بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة الشيخ عبد الله البدري

كلية الهندسة

قسم الهندسة الميكانيكية

تقييم المخاطر في صناعة التعدين

دراسة حالة: شركة أوهاف للتعدين – ولاية البحر الأحمر

Risk Assessment in the Mining Industry
Case Study: Ohaf Mining Company – Red Sea State

بحث تخرج كمطلوب تكميلي لنيل درجة بكالوريوس الشرف في الهندسة الميكانيكية

Graduation Research as a Complementary Requirement for Obtaining a Bachelor's Degree with Honors in Mechanical Engineering

الطالب

مصعب تاج السر أحمد عوض السيد

الأستاذ المشرف

دكتور / أسامة محمد المرضي سليمان خيال

بروفيسير مشارك بكلية الهندسة - قسم الهندسة الميكانيكية

جامعة وادي النيل وجامعة الشيخ عبد الله البدري

ديسمبر ٢٠٢٤

الإهـــداء

(Dedication)

إلى من لا مثيل لهم في الكون، إلى من أمرني الله ببرهم، إلى من أعطوني الكثير وقدموا ما لا يُرد، إليكم أبي وأمي العزيزين، أهدي هذا البحث؛ كنتم أفضل داعمين لي طوال مسيرتي الأكاديمية. إليكم أهدي هذا الجهد وهذا البحث، فقد كنتم دائمًا مصدر إلهام لي، أسير على خطاكم واتتبع علمكم. شكرًا جزيلاً لكم على ما قدمتموه لي طوال دراستي وإتمامي لهذا البحث. إلى أسمى معاني العطاء الإنساني، اهدي ثمرة جهدي المتمثل في هذا البحث المتواضع، آملا ان اكون مصدر فخر لكم.

"ابنكم العزيز"

شكر وعرفان

(Acknowledgement)

أولا أتوجه بخالص الشكر لله عز وجل على عونه الكبير لي، فهو الذي مهد لي الطريق وسهل لي الصعاب للوصول إلى هذه المرحلة. كما أعرب عن أعمق امتناني إلى جامعه الشيخ عبد الله البدري وكلية الهندسة، قسم الميكانيكا لإتاحة الفرصة لي للحصول على درجة البكالوريوس في قسم الميكانيكا وهي تجربة علمية غنية وملهمة.

أتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الدكتور أسامة المرضي على توجيهاته القيمة وإرشاداته المستمرة خلال إعداد هذا البحث. كما أشكر إدارة وموظفي شركة أوهاف للتعدين على تعاونهم وتوفير المعلومات اللازمة لإتمام هذه الدراسة.

مـلخّص

تعتبر صناعة التعدين من الصناعات الحساسة للعوامل الخارجية المختلفة، وخصوصاً السياسية والاقتصادية والبيئية. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم عوامل المخاطر التي تؤثر على أداء شركة أوهاف للتعدين في ولاية البحر الأحمر. تم توزيع استبيان مُنظم يتم تعبئته ذاتياً على ٣٠ من الموظفين والمديرين في الشركة لتقييم كيفية تأثير التغيرات في البيئة السياسية مثل عدم الاستقرار، والعوامل الاقتصادية مثل تقلب أسعار السلع، والعوامل البيئية مثل الامتثال التنظيمي واستنزاف الموارد، والمخاطر المهنية والصحية (كيميائية، فيزيائية، ميكانيكية، كهربائية) على عمليات التعدين وسلامة الموظفين والربحية العامة. تستكشف الدراسة العلاقة بين هذه المتغيرات الخارجية ومؤشرات الأداء الرئيسية لشركة التعدين، بما في ذلك الإنتاجية وتوليد الإيرادات واستبقاء الموظفين.
تم استخدام تصميم دراسة وصفية مقطعية لتقييم عوامل المخاطر التي تؤثر على أداء شركة أوهاف للتعدين. تم جمع البيانات من خلال استبيان مُنظم تم توزيعه على ٣٠ من الموظفين والمديرين في الشركة. وقد صُمم الاستبيان ليشمل وجهات النظر حول تأثير المخاطر السياسية والاقتصادية والبيئية على مؤشرات الأداء الرئيسية، وتم تقييم المخاطر الكيميائية والميكانيكية والكهربائية من خلال نماذج تقييم، بما في ذلك الإنتاجية والإيرادات واستبقاء الموظفين واستمرارية العمليات. تم تحليل الردود كمياً لتحديد الاتجاهات والعلاقات بين عوامل المخاطر الخارجية وأداء الشركة. كما أُخذت ملاحظات نوعية من الأسئلة المفتوحة لتقديم رؤى إضافية حول التحديات المحددة التي تواجهها الشركة واستراتيجيات التخفيف المحتملة. استخدمت الإحصائيات الوصفية لتلخيص النتائج، وتم تطبيق الإحصائيات الاستنتاجية لتقييم أهمية العلاقات بين عوامل المخاطر ونتائج الأداء.

أظهرت الدراسة أن ٧٠٪ من المشاركين يعتقدون أن عدم الاستقرار السياسي له تأثير سلبي مباشر على استمرارية العمليات، حيث تتوقف أو تتعطل أنشطة التعدين خلال فترات الاضطراب. وقد تبين أن العوامل الاقتصادية، وخاصة تقلبات أسعار السلع العالمية تؤثر بشكل كبير على إيرادات الشركة وربحيتها، وكذلك على قدرتها على الاستثمار في معدات وتقنيات جديدة. بالإضافة إلى ذلك زادت المخاطر البيئية، بما في ذلك التغييرات التنظيمية وقضايا استدامة الموارد، من تكاليف التشغيل وفرضت تدابير امتثال أكثر صرامة من المخاطر المهنية والصحية مثل الامراض والحوادث مما أدت لتعطيل الموظفين والعمال، مما أدى إلى ضعف الإنتاجية.
تشير النتائج إلى أن عدم الاستقرار السياسي والتقلبات الاقتصادية والتحديات البيئية والمخاطر الكيميائية والكهربائية والميكانيكية والفيزيائية لها تأثيرات كبيرة على أداء الشركة. من الضروري أن تنفذ الإدارة استراتيجيات لتخفيف هذه الضغوط الخارجية، مثل تعزيز المرونة التشغيلية، وتطوير علاقات قوية مع المجتمع المحلي، وتبني ممارسات تعدين مستدامة. كما ينبغي على صانعي السياسات النظر في إنشاء بيئة تنظيمية أكثر استقرارًا لدعم صناعة التعدين، التي تعتبر ضرورية للنمو الاقتصادي وخلق فرص العمل والتنمية في ولاية البحر الأحمر.

الكلمات المفتاحية: المخاطر، صناعة التعدين، عدم الاستقرار السياسي، التقلب الاقتصادي، التأثير البيئي، شركة أوهاف للتعدين، ولاية البحر الأحمر، السودان، مؤشرات الأداء، الامتثال التنظيمي، التعدين المستدام.

Summary

The mining industry is sensitive to various external factors, particularly political, economic, and environmental ones. This study aims to assess the risk factors affecting the performance of Ohaf Mining Company in the Red Sea State. A structured, self-administered questionnaire was distributed to 30 employees and managers at the company to evaluate how changes in the political environment, such as instability, economic factors like commodity price volatility, environmental factors like regulatory compliance and resource depletion, as well as occupational health and safety risks (chemical, physical, mechanical, electrical), influence mining operations, employee safety, and overall profitability. The study explores the relationship between these external variables and the key performance indicators of the mining company, including productivity, revenue generation, and employee retention.

A cross-sectional descriptive study design was used to assess the risk factors affecting the performance of Ohaf Mining Company. Data was collected through a structured questionnaire distributed to 30 employees and managers at the company. The questionnaire was designed to include insights on the impact of political, economic, and environmental risks on key performance indicators, and chemical, mechanical, and electrical hazards were evaluated through assessment models, including productivity, revenue, employee retention, and operational continuity. Responses were quantitatively analyzed to identify trends and relationships between external risk factors and the company's performance. Qualitative insights were also gathered from open-ended questions to provide additional perspectives on specific challenges faced by the company and potential mitigation strategies. Descriptive statistics were used to summarize the results, and inferential statistics were applied to evaluate the significance of the relationships between risk factors and performance outcomes.

The study found that 70% of participants believe that political instability has a direct negative impact on operational continuity, as mining activities stop or are disrupted

during periods of unrest. Economic factors, especially fluctuations in global commodity prices, significantly affect the company’s revenue and profitability, as well as its ability to invest in new equipment and technologies. Additionally, environmental risks, including regulatory changes and resource sustainability issues, have increased operating costs and imposed stricter compliance measures, while occupational health and safety risks, such as diseases and accidents, disrupt staff and workers, leading to reduced productivity.

The findings indicate that political instability, economic volatility, environmental challenges, and chemical, electrical, mechanical, and physical risks have significant impacts on the company's performance. It is essential for management to implement strategies to mitigate these external pressures, such as enhancing operational resilience, developing strong relationships with the local community, and adopting sustainable mining practices. Policymakers should also consider creating a more stable regulatory environment to support the mining industry, which is critical for economic growth, job creation, and development in the Red Sea State.

Keywords: Risks, Mining Industry, Political Instability, Economic Volatility, Environmental Impact, Ohaf Mining Company, Red Sea State, Sudan, Performance Indicators, Regulatory Compliance, Sustainable Mining.

المحتويات

(Contents)

	الموضوع	الصفحة
	الإهداء	ii
	شكر وعرفان	iii
	ملخص	iv
	Summary	v
	المحتويات	vii
	الفصل الأول: مقدمة عامة وفذلكة تاريخية (Introduction and Literature Review)	
1.1	مقدمة عامة (General Introduction)	1
1.2	أهمية صناعة التعدين في الاقتصاد العالمي (The Importance of the Mining Industry in the Global Economy)	2
1.3	تحديات صناعة التعدين المعاصرة (Challenges of the Contemporary Mining Industry)	2
1.4	نبذة تاريخية عن التعدين (Historical Background on Mining)	3
1.4.1	فترة ما قبل التاريخ (Prehistory Period)	4
1.4.2	مصر القديمة (Ancient Egypt)	4
1.4.3	اليونان وروما القديمة (Ancient Greece and Rome)	5
1.4.4	أوروبا العصور الوسطى (Medieval Europe)	6
1.4.5	أفريقيا (Africa)	7
1.4.6	أوقيانوسيا (Oceania)	8
1.4.7	الأمريكيتان (Americas)	8
1.4.8	الحداثة (Modernity)	9
1.5	تطور المناجم ودورة الحياة (Mine development and life cycle)	10
1.6	التقنيات (Techniques)	11
1.7	المعالجات (Processing)	12
1.8	التأثيرات البيئية (Environmental Effects)	12

1.9 أهمية البحث: (The Importance of the Research) 13
1.10 أهداف الدراسة (Objectives of the Study) 13
1.11 منهجية البحث (Research Methodology) 14
الفصل الثاني: صناعة التعدين (Mining Industry)
2.1 مفهوم صناعة التعدين (Concept of the Mining Industry) 15
2.2 تعريف التعدين (Definition of Mining) 15
2.3 أهمية صناعة التعدين (The Importance of the Mining Industry) 15
2.3.1 الأهمية الاقتصادية (Economic Importance) 15
2.3.1.1 المساهمة في الناتج المحلي الإجمالي (Contribution to Gross Domestic Product (GDP)) 15
2.3.1.2 توفير العملات الأجنبية (Provision of Foreign Currencies) 15
2.3.1.3 دعم الصناعات التحويلية (Support for Manufacturing Industries) 16
2.3.1.4 تطوير البنية التحتية (Infrastructure Development) 16
2.3.2 الأهمية الاجتماعية (Social Importance) 16
2.3.2.1 توفير فرص العمل (Providing Job Opportunities) 16
2.3.2.2 تنمية المجتمعات المحلية (Development of Local Communities) 16
2.3.2.3 تطوير المهارات المهنية (Professional Skill Development) 16
2.3.2.4 تحسين مستوى المعيشة (Improving the Standard of Living) 17
2.4 أنواع التعدين (Types of Mining) 17
2.4.1 التعدين السطحي (Surface Mining) 17
2.4.2 التعدين الباطني (Subsurface Mining or Underground Mining) 18
الفصل الثالث: مخاطر صناعة التعدين (Risks of the Mining Industry)
3.1 المخاطر البيئية (Environmental Risks) 20
3.2 المخاطر السياسية (Political Risks) 21
3.3 المخاطر الاقتصادية (Economic Risks) 21
3.4 المخاطر الصحية والسلامة (Health and Safety Risks) 21
3.4.1 التعرض للأبخرة السامة (Exposure to Toxic Fumes) 21
3.4.2 الإصابات المهنية (Occupational Injuries) 22
3.5 المخاطر الميكانيكية (Mechanical Risks) 23

3.6 المخاطر الكهربائية (Electrical Risks) 24
3.7 المخاطر الفيزيائية (Physical Risks) 24
3.8 المخاطر الكيميائية (Chemical Risks) 25
3.9 خطط الطوارئ والاستجابة للحوادث (Emergency Plans and Incident Response) 25
3.9.1 خطط الإخلاء (Evacuation Plans) 25
3.9.2 الاستجابة للحوادث (Incident Response) 26
3.9.2.1 الاستجابة للحوادث في صناعة التعدين (Incident Response in the Mining Industry) 26
3.9.2.2 أهمية الاستجابة للحوادث (The Importance of Incident Response) 26
3.9.2.3 خطط الطوارئ والاستجابة للحوادث (Emergency Plans and Incident Response) 26
3.9.2.4 فرق الطوارئ (Emergency Team) 27
3.9.2.5 إجراءات الإسعاف الأولي (First Aid Procedures) 27
3.9.2.6 المراقبة والتقييم (Monitoring and Evaluation) 27
3.9.2.7 التوعية والتدريب المستمر (Enlightenment and Continuous Training) 27

الفصل الرابع: تقييم المخاطر في الصناعات التعدينية من وجهات نظر مختلفة (Risk Assessment in the Mining Industries from Different Perspectives)

