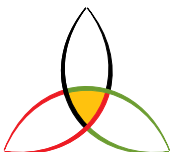
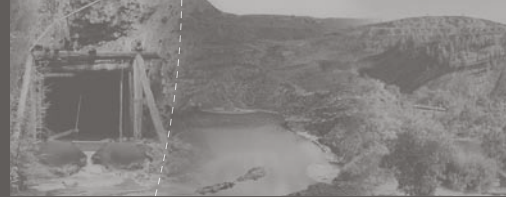




Australian Government  
Department of Industry  
Tourism and Resources

# QUẢN LÝ SỰ THOÁT NƯỚC CHỨA AXIT VÀ KIM LOẠI

CHƯƠNG TRÌNH PHÁT TRIỂN BỀN  
VỮNG VỚI PHƯƠNG THỨC HÀNG  
ĐẦU TRONG NGÀNH MỎ

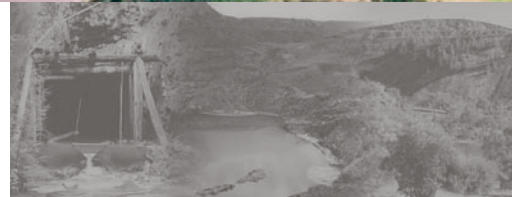


SOCIAL  
ECONOMIC  
ENVIRONMENTAL



CHƯƠNG TRÌNH PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG  
VỚI PHƯƠNG THỨC HÀNG ĐẦU  
TRONG NGÀNH MỎ

# QUẢN LÝ SỰ THOÁT NƯỚC CHỨA AXIT VÀ KIM LOẠI



Translated by: Global Village Translations Pty Ltd  
Reviewed by: Ai Duc Nguyen

THÁNG 2 NĂM 2007

### **Minh thị khước từ trách nhiệm**

Chương trình phát triển bền vững với phương thức hàng đầu cho ngành công nghiệp mỏ

Ấn phẩm này được phát triển bởi Nhóm làm việc bao gồm các chuyên gia, ngành công nghiệp, và đại diện của các tổ chức chính phủ và phi chính phủ. Nỗ lực của các thành viên trong Nhóm làm việc được ghi nhận sâu sắc.

Các ý kiến và quan điểm được trình bày trong ấn phẩm này không nhất thiết dựa trên các ý kiến và quan điểm của Chính phủ Liên bang hay của Bộ trưởng Bộ Công nghiệp, Du lịch và Tài nguyên. Bằng các nỗ lực thực hiện chúng tôi bảo đảm rằng nội dung trong ấn phẩm này là hoàn toàn dựa trên thực tế. Khối thịnh vượng chung sẽ không chịu trách nhiệm về tính chính xác và hoàn thiện của ấn phẩm cũng như bất cứ sự mất mát, tổn thất có thể trực tiếp hay gián tiếp gây ra trong quá trình sử dụng và dựa theo nội dung của ấn phẩm này.

Người sử dụng cần lưu ý rằng đây là tài liệu chỉ mang tính chất tham khảo chung và không thể thay thế cho bất kỳ sự tư vấn chuyên môn về các tình huống riêng biệt nào của người sử dụng. Những công ty và sản phẩm được đề cập đến trong tài liệu này không có nghĩa là Chính phủ Liên bang có xác nhận về các công ty và sản phẩm của họ.

Ảnh bìa:

Hệ thống thoát nước có chứa kim loại và axit từ các mỏ ngấm đang hoạt động, Tây Tasmania

Nước trong các mỏ bị ảnh hưởng bởi hệ thống thoát nước có chứa kim loại và axit tại mỏ Mt Morgan, Queensland

Ảnh máy bay khu mỏ Brukunga, Nam Úc

Ảnh do Earth System cung cấp

© Chính phủ Liên bang Úc 2007

ISBN 0 642 72512 8

Đây là tài liệu có đăng ký bản quyền. Ngoài việc được phép sử dụng theo Luật Bản quyền 1968 (Copyright Act 1968), không bất cứ một phần nội dung nào trong ấn phẩm được sao chép dưới bất kỳ hình thức nào mà không được phép của Chính phủ theo Bộ Công nghệ Thông tin, Truyền thông và Nghệ thuật. Mọi thắc mắc và đề nghị về việc tái xuất bản và các quyền liên quan xin liên hệ Commonwealth Copyright Administration, Nhánh Tài sản Trí tuệ, Bộ Công nghệ Thông tin, Truyền thông và Nghệ thuật, GPO Box 2154, Canberra ACT 2601 hoặc gửi tại <http://www.dcita.gov.au>.

Tháng Hai 2007.

# MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	vi
LỜI NÓI ĐẦU	ix
1.0 GIỚI THIỆU	1
1.1 Phát triển bền vững	3
2.0 TÌM HIỂU NƯỚC THOÁT AXIT VÀ CHỨA KIM LOẠI	5
2.1 Các loại AMD	5
2.2 Axit và độ Axit	9
2.3 Hàm lượng axit	9
2.4 Những yếu tố ảnh hưởng đến sự sinh ra AMD	10
2.5 Các nguồn AMD	11
3.0 RA QUYẾT ĐỊNH ĐỐI VỚI VIỆC QUẢN LÝ AMD THEO PHƯƠNG THỨC HÀNG ĐẦU	14
3.1 Trước khai thác	14
3.2 Vận hành	19
3.3 Đóng cửa	19
NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG (Đóng cửa và Hoàn thành): Mô Woodcutters lãnh thổ phía Bắc	20
4.0 KHUNG PHÁP LÝ	23
4.1 Chính quyền bang / Vùng lãnh thổ	23
4.2 Chính phủ liên bang	24
4.3 Hướng dẫn chất lượng nước ANZECC/ARMCANZ	25
5.0 NHẬN DẠNG VÀ DỰ BÁO AMD	28
5.1 Giới thiệu	28
5.2 Lấy mẫu	29
5.3 Thử nghiệm tĩnh địa hoá	30
NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG xác định đặc điểm / dự báo Sari Gunay, Iran	33
5.4 Thí nghiệm động địa hoá / tốc độ sinh chất gây ô nhiễm	36
5.5 Mô Hình hoá Sự oxy Hoá, Sự Phát Sinh và Giải Phóng Chất Gây ô Nhiễm	38
5.6 Lý giải kết quả thí nghiệm	39
5.7 Mô hình hoá thành phần vật liệu và lập tiến độ	40
NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG Xác định đặc điểm / Dự báo: Mô Cloverdale, Tây Úc	41
6.0 ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ RỦI RO AMD	43
NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG - Mô Tom Price, Tây Úc	44
6.1 Rủi ro và trách nhiệm pháp lý – Những bài học rút ra từ cái nhìn tổng thể	46
6.2 Đánh giá những rủi ro đến các giá trị môi trường	48
6.3 Đánh giá rủi ro sinh thái	49
7.0 GIẢM THIỂU, KIỂM SOÁT VÀ XỬ LÝ AMD	50
7.1 Hạn chế tối đa và kiểm soát	50
NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG Lớp nước phủ : Benambra Tailings Dam, Victoria	58
7.2 Xử lý	59
NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG Xử lý chủ động: Mt Morgan, Queensland	61
8.0 ĐÁNH GIÁ GIÁM SÁT VÀ THỰC HIỆN	69
8.1 Mục đích Giám sát	69
8.2 Đánh giá thực hiện	79
9.0 BÁO CÁO CHO CỘNG ĐỒNG VÀ CÁC BÊN ĐỐI TÁC	80



10.0	TIẾP TỤC NÂNG CAO VIỆC QUẢN LÝ AMD	82
10.1	Những công nghệ hiện hành và nghiên cứu trong tương lai	82
11.0	KẾT LUẬN	84
	THAM KHẢO VÀ NHỮNG LIÊN KẾT CHÍNH	85
	CÁC TRANG WEB	90
	THUẬT NGỮ	91









## LỜI CẢM ƠN

Chương trình Phát triển Bền vững với phương thức hàng đầu được quản lý bởi một Ban chỉ đạo đứng đầu là Bộ Công nghiệp, Du lịch và Tài nguyên thuộc Chính phủ Úc. Mười bốn đề tài chính trong chương trình được thực hiện bởi các nhóm công tác là các đại diện thuộc chính phủ, các ngành công nghiệp, cơ quan nghiên cứu, cơ quan giáo dục và cộng đồng địa phương. Các cuốn sổ tay về phương thức hàng đầu trong ngành mỏ có thể không được hoàn thành nếu không có sự hợp tác và hưởng ứng nhiệt tình của các thành viên trong nhóm công tác cũng như của các đơn vị nơi họ làm việc đã tạo điều kiện thuận lợi cả về thời gian lẫn công sức để họ được đóng góp cho chương trình. Chúng tôi chân thành cảm ơn những cá nhân và các tổ chức sau đây đã đóng góp vào việc thực hiện cuốn sổ tay Quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại này:

 THE ROYAL AUSTRALIAN CHEMICAL INSTITUTE INC.	<b>GS Ian Rae</b> Chủ tịch – Nhóm công tác Viện Hoá học Hoàng gia Úc	<a href="http://www.raci.org.au">www.raci.org.au</a>
 EARTH SYSTEMS Environment • Water • Sustainability	<b>TS Jeff Taylor</b> Đồng tác giả - Nhóm Công tác Giám đốc Các Hệ thống Trái đất	<a href="http://www.earthsystems.com.au">www.earthsystems.com.au</a>
 EARTH SYSTEMS Environment • Water • Sustainability	<b>Bà Sophie Pape</b> Đồng tác giả - Nhóm Công tác Kỹ sư Môi trường Các Hệ thống Trái đất	<a href="http://www.earthsystems.com.au">www.earthsystems.com.au</a>
 Australian Government Department of Industry Tourism and Resources	<b>Bà Ramola Yardi</b> Thư ký - Nhóm Công tác Trợ lý Vụ trưởng, Vụ Khai thác mỏ Bên vững, Bộ Công nghiệp, Du lịch và Tài nguyên	<a href="http://www.industry.gov.au">www.industry.gov.au</a>
	<b>TS John Bennett</b> Nhà khoa học nghiên cứu cao cấp Tổ chức Khoa học và Công nghệ Hạt nhân Úc	<a href="http://www.ansto.gov.au">www.ansto.gov.au</a>
	<b>TS Paul Brown</b> Tư vấn chính Tổ chức Rio Tinto, Melbourne	<a href="http://www.riotinto.com">www.riotinto.com</a>



 <b>Klohn Crippen Berger</b>	<b>Ông Nick Currey</b> Giám đốc Môi trường và Cộng đồng Klohn Crippen Berger	<a href="http://www.klohn.com.au">www.klohn.com.au</a>
 Australian Government Department of the Environment and Heritage Supervising Scientist	<b>TS David Jones</b> Giám đốc, ERISS Bộ Môi trường và Di sản	<a href="http://www.deh.gov.au">www.deh.gov.au</a>
 <b>EGi</b> ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY INTERNATIONAL	<b>TS Stuart Miller</b> Giám đốc điều hành Tổ chức quốc tế về Địa hoá Môi trường	<a href="http://www.geochemistry.com.au">www.geochemistry.com.au</a>
 <b>MONASH University</b>	Viện Tài nguyên nước Bền vững, Đại học Monash, Melbourne	<a href="http://www.iswr.monash.edu.au">www.iswr.monash.edu.au</a>
 <b>ILUKA</b>	<b>Ông Stuart Simmonds</b> Chuyên gia chính về Môi trường - Tổ chức Tài nguyên Tây Nam Iluka	<a href="http://www.iluka.com">www.iluka.com</a>
<b>RIO TINTO</b>	<b>TS Steve Slater</b> Tư vấn chính về Môi trường, thuộc tổ chức Rio Tinto, Melbourne	<a href="http://www.riotinto.com">www.riotinto.com</a>
 <b>THE UNIVERSITY          OF QUEENSLAND</b> AUSTRALIA	<b>Phó GS David Williams</b> Trung tâm Cơ địa về Khai thác mỏ và Xây dựng, Trường Kỹ thuật, Đại học Queensland	<a href="http://www.uq.edu.au/geomechanics">www.uq.edu.au/          geomechanics</a>





## LỜI NÓI ĐẦU

Ngành khai thác mỏ của Úc hoạt động theo đúng xu hướng phát triển bền vững toàn cầu. Việc cam kết đi theo đúng xu hướng phát triển bền vững với phương thức hàng đầu là yếu tố tiên quyết cho sự thành công và duy trì “giấy phép hoạt động” trong cộng đồng.

Các cuốn sổ tay hướng dẫn trong loạt ấn phẩm Phát triển Bền vững với Phương thức Hàng đầu trong ngành khai thác mỏ để cập tới các lĩnh vực môi trường, kinh tế và xã hội trong mọi giai đoạn của quá trình khai thác khoáng sản từ thăm dò, xây dựng, khai thác và đóng cửa khu khai thác mỏ. Khái niệm phương thức hàng đầu được hiểu đơn giản là cách thức thực hiện tốt nhất ở một khu mỏ nào đó. Khi xuất hiện những thách thức mới thì các giải pháp mới hoặc các giải pháp hiệu quả hơn được xây dựng để giải quyết cho các vấn đề hiện tại, điều quan trọng phương thức hàng đầu là tính linh hoạt và sáng tạo trong việc xây dựng các giải pháp phù hợp với các yêu cầu của từng khu khai thác. Mặc dù có những nguyên tắc cơ bản, nhưng các phương thức hàng đầu thiên về quan điểm và cách tiếp cận nhiều hơn chứ không chỉ là một tập hợp các nguyên tắc cố định hoặc một công nghệ cụ thể nào đó. . Phương thức hàng đầu cũng bao gồm khái niệm “quản lý thích nghi”, là một quá trình đánh giá liên tục và không ngừng “học hỏi từ thực tế” song song với việc ứng dụng các nguyên tắc khoa học để giải quyết vấn đề một cách hiệu quả nhất.

Theo định nghĩa của Hội đồng Khai thác mỏ và Kim loại Quốc tế (ICMM), phát triển bền vững trong lĩnh vực khai thác mỏ và kim loại là sự đầu tư hợp lý về mặt kỹ thuật, bảo vệ môi trường, đem lại lợi nhuận kinh tế và có trách nhiệm với xã hội. Giá trị Bền vững – Khung Cơ cấu Phát triển Bền vững của Ngành Khoáng sản Úc hướng dẫn quá trình thực hiện vận hành các nguyên tắc ICMM và những thành tố của ngành khai thác mỏ Úc.

Đến nay đã có nhiều đại diện từ hàng loạt các tổ chức tham gia trong ban chỉ đạo và các nhóm công tác. Đó là dấu hiệu thể hiện tính đa dạng về sự quan tâm trong phương thức hàng đầu của ngành khai thác mỏ. Các tổ chức này gồm có Phòng Công nghiệp, Du lịch và Tài nguyên, Phòng Môi trường và Di sản, Phòng Công nghiệp và Tài nguyên (tiểu bang Western Australia), Phòng Tài nguyên thiên nhiên và Khoáng sản (tiểu bang Queensland), Phòng Các ngành Công nghiệp Trọng điểm (tiểu bang Victoria), Hội đồng Khoáng sản Úc, Trung tâm Công nghệ và Nghiên cứu Khoáng sản Úc, các trường đại học và đại diện từ các công ty khai thác mỏ, khu vực nghiên cứu kỹ thuật, các chuyên gia tư vấn khai thác mỏ, môi trường và xã hội cũng như các tổ chức phi chính phủ. Các nhóm này đã cùng làm việc để thu thập và trình bày các thông tin về nhiều đề tài khác nhau để minh họa và giải thích cho sự phát triển bền vững với phương thức hàng đầu trong ngành khai thác mỏ của Úc.

Kết quả là các ấn phẩm này đã được ra đời để giúp cho tất cả các lãnh vực trong ngành khai thác mỏ giảm thiểu các tác động tiêu cực trong sản xuất khoáng sản tới cộng đồng và môi trường nhờ tuân theo những nguyên tắc về phát triển bền vững theo phương thức hàng đầu. Đây chính là một sự đầu tư cho tính bền vững của một ngành kinh tế đặc biệt quan trọng cũng như cho công tác bảo vệ di sản thiên nhiên của chúng ta.

**Nghị sĩ Hon Ian Macfarlane**

Bộ trưởng Công nghiệp, Du lịch và Tài nguyên



# 1.0 GIỚI THIỆU

---

## NHỮNG THÔNG ĐIỆP CHỦ YẾU

- Bất kỳ hoạt động nào làm cho các khoáng chất sulfua phổ biến phơi bày ra không khí đều có khả năng gây ra các vấn đề ô nhiễm nước lâu dài.
  - Nguy cơ về sự thoát nước axit và kim loại (AMD) cần được đánh giá trước khi khai thác mỏ. Cần tập trung nỗ lực vào việc ngăn chặn hoặc giảm thiểu chứ không chỉ việc kiểm soát hoặc xử lý.
  - Các phương thức tiên tiến trong lĩnh vực này đang ngày càng phát triển – hiện không có các giải pháp toàn cầu nào để giải quyết các vấn đề về sự thoát nước axit và kim loại, do đó năng lực của chuyên gia là rất cần thiết.
- 

Cuốn sổ tay này đưa ra vấn đề về Sự thoát nước có chứa axit và kim loại (AMD), một trong các đề tài của Chương trình Phát triển Bền vững với phương thức hàng đầu. Chương trình này nhằm xác định những vấn đề chính gây ảnh hưởng đến sự phát triển bền vững trong ngành khai thác mỏ và cung cấp những thông tin và nghiên cứu tình huống giúp tìm ra một phương thức tiếp cận bền vững hơn cho ngành.

Quản lý sự thoát nước có chứa axit và kim loại để giảm thiểu những rủi ro cho con người và môi trường là một trong những thách thức chính mà ngành khai thác mỏ phải đối mặt. Sự thoát nước chứa axit và kim loại tác động đến hầu hết mọi lĩnh vực của ngành khai thác mỏ, kể cả khai thác than, kim loại quý, kim loại cơ bản, uranium và các khoáng chất công nghiệp. Bất kỳ hình thức khai thác mỏ, khai thác đá hoặc hoạt động đào đắp nào tác động đến các khoáng sulfua như pyrit cũng đều có khả năng gây ra các vấn đề ô nhiễm nước lâu dài. Trong suốt 30-40 năm qua, các hoạt động khai thác mỏ, từ khai thác hầm với khối lượng nhỏ cho đến việc khai thác lộ thiên với năng suất lớn, khối vật liệu chứa sulfua có khả năng gây ra sự thoát nước chứa axit và kim loại đã tăng lên theo hàm mũ.

Khi nước chứa axit và kim loại xâm nhập các dòng nước tạo nên các hỗn hợp có chứa axit sulfuric, hàm lượng kim loại độc hại cao và hàm lượng oxy thấp có thể gây hại lớn cho môi trường thủy sinh, hệ thực vật ven sông và việc sử dụng nguồn nước ở hạ nguồn trong vòng nhiều kilômét. Các cộng đồng địa phương sống phụ thuộc vào các dòng nước đó. Nước sạch là thiết yếu cho sinh hoạt cộng đồng, kể cả cho vật nuôi và dùng để tưới cho cây trồng, đồng thời là một yếu tố sống còn để duy trì cuộc sống thủy sinh. Trước đây, những hoạt động khai thác mỏ gây tổn hại đến các hệ sinh thái và tác động trầm trọng đến các cộng đồng đã được bỏ qua. Ngày nay, việc khai thác như thế thì không thể tha thứ được nếu khai thác mỏ là để bền vững. Quản lý thành công sự thoát nước chứa axit và kim loại mang tính sống còn để bảo đảm cho các hoạt động khai thác mỏ không chỉ đáp ứng được những quy định về môi trường ngày càng khắt khe và các kỳ vọng của cộng đồng, mà còn để giữ uy tín cho ngành khai thác mỏ.

Một khi một khu mỏ đã dừng khai thác, thì nước có chất lượng kém ở dạng nước chứa axit và kim loại có thể vẫn tiếp tục tác động đến môi trường, sức khỏe và sinh kế của con người trong nhiều thập kỷ hoặc thậm chí nhiều thế kỷ. Chẳng hạn, khu mỏ nổi tiếng thuộc Vành đai pyrit Iberia ở Tây-ban-nha, sự thoát nước chứa axit và kim loại đã kéo dài cả 2000 năm.

Một việc thiết yếu trong quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại theo phương thức hàng đầu là đánh giá rủi ro càng sớm càng tốt. "Rủi ro" ở đây bao gồm các rủi ro môi trường, sức khỏe con người, thương mại và uy tín. Việc đánh giá tiến độ rủi ro của sự thoát nước chứa axit và kim loại nên bắt đầu ngay giai đoạn thăm dò và tiếp tục suốt khâu quy hoạch mỏ, sẽ đem lại những dữ liệu cần thiết để định lượng các tác động tiềm tàng và những chi phí quản lý trước khi có sự xáo trộn đáng kể vật liệu chứa sulfua. Gần đây, một số công ty khai thác mỏ khi tiến hành quy hoạch mỏ cho thấy dự án của họ không mang tính khả thi vì có thể gây ra sự thoát nước chứa axit và kim loại và các chi phí tổn cho việc quản lý liên quan. Nếu các dự án được tiến hành tại những nơi mà có thể gây ra sự thoát nước chứa axit và kim loại thì các công ty cần tập trung nỗ lực vào việc ngăn chặn hoặc giảm thiểu hơn là kiểm soát hoặc xử lý.

Tại những khu mỏ đã ngừng khai thác hoặc đã khai thác được một thời gian, nếu việc xác định và quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại không tốt, thì họ sẽ phải đối diện với các khoản chi phí lớn để khắc phục và xử lý và điều này sẽ tiếp tục ảnh hưởng đến hiệu suất sinh lời của các công ty mỏ. Thuật ngữ "xử lý vĩnh viễn" đã đi vào ngôn ngữ ngành mỏ như hệ quả của những vấn đề thoát nước chứa axit và kim loại khó khắc phục gây cản trở việc chấm dứt hợp đồng thuê mỏ, cho dù đã kết thúc các hoạt động khai thác. Những thực tế đó không phù hợp với việc khai thác mỏ bền vững và phải tránh.

Công tác quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại theo phương thức hàng đầu đang vẫn tiếp tục phát triển – nhưng không có một giải pháp chung, hay giải pháp "vạn năng", nào cho vấn đề này. Cuốn tài liệu hướng dẫn này đưa ra một số phương thức hàng đầu hiện nay cho việc quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại dưới góc độ quản lý rủi ro, và giới thiệu một số nghiên cứu tính huống nêu bật những chiến lược hiện đang được ngành này áp dụng. Sự thành công của các chiến lược này sẽ tùy thuộc vào việc đánh giá và theo dõi dài hạn, bởi vì trong nhiều trường hợp, không có đủ thời gian để đánh giá hết hiệu quả của chúng.

Cuốn sổ tay hướng dẫn này đề cập mọi giai đoạn của một dự án khai thác mỏ, từ thăm dò và nghiên cứu khả thi cho tới khai thác và đóng cửa. Nó có thể áp dụng cho những vùng quặng triển vọng, các mỏ đang vận hành hoặc đã ngừng hoạt động, và các khu phế thải. Nó là tài liệu giúp ích cho các nhà quy hoạch mỏ và nhà quản lý mỏ, đồng thời cho các cán bộ môi trường, cán bộ tư vấn, chính quyền và các cơ quan chức năng, các tổ chức phi chính phủ, các nhóm cộng đồng quan tâm và sinh viên.

Cũng nên nhận thấy là sự thoát nước chứa axit và kim loại còn có thể phát sinh từ sự xáo trộn các vùng đất sulfat axit, hiện tượng này thường xảy ra một cách tự nhiên ở những môi trường địa chất thuộc đầm lầy cửa sông có nhiều cây đước, hoặc thậm chí ở một số công trình xây dựng/đường hầm. Sự thoát nước chứa axit và kim loại và cách quản lý ở những môi trường này tương tự như với các khu mỏ. Xem Dobos (2006) để có hướng dẫn thêm.

Có thể cần đến các chuyên gia để giúp thực hiện các khía cạnh trong tài liệu hướng dẫn này. Điều đặc biệt quan trọng là phải có sự tư vấn của chuyên gia trong quá trình xác định và dự báo (Mục 5) và trước khi lựa chọn các chiến lược giảm thiểu và kiểm soát dài hạn (Mục 7).

## 1.1 Phát triển Bền Vững

Dựa vào định nghĩa đã được thừa nhận rộng rãi của Ủy ban Brundtland, phát triển bền vững là “sự phát triển mà nó đáp ứng được những nhu cầu của thế hệ hiện tại mà không tổn hại đến khả năng về sự đáp ứng nhu cầu của các thế hệ tương lai”. Những năm gần đây, định nghĩa này đã được chính phủ, cộng đồng và các tổ chức phi chính phủ, cũng như bản thân ngành mỏ, áp dụng vào lĩnh vực khai thác mỏ.

Để đưa ra một khuôn khổ kết nối và thực hiện cam kết của ngành mỏ đối với phát triển bền vững, Hội đồng Khoáng sản Úc đã xây dựng *Giá trị Bền Vững – Khuôn khổ ngành Công nghiệp Khoáng sản Úc về Phát triển Bền vững*. Giá trị Bền vững đặc biệt nhằm giúp các công ty vượt lên hơn cả sự tuân thủ luật pháp và duy trì, củng cố giấy phép hoạt động về mặt xã hội của họ. Cách tiếp cận không ngừng cải tiến dựa trên rủi ro của Giá trị Bền vững được phản ánh trong tài liệu hướng dẫn này.

### 1.1.1 Môi trường và cộng đồng

Các bên đối tác và cộng đồng có những trọng điểm khác nhau về các phương diện xã hội, môi trường và kinh tế của sự bền vững. Chẳng hạn, các cộng đồng bản địa có thể chú trọng vào các vấn đề văn hoá và xã hội. Một số cộng đồng sẽ đánh giá tính hiệu quả của các biện pháp kỹ thuật phục hồi đối với sự thoát nước chứa axit và kim loại trong nhiều thập kỷ, trong khi các bên khác lại đòi hỏi những giải pháp “vĩnh cửu”. Do đó, quy mô của các cam kết hoặc các bảo đảm tài chính cho những dự án khai thác mỏ này có thể rất lớn.

Khi cân nhắc có các dấu hiệu môi trường của sự thoát nước chứa axit và kim loại cũng như các tác động khác liên quan đến khai thác mỏ, một nguyên tắc chung được các cộng đồng và tổ chức phi chính phủ áp dụng là “Nguyên tắc Phòng ngừa”. Nguyên tắc này cho rằng trong trường hợp bằng chứng khoa học chưa chắc chắn thì những người ra quyết định nên có hành động hạn chế sự tổn hại môi trường đang tiếp diễn và nên thận trọng khi đánh giá những dự án có khả năng gây tác động nghiêm trọng hoặc không thể khắc phục được đối với môi trường. Với những thách thức và sự bất trắc khoa học gặp phải trong công tác quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại, thì việc áp dụng Nguyên tắc phòng ngừa có ý nghĩa sống còn.

Các cộng đồng mong đợi rằng mọi quyết định liên quan đến việc quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại không chỉ dựa vào những tính toán chi phí kinh tế. Các quyết định này cần phải dựa trên những khảo sát kỹ thuật triệt để và những hiểu biết sâu sắc; các chiến lược đem thực thi phải bao hàm những nguyện vọng và giá trị cộng đồng, và kết hợp việc hoạch định “toàn bộ vòng đời mỏ” với các hoạt động khai khoáng hàng ngày. Mọi quyết định về quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại vì thế phải lồng ghép các khía cạnh xã hội, kinh tế và môi trường nhằm đạt tới một sự bền vững thực sự cho tất cả các bên liên quan.

Mục 9 của tài liệu hướng dẫn này sẽ cung cấp thêm chi tiết về việc báo cáo với các cộng đồng và các đối tác. Mời độc giả xem các cuốn *Tài liệu Hướng dẫn Tham gia và Phát triển cộng đồng* và *Tài liệu Hướng dẫn Làm việc với Cộng đồng Bản địa* trong loạt tài liệu này.

## 1.1.2 Doanh nghiệp

Hiện thời, quản lý rủi ro sự thoát nước chứa axit và kim loại theo phương thức hàng đầu chưa được hiểu hoặc thực hành rộng rãi, cho dù đã có nhiều trường hợp thành công trong ngành công nghiệp này.

Khuôn khổ Giá trị Bền vững đem đến cho các công ty mở một tầm nhìn về phát triển bền vững, cũng như sự định hướng về thực hiện trong thực tế. Những công ty với phương thức hàng đầu cũng đã điều chỉnh chính sách và quy trình cho phù hợp với việc quản lý hiệu quả sự thoát nước có chứa axit và kim loại, và những điều chỉnh ấy gắn liền với các cán bộ quản lý, nhân viên và nhà thầu. Ngoài ra còn các cam kết đi theo các tiêu chuẩn về chứng nhận môi trường, cũng như được tham gia vào các chương trình như Mạng lưới Quốc tế Ngăn chặn Axit (International Network for Acid Prevention - INAP), Chương trình Sự thoát nước trung trung tính ở môi trường mỏ (Mine Environmental Neutral Drainage - MEND) và Chương trình Công nghệ cho vấn đề thoát nước axit (Acid Drainage Technology Initiative - ADTI) cũng như có các mối quan hệ với các chuyên gia về sự thoát nước chứa axit và kim loại để giúp đưa ra quyết định. Tất cả những cam kết như vậy sẽ giúp các doanh nghiệp cải thiện hoạt động của mình, thậm chí thực hiện tốt hơn so với các quy định pháp lý.

Việc không dự đoán và quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại đã mang lại hậu quả cho một số bộ phận và cho cả ngành mỏ nói chung. Những hậu quả đó có thể là những khoản chi lớn ngoài dự kiến cho các biện pháp khắc phục, tổn thất về uy tín và dẫn đến sự ra đời những yêu cầu pháp lý khắt khe hơn. Các khoản chi leo thang ngoài dự kiến theo ước tính mới đây vào khoảng 50-100 triệu đôla đối với những vùng mà lẽ ra phải áp dụng một chiến lược quản lý AMD trong giai đoạn đóng cửa.

Khoản chi cho việc đóng cửa của công ty Newmont ước tính vào cỡ vài trăm triệu đôla trên toàn cầu (Dowd 2005). Một phần lớn trong số đó có liên quan đến việc ngăn chặn sự thoát nước chứa axit và kim loại từ các khu chứa phế liệu quặng, các đồng đá thải, các hố mỏ lộ thiên và các xáo trộn khác. Chi phí đóng cửa ước tính của Newmont ở Úc cho những khu mà công ty còn lại về mặt tài chính vào khoảng 150 triệu USD, trong đó hơn 65% là cho quản lý chất thải (Dowd 2005). Nhiều ví dụ khác về chi phí quản lý các tác động ngắn và dài hạn của sự thoát nước chứa axit và kim loại được cung cấp trong MEND (1995), USEPA (1997) và Wilson et al. (2003). Tuy chi phí quản lý sự thoát nước chứa axit và kim loại trong các hoạt động có thể lớn, song nó lại thường nhỏ so với những chi phí dài hạn rất có thể phát sinh nếu làm không đúng cách.

Những rủi ro do quản lý không tốt sự thoát nước chứa axit và kim loại có thể rất lớn. Ngoài phạm vi cần khôi phục rộng lớn, chi phí khắc phục và làm sạch cao khi có vấn đề xảy ra, sự quản lý không tốt còn gây ra ấn tượng rằng ngành công nghiệp này bảo thủ và không có năng lực phòng tránh các tác động có hại qua khâu thiết kế. Điều đó không đúng với mục đích của ngành là góp phần mạnh mẽ vào sự phát triển bền vững, tìm kiếm và duy trì giấy phép hoạt động về mặt xã hội.



## 2.0 TÌM HIỂU SỰ THOÁT NƯỚC CHỨA AXIT VÀ KIM LOẠI

---

### CÁC THÔNG ĐIỆP CHỦ YẾU

- Chữ viết tắt “AMD” ở đây được định nghĩa là sự thoát nước có tính axit và chứa kim loại.
- AMD có thể xác định được bằng quan sát và đo đạc hoá học.
- Các nguồn tạo ra AMD bao gồm các đồng đá thải, đồng quặng, các bãi chứa phế liệu và bể phế liệu, các nhánh lò lộ thiên, hầm mỏ và các đồng vật liệu để chiết xuất quặng.
- Trọng tải axit là thước đo chủ chốt cho thấy các tác động tiềm tàng của AMD tại một khu mỏ. Nó phụ thuộc vào độ axit (pH), hoạt tính axit của khoáng vật (hàm lượng kim loại) và lưu lượng dòng chảy.

---

### 2.1 Các loại AMD

Sự thoát nước chứa axit và kim loại (AMD) trước kia được gọi là “sự thoát nước có tính axit từ khu vực khai thác mỏ” hoặc “sự thoát nước có tính axit từ đá”. Trong cuốn tài liệu hướng dẫn này, thuật ngữ AMD thừa nhận rằng không phải tất cả các loại nước thoát ra từ sự oxy hoá các sulfua đều có tính axit (xem dưới đây). Tại một số công trình, loại nước thoát này là trung tính nhưng có chứa hàm lượng kim loại cao. Xử lý các loại nước này cũng khó không khác gì đối với nước có tính axit. Có những công trình mà sự thoát nước axit được trung hoà một cách thích hợp bằng các phức hợp khoáng chất thiên nhiên, loại bỏ có hiệu quả các kim loại nặng khỏi nước, nhưng vẫn để lại những dung dịch chiết xuất có hàm lượng muối cao.

AMD có thể thể hiện một hoặc nhiều tính chất hoá học dưới đây:

- độ pH thấp (giá trị thông thường từ 1,5 đến 4)
- nồng độ kim loại hoà tan cao (như sắt, nhôm, mangan, cadmi, đồng, chì, kẽm, thạch tín và thủy ngân)
- hoạt tính axit cao (chẳng hạn có thể đến 50-15000 mg/l đương lượng  $\text{CaCO}_3$ )
- độ muối (sulfat) cao (nồng độ các sulfat thông thường từ 500 đến 10.000 mg/l; độ muối thông thường từ 1000–20000  $\mu\text{S/cm}$ )
- hàm lượng oxy hoà tan thấp (chỉ dưới 6mg/l)
- độ đục, hay tổng hàm lượng vật chất lơ lửng thấp (kết hợp với một hoặc nhiều yếu tố ở trên).

Các chỉ thị chính cho thấy có sự hiện diện của AMD (xem Hình 1):

- nước có màu đỏ hoặc trong một cách không tự nhiên
- có kết tủa oxit sắt màu nâu – da cam trong các đường thoát nước
- cá hoặc các loài thủy sinh khác chết
- hình thành các dạng kết tủa khi AMD chảy vào các hồ chứa, hoặc tại những chỗ hợp dòng với các dòng suối



- thảm thực vật được tái tạo kém phát triển (chẳng hạn được trồng trên các lớp phủ bằng đá thải)
- thực vật bị bệnh chết mầm hoặc đất vàng cháy (giống như các vùng đất không có thảm thực vật)
- sự ăn mòn bê tông hoặc các công trình bằng thép.



**Hình 1: Các chỉ thị có thể thấy ngoài thực tế về AMD bao gồm kết tủa màu da cam trong các đường thoát nước (phía trên bên trái) và các vùng cây chết mầm non (phía dưới bên phải)**

Một chỉ thị chính cho những nơi có nguy cơ về AMD là nơi có một lượng lớn khoáng sulfua lộ ra ngoài không khí và tiếp xúc với nước. Các khoáng sunfua sinh axit thường gặp nhất là pyrite ( $\text{FeS}_2$ ), pyrrhotite ( $\text{FeS}$ ), marcasite ( $\text{FeS}_2$ ), chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ ) và arsenopyrite ( $\text{FeAsS}$ ). Độ axit và các hợp phần có tính axit của các khoáng chất này cũng như những khoáng chất sunfua khác có thể tính được bằng phần mềm ABATES (xem chi tiết trong phần Thuật ngữ). Không phải mọi khoáng sulfua đều sinh ra axit khi bị oxy hoá, nhưng hầu hết đều có khả năng giải phóng kim loại khi tiếp xúc với nước có tính axit.

Những nơi mà các loại khoáng sunfua hoạt tính cao có thể thường xuyên tiếp xúc với không khí và nước gồm có: các đồng đá thải, đồng quặng, các bãi chứa phế liệu, hố quặng, hầm mỏ, các đồng vật liệu chiết khoáng (xem Mục 2.5). Quản lý AMD theo với phương thức hàng đầu bao gồm những chiến lược nhằm giảm thiểu tác động qua lại giữa các sunfua hoạt tính cao và không khí, nước hoặc cả hai.

### 2.1.1 Thoát nước axit

Sự tạo thành axit ( $\text{H}^+$ ) thường xảy ra khi các khoáng sulfua sắt tiếp xúc với oxy (trong không khí) và nước. Quá trình này có thể diễn ra rất nhanh nhờ hoạt động vi khuẩn. Sự oxy hoá sulfua tạo ra axit sulfuric và một chất kết tủa màu da cam là hydroxit sắt ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) như tóm tắt trong Phản ứng 1.

