteita säädetään ja ne palautetaan ns. normaalitilaan, maan sitomiskyky lyijyä vastaan heikkenee ja näin ollen lyijy liikkuu nopeammin maaperässä. (Naumanen ym. 2001, 34)

9.5.2 Kalkitseminen

Kalkitsemalla voi hidastaa lyijyn liukenemistä maaperään. Tämä menetelmä perustuu pH:n säätöön happamasta emäksisempään suuntaan. Mahdollisimman neutraali maaperä liuottaa lyijyä vähiten. Happamat sateet ja hapan laskeuma voivat muuttaa tilannetta. (Naumanen ym. 2001, 34; U.S. Environmental Protection Agency 2005, III-5, III-6)

Kalkitseminen on suhteellisen halpa ja nopea tapa vähentää lyijyn liukoisuutta. Työssä kohteena olevalla haulikkoradalla pH on suhteellisen neutraali maaperän normaalitilaan verrattuna. Tutkimusten mukaan tavoiteltava pH lyijyn liukoisuuden minimoimiseksi olisi 6,5-8,5, josta radan pH hieman poikkeaa jääden hieman

happamammaksi. (Naumanen ym. 2001; U.S. Environmental Protection Agency 2005, III-5, III-6)

9.5.3 Fosforin lisääminen

Optimaaliset fosfori-olot lyijypitoisilla mailla aiheuttavat lyijyn ja fosforin sitoutumista toisiinsa. Tämänkin tapa on helppo ja kohtalaisen halpa toteuttaa. Raaka-aineet voivat olla suhteellisen hintavia, mutta levittämisen voi tehdä talkoilla, jolloin työn hinnaksi ei tule mitään. Fosforia voi hankkia maatalous kaupoista ja levitykseen voi käyttää apulannan levitintä, koska ne ovat raakoostumukseltaan samankaltaisia. (Naumanen ym. 2001, 33-34; U.S Environmental Protection Agency III-7)

9.5.4 Suotoveden kerääminen umpikaivoon ja suodatus

Tämä tekniikka ei ole halvimmasta päästä, mutta tätä voitaisiin säädellä ja tämän yhteydessä voitaisiin valvoa suotoveden lyijypitoisuutta. Tämä on työläs rakentaa, muttei ylläpitää. Kyseisellä käsittelyllä päästään jopa yli 95 %:n puhdistustehokkuuteen. Tätä menetelmää ei Vesa Kettusen mukaan ole vielä muualla kuin Oulunsalon haulikkoradalla ja Kiimingin luodikkoradalla. Näille radoille järjestelmää on kokeiltu projekti-luontoisesti. (Kettunen)

Rakenteellisesti ajatellen kyseinen menetelmä kohteena olevalla radalla voisi olla seuraava: pintamaa kaivettaisiin pois riittävältä syvyydeltä, jotta salaojaputkiston ja tarvittavien muiden rakenteiden rakentaminen onnistuisi. Pohja muotoillaan kaltevaksi ja pohjalle asetetaan vettä läpäisemätön kerros esimerkiksi rakennusmuovi tai bentoniittisavi. Muovin käyttöä puoltaa se, ettei pilaantunutta maata tarvitse kaivaa niin syvältä kuin jos eristykseen käytetään savikerrosta. (Kettunen)

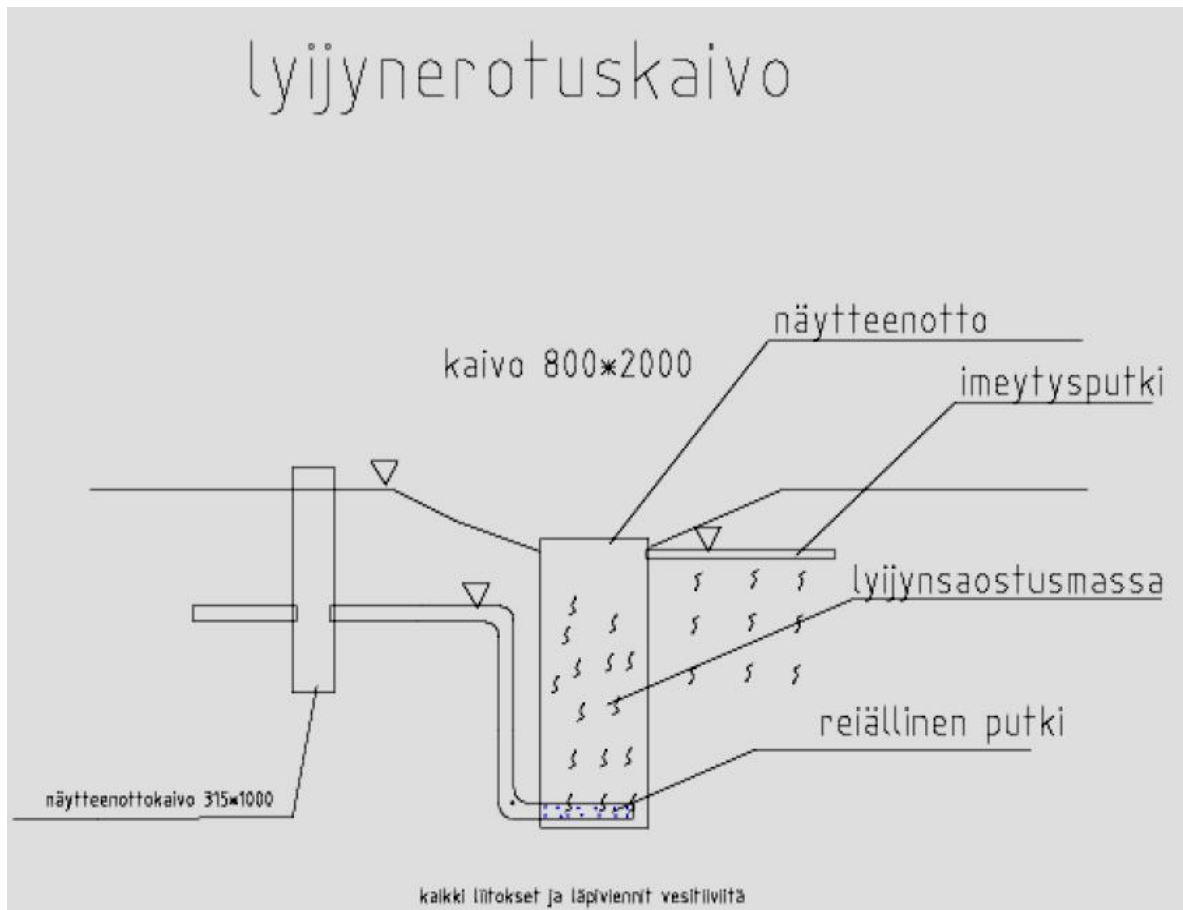
Kalvon tai muun vastaavan vettä läpäisemättömän rakenteen pinnalle tulee salaojaputket ja salaojasoraa. Näiden päälle tulee puhdasta maata tai kuten Oulunsalossa pintamaana käytetään vanhaa maata vaihtamatta sitä puhtaaseen. Keräilyputkistot viettävät yhdysputkeen, jota pitkin suotovedet valuvat näytteenottokaivoon, josta otetaan ensimmäiset näytteet eli paljonko suotovedessä on lyijyä. Käsittelykaivot ovat betonirengaskaivoja, jotka pyritään tekemään

