



BIDJOVAGGE/PYRIITIN JA MAGNEETTIKIISUN KOBOLTTI- JA
NIKKELIPITOISUUKSISTA

Tilaaja O Helovuori

Tekijä E Hänninen

OUTOKUMPU Oy

Malminetsintä

Aulis Häkli

Aulis Häkli

Geologisen laboratorion

päällikkö

*~ Info Co-pyörytti saattaa
kestää viillivankkotoimen ja
kaljatuksen kokeilun.
Kannattaa jatkua tutkimus-
nia, ottaen yhteyttä myös
M. Hämäläiseen OKK:in.*

BIDJOVAGGE/PYRIITIN JA MAGNEETTIKIISUN KOBOLTTI- JA NIKKELI-
PITOISUUKSISTA

JOHDANTO

OKME:n Geologisessa laboratoriossa on määritetty Bidjovaggen massiivista rautakiisumalmia edustavasta näytteestä L 15/S 113.60 pyriitin ja magneettikiisun koboltti- ja nikkelpitoisuuksia. Menetelmistä toinen oli mikroanalysointi, toisaalta pyrittiin pitoisuudet selvittämään kemiallisesti AAS:llä käyttäen kahta eri liuotusmetodia: typpihappoliuotusta, jossa kaikki sulfidit liukenevat, ja bromimetanoliliuotusta, jossa magneettikiisu liukenee kokonaan, mutta pyriitistä standardiliuotusolosuhteissa ja -ajassa vain 7 %. Näiden kahden liuotusmenetelmän kautta saatujen tulosten perusteella on laskettavissa haluttujen mineraalien koboltti- ja nikkelpitoisuudet.

MIKROANALYYSITULOKSET

Mikroskooppitarkastelussa on näytteessä todettavissa tekstuuriltaan useamman laatuista pyriittejä. Oma-
muotoisten (primäärinen), suurimmillaan n. sentin läpimittaisten pyriittikiteiden lisäksi esiintyy magneettikiisun supergeenisen muuttumisen tuloksena syntyneitä sekundääristä pyriittiä, jota on ilmeisesti syntynyt useammassa eri vaiheessa. Mikroanalyysituloksia tarkasteltaessa ei näitä kuitenkaan ole eritelty, vaan taulukossa 1 on eritelty omiksi ryhmikseen vain primäärinen ja sekundäärinen pyriitti.

Taulukko 1. Pyriitin koboltti- ja nikkeli- pitoisuuksia

Primäärinen		Sekundäärinen	
Co (%)	Ni (%)	Co (%)	Ni (%)
4.09	0.00	0.56	0.05
3.76	0.00	0.39	0.22
2.37	0.00	0.25	0.35
2.36	0.02	0.24	0.01
2.30	0.02	0.22	0.25
1.93	0.00	0.22	0.25
0.88	0.00	0.16	0.15
2.53	0.01	0.13	0.11
		0.06	0.01
		0.06	0.00
		0.23	0.14

Primäärinen pyriitti on kobolttirikas ja lähes nikkelitön. Sekundäärinen pyriitti on kobolttiköyhä, nikkeli- pitoisuus on selvästi korkeampi kuin primäärisen.

Vastaavat magneettikiisun pitoisuudet on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Magneettikiisun koboltti- ja nikkeli- pitoisuuksia

Co (%)	Ni (%)
0.13	0.13
0.12	0.15
0.12	0.13
0.12	0.12
0.11	0.11
0.11	0.11
0.12	0.13

AAS-TULOKSET Kahdella eri liuotusmenetelmällä saadut pitoisuudet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. AAS-tuloksia

	Co (%)	Ni (%)	Fe (%)
Typpihappoliuotus	0.291	0.137	54.7
Bromimetanoliliuotus	0.104	0.124	46.0

MINERAALIPITOISUUDET

Pyriitti- ja magneettikiisupitoisuuksien laskemiseksi laaditaan seuraava yhtälöryhmä (analysoitu Fe on käytännöllisesti katsoen kaikki peräisin em. sulfideista):

$$\begin{cases} 0.457xSK + 0.60xFEK = 54.7 \text{ (HNO}_3\text{-liuotuksen Fe)} \\ 0.07x0.457xSK + 0.60xFEK = 46.0 \text{ (BM-liuotuksen Fe)} \end{cases}$$

SK = pyriittipitoisuus p-%

FEK = magneettikiisupitoisuus p-%

0.457 = arvioitu pyriitin Fe-pitoisuus/100

0.60 = arvioitu magneettikiisun
Fe-pitoisuus/100

0.07 = pyriitistä liukenee 7 % BM-liuotuksessa

Yhtälöryhmän ratkaisuna saadaan näytteen pyriittipitoisuudeksi 20.5 % ja magneettikiisupitoisuudeksi 75.6 %.

