

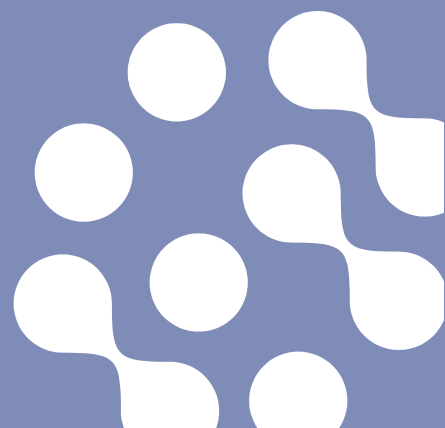


Environment Testing

Eurofins Ahma Oy  
Projekti 10727  
30.3.2021

BOLIDEN KEVITSA MINING OY

# RIKASTUSHIEKKAJAKEIDEN TARKKAILU VUONNA 2020



# BOLIDEN KEVITSA MINING OY, RIKASTUSHIEKKAJAKEIDEN TARKKAILU VUONNA 2020

## Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO.....	1
2.	NÄYTTEENOTTO JA LAADUNTARKKAILU .....	1
3.	TUOTANNON ANALYYSIT .....	1
4.	KOKONAISPITOISUUDET .....	2
5.	HAPONTUOTTOKYKY .....	9
5.1	KAIVANNAISJÄTTEIDEN HAPONTUOTTOKYKY JA LUOKITTELU.....	9
5.1.1	ABA-testi .....	9
5.1.2	NAG-testi .....	9
5.2	ANALYYSITULOKSET .....	11
5.2.1	ABA-testi .....	11
5.2.2	NAG-testi .....	14
6.	EPÄVARMUUSTARKASTELU.....	17
7.	YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPIDE-ESITYKSET.....	17
	VIITTEET .....	19
	LIITTEET .....	20

## LIITTEET

Liite 1. Rikastushiekkajakeiden analyysitulokset, 2020

30.3.2021

**Eurofins Ahma Oy**

Laura Kemppainen,  
DI ympäristötekniikka

Olli-Pekka Vieltojärvi  
Projektipäällikkö

## Yhteystiedot

Teollisuustie 6  
96320 ROVANIEMI

Sähköposti: EtunimiSukunimi@eurofins.fi

[www.eurofins.fi](http://www.eurofins.fi)

# 1. JOHDANTO

Boliden Kevitsa Mining Oy:n Kevitsan kaivoksen rikastusprosessissa muodostuu kahdenlaista rikastusjätettä eli rikastushiekkaa. Rikastushiekka A (vähärikkinen rikastushiekka) on vaahdotusvaiheiden rikastusjätettä ja se sijoitetaan rikastushiekka-altaalle A. Rikastushiekka B (runsasrikkinen rikastushiekka) on rautasulfidirikastetta ja se sijoitetaan rikastushiekka-altaalle B. Rikastushiekka-altaat on luokiteltu suuronnettomuuden vaaraa aiheuttaviksi kaivannaisjätteen jätealueiksi.

Rikastushiekka pumpataan altaalle vesilietteenä. Patojen harjalla kiertävät runkoputket, joista rikastushiekkaa voidaan purkaa keskemälle allasta pienempiä spigottiputkia käyttäen. Vuonna 2020 rikastushiekkaa A pumpattiin rikastushiekka-altaalle 8,9 Mt ja rikastushiekkaa B 0,06 Mt.

# 2. NÄYTTEENOTTO JA LAADUNTARKKAILU

Rikastushiekkojen laatua seurataan osana tuotantoprosessia (ns. tuotannon tarkkailu). Tuotannon tarkkailun yhteydessä näytteistä tutkitaan mm. kuparin, sulfidisen nikkelin, kokonaisnikkelin sekä kokonaisrikin pitoisuuksia. Näytemäärät riippuvat tuotannosta. Näytteet otetaan toiminnanharjoittajan toimesta. Kaivoksen tuotantovaiheen velvoitetarkkailuohjelman mukaisella tarkkailulla varmistetaan tuotannon ohjaus sekä rikastushiekan ympäristökelpoisuus. Vuonna 2020 tarkkailussa noudatettiin vuonna 2015 laadittua tarkkailuohjelmaa (Ramboll Finland Oy 2015).

Rikastushiekka-altaalle johtavissa putkissa on näytteenottimet, joilla kerätään näytettä automaattisesti 10–15 minuutin välein ja joista muodostuu kokoomanäytteet 12 tunnin jaksoissa 2 kertaa vuorokaudessa. Molemmista rikastushiekkajakeista kerätään omat näytteet toiminnanharjoittajan toimesta. Näytteistä poistetaan vesi suodattamalla ja uunikuivauksella kaivoksen rikastuslaboratoriossa. Kuivat näytteet lähetetään Eurofins Labtiumin Sodankylän laboratorioon, joka tekee näytteistä päivittäiset tuotannon analyysit ja muodostaa näytteistä laboratoriossa viikkokokoomanäytteet. Viikkonäytteet palautetaan kaivoksen rikastuslaboratorioon, jossa näytteistä tehdään kuukausikokoomanäytteet. Kuukausikokoomanäytteet toimitetaan edelleen laboratorioon tutkittaviksi.

Vuonna 2020 kuukausinäytteet otettiin molemmista rikastushiekkajakeista tarkkailuohjelman mukaisesti kuukausittain. Määritykset tehtiin Eurofins Labtium Oy:n Kuopion laboratoriossa. Tutkimustulokset on esitetty raportin liitteessä 1.

# 3. TUOTANNON ANALYYSIT

Kaivoksen tuotannon tarkkailun yhteydessä otetuista näytteistä analysoidaan mm. kuparin, nikkelin ja rikin pitoisuudet. Tuotannon analyysit tehdään Eurofins Labtium Oy:n Sodankylän laboratoriossa. Taulukossa 3-1 on esitetty tuotannon tarkkailun tuotantomäärillä painotetut kuukausi- ja vuosikeskiarvopitoisuudet vuodelta 2020. Rikin vuosikeskiarvo on laskettu kumulatiivisena keskiarvona kuukausikeskiarvojen perusteella. Kevitsan kaivoksen ympäristöluvan (Nro 79/2014/1) lupamääräyksen 50 mukaisesti rikastushiekka-altaalle A sijoitettavan rikastushiekan rikkipitoisuuden on oltava tavoitearvona enintään 0,8 %. Rikastushiekan A rikkipitoisuuden kuukausikeskiarvot ovat vuoden 2020 aikana vaihdelleet välillä 0,37–0,69 %. Vuosikeskiarvo oli 0,53 % eli alle lupamääräyksen tavoitepitoisuuden. Rikastushiekan B rikkipitoisuus oli vuosikeskiarvona 11,4 %.

Taulukko 3-1. Rikastushiekkajakeiden tuotannon tarkkailun tulokset vuodelta 2020.

	Rikastushiekka A				Rikastushiekka B			
	Kuukausikeskiarvo			Vuosikeskiarvo (kumulatiivinen)	Kuukausikeskiarvo			Vuosikeskiarvo (kumulatiivinen)
	Cu (%)	Ni (%)	S (%)	S (%)	Cu (%)	Ni (%)	S (%)	S (%)
<b>Tammikuu</b>	0.02	0.04	0.45	0.45	0.38	1.2	9.7	9.7
<b>Helmikuu</b>	0.04	0.04	0.60	0.52	0.48	1.1	8.7	9.3
<b>Maaliskuu</b>	0.06	0.04	0.69	0.57	0.53	1.5	11.8	10.0
<b>Huhtikuu</b>	0.02	0.04	0.58	0.57	0.48	1.3	10.8	10.3
<b>Toukokuu</b>	0.03	0.04	0.54	0.57	0.44	1.3	12.5	10.8
<b>Kesäkuu</b>	0.02	0.04	0.42	0.54	0.45	1.2	9.6	10.4
<b>Heinäkuu</b>	0.02	0.04	0.37	0.52	0.33	1.4	10.3	10.4
<b>Elokuu</b>	0.01	0.05	0.54	0.52	1.71	1.8	15.8	11.1
<b>Syyskuu</b>	0.04	0.05	0.53	0.52	0.54	2.7	14.3	11.4
<b>Lokakuu</b>	0.02	0.05	0.52	0.52	0.39	1.7	11.9	11.4
<b>Marraskuu</b>	0.02	0.04	0.48	0.52	0.39	1.5	10.0	11.3
<b>Joulukuu</b>	0.04	0.05	0.68	0.53	0.38	1.4	12.1	11.4

## 4. KOKONAISPITOISUUDET

Tarkkailuohjelman mukaisesti rikastushiekkajakeiden kuukausikokoomanäytteille tehdään neljä kertaa vuodessa kemiallinen alkuainemääritys kuningasvesiutolla. Näytteistä analysoidaan laboratoriossa (ICP-OES/MS –tekniikalla) kromin, kuparin, nikkelin, raudan ja magnesiumin pitoisuudet. Vuonna 2020 alkuainemääritykset tehtiin molemmista rikastushiekkajakeista maaliskuu-, kesä-, syys- ja joulukuussa kerätyistä näytteistä. Tutkittujen näytteiden pitoisuudet sekä niiden keskiarvot on esitetty taulukossa 4-1. Pitoisuuksia on verrattu maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetun valtioneuvoston asetuksen (214/2007, PIMA-asetus) mukaisiin haitta-aineiden kynnys- ja ohjearvoihin niiltä osin kuin ko. arvot on annettu.