mahdollisimman tiiviiksi, jottei kaivoihin pääse suotovettä eikä mahdollisesti lyijypitoista vettä pääse puhdistamatta ympäristöön. Kaivoja valittaessa olisi huomioitava, että kaivon tilavuus olisi riittävä. Tämä koskee varsinkin toista kaivoa, jonne täytyy mahtua 1 tonni Kemira CFH12-kemikaalia, ja sisääntuloputken kohdalle pieni eristävä kerros mm. soraa ja metalliverkko ehkäisemään veden ja kemikaalin täydellinen sekoittuminen. (Kettunen)

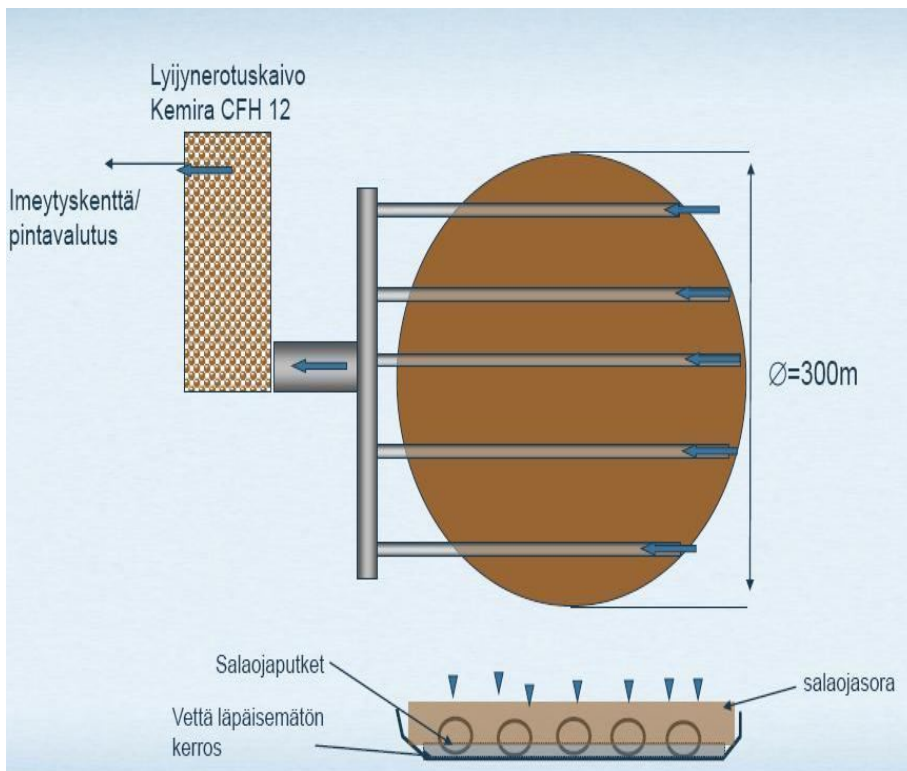
Näytteenottokaivosta lähtee putki toiseen kaivoon, joka on täytetty Kemira CFH12 kemikaalilla, joka adsorboi metalleja, tässä tapauksessa lyijyä ja antimonia. Tämän kaivon ylivuotoputki johtaa puhtaan veden maahan imeytyskentän kautta. Toimintaperiaate on esitetty kuviossa 14. Ensimmäiseen kaivoon kerätään alueen suotovedet. Siitä putkea pitkin vedet johdetaan toiseen kaivoon, joka on täytetty adsorptiokemikaalilla Kemira CFH12 lyijyn ja antimonin adsorboimiseksi. Lyijy pidättyy kemikaaliin ja puhdistunut vesi valuu yläreunassa olevasta ylivuotoputkesta esimerkiksi imeytyskenttään. Adsorbtiokemikaali toimii Kemiralla tehtyjen puhdasvesi kokeiden perusteella 5 – 10 vuotta. Oulunsalosta otettujen kontrollinäytteiden mukaan kemikaali toimii ainakin neljä vuotta, jonka järjestelmä on ollut käytössä. Pintavesien keruujärjestelmä on esitetty kuviossa 15. (Kettunen)

