



BERGSKRAFT
Bergslagen AB

Rapport

**Utförande av efterbehandling av Eriks hög, Gladhammars gruvfält,
Västerviks kommun, samt uppföljande mätningar av vattenkvaliteten**



Injektering genomförs i "Eriks hög"

Lotta Sartz
Mattias Bäckström

BKBAB 18-303 Rep

rev. 2018-09-01

1. INLEDNING

Inom Gladhammars gruvfält finns idag en upplagd hög ("Eriks hög") med varp bevarad av mineralskål. Det har dock visat sig att denna sparade hög idag står för en betydande andel av utlakad årlig mängd av metaller från området efter den genomförda efterbehandling under 2011.

Västerviks kommun har under våren 2017 genomfört en efterbehandling av Eriks hög genom att injektera grönslutslam för att höja pH och fastlägga de föreliggande spårelementen.

Denna rapport beskriver den genomförda åtgärden och vattenkvalitetsmätningar under det första året efter efterbehandlingen.

2. BESKRIVNING AV OMRÅDET

2.1. ERIKS HÖG

Eriks hög består av ett antal högar från olika delar av det ursprungliga gruvområdet. Högarna är i huvudsak tippade i två längder med rasvinkel längs kanterna på en tät yta som leder allt lakvatten ut genom en enda punkt där provtagning kan utföras. Eriks hög bedöms täcka en yta om ungefär 1 000 m² med en varierande mäktighet från 0 till 3 m (bedömt genomsnitt 2 m). Den totala volymen avfall anges vara 880 m³ och den totala mängden antas vara ungefär 2 380 ton.

2.2. GRUVAVFALL

Analysresultat finns inte tillgängligt för den upplagda högen (Eriks hög) utan tidigare resultat från inventering och karaktärisering av allt gruvavfall innan efterbehandlingen har använts. Den upplagda högen är sammansatt av material från hela området, varför denna jämförelse bedöms ge en rimlig beskrivning av den upplagda högen.

I tabell 1 nedan återfinns totalhalter för en del av de element som återfinns i varpen inom gruvfältet. Resultaten indikerar ett visst svavelinnehåll och en låg buffrande kapacitet.

Tabell 1: Urval av problematiska element i varp från Gladhammar. Kursivt indikerar halv detektionsgräns för analysmetoden (MG-1).

	CaO (%)	As (mg/kg ts)	Co (mg/kg ts)	Cu (mg/kg ts)	Pb (mg/kg ts)	S (mg/kg ts)
Varp 15:1	<i>0,045</i>	210	806	3 750	708	5 530
Varp 17:1	<i>0,045</i>	230	1 820	3 700	821	8 010
Varp 29:1	<i>0,045</i>	87,7	1 070	4 410	1 050	5 670
Varp 15:2	0,129	890	321	1 790	2 380	4 170
Varp 27:1	0,213	129	1 450	35 100	1 110	21 500
Varp 39:1	2,59	4,18	26,2	4 480	771	7 020

Genomförda syra-bas-räkningar indikerar att en stor del av varpen inom området är syrabildande (tabell 2). Medel- respektive medianvärdet för NNP är -24,3 och -17,6 kg CaCO₃/ton.

Tabell 2: Resultat från syra-bas-räkning av varp från gruvområdet innan efterbehandling.
NNP: nettoneutraliseringspotential

	pH	S (%)	NNP (kg CaCO ₃ /ton)
Saml. Prov	-	1,65	-50,3
12:1 Varp	5,8	0,473	-12,3
15:1 Varp	6,1	0,553	-13,2
17:1 Varp	5,7	0,801	-24,4
21:1 Varp	4,9	0,845	-23,9
24:1 Varp	5,3	0,558	-14,9
26:1 Varp	5,3	2,15	-65,2
28:1 Varp	5,4	0,567	-14
29:1 Varp	5,2	0,729	-20,3
36:1 Varp	5,4	0,252	-5,4

Genomförda sekventiella lakningar (Västerviks kommun, 2005) visar att exempelvis arsenik och bly till stora delar föreligger associerat till sekundära järnfaser i den vittrade varpen.