MINERAALIEN KOBOLTTI- JA NIKKELIPITOISUUDET

Mineraalien kobolttipitoisuuksien laskemiseksi käytetään seuraavaa yhtälöryhmää:

$$\begin{cases} 0.205xCo_{SK} + 0.756xCo_{FEK} = 0.291 \\ 0.07x0.205xCo_{SK} + 0.756xCo_{FEK} = 0.104 \end{cases}$$

Co_{SK} = pyriitin Co-pitoisuus p-%

Co_{FEK} = magneettikiisun Co-pitoisuus p-%

0.205 = pyriittipitoisuus/100

0.756 = magneettikiisupitoisuus/100

Pyriitin kobolttipitoisuudeksi saadaan 0.98 % ja magneettikiisun 0.12 %, mikä on sama kuin mikroanalysaattorilla saatu.

Nikkelipitoisuudet ratkaistaan seuraavalla yhtälöryhmällä:

$$\begin{cases} 0.205xNi_{SK} + 0.756xNi_{FEK} = 0.137 \\ 0.07x0.205xNi_{SK} + 0.756xNi_{FEK} = 0.124 \end{cases}$$

Pyriitin Ni-pitoisuudeksi saadaan 0.07 % ja magneettikiisun 0.16 %, hieman korkeampi kuin mikroanalysaattorilla (0.13).

09

PRIMÄÄRINEN JA SEKUNDÄÄRINEN PYRIITTI

Primäärisen ja sekundäärisen pyriitin suhteelliset määrät saadaan kaavasta:

$$0.0253xSK1 + (100 - SK1) x 0.0023 = 0.98$$

SK1 = primäärisen pyriitin määrä p-%

0.0253 = prim. pyriitin Co-pitoisuus/100

0.0023 = sekund. pyriitin Co-pitoisuus/100

0.98 = pyriitin totaali Co-pitoisuus

Ratkaisuksi saadaan 32.6 %, mikä on primäärisen pyriitin osuus totaalipyriitistä. Näin saadaan näytteen Fe-sulfidipitoisuuksiksi:

magneetikiisu	75.6 %
primäärinen pyriitti	6.7 %
sekundäärinen pyriitti	13.8 %

KOBOLTIN MINERALOGINEN JAKAUTUMA

Jos tarkastellaan koboltin jakautumaa sulfidien kesken, näyttää se seuraavanlaiselta:

magneetikiisu	31.2 %
primäärinen pyriitti	58.3 %
sekundäärinen pyriitti	10.9 %

YHTEENVETO

Edellä on esitetty pistokoeluonteisen testin tulokset tarkoituksena selvittää mineralogisia mahdollisuuksia kauppakelpoisen kobolttirikasteen tekemiseksi Bidjovaggen massiivisesta rautakiisumalmista. Tutkitun yhden näytteen perusteella tulos näyttää rikasteen pitoisuuden suhteen positiiviselta. Valtaosa koboltista (69 %) on kertynyt pyriittiin, jonka kobolttipitoisuus on 0.98 %, mikä olisi siis teoreettisen pyriittirikasteen Co-pitoisuus, nykyisin hyvinkin hyödyntämiskelpoista tavaraa. Mikäli tästä vielä pystyttäisiin poistamaan kobolttiköyhää sekundääristä pyriittiä, nousisi rikasteen Co-pitoisuus saannin suurempia kärsimättä. Teoreettisia mahdollisuuksia tähän saattaisi olla. Magneetikiisu olisi helposti poistettavissa heikkomagneettisesti (monokliininen magneetikiisu). Suhteellisen karkealla jauhatuksella operoitaessa poistuisi myös sekundääristä pyriittiä, josta osa on intiimisti yhteenkasvetunutta magneetikiisun kanssa.

12.7.1983

6

Tehdyn kokeen perusteella on osoitettu Bidjovaggen pyriitti ekonomisesti mielenkiintoiseksi. Asia tulisi varmentaa laajemmalla näytteistöllä käyttäen tässä kuvattua metodiikkaa eli analyysejä rinnakkaisista typpihappo- ja bromimetanoliliuotuksista ja jonkin verran myös mikroanalysaattorimäärityksiä.

