

Vastaanottaja  
**Terrafame Oy**

Asiakirjatyyppi  
**Viljelymaiden ja –kasvien haitta-aineselvitys**

Päivämäärä  
**11.4.2017**

# **TERRAFAME OY**

## **VILJELYMAIDEN JA –KASVIEN**

### **HAITTA-AINESELVITYS**



**TERRAFAME OY**  
**VILJELYMAIDEN JA –KASVIEN HAITTA-AINESELVITYS**

Päivämäärä **11.4.2017**  
Laatija **Kirsi Lehtinen, Hanna Tolvanen**  
Tarkastaja **Jussi Mäkinen**  
Kuvaus **Viljelymaiden ja –kasvien haitta-aineselvitys**

Viite 1510028555

*Kannen kuva: Rannankylän peltomaisemaa.*

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT</b>	<b>2</b>
2.1	Selvityksen toteutus ja näytteenotto	2
2.2	Näytteiden käsittely ja analyysimenetelmät	5
2.3	Tulosten käsittely ja vertailu	5
<b>3.</b>	<b>TULOKSET</b>	<b>6</b>
3.1	Peltomaiden ominaisuudet	6
3.2	Peltomaiden pitoisuudet	6
3.3	Ravintokasvinäytteet	10
3.4	Peruna ja mustikka ravinnossa	12
3.4.1	Taustaa	12
3.5	Saantimäärätulokset	14
3.5.1	Peruna	14
3.5.2	Mustikka	17
<b>4.</b>	<b>VERTAILU ALUEELLA AIEMMIN LAADITTUUN SELVITYKSEEN</b>	<b>20</b>
<b>5.</b>	<b>TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>21</b>
<b>6.</b>	<b>LÄHTEET</b>	<b>22</b>

## LIITTEET

1. Maanäytteiden linjakohtaiset kokonaispitoisuudet
2. Viljely- ja ravintokasvinäytteiden pitoisuudet

## 1. JOHDANTO

Tutkimuksessa selvitettiin Terrafamen kaivoksen ympäristössä sijaitsevien maatalouskäytössä olevien peltomaiden pintamaan raskasmetallipitoisuuksia ja aineiden kertymistä pelloilla kesällä 2016 viljeltyihin kasveihin. Lisäksi selvitettiin maaperänäytteiden ominaisuuksia ja pitoisuuksiin vaikuttavia tekijöitä. Viljelymaiden ja -kasvien lisäksi analysoitiin kaivospiirin alueelta ja ympäristöstä kerättyjä mustikkanäytteitä.

Raskasmetallien käyttäytymiseen viljelysmaassa ja niiden kertymiseen ravintokasveihin vaikuttavat muun muassa aineen ja maaperän ominaisuudet (Heikkinen 2000). Tärkeimmät raskasmetallien saatavuuteen ja liikkuvuuteen maaperässä vaikuttavat tekijät ovat maaperän pH, savi- ja orgaanisen aineksen pitoisuus, raekoko sekä kationinvaihtokapasiteetti (Greger 1999). Siihen, kuinka paljon kasvit raskasmetalleja ottavat, vaikuttavat kasvien eri ominaisuudet, kuten laji tai lajike, koko, sekä lehtien ja juuriston piirteet (Fergusson 1990). Eri viljelyskasvilajit ja niiden lajikkeet keräävät raskasmetalleja eri tavoin, jolloin tulosten vertaaminen eri lajien ja lajikkeiden välillä on voi olla vaikeaa.

Tässä raportissa esitellään tulokset maaperä-, viljelyskasvi- ja mustikkanäytteiden kupari-, nikkeli-, sinkki- ja kobolttipitoisuuksien osalta. Tuloksia verrataan Suomessa muihin tehtyihin tutkimuksiin, sekä kansallisiin kynnys-, ohje- ja raja-arvoihin. Selvitys on laadittu Terrafame Oy:n toimeksiannosta. Viljelymaiden ja -kasvien näytteidenotosta on vastannut metsätalousinsinööri Hannu Sillanpää. Raportoinnista ovat vastanneet FM Kirsi Lehtinen ja FM Hanna Tolvanen Ramboll Finland Oy:stä. Mustikkanäytteet otettiin Terrafame Oy:n toimesta. Näytteet on analysoitu Ramboll Analyticsin toimesta.

## 2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

### 2.1 Selvityksen toteutus ja näytteenotto

Selvitys toteutettiin ottamalla tutkimuskohteiksi neljä nykyisen kaivospiirin läheisyydessä sijaitsevaa peltolohkoa. Tutkimuskohteet sijaitsivat kaivosalueesta koilliseen vallitsevan tuulen suunnan mukaisesti. Taattolan, Puhakan ja Tuhkakylän tutkimuslohkoilla viljeltiin kesällä 2016 perunaa. Rannankylän tutkimuslohkolla viljeltiin rehuohraa.

Edellä mainittujen lisäksi otettiin mustikkanäytteitä kuudesta tutkimuspisteestä kaivospiirin alueella ja sen ympäristössä. Tutkimuskohteiden sijainti ja etäisyys kaivosalueesta on esitetty oheisissa taulukoissa ja kuvassa 2-2.

**Taulukko 2-1. Viljelymaiden ja -kasvien tutkimuskohteiden etäisyys ja suunta Terrafamen kaivokselta/toiminta-alueelta.**

Näyteala	Nimi	Etäisyys (km)	Suunta	Ravintokasvi
1	Taattola	2,5	koillinen	peruna
2	Puhakka	4,4	kaakko	peruna
3	Tuhkakylä	6,1	koillinen	peruna
4	Rannankylä	8,6	koillinen	ohra

**Taulukko 2-2. Mustikkanäytepisteiden etäisyys ja suunta Terrafamen kaivokselta/toiminta-alueelta.**

Näyteala	Nimi	Etäisyys (km)	Suunta	Ravintokasvi
1	Pirttimäki	0,9	itä	Mustikka
2	Kuusimäen Kulju	0,5	kaakko	Mustikka
3	Naurismäki	3,8	koillinen	Mustikka
4	Metsäpirtti	5,6	pohjoinen	Mustikka
5	Juuso	3,2	lounas	Mustikka
6	Kalliojoki	6,7	pohjoinen	Mustikka



Kuva 2-2. Viljelymaiden ja -kasvien tutkimuskohteiden sekä mustikkänäytepisteiden sijainti kaivospiirin ympäristössä.

### *Viljelymaiden ja -kasvien näytteenottopisteet*

Jokaiselle peltolohkelle sijoitettiin yhteensä 15 näytteenottopistettä, jotka jakautuivat kolmelle pellon keskipisteestä lähtevälle linjalle. Pellon keskipiste määritettiin etukäteen kartalta. Ensimmäisen linjan ilmansuunta oli pohjoiseen. Lohkon pienialaisuudesta johtuen Taattolan, Puhakan ja Tuhkakylän peltolohkoilla näytteenottopisteet sijoitettiin linjalle metrin välein toisistaan. Rannankylän peltolohkolla näytteenottopisteet sijoitettiin kolmen metrin välein linjan keskipisteestä lähtien, jolloin linjan viimeinen viides näytteenottopiste sijaitsi 15 metrin etäisyydellä linjan keskipisteestä. Loput kaksi linjaa sijoitettiin 120° kulmassa edelliseen linjaan nähden.

### *Ravintokasvien ja peltomaiden näytteenotto*

Ravintokasvinäyte otettiin jokaisesta näytteenottopisteestä ja osanäytteet yhdistettiin laboratoriossa linjoittain kokoomanäytteiksi (jokaisella peltolohkolla yhteensä 3 kokoomanäytettä). Ohraa kasvaneelta pellolta näytteet otettiin ennen sadonkorjuuta kokonaan tai osin tuleentuneista siemenistä ja perunan osalta ennen korjuuta 25.8.2016.

Jokaisesta näytteenottopisteestä otettiin ruostumattomasta teräksestä valmistetulla pistokairalla pintamaanäyte noin 20 cm syvyyteen saakka. Osanäytteet yhdistettiin kentällä linjakohtaisiksi kokoomanäytteiksi (jokaisella peltolohkolla yhteensä 3 kokoomanäytettä). Näytteet otettiin 25.8.2016 ennen sadonkorjuuta kylvö- ja kyntövaon reunasta.

Mustikkanäytteet otettiin Terrafame Oy:n toimesta 25.-26.8.2016. Viidestä osanäytteestä/näytepiste muodostettiin kustakin yksi kokoomanäyte kentällä (yhteensä kuusi kokoomanäytettä).



**Kuva 2-3. Näytteenottovälineitä.**

## 2.2 Näytteiden käsittely ja analyysimenetelmät

### *Maanäytteet*

Laboratorioon toimitetuista maanäytteistä poistettiin juuret ja kasvinosat ennen kokoomanäytteiden muodostamista. Maanäytteistä muodostettiin sekä peltokohtaiset näytteet että linjakohtaiset näytteet analysoitaviksi.

