



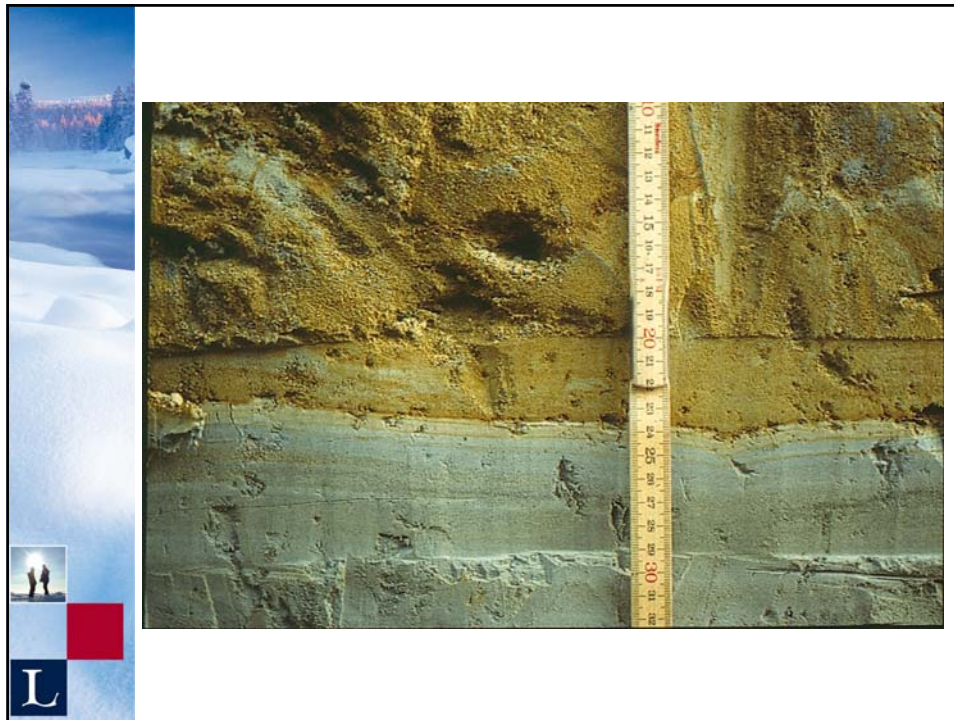
MiMi-projektet, svensk forskning om hantering av gruvavfall

Björn Öhlander
Tillämpad geologi
Luleå tekniska universitet
97187 Luleå
bjorn.ohlander@ltu.se



Gruvavfall

- Gruvdrift för metallutvinning genererar stora mängder avfall. Dels grovt avfall, sk gråberg, dels finkornigt avfall, anrikningssand. En del av det grova avfallet kan användas för konstruktionsändamål, men mycket stora mängder gruvavfall måste deponeras.
- I Sverige är detta den volymmässigt överlägset största avfallstypen. Om det deponerade avfallet innehåller järnsulfider, kan surt metallhaltigt lakvatten bildas när dessa sulfider reagerar med syre och vatten.
- Efterbehandling av deponier av gruvavfall syftar oftast till att begränsa inflödet av syre, och i vissa fall även inflödet av vatten.



Forskning om gruvavfall i Sverige

- Forskning i Sverige om gruvavfall och efterbehandling startade med enstaka projekt på 1970-talet.
- Den första större organiserade satsningen var Naturvårdsverkets program Gruvindustrins restupplag under åren 1983-1988, som följdes av Avfallsforskningsrådets program om gruvfall under åren 1994-1996.
- Därefter beslutade Miljöstrategiska stiftelsen MISTRA att finansiera forskningsprogrammet MiMi (Mitigation of the environmental impact of mining waste).



MiMi

- MiMi var aktivt under åren 1997-2004, och omsatte 78 miljoner kr. Huvudsyftet var att utveckla effektiva efterbehandlingsmetoder av gruvavfall.
- Luleå tekniska universitet var programvärd, och forskare från sex universitet i Sverige deltog liksom personal från Boliden, LKAB och tekniska konsulter.
- Geokemister, kemister, geologer, geotekniker, hydrologer, botaniker och mikrobiologer mm deltog. Dessutom deltog forskare från universitet i andra länder i olika delprojekt.
- Programchef var Lars-Olof Höglund, Kemakta Konsult AB, och programmet styrdes av en styrgrupp bestående av både forskare, industrifolk och konsulter. Dessutom fanns en styrelse, och en oberoende vetenskaplig rådgivargrupp.