Järjestelmän toimintaan vaikuttaa veden laatu. Mitä suuremmat pitoisuudet lyijyä ja antimonia suotovesi sisältää sitä nopeammin kemikaalin adsorbtiokyky kuluu loppuun. Kemikaalin pysymiseen toimintakykyisenä vaikuttaa vedessä olevien silikaattien, humuksen ja mm. fosforin pitoisuudet. Mitä enemmän edellä mainittuja aineita vesi sisältää sitä nopeammin Kemira CFH12-kemikaali menettää toimintakykynsä. (Kettunen)

Järjestelmän hinta muodostuu konetyöstä, kaivoista, vettä läpäisemättömästä geomembraanista, salaojaputkista ja kemikaalista. Hintaan mahdollisesti vaikuttaa pilaantuneiden maiden pois vienti tai käsittely paikalla. Jos pilaantuneet maat saadaan sellaisenaan laittaa takaisin paikoilleen, kustannukset pysyvät kohtuullisina. Jos massat pitää vaihtaa se lisää kustannuksia huomattavasti eli suurin menoerä olisi massanvaihto. Toimenpide vaatii ympäristöluvan, josta aiheutuu kustannuksia. Jos kaivu, veden keräyssuunnitelma ja miestyö saadaan toteutettua talkoilla kustannukset jäävät lähinnä materiaalikustannuksiksi. (Kettunen)



KUVIO 14: Kuvassa lyijynerotuskaivon toimintaperiaate. Kaivosto on kaksiosainen, joista ensimmäiseen tulevat suotovedet ja toinen on täytetty kemikaalilla johon lyijy ja antimoni sitoutuu (Vesa Kettunen Kemira Municipal& Industrial)



KUVIO 15: Pintavesien keruujärjestelmä lyijynerotuskaivoon. (Vesa Kettunen Kemira Municipal&Industrial)

10 RISKIARVIOINNIT

10.1 Maaperän pilaantumisen riskiarvio

Maaperässä olevat lyijypitoisuudet ylittävät luonnolliset pitoisuudet, valtioneuvoston asetuksessa määritetyt kynnsarvot yhdessä kohdassa ja alemman ohjearvon pintamaan osalta. Syvemmälle mentäessä pitoisuudet kuitenkin laskevat nopeasti johtuen siitä, että lyijy on lähes liukenematon tällaisissa olosuhteissa eli sorapitoisella maalla, jolla pH on lähes neutraali. Niukka liukoisuus johtuu myös lyijyn olomuodosta kokonaisina rakeina. Mentäessä maan pintaosista syvemmälle kynnsarvo ylittyy vain kerran kaikki näytepisteet ja -syvyudet huomioiden. Pintamaan osalta kynnsarvojen ylittyminen johtuu siitä, että lyijy jää pintamaahan ja pidättyy siinä olevaan humukseen.

Pintamaan osalta voidaan siis sanoa, että lievää pilaantumista on tapahtunut. Pilaantuminen ei kuitenkaan etene syvemmälle nopeasti ja välittömästi pintamaan alla (>5 cm syvyydellä) saavutetaan jo kynnsarvot alittavia tuloksia. Valtioneuvoston PIMA-asetuksen alempi ohjearvo ylittyy vain kerran kaikissa näytekohdissa pintamaan osalta. Muutoin lyijypitoisuudet ovat alle kynnsarvon 60 mg/kg .

Kuten taulukosta 8 voidaan todeta maaperän niukka pilaantuminen on hyvin todennäköistä, mutta sen haitallisuusaste on hyvin pieni. Kuten aiemmin on todettu tarkasteltava alue on kaavoitettu puolustusvoimien käyttöön vuoteen 2020 asti ja se vähentää maaperän pilaantuneisuuden haitallisuutta. Pilaantumista on tapahtunut vain pintakerroksissa joten puhdistaminen ei ole kohtuuttoman kallis tai työläs toteuttaa, jos käyttötarkoitus muuttuu ja on tarpeen puhdistaa kyseinen alue.

Taulukosta erottuva kohtalainen riski merkitsee sitä, että riskin pienentämiseksi olisi ryhdyttävä toimeen, mutta kustannukset on mitoitettava ja rajattava tarkasti. Kyseisessä tapauksessa korjaavat toimenpiteet tulisivat kohtuuttomiksi Kontiolahden Urheilijoiden haulikkojaostolle, joten on syytä harkita koituuko mahdollisesta pilaantumisesta haittoja pohjavedelle tai terveydelle. Edellä on todettu että pilaantunutta maata on vain pinnassa, joten käyttötarkoituksen muuttuessa puhdistaminen ei ole kohtuuton toimenpide. Käytön pysyessä samana ei ole syytä

alkaa puhdistustoimiin, jos pilaantuminen ei etene ja näin aiheuta pohjaveden pilaantumisen kannalta kasvavaa riskiä. On kuitenkin todettava, että jatkuva maaperän lyijypitoisuuksien mittaaminen säännöllisin väliajoin on tarpeen, jottei pilaantuminen pääse etenemään ja aiheuttamaan muun muassa pohjaveden pilaantumista tai muuta terveyshaittaa.