Peltokohtaisista maanäytteistä analysoitiin kokonaiskosteusprosentti, hehikutushäviö, sähkönjohtavuus, pH vesi- ja  $\text{CaCl}_2$ -uutteesta ja raekokojakauma. Peltokohtaisille näytteille tehtiin edellisten lisäksi asetaatti-uutto, jonka suodoksista määritettiin kalsium-, magnesium-, kalium-, natrium-, fosfori- ja rikkipitoisuudet ICP-MS-tekniikalla.

Linjakohtaisista näytteistä analysoitiin raskasmetallit (Ni, Zn, Cu ja Co). Linjakohtaisten maanäytteiden sisältämät metallien kokonaispitoisuudet määritettiin mikroaaltouunissa kuningasveden kanssa hajotetuista näytteistä ICP-MS -tekniikalla.

### *Ravintokasvinäytteet*

Perunat pestiin ja kuorittiin ennen kokoomanäytteen muodostamista. Perunat kuivattiin  $+60^\circ\text{C}$  lämpötilassa. Näytteistä tehtiin linjakohtaiset kokoomanäytteet, jotka jauhettiin ennen analysointia.

Ohranäytteet kuivattiin  $+40^\circ\text{C}$  lämpötilassa ja niistä kuorittiin käsin poistettavat pintakerrokset. Kuorituista jyivistä tehtiin linjakohtaiset kokoomanäytteet, jotka jauhettiin myllyllä ennen analysointia.

Mustikkanäytteistä poistettiin roskat ennen jauhatusta.

Näytteiden sisältämät metallien kokonaispitoisuudet määritettiin mikroaaltouunissa väkevän typpihapon kanssa hajotetuista näytteistä ICP-MS-tekniikalla.

## 2.3 Tulosten käsittely ja vertailu

Saadut tulokset koottiin taulukoihin ja kuvaajiin. Tuloksia verrattiin kansallisiin ja kansainvälisiin raja-arvoihin sekä eri tutkimuksissa saatuihin keskimääräisiin taustapitoisuuksiin.

Pintamaan kokonaispitoisuuksia verrattiin laajan suomalaisen peltomaaseurannan 1998 tuloksiin (Mäkelä-Kurto ym. 2007) sekä pilaantuneiden maiden kynnys- ja ohjearvoihin (Reinikainen 2007). Peruna- ja mustikkanäytteiden pitoisuuksia verrattiin muualla Suomessa mitattuihin keskimääräisiin pitoisuuksiin, sekä annettuihin saantisuosituksiin.



## 3. TULOKSET

### 3.1 Peltomaiden ominaisuudet

Maanäytteiden tärkeimpiä ominaisuuksia on koottu alla olevaan taulukkoon. Peltolohkojen maalaajina oli silttinen moreeni. Orgaanisen aineksen osuus oli Puhakan peltoalalla (pelto 2) hieman vähäisempi kuin muilla tutkimuslohkoilla. Peltolohkojen hienoainespitoisuus vaihteli 37,2-56,9 % välillä. Savipitoisuus oli Taattolan peltolohkolla (8 %) hieman alhaisempi kuin muilla tutkimuslohkoilla (11,6-18,5 %). Tutkimuslohkojen pH-arvot vaihtelivat välillä 5,6-6,5 (vesiliuos).

**Taulukko 3-1. Maanäytteiden ominaisuudet.**

Määrittäminen	1 Taattola	2 Puhakka	3 Tuhkakylä	4 Rannankylä
<b>Kokonaiskosteus (%)</b>	25	23	26	26
<b>Hehikutushäviö 550°C (% ka)</b>	8,3	6,5	9,4	8,7
<b>pH vesiliuos</b>	5,9	6	5,6	6,5
<b>pH CaCl<sub>2</sub>-uute</b>	5,2	5,2	4,8	5,5
<b>Sähkönjohtavuus (mS/m)</b>	6,2	2,8	5,1	4,1
<b>Fosfori ICP-OES (mg P/kg ka)</b>	8,7	5	12	3,9
<b>Kalium ICP-MS (mg K/kg ka)</b>	310	31	170	270
<b>Kalsium ICP-MS (mg Ca/kg ka)</b>	780	650	580	970
<b>Magnesium IPC-MS (mg Mg/kg ka)</b>	83	91	120	210
<b>Natrium ICP-MS (mg Na/kg ka)</b>	5	4,5	14	16
<b>Rikki ICP-MS (mg S/kg ka)</b>	43	16	13	10
<b>Hienoainespitoisuus %</b>	53,8	42,2	37,2	56,9
<b>Savipitoisuus %</b>	8	11,6	13,4	18,5
<b>Maalaji</b>	silttimoreeni	silttimoreeni	silttimoreeni	silttimoreeni

### 3.2 Peltomaiden pitoisuudet

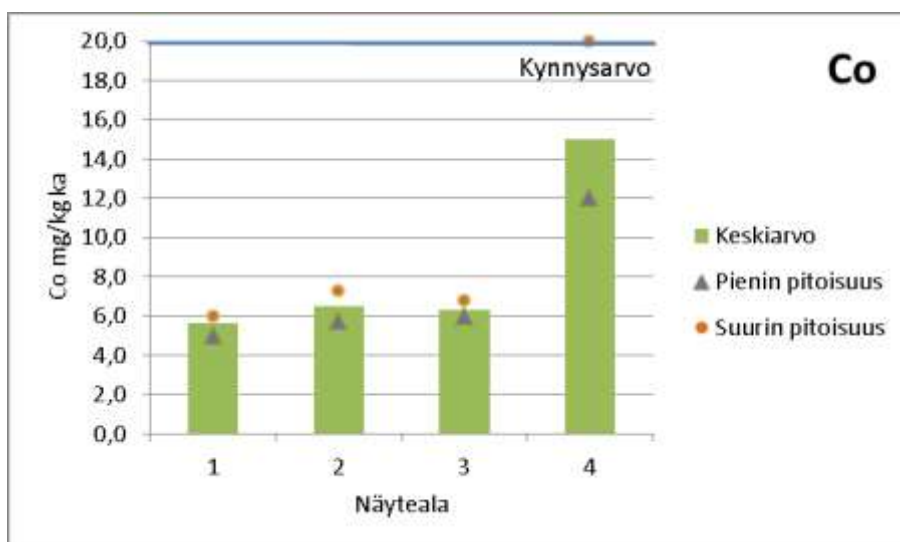
Peltomaiden kokonaiskoboltti-, kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet on esitetty näytealoittain alla olevissa kuvissa. Linjakohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 1. Taulukoissa on esitetty myös laajassa suomalaisessa peltomaaseurannassa tutkittujen peltomaiden keskimääräisiä pitoisuuksia (Mäkelä-Kurtto ym. 2007). Lisäksi taulukossa on esitetty kansalliset pilaantuneiden maiden kynnys- ja ohjearvot. Arvot perustuvat maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointia koskevaan Valtioneuvoston asetukseen 214/2007 (ns. PIMA-asetus). PIMA-asetuksella säädetään maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin perusteista. PIMA-asetuksen mukaisesti maaperän pilaantuneisuus ja tarvittaessa puhdistustarve tulisi arvioida, jos yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus maaperässä ylittää esitetyn kynnysarvon. Kynnysarvoa voidaan pitää myös maaperänsuojelun ja pilaantumisen ennaltaehkäisyn vertailuarvona.

### Koboltti

Maanäytteiden kobolttipitoisuudet olivat selvästi alle pilaantuneiden maiden kynnysarvon (20 mg/kg) Taattolan, Puhakan ja Tuhkakylän näytealoilla. Keskimääräinen pitoisuus oli pienimmillään Tuhkakylän näytealalla (5,7 mg/kg). Rannankylässä näytteiden keskimääräinen kobolttipitoisuus oli 15 mg/kg. Suurin pitoisuus Rannankylässä oli 20 mg/kg, mikä on vastaava kuin pilaantuneiden maiden kynnysarvo.