**Taulukko 4-1. Rikastushiekkajakeiden kokonaispitoisuudet vuonna 2020 sekä PIMA-asetuksen mukaiset kynnys- ja ohjearvot.**

Alkuaine	Vähärikkinen rikastushiekka (RH A)				PIMA-asetus		
	Maaliskuu	Kesäkuu	Syyskuu	Joulukuu	Kynnys-arvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo
Cr mg/kg	547	518	572	505	100	200	300
Cu mg/kg	618	490	704	541	100	150	200
Ni mg/kg	888	931	1140	1030	50	100	150
Fe mg/kg	58700	53200	47800	59200	-	-	-
Mg mg/kg	64100	69100	53600	62600	-	-	-

Alkuaine	Runsasrikkinen rikastushiekka (RH B)				PIMA-asetus		
	Maaliskuu	Kesäkuu	Syyskuu	Joulukuu	Kynnys-arvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo
Cr mg/kg	512	494	394	414	100	200	300
Cu mg/kg	6180	4430	4940	4080	100	150	200
Ni mg/kg	16300	11000	29200	17600	50	100	150
Fe mg/kg	224000	180000	252000	232000	-	-	-
Mg mg/kg	41300	46000	29700	33800	-	-	-

Tulosten laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

Rikastushiekan A osalta kaikkien metallien pitoisuustasot vaihtelivat jonkin verran, mutta pysyivät samassa suuruusluokassa koko vuoden 2020 ajan. Kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen mukaiset ylempät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä.

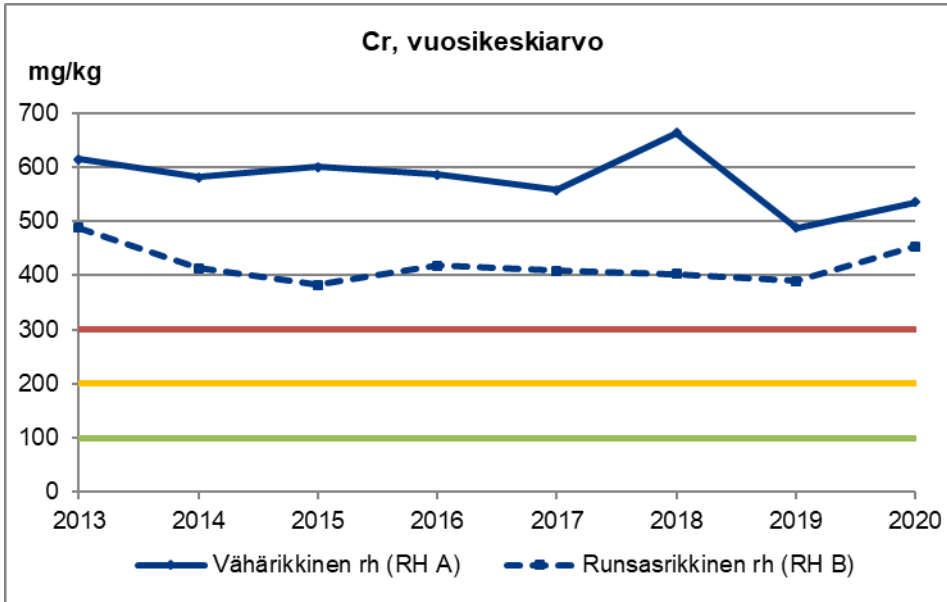
Samankaltaista pitoisuustasojen vaihtelua esiintyi myös rikastushiekasta B otetuissa näytteissä kaikkien analysoitujen metallien osalta. Myös rikastushiekassa B kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen ylempät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä.

Tuotannon tarkkailun yhteydessä todetut kuparin ja nikkelin pitoisuudet (ks. taulukko 3-1) olivat rikastushiekan A osalta maaliskuu-, kesä-, syys ja joulukuussa samaa suuruusluokkaa kuin Kuopion laboratoriossa mitatut pitoisuudet. Jonkin verran tuloksissa kuitenkin esiintyi eroavaisuuksia, ja tuotannon tarkkailusta saadut nikkelin keskimääräiset pitoisuudet (vuosikeskiarvo n. 400 mg/kg) olivat kaikkina kuukausina alemmaa tasoa kuin Kuopion laboratoriossa määritetyt tulokset, ja myös kuparin osalta (vuosikeskiarvo n. 280 mg/kg) kuukausittaiset keskiarvopitoisuudet olivat pääosin alemmaa tasoa kuin Kuopion laboratoriossa määritetyt pitoisuudet. Rikastushiekan B osalta Sodankylän ja Kuopion laboratoriorien nikkeli- ja kuparimääritysten tulosten eroavaisuudet olivat selvästi pienempiä kuin rikastushiekan A osalta.

Kuvissa 4-1...4-5 on esitetty rikastushiekkajakeiden metallien kokonaispitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2020. Kuvissa on esitetty myös PIMA-asetuksen mukaiset ohjearvot niiltä osin kuin ne on annettu; vihreällä viivalla on esitetty kynnysarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo. Keskiarvojen laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

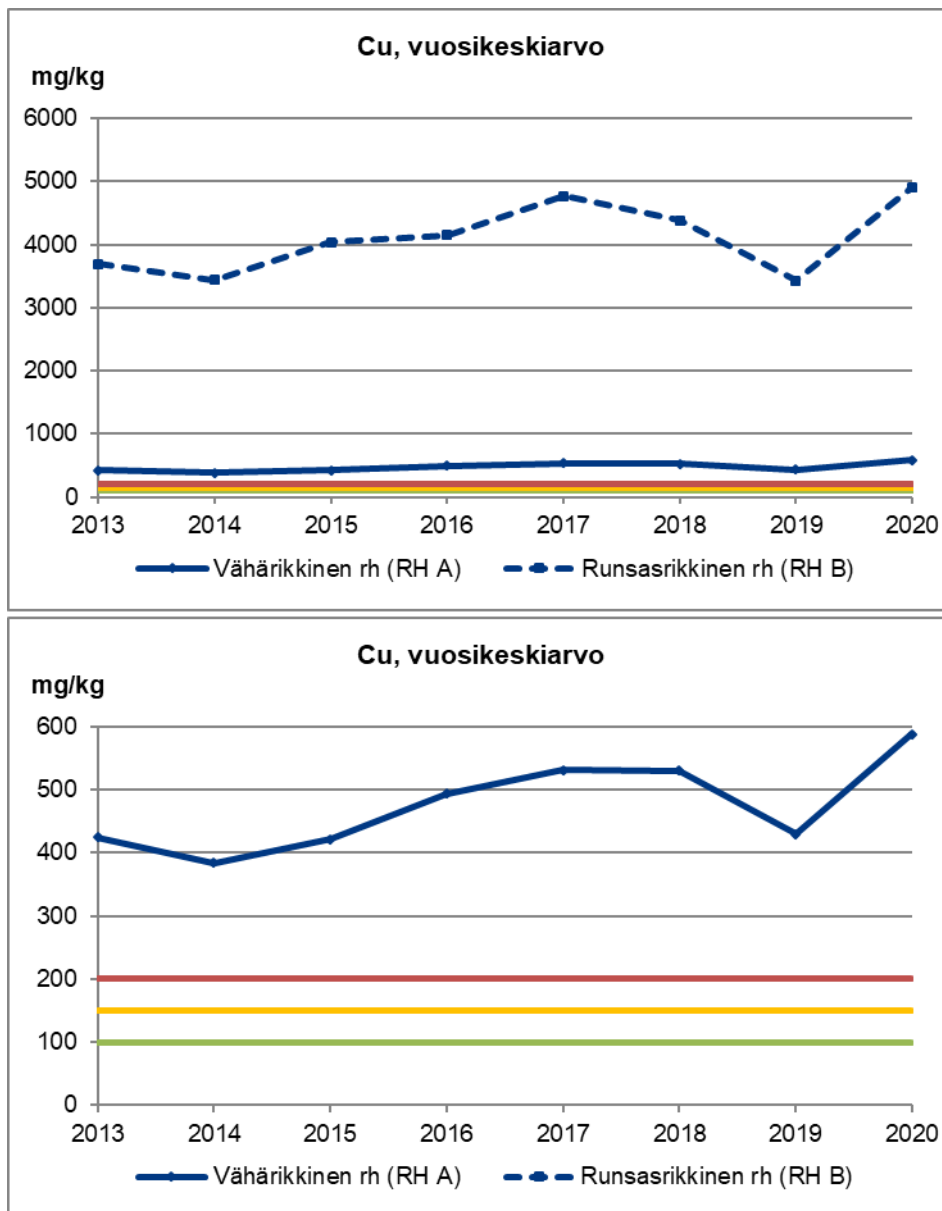
Eri vuosien tulosten vertailussa on huomattavaa, että rikastushiekkajakeiden tarkkailua on muutettu vuoden 2015 alussa. Vuonna 2013 pitoisuudet on tutkittu puolen vuoden kokoomanäytteistä. Vuonna 2014 pitoisuudet on määritetty kuukausittain ja lisäksi on muodostettu puolen vuoden kokoomanäytteet. Vuoden 2014 keskiarvopitoisuudet on laskettu kuukauden kokoomanäytteiden tuloksista. Vuosina 2015–2020 kokonaispitoisuudet on määritetty edellä kuvatun mukaisesti neljännesvuosittain.

Kromin keskiarvopitoisuus on pysytellyt likimain samalla tasolla rikastushiekassa B koko jakson 2013-2020 ajan (kuva 4-1). Rikastushiekan A keskimääräisessä kromipitoisuudessa on havaittavissa laskeva suuntaus vuosina 2013-2020. Vuonna 2020 keskiarvopitoisuus nousi hieman edellisvuoteen verrattuna, mutta pysytteli vuosien 2013-2018 tason alapuolella. Kromin keskiarvopitoisuudet ovat olleet rikastushiekassa A korkeampia kuin rikastushiekassa B.