TAULUKKO 8. Lyijyn maaperälle aiheuttaman riskin suuruus arvioituna esiintymistodennäköisyyden ja vakavuuden suhteen. (Ala-Risku; BS 8800)

RISKIN SUURUUDEN ARVIOINTI <small>MAAPERÄ</small>			
TODENNÄKÖISYYS	VAKAVUUS		
	1. Lievästi haitallinen	2. Haitallinen	3. Erittäin haitallinen
1. Hyvin epätodennäköinen	I Merkityksetön riski	II Siedettävä riski	III Kohtalainen riski
2. Epätodennäköinen	II Siedettävä riski	III Kohtalainen riski	IV Merkittävä riski
3. Todennäköinen	III Kohtalainen riski	IV Merkittävä riski	V Sietämätön riski

Pilaantuneen maan kunnostamiseksi olisi hyvä miettiä toteutusvaihtoehtoja, sillä pilaantuminen kuitenkin etenee syvemmälle maaperään ajan mittaan. Olisi hyvä miettiä voisiko pilaantumista ehkäistä esimerkiksi keräämällä lyijyhaulit talteen, jolloin pilaantumista ei enää pääsisi tapahtumaan uudelleen. Kunnostuksen pikainen toteuttaminen ja uudelleen pilaantumisen ehkäiseminen joko korvaavilla haulimateriaaleilla tai haulien talteenotolla tai jollain muulla soveliaalla keinolla olisi hyvä toteuttaa mahdollisimman pian, sillä pilaantunutta maata ei ole kovin paljon ja näin ollen kustannukset eivät karkaisi käsistä. Lyijyhaulien käyttö on saanut jatkoajan vuoden 2013 loppuun saakka ja tämä aiheuttaa lisäkuormaa radalle. Kyseessä ei ole kuitenkaan kohtuuton kuormituksen lisääminen.

Valtioneuvoston PIMA-asetuksen lyijylle määräämän alemman ohjearvon (200 mg/kg) puitteissa maaperä on paikoittain lievästi pilaantunut. Huomioiden alueen maankäytön, kaavoituksen ja maanpinnan pystysuoran etäisyyden pohjaveteen pilaantuminen ei aiheuta vakavaa riskiä terveydelle, ekologialle tai pohjavedelle.

10.2 Pohjaveden pilaantumisen riskiarvio

Pohjaveden osalta ei pilaantumista ole päässyt tapahtumaan. Pilaantumisen todennäköisyys kasvaa, mikäli radalla ei tehdä minkäänlaisia kunnostustoimenpiteitä, jotka rajoittaisivat lyijyn liukenemista ja lyijyä kertyä lisää maaperään. Maata, jossa on kohonnut lyijypitoisuus, on kuitenkin todella vähän huomioiden koko pystysuoran etäisyyden maan pinnasta pohjaveteen, ollen noin 30 metriä. Pitoisuudet myös laskevat huomattavan nopeasti ja pieniin pitoisuuksiin maanpinnasta alaspäin mentäessä niin, että kynnsarvotkaan eivät ylitä enää yli 10 senttimetrin syvyydellä.

Taulukossa 9 on esitetty kuinka todennäköisesti pohjavesi pilaantuu ja kuinka haitallista se olisi. Kuten taulukosta nähdään, kyseisellä ampumaradalla pohjaveden pilaamisriski on hyvin epätodennäköinen, mutta mikäli se pääsisi tapahtumaan sen vaikutukset ovat haitalliset, sillä rata sijaitsee I-luokan pohjavesialueella. Siedettävä riski merkitsee, ettei ennalta ehkäiseviä toimenpiteitä tarvita. Olisi kuitenkin syytä harkita toimenpiteitä, joilla voidaan rajoittaa riskiä ja seurantaa, jolla riski pysyy hallinnassa.

TAULUKKO 9. Lyijyn pohjavedelle aiheuttaman riskin suuruus arvioituna esiintymistodennäköisyyden ja vakavuuden suhteen. (Ala-Risku; BS 8800)

RISKIN SUURUUDEN ARVIOINTI POHJAVESI			
TODENNÄKÖISYYS	VAKAVUUS		
	1. Lievästi haitallinen	2. Haitallinen	3. Erittäin haitallinen
1. Hyvin epätodennäköinen	I Merkityksetön riski	II Siedettävä riski	III Kohtalainen riski
2. Epätodennäköinen	II Siedettävä riski	III Kohtalainen riski	IV Merkittävä riski
3. Todennäköinen	III Kohtalainen riski	IV Merkittävä riski	V Sietämätön riski

Alueella suoritettujen pohjaveden koepumppausten yhteydessä tutkittu veden laatu osoittaa, ettei pohjaveteen ole päässyt lainkaan lyijyä. Pohjavedestä on kuitenkin löytynyt nikkeliä, joka on peräisin nikkelpitoisesta Jaamankankaan maaperästä. Nämäkin pitoisuudet olivat vain lievästi yli Terveysten- ja Hyvinvoinninlaitoksen määrittämien rajojen. Nikkelin kohonneet pitoisuudet eivät aiheuta terveys- tai

muutakaan riskiä talousvedessä, sillä nikkelpitoinen vesi on tarkoitus laimentaa nikkelittömällä vedellä niin, että pitoisuudet laskevat sallittuihin rajoihin.

Sairaalasuo ja Jaamankankaan alueella on muitakin pilaantuneisuuden suhteen riskikohteiksi luokiteltuja alueita. Esimerkiksi Puolustusvoimilla on alueella useita kivääriratoja, joiden pystysuora etäisyys pohjaveteen on pienempi kuin Kontiolahden Urheilijoiden haulikkoradalla. Pohjavesialueen reunoilla kulkee teitä, joiden suolaamisesta saattaa aiheutua pohjaveden pilaantumista. Samoin teillä sattuvat onnettomuudet ovat uhka pohjavedelle, varsinkin kemikaali onnettomuuden sattuessa. Asutusta Sairaalasuo-alueella ei ole kovin paljoa, joten se ei aiheuta pilaantumisen vaaraa.