2.3. LAKVATTEN

Lakvatten från Eriks hög har provtagits i den brunn som avbördar vatten från högen sedan början av 2013. Fram till mitten av 2016 finns 18 provtagningar rapporterade. En sammanställning av ett urval av analysparametrar återfinns i tabell 3 nedan. Antagandet att allt svavel föreligger som sulfat antyder maximala sulfathalter om 600 mg/L. Halterna i lakvattnet från Eriks hög är mycket höga med avseende på kobolt och koppar. Arsenikhalterna är låga i lakvattnet.

Tabell 3: Beskrivning av lakvattnet från Eriks hög mellan 2013 och sommaren 2016 (n 18).
Samtliga arsenikhalter under detektionsgräns.

	pH	Ca (mg/L)	Fe (mg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Zn (µg/L)	S (mg/L)
Min	3,7	3,03	0,118	10 000	58 200	945	90,8	598	84,4
Medel	3,8	5,33	0,191	21 300	96 500	1 720	249	1 080	141
Median	3,8	5,12	0,185	20 400	93 300	1 830	257	1 030	138
Max	4,1	7,72	0,308	35 000	132 000	2 770	429	1 700	201

3. PLANERAD EFTERBEHANDLING

Det upplagda avfallet i Eriks hög är syrabildande (ungefär 20 kg CaCO₃/ton). Aciditeten i lakvattnet bedöms dock vara tämligen låg (bedömd utifrån sulfathalten) medan kobolt- och kopparhalter i lakvattnet är mycket höga. Dessbättre är järnhalterna i lakvattnet låga, vilket är gynnsamt då det underlättar vid tillsats av alkaliska material (ger mindre sekundära järnutfällningar).

Grönlutslam (GLS) har i genomsnitt en buffringsförmåga om ungefär 400 kg CaCO₃/ton, vilket betyder att för att neutralisera den mängd syrabildande material som finns i gruvavfallet krävs en tillsats om 5 % till Eriks hög (motsvarande 12,5 % våtvikt). Med en total mängd om 1 260 ton gruvavfall behövs ungefär 64 ton (torrvikt) GLS för att neutralisera den potentiella syrabildningen. Med en ungefärlig torrsubstans om 40 % krävs det ungefär 160 ton våtvikt GLS för att motverka syran i gruvavfallet. Detta motsvarar ungefär 5 lastbilar med släp.

4. GENOMFÖRD EFTERBEHANDLING

4.1. TEKNISKT GENOMFÖRANDE

Efterbehandlingen genomfördes mellan 2017-05-17 och 2017-06-01. Stålrör drevs ner ungefär 1 m under ytan med hjälp av ett spett. En planblandare användes för att blanda till slurry av grönlutslam och vatten inför injekteringen. Grönlutslammet blandades med ytterligare vatten och mindre mängder stabiliseringsmedel för att erhålla en viskös pumpbar blandning.

Vatten för slurrin hämtades från ett av de närliggande gruvhålen. Efter blandaren användes en mellantank för att låta eventuellt kalkgrus sedimentera. Från mellantanken pumpades suspensionen med hjälp av en tryckande pump (kolvpump eller slampump). Sammanlagt genomfördes injektering i 99 punkter över hela Eriks hög (Bilaga 1). I samtliga punkter pumpades slurry ner tills indikation erhöles på att porutrymmet var fyllt.



Figur 1: Illustration över injekteringstäthet över de olika högarna. Notera brunnen i mitten av bilden som är en av brunnarna bland högarna som leder allt lakvatten till en gemensam utloppsbrunn.



Figur 2: Lastning av grönlutslammet till planblandaren.



Figur 2: Injekteringspsett med pumpslang ansluten.