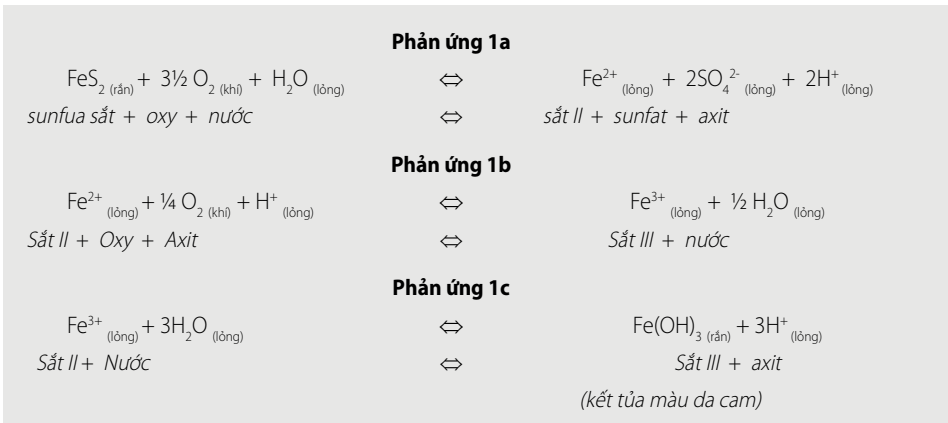
#### Phản ứng 1



Có hai quá trình chính tham gia vào việc tạo thành axit (H<sup>+</sup>) từ sunfua sắt:

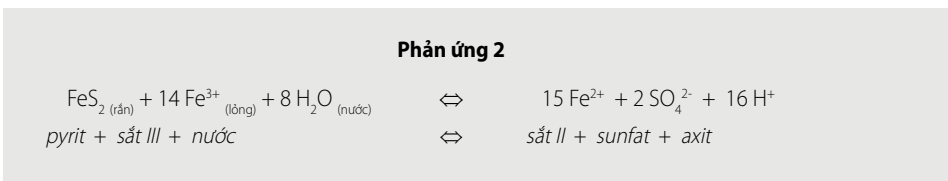
- Oxy hoá sulfua (S<sub>2</sub><sup>2-</sup>) thành sunfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)
- Oxy hoá sắt II (Fe<sup>2+</sup>) thành sắt III (Fe<sup>3+</sup>), tiếp đó là kết tủa hydroxit sắt.

Các quá trình đó có thể biểu diễn bằng ba phản ứng sau<sup>1</sup>.



Một khi sunfua đã bị oxy hoá thành sunfat thì rất khó tránh được sự oxy hoá sắt II trong nước thành sắt III và tiếp đó là sự kết tủa hydroxit sắt. Giai đoạn kết tủa này là giai đoạn tạo ra axit (Phản ứng 1c).

Sự tương tác giữa sắt III hòa tan (Fe<sup>3+</sup>) và các khoáng sunfua sắt mới có thể làm gia tăng đáng kể quá trình tạo ra axit, như biểu diễn trong phản ứng sau.



Khi nước có tính axit chảy qua một công trình (chẳng hạn qua các đồng đá thải, kho bãi, đá tường mỏ lộ thiên hoặc nước ngầm), nó tiếp tục phản ứng với các khoáng chất khác trong đất hoặc đá và có thể hoà tan nhiều kim loại và muối. Ở một mức độ nhất định, axit bị trung hoà bởi các khoáng mà nó hoà tan, từ đó làm tăng độ pH.

<sup>1</sup> Các phản ứng này, khi kết hợp lại thì tương đương với Phản ứng 1.

Tuy nhiên, sự trung hoà axit thường phải trả giá bằng nồng độ kim loại độc (có hoạt tính axit) trong dòng nước mà nó tạo thành. Vì nước có tính axit có thể hòa tan bất kỳ khoáng silicat nhôm hoặc sulfua trên đường di chuyển và trở thành trung tính. Việc tăng độ pH là cần thiết chứ tăng hàm lượng chất kim loại độc hại thì không mong đợi. Tại nhiều công trình, các vật liệu địa chất không có khả năng trung hoà một cách tự nhiên để làm tăng độ pH của nước thoát axit đến mức gần trung tính. Như vậy, nước thoát không những có tính axit, với đặc điểm là độ pH thấp mà còn có nồng độ kim loại độc cao, là dạng phổ biến nhất của AMD tại các công trình mỏ.

### 2.1.1 Thoát nước chứa kim loại

Đôi khi axit sinh ra được trung hoà hoàn toàn bởi sự hoà tan các khoáng cacbonat thông thường như canxit, đolômit, ankêrit và magiêzit. Vì độ hoà tan các loại kim loại độc phụ thuộc vào độ pH, nên quá trình trung hoà có thể dẫn đến sự kết tủa những kim loại như nhôm, đồng và chì, do đó chúng bị tách ra khỏi nước. Nhưng khi độ pH đạt mức gần trung tính thì hàm lượng các kim loại độc như kẽm, thạch tín, nickel và cadmi có thể vẫn cao. Cũng giống như nước thoát axit, nước thoát chứa kim loại nói chung sẽ tạo ra độ mặn (sunfat) cao.

Nước thoát chứa kim loại không có tính axit không phổ biến bằng nước thoát có tính axit, do nhu cầu đối với các khoáng sulfua nhất định (chẳng hạn sphalerit và arsenopyrit), và nguồn vật liệu trung hoà cacbonat.

### 2.1.2 Nước thoát chứa muối

Ở những nơi mà nước thoát axit được trung hoà hoàn toàn bởi các nguồn cacbonat địa phương, và nước thoát được tạo thành không còn hàm lượng kim loại độc nào, thì nó vẫn có thể gây ra vấn đề nước thoát có độ muối sulfat. Độ muối sulfat của nước thoát đã trung hoà phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng của canxi và magiê trong các vật liệu trung hoà cacbonat. Chẳng hạn, nếu magiê là thành phần chiếm ưu thế của vật liệu trung hoà, thì sẽ gây ra vấn đề về độ muối cao do độ hoà tan cao của sulfat magiê. Trái lại, nếu canxi là thành phần chiếm ưu thế, thì sự hình thành kết tủa thạch cao sẽ góp phần hạ thấp độ muối.

Nước thoát chứa muối sinh ra bởi sự oxy hoá sulfua thường ít phổ biến so với nước thoát axit và/hoặc chứa kim loại. Tuy nhiên, độ muối sulfat cũng là một vấn đề quan trọng của AMD tại các khu mỏ, và nó cũng đòi hỏi những chiến lược quản lý tương tự (nghĩa là kiểm soát sự oxy hoá sulfua).

## 2.2 Axit và Tính Axit

Axit là một thước đo nồng độ ion hydro ( $H^+$ ), thường được biểu diễn dưới dạng độ pH, còn tính axit là một thước đo của cả nồng độ ion hydro và tính axit của khoáng chất (hoặc tính axit tiềm ẩn). Tính axit của khoáng chất (hoặc tính axit tiềm ẩn) liên quan đến nồng độ ion hydro có thể sinh ra do kết tủa nhiều loại hydroxit kim loại do oxy hoá, do hoà tan hoặc do hiện tượng trung hoà.

Nhìn chung, tính axit tăng lên khi độ pH giảm, nhưng không phải lúc nào cũng có quan hệ trực tiếp giữa tính axit và độ pH. Theo mô tả ở trên về nước thoát chứa kim loại, AMD có thể có tính axit cao nhưng giá trị pH ở mức trung hoà. Vì vậy cần phải định lượng cả nồng độ ion hydro (axit) và khoáng chất (tính axit tiềm ẩn), nhằm xác định tính axit tổng số (nồng độ axit + tính axit tiềm ẩn) của một dòng chảy hoặc một vực nước. Tính axit thường được biểu diễn là đương lượng cacbonat canxi ( $CaCO_3$ ) trên một đơn vị thể tích (chẳng hạn, số mg  $CaCO_3$ /lit).

Axit có thể dễ dàng đo được tại hiện trường nhờ dùng đầu dò pH đã được chuẩn định. Các ước lượng tính axit có thể đo được trong phòng thí nghiệm hoặc tính gần đúng từ số liệu chất lượng nước theo một công thức như Phương trình 1 thường áp dụng cho nước thoát ở mỏ than<sup>2</sup>. Nếu có cả số liệu chi tiết về chất lượng nước, thì có thể dùng các phần mềm như AMDTreat hoặc ABATES để xác định tính axit một cách chính xác hơn (xem mục Thuật ngữ).

### Phương trình 1

$$\begin{aligned} \text{Tính axit (mg/L CaCO}_3\text{)} &= 50 \times \{ 3 \times [\text{Tổng Fe hoà tan}] / 56 \\ &+ 3 \times [Al^{3+}] / 27 \\ &+ 2 \times [Mn^{2+}] / 55 \\ &+ 1000 \times 10^{-(pH)} \} \end{aligned}$$

Ghi chú : Dấu ngoặc vuông [ ] chỉ nồng độ theo mg/L

## 2.3 Trọng Tải Axit

Trọng tải axit là thuật ngữ dùng để chỉ tích số của tính axit tổng số (axit + tính axit tiềm ẩn) và lưu lượng (hoặc thể tích), và được biểu diễn là “đương lượng  $CaCO_3$  trên một đơn vị thời gian” (hoặc đương lượng  $CaCO_3$  cho một thể tích nước đã cho). Nếu có số liệu về lưu lượng hoặc thể tích, thì giá trị tính axit đo được hoặc ước tính có thể chuyển đổi thành trọng tải axit như thể hiện ở Phương trình 2, hoặc nhờ dùng phần mềm ABATES.

<sup>2</sup> Phương trình 1 áp dụng cho những công trình như mỏ than, nơi Fe, Al và Mn là các thành phần chiếm đa số gây ra tính axit.

$$\begin{aligned} \text{Trọng tải axit (Số tấn CaCO}_3\text{/ngày)} &= 10^{-9} \times 86,400 \text{ (hệ số chuyển đổi)} \\ &\times \text{ Lưu lượng (L/s)} \\ &\times \text{ Tính axit (mg/L CaCO}_3\text{)} \\ &\textbf{(Phương trình 2a)} \\ &\text{hoặc...} \\ \text{Trọng tải axit (số tấn CaCO}_3\text{)} &= 10^{-9} \text{ (hệ số chuyển đổi)} \\ &\times \text{ Thể tích (L) } \times \text{ Tính axit (mg/L CaCO}_3\text{)} \\ &\textbf{Phương trình 2b} \end{aligned}$$

Trọng tải axit là thước đo chủ yếu về tác động tiềm ẩn của AMD tại một công trình mỏ. Do đó, công tác lập kế hoạch và chi phí quản lý AMD cần tập trung vào những vùng (trong một khu mỏ) tiềm ẩn khả năng sinh ra hàm lượng axit lớn nhất.

## 2.4 Các yếu tố dẫn đến sự tạo thành AMD

Có nhiều yếu tố dẫn đến sự tạo thành và di chuyển của AMD, trong đó là hàm lượng và trọng tải các chất ô nhiễm di chuyển xuống vùng hạ lưu từ nguồn gây ô nhiễm. Yếu tố chính dẫn đến sự hình thành AMD là sự oxy hoá các khoáng sunfua. Tính chất hoá học của AMD sẽ bị thay đổi khi dung dịch di chuyển qua một hệ thống và tương tác với các vật liệu địa chất khác.

Những yếu tố dẫn đến sự oxy hoá sunfua bao gồm:

- hàm lượng, phân bố, tính chất khoáng vật và hình thức vật lý của các sunfua kim loại
- tốc độ cung cấp oxy từ khí quyển cho các điểm phản ứng theo phương thức đối lưu và/hoặc khuếch tán
- thành phần hoá học của nước lỗ rỗng tiếp xúc với điểm phản ứng, kể cả độ pH và tỉ số sắt II/sắt III
- nhiệt độ tại điểm phản ứng
- khối lượng nước tại điểm phản ứng
- sinh thái vi khuẩn của bề mặt khoáng chất.

Những yếu tố dẫn đến các phản ứng thứ sinh bao gồm:

- hàm lượng, phân bố, tính chất khoáng vật và hình thức vật lý của các khoáng chất trung hoà và khoáng chất khác
- lưu lượng và dòng chảy của nước
- thành phần hoá học của nước lỗ rỗng.

Mục 6 sẽ thảo luận về việc tổng hợp các yếu tố này để đánh giá rủi ro của AMD. Việc sử dụng chúng vào dự báo và làm mô hình về AMD sẽ được miêu tả ở Mục 5, còn các phương pháp giúp thay đổi một số yếu tố nhằm ngăn chặn sự thành tạo và giải phóng AMD sẽ được phác hoạ trong Mục 7.

## 2.5 Các nguồn AMD

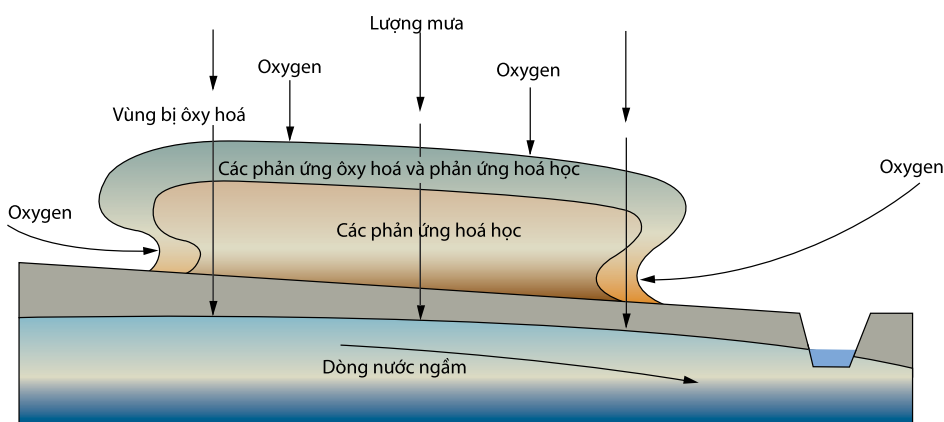
Khi đánh giá sự cân bằng của khối lượng vật liệu có tính axit tại một công trình, điều cốt yếu là hiểu rõ địa chất, khoáng vật và địa hoá khu vực - để nắm được các đặc điểm của mọi vật liệu lộ ra không khí, đang được vận chuyển hoặc xử lý trong các hoạt động ở mỏ. Những vật liệu bờ rời (như đá thải hoặc các vật liệu phế thải) hoặc đá gốc (như vách mỏ lộ thiên hoặc các hầm mỏ) phơi bày ra tiếp xúc với không khí và nước là nguồn tiềm tàng sinh ra AMD. Cacbonat là những khoáng chất kiềm duy nhất có trong tự nhiên ở lượng đủ để coi là hiệu quả trong việc trung hoà tính axit và làm giảm nồng độ kim loại. Các khoáng silicat và aluminosilicat (chẳng hạn, biotit và clorit) có hiệu suất trung hoà đáng kể, nhưng động học phản ứng làm cho chúng kém hiệu quả đi nhiều trong hầu hết các trường hợp. Tuy nhiên, không phải mọi khoáng sunfua đều sinh ra nước thoát axit, và cũng không phải mọi khoáng cacbonat đều trung hoà axit. Nước thoát chất lượng thấp có thể vẫn tồn tại ở độ pH gần trung tính, do hàm lượng kim loại cao (xem Mục 2.1.1).

Sự đánh giá thạch học và xử lý các dòng chảy có ý nghĩa cốt yếu đối với việc đề ra các chiến lược quản lý cho công tác xử lý chất thải ngành mỏ. Chẳng hạn, có thể thực hiện những chiến lược như phân ly, tập kết có chọn lọc, thải chung hoặc trộn và/hoặc vùi lấp dựa trên cơ sở đánh giá. Các chiến lược này được thảo luận chi tiết ở Mục 7. Tuy nhiên, mục tiêu tổng thể của các chiến lược quản lý phải là giảm thiểu, hoặc ở những nơi có thể thì loại trừ tận gốc, những vật liệu tiềm ẩn khả năng tạo ra axit. Điều này chỉ có thể đạt được nếu các nhà quy hoạch và nhà quản lý mỏ có hiểu biết thấu đáo về đặc điểm địa hoá của vật liệu bị xáo trộn (hoặc bị phơi ra không khí) do kết quả của sự khai thác mỏ, và kiến thức về sự cân bằng tổng thể của tải trọng axit sinh ra bởi các vật liệu đó.

### 2.5.1 Các đồng đá thải

Nói chung, các đồng đá thải được đổ trên mặt đất, nơi mà chúng không bị bão hoà, và chứa chừng 5 – 10% nước. Có một phương án là đá thải được đổ trở lại hố khai thác, nơi chúng có thể ngập một phần trong nước ngầm. Trong cả hai trường hợp, bất kỳ vùng chưa bão hoà nào của đá thải chứa sunfua cũng đều có khả năng sinh ra AMD. AMD có thể rỉ ra từ chân đồng đá thải, hoặc ngấm từ đáy đồng đá xuống nước ngầm. Điều đó gây tác động xấu lên chất lượng nước trong quá trình hoạt động và sau khi đóng cửa khu mỏ.

Quá trình tổng thể tạo ra AMD đối với một đồng đá thải được biểu diễn bằng sơ đồ ở Hình 2. Hành vi của một hệ đã cho luôn luôn phụ thuộc thời gian và phụ thuộc các tính chất vật lý của vật liệu như độ rỗng, kích thước hạt (diện tích bề mặt), hệ số khuếch tán, độ thấm khí, độ dẫn thủy lực và độ dẫn nhiệt. Vị trí địa lý sẽ quyết định những yếu tố như mật độ không khí, lượng mưa, nhiệt độ, chế độ gió, hệ thực vật và tính biến thiên theo mùa.



**Hình 2: Sơ đồ biểu diễn sự tạo thành AMD và sự di chuyển chất ô nhiễm từ một bãi đá thải (Ritchie 1994)**

### 2.5.2 Các đồng đá quặng

Tính chất của các đồng đá quặng nhìn chung tương tự như đá thải, nhưng hàm lượng sunfua thường cao hơn. Tuổi thọ của chúng khá ngắn, vì chắc chắn chúng sẽ được đem đi chế biến. Tuy nhiên, những đồng đá quặng nghèo có thể tồn tại nhiều thập kỷ, là nguồn tiềm tàng gây ra AMD lâu dài. Ngoài những vấn đề về chất lượng nước, sự sinh ra AMD còn có thể làm giảm đáng kể chất lượng quặng trong đồng.

### 2.5.3 Hệ thống kho bãi phế liệu và bể chứa phế liệu

Các loại phế liệu sinh ra khi xử lý quặng thường được đổ ra một hệ thống kho bãi phế liệu dưới dạng bùn nhão. Các phế liệu chứa sunfua có thể là một nguồn AMD đáng kể do chúng có kích thước hạt mịn. Đổ phế liệu xuống nước trong những kết cấu chứa nước, như bể chắt hạn, có thể là một chiến lược kiểm soát AMD hiệu quả. Tuy nhiên, vì hầu hết các hệ thống kho bãi phế liệu hiện có được thiết kế không phải dưới dạng kết cấu chứa nước, cho nên phế liệu có thể tích tụ dần lên vùng không bão hoà (chắt hạn sau khi đóng cửa mỏ), do đó trở thành một nguồn AMD tiềm ẩn lâu dài.

Nước từ kho bãi phế liệu thường rò rỉ xuống nước ngầm, còn nước mặt thì thường được tái sử dụng (trong các hoạt động) hoặc thải đi qua một kết cấu đập tràn (sau khi đóng cửa mỏ). Vì thế, AMD sinh ra ở kho bãi phế liệu có thể tác động xấu đến chất lượng nước mặt và nước ngầm, cả ở trong lẫn ngoài công trình. Sự di chuyển chất gây ô nhiễm từ các công trình thông qua nước ngầm là một hậu quả không thể tránh khỏi của các hệ thống kho bãi phế liệu chưa bão hoà chứa vật liệu có sunfua, nhưng có thể giảm thiểu nhờ các chiến lược phục hồi thích hợp.

## 2.5.4 Hố khai thác hay mỏ lộ thiên

Vách đá trong các hố đào hoặc lò lộ thiên<sup>3</sup> có thể chứa các khoáng vật chứa sunfua có khả năng sinh ra AMD. Mức độ hạ thấp mực nước ngầm quanh một hố khai thác trong quá trình khai thác có làm cho lượng vật liệu sunfua phơi ra không khí, và do đó tải trọng axit tạo thành. AMD từ đá vách có thể rỉ xuống hố khai thác hoặc hệ thống nước ngầm tại khu vực mỏ. Điều đó tác động đến chất lượng nước được bơm từ các hầm chứa hoặc các giếng khoan nước ngầm trong quá trình khai thác. AMD cũng có thể có ảnh hưởng lâu dài đáng kể lên chất lượng nước của hố khai thác sau khi đóng cửa mỏ.

## 2.5.5 Hầm mỏ

Những vấn đề liên quan tới đá vách của các hầm mỏ cũng tương tự như với hố khai thác. Mọi loại sunfua phơi ra không khí, do quá trình khô nước, đều là một nguồn tiềm tàng AMD. Điều đó có thể ảnh hưởng đến chất lượng nước ngầm và nước được tái sử dụng, nước để xử lý hoặc đổ đi trong quá trình khai thác. Khi việc khai thác hoàn thành, làm ngập nước vào ngập các công trình ngầm sẽ ngăn ngừa được sự tiếp tục sản sinh AMD. Nhưng các khoảng trống trong mỏ có thể đã chứa nước chất lượng thấp, do sự oxy hoá sunfua trước và trong quá trình làm ngập.

## 2.5.6 Đóng và đóng vật liệu chiết quặng

Chiết quặng bằng phương pháp sinh học từ các sunfua kim loại cơ bản đang ngày càng được ưa chuộng vì công nghệ càng tân tiến và quy mô hoạt động khai thác tăng lên. Vào thời điểm chấm dứt hoạt động, các sunfua tồn dư trong các đồng hoặc bãi vật liệu đã khai thác kiệt là một nguồn tiềm ẩn AMD lâu dài. Đặt một lớp lót kỹ thuật dưới đồng vật liệu thải sẽ giúp thu gom toàn bộ nước thải khi chấm dứt hoạt động và sau khi đóng cửa, tạo thuận lợi cho công tác quản lý AMD. Tuy nhiên, đối với việc chiết quặng bằng phương pháp sinh học, nơi nào không có những tấm lót hiệu quả, sự thành tạo và di chuyển AMD từ đồng vật liệu đã khai thác vào môi trường có thể tương đương như các đồng đá thải chứa sunfua.

---

3 Các mỏ trên mặt đất thường được gọi chung là hố đào hoặc lò lộ thiên. Thuật ngữ "hố đào" được dùng trong suốt cuốn tài liệu hướng dẫn này để cho nhất quán.





## 3.0 RA QUYẾT ĐỊNH ĐỐI VỚI VIỆC QUẢN LÝ AMD THEO PHƯƠNG THỨC HÀNG ĐẦU

---

### CÁC THÔNG ĐIỆP CHỦ YẾU

- Việc xác định đặc điểm của rủi ro AMD cần bắt đầu trong khâu thăm dò và tiếp tục suốt trong các bước lập dự án tiền khả thi, khả thi và thực thi.
- Cần lập một Kế hoạch Quản lý AMD cho việc vận hành và đóng cửa công trình ngay từ giai đoạn lập dự án khả thi.
- Việc khai thác mỏ chỉ nên tiến hành nếu khâu lập kế hoạch đóng cửa, đã thực hiện trong giai đoạn (dự án) khả thi, cho thấy là AMD có thể quản lý được cả về mặt kỹ thuật lẫn kinh tế.

---

Việc triển khai một mỏ diễn ra theo nhiều bước, thường là thăm dò, tiền khả thi, khả thi, khai thác và đóng cửa. Rủi ro tạo AMD có thể ngăn cản một dự án không vượt qua được khâu khả thi, và có những hệ quả nghiêm trọng đối với hiệu quả dự án nếu nó được xúc tiến.

Không bao giờ là quá sớm trong vòng đời một dự án để xác lập các thông số chủ yếu cần thiết cho việc đánh giá và quản lý khả năng xảy ra AMD.

Việc ra quyết định theo với phương thức hàng đầu đối với AMD bắt đầu bằng sự hiểu rõ địa chất công trình. Hiểu biết về môi trường địa chất, trong đó các khoáng chất hoặc tích tụ than hình thành, là chìa khoá để quản lý AMD đối với các vật liệu mỏ. Các phương pháp xác định và dự báo AMD được đề cập chi tiết trong Mục 5.

### 3.1 Trước Khai Thác

Một vài tài nguyên khoáng sản có tính đồng chất và người ta biết khá ít về chúng và vĩa đá mẹ của chúng, ở các giai đoạn trước khai thác. Tuy nhiên, điều quan trọng trong các giai đoạn trước khai thác là nhóm dự án, gồm các nhà địa chất, nhà lập kế hoạch mỏ, nhà khoa học môi trường và chuyên gia AMD, bảo đảm là đã lập được một cơ sở dữ liệu địa chất và địa hoá thích ứng nhằm làm rõ các điều kiện cơ bản và rủi ro AMD. Một chương trình công việc đánh giá tuần tự điển hình được tóm lược trong Bảng 1. Kiến thức về những chất thải có khả năng sinh ra và những vật liệu sẽ bị phơi ra (Mục 5.3) cùng áp lực mà những thứ đó sẽ đặt lên hoạt động khai thác có ý nghĩa sống còn (Scott et. al., 2000).

Như thể hiện trong Bảng 1, cần xây dựng và dự toán một kế hoạch đóng cửa chi tiết cho một công trình trong giai đoạn khả thi. Đó phải là một “tài liệu sống”, khi mở phát triển, với những đánh giá và cập nhật thường xuyên trên cơ sở các công nghệ mới, đóng góp của các bên tham gia, các điều kiện mỏ luôn biến động và kỳ vọng của cộng đồng.

**Bảng 1: Các điều tra về sự thoát nước chứa axit và kim loại và việc ra quyết định theo phương thức hàng đầu trong các giai đoạn tiến khai thác mỏ khi triển khai dự án**

Giai đoạn	Giám sát / Điều tra	Mô tả / Nhận xét* (xem thêm các Mục 5 và 8)	Việc ra quyết định theo phương thức hàng đầu
Thăm dò: thẩm định	Quan sát	Bảng chứng về sự tiềm ẩn AMD (chẳng hạn các khoáng có tính sunfua, dòng nước thấm thấu biến màu, kết tủa sắt).	Nếu không có dấu hiệu về khả năng xảy ra AMD ở giai đoạn này, việc tiếp tục tìm kiếm AMD vẫn cần thiết và nên kéo dài cho cả giai đoạn đánh giá triển vọng (xem dưới đây).
	Chất lượng nước	Phân tích các mẫu nước mặt về độ axit, hàm lượng kim loại, sunfat và độ muối.	
Thăm dò: đánh giá triển vọng	Quan sát	Bảng chứng về sự tiềm ẩn AMD.	Nếu không có dấu hiệu về khả năng xảy ra AMD, thì không cần thí nghiệm thêm, trừ khi tiến hành thăm dò một vùng tài nguyên mới và có địa chất khác.  Nếu không có dấu hiệu về khả năng xảy ra AMD, thì cần làm thí nghiệm chi tiết trong giai đoạn xác định tài nguyên (xem dưới đây).
	Chất lượng nước	Phân tích các mẫu nước mặt và nước ngầm về tính axit, hàm lượng kim loại, sunfat và độ muối.	
	Địa hoá (công tác thử tính sơ bộ)	Công tác đánh giá NAPP/NAG hoặc POCAS, bao gồm cả phân tích sunfua và carbon trong các mẫu đất khoan lên (nếu có) và thạch học đất đá lộ thiên.  Với mỗi loại thạch học / biến dạng <sup>4</sup> chủ yếu, phải được đánh giá ít nhất 3-5 mẫu đại diện.	
Thăm dò: xác định nguồn	Quan sát	Như trên.	Nếu không có dấu hiệu về khả năng xảy ra AMD, thì không cần thí nghiệm thêm, trừ khi tiến hành thăm dò một vùng tài nguyên mới và có địa chất khác.
	Chất lượng nước  Địa chất / Khoáng vật	Như trên.  Nhận dạng các kiểu địa chất / thạch học và pha khoáng trong các loại đá bị khoáng hoá và đá thải bằng các phương pháp cổ điển (thạch học). Xây dựng các mô hình khối sơ bộ (xem Mục 5.7).	

Giai đoạn	Giám sát / Điều tra	Mô tả / Nhận xét* (xem thêm các Mục 5 và 8)	Việc ra quyết định theo phương thức hàng đầu
Thăm dò: xác định nguồn	Địa hoá (công tác thăm dò địa chất)	<p>Công tác thăm dò nghiệm NAPP/NAG hoặc POCAS, kể cả phân tích lưu huỳnh (dưới dạng sunfua) và carbon (dưới dạng cacbonat) trong các mẫu đất khoan lên đối với các kiểu địa chất và pha khoáng khác nhau.</p> <p>Với mỗi loại thạch học/biến dạng chủ yếu, phải thử ít nhất 5-10 mẫu đại diện.</p>	<p>Vào cuối giai đoạn Xác định Tài nguyên, cần có đủ thông tin để xác định khả năng xảy ra AMD của khối quặng (quặng phẩm cấp cao và thấp) với độ chính xác hợp lý, mặc dù có thể vẫn cần thêm thông tin để xác định đặc điểm cho đá thải và phế liệu.</p>
	Địa vật lý	<p>Các phương pháp như phân cực / tự phân cực cảm ứng (IP/SP) để phát hiện các sunfua phân tán), từ và điện từ (EM), để phát hiện các sunfua khối) có thể được sử dụng để xác định chính xác hơn mức độ tiềm ẩn AMD.</p>	<p>Các tác động AMD tiềm tàng và những chi phí quản lý liên quan cần được đánh giá cho một loạt phương án khai thác, xử lý và đóng cửa.</p>
Tiến khả thi	Quan sát  Chất lượng nước	<p>Như trên.</p> <p>Xây dựng cơ sở số liệu ban đầu cho chất lượng nước (tính axit, kim loại, sunfat, độ muối, v.v.) và các giá trị môi trường cho các tài nguyên nước mặt và nước ngầm có khả năng bị tác động của dự án. Thông tin này là một phần sống còn của quá trình phê chuẩn môi trường.</p> <p>Xây dựng mô hình sơ bộ cân bằng nước công trình.</p>	<p>Chi phí vốn và những chi phí vận hành và đóng cửa sau đó để quản lý AMD cần được phân bổ vào bản phân tích tài chính dự án nhằm giúp phân biệt các phương án và bảo đảm một cách tiếp cận chủ động đối với công tác quản lý AMD. Điều đó cho phép lựa chọn một phương án dự án ưu tiên để đưa sang khâu khả thi. Phương án ưu tiên sẽ là cơ sở để xin phê duyệt tiến hành dự án.</p>

Giai đoạn	Giám sát / Điều tra	Mô tả / Nhận xét* (xem thêm các Mục 5 và 8)	Việc ra quyết định theo phương thức hàng đầu
	Địa chất / Khoáng vật	Tiếp tục hoàn chỉnh các mô hình khối (xem Mục 5.7)	Ở những công trình mà các cách tiếp cận khai thác và xử lý khả thi và có hiệu quả kinh tế, chúng có thể được tối ưu hoá nhằm giảm thiểu sự sinh ra AMD từ vật liệu thải hoặc các đồ phế thải, hoặc có thể áp dụng các biện pháp để "có đặc" chúng thành một khối nhỏ hơn.
Tiến khả thi	Địa hoá (công tác thử nghiệm trạng thái tinh chi tiết; công tác thử động hoá học sơ bộ)	<p>Vài trăm mẫu đại diện cho quặng phẩm cấp cao, đá thải và phế liệu cần được thu thập phục vụ cho công tác thử nghiệm địa hoá.</p> <p>Đủ mẫu để phát triển một mô hình khối với một phân bố đáng tin cậy của số liệu NAP cho quặng, chất thải và đá vách.</p> <p>Các thí nghiệm động hóa học phải tiến hành cho ít nhất 1-2 mẫu đại diện của từng kiểu thạch học/biến dạng chủ yếu.</p> <p>Các thử nghiệm ban đầu có thể tương đối đơn giản, sau tăng dần độ phức tạp nếu phát hiện có vấn đề về AMD.</p>	Có khả năng diễn ra một số cuộc tham vấn các cơ quan chức năng và cộng đồng trong giai đoạn khả thi, và điều đó có thể cung cấp thông tin phản hồi có giá trị, giúp lựa chọn giữa nhiều phương án dự án.
Khả thi	Quan sát Chất lượng nước Địa chất / Khoáng vật	<p>Như trên</p> <p>Chính lý mô hình cân bằng nước công trình và chất lượng nước ban đầu.</p> <p>Tiếp tục hoàn chỉnh các mô hình khối (xem Mục 5.7). Sử dụng các mô hình đó để lập tiến độ khai thác mỏ, vòng đời chất thải mỏ, và tối ưu hoá kế hoạch khai thác và bố trí trang thiết bị.</p>	Mọi dữ liệu AMD đều nên đánh giá để xây dựng một Kế hoạch Quản lý AMD sơ bộ, lồng ghép tốt vào kế hoạch khai thác mỏ. Việc này cần tính chi phí như đầu vào của Giá trị Ròng Hiện thời (Net Present Value) của dự án. Cần rất chú trọng vào việc xây dựng các chiến lược giảm thiểu AMD giúp tính toán chi phí một cách thực tế cho các phương án vận hành.

Giai đoạn	Giám sát / Điều tra	Mô tả / Nhận xét* (xem thêm các Mục 5 và 8)	Việc ra quyết định theo phương thức hàng đầu
Khả thi	Địa hoá (công tác thử nghiệm trạng thái tĩnh và thử động hóa học chi tiết)	<p>Xem lại số liệu địa hoá đã có từ trước cho quặng phẩm cấp cao và thấp, đá thải và các chất phế thải.</p> <p>Cải thiện mật độ số liệu NAPP cho mô hình khối nếu cần, và tiến hành đủ số thử nghiệm NAG để kiểm tra chéo số liệu NAPP cho các kiểu thạch học chủ yếu.</p> <p>Tiếp tục các thí nghiệm động hóa học trên các mẫu đá thải và phế liệu. Có thể thiết kế các thí nghiệm động hóa học sử dụng hỗn hợp nhiều loại vật liệu (chẳng hạn vật liệu sinh ra axit và vật liệu khử axit), nhằm thăm dò các phương án quản lý AMD.</p> <p>Kinh nghiệm quản lý AMD của các mỏ khác có khí hậu và địa chất tương tự cần được xem xét chi tiết, nếu có.</p> <p>Nếu vẫn chưa đủ dữ liệu để đánh giá khả năng xảy ra AMD và xây dựng một kế hoạch quản lý có sức thuyết phục để phê duyệt, thì cần lấy thêm mẫu, tiến hành thử nghiệm và hoàn chỉnh các mô hình khối.</p>	<p>Các cách tiếp cận lập kế hoạch và thừa hành đối với công tác quản lý AMD cần được chi tiết hoá kỹ và dựa trên những luận cứ kỹ thuật vững chắc. Các quy trình giám sát tiếp theo đối với hiệu quả quản lý AMD cần được chi tiết hoá.</p> <p>Một Kế hoạch Đóng cửa phải được xây dựng và được xem là khả thi và có sức thuyết phục. Các chi phí đóng cửa cần được phân bổ vào phần tài chính dự án, và phải được công khai với độ không chắc chắn +/- 20%, dựa trên một mô hình khối quá đầu tư chính kèm theo các thiết kế chi tiết.</p> <p>Mặc dù Kế hoạch Đóng cửa phải được xem là khả thi với mục đích xin phê duyệt, vẫn cần có các hoạt động thử và các nghiên cứu khác, được tiến hành trong thời gian diễn ra những hoạt động khai thác.</p> <p>Một cách tiếp cận khoa học thấu đáo và tính minh bạch là những yếu tố then chốt trong việc giải quyết phê duyệt và chuyển sang giai đoạn vận hành. Một thiết kế dự án giảm thiểu các tác động và tạo ra một cảnh quan an toàn và ổn định sau khi đóng cửa là phù hợp với mục tiêu của sự phát triển bền vững.</p> <p>Việc chuẩn bị Đánh giá Tác động Môi trường (EIA) hoàn thành và quá trình phê duyệt thường bắt đầu ngay sau khi kết thúc giai đoạn Khả thi. Tại thời điểm này, một dự án ưu tiên đã được chọn, song vẫn có thể phải chỉnh sửa trong khâu thiết kế cuối cùng và do những phản hồi từ phía các bên tham gia (cộng đồng và các cơ quan chức năng) trong quá trình phê duyệt.</p>

### 3.2 Khai Thác

Trong quá trình khai thác, việc quản lý vật liệu sinh axit có thể là một quá trình phức tạp, bao gồm một số chiến lược khác nhau, tùy theo đặc điểm của quặng và chất thải, khí hậu và cảnh quan địa phương (xem Mục 7). Điều chủ yếu là Kế hoạch Quản lý AMD được xây dựng trong giai đoạn khả thi, và được tu chỉnh đáp ứng các điều kiện hay thay đổi diễn ra trong các hoạt động khai thác.