JAKELU

O Helovuori

OKME/E Hänninen, arkisto

10

Ottelma

OUTOKUMPU OY
PALMINEISINTA
GEOLOGINEN LABORATORIO

05-JUL-83
ANALYSOIJAJA: MAL
TILAAJA: O.HELOVUORI
LAATU: KAIR JA POLYNAYTE
ALUE:

ATOMIABSORPTIOANALYYSIEN TULOKSIA
PITOISUUSYKSIKKO: MG/KG
Fe, S JA AS -PITOISUUSYKSIKKO: %

N:O	CU	ZN	NI	CO	PB	AG	MN	CR	FE	S	AS
83.38024	3240.0	28.0	304.0	414.0	41.0	2.3			16.43	11.90	
83.38025	538.0	22.0	114.0	268.0	16.0	3.3			8.90	6.41	
83.38026	455.0	13.0	75.0	253.0	23.0	2.3			7.56	5.08	
83.38027	95.0	18.0	67.0	531.0	24.0	0.6			11.12	12.20	
83.38028	163.0	28.0	102.0	410.0	32.0	0.9			8.71	9.00	
83.38029	50.0	11.0	187.0	790.0	43.0	1.7			10.88	14.40	
83.38030	131.0	31.0	241.0	647.0	48.0	1.8			10.85	11.30	
83.38031	1476.0	37.0	391.0	467.0	52.0	0.7			11.71	13.00	
83.38032	7770.0	18.0	186.0	387.0	46.0	1.5			11.15	8.51	
83.38033	493.0	30.0	90.0	177.0	40.0	0.4			2.55	2.00	
83.38034	3080.0	28.0	89.0	171.0	34.0	0.0			2.38	1.53	
83.38035	145.0	19.0	44.0	61.0	24.0	0.0			1.39	0.20	
83.38036	84.0	15.0	47.0	186.0	32.0	0.0			3.15	2.23	
83.38037	166.0	12.0	250.0	438.0	29.0	0.0			7.35	7.85	
83.38038	246.0	13.0	344.0	855.0	37.0	0.2			11.30	13.60	
83.38039	124.0	28.0	271.0	537.0	33.0	0.0			8.33	9.51	
83.38040	121.0	12.0	272.0	420.0	38.0	0.0			10.11	0.86	
83.38041	3800.0	48.0	211.0	54.0	43.0	0.0			2.34	0.34	
83.38042	3080.0	51.0	116.0	39.0	30.0	0.0			2.02	2.17	
83.38043	1138.0	15.0	156.0	71.0	31.0	0.0			3.58	0.15	
83.38044	238.0	19.0	61.0	31.0	1.0	0.6			1.03	4.23	
83.38045	2086.0	17.0	244.0	165.0	13.0	1.3			5.45	5.87	
83.38046	1058.0	12.0	99.0	293.0	6.0	0.3			6.69	7.87	
83.38047	1365.0	12.0	87.0	368.0	24.0	1.1			9.55	0.83	
83.38048	4040.0	26.0	133.0	30.0	21.0	0.7			2.11	3.87	
83.38049	3630.0	36.0	253.0	131.0	28.0	1.3			5.49	0.45	
83.38050	1152.0	72.0	98.0	98.0	11.0	0.6			1.79	0.26	
83.38051	481.0	38.0	74.0	21.0	14.0	0.0			0.91	1.43	
83.38052	3260.0	37.0	117.0	49.0	15.0	0.0			2.81	1.75	
83.38053	1781.0	33.0	121.0	75.0	22.0	0.2			3.84	3.21	
83.38054	782.0	0.0	88.0	239.0	24.0	0.3			5.07	4.30	
83.38055	241.0	10.0	87.0	224.0	14.0	0.3			4.40	0.85	
83.38056	710.0	10.0	32.0	92.0	22.0	0.0			1.59	1.03	
83.38057	158.0	11.0	35.0	139.0	24.0	0.0			2.09	1.98	
83.38058	751.0	27.0	142.0	50.0	15.0	0.3			3.10	0.52	
83.38059	48.0	16.0	131.0	1352.0	27.0	0.6			15.82	17.10	
83.38060	17.0	12.0	159.0	837.0	33.0	0.4			11.15	12.70	
83.38061	103.0	10.0	116.0	199.0	24.0	0.3			5.38	6.09	
83.38062	81.0	9.0	114.0	341.0	39.0	1.2			6.62	7.62	
83.38063	141.0	14.0	95.0	497.0	42.0	1.2			10.59	12.90	
83.38064	73.0	9.0	83.0	400.0	35.0	1.0			6.91	7.86	
83.38065	101.0	9.0	73.0	176.0	39.0	0.8			4.70	3.81	
83.38066	383.0	15.0	183.0	362.0	46.0	1.0			8.25	8.39	