**Kuva 4-1. Rikastushiekkajakeiden kromipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2020. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnyksiarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.**

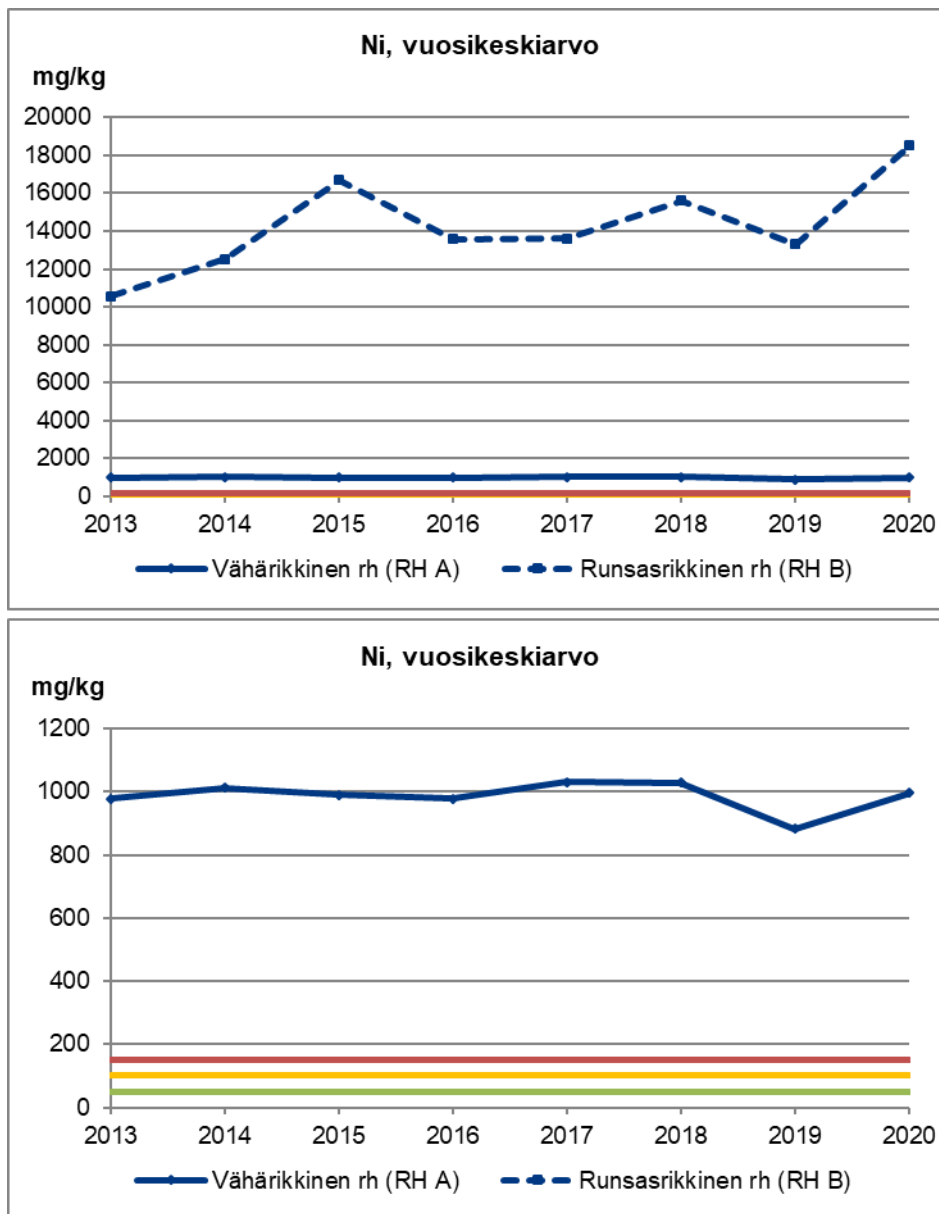
Kuparin keskiarvopitoisuus kohosi rikastushiekassa B vuosina 2015-2017, mutta kääntyi laskuun vuonna 2018 ja oli myös vuonna 2019 edellisvuotta alhaisempi. Vuonna 2020 kromipitoisuus kohosi jälleen, nousten vuosien 2013-2019 tason yläpuolelle (kuva 4-2). Rikastushiekan A kuparin keskiarvopitoisuudessa on havaittavissa samankaltainen kehitys kuin rikastushiekassa B. Myös rikastushiekassa B kuparin keskiarvopitoisuus nousi vuonna 2020 vuosien 2013-2019 vaihteluvälin yläpuolelle. Kuparipitoisuus on rikastushiekassa B selvästi korkeampi kuin rikastushiekassa A, ja vuonna 2020 keskimääräinen kuparipitoisuus oli rikastushiekassa B noin 8-kertainen rikastushiekkaan A verrattuna.



**Kuva 4-2. Rikastushiekkajakeiden kuparipitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2020. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnsarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.**

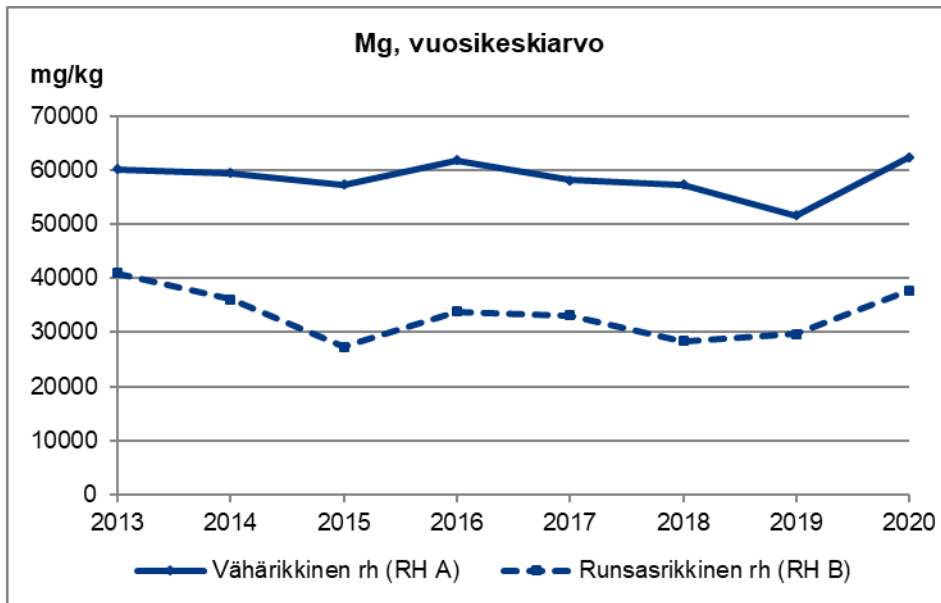


Nikkelin keskiarvopitoisuuden vaihtelu rikastushiekassa A on ollut melko vähäistä vuosina 2013-2018, mutta vuonna 2019 keskipitoisuus laski edelliseen vuoteen verrattuna. Vuonna 2020 pitoisuus palautui jälleen aikaisempien vuosien tasolle (kuva 4-3). Rikastushiekassa B pitoisuustason vaihtelu on ollut voimakkaampaa, mutta suuruusluokka on pysynyt suurinpiirtein samana koko tarkkailujakson ajan. Vuonna 2020 rikastushiekan B keskimääräinen nikkelpitoisuus kohosi selvästi vuosien 2013-2019 vaihteluvälin yläpuolelle. Nikkelpitoisuus on rikastushiekassa B huomattavasti korkeampi kuin rikastushiekassa A, keskimääräisten pitoisuuksien suhdeluvun ollessa vuonna 2020 n. 19.



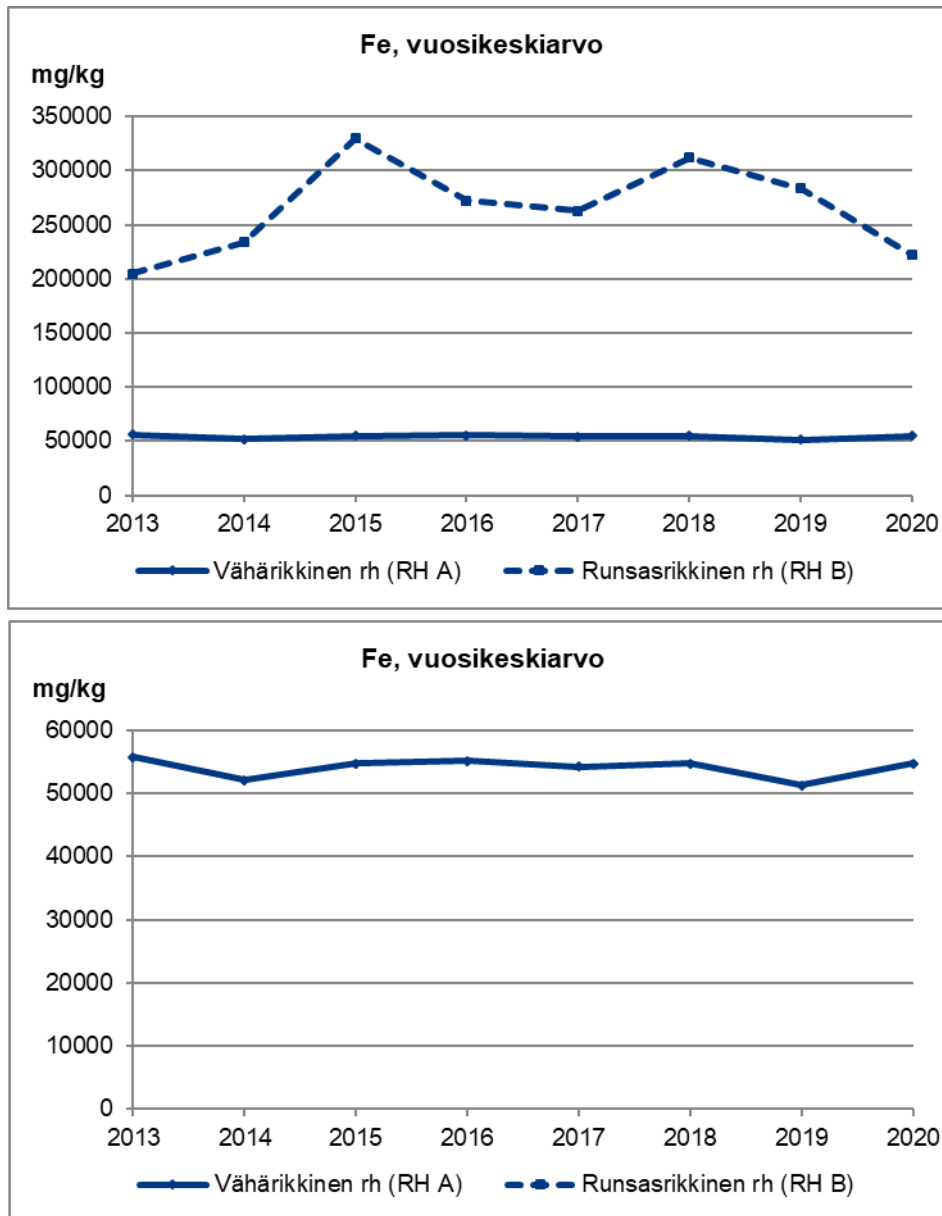
Kuva 4-3. Rikastushiekkajakeiden nikkelpitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2020. Vihreällä viivalla on esitetty PIMA-asetuksen kynnsarvo, keltaisella alempi ohjearvo ja punaisella ylempi ohjearvo.