Công tác quản lý AMD hàng ngày có thể bao gồm việc nhận dạng, xác định đặc điểm, lập tiến độ, vận chuyển, phân ly, tập kết có chọn lọc, đổ lẩn và đôi khi là trộn các vật liệu chứa sunfua và chứa cacbonat, cũng như giám sát diện rộng. Quá trình phức tạp này tốn thời giờ, mất nhiều công và thường tốn kém, mà lại không sinh lời, do đó đòi hỏi sự cam kết nghiêm túc từ phía giới quản lý mỏ và nhân viên. Đánh giá hiệu quả nội bộ một cách thường xuyên (xem Mục 8) là việc quan trọng.

Quá trình đánh giá hiệu quả cần cung cấp thông tin phản hồi cho việc cập nhật thường xuyên Kế hoạch Đóng cửa (xem *Tài liệu Hướng dẫn Đóng cửa và Hoàn thành khu mỏ*). Nếu các chiến lược quản lý ban đầu tỏ ra không hiệu quả, thì cần nghiên cứu tìm các phương án khác, trong khi các trang thiết bị và nhân lực có kinh nghiệm vẫn còn có sẵn trên công trình, sao cho cách tiếp cận mới có thể được thực hiện với chi phí thấp nhất. Cũng nên xem xét những tiến bộ mới trong công nghệ giảm nhẹ AMD để phục vụ cho việc đánh giá và thử nghiệm như một bộ phận của quản lý AMD liên tục và quá trình lập kế hoạch đóng cửa. Cũng cần tham vấn các cơ quan chức năng và các nhóm cộng đồng trong quá trình lập kế hoạch để cho các nhu cầu của họ được đáp ứng.

### 3.3 Đóng Cửa

Vào thời điểm đóng cửa mỏ, nên làm sao để hầu hết những công việc chuẩn bị cần thiết cho việc bảo vệ môi trường đã được tiến hành, như một phần của Kế hoạch Đóng cửa được nhận thức thấu đáo và được thực hiện trong suốt các giai đoạn vận hành. Nếu không được như vậy thì có thể có một rủi ro đáng kể về tác động xấu, bao gồm kế hoạch đóng cửa tại Mỏ Woodcutters ở lãnh thổ phía Bắc (xem nghiên cứu tình huống).

Trường hợp lý tưởng là giai đoạn đóng cửa sẽ gồm chủ yếu các bước cuối cùng của việc ngừng khai thác, kể cả phá dỡ các cấu kiện hạ tầng, trả lại địa mạo, tái tạo hệ thực vật và bắt đầu một chương trình giám sát sau khi đóng cửa.

Vì các vấn đề AMD có thể có thời gian ủ dài trước khi thể hiện, nên có thể cần phải giám sát mức độ thành công của việc tái tạo hệ thực vật, hiệu quả của các hệ thống tạo thảm, và bất kỳ tác động nào lên tài nguyên nước trong nhiều năm, cho đến khi có bằng chứng xác đáng về sự ổn định và được sự đồng ý chấm dứt của cơ quan chức năng.

Cần nhớ rằng nhiều trong số các công nghệ quản lý AMD vẫn còn tương đối mới (dưới 30 tuổi đời), cho nên có rất ít đánh giá định lượng dài hạn về sự thành công trong việc đạt được địa mạo ổn định và an toàn về mặt môi trường. Hiệu quả lâu dài của các biện pháp đóng cửa còn cần phải được chứng minh, thoạt đầu là thông qua các phương pháp như mô hình hoá, nhưng vẫn sẽ luôn luôn phải kiểm chứng qua kết quả trên hiện trường. Các công ty cần được chuẩn bị để tiến hành việc giám sát dài hạn sau

đóng cửa ở nơi mà các rủi ro AMD và hậu quả tiềm tàng được nhận định là cao. Một cách tiếp cận có trách nhiệm như vậy sẽ nâng cao uy tín và giúp duy trì giấy phép hoạt động về mặt xã hội của ngành. Các vấn đề về việc đóng cửa được đề cập toàn diện trong cuốn *Tài liệu Hướng dẫn Đóng cửa và Hoàn thành khu mỏ* trong loạt tài liệu Phát triển Bền vững với phương thức hàng đầu.

## **NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG (Đóng cửa và Hoàn thành) - Mỏ Woodcutters lãnh thổ phía Bắc**

Mỏ Woodcutter trước kia gần Darwin thuộc miền Bắc Úc có hoạt động khai thác cả ngầm và lộ thiên trên một vỉa chì-kẽm lớn từ năm 1985 đến năm 1999. Lúc đóng cửa, các chất thải mỏ tồn dư được chứa ở hai bể phế liệu lớn có các vật liệu sinh axit với hàm lượng sunfua cao và một đồng đá thải. Đồng đá thải này chứa một lượng đáng kể vật liệu chứa sunfua lấy từ mỏ lộ thiên ban đầu và đã lộ ra tiếp xúc với khí hậu gió mùa nhiệt đới trong nhiều năm.

Một đánh giá chi tiết chi phí – ích lợi đã được tiến hành cho năm phương án đóng cửa khác nhau, gồm những tổ hợp giữa sự phục hồi *tại chỗ* hoặc bố trí lại các bãi phế liệu và đá thải. Dựa trên đánh giá này, Kế hoạch Đóng cửa ban đầu là:

- bố trí lại vật liệu phế thải chứa sunfua vào các lò lộ thiên và làm ngập nước khoảng trống còn lại của mỏ nhằm ngăn ngừa AMD phát sinh trong tương lai từ những phế liệu nằm dưới
- phục hồi hệ thống kho bãi đá thải *tại chỗ* nhờ dùng một hệ thống che phủ khô.

Năm 2000, công ty trách nhiệm hữu hạn Newmont ở Úc (trước kia tên là Normandy) đã bắt đầu một nghiên cứu đa ngành theo phương thức hàng đầu nhằm chốt lại Kế hoạch Đóng cửa công trình, kể cả một kế hoạch phục hồi chung cho mỏ lộ thiên đã lấp đất và thiết kế lớp che phủ cho đồng đá thải.

Mô hình hóa toàn bộ dòng nước ngầm và sự vận chuyển chất hòa tan đã được tiến hành nhằm đánh giá tác động của AMD từ đá thải, trong vật liệu phế thải của hố khai thác và vật chất tàn dư của các bể phế thải trước kia, lên chất lượng nước ngầm. Sau đó, các kết quả mô hình hoá được gắn kết với phân tích dòng nước nhằm lượng định những rủi ro dài hạn đối với môi trường nước nhận, trong nhiều phương án đóng cửa khác nhau. Dựa trên các kết quả mô hình hoá và đánh giá rủi ro phơi nhiễm, nghiên cứu đã phát hiện ra rằng:

- đồng đá thải đòi hỏi sự che phủ gồm hai lớp
  - một lớp phủ bằng đất có độ thấm thấu thấp, nhằm giảm thiểu sự xâm nhập của nước vào vật liệu đá thải và giảm tốc độ oxy hoá sunfua bên trong đồng
  - một lớp nền “giữ-và-thả”, tạo môi trường sinh trưởng cho hệ thực vật và bảo vệ lớp che phủ bằng đất có độ thấm thấu thấp
- hố khai thác lộ thiên cần được lấp đất tới gần bề mặt bằng vật liệu sạch (tùy theo sự bố trí lại vật liệu phế thải), hơn là cứ để như một cái hố như hình dung ban đầu.

Mọi công tác đào đắp liên quan đến việc đóng cửa, kể cả xây dựng lớp che phủ đồng đá thải cuối cùng và trả lại mặt bằng cho hố khai thác lộ thiên đã lấp đất, đã hoàn tất năm 2004.

Các nghiên cứu kỹ thuật về thiết kế lớp che phủ và tác động nước ngầm đã được sử dụng, cùng với những đánh giá trong thời gian dài về hàm lượng kim loại trong vùng môi trường dòng chảy và trầm tích, để thiết lập các chỉ tiêu hoàn thành định lượng cho hiệu quả sau khi đóng cửa, và cuối cùng là chấm dứt hợp đồng cho thuê.

Một kế hoạch giám sát chi tiết đã được vạch ra để đánh giá hiệu quả sau đóng cửa. Suốt trong quá trình thiết kế, Newmont đã tham vấn các cơ quan chức năng và các bên tham gia ở địa phương (những chủ sở hữu cũ), những người rất ủng hộ cách tiếp cận tổng hợp đối với thiết kế đóng cửa cuối cùng được áp dụng tại Woodcutters.

Nếu như việc thực thi cuối cùng các hoạt động đóng cửa công trình và phục hồi đã minh chứng cho việc áp dụng những nguyên tắc khai thác mỏ bền vững theo phương thức hàng đầu hiện thời, thì một số bài học lớn cũng được rút ra từ nghiên cứu tình huống này. Chúng được tóm tắt dưới đây (Dowd 2005):

- Sự bố trí tối ưu từ đầu đối với vật liệu thải, kết hợp với sự phục hồi dần dần trong quá trình diễn ra các hoạt động khai thác, sẽ làm giảm đáng kể các chi phí đóng cửa
- Nên xúc tiến quá trình đóng cửa nếu các tiêu chí đóng cửa công trình đã được thiết lập và nhất trí với sự tham vấn các cơ quan chức năng và các bên tham gia chủ yếu trong thời gian vận hành mỏ
- Có thể tiết kiệm đáng kể chi phí nếu các hoạt động phục hồi được khởi động từ trước khi ngừng các máy móc khai thác và chấm dứt hợp đồng nhân công / nhà thầu.



**Hình 3. Công trình mỏ Woodcutters vào năm 1998 trước khi chấm dứt hoạt động và phục hồi**





**Hình 4. Công trình mỏ đã phục hồi vào năm 2005, sau khi xây dựng lớp bao phủ cho đồng đá thải, nhưng hệ thực vật còn cần hoàn chỉnh**



## 4.0 KHUNG PHÁP LÝ

### CÁC THÔNG ĐIỆP CHỦ YẾU

- Các quy định của chính quyền Liên bang và bang nhằm bảo vệ môi trường, kể cả đất và việc sử dụng tài nguyên nước, đa dạng sinh học và di sản văn hoá.
- Những quy định chủ yếu của Liên bang về AMD là Đạo luật Bảo vệ Môi trường và Bảo tồn Đa dạng sinh học, Các Biện pháp Bảo vệ Môi trường Quốc gia (NEPM) và Hướng dẫn Chất lượng Nước ANZECC/ARMCANZ.
- Hướng dẫn Chất lượng Nước ANZECC/ARMCANZ đưa ra một cách tiếp cận trên cơ sở rủi ro đối với việc xây dựng các tiêu chuẩn về chất thải công trình.

Liên bang, bang và chính quyền địa phương có những luật lệ và hướng dẫn đang có hiệu lực áp dụng cho công tác quản lý AMD ở công trình mỏ. Mục đích là bảo vệ các mặt môi trường như đa dạng sinh học, tài nguyên nước (số lượng và chất lượng), địa mạo, tình trạng sử dụng đất hiện tại và tương lai, và di sản văn hoá và môi trường.

Chính quyền bang và vùng lãnh thổ có trách nhiệm chính trong việc giám sát và điều chỉnh các hoạt động khai thác. Việc này thường được thực hiện thông qua một cơ quan tài nguyên khai thác mỏ, một cơ quan quản lý tài nguyên thiên nhiên và/hoặc một cơ quan chức năng về môi trường. Liên bang chủ yếu can dự vào khi nhận thấy có những vấn đề có tầm quan trọng môi trường quốc gia, hoặc khi có những khung quốc gia đã được nhất trí về quản lý một số mặt về môi trường.

Các công ty mỏ Úc đang hoạt động ở nước ngoài phải tuân thủ luật pháp của nước sở tại. Đồng thời cần xem xét các hướng dẫn quốc tế như của Ngân hàng Thế giới/IFC (chẳng hạn, IFC, 2004) và Tổ chức Y tế Thế giới (chẳng hạn WHO, 2004), trong những trường hợp luật pháp quốc gia không có những quy định cụ thể về chất lượng nước trong hoạt động khai thác mỏ. Phương thức hàng đầu có thể chứng minh bằng việc tuân thủ những hướng dẫn khắt khe nhất hiện có.

### 4.1 Chính quyền bang / Vùng lãnh thổ

Công cụ chủ yếu mà chính quyền bang và lãnh thổ dùng để điều chỉnh AMD là các quy định về cấp phép cần thiết cho một dự án khai thác mỏ, kể cả hợp đồng thuê đất để khai thác, các đánh giá tác động môi trường và tài nguyên nước. Tuy cơ cấu chính xác, chế độ pháp lý và luật lệ áp dụng cho AMD có đôi chút khác nhau giữa các vùng, song nhìn chung chúng đều nhằm giảm thiểu tác động môi trường trong quá trình hoạt động và đạt tới địa mạo bền vững sau khi phục hồi thông qua việc giảm thiểu việc xả chất thải.

Những điểm chính trong các luật lệ bang và vùng lãnh thổ bao gồm:

- nhận dạng và đánh giá các rủi ro AMD trong đánh giá tác động môi trường và xã hội
- xác định các chi phí tài chính trên cơ sở quản lý đúng mức các vấn đề AMD sau khi đóng cửa
- quản lý sự tuân thủ các hướng dẫn về chất lượng nước quốc gia
- tính sẵn sàng, chất lượng và việc sử dụng các tài nguyên nước địa phương và khu vực.

## 4.2 Chính phủ liên bang

Những công cụ pháp lý có liên quan chủ yếu của Chính phủ Liên bang là *Đạo luật Bảo vệ Môi trường và Bảo tồn Đa dạng sinh học 2000* (Đạo luật EPBC), Các Biện pháp Bảo vệ Môi trường Quốc gia do Hội đồng Bảo vệ Môi trường và Di sản xây dựng và *Hướng dẫn Úc và Tân Tây Lan Chất lượng Nước ngọt và Nước biển*, do Hội đồng Bảo tồn Môi trường Úc và Tân Tây Lan biên soạn (còn gọi là Hướng dẫn Chất lượng Nước ANZECC/ARMCANZ). Các văn bản chỉ đạo này sẽ được bàn cụ thể ở Mục 4.3.

Theo Đạo luật EPBC, Liên bang có thể yêu cầu một đánh giá tác động môi trường khi một dự án khai thác mỏ có khả năng tác động đến những vùng "có tầm quan trọng môi trường quốc gia", bao gồm:

- các di sản thế giới
- các địa điểm di sản quốc gia
- các vùng đất ngập nước có tầm quan trọng quốc tế
- các cộng đồng sinh thái và loài bị đe dọa
- các loài di cư
- các vùng biển của Liên bang
- các hoạt động có phóng xạ (kể cả việc khai thác urani).

Các Biện pháp Bảo vệ Môi trường Quốc gia (NEPM) nhằm giảm nhẹ những tác động hiện tại hoặc tiềm ẩn của các chất thải đủ loại và tạo một khuôn khổ để thu thập thông tin rộng rãi về sự phát sinh chất thải vào không khí, đất và nước. NEPM Danh mục Phát sinh Quốc gia là một cơ sở dữ liệu trên Internet được thiết kế để báo cáo về loại và lượng một số hoá chất đã phát thải vào không khí, đất và nước, và để mở cho công chúng truy cập. Danh mục này được lập thông qua chính quyền bang và vùng lãnh thổ. Các đơn vị vận hành mỏ nên tự quyết định xem họ có cần đăng ký hay không. Thông tin thêm có tại [www.npi.gov.au](http://www.npi.gov.au).

### 4.3 Hướng dẫn chất lượng nước ANZECC/ARMCANZ

Quản lý theo phương thức hàng đầu đối với AMD đòi hỏi phải hiểu tường tận và tuân thủ Hướng dẫn Chất lượng Nước ANZECC/ARMCANZ. Một bảng tóm tắt những hướng dẫn cho các hệ sinh thái nước ngọt, hệ sinh thái biển, thủy lợi và các ứng dụng chung, nước uống cho gia súc, thủy sản, các ứng dụng giải trí và thẩm mỹ có tại [www.deh.gov.au/water/quality/nwqms/volume1.html](http://www.deh.gov.au/water/quality/nwqms/volume1.html). Hướng dẫn về nước uống do Hội đồng Y tế và Nghiên cứu Y học Quốc gia biên soạn có tại [www.nhmrc.gov.au/publications/synopses/eh19syn.htm](http://www.nhmrc.gov.au/publications/synopses/eh19syn.htm). Mục này sẽ minh họa vắn tắt cách áp dụng các hướng dẫn đó khi đánh giá tác động của các chất lên chất lượng nước.

Những hướng dẫn này cung cấp một cách tiếp cận sáng tạo dựa trên rủi ro nhờ dùng các khung quyết định có thể điều chỉnh cho phù hợp với điều kiện môi trường. Đối với các hệ sinh thái thủy sinh, những giá trị tới ngưỡng theo hướng dẫn được đặt ngang bằng với các mức rủi ro thấp về mặt sinh thái của các chỉ số lý-hóa đối với các trường hợp phơi nhiễm kéo dài. Ba mức bảo vệ khác nhau là một mặt quan trọng của các hướng dẫn chất lượng nước. Người ta thừa nhận rằng đối với một số giá trị môi trường, có thể không khả thi khi bảo vệ tất cả các tài nguyên nước với cùng một cấp. Đối với các hệ sinh thái nước, những giá trị tới ngưỡng theo hướng dẫn được chia thành bốn cấp bảo vệ: 99 phần trăm, 95 phần trăm, 90 phần trăm và 80 phần trăm, trong đó cấp bảo vệ có nghĩa là phần trăm số loài dự kiến sẽ được bảo vệ. Các cấp bảo vệ là:

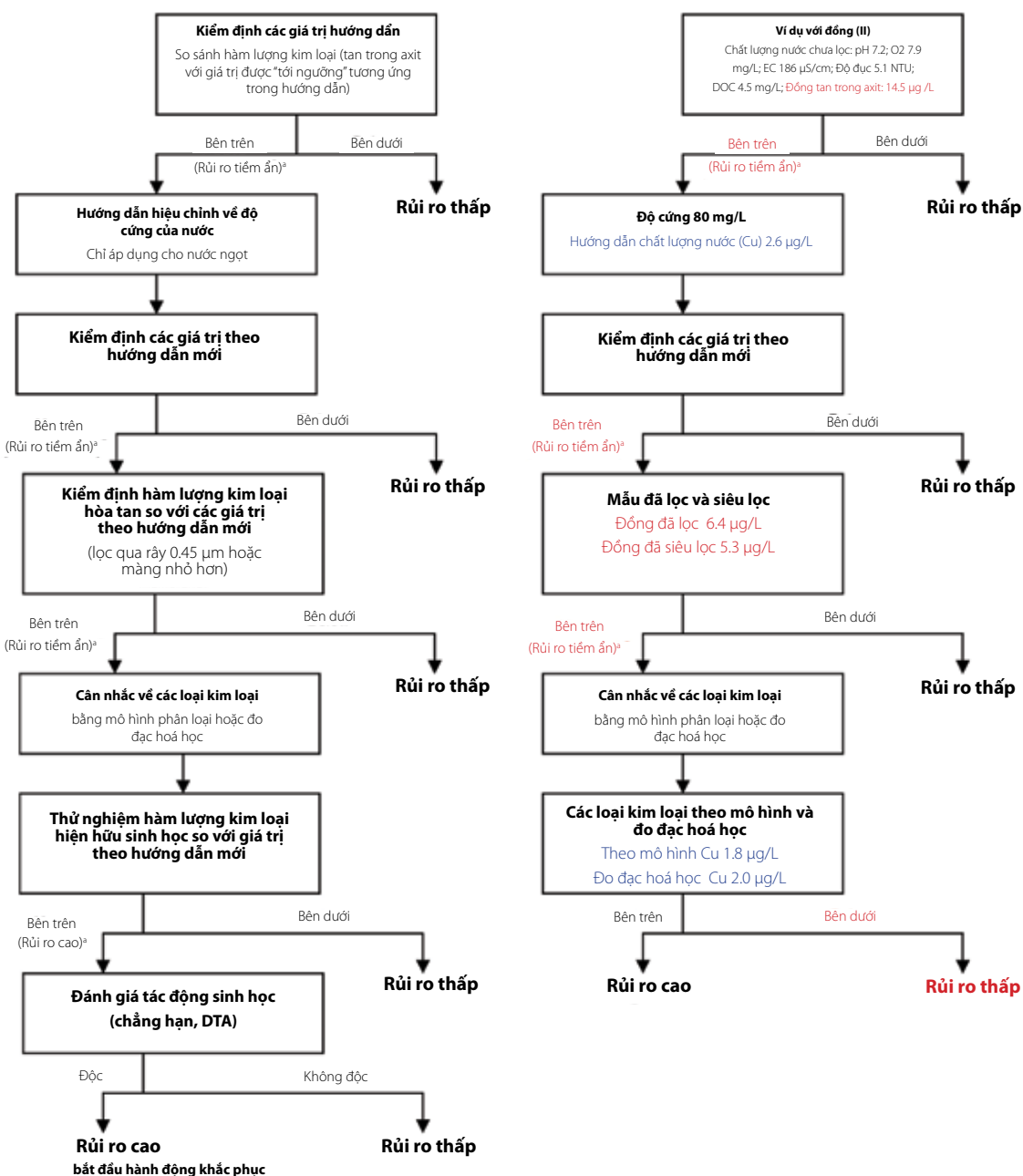
- giá trị bảo tồn /sinh thái cao (99 phần trăm)
- đã bị xáo trộn một chút/vừa phải (95 phần trăm)
- các hệ sinh thái đã bị xáo trộn nặng (90 đến 80 phần trăm).

Đối với hầu hết công trình mỏ, những giá trị tới ngưỡng theo hướng dẫn có thể coi là gán được cấp 95 phần trăm, bởi vì hệ sinh thái bị xáo trộn một chút, cho đến vừa phải. Ngoài ra, khoáng vật học của các vùng đã khoáng hoá có khả năng dẫn tới nồng độ hoá chất cao ở các vùng nước khu vực.

Những giá trị tới ngưỡng theo hướng dẫn được rút ra từ số liệu thí nghiệm liều phản ứng đối với sinh vật, và ám chỉ sự hiện diện của một chỉ số hóa học nào đó trong môi trường có thể ảnh hưởng đối với sinh vật. Đối với các kim loại, hàm lượng của chúng tồn tại dưới dạng ion kim loại tự do, hoặc ở các dạng phức chất có thể tách được bởi màng tế bào hoặc một màng mang, có hiện hữu sinh học cao hơn là các kim loại ở dạng các phức chất mạnh hoặc đã hấp thụ vào vật chất ở dạng keo và/hoặc dạng hạt.

Những hướng dẫn dựa trên hàm lượng kim loại tổng số thì thiên về bảo vệ quá mức, nhưng cũng thừa nhận rằng số đo hàm lượng kim loại hiện hữu sinh học không phải là một công việc tầm thường. Vì thế, từ góc độ pháp chế thì đo đạc để kiểm tra sự tuân thủ hướng dẫn, trước hết trên cơ sở hàm lượng kim loại tổng số, là việc làm thoả đáng. Các phép đo đó vừa đơn giản hơn, vừa không tốn kém khi thực hiện, và ít khi mẫu bị nhiễm bẩn. Nơi nào các giá trị tới ngưỡng cao hơn các giá trị hàm lượng kim loại tổng số, thì nên áp dụng một trình tự đo phức tạp hơn để có cách xác định chính xác hơn các loại kim loại cụ thể gây độc. Một sơ đồ về quyết định trình tự các phép đo và một ví dụ áp dụng trình tự đó, được minh họa cho trường hợp nguyên tố đồng trên Hình 5.

Các giá trị tới ngưỡng theo hướng dẫn nên được xác định và thay đổi để ứng dụng cho một khu vực, địa phương hoặc công trình cụ thể nào đó, bằng cách đưa vào những yếu tố như tính biến động của một hệ sinh thái hoặc môi trường cụ thể, loại đất, lượng mưa hoặc mức độ phơi bày. Những giá trị tới ngưỡng là giá trị hàm lượng của một nguyên tố, nếu hàm lượng của nguyên tố này cao hơn giá trị tới ngưỡng thì có thể gây ra các vấn đề môi trường. Chúng "đòi hỏi" tiến hành các cuộc điều tra tiếp theo và có thể là điều chỉnh cho những hướng dẫn để áp dụng theo điều kiện địa phương. Các hướng dẫn này không phải là hướng dẫn độc nhất, nhưng sự sử dụng các giá trị hướng dẫn chỉ mang tính phù hợp cho từng điều kiện môi trường địa phương. Mặc dù việc áp dụng cách tiếp cận dựa trên quyết định được coi là không bắt buộc, nhưng người ta thừa nhận là áp dụng nó thì giảm được quan điểm bảo thủ cần dựa vào các giá trị tới ngưỡng của hướng dẫn, nhờ thế làm cho các giá trị phù hợp hơn với một tài nguyên nước cụ thể. Khung quyết định tạo mang tính linh hoạt và phạm vi sử dụng rộng rãi cho các nhà quản lý nước.



<sup>a</sup> Các điều tra tiếp không phải bắt buộc; nhưng người sử dụng có thể quyết định tiếp tục hành động quản lý / khắc phục.)

**Hình 5: Sơ đồ quyết định để ứng dụng giá trị tới ngưỡng trong hướng dẫn về phân loại hoá chất (bên trái) và ví dụ (bên phải) áp dụng sơ đồ quyết định cho trường hợp đồng (II) (theo ANZECC/ARMCANZ (2000).**



## 5.0 NHẬN DẠNG VÀ DỰ BÁO AMD

---

### CÁC THÔNG ĐIỆP CHỦ YẾU

- Một chương trình lấy mẫu và phân tích ngày càng chi tiết là cần thiết để xác định đặc tính các vật liệu địa chất khi một dự án tiến triển từ giai đoạn thăm dò sang giai đoạn khai thác.
  - Tính toán về ăn bằng Axit-Bazơ và thí nghiệm về khả năng tạo axit cho ta phép sàng lọc sơ bộ về sự tiềm ẩn AMD và xác định sự cần thiết phải điều tra chi tiết hơn.
  - Các thí nghiệm trạng thái tĩnh là phép “kiểm kê” lượng khoáng chất đang tồn tại và khả năng chúng gây ra hoặc giảm nhẹ AMD. Thí nghiệm động hóa học có thể dùng để đánh giá xem AMD diễn biến ra sao theo thời gian.
  - Các mô hình khối địa chất trên cơ sở dữ liệu thí nghiệm trạng thái tĩnh có thể dùng để tạo thuận lợi cho công tác quản lý chất thải.
- 

### 5.1 Giới thiệu

Mục tiêu hàng đầu của sự đánh giá địa hóa các vật liệu của một khu mỏ là định hướng cho các quyết định quản lý. Điều cốt yếu là phải tiến hành một chương trình đánh giá phân đoạn nhằm đảm bảo đủ số liệu cho mọi bước của một chu trình dự án. Phương thức hàng đầu chỉ có thể đạt được thông qua nhận thức từ sớm khả năng tiềm tàng tạo ra AMD.

Đánh giá địa hoá nhằm tìm hiểu phân bố và mức độ thay đổi của các thông số địa hoá chủ yếu (như hàm lượng sunfua, khả năng trung hoà axit và thành phần các nguyên tố), cũng như các đặc điểm thẩm thấu của các nguyên tố và khả năng tạo axit. Một cuộc điều tra thẩm định là cần thiết và nên bắt đầu ở giai đoạn càng sớm càng tốt. Yêu cầu và phạm vi các cuộc điều tra chi tiết sẽ tùy thuộc vào những phát hiện của chuyến thăm định ban đầu. Vì một số nghiên cứu như thí nghiệm tình trạng thẩm thấu hoặc đo tốc độ oxy hoá sunfua đòi hỏi nhiều thời gian hơn mới có được số liệu cần thiết, nên điều quan trọng là bắt đầu công việc này thật sớm trước khi dự án có những bước đi quan trọng.

Việc tham khảo các hoạt động khai thác mỏ khác trong khu vực, đặc biệt là những mỏ nằm ở cùng khối địa tầng hoặc địa chất, có thể đem lại những thông tin kinh nghiệm về bản chất tương tự địa hoá hoặc loại hình quặng tương tự, và các loại đá nguyên sinh và đá mang tích tụ quặng. Một số thông tin ban đầu cũng có thể thu được từ lõi khoan thăm dò, như đã đề cập ở Mục 3. Phương thức hàng đầu bao gồm những tiêu chí then chốt như các loại sunfua và cacbonat, mức độ phổ biến và dạng hiện hữu. Mọi mẫu cần được phân tích ít nhất là về hàm lượng sunfua tổng số, và bao hàm những nguyên tố môi trường chủ yếu trong mọi thí nghiệm lỗ khoan. Các điều tra khoáng vật học cần khảo sát loại hình và dạng hiện hữu của khoáng sunfua và cacbonat.

Một số quy trình đã được xây dựng để đánh giá những đặc điểm tạo thành axit và hành vi của vật liệu được chiết kim loại. Phương pháp thẩm định được sử dụng rộng rãi nhất dựa trên Tính toán về cân bằng Axit-Bazơ (ABA), là cân bằng lý thuyết giữa khả năng một mẫu sinh ra axit và trung hoà axit. Hình thức đơn giản nhất của ABA được biết là Khả năng Sinh Axit Thực (NAPP).

Một số khoáng sunfua không sinh axit (nhưng lại có thể góp phần vào nước thoát chứa kim loại), và trong các khoáng sinh AMD và khoáng trung hoà AMD thì hình thức và độ hoạt động cũng khác nhau. Do đó, có thể có độ không chắc chắn ở mức nào đó trong dự báo nếu chỉ dựa vào ABA lý thuyết. Các điều tra khoáng vật học, phân tích nguyên tố, phân loại sunfua và cacbonat, khả năng trung hoà axit, hoạt tính phản ứng, và kiểm định sự sinh axit thực (NAG) (một phương pháp đo sự oxy hoá trực tiếp nhanh) được sử dụng để xử lý độ không chắc chắn này. Việc dự báo AMD được cải thiện hơn nếu áp dụng tổ hợp các thí nghiệm, đặc biệt là các thí nghiệm độc lập như NAPP và NAG.

## 5.2 Thu mẫu

Chọn mẫu là một nhiệm vụ rất quan trọng và phải được cân nhắc kỹ ở mọi giai đoạn trong một dự án. Mẫu cần đại diện cho từng vật liệu địa chất sẽ được đào lên hoặc bị lộ ra, và từng loại chất thải, trong các kế hoạch mô hiện tại và dự kiến. Cơ chế lấy mẫu thường là theo mặt cắt lỗ khoan được thực hiện trên thân quặng.

Số lượng và loại mẫu có tính đặc thù cho từng công trình và sẽ tùy thuộc vào giai đoạn triển khai dự án (xem Bảng 1), nhưng phải đủ để có sự đại diện cho độ tính biến thiên/độ bất đồng nhất trong từng khối địa chất và loại chất thải. Vì thế, những yếu tố như kích thước hạt, khiếm khuyết cấu trúc, sự biến đổi, nứt vỡ hoặc phân thớ phải được tính đến khi chọn mẫu. Từ giai đoạn thăm dò cho tới nghiên cứu khả thi cuối cùng, tất cả các mẫu hố khoan đều cần được đo lường sunfua tổng số như là một yêu cầu tối thiểu.

Mặc dù việc khoan và việc lấy mẫu sẽ tập trung vào các vùng quặng trong giai đoạn thăm dò và tiền khả thi, nhưng các mẫu đá nguyên sinh và đá bao vĩa quặng cũng cần phải thu để có nhiều đại diện hơn khi dự án tiến triển. Điều đó sẽ bảo đảm có số liệu thoả đáng để xây dựng các mô hình khối và tiến độ sản xuất theo loại chất thải địa hoá (xem Mục 5.7).

Những hướng dẫn lấy mẫu chủ yếu được liệt kê dưới đây (Scott et al., 2000):

- các mẫu lõi khoan và khoảng cách thu mẫu từ lõi khoan không vượt quá 10 m để có tính đại diện và bao quát các kiểu địa chất và loại quặng
- mẫu phức hợp nên được lấy từ mỗi lỗ khoan
- mỗi mẫu nên nặng khoảng 1-2kg. mẫu nên được nghiền thành kích thước hạt 4mm, sau đó phân để lấy ra 200-300g đem nghiền thành bột dưới 75 $\mu$ m. phần bột dưới 4mm và các phần còn lại sau khi nghiền cũng nên giữ lại để thử nghiệm.



## 5.3 Kiểm định tình trạng địa hoá

### 5.3.1 Tính toán cân bằng axit-bazơ

Tính toán cân bằng Axit-Bazơ (ABA) đánh giá cân bằng giữa các quá trình tạo ra axit (sự oxy hoá các khoáng sunfua) và các quá trình trung hoà axit (sự hoà tan các cacbonat kiềm, sự di chuyển các bazơ có thể trao đổi và sự phong hoá silicat). Nó liên quan đến việc xác định tính axit tiềm ẩn tối đa (MPA) và khả năng trung hoà axit vốn có (ANC).

Hàm lượng lưu huỳnh tổng số thường được sử dụng như một ước tính lượng lưu huỳnh trong pyrit để tính MPA ( $MPA = \%S \times 30,6$ ). Tuy nhiên, nếu đã biết dạng khoáng sunfua thì có thể tính cả các dạng lưu huỳnh không sinh axit và sinh ít axit hơn, để có được một ước lượng MPA chính xác hơn. Việc sử dụng lượng lưu huỳnh tổng số có thể là bảo thủ bởi vì một lượng lưu huỳnh nhất định có thể tồn tại ở những dạng khác với pyrit. Các khoáng lưu huỳnh sunfat (thạch cao, anhydrit, alunite) và lưu huỳnh tự nhiên chẳng hạn, là những dạng lưu huỳnh không sinh axit. Ngoài ra, một lượng nhất định lưu huỳnh có thể tồn tại ở dạng sunfua kim loại (như covellit, chalcocit, sphalerit và galen), là những hợp chất cho tính axit thấp hơn pyrit hoặc, trong một số trường hợp, không sinh axit.

ANC thường được xác định bằng cách cho axit clohydric vào mẫu, sau đó chuẩn độ ngược với hydroxit nat-ri để xác định lượng axit đã tiêu tốn. ANC đo khả năng trung hoà axit của một mẫu. Giống như MPA, việc xác định ANC là không thể chuẩn xác và dễ bị nhiễu, có thể không đại diện cho giá trị ANC thực để trung hoà AMD. Các cacbonat chứa sắt như siderit, ankerit và đolômit nhiều sắt là những mối lo tiềm tàng.

Hai chỉ số ABA được tính toán – đó là Khả năng Sinh Axit Thực (NAPP) và tỉ số ANC/MPA. NAPP là số đo định tính cho sự chênh lệch giữa khả năng sinh axit của một mẫu (MPA) và khả năng trung hoà axit (ANC) của nó<sup>4</sup>. NAPP, MPA và ANC được biểu diễn theo đơn vị là  $\text{kg H}_2\text{SO}_4/\text{t}$ , và NAPP được tính như sau<sup>5</sup>:

$$NAPP = MPA - ANC$$

Nếu MPA nhỏ hơn ANC thì NAPP âm, có nghĩa là mẫu có thể có đủ ANC để ngăn ngừa sự tạo ra axit. Trái lại, nếu MPA vượt quá ANC thì NAPP sẽ dương, tức là vật liệu có thể thuộc loại sinh ra axit.

Tỉ số ANC/MPA cho thấy ngưỡng an toàn tương đối (hoặc mất an toàn tương đối) của một vật liệu. Trong các tài liệu thường nêu các giá trị ANC/MPA khác nhau để chỉ những giá trị an toàn cho việc ngăn ngừa sinh axit. Các giá trị này thường nằm trong khoảng từ 1,5 đến 3. Theo một quy tắc chung, vật liệu có tỉ số ANC/MPA bằng 2 hoặc lớn hơn vẫn có khả năng duy trì độ pH ở mức gần trung tính và không có vấn đề gì về AMD.

4 Trong các tài liệu có nhiều cách gọi tên các thông số của kiểm định trạng thái địa hóa. Ví dụ, Khả năng Trung hoà thực (NNP) là chỉ sự chênh lệch giữa Khả năng Trung hoà (NP) và Khả năng tạo Axit (AP). NNP nói chung thường được biểu diễn theo đơn vị  $\text{kg CaCO}_3/\text{t}$ .