4.1 مدخل (Introduction) 29
4.2 المخاطر البيئية (Environmental Risks) 30
4.2.1 تلوث الماء والهواء (Water and Air Pollution) 30
4.2.2 تدهور التربة (Soil Degradation) 30
4.2.3 التأثيرات على النظام البيئي (Effects on the Ecosystem) 31
4.3 المخاطر الصحية والسلامة (Health and Safety Risks) 31
4.3.1 الإصابات المهنية (Occupational Injuries) 31
4.3.2 المخاطر الصحية: (Health Risks) 31
4.3.3 صحة المجتمع (Society Health) 31
4.4 المخاطر الاقتصادية (Economic Risks) 31

4.4.1	تقلبات الأسعار (Price Fluctuations)	31
4.4.2	التكاليف البيئية (Environmental Costs)	31
4.4.3	الامتثال التنظيمي (Regulatory Compliance)	32
4.5	المخاطر السياسية (Political Risks)	32
4.5.1	تحديد المخاطر السياسية (Identifying Political Risks)	32
4.5.2	تقييم المخاطر السياسية (Assessment of Political Risks)	32
4.6	المخاطر الاجتماعية (Social Risk)	32
4.7	المخاطر الفيزيائية (Physical Risks)	33
4.8	المخاطر الكيميائية (Chemical Risks)	34
4.8.1	أنواع المخاطر الكيميائية (Types of Chemical Hazards)	34
4.8.2	تأثيرات المخاطر الكيميائية على الصحة (Effects of Chemical Hazards on Health)	35
4.8.3	المخاطر البيئية (Environmental Risks)	35
4.8.4	استراتيجيات إدارة المخاطر الكيميائية (Strategies for Chemical Risk Management)	35
4.8.4.1	تقييم المخاطر (Risk Assessment)	35
4.8.4.2	التدريب والتوعية (Training and Awareness)	36
4.8.4.3	استخدام تقنيات بديلة (Using Alternative Technologies)	36
4.8.5	تجهيزات السلامة (Safety Equipment)	36
4.8.6	أهمية التشريعات والسياسات (Importance of Legislation and Policies)	36
4.9	المخاطر الميكانيكية (Mechanical Hazards)	36
4.9.1	مدخل (Introduction)	36
4.9.2	أنواع المخاطر الميكانيكية (Types of Mechanical Hazards)	37
4.9.3	أسباب المخاطر الميكانيكية (Causes of Mechanical Hazards)	38
4.9.4	الحماية من المخاطر الميكانيكية (Protection from Mechanical Hazards)	39
4.9.5	الاستجابة لحوادث المخاطر الميكانيكية (Response to Mechanical Hazard Incidents)	41

4.9.6 الحماية من مخاطر الصيانة (Protection from Maintenance Risks) 41
4.10 المخاطر الكهربائية (Electrical Hazards) 42
4.10.1 الحماية من المخاطر الكهربائية (Protection from Electrical Hazards) 42
4.11 نموذج لتقييم بعض المخاطر الميكانيكية (A Model for Assessing some Mechanical Risks) 43
4.12 التحليل الإحصائي لدراسة المخاطر في التعدين (Statistical Analysis of Risk Assessment in Mining) 44
4.12.1 تحليل المعلومات الديموغرافية للمشاركين في أسئلة الاستبانة (Analysis of the Demographic Information of the Participants in the Questionnaire Questions) 44
4.12.2 تحليل أسئلة الاستبانة (Analysis of the Questionnaire Questions) 45
4.12.2.1 الوعي بالمخاطر المهنية (Awareness of Occupational Hazards) 46
4.12.3 تحليل العلاقات الإحصائية (Analysis of Statistical Relationships (Chi-Square)) 46

الفصل الخامس: الخلاصة والتوصيات (Conclusion and Recommendation)

5.1 الخلاصة (Conclusion) 48
5.2 التوصيات (Recommendations) 49

المراجع والكتب

المراجع والكتب 51

الفصل الاول

مقدمة عامة وفذلكة تاريخية

(Introduction and Literature Review)

1.1 مقدمة عامة: (General Introduction)

تعد صناعة التعدين من أقدم الصناعات التي عرفها الإنسان وأكثرها تأثيراً في التطور الحضاري والاقتصادي للمجتمعات. فمنذ العصور القديمة، كانت المعادن تشكل جزءاً أساسياً من حياة الإنسان، حيث استخدمها في تصنيع الأدوات والأسلحة، وأدى اكتشافها واستغلالها إلى تعزيز القوة الاقتصادية والثقافية للمجتمعات. ومع تقدم الحضارة، أصبحت المعادن موردًا استراتيجيًا يعتمد عليه في العديد من الصناعات الحديثة مثل البناء، والطاقة، والتكنولوجيا، ما زاد من أهميتها الاقتصادية والاجتماعية. وتستمر صناعة التعدين اليوم في لعب دور حيوي في التنمية الاقتصادية، حيث توفر المعادن الأساسية والموارد الطبيعية التي تدخل في معظم جوانب الحياة اليومية، بدءاً من الأجهزة الإلكترونية والسيارات وصولاً إلى البنى التحتية والمنتجات الاستهلاكية.

وتشير الدراسات الاقتصادية إلى أن قطاع التعدين يساهم بنسبة تتراوح بين 2% إلى 17% من الناتج المحلي الإجمالي في الدول المنتجة للمعادن. وتمثل هذه النسبة مصدر دخل مهمًا للدول النامية والمتقدمة على حد سواء، فهي تعزز من الناتج المحلي الإجمالي، وتزيد من تدفق الاستثمار الأجنبي، كما تسهم في خلق فرص عمل وتحسين مستويات الدخل والمعيشة للسكان المحليين في المناطق التعدينية. ومن الدول التي تعتمد بشكل كبير على هذا القطاع تأتي الدول الأفريقية، ومن بينها السودان، الذي يملك موارد معدنية ضخمة يمكن أن تشكل رافعة قوية لتحقيق التنمية المستدامة.

في السودان، يعتبر قطاع التعدين من القطاعات الواعدة التي تسهم في دعم الاقتصاد الوطني وتوفير فرص العمل. فقد شهد السودان في السنوات الأخيرة نموًا ملحوظًا في هذا القطاع نتيجة للجهود المبذولة للاستفادة من الموارد المعدنية الغنية التي يمتلكها، خاصة في ولايات مثل ولاية البحر الأحمر، التي تعتبر واحدة من أبرز المناطق التعدينية في البلاد. وتشمل الموارد المعدنية في السودان معادن هامة مثل الذهب والفضة والنحاس والزنك، بالإضافة إلى مجموعة واسعة من المعادن الأخرى التي تحظى بقيمة اقتصادية كبيرة. ويعد الذهب من أكثر المعادن قيمة في السودان، حيث يمثل مصدراً مهماً للعملات الأجنبية، ويسهم بشكل مباشر في زيادة الاحتياطي النقدي ودعم العملة المحلية.

غير أن قطاع التعدين في السودان، شأنه شأن بقية القطاعات الاقتصادية، يواجه العديد من التحديات والمخاطر التي تؤثر على أدائه واستدامته. وتشمل هذه المخاطر عدة أبعاد، من بينها المخاطر السياسية، حيث يمكن أن تؤثر التوترات السياسية وعدم الاستقرار الحكومي على استمرارية الأنشطة التعدينية وقدرة الشركات على العمل بشكل آمن ومستقر. كذلك، تؤثر المخاطر الاقتصادية، مثل تقلبات أسعار السلع الأساسية والموارد على الصعيدين المحلي والعالمي، في إيرادات الشركات وقدرتها على تحقيق الربحية والاستثمار في تحسين وتوسيع عملياتها. وتزداد هذه المخاطر حدة بسبب تقلبات أسعار الصرف والتضخم، ما قد يؤدي إلى ارتفاع تكاليف التشغيل وصعوبة الوصول إلى المواد والمعدات اللازمة للعمليات التعدينية.

علاوة على ذلك، فإن المخاطر البيئية تمثل تحديًا كبيرًا لقطاع التعدين في السودان، حيث تفرض القوانين البيئية على الشركات التزامات صارمة تتعلق بحماية البيئة والتخفيف من آثار الأنشطة التعدينية. قد تؤدي الأنشطة غير المستدامة إلى استنزاف الموارد الطبيعية وتدهور الأراضي وتلوث المياه، ما قد يؤثر سلبًا على المجتمعات المحلية ويسبب مشكلات صحية وبيئية. وهذا يستدعي من الشركات اتباع نهج استباقي في تقييم وإدارة المخاطر البيئية، بما في ذلك الامتثال للتشريعات البيئية الوطنية والدولية.

من هنا تأتي أهمية تقييم المخاطر في الصناعات التعدينية من وجهات نظر مختلفة، لضمان استدامة هذا القطاع الحيوي وتحقيق عوائد اقتصادية واجتماعية وبيئية إيجابية. وتعد شركة أوهاف للتعدين، في ولاية البحر الأحمر، نموذجاً مهماً لدراسة هذه المخاطر في سياق القطاع التعديني السوداني. تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على المخاطر التي تواجهها شركة أوهاف للتعدين من وجهات نظر متعددة تشمل العوامل السياسية والاقتصادية والبيئية، وكذلك المخاطر الاجتماعية. سيتم استخدام أدوات بحثية مثل الاستبيانات والمقابلات مع الموظفين والمديرين، لتحليل تأثير هذه العوامل على عمليات الشركة وأدائها.

1.2 أهمية صناعة التعدين في الاقتصاد العالمي: (The Importance of the Mining Industry in the Global Economy)

تلعب صناعة التعدين دوراً محورياً في الاقتصاد العالمي من خلال:

توفير المواد الخام للصناعات المختلفة.

خلق فرص عمل مباشرة وغير مباشرة.

تعزيز التجارة الدولية.

دعم التنمية المحلية في مناطق التعدين.

تطوير البنية التحتية في المناطق النائية.

1.3 تحديات صناعة التعدين المعاصرة: (Challenges of the Contemporary Mining Industry)

تواجه صناعة التعدين العديد من التحديات في العصر الحديث:

زيادة تكاليف الإنتاج.

تشديد المتطلبات البيئية.

تعقيد عمليات استخراج المعادن.

المنافسة العالمية.

تقلبات أسعار المعادن.

1.4 نبذة تاريخية عن التعدين: (Historical Background on Mining)

التعدين هو عملية استخراج المواد الجيولوجية والمعادن القيمة من سطح الأرض. يُعد التعدين ضروريًا للحصول على معظم المواد التي لا يمكن زراعتها من خلال العمليات الزراعية، أو التي لا يمكن تصنيعها بشكل واقعي في مختبر أو مصنع. تشمل المعادن المستخرجة من خلال التعدين المعادن، الفحم، صخر الزيت، الأحجار الكريمة، الحجر الجيري، الطباشير، ملح الصخور، البوتاس، الحصى، والطين. يجب أن يكون الخام صخرًا أو معدنًا يحتوي على مكون قيم، ويمكن استخراجه أو تعدينه وبيعه لتحقيق الربح. يشمل التعدين بمعناه الأوسع استخراج أي مورد غير متجدد مثل البترول، الغاز الطبيعي، أو حتى المياه.

تشمل عمليات التعدين الحديثة التنقيب عن خامات، تحليل إمكانيات الربح لمنجم مقترح، استخراج المواد المرغوبة، واستعادة أو ترميم الأرض بعد إغلاق المنجم. غالبًا ما يتم الحصول على مواد التعدين من خامات، عروق، شرايين، مصائد، أو رواسب متفرقة. تعتمد استغلال هذه الرواسب لمواد خام على الاستثمار، والعمل، والطاقة، وتكاليف التكرير، والنقل.

يمكن أن تخلق عمليات التعدين تأثيرًا سلبيًا على البيئة، سواء أثناء النشاط التعديني أو بعد إغلاق المنجم. لذا، قامت معظم دول العالم بتمرير قوانين ولوائح لتقليل هذا التأثير؛ ومع ذلك، فإن الدور الكبير للتعدين في توليد الأعمال للمجتمعات غالبًا ما تكون ريفية أو نائية أو تعاني اقتصاديًا يعني أن الحكومات غالبًا ما تفشل في إنفاذ هذه القوانين بشكل كامل. كانت سلامة العمل مصدر قلق طويل الأمد أيضًا، وحيثما كانت مفروضة، فإن الممارسات الحديثة قد حسنت بشكل كبير سلامة المناجم. يُسهم التعدين غير المنظم أو غير القانوني، خاصة في الاقتصادات النامية، غالبًا في انتهاكات حقوق الإنسان المحلية ونزاعات بيئية. يمكن أن يتسبب التعدين أيضًا في عدم الاستقرار السياسي من خلال النزاعات المتعلقة بالموارد.

يعتبر التعدين من أقدم الصناعات التي عرفتها البشرية، حيث بدأت عمليات التنقيب عن المعادن واستغلالها منذ العصور القديمة. يُعتقد أن البشر قاموا باستخدام الأدوات الحجرية منذ حوالي 40,000 عام، وقد تطورت هذه الأدوات بفضل استكشاف المعادن وصقلها. بدأ الإنسان في استخدام النحاس والذهب منذ

حوالي 6,000 عام، وكان لهذه المعادن قيمة كبيرة لاستخداماتها المتعددة في الأدوات والزينة، فضلاً عن رمزيتها الثقافية والدينية.

في العصر البرونزي (حوالي 3,300-1,200 قبل الميلاد)، حدث تقدم كبير في التعدين مع اكتشاف طرق صهر المعادن وتشكيل البرونز من خلط النحاس بالقصدير. كان البرونز مادة متينة تُستخدم في صناعة الأسلحة والأدوات، مما أدى إلى تطور الحضارات بشكل كبير خلال تلك الفترة، بما في ذلك الحضارات المصرية، السومرية، والمايا. وبرزت بعض الحضارات القديمة مثل الحضارة المصرية القديمة وحضارة وادي السند وحضارة المايا كرواد في استكشاف واستخراج المعادن وتطويرها.

ومع دخول العصر الحديدي (حوالي 1,200 قبل الميلاد)، بدأت الشعوب تستخدم الحديد في العديد من التطبيقات العملية، وكانت هذه الفترة هامة لأن الحديد وفّر مادة أكثر صلابة من البرونز، مما ساعد في تصنيع أدوات وأساليب زراعية وصناعية وعسكرية أفضل. ومع تقدم التكنولوجيا وتطور أساليب التعدين، أصبحت المعادن جزءاً أساسياً من الصناعات الكبرى التي رافقت الثورة الصناعية في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، حيث ساهمت المعادن مثل الفحم، والحديد، والذهب، والنحاس في دفع عجلة التطور الصناعي والاقتصادي في العديد من البلدان.