Magnesiumin keskiarvopitoisuuksissa on molemmissa rikastushiekkajakeissa esiintynyt vuosina 2013-2020 suhteellisen vähäistä vaihtelua. Molempien rikastushiekkajakeiden keskiarvopitoisuudessa on havaittavissa lievästi laskeva suuntaus vuosina 2013-2019, mutta vuonna 2020 pitoisuus kääntyi nousuun (kuva 4-4). Magnesiumin pitoisuus on ollut n. 1,5-2 kertaa suurempi rikastushiekassa A kuin rikastushiekassa B.



Kuva 4-4. Rikastushiekkajakeiden magnesiumpitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2020.

Raudan keskimääräinen pitoisuus rikastushiekassa A on pysynyt suurin piirtein samalla tasolla vuosina 2013-2020 (kuva 4-5). Rikastushiekassa B raudan pitoisuudessa on esiintynyt jonkin verran vaihtelua, mutta selvää laskevaa tai nousevaa suuntausta ei havaita. Pitoisuus nousi selvästi vuonna 2015, mutta sen jälkeen pitoisuustason kehitys on ollut tasaisempaa. Vuosina 2019-2020 keskimääräinen pitoisuus on laskenut. Raudan pitoisuus on rikastushiekassa B selvästi korkeampi kuin rikastushiekassa A, suhdeluvun ollessa n. 4 vuonna 2020.



Kuva 4-5. Rikastushiekkajakeiden rautapitoisuuksien keskiarvot vuosina 2013–2020.

## 5. HAPON TUOTTOKYKY

### 5.1 Kaivannaisjätteiden hapontuottokyky ja luokittelu

Kaivannaisjätteen potentiaalinen hapontuottokyky ja neutralointiominaisuudet määritetään yleensä ns. staattisilla testeillä, joita ovat mm. ABA-testi (Acid Base Counting) ja NAG-testi (Net Acid Generation). Kun kaivannaisjätteiden hapontuottopotentiaali määritetään usealla eri menetelmällä ja niiden tuloksia verrataan keskenään, saadaan luotettavampi kuva kaivannaisjätteiden haponmuodostuspotentiaalista. ABA- ja NAG-testimenetelmiä ja kaivannaisjätteiden luokittelua niiden tulosten perusteella on kuvattu seuraavassa.

#### 5.1.1 ABA-testi

ABA-testi (Acid Base Accounting) perustuu happo-emäslaskuun ja sen perusteella arvioidaan, voiko jätteestä muodostua pitkällä aikavälillä happamia valumavesiä. Hapontuotto ja sen neutralointi määritetään rikkikiisun ( $\text{FeS}_2$ ) hapettumisreaktion mukaan; yksi mooli sulfidista rikkiä tuottaa kaksi moolia happoa (protoneja), joka neutraloituu yhdellä moolilla kalsiumkarbonaattia. Tähän perustuen hapontuottopotentiaali (AP) lasketaan yleensä jätteen sulfidisen rikin kokonaispitoisuudesta. Neutralointipotentiali (NP) voidaan laskea joko karbonaattisen hiilen kokonaispitoisuudesta, karbonaattisten mineraalien kokonaismäärästä tai staattisen testin tuloksen perusteella. (Kauppila ym. 2011)

Valtioneuvoston kaivannaisjätteistä antaman asetuksen (kaivannaisjäteasetus, VNA 190/2013) liitteen 1 mukaan happoa tuottavan kaivannaisjätteen neutraloimispotentiaali määritetään pysyvän jätteen luokittelussa CEN prEN 15875 menetelmällä (ABA-testi). Jätteen luokittelu happoa muodostavaksi tai muodostamattomaksi perustuu neutralointi- ja hapontuottopotentialin (NP/AP eli NPR) suhdeluokituksen ja sulfidisen rikin kokonaispitoisuuteen. Kaivannaisjätteiden luokittelu happoa tuottavaksi ja happoa tuottamattomaksi jätteeksi on esitetty taulukossa 5-1.

**Taulukko 5-1. Kaivannaisjätteiden luokittelu sulfidisen rikin ja NPR-luvun perusteella.**

Sulfidisen rikin pitoisuus	NPR-luku	Luokittelu
< 0,1 %	-	Happoa tuottamaton (NAF)
0,1-1 %	> 3	Happoa tuottamaton (NAF)
> 0,1 %	< 3	Happoa tuottava (PAF)
> 1 %	-	Happoa tuottava (PAF)

ABA-testissä liukenee (1-5 %) lähinnä karbonaatteja, suolamineraaleja (titaaniitti, apatiitti) ja osittain myös silikaatteja (kloriitti, serpentiini, kiille). Testissä liukenee vähän sulfidimineraaleja eli testi ei suoraan mittaa sulfidien hapettumisesta syntyvää happamuuden neutralointia vaan suolahappolisän neutralointikykyä. ABA-testi soveltuu karbonaattipitoisille kaivannaisjätteille, joissa rikki esiintyy vain metalli-/metalloidisulfidimineraaleissa. Testi mittaa myös magnesiumvaltaisten silikaattien neutralointikykyä. Jos NPR-luku on <1 tai välillä 1-3, vääristää tulos vähän sulfidista rikkiä sisältävien kaivannaisjätteiden todellisen hapontuottopotentialin. Hitaasti liukenevien karbonaattien neutralointipotentiali jää todellista potentiaalia heikommaksi. (Räisänen 2009)

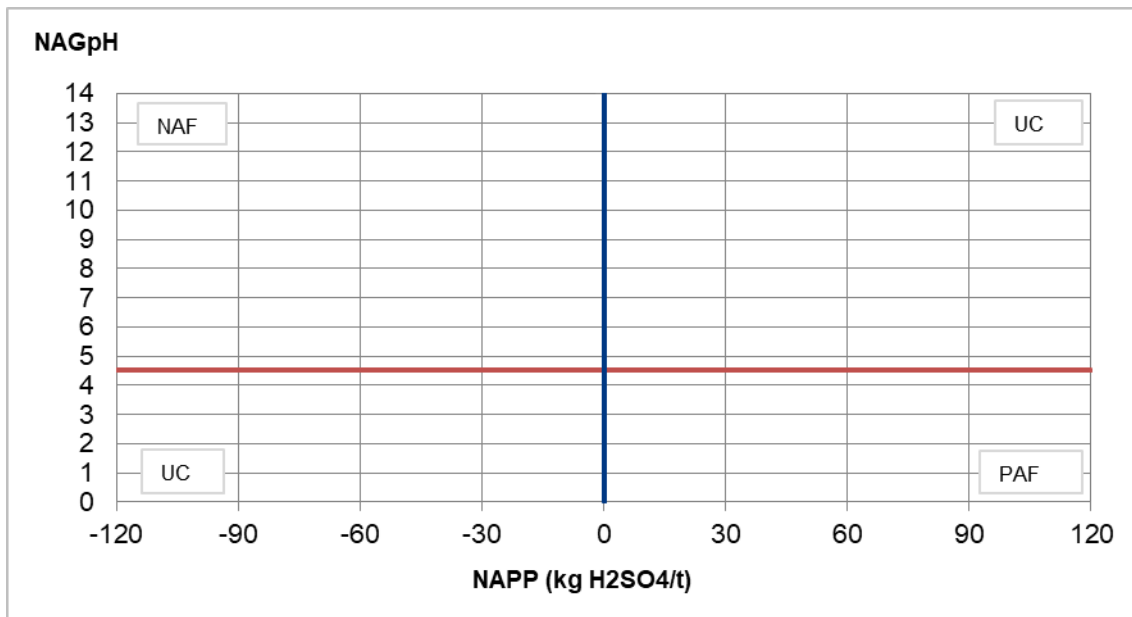
#### 5.1.2 NAG-testi

NAG-testi (Net Acid Generation) on sulfidien hapettamiseen (liuottamiseen) perustuva staattinen menetelmä. Menetelmän avulla saadaan arvio sulfidien rapautumiseen liittyvästä kokonaishapontuotosta, kun testin hapettumisreaktioissa tapahtuu samanaikaisesti myös karbonaattien ja/tai silikaattien liukeneminen ja siitä syntyvä hapon neutralointi. Menetelmä voidaan toteuttaa joko yksivaiheisena tai sarjauuttuna

sulfidimineraalien määrän mukaan. Uutossa happoa syntyy sulfidien hapettumisessa syntyvästä rikkihaposta sekä hapettumisreaktioissa liuenneen raudan ja muiden sulfidisten metallien saostumisesta. NAG-testiin liittyy myös neutralointipotentiaalin (ANC eli Acid Neutralising Capacity) määrittäminen joko staattisella testillä tai karbonaattisen hiilen kokonaispitoisuudesta laskemalla. Maksimihapontuottokyky (MPA eli Maximum Potential Acidity) määritetään laskennallisesti kokonaisrikkipitoisuudesta. Nettohapontuottokyky eli NAPP (Net Acid Production Potential) on maksimihapontuottokyvyn (MPA) ja neutralointipotentiaalin (ANC) erotus. (Kauppila ym. 2011, AMIRA International 2002) Kaivannaisjätteen luokittelu hapontuoton perusteella on esitetty taulukossa 5-2 sekä kuvassa 5-1.