MiMis syfte

MiMi fokuserades på efterbehandling av sulfidhaltigt avfall, och kvalificerad jordtäckning och vattentäckning studerades i detalj, men även annat som nya deponeringsmetoder, reaktiva barriärer, dagbrottssjöar och växters användning i efterbehandling studerades.

I Sverige fokuseras efterbehandling av avfall från aktiva gruvor på ”walk-away-solutions”.

Sandmagasinen vid Bolidens gruva i Kristineberg valdes som den huvudsakliga fältlokalen. Strategin var att forskare med olika inriktningar skulle använda samma fältområde.



Från MiMis vision

”... methods used for waste disposal and remediation are efficient, robust and reliable so that, when any remediation is completed, a deposit can be left without the need for supervision or maintenance”.

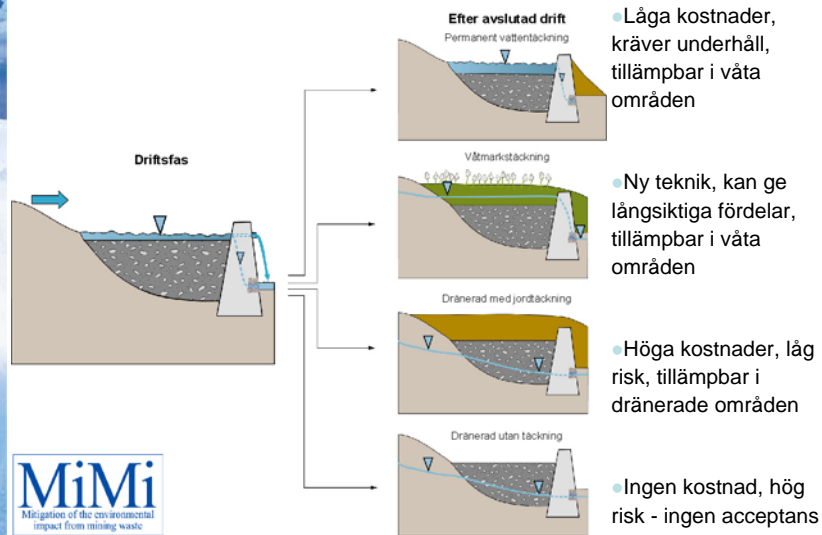


Funktionsanalys (performance assessment)

Nytt för arbetet med gruvavfall var arbetsmetoden Funktionsanalys (Performance assessment), som länge använts i studier av kärnbränsleavfall.

Huvudfrågan är hur vi kan bedöma funktionen av en viss efterbehandlingsmetod för en tidsperiod som sträcker sig långt bortom den period vi har tillgång till experimentella data för.

Efter avslutad drift

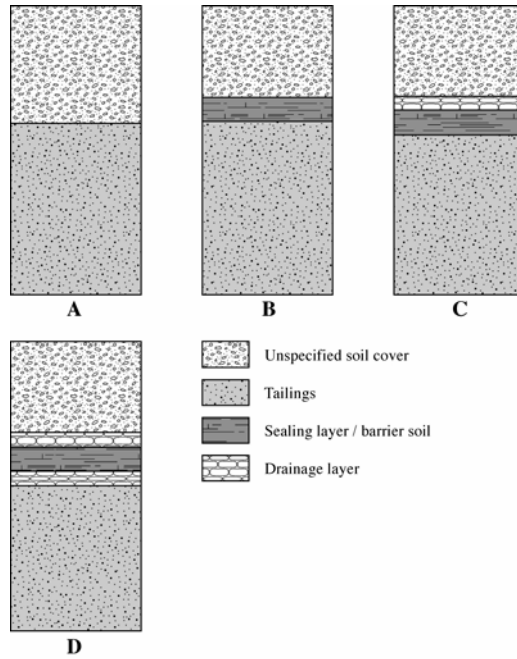


- $\text{FeS}_{2(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 7/2 \text{O}_{2(g)} \Rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+$
- $\text{Fe}^{2+} + \text{O}_{2(g)} \Rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$
- $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)} \Rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 3\text{H}^+$
- Overall reaction:
- $\text{FeS}_{2(s)} + 15/4 \text{O}_{2(g)} + 7/2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \Rightarrow$
- $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$



The solubility and diffusivity of oxygen is much lower in water than in air

	Solubility at 25° C (g/m ³)	Diffusivity (m ² /s)
In air	256	1.78 x 10 ⁻⁵
In water	8.6	1 x 10 ⁻⁹