4.2. INJEKTERAT MATERIAL

Grönlutslam transporterades från Mönsterås och tippades i anslutning till Eriks hög. Sammantaget erhöles och injekterades totalt 100 ton vått grönlutslam. Enligt den ursprungliga planen skulle 160 ton vått (40 % torrsubstans) grönlutslam injekteras (motsvarande 64 torrt). Då grönlutslammet hade legat ett tag på Mönsterås industriområde var dock torrhalten på det

levererade materialet betydligt högre. Genomsnittlig torrhalt på det levererade materialet var ungefär 63 % (n 5), vilket betyder att de levererade 100 ton (vått) motsvarar 63 ton torrt.



Figur 3: Tippat grönlutslam från Mönsterås.

4.3. MILJÖÖVERVAKNING UNDER INJEKTERING

Under åtgärden övervakades det lakvatten som mynnar i brunnen som avvattnar delområdet. Det är tydligt att det redan efter några dagar märks markanta skillnader i vattenkemin; pH, elektrisk

konduktivitet och alkalinitet har ökat markant. Detta indikerar att den befintliga syran i deponin är neutraliserad samtidigt som mängden lösta joner i lakvattnet har ökat.

Tabell 4: Resultat från mätning av lakvatten från området under efterbehandlingen (negativ alkalinitet anger aciditet).

	El. kond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Alkalinitet (mekv/l)
2017-05-17	1 154	2,56	-3,36
2017-05-18	471	3,71	-1,99
2017-05-22	9 280	9,91	51,3
2017-05-23	8 260	8,82	28,7
2017-05-24	6 930	8,06	23,8
2017-05-29	8 550	8,63	31,5
2017-05-30	4 480	7,59	13,3
2017-05-31	3 710	7,38	9,63
2017-06-01	7 950	8,36	29,0

4.4. MILJÖÖVERVAKNING EFTER AVSLUTAD INJEKTERING

Lakvatten från Eriks hög har provtagits i den brunn som avbördar vatten från högen sedan början av 2013. Fram till mitten av 2016 finns 18 provtagningar rapporterade. Efter genomförd efterbehandling har 4 provtagningar i samma punkt genomförts. En sammanställning av ett urval av analysparametrar återfinns i tabell 5 nedan. Halterna i lakvattnet från Eriks hög före åtgärden är mycket höga med avseende på kobolt och koppar. Arsenikhalterna är låga i lakvattnet.

Tabell 5: Beskrivning av lakvattnet från Eriks hög mellan 2013 och sommaren 2016 (n 18). Samtliga arsenikhalter under detektionsgräns (ud) innan genomförd efterbehandling. Reduktion (%) utifrån den sista provtagningen (2018-03-28) och median före efterbehandlingen.

	pH	Co ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Cu ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{L}$)	Zn ($\mu\text{g}/\text{L}$)	As ($\mu\text{g}/\text{L}$)	S (mg/L)
Medel, före	3,8	21 300	96 500	1 720	249	1 080	Ud	141
Median, före	3,8	20 400	93 300	1 830	257	1 030	Ud	138
2017-06-27	7,5	4 880	38 200	512	911	185	500	1 480
2017-09-12	7,4	2 570	7 910	204	67,5	68,6	115	1 380
2017-12-12	7,7	1 560	3 080	99,1	12,8	63,8	49,0	849
2018-03-28	8,3	1 050	1 330	66,2	1,86	25,2	21,6	573
Reduktion (%)		95	99	96	99	98	-	-320

Efter åtgärden har pH stigit markant. Det är tydligt utifrån de senaste provtagningarna efter den genomförda efterbehandlingen att halterna av de främsta problemelementen ha minskat betydligt.

Vid den sista provtagningen är exempelvis halterna kobolt och koppar 95 respektive 99 % lägre än innan efterbehandlingen. Halterna nickel, bly och zink är också markant lägre än innan efterbehandlingen. Halterna natrium, kalium, magnesium och kalcium har istället ökat markant, vilket är ett resultat av innehållet i grönslutslammet. Ökat har halterna järn, mangan och svavel, vilket indikerar på att sura sekundärmineraller har funnits djupare in i högen. Till följd av de upplösta sura sekundärmineralerna och ökat pH har koncentrationen av oxyanjoner (vanadat (V), fosfat (P), molybdat (Mo) och arsenat (As)) ökat i lakvattnet. Vid den senaste provtagningen var arsenikhalterna 21,6 µg/l, vilket är lägre än vid första provtagningen. Det är mycket troligt att det inledande lakvattnet efter efterbehandlingen kommer att ha något högre halter av de ämnen som är associerade med de sura sekundärmineralerna som löstes upp när pH ökade. När järnhalterna till följd av det ökade pH kommer att sjunka igen kommer halterna av de anjoniska elementen också att sjunka.