5 NAPP cũng có thể ước tính được nhờ dùng phần mềm ABATES (xem phần Thuật ngữ).

Tuy giá trị NAPP (và tỉ số ANC/MPA) cho ta một chỉ số về khả năng tạo ra axit từ một mẫu nào đó, vẫn cần làm thêm các thử nghiệm để dự báo khả năng tạo nước thoát chứa kim loại hoặc chứa muối (xem dưới đây).

### 5.3.2 Kiểm định khả năng tạo axit thực (NAG)

Kiểm định NAG được áp dụng kết hợp với NAPP để phân loại khả năng tạo axit của một mẫu.

Kiểm định NAG có liên quan đến việc phản ứng một mẫu với peroxid hydro để oxy hoá nhanh các khoáng sunfua bất kỳ. Các phản ứng, cả sinh axit lẫn trung hoà axit, diễn ra đồng thời và kết quả cuối cùng thể hiện một thước đo trực tiếp cho lượng axit đã sinh ra. Nếu độ pH sau phản ứng (NGA pH) nhỏ hơn 4,5 thì mẫu thực sự sinh ra axit. Lượng axit được xác định bằng cách chuẩn độ và được biểu thị bằng cùng đơn vị như NAPP (tức là kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t).

Một số phương án kiểm định NAG đã được xây dựng để thích ứng với tính đa dạng địa hoá của các vật liệu mỏ và để khắc phục sự nhiễu kết quả có thể xảy ra. Hai quy trình kiểm định trạng thái tinh NAG chủ yếu hiện đang được ứng dụng là kiểm định NAG đơn và kiểm định NAG chuỗi. Kiểm định NAG chuỗi có thể dùng cho các mẫu có hàm lượng lưu huỳnh dạng sunfua cao để đo khả năng sinh axit tổng số, và đối với những mẫu có tổng sunfua cao và ANC cao.

Ngoài ra cũng cần những phương pháp đặc thù để đánh giá vật liệu có hàm lượng carbon hữu cơ cao như chất thải do rửa than.

### 5.3.3 Phân loại mẫu AMD

Nếu xét riêng thì các kiểm định NAPP và NAG đều có những hạn chế, nhưng nếu kết hợp lại thì các dự báo AMD có độ tin cậy cao. Những rủi ro phân loại sai vật liệu Không Tạo thành Axit (NAF) thành vật liệu Có Tiềm năng Tạo thành Axit (PAF), và ngược lại, được giảm đi đáng kể nhờ tiến hành cả kiểm định NAPP lẫn kiểm định NAG. Tính toán theo NAPP có thể đem so sánh với kết quả kiểm định NAG để phân loại mẫu và phát hiện độ không chắc chắn cần làm rõ. Các tiêu chí phân loại điển hình cho các loại vật liệu địa hoá quan trọng dựa trên số liệu kiểm định NAPP và NAG được cho trong Bảng 2.

Việc phân chia cụ thể hơn tùy theo nhu cầu cụ thể từng công trình, có thể tiến hành nhằm xác định những mẫu có khả năng sinh axit, khả năng trung hoà axit hoặc khả năng chiết xuất kim loại thay đổi (xem phần sau).

**Bảng 2: Các tiêu chí phân loại địa hoá điển hình trên cơ sở số liệu kiểm định NAPP và NAG<sup>^</sup>**

Loại vật liệu địa hoá điển hình	NAPP (kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /t)	Độ pH NAG
Có tiềm năng tạo thành axit (PAF)	> 10*	< 4.5
Có tiềm năng tạo thành axit – Khả năng yếu (PAF-LC)	0 đến 10*	< 4.5
Không tạo thành axit (NAF)	Âm	≥ 4.5
Tiêu thụ axit (ACM)	nhỏ hơn -100	≥ 4.5
Độ không chắc chắn <sup>#</sup>	Dương	≥ 4.5
	Âm	< 4.5
	Dương	< 4.5

<sup>^</sup> Cần kiểm tra lại cả các hướng dẫn của bang/vùng lãnh thổ về phân loại địa hoá.

\* Tùy từng công trình, nhưng thường nằm trong khoảng từ 5 đến 20 kgH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t.

<sup>#</sup> Cần kiểm định thêm để khẳng định các loại vật liệu.

### 5.3.4 Thành phần nguyên tố

Thành phần nguyên tố của các mẫu đại diện trong từng khối thạch học, loại đất/đá và loại chất thải cần được xác định và đánh giá trong quan hệ với độ giàu hoặc nghèo so với đất và đá cơ sở. Các phương án đánh giá bao gồm một hệ số giàu nguyên tố (EEF) và một chỉ số giàu địa hoá (GAI). EEF đơn giản so sánh hàm lượng trong mẫu với hàm lượng trong mẫu cơ sở, còn GAI thì so sánh hàm lượng với giá trị trung bình của nguyên tố đó trong đất theo phương pháp địa thống kê dựa trên thang logarit. Các so sánh đó được dùng để nhận dạng bất kỳ nguyên tố nào (đặc biệt là các kim loại và á kim) tồn tại với hàm lượng vượt quá giá trị cơ sở và có thể cần những khảo sát thêm như thí nghiệm động hóa học (xem Mục 5.4) để đánh giá tầm quan trọng môi trường của chúng.

Một số nguyên tố như thạch tín có thể là mối quan ngại ở những hàm lượng không cao hơn đáng kể so với hàm lượng cơ sở. Vì thế điều quan trọng trong đánh giá này là phải xét cả việc các nguyên tố tồn tại dưới dạng nào.

### 5.3.5 Phân tích khoáng vật học

Nghiên cứu khoáng vật là điều thiết yếu để hiểu được các thành phần khoáng vật và những quá trình phong hoá có thể gây ra sự tạo thành AMD, cả những thành phần có khả năng làm trung hòa AMD và các khoáng vật thứ sinh đều có tác dụng làm chậm hoặc đẩy nhanh sự phát sinh axit và di chuyển kim loại độc từ công trình mỏ.

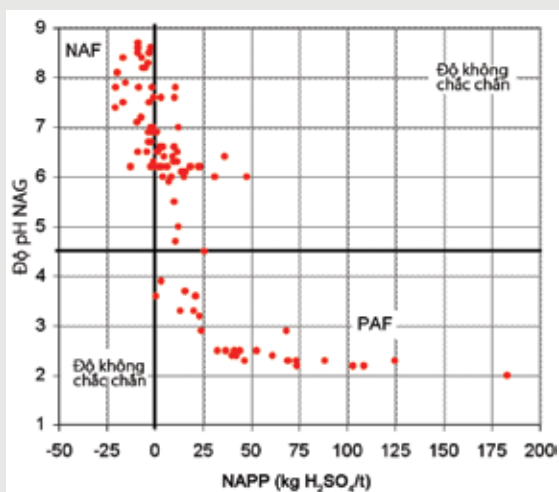
Cần phải đặt trọng tâm vào việc nhận dạng tính chất khoáng vật của lưu huỳnh và cacbonat, mức độ và dạng tồn tại. Nghiên cứu khoáng vật silicat để nhận dạng và định lượng mọi loại khoáng vật có khả năng tiềm tàng để trung hòa AMD về lâu dài (như anocit, olivin và clorit). Khả năng sinh AMD và trung hòa AMD của các khoáng sunfua và cacbonat phổ biến theo dữ liệu khoáng vật học có thể tính toán được nhờ dùng phần mềm ABATES (xem phần Thuật ngữ).

## NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG Xác định đặc điểm / Dự báo: Sari Gunay, Iran

Một nghiên cứu khả thi cuối cùng được công ty khai thác mỏ Zar Kuh (70 phần trăm thuộc Rio Tinto) tiến hành phục vụ việc khai thác mỏ vàng Sari Gunay nằm ở Iran đã cho thấy lợi ích và tầm quan trọng của việc tập hợp một cơ sở dữ liệu nhiều nguyên tố và lưu huỳnh từ các lõi khoan ngay từ những giai đoạn đầu triển khai dự án.

Một cơ sở dữ liệu kiểu mẫu gồm hơn 15,000 thí nghiệm lưu huỳnh và các nguyên tố, lấy cách nhau 1m trên lõi khoan, đã được xây dựng trong các nghiên cứu thăm dò, tiến khả thi và khả thi để có thông tin phục vụ cho việc lập kế hoạch mỏ. Các số liệu đó đã xác định sự hiện diện của lưu huỳnh trong đá thải và quặng trở thành một vấn đề quan tâm của dự án do bởi khả năng sinh AMD và làm ô nhiễm tài nguyên nước.

Để giảm thiểu các vấn đề tương lai do AMD, một chương trình thí nghiệm đã được khởi động nhằm xây dựng cơ sở dữ liệu kiểu mẫu để cho việc lập kế hoạch mỏ có thể tối ưu hoá việc ngăn chặn đá thải và quặng tạo thành AMD. Khoảng cách thu mẫu lõi khoan đã được chọn cẩn thận để có tính đại diện cho sự biến thiên phù hợp trong từng loại đá địa chất; kết quả là 101 mẫu đã được kiểm định về lưu huỳnh, ANC và NAG (xem Mục 5 để biết mô tả thí nghiệm).



**Hình 6: Đồ thị phân loại địa hoá cho các mẫu đá thải Sari Gunay cho thấy độ pH NAG và NAPP, trên đó thể hiện các vùng phân loại AMD.**

Hình 6 là một đồ thị phân loại địa hoá, thể hiện độ pH NAG phụ thuộc vào giá trị NAPP cho 101 mẫu đá thải. Các vùng Có Tiềm năng tạo thành Axit (PAF), Không Tạo thành Axit (NAF) và Phân loại độ không chắc chắn (UC) được thể hiện trên hình với định nghĩa nêu ở Mục 5.3.3.

Hàm lượng lưu huỳnh trung bình của các mẫu đã chọn là 0,76%S, còn ANC trung bình là 7 kg H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/t. Khoảng 60 phần trăm mẫu có NAPP dương, cho thấy là những vật liệu đó có thể là một nguồn tạo thành axit. Khoảng 40 phần trăm mẫu có NAPP âm và không tạo thành axit, và hầu hết các mẫu có tỉ số ANC/MPA lớn hơn 2, có nghĩa là hệ số an toàn cao.

Mặc dù đồ thị của nhiều mẫu nằm trong vùng *PAF* hoặc *NAF*, nhưng một số mẫu có đồ thị nằm ở vùng không chắc chắn phía trên, bên phải. Việc thí nghiệm bổ sung, bao gồm thí nghiệm khoáng vật học, dạng lưu huỳnh và kiểm định NAG chuỗi đã được tiến hành đối với các mẫu không chắc chắn và đã khẳng định hầu hết chúng là *NAF*. Ở các mẫu đó, thí nghiệm NAG đã tỏ ra là một thước đo đáng tin cậy về khả năng sinh axit hơn là NAPP.

Trên cơ sở kết quả kiểm định NAPP và NAG, đã xác định được ba loại AMD, được định nghĩa như sau:

- *NAF*: Không Tạo thành Axit
- *PAF*: Có Tiềm năng Tạo thành Axit, với khả năng sinh axit nhỏ hơn hoặc bằng  $10 \text{ kgH}_2\text{SO}_4/\text{t}$
- *PAF cao*: Có Tiềm năng Tạo thành Axit, với năng lực sinh axit lớn hơn  $10 \text{ kgH}_2\text{SO}_4/\text{t}$ .

Sự phân bố các giá trị lưu huỳnh trong từng loại đá thải này cho thấy về cơ bản tất cả các mẫu được xếp vào loại *PAF* và *PAF cao* thì đều có hàm lượng lưu huỳnh tổng số lớn hơn 0,25%S, và tất cả các mẫu *PAF cao* đều chứa hơn 1%S. Mặc dù một giá trị giới hạn phân loại 0,25%S sẽ tính cả một số mẫu thuộc loại *NAF*, nhưng giá trị này đã được sử dụng vào mục đích lập kế hoạch, bởi vì nó cho ta một ước tính thận trọng về lượng đá thải loại *PAF*.

Dựa trên các kết quả đó, những tiêu chí sau đây đã được xây dựng:

#### Tiêu chí Phân loại Địa hoá Đá thải

Loại Chất thải Địa hoá	Tiêu chí
PAF Cao	Tổng lưu huỳnh (dưới dạng S) >1.0%
PAF	S từ 0.25 đến 1.0%
NAF	S < 0.25%

Các tiêu chí này đã được áp dụng vào cơ sở dữ liệu kiểu mẫu nguồn, và thông qua các nghiên cứu tối ưu hoá mỏ đã thu được các đại lượng và khả năng phát sinh theo thời gian như sau cho từng loại chất thải địa hoá:

Năm	NAF (nghìn tấn)	PAF (nghìn tấn)	PAF cao (nghìn tấn)
1	1200	0	0
2	1527	0	0
3	0	1500	0
4	819	1681	0
5	2207	2696	0
6	2701	2399	0
7	2925	2038	0

<b>Năm</b>	<b>NAF (nghìn tấn)</b>	<b>PAF (nghìn tấn)</b>	<b>PAF cao (nghìn tấn)</b>
8	0	5094	0
9	0	4163	0
10	0	1736	0
11	0	1154	55
<b>TỔNG CỘNG</b>	<b>11380</b>	<b>22462</b>	<b>55</b>

Các kết quả này cho thấy khoảng một phần ba số đá thải là NAF còn hai phần ba là PAF, trong đó chỉ một phần nhỏ là PAF Cao, và điều này sẽ diễn ra suốt những năm cuối vận hành. Các loại đá NAF thải ra tới tận năm thứ bảy, còn từ năm thứ tám đến cuối vòng đời mỏ vào năm thứ 11 thì tất cả đá thải sẽ là PAF. Tiến độ đã xác định được sự cần thiết phải tái xử lý vật liệu NAF để bảo đảm khoanh vùng có lập toàn bộ chất thải PAF.

Phương án thiết kế được lựa chọn là kết hợp tất cả đá thải vào bể và đê bao vật liệu phế thải để thuận tiện cho việc kiểm soát chặt chẽ vấn đề tập kết vật liệu. Tất cả vật liệu PAF cao sẽ được đặt trong bãi phế liệu, còn mọi chất thải PAF sẽ được tập kết, nén chặt và bao bọc bằng đê bao.

Nghiên cứu tình huống này minh chứng rằng việc dự báo và định lượng vấn đề AMD sớm trong triển khai dự án sẽ giúp cho các chiến lược kiểm soát được lồng ghép vào khâu lập kế hoạch và thiết kế công nghệ để giảm thiểu các trách nhiệm về AMD lâu dài.



**Công trình Sari Gunay**

## 5.4 Thí nghiệm động địa hoá/tốc độ sinh chất gây ô nhiễm

Quy trình thí nghiệm động học bao gồm một số phép đo theo thời gian, và được áp dụng để đánh giá một loạt vấn đề AMD bao gồm độ phản ứng sunfua, động học oxy hoá, độ hoà tan kim loại và hành vi chiết xuất của vật liệu. Các thí nghiệm động học thông thường gồm một số hình thức chiết xuất và được tiến hành trong điều kiện oxy hoá tối ưu nhằm thu được số liệu về thời gian trễ khả dĩ và tốc độ oxy hoá, và nhằm xác định những nguyên tố có tiềm năng gây tác động cho chất lượng nước. Mục đích của các thí nghiệm này là xác định tính chất địa hoá cơ bản của từng loại vật liệu phục vụ cho công tác quản lý và giúp cho các dự báo mở rộng. Mở rộng có thể bao gồm cả loạt thí nghiệm trên hiện trường và có thể được hỗ trợ bởi các mô hình cơ học và kinh nghiệm. Nhưng mô hình hoá có thể chưa có sức thuyết phục do những yếu tố chỉ có riêng cho một công trình, đòi hỏi một cách tiếp cận thận trọng về thiết kế, kết hợp với thí nghiệm vận hành, nhằm hoàn chỉnh và cập nhật cho các dự báo và định hướng cho các quyết định quản lý.

### 5.4.1 Các kiểm định trong phòng thí nghiệm

Các thí nghiệm động học trong phòng thí nghiệm thường bao gồm việc cho một mẫu đá mỏ hoặc vật liệu phế thải đã nghiền vào những chu trình làm ướt - làm khô - làm ráo. Trong quá trình làm ướt và làm khô, điều quan trọng là các lỗ rỗng không được bão hoà để cho oxy có mặt khắp trong mẫu. Thí nghiệm chiết xuất dạng ống và thí nghiệm ô ẩm độ thường được áp dụng. Chế độ chiết xuất thường được chọn để tối ưu hoá sự oxy hoá và bảo đảm có một mẫu thích hợp để phân tích, nhưng cũng có thể điều chỉnh để mô phỏng các điều kiện thực tế. Trong các thí nghiệm chiết xuất dạng ống, dải kích thước hạt và thể tích mẫu có thể rộng hơn so với ẩm độ. Các cột thường được đổ 2,5kg vật liệu có kích thước nhỏ hơn 4mm, cho tới 35kg vật liệu kích thước nhỏ hơn 40mm. Nếu cần thì có thể dùng các kích thước lớn hơn để khảo sát các yếu tố mở rộng. Kết quả thí nghiệm chiết xuất động học có thể dùng để ước tính:

- tốc độ oxy hoá (trực tiếp nhờ vào lượng tiêu thụ oxy và gián tiếp nhờ tính tốc độ giải phóng sunphat)
- độ hoà tan nguyên tố và hành vi chiết xuất
- khoảng thời gian bắt đầu của sự sinh ra AMD và diễn biến của đặc điểm AMD
- các hỗn hợp và cách xử lý.

Các thí nghiệm chiết xuất động cần được tiến hành trong ít nhất 6 tháng và thường là từ 12 đến 24 tháng thì mới có đủ số liệu giúp lý giải có hiệu quả cho các đặc điểm của AMD của một vật liệu. Có thể cần thời gian dài hơn để đánh giá hiệu quả của những biện pháp xử lý cụ thể nào đó hoặc đánh giá các hỗn hợp loại đất/đá.

Một thí nghiệm NAG động (KNAG) đã được triển khai để cung cấp một chỉ số định tính về khoảng thời gian trước khi xuất hiện AMD từ một mẫu. Thí nghiệm này có thể hoàn thành trong vòng 24 giờ.

## 5.4.2 Các kiểm định ưu tiên tại thực địa

Mục đích chính của các kiểm định hiện trường là mở rộng các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm ra nhằm phản ánh chính xác hơn những điều kiện khí hậu và phân bố kích thước hạt. Kiểm định hiện trường cũng có thể được dùng để đánh giá các phương án khắc phục, nói riêng, sự pha trộn và các lớp phủ.

Những kiểm định hiện trường thông thường bao gồm các nội dung và phạm vi như sau:

- kiểm định chiết xuất bằng thùng và giàn đỡ (100 đến 500kg)
- sàn thí nghiệm (10 m x 10 m x 3 m và thường là 500 tấn)
- các đồng thí nghiệm (thường chiều cao đồng từ 15m đến 20m; có trang bị dụng cụ để theo dõi nhiệt độ, sự oxy hoá, điều kiện thuỷ văn và tính chất hoá học của dung dịch chiết xuất). Ví dụ như đồng Batu Bersih ở Mỏ Grasberg, Indonesia (Andrina et al., 2003) và Mỏ Kim cương Diavik ở Canada (Blowes et al., 2006).

## 5.4.3 Các kiểm định ở quy mô đầy đủ tại hiện trường

Những trang thiết bị và chương trình giám sát được thiết kế tốt sẽ tạo cơ hội quan sát hành vi của các đồng vật liệu một cách đầy đủ. Những quan sát này giúp xác định hiệu quả các biện pháp kiểm soát AMD, biết được các yêu cầu liệu có cần thêm một cuộc điều tra nào đó và chứng minh sự tuân thủ những yêu cầu có tính pháp lý. Ngoài ra, các phép đo toàn diện có thể dùng để kiểm tra và hoàn thiện những mô hình được xây dựng dựa trên các thông số từ những thử nghiệm có quy mô nhỏ, để làm tăng sự tin tưởng vào các dự báo về hành vi tương lai.

Khi tiến hành các phép đo hiện trường, điều rất quan trọng là nhận biết được khoảng thời gian mà các quá trình tương ứng xảy ra ở quy mô đầy đủ. Thời gian phản ứng của một đồng đá thải đối với những thay đổi về tốc độ cấp oxy, chẳng hạn, có thể là vài giờ đến hàng ngày. Mặt khác, thời gian mà các thay đổi về tốc độ sinh ra chất gây ô nhiễm trong một đồng đá với những mẫu lấy từ giếng khoan theo dõi nước ngầm có thể từ biến động vài năm đến vài thập kỷ. Ritche (1994) đã bàn về những quy mô thời gian đi đôi với các quá trình AMD khác nhau ở các đồng vật liệu có quy mô đầy đủ.

Bảng 3 nêu những phép đo phổ biến nhất, được thực hiện cho các kiểm định hiện trường quy mô đầy đủ, đồng thời mô tả giá trị của chúng. Ví dụ về việc triển khai các trang thiết bị đó và sử dụng số liệu thu được có thể tìm trong công trình của Andrina et al., (2003), Blowes et al., (2006), Patterson et al., (2006), và Ritchie et al., (2003).

Trừ phi các phương thức trang thiết bị và phép đo khá đơn giản, nếu không thì việc lý giải số liệu hiện trường thường đòi hỏi kiến thức chuyên sâu về một tập hợp phức tạp các quá trình vật lý và hoá học có tác động qua lại.



**Bảng 3: Các phép đo thông thường được thực hiện trong các kiểm định hiện trường ở quy mô đầy đủ**

Phép đo	Phương pháp đo	Thông tin thu được	Ghi chú
Diễn biến hàm lượng oxy trong khí ở các lỗ rỗng	Các ống lấy mẫu và máy phân tích khí cầm tay hoặc các đầu dò oxy nổi trực tuyến; được lắp đặt ở các lỗ khoan hoặc trong quá trình xây dựng đồng vật liệu.	Vị trí vật liệu ôxy hoá; tốc độ ôxy hoá; các cơ chế vận chuyển khí chủ yếu	Cung cấp thông tin định tính và định lượng có giá trị; phản ứng nhanh với những thay đổi về điều kiện trong đồng vật liệu.
Phân bố nhiệt độ	Dây nhiệt điện trở; lắp đặt trong các hố khoan hoặc trong quá trình xây dựng đồng vật liệu	Vị trí vật liệu ôxy hoá; tốc độ ôxy hoá;	Cung cấp thông tin định tính tốt, nhưng khó định lượng; phản ứng chậm với những thay đổi về điều kiện trong đồng vật liệu.
Tốc độ thấm nước	Thấm kế	Tốc độ vận chuyển chất gây ô nhiễm qua đồng vật liệu; hiệu quả của các hệ thống che phủ	Các cuộc tranh luận vẫn còn tiếp tục về thiết kế và lý giải số liệu; có thể mất hàng năm để thu được số liệu có ý nghĩa.
Thành phần hoá học của nước thải	Lấy mẫu nước mặt và áp kế nước ngầm	Hàm lượng chất gây ô nhiễm và các chất thải chiết xuất ra từ đồng vật liệu.	Lượng dữ liệu lớn; phản ứng rất chậm với những thay đổi về điều kiện trong đồng vật liệu.

## 5.5 Mô hình hoá sự oxy hoá, sự phát sinh và giải phóng chất gây ô nhiễm

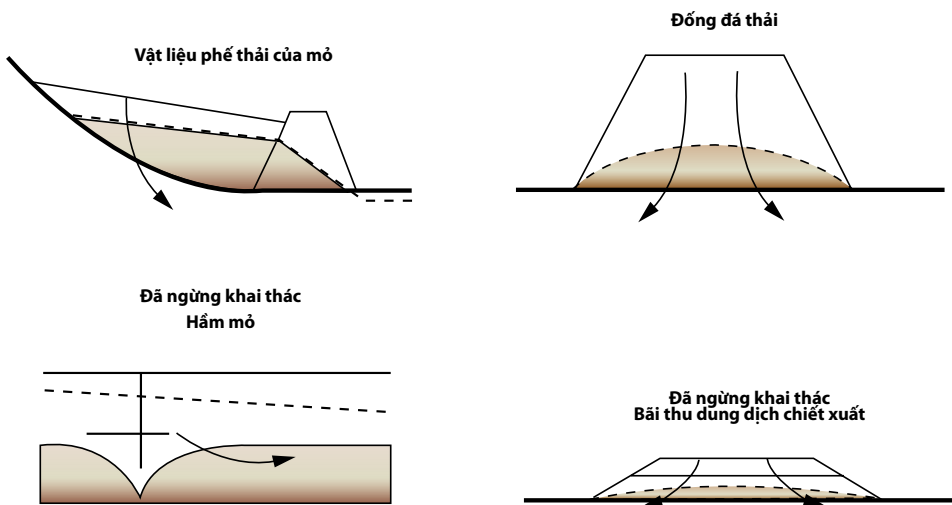
Các quá trình địa hoá tương tác giữa dung dịch và khoáng vật, và các quá trình phong hoá diễn ra rất phức tạp trong các vật liệu mỏ khi tiếp xúc với các điều kiện khí quyển. Tốc độ quá trình có thể thay đổi theo vị trí (như trong một đồng vật liệu) và theo thời gian. Có những cơ chế hồi tiếp giữa nhiều quá trình, dẫn đến hệ thống có những hành vi hệ thống không thể nhận biết bằng trực giác. Do đó, cần phải có các phương pháp mô hình hoá tinh vi để dự báo hành vi AMD ở bất kỳ độ tin cậy nào đó.

Các mô hình vận chuyển - phản ứng cung cấp cho ta một công cụ mô tả hành vi có tính phức tạp của sự phát sinh, di chuyển và diễn biến AMD tại các công trình mỏ. Chúng cần tính đến sự ôxy hoá khoáng sunfua, sự vận chuyển khí, vận chuyển nhiệt, sự di chuyển của nước và các chất hòa tan, và các quá trình trung hoà có liên quan đến sự hoà tan các cacbonat và aluminosilicat. Chúng đòi hỏi những số liệu đầu vào đặc trưng cho từng công trình, mà các số liệu có thể không đầy đủ, cả về không gian lẫn thời gian. Những mô hình đó hữu ích nhất khi dùng để:

- kiểm tra giả thiết và các phương án “nếu – thì sao” (chẳng hạn, đánh giá hiệu quả của các chiến lược kiểm soát AMD, cả ở ngắn và dài hạn)
- giúp lý giải các số liệu theo dõi hiện trường
- xác định độ nhạy của một hệ thống đối với các thông số thiết kế và đầu vào cụ thể
- cung cấp đầu vào phụ thuộc thời gian cho các chương trình đánh giá rủi ro sinh thái (xem Mục 6).

Nhiều mô hình vận chuyển - phản ứng đã được xây dựng, với khả năng và mức độ phức tạp khác nhau. Một số mô hình theo cách tiếp cận chuỗi, trong đó các quá trình vận chuyển và phản ứng được giải quyết riêng rẽ, có hoặc không có sự lặp lại giữa các bước. Những mô hình khác theo cách tiếp cận đơn, trong đó sự vận chuyển vật lý và các phản ứng địa hoá được giải quyết đồng thời. Một ví dụ về loại mô hình thứ hai là SULFIDOX, được ANSTO xây dựng như một công cụ chuyên ngành giúp mô hình hoá các đồng đá thải chưa bão hoà và đá sinh dung dịch chiết xuất. Mô hình đó có sự kết hợp vận chuyển oxy và nhiệt, các quá trình oxy hoá đồng đá với những phản ứng khoáng vật có kiểm soát về động học và dòng chảy không bão hoà. Các ví dụ áp dụng mô hình này đã được Linklater et al., (2005, 2006) mô tả.

Một mô tả chung về ứng dụng và những ưu điểm của việc mô hình hoá vận chuyển - phản ứng các vật liệu mỏ đã được Mayer et al., (2003) thực hiện (Hình 7).



**Hình 7: Các mô hình vận chuyển - phản ứng (Mayer et al., 2003)**

## 5.6 Lý giải kết quả thí nghiệm

Các kết quả của công tác thí nghiệm trạng thái tĩnh và động học ban đầu cung cấp thông tin về đặc điểm AMD của từng mẫu, giúp nhận dạng và định lượng các loại vật liệu địa hoá chủ yếu. Như đã trình bày ở Mục 5.3.3, có thể nhận dạng năm loại vật liệu địa hoá AMD chủ yếu, và các loại tiếp theo cũng có thể phân định được trên cơ sở hàm lượng kim loại và tiềm năng phát sinh dung dịch chiết xuất và khoảng thời gian trước khi xuất hiện AMD. Dựa trên các đặc điểm địa hoá cụ thể của từng loại, có thể xây dựng được tiêu chuẩn kỹ thuật vật liệu cho việc phân tách và tập kết nhằm quản lý AMD.

Cấp độ thứ hai của việc lý giải tập trung vào dự báo tổng thể về hành vi của công trình mỏ và đánh giá rủi ro xảy ra các vấn đề khi triển khai, liên quan đến sự oxy hoá các sunfua. Điều đó đòi hỏi:

- hiểu biết về số lượng, độ hiện diện và sự phân bố các loại vật liệu địa hoá trong tích tụ quặng
- chi tiết về tiến độ sản sinh ra chất thải đối với những loại đá địa hoá đó
- kiến thức về đặc điểm vật lý của các vật liệu và có thể cả những cơ chế oxy hoá đồng đá
- trình tự thải theo loại chất thải
- các điều kiện khí hậu
- cân bằng nước và các thông số khác có ảnh hưởng đến sự sinh ra AMD (xem Mục 2.4).

Nên xin ý kiến chuyên gia vào giai đoạn đầu xây dựng dự án để giúp các cán bộ tại công trình trong việc lý giải các kết quả, định nghĩa các loại vật liệu địa hoá và hiểu được hệ quả của các hoạt động, quản lý vật liệu và việc đóng cửa.

## 5.7 Mô hình hoá thành phần vật liệu và lập tiến độ

Phương thức hàng đầu chỉ có đạt được thông qua nhận thức từ trước khi tiến hành khai thác về tiềm năng xảy ra AMD. Tiềm năng xảy ra AMD đối với các loại đất đá cụ thể có thể đánh giá từ kết quả các chương trình kiểm định trạng thái tĩnh và động đã nói qua ở trên. Tuy nhiên, khả năng một công trình đang mắc vào các vấn đề AMD và nhận diện các phương án quản lý còn tùy thuộc số lượng từng loại vật liệu bị xáo trộn (hoặc bị phơi ra không khí), và vào tiến độ sản xuất.

Việc mô hình hoá khối địa chất (đối với các tích tụ quặng chứa kim loại) hoặc mô hình hóa lưới/lớp (đối với các tích tụ than) là việc nên làm và thường được áp dụng để lập tiến độ phát sinh theo loại chất thải địa hoá. Việc xây dựng các mô hình khối hoặc lưới/lớp giúp tìm hiểu lịch trình thời gian tiếp xúc của vật liệu PAF. Điều này rất có ý nghĩa đối với khâu lập kế hoạch mỏ (chẳng hạn thiết kế các đồng đá thải), cũng như công tác quản lý điều hành công trình mỏ hàng ngày, hàng tuần, hàng tháng và hàng năm.

Các mô hình khối hoặc lưới/lớp khác một cách rành mạch với mô hình địa hoá được dùng để thiết kế chương trình lấy mẫu. Việc mô hình hoá khối cho chất thải tương tự như mô hình hoá tài nguyên quặng và được dùng để tính thể tích, cũng tức là khối lượng vật liệu. Khối lượng số liệu có sẵn giúp xác định chất thải thường là ít, so với những số liệu thu thập được phục vụ cho việc xác định khối quặng. Vì các thí nghiệm xác định đặc điểm AMD được tiến hành trên những mẫu đã lựa chọn, nên có thể cần phải định ra những thông số trong phạm vi cơ sở dữ liệu địa chất có tương quan với những loại chất thải địa hoá cụ thể của một công trình. Có thể cần hỏi ý kiến chuyên gia để giúp cho công việc này. Những thông số được sử dụng phổ biến trong các mô hình khối hoặc lưới/lớp là:

- lưu huỳnh tổng số
- cacbon (cacbon tổng số hoặc carbon dạng cacbonat)
- tỉ số cacbon trên lưu huỳnh

- loại đá địa chất, thạch học, loại khác
- các hàm lượng nguyên tố cụ thể.

Quy mô khối dùng trong các mô hình này phải vững và thực tiễn để tạo thuận lợi cho các cán bộ quản lý mỏ thực hiện. Nếu các khối nhỏ quá hoặc lớn quá thì có thể không thích hợp cho việc cách ly trong quá trình khai thác mỏ.

Ngoài các tiến độ sản sinh chất thải, còn cần phải xác định những loại vật liệu địa hoá lộ ra trên các vách lò và những chỗ phơi lộ, các vùng đất lấp và vách hầm mỏ. Việc này nhằm hỗ trợ cho những dự báo chất lượng nước trong quá trình khai thác, ở những khoảng rỗng cuối cùng (hồ khai mỏ) và các công trình ngầm.

## **NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG** Xác định đặc điểm /Dự báo: Mỏ Cloverdale, Tây Úc

Mỏ Cloverdale là một trong nhiều mỏ cát khoáng vật nặng do công ty Iluka Resources Limited (Iluka) vận hành ở Tây-Nam Úc. Các tích tụ mỏ nằm ở tầng đất cát sâu, hình thành do các các đợt biến thoái và biến tiến cách đây 1,5–2,3 triệu năm. AMD là một rủi ro tiềm tàng tại các công trình này và thường đi liền với vật liệu pyrit hạt mịn trong các vách hố khai thác, quặng và vật liệu nằm trên thân quặng.

Trong những giai đoạn đầu của việc lập kế hoạch mỏ tại Cloverdale, một cuộc điều tra chi tiết đã được tiến hành nhằm lập bản đồ về mức độ sinh axit của các vật liệu trong tích tụ khoáng và những vùng lân cận. Các vật liệu sinh axit đã được phân loại, hoặc thuộc loại Đất Sunphat Axit Hiện trạng (AASS), hoặc thuộc loại Đất Sunphat Axit Tiềm tàng (PASS), theo các văn bản pháp lý và hướng dẫn của bang.

Giai đoạn thứ nhất của cuộc điều tra là một chương trình khoan, gồm khoảng 0,5 lỗ khoan trên một hecta trên toàn bộ diện tích tài nguyên (224 hecta). Các lỗ khoan đâm sâu thêm hai mét xuống dưới đáy hố dự kiến, và các mẫu được lấy cách nhau một mét theo phương thẳng đứng. Tổng cộng 112 lỗ đã được khoan và 2232 mẫu đã được thu thập để phân tích trong giai đoạn này. Các kết quả đã được sử dụng để xác định một số những vùng chứa đất sunphat axit đáng kể.

Trong giai đoạn thứ hai của cuộc điều tra, mật độ khoan được tăng lên 1,5 lỗ trên một hecta, nhằm xác định chính xác hơn phân bố theo chiều ngang và chiều thẳng đứng AASS và PASS trong vật liệu nằm trên thân quặng, quặng và đáy hố. Các mẫu được thu thập cách nhau một mét theo chiều thẳng đứng ở các vùng không sinh axit, và 0,5 mét ở những vùng được biết là chứa đất sunphat axit; kết quả là tổng cộng 2778 mẫu đã được thu thập.

Tổng cộng 239 lỗ đã được khoan và 5010 mẫu đã được phân tích. Các phân tích độ pH hiện trường và pH peroxit hiện trường (pHFox) đã được tiến hành cho tất cả các mẫu. pHFox tương đương với một thí nghiệm NAG hiện trường, và để xác định mẫu phải được ôxy hoá bởi peroxit hydro trước khi đo độ pH. Phương pháp này có thể bổ sung cho các phép đo pH hiện trường nhờ đem lại một chỉ số hiện thực hơn về các vấn đề AMD dài hạn. Các phân tích sunfua đã được tiến hành trên các mẫu đã chọn lọc, bằng phương pháp Crôm khử Lưu huỳnh (SCR); phương pháp này không bị nhiễu bởi lưu huỳnh hoặc các sunphat có nguồn gốc hữu cơ. Ngoài ra, các mẫu đất thuộc loại AASS (độ pH hiện trường < 4,5) đã được phân tích về Độ Axit Tổng Thực (TAA).



**Hình 8: Nhà địa chất đang hướng dẫn phân ly vật liệu quặng sinh axit - Yoganup West**

Các kết quả SCr đã được dùng để xác lập mối quan hệ giữa hàm lượng pyrit và pHFox sao cho có thể xây dựng được một mô hình 3D của PASS (SCr >0,03%) cho vùng mỏ nhờ sử dụng các số liệu của tất cả 5010 mẫu. Mô hình 3D đã đem lại một biểu diễn chính xác về phân bố và thể tích đất sunphat axit bên trong hầm mỏ và các vật liệu xung quanh.