MiMis fältlokal i Kristineberg

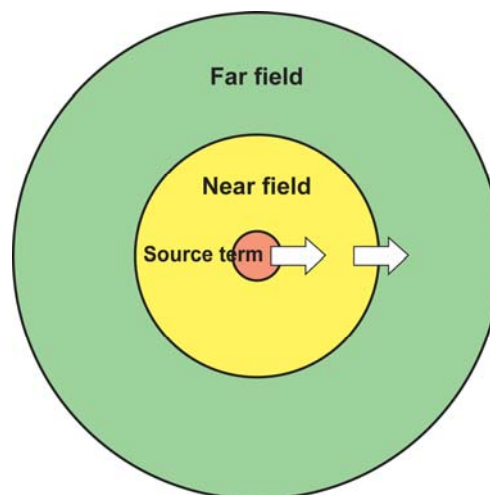
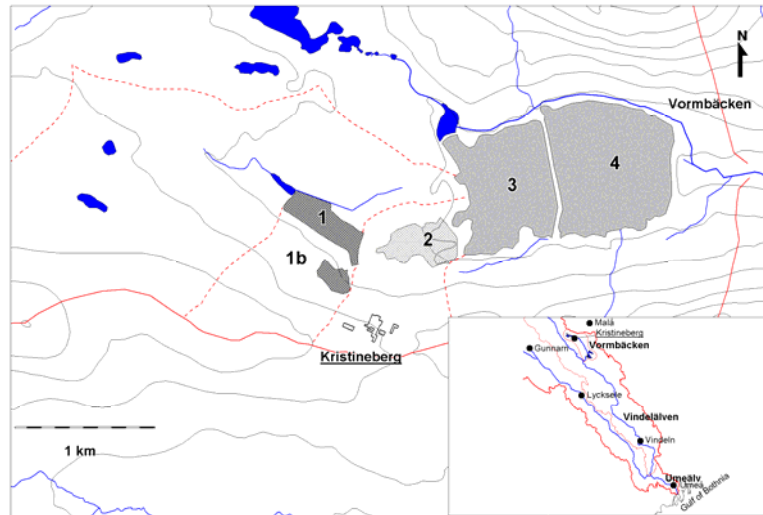
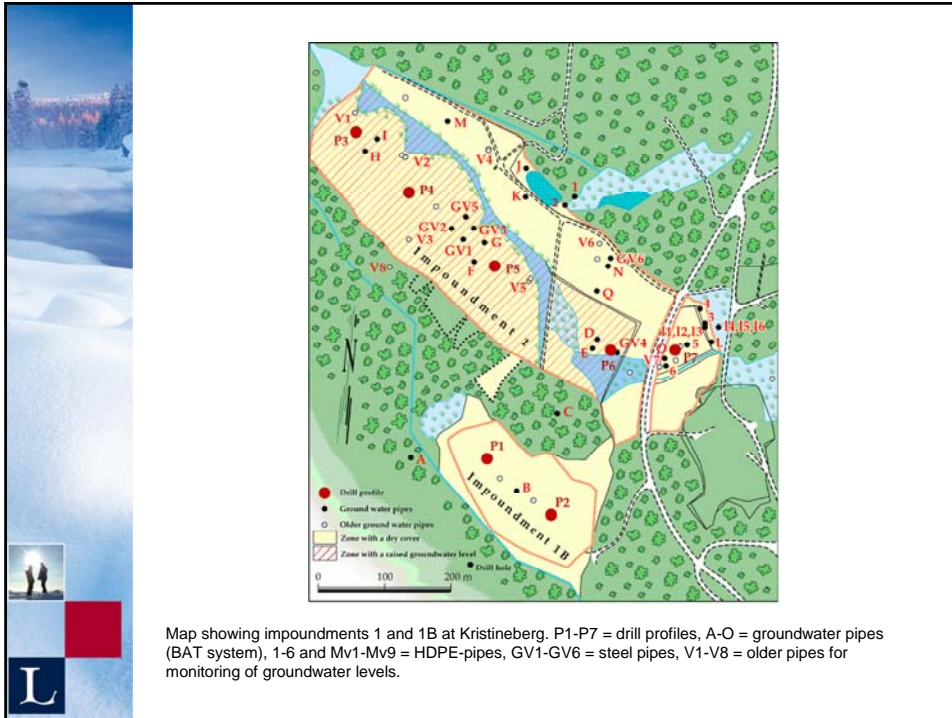
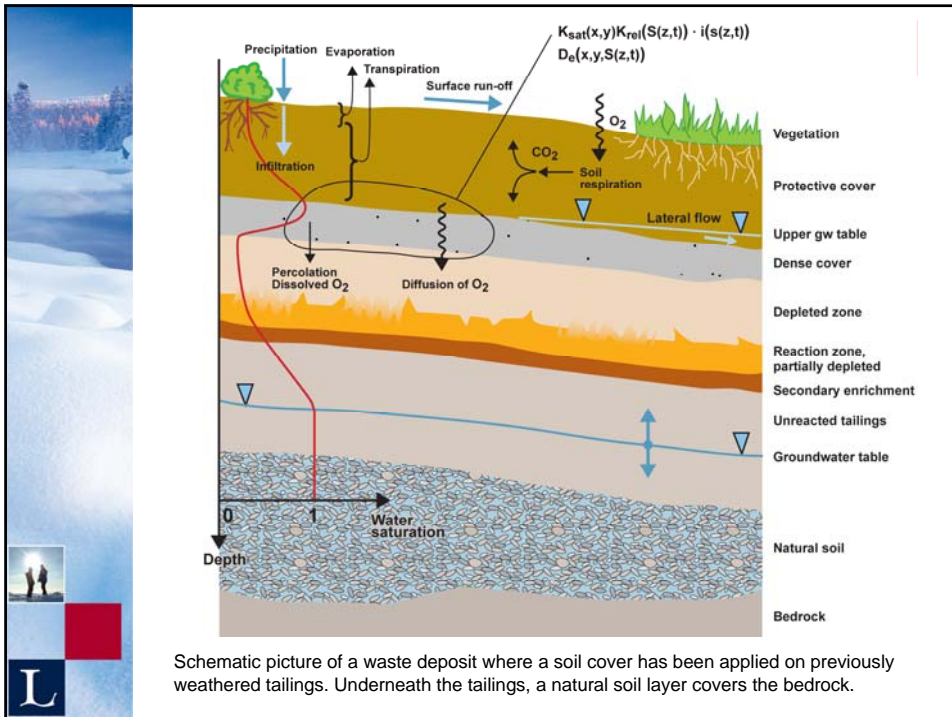