4.5. ÅTGÄRDENS BESTÄNDIGHET

Det potentiellt syrabildande innehållet i högarna motsvarar ungefär 22 ton kalciumkarbonat. Eftersom dessa beräkningar antar att allt svavel förekommer som pyrit är detta mycket konservativt och den verkliga syrabildande förmågan är därmed lägre. Den tillsatta buffringsförmågan i form av grönslutslam motsvarar drygt 25 ton kalciumkarbonat, vilket betyder att den buffrande förmågan är i överskott. En stor del av den syrabildande potentialen kommer dock att passiveras (30-50 %) av det injekterade grönslutslammet, varför det faktiska överskott av buffrande material bedöms vara i storleksordningen 10-14 ton kalciumkarbonat. En mindre del av den buffrande kapaciteten lakas dock ut från högarna utan att bidra till neutralisering av den förekommande syran. Den genomsnittliga alkaliniteten i lakvattnet efter åtgärden är 170 mg/l, vilket gör att ungefär 34 kg alkalinitet lämnar högarna årligen via lakvattnet. Det förekommande överskottet av buffertförmåga kan därmed lakas från högarna på 300-400 år innan det finns risk att buffertförmågan blir lägre än den potentiellt syrabildande förmågan.

5. SAMMANFATTNING

Överlag genomfördes efterbehandlingen så som den var tänkt utan några större problem. Injekttering genomfördes i sammanlagt 99 punkter jämt spridda över samtliga högar inom området. I samtliga punkter injekterades grönslutslam tills indikation erhöles på att punkten inte kunde ta emot mer slurry (antingen stopp eller utträngande material längre ner). Ungefär 63 ton av planerade 64 ton (omräknat till torrsvikt) kunde injekteras. Anledningen till den marginellt lägre tillförseln var att hålrummen i flera av högarna var så grova att de inte kunde hålla kvar slurryn. Detta beror till stor del på att högarna var omrörda och nyligen tippade på det nya området.

Efterföljande övervakning av lakvattnet indikerar tydligt ökat pH (från 3,8 till runt 8) med markant lägre halter av kadmium (93 %), kobolt (95 %), koppar (99 %), nickel (96 %), bly (99 %) och zink (98 %). Ökande halter har noterats av främst järn, sulfat och arsenik, vilket sannolikt är en följd av att sura sekundärmineraller gick i lösning som följd av den kraftiga pH-ökningen. Vid ökad utfällning av järn kommer dessa halter att sjunka, vilket också har bekräftats av de senare mätningarna.

Efterbehandlingen bedöms vara beständig under lång tid; i sämsta fall flera hundra år. I realiteten bedöms dock beständigheten vara längre än så.

Sammantaget bedöms efterbehandlingen ha fungerat väl ur både ett genomförandeperspektiv och ur ett miljöperspektiv med kraftigt sänkta halter av de främsta problemelementen.

6. REFERENSER

Sartz, L. och Bäckström, M. (2016) Utvärdering av kemiska egenskaper för historiskt avfall inom Gladhammars gruvfält samt förslag till åtgärd av Eriks hög. BKBAB 16-107 PM, Bergskraft Bergslagen AB

Västerviks kommun (2005) Inventering och karaktärisering av avfallen vid Gladhammars gruvor – Undersökning av utbredning, halter, vittringsbenägenhet och lakegenskaper. Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:03



Bilaga 1

INJEKTERING ERIKS HÖG

2017-05-17 – 2017-06-01

Injekterings- rörens placering