Các số liệu điều tra và mô hình 3D về vật liệu sinh axit đã trợ giúp giới quản lý mỏ hiểu rõ hơn mức độ có thể của các vấn đề AMD tại công trình Cloverdale. Các nhà lập kế hoạch mỏ đã sử dụng thông tin này trong việc xây dựng tiến độ khai thác mỏ nhằm giảm thiểu tác động của AMD gắn với sự bơm nước từ hố khai thác, sự khai thác và sự xử lý các vật liệu sinh axit. Các thông tin đó còn được sử dụng để ước tính chi phí quản lý AMD (như chi phí xử lý chằng hạn) trong các hoạt động, và tác động kinh tế tổng thể của AMD lên dự án. Một Kế hoạch Quản lý AMD cũng đã được lập cho công trình, tạo cơ sở cho công tác quản lý hàng ngày đối với các vật liệu sinh axit trong suốt vòng đời mỏ.



## 6.0 ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ RỦI RO AMD

---

### NHỮNG THÔNG ĐIỆP CHÍNH

- Rủi ro có thể trong lĩnh vực môi trường, tài chính hoặc uy tín.
  - Chiến lược quản lý rủi ro hiệu quả phải phân loại các nguy cơ AMD tiềm ẩn, đồng thời xây dựng được các bước nhằm quản lý những nguy cơ đó.
  - Bảo tồn các giá trị về môi trường (như nước sinh hoạt, nước dự trữ) chính là nguyên tắc quản lý nước chủ đạo.
- 

Lịch sử và kinh nghiệm trong lĩnh vực công nghiệp khai thác mỏ trên toàn thế giới đã chứng minh AMD có thể là một mối rủi ro lớn, cần được ưu tiên quan tâm.

Ở Úc, như các văn bản pháp luật khác, luật điều hành doanh nghiệp yêu cầu công ty phải xác định, đánh giá và quản lý tất cả các nguy cơ rủi ro có thể xảy đến với mình. Một phương pháp an toàn phải xây dựng được một chương trình tập trung xem xét các nguy cơ rủi ro với các vấn đề về AMD, giải quyết vấn đề sau đây:

*Đâu là nguy cơ nảy sinh từ AMD của một công ty và những nguy cơ đó có được quản lý thích hợp để giảm thiểu nguy hại đến môi trường, tài chính và uy tín không?*

Khi miêu tả những kết quả trong báo cáo của Rio Tinto về rủi ro AMD, Richards et al. (2006) đã nêu ra một điểm quan trọng là việc tuân thủ các quy định có liên quan của chính phủ cùng những điều kiện cho phép không nhất thiết phải đảm bảo rằng AMD sẽ được quản lý một cách thực tế nhất, cương quyết nhất và hiệu quả nhất. Báo cáo về rủi ro AMD cho thấy có nhiều vấn đề thuộc nhiều dạng khác nhau vẫn chưa được giải quyết thỏa đáng. Có thể những vấn đề đó, được nêu dưới đây, cần có thêm sự quan tâm chú ý của toàn ngành công nghiệp khai thác mỏ:

- xác định đặc điểm địa-hóa của các vật liệu
- kiểm tra các khả năng tác động đến nguồn nước ngầm
- quản lý các tác động đến nguồn nước ngầm
- thiết kế lớp che phủ
- phân loại đá thải
- ngập lụt công trường.

Giả sử có hàng loạt các vấn đề cần phải giải quyết khi tiến hành đánh giá rủi ro AMD, một công ty có thể thuê các chuyên viên trong lĩnh vực này để tiến hành xem xét.

Phương pháp đánh giá rủi ro, như trình bày ở Phần 6 và ở phần nghiên cứu tình huống Tom Price, có thể cung cấp đầu vào cho việc xây dựng các dự án mới, đảm bảo được rằng thể hệ mỏ kế tiếp sẽ có được cơ hội tốt nhất có thể để quản lý AMD một cách hiệu quả, đồng thời cũng sẽ củng cố được sự phát triển bền vững.

## NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG Mỏ Tom Price, Tây Úc.

Việc thoát nước có chứa axit và kim loại cũng như những vấn đề tự cháy được biết là có liên quan với các tích tụ quặng sắt được khai thác ở khu vực núi không bị oxy hóa Mount McRae Shale (MCS) như những chất thải ở vùng Hamersley của Tây Úc. Khi không bị oxy hóa, MCS là một loại diệp thạch có màu đen, có chứa các-bon và sulfat (diệp thạch đen pyrit) có nguy cơ tự cháy và gây AMD.

Việc quản lý diệp thạch đen pyrit ở Tom Price cùng tất cả các khu vực khác có chứa mỏ sắt của Rio Tinto ở tỉnh Hamersley đã được triển khai theo Kế hoạch quản lý đá phiến sét đen. Chiến lược quản lý của kế hoạch này chủ yếu được dựa trên những nguyên tắc sau:

- xác định sự phân bố và đặc điểm của diệp thạch đen
- hạn chế tối đa những rủi ro và việc khai thác diệp thạch đen
- xác định và xử lý riêng biệt những diệp thạch đen phải khai thác
- đặt diệp thạch đen pyrite bên trong các đồng đá phế thải trợ nhằm hạn chế chúng tiếp xúc với nước và phủ thảm thực vật
- đặt diệp thạch đen pyrite dưới mực nước ngầm trong những hố mỏ lộ thiên sau khi đã khai thác.

Việc đánh giá kế hoạch đã chứng tỏ rằng kế hoạch đã thành công trong việc ngăn chặn hiện tượng tự cháy. Tuy nhiên, đối với AMD, đã có kết luận rằng việc oxy hóa pirit vẫn có thể diễn ra trên toàn khối và sẽ có thể tạo ra các tác nhân gây ô nhiễm có khả năng sản sinh ra AMD.

Các hoạt động khai thác mỏ do đó không nên làm xuống cấp các nguồn nước bề mặt hay nước ngầm vì sẽ có thể làm mất đi giá trị môi trường hiện có của nguồn nước (xem Phần 6.2). Ví thể, Rio Tinto Iron Ore đã khởi động một chiến lược quản lý và giảm thiểu AMD chi tiết với mục đích bảo tồn các giá trị môi trường của các nguồn nước trong vùng. Chiến lược trên bao gồm những khía cạnh sau:

- định lượng chất lượng nước ngầm và bề mặt, khả năng thải chất gây ô nhiễm vào nguồn nước ngầm từ các nơi chứa chất thải
- quản lý nguồn nước ngầm và xác định các mô hình dòng chảy ngầm, di chuyển khối
- xác định đặc điểm địa hóa của diệp thạch đen pirit và những khu đá khai thác
- định dạng các nguồn đá phế thải và đá tường mỏ bằng các nghiên cứu về đặc điểm của chúng được thực hiện tại khu mỏ và ngoài khu mỏ
- tối ưu hóa việc thiết kế lớp phủ thông qua việc mô hình và giám sát các hệ thống lớp phủ thử nghiệm cùng các chiến lược quản lý đá phế thải trong tương lai nhằm hạn chế tối đa rủi ro AMD chung (ví dụ: bố trí diệp thạch đen phía dưới mực nước ngầm trong các mỏ lộ thiên đã ngừng hoạt động).

Việc bảo tồn các giá trị môi trường cần có kiến thức về sự biến thiên tự nhiên của các nguồn nước cũng như cách thức sử dụng nguồn nước ở khu vực Tom Price. Khu vực này quản lý chất lượng nước ngầm và nước bề mặt. Chương trình quản lý AMD có mục đích xác định khả năng các chất gây ô nhiễm bị thải xuống nguồn nước ngầm và nguồn nước bề mặt đồng thời triển khai các chiến lược giảm nhẹ nếu thấy cần thiết để giảm nguy cơ rủi ro đối với các giá trị môi trường.

Diệp thạch đen chiếm hơn 0,02% diện tích và tồn tại ở hai dạng “nóng” hoặc “nguội”, được bố trí chọn lọc trong các lớp đá phế thải. Tại các khu vực khai thác mỏ ở Tom Price, vùng MCS nằm giữa (xấp xỉ 14-24 mét tính từ vùng chân tường và tiếp điểm phía trên của diệp thạch McRae) là vùng phản ứng mạnh nhất và được phân loại là “nóng”, được quản lý theo cách khác với diệp thạch “nguội” nằm ở các vị trí khác trong MCS. Sự bố trí chọn lọc này đã loại trừ khả năng tự đốt cháy của dạng vật chất này. Khả năng phát sinh AMD của dạng vật chất này được đánh giá từ những đo đạc về tỷ lệ ôxy hóa bên trong, xác định cân bằng axit bazơ và các nghiên cứu về động hóa học sử dụng ống chứa vật liệu. Ngoài ra, một loạt các số đo tại chỗ cũng sẽ được thực hiện đối với đồng đá thải. Những số đo này sẽ được sử dụng để định tính khả năng tạo và thải các chất gây ô nhiễm của mỗi một cơ sở chứa chất thải. Một chương trình quản lý thường xuyên đã được thực hiện để khẳng định tính hiệu quả tiếp tục của các chiến lược kiểm tra.



**Hình 9: Bức tường phía đông nam của mỏ Prong: vùng chân tường (bên trái) đến khu diệp thạch Mount McRae (phải)**

Hoạt động ở mỏ Tom Price đã phát triển và tiếp tục nâng cấp các mô hình nước ngầm. Những mô hình này được sử dụng để đánh giá tác động của những khoảng trống cuối mỏ đối với sự lưu chuyển nước ngầm trong tầng chứa nước cục bộ và liệu khu mỏ có khả năng ảnh hưởng đến các nơi nhận nguồn nước hay không (ví như các vực nước bề mặt ổn định và các giếng nước được sử dụng cho gia súc) trong vùng.

Việc quản lý chất thải trong hoạt động ở Tom Price là một phương pháp tổng hợp. Trách nhiệm giải trình và hoạt động của toàn tập thể làm việc đối với vấn đề diệp thạch đen được trình bày rõ ràng trong kế hoạch quản lý. Một nhóm quản lý AMD sẽ họp hàng tháng để đảm bảo trọng tâm và đường hướng chung. Việc triển khai kế hoạch quản lý bao gồm việc xác định những đặc điểm ban đầu đến việc lập mẫu, thông qua việc xây dựng dự án, lập kế hoạch mỏ, khai thác và đóng mỏ. Mục tiêu của việc lập kế hoạch không chỉ để định lượng rủi ro đối với các giá trị môi trường mà cũng là để giảm đi khả năng xảy ra rủi ro.



## 6.1 Rủi ro và trách nhiệm pháp lý–Những bài học rút ra từ cái nhìn tổng thể

Vào năm 2003, Rio Tinto bắt đầu tiến hành chương trình đánh giá rủi ro AMD trong tất cả các hoạt động của mình trên toàn cầu và vào năm 2006 đã có báo cáo về phương pháp và những kết quả chính trong hai năm đầu (Richards et al.2006). Phương pháp đã được sử dụng và những bài học rút ra từ chương trình này có thể áp dụng được cho các công ty khai thác mỏ khác không phụ thuộc vào quy mô, kích cỡ nào, đồng thời đưa đến những kết quả phát triển bền vững tích cực.

Rio Tinto đã thực hiện một phương pháp gồm 02 giai đoạn. Giai đoạn đầu bao gồm việc xây dựng Nghị định thẩm định nguy cơ để phân cấp nguy cơ AMD tiềm ẩn từ hoạt động khai thác mỏ căn cứ theo khung cảnh vật lý, hóa học vốn có của mỗi khu vực. Những vấn đề lớn được xem xét như một phần đánh giá đã được ấn định cho những giá trị bằng số (trọng lượng) và cuối cùng sẽ được tổng hợp trong bảng số nguy cơ. Theo Bảng 4, các vấn đề lớn bao gồm: địa chất (45%), nguy cơ AMD ban đầu (5%), mức độ xáo trộn (25%), các đường vận chuyển (10%) và mức độ nhạy cảm của môi trường thu nhận (15%).

Giai đoạn thứ 02 là một nghị định đánh giá rủi ro tập trung vào cách thức để một đơn vị hoạt động có thể quản lý được những nguy cơ AMD tự nhiên nảy sinh từ các hoạt động khai thác mỏ và cách thức để giảm những rủi ro thường gặp (về tài chính, môi trường, sức khỏe và uy tín). Để hạn chế tối thiểu sự hình thành trách nhiệm trong tương lai, nghị định này có mục đích xác định cả những vấn đề tiềm ẩn và hiện có, đặc biệt chú ý đến những khả năng tác động có tính lâu dài của các chiến lược và thực nghiệm về quản lý.

Nghị định đánh giá rủi ro được chia thành 11 lĩnh vực hoạt động chính trong toàn bộ các mặt của một quá trình quản lý AMD thành công (Bảng 5). Các đơn vị cá thể đóng góp vào mỗi một lĩnh vực hoạt động đó đều được liệt kê dưới đây. Cùng với những quy trình thẩm định, các đơn vị cá thể này cho thấy là một phương pháp toàn diện để xác định đặc điểm và để quản lý AMD. Cần phải lưu ý rằng việc đánh giá cần phải được thực hiện ở tất cả các khu vực và vật liệu ở đó, bao gồm lớp phủ, chất thải, và có thể là một số vật liệu xây dựng.

**Bảng 4: Các yếu tố được sử dụng trong Nghị định sàng lọc rủi ro của Rio Tinto (Richards et al.2006)**

Vấn đề chung	Yếu tố	Trọng lượng
Địa chất	Dạng tích tụ quặng	30%
	Khả năng trung hòa đá chủ và đá gốc	10%
	Những vấn đề AMD đã được xác định tại chỗ	5%
Rủi ro AMD ban đầu	Thời gian kể từ thay đổi hoạt động chính lần cuối cùng	5%
Mức độ xáo trộn	Tổng khối lượng chất thải lưu giữ của khu vực	15%
	Dấu vết của khu vực đã bị xáo trộn	10%
Lối di chuyển	Nguồn nước	7%
	Kim loại thải ra môi trường*	3%
Môi trường nhận	Độ xấp xỉ của các vực nước hoặc nước ngầm	5%
	Tính kiểm ở các khu vực được bảo vệ hoặc được cư trú	5%
	Độ xấp xỉ của các khu vực được bảo vệ hoặc được cư trú	5%

\* xem dòng hòa tan của kim loại thải ra môi trường qua các điểm thải được phép và các cách thức thải đã được phép.

**Bảng 5: Những lĩnh vực tác nghiệp chính và các yếu tố chính được sử dụng trong Nghị định đánh giá rủi ro Rio Tinto (Richards et al. 2006)**

<b>Lĩnh vực thực hiện chính</b>	<b>Yếu tố</b>
Xác định đặc điểm cơ sở của khu vực	Xác định đặc điểm của các chất thải mỏ hiện có
	Khí hậu
	Thủy học và địa chất thủy văn
	Hóa học nguồn nước bề mặt và nước ngầm
	Xác định đặc điểm của hệ sinh thái
Xác định đặc điểm vật chất thải và đá tường mỏ	Khung cảnh địa chất
	Xác định đặc điểm địa hóa học của khối lượng đá thải và chất thải chế biến
	Địa hóa học của AMD ở các tường mỏ lộ thiên và công trường mỏ
	Đặc điểm vật lý của các chất thải
Quản lý vật liệu	Tích hợp các đặc điểm AMD vào kế hoạch khai thác mỏ
	Thiết kế các cơ sở bố trí chất thải
	Quản lý vật liệu thải
Các quá trình tạo AMD	Ôxy hóa sulfua
	Vận chuyển ôxy
	Sản phẩm ôxy hóa và các phản ứng hóa học <i>tại chỗ</i>
	Thấm và sự chu chuyển của dòng nước bên trong
Lối di chuyển và luống AMD	Thải nước bề mặt và thải chất gây ô nhiễm
	Dòng nước ngầm và dòng chất gây ô nhiễm
Những môi trường thu nhận có thể	Khả năng đồng hóa của môi trường thu nhận
	Tính nhạy cảm sinh thái của môi trường thu nhận
Hiểu biết khái niệm tổng hợp	Mô hình khái niệm
	Mô hình số
	Xây dựng các tiêu chí thực hiện và hoàn thành
Chương trình giảm thiểu AMD	Chiến lược giảm thiểu
	Triển khai chiến lược giảm thiểu
Theo dõi và giám sát	Chiến lược theo dõi
	Quản lý và đánh giá dữ liệu
	Cơ chế phản hồi
Các kỹ năng và nguồn quản lý	Vai trò và trách nhiệm giải trình rõ ràng
	Các bước thể chế hóa và quản lý thông tin
	Các nguồn lực phù hợp
Mối quan hệ của các bên tham gia	Mối quan hệ của các bên tham gia

## 6.2 Đánh giá những rủi ro đến các giá trị môi trường

Các giá trị môi trường là những giá trị đặc biệt hoặc những công dụng đặc biệt của môi trường có vai trò quan trọng của một hệ sinh thái lành mạnh hoặc với lợi ích, phúc lợi, sự an toàn và sức khỏe chung cần được bảo vệ tránh những tác động do ô nhiễm, chất thải và những chất lắng cặn trầm tích. Giá trị đó thường được đề cập như “những công dụng có lợi” trong các tài liệu về chất lượng nước, song thuật ngữ này đã mất đi sự ủng hộ do các giá trị biểu vật thường bị khai thác của nó (ANZECC/ARMCANZ 2000). Nguyên tắc hướng dẫn phù hợp với việc lựa chọn các tiêu chí chất lượng nước đối với các khu mỏ ở Úc nên bảo tồn được các giá trị môi trường. Nguyên tắc này phù hợp với những quy định hiện hành của chính phủ và những mong đợi của các tổ chức phi chính phủ cũng như nhiều tập đoàn khai khoáng khác. Nó cho phép có sự linh hoạt trong quá trình chọn lựa căn cứ theo các điều kiện địa hóa và môi trường khác nhau có thể sử dụng thích ứng với từng khu mỏ cụ thể.

Trong mối quan hệ với việc quản lý nước, có một số giá trị môi trường đã được công nhận (ANZECC/ARMCANZ 2000). Chúng bao gồm: các hệ sinh thái thủy sinh, những lĩnh vực chủ yếu (thủy lợi và sử dụng nước chung, nước uống cho gia súc, nuôi trồng thủy sản và hải sản làm thực phẩm cho con người), giải trí và thẩm mỹ, nước sinh hoạt, nước công nghiệp và các giá trị văn hóa và tinh thần khác. Những hướng dẫn về tiêu chí chất lượng nước của hệ sinh thái thủy sinh, những ngành công nghiệp căn bản và giải trí, thẩm mỹ đã được ANZECC/ARMCANZ (2000) đưa ra. Những tiêu chí về nước sinh hoạt được đưa ra bởi NHMCR (2004). Không có hướng dẫn nào về chất lượng nước được đưa ra cho nước công nghiệp hay các giá trị về văn hóa và tinh thần. Nhìn chung, các hướng dẫn cho việc bảo vệ các hệ sinh thái thủy sinh thường chặt chẽ hơn so với những hướng dẫn đối với nước sinh hoạt, là những hướng dẫn thường chặt chẽ hơn so với những hướng dẫn dành cho các ngành công nghiệp cơ bản và giải trí.

Chất lượng nước cơ sở phải là tiêu chuẩn để xác định các giá trị môi trường. Các hoạt động khai thác mỏ không được làm suy giảm chất lượng nước vì thế một hướng dẫn bảo tồn những giá trị môi trường đã ra đời. Điều này không có nghĩa là nhất định không thể để xảy ra các tác động lớn mà những tác động đó phải được hạn chế tối đa sao cho chất lượng nước không bị xuống cấp tới mức mọi giá trị môi trường hiện có đều biến mất.

Các chiến lược được các công ty khai thác mỏ sử dụng để bảo tồn các giá trị môi trường gồm có:

- đảm bảo hàm lượng tối đa thích hợp hoặc các hướng dẫn về giá trị ngưỡng cho các giá trị của môi trường nước khác nhau (hoặc các cách thức sử dụng) không được cao quá so với những mẫu nước thu nhận được
- đảm bảo nước thải không để lại bất kỳ một thay đổi lớn nào về các thông số chất lượng nước (không có thay đổi nằm ngoài hàm lượng cơ sở theo mùa cộng (hoặc âm) hai biến độ lệch chuẩn
- chứng tỏ được nước thải sẽ không gây ảnh hưởng đến hệ sinh thái theo các nghiên cứu độc hại sinh thái cho những vùng cụ thể.

Tiêu chí được nêu rõ cho mỗi thông số quan tâm phải có giá trị tối thiểu bằng cách sử dụng một trong ba chiến lược vừa nêu. Trong mỗi trường hợp vừa nêu, các tiêu chí về chất lượng nước sẽ được áp dụng đối với bộ phận nước thu nhận (ít bảo thủ hơn—có tính đến vùng trộn) hoặc đối với một điểm nước thải cụ thể (bảo thủ hơn—không tính đến vùng trộn).

### 6.3 Đánh giá rủi ro sinh thái

Theo báo cáo đánh giá tổng quát về những rủi ro AMD (Phần 6.1) và những rủi ro được xem xét đối với các giá trị môi trường (Phần 6.2), giai đoạn thích hợp kế tiếp là đánh giá rủi ro đối với một hệ sinh thái cụ thể.

Đánh giá xác suất rủi ro sinh thái (ERA) là một công cụ để đánh giá rủi ro do bất kỳ một rủi ro môi trường nào đối với các sinh vật sinh sống trong môi trường thu nhận. Đánh giá định lượng, xác suất các rủi ro sinh thái có sử dụng các dữ liệu từ các mô hình hóa hoặc giám sát một khu vực cụ thể, để đánh giá khả năng hàm lượng hoặc tải trọng của các chất gây ô nhiễm có vượt quá các tiêu chí quy định, hoặc tác động của nó có vượt quá các ngưỡng không thể chấp nhận cho môi trường thu nhận. Khả năng tiếp xúc với khí quyển, thủy sinh và trên cạn của các chất gây ô nhiễm ở một khu vực cụ thể được xác định từ hàm lượng được mô hình và được đo lường. Trọng tải và hàm lượng của những chất gây ô nhiễm theo thời gian được thải ra dòng suối từ một đồng đá phế thải, chẳng hạn, cũng có thể tiên đoán được nhờ SULFIDOX (Linklater et al. 2005) và sự bồi lắng hoá chất dọc theo dòng suối là điều có thể tiên đoán được nhờ vào PHREEQC (Parkhurst & Appelo 1999).

AQUARISK (xem Chú giải), được ANSTO xây dựng, hiện đang là sản phẩm phần mềm duy nhất cho phép ERA được áp dụng đối với các hệ sinh thái nước ngọt chịu ảnh hưởng AMD (Twining 2002 và Brown và Ferris 2004). AQUARISK là phương tiện nối kết các chọn lựa kỹ thuật môi trường theo các khu vực cụ thể với khả năng tác động môi trường của AMD cho môi trường thu nhận, đồng thời cung cấp một cơ sở định lượng cho các thảo luận của các đối tác.

Một phương pháp khác đang ngày càng được áp dụng nhiều để phân tích sinh thái và để ra quyết định chính là việc áp dụng Mạng lưới quyết định Bayesian. Mạng lưới quyết định Bayesian (BDNs) chính là sự thể hiện về khả năng, cấu thành từ các nút (các biến) được liên kết thông qua các hình vòng cung (mũi tên) thể hiện sự phụ thuộc. Lợi thế của những mô hình mạng lưới vừa nêu nằm ở khả năng thể hiện được các mô hình liên kết và tương tác trong một hệ thống phức tạp, đồng thời cũng cung cấp cơ sở kiến thức căn bản để có những quyết định trong việc quản lý môi trường. Độ chính xác của những tiên đoán dựa trên các mô hình vừa nêu có thể được cải thiện nếu có những dữ liệu bổ sung, cho phép thực hiện việc quản lý thích nghi. Nếu sử dụng càng nhiều những dữ liệu do kinh nghiệm mang lại trong các đánh giá định lượng sẽ giúp nâng cao tính chắc chắn và độ tin cậy khoa học của việc ra quyết định liên quan đến hệ sinh thái (Pollino và Hart 2006).



## 7.0 GIẢM THIỂU, KIỂM SOÁT VÀ XỬ LÝ AMD

---

### NHỮNG THÔNG ĐIỆP CHÍNH

- Các chiến lược giảm thiểu hay kiểm soát AMD cần được ưu tiên hơn so với việc xử lý.
- Việc lựa chọn các chiến lược giảm thiểu và kiểm soát AMD tối ưu phụ thuộc vào khí hậu, địa hình, phương pháp khai khoáng, dạng vật liệu, khoáng vật học và các nguồn trung hòa hiện có.
- Việc xác định tích cực và cách ly các chất thải sinh ra AMD có thể là một chiến lược giảm thiểu AMD hiệu quả.
- Việc ngăn chặn lâu dài các vật liệu sinh ra AMD thường cần đến các hệ thống phủ kỹ thuật từ đất và các thảm thực vật cho đến các tầng nước bề mặt.
- Việc lựa chọn đúng kỹ thuật xử lý chủ động hay bị động dựa trên khối lượng axit của khu vực và các kim loại hiện có sẽ đảm bảo đạt được các mục tiêu về chất lượng nước.

---

Những chiến lược quản lý AMD rơi vào 03 loại chính sau:

- hạn chế tối đa việc ôxy hóa và lưu chuyển các sản phẩm bị ôxy hóa
- phòng chống nhằm làm giảm khối lượng chất gây ô nhiễm
- xử lý chủ động hoặc bị động sẽ cho phép tái sử dụng hoặc thải nước.

Từ góc độ của sự phát triển bền vững, phương pháp hạn chế tối đa được ưa dùng hơn cho việc kiểm soát, còn phương pháp thứ hai được ưa dùng hơn trong việc xử lý.

### 7.1 Hạn chế tối đa và kiểm soát

Việc lựa chọn hai phương pháp tối ưu là hạn chế tối đa và kiểm soát cho một khu vực cụ thể có thể sẽ lệ thuộc vào khí hậu, địa hình, phương pháp khai khoáng, dạng vật liệu (như đá phế thải, chất phế thải, đá tường và dung dịch chiết xuất), các dạng đất/đá, khoáng vật học cùng những nguồn trung hòa hiện có và các mối tương quan giữa chúng.

#### 7.1.1 Sự bố trí có chọn lựa các chất thải

Việc bố trí có chọn lựa các chất thải là một cách thực hành quản lý AMD được ưa chuộng trong quá trình khai thác mỏ. Việc xác định các đặc điểm của chất thải đã tạo thuận lợi cho việc xác định các lựa chọn xử lý hợp lý. Những bước chính trong kỹ thuật này đã được nêu ở các phần trước.

Các chất thải được khai quật lên và vận chuyển đến các cơ sở lưu trữ chất thải đã được xác định. Khối lượng và dạng chất thải khác nhau được đưa tới các đồng đá thải nên được ghi chép lại hàng ngày nhằm xem xét lại việc bố trí chất thải sau này. Điều này đặc biệt quan trọng nếu mức độ ôxy hóa sulfua là thấp hay các khoáng thời gian xuất hiện được kéo dài, và AMD bị thải vào môi trường nhiều năm sau khi tiến hành khai thác mỏ.

Sự bố trí có chọn lựa các chất thải dễ phản ứng và việc bọc chúng cùng với các chất thải ôn hòa là một cách thực hành quản lý AMD được ưa thích trong các hoạt động khai thác mỏ. Loại vật liệu PAF chủ yếu được tách riêng và bố trí ở những địa điểm an toàn trong các cơ sở kỹ thuật. Khu vực chứa chất thải sẽ không tránh khỏi việc có các kênh nước thoát trên bề mặt nên cũng có thể có đất nền dễ thấm cho phép xảy ra hiện tượng thấm vào nước ngầm. Ở những khu vực có địa hình dốc, các thung lũng tự nhiên thường được chọn để làm nơi chứa chất thải và tầng tích chứa chất thải được chắn bởi các tường thung lũng.

Cần phải cố gắng hết sức để chuyển hướng dòng nước sạch thượng nguồn chảy quanh nơi chứa chất thải. Tuy nhiên các kênh thoát và các đất nền của thung lũng sẽ tiếp tục tiếp nhận dòng chảy nước sạch bề mặt thượng nguồn của nơi chứa chất thải. Do đó, nên đặt một lớp vật liệu ôn hòa để thoát nước để nước có thể di chuyển xuống phía dưới những chất thải dễ phản ứng. Có thể cần phải đặt một lớp đất sét hoặc màng thấm địa chất để ngăn sự thấm thấu của các chất ô nhiễm chảy ra từ các vật liệu thải có hoạt tính nằm phía trên. Hay cách khác, thiết kế lớp vật liệu dễ thoát có tính ôn hòa có độ dày cao hơn mực nước thoát của các kênh tự nhiên.

### 7.1.2 Các đồng đá thải

Đá thải, những vật chất thải chế biến hạt thô và các đồng đá đổ tràn thường có cấu lỏng lẻo do được đổ bằng từ phía sau của các xe tải có thùng hoặc các máng xúc kéo dây. Điều này sẽ dẫn đến hình thành một lớp đá hạt thô ở lớp đáy và tạo nên lớp có góc nghỉ không liên tục bên trong đồng đá, được xen kẽ bởi lớp hạt thô và hạt mịn hơn (Hình 10). Nếu sử dụng tải, bề mặt trên của đồng sẽ trở nên rắn lại. Đồng chất thải là một "lò phản ứng ôxy hóa" với ôxy được cung cấp thông qua lớp đá thô ở dưới đáy và các lớp đá thô có góc nghỉ bên trong đồng đá.



**Hình 10: Lớp đá thô ở đáy (hình trái); lớp đá có góc nghỉ và bị nén (hình phải)**

Đối với các đồng đá thải, đá thải phản ứng (PAF) nên đặc biệt được bố trí trên một lớp đáy của đá thải ôn hòa (NAF), kết nối với các kênh thoát tự nhiên được gia cố và bọc với đá thải lành (Hình 11). Trong quá trình xây dựng đồng đá thải, việc hạn chế oxy và nước mưa thâm nhập là rất khó. Phần trên của đồng đá thải đã hoàn thành nên được che phủ, chủ yếu là để hạn chế sự thâm nhập của nước mưa và giảm lượng oxy thâm nhập vào. Để hạn chế được sự tích tụ của nước mưa trong đồng và hiện tượng thẩm thấu trong đồng, đá thải dễ phản ứng có thể được trong các ô đến độ cao tối đa và che dần từng nấc.



**Hình 11: Bọc chất thải hạt thô có hoạt tính cao**

### 7.1.3 Các cơ sở chứa chất thải

Khả năng oxy hóa các chất thải dễ phản ứng chủ yếu do sự thúc đẩy của hiện tượng phát tán oxy thông qua bề mặt được khô của chất thải. Các sản phẩm oxy hóa do đó có thể được các dòng chảy nước thải hoặc nước mưa di chuyển từ bề mặt chất thải hoặc hiện tượng thẩm thấu qua chất thải.

Do bởi chất thải thường lắng ở dạng bùn sệt (ở các mức độ đậm đặc rắn khác nhau), nên lưu chúng trên bề mặt đòi hỏi phải được phủ kín hoặc bọc kín (Hình 12). Tuy nhiên, có nhiều hình thức bọc kín. Việc sử dụng màng lót hay không còn tùy thuộc vào điều kiện đất và rỉ rò từ nước thải. Ở những giai đoạn đầu của một vòng đời mỏ, bức tường kín chủ yếu là vật liệu vay mượn hoặc đá bị phong hóa do hoạt động khai quật. Sau đó, có thể là việc sử dụng chất thải đã được làm khô với đá hoặc đất thải ôn hòa cho lớp bảo vệ bên ngoài.

Trong một số trường hợp khi đá thải ôn hòa quá nhiều và cơ sở thu giữ chất thải lại nằm kế khu mỏ thì nên bọc xung quanh cơ sở chứa chất thải bằng các loại đá thải. Điều này giúp bổ sung lợi thế của việc cung cấp vùng đệm chống khả năng thất thoát trong tương lai của lớp bọc do xói mòn.

Chất thải nên được bố trí càng khô càng tốt. Nên tránh thủ việc làm khô bằng cách cho bay hơi nhờ xoay vòng nơi bố trí chất thải giữa các ô để hạn chế hiện tượng thẩm thấu trong quá trình hoạt động. Việc bịt kín sẽ hạn chế mức độ tiếp xúc với không khí của chất thải song mục đích chính là bịt kín và làm giảm hiện tượng thẩm thấu ngang. Việc đổ chất thải mới hoặc nước mưa có thể buộc lượng nước dư đòi phải được lấy đi, có thể được tái chế ở nhà máy chế biến nếu thấy có thể tái sử dụng hoặc có thể bay hơi. Sau khi đóng cửa cơ sở chứa chất thải, tác động của dòng chảy nước mưa hiện có cần phải được cân nhắc – có thể cần đến một lớp phủ lọc thấp hoặc đường thoát nước chảy tràn.



**Hình 12: Bọc chất thải để phản ứng**

Gần như toàn bộ cơ sở chứa chất thải mở đều nằm trên bề mặt, dẫn đến việc địa mạo bị nâng cao. Do đó, cần phải phân biệt được giữa việc xử lý lớp bề mặt bằng phẳng trên cùng và xử lý các sườn dốc bên của nơi chứa.

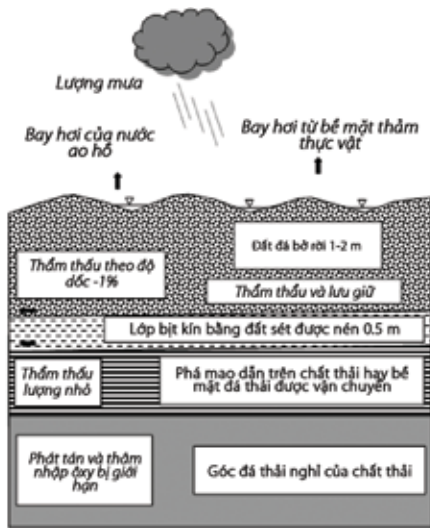
#### 7.1.4 Lớp phủ đất trên đỉnh bằng

Lớp phủ đất bao gồm một hoặc nhiều lớp vật liệu giống đất nhằm hạn chế hiện tượng thẩm thấu của nước mưa hoặc sự thâm nhập của oxy vào các chất thải để phản ứng được lưu giữ. Các lớp phủ đất phải duy trì được mức độ rủi ro thấp nhất chấp nhận được đối với xã hội và môi trường trong một thời gian dài. Những lớp phủ này phải chống được sự xâm chiếm của xói mòn, rễ cây, những loài động vật đào hang. Những bộ phận có thể có của một lớp phủ đất có thể bao gồm như sau (theo trình tự từ bề mặt):

- tầng đất bề mặt – thường là bộ phận chủ chốt, đòi hỏi có công suất chứa nước lớn, công suất xoay vòng dinh dưỡng hợp lý và đủ sâu cho rễ cây bám trụ (>> 0.5m)
- phá mao dẫn – đá chắc, ôn hòa và mới có độ mịn tối thiểu, nếu cần phải có để hạn chế sự ăn sâu của rễ vào lớp bọc phía dưới, cần có một lượng không khí đi vào (<< độ dày của nó) và công suất chứa nước thấp
- lớp bịt kín – là một bộ phận chính bao gồm đất sét được nén chặt nếu có hoặc các chất thải nén của mỏ, cần có khả năng dẫn thủy lực ( $< 10^{-9}$  m/s) để ngăn cản nước mưa xâm nhập và một giá trị nhập không khí cao (để duy trì tình trạng trung hòa)
- phá mao dẫn – nếu các chất thải mỏ chứa muối hay có khả năng hình thành axit, để hạn chế khả năng các chất gây ô nhiễm xâm nhập vào lớp phủ.

Ở những khu vực khí hậu khô với việc duy trì lớp phủ đất ở trạng thái bão hòa là khó thì chức năng chính của một lớp phủ đất chính là để hạn chế nước mưa thấm vào các chất thải. Các lớp phủ giữ nước mưa hoặc tránh nước mưa có thể sẽ không thực sự hiệu quả trong điều kiện thời tiết của mỗi mùa và có thể sẽ không có tác dụng trong những điều kiện thời tiết nửa khô hạn và khô hạn với thảm thực vật nghèo nàn và lớp bịt kín dễ bị phá vỡ và bị rễ cây xâm lấn và bị xói mòn. Lớp đất sét bịt kín được nén trên chất thải mềm sẽ không có tác dụng do chất thải mềm ngày càng hóa rắn. Tuy các lớp đất sét được nén ban đầu có thể có độ dẫn thủy lực dưới  $10^{-9}$  m/s hay 300 mm/năm nhưng hiện tượng bị vỡ sẽ làm tăng độ dẫn lên khoảng 100 lần và chúng sẽ không còn bịt kín được như thiết kế nữa (Hình 13).





**Hình 13: Biểu đồ lớp phủ lưu giữ/giải phóng (Williams et al, 1997)**

Nhận thấy những hạn chế có thể xảy ra trong lớp phủ giữ hoặc tránh ở những khu vực mở có điều kiện khí hậu khô, người ta đã xây dựng hệ thống phủ "giữ/xả" vào giữa những năm 1990 để phủ các đồng đá thải ở Kidston Gold Mines ở miền Bắc Queensland (Williams et al 2006). Hệ thống phủ giữ/xả được thiết kế nhằm giữ lại nước mưa trong mùa mưa mà không để chảy đi bởi lẽ nó sẽ dẫn đến hiện tượng xói mòn lớp phủ, và để xả nước được chứa trong mùa khô nhờ hiện tượng bay hơi, mà không hoàn toàn làm ướt hoặc khô lớp phủ qua các năm. Một lớp phủ giữ/xả có thể hạn chế được đáng kể quá trình thẩm thấu của lượng mưa trung bình trong năm (Williams et al 2006), nhờ đó sẽ giảm được độ ướt của chất thải mở phía dưới và giảm được độ thấm.