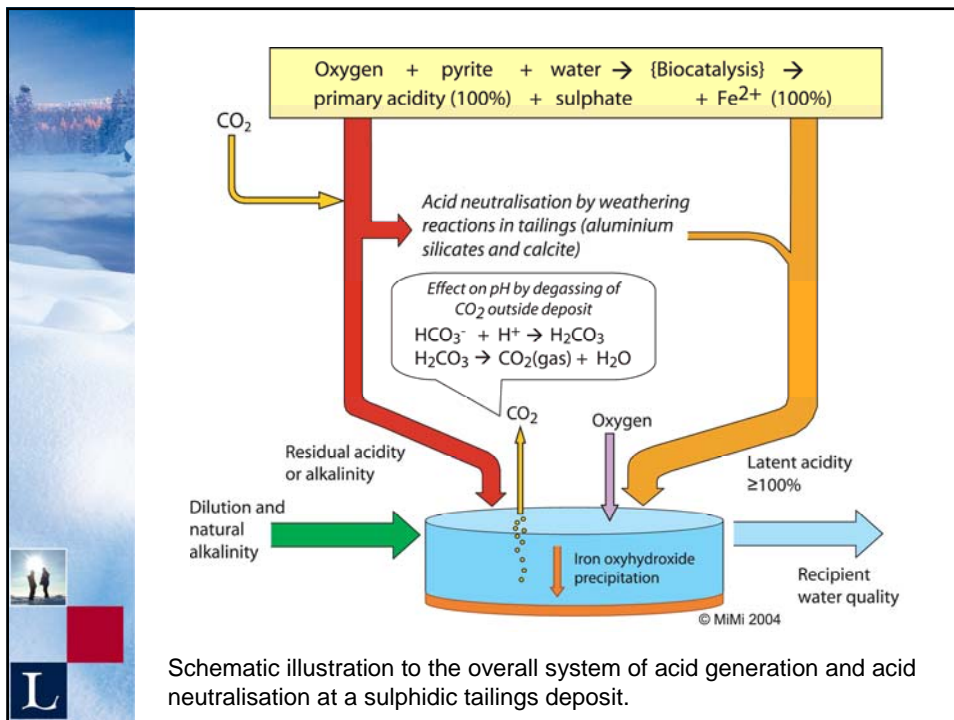
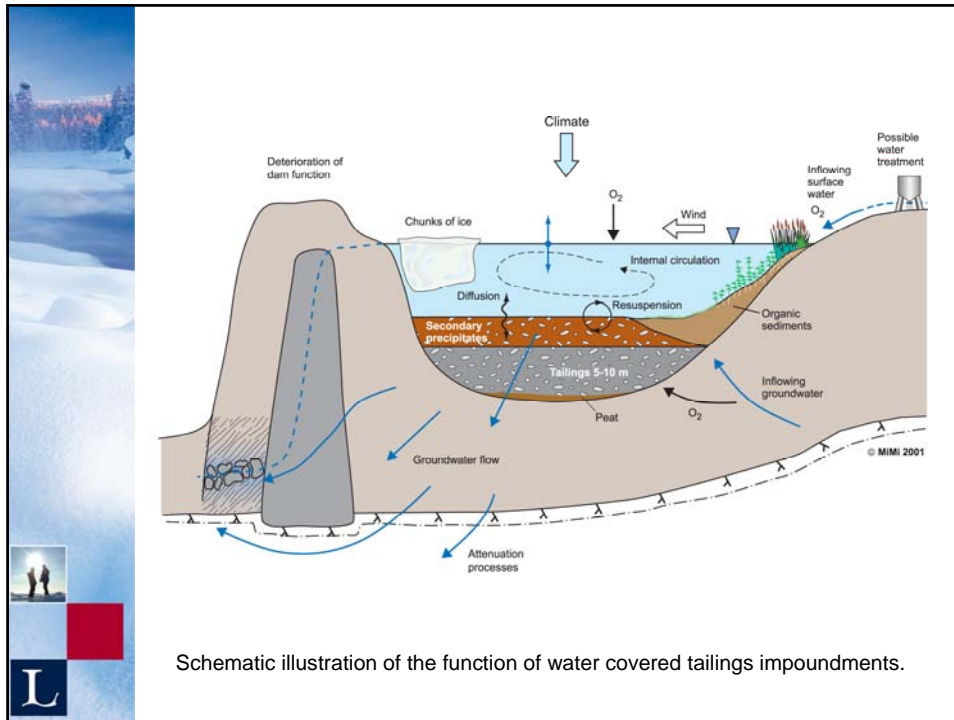
Illustration of the propagation of trace elements and acidity mobilised from the source term, transport through the near field and the release into the far field.