Haulikkoradan aiheuttamia riskejä pohjavedelle voi ehkäistä monilla eri tavoilla. Haulien talteenotto, siirtyminen korvaaviin haulimateriaaleihin ja maaperän kunnostaminen ja maaperään rakennettavat pohjavettä suojaavat rakenteet ovat esimerkkejä pilaantumisriskin vähentämisestä. Pilaantumisriskiä voi vähentää myös siten, että valvotaan tarkasti maaperän haitta-aine pitoisuuksia säännöllisesti. Säännöllisellä valvonnalla voidaan mahdollisesti säästää kunnostuskustannuksissa, jos mahdollinen pilaantuminen havaitaan ajoissa ja osataan rajata pilaantunut alue tarkasti.

11 YHTEENVETO

Insinööriyön tavoitteena oli kartoittaa millaisia riskejä haulikkoradan maaperässä oleva lyijy aiheuttaa maaperälle, pohjavedelle ja terveydelle. Kohteena ollut Kontiolahden Urheilijoiden ylläpitämä haulikkorata sijaitsee Sairaalasuo pohjavesialueella. Haulikkorata on luokiteltu riskikohteeksi pohjavedelle Pohjois-Karjalan maakuntakaavassa ja Joensuun seudun seutukaavassa. On kuitenkin todettava huomioon ottaen lyijyn liukeneminen, radalla ammutut laukaukset ja pystysuora etäisyys pohjaveteen, ettei välitöntä riskiä pohjaveden pilaantumiseen haulikkoradan takia ole. Riski kasvaa ajan myötä, jos radalla jatkossakin ammuttaisiin lyijyhauleilla ja toimenpiteitä lyijyn liukenemisen vähentämiseksi ei tehdä. Radalla saa käyttää lyijyhauleja vuoden 2013 loppuun saakka. Tämä ei kuitenkaan aiheuta kohtuutonta pilaantumista vuosittaisten laukausmäärien ollessa maltillisia.

Maan pinnan osalta on todettu lievää pilaantumista välittömästi humuksen alta. Pilaantuminen ei ole edennyt syvemmälle maakerrokseen vaan on pysynyt kynnysarvojen puitteissa jo 10 senttimetrin syvyydeltä lähtien.

Maaperän kunnostaminen tulee ajankohtaiseksi, jos Kontiolahden Urheilijat laajentavat haulikkorataansa. Radalle voisi siinä yhteydessä asentaa lyijyn keräysverkot tai maapohjaan rakentaa suotoveden imeytymistä estävän järjestelmän tai suotoveden keräysjärjestelmän. Kunnostamiselle ei ole perusteita teräshaulien käyttöön siirtymisen jälkeen, mutta seuranta maaperän lyijyn etenemiselle on jatkettava. Jos todetaan lyijyn käytöksen muutosta, on tarkennettava näytteenottoa ja otettava näytteitä syvemmältä kuin tähän asti on otettu.

Pohjavesinäytteenottoon ei liene syytä tässä vaiheessa, sillä lyijyn eteneminen maaperässä on ollut vähäistä ja etäisyys pohjaveteen on vielä suuri ja lyijykuormituksen loppuminen vähentää entisestään liukoisen lyijyn määrää. Suomessa on meneillään oleva AMPU-hanke, jossa kartoitetaan kunnostettavia ampumaratoja ja uusia paikkoja ampumaradoille. Myös Pohjois-Karjalassa on tarkoituksena kartoittaa nimenomaan Joensuun ympäristöstä hyviä ampumaratoja, joita kunnostaa tai kokonaan uusia paikkoja perustaa ratoja. Hanke on kuitenkin vielä alussa eikä päätöksiä ole vielä odotettavissa lähitulevaisuudessa. Kontiolahden haulikkorata voisi olla yksi saneerattavista kohteista sijaintinsa takia, joten

kunnostustoimenpiteiden tai muun vastaavan aloittaminen tässä vaiheessa ei liene järkevää. Huomioiden olosuhteet ja lyijyn ominaisuudet korjaaville toimenpiteille ei ole kiire.

Siirtyminen lyijyä korvaaviin haulimateriaaleihin vaikuttaa huonolta ratkaisulta kilpailullisesti, sillä kansainvälisesti ja kansallisesti kilpailevat ampujat joutuvat kilpailuissa ampumaan lyijyhauleilla. On mahdollista, että Kontiolahdella ei enää korvaaviin haulimateriaaleihin siirryttäessä saada kansallisen tason kilpailuja, jolloin kilpa-ammunnan säilyvyys kunnassa ja koko alueella vaarantuu. Ruotsissa on samankaltaisia esimerkkejä radoista, joissa on siirrytty korvaaviin materiaaleihin, sen seurauksena ulkomaalaiset kilpailijat ja kansainvälisesti merkittävät kisat ovat siirtyneet muualle. Ympäristön- ja terveydensuojelun kannalta lyijyä korvaavat materiaalit ovat parempia vähäisemmän haitallisuuden takia.

Olisikin tärkeää miettiä useita ratkaisuja, miten pohjaveden pilaantuminen voitaisiin varmasti ehkäistä. Ratkaisussa olisi tärkeä huomioida toiminnan jatkuvuuden turvaaminen ja vähintään yhtä tärkeää on pystyä turvaamaan alueen pohjaveden pysyminen juomakelpoisena.