**Taulukko 5-2. Kaivannaisjätteiden luokittelu NAG<sub>pH</sub>- sekä NAPP-arvojen perusteella (AMIRA International 2002).**

NAPP	NAG <sub>pH</sub>	Luokittelu
< 0	≥ 4,5	Happoa tuottamaton, NAF
> 0	< 4,5	Mahdollisesti happoa tuottava, PAF
> 0	≥ 4,5	Epävarma, UC
< 0	< 4,5	Epävarma, UC



**Kuva 5-1. Kaivannaisjätteiden luokittelu NAG<sub>pH</sub>- ja NAPP-arvojen perusteella (AMIRA International 2002).**

NAG-testillä voidaan varmentaa kaivannaisjätteiden luokittelua happoa tuottaviksi tai happoa tuottamattomiksi jätteiksi. NAG-testissä liukenee sulfidimineraaleja (1-10 %), ensisijaisesti magneettikiisu, mutta myös karbonaatteja, suolamineraaleja ja osittain myös silikaatteja. Hapon muodostuminen (NAG<sub>pH</sub>-arvo) määräytyy sulfidiliukenevuudesta (rikkihapon tuotto), mutta myös raudan saostumisesta ja alumiinin hydrolysoitumisesta testin aikana. NAG-testi soveltuu vähän ja runsaasti sulfideja sisältävien kaivannaisjätteiden hapontuoton testaamiseen. Testi tuo esille myös rauta-alumiinisilikaattien hapontuoton (heikkona), mutta voi myös ylikorostaa silikaattirapautumisen hapontuottoa. (Räisänen 2009)

## 5.2 Analyysitulokset

Kevitsan kaivoksen molemmista rikastushiekkajakeista otettavista kuukausinäytteistä määritetään tarkkailuohjelman mukaisesti rikkipitoisuus, hiilen kokonaispitoisuus, karbonaattisen hiilen ja ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet, hapontuottopotentiaali ja neutralointipotentiaali sekä niiden suhde ABA-testillä. Neljä kertaa vuodessa kuukauden kokoomanäytteille tehdään myös yksivaiheinen NAG-testi rinnakkaisnäytteestä. Vuoden 2020 ABA- ja NAG-testien tulokset on esitetty kohdissa **Error! Reference source not found.** ja **Error! Reference source not found.** Vuoden 2020 tuloksia on lisäksi vertailtu vuosien 2013–2019 tuloksiin. Vertailussa on huomattavaa, että rikastushiekkajakeiden tarkkailua on tehty vuoden 2015 alusta lähtien nykyisen tarkkailuohjelman mukaisesti. Aiemmin vuonna 2013 A-rikastushiekan ABA-testi on tehty kuukausinäytteille sekä puolen vuoden kokoomanäytteille ja B-rikastushiekan osalta puolen vuoden kokoomanäytteille. NAG-testi on vuonna 2013 tehty molemmista jakeista puolen vuoden kokoomanäytteille. Vuonna 2014 ABA-testi on tehty molemmista jakeista kuukausinäytteille sekä puolen vuoden kokoomanäytteille ja NAG-testi puolen vuoden kokoomanäytteille. Tulosten vuosikeskiarvot on mahdollisuuksien mukaan laskettu kuukauden kokoomanäytteiden pitoisuuksista ja muilta osin puolen vuoden kokoomanäytteiden tuloksiin perustuen.

### 5.2.1 ABA-testi

Taulukossa 5-3 on esitetty ABA-testin tulokset vuodelta 2020, ja kuvissa 5-2 sekä 5-3 rikin pitoisuuksien ja NPR-lukujen keskiarvot vuosina 2013-2020. Vuonna 2020 ei-karbonaattisen hiilen pitoisuudet olivat suurelta osin pienempiä kuin laboratorion määritysraja. Määritysrajan alittavien pitoisuuksien osalta mediaanien ja keskiarvojen laskennassa on käytetty määritysrajaa. Tulosten käsittelyssä ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

Tuotannon analyyseissä (ks. taulukko 3-1) rikastushiekan A rikin vuosikeskiarvopitoisuus (0,53 %) oli hieman alhaisempi, mutta samaa suuruusluokkaa kuin tarkkailuohjelman mukaisten näytteiden keskiarvopitoisuus (0,60 %). Myös tuotannon analyysien painotetut kuukausikeskiarvot (taulukko 3-1) olivat hieman alhaisempia kuin tarkkailuohjelman mukaisten kuukausikokoomanäytteiden tulokset. Rikastushiekan A tarkkailuohjelman mukaisten näytteiden rikkipitoisuuden keskiarvo 0,60 % alitti ympäristöluvan mukaisen tavoitearvon 0,8 %.

Tuotannon sekä tarkkailuohjelman mukaisissa analyyseissä rikkipitoisuus määritetään samalla menetelmällä (Labtium, menetelmä 810L). Näytteiden käsittely poikkeaa siten, että tarkkailuohjelman mukaisiin analyyseihin näytteet jauhetaan ennen rikin analysointia, kun taas tuotannon tarkkailun näytteitä ei jauheta. Näytteiden erilainen käsittely voi vaikuttaa keskiarvopitoisuuksien eroon.

Rikastushiekkassa A rikkipitoisuus oli kaikissa vuonna 2020 tutkituissa näytteissä selvästi rajan <1 % alapuolella. NPR-luvut vaihtelivat välillä 3,7 – 4,5. Rikastushiekkassa A luokiteltiin ABA-testin tulosten perusteella kaikkina kuukausina ei-happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (NAF).

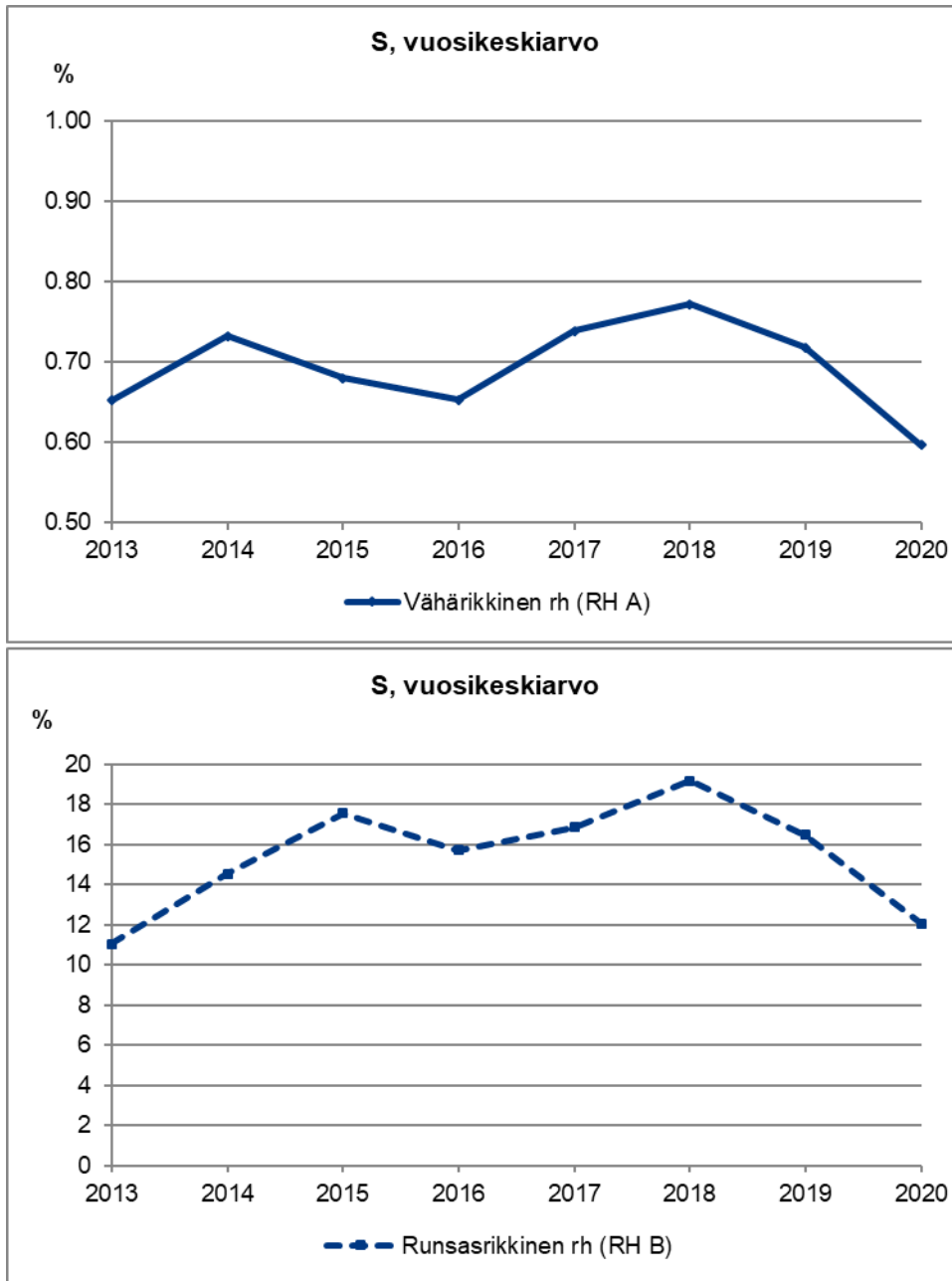
Myös vuoden 2020 keskimääräisen rikkipitoisuuden ja NPR-luvun perusteella rikastushiekkassa A luokiteltiin ei-happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi. Vuosina 2013–2019 rikastushiekan A rikkipitoisuuksien keskiarvo on ollut samaa suuruusluokkaa kuin vuonna 2020, ja NPR-lukujen keskiarvo vaihdellut hieman (kuvat 5-2 ja 5-3). Vuotta 2018 lukuun ottamatta NPR-luvun vuosikeskiarvo on ollut yli 3 tarkastelujakson 2013-2020 aikana.

Rikastushiekkassa B rikkipitoisuuden keskiarvo oli vuonna 2020 12,1 % ja NPR-lukujen keskiarvo 0,18. Rikastushiekkassa B luokiteltiin kaikkien kuukausinäytteiden osalta ABA-testin tulosten perusteella happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (PAF). Rikastushiekan B keskimääräinen rikkipitoisuus oli vuonna 2020 vuosien 2013-2019 vaihteluvälillä, samoin keskimääräinen NPR-luku (kuvat 5-2 ja 5-3).