Những yếu tố thiết yếu đối với sự thành công của một lớp phủ giữ/xả là:

- một bề mặt trên của đồng chất thải được nâng cao/đổ bằng xe có thùng phía sau để ngăn dòng chảy
- lớp đất đá, dễ tưới phải đủ dày để giữ được những đợt mưa to kéo dài
- lớp bịt kín có độ dẫn thủy lực đủ thấp để giữ được tối đa lượng nước mưa ngấm vào được giữ trong lớp đất đá dễ tưới
- thảm thực vật bền vững để làm thoát hơi nước mưa được chứa không bay hơi được.

Trong những điều kiện khí hậu ướt khi mà việc ngăn chặn nước mưa thấm qua gặp khó khăn thì chức năng chính của một lớp đất bảo hòa chính là để hạn chế sự xâm nhập của ôxy và do đó sẽ hạn chế được hiện tượng ôxy hóa các chất thải để phản ứng đang cất giữ đồng thời là hiện tượng sản sinh AMD. Một lớp phủ giữ hay chặn chủ yếu bao gồm một lớp đất bịt kín bằng đất sét nén dày khoảng 0,5 m, phía trên là một môi trường phát triển mỏng khoảng 0,3 m có thể hỗ trợ của cỏ cây song hoàn toàn không thích hợp với phần lớn cây bụi và cây xanh. Tốt nhất là có được một vật liệu bao phủ và một lớp thực vật dày hơn. Các lớp phủ giữ hoặc chặn đã được sử dụng với mức độ thành công vừa phải, cả trên những bề mặt phẳng và sườn dốc đứng, tại một số khu mỏ có điều kiện khí hậu ẩm ướt, bao gồm khu vực mỏ quặng sắt Savage River ở phía tây Tasmania và những vùng có khí hậu ẩm ướt ở một số nơi khác. Một lớp phủ có thực vật phát triển tốt có thể giải quyết được lượng mưa cao đồng thời cũng hạn chế được hiện tượng xói mòn vượt mức.

Mô hình số thường được ứng dụng để xây dựng các lớp phủ và có một số chương trình máy tính thích hợp phục vụ cho mục đích này. Chúng thường được dựa trên phương pháp đơn vị hữu hạn cùng các thông số cơ học về đất bão hòa. Hầu hết các bản phân tích giờ đây đều là hai chiều và chúng được tiến hành bằng các dữ liệu về lịch sử khí hậu của khu vực. Khi xây dựng lớp đất phủ bằng mô hình, chúng ta cần phải hiểu biết về đặc điểm địa-vật lý và địa-hóa học của vật liệu sẽ được phủ và các vật liệu sẵn có để xây dựng các lớp phủ. Mọi loại đất đá đều có đặc điểm khác nhau và cần thiết phải kiểm tra trong phòng thí nghiệm để cung cấp các thông số đầu vào cho mô hình.

Căn cứ vào khả năng cung cấp các vật liệu đất và khả năng biến đổi của chúng mà có thể cần phải tiến hành nhiều dạng kiểm tra để xác định chính xác đặc điểm của đất. Thông thường cần phải tiến hành thực hiện thí điểm có kiểm tra để làm rõ công việc thiết kế và để lựa chọn những loài thực vật thích hợp nhất cho một khu vực mô cụ thể. Việc lắp đặt các thiết bị kiểm tra và việc phân tích các dữ liệu thu được cũng sẽ cần để 'chứng minh' được tính năng của lớp phủ và cũng để 'hiệu chuẩn lại' mô hình dựa trên các dữ liệu quản lý tính năng thực tiễn. Do các lớp phủ là những hệ thống động độc lập hoàn toàn với thảm thực vật và khả năng thích ứng với sự thay đổi của khí hậu, nên cần thiết phải có việc theo dõi lâu dài.

Các kết quả của việc theo dõi lâu dài lớp phủ đã được trình bày bởi Taylor et al (2003), O'Kane Consultant Inc. (2003) và Williams et al (2006). Wilson et al (2003) cũng đã nỗ lực để bố trí theo sự tích hợp trước mắt và lâu dài của nhiều hệ thống lớp phủ khác nhau, từ những thảm thực vật đơn giản đến các lớp phủ làm bằng vật liệu tổng hợp được sử dụng cho các hố chôn lấp, có chi phí từ 10,000 USD đến 400,000 USD/ha. Trong số các lớp phủ có mức chi phí trung bình được sử dụng đặc trưng ở các khu vực mỏ, đất sét nén, các lớp phủ dạng chặn có chi phí khoảng 35,000 USD/ha được biết là không thực sự có hiệu quả trong khi đó các lớp phủ giữ/xả có chi phí khoảng 50,000 USD/ha lại có hiệu quả hơn nhiều.

### 7.1.5 Xử lý sườn dốc ngoài

Sườn dốc ngoài của những nơi cất giữ chất thải mỏ thường dốc, và thường gây ra một số vấn đề do các hoạt động sau:

- định hình lại (san bằng) bằng máy ủi – làm giảm đi độ gồ ghề của bề mặt bằng cách làm vỡ và vùi lấp các vật liệu thô, dẫn đến sự gia tăng trong dòng chảy bề mặt và khả năng chống xói mòn bị giảm xuống
- tăng chiều dài của sườn bằng cách san bằng sườn có độ cao nhất định – làm tăng diện tích nước tiếp xúc và khả năng xói mòn đối với một hoạt động xử lý bề mặt cụ thể
- tập trung dòng chảy của nước mưa ở đường biên và các lối thoát phía dưới sườn – làm tăng khả năng tạo rãnh và xói mòn dạng rãnh
- các công trình thoát nước thường không phù hợp do hiện tượng lún phía dưới, đặc biệt là trên những chỗ nối và bờ thành
- các môi trường sinh trưởng của các hạt mịn/phát tán trên các sườn dốc, đặc biệt dễ bị xói mòn.

Những sườn ngoài của đồng đá phế thải và cơ sở chứa chất thải thường có độ xói mòn ổn định và kỹ thuật địa chất thích hợp. Song việc phục hồi thông thường những sườn ngoài này có thể dẫn đến một dạng sườn có độ ổn định kỹ thuật địa chất thích hợp nhưng lại có độ ổn định xói mòn không thích hợp. Những phương pháp thay thế trong việc tạo ra các sườn cuối cùng ổn định này, định hình dạng theo giống địa hình tự nhiên xung quanh, làm tăng khả năng tạo ra được các sườn bền vững có tính ổn định về xói mòn và địa chất kỹ thuật, đồng thời cải thiện được nét thẩm mỹ. Những sườn tự nhiên thường có hình dạng lòng chảo và được bọc bằng đá, đá gia cố bằng xi măng và thảm thực vật.

Các phương pháp được áp dụng để ổn định sườn ngoài của các cơ sở chứa chất thải ở mỏ thường khác nhau rất lớn tùy vào điều kiện khí hậu và chất liệu bề mặt. Lớp phủ nhiều thực vật có thể đạt được thành công lớn trong việc giảm nhẹ mức độ xói mòn ở một số khu vực trong khi đó một số khu vực có điều kiện khí hậu khô hạn và bán khô hạn theo mùa lại có thể không hỗ trợ đủ cho lớp phủ thực vật để chống xói mòn. Đá có thể được trộn lẫn với vật liệu phía dưới hoặc cũng có thể thêm vào hỗn hợp này một số bụi quặng để tăng cường khả năng giữ nước và triển vọng cho một số thảm thực vật.

Tạo các dòng chảy theo dạng đường vòng và thoát xuống dưới sườn đã có tiền sử hoạt động kém nhưng cũng có thể xây các rãnh thoát được lát bằng đá để chịu đựng được các dòng chảy có tính xói mòn cao. Tạo các lớp có góc nghiêng sau cùng làm giảm chi phí xây dựng sườn dốc, là có thể khả thi đối với phần trên của sườn dốc, miễn là có triển khai một số gia công định hình sườn dốc (chẳng hạn như kết hợp các sườn dốc hình lõm). Kiểu sườn dốc hình lòng chảo, giống sườn dốc tự nhiên, sẽ hạn chế được khối lượng thất thoát chất trầm tích ở sườn dốc. Thông thường, cần phải có những đợt thử nghiệm được giám sát để xây dựng được các biện pháp gia công sườn dốc phù hợp nhất cho một khu vực mỏ cụ thể.

### 7.1.6 Lớp nước phủ

Phương pháp hiệu quả nhất để hạn chế khả năng tiếp xúc với các chất thải dễ phản ứng là bố trí chúng cố định dưới nước, một kỹ thuật đã thành công nhờ số lượng ôxy được hòa tan trong nước là không nhiều và mức độ khuếch tán ôxy chậm trong nước. Song các lớp nước phủ chỉ có thể thực hiện được khi có sự đảm bảo về nguồn hoặc khối lượng nước.

Đối với việc chứa chất thải dễ phản ứng trên bề mặt, chúng ta phải cần đến việc bịt kín thung lũng trong một khu vực chứa nước có kích thước đủ lớn để duy trì được lớp nước phủ trên chất thải, kết hợp đập nước với đập tràn (xem nghiên cứu tình huống về đập chất thải Benambra trong phần này). Thường việc này yêu cầu phải có điều kiện khí hậu cân bằng nước dương, thường hạn chế việc áp dụng nó ở Victoria, Tasmania (Úc) và có thể là những khu vực nhiệt đới ẩm ướt. Một số lớp nước phủ trên các chất thải dễ phản ứng đã được áp dụng ở Canada (Ludgate et al.2003).

Một mỏ khai thác lộ thiên bị ngập nước có thể tạo khả năng hình thành một lớp nước phủ trên các chất thải dễ phản ứng nằm trong mỏ song lại chính điều này thường chỉ có ở Úc, Tasmania và các vùng nhiệt đới ẩm. Một lựa chọn khác chính là việc lấp lại mỏ khai thác lộ thiên có chất sunfit nằm dưới mức nước được giữ lại và phần trống còn lại được lấp bằng vật chất ôn hòa.

Những hầm mỏ ngầm bị ngập nước cũng có thể tạo cơ sở cho việc chứa lâu dài các chất thải dễ phản ứng dưới nước. Cả hai việc chứa chất thải dễ phản ứng là trong hầm mỏ và dưới đất đều có thể sẽ làm tê liệt một bộ phận quặng trong tương lai và sẽ hạn chế triển vọng tái xử lý chất thải.

Để đạt được hiệu quả, các lớp nước phủ cần có địa hình và nước mưa để có được chiều sâu nước tối thiểu từ 1,5-02 m, tốt nhất là cao hơn, tùy thuộc vào khả năng tái giữ lại các chất thải dễ phản ứng mịn từ các vận động sóng và dòng bề mặt. Độ cao của tầng nước phủ càng cao càng tốt. Các cơ chế thải kim loại mang đặc điểm khu vực cụ thể cao, tùy thuộc vào việc quản lý chất thải trước khi tiến hành bố trí lớp nước phủ, khoáng vật học chất thải, các yếu tố sinh học và chiều sâu của lớp nước phủ.

### 7.1.7 Trộn vật liệu và thải cùng lúc

Việc trộn các vật liệu với nhau đã không được áp dụng phổ biến trong ngành khai thác mỏ ở Úc, chủ yếu là do các vấn đề hậu cần và chi phí liên quan đến việc lên kế hoạch, cung cấp và trộn khối lượng lớn các chất thải mỏ.

Trộn vật liệu và thải cùng lúc đã xuất hiện ở các mỏ ngầm, và việc bơm thải các chất thải rửa than được áp dụng trong ngành công nghiệp khai thác than. Vật liệu PAF đôi khi được trộn với xi-măng hoặc một hỗn hợp giữa xi-măng và chất thải, được bố trí ở các khe hở dưới đất làm vật liệu lấp. Xi-măng vốn có khả năng trung hòa.

Việc trộn lẫn các vật liệu là đá thải PAF với đá cacbonat hay việc đồng thải với vật liệu đá có chứa cacbonat đã được nỗ lực thực hiện ở khá nhiều khu vực song mức độ thành công chỉ nằm ở mức hạn chế. Việc bọc các hạt cacbonat với những chất kết tủa trung hòa sẽ hạn chế đáng kể việc hòa tan các khoáng có chứa cacbonat.

## **NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG** Lớp nước phủ : Benambra Tailings Dam, Victoria

Mỏ Benambra ở miền Đông Gippsland, bang Victoria, được công ty Denehurst Limited vận hành như một mỏ kim loại cơ bản dưới lòng đất từ năm 1992 đến năm 1996. Trong suốt thời kỳ hoạt động, 927 000 tấn quặng đã được xử lý tại chỗ và gần 700 000 tấn chất thải có chứa sunfua đã bị bơm sang đập chất thải gần kề. Bộ Công nghiệp cơ bản – Khoáng sản và Dầu khí của bang Victoria (DPIMP) chịu trách nhiệm về khu vực mỏ này từ năm 1998 và mới đây đã quản lý thành công một chương trình phục hồi.

Hệ thống Trái đất đã hỗ trợ cho DPIMP trong việc xây dựng một chiến lược phục hồi chi tiết để khôi phục lại khu vực này trở về với những điều kiện ban đầu của nó càng nhiều càng tốt. Rủi ro môi trường chính là khả năng sinh ra AMD từ đập chất thải kia.

Đập chất thải Benambra được xây dựng như một cấu trúc giữ nước hiệu quả và trước khi được phục hồi đã chứa đến 160 ML với độ pH gần như trung tính và hàm lượng kẽm, thạch tín, đồng, chì và mangan khá cao. Các chất thải bị lắng đọng thông qua các bể lắng trung tâm, tạo ra độ sâu bất thường cho bề mặt của chất thải. Do đó, chiều sâu của nước giao động từ 0-8 m, trong đó một số khu vực chất thải có tiếp xúc với không khí.

Mục tiêu chính việc phục hồi khu vực là quản lý AMD ở đập chất thải bằng việc tạo ra một lớp nước phủ lâu dài trên chất thải và sử dụng các hệ thống xử lý bị động để quản lý chất lượng nước lâu dài. Mục đích này đã đạt được thông qua những hoạt động sau:

- Kênh phân thủy quanh đập chất thải đã bị loại bỏ và các rạch liên kết khe gờc được bố trí lại ở vị trí chứa nước phía trên để dẫn nước ngược vào trong đập chất thải. Điều này đã tạo thuận lợi cho việc duy trì một lớp nước phủ ổn định với chiều sâu tối thiểu là 2 m và đồng thời cũng làm pha loãng nước trong đập chất thải.
- Một đập tràn đã được xây dựng cho phép quản lý việc thải nước và đảm bảo tính ổn định lâu dài về mặt kỹ thuật địa chất của thành đập. Việc thành lập mô hình cân bằng nước và khí hậu lâu dài cũng đã được tiến hành nhằm xác định yêu cầu nâng đập tràn để duy trì được chiều sâu 2 m của lớp nước phủ trong mọi thời điểm.
- Chất thải được san bằng và phủ bằng cát chứa vôi nhằm hạn chế tối đa hiện tượng chất thải lơ lửng ở các cột nước, nhờ đó sẽ giảm được tối thiểu khả năng ôxy hóa sunfua gần bề mặt nước.
- Một lớp vật chất hữu cơ đã được dựng lên phía trên lớp đá vôi để làm vật cản bổ sung nhằm ngăn chặn hiện tượng chất thải bị khuấy động ở cột nước, nhờ đó sẽ kiểm chế được hiện tượng ôxy hòa tan di chuyển từ cột nước vào chất thải, đồng thời cũng sẽ hạn chế tối đa quá trình ôxy hóa sunfua.
- Chu vi đập chất thải đã được điều chỉnh nhằm cung cấp ổn định đầu vào hữu cơ (lá cây thải) cho đập chất thải thông qua các quá trình phân hủy tự nhiên. Điều này đã thúc đẩy các điều kiện giảm nhẹ, hạn chế tối đa tương tác giữa chất thải và ôxy hòa tan trong cột nước và hấp thụ ôxy.

- Các hệ thống làm tăng độ kiềm thoe phương pháp thụ động đã được xây dựng để làm tăng độ pH tự nhiên của nước trong các kênh rạch lên đến mức gần trung tính trước khi cho chảy vào trong các hồ chứa chất thải. Điều này sẽ giúp duy trì hàm lượng kim loại của nước trong hồ chứa chất thải luôn ở mức thấp.
- Tường đập được gia cố bằng cách tạo ra một độ dốc xuôi xuống có tỷ lệ 4:1 (H:V) nhằm duy trì tính ổn định kỹ thuật địa chất trong trường hợp có 'động đất dự đoán được tối đa'.
- Khu vực đầm lầy dòng yếm khí nâng theo chiều thẳng đứng đã được hình thành nhằm xử lý thụ động hiện tượng thẩm thấu từ nền của tường đập.

Công việc khôi phục ở đập chất thải đã được triển khai trong khoảng thời gian 5 tháng trong năm 2006. Giờ đây đã có một lớp nước phủ ổn định trên chất thải và việc quản lý chất lượng nước tự động đang hình thành. Thực vật mọc xung quanh đập và việc tạo lập các hệ sinh vật tự hồi sinh trong đập sẽ đảm bảo được việc xử lý nước thụ động lâu dài thông qua các quá trình sinh học tự nhiên.



**Hình 14: Ảnh máy bay Đập Benambra trong quá trình phục hồi**

## 7.2 Xử lý

### 7.2.1 Giới thiệu – tại sao và khi nào chúng ta cần xử lý?

Việc xử lý AMD có thể là một phần đắt đỏ trong các hoạt động khai thác mỏ và thậm chí có thể đắt hơn chi phí sau khi kết thúc hoạt động nếu không ý thức và quản lý được thích hợp khuynh hướng sử dụng các vật liệu chứa sulfidic để sinh ra AMD ngay từ lúc bắt đầu tiến hành các hoạt động khai thác. Do đó, chính cả việc kinh doanh hiệu quả và kỹ thuật tiên tiến mới giúp tránh và giảm thiểu tối đa AMD (sử dụng các phương pháp nêu trong Phần 7.1) và xem AMD như một ưu tiên thứ 3 (Phần 7.2) khi những phương pháp khác thất bại.

Xử lý AMD nên được cân nhắc không chỉ để bảo vệ các giá trị môi trường nguồn nước mà còn là những trường hợp, trong đó:

- cần có sự tái sử dụng hoặc xử lý nước ở những khu vực bị hạn chế về nguồn nước
- cần có phương pháp xử lý hoặc thiết bị quan trọng khác để phòng ngừa quá trình ăn mòn, hoặc mùi hôi của lớp cấu bản
- nước trong hố khai thác lộ thiên hoặc các công trình dưới lòng đất phải được lấy đi để đảm bảo lối ra vào của mỏ (điều này đặc biệt quan trọng khi rửa làm sạch quặng)
- nước ngầm bị ô nhiễm bởi AMD và cần được xử lý.

Yêu cầu đối với việc quản lý AMD sau đóng cửa khu mỏ thường không rõ ràng trong thời kỳ còn đang hoạt động bởi mức độ của vấn đề này có thể bị chưa được phát hiện. Hơn nữa, AMD sản sinh trong quá trình hoạt động có thể được quản lý với chi phí tương đối thấp, ví dụ như bằng việc chứa AMD trong chu trình nước xử lý hoặc trong các mạch nước ao hồ, hay bằng việc cùng xử lý với chất thải (một phần ẩn của chi phí sản xuất). Khi đóng mỏ, những lựa chọn quản lý này cũng sẽ không còn nữa.

Không một phương pháp xử lý độc lập nào có thể là một giải pháp 'dứt điểm' trọn vẹn vì toàn bộ hệ thống cần có một mức độ quản lý và duy trì lâu dài. Việc lựa chọn phương pháp xử lý AMD thích hợp (hoặc kết hợp các phương pháp) luôn luôn phụ thuộc vào các điều kiện cụ thể của từng khu vực, bao gồm thành phần nước và mục tiêu xử lý. Toàn bộ quá trình xử lý (bao gồm cặn lắng bùn) cần phải được đánh giá một cách hệ thống trước khi lựa chọn phương pháp xử lý hiệu quả nhất. Quá trình này có thể sẽ đòi hỏi năng lực của một chuyên gia xử lý nước. Thông tin và hướng dẫn chi tiết được trình bày trong bộ công cụ NT tại địa chỉ [www.acmer.uq.edu.au/publications/attachments/TEAMNTToolkit.pdf](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/attachments/TEAMNTToolkit.pdf) và Taylor et al. (2005).

Trong lịch sử, việc nguồn nước ngầm bị ô nhiễm do các hoạt động khai thác mỏ sinh ra ít được quan tâm ở Úc hơn so với việc ô nhiễm của nước ở bề mặt. Phần lớn điều này là do nhiều vùng mỏ ở xa những người sử dụng nước ngầm. Tuy nhiên, ở một số vị trí, đặc biệt là ở Châu Âu và Mỹ, việc ô nhiễm nguồn nước ngầm đã dẫn đến những hoạt động khắc phục rất tốn kém.

Phòng tránh sự lan rộng của các chất dễ hoà tan bằng cách ngăn chặn và phục hồi có thể là một công việc không dễ, đòi hỏi chi phí cao và cần một thời gian dài. Một 'nguyên tắc' chung đó là 1 năm ô nhiễm nguồn nước ngầm sẽ phải mất 10 năm bơm thoát và xử lý để khắc phục ô nhiễm. Vì vậy, việc nhấn mạnh đến công việc thiết kế và xác định địa điểm đá phế thải, khu dự trữ quặng và các cơ sở chứa chất thải ở những khu mỏ mới cần phải hướng vào việc phòng ngừa và hạn chế tối đa những tác động đến nguồn nước ngầm trong tương lai.

Các công nghệ xử lý AMD nêu trong phần này nhìn chung có thể áp dụng được cho cả nguồn nước bề mặt và nguồn nước ngầm được bơm hút lên.

## 7.2.2 Những lưu ý chung khi lựa chọn các hệ thống xử lý

Thành phần nước – kim loại và độ pH chính là những mục tiêu chung nhất khi xử lý AMD, song cũng có thể cần phải loại bỏ các ion chính như magiê và sulfat.

Khối lượng nước (hoặc tốc độ dòng chảy) – chi phí xử lý nước là một hàm của cả lưu lượng dòng chảy phải xử lý và thành phần nước. Trong nhiều trường hợp, lưu lượng dòng chảy chính là động lực chính cho việc xác định quy mô của hệ thống xử lý, chủ động hay thụ động. Cần có nỗ lực để xác định khối lượng/tốc độ dòng chảy cần phải xử lý, cả trong khi đang hoạt động và sau khi ngưng hoạt động.

Những mục tiêu xử lý – những mục tiêu về chất lượng nước được xử lý sẽ phụ thuộc vào từng vùng cụ thể và một số yếu tố như các vấn đề liên quan đến việc bảo vệ thực vật và trang thiết bị khỏi bị ăn mòn, cũng như bảo vệ các giá trị môi trường của nguồn nước.

Thay đổi trong mục tiêu xử lý cần phải xem xét đến khung đánh giá rủi ro trình bày cụ thể ở ANZECC/ARMCANZ (2000), như đã nêu trong Phần 4.3. Nghiên cứu tình huống khu vực Mt Morgan trong phần này sẽ thể hiện việc ứng dụng phương pháp này. Phần mềm máy tính hỗ trợ việc lựa chọn phương pháp xử lý AMD và dự toán chi phí sẽ được nêu trong công cụ NT và Taylor et al. (2005).

### **NGHIÊN CỨU TÌNH HUỐNG** Xử lý chủ động: Mt Morgan, Queensland

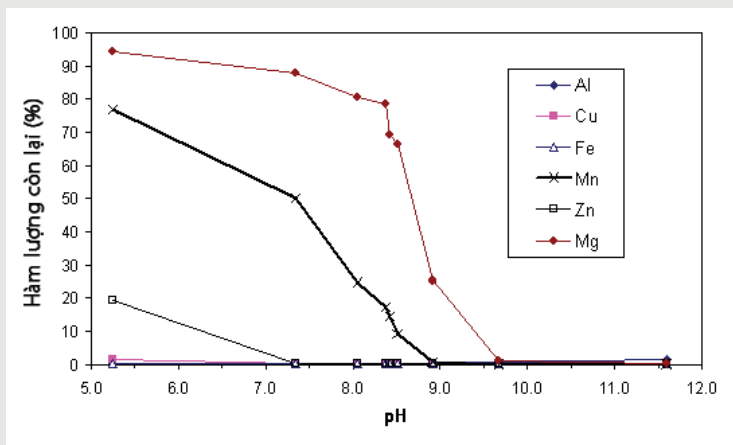
Khu mỏ Mt Morgan gần kề khu vực Rockhampton ở bang Queensland có một mỏ lộ thiên có chứa nước với nồng độ axit và kim loại cao và hiện tại khu vực này tràn vào khu vực sông Dee River gần đó với xác suất là 50%. Thách thức chính là việc duy trì nước của khu mỏ lộ thiên này ở mức hoạt động tối đa (MOL) sẽ giúp giảm chỉ số xác suất này xuống 5% trong vòng 5 – 10 năm tới khi công việc phục hồi được tiến hành để giảm khối lượng nước lớn có trong mỏ.

AMD sẽ được xử lý bằng việc trung hòa hóa học và xả ra con sông cạnh đó để ban đầu dự trữ, và sau đó là duy trì, MOL (Mức hoạt động tối đa trong mỏ) (Jones et al 2003). Chi tiết thiết kế nhà máy xử lý cần phải có tính toán về nhu cầu về chất trung hòa AMD, và tiến hành công việc kiểm tra chọn lựa những chất trung hòa sẵn có.

Việc bổ sung liên tục một chất trung hòa (sữa của vữa vôi) vào nước trong mỏ Mt Morgan đã giúp tách kim loại được công nhận như hàm pH. Tỷ lệ phần trăm của kim loại quan tâm trong dung dịch là một hàm của pH được trình bày ở Hình 15.

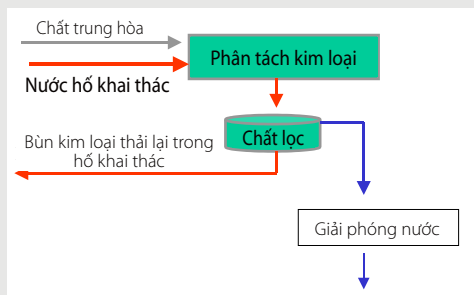
Sắt (Fe), Nhôm (Al) và toàn bộ đồng (Cu) đều đã được tách ra khỏi dung dịch khi nồng độ pH tăng lên từ 2.8 đến 5.2. Khoảng 20% kẽm (Zn) vẫn còn sót lại trong dung dịch với độ pH nằm ở mức 5.2. Khi pH ở mức 7.3 thì tất cả kẽm đều kết tủa. Song chỉ khi độ pH đạt đến 9 thì mangan (Mn) mới được tách ra khỏi dung dịch một cách hiệu quả. Khối lượng nhôm trong dung dịch sẽ bắt đầu tăng khi độ pH vượt mức 9.5. Đây là kết quả của bản chất lưỡng tính của ion nhôm  $Al^{3+}$ ; các dạng anion hòa tan  $Al(OH)_4^-$  ở độ pH >9, do đó  $Al(OH)_3$  kết tủa ban đầu sẽ bắt đầu hòa tan.





**Hình 15: Tách kim loại ra khỏi nước trong mỏ Mt Morgan, một hàm của pH (Jones et al. 2003)**

Công việc kiểm tra xác định 3 giá trị pH quan tâm sẽ là (7.5, 8.5 và 9.0) để xem có nên dừng xử lý hay không. Nếu không cần phải tách đáng kể Mn thì pH 7.5 là đủ. Ở độ pH này, nồng độ của Al, Cu và Zn (là những kim loại độc hại hơn) sẽ được giảm xuống ở mức rất thấp. Việc tách hoàn toàn Mn sẽ cần phải tăng độ pH lên 9, lúc đó sẽ cần tăng gấp đôi số lượng vôi cần thiết với Mg trong dung dịch đồng thời sẽ mất tính kiềm bởi  $Mg(OH)_2$  bị kết tủa. Vì Mn không thể làm nảy sinh rủi ro độc hại đáng kể đối với vùng sinh vật dưới vùng nước hạ lưu nên việc tách triệt để Mn được xem là không cần thiết.



**Hình 16: Quá trình sản xuất của nhà máy trung hòa đá vôi Mt Morgan**

Công việc kiểm tra việc trung hòa, kết hợp với các dự toán chi phí cung cấp, cho thấy rằng một nhà máy xử lý một giai đoạn (hình 16) có sử dụng đá vôi làm chất phản ứng sẽ là phương pháp xử lý hiệu quả nhất. Một hệ thống hai giai đoạn vôi và đá vôi không cạnh tranh được về mặt chi phí do vốn kết hợp và các chi phí hoạt động của các hệ thống cung cấp chất phản ứng.

Nhà máy xử lý (Hình 17), kết hợp việc tái chế nước thải nồng độ cao, được xây dựng đầu năm 2006, hiện tại đang được đưa vào hoạt động.

Nếu cần phải tách Mg và  $\text{SO}_4$  để giảm độ mặn thì có thể lựa chọn việc thêm vôi vào pH 10.8. Vôi chỉ là một chất phản ứng phù hợp cho mục đích này (những chất phản ứng khác như canxi hay mangiêzít sẽ không sinh ra pH đủ cao). Phương pháp này khả thi về mặt kỹ thuật song sẽ làm tăng nhanh số lượng vôi phải dùng (và chi phí) căn cứ theo nồng độ  $\text{Mg}^{2+}$  cao. Việc tách những ion muối chính còn sót lại sau khi đã xử lý vôi có thể sẽ thuận lợi hơn thông qua hiện tượng thẩm thấu ngược, một phương pháp cũng sẽ loại được Mn còn sót lại trong dung dịch.



**Hình 17: Nhà máy xử lý nước trong mỏ gần mỏ lộ thiên có chứa AMD ở Mt Morgan (Tháng 3 năm 2006)**

### 7.2.3 Công nghệ xử lý – chủ động hay bị động?

Các hệ thống xử lý AMD có thể được phân loại thành chủ động và bị động. Những đặc tính phổ biến của hệ thống xử lý thụ động không là hoặc chỉ là những yêu cầu tối thiểu đối với quá trình bơm chủ động (điện hoặc diesel) và không phải là một yêu cầu đối với việc bổ sung chất phản ứng hóa học điều khiển từ xa.

Việc liệu phương pháp chủ động hay thụ động có thích hợp với một AMD cụ thể hay không có thể xác định được thông qua việc đánh giá trọng tải axit trong nước thải AMD. Những phương pháp xử lý thụ động có thể hấp dẫn về mặt kinh tế trong những tình huống thích hợp song sẽ có những hạn chế đáng kể. Chúng sẽ phù hợp nhất đối với việc xử lý những nguồn nước có hoạt tính axit thấp ( $< 800 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ ) và trọng tải axit thấp (100-150 kg  $\text{CaCO}_3$  mỗi ngày), với tốc độ dòng chảy ổn định. Có nhiều ví dụ trong đó nguyên tắc này không được tuân thủ khi xây dựng và triển khai các hệ thống xử lý thụ động, nên hậu quả tất yếu chính là sự quá tải và không đạt được các mục tiêu xử lý.

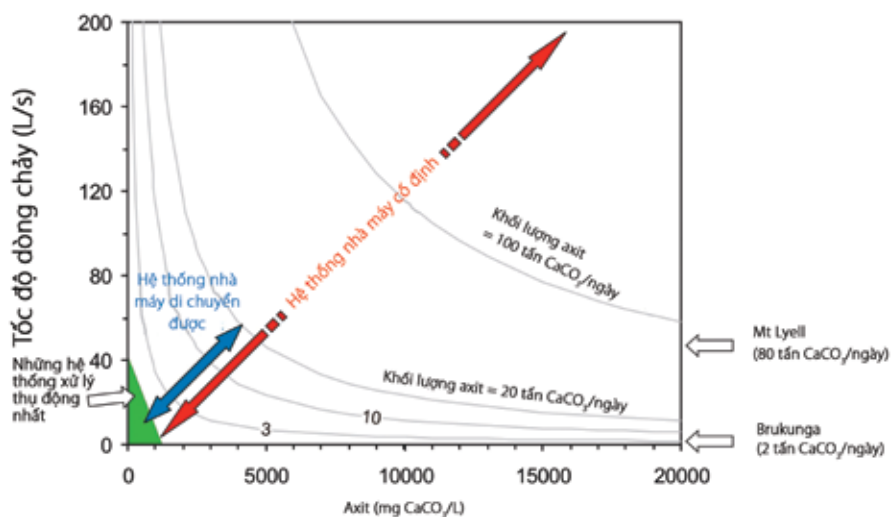
Hệ thống xử lý đất ngập nước thụ động không hiệu quả được trình bày tại Hình 18. Một vùng đất ngập nước ban đầu được thiết kế để xử lý nước có độ pH bằng 5, và hoạt động hiệu quả trong vòng 3 năm, đã bị chôn vùi khi một khối lượng axit mạnh thẩm thấu lớn không dự đoán trước bắt đầu chảy ra từ một khu đá thải được phủ gần đó. Mặc dù đã xây dựng các kênh thoát đá vôi lộ thiên phía thượng nguồn của vùng đất nhưng không đủ khả năng để chống lại khối lượng axit cao đó. Một hệ thống xử lý chủ động giờ đây đang được triển khai để xử lý vùng nước này.



**Hình 18: Vùng đất ngập nước được xây dựng để loại bỏ hiện tượng thẩm từ khu đá thải được phủ. Phần bên trái là vùng đất ngập nước trong những năm đầu thoát chất trung hòa. Phần bên phải là vùng đất ngập nước sau khi đã bị chôn vùi và trở nên không còn hiệu quả do sự phát triển của các dòng thấm có hàm lượng kim loại và tính axit cao.**

Trong trường hợp nước thoát từ khu mỏ có tính axit nhẹ đến gần trung tính, ví dụ độ pH 5-8 thì những dòng chảy lớn (trong những giới hạn đã được xác định bởi thời gian lưu như yêu cầu và khu vực đã có) có thể được xử lý trực tiếp bằng các hệ thống đất ngập nước với chi phí thấp hơn và khả năng sẽ có được chất lượng nước đầu ra tốt hơn so với kết quả có thể thu được từ việc xử lý nước chủ động.

Hình 19 có thể được sử dụng để xác định khả năng áp dụng các hệ thống xử lý AMD khác nhau căn cứ trên khối lượng axit của AMD nhánh sông.



**Hình 19: Việc lựa chọn phương pháp xử lý thích hợp ban đầu có thể căn cứ trên khối lượng axit thường ngày nhất. Những giải pháp xử lý thụ động sẽ không thích hợp cho những công việc xử lý cần nhiều hơn khoảng 150 kg CaCO<sub>3</sub> mỗi ngày tương ứng.**

#### 7.2.4 Những hệ thống xử lý chủ động

Thuận lợi của những hệ thống xử lý chủ động nằm ở chỗ chúng có thể được thiết kế để chứa được một khối lượng axit lớn (xem Hình 19). Song việc lựa chọn một công nghệ xử lý chủ động phù hợp hoặc kết hợp các kỹ thuật xử lý có lợi về mặt kinh tế lại phụ thuộc rất nhiều vào thành phần của nguồn nước và những mục tiêu xử lý cần thiết. Có bốn dạng công nghệ xử lý chủ động chính như sau:

- kết tủa hydroxit kim loại bằng việc bổ sung các tác nhân trung hòa nhằm nâng cao độ pH, hoặc kết tủa các sulfit kim loại
- trao đổi ion – sử dụng nền nhựa để tách kim loại ở những dạng có điện tích âm hoặc dương
- tách màng (thẩm thấu ngược, thẩm tách điện) – công nghệ này sẽ giúp loại bỏ được cả những ion muối chính và những kim loại nằm ở những mức độ thấp. Bước xử lý thứ hai là trung hòa axit bằng cách điều chỉnh độ pH. Cần tiến hành việc tiến xử lý chặt chẽ để có thể loại bỏ những chất dễ hoà tan (đặc biệt là sắt, mangan, can-xi sunfat và cacbonat), là những chất có thể nhanh chóng và hoà tan làm rối lớp màng
- các hệ thống lò phản ứng sinh học để loại bỏ kim loại và sunfat.