Taulukossa 10 on esitetty lyijy- ja teräshaulien reaktioiden yhteisvaikutuksen haitallisuuden suuruus. Haitalliset reaktiot ovat hyvin epätodennäköisiä ja haitallisten reaktioiden vakavuus on vähäinen. Näin ollen yhteisvaikutuksen suuruus on merkityksetön, kuten taulukossa on korostettu. Tämä tarkoittaa, ettei ole tarvetta minkäänlaisiin toimenpiteisiin lyijyn ja teräksen sekoittumisen estämiseksi.

TAULUKKO 10. Lyijy- ja teräshaulien haitallisen yhteisvaikutuksen suuruus esiintymistodennäköisyyden ja vakavuuden suhteen. (Ala-Risku; BS 8800)

TERÄKSEN JA LYIJYN HAITALLINEN YHTEISVAIKUTUS			
TODENNÄKÖISYYS	VAKAVUUS		
	1. Lievästi haitallinen	2. Haitallinen	3. Erittäin haitallinen
1. Hyvin epätodennäköinen	I Merkityksetön riski	II Siedettävä riski	III Kohtalainen riski
2. Epätodennäköinen	II Siedettävä riski	III Kohtalainen riski	IV Merkittävä riski
3. Todennäköinen	III Kohtalainen riski	IV Merkittävä riski	V Sietämätön riski

Siirtyminen korvaaviin materiaaleihin on ympäristön kannalta hyödyllinen, koska se vähentää pohjaveden pilaantumisen riskiä ja antaa aikaa miettiä millaisilla toimilla aluetta kunnostetaan, jos tarve siihen ilmenee.

Yhteenvetona voisi todeta, ettei ole syytä voimassa olevan luvan puitteissa minkäänlaisiin toimenpiteisiin. Seuranta jatketaan, kuten aiemminkin, ja odotetaan AMPU-hankeen tuloksia, joiden perusteella voi analysoida kunnostamista tai muita toimenpiteitä Kontiolahden haulikkoradalle. Mikäli AMPU-hankkeen saneeraus- tai laajennushankkeet eivät osu Kontiolahden Urheilijoiden radalle on mietittävä halpoja ratkaisuja vähentää lyijyn aiheuttamia riskejä pohjavedelle ja maaperälle.

LÄHTEET

Ala-Risku M., Mattila M., Uusitalo T. ja Kivistö-Rahnasto J. 1996, Riskin arviointi työpölojen parantamisessa 1997. Työministeriö, työhallinnon julkaisu 121, Tampere

Aho J., Heikkonen M., Jaloniemi R., Kilkku L., Kärkinen H., Okko J., Paikkala S., Parri A., Pääkkönen R., Rahnasto O., Saari R., Tulkki K. ja Uusitalo H. Ympäristöministeriö 2006, *Puolustusvoimien ampumatoiminta maankäytön suunnittelussa ja ympäristölupamenettelyssä*

Analyysituloksia GTK Kemian laboratorio, 24.9.1999

Asikainen S., Halonen T., Krootila A., Pyy O., Pääkkönen R., Riissanen J., Sillanpää J. ja Tuunanen P. Suomen ampumaurheiluliitto: *Ampumarata opas*

Baker D.E., & Senft, J.P. 1995. Heavy metals in soils.

Britschgi R. ja Gustafsson J. 2006. *Suomen ympäristökeskus. Suomen luokitellut pohjavesialueet*

Dr Rooney C. *Contamination at shooting ranges*, Soil, plant and Ecological Sciences Division, Lincoln university, Canterbury, New Zeland [viitattu 28.1.2011] [online]. Saatavissa: <http://www.lead.org.au/fs/shootingranges.pdf>

Ekokem, *Maan pesu* [verkkajulkaisu] [viitattu 13.3.2011]. Saatavissa: http://www.ekokem.fi/portal/fi/ekokem-yhtiot/kasittelyprosessit/pilaantuneiden_maiden_ja_pohjavesien_kasittelymenetelmat/pesu/

Ekokem. *Pilaantuneen maaperän kunnostus. 2/07*

Heikkinen P. 2000. *Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä.*

Geologian tutkimuskeskus 2011. Saatavissa: <http://geomaps2.gtk.fi/geo/> [viitattu 09.02.2011] [online]

http://www.rangeinfo.org/resource_library/facility_mngmnt/environmet/executive_summary.htm. [online]

<http://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/povetarea/povetarea.asp> [viitattu 7.2.2011] [online]

Itä-Suomen ympäristölupavirasto, Kuopio 10.10.2008. *Jaamankankaan pohjaveden*

ottamon rakentamisen ja pohjaveden ottamisen ympäristölupa.

Jalkanen P. & Pajukallio A.-M. *Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi* 2007 Ympäristöministeriö

Joensuun seudun seutukaava 2020

Joensuun seudun yleiskaava

Kautto P. 2007. *Pilaantuneiden maiden kunnostuskustannukset*, Lahden ammattikorkeakoulu opinnäytetyö. [viitattu 20.2.2011] Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12070/2007-10-26-07.pdf?sequence=1>

Kettunen V., Kemira Municipal&Industrial, *Ampumaratojen tulevaisuus-seminaari, ampumarata-alueiden pohjavesien suojaaminen*, Power-Point-esitys 3.7.2010

Kettunen V., Kemira Municipal&Industrial, puhelinkeskustelu 24.2.2011

Komulainen H. & Tuomisto J. <http://www.medicina.fi/fato/74.pdf> [viitattu 16.2.2011] [online]