**Taulukko 5-3. Rikastushiekkajakeiden kuukausinäytteiden rikin, hiilen, karbonaattisen hiilen, ei-karbonaattisen hiilen, hapontuottopotentialien, neutralointipotentialien ja NPR-luvut vuonna 2020.**

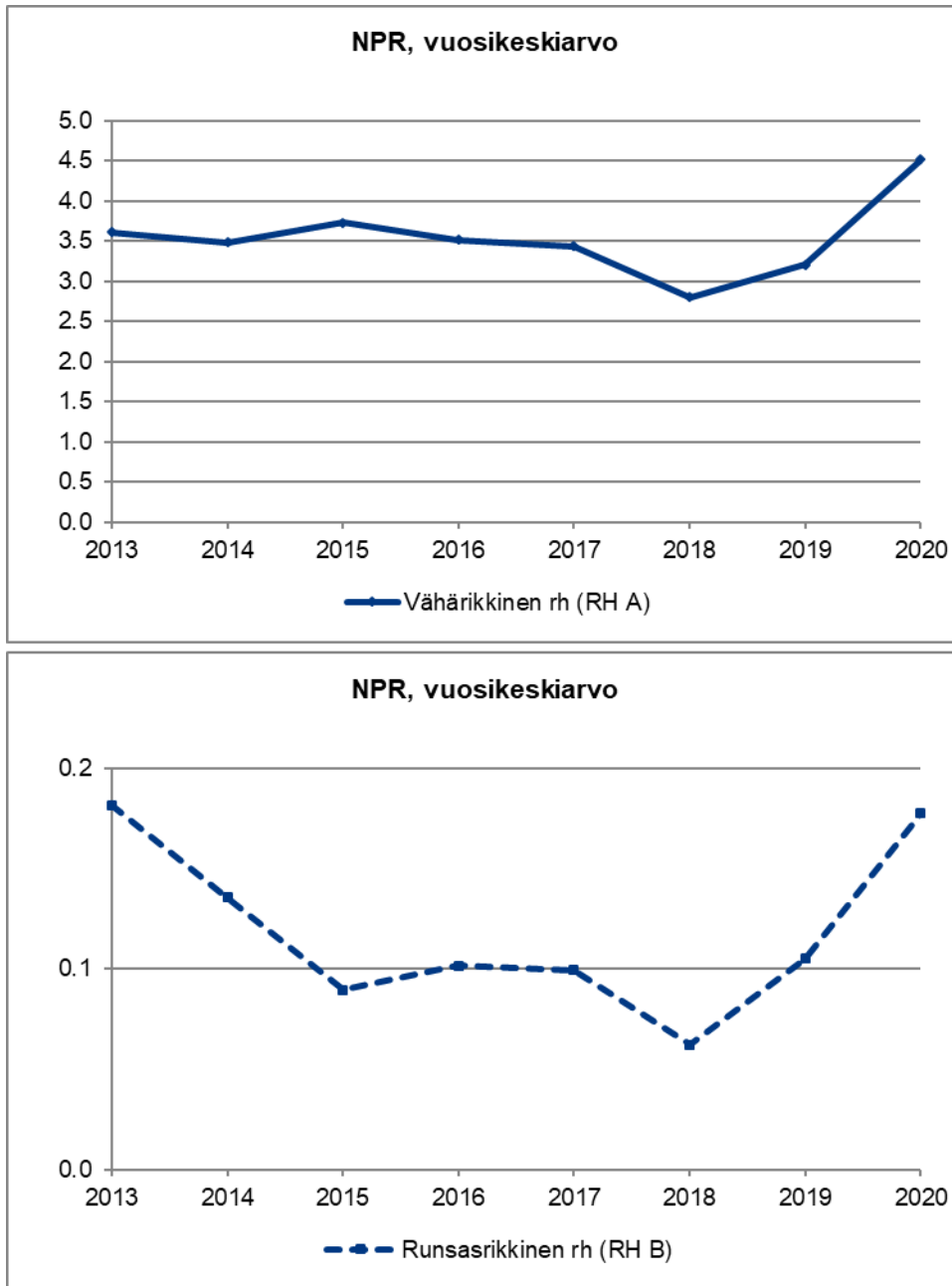
Näyte	S %	C %	C non carb %	C carb %	NP kg CaCO <sub>3</sub> /t	AP kg CaCO <sub>3</sub> /t	NPR	luokittelu NAF/PAF
<b>Rikastushiekka A</b>								
Tammikuu	0.51	0.25	<0.05	0.21	69.6	16.0	4.4	NAF
Helmikuu	0.64	0.22	<0.05	0.17	87.2	20.1	4.4	
Maaliskuu	0.68	0.27	<0.05	0.24	81.9	21.3	3.8	
Huhtikuu	0.65	0.20	<0.05	0.18	83.9	20.2	4.2	
Toukokuu	0.56	0.23	0.05	0.17	88.5	17.6	5.0	
Kesäkuu	0.50	0.21	0.09	0.12	95.4	15.7	6.1	
Heinäkuu	0.44	0.25	<0.05	0.22	78.9	13.7	5.8	
Elokuu	0.62	0.34	<0.05	0.31	74.2	19.4	3.8	
Syyskuu	0.64	0.40	<0.05	0.37	83.0	20.0	4.2	
Lokakuu	0.59	0.28	<0.05	0.24	79.9	18.5	4.3	
Marraskuu	0.56	0.23	<0.05	0.19	82.4	17.5	4.7	
Joulukuu	0.77	0.28	<0.05	0.24	88.4	24.2	3.7	
<b>Minimi</b>	<b>0.44</b>	<b>0.20</b>	<b>&lt;0.05</b>	<b>0.12</b>	<b>69.6</b>	<b>13.7</b>	<b>3.7</b>	
<b>Maksimi</b>	<b>0.77</b>	<b>0.40</b>	<b>0.09</b>	<b>0.37</b>	<b>95.4</b>	<b>24.2</b>	<b>6.1</b>	
<b>Mediaani</b>	<b>0.61</b>	<b>0.25</b>	<b>0.05</b>	<b>0.22</b>	<b>82.7</b>	<b>19.0</b>	<b>4.3</b>	
<b>Keskiarvo</b>	<b>0.60</b>	<b>0.26</b>	<b>0.05</b>	<b>0.22</b>	<b>82.8</b>	<b>18.7</b>	<b>4.5</b>	
<b>Rikastushiekka B</b>								
Tammikuu	10.5	0.31	0.05	0.25	65.7	328.0	0.20	PAF
Helmikuu	10.0	0.28	0.05	0.23	68.2	312.0	0.22	
Maaliskuu	12.3	0.31	<0.05	0.27	64.8	384.0	0.17	
Huhtikuu	10.9	0.25	<0.05	0.20	69.7	342.0	0.20	
Toukokuu	12.2	0.25	0.05	0.20	64.8	382.0	0.17	
Kesäkuu	9.9	0.25	0.08	0.17	70.8	311.0	0.23	
Heinäkuu	10.0	0.33	0.06	0.27	78.0	312.0	0.25	
Elokuu	15.4	0.29	<0.05	0.24	48.1	481.0	0.10	
Syyskuu	16.1	0.32	<0.05	0.28	51.7	503.0	0.10	
Lokakuu	13.1	0.36	0.07	0.30	62.1	410.0	0.15	
Marraskuu	10.7	0.34	0.05	0.29	65.6	334.0	0.20	
Joulukuu	13.7	0.30	0.07	0.23	59.0	428.0	0.14	
<b>Minimi</b>	<b>9.9</b>	<b>0.25</b>	<b>&lt;0.05</b>	<b>0.17</b>	<b>48.1</b>	<b>311.0</b>	<b>0.10</b>	
<b>Maksimi</b>	<b>16.1</b>	<b>0.36</b>	<b>0.08</b>	<b>0.30</b>	<b>78.0</b>	<b>503.0</b>	<b>0.25</b>	
<b>Mediaani</b>	<b>11.6</b>	<b>0.31</b>	<b>0.05</b>	<b>0.25</b>	<b>65.2</b>	<b>362.0</b>	<b>0.19</b>	
<b>Keskiarvo</b>	<b>12.1</b>	<b>0.30</b>	<b>0.06</b>	<b>0.24</b>	<b>64.0</b>	<b>377.3</b>	<b>0.18</b>	

Tulosten laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia. Määritysrajan alittavien pitoisuuksien osalta mediaanien ja keskiarvojen laskennassa on käytetty määritysrajaa.



Kuva 5-2. Rikkipitoisuuksien keskiarvot rikastushiekkajakeissa vuosina 2013–2020.





Kuva 5-3. NPR-lukujen keskiarvot rikastushiekkajakeissa vuosina 2013–2020.

## 5.2.2 NAG-testi

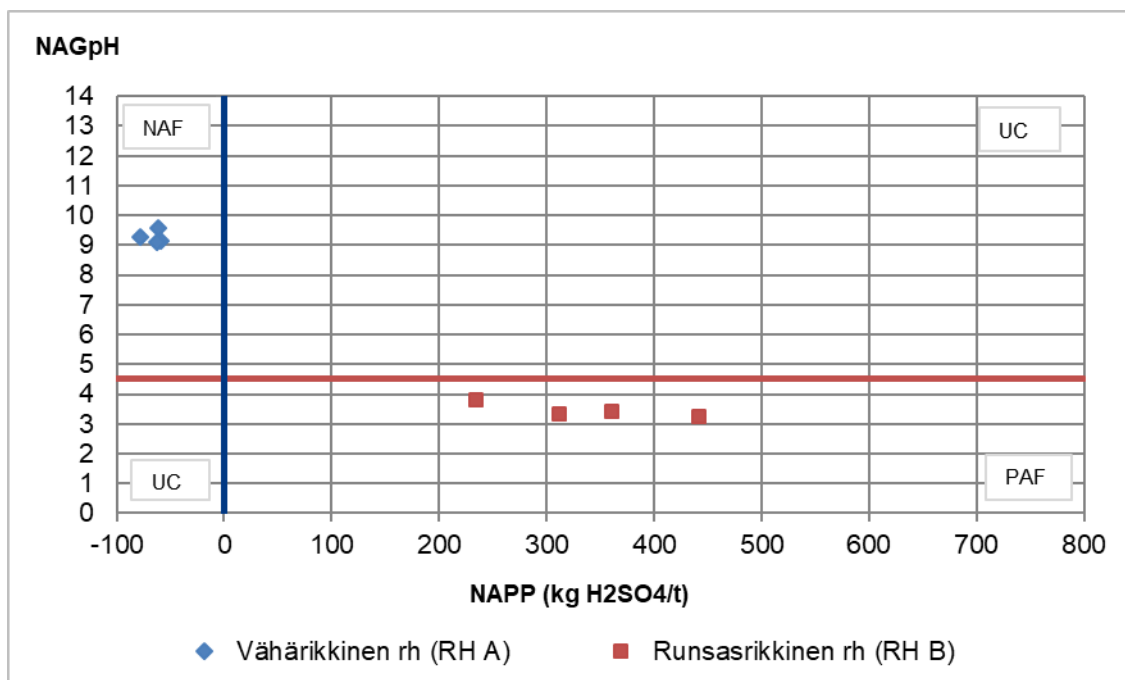
Taulukossa 5-4 on esitetty rikastushiekkajakeiden yksivaiheisen NAG-testin tulokset ( $\text{NAG}_{\text{pH}}$ ) vuodelta 2020. Taulukossa on esitetty myös neutralointikapasiteetin (ANC), maksimihapontuottopotentialin (MPA) sekä nettohapontuottokyvyn (NAPP) arvot.