**Taulukko 3-2. Peltomaanäytteiden kokonaiskobolttipitoisuudet ja pilaantuneiden maiden kynnys- ja ohjearvot (Reinikainen 2007).**

Co mg/kg ka	Näyteala			
	1 Taattola	2 Puhakka	3 Tuhkakylä	4 Rannankylä
Pienin pitoisuus	5	5,7	6	12
Keskiarvo	5,7	6,5	6,3	15
Suurin pitoisuus	6	7,3	6,8	20
<i>Kynnysarvo</i>	20			
<i>Alempi ohjearvo</i>	100			
<i>Ylempi ohjearvo</i>	250			



**Kuva 3-3. Peltomaanäytteiden kokonaiskobolttipitoisuudet (mg/kg) eri peltolohkoilla verrattuna pilaantuneiden maiden kynnysarvoon (20 mg/kg).**

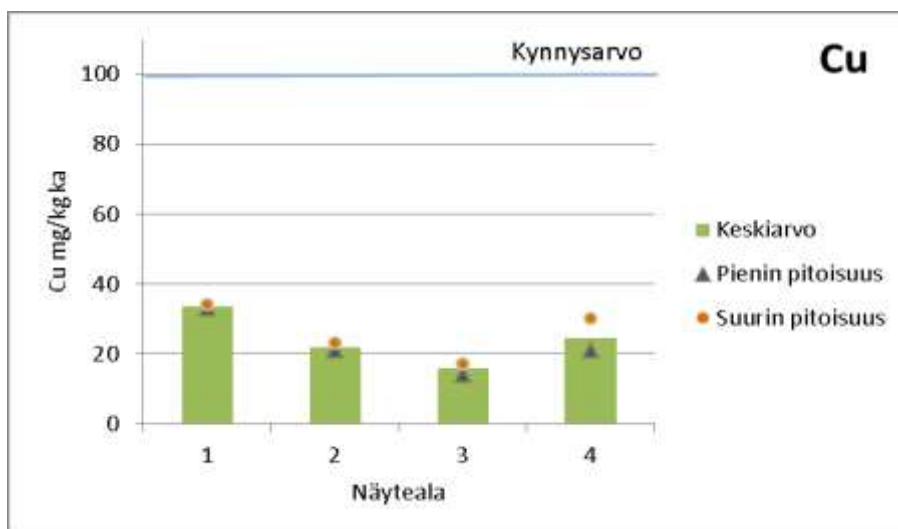
### Kupari

Suurimmat kuparipitoisuudet mitattiin Taattolan näytealalla (ka 33 mg/kg). Pienimmät pitoisuudet olivat Tuhkakylässä (ka 16 mg/kg).

Kaikki pitoisuudet alittivat selvästi pilaantuneiden maiden kynnysarvon (100 mg/kg). Pitoisuudet olivat Puhakan ja Tuhkakylän näytealueilla keskimääräistä tasoa tai alle sen verrattuna suomalaisen peltomaaseurannan tuloksiin (Mäkelä-Kurtto ym. 2007). Mäkelä-Kurton ym. (2007) tutkimuksessa peltomaiden kuparipitoisuudet vaihtelivat 2,7-92 mg/kg:n välillä ja myös Taattolan näytealalla mitatut pitoisuudet alittivat selvästi tausta-alueilla mitatun kuparipitoisuuden maksimiarvon.

**Taulukko 3-4. Peltomaanäytteiden kokonaiskuparipitoisuudet, peltomaiden keskimääräinen ja maksimikuparipitoisuus suomalaisessa peltomaatutkimuksessa (Mäkelä-Kurtto ym. 2007) sekä pilaantuneiden maiden kynnys- ja ohjearvot (Reinikainen 2007).**

Cu mg/kg ka	Näyteala			
	1 Taattola	2 Puhakka	3 Tuhkakylä	4 Rannankylä
Pienin pitoisuus	33	21	14	21
Keskiarvo	33	22	16	25
Suurin pitoisuus	34	23	17	30
<i>Kynnysarvo</i>	100			
<i>Alempi ohjearvo</i>	150			
<i>Ylempi ohjearvo</i>	200			
Tausta-alue ka	21,2			
Tausta-alue maksimi	91,6			



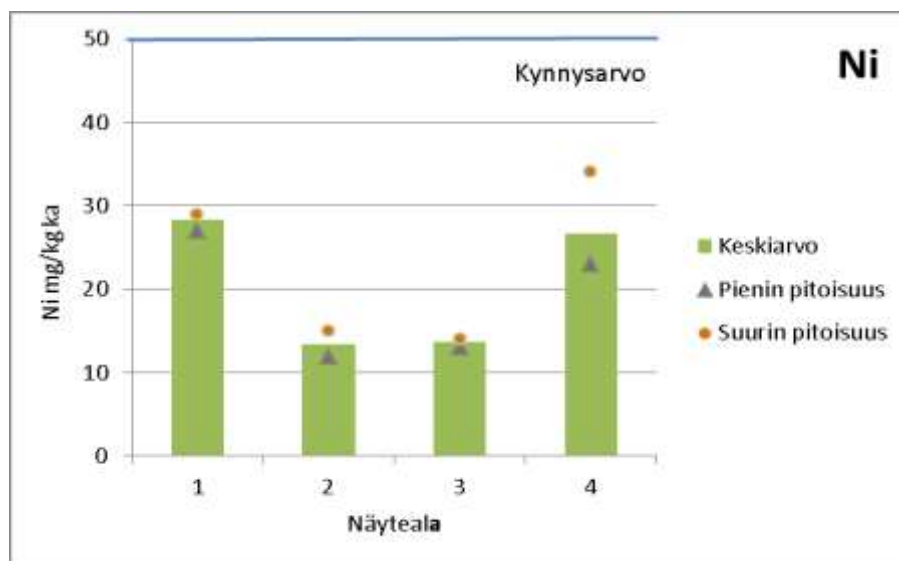
**Kuva 3-5. Peltomaanäytteiden kokonaiskuparipitoisuudet (mg/kg) eri peltolohkoilla verrattuna pilaantuneiden maiden kynnysarvoon (100 mg/kg).**

### Nikkeli

Suurimmat kokonaisnikkelipitoisuudet mitattiin Taattolan ja Rannankylän näytealoilla (ka 28 ja 27 mg/kg). Pitoisuudet olivat noin kaksinkertaisia verrattuna Mäkelä-Kurton ym. (2007) keskimääriin tuloksiin (13,8 mg/kg), mutta selvästi alle tausta-alueiden maksimiarvon ja pilaantuneiden maiden kynnysarvon. Puhakan ja Tuhkakylän näytealoilla mitatut pitoisuudet olivat tausta-alueiden keskimääräisen pitoisuuden tuntumassa (13 ja 14 mg/kg).

**Taulukko 3-6. Peltomaanäytteiden kokonaisnikkelipitoisuudet, peltomaiden keskimääräinen ja maksiminnikkelipitoisuus suomalaisessa peltomaatutkimuksessa (Mäkelä-Kurto ym. 2007) sekä pilaantuneiden maiden kynnys- ja ohjearvot (Reinikainen 2007).**

Ni mg/kg ka	Näyteala			
	1 Taattola	2 Puhakka	3 Tuhkakylä	4 Rannankylä
Pienin pitoisuus	27	12	13	23
Keskiarvo	28	13	14	27
Suurin pitoisuus	29	15	14	34
Kynnysarvo	50			
Alempi ohjearvo	100			
Ylempi ohjearvo	150			
Tausta-alue ka	13,8			
Tausta-alue maksimi	46,4			



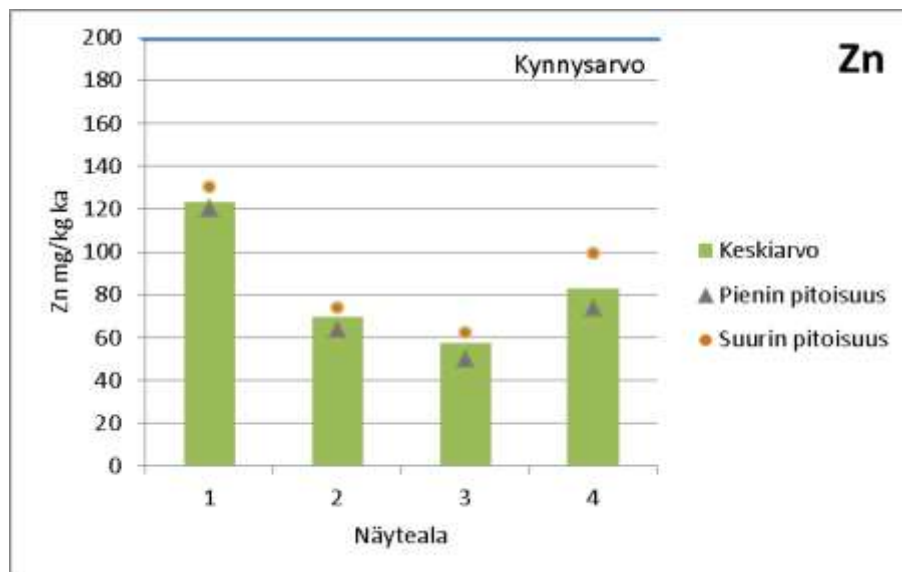
**Kuva 3-7. Peltomaanäytteiden kokonaisnikkelipitoisuudet (mg/kg) eri näytealoilla verrattuna pilaantuneiden maiden kynnysarvoon (50 mg/kg).**

### Sinkki

Sinkin suurimmat kokonaispitoisuudet mitattiin Taattolan näytealalta (ka 123 mg/kg). Pienimmät pitoisuudet mitattiin Tuhkakylän näytealalta (ka 57 mg/kg). Kaikki mitatut sinkkipitoisuudet olivat suurempia kuin Mäkelä-Kurton ym. (2007) mittaamat peltomaiden keskimääräiset pitoisuudet (54,5 mg/kg), mutta selvästi alle tausta-alueilla mitatun maksimipitoisuuden (264 mg/kg). Kaikki pitoisuudet olivat alle pilaantuneiden maiden kynnyksarvon.