Hình thức chi phí thấp nhất và phổ biến nhất của xử lý chủ động chính là trung hòa hóa học có sử dụng các nhà máy cố định hoặc các thiết bị lưu động để xử lý *tại chỗ*. Việc xử lý *tại chỗ* có thể là một lựa chọn khả thi nếu chi phí cho việc thu thập và bơm AMD đến một nhà máy cố định vượt quá chi phí để xây dựng một nhà máy lưu động, nhỏ hơn (Taylor et al. 2005). Hầu hết các kim loại quan tâm đều có thể bị loại ra khi nâng độ pH lên mức cần thiết. Tuy nhiên, thủy ngân (Hg), molipđen (Mo), Crôm-VI (chromate)

và thạch tín-III (arsenite) không thể quản lý được chỉ bằng việc kiểm soát độ pH. Việc thiết kế một nhà máy để xử lý AMD do đó cần có sự tính toán đến nhu cầu cân trung hòa nước và công việc kiểm tra quá trình lựa chọn để xác định được chất trung hòa nào sẽ có hiệu quả nhất phù hợp với mục tiêu xử lý cần thiết.

Có hai hợp phần mang tính axit cần phải lưu ý – axit ( $H^+$ ) và tính axit của khoáng vật (tính axit tiềm ẩn), như trình bày ở Phần 2.2. Tổng giá trị của của axit có thể xác định được bằng hàm lượng kim loại dễ hoà tan và các giá trị pH sử dụng các công cụ như ABATES (xem Chú giải).

Việc chọn lựa chất trung hòa phù hợp nhất cho một chương trình ứng dụng cụ thể cần xem xét những yếu tố sau:

- độ pH cần để đáp ứng được các mục tiêu về chất lượng nước
- chi phí (chi phí cung cấp cộng với chi phí sử dụng vận hành)
- tỷ lệ và độ tăng pH
- các vấn đề về sức khỏe và an toàn nghề nghiệp (OH&S)
- tỷ lệ sử dụng (là khối lượng chất trung hòa/ $m^3$  nước cần thiết)
- mức độ chuẩn bị (nghiên) và hệ thống phân phối cần thiết
- hoàn tất việc lắng đọng và khối lượng bùn cần sinh ra, các đặc điểm hóa học của bùn (lưu ý chi phí cho việc thải bùn có thể so sánh với chi phí xử lý ban đầu).

Những chất trung hòa thường được sử dụng nhất để xử lý AMD trên quy mô lớn chính là vôi (vôi sống, vôi tôi), mangan, magiê oxit và đá vôi. Đó là do khả năng cung cấp cao của những chất này, do bản chất phi hữu, được chứng minh tác dụng, hiệu quả và độ an toàn cũng như sức khỏe nghề nghiệp có thể quản lý được khi áp dụng trên quy mô lớn.

Yếu tố quan trọng nhất trong việc lựa chọn chất trung hòa chính là giá trị pH cần đạt để thỏa mãn mục tiêu về chất lượng nước thải. Tuy đá vôi chính là chất phản ứng có chi phí thấp nhất nhưng độ pH tối đa mà nó có thể đạt được nằm trong khoảng 7. Con số này chưa đủ cao để có thể loại bỏ được những kim loại như mangan, nickel, kẽm, coban và cadimi tới mức chấp nhận được.

Những hệ thống vi khuẩn kỹ thuật để khử sunfat đã được phát triển bởi BioteQ [www.bioteq.ca](http://www.bioteq.ca) (BioSulphide®) và Paques [www.paques.nl](http://www.paques.nl) (THIOPAQ®). Vi khuẩn khử sunfat có trong lò phản ứng sinh học tốc độ cao sẽ khử được sunfat thành sunfit và sunfur. Phương pháp này có thể tạo ra được một lượng nước chứa <300 mg/L sunfat, đồng thời cũng loại bỏ được các kim loại hình thành nên các chất sunfit khó hoà tan (đồng, cadimi, nickel, chì, thạch tín, selen và molipden). Công nghệ này đã được áp dụng tối đa kể từ giữa những năm 1990 và nhiều nhà máy đã được lắp đặt. Công nghệ này phù hợp nhất ở những tình huống trong đó có thể có mức độ quản lý cao và khi có thể khôi phục các kim loại mang tính thương mại.

## 7.2.5 Hệ thống xử lý thụ động

Có 4 loại chính trong hệ thống xử lý thụ động:

- cho chảy qua vôi trong môi trường khí và yếm khí hoặc các kênh dẫn máng để trung hòa nước có độ pH thấp
- hỗ trợ quá trình trung hòa hóa học – sử dụng năng lượng nước hoặc mặt trời để vận hành các hệ thống phân phối chất phản ứng
- vùng đất ngập nước (dòng chảy bề mặt và dưới bề mặt, có hoặc không có đá vôi bổ sung)
- một dạng hệ thống mới khử sunfat có cường độ cao.

Trong lịch sử, việc sử dụng những hệ thống thụ động để xử lý AMD đã đạt được nhiều thành công phần lớn là do áp dụng vào những tình huống có khối lượng axit cao không thiết thực. Tuy nhiên, nếu một hệ thống xử lý thụ động được xây dựng và vận hành trong giới hạn về khối lượng hóa học, vật lý của nó thì nó có thể sẽ là một kỹ thuật xử lý thay thế có chi phí thấp và hiệu quả. Tuy chúng không phải là những giải pháp bỏ đi nhưng việc triển khai chính xác sẽ hạn chế được tối đa công việc duy trì và tối đa hóa được tuổi thọ của chúng.

Những hệ thống xử lý chủ động hay thụ động một giai đoạn chỉ sử dụng các chất hóa học trung hòa có thể sẽ gặp khó khăn trong việc đạt được các mục tiêu trong việc bảo vệ hệ sinh thái thủy sinh, phụ thuộc vào các loại kim loại và các chất dễ hòa tan khác trong nguồn nước. Do đó, hệ thống làm sạch sinh học thụ động giai đoạn 2 (ví dụ như những vùng đất ngập nước) có thể có lợi vì nó giúp đạt được chất lượng nước như yêu cầu mà không cần đến nhiều vốn hay chi phí hoạt động lớn liên quan đến những công nghệ xử lý chủ động giai đoạn 2 và 3.

Tuy nhiên, những vùng đất ngập nước nhanh chóng thích nghi với sự suy giảm đột ngột trong chất lượng nước hoặc với sự tăng lên trong thời gian ngắn của tốc độ dòng chảy. Chúng phù hợp nhất ở những giá trị pH lớn hơn 5 ở những điều kiện ổn định với thời gian lưu lại từ 10-15 ngày. Chúng cần có một tốc độ chảy tương đối liên tục từ ao hồ, là nơi phát sinh nguồn nước mỏ (và được trung hòa trước nếu cần thiết), và phải được tránh bảo bằng việc sử dụng hệ thống đập tràn.

Thời hạn thiết kế của hệ thống xử lý thụ động chính là một vấn đề quan trọng. Trong nhiều trường hợp, khối lượng nước lớn cần phải xử lý ở mỏ có thể chỉ được sinh ra trong suốt thời kỳ khai thác, trước khi tiến hành hoạt động phục hồi nguyên liệu gốc (ví như đóng đá phế thải) hoặc chấm dứt các hoạt động bơm tháo nước. Trong những trường hợp như thế, chắc chắn sẽ ít có sự chú ý đến tính ổn định (sau khi đóng mỏ). Nhu cầu cần các hệ thống tự ổn định trở nên cần thiết hơn sau khi ngừng hoạt động trên khu vực. Những hệ thống xử lý thụ động làm lắng tụ các kim loại độc hại và sẽ mang lại kết quả lâu dài cho việc đối với việc lập kế hoạch đóng mỏ cần giải quyết khi dạng hệ thống này được cân nhắc.

## 7.2.6 Những điểm lưu ý

Dù có nhiều công nghệ mới đang trở nên phổ biến nhưng việc kiểm tra pH với các chất phản ứng trung hòa có hiệu quả vẫn sẽ được sử dụng phổ biến hơn cả trong một thời gian và là phương pháp có chi phí ban đầu thấp nhất đối với cả hai loại xử lý AMD chủ động và thụ động. Xử lý chủ động có sử dụng các chất phản ứng có canxi có thể vẫn sẽ là lựa chọn hàng đầu để trung hòa đối với AMD có độ bền cao (pH thấp), và để xử lý những hệ thống có tốc độ dòng chảy của nước có chứa axit giao động nhiều. Những hệ thống xử lý thụ động chỉ gói trong những tình huống có khối lượng axit thấp với tốc độ dòng chảy phải được xử lý là tương đối ổn định theo thời gian. Các hệ thống đất ngập nước chính là một lựa chọn hấp dẫn để xử lý nước lần cuối cùng của các nguồn nước đã được trung hòa từ trước và trong những trường hợp pH của nước thải AMD cao hơn 4.5.



## 8.0 ĐÁNH GIÁ GIÁM SÁT VÀ THỰC HIỆN

---

### THÔNG ĐIỆP CHÍNH

- Là một chương trình quản lý hiệu quả làm nền tảng để triển khai Kế hoạch Quản lý AMD tại chỗ.
- Là một chương trình quản lý đặc thù sẽ kết hợp các vấn đề về AMD có liên quan đến đá thải và đồng quặng, các cơ sở chứa chất thải, đập chất thải, mỏ/khai thác lộ thiên, mỏ ngầm, các bãi thải.

---

### 8.1 Mục đích Giám sát

Mục đích chính của chương trình giám sát AMD là nhằm cung cấp thông tin phù hợp sẽ tạo thuận lợi cho các nhà lập kế hoạch và quản lý khu mỏ có cơ sở để ra những quyết định hợp lý. Một chương trình giám sát hiệu quả tạo thuận lợi cho việc triển khai Chương trình quản lý AMD ở khu mỏ và có thể giảm hoặc loại bỏ được các tác động của AMD đối với môi trường, cộng đồng và các hoạt động khai thác mỏ.

Ở bất cứ giai đoạn nào của dự án (thăm dò đến hoạt động) đều có một số vấn đề cần phải xem xét để phát triển chương trình giám sát. Những yếu tố chính của một chương trình giám sát AMD trong suốt thời kỳ thăm dò và hoạt động được trình bày trong Bảng 6. Tuy nhiên, các chương trình giám sát cần phải căn cứ theo tình hình cụ thể của từng khu vực và các giai đoạn xây dựng dự án cũng như tính nhạy cảm của môi trường và cộng đồng xung quanh. Những điểm chủ chốt khác cần xem xét là:

- bản chất của vật liệu sẽ được xử lý, bao gồm khối lượng và tính phản ứng
- thành phần của dung dịch chiết xuất sinh ra từ vật liệu trên
- môi trường thu nhận ở hạ lưu và cơ sở dữ liệu ban đầu của các yếu tố phân tích
- sự luân chuyển của vật liệu bao gồm mức độ và khả năng con người có thể tiếp cận với vật liệu đó
- kỹ thuật lấy mẫu, các yêu cầu chuẩn bị và bảo quản
- duy trì tính toàn vẹn của mẫu và hệ thống lưu giữ
- chú ý đến các giá trị hướng dẫn thích hợp
- số lần xoay vòng của vật liệu được khai thác và phân tích. Nếu việc xoay vòng của vật liệu được khai thác là tương đối ngắn thì các kỹ thuật phân tích cần được áp dụng để có thể xoay vòng nhanh dữ liệu
- kích thước mẫu đại diện
- các quy định quản lý và các yêu cầu cấp phép của chính phủ.



Chương trình giám sát cần cung cấp thông tin để tạo thuận lợi cho việc quản lý ngắn hạn và dài hạn AMD với phương thức hàng đầu. Điều quan trọng là số liệu giám sát phải có thể sử dụng được và phải có diễn đàn trao đổi tốt giữa nhân viên quản lý môi trường và những nhà quản lý, kế hoạch của khu khai thác. Cũng cần phải giải thích rõ các kết quả giám sát (xem Phần 5.6) đối với việc xây dựng và triển khai Kế hoạch quản lý AMD hiện hành.

Nếu các kỹ thuật quản lý không hiệu quả thì cần phải hành động để điều chỉnh tình hình trước khi có các tác động lâu dài. Giải quyết nhanh chóng thường ngăn được hiện tượng axit hóa quá mức trước khi việc xử lý trở nên vô ích và không hiệu quả. Việc giáo dục và lôi kéo sự tham gia của lực lượng lao động là cần thiết để quản lý thành công các vấn đề về AMD.

**Bảng 6: Những yếu tố chính trong chương trình đánh giá thực hiện và quản lý AMD**

Bộ phận	Thành phần	Các thông số	Tần số*		Các tiêu chí đánh giá thực hiện	
			Giai đoạn thăm dò/khả thi <sup>1</sup>	Giai đoạn khai thác		
Chung	Khí tượng học	Lượng mưa, bay hơi, nhiệt độ, v.v.	Cơ sở; Thường nhật	Thường nhật	n/a	
	Thủy văn học-thương lưu và hạ lưu của khu vực	Tốc độ dòng chảy	Cơ sở; Thường nhật	Thường Nhật	n/a	
	Chất lượng nước bề mặt – thương lưu và hạ lưu khu vực	Các thông số chung của chất lượng nước (thực địa)	Cơ sở; Hàng quý	Hàng ngày/hàng tuần; cần cứ theo sự kiện		Các hướng dẫn về chất lượng nước của bang/chính phủ đối với nước bề mặt lân cận (vd: ANZECC/ ARMCANZ, 2000). Dữ liệu cơ sở ban đầu và vùng thương lưu.
		Tổng số chất rắn lơ lửng, tính axit/kiềm, những ion chính và phối tử (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	Cơ sở; Hàng quý	Hàng tuần/tháng; Theo sự kiện		
		Mức nước ngầm	Cơ sở; Hàng tháng/quý	Hàng tuần/tháng		n/a
	Địa chất thủy văn- phía trên và phía dưới của khu vực	Các thông số chung của chất lượng nước (thực địa)	Cơ sở; Hàng tháng/quý	Hàng tuần/tháng		Những hướng dẫn về chất lượng nước của Bang/Nhà nước đối với nước ngầm.
	Tổng số chất rắn, tính axit/kiềm, những ion chính và phối tử (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	Cơ sở; Hàng quý/năm	Hàng tháng/quý		Dữ liệu cơ sở và dữ liệu vùng thương lưu nguồn	
	Văn hóa và xã hội (vd: sử dụng nước hạ nguồn)	Sử dụng nước hạ nguồn (vd: uống, nấu, trồng thủy sản, gia súc, tắm giặt, khai thác mỏ quy mô bé, thủy điện, giải trí, ý nghĩa văn hóa, v.v.)	Cơ sở; Hàng năm	Hàng quý/năm	Dữ liệu cơ sở về việc sử dụng nước hạ nguồn.	

Bộ phận	Thành phần	Các thông số	Tần số*			Các tiêu chí đánh giá thực hiện
			Giai đoạn thăm dò/khả thi <sup>1</sup>	Giai đoạn khai thác		
	Thăm thực vật (ví dụ: lớp phủ đồng đá thải có thực vật, những khu vực phục hồi khác, thăm thực vật tự nhiên gần khu mỏ)  Hệ động vật thủy sinh-phía thượng nguồn và hạ nguồn khu mỏ  Cân bằng nước và cân bằng axit của khu mỏ	Mức độ phủ của thảm thực vật, cây chết mầm non hoặc bị đốm (nếu có), đa dạng thực vật và chim	Cơ sở: hàng quý/năm	Hàng tháng/quý	Dữ liệu cơ sở về thảm thực vật tự nhiên hoặc các khu vực được phục hồi.	
		Tảo, động vật không xương sống nhỏ, cá, động vật không xương sống lớn, vv.	Cơ sở, nửa năm (theo mùa)/hàng năm	Hàng quý/nửa năm (theo mùa)/hàng năm; theo sự kiện	Dữ liệu cơ sở về hệ động vật thủy sinh hạ nguồn.	
		Tốc độ dòng chảy/tốc độ bơm/trọng tải axit	Cơ sở	Hàng ngày	Đủ nhưng không vượt quá khối lượng nước tại chỗ.	
		Mức nước và khối lượng nước ở các cơ sở chứa	n/a	Hàng ngày	n/a	
Những điểm thải		Tốc độ dòng chảy	n/a	Hàng ngày; theo sự kiện		
		Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	n/a	Hàng ngày; theo sự kiện	Bang/quốc gia/quốc tế (ví dụ: IFC, 2004); những khu vực pha trộn quan trọng.	
Địa hóa học sản xuất		Tổng số chất rắn lơ lửng, tính axit/kiềm, những ion chính và phối tử (ligand), kim loại (trong phòng thí nghiệm)	n/a	Hàng tháng/hàng quý; theo sự kiện		
		Phân loại đất/đá theo đặc điểm địa-hóa học (kiểm tra trạng thái tĩnh)	n/a	Như yêu cầu đối với việc kiểm tra hoạt động (ví dụ: lỗ khoan nổ mìn, mẫu bề mặt).	Dự đoán theo mô hình.	
		Địa hóa học chất thải từ nhà máy nghiên cứu (kiểm tra trạng thái tĩnh)	n/a	Theo yêu cầu	Dự đoán theo mô hình.	

Bộ phận	Thành phần	Các thông số	Tần số*		Các tiêu chí đánh giá thực hiện
			Giai đoạn thăm dò/khả thí <sup>1</sup>	Giai đoạn khai thác	
Đá thải và kho dự trữ quặng	Đá thải và vật liệu quặng	Đá thải và tỷ lệ sản xuất quặng, khối lượng/thể tích đá thải và kho dự trữ quặng	Dự đoán theo mẫu	Hàng ngày	Dữ liệu mẫu
		Xác định đặc điểm địa-hóa của đất đá (kiểm tra động và tĩnh)	Cơ sở; như yêu cầu	Theo yêu cầu	n/a
		Tốc độ oxy hóa sunfit/Nồng độ oxy trong lỗ hổng (tại chỗ)	Cơ sở; như yêu cầu	Theo yêu cầu	n/a
	Thủy văn học (dòng chảy nước bề mặt và thấm thấu bề mặt)	Tốc độ dòng chảy (dòng chảy bề mặt, thấm thấu bề mặt)	n/a	Hàng tuần	n/a
	Chất lượng nước (dòng chảy bề mặt và thấm thấu bề mặt)	Thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	n/a	Hàng tuần	Dữ liệu thường nguồn và cơ sở.
		Tổng số chất rắn lơ lửng, tính axit/kiềm, những ion chính, phốt pho và kim loại (phòng thí nghiệm)	n/a	Hàng tuần	Dự đoán chất lượng nước.
Địa chất thủy văn (nước trong các đồng đá thải; nước ngầm phía trên, ngay dưới và dưới đồng đá)	Tốc độ thăm vào các đồng đá thải (áp suất lỗ rỗng/dữ liệu thủy lực/thấm kế)	n/a	Hàng quý	Tốc độ thăm mục tiêu/thiết kế.	
	Mức nước; thể tích nước lỗ rỗng trong các đồng đá thải; khối lượng/thể tích đá thải tiếp xúc với oxy	n/a	Hàng tháng	n/a	

Bộ phận	Thành phần	Các thông số	Tần số*			Các tiêu chí đánh giá thực hiện
			Giai đoạn thăm dò/khả thi <sup>1</sup>	Giai đoạn khai thác		
Cơ sở chứa chất thải, đập chất thải		Khảo sát địa vật lý (vd: điện từ, điện trở suất) để xây dựng sơ đồ dẫn điện dưới bề mặt và các đường thấm thấu	Theo yêu cầu	Theo yêu cầu	n/a	
		Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	n/a	Hàng tháng	Các hướng dẫn về chất lượng nước của Bang/ Chính phủ đối với nước ngầm. Cơ sở và vùng thượng nguồn.	
		Tổng số chất rắn lơ lửng, tính axit/kiềm, những ion chính, phốt pho (ligand) và kim loại (phòng thí nghiệm)	n/a	Hàng quý		
		Tốc độ sản sinh vật liệu nghiền và chất thải, khối lượng/thể tích chuyển đến các cơ sở chứa chất thải	Dự đoán theo mô hình	Hàng tuần	Dữ liệu mô hình.	
	Vật chất thải	Xác định đặc điểm địa hóa học (kiểm tra trạng thái động và tĩnh)	Cơ sở; theo yêu cầu	Theo yêu cầu	n/a	
		Thể tích, mực nước, tốc độ dòng chảy của chất thải vào cơ sở chứa, tốc độ chảy của bơm cạn, tốc độ chảy của đập tràn	n/a	Hàng ngày	n/a	
	Thủy văn (thẩm thấu bề mặt)	Tốc độ chảy	n/a	Hàng tuần/hàng tháng	n/a	
		Thông số chung của chất lượng nước (thực địa)	n/a	Hàng tuần	Các tiêu chí về chất lượng nước theo từng khu vực (sử dụng cho khu vực) hoặc các hướng dẫn về chất lượng nước thải (vd: IFC, 2004).	
		Chất lượng nước (nước bề mặt và thấm thấu bề mặt)	Tổng số chất rắn lơ lửng, tính axit/kiềm, những ion chính, phốt pho (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	n/a	Hàng tháng	
				n/a		

Bộ phận	Thành phần	Các thông số	Tần số*			Các tiêu chí đánh giá thực hiện
			Giai đoạn thăm dò/khả thi <sup>1</sup>	Giai đoạn khai thác		
Hố mỏ/ khai thác lộ thiên	Địa chất thủy văn (nước lỗ rỗng của chất thải; nước ngầm vùng thượng nguồn, nằm dưới và vùng hạ nguồn của các khu chất thải)	Mục nước: khối lượng/thể tích chất thải tiếp xúc với oxy	Cơ sở	Hàng tháng	n/a	
		Khảo sát địa vật lý (vd: điện từ, điện trở suất) để lập bản đồ sự dẫn truyền lớp dưới bề mặt và các đường thấm thất	Theo yêu cầu	Theo yêu cầu	n/a	
		Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	Cơ sở	Hàng tháng	Các hướng dẫn về chất lượng nước của bang/Chính phủ đối với nước ngầm.	
		Tổng số chất rắn lơ lửng, tính axit/kiềm, những ion chính, phốt pho (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	Cơ sở	Hàng quý	Dữ liệu cơ sở và thượng nguồn.	
	Vật liệu tường hố khai thác lộ thiên (nón nước ngầm bị nén)	Khối lượng/thể tích vật chất tiếp xúc với oxy	Dự đoán theo mẫu	Theo yêu cầu	Dữ liệu mẫu	
		Xác định đặc điểm địa hóa học của đất đá	Cơ sở; theo yêu cầu	Theo yêu cầu	n/a	
		(Kiểm tra trạng thái tĩnh và động)				
		Tốc độ bơm xả nước	n/a	Hàng ngày	n/a	
Thủy văn học hố mỏ/nước chảy bề mặt	Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	n/a	Hàng tuần	Các tiêu chí về chất lượng nước (cho việc sử dụng tại chỗ) hoặc các hướng dẫn về chất lượng nước thải (vd: IFC, 2004).		
	Tổng số chất rắn lơ lửng/tính axit/kiềm, những ion chính, phốt pho (ligand) và kim loại (phòng thí nghiệm)	n/a	Hàng tháng			

Bộ phận	Thành phần	Các thông số	Tần số*			Các tiêu chí đánh giá thực hiện
			Giai đoạn thăm dò/khả thi <sup>1</sup>	Giai đoạn khai thác		
Mỏ ngầm	Địa chất thủy văn hố mỏ khai thác lộ thiên (nón nước ngầm bị nén)	Mục nước ngầm, tốc độ dòng chảy (vd: lỗ khoan thoát nước)	Dự đoán theo mẫu	Hàng tuần	Dữ liệu mẫu.	
		Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	Cơ sở	Hàng tuần	Các tiêu chí về chất lượng nước (sử dụng tại chỗ) hoặc các hướng dẫn về chất lượng nước thải (vd: IFC, 2004).	
		Tổng số chất rắn lơ lửng, tính axit/kiềm, các ion chính và phối tử (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	Cơ sở	Hàng tháng		
		Khối lượng/thể tích vật chất tiếp xúc với oxy	Dự đoán theo mô hình	Hàng tháng	Dữ liệu mô hình.	
	Vật liệu bị mất nước do bơm (nón nước ngầm bị nén)	Xác định đặc điểm địa hóa học của đất đá (NAG, NAPP)	Cơ sở; theo yêu cầu	Theo yêu cầu	n/a	
		Mục nước ngầm và tốc độ dòng chảy (lỗ khoan thoát nước)	Cơ sở	Hàng tuần	n/a	
		Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	Cơ sở	Hàng tuần	Các chỉ tiêu về chất lượng nước (đối với việc sử dụng tại chỗ) hoặc các hướng dẫn về chất lượng nước thải (vd: IFC, 2004).	
		Tổng số chất rắn lơ lửng, tính axit/kiềm, những ion chính và các phối tử (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	Cơ sở	Hàng tháng		

Bộ phận	Thành phần	Các thông số	Tần số*			Các tiêu chí đánh giá thực hiện
			Giai đoạn thăm dò/khả thi <sup>1</sup>	Giai đoạn khai thác		
Đồng chất thải	Vật chất quặng	Tốc độ khai thác quặng, khối lượng/thể tích quặng trong lớp vật liệu được chiết	Dự đoán theo mô hình	Hàng ngày	Dữ liệu mô hình	
		Xác định đặc điểm địa hóa của đất đá (NAG, NAPP)	Cơ sở; theo yêu cầu	Theo yêu cầu	n/a	
	Thủy văn (dòng chảy bề mặt và thấm thấu bề mặt)	Tốc độ chảy	n/a	Hàng ngày	n/a	
		Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	n/a	Hàng tuần	Các tiêu chí về chất lượng nước (cho việc sử dụng tại chỗ). Ước đoán về chất lượng nước.	
	Địa chất thủy văn (nước ngầm ở vùng thượng nguồn, nằm bên dưới và vùng hạ nguồn của các lớp vật liệu chiết/đóng đá thải)	Chất lượng nước (dòng chảy bề mặt và thấm thấu bề mặt)	Tổng số chất rắn lơ lửng, tinh axit/kiềm, những ion chính và phối tử (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	n/a	Hàng tháng	
			Mục nước ngầm	Cơ sở	Hàng tuần	n/a
		Địa chất thủy văn (nước ngầm ở vùng thượng nguồn, nằm bên dưới và vùng hạ nguồn của các lớp vật liệu chiết/đóng đá thải)	Khảo sát địa vật lý (vd: điện từ) để xây dựng dòng chảy ngay dưới bề mặt	Theo yêu cầu	Theo yêu cầu	n/a
			Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	Cơ sở	Hàng tuần	Các hướng dẫn về chất lượng nước của bang/Chính phủ đối với nước ngầm.
			Tổng số chất rắn lơ lửng, tinh axit/kiềm, các ion chính và phối tử (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	Cơ sở	Hàng tháng	Cơ sở và vùng thượng.



Bộ phận	Thành phần	Các thông số	Tần số*		Các tiêu chí đánh giá thực hiện
			Giai đoạn thăm dò/khả thí <sup>1</sup>	Giai đoạn khai thác	
Những phương tiện khác	Thủy văn (cơ sở chứa nước, bể trầm tích, v.v.)	Tốc độ chảy	n/a	Theo sự kiện, theo yêu cầu	n/a
	Chất lượng nước (cơ sở chứa nước, bể trầm tích)	Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	n/a	Theo sự kiện, theo yêu cầu	Các tiêu chí về chất lượng nước (cho việc sử dụng tại chỗ) hoặc các hướng dẫn về chất lượng nước thải (vd: IFC, 2004).
		Tổng số chất rắn còn lơ lửng, tính axit/kiềm, các ion chính và phối tử (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	n/a		
	Nước chảy bề mặt trên đường/ chất lượng nước thấm thấu bề mặt (vd: đường chuyên chở quặng, đường thăm dò)	Các thông số chung về chất lượng nước (thực địa)	n/a	Theo sự kiện; theo yêu cầu	
		Tổng số chất rắn còn lơ lửng, tính axit/kiềm, các ion chính và phối tử (ligand), kim loại (phòng thí nghiệm)	n/a		

\* Tần số giám sát đối với một số địa điểm có thể cần cao hơn trong suốt mùa ẩm ướt (và trong những thời kỳ dòng chảy có tốc độ cao) và thấp hơn trong suốt mùa khô (và thời kỳ tốc độ dòng chảy thấp). Cũng cần có tần số cao hơn trước khi/trong khi thải ra ngoài khu vực (vd: trong trường hợp quản lý nước bề mặt hạ nguồn).

<sup>1</sup>Tần số quản lý trong thời kỳ khai thác/khả năng khai thác phụ thuộc vào thời gian dự kiến trước khi bắt đầu hoạt động.

## 8.2 Đánh giá thực hiện

Chương trình giám sát nên được thiết kế nhằm giám sát các tác động của AMD và tuân thủ theo các quy định phù hợp trong suốt thời kỳ hoạt động. Việc giám sát cũng cần kiểm tra quá trình thực hiện các biện pháp quản lý được sử dụng để giảm tác động của AMD. Có thể có lợi nếu đặt ra các mục tiêu cho các khu vực cụ thể trong việc đánh giá thực hiện, ví như các tiêu chí chất lượng nước đối với việc tái sử dụng tại chỗ, như tốc độ xử lý, thẩm và chiết xuất nhằm cung cấp thêm định hướng cho chương trình giám sát. Các tiêu chí đánh giá thực hiện đặc thù trong chương trình giám sát AMD được trình bày trong bảng 6.

Việc thông tin kết quả, cả trong lẫn ngoài (xem Phần 9), là rất quan trọng đối với thành công tổng thể của chiến lược quản lý AMD. Chỉ bằng phương pháp thông tin thích hợp là có thể thực hiện được nhiều thay đổi phù hợp trong các giai đoạn hoạt động và ngăn được nhiều vấn đề cũng như khó khăn gặp phải khi đóng cửa mỏ.

Dữ liệu thu được trong thời kỳ khai thác/khả năng khai thác và trong các thời kỳ hoạt động nên là cơ sở để tạo ra và cập nhật cho Kế hoạch đóng cửa mỏ, có tham vấn với các đối tác liên quan (xem Phần 9). Nếu có đủ chi tiết trong những giai đoạn đầu nhằm tạo điều kiện cho việc triển khai các chiến lược quản lý hoặc giảm thiểu tối đa một cách hiệu quả trong suốt thời kỳ hoạt động thì có thể công việc quản lý trong và sau khi đóng cửa sẽ được giảm đáng kể về quy mô và mức độ thường xuyên.



## 9.0 BÁO CÁO CHO CỘNG ĐỒNG VÀ CÁC BÊN ĐỐI TÁC

---

### THÔNG ĐIỆP CHÍNH

- Báo cáo thường xuyên và công khai cho cộng đồng và các bên đối tác khác trong suốt vòng đời của dự án khai thác mỏ chính là một khía cạnh quan trọng để có được và duy trì được giấy phép hoạt động xã hội.
- Hiện tại chưa có giải pháp kỹ thuật nào để khắc phục những khía cạnh mang tính xã hội của công việc quản lý AMD, song công việc nghiên cứu và xây dựng đang tiếp diễn.

---

Báo cáo phải rõ ràng và minh bạch là một khía cạnh chính trong việc giành được và duy trì được giấy phép hoạt động xã hội. Việc thu thập và phân tích số liệu hàng năm và việc công bố thông tin đó một cách công khai thường xuyên cũng như tham vấn và kêu gọi sự tham gia của toàn cộng đồng đang có là một phần không thể tách rời trong việc quản lý AMD một cách có trách nhiệm. Việc thu thập và công khai dữ liệu thường là một yêu cầu mang tính lập pháp, song đó cũng là một phương pháp hàng đầu để các công ty hướng tới bền vững. Những phương tiện báo cáo về AMD nên gồm:

- Báo cáo về tính bền vững thường niên của công ty – thông tin về các khía cạnh xã hội, môi trường và kinh tế của một hoạt động khai thác mỏ (hoặc của 01 công ty nói chung)
- Báo cáo Quốc gia về Lượng chất thải (NEI)- thải ra đất, không khí và nước thường được báo cáo như một phần báo cáo thường niên về tính bền vững (trình bày trong Phần 4.2)
- Tham vấn và lôi kéo sự tham gia của cộng đồng và các bên liên quan – báo cáo, bảng số liệu, dụng cụ thông tin, việc trình bày, hội nghị và các website đặc thù (xem thêm phần Sổ tay Tham gia và Phát triển Cộng đồng trong loạt tài liệu này)
- Chương trình báo cáo toàn cầu (GRI) – một khung báo cáo toàn cầu về tính bền vững của công ty tại địa chỉ [www.globalreporting.org](http://www.globalreporting.org).

Việc xác định những vấn đề AMD tiềm ẩn trong các giai đoạn thăm dò và thực hiện là rất quan trọng bởi những giai đoạn này thường liên quan với việc tham vấn cộng đồng và đánh giá tác động môi trường và giấy phép hoạt động. Hoạt động công khai và có trách nhiệm sẽ được xem là một lợi thế trong cam kết phát triển bền vững.

Dữ liệu tổng hợp về các dạng vật chất có chứa sunfit và AMD cần được thu thập và phân tích trong cả vòng đời của một mỏ và trong các giai đoạn phục hồi. Hiện tại báo cáo về dữ liệu về AMD có hệ thống của các công ty mỏ còn bị hạn chế. Mức độ vật chất có chứa sunfit được khai thác hàng năm cũng không được phân biệt trong báo cáo công khai – chỉ có các vấn đề về quản lý là thường được đề cập. Rất ít báo cáo về khối lượng đá thải được thực hiện từ các công ty khai thác mỏ (Mudd 2005).

Để chứng tỏ phương pháp hoạt động hàng đầu, việc báo cáo rõ ràng về đá thải (cũng như chất thải và những nguồn có khả năng gây AMD khác), số lượng của vật liệu thải có chứa sunfit cũng phải được đưa vào báo cáo.

Nếu một vùng nào đó có nhiều vấn đề phức tạp, việc quản lý chặt chẽ và giải trình công khai về các kết quả AMD là một yêu cầu mang tính mệnh lệnh. Dữ liệu có thể được tổng hợp thành các báo cáo chính thức về tính bền vững của công ty, đồng thời có sử dụng và mở rộng phạm vi NEI và GRI hoặc có thể được công bố như những nghiên cứu chuyên biệt của một dạng công trình đặc biệt.

Nhiều cộng đồng đã bày tỏ mối quan ngại có tính hợp pháp về cách thực hiện có tính lâu dài của các công trình xây dựng để cô lập và phục hồi các vật liệu có chứa sunfit và AMD. Việc ngoại suy tương lai là một vấn đề kỹ thuật rất khó. Việc tham vấn có thể giúp cho việc xác định ra các chiến lược AMD phù hợp với điều kiện địa phương và đảm bảo được rằng những hạn chế về mặt kinh tế, kỹ thuật và quy định sẽ được giải quyết.

Một số khía cạnh trong quản lý AMD vẫn chưa được giải quyết một cách thoả đáng về mặt kỹ thuật. Nếu AMD được dự báo trước và không có công nghệ thích hợp để quản lý AMD đó thì cần phải áp dụng 'nguyên tắc phòng ngừa'.



## 10.0 TIẾP TỤC NÂNG CAO VIỆC QUẢN LÝ AMD

Một số lượng nghiên cứu đáng kể đã được triển khai trong vòng 2 thập kỷ qua nhằm tìm hiểu bản chất của AMD và để xây dựng được các giải pháp thiết thực để quản lý sự hình thành và thải AMD. Các biên bản hội nghị quốc tế trong vòng 3 năm về vấn đề thoát nước có chứa axit đã ghi chép lại những tiến bộ đạt được kể từ năm 1988 (Barnhisel 2006).

Một bộ sưu tập các báo cáo nghiên cứu và những liên kết đến mạng lưới AMD có thể tìm thấy tại địa chỉ [www.inap.com.au](http://www.inap.com.au) của tổ chức Mạng lưới quốc tế về Ngăn chặn Axit (INAP). INAP là một tập đoàn công nghiệp được thành lập nhằm giúp giải quyết thách thức mang tính toàn cầu của việc quản lý AMD. Tổ chức này huy động thông tin và kinh nghiệm về AMD và thúc đẩy nghiên cứu cũng như sáng tạo trong lĩnh vực này.

Cho đến nay, nhiều nghiên cứu đã tập trung vào các kỹ thuật để quản lý mức độ phát sinh các chất gây ô nhiễm từ các đồng đá thải và các cơ sở chứa chất thải. Các biện pháp quản lý ví dụ như bố trí đá thải có chọn lọc và sử dụng các lớp phủ (bằng đất và nước) hiện tại đang được áp dụng như những biện pháp tiên tiến (xem Phần 7). Bên cạnh các yêu cầu về nghiên cứu để đánh giá tính hiệu quả thực tế của các phương pháp quản lý AMD được áp dụng phổ biến và để hình thành tính bền vững của những phương pháp đó, cũng cần phải có các nghiên cứu và phát triển các phương pháp mới mang lại lợi ích cho việc giải quyết vấn đề tại mọi giai đoạn của quá trình khai thác.