**Taulukko 5-4. Rikastushiekkajakeiden yksivaiheisen NAG-testin tulokset, neutralointikapasiteetin, maksimihapontuottopotentialin sekä nettohapontuottokyvyn arvot vuonna 2020.**

Näyte	NAG <sub>pH</sub> pH	ANC kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t	MPA kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t	NAPP kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t
<b>Vähärikkinen rh (RH A)</b>				
Maaliskuu	9.1	80.2	20.9	-59.3
Kesäkuu	9.3	93.5	15.4	-78.1
Syyskuu	9.6	81.2	19.6	-61.6
Joulukuu	9.1	86.5	23.6	-62.9
<b>Runsasrikkinen rh (RH B)</b>				
Maaliskuu	3.3	63.4	376.0	312.2
Kesäkuu	3.8	69.4	304.0	234.7
Syyskuu	3.3	50.6	492.0	441.8
Joulukuu	3.4	57.8	419.0	360.9

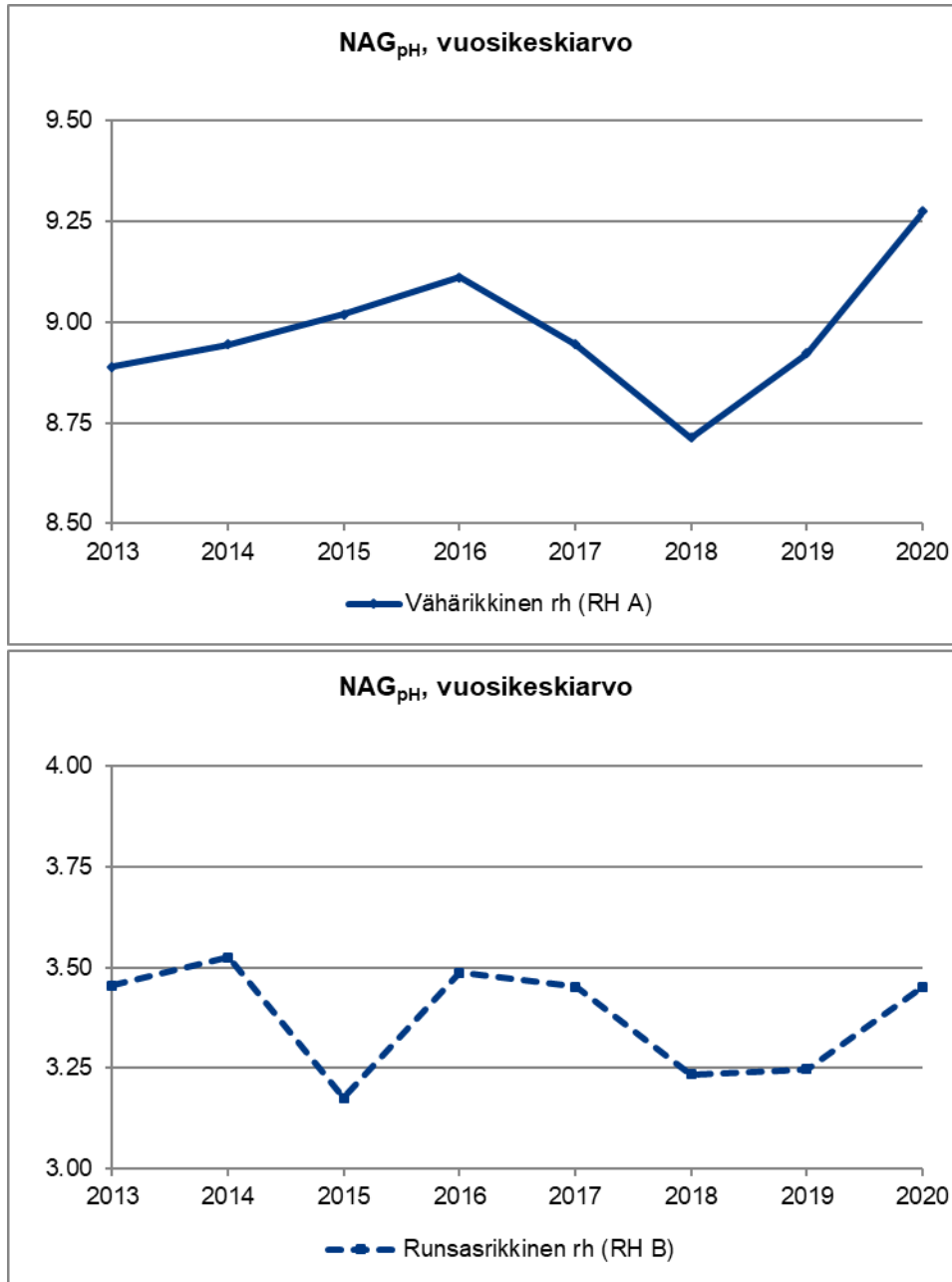
Tulosten laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

Kuvassa 5-4 on esitetty NAPP-NAG<sub>pH</sub> -vertailu vuoden 2020 rikastushiekkajakeiden osalta. Rikastushiekasta A otetut näytteet luokitellaan NAG-testin NAG<sub>pH</sub>-arvojen sekä NAPP-arvojen perusteella happoa tuottamattomiksi eli luokkaan NAF (kuva 5-5). Rikastushiekka B puolestaan luokitellaan happoa tuottavaksi jätteeksi eli luokkaan PAF.



**Kuva 5-4. Vuonna 2020 rikastushiekkajakeista otettujen näytteiden NAPP- ja NAG<sub>pH</sub> -arvot.**

Molempien rikastushiekkajakeiden  $NAG_{pH}$ -keskiarvot ovat olleet suurin piirtein samaa tasoa vuosina 2013–2020 (kuva 5-5). Selvästi laskevaa tai nousevaa trendiä ei ole havaittavissa kummankaan rikastushiekkajakeen osalta.



Kuva 5-5.  $NAG_{pH}$  -keskiarvot vuosina 2013–2020. Keskiarvojen laskennassa ei ole huomioitu laboratorion laadunvarmistusnäytteiden tuloksia.

## 6. EPÄVARMUUSTARKASTELU

Vuoden 2015 alusta lähtien rikastushiekkajakeista on otettu nykyisen tarkkailuohjelman mukaisesti näytteitä kuukausittain ja näytteistä on määritetty tarkkailuohjelman mukaiset parametrit. Rikastushiekkajakeiden kokonaispitoisuuksia on määritetty tuotannon tarkkailun yhteydessä, minkä lisäksi kokonaispitoisuuksia on määritetty tarkkailuohjelman mukaisesti.

Rikastushiekkajakeiden hapontuottokyky on määritetty kahdella eri menetelmällä. Vuonna 2020 rikastushiekka A voitiin luokitella ei-happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (NAF) sekä ABA-testin että NAG-testin tulosten perusteella, ja rikastushiekka B puolestaan luokiteltiin molempien testien perusteella happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi (PAF).

Vuosina 2013-2017 rikastushiekka A on luokitunut vuoden keskimääräisen rikkipitoisuuden ja NPR-luvun perusteella luokkaan NAF ja vuosina 2018-2019 luokkaan PAF. Vuosina 2018-2019 tehtyjen NAG-testien perusteella rikastushiekka A luokiteltiin luokkaan NAF. NAG-testillä voidaan tarkentaa erityisesti sellaisten kaivannaisjätteiden hapontuottokykyä, joiden NPR-luku on <1 tai 1-3, kuten Kevitsan rikastushiekan A tapauksessa.

Tarkkailutulosten perusteella rikastushiekkajakeiden laatu on vuonna 2020 otettujen ja tutkittujen kuukausinäytteiden perusteella ollut pääosin samalla tasolla koko vuoden ajan. Tarkasteluajanjakson 2013–2020 tuloksissa ei ole havaittavissa huomattavia eroja. Tulosten perusteella voidaan arvioida, ettei rikastushiekkajakeiden ominaisuuksiin liity olennaisia epävarmuuksia. Tuotannon tarkkailun tulokset osaltaan varmentavat tarkkailun perusteella tehtyjä tulkintoja.

Mahdollista näytteenkäsittelyn vaikutusta rikkipitoisuuksien eroihin tuotannon tarkkailussa ja tarkkailuohjelman mukaisessa tarkkailussa on selvitty ja havaittu, että näytteen partikkelikoko vaikuttaa rikkipitoisuuteen. Tuotannon tarkkailun näytteet analysoidaan Eurofins Labtiumin Sodankylän laboratoriossa, jossa niitä ei jauheta ennen analyysia. Tarkkailuohjelman mukaiset kokoomänäytteet taas analysoidaan Eurofins Labtiumin Kuopion laboratoriossa, jossa ne jauhetaan ennen analysointia.

## 7. YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPIDE-ESITYKSET

Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailulla on varmistettu rikastushiekkajakeiden laatu- ja ympäristöominaisuudet.