**Taulukko 3-8. Peltomaanäytteiden kokonaissinkkipitoisuudet, peltomaiden keskimääräinen ja maksimisinkkipitoisuus suomalaisessa peltomaatutkimuksessa (Mäkelä-Kurto ym. 2007) sekä pilaantuneiden maiden kynnyks- ja ohjearvot (Reinikainen 2007).**

Zn mg/kg ka	Näyteala			
	1 Taattola	2 Puhakka	3 Tuhkakylä	4 Rannankylä
Pienin pitoisuus	120	64	50	74
Keskiarvo	123	69	57	83
Suurin pitoisuus	130	74	62	99
Kynnyksarvo	200			
Alempi ohjearvo	250			
Ylempi ohjearvo	400			
Tausta-alue ka	54,5			
Tausta-alue maksimi	264			



**Kuva 3-9. Peltomaanäytteiden kokonaissinkkipitoisuudet (mg/kg) eri peltolohkoilla verrattuna pilaantuneiden maiden kynnyksarvoon (200 mg/kg).**

### 3.3 Ravintokasvinäytteet

Viljelykasvinäytteiden keskimääräiset koboltti-, kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet on esitetty taulukossa 3-10. Linjakohtaiset tulokset on esitetty liitteessä 2.

Viljelykasvien kobolttipitoisuudet jäivät alle määritysrajan (0,01 mg/kg) kaikilla näytealoilla. Perunanäytteiden keskimääräiset kuparipitoisuudet olivat hyvin lähellä toisiaan Taattolan (1,1 mg/kg), Puhakan (1,0 mg/kg) ja Tuhkakylän (1,2 mg/kg) tutkimuslohkoilla. Pitoisuudet olivat vastaavalla tasolla kuin Helsingin kaupungin viljelypalstoilla mitatut perunan kuparipitoisuudet (Ranta 1999) (Taulukko 3-12). Rannankylässä viljeltiin ohraa kesällä 2016, eikä ravintokasveihin kertyneitä pitoisuuksia ole mahdollista verrata keskenään eri lajien välillä.

Suurin perunan keskimääräinen nikkelpitoisuus (0,38 mg/kg) oli Taattolan peltolohkolla. Pitoisuus on moninkertainen verrattuna Puhakan (0,05 mg/kg) ja Rannankylän (0,05 mg/kg) perunassa mitattuihin. Esimerkiksi Helsingin kaupungin viljelypalstoilla mitatut perunan nikkelpitoi-

suudet asettuivat keskimäärin 0,12 mg/kg tasolle (Ranta 1999). Suurin sinkin keskimääräinen pitoisuus (5,9 mg/kg) oli Puhakan peltolohkolla. Taattolan ja Tuhkakylän näytealoilla mitatut perunan sinkkipitoisuudet olivat vastaavalla tasolla kuin Helsingin kaupungin viljelypalstoilla keskimäärin (2,7 mg/kg) (Ranta 1999).

Mustikkanäytteiden kobolttipitoisuudet olivat alle määritysrajan 0,01 mg/kg kaikilla näytepisteillä (Taulukko 3-11).

Mustikkanäytteiden kuparipitoisuudet olivat keskenään vastaavalla tasolla (0,51-0,52 mg/kg) eri puolella kaivospiiriä sijainneiden Pirttimäen, Metsäpirtin, Juuson ja Kalliojoen näytepisteillä. Hie-man pienempi pitoisuus (0,38 mg/kg) mitattiin kaivospiirin läntisellä puolella sijainneilla Kuusimäen ja Naurismäen näytepisteillä. Kaivospiirin ympäristössä mitatut kuparipitoisuudet asettuivat vastaavalle tasolle kuin Kainuussa vuosina 2001 ja 2010 mitatut pitoisuudet luonnonmarjoissa (Maasilta 2001; Kainuun maakunta-kuntayhtymä 2011).

Mustikan nikkelpitoisuudet jäivät alle määritysrajan (0,05 mg/kg) eri puolilla kaivospiiriä sijainneiden Kuusimäen, Metsäpirtin ja Juuson näytepisteillä. Suurin pitoisuus (0,12 mg/kg) mitattiin alueen itäpuolella sijainneella Pirttimäen näytepisteellä.

Pienin sinkkipitoisuus (0,7 mg/kg) mitattiin kaivospiirin etelärajalla sijainneella Kuusimäen näytepisteellä. Muut sinkkipitoisuudet asettuivat 1,0 mg/kg tuntumaan ja olivat alhaisempia kuin Kainuussa vuosina 2001 ja 2010 mitatut luonnonmarjojen sinkkipitoisuudet (Maasilta 2001; Kainuun maakunta-kuntayhtymä 2011).

**Taulukko 3-10. Viljelyskasvinäytteiden keskimääräiset koboltti-, kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet näytealoilla (mg/kg/tuorepaino).**

Näyteala	Laji	Co	Cu	Ni	Zn
1 Taattola	Peruna	<0,01	1,1	0,38	3,6
2 Puhakka	Peruna	<0,01	1,0	0,05	5,9
3 Tuhkakylä	Peruna	<0,01	1,2	0,05	2,2
4 Rannankylä	Ohra	<0,01	3,7	0,34	19,7

**Taulukko 3-11. Mustikkanäytteiden koboltti-, kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet näytealoilla (mg/kg/tuorepaino).**

Näyteala	Co	Cu	Ni	Zn
1 Pirttimäki	<0,01	0,52	0,12	1,1
2 Kuusimäen kulju	<0,01	0,38	<0,05	0,7
3 Naurismäki	<0,01	0,38	0,07	0,9
4 Metsäpirtti	<0,01	0,52	<0,05	1,1
5 Juuso	<0,01	0,51	<0,05	1,0
6 Kalliojoki	<0,01	0,52	0,09	0,9

**Taulukko 3-12. Viljelykasvien ja luonnonmarjojen arseeni- ja raskasmetallipitoisuuksia eri tutkimuksissa.**

Tutkimus	Laji	Cu	Ni	Zn	Co	Cr	Cd	Pb	As	Hg
<b>Blomberg ym. 2000</b>	Peruna Suomi						0,010	0,011		
<b>Blomberg ym. 2000</b>	Peruna ulkomaat						0,017	0,011		
<b>Jorhem ja Slanina 2000</b>	Peruna Ruotsi						0,004	<0,006		
<b>Maasilta 2001</b>	Peruna Kainuu		0,032				0,005	0,003		
<b>Ranta 1999</b>	Peruna Helsinki	1,2	0,12	2,7		0,13	0,02	0,04	0,2	0,01
<b>Kainuun maakuntayhtymä 2010, Kainuu</b>	Mustikka	0,7	<0,5	1,6	<0,5		<0,05	0,05	<0,05	<0,1
<b>Kainuun maakuntayhtymä 2010, Kainuu</b>	Puolukka	0,75	<0,5	1,85	<0,5		<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
<b>Maasilta 2001</b>	Mustaherukka Kainuu	0,5	0,067			0,006	0,001	0,005		
<b>Talvivaara 2012</b>	Mustaherukka	<1,0	<0,2	2,3	<0,2					

### 3.4 Peruna ja mustikka ravinnossa

#### 3.4.1 Taustaa

Perunaa ja mustikkaa käytetään tyypillisesti suomalaisessa ravinnossa. Miehet (25–64 v.), jotka nauttivat ravinnokseen marjoja, käyttävät mustikkaa keskimäärin 66 g /päivä ja vastaavasti naiset (25–64 v.) 56 g/päivä (Finravinto 2012). Miehet (25–64 v.), jotka nauttivat ravinnokseen perunaa käyttävät sitä keskimäärin noin 130 g /päivä ja vastaavasti naiset (25–64 v.) 90 g/päivä (Finravinto 2012).

#### **Koboltti**

Koboltti luokitellaan ihmiselle tärkeäksi hivenaineeksi. Kobolttia saadaan maksasta, munuaisista, kalasta ja maidosta. Kobolttia on esimerkiksi B12-vitamiinissa. Kobolttia esiintyy vähemmän kasvikunnan tuotteissa (poikkeuksena pavut, pinaatti, salaatti, kaali ja viikuna). Suomessa ihminen saa ravinnon mukana noin 13 µg kobolttia päivässä. Yhdysvalloissa vastaava määrä on arvioitu olevan 5-8 µg päivässä. Saantisuositusta ei ole esimerkiksi Yhdysvalloissa vielä annettu.

Peruna ja mustikka eivät ole ihmisten ensisijainen koboltin saannin lähde. Työssä käytettyjen vertailunäytteiden mukaan mustikoiden kobolttipitoisuudet tuorepainoa kohden ovat noin 1-2 µg/kg (Hookana 2005). Koboltin taustasaanti ravinnosta on aikuisille ja lapsille 0,3 µg/kg/vrk (RIVM Baars ym. 2001).