Trong bối cảnh phát triển bền vững, có nhiều cơ hội để những kết quả nghiên cứu về AMD có thể giúp giảm đáng kể những tác động của hoạt động khai thác mỏ đối với môi trường. Các công nghệ có tính đột phá cũng có thể được phát hiện nhằm gia tăng phục hồi kim loại, giảm lượng chất thải sunfit, giảm tác hại của chất thải, cũng như giảm lượng AMD ra môi trường.

### 10.1 Những công nghệ hiện hành và nghiên cứu trong tương lai

Các công nghệ đang thịnh hành từ những nỗ lực nghiên cứu ở hiện tại bao gồm:

- chương trình INAP – một hướng dẫn toàn cầu (GARD) chứa đựng và tóm lược các phương pháp khoa học và căn cứ rủi ro để giải quyết việc quản lý chất thải axit
- việc loại bỏ kim loại và sunfat thụ động, tốc độ cao, là một công nghệ của IMP® được phát triển trong một thập kỷ qua ở miền Nam Phi (Pulles et al. 2003)
- các rào thấm có hoạt tính (PRBs) đối với việc xử lý nước ngầm thụ động *tại chỗ* (Blowes et al. 2000 và Vidic 2001)
- một phương pháp thiết thực để xác định mức độ oxy hóa bên trong (IOR) các vật chất địa chất trong vòng nhiều giờ đến nhiều ngày (Bennett & Mackenzie 2005)
- công nghệ bao bọc các hạt sunfit bằng phương pháp hóa học nhằm làm chậm lại quá trình oxy hóa

- hạ thấp trọng tải axit trong nước thải từ các mỏ bằng việc áp dụng các lớp phủ sinh tính kiềm (Miller et al. 2003, 2006 and Taylor et al. 2006)
- loại hết ôxy trong các mỏ ngừng hoạt động (Taylor và Waring 2001)
- đo đạc các thông số ABA trong lỗ khoan, xây dựng các đầu dò ôxy trực tuyến và tiếp tục cải thiện các kỹ thuật đo lường các giá trị NAPP và NAG.

Những phạm vi nghiên cứu sau đây cũng có thể mang lại hiệu quả trong tương lai:

- nâng cao sự tổng hợp các đặc điểm đặc trưng của các vật chất sunfit với mô hình khối địa chất, phần mềm lập kế hoạch và tối ưu hóa mỏ để nâng cao độ tin cậy trong quản lý chất thải
- điều chỉnh các mạch mài, biểu đồ dòng chuyển động nhằm giảm mức độ sunfit trong các dòng chất thải, mang lại quá trình sản xuất sạch hơn
- tăng số lượng và chất lượng nước phục hồi từ chất thải nhằm giảm đi lượng nước tiêu thụ và giảm khối lượng thải ra
- xây dựng các công nghệ mới để đo lường và giám sát các chất thải có chứa sulfit nhằm nâng cao hiểu biết về tính hiệu quả của việc quản lý AMD cũng như giảm đi mức độ rủi ro.

Những tiến bộ đáng kể trong quản lý AMD có thể bắt nguồn từ những khu vực trình diễn được lựa chọn kỹ càng tại Úc, xây dựng trên kinh nghiệm của Thụy Điển (Hoglund & Herbert 2003). Ở những khu vực này, tất cả các kỹ thuật tiên tiến hiện có đều có thể áp dụng, xây dựng và kiểm định.



## 11.0 KẾT LUẬN

Những tác động to lớn, lâu dài và rất rõ ràng của AMD do các hoạt động khai thác mỏ trong quá khứ sinh ra sẽ tiếp tục làm tổn hại đến uy tín về môi trường của ngành công nghiệp khai thác mỏ. Các di chứng của nó như hồi chuông báo thức xã hội về những mối nguy hiểm do những phương pháp quản lý yếu kém gây ra. Do đó, các kỳ vọng của cộng đồng và những mục tiêu thực hiện về môi trường đã và đang tiếp tục được nâng cao. Các vấn đề về di chứng như vậy sẽ không còn xảy ra đối với các dự án khai thác mỏ mới. Phát triển bền vững đòi hỏi phải chủ động tiên phong trong quản lý AMD, bắt đầu từ giai đoạn thăm dò và lập kế hoạch và chi phí đầy đủ cho việc đóng cửa khu mỏ cần tính toán một cách thấu đáo các khía cạnh của quản lý AMD trước khi bắt đầu khai thác. Cuốn sổ tay này cung cấp bước khởi đầu thuận lợi để hiểu và quản lý các vấn đề AMD.

# THAM KHẢO VÀ NHỮNG LIÊN KẾT CHÍNH

Andrina, J, Miller, S & Neale, A, 2003, 'The design, construction, instrumentation and performance of a full-scale overburden stockpile trial for mitigation of acid rock drainage, Grasberg Mine, Papua Province, Indonesia,' T Farrell & G Taylor (eds.) *Proceedings of the Sixth International Conference on Acid Rock Drainage* (ICARD), AusIMM, Cairns, Australia, pp. 123-132. Free download: [www.ausimm.com/publications/ditr.asp](http://www.ausimm.com/publications/ditr.asp)

ANZECC/ARMCANZ, 2000, *Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters*, Australia and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra. Free download: [www.deh.gov.au/water/quality/nwqms/volume1.html](http://www.deh.gov.au/water/quality/nwqms/volume1.html)

Barnhisel, RI (ed.), 2006, *Proceedings of the Seventh International Conference on Acid Rock Drainage* (ICARD), St. Louis MO, American Society of Mining and Reclamation (ASMR), Lexington, KY.  
[www.ces.ca.uky.edu/asmr/ASMR%20Proceedings/ICARD%20Abstracts.pdf](http://www.ces.ca.uky.edu/asmr/ASMR%20Proceedings/ICARD%20Abstracts.pdf)

Bennett, JW & Mackenzie, P, 2005, 'The use of a new instrument to measure oxidation rates rapidly,' *Proceedings of Securing the Future International Conference on Mining and the Environment*, Metals and Energy Recovery, Skelleftea, pp. 94-104. [www.mining.se/indexeng.html](http://www.mining.se/indexeng.html)

Blowes, D, Moncur, M, Smith, L, Sego, D, Bennett, J, Garvie, A, Linklater, C, Gould, D & Reinson, J, 2006, 'Construction of two large-scale waste rock piles in a continuous permafrost region,' RI Barnhisel (ed.) *Proceedings of the Seventh International Conference on Acid Rock Drainage* (ICARD), St. Louis MO, American Society of Mining and Reclamation (ASMR), pp. 187-199. Free download: [www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html)

Blowes, DW, Ptacek, CJ, Benner, SG, McRae, CWT, Bennet, TA & Puls, RW, 2000, 'Treatment of Inorganic Contaminants Using Permeable Reactive Barriers,' *Journal of Contaminant Hydrology*, Vol. 45, pp. 123-137. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Brown, PL & Ferris, JM, 2004, 'Risk-based assessment of the impact of aluminium on a riverine ecosystem,' *Australian Journal of Chemistry*, Vol. 57, pp. 951-955. [www.publish.csiro.au/nid/52/issue/786.htm](http://www.publish.csiro.au/nid/52/issue/786.htm)

Catalan, LJJ & Yanful, EK, 2002, 'Sediment-trap measurement of suspended mine tailings in shallow water cover,' *Journal of Environmental Engineering*, 128:1, pp. 19-30. [www.scitation.aip.org/eeo](http://www.scitation.aip.org/eeo)

Dobos, SK, 2005, 'Acid Sulfate Soils (ASS) and Acid Mine Drainage (AMD): Framboids and the Common Link,' C Bell (ed.) *Proceedings of the Fifth Australian Workshop on Acid Drainage*, Fremantle, Western Australia. 29-31, (Australian Centre for Minerals Extension and Research: Brisbane), pp. 71-84. Free download [www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html)

Dowd, PJ, 2005, 'The Business Case for Prevention of Acid Drainage,' C Bell (ed.) *Proceedings of the Fifth Australian Workshop on Acid Drainage*, Fremantle, Western Australia. (Australian Centre for Minerals Extension



and Research: Brisbane). Free download:

[www.inap.com.au/public\\_downloads/Whats\\_New/PD\\_Keynote\\_Speech\\_23\\_August\\_2005.doc](http://www.inap.com.au/public_downloads/Whats_New/PD_Keynote_Speech_23_August_2005.doc).

Höglund, LO & Herbert, R (eds.), 2003, 'MiMi Performance Assessment Main Report', MiMi, ISBN 91-89350-27-8.

[www.mistra.org/](http://www.mistra.org/)

IFC, 2004, *(Draft) Environmental Health and Safety Guidelines for Precious Metal Mining*, International Finance Corporation. [www.ifc.org/](http://www.ifc.org/)

Jones, DR, Laurentcont, T & Unger, C, 2003, 'Towards achieving sustainable water management for an acidic open cut pit at Mt Morgan, Queensland,' T Farrell & G Taylor (eds.) *Proceedings of the Sixth International Conference Acid Rock Drainage* (ICARD), AusIMM Publication Series No 3/2003, Cairns, Australia, pp. 513-519.

Free download: [www.ausimm.com/publications/ditr.asp](http://www.ausimm.com/publications/ditr.asp)

Linklater, CM, Bennett, JW & Edwards, N, 2006, 'Modelling an innovative waste rock dump design for the control of acid rock drainage at the Svartliden Gold Mine, northern Sweden,' RI Barnhisel (ed.) *Proceedings of the Seventh International Conference on Acid Rock Drainage* (ICARD), St. Louis MO, American Society of Mining and Reclamation (ASMR), pp. 1079-1105. Free download: [www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html)

Linklater, CM, Sinclair, DJ & Brown, PL, 2005, 'Coupled chemistry and transport modelling of sulfidic waste rock dumps at the Aitik mine site,' *Applied Geochemistry*, Sweden, Vol. 20, pp. 275-293. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Ludgate, I, Coggan, A & Davé, NK, 2003, 'Performance of shallow water covers on pyritic uranium tailings,' T Farrell & G Taylor (eds.) *Proceedings of the Sixth International Conference on Acid Rock Drainage* (ICARD), AusIMM Publication Series No 3/2003, Cairns, Australia, pp. 287-296. Free download:

[www.ausimm.com/publications/ditr.asp](http://www.ausimm.com/publications/ditr.asp)

Mayer, KU, Blowes, DW & Frind, EO, 2003, 'Advances in reactive-transport modelling of contaminant release and attenuation from mine-waste deposits,' JL Jambor, DW Blowes & AIM Ritchie (eds.) *Environmental Aspects of Mine Wastes*, Mineralogical Association of Canada Short Course Series, Vol. 31, ISBN 0-921294-31-x, pp. 283-302.

[www.mineralogicalassociation.ca](http://www.mineralogicalassociation.ca)

MEND, 1995, 'Economic Evaluation of Acid Mine Drainage Technologies,' *Mine Environment Neutral Drainage (MEND) Program*, MEND Report 5.8.1 [www.nrcan.gc.ca/ms/canmet-mtb/mmsl-lmsm/mend/mendpubs-e.htm](http://www.nrcan.gc.ca/ms/canmet-mtb/mmsl-lmsm/mend/mendpubs-e.htm)

Miller, S, Rusdinar, J, Smart, R, Andrina, J & Richards, D, 2006, 'Design and Construction of Limestone Blended Waste Rock Dumps—Lessons Learned From a 10-Year Study at Grasberg,' RI Barnhisel (ed.) *Proceedings of the Seventh International Conference on Acid Rock Drainage* (ICARD), St. Louis MO, American Society of Mining and Reclamation (ASMR). Free download: [www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html)

Miller, S, Smart, R, Andrina, J, Neale, A & Richards, D, 2003, 'Evaluation of limestone covers and blends for long-term acid rock drainage control at the Grasberg Mine, Papua Province, Indonesia,' T Farrell & G Taylor (eds.) *Proceedings of the Sixth International Conference on Acid Rock Drainage* (ICARD), AusIMM Publication Series No 3/2003, Cairns, Australia, pp. 133-141. Free download: [www.ausimm.com/publications/ditr.asp](http://www.ausimm.com/publications/ditr.asp)

MMSD, 2002, 'Breaking New Ground: Mining, Minerals, and Sustainable Development,' *Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD) Project*, Earthscan Publications Ltd. for the International Institute for Environment and Development (IIED) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), London and Sterling, VA. Free download: [www.iied.org/mmsd/finalreport/index.html](http://www.iied.org/mmsd/finalreport/index.html)

Mudd, GM, 2005, 'An Assessment of the Sustainability of the Mining Industry in Australia,' *Proceedings Environmental Engineering & Sustainability 2005 National Conference*, Society for Sustainability and Environmental Engineering (Engineers Australia), Sydney, Australia, p. 6.

NHMRC, 2004, *National Water Quality Management Strategy: Australian Drinking water guidelines*, National Health and Medical Research Council, Australian Capital Territory.  
Free download: [www.nhmrc.gov.au/publications/synopses/eh19syn.htm](http://www.nhmrc.gov.au/publications/synopses/eh19syn.htm)

O'Kane Consultants Inc., 2003, 'Evaluation of the long-term performance for dry cover systems,' *Final Report to International Network for Acid Prevention*. Free download: [www.inap.com.au/public-downloads/Research/Projects/Evaluation\\_of\\_the\\_Long-term\\_Performance\\_of\\_Dry\\_Cover\\_Systems.pdf](http://www.inap.com.au/public-downloads/Research/Projects/Evaluation_of_the_Long-term_Performance_of_Dry_Cover_Systems.pdf)

Parkhurst, DL & Appelo, CAJ, 1999, *User's guide to PHREEQC (Version 2)—a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations*, US Geol. Surv., Water Resour. Invest. Rep. 99-4259. Free download: [www.brr.cr.usgs.gov/projects/GWC\\_coupled/phreeqc/html/final.html](http://www.brr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/html/final.html)

Patterson, BM, Robertson, BS, Woodbury, RJ, Talbot, B & Davis, GB, 2006, 'Long-term evaluation of a composite cover overlaying a sulfidic tailings facility,' *Mine Water and the Environment*, 25, pp. 137-145.

Pollino, CA & Hart, BT, 2006, 'Bayesian decision networks—going beyond expert elicitation for parameterisation and evaluation of ecological endpoints,' A Voinov, A Jakeman & A Rizzoli (eds.) *Proceedings of the iEMSS Third Biennial Meeting: "Summit on Environmental Modelling and Software"*, International Environmental Modelling and Software Society, Burlington, USA, CD ROM, [www.iemss.org/iemss2006/sessions/all.html](http://www.iemss.org/iemss2006/sessions/all.html)

Pulles, W, Rose, P, Coester, L, Heath, R, 2003, 'Development of integrated passive water treatment systems for the treatment of mine waters,' T Farrell & G Taylor (eds.) *Proceedings of the Sixth International Conference Acid Rock Drainage (ICARD)*, AusIMM Publication Series No 3/2003, Cairns, Australia, pp. 801-807.  
Free download: [www.ausimm.com/publications/ditr.asp](http://www.ausimm.com/publications/ditr.asp)

Richards, DG, Borden, RK, Bennett, JW, Blowes, DW, Logsdon, MJ, Miller, SD, Slater, S, Smith L & Wilson, GW, 2006, 'Design and implementation of a strategic review of AMD risk in Rio Tinto,' RI Barnhisel (ed.) *Proceedings of the Seventh International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD)*, St. Louis MO, American Society of Mining and Reclamation (ASMR), pp. 1657-1672. Free download: [www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html)

Ritchie, AIM, 1994, 'Sulfide oxidation mechanisms: controls and rates of oxygen transport,' JL Jambor & DW Blowes (eds.) *Short course handbook on environmental geochemistry of sulfide mine-wastes*, Vol 22, Mineralogical Association of Canada. [www.mineralogicalassociation.ca](http://www.mineralogicalassociation.ca)

Ritchie, AIM & Bennett, JW, 2003, 'The Rum Jungle mine—a case study,' JL Jambor, DW Blowes & AIM Ritchie (eds.) *Environmental Aspects of Mine Wastes*, Mineralogical Association of Canada Short Course Series, Vol. 31, pp. 385-406. [www.mineralogicalassociation.ca](http://www.mineralogicalassociation.ca)

Scott, PA, Eastwood, G, Johnston, G & Carville, D, 2000, 'Early Exploration and Pre-feasibility Drilling Data for the Prediction of Acid Mine Drainage for Waste Rock,' C Bell (ed.) *Proceedings of the Third Australian Acid Mine Drainage Workshop*, Townsville, (Australian Centre for Minerals Extension and Research: Brisbane). Free download: [www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html)

Taylor, G, Spain, A, Nefiodovas, A, Timms, G, Kuznetsov, V & Bennett, J, 2003, 'Determination of the reasons for deterioration of the Rum Jungle waste rock cover,' *Report to International Network for Acid Prevention*. Free download: [www.inap.com.au/public\\_downloads/Research\\_Projects/Rum\\_Jungle\\_Report.pdf](http://www.inap.com.au/public_downloads/Research_Projects/Rum_Jungle_Report.pdf)

Taylor, J, Guthrie, B, Murphy, N & Waters, J, 2006, 'Alkalinity Producing Cover Materials for Providing Sustained Improvement in Water Quality from Waste Rock Piles,' RI Barnhisel (ed.) *Proceedings of the Seventh International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD)*, St. Louis MO, American Society of Mining and Reclamation (ASMR). Free download: [www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html)

Taylor, J, Pape, S & Murphy, N, 2005, 'A Summary of Passive and Active Treatment Technologies for Acid and Metalliferous Drainage,' C Bell (ed.) *Proceedings of the Fifth Australian Workshop on Acid Drainage*, Fremantle, Western Australia, (Australian Centre for Minerals Extension and Research: Brisbane). Free download: [www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html)

Taylor, J & Waring, C, 2001, 'The Passive Prevention of ARD in Underground Mines by Displacement of Air with a Reducing Gas Mixture: GaRDS,' *Mine Water and the Environment*, © IMWA Springer-Verlag, Vol 20, pp. 2-7. [www.springerlink.com](http://www.springerlink.com)

Twining, J, 2002, 'Ecological risk assessment of the East Branch, Finniss River,' SJ Markich and RA Jeffree (eds.) *The Finniss River, a natural laboratory of mining impacts – past, present and future*, ANSTO Report E-748 pp. 70-73.

USEPA, 1997, *Costs of Remediation at Mine Sites*, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste. Free download: [www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/ldr/mine/costs.pdf](http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/ldr/mine/costs.pdf)

Vidic, RD, 2001, *Permeable Reactive Barriers: Case Study Review*, Groundwater Remediation Technologies Analysis Centre Technology Evaluation Report TE-01-01, University of Pittsburgh, [www.gwrtac.org/pdf/PRBtmp.pdf](http://www.gwrtac.org/pdf/PRBtmp.pdf)

WHO, 2004, *Guidelines for Drinking Water Quality*, 3<sup>rd</sup> edition, Geneva. Free download: [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en/)

Williams, DJ, Stolberg, DJ & Currey, NA, 2006, 'Long-term performance of Kidston's "store/release" cover system over potentially acid forming waste rock dumps; Rl Barnhisel (ed.) *Proceedings of the Seventh International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD)*, St. Louis MO, American Society of Mining and Reclamation (ASMR), pp. 2385-2396. Free download: [www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html](http://www.acmer.uq.edu.au/publications/adpapers.html)

Williams, DJ, Wilson, GW & Currey, NA, 1997, 'A cover system for a potentially acid forming waste rock dump in a dry climate,' *Proceedings of the Fourth International Conference on Tailings and Mine Waste '97*, Fort Collins, Colorado, pp. 231-235.

Wilson, GW, Williams, DJ & Rykaart, EM, 2003, 'The integrity of cover systems—an update,' T Farrell & G Taylor (eds.) *Proceedings of the Sixth International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD)*, AusIMM Publication Series No 3/2003, Cairns, Australia, pp. 445-451. Free download: [www.ausimm.com/publications/ditr.asp](http://www.ausimm.com/publications/ditr.asp)

## CÁC TRANG WEB

- Bộ Môi trường và Di sản, [www.deh.gov.au](http://www.deh.gov.au)
- Bộ Công nghiệp, Du lịch và Tài nguyên, [www.industry.gov.au](http://www.industry.gov.au)
- Chương trình phát triển bền vững theo phương thức hàng đầu, [www.industry.gov.au/sdmining](http://www.industry.gov.au/sdmining)
- Mạng lưới quốc tế về Ngăn chặn Axit, [www.inap.com.au](http://www.inap.com.au)
- Hiệp hội liên bang về Tài nguyên Dầu khí và Khoáng sản, [www.industry.gov.au/resources/mcmpr](http://www.industry.gov.au/resources/mcmpr)
- Hiệp hội Khoáng sản Úc, [www.minerals.org.au](http://www.minerals.org.au)
- Giá trị bền vững, [www.minerals.org.au/enduringvalue](http://www.minerals.org.au/enduringvalue)
- Các thước đo quốc gia về bảo vệ môi trường, [www.ephc.gov.au/nepms/nepms.html](http://www.ephc.gov.au/nepms/nepms.html)
- Ngân hàng thế giới, [www.worldbank.org/mining](http://www.worldbank.org/mining)
- Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Khoáng sản Úc, [www.acmer.uq.edu.au/](http://www.acmer.uq.edu.au/)

## THUẬT NGỮ

AASS	(Actual acid sulfate soil) Đất nhiễm axit sulfat thực
ABATES	Một công cụ phần mềm nhằm hỗ trợ cho việc quản lý chất lượng nước ở khu vực mỏ. Phần mềm này được xây dựng nhằm hỗ trợ các công ty khai thác mỏ báo cáo axit-bazơ và đánh giá chất lượng nước. Tài liệu miễn phí tại <a href="http://www.earthsystems.com.au/tools.htm">www.earthsystems.com.au/tools.htm</a> .
Axit	Một đơn vị của nồng độ ion hydro (H <sup>+</sup> ); thường được biểu thị là pH. Acid không tương đương với tính axit.
Tính toán cân bằng về axit bazơ (Acid base account)	Acid Base Account (ABA) đánh giá sự cân bằng giữa các quá trình tạo axit (ôxy hóa khoáng chất sunfide) và các quá trình trung hòa axit. Nó có thể liên quan đến việc xác định tính axit tiềm ẩn tối đa (APP) và khả năng trung hòa axit vốn có (ANC), cả hai đều được giải thích ở dưới
Sự thoát nước axit	Một hình thức của Thải axit kim loại (AMD), được đặc trưng bởi độ pH thấp, có nồng độ kim loại độc cao, nồng độ sunfat cao và độ mặn cao.
Tính axit	Một đơn vị của nồng độ ion hydro (H <sup>+</sup> ) và tính axit của khoáng chất (tiềm ẩn); thường được biểu thị bằng mg/L CaCO <sub>3</sub> . Được đo bằng chuẩn độ trong phòng thí nghiệm hoặc được ước tính từ dữ liệu về độ pH và chất lượng nước.
Trọng tải axit	Tích số của tính axit và tốc độ dòng chảy, thường được biểu thị là khối lượng CaCO <sub>3</sub> trên đơn vị thời gian.
Cân bằng trọng tải axit	Cân bằng trọng tải axit đối với một khu vực mỏ chính là xem xét thể tích nước và tốc độ dòng chảy cũng như tính axit (xem định nghĩa dưới đây), đồng thời kết hợp tất cả các cơ sở mỏ có khả năng phát sinh AMD, ví dụ các đồng đá thải, các khu dự trữ quặng, các cơ sở chứa chất thải, hố khai thác, công trường khai thác ngầm, các đồng vật liệu chiết quặng và các vật liệu xây dựng mỏ.
ACMER	Trung tâm nghiên cứu và phát triển khoáng sản Úc, một đơn vị của Viện nghiên cứu Khoáng sản bền vững, Đại học Queensland, <a href="http://www.acmer.uq.edu.au">www.acmer.uq.edu.au</a> .
Xử lý chủ động	Là phương pháp trong đó các hoá chất hoặc các vật chất tự nhiên được đưa vào nước có chứa axit và kim loại (AMD) nhằm cải thiện chất lượng nước. Việc sử dụng phương pháp này có thể khác nhau từ việc xử lý một lượt đơn giản đến việc phải xây dựng nhà máy xử lý với hỗ trợ của máy tính tinh vi để đưa chất phụ gia vào quá trình xử lý và để giám sát và điều khiển các quá trình cụ thể nào đó <a href="http://www.inap.com.au">www.inap.com.au</a>  Xử lý tích cực bao đòi hỏi sự cung cấp liên tục các vật liệu đầu vào tốn nhiều lao động cho một hoạt động không bị gián đoạn. So với xử lý thụ động (xem phần dưới) chỉ yêu cầu việc bảo dưỡng định kỳ. Các hệ thống xử lý tích cực có thể được xây dựng nhằm giải quyết tính axit, tốc độ dòng chảy và trọng tải axit.

ADTI	Chương trình Công nghệ thải axit <a href="http://www.unr.edu/mines/adti/">www.unr.edu/mines/adti/</a>
Lớp phủ kiềm	Lớp đất phủ, ví như lớp phủ chặn hoặc giữ-thoát nước (được định nghĩa dưới đây), có bộ phận 'tạo kiềm' được bố trí phía trên, trong hoặc ở đáy của lớp phủ. Mục đích là để giảm tối đa sự thâm nhập và để đảm bảo rằng nước chảy qua lớp phủ sẽ có tính kiềm ổn định (định nghĩa phía dưới).
Tính kiềm	Một số đo chỉ khả năng của một dung dịch có thể trung hòa một axit.
AMD	Sự thoát nước có tính axit và kim loại (xem định nghĩa chi tiết trong Phần 2.1).
AMDTreat	Là một phần mềm có thể áp dụng để dự đoán và mô hình hóa chi phí xử lý AMD. Phần mềm này cung cấp nhiều lựa chọn khác nhau cho cả hai hệ thống xử lý chủ động và thụ động. Tài liệu có tại <a href="http://www.amdtreat.osmre.gov">www.amdtreat.osmre.gov</a>
AMIRA	AMIRA International Limited <a href="http://www.amira.com.au">www.amira.com.au</a>
ANC	Khả năng trung hòa axit, được biểu diễn là kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /tấn.
ANSTO	Tổ chức khoa học công nghệ nguyên tử Úc.
APP	Khả năng sản sinh Axit, được biểu diễn là kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /tấn.
AQUARISK	Một phần mềm được ANSTO xây dựng nhằm tạo khả năng đánh giá rủi ro sinh thái theo xác suất để áp dụng cho các hệ sinh thái nước ngọt bị ảnh hưởng bởi AMD <a href="http://www.hearne.com.au/aquarisk/">www.hearne.com.au/aquarisk/</a>
ASS	Đất chứa axit sunfat.
Pha trộn	Trộn lẫn các chất thải mỏ có khả năng tạo axit với các vật liệu có tính kiềm để tạo ra một hợp chất trong đó khi axit được sinh ra thì ít nhất một phần nào đó sẽ được trung hòa <i>tại chỗ</i> bởi các vật liệu kiềm.
Mô hình khối	Là mô hình ba chiều của việc phân bố các vật liệu phế thải và quặng với các đặc điểm địa hóa học khác nhau (mỏ kim loại). Xem thêm 'mô hình lưới/lớp'.
Đồng thải vật liệu	Phối hợp bố trí các dòng chất thải hạt thô (đá thải/quặng thải) và hạt mịn (phế thải); được áp dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp than của Úc.
EIA	Đánh giá tác động môi trường. Trong cuốn sổ tay này, thuật ngữ EIA cũng chỉ Báo cáo tác động môi trường (EIS), Báo cáo hiệu ứng môi trường (EES).
GRI	Chương trình báo cáo toàn cầu < <a href="http://www.globalreporting.org/home">www.globalreporting.org/home</a> >.
Mô hình lưới/lớp	Mô hình hai chiều về sự phân bố vật liệu thải và quặng có các đặc điểm địa hóa học khác nhau (mỏ than). Xem thêm 'mô hình khối'.
Vật liệu thải đã chiết quặng	Là vật liệu sót lại sau khi thu hồi kim loại và một số thành phần dễ hoà tan thông qua việc chiết xuất và tẩy rửa bãi quặng (MMSD 2002).
INAP	Mạng lưới quốc tế ngăn chặn axit <a href="http://www.inap.com.au/">www.inap.com.au/</a>
Kiểm định trạng thái động hóa	Là quá trình được áp dụng để đánh giá độ lớn và/hoặc hiệu ứng của các quá trình động, bao gồm tốc độ phản ứng (ví như oxy hóa sunfit và quá trình tạo axit), thay thế vật liệu và hóa học, khối lượng chất thải sinh ra do tác động của thời tiết. Không giống những bài kiểm tra tĩnh, kiểm tra động xác định tính chất của một mẫu theo thời gian <a href="http://www.inap.com.au">www.inap.com.au</a>

Thời gian trễ	Là thời gian bắt đầu khi xuất hiện sự xáo trộn hoặc phơi bày của vật liệu có tính tạo axit đến khi sự thoát nước axit xuất hiện.
Đất đá	Các dạng đất hay đá được xác định bằng một loạt các đặc điểm vật lý và khoáng vật học.
Quặng nghèo	Là vật liệu đã được khai thác lên và đem lưu trữ, có đủ giá trị để chế biến sau khi pha trộn với đá giàu quặng hơn hoặc sau khi nguồn quặng có phẩm chất cao bị cạn kiệt, nhưng loại quặng nghèo này lại thường được xem như là 'vật liệu thải' (MMSD, 2002).
MEND	Sự thoát nước trung tính ở môi trường mỏ <a href="http://www.nrcan.gc.ca/ms/canmet-mtb/mmsl-lmsm/mend/dèault_e.htm">www.nrcan.gc.ca/ms/canmet-mtb/mmsl-lmsm/mend/dèault_e.htm</a>
Sự thoát nước chứa kim loại	Là một dạng nước thoát có tính axit và chứa kim loại (AMD), được đặc trưng bởi độ pH gần trung tính, nồng độ kim loại nặng cao và muối sunfat cao.
Đóng gói nhỏ	Là công nghệ để ngăn chặn hoặc hạn chế tối đa AMD từ các bức tường mỏ. Phương pháp này còn gọi là thụ động hóa sulfide, được xây dựng nhằm ngăn chặn sự tiếp xúc của không khí và nước với các tinh thể sulfit đơn lẻ được bao bọc bằng hóa chất.
NAG	Kiểm định mức độ sinh axit thực, còn được gọi là 'Kiểm định NAG bổ sung đơn lẻ'. Peroxit được sử dụng để oxy hóa tất cả các chất sulfit trong một mẫu, và sau đó axit được sinh ra trong quá trình oxy hóa có thể sẽ hoàn toàn hoặc một phần bị triệt tiêu bởi một số hợp phần trung hòa trong mẫu đó. Tính axit còn sót lại được biểu diễn bằng kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> trên tấn. Một 'kiểm định NAG chuỗi' liên quan đến một chuỗi kiểm định NAG trên một mẫu. Điều này có thể cần phải thực hiện nếu một mẫu không hoàn toàn bị oxy hóa có sử dụng dạng kiểm định NAG thông thường.
NAPP	Khả năng sinh axit, được biểu thị bằng kg H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> trên tấn. Được tính toán bằng cách trừ khả năng trung hòa axit (ANC) cho khả năng sinh ra axit (APP).
NEI	Báo cáo quốc gia về sự phóng thích chất thải (thay thế Báo cáo quốc gia về chất thải ô nhiễm, NPI).
PADRE	Quan hệ đối tác về việc khắc phục chất thải axit ở Châu Âu <a href="http://www.padre.imwa.info/">www.padre.imwa.info/</a>
PASS	Đất có tính axit sunfat.
Xử lý thụ động	Các hệ thống xử lý thụ động thường thích hợp với AMD có tính axit thấp (<800 mg CaCO <sub>3</sub> /L), tốc độ chảy thấp (<50L/s) nên có trọng tải axit thấp (<100-150 kg CaCO <sub>3</sub> /ngày). Xem thêm 'xử lý chủ động'



PHREEQC	Phần mềm mô hình phản ứng hóa học và quá trình vận chuyển trong nước tự nhiên hoặc nước bị ô nhiễm <a href="http://www.brr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/">www.brr.cr.usgs.gov/projects/GWC_coupled/phreeqc/</a>
POCAS	Ôxy hóa Peroxit-quá trình kết hợp tiến hành kiểm tra phân tích sulfat và tính axit .
Nguyên tắc phòng ngừa	Nguyên tắc này nói rằng khi chứng cứ khoa học không chắc chắn thì những người ra quyết định nên có hành động nhằm hạn chế tác hại thêm đến môi trường và nên thận trọng khi đánh giá những đề xuất có thể có tác động nghiêm trọng hoặc không thể khắc phục đến môi trường.
Chất thải chứa muối	Một sản phẩm của AMD được đặc trưng bởi độ muối sunfat cao nhưng có độ pH gần như trung tính và có hàm lượng các kim loại nặng thấp.
Lớp đất phủ	Một hoặc nhiều lớp vật liệu giống đất nhằm hạn chế hiện tượng thấm nước mưa hoặc ôxy, hoặc cả hai vào các vật liệu tạo AMD.
Kiểm định trạng thái tĩnh	Quy trình xác định trạng thái hóa học hoặc vật lý của một mẫu địa chất tại một thời điểm. Kiểm định trạng thái tĩnh bao gồm việc xác định thành phần hóa học và khoáng vật cũng như việc phân tích theo yêu cầu đối với việc tính toán cân bằng axit bazơ (Acid Base Accounts).
Lớp phủ giữ và thải	Hệ thống phủ được xây dựng nhằm hạn chế tối đa việc xâm nhập của nước vào các vật liệu phía dưới bằng cách kết hợp các vật liệu có khả năng giữ nước cao với các hệ thực vật có tỷ lệ thoát-bốc hơi nước cao.
TAA	Tổng tính axit thực tế. TAA nói đến tính axit được sinh ra từ tỉ lệ 1:20 của dung dịch chiết từ đất chưa bị ôxy hóa bởi peroxit.
Chất phế thải	Vật chất được nghiền nhỏ đã được tách các thành phần khoáng có giá trị mong muốn. Xấp xỉ 98% vật liệu được khai thác lên để chế biến là chất phế thải. Ở các mỏ than, chất phế thải chính là dạng vật liệu thải mịn hoặc thô trong các xưởng đãi than (MMSD, 2002)
Đập chất thải	Là cơ sở được thiết kế để chứa chất thải bão hòa và nước trên bề mặt sinh ra trong quá trình chế biến quặng. Đập chất thải, không giống các cơ sở chứa chất thải, được thiết kế như những công trình có khả năng chứa nước.
Cơ sở lưu trữ chất thải	Các cơ sở được thiết kế lưu giữ các chất thải bão hòa, được sản sinh trong quá trình xử lý quặng. Những cơ sở này, không giống như những đập chất thải, không phù hợp cho việc lưu giữ nước bề mặt.
Đá thải	Là vật liệu như đất, đá khoáng hóa không có giá trị kinh tế hoặc không chứa quặng, bao quanh một thân quặng than hoặc khoáng được tách ra để khai thác quặng. Nó thường được đề cập như đá thải trong các mỏ kim loại hoặc lớp phủ trên và thân quặng được khai quật ra, các phế thải trong các mỏ than (MMSD, 2002).

---

Lớp nước phủ	Là tầng nước bề mặt (như ở cơ sở chứa chất thải hay hố khai thác) hoặc nước ngầm (như hố khai thác bị phủ lại) nhằm hạn chế hiện tượng ôxy thấm vào các vật liệu có thể sinh AMD.
--------------	---

---

# LOẠT SỔ TAY HƯỚNG DẪN TRONG CHƯƠNG TRÌNH PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG VỚI PHƯƠNG THỨC HÀNG ĐẦU CHO NGÀNH KHAI THÁC MỎ

## Đã hoàn thành

- Quản lý Đa dạng sinh học – Tháng 2 năm 2007
- Tham gia và Phát triển Cộng đồng – Tháng 10 năm 2006
- Quản lý Nước thải có tính axit và chứa kim loại – Tháng 2 năm 2007
- Đóng cửa và Hoàn thành khu mỏ – Tháng 10 năm 2006
- Khôi phục khu vực mỏ – Tháng 10 năm 2006
- Quản lý – Tháng 10 năm 2006
- Quản lý Chất thải – Tháng 2 năm 2007

## Các tên sách sẽ ra

- Quản lý xyanua
- Quản lý các vật liệu độc hại
- Theo dõi, kiểm tra và thực hiện
- Quản lý bụi, tiếng ồn và các vụ nổ mỏ
- Đánh giá và quản lý rủi ro
- Quản lý nước
- Làm việc với các cộng đồng bản địa

Các đề tài này không chỉ giới hạn phạm vi chương trình, mà còn mở rộng để đề cập những vấn đề của công tác quản lý với phương thức hàng đầu khi chúng nảy sinh.

Phiên bản điện tử của các tài liệu đã hoàn thành có tại [www.industry.gov.au/sdmining](http://www.industry.gov.au/sdmining)

Muốn biết thêm thông tin về chương trình hoặc yêu cầu bản in của các loạt Sổ tay hướng dẫn này, xin gửi e-mail về [sdmining@industry.gov.au](mailto:sdmining@industry.gov.au)