Kontiolahden maaperäkartta

Lemminkäinen, *Kiinteytys-esitys*

Lundvik B. *Nytt miljöhot mot skjutbanor*, [verkkajulkaisu] [viitattu 7.2.2011]. Saatavissa: <http://www.jageaforbundet.se/svensjakt/startside/Nyheter/2007/08/Nytt-miljohot-mot-skjutbanor>

Lydersen & Löfgren 2002

Länsi-Suomen ympäristökeskus, *Ympäristölupapäätös pilaantuneiden maiden puhdistamisesta Ala-Härmän Haaruskankaan ampumaradalla* 27.9.2000

Löfgren S., Ranneby B., Eksröm M. ja Yu J, Naturliga bakgrundshalter av bly, zink och arsenik i svenska ytvatten baserat på metallernas haltvariation i morän och sedimentära jordar – implikationer för EU:s ramdirektiv för vatten och nationella miljömål [viitattu 7.2.2011] [online]. Saatavissa: www.sgu.se/dokument/fou_extern/lofgren-et-al.pdf

Ma L.Q., Hardison D.W., Harris W. G., Cao X.D. ja Zhou Q.X. Effect of soil property and soil amendment on weathering of abraded metallic Pb in shooting ranges. 2007

Maanmittauslaitos 2011. Saatavissa: <http://kansalaisen.karttapaikka.fi/kartanhaku/osoitehaku.html?e=643883&n=6957652&scale=8000&tool=siirra&width=600&height=600&lang=fi> [viitattu 16.2.2011]

Maxe L. 2010. *Grundvattnets kemi i sverige*, SGU. [viitattu 7.2.2011] [online]. Saatavissa: <http://www.sgu.se/dokument/fou/fou-dagarna2010/presentationer-20april/LenaMaxe.pdf>

Mroueh U. M., Vahanne P., Eskola P., Pasanen A., Wahlström M. ja Mäkelä E: *Pilaantuneiden maiden kunnostushankkeiden hallinta*, VTT Prosessit. [verkkojulkaisu] [viitattu 14.2.2011]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2245.pdf>

Nan Hui, *Microbial communities in Pb contaminated boreal forest soil*, Helsingin yliopisto [viitattu 5.3.2011] [online]. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/22197/microbia.pdf?sequence=2>

Naturvårdsverket och Kemikalieinspektionen, *Konsekvenser av förbud mot bly i ammunition* [viitattu 15.2.2011] [online]. Saatavissa: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5627-1.pdf/>

Naumanen P., Sorvari J., Pyy O., Rajala P., Penttinen R., Tiainen J. ja Lindros S. *Ampumarata-alueiden pilaantunut maaperä*. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, 2002.

Oberacker D. *Treatment of lead-contaminated soils*. United states environmental protection agency, Cincinnati 1991.[Verkkojulkaisu] [Viitattu 2.2.2011]. Saatavissa: <http://www.epa.gov/tio/tsp/download/leadcont.pdf>

Occupational health and safety management systems, BS 8800, 1996

Penttinen R. 2001. *Maaperän ja pohjaveden kunnostus: Yleisimpien menetelmien esittely*. Suomen Ympäristökeskus

Perttilä M. ja Lumiaro R. Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteenlaitos. [online] [Viitattu 7.2.2011]. saatavissa: www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/yleiskuvaus/peruskuvaus/fi_FI/hivenalkuaineet/

Petterson C. *Underlagsrapporter till regeringens uppdraget om bly i ammunition*. Natusrvårdsverket, Stockholm 2006.

Pohjois-Karjalan ELY-keskus, *Mittausraportti* 2007

Pohjois-Karjalan ELY-keskus, *Mittausraportti* 2010

Pohjois-Karjalan maakuntakaava, Liitekartat

Pohjois-Karjalan maakuntakaavan 2. vaiheen esittelyraportti ja kartta-aineisto.

Pääkkönen R. Työterveyslaitos, *Melun torjunnan paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) -kommenttipuheenvuoro* 11.3.2011. [viitattu 3.4.2011] [online]

Reinikainen J. *Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittäisperusteet*. Helsinki 2007.

Rintala J. & Suokko T. *Pohjavesinäytteenotto: Nykytila ja kehitystarpeet*, Suomen ympäristökeskus

Rintala J., *Pohjavesinäytteenotto, Ympäristönäytteenottajien laatu- ja koulutuspäivät 10.11.2010* [verkkajulkaisu] [viitattu 17.2.2011]. Saatavissa: www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=122342&lan=fi

Saarelainen J. *Kontiolahden kartta-alueen maaperä*. Kuopio 2005.

Salminen S. 1997. *Lyijyllä saastunut maaperä ja sen kunnostus*. [viitattu 18.1.2011] [online]. Saatavissa: www.helsinki.fi/jarj/myy/elin97/lyijy.htm.

Savo-Karjalan Vesiensuojeluyhdistys ry, *Pohjavesialueiden suojelusuunnitelma*, Kontiolahden kunta

Sorvari J. & Antikainen R. *Katsaus pilaantuneiden maa-alueiden riskinhallinnan nykykäytäntöihin*. Suomen ympäristökeskus, Helsinki 2004.

Sosiaali- ja terveysministeriö, *talusvesiasetus 461/2000 talusveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista*. Lainsäädäntö [viitattu 1.3.2011]

Stokke S., Botten L. ja Arnemo J. M. Suomeksi kääntänyt Wedul S. J.. *Metsästäjä 1/2011*

Suomen ampumaurheiluliitto, *Puhtaita osumia*, 24.4.2003. Yhteistyöllä parempaan vesienhoitoon.

Suomen metsästäjäliitto ry, Metsästäjien keskusjärjestö, Suomen metsästäjä- ja kalastajaliitto ry. Metsästysampumasäännöt 1996

Tarvainen T. & Jarva J. 2009. *Maaperän Kd-arvot ja geokemiallinen koostumus Pirkanmaalla ja Uudellamaalla*. Geologian tutkimuskeskus.