1.4.1 فترة ما قبل التاريخ: (Prehistory Period)

منذ بداية الحضارة، استخدم الناس الحجر والطين، ولاحقًا، المعادن الموجودة بالقرب من سطح الأرض. تم استخدام هذه المواد لصناعة الأدوات والأسلحة في العصور القديمة؛ على سبيل المثال، تم استخدام الصوان عالي الجودة الموجود في شمال فرنسا وجنوب إنجلترا وبولندا لصنع أدوات الصوان. وتم العثور على مناجم صوان في المناطق. تُعتبر مناجم "غرايمز غرايفز" و"كزيميونيكي" مشهورة بشكل خاص، مثل العديد من المناجم الأخرى للصوان، وهي تعود إلى الفترة النيوليتية (حوالي 4000–3000 قبل الميلاد). تشمل الصخور الصلبة الأخرى التي تم استخراجها أو جمعها لفؤوس الصوان الحجر الأخضر من صناعة فؤوس "لانغديل" التي تتخذ من منطقة بحيرات إنجلترا مقرًا لها. أقدم منجم معروف في السجلات الأثرية هو منجم "نجوينيا" في إيسواتيني (سوازيلاند)، والذي تُظهر تأريخ الكربون المشع أنه يعود لحوالي 43,000 سنة. في هذا الموقع، قام البشر من العصر الحجري القديم باستخراج الهيماتايت لصنع الصبغة الحمراء "أوكر". يُعتقد أن المناجم في هنغاريا من نفس العصر هي مواقع ربما قام فيها إنسان النياندرتال باستخراج الصوان لصنع الأسلحة والأدوات.

1.4.2 مصر القديمة: (Ancient Egypt)

استخرج المصريون القدماء المالخيت في المعادي. في البداية، استخدم المصريون أحجار المالخيت الخضراء الزاهية في الزينة والفخار. لاحقًا، بين 2613 و2494 قبل الميلاد، تطلبت مشروعات البناء الكبيرة

بعثات إلى الخارج إلى منطقة وادي مغارة لتأمين المعادن والموارد الأخرى غير المتاحة في مصر نفسها. كما تم العثور على محاجر للفيروز والنحاس في وادي الحمامات، وتورا، وأسوان وغيرها من المواقع النوبية في شبه جزيرة سيناء وفي تمنا. تم العثور على محاجر للجص في موقع أم السوان؛ حيث تم استخدام الجص لصنع العناصر الجنائزية للقبور الخاصة. تم استخراج المعادن الأخرى في مصر منذ المملكة القديمة (2649-2134 قبل الميلاد) حتى الفترة الرومانية (30 قبل الميلاد - 395 ميلادي) بما في ذلك الجرانيت، والرمل الحجري، والحجر الجيري، والبازلت، والترابرتين، والجنيس، والغلاينا، والأميثيست.

حدث التعدين في مصر خلال السلالات الأولى. كانت مناجم الذهب في النوبة من بين الأكبر والأكثر اتساعًا في مصر القديمة. تم وصف هذه المناجم من قبل الكاتب اليوناني ديودوروس سيكولوس، الذي ذكر استخدام النيران كطريقة واحدة لتفتيت الصخور الصلبة التي تحتوي على الذهب. يتم عرض أحد المجمعات في إحدى أولى الخرائط المعروفة للتعدين. كان العمال يهرسون الخام ويطحنونه إلى مسحوق ناعم قبل غسل المسحوق لاستخراج غبار الذهب المعروف بعمليتي الالتصاق الجاف والرطب.

1.4.3 اليونان وروما القديمة: (Ancient Greece and Rome)

تاريخ التعدين في أوروبا طويل جدًا. ومن الأمثلة على ذلك مناجم الفضة في لوريوم، التي ساعدت في دعم دولة أثينا اليونانية. وعلى الرغم من أن لديهم أكثر من 20,000 عبد يعملون فيها، إلا أن تقنيتهم كانت في الأساس متطابقة مع سابقاتها من عصر البرونز. في مناجم أخرى، مثل تلك الموجودة في جزيرة ثاسوس، تم استخراج الرخام من قبل الباريين بعد وصولهم في القرن السابع قبل الميلاد. تم شحن الرخام بعيدًا، ووجد علماء الآثار لاحقًا أنه تم استخدامه في المباني بما في ذلك قبر أمفيبوليس. قام فيليب الثاني مقدونيا، والد الإسكندر الأكبر، بالاستيلاء على مناجم الذهب في جبل بانجيو في عام 357 قبل الميلاد لتمويل حملاته العسكرية. كما استولى على مناجم الذهب في تراقيا لصك النقود، مما أدى في النهاية إلى إنتاج 26 طنًا سنويًا.

ومع ذلك، كان الرومان هم الذين طوروا طرق التعدين على نطاق واسع، خاصة استخدام كميات كبيرة من المياه التي تم جلبها إلى مدخل المنجم عبر العديد من القنوات المائية. استخدمت المياه لأغراض متنوعة، بما في ذلك إزالة الأتربة والحطام الصخري، والتي تُعرف بالتعدين الهيدروليكي، بالإضافة إلى غسيل الخام المسحوق وتشغيل الآلات البسيطة.

استخدم الرومان طرق التعدين الهيدروليكي على نطاق واسع للبحث عن عروق الخام، خاصة باستخدام شكل غير حديث من التعدين يعرف باسم التنظيف بالماء. بنوا العديد من القنوات المائية لتزويد مدخل المنجم بالمياه، حيث تم تخزين المياه في خزانات كبيرة. عند فتح خزان ممتلئ، كانت تدفق المياه يجرف الأتربة لكشف الصخور الأساسية أدناه وأي عروق تحتوي على الذهب. ثم تم معالجة الصخر بواسطة حرقه

لتسخينه، ثم يتم تبريده بسيل من المياه. أدى الصدمة الحرارية الناتجة إلى تشقق الصخر، مما سمح بإزالته بواسطة مزيد من سيل المياه من الخزانات العلوية. استخدم عمال المناجم الرومان طرقًا مشابهة للعمل على رواسب القصدير في كورنوال وخام الرصاص في بنينز.

تم تطوير أساليب الغسيل بواسطة الرومان في إسبانيا في عام 25 ميلادي لاستغلال رواسب الذهب الغرينية الكبيرة، حيث كان أكبر موقع في لاس مدولاس، حيث استقطبت سبعة قنوات مائية طويلة الأنهار المحلية وجرفت الرواسب. كما استغل الرومان الفضة الموجودة في الجالينا الفضية في مناجم كارتخينا (كارتاجو نوفا)، ولیناریس (كاستولو)، وبلاسنزويلا وأزواغا، من بين العديد من المواقع الأخرى. كانت إسبانيا واحدة من أهم مناطق التعدين، ولكن جميع مناطق الإمبراطورية الرومانية استُغلت. في بريطانيا العظمى، كان السكان الأصليون يستخرجون المعادن لآلاف السنين، ولكن بعد الفتح الروماني، زادت نطاق العمليات بشكل كبير، حيث كان الرومان بحاجة إلى موارد بريتاني، خاصة الذهب والفضة والقصدير والرصاص.

لم تكن التقنيات الرومانية مقتصرة على التعدين السطحي. بل تبعوا العروق الخام تحت الأرض بمجرد أن أصبح التعدين السطحي غير ممكن. في دولوكوثي، قاموا باستخراج العروق وفتحوا طرقًا عبر الصخور العارية لتصريف المياه من الحفر. كما تم استخدام نفس الطرق لتهوية الأعمال، وهو أمر مهم جدًا عند استخدام حرق الصخور. في أجزاء أخرى من الموقع، اخترقوا المياه الجوفية ونزعوا المياه من المناجم باستخدام عدة أنواع من الآلات، وخاصة العجلات المائية العكسية. تم استخدام هذه بشكل واسع في مناجم النحاس في ريو تينتو في إسبانيا، حيث كانت إحدى التسلسلات تتألف من 16 من هذه العجلات مرتبة في أزواج، ورفع المياه حوالي 24 مترًا (79 قدمًا). تم العمل بها كأجهزة للمشي مع وقوف العمال على الألواح العلوية. تم العثور على العديد من أمثلة هذه الأجهزة في المناجم الرومانية القديمة، وبعض الأمثلة محفوظة الآن في المتحف البريطاني والمتحف الوطني في ويلز.

1.4.4 أوروبا العصور الوسطى: (Medieval Europe)

شهدت صناعة التعدين تغييرات درامية في أوروبا العصور الوسطى. كانت صناعة التعدين في العصور الوسطى المبكرة تركز بشكل أساسي على استخراج النحاس والحديد. كانت تُستخدم معادن ثمينة أخرى أيضًا، للتذهيب أو السك. في البداية، تم الحصول على العديد من المعادن من خلال التعدين السطحي، وكان يتم استخراج الخام بشكل أساسي من أعماق ضحلة، بدلاً من عبر أعمدة المناجم العميقة. في حوالي القرن الرابع عشر، أدت الزيادة في استخدام الأسلحة والدروع والركائب ونعال الخيول إلى زيادة كبيرة في الطلب على الحديد. على سبيل المثال، كان الفرسان في العصور الوسطى محملين غالبًا بما يصل إلى 100 رطل (45 كغم) من دروع الصفائح أو السلاسل بالإضافة إلى السيوف والرماح والأسلحة الأخرى. أدي الاعتماد الكبير على الحديد للأغراض العسكرية إلى تحفيز عمليات إنتاج واستخراج الحديد.

حدثت أزمة الفضة في عام 1465م عندما وصلت جميع المناجم إلى أعماق لم يعد بالإمكان ضخها بالجفاف باستخدام التكنولوجيا المتاحة. على الرغم من أن الزيادة في استخدام الأوراق النقدية والائتمان والعملات النحاسية خلال هذه الفترة قامت بتقليل القيمة والاعتماد على المعادن الثمينة، إلا أن الذهب والفضة لا يزالان مهمين في قصة التعدين في العصور الوسطى.

بسبب الاختلافات في الهيكل الاجتماعي للمجتمع، انتشر استخراج رواسب المعادن بشكل متزايد من وسط أوروبا إلى إنجلترا في منتصف القرن السادس عشر. في القارة، كانت رواسب المعادن تملكها التاج، وكان هذا الحق الملكي يُحافظ عليه بشدة. ولكن في إنجلترا، كانت حقوق التعدين الملكية محصورة في الذهب والفضة (التي لم تكن إنجلترا تمتلك رواسب منها عمليًا) بموجب قرار قضائي عام 1568م وقانون عام 1688م. كانت إنجلترا تمتلك خام الحديد والزنك والنحاس والرصاص والقصدير. كان للملّاك الذين يمتلكون المعادن الأساسية والفحم تحت ممتلكاتهم حافز قوي لاستخراج هذه المعادن أو تأجير الرواسب وجمع الإتاوات من مشغلي المناجم. اجتمع رأس المال الإنجليزي والألماني والهولندي لتمويل الاستخراج والتكرير. تم جلب المئات من الفنيين والعمال المهرة الألمان؛ في عام 1642م، كانت هناك مستعمرة مكونة من 4000 أجنبي يعملون في تعدين وصهر النحاس في كيسوك في الجبال الشمالية الغربية.

كان استخدام الطاقة المائية في شكل مطاحن مائية واسعًا. كانت المطاحن المائية تُستخدم في سحق الخام ورفع الخام من الأعمدة وتهوية المعارض من خلال تشغيل المراوح العملاقة. تم استخدام البارود الأسود لأول مرة في التعدين في سيليميكبانيا، مملكة المجر (التي تعرف الآن باسم بانسكا شتيافنيكا، سلوفاكيا) في عام 1627م. سمح البارود الأسود بتفجير الصخور والأرض لتفكيك وكشف عروق الخام. كانت التفجيرات أسرع بكثير من التهيئة بالنار وسمحت بتعدين المعادن والخامات التي كانت لا يمكن اختراقها سابقًا. في عام 1762م، تم إنشاء واحدة من أولى أكاديميات التعدين في العالم في نفس المدينة هناك.

كان الاعتماد الواسع على الابتكارات الزراعية مثل المنجل الحديدي، بالإضافة إلى النمو المتزايد لاستخدام المعادن كمواد بناء، قوة دافعة أيضًا في النمو الهائل لصناعة الحديد خلال هذه الفترة. كانت الاختراعات مثل الأراسترا تُستخدم غالبًا من قبل الإسبان لتفتيت الخام بعد تعدينه. كان هذا الجهاز يعمل بالحيوانات وكان يستخدم نفس المبادئ المستخدمة في دراس الحبوب.

تأتي الكثير من المعرفة حول تقنيات التعدين في العصور الوسطى من كتب مثل كتاب بيرينغوتشيو "De la pirotechnia"وربما الأهم من ذلك من كتاب جورج أغريكولا .(1556) "De re Metallica" توضح هذه الكتب العديد من طرق التعدين المختلفة المستخدمة في المناجم الألمانية والسكسونية. كانت القضية الأساسية في المناجم في العصور الوسطى، والتي يوضحها أغريكولا بالتفصيل، هي إزالة الماء من أعمدة التعدين. مع حفر عمال المناجم أعمق للوصول إلى عروق جديدة، أصبحت الفيضانات عقبة حقيقية جدًا.

أصبحت صناعة التعدين أكثر كفاءة وازدهارًا بشكل كبير مع اختراع المضخات التي تعمل ميكانيكيًا أو بواسطة الحيوانات.

1.4.5 أفريقيا: (Africa)

يعود تاريخ صناعة الحديد في إفريقيا إلى أكثر من أربعة آلاف عام. أصبح الذهب سلعة مهمة لإفريقيا خلال التجارة الذهبية عبر الصحراء من القرن السابع إلى القرن الرابع عشر. كان الذهب غالبًا ما يتم تداوله مع اقتصادات البحر الأبيض المتوسط التي كانت بحاجة إلى الذهب ويمكنها توفير الملح، على الرغم من أن الكثير من إفريقيا كانت غنية بالملح بسبب المناجم والموارد في الصحراء الكبرى. كان تداول الذهب مقابل الملح يُستخدم بشكل أساسي لتعزيز التجارة بين الاقتصاديات المختلفة. منذ الهجرة الكبرى في القرن التاسع عشر، كان لتعدين الذهب والألماس في جنوب إفريقيا تأثيرات سياسية واقتصادية كبيرة. جمهورية الكونغو الديمقراطية هي أكبر منتج للألماس في إفريقيا، مع تقديرات تصل إلى 12 مليون قيراط في عام 2019م. تشمل أنواع أخرى من احتياطيات التعدين في إفريقيا الكوبالت، والبوكسايت، وخام الحديد، والفحم، والنحاس.

1.4.6 أوقيانوسيا: (Oceania)

بدأ تعدين الذهب والفحم في أستراليا ونيوزيلندا في القرن التاسع عشر. أصبح النيكل مهمًا في اقتصاد نيو كاليدونيا .

في فيجي، في عام 1934م، أسست شركة إمبراطور لتعدين الذهب المحدودة عملياتها في فاتوكولا، تلتها في عام 1935م شركة لولما لتعدين الذهب، ثم شركة فيجي لتطوير المناجم المحدودة (المعروفة أيضًا بشركة دولفين للمناجم). أدت هذه التطورات إلى ازدهار التعدين، حيث ارتفع إنتاج الذهب أكثر من مئة ضعف، من 931.4 أوقية في عام 1934م إلى 107,788.5 أوقية في عام 1939م، وهو مستوى من الإنتاج يعادل حينها الإنتاج المشترك لولاية نيوزيلندا والدول الشرقية في أستراليا.

1.4.7 الأمريكيتان: (Americas)

خلال العصور ما قبل التاريخ، استخرج الأمريكيون الأوائل كميات كبيرة من النحاس على شبه جزيرة كيويناو الواقعة على بحيرة سوبيريور وفي جزيرة رويل القريبة؛ كان النحاس المعدني لا يزال موجودًا بالقرب من السطح في العصور الاستعمارية. استخدمت الشعوب الأصلية النحاس من بحيرة سوبيريور منذ ما لا يقل عن 5000 سنة؛ وقد تم اكتشاف أدوات نحاسية ورؤوس سهام وقطع أثرية أخرى كانت جزءًا من شبكة تجارة محلية واسعة النطاق. بالإضافة إلى ذلك، تم استخراج وتجهيز وتجارة الأوبسيديان والفلين والمعادن الأخرى. لم يستخدم المستكشفون الفرنسيون الأوائل الذين واجهوا هذه المواقع المعادن بسبب صعوبة نقلها، ولكن النحاس تم تداوله في نهاية المطاف في جميع أنحاء القارة على طول طرق الأنهار الرئيسية.

في التاريخ الاستعماري المبكر للأمريكيتين، "تم الاستيلاء بسرعة على الذهب والفضة الأصليين وإرسالهم إلى إسبانيا في أساطيل من الجاليرات المحملة بالذهب والفضة"، حيث كان الذهب والفضة يأتيان في الغالب من المناجم في أمريكا الوسطى والجنوبية. تم استخراج الفيروز الذي يُعرَف بأنه يعود إلى عام 700 ميلادية في أمريكا قبل كولومبوس؛ في منطقة التعدين سيريلوس في نيو مكسيكو، كان يُقدَّر أنه "تم إزالة حوالي 15,000 طن من الصخور من جبل شالشيهويتل باستخدام أدوات حجرية قبل عام 1700م".

في عام 1727م، تولى لويس ديني (1675م-1741م)، سيد لا روندي – شقيق سيمون-بيير ديني دي بونافنتور وابن عمه رينيه شارتير – قيادة حصن لا بوانت في خليج تشيكواميغون؛ حيث أبلغه السكان الأصليون عن جزيرة تحتوي على النحاس. حصل لا روندي على إذن من التاج الفرنسي لتشغيل المناجم في عام 1733م، ليصبح "أول مُعدّن عملي في بحيرة سوبيريور"؛ وبعد سبع سنوات، تم وقف التعدين بسبب اندلاع النزاع بين قبائل السيو والأشيباوا.

أصبح التعدين في الولايات المتحدة شائعًا في القرن التاسع عشر، وأقرّ الكونغرس الأمريكي قانون التعدين العام لعام 1872م لتشجيع التعدين على الأراضي الفيدرالية. كما هو الحال مع حمى الذهب في كاليفورنيا في منتصف القرن التاسع عشر، أصبح التعدين من أجل المعادن والفلزات الثمينة، إلى جانب تربية الماشية، عاملاً رئيسيًا في التوسع الغربي للولايات المتحدة نحو الساحل الهادئ. مع استكشاف الغرب، ظهرت معسكرات التعدين التي عبّرت عن روح مميزة، وإرث دائم للأمة الجديدة. وكان القائمون على حمى الذهب يواجهون نفس المشاكل التي واجهها القائمون على حمى الأراضي في الغرب العابر الذي سبقهم. مدعومين بالسكك الحديدية، سافر العديد من الناس غربًا بحثًا عن فرص العمل في التعدين. نشأت مدن غربية مثل دنفر وساكرامنتو كمدن تعدين.

عند استكشاف مناطق جديدة، كان غالبًا ما يتم الاستيلاء على الذهب (الذي يُستخرج في البداية على شكل رقائق ثم في شكل خام) ثم الفضة أولاً. وعادة ما كانت المعادن الأخرى تنتظر حتى تتوفر السكك الحديدية أو القنوات، حيث لا تتطلب رقائق الذهب الخشنة والقطع الكبيرة عملية الصهر، ومن السهل تحديدها ونقلها.

1.4.8الحداثة: (Modernity)

في أوائل القرن العشرين، أدى تدفق الذهب والفضة إلى الغرب الأمريكي إلى تحفيز التعدين للفحم وكذلك المعادن الأساسية مثل النحاس والرصاص والحديد. أصبحت مناطق في ولاية مونتانا ويوتا وأريزونا الحديثة، ولاحقًا ألاسكا، الموردين الرئيسيين للنحاس في العالم، الذي كان يزداد طلبه على النحاس للسلع الكهربائية والمنزلية. نمت صناعة التعدين في كندا بشكل أبطأ من الولايات المتحدة بسبب القيود في النقل ورأس المال والمنافسة الأمريكية؛ كانت أونتاريو المنتج الرئيسي في أوائل القرن العشرين للنحاس والنيكل والذهب.

في حين، شهدت أستراليا فترات من تدفق الذهب الأسترالي وبحلول خمسينيات القرن التاسع عشر كانت تنتج 40% من ذهب العالم، تلاها إنشاء مناجم كبيرة مثل منجم جبل مورغان، الذي استمر لأكثر من مئة عام، ووودائع خام بروكن هيل (واحدة من أكبر ودائع خام الزنك والرصاص)، ومناجم خام الحديد في إيرون نوب. بعد انخفاض الإنتاج، حدثت طفرة أخرى في التعدين في الستينيات. في أوائل القرن الحادي والعشرين، تبقى أستراليا منتجًا رئيسياً للمعادن في العالم.

مع بداية القرن الحادي والعشرين، نشأت صناعة تعدين عالمية تتضمن شركات كبيرة متعددة الجنسيات. كما أصبحت المعادن الرئيسية وتأثيراتها البيئية مصدر قلق أيضًا. بدأت عناصر مختلفة، ولا سيما المعادن الأرضية النادرة، في الزيادة في الطلب نتيجة للتكنولوجيا الجديدة.

في عام 2023م، تم استخراج 8.5 مليار طن متري من الفحم من قشرة الأرض. ومع ذلك، مع انتقال الاقتصاد العالمي بعيدًا عن الوقود الأحفوري نحو مستقبل أكثر استدامة، من المقرر أن يتصاعد الطلب على المعادن بشكل كبير. بين عامي 2022م و2050م، من المتوقع أن يتم استخراج حوالي 7 مليار طن متري من المعادن. سيكون الحديد الصلب هو الجزء الأكبر من هذا الإجمالي بواقع 5 مليارات طن، تليها الألومنيوم بواقع 950 مليون طن، والنحاس بواقع 650 مليون طن، والجرافيت بواقع 170 مليون طن، والنيكل بواقع 100 مليون طن، والمعادن الأخرى. ومن الجدير بالذكر أن الطاقة المطلوبة لاستخراج هذه المعادن ستتجاوز قريبًا تلك المطلوبة لتعدين الفحم، مما يبرز الأهمية المتزايدة لممارسات استخراج المعادن المستدامة.

1.5 تطور المناجم ودورة الحياة: (Mine development and life cycle)

عملية التعدين من اكتشاف جسم الخام إلى استخراج المعادن وأخيراً إرجاع الأرض إلى حالتها الطبيعية تتكون من عدة خطوات متميزة. الخطوة الأولى هي اكتشاف جسم الخام، والذي يتم من خلال التنقيب أو الاستكشاف لإيجاد وتعريف مدى وموقع وقيمة جسم الخام. يؤدي ذلك إلى تقدير الموارد رياضيا لتقدير حجم ونوعية الوديعة.

يتم استخدام هذا التقدير لإجراء دراسة جدوى أولية لتحديد الاقتصاد النظري لودائع الخام. هذا يحدد، في وقت مبكر، ما إذا كان الاستثمار الإضافي في التقديرات والدراسات الهندسية مبرراً ويحدد المخاطر الرئيسية والمجالات التي تتطلب مزيدًا من العمل. الخطوة التالية هي إجراء دراسة جدوى لتقييم الجدوى المالية، والمخاطر الفنية والمالية، وقوة المشروع.

هنا تتخذ شركة التعدين القرار فيما إذا كانت ستقوم بتطوير المنجم أو الانسحاب من المشروع. ويتضمن ذلك التخطيط للمنجم لتقييم الجزء القابل للاسترداد ماليًا من الوديعة، والعمليات المعدنية وقابلية استرداد الخام، وقابلية تسويق وترتيب دفع تركيزات الخام، والمخاوف الهندسية، وتكاليف الطحن والبنية التحتية،

ومتطلبات التمويل والأسهم، وتحليل المنجم المقترح من الحفر الأولي وصولاً إلى الاستصلاح. تعتمد نسبة الوديعة القابلة للاسترداد اقتصاديًا على عامل الإغناء للخام في المنطقة.

للحصول على الوصول إلى وديعة المعدن داخل منطقة معينة، غالبًا ما يكون من الضروري استخراج أو إزالة المواد النفايات التي ليست ذات اهتمام فوري للمنقب. يشكل إجمالي حركة الخام والنفايات عملية التعدين. وغالبًا ما يُستخرج المزيد من النفايات أكثر من الخام خلال حياة المنجم، اعتمادًا على طبيعة وموقع جسم الخام. تعتبر إزالة النفايات ووضعها تكلفة كبيرة لمشغل التعدين، لذا فإن التوصيف التفصيلي لمواد النفايات يعد جزءًا أساسيًا من برنامج الاستكشاف الجيولوجي لعملية التعدين.

بمجرد أن تحدد التحليلات أن جسم الخام المعين يستحق الاسترداد، تبدأ العمليات لتوفير الوصول إلى جسم الخام. يتم بناء مباني المنجم ومحطات المعالجة، ويتم الحصول على أي معدات ضرورية. تبدأ عملية استرداد الخام من المنجم وتستمر طالما وجد أن تشغيل المنجم اقتصادي. بمجرد استرداد كل الخام الذي يمكن أن ينتجه المنجم بشكل مربح، يمكن أن تبدأ عمليات الاستصلاح لجعل الأرض المستخدمة من قبل المنجم مناسبة للاستخدام في المستقبل.

على الرغم من التحديات الفنية والاقتصادية، يجب أن يتناول تطوير المناجم الناجح أيضًا العوامل البشرية. إن ظروف العمل هي الأهم للنجاح، خاصة فيما يتعلق بالتعرض للغبار، والإشعاع، والضوضاء، ومخاطر المتفجرات، والاهتزاز، فضلاً عن معايير الإضاءة. يجب على التعدين اليوم بشكل متزايد معالجة التأثيرات البيئية والمجتمعية، بما في ذلك الأبعاد النفسية والاجتماعية. لذلك، قام معلم التعدين فرانك ت. م. وايت (1909م-1971م) بتوسيع التركيز ليشمل البيئة الكاملة للتعدين، بما في ذلك الإشارة إلى التنمية المجتمعية حول التعدين، وكيف يتم تقديم التعدين لمجتمع حضري يعتمد على هذه الصناعة، على الرغم من أنه يبدو غير مدرك لهذه الاعتمادية. وقد صرح قائلاً: في الماضي، لم يُطلب من مهندسي التعدين دراسة الأحداث النفسية والاجتماعية والشخصية في صناعتهم الخاصة – وهي جوانب تتخذ أهمية كبيرة في الوقت الحاضر. يجب على مهندس التعدين توسيع معرفته ونفوذه بسرعة إلى هذه المجالات الجديدة.

1.6 التقنيات: (Techniques)

يمكن تقسيم تقنيات التعدين إلى نوعين شائعين من الحفر: التعدين السطحي والتعدين تحت السطح (تحت الأرض). اليوم، يعد التعدين السطحي أكثر شيوعًا بكثير، وينتج، على سبيل المثال، 85% من المعادن (باستثناء النفط والغاز الطبيعي) في الولايات المتحدة، بما في ذلك 98% من خامات المعادن.

تُقسم الأهداف إلى فئتين عامتين من المواد: رواسب السطح، التي تتكون من معادن قيمة موجودة في الحصى النهري، ورمال الشواطئ، وغيرها من المواد غير المتماسكة؛ ورواسب العروق، حيث توجد المعادن القيمة في العروق، أو في طبقات، أو في حبيبات المعادن موزعة بشكل عام عبر كتلة من الصخور الفعلية.

تُستخرج كلا النوعين من رواسب المعدن، سواء كانت رواسب سطحية أو عروق، عن طريق كل من الطرق السطحية وتحت الأرض.

بعض أساليب التعدين، بما في ذلك الكثير من تعدين العناصر الأرضية النادرة وتعدين اليورانيوم، تتم بطرق أقل شيوعًا، مثل الترويب في الموقع: تتضمن هذه التقنية الحفر سواء على السطح أو تحت الأرض. تتطلب استخراج المعادن المستهدفة بهذه التقنية أن تكون قابلة للذوبان، مثل، البوتاس، كلوريد البوتاسيوم، كلوريد الصوديوم، وكبريتات الصوديوم، التي تذوب في الماء. بعض المعادن، مثل معادن النحاس وأكسيد اليورانيوم، تتطلب حلولًا حمضية أو كربونات للذوبان.

1.7 المعالجات: (Processing)

بمجرد استخراج المعدن، يتم غالبًا معالجتها. علم استخراج المعادن هو مجال متخصص في علم المعادن يدرس استخراج المعادن القيمة من خاماتها، خاصة من خلال الوسائل الكيميائية أو الميكانيكية.

تعتبر معالجة المعادن (أو تزيين المعادن) مجالًا متخصصًا في علم المعادن يدرس الوسائل الميكانيكية كتكسير وطحن وغسل المعادن الخام والتي تمكّن من فصل (استخراج المعادن) المعادن أو المعادن القيمة من المادة الدلالية المادة .تتكون معالجة خامات المواد الغرينية من طرق فصل تعتمد على الجاذبية، مثل صناديق السد. قد يكون هناك حاجة إلى الاهتزاز الطفيف أو الغسل لتفكيك (فك تكتل) الرمال أو الحصى قبل المعالجة. تتطلب معالجة خام من منجم لود، سواء كان منجم سطحي أو تحت سطحي، سحق الصخور الخام وسحقها قبل بدء استخراج المعادن القيمة. بعد سحق خام اللود، يتم استرداد المعادن القيمة من خلال تقنية آلية واحدة، أو مجموعة من عدة تقنيات ميكانيكية وكيميائية.

نظرًا لأن معظم المعادن موجودة في الخامات على شكل أكاسيد أو كبريتيدات، يجب تقليل المعدن إلى شكله المعدني. يمكن تحقيق ذلك من خلال وسائل كيميائية مثل الصهر أو من خلال الاختزال الكهربائي، كما هو الحال في حالة الألمنيوم. تجمع جيوكيمياء المعادن بين العلوم الجيولوجية وعلم استخراج المعادن والتعدين.

في عام 2018م، اكتشف الباحثون فئة جديدة من الجزيئات التي يمكّن شكلها وحجمها من التقاط والاحتفاظ بأيونات المعادن الثمينة، وفقًا لدراسة نُشرت في مجلة الجمعية الكيميائية الأمريكية. الطريقة الجديدة لتحويل خام يحتوي على الذهب إلى حمض كلورAu، ويستخرج باستخدام مذيبات صناعية. تتمكن جزيئات الحاوية من الفصل الانتقائي للذهب من المذيب دون استخدام مياه الغسل. يمكن للجزيئات المطورة حديثًا القضاء على مياه الغسل، بينما يعتمد التعدين تقليديًا على طريقة عمرها 125 عامًا تعالج خام الذهب بكميات كبيرة من سيانيد الصوديوم السام. هذه العملية الجديدة لها تأثير بيئي أقل شدة وعلاوة على

الذهب، يمكن استخدامها في التقاط معادن أخرى مثل البلاتين والبلاديوم، ويمكن أيضًا استخدامها في عمليات التعدين الحضري التي تزيل المعادن الثمينة من مجاري المياه العادمة.

1.8 التأثيرات البيئية: (Environmental Effects)

يمكن أن يؤثر التعدين على البيئة على مستويات محلية وإقليمية وعالمية من خلال ممارسات التعدين المباشرة وغير المباشرة. يمكن أن يتسبب التعدين في تآكل التربة، والانهيارات الأرضية، وفقدان التنوع البيولوجي، أو تلوث التربة والمياه الجوفية والمياه السطحية بالمواد الكيميائية المنبعثة من عمليات التعدين. تؤثر هذه العمليات أيضًا على الغلاف الجوي من خلال انبعاثات الكربون التي تساهم في تغير المناخ.

تعتبر بعض طرق التعدين (مثل تعدين الليثيوم، وتعدين الفوسفات، وتعدين الفحم، وإزالة قمة الجبل، وتعدين الرمال) ذات آثار بيئية وصحية عامة مهمة لدرجة أن شركات التعدين في بعض البلدان ملزمة باتباع لوائح صارمة حول البيئة وإعادة التأهيل لضمان عودة المنطقة المستخرجة إلى حالتها الأصلية. يمكن أن يوفر التعدين فوائد متعددة للمجتمعات، ومع ذلك يمكن أن يثير أيضًا صراعات، خاصة فيما يتعلق باستخدام الأراضي فوقها وتحتها.

تظل عمليات التعدين صارمة ومتطفلة، مما يؤدي غالبًا إلى آثار بيئية كبيرة على النظم البيئية المحلية وعواقب أوسع على صحة البيئة الكوكبية. لتسهيل إنشاء المناجم والبنية التحتية المرتبطة بها، يتم تطهير الأراضي بشكل مكثف، مما يستهلك موارد كبيرة من الطاقة والمياه، وينبعث عنه ملوثات هوائية، وينتج عنه نفايات خطرة.

وفقًا لصفحة "The World Counts" إن كمية الموارد المستخرجة من الأرض قد ارتفعت من 39.3 مليار طن في عام 2002م. بزيادة قدرها 55 في المائة في أقل من 20 عامًا. وهذا يضع الموارد الطبيعية للأرض تحت ضغط شديد. نحن بالفعل نستخرج 75 في المائة أكثر مما يمكن أن تتحمله الأرض على المدى الطويل.

1.9 أهمية البحث: (The Importance of the Research)

تقييم المخاطر في صناعة التعدين يعد من العناصر الحيوية لضمان استدامة العمليات وحماية الموظفين والبيئة. في حالة شركة أوهاف للتعدين في ولاية البحر الأحمر، يتم التركيز على تحليل المخاطر المرتبطة بعمليات الحفر والنقل وكذلك الاستهلاك غير المستدام للموارد الطبيعية. تشمل المخاطر البيئية مثل تلوث المياه والتربة، فضلاً عن المخاطر الصحية المرتبطة بتعرض العمال للغبار والمعادن الثقيلة. بالإضافة إلى ذلك، تحتاج الشركة إلى وضع استراتيجيات فعلية لتقليل حوادث العمل، من خلال توفير التدريب اللازم للعمال وتنفيذ تقنيات حديثة لمراقبة جودة الهواء والسلامة العامة. من خلال تنفيذ تقييم شامل للمخاطر، يمكن لشركة أوهاف تعزيز كفاءتها التشغيلية وتحقيق الأهداف البيئية والاجتماعية بشكل متوازن.

1.10 أهداف الدراسة: (Objectives of the Study)

تتمثل أهداف الدراسة في تقييم المخاطر في صناعة التعدين من خلال تحليل شامل لحالة شركة أوهاف للتعدين في ولاية البحر الأحمر، حيث تسعى الدراسة إلى تحديد المخاطر المحتملة التي قد تواجهها الشركة أثناء عملياتها، بما في ذلك المخاطر البيئية، الاقتصادية، والتشغيلية. كما تهدف إلى تقييم استراتيجيات إدارة المخاطر الحالية وتقديم توصيات لتحسينها، بهدف تعزيز السلامة العامة وتقليل تأثير العمليات التعدينية على البيئة والمجتمع المحلي. من خلال هذا التقييم، تأمل الدراسة في تعزيز الفهم العام للتحديات التي تواجه صناعة التعدين في المنطقة، وبالتالي دعم اتخاذ القرارات المستنيرة لتحسين ممارسات التعدين المستدامة.

1.11 منهجية البحث: (Research Methodology)

تتطلب منهجية البحث لتقييم المخاطر في صناعة التعدين دراسة حالة شركة أوهاف للتعدين في ولاية البحر الأحمر اتباع خطوات منهجية شاملة تتضمن تحديد نطاق البحث وأهدافه، حيث يبدأ الباحث بتجميع المعلومات الأولية حول العمليات التعدينية والتحديات التي تواجهها الشركة. ينبغي إجراء تحليل شامل للمخاطر من خلال تقييم العوامل البيئية، الاقتصادية، والاجتماعية المتعلقة بالتعدين، بالإضافة إلى مراجعة البيانات التاريخية حول الحوادث والمشكلات السابقة. بعد ذلك، يتم استخدام أدوات وتقنيات تقييم المخاطر مثل الاستبانة والتحليل الاحصائي.

الفصل الثاني

صناعة التعدين

(Mining Industry)

2.1 مفهوم صناعة التعدين: (Concept of the Mining Industry)

تُعتبر صناعة التعدين أحد القطاعات الأساسية في الاقتصاد العالمي، حيث تتضمن مجموعة من الأنشطة والعمليات المخصصة لاستخراج المعادن والموارد الطبيعية من باطن الأرض. وتشمل هذه الصناعة عمليات متعددة تبدأ من التنقيب والاستكشاف، وصولاً إلى الحفر والاستخراج، ثم المعالجة والتنقية، وأخيراً النقل والتخزين.

2.2 تعريف التعدين: (Definition of Mining)

التعدين هو عملية استخراج المعادن والموارد الطبيعية من الأرض، والتي يمكن أن تشمل المعادن النفيسة (مثل الذهب والفضة)، والمعادن الصناعية (مثل النحاس والحديد)، بالإضافة إلى الموارد الأخرى مثل الفحم والغاز الطبيعي. تُعتبر هذه العمليات ضرورية لتوفير المواد الخام التي تستخدم في العديد من الصناعات الأخرى، بما في ذلك البناء، والطاقة، والتكنولوجيا، والتصنيع.

وتشمل هذه العمليات:

التنقيب والاستكشاف

الحفر والاستخراج

المعالجة والتنقية

النقل والتخزين

2.3 أهمية صناعة التعدين: (The Importance of the Mining Industry)

2.3.1 الأهمية الاقتصادية: (Economic Importance)

2.3.1.1 المساهمة في الناتج المحلي الإجمالي: (Contribution to Gross Domestic Product (GDP))

يُعتبر التعدين من المصادر الرئيسية للدخل في العديد من الدول، حيث يشكل جزءا هاماً من الناتج المحلي الإجمالي. يعزز تعدين المعادن والموارد الأخرى الناتج المحلي الإجمالي ويسهم في تقوية الاقتصاد الوطني. هذا لأن التعدين يخلق فرص العمل، ويحفز الاستثمار في مجالات أخرى من الصناعة.

2.3.1.2 توفير العملات الأجنبية: (Provision of Foreign Currencies)

من خلال تصدير المعادن والموارد المستخرجة، توفر صناعة التعدين دخلاً هاماً من العملات الأجنبية. يتيح هذا الدخل الخارجي للدول الفرصة لشراء السلع والخدمات من دول أخرى، مما يسهم في تنويع الاقتصاد وزيادة التنافس في السوق العالمي.

2.3.1.3 دعم الصناعات التحويلية: (Support for Manufacturing Industries)

المعادن المستخرجة تدخل في مختلف الصناعات التحويلية مثل البناء، والطاقة، والتصنيع. يعتبر هذا أمرا هاماً لتنمية الصناعة وتقويمها. حيث إن هذه الصناعات تحول المعادن إلى سلع أخرى أكثر قيمة، مما يزيد من الدخل والتضخم في الاقتصاد.

2.3.1.4 تطوير البنية التحتية: (Infrastructure Development)

تُستخدم إيرادات التعدين لدعم وتمويل مشاريع البنية التحتية مثل الطرق، والموانئ، وأنظمة النقل. يساهم هذا في تحسين أداء الاقتصاد وتحقيق العيش المريح للناس.

في النهاية، يظهر التعدين أهميته كعنصر أساسي في الناتج المحلي الإجمالي وتوفير فرص العمل والعملة الأجنبية ودعم الصناعات التحويلية وتطوير البنية التحتية.

2.3.2 الأهمية الاجتماعية: (Social Importance)

2.3.2.1 توفير فرص العمل: (Providing Job Opportunities)

تعتبر صناعة التعدين من القطاعات الحيوية التي توفر فرص عمل متنوعة للمجتمعات المحلية. تشمل هذه الفرص جميع مستويات المهارة، حيث تتيح للعمل العاديين والعمال غير الماهرين الانخراط في وظائف تتراوح بين موظفي الصيانة والعاملين في المجالات اللوجستية، وصولاً إلى المهندسين والخبراء التقنيين الذين يتطلب عملهم دراسات ومؤهلات علمية متقدمة. وهذا يساهم في خفض معدلات البطالة في المناطق التعدينية، مما يعزز الاستقرار الاقتصادي والاجتماعي في هذه المناطق.

2.3.2.2 تنمية المجتمعات المحلية: (Development of Local Communities)

تلعب شركات التعدين دورًا كبيرًا في تطوير المجتمعات المحلية من خلال استثماراتها في تحسين البنية التحتية والخدمات العامة. فعادةً ما تستثمر هذه الشركات في بناء الطرق والمدارس والمستشفيات، بالإضافة

إلى تقديم خدمات المياه والكهرباء. مثل هذه المشاريع تعزز من جودة الحياة وتساعد على جذب الاستثمارات الأخرى، مما يسهم في تطوير المنطقة بشكل شامل. كذلك، يعتبر توفر هذه الخدمات العامة المحسّنة عاملاً رئيسياً لجذب الشركات والمستثمرين إلى المنطقة، مما يعزز من النمو الاقتصادي.

2.3.2.3 تطوير المهارات المهنية: (Professional Skill Development)

تعمل صناعة التعدين على تطوير مهارات القوى العاملة من خلال برامج التدريب والتعليم المستمر. تقوم الشركات بتنظيم دورات تدريبية متخصصة تركز على استخدام التكنولوجيا والأدوات الحديثة، مما يساعد على رفع كفاءة العمال وزيادة إنتاجيتهم. وبالإضافة إلى ذلك، تسهم هذه البرامج في توفير فرص للتقدم الوظيفي، حيث يُعطى العمال المهارات اللازمة للارتقاء إلى مناصب أعلى. بالتالي، فإن استثمار الشركات في تدريب العمال ينعكس إيجاباً على المستوى العام للقطاع ويؤدي إلى تحسين مستوى التشغيل.

2.3.2.4 تحسين مستوى المعيشة: (Improving the Standard of Living)

يرتبط قطاع التعدين بشكل وثيق بتحسين مستوى المعيشة للعاملين والمجتمعات المحيطة. من خلال زيادة الدخل وتحسين فرص العمل، يتمكن الأفراد من دفع تكاليف التعليم والرعاية الصحية والسكن، مما يؤدي في النهاية إلى زيادة رضاهم وجودة حياتهم. كما أن ارتفاع مستويات الدخل يمكن أن يخلق تأثيرًا مضاعفًا حيث يمكن أن تعزز المجتمعات المحلية من اقتصادها المحلي، مما يولد مزيدًا من الفرص الاقتصادية .

في النهاية، يعتبر قطاع التعدين محركًا مهمًا للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، مما يجعله نقطة محورية في استراتيجيات التنمية المستدامة في العديد من الدول. ومع التركيز على إدارة هذه الصناعة بطريقة مستدامة وفعالة، يمكن تحقيق فوائد شاملة للمجتمعات المحلية والعاملين في هذا القطاع

2.4 أنواع التعدين: (Types of Mining)

2.4.1 التعدين السطحي: (Surface Mining)

المناجم المفتوحة: (Open-Pit Mines)

خصائص المناجم المفتوحة: تعتبر المناجم المفتوحة أكثر شيوعاً لاستغلال المعادن التي تكون قريبة من سطح الأرض.

المناجم المفتوحة هي طريقة لاستخراج المعادن من باطن الأرض، وتتميز بعدة خصائص تجعلها مناسبة لبعض أنواع التعدين. أولاً، تتميز المناجم المفتوحة بقدرتها على استخراج كميات كبيرة من المواد بأسلوب فعّال من حيث التكلفة، حيث تُشغل على مساحة واسعة مما يسمح بالوصول إلى احتياطات كبيرة من الخامات. ثانياً، تتطلب هذه المناجم استثماراً أولياً مرتفعاً، لكنّها توفر كفاءة أعلى في الإنتاج مقارنة بأساليب التعدين تحت السطح. ثالثاً، تُعتبر صناديق النفايات الناتجة عن عمليات التعدين أقل تعقيداً للتحكم فيها، مما يسهل عمليات الصيانة والبيئة. رابعاً، يتم استخراج المعادن بشكل يعزز من طرق معالجة الخام، نظرًا

لكونها تصل إلى عمق أقل مقارنة بالمناجم تحت السطح. وأخيرًا، تساهم المناجم المفتوحة في خلق فرص عمل محلية ولكن يمكن أن تؤثر سلبًا على البيئة، مما يستدعي ضرورة اتباع معايير بيئية صارمة أثناء العمل.

المعدات المستخدمة: تشمل الشاحنات الكبيرة، والجرافات، والآليات الثقيلة للحفر والنقل.

مزايا ومحددات هذه الطريقة: من مزاياها سهولة التشغيل وانخفاض التكلفة، ومن محدداتها التأثير البيئي السالب وتدهور التربة وتلوث التربة والماء والهواء.

التعدين بالتجريف: (Dredge Mining)

التعدين بالتجريف هو طريقة تستخدم لاستخراج المعادن أو الموارد من التربة والمجاري المائية عن طريق إزالة الطبقات السطحية والمواد العلوية. تُعتبر هذه الطريقة شائعة في استخراج المعادن الثمينة مثل الذهب، حيث يتم الجمع بين عملية التجريف وترشيح المواد المستخرجة لفصل المعادن عن الشوائب. ومع ذلك، يواجه التعدين بالتجريف انتقادات بسبب تأثيره السلبي على البيئة، بما في ذلك تدمير المواطن الطبيعية، وتلوث المياه، وزيادة انزلاق التربة. كما يمكن أن يؤدي إلى فقدان التنوع البيولوجي والتسبب في مشاكل اجتماعية واقتصادية للمجتمعات المحلية. لذا، تتزايد الدعوات لتبني أساليب أكثر استدامة في التعدين تقلل من الأضرار البيئية الناتجة عن هذه الأنشطة.

تقنيات التجريف: تُستخدم تقنيات التجريف لاستخراج المعادن من قاع الأنهار والبحيرات.

المعادن المستخرجة: تُستخرج معادن مثل الذهب والألماس من خلال هذه الطريقة.

التأثيرات البيئية: قد تؤدي إلى تلوث المياه وتدمير البيئة البحرية.

التعدين بالترشيح: (Leaching Mining)

التعدين بالترشيح هو أسلوب فعّال لاستخراج المعادن من خاماتها باستخدام محاليل كيميائية تعمل على إذابة المعادن المرغوبة بشكل انتقائي. تُستخدم هذه الطريقة بشكل شائع في استخراج المعادن مثل النحاس والذهب والفضة. تبدأ العملية بإعداد الخام، حيث يتم تكسيره وتحضيره قبل تعريضه لمحلول الترشيح، والذي يتفاعل مع المعادن ويُدخِلها في المحلول. بعد ذلك، يتم فصل المعادن السائلة عن الشوائب عبر عمليات مثل الترسيب أو التصفية. يتميز هذا الأسلوب بتكلفته المنخفضة مقارنة بطرق التعدين التقليدية، بالإضافة إلى تأثيره البيئي الأقل، حيث يقلل من نفايات التعدين الصلبة. يُعتبر التعدين بالترشيح خيارًا مستدامًا يسهم في تلبية احتياجات الصناعات المختلفة مع الحفاظ على الموارد الطبيعية.

عمليات الترشيح: يتم استخدام السوائل الكيميائية لاستخراج المعادن من المواد الخام.

المواد الكيميائية المستخدمة: تشمل مواد مثل السيانيد والأحماض، وتحتاج إلى إجراءات خاصة للتخلص منها.

إجراءات السلامة: تُتخذ إجراءات صارمة للتأكد من عدم تسرب المواد الكيميائية وحماية البيئة.

2.4.2 التعدين الباطني: (Subsurface Mining or Underground Mining)

الأنفاق والممرات: (Tunnels and Passages)

التعدين الباطني بالأنفاق والممرات هو أحد أساليب استخراج المعادن والموارد الطبيعية من باطن الأرض، حيث يتم الوصول إلى الرواسب المعدنية عن طريق حفر أنفاق وممرات تحت سطح الأرض. تُستخدم هذه الطريقة عندما تكون الرواسب المعدنية موجودة في أعماق كبيرة أو عندما تكون الطبقات السطحية غير مجدية تقنيًا أو اقتصاديًا لاستخراج المعادن. يتم تنفيذ هذه العمليات باستخدام تقنيات متطورة تضمن سلامة العمال وتقليل التأثيرات البيئية. يعتمد التعدين الباطني على توفير أنظمة تهوية جيدة والإضاءة المناسبة، بالإضافة إلى تنظيم عمليات النقل والتخلص من النفايات بشكل فعال. رغم أن التعدين الباطني يحقق كفاءة في استغلال الموارد، إلا أنه يتطلب استثمارات كبيرة ويسبب مخاطر على صحة العاملين، مما يستدعي اتخاذ إجراءات صارمة للسلامة والصحة المهنية.

تصميم الأنفاق: يجب أن تكون الأنفاق آمنة ومصممة بشكل يسمح بسهولة الوصول والتهوية.

أنظمة التهوية: تُستخدم أنظمة تهوية للحفاظ على بيئة آمنة وصحية تحت الأرض.

أنظمة السلامة: تتضمن إجراءات مثل دعم الجدران وإجراءات الطوارئ لحماية العمال.

التعدين بالحجرات والأعمدة:(Shaft and Gallery Mining)

التعدين بالحجرات والأعمدة هو إحدى طرق استخراج المعادن من باطن الأرض، تعتمد على إنشاء شبكة من الحجرات والأعمدة، حيث يتم استغلال الكتل المعدنية بشكل مكافئ، مما يسمح بالتحكم في عملية التهوية ودعم السقف بشكل فعال. يتضمن هذا الأسلوب حفر أنفاق أفقية تسمح بالوصول إلى الطبقات الغنية بالموارد المعدنية، ويتم ترك أعمدة من الخام لدعم السقف وتوفير الأمان للعاملين في المناجم. تتميز هذه الطريقة بفعاليتها في استخراج المعادن مثل الفحم والفلزات، إلا أنها تتطلب تخطيطًا دقيقًا لإدارة المخاطر المرتبطة بالانهيارات الأرضية وضمان سلامة العمال. كما أن استخدامها الشائع يأتي مع بعض التحديات البيئية، مما يستدعي التفكير في أساليب مستدامة لإدارة المخلفات والتقليل من الأثر البيئي.

طرق التدعيم: يتم تدعيم الحجرات والأعمدة لضمان استقرار البنية وعدم حدوث انهيارات.

تخطيط المناجم: يتطلب تخطيطاً دقيقاً لتحسين استخراج الموارد بكفاءة عالية.

معدات الحفر: تُستخدم معدات حديثة للحفر وزيادة فعالية الإنتاج.

الفصل الثالث

مخاطر صناعة التعدين

(Risks of the Mining Industry)

3.1 المخاطر البيئية: (Environmental Risks)

التلوث البيئي: (Environmental Pollution)

يعد التلوث البيئي من أبرز التحديات التي تواجه العالم اليوم، حيث تساهم أنشطة التعدين بشكل كبير في تدهور البيئة من خلال انبعاثات ملوثة تؤثر على جودة الهواء والماء. فعندما يتم استخراج المعادن، تُطلق المواد الكيميائية الضارة في الغلاف الجوي وتلوث المياه الجوفية والسطحية، مما يؤثر سلبًا على صحة الإنسان والحياة البحرية. إضافةً إلى ذلك، يؤدي التعدين غير المستدام إلى استنزاف الموارد الطبيعية، مما يزيد من شدة التدهور البيئي. تأثير هذه الأنشطة يمتد أيضًا إلى التنوع البيولوجي، حيث يتم تدمير الموائل الطبيعية، مما يعرض الكائنات الحية لخطر الانقراض ويقلل من التنوع الإيكولوجي. لذا، من الضروري اتخاذ إجراءات فعّالة للحد من هذا التلوث والمحافظة على البيئة من أجل الأجيال القادمة.

تلوث الهواء والماء: تؤدي أنشطة التعدين إلى انبعاثات ملوثة في الهواء وتلوث الموارد المائية المحيطة.

استنزاف الموارد الطبيعية: يؤدي التعدين غير المستدام إلى استنزاف الموارد وزيادة التدهور البيئي.

التأثيرات على التنوع البيولوجي: تتسبب الأنشطة التعدينية في فقدان التنوع البيولوجي وتدهور الموائل الطبيعية للكائنات الحية.

الشكل (3.1) أدناه يوضح المخاطر البيئية التي تهدد حياة البشرية.

شكل (3.1): المخاطر البيئية التي تهدد حياة البشرية

إدارة النفايات: (Waste Management)

النفايات الصلبة والسائلة: يتم توليد كميات كبيرة من النفايات الصلبة والسائلة التي تتطلب معالجة دقيقة.

التخلص الآمن: تتبع إجراءات خاصة لضمان التخلص من النفايات بشكل آمن دون تأثير على البيئة.

3.2 المخاطر السياسية: (Political Risks)

تشير المخاطر السياسية الي المخاطر التي تنتج عن التغيرات التي تحدث في البيئة السياسية بصورة غير متوقعة كالحروب والاضرابات الاهلية حيث تتأثر الشركات في حالة تعرض البلد لأحداث تهدد استقرارها كما حدث في السودان عقب اندلاع الحرب في أبريل من العام 2023م مما ألحق الضرر علي الشركات وأفقدها القدرة علي مواصلة عملها بالصورة المطلوبة، كما يشكل عدم الاستقرار السياسي والاقتصادي و الأمني خطرا علي التدفق النقدي في جميع المعاملات التي تقوم بها الشركات المعنية بصناعة التعدين.

3.3 المخاطر الاقتصادية: (Economic Risks)

تُعدُّ صناعة التعدين من القطاعات الحيوية التي تساهم بشكل كبير في الاقتصاد العالمي، إلا أنها تحمل معها مجموعة من المخاطر الاقتصادية التي قد تؤثر سلباً على المجتمعات المحلية والدول. من أبرز هذه المخاطر هو تقلب أسعار المعادن، إذ قد يؤدي انخفاض الأسعار إلى تقليص الإيرادات وتدهور الوضع المالي للشركات والدول المعتمدة على هذه الصناعة. كما أن التعدين يتطلب استثمارات ضخمة، مما يعرض الشركات لمخاطر فشل المشاريع أو ارتفاع التكاليف بشكل غير متوقع. علاوة على ذلك، يمكن أن يؤدي التعدين إلى تدهور البيئات المحلية، مما يؤثر سلبًا على الزراعة وصيد الأسماك ويزيد من الانتقال القسري للسكان، وهو ما ينتج

عنه تكاليف اجتماعية واقتصادية إضافية. أخيرًا، تسهم هذه الصناعة أيضًا في ارتفاع معدلات الفساد وسوء الإدارة في بعض الدول، حيث يمكن أن يؤدي تدفق الأموال من التعدين إلى ممارسات اقتصادية غير عادلة.

3.4 المخاطر الصحية والسلامة: (Health and Safety Risks)

تعتبر المخاطر الصحية والسلامة من القضايا الحيوية التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار في أي صناعة، وخاصة في صناعة التعدين، التي تعتبر واحدة من أكثر الصناعات عرضة للمخاطر. إليك تحليلاً شاملاً حول المخاطر المرتبطة بالتعرض للأبخرة السامة والإصابات المهنية.

3.4.1 التعرض للأبخرة السامة: (Exposure to Toxic Fumes)

أ. التعريف: (Definition)

يمكن أن تشير الأبخرة السامة إلى مجموعة من المواد الكيميائية التي تنبعث من عمليات استخراج المعادن، والتكرير، والتخلص من النفايات. هذه المواد تتضمن المعادن الثقيلة، والغازات السامة (مثل أول أكسيد الكربون)، والمذيبات العضوية.

ب. المخاطر الصحية: (Health Risks)

أمراض الجهاز التنفسي: يتعرض العمال للأبخرة السامة بشكل منتظم، مما يؤدي إلى مشاكل صحية تنفسية خطيرة مثل الربو، والتهاب الشعب الهوائية المزمن، ومرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD).

التأثيرات العصبية: التعرض المزمن لبعض المواد الكيميائية قد يؤدي إلى مشاكل عصبية تشمل الضعف الإدراكي والاضطرابات النفسية.

الأمراض الجلدية: تعرض الجلد للمواد الكيميائية قد يسبب تهيجًا أو طفحًا جلديًا، وفي حالات أكثر خطورة، يمكن أن يؤدي إلى مشاكل طويلة الأمد.

ج. الوقاية: (Prevention)

للحد من المخاطر المرتبطة بالأبخرة السامة، يمكن اتخاذ العديد من الإجراءات:

توفير معدات الحماية الشخصية (PPE) مثل الأقنعة التي تظهر كفاءة في تصفية المواد الضارة.

تطبيق أنظمة التهوية الفعالة في أماكن العمل للتقليل من تركيز الأبخرة السامة.

تقديم تدريب دوري للعمال حول كيفية التعامل مع المواد الكيميائية بشكل آمن.

3.4.2 الإصابات المهنية: (Occupational Injuries)

أ. التعريف: (Definition)

تشير الإصابات المهنية إلى أي إصابة تحدث للعمال أثناء أداء وظيفتهم، والتي قد تتضمن الإصابات الناتجة عن المعدات الثقيلة، والسقوط، والاحتكاك.

ب. المخاطر: (Risks)

الحوادث الناتجة عن المعدات: تتطلب صناعة التعدين استخدام أدوات ومعدات ثقيلة، مما يعرض العمال لخطر الإصابة بحوادث شديدة، تتراوح من الكدمات إلى الإصابات الخطيرة التي قد تؤدي إلى الإعاقة.

السقوط: بيئات التعدين غالبًا ما تكون غير مستقرة، مما يزيد من خطر السقوط من المرتفعات أو كما يحدث في المواقع المبللة أو الوعرة.

الهزات والانفجارات: بعض التقنيات المستخدمة في التعدين (مثل التفجير) يمكن أن تؤدي أيضًا إلى مخاطر أكبر تشمل الهزات الأرضية.

ج. الوقاية: (Prevention)

للحد من الإصابات المهنية، يمكن اتخاذ الإجراءات التالية:

توفير تدريب شامل للعمال حول كيفية استخدام المعدات بشكل آمن والتعرف على المخاطر المحتملة.

التأكد من تطبيق معايير السلامة في الموقع، مثل وجود علامات تحذيرية وصيانة دورية للمعدات.

تشجيع نظام الإبلاغ عن الحوادث والمخاطر المحتملة لتحسين استراتيجيات السلامة.

تعتبر المخاطر الصحية والسلامة جزءاً لا يتجزأ من صناعة التعدين، ويجب أن تكون جزءًا من استراتيجيات الإدارة بشكلٍ فعّال. من خلال اتخاذ التدابير الوقائية وتوعية العمال حول المخاطر، يمكن تحسين ظروف العمل وتقليل التأثيرات السلبية على الصحة والسلامة. الاستثمارات في الأمان الصحي والمهني لا تحمي العمال فحسب، بل تعزز أيضًا الأداء العام للصناعة وتساهم في تحقيق التنمية المستدامة.

3.5 المخاطر الميكانيكية: (Mechanical Risks)

الشكل (3.2) أدناه يوضح صورة مأخوذة من أحد مصانع التعدين.

شكل (3.2): صورة مأخوذة من أحد مصانع التعدين

المخاطر الميكانيكية هي المخاطر التي تنتج عن التعرض للآلات والمعدات التي تحتوي على أجزاء متحركة أو حادة، وقد تكون هذه المخاطر شائعة في المصانع وورش العمل والمختبرات وحتى في المواقع الإنشائية. المخاطر الميكانيكية يمكن أن تؤدي إلى إصابات بليغة تشمل الجروح، الكسور، بتر الأطراف، أو حتى الوفاة في بعض الحالات الشديدة.

تعتبر المخاطر الميكانيكية في صناعة التعدين من التحديات الكبرى التي تواجه العاملين في هذا القطاع، حيث تتنوع هذه المخاطر لتشمل مجموعة واسعة من الآلات والمعدات المستخدمة في عمليات الاستخراج والمعالجة. من أبرز هذه المخاطر وجود آلات ثقيلة مثل الحفارات والشاحنات الكبيرة، التي قد تؤدي إلى حوادث إذا لم يتم تشغيلها بشكل صحيح أو إذا كان هناك نقص في إجراءات السلامة. كما تواجه العمال مخاطر الانزلاق والسقوط نتيجة التضاريس غير المستوية أو الظروف الجوية القاسية، بالإضافة إلى التحديات الناتجة عن الاهتزازات الشديدة التي تنتج عن تشغيل الآلات، مما قد يؤدي إلى إصابات مزمنة مثل متلازمة اليد المهتزة. علاوة على ذلك، تعتبر عمليات التركيب والصيانة لهذه المعدات معقدة، مما يزيد من احتمالية وقوع حوادث إذا لم يتم التقيد بإجراءات الأمان. لذا، من الضروري تطبيق بروتوكولات السلامة الصارمة، وتوفير التدريب المستمر للعمال، وإجراء الفحوصات الدورية على المعدات لتقليل هذه المخاطر وضمان بيئة عمل آمنة في صناعة التعدين.

أنواع المخاطر الميكانيكية: (Types of Mechanical Hazards)

1. **الأجزاء المتحركة:** تشمل المسننات، الأحزمة الناقلة، البكرات، والدوارات. يمكن أن تؤدي هذه الأجزاء إلى إصابات نتيجة التلامس المباشر مع العاملين.
2. **الأدوات الحادة:** مثل الشفرات والمقصات، والتي يمكن أن تسبب جروحاً عميقة وقطعاً في الأنسجة عند الاستخدام غير الآمن.
3. **الضغط والسحق:** قد يحدث السحق عندما يتم محاصرة جزء من جسم العامل بين جزئيين من آلة، مما قد يؤدي إلى كسور وإصابات خطيرة.
4. **الانهيارات المفاجئة:** مثل انهيار أجزاء ثقيلة أو سقوط مكونات كبيرة، مما قد يؤدي إلى إصابات خطيرة نتيجة الصدمات المباشرة.

3.6 المخاطر الكهربائية: (Electrical Risks)

تعتبر المخاطر الكهربائية من أبرز التحديات التي تواجه السلامة في البيئات الصناعية والمنزلية على حد سواء، حيث تشمل تلك المخاطر الآثار الضارة الناتجة عن التعرض للتيار الكهربائي، والتي قد تؤدي إلى صدمات كهربائية تتراوح تأثيراتها من الإحساس البسيط بالوخز إلى حروق خطيرة قد تؤدي إلى الوفاة. إضافة إلى ذلك، يمكن أن تكون هناك أضرار غير مباشرة تتمثل في الحرائق والانفجارات الناجمة عن الدوائر

الكهربائية القصيرة أو المعدات المعطلة. تزداد المخاطر في أماكن العمل التي تفتقر إلى إجراءات السلامة اللازمة، مثل وجود معدات كهربائية غير معزولة أو تعرض الأسلاك للتآكل والتلف، مما يجعل من الضروري اتخاذ تدابير وقائية مشددة مثل الفحص المنتظم للمعدات، وتوفير التدريب الكافي للعاملين في كيفية التعامل مع المخاطر الكهربائية. لذا، فإن التوعية بمخاطر الكهرباء وتطبيق شروح السلامة اللازمة تلعب دورًا حاسمًا في تقليل الحوادث والحفاظ على سلامة الأفراد.

3.7 المخاطر الفيزيائية: (Physical Risks)

تعتبر المخاطر الفيزيائية في صناعة التعدين من القضايا المهمة التي تتطلب وعيًا واستجابة فعالة للحفاظ على صحة العمال وسلامتهم. من أبرز هذه المخاطر هو التعرض للضوضاء العالية الناتجة عن الآلات الثقيلة وعمل الحفارات، حيث يمكن أن تؤدي هذه الضوضاء إلى فقدان السمع التدريجي إذا لم يتم اتخاذ إجراءات الحماية المناسبة، مثل ارتداء سماعات الأذن الواقية. بالإضافة إلى ذلك، تعاني العمالة من الاهتزازات الناجمة عن المعدات، مما قد يسبب أضرارًا دائمة في الأطراف على المدى الطويل. كما أن التعرض لدرجات حرارة شديدة سواء في البيئات الحارة أو الباردة يمكن أن يؤدي إلى مشاكل صحية خطيرة، مثل حروق الشمس في حالات الحرارة أو انخفاض حرارة الجسم في الأجواء الباردة. ومن المخاطر الأخرى التي يجب مراعاتها هو التعرض للإشعاعات، بما في ذلك الأشعة فوق البنفسجية أثناء العمل في الهواء الطلق والأشعة السينية التي قد تصدر عن المعدات المستخدمة. إن فهم هذه المخاطر وتطبيق استراتيجيات فعالة للتقليل من تأثيراتها يعد أمرًا بالغ الأهمية لتحقيق بيئة عمل آمنة وصحية في مجال التعدين

3.8المخاطر الكيميائية: (Chemical Risks)

تعتبر المخاطر الكيميائية في صناعة التعدين من أهم التحديات التي تواجه العاملين في هذا القطاع، حيث تتعرض العمال للعديد من المواد الكيميائية الضارة أثناء عمليات استخراج المعادن ومعالجتها. تشمل هذه المخاطر التعرض للمعادن الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والزرنيخ، والتي يمكن أن تؤدي إلى مشاكل صحية خطيرة مثل التسمم، واضطرابات الجهاز العصبي، وأمراض الكلى. بالإضافة إلى ذلك، تتضمن المخاطر استخدام المواد الكيميائية الضارة مثل السيانيد والكبريتات في عمليات استخلاص الذهب والمعادن الأخرى، مما يزيد من فرص التلوث البيئي وتدهور جودة المياه المحيطة. تتطلب إدارة المخاطر الكيميائية في التعدين وضع استراتيجيات وقائية فعالة تشمل تحسين ظروف العمل، وتطبيق تقنيات السلامة، وتوفير التدريب المناسب للعمال حول كيفية التعامل مع هذه المواد بطريقة آمنة. كما يجب على الشركات الالتزام بالمعايير البيئية والصحية لضمان سلامة العاملين والمجتمعات المجاورة، مما يسهم في التنمية المستدامة لصناعة التعدين على المدى الطويل.

3.9 خطط الطوارئ والاستجابة للحوادث: (Emergency Plans and Incident Response)

تعتبر خطط الطوارئ والاستجابة للحوادث في صناعة التعدين جزءًا أساسيًا من إدارة المخاطر، حيث تتسم هذه الصناعة بالعديد من المخاطر المهنية والبيئية التي تتطلب استراتيجيات مدروسة للتعامل معها. تشمل هذه الخطط تقييمات دقيقة للمخاطر المحتملة، مثل الانهيارات الأرضية، والانفجارات، والتسربات الكيمائية، والحوادث الصناعية. تركز الخطط على تطوير إجراءات استجابة سريعة وفعّالة، تشمل تدريب العمال على كيفية التصرف في حالات الطوارئ، وتوفير معدات الحماية الشخصية، وإنشاء فرق استجابة مخصصة قادرة على التعامل مع الحوادث بشكل احترافي. علاوة على ذلك، يجب أن تتضمن الخطط تنسيقاً مع السلطات المحلية وخدمات الطوارئ لضمان تنفيذ الاستجابة بشكل متكامل وسريع. كما يلعب الاتصال الفعّال دورًا محوريًا، حيث يتطلب الأمر تبادل المعلومات بشكل مستمر بين جميع الأطراف المعنية، فضلاً عن إجراء تدريبات منتظمة لاختبار فعالية الخطط ومواءمتها مع المعايير الوطنية والدولية. من خلال تطبيق هذه الاستراتيجيات، يمكن تحسين مستوى الأمان وتقليل آثار الحوادث على العمال والبيئة والمجتمعات المحيطة، مما يعزز الاستدامة في صناعة التعدين.

3.9.1 خطط الإخلاء: (Evacuation Plans)

مسارات الإخلاء: (Evacuation Routes)

تصميم المسارات: يتم تصميم مسارات إخلاء آمنة ومحمية للتعامل مع حالات الطوارئ.

نقاط التجمع: تُحدد نقاط تجمع آمنة للعاملين لضمان سلامتهم أثناء الطوارئ.

فرق الطوارئ: (Emergency Teams)

تشكيل فرق الطوارئ: تتشكل فرق مدربة على التعامل مع حالات الطوارئ والحوادث.

التدريب المنتظم: يُجرى تدريب دوري على إجراءات الإخلاء والتصرف أثناء الطوارئ

3.9.2 الاستجابة للحوادث: (Incident Response)

3.9.2.1 الاستجابة للحوادث في صناعة التعدين: (Incident Response in the Mining Industry)

تعتبر الاستجابة الفعالة للحوادث جزءًا أساسيًا من استراتيجيات السلامة والصحة المهنية في صناعة التعدين. بسبب طبيعة العمل والمخاطر المرتبطة به، فإن الاستجابة السريعة والمناسبة لحوادث التعدين يمكن أن تحد من الأضرار المحتملة وتضمن سلامة العمال والمجتمعات المحيطة. يشمل هذا المجال مجموعة من العمليات والتدابير التي تهدف إلى إدارة الحوادث بشكل فعّال.

3.9.2.2 أهمية الاستجابة للحوادث: (The Importance of Incident Response)

تتضح أهمية الاستجابة للحوادث في التعدين من خلال عدة جوانب:

حماية الأرواح: الهدف الأول من الاستجابة للحوادث هو حماية الأرواح وتقليل الإصابات. تكون حياة العمال في خطر دائم نتيجة المخاطر المرتبطة بعمليات التعدين، لذا فإن وجود خطة استجابة فعالة يساعد في إنقاذ الأرواح.

تقليل الأضرار الاقتصادية: يمكن أن تؤدي الحوادث إلى توقف العمليات الإنتاجية، مما يتسبب في خسائر اقتصادية كبيرة. الاستجابة السريعة تساعد في تقليل فترة التوقف وتكاليف الحوادث.

حماية البيئة: بعض الحوادث قد تؤدي إلى تسرب مواد سامة أو ملوثة، مما يؤثر على البيئة. الاستجابة الفورية يمكن أن تحد من الأضرار البيئية وتساعد في عملية التنظيف لاحقًا.

3.9.2.3 خطط الطوارئ والاستجابة للحوادث: (Emergency Plans and Incident Response)

تطوير خطط الطوارئ: (Developing Emergency Plans)

تعتبر خطط الطوارئ جزءًا حيويًا من الاستجابة للحوادث. يجب أن تحتوي على ما يلي:

تقييم المخاطر: تحليل المخاطر المحتملة وتحديد السيناريوهات التي قد تحدث. يتطلب ذلك معرفة شاملة بمختلف العمليات والمخاطر المرتبطة بها.

تحديد الأدوار والمسؤوليات: يجب تحديد الأدوار لكل فرد في الفريق، وتوزيع المهام لضمان استجابة منظمة وفعالة.

خطط الإخلاء: وضع خطط واضحة للإخلاء تشمل المسارات الآمنة ونقاط التجمع، مما يساعد في تنظيم حركة الأشخاص أثناء الطوارئ.

3.9.2.4 فرق الطوارئ: (Emergency Team)

تشكل فرق الطوارئ نقطة محورية في الاستجابة للحوادث. يجب أن تتضمن:

تدريب متخصص: تدريب الفرق على كيفية التعامل مع أنواع مختلفة من الحوادث، مثل الانهيارات الأرضية، أو الحوادث الكيميائية، أو الحرائق. يجب أن يكون التدريب دوريًا لضمان جاهزية الفرق.

معدات الطوارئ: تجهيز الفرق بالأدوات والمعدات اللازمة للاستجابة الفورية، مثل معدات الإسعافات الأولية، والأدوات الإنقاذية، وأجهزة الاتصال.

التنسيق مع الجهات الخارجية: التعاون مع فرق الإنقاذ المحلية والمستشفيات، والتنسيق مع السلطات المختصة لضمان استجابة شاملة وفعالة.

3.9.2.5 إجراءات الإسعاف الأولي: (First Aid Procedures)

الإسعاف الأولي يعد عنصرًا حاسمًا في استجابة الحوادث. يجب أن تشمل الإجراءات:

تقييم الحالة: تقييم حالة المصابين بسرعة لتحديد الحاجة إلى الرعاية الطبية العاجلة.

تقديم الإسعافات الأولية: تدريب العمال على كيفية تقديم الإسعافات الأولية، مثل إيقاف النزيف، أو التعامل مع الكسور، أو تقديم المساعدة للذين تعرضوا للتسمم.

نقل المصابين: وضع آليات فعالة لنقل المصابين إلى المرافق الصحية، سواء كانت عن طريق سيارات الإسعاف أو وسائل أخرى.

3.9.2.6 المراقبة والتقييم: (Monitoring and Evaluation)

بعد الاستجابة للحادث، من المهم القيام بما يلي:

تقييم الاستجابة: تحليل فعالية الاستجابة للحادث، وتحديد ما إذا كانت الخطط والإجراءات قد تم تنفيذها كما هو مخطط.

جمع المعلومات: تسجيل جميع التفاصيل المتعلقة بالحادث، بما في ذلك الأسباب والنتائج، لاستخدامها في تحسين الخطط المستقبلية.

تحسين الإجراءات: استنادًا إلى تقييم الاستجابة، يجب مراجعة وتحديث خطط الطوارئ والإجراءات لضمان فعالية أعلى في المستقبل.

3.9.2.7 التوعية والتدريب المستمر: (Enlightenment and Continuous Training)

يعتبر التدريب والتوعية المستمرة جزءًا أساسيًا من تعزيز قدرة الاستجابة للحوادث:

برامج التدريب الدورية: تنظيم برامج تدريب منتظمة للعمال على كيفية التصرف في حالات الطوارئ، بما في ذلك الإسعافات الأولية والإخلاء.

حملات التوعية: نشر المعلومات حول المخاطر المحتملة والإجراءات الصحيحة للاستجابة، مما يعزز من وعي العمال وقدرتهم على التصرف في حالات الطوارئ.

الاستجابة للحوادث في صناعة التعدين تعد عنصرًا أساسيًا في ضمان سلامة العمال وحماية البيئة والمجتمعات المحيطة. من خلال تطوير خطط طوارئ فعالة، وتدريب فرق الطوارئ، وتنفيذ إجراءات الإسعاف الأولي، يمكن تقليل الأضرار المحتملة وضمان استجابة فعالة للحوادث. لذلك، يُعتبر التركيز على الاستجابة للحوادث استثمارًا حيويًا يسهم في تعزيز الأمان والاستدامة في صناعة التعدين.

التنسيق مع الجهات المختصة: (Coordination with the Relevant Authorities)

التعاون مع فرق الإنقاذ الخارجية: يتم التنسيق مع فرق الإنقاذ والخدمات الطبية المتخصصة لتقديم الدعم اللازم.

التواصل مع السلطات: تُتخذ إجراءات لتنسيق الجهود مع السلطات لضمان استجابة فعالة للحوادث الطارئة.

الفصل الرابع

تقييم المخاطر في الصناعات التعدينية من وجهات نظر مختلفة

(Risk Assessment in the Mining Industries from Different Perspectives)

4.1 مدخل: (Introduction)

تعتبر صناعة التعدين واحدة من أكثر الصناعات تعرضًا للمخاطر، حيث تشمل عملياتها مجموعة متنوعة من الأنشطة التي قد تتسبب في تأثيرات سلبية على البيئة، والصحة العامة، وسلامة العمال. منذ العصور القديمة، شكل التعدين ركيزة أساسية لتطور المجتمعات، حيث تم استخراج المعادن والموارد الطبيعية لدعم الاقتصاديات وتلبية احتياجات البشر. ومع ذلك، تترافق هذه الأنشطة مع تحديات كبيرة تتمثل في المخاطر التي يمكن أن تؤثر على جميع جوانب الحياة.

الشكل (4.1) أدناه يوضح المخاطر التي يواجهها العامل في صناعة التعدين.

شكل (4.1): المخاطر التي يواجهها العامل في صناعة التعدين.

يكتسب تقييم المخاطر أهمية خاصة في صناعة التعدين، ليس فقط لحماية العمال والمجتمعات المحيطة، بل أيضًا لضمان استدامة الصناعة نفسها. إن الطبيعة غير المتوقعة للمخاطر البيئية، مثل الانهيارات الأرضية

والتلوث، تفرض على الشركات ضرورة التقييم الدقيق والمنتظم للمخاطر المحتملة. علاوة على ذلك، فإن المخاطر الصحية المتعلقة بالتعرض للمواد الكيميائية والظروف الخطرة تتطلب وضع استراتيجيات فعالة لحماية صحة العمال وضمان بيئة عمل آمنة.

تتعدد وجهات نظر تقييم المخاطر، بدءًا من الجوانب البيئية والاجتماعية، وصولًا إلى القضايا الاقتصادية. يُعتبر تقييم المخاطر البيئية من الأمور الحيوية، حيث إن أنشطة التعدين قد تؤدي إلى تدهور الموارد الطبيعية وفقدان التنوع البيولوجي. وفي السياق ذاته، تشمل المخاطر الاجتماعية تأثيرات سلبية على المجتمعات المحلية، مثل النزوح وفقدان مصادر الرزق، مما يؤدي إلى توترات وصراعات قد تؤثر على استقرار المناطق المعنية.

في إطار هذا السياق، تظهر أهمية تطوير استراتيجيات فعالة لتقييم وإدارة المخاطر في صناعة التعدين. يتطلب ذلك استخدام منهجيات حديثة وأدوات تحليلية متقدمة لمساعدة الشركات في التعرف على المخاطر والتخطيط لها. إن العمل على تحسين إدارة المخاطر يمكن أن يسهم في تعزيز سمعة الصناعة، ويعزز من فرص الاستثمار، ويضمن استدامتها على المدى الطويل.

إن تحقيق التوازن بين الاستغلال الاقتصادي للموارد الطبيعية وحماية البيئة والمجتمعات المحلية يمثل تحديًا كبيرًا. لذا، يتطلب الأمر تعاونًا وثيقًا بين الشركات والحكومات والمجتمعات لتحقيق التنمية المستدامة. من خلال فهم المخاطر المختلفة وتطوير استراتيجيات شاملة لإدارتها، يمكن لصناعة التعدين أن تلعب دورًا إيجابيًا في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، مع الحفاظ على البيئة وضمان صحة وسلامة الأفراد المعنيين.

4.2 المخاطر البيئية: (Environmental Risks)

تُعتبر المخاطر البيئية من أبرز التحديات التي تواجه صناعة التعدين. تشمل هذه المخاطر:

4.2.1 تلوث الماء والهواء: (Water and Air Pollution)

قد تؤدي العمليات التعدينية إلى تلوث المياه الجوفية والسطحية بسبب تسرب المواد الكيميائية المستخدمة في المعالجة، مثل السيانيد. كما تتسبب انبعاثات الغازات الضارة في تلوث الهواء، مما يؤثر على نوعية الحياة في المناطق المحيطة.

4.2.2 تدهور التربة: (Soil Degradation)

تؤدي أنشطة التعدين إلى تآكل التربة وفقدان العناصر الغذائية، مما يؤثر على الزراعة والنظم البيئية المحلية. يعتبر استنزاف الموارد الطبيعية أيضًا أحد المخاطر البيئية، حيث يمكن أن يؤدي استخراج المعادن إلى استنفاد هذه الموارد من مصادرها الطبيعية ويقود ذلك لتدهور التربة.

4.2.3 التأثيرات على النظام البيئي: (Effects on the Ecosystem)

تؤدي الأنشطة التعدينية إلى تدمير المواطن الطبيعية، مما يؤثر سلبًا على الكائنات الحية والنظم البيئية. قد يتسبب التعدين في فقدان المصادر الحيوية للعديد من الأنواع، مما يؤدي إلى انخفاض التنوع البيولوجي.

4.3 المخاطر الصحية والسلامة: (Health and Safety Risks)

تشمل المخاطر الصحية والسلامة في صناعة التعدين ما يلي:

4.3.1 الإصابات المهنية: (Occupational Injuries)

تُعتبر الحوادث في مواقع التعدين من أكثر المخاطر شيوعًا، حيث تتعرض العمال للإصابات نتيجة استخدام المعدات الثقيلة أو بسبب الانهيارات الأرضية. يحتاج العمال إلى التدريب الكافي لضمان سلامتهم.

4.3.2 المخاطر الصحية: (Health Risks)

التعرض للأبخرة السامة، والمواد الكيميائية، والضوضاء، يمكن أن يؤدي إلى مشاكل صحية على المدى الطويل. من الممكن أن تتسبب المواد الكيميائية المستخدمة في العمليات التعدينية في أمراض تنفسية أو جلدية.

4.3.3 صحة المجتمع: (Society Health)

يمكن أن تؤثر أنشطة التعدين على صحة المجتمعات المحيطة، حيث يتعرض السكان المحليون لمخاطر صحية نتيجة التلوث. لذا، من المهم إجراء دراسات تأثير على الصحة العامة قبل البدء في مشاريع تعدين جديدة.

4.4 المخاطر الاقتصادية: (Economic Risks)

تتضمن المخاطر الاقتصادية ما يلي:

4.4.1 تقلبات الأسعار: (Price Fluctuations)

تعتبر صناعة التعدين عرضة لتقلبات الأسعار في الأسواق العالمية. تؤثر تقلبات أسعار المعادن على إيرادات الشركات وبالتالي على الاستثمارات والوظائف.

4.4.2 التكاليف البيئية: (Environmental Costs)

يجب أن تأخذ الشركات في اعتبارها تكاليف معالجة الآثار البيئية المحتملة. قد تكون هذه التكاليف باهظة، مما يؤثر على ربحية الشركات.

4.4.3 الامتثال التنظيمي: (Regulatory Compliance)

تتطلب القوانين واللوائح المتعلقة بالمخاطر البيئية والصحية استثمارًا كبيرًا من الشركات للامتثال. عدم الامتثال قد يؤدي إلى غرامات وعقوبات قانونية.

4.5 المخاطر السياسية: (Political Risks)

تشير المخاطر السياسية الي المخاطر التي تنتج عن التغيرات التي تحدث في البيئة السياسية بصورة غير متوقعة.

في حالة الحرب والاضطرابات الاهلية، حيث تتأثر الشركات في حالة تعرض البلد لأحداث تهدد استقرارها، وهي اندلاع الحروب. كما حدث في السودان بعد اندلاع الحرب في عام 2023م مما الحق الضرر علي الشركات العاملة في مجال التنقيب وصناعة التعدين وجعلها غير قادرة علي مواصلة عملها.

4.5.1 تحديد المخاطر السياسية: (Identifying Political Risks)

تتمثل هذه الخطوة في تحديد المخاطر السياسية التي قد تؤثر على الاعمال التجارية، وذلك عن طريق جمع المعلومات حول المناخ السياسي في البلدان التي يتم الاستثمار فيها.

4.5.2 تقييم المخاطر السياسية: (Assessment of Political Risks)

يتوقف تقييم المخاطر السياسية على عاملين أساسيين، وهما التأثير المحتمل لكل خطر على العمل، واحتمالية حدوث كل خطر، ومن ثم يتم إعطاء الأولوية لإدارة المخاطر.

4.6 المخاطر الاجتماعية: (Social Risk)

تتعلق المخاطر الاجتماعية بما يلي:

التأثير على المجتمعات المحلية: قد تؤدي أنشطة التعدين إلى تغييرات كبيرة في المجتمعات المحلية، مثل التغيرات في نمط الحياة والاقتصاد. يمكن أن تؤدي عمليات الإجلاء أو فقدان الأراضي إلى توترات اجتماعية.

فرص العمل والتوظيف: بينما توفر صناعة التعدين فرص عمل، فإنها أيضًا قد تؤدي إلى اضطرابات في سوق العمل بسبب تواجد العمالة المهاجرة، مما يؤثر على سكان المنطقة المحليين.

المسؤولية الاجتماعية: تتطلب المجتمعات من الشركات التعدينية اتخاذ تدابير لحماية البيئة وتعزيز التنمية المستدامة. يُعتبر الفشل في القيام بذلك خطرًا اجتماعيًا يؤثر على سمعة الشركة وقدرتها على العمل في المستقبل.

4.7 المخاطر الