

Storskalig stabilisering av sulfidjordar



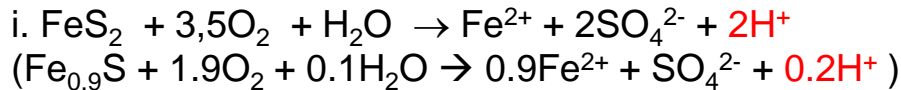
*Envix Nord AB
Daniel Ragnvaldsson
23 maj 2018, Skellefteå*

Bakgrund – Vilka potentiella problem finns med sulfidförande material?

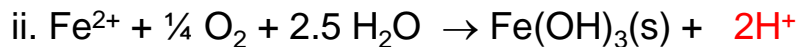
Sulfidförande material oxiderar i kontakt med syre - Gemensamt problem som finns för t.ex. gråberg/gruvavfall, sulfidjordar från anläggningsarbeten, tunnelborrmassor, täktverksamheter

Samma kemi, men olika omfattning beroende på svavel, järn och metallinnehåll, pyrit (FeS_2 , vanligaste sulfidmineral)

Syrabildningen sker i två steg.



I kontakt med syre oxideras tvåvärt järn till trevärt järn och bildar s.k. sekundära järnutfällningar. Även detta är en syrabildande process



Vid syrefattiga förhållanden kan oxidation av Fe^{2+} utebli, men sker då tillgång till syre finns tillgängligt (Latent aciditet).

Andel pyrit eller monosulfid i sulfidjordar varierar, men pyrit som är mer stabil dominerar vanligen.

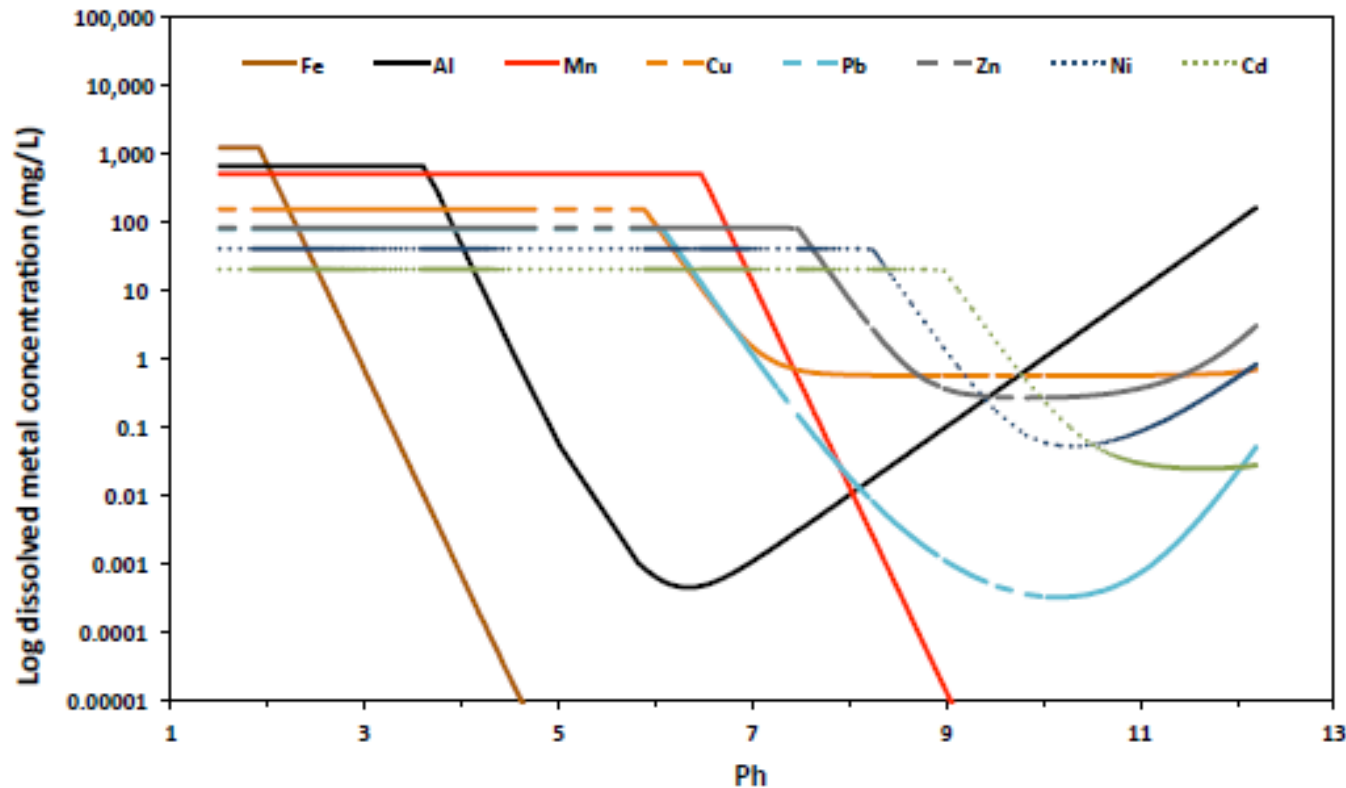


ENVIX

WWW.ENVIX.SE

Vilka potentiella problem finns med sulfidförande material?

För katjoniska metaller, t.ex. kadmium, koppar, nickel och zink, stiger lösligheten och halter i vatten markant med sjunkande pH-värde \implies ökad risk för skador på akvatiskt liv!



Metaller/halvmetaller t.ex. As som bildar oxyanjoner har ett omvänt pH-beroende!



ENVIX

WWW.ENVIX.SE

Ursprung och utbredning av sulfidjordar

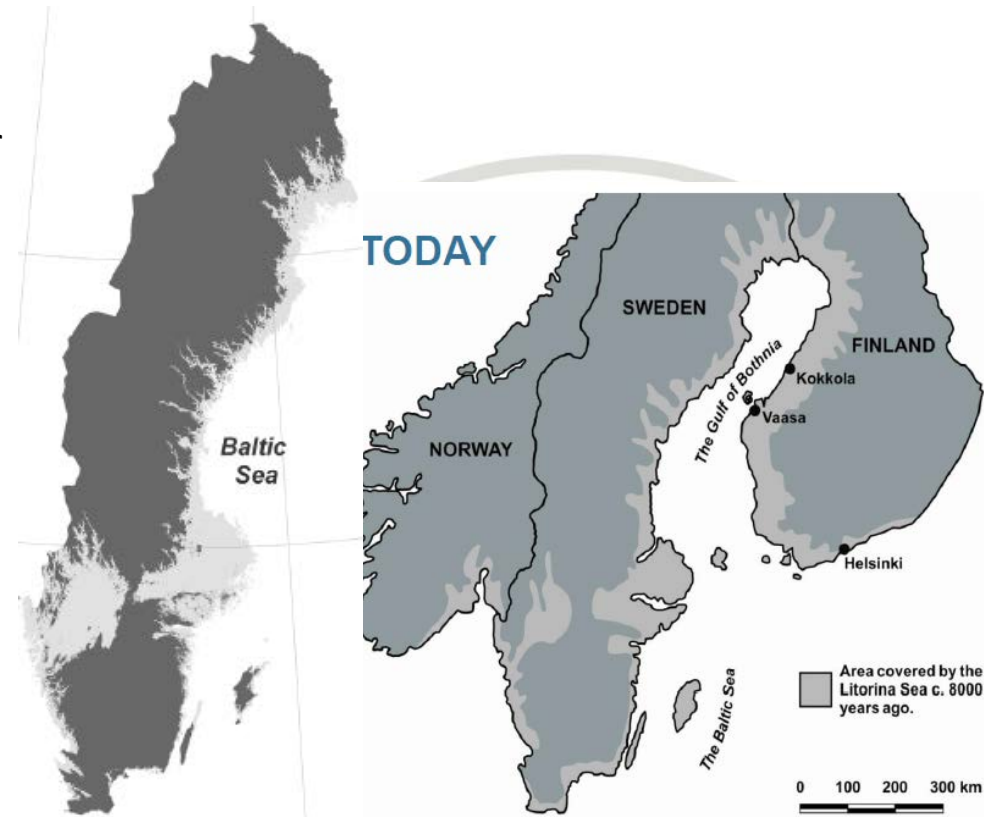
Sulfidjord utgörs av postglaciala sediment som bildats under högsta havsnivån > 8000 år sedan (Litorinahavet).

Landhöjning har medfört att sulfidjord återfinns i stor omfattning längs kust och älvdalar

Omfattande utbredning i både SWE och FIN

Kräver hänsyn vid dikningsföretag (vanligast med jordbruksmark) och anläggningsarbeten!

Negativa effekter i ytvatten har påvisats både i SWE och FIN



Källa: SGU

GTK, FIN

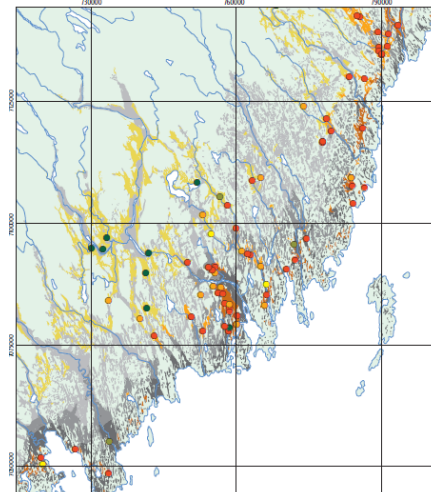
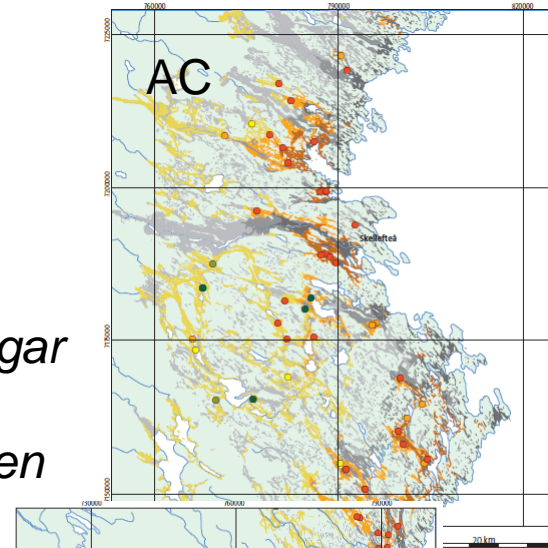
Ursprung och utbredning av sulfidjordar



ENVIX

WWW.ENVIX.SE

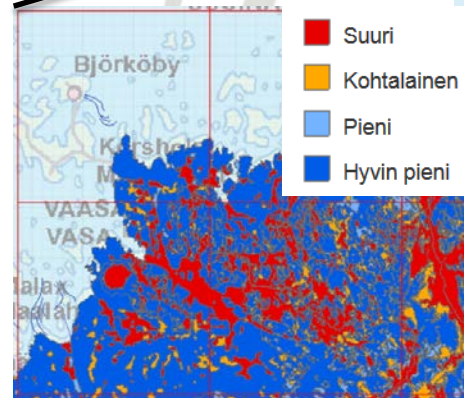
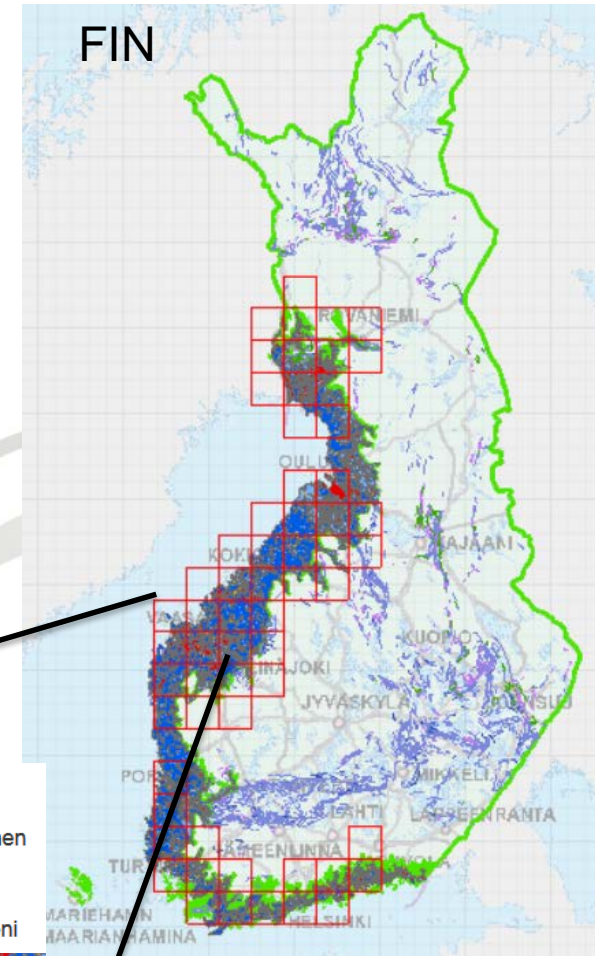
Mer regionala
sammanställningar
i Sverige
Bl.a. Västerbotten
och Norrbotten



pH-klassning i laboratoriet

● A: Lågt än 3,5	■ Silt och lera 0-2000 år
● B: 3,5-3,9	■ Silt och lera 2000-4000 år
● C: 4,0-4,4	■ Silt och lera äldre än 4000 år
● D: 4,5-5,0	■ Skyddande jordart 0-2000 år
● E: Högre än 5,0	■ Skyddande jordart 2000-4000 år
	■ Skyddande jordart äldre än 4000 år

Detaljerad
kartering i FIN



■ Suuri
■ Kohtalainen
■ Pieni
■ Hyvin pieni

PROBABILITY MAPS

• Scale 1:250 000

<http://gtkdata.gtk.fi/Hasu/index.html>



Exempel stabilisering av sulfidjord från Kv Laxen, Umeå 2017

ENVIX

WWW.ENVIX.SE





ENVIX

WWW.ENVIX.SE

Storskalig stabilisering av sulfidjord Dåvaområdet 2017

- Utgångsmaterial sulfidjord från sanerings- och anläggningsschakt
- Total-S ca 3000 – 7000 mg/kg TS = sulfidjord med hög syrabildande potential (pH 3-4).
 - Analogt med TrV Västra länken
- Recept framtaget steg 1 i hinkförsök på lab.
- Full skala 3500 ton sulfidjord stabiliserad
- Blandning kalk + sulfidjord med genomströmningsblandare
- Kapacitet 80 – 100 ton/h

Stabilisering av sulfidjordar

Med kännedom om bakomliggande processer som potentiellt kan orsaka problem med syrabildning är det också enkelt att avhjälpa och säkerställa att surhet aldrig uppstår från materialen.

Vanliga frågeställningar:

Sulfidjord

- Svavelhalt (sulfid)/syrabildande potential ?
- Andra miljö- och hälsofarliga ämnen ?
- Lakningsegenskaper

Stabilisator (i detta fall återvunnen kalk från Husum)

- Ursprung
- Egenskaper
- Innehåll av miljö- och hälsofarliga ämnen
- Lakningsegenskaper och neutralisationsförmåga

Karakterisering av sulfidjorden

- Undersöka sulfidjorden syrabildande potential
- Grundkarakterisering , (S-tot, metaller, lakteter, pH)
- Designa och ta fram recept för hur mycket alkaliskt material som bör tillföras för att behålla jorden varaktigt stabil
 - I blandförsök demonstrera hur stabiliseringen påverkar sulfidjordens surgörande förmåga (pH) samt urlakning av metaller.
 - Utvärdering med lakteter
 - Visa på måluppfyllnad mot regelverk
 - Användning av "avfall" i anläggningsändamål (NV handbok 2010:10)
 - NV rapport 5976 KM/MKM-krav
 - Annan relevant lagstiftning/bedömningsgrund

Genomförande - hur gör vi?



ENVIX

WWW.ENVIX.SE

Steg 1: Förankring och tidigt samråd med tillsynsmyndighet

Steg 2: Provtagning och karakterisering

- **Alt 1:** Provtagning på plats genom t.ex. förborring och uttag av prover i schakter (samlingsprover)
- **Alt 2:** Schakt påbörjas och provtagning sker synkront med utgrävning (grundkarakterisering utförs express)

Steg 3: Laboratieförsök, utvärdering och riskanalys

- Laboratorieanalyser och blandningsförsök utförs
- Data tolkas och design och recept tas fram.
- Neutraliserande förmåga hos alkalisk tillsats (mesakalk) känd sedan tidigare, Inga föroreningar tillförs vid tillsats.
- Riskanalys för platsspecifikt genomförande vid enskild plats som har ett behov av massor för anläggningsändamål

Genomförande - hur gör vi?

Steg 4: Implementering/genomförande

- Storskalig blandning enligt recept med genomströmningsblandare
- -film
- Utförs ev. på tät yta med kontroll på avgående vatten
- Uttag av verifierande kontrollprover
- Återvinning i specifikt ändamål
- Dokumentation och uppföljning mot myndighet
- Kontrollprogram
 - Efterkontroll ej nödvändig om resultat som uppvisas är godkända. Mätning och kontroll kan också ske automatiskt delvis inom ramen för befintligt kontrollprogram för verksamhet.

Stabilisator

- Stabilisator är en restprodukt från massaindustrin – mesan (i detta fall) har hög renhetsgrad, är mycket välkarakteriserad och anses inte utgöra något hinder för användning i ändamålet. Mesa ingår som en mindre komponent i en ren neutral och stabiliserad naturlig jord.
- Andra kalktyper (CaCO_3) fungerar, men är vanligen dyrare

Mesa totalinnehåll



ENVIX

WWW.ENVIX.SE

Totalhalter i mesakalk Husum (n=8) , analyser 2015									
Parameter	enhet	max	min	Medel (n=8) 2015	Median	St dev +/- (%)	KM	MKM	
TS	%	83,20	68,60	74,1	73,7	6,24%			
SiO2	% TS	0,37	0,14	0,21	0,20	37,20%			
Al2O3	% TS	0,44	0,14	0,19	0,17	50,42%			
CaO	% TS	56,00	51,20	52,78	52,55	2,69%			
Fe2O3	% TS	0,10	0,09	0,09	0,09	5,52%			
K2O	% TS	0,12	0,09	0,09	0,09	10,59%			
MgO	% TS	0,55	0,47	0,51	0,50	5,78%			
MnO	% TS	0,01	0,01	0,01	0,01	14,84%			
Na2O	% TS	1,38	0,91	1,11	1,07	14,02%			
P2O5	% TS	1,21	0,63	0,86	0,83	20,56%			
TiO2	% TS	0,01	0,00	0,00	0,00	28,68%			
Summa	% TS	58,90	54,20	55,69	55,45	2,51%			
LOI 1000°C	% TS	43,10	42,40	42,80	42,85	0,59%			
As	mg/kg TS	0,40	0,10	0,14	0,10	72,67%	10	25	
Ba	mg/kg TS	702,00	199,00	328,50	278,50	48,74%	200	300	
Be	mg/kg TS	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00%			
Cd	mg/kg TS	0,20	0,11	0,15	0,15	20,71%	0,5	15	
Co	mg/kg TS	0,25	0,06	0,13	0,11	52,77%	15	35	
Cr	mg/kg TS	10,00	9,00	9,38	9,00	5,52%	80	150	
Cu	mg/kg TS	0,33	0,10	0,21	0,19	41,33%	80	200	
Hg	mg/kg TS	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00%	0,25	2,5	
Mo	mg/kg TS	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00%	40	100	
Nb	mg/kg TS	5,00	5,00	5,00	5,00	0,00%			
Ni	mg/kg TS	4,71	2,88	3,82	3,93	19,20%	40	120	
Pb	mg/kg TS	3,26	1,96	2,42	2,28	17,58%	50	400	
S	mg/kg TS	620,00	226,00	387,75	347,50	36,77%			
Sc	mg/kg TS	1,00	0,90	0,94	0,90	5,52%			
Sn	mg/kg TS	0,08	0,04	0,05	0,04	26,63%			
Sr	mg/kg TS	265,00	231,00	243,88	241,00	5,05%			
V	mg/kg TS	2,72	2,00	2,10	2,00	12,02%	100	200	
W	mg/kg TS	0,40	0,30	0,38	0,40	12,34%			
Y	mg/kg TS	2,00	1,90	1,98	2,00	2,23%			
Zn	mg/kg TS	2,64	2,00	2,12	2,00	11,18%	250	500	
Zr	mg/kg TS	2,68	2,00	2,09	2,00	11,53%			

Mesa lakningsegenskaper



ENVIX

WWW.ENVIX.SE

0		Samprov mesa Husum 2015		Utlakning L/S 10* < ringa risk	Utlakning L/S 10** < inert avfall	Utlakning LS 10*** < IFA
		LS 2	LS 10			
TS innan lakning	%					
As	mg/kg TS	0,018	< 0,050	0,09	0,500	0,4
Ba	mg/kg TS	<0,70	< 2,0		20	
Cd	mg/kg TS	< 0,0030	< 0,0040	0,02	0,0400	0,007
Cr	mg/kg TS	< 0,020	< 0,050	1	0,5	0,3
Cu	mg/kg TS	< 0,0030	< 0,0040	0,8	2	0,6
Hg	mg/kg TS	< 0,00026	< 0,0013	0,01	0,01	0,01
Mo	mg/kg TS	< 0,030	< 0,050		0,5	
Ni	mg/kg TS	< 0,020	< 0,040	0,4	0,4	0,6
Pb	mg/kg TS	< 0,020	< 0,050	0,2	0,5	0,3
Sb	mg/kg TS	< 0,0020	< 0,0060		0,06	
Se	mg/kg TS	< 0,0060	< 0,010		0,1	
Zn	mg/kg TS	< 0,20	< 0,40	4	4	3
pH		10,6	10,7			
Kond,	mS/m	360	35			
DOC	mg/kg TS	25	34		500	
Cl	mg/kg TS	5	< 10	130	800	11000
F	mg/kg TS	< 0,20	< 1,0		10	
SO4	mg/kg TS	260	260	200	1000	8500

Mesa (eller elfilterstoff) är mycket väl karakteriserad, fullständig dokumentation kan uppvisas!



Urval resultat Totalhalter

ENVIX

WWW.ENVIX.SE



ENVIX

Totalhaltsinnehåll grundämnen i fullskaleutförande för kalkstabiliserad sulfidjord
Riktvärden KM och MKM enligt Naturvårdsverket rapport 5976, 2009.

Bilaga 7

ID/ Parameter	Enhet	Naturvårdsverkets generella riktvärden (NV rapport 5976, 2009)		Sulfidjords-blandning	1:1	1:2	1:3	2:1	2:2	2:3	3:1	3:2	3:3
		KM	MKM										
Torrsubstans	%			69,2	77,5	80	83	80,1	78	79,6	78,8	77,5	77,9
Arsenik As	mg/kg TS	10	25	5,8	4,6	5,1	5	5,1	7,3	7,9	5	6,8	5,7
Barium Ba	mg/kg TS	200	300	81	60	78	86	76	130	99	67	94	69
Bly Pb	mg/kg TS	50	400	9,5	9,5	8,7	11	9,4	11	22	12	17	19
Kadmium Cd	mg/kg TS	0,8	12	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Kobolt Co	mg/kg TS	15	35	4,9	3,8	23	4,7	4,2	6,8	6	4,3	6,1	4,3
Koppar Cu	mg/kg TS	80	200	20	17	23	18	16	19	20	16	29	17
Krom Cr	mg/kg TS	80	150	20	20	21	22	20	29	26	21	25	20
Kvicksilver Hg	mg/kg TS	0,25	2,5	0,014	0,013	0,014	0,014	0,013	0,014	0,014	0,015	0,012	< 0,012
Nickel Ni	mg/kg TS	40	120	12	11	13	13	12	16	15	12	15	12
Vanadin V	mg/kg TS	100	200	22	23	25	25	22	32	28	23	27	23
Zink Zn	mg/kg TS	250	500	70	63	66	69	66	76	74	62	100	69
Järn Fe	mg/kg TS			15000	17000	19000	20000	18000	24000	21000	18000	21000	18000
Svavel S	mg/kg TS			2400	2300	3300	3400	3400	3800	3900	3000	2800	3000

ALLA HALTER < KM !!



Urval resultat konventionellt laktest på stabiliserad sulfidjord

Parameter	Enhet	Icke behandlad sulfidjord	Stabiliserad sulfidjord 1	Stabiliserad sulfidjord 2	Stabiliserad sulfidjord 3	Stabiliserad sulfidjord 4 ^a	Utlakning L/S 10*	Utlakning L/S 10*	Utlakning L/S 10**	Utlakning L/S 10***
							< ringa risk Ingen anmälan krävs för användning	ovan tätskikt	<inert avfall	<IFA
Antimon Sb L/S=10	mg/kg Ts	0,188	0,029	0,0093	0,0075	0,022			0,06	0,7
Arsenik As L/S=10	mg/kg Ts	0,0187	<0,050	<0,050	<0,050	0,067	0,09	0,4	0,5	0,4
Barium Ba L/S=10	mg/kg Ts	0,569	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0			20	100
Bly Pb L/S=10	mg/kg Ts	<0.003	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,2	0,007	0,5	0,3
Kadmium Cd L/S=10	mg/kg Ts	0,00312	<0,0040	<0,0040	<0,0040	<0,0040	0,02	0,3	0,04	0,007
Koppar Cu L/S=10	mg/kg Ts	0,129	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,8	0,6	2	0,6
Krom Cr L/S=10	mg/kg Ts	<0.006	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	1	0,01	0,5	0,3
Kviksilver Hg L/S=10	mg/kg Ts	<0.0002	<0,0013	<0,0013	<0,0013	<0,0013	0,01		0,01	0,01
Molybden Mo L/S=10	mg/kg Ts	0,0107	0,13	0,13	0,12	0,14		0,6	0,5	10
Nickel Ni L/S=10	mg/kg Ts	0,444	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	0,4		0,4	0,6
Selen Se L/S=10	mg/kg Ts	<0.03	0,012	<0,010	<0,010	0,012			0,1	0,5
Zink Zn L/S=10	mg/kg Ts	0,799	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	4	3	4	3
Klorid L/S=10	mg/kg Ts	41,3	180	32	50	190	130	11000	800	11000
Fluorid L/S=10	mg/kg Ts	<2	<1,0	<2,0	<1,0	<1,0			10	150
Sulfat L/S=10	mg/kg Ts	6363	2100	3000	2600	1400	200	8500	1000	8500
pH L/S=10		6,4	8,4	8	8,2	8,4				
DOC L/S=10	mg/kg Ts	229	160	150	160	260			500	800

^a benämns sulfidjordsblandning i analysprotokoll

* Naturvårdsverket handbok 2010:1, återvinning av avfall i anläggningsarbeten

** NES 2004:10, Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid

- *Höjning av pH och stabilisering och förbättring map på samtliga parametrar.*
- *Samtliga medelvärden för L/S 10 < ringa risk utom sulfat (dock 64 % minskning jmf med obehandlat prov)*
- *SO4 har låg toxicitet, teknisk anmärkning pga risk för korrosion.*
- *Nytt SFÄ-gränsvärde i ytvatten från HaV ute på remiss 2018 (AA = 34 mg/l , MAC = 73 mg/l)*

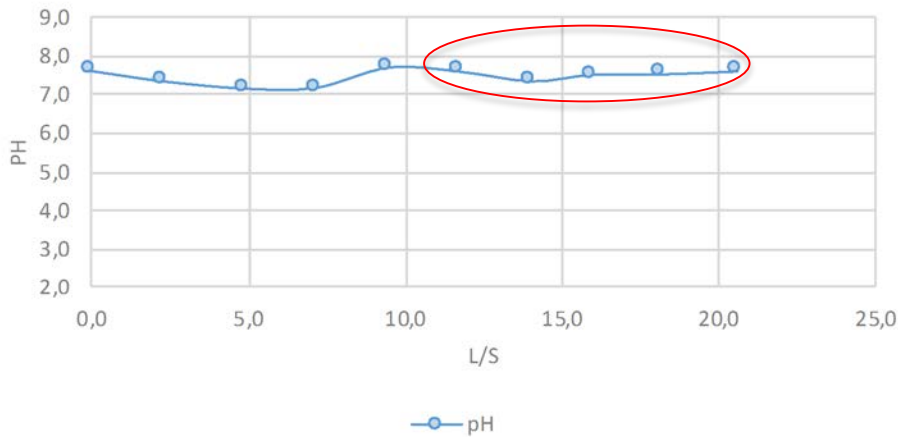


Urval resultat Oxiderad laktest (MRM metoden)

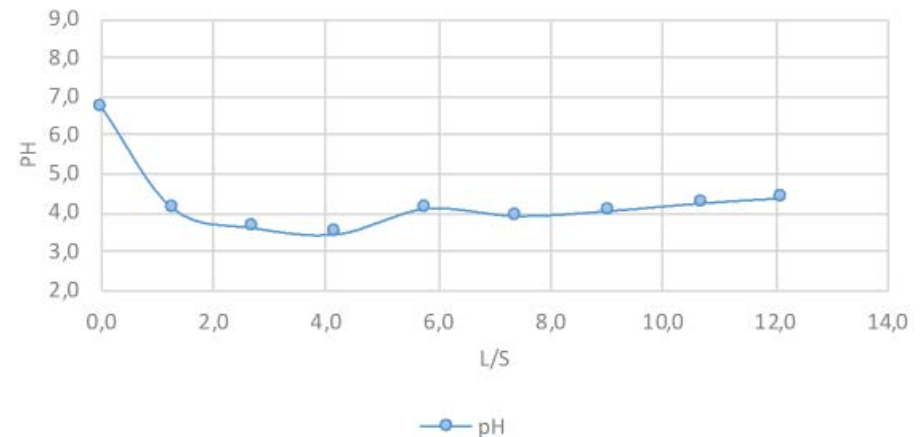
ENVIX

WWW.ENVIX.SE

Prov 1



Ref. Obehandlad



Tabell 2. Medelvärde av de 5 sista mätpunkterna för respektive prov.

Prov	pH
Prov 1	7,5
Prov 2	7,6
Prov 3	7,6
Prov 4	8,1

**pH i
obehandlad
sulfidjord < 4**

Utvärdering av Neutralisationspotential (NP) vs syrabildande potential (AP). Förenklad ABA- metod

Prov	TS	% S	Syrabildande potential AP omräknat från molförhållande där 2 mol S producerar 2 mol syra (antaget att S utgörs av 100 % pyrit) och neutraliseras av 1 mol CaCO ₃ . (Omräkningsfaktor 31,25 * halt S i %)	Uppmätt NP hos Eurofins som CaCO ₃ (g/kg eller kg/ton TS)	Kvot NP/AP	Uppfyller kriterier
1	82,1	0,386	12,1	71	5,89	Ja, NP/AP > 3
2	76,8	0,332	10,4	89	8,58	Ja, NP/AP > 3
3	76,5	0,44	13,8	81	5,89	Ja, NP/AP > 3
Medel 3 prover	78,5	0,4	12,1	80,3	6,8	Ja, NP/AP > 3

Samtliga prover klarar grundkrav enligt NV handbok 2010:1 om NP/AP > 3 med marginal

Slutsatser

- Storskalig stabilisering fungerar utmärkt
- Resultat indikerar varaktig stabilitet efter tester som motsvarar "worst case"!
 - Kräver teoretisk och praktisk kunskap för genomförande
 - kalkbehandling hanterar både sulfidjord och sura sulfatjordar
- Finns mycket goda förutsättningar att hantera sulfidjord mer rationellt än deponering
 - Acceptansen för dessa lösningar måste öka, betänk
 - omfattning och utbredning på sulfidjordar
 - Sulfidjord är naturlig bildad utan tillförda föroreningar.
 - Kostnadseffektivitet
 - Miljöbelastning (transporter)
 - Geoteknisk prestanda för olika anläggningsändamål kan anpassas efter användningsområde.



ENVIX

WWW.ENVIX.SE

Slutsatser forts.

- Är det rätt att hantera sulfidjord juridiskt som ett avfall?
 - Enligt MB har VU i vanlig ordning ansvar för om något inte utfaller som man beskrivit!
- Förenkling i regelverken och ökad acceptans för nya lösningar efterlyses.
- Ökad kunskap om egenskaper lokalt/regionalt hos sulfidjordar kan förenkla masshanteringen.
- Detta handlar om resurshushållning och återvinning som sker i enlighet med avfallshierarkin oavsett om sulfidjord eller mesa ska bedömas som ett avfall sett utifrån ursprung och egenskaper.
 - Mesa i detta fall kan användas direkt och kan därför definieras som en biprodukt enligt biproduktprincipen.