DUTKUMFU OY
MALMINETSINTA
GEOLOGINEN LABORATORIO

04-JUL-83
ANALYSÖIJÄ: MAL
TILAAJA: O.HELOVUORI
LAATU: KAIR JA POLYNAYTE
ALUE:

ATOMIABSORPTIOANALYYSIEN TULOKSIA
PITOISUUSYKSIKÖ: MG/KG
FE, S JA AS -PITOISUUSYKSIKÖ: %

N:O	CU	ZN	NI	CO	PB	AG	MN	CR	FE	S	AS
83.38501	512.0	10.0	21.0	11.0	10.0	1.3			0.68	0.03	
83.38502	4380.0	11.0	67.0	63.0	13.0	0.6			2.01	1.54	
83.38503	7840.0	35.0	302.0	309.0	43.0	1.2			7.21	5.26	
83.38504	2545.0	17.0	112.0	120.0	19.0	0.4			3.62	2.15	
83.38505	21130.0	17.0	134.0	188.0	18.0	0.8			5.66	4.68	
83.38506	1866.0	17.0	48.0	184.0	22.0	0.4			2.79	2.51	
83.38507	616.0	17.0	48.0	85.0	12.0	0.0			2.20	1.69	
83.38508	1379.0	11.0	44.0	167.0	21.0	0.1			3.54	3.31	
83.38509	1486.0	15.0	62.0	331.0	18.0	0.0			7.76	6.65	
83.38510	224.0	14.0	41.0	61.0	15.0	0.0			1.27	0.72	
83.38511	3840.0	17.0	54.0	53.0	17.0	0.1			1.50	1.02	
83.38512	17050.0	40.0	73.0	80.0	37.0	0.2			5.72	4.01	
83.38513	48200.0	78.0	138.0	61.0	73.0	2.7			6.58	6.66	
83.38514	4100.0	59.0	1217.0	421.0	33.0	1.2			20.47	15.20	
83.38515	20800.0	28.0	561.0	170.0	28.0	0.0			8.99	8.01	
83.38516	35400.0	78.0	189.0	72.0	31.0	1.3			12.54	13.40	
83.38517	115200.0	114.0	453.0	227.0	39.0	2.1			17.30	15.00	
83.38518	15480.0	21.0	701.0	241.0	63.0	1.0			11.33	9.52	
83.38519	4280.0	37.0	228.0	94.0	18.0	0.0			4.69	3.16	
83.38520	6320.0	25.0	366.0	99.0	39.0	0.6			10.28	7.82	
83.38521	4210.0	17.0	79.0	88.0	41.0	2.5			2.04	0.33	
83.38522	3660.0	8.0	51.0	51.0	20.0	0.8			0.53	0.47	
83.38523	109.0	20.0	131.0	123.0	51.0	1.3			2.11	0.08	
83.38524	142.0	11.0	54.0	86.0	18.0	0.4			1.14	0.62	
83.38525	28.0	14.0	72.0	286.0	35.0	1.7			2.69	3.27	
83.38001	1124.0	85.0	134.0	62.0	27.0	0.6			2.43	1.89	
83.38002	3067.0	112.0	255.0	114.0	39.0	0.9			6.40	4.15	
83.38003	145.0	58.0	122.0	22.0	13.0	0.2			0.55	0.37	
83.38004	2067.0	43.0	126.0	71.0	22.0	0.6			2.95	1.61	
83.38005	1979.0	32.0	583.0	305.0	50.0	1.3			10.83	8.96	
83.38006	2132.0	44.0	72.0	46.0	24.0	0.5			1.52	0.93	
83.38007	10.0	29.0	103.0	430.0	23.0	0.9			5.85	7.33	
83.38008	62.0	45.0	48.0	112.0	27.0	0.2			2.69	2.26	
83.38009	0.0	13.0	25.0	85.0	20.0	0.3			0.63	0.76	
83.38010	0.0	10.0	18.0	53.0	14.0	0.0			0.33	0.50	
83.38011	44.0	24.0	79.0	335.0	32.0	0.0			3.32	3.51	
83.38012	1253.0	44.0	139.0	372.0	33.0	1.2			5.34	11.00	
83.38013	150.0	13.0	124.0	353.0	27.0	0.5			7.40	7.57	
83.38014	27.0	9.0	58.0	163.0	16.0	0.0			2.72	3.52	
83.38015	5.0	12.0	66.0	266.0	29.0	0.2			6.31	3.85	
83.38016	0.0	17.0	83.0	278.0	27.0	0.5			4.02	4.70	
83.38017	0.0	34.0	76.0	362.0	33.0	0.7			7.95	9.01	
83.38018	0.0	21.0	53.0	431.0	57.0	0.3			6.70	6.67	
83.38019	73.0	23.0	119.0	249.0	36.0	0.3			7.66	8.26	
83.38020	122.0	13.0	136.0	293.0	33.0	0.6			5.23	6.65	
83.38021	1293.0	34.0	243.0	453.0	52.0	4.5			8.86	8.44	
83.38022	98.0	16.0	97.0	307.0	40.0	1.3			3.16	1.71	
83.38023	1410.0	39.0	154.0	340.0	67.0	1.3			11.12	6.58	