Turpeinen R. *Ampumaradan pilaantuneen maan käsittely. Mitä tarkoittaa BAT?* [Verkkajulkaisu] [viitattu 12.2.2011]. Saatavissa: <http://www.ampumaurheiluliitto.fi/artikkeliarkisto/?x30648=9049>.

U.S. Department of human services 1992

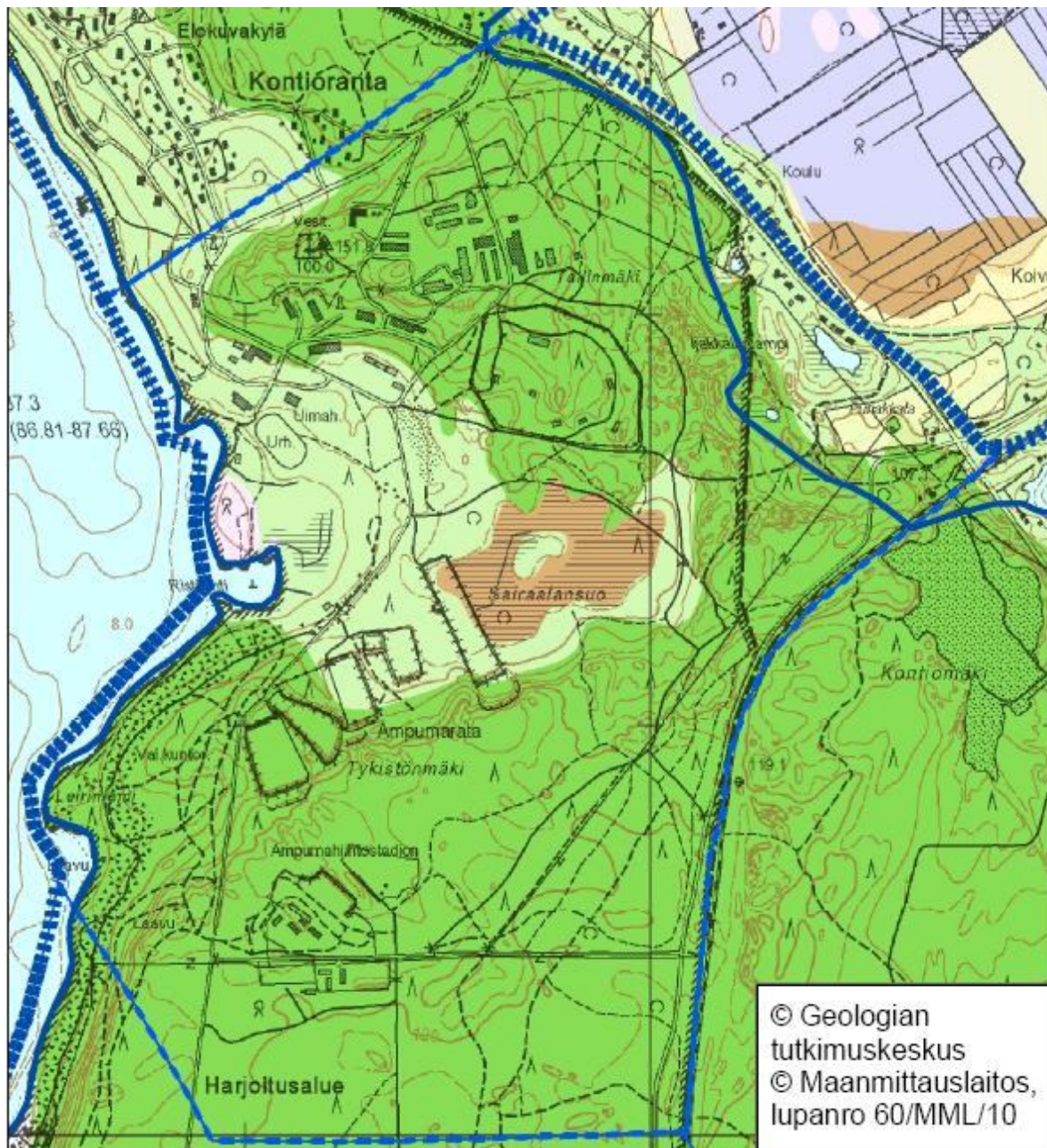
United States Environmental Protect Agency, *Best Management Practices for lead at outdoor shooting ranges, 2005*. [viitattu 25.1.2011] [online]. Saatavissa: http://www.epa.gov/region2/waste/leadshot/epa_bmp.pdf

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007.

Viinämäki A. *Ampumaratojen ympäristönäkökohdat; Ampumarataluokituksen pilotointi*. 2007. [viitattu 13.2.2011] [online]. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12072/2007-11-02-02.pdf?sequence=1>

Ympäristölupapäätös Kontiolahden haulikkoradalle 27.2.2009


SAIRAALASUON POHJAVESIALUEEN MAAPERÄKARTTA



Merkkien selitykset

-  Pohjavesialueen raja
-  Pohjavesialueiden välinen raja
-  Varsinaisen muodostumisalueen raja
-  Kallio
-  Moreeni; Moreenimuodostuma
-  Sora
-  Hiekka
-  Karkea hieta
-  Hieno hieta
-  Hiesu
-  Rahkaturve
-  Saraturve

1:20 000


 0 0,25 0,5 km


SAIRAALASUON POHJAVESIALUEEN PILAANTUMISRISKIÄ AIHEUTTAVAT KOHTEET