Map showing impoundments 1 and 1B at Kristineberg. P1-P7 = drill profiles, A-O = groundwater pipes (BAT system), 1-6 and Mv1-Mv9 = HDPE-pipes, GV1-GV6 = steel pipes, V1-V8 = older pipes for monitoring of groundwater levels.



Schematic picture of a waste deposit where a soil cover has been applied on previously weathered tailings. Underneath the tailings, a natural soil layer covers the bedrock.





Vid funktionsanalysen användes ett basfall

Baserat på fältdata från Kristineberg användes ett sk kallat basfall vid funktionsanalysen, med definierat mineralinnehåll i sanden, bl a 25 % pyrit

med 0,3 m lerig morän som tätskikt, och 1,5 m oklassificerad morän som täckskikt

eller vattentäckning

och scenarieanalyser, skred mm, gjordes



Några slutsatser, jordtäckning

- Jordtäckning kan kraftigt reducera inflödet av syre, i basfallet till ca 1 mol/m²år
- Syret bestämmer hur mycket järnsulfid som reagerar
- En stor del av den primära aciditeten kan neutraliseras i deponin
- Cu, Pb och Cd kan till stor del bindas i deponin, men inte Fe, As, och Zn
- Löst Fe²⁺ innebär en latent aciditet, som utlöses när dräneringsvattnet oxideras utanför deponin
- När då Fe-oxidhydroxider faller ut, kan de när pH blivit tillräckligt högt, adsorbera en stor del av de spårmetaller som kommit lös, och As.



Fler slutsatser

Vattentäckning begränsar syretillgängligheten kraftigt

För vattentäckning neutraliseras inte primära aciditeten i deponin, och metaller fastläggs inte i deponin

Aciditeten, förhållandet mellan dräneringsvatten och avrinning, och avrinningens alkalinitet är plats specifika parametrar som hänsyn måste tas till

Våtmarker nedströms har låg förmåga att fastlägga metaller i vårt klimat



Många fler slutsatser

detaljer, resultat, analyser och referenser finns i slutrapporten som kan hittas på

www.mistra.org/mimi

En personlig reflektion; ett stort sammanhållet och samordnat program är bättre än flera små projekt som inte är samordnade, även om satsade medel är lika stora.

Gruvavfallsforskning efter MiMi

Georange

Bergskraft

VINNOVAs gruvforskningprogram, som innehåller fem områden varav miljö ett. Två projekt har startat. Ett om kväveläckage från gruvområden (Björn Öhlander, Luleå Tekniska universitet) och ett om fastläggning av metaller i avfallsdeponier (Lars Lövgren, Umeå universitet).



GEORANGE TEST CELLS - KRISTINEBERG- 2001