O. Helovuori

Au-määrityksiä

Näyte	Au mg/Kg	Huom.
83. 38501	0.12	
38502	1.25	
38503	0.74	
38504	0.17	
38505	0.82	
38506	0.09	
38507	< 0.05	
38508	0.08	
38509	0.12	
38510	0.05	
38511	0.10	
38512	0.42	
38513	0.68	
38514	0.16	
38515	0.27	
38516	2.59	
38517	4.88	
38518	1.98	
38519	0.11	
38520	0.18	
38521	0.15	
38522	< 0.05	
38523	< 0.05	
38524	< 0.05	
38525	< 0.05	
38001	0.09	
38002	0.34	
38003	0.24	
38004	0.90	
38005	0.08	

O. Helovuori

Au-määrittelyksiä

Näyte	Au mg/Kg	Huom.
83. 38006	0.39	
38007	<0.05	
38008	<0.05	
38009	<0.05	
38010	<0.05	
38011	0.07	
38012	0.18	
38013	0.11	
38014	0.07	
38015	0.06	
38016	0.13	
38017	0.17	
38018	0.52	
38019	0.31	
38020	0.30	
38021	0.08	
38022	0.11	
38023	0.46	
38024	0.21	
38025	0.09	
38026	0.09	
38027	0.05	
38028	0.19	
38029	0.85	
38030	0.44	
38031	0.18	
38032	1.57	
38033	0.35	
38034	1.78	
38035	0.08	

O. Helovuori

Au-määrittelyksiä

Näyte	Au mg/Kg	Huom.
83.38036	0,08	
38037	1,21	
38038	0,55	
38039	0,57	
38040	0,30	
38041	1,81	
38042	0,27	
38043	0,08	
38044	0,64	
38045	0,85	
38046	0,05	
38047	0,10	
38048	1,44	
38049	0,65	
38050	9,96	
38051	2,45	
38052	0,12	
38053	0,51	
38054	<0,05	
38055	0,06	
38056	0,99	
38057	0,13	
38058	0,06	
38059	0,12	
38060	0,11	
38061	0,14	
38062	<0,05	
38063	0,14	
38064	0,07	
38065	0,05	
38066	0,39	

BIDJOVAGGE 21,6 19 83

ANALYYSITILAUS

Vastaanottaja:
OUTOKUMPU OY
MALMINETSINTÄ/R. HURSKAINEN
02201 ESPOO
PL 27

Tilaaaja: O. HELOYUORI
OUTOKUMPU OY/UKA

Analyysinumerot 38501-38525 JA 38001-38066
Määrittelyt CU JA AU ja S, Zn, Ni, Co, Ag, Pb, Fe
Näytteiden laatu 38501-38525/KAIR, 38001-38066/PÖLYNÄYTTE
Kiireellisyys SOPIMUS/U. PENTTINEN Jätenäytteet palautetaan/hävitetään
Lisätietoja

Tulosten jakelu: tilaaja OUTOKUMPU OY/RS BIDJOVAGGE GRUBER
POSTBOX 160, 9520 KAUTOKKAINO

Näytteet saapuneet murskaamoon 27,6 19 83
kem. laboratorioon 19.....
Tulokset lähetetty 6,7 19 83

HUOM!

Pienet analyysipussit arkistoidaan OKME:en