### Rikastushiekka A

Rikastushiekassa A kromin, kuparin, nikkelin, raudan ja magnesiumin pitoisuuksissa esiintyi jonkin verran vaihtelua, mutta ne olivat samaa suuruusluokkaa kaikissa vuonna 2020 otetuissa ja tutkituissa näytteissä. Kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen mukaiset ylemmät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä. Rikastushiekan A keskimääräisissä metallipitoisuuksissa ei ollut havaittavissa merkittäviä muutoksia tarkasteluajanjaksolla 2013-2020.

Tuotannon analyyseissä rikkipitoisuudet ovat olleet hieman alhaisempia kuin tarkkailuohjelman mukaisissa näytteissä. On kuitenkin todettu, että erilaisella näytteenkäsittelyllä ja partikkelikoolla on vaikutusta rikkipitoisuuksien eroihin. Vuosina 2013–2020 rikastushiekan A rikkipitoisuuksien keskiarvo on pysytellyt suurin piirtein samalla tasolla ja NPR-lukujen keskiarvo vaihdellut hieman. Vuonna 2020 rikastushiekan A tarkkailuohjelman mukaisten näytteiden rikkipitoisuuden keskiarvo 0,60 % alitti ympäristöluvan mukaisen tavoitearvon 0,8 %.

Rikastushiekka A luokiteltiin ei-happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi sekä vuoden 2020 keskimääräisen rikkipitoisuuden ja NPR-luvun perusteella, että yksittäisten kuukausinäytteiden ABA-testin tulosten perusteella. Myös NAG-testin  $NAG_{pH}$ -arvojen sekä NAPP-arvojen perusteella rikastushiekan A kokoomänäytteet luokiteltiin happoa tuottamattomiksi eli luokkaan NAF. Kaikissa tutkituissa näytteissä  $NAG_{pH}$ -arvot olivat  $\geq 4,5$  ja NAPP-

arvot negatiivisia. A-rikastushiekan  $\text{NAG}_{\text{pH}}$ -keskiarvot ovat olleet keskimäärin samalla tasolla vuosina 2013–2020.

### **B-rikastushiekka**

Rikastushiekassa B kromin, kuparin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen ylemmät ohjearvot kaikissa tutkituissa näytteissä. Vuoden keskimääräinen nikkelpitoisuus kohosi vuosien 2013-2019 vaihteluvälin yläpuolelle. Muilta osin rikastushiekan B keskimääräisissä metallipitoisuuksissa ei ollut havaittavissa merkittäviä muutoksia tarkasteluajanjaksolla 2013-2020.

Rikastushiekassa B tarkkailuohjelman mukaisten näytteiden rikkipitoisuuden keskiarvo oli 12,1 % ja NPR-lukujen keskiarvo 0,18. Tulosten perusteella rikastushiekka B luokitellaan happoa tuottavaksi kaivannaisjätteeksi. Vuonna 2020 keskimääräinen rikkipitoisuus ja NPR-luku olivat samalla vaihteluvälillä kuin vuosina 2013-2019. Myös NAG-testin tulosten perusteella rikastushiekka voitiin vuonna 2020 luokitella happoa tuottavaksi jätteeksi eli luokkaan PAF. Rikastushiekan B  $\text{NAG}_{\text{pH}}$ -keskiarvot ovat olleet suurin piirtein samaa tasoa vuosina 2013–2020.

### **Jatkotoimenpiteet**

Kevitsan kaivoksen päivitetty tuotantovaiheen tarkkailuohjelma on toimitettu Lapin ELY-keskukselle hyväksyttäväksi 1.12.2020. Vuonna 2021 rikastushiekkajakeiden tarkkailua jatketaan vuonna 2015 valmistuneen ja ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailuohjelman mukaan, kunnes uusi tarkkailuohjelma on hyväksytty. Vuonna 2020 laaditussa tarkkailuohjelmassa ei ole esitetty muutoksia rikastushiekkajakeiden tarkkailuun.

## VIITTEET

- AMIRA International (2002) ARD Test Handbook. Project P387A Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage. Ian Wark Research Institute 2002. Moniste 42 s.
- Kauppila P., Räisänen M-L., Myllyoja S. (2011) Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt, Suomen ympäristö 29/2011. Helsinki 2011.
- Ramboll Finland Oy (2015) Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma. Täydennetty 2.10.2015 ja päivitetty 20.6.2017. Moniste 109 s.
- Räisänen M-L. (2009) Kaivannaisjätteiden geokemiallinen karakterisointi – lyhyt- ja pitkäaikaisten muutosten arviointi. Kaivannaisalan ympäristöpäivät 15.-16.9.2009, Lappeenranta.
- Ympäristöministeriö (2007) Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007. PIMA-asetus. Voimaantulo 01.06.2007. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>
- Ympäristöministeriö (2013) Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä 190/2013. Voimaantulo 01.05.2013. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2013/20130190>

# LIITTEET

## Analyysitulokset vuodelta 2020

Analysimenetelmä	512P *	512P *	512P *	512P *	512P *	810L *	811L *	816L	816L	826T1	826T1	826T1	826T1	827T	827T	827T	827T	827T	827T
Parametri	Cr *	Cu *	Fe *	Mg *	Ni *	S *	C *	C carb	C non carb	NAGpH	EC	NAG (pH 4,5)	NAG (pH 7,0)	AP	NP	NPR	ANC	MPA	NAPP
Määrittäjä	1	1	50	10	2	0.01	0.05	0.05	0.05					0.3					0.3
Näytetunnus / yksikkö	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%	%	pH	mS/m 25°C	kg H2SO4/t	kg H2SO4/t	kg CaCO3/t	kg CaCO3/t		kg H2SO4/t	kg H2SO4/t	kg H2SO4/t
Rikastushiekka A 01_2020						0,51	0,25	0,21	<0.05					16	69,6	4,36			
Rikastushiekka A 01_2020 (2)						0,5	0,25	0,21	<0.05					15,7	69,4	4,43			
Rikastushiekka A 02_2020						0,64	0,22	0,17	<0.05					20,1	87,2	4,35			
Rikastushiekka A 03_2020	547	618	58700	64100	888	0,68	0,27	0,24	<0.05	9,14	24,4	0	0	21,3	81,9	3,84	80,2	20,9	-59,3
Rikastushiekka A 04_2020						0,65	0,2	0,18	<0.05					20,2	83,9	4,15			
Rikastushiekka A 04_2020 (2)						0,65	0,2	0,17	<0.05					20,4	83,7	4,11			
Rikastushiekka A 05_2020						0,56	0,23	0,17	0,05					17,6	88,5	5,02			
Rikastushiekka A 06_2020	518	490	53200	69100	931	0,5	0,21	0,12	0,09	9,27	23,3	0	0	15,7	95,4	6,09	93,5	15,4	-78,1
Rikastushiekka A 06_2020 (2)	517	486	52600	68600	934	0,5	0,2	0,12	0,09	9,36	21,8	0	0	15,7	95,7	6,1	93,8	15,4	-78,4
Rikastushiekka A 07_2020						0,44	0,25	0,22	<0.05					13,7	78,9	5,75			
Rikastushiekka A 07_2020 (2)						0,45	0,25	0,22	<0.05					14,1	80,6	5,74			
Rikastushiekka A 08_2020						0,62	0,34	0,31	<0.05					19,4	74,2	3,82			
Rikastushiekka A 09_2020	572	704	47800	53600	1140	0,64	0,4	0,37	<0.05	9,58	27	0	0	20	83	4,15	81,2	19,6	-61,6
Rikastushiekka A 10_2020						0,59	0,28	0,24	<0.05					18,5	79,9	4,32			
Rikastushiekka A 10_2020 (2)						0,59	0,27	0,24	<0.05					18,3	80,1	4,37			
Rikastushiekka A 11_2020						0,56	0,23	0,19	<0.05					17,5	82,4	4,7			
Rikastushiekka A 12_2020	505	541	59200	62600	1030	0,77	0,28	0,24	<0.05	9,11	28,3	0	0	24,2	88,4	3,66	86,5	23,6	-62,9
Rikastushiekka A 12_2020 (2)	499	537	58000	61600	1030	0,78	0,27	0,22	<0.05	9,22	29	0	0	24,3	88,5	3,65	86,7	23,8	-62,9
Rikastushiekka B 01_2020						10,5	0,31	0,25	0,05					328	65,7	0,2			
Rikastushiekka B 02_2020						9,98	0,28	0,23	0,05					312	68,2	0,22			
Rikastushiekka B 03_2020	512	6180	224000	41300	16300	12,3	0,31	0,27	<0.05	3,32	157	6,23	21,5	384	64,8	0,17	63,4	376	312,2
Rikastushiekka B 04_2020						10,9	0,25	0,2	<0.05					342	69,7	0,2			
Rikastushiekka B 05_2020						12,2	0,25	0,2	0,05					382	64,8	0,17			
Rikastushiekka B 06_2020	494	4430	180000	46000	11000	9,94	0,25	0,17	0,08	3,82	138	2,72	16,6	311	70,8	0,23	69,4	304	234,7
Rikastushiekka B 06_2020 (2)						10	0,25												
Rikastushiekka B 07_2020						9,98	0,33	0,27	0,06					312	78	0,25			
Rikastushiekka B 08_2020						15,4	0,29	0,24	<0.05					481	48,1	0,1			
Rikastushiekka B 09_2020	394	4940	252000	29700	29200	16,1	0,32	0,28	<0.05	3,26	200	12	51,5	503	51,7	0,1	50,6	492	441,8
Rikastushiekka B 10_2020						13,1	0,36	0,3	0,07					410	62,1	0,15			
Rikastushiekka B 11_2020						10,7	0,34	0,29	0,05					334	65,6	0,2			
Rikastushiekka B 12_2020	414	4080	232000	33800	17600	13,7	0,3	0,23	0,07	3,41	157	7,4	24,2	428	59	0,14	57,8	419	360,9
Rikastushiekka B 12_2020 (2)						13,7	0,29												

## Analyysimenetelmät:

512P *:	Multi-element analysis by ICP-OES
810L *:	Analysis of S by combustion technique
811L *:	Analysis of C by combustion technique
816L:	Determination of C carb and C non carb by combustion technique
826T1:	Single addition NAG test, ARD Test Handbook, 2002
827T:	ABA test