#### **Kupari**

Kupari luokitellaan ihmiselle tärkeäksi hivenaineeksi. Kuparia saadaan mm. leivästä, viljasta, hedelmistä ja vihanneksista. Simpukat, pähkinät ja kaakao sisältävät myös jonkin verran kuparia (Finelli). Myös kupariputkista valutettu hanavesi voi sisältää kuparia, mikäli vesi on seisonut putkissa kauan tai jos vesi on lämmintä. Peruna ja mustikka eivät ole ihmisten ensisijainen kuparin saannin lähde. Työssä käytettyjen vertailunäytteiden mukaan mustikoiden kuparipitoisuudet tuorepainona ovat noin 0,50 mg/kg (Hookana 2005). Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen (EFSA) mukaan riittävä saanti (AI = adequate intake) miehille on 1,6 mg/päivä ja naisille 1,3 mg/päivä. (EFSA 2015) Kuparin taustasaanti ravinnosta on aikuisille ja lapsille 30 µg/kg/vrk (RIVM Baars ym. 2001).

#### **Nikkeli**

Ravinnosta saatavan nikkelin määräksi on arvioitu 200–300 µg päivässä, mutta se voi olla jopa 1 mg/päivä (Työterveyslaitos 2014). Nikkeliä ei varsinaisesti luokitella hivenaineeksi, mutta sillä on todettu alhaisilla pitoisuuksilla olevan joitakin hyödyllisiä terveysvaikutuksia (Kuopion yliopisto 2008).

Peruna ja mustikka eivät ole ihmisten ensisijainen nikkelin saannin lähde. Työssä käytettyjen vertailunäytteiden mukaan mustikoiden nikkelpitoisuudet tuorepainoa kohden ovat noin 10–20 µg/kg (Hookana 2005).

Nikkelin taustasaanti ravinnosta on aikuisille ja lapsille 2,9 µg/kg/vrk (WHO 2005). Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaisen (EFSA) mukaan nikkelin siedettävän saannin raja (TDI=tolerable daily intake) on 2,8 µg/ bw kg (EFSA, topics). Taustasaanti ja siedettävän saanti on esitettyjen lukujen perusteella lähes samaa tasoa, joten nikkelin lisäsaanti voisi nostaa nikkelin saantimäärän yli siedettävän tason.

Yksilöiden välillä on kuitenkin merkittäviä eroja taustasaannissa ja muun ravinnon kautta tulevis- sa nikkelimäärissä. Esimerkiksi Tanskassa tehdyn tutkimuksen mukaan päivittäiset nikkelin saannit vaihtelivat 150–900 µg /päivä (EFSA 2006). Edellä mainitulla siedettävän saannin rajalla 2,8 µg/ bw kg nikkelin päivittäinen siedettävä saantimäärä 80 kg miehellä on 224 µg/päivä ja 65 kg naisella 182 µg/päivä.

### **Sinkki**

Sinkki luokitellaan ihmiselle tärkeäksi hivenaineeksi. Sinkin lähteitä ravinnossa ovat mm. täysjyvävilja, pähkinät ja naudanliha. (Finelli)

Peruna ja mustikka eivät ole ihmisten ensisijainen sinkin saannin lähde. Työssä käytettyjen vertailunäytteiden mukaan mustikoiden sinkkipitoisuudet tuorepainoa kohden ovat noin 1,0 mg/kg (Hookana 2005). Perunoiden sinkkipitoisuus on Finelin tietopankin mukaan 3 mg/kg. Fineli on Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitoksen ylläpitämä elintarvikkeiden kansallinen koostumustietopankki. Euroopan ravinto turvallisuus viranomaisen (EFSA) mukaan riittävä saanti (AI = adequate intake) miehille vaihtelee 7,5-12,7 mg/päivä ja naisille 6,2-10,2 mg/päivä. (EFSA 2014) Sinkin taustasaanti ravinnosta on aikuisille ja lapsille 300 µg/kg/vrk (RIVM Baars ym. 2001).



### 3.5 Saantimäärätulokset

#### 3.5.1 Peruna

Tuloksien perusteella on laskettu perunasta saatavan kuparin, sinkin ja nikkelin päivittäiset saantimäärät sekä naisille että miehille tutkimusalueilla. Saantimäärää on verrattu riittävän saannin määrään (Cu, Zn Taulukot 3-13 ja 3-14) ja siedettävän saannin määrään (Ni, Taulukko 3-15). Lisäksi laskettiin perunoiden määrä, mikä alueella viljeltyjä perunoita tulisi nauttia, jotta haitta-ainekohtaiset saantimäärät saavutettaisiin. Koboltille ei ole määritetty vastaavia saannin raja-arvoja. Lisäksi perunoissa esiintyneet kobolttipitoisuudet olivat alle määrittämissä (<0,05 mg/kg tp) jokaisessa pisteessä, joten vastaavaa laskentaa koboltille ei ole tehty.

**Taulukko 3-13. Kuparin saanti perunoita syömällä. Miesten perunan kulutus 130 g/päivä ja naisten 90 g/päivä. Pelto 1 Taattoja, Pelto 2 Puhakka ja Pelto 3 Tuhkakylä.**

<b>MIEHET</b>	<b>Kuparin saanti perunasta</b>	<b>Kuparin riittävä saanti (AI)</b>	<b>Osuus saantisuosituksista</b>	<b>Suurin perunan määrä, jotta saantisuositus saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Pelto 1, linja 1</b>	0,169	1,6	11	1231
<b>Pelto 1, linja 2</b>	0,143	1,6	9	1455
<b>Pelto 1, linja 3</b>	0,124	1,6	8	1684
<b>Pelto 2, linja 1</b>	0,129	1,6	8	1616
<b>Pelto 2, linja 2</b>	0,130	1,6	8	1600
<b>Pelto 2, linja 3</b>	0,117	1,6	7	1778
<b>Pelto 3, linja 1</b>	0,182	1,6	11	1143
<b>Pelto 3, linja 2</b>	0,143	1,6	9	1455
<b>Pelto 3, linja 3</b>	0,156	1,6	10	1333
<b>NAISET</b>	<b>Kuparin saanti perunasta</b>	<b>Kuparin riittävä saanti (AI)</b>	<b>Osuus saantisuosituksista</b>	<b>Suurin perunan määrä, jotta saantisuositus saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Pelto 1, linja 1</b>	0,117	1,3	9	1000
<b>Pelto 1, linja 2</b>	0,099	1,3	8	1182
<b>Pelto 1, linja 3</b>	0,086	1,3	7	1368
<b>Pelto 2, linja 1</b>	0,089	1,3	7	1313
<b>Pelto 2, linja 2</b>	0,090	1,3	7	1300
<b>Pelto 2, linja 3</b>	0,081	1,3	6	1444
<b>Pelto 3, linja 1</b>	0,126	1,3	10	929
<b>Pelto 3, linja 2</b>	0,099	1,3	8	1182
<b>Pelto 3, linja 3</b>	0,108	1,3	8	1083

**Taulukko 3-14. Sinkin saanti perunoita syömällä. Miesten perunan kulutus 130 g/päivä ja naisten 90 g/päivä. Pelto 1 Taattola, Pelto 2 Puhakka ja Pelto 3 Tuuskakylä.**

<b>MIEHET</b>	<b>Sinkin saanti perunasta</b>	<b>Sinkin riittävä saanti (AI)</b>	<b>Osuus riittävästä saannista</b>	<b>Suurin perunan määrä, jotta riittävä saanti saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Pelto 1, linja 1</b>	0,546	7,5	7	1786
<b>Pelto 1, linja 2</b>	0,416	7,5	6	2344
<b>Pelto 1, linja 3</b>	0,455	7,5	6	2143
<b>Pelto 2, linja 1</b>	0,299	7,5	4	3261
<b>Pelto 2, linja 2</b>	0,325	7,5	4	3000
<b>Pelto 2, linja 3 *</b>	1,690	7,5	23	577
<b>Pelto 3, linja 1</b>	0,299	7,5	4	3261
<b>Pelto 3, linja 2</b>	0,260	7,5	3	3750
<b>Pelto 3, linja 3</b>	0,312	7,5	4	3125
<b>NAISET</b>	<b>Sinkin saanti perunasta</b>	<b>Sinkin riittävä saanti (AI)</b>	<b>Osuus riittävästä saannista</b>	<b>Suurin perunan määrä, jotta riittävä saanti saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Pelto 1, linja 1</b>	0,378	6,2	6	1476
<b>Pelto 1, linja 2</b>	0,288	6,2	5	1938
<b>Pelto 1, linja 3</b>	0,315	6,2	5	1771
<b>Pelto 2, linja 1</b>	0,207	6,2	3	2696
<b>Pelto 2, linja 2</b>	0,225	6,2	4	2480
<b>Pelto 2, linja 3 *</b>	1,170	6,2	19	477
<b>Pelto 3, linja 1</b>	0,207	6,2	3	2696
<b>Pelto 3, linja 2</b>	0,180	6,2	3	3100
<b>Pelto 3, linja 3</b>	0,216	6,2	3	2583

*\*Pelto2 (linja 3) näytteessä sinkkipitoisuus on korkeampi kuin muissa näytteissä. Tulos voi olla kontaminoituneesta (esim. peltomaata) sisältävästä näytteestä.*

Tulosten perusteella Terrafamen kaivoksen lähialueella kasvatetun perunan syönnillä ei ylitetä ihmisten (miesten sekä naisten) kuparin riittävän saannin rajaa ja sinkin riittävän saantisuosituksen alarajoja. Laskenta ei huomioi, mitä muita ravintoaineita ihminen nauttii. Näytealueiden välillä ei myöskään havaittu merkittäviä eroja perunoiden sinkkipitoisuuksissa. Sinkin pitoisuus perunassa on Finellin mukaan 3 mg/kg ja tutkituilla alueilla pitoisuudet vaihtelivat 2,0–4,2 mg/kg.

**Taulukko 3-15. Nikkelin saanti perunoita syömällä. Miesten perunan kulutus 130 g/päivä ja naisten 90 g/päivä. Pelto 1 Taattola, Pelto 2 Puhakka ja Pelto 3 Tuhkakylä.**

<b>MIEHET</b>	<b>Nikkelin saanti perunasta</b>	<b>Nikkelin siedettävän saannin raja</b>	<b>Osuus siedettävästä saannista</b>	<b>Suurin perunan määrä, jotta siedettävän saannin raja ei ylity</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä/80 kg mies	%	g/päivä
<b>Pelto 1, linja 1</b>	0,056	0,224	25	521
<b>Pelto 1, linja 2</b>	0,048	0,224	21	605
<b>Pelto 1, linja 3</b>	0,043	0,224	19	679
<b>Pelto 2, linja 1</b>	0,026	0,224	12	1120
<b>Pelto 2, linja 2</b>	0,026	0,224	12	1120
<b>Pelto 2, linja 3</b>	0,026	0,224	12	1120
<b>Pelto 3, linja 1</b>	0,026	0,224	12	1120
<b>Pelto 3, linja 2</b>	0,026	0,224	12	1120
<b>Pelto 3, linja 3</b>	0,026	0,224	12	1120
<b>NAISET</b>	<b>Nikkelin saanti perunasta</b>	<b>Nikkelin siedettävän saannin raja</b>	<b>Osuus siedettävästä saannista</b>	<b>Suurin perunan määrä, jotta siedettävän saannin raja ei ylity</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä/65 kg nainen	%	g/päivä
<b>Pelto 1, linja 1</b>	0,039	0,182	21	423
<b>Pelto 1, linja 2</b>	0,033	0,182	18	492
<b>Pelto 1, linja 3</b>	0,030	0,182	16	552
<b>Pelto 2, linja 1</b>	0,018	0,182	10	910
<b>Pelto 2, linja 2</b>	0,018	0,182	10	910
<b>Pelto 2, linja 3</b>	0,018	0,182	10	910
<b>Pelto 3, linja 1</b>	0,018	0,182	10	910
<b>Pelto 3, linja 2</b>	0,018	0,182	10	910
<b>Pelto 3, linja 3</b>	0,018	0,182	10	910

Tulosten perusteella Terrafamen lähialueella kasvatetun perunan syönnillä ei ylitetä ihmisten (miesten sekä naisten) nikkelin siedettävän saannin rajaa. Laskenta ei huomioi, mitä muita ravintoaineita nautitaan. Taattolan näytteissä nikkelin pitoisuudet perunassa olivat korkeampia kuin peltoalueilla 2 ja 3. Siten nikkelin saanti pellon 1 perunoita nautittaessa on noin 20 % päivittäisestä siedettävästä saannista, kun se on peltojen 2 ja 3 perunoita nautittaessa noin 10 %. Koska laskenta ei huomioi, mitä muita ravintoaineita henkilöt nauttivat, ei siedettävän saannin saavuttamista voida laskennallisesti todentaa.

## 3.5.2 Mustikka

Tuloksien perusteella on laskettu mustikasta saatavan kuparin, sinkin ja nikkelin päivittäiset saantimäärät sekä naisille että miehille tutkimusalueilla ja vertailualueilla. Saantimäärää on verrattu riittävän saannin määrään (Cu, Taulukko 3-16 ja Zn, Taulukko 3-17) ja siedettävän saannin määrään (Ni, Taulukko 3-18). Lisäksi laskettiin marjojen määrä, joka alueelta kerätyistä marjoista tulisi nauttia, jotta haitta-ainekohtaiset saantimäärät saavutetaan. Koboltille ei ole määritetty vastaavia saannin raja-arvoja. Lisäksi mustikassa esiintyneet kobolttipitoisuudet olivat alle määrittäjärajaa (<0,01 mg/kg tp) jokaisessa pisteessä, joten koboltille em. laskentoja ei ole tehty.

**Taulukko 3-16. Kuparin saanti mustikoita syömällä. Miesten marjojen kulutus 66 g/päivä ja naisten 56 g/päivä. 1 Pirttimäki, 2 Kuusimäen kulju, 3 Naurismäki, 4 Metsäpirtti, 5 Juuso ja 6 Kalliojoki.**

<b>MIEHET</b>	<b>Kuparin saanti marjoista</b>	<b>Kuparin riittävä saanti (AI)</b>	<b>Osuus riittävästä saannista</b>	<b>Marjojen määrä, jotta riittävä saanti saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Mustikka 1 (kokooma)</b>	0,034	1,6	2,1	3077
<b>Mustikka 2 (kokooma)</b>	0,025	1,6	1,6	4211
<b>Mustikka 3 (kokooma)</b>	0,025	1,6	1,6	4211
<b>Mustikka 4 (kokooma)</b>	0,034	1,6	2,1	3077
<b>Mustikka 5 (kokooma)</b>	0,034	1,6	2,1	3137
<b>Mustikka 6 (kokooma)</b>	0,034	1,6	2,1	3077
<b>Vertailunäyte, Sodankylä</b>	0,034	1,6	2,1	3077
<b>Vertailunäyte, Tornio (Kantojärvi)</b>	0,037	1,6	2,3	2857
<b>NAISET</b>	<b>Kuparin saanti marjoista</b>	<b>Kuparin riittävä saanti (AI)</b>	<b>Osuus riittävästä saannista</b>	<b>Marjojen määrä, jotta riittävä saanti saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Mustikka 1 (kokooma)</b>	0,029	1,3	2,2	2500
<b>Mustikka 2 (kokooma)</b>	0,021	1,3	1,6	3421
<b>Mustikka 3 (kokooma)</b>	0,021	1,3	1,6	3421
<b>Mustikka 4 (kokooma)</b>	0,029	1,3	2,2	2500
<b>Mustikka 5 (kokooma)</b>	0,029	1,3	2,2	2549
<b>Mustikka 6 (kokooma)</b>	0,029	1,3	2,2	2500
<b>Vertailunäyte, Sodankylä</b>	0,029	1,3	2,2	2500
<b>Vertailunäyte, Tornio (Kantojärvi)</b>	0,031	1,3	2,4	2321

**Taulukko 3-17. Sinkin saanti mustikoita syömällä. Miesten marjojen kulutus 66 g/päivä ja naisten 56 g/päivä. 1 Pirttimäki, 2 Kuusimäen kulju, 3 Naurismäki, 4 Metsäpirtti, 5 Juuso ja 6 Kalliojoki.**

<b>MIEHET</b>	<b>Sinkin saanti marjoista</b>	<b>Sinkin riittävä saanti (AI)</b>	<b>Osuus riittävästä saannista</b>	<b>Marjojen määrä, jotta riittävä saanti saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Mustikka 1 (kokooma)</b>	0,073	7,5	1,0	6818
<b>Mustikka 2 (kokooma)</b>	0,048	7,5	0,6	10274
<b>Mustikka 3 (kokooma)</b>	0,059	7,5	0,8	8333
<b>Mustikka 4 (kokooma)</b>	0,073	7,5	1,0	6818
<b>Mustikka 5 (kokooma)</b>	0,065	7,5	0,9	7576
<b>Mustikka 6 (kokooma)</b>	0,062	7,5	0,8	7979
<b>Vertailunäyte, Sodankylä</b>	0,070	7,5	0,9	7075
<b>Vertailunäyte, Tornio (Kantojärvi)</b>	0,073	7,5	1,0	6818
<b>NAISET</b>	<b>Sinkin saanti marjoista</b>	<b>Sinkin riittävä saanti (AI)</b>	<b>Osuus riittävästä saannista</b>	<b>Marjojen määrä, jotta riittävä saanti saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Mustikka 1 (kokooma)</b>	0,062	6,2	1,0	5636
<b>Mustikka 2 (kokooma)</b>	0,041	6,2	0,7	8493
<b>Mustikka 3 (kokooma)</b>	0,050	6,2	0,8	6889
<b>Mustikka 4 (kokooma)</b>	0,062	6,2	1,0	5636
<b>Mustikka 5 (kokooma)</b>	0,055	6,2	0,9	6263
<b>Mustikka 6 (kokooma)</b>	0,053	6,2	0,8	6596
<b>Vertailunäyte, Sodankylä</b>	0,059	6,2	1,0	5849
<b>Vertailunäyte, Tornio (Kantojärvi)</b>	0,062	6,2	1,0	5636

Mustikoiden syönti Terrafamen kaivoksen lähialueelta ei lisää niitä nauttivien ihmisten (miesten sekä naisten) kuparin ja sinkin saantia verrattuna vertailualueiden (Sodankylä ei kaivoksen lähellä, Tornio ei kaivoksia lähellä) ihmisten kupari- ja sinkkisaantiin (Hookana 2005). Sekä Terrafamen alueella että molemmilla vertailualueilla mustikoita nauttimalla kuparin osuus saantisuosituksesta on noin 2 % ja sinkin vastaavasti noin 1 % riittävästä saannista.

**Taulukko 3-18. Nikkelin saanti mustikoita syömällä. Miesten marjojen kulutus 66 g/päivä ja naisten 56 g/päivä. 1 Pirttimäki, 2 Kuusimäen kulju, 3 Naurismäki, 4 Metsäpirtti, 5 Juuso ja 6 Kalliojoki.**

<b>MIEHET</b>	<b>Marjojen kulutus miehet</b>	<b>Nikkelin saanti marjoista</b>	<b>Nikkelin siedettävä saanti (80 kg mies)</b>	<b>Osuus siedettävästä saannista</b>	<b>Marjojen määrä, jotta siedettävä saanti saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	g/päivä	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Mustikka 1 (kokooma)</b>	66	0,008	0,224	3,5	1867
<b>Mustikka 2 (kokooma)</b>	66	0,003	0,224	1,5	4480
<b>Mustikka 3 (kokooma)</b>	66	0,005	0,224	2,2	3068
<b>Mustikka 4 (kokooma)</b>	66	0,003	0,224	1,5	4480
<b>Mustikka 5 (kokooma)</b>	66	0,003	0,224	1,5	4480
<b>Mustikka 6 (kokooma)</b>	66	0,006	0,224	2,6	2517
<b>Vertailunäyte, Sodankylä</b>	66	0,001	0,224	0,3	22400
<b>Vertailunäyte, Tornio (Kantojärvi)</b>	66	0,001	0,224	0,6	11200
<b>NAISET</b>	<b>Marjojen kulutus naiset</b>	<b>Nikkeli saanti marjoista</b>	<b>Nikkelin siedettävä saanti (65 kg nainen)</b>	<b>Osuus siedettävästä saannista</b>	<b>Marjojen määrä, jotta siedettävä saanti saavutetaan</b>
<b>Näytteen nimi</b>	g/päivä	mg/päivä	mg/päivä	%	g/päivä
<b>Mustikka 1 (kokooma)</b>	56	0,007	0,182	3,7	1517
<b>Mustikka 2 (kokooma)</b>	56	0,003	0,182	1,5	3640
<b>Mustikka 3 (kokooma)</b>	56	0,004	0,182	2,2	2493
<b>Mustikka 4 (kokooma)</b>	56	0,003	0,182	1,5	3640
<b>Mustikka 5 (kokooma)</b>	56	0,003	0,182	1,5	3640
<b>Mustikka 6 (kokooma)</b>	56	0,005	0,182	2,7	2045
<b>Vertailunäyte, Sodankylä</b>	56	0,001	0,182	0,3	18200
<b>Vertailunäyte, Tornio (Kantojärvi)</b>	56	0,001	0,182	0,6	9100

Tulosten perusteella Terrafamen kaivoksen lähialueella kasvavan mustikan syönnillä ei ylitetä ihmisten (miesten sekä naisten) nikkelin siedettävän saannin rajaa (Taulukko 1-21). Laskenta ei kuitenkaan huomioi, mitä muita ravintoaineita nautitaan. Nikkelin saannissa on havaittavissa aluekohtaisia eroja näytepisteiden 1-6 välillä. Tulosten perusteella Pirttimäen (näytepiste 1) ja Kalliojoen (näytepiste 6) alueella nikkelin saanti on noin 5-10 kertaa suurempaa kuin vertailualueilla. Marjojen osuus ravinnosta on pieni ja siten myös niiden tuoma osuus nikkelin siedettävästi saannista jää alle 4 %. Pirttimäen (näytepiste 1) alueella mustikoita tulisi syödä 1,5 kg päivässä, jotta siedettävän saannin raja saavutettaisiin.

## 4. VERTAILU ALUEELLA AIEMMIN LAADITTUUN SELVITYKSEEN

Viljelymaiden ja –kasvien raskasmetallipitoisuuksia on selvitetty Terrafamen kaivoksen ympäristössä aiemmin vuonna 2012 (Ramboll 2013). Nyt tarkasteltavassa selvityksessä ainoastaan kaivosta lähimpänä sijaitsevan Taattolan peltolohko sisältyi vastaavana tutkimuskohteena vuoden 2012 selvitykseen. Kumpanakin tutkimusvuotena Taattolassa viljeltiin perunaa.

Eri viljelyskasvilajit ja niiden lajikkeet keräävät raskasmetalleja eri tavoin ja siihen vaikuttavat mm. maaperän ja peltolohkon ominaisuudet, jolloin tulosten vertaaminen muiden eri tutkimusvuosina selvitykseen sisältyneiden tutkimuslohkojen välillä ei ole mielekäästä.

Taattolan peltomaa- ja perunanäytteiden pitoisuuksissa ei ole tapahtunut käytännössä muutoksia tutkimusvuosina 2012 ja 2016.

**Taulukko 4-1. Peltomaanäytteiden keskimääräiset kokonaiskoboltti-, kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet (mg/kg kuivapaino) Taattolan peltolohkolla vuosina 2012 ja 2016.**

Näyteala	Co	Cu	Ni	Zn
Taattola 2012	5,2	32	27	130
Taattola 2016	5,7	33	28	123

**Taulukko 4-2. Perunanäytteiden keskimääräiset kokonaiskoboltti-, kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet (mg/kg tuorepaino) Taattolan peltolohkolla vuosina 2012 ja 2016.**

Näyteala	Co	Cu	Ni	Zn
Taattola 2012	<0,2	1,2	0,3	3,6
Taattola 2016	<0,01	1,1	0,38	3,6

## 5. TULOSTEN TARKASTELU

Koboltti-, kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuuksien vaihtelu suomalaisessa peltomaassa on suurta ja kaikki Terrafamen kaivospiirin ympäristössä tutkitut maanäytteet jäivät alle laajassa peltomaatutkimuksessa (Mäkelä-Kurtto ym. 2007) mitattujen maksimikokonaispitoisuuksien.

Maaperän suurimmat keskimääräiset kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuudet mitattiin lähimpänä kaivosaluetta sijainneella Taattolan tutkimuslohkolla. Tutkittujen peltomaiden raskasmetalleissa ei ollut kuitenkaan nähtävissä selvää etäisyyden ja tuulen suunnan mukaista gradienttia pitoisuuksissa, vaan kauimmaisena sijainneelta Rannankylän peltolohkolta mitattiin vastaavia tai jopa suurempia pitoisuuksia kuin muilta tutkimuslohkoilta. Tämä voi johtua esimerkiksi käytetyistä lannoitteista tai muusta paikallisesta tekijästä esim. maa- ja kallioperässä. Rannankylässä suurin mitattu kobolttipitoisuus oli vastaava kuin pilaantuneiden maiden kynnyсарvo, mutta selvästi alhaisempi kuin annettu alempi ohjearvo.

Ravintokasvien osalta myöskään perunan koboltti-, kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuuksissa ei ollut nähtävissä etäisyyden tai vallitsevan tuulen suunnan mukaista muutosta. Kuparipitoisuudet perunassa asettuivat samalle tasolle näytepisteiden välillä. Lähimpänä kaivosaluetta sijainneen Taattolan peltolohkolla viljellyssä perunassa nikkelpitoisuus oli moninkertainen verrattuna muihin näytepisteisiin. Perunan suurin keskimääräinen sinkkipitoisuus oli Puhakan peltolohkolla, joka sijaitsee kaivospiiristä etelään.

Tehtyjen tutkimuksien perusteella sekä mustikan että perunan nauttimisen seurauksena kuparin ja sinkin saannissa ei ole havaittu poikkeavuutta Terrafamen kaivosalueen lähiympäristön tutkimusalueiden välillä. Mustikan nauttimisen osalta kuparin ja sinkin saantituloksia päästiin vertaamaan myös Sodankylän ja Tornion alueen tuloksiin. Niiden osalta ei ollut poikkeavuutta. Perunassa havaitut sinkkipitoisuudet olivat samalla tasolla kuin Finellin (Kansanterveyslaitoksen elintarvikkeiden koostumustietopankki) mukaan perunassa normaalisti.

Nikkelin osalta havaittiin eroja sekä tutkimusalueiden välillä että tutkimusalueiden ja vertailualueiden välillä. Nikkelin määrä on kohonnut ravintokasveissa osalla tutkimusalueista, mutta yksittäisten ravintoaineiden pienet määrät koko ihmisen ravinnosta eivät johda siedettävän saannin ylittymiseen yksittäisten ravintoaineiden tarkasteluilla. Nikkelipitoisuuksiin vaikuttavia tekijöitä voivat olla mm. maa- ja kallioperästä johtuvat tekijät, kaivoksen pölypäästöt ja/tai teiden läheisyys (osalla koealoista).

Todennäköisesti nikkelin merkittävää siedettävän saannin ylitystä ei tapahdu ja siedettävän saannin lievä ylittyminen ei välttämättä tarkoita vaikutuksien esiintymistä. Esimerkiksi Tanskassa on todettu päivittäisten nikkelin saannin vaihtelevan 150–900 µg /päivä. Toisaalta nikkelille herkkät ihmiset voivat saada vaikutuksia jo siedettävää saantia pienemmillä annoksilla.

Lahdessa 11. päivänä huhtikuuta 2017

**Ramboll Finland Oy**

Kirsi Lehtinen  
FM, ryhmäpäällikkö

Jussi Mäkinen  
FM, ympäristöekologi



## 6. LÄHTEET

Asetus 12/07 lannoitevalmisteista. Maa- ja metsätalousministeriö

Blomberg K & Hallikainen A: Kotimaisten ja ulkomaisten ruokaperunoiden vieraata ja raskasmetallit. Elintarvikeviraston tutkimuksia 3/2000.

EFSA 2006: TOLERABLE UPPER INTAKE LEVELS FOR VITAMINS AND MINERALS  
[http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa\\_rep/blobserver\\_assets/ndatolerableuil.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa_rep/blobserver_assets/ndatolerableuil.pdf)).

EFSA 2014. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc  
<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3844>

EFSA 2015. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for copper  
<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4253>

EFSA, topics. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/metals>

Evira 2010. Elintarvikkeiden ja talousveden kemialliset vaarat. Eviran julkaisu 15/2010

Finelli, <https://fineli.fi/fineli/fi/ravintotekijät/2282>

Finravinto 2012. Finravinto 2012 –tutkimus. The National FINDIET 2012 Survey. 16/2013.

Fergusson, J. E. 1990: The heavy metals: Chemistry, environmental impact and health effects

Greger M. 2004. Netal availability, uptake, transport and accumulation in plants. Teoksessa Prasad M.N.V (toim.): Heavy metal in stress plants, 2. p.

Heikkinen, P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 150

Ranta, E.-L., 1999. Helsingin viljelyalasta-alueiden raskasmetallipitoisuudet. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 10/99

Hookana 2005. Chromium in soil and food plants adjacent to a stainless steel works - the additional dietary intake for humans. Pro gradu. Jyväskylä, 2005.

Jorhem L, Slanina P: Does organic farming reduce the content of Cd and certain other trace metals in plant foods? A pilot study. J. sci. Food Agric: 2000

Kainuun maakunta-kuntayhtymä 2010. Sosiaali- ja terveystalokunta § 71 23.02.2011

Kuopion yliopisto 2008: Metallien yhdenmety kohdekohtainen riskinarviointi.

Maasilta, T. 2001. Raskasmetallit eräissä Kainuussa tuotetuissa elintarvikkeissa ja luonnonmarjoissa. Helsingin yliopisto

Mäkelä-Kurtto, R., J. Sippola & K. Grek 2002. Peltomaiden viljavuus ja helppoliukoiset raskasmetallit. Teoksessa Uusitalo, R. & R. Salo. Tutkittu maa –turvalliset elintarvikkeet. Viljavuustutkimus 50 vuotta juhlaseminaari Jokioinen, 24.9.2002. Maa- ja elintarviketalous 13. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

Müller M, Anke M, Hartmann E, Illing-Günther H. 1996. Oral cadmium exposure of adults in Germany. 1: Cadmium content of foodstuffs and beverages. Food Addit. Contam. 13 (3).

Mäkelä-Kurtto, R. M., Eurola & A. Laitonen 2007. Monitoring programme of Finnish arable land. Aqua regia extractable trace elements in cultivated soils in 1998. Agrifood Research Reports 104.

Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 23/2007

RIVM Baars ym. 2001. Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk level. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.pdf>

Työterveyslaitos 2014. Nikkeli ja nikkeliyhdisteet – Työterveyslaitos. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/Nikkeli.pdf>

Valtioneuvoston asetus 214/2007 maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista

## LIITE 1

## MAANÄYTTEIDEN LINJAKOHTAISET KOKONAISPITOISUUDET

*Maanäytteiden linjakohtaiset kokonaispitoisuudet mg/kg ka*

	Koboltti	Kupari	Nikkeli	Sinkki
Näyteala	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
Pelto 1, linja 1, Taattola	5	33	27	120
Pelto 1, linja 2, Taattola	6	34	29	120
Pelto 1, linja 3, Taattola	6	33	29	130
Pelto 2, linja 1, Puhakka	7,3	23	15	74
Pelto 2, linja 2, Puhakka	5,7	22	12	64
Pelto 2, linja 3, Puhakka	6,5	21	13	70
Pelto 3, linja 1, Tuhkakylä	6,8	17	13	62
Pelto 3, linja 2, Tuhkakylä	6,1	14	14	50
Pelto 3, linja 2, Tuhkakylä	6	17	14	60
Pelto 4, linja 1, Rannankylä	20	30	34	99
Pelto 4, linja 2, Rannankylä	12	21	23	75
Pelto 4, linja 3, Rannankylä	13	23	23	74

## LIITE 2

## VILJELY- JA RAVINTOKASVINÄYTTEIDEN PITOISUUDET

*Peruna- ja ohranäytteiden linjakohtaiset kokonaispitoisuudet mg/kg kuiva-aine ja mg/kg tuorepaino.*

Näytteen nimi	Viljelykasvi	Koboltti	Koboltti	Kupari	Kupari	Nikkeli	Nikkeli	Sinkki	Sinkki
		mg/kg ka	mg/kg tp	mg/kg ka	mg/kg tp	mg/kg ka	mg/kg tp	mg/kg ka	mg/kg tp
Pelto 1, linja 1, Taattola	Peruna	<0,050	<0,010	8,3	1,3	2,7	0,43	26	4,2
Pelto 1, linja 2, Taattola	Peruna	<0,050	<0,010	5,6	1,1	1,9	0,37	17	3,2
Pelto 1, linja 3, Taattola	Peruna	<0,050	<0,010	3,8	0,95	1,3	0,33	14	3,5
Pelto 2, linja 1, Puhakka	Peruna	<0,050	0,01	4,5	0,99	<0,20	<0,050	10	2,3
Pelto 2, linja 2, Puhakka	Peruna	<0,050	<0,010	4	1	<0,20	<0,050	9,9	2,5
Pelto 2, linja 2, Puhakka	Peruna	<0,050	<0,010	3,6	0,9	0,2	0,05	52	13
Pelto 3, linja 1, Tuhkakylä	Peruna	<0,050	<0,010	7,3	1,4	0,27	0,052	12	2,3
Pelto 3, linja 2, Tuhkakylä	Peruna	<0,050	<0,010	6,6	1,1	<0,20	<0,050	12	2
Pelto 3, linja 3, Tuhkakylä	Peruna	<0,050	<0,010	7,3	1,2	0,28	<0,050	15	2,4
Pelto 4, linja 1, Rannankylä	Ohra	<0,015	<0,010	4,5	3,9	0,22	0,19	27	23
Pelto 4, linja 2, Rannankylä	Ohra	<0,015	<0,010	3,7	3,2	0,4	0,34	20	17
Pelto 4, linja 3, Rannankylä	Ohra	0,016	0,014	4,6	4	0,56	0,48	22	19

*Mustikkanäytteiden näytealakohtaiset (kokoomat) kokonaispitoisuudet mg/kg kuivapaino ja mg/kg tuorepaino*

Näyteala	Koboltti	Koboltti	Kupari	Kupari	Nikkeli	Nikkeli	Sinkki	Sinkki
	mg/kg ka	mg/kg tp	mg/kg ka	mg/kg tp	mg/kg ka	mg/kg tp	mg/kg ka	mg/kg tp
1 Pirttimäki	<0,10	<0,01	5,4	0,52	1,2	0,12	11	1,1
2 Kuusimäen kulju	<0,10	<0,01	3,8	0,38	<0,50	<0,05	7,3	0,7
3 Naurismäki	<0,10	<0,01	3,8	0,38	0,73	0,07	9	0,9
4 Metsäpirtti	<0,10	<0,01	5,5	0,52	<0,50	<0,05	12	1,1
5 Juuso	<0,10	<0,01	5,1	0,51	<0,50	<0,05	9,9	1,0
6 Kalliojoki	<0,10	<0,01	5,2	0,52	0,89	0,09	9,4	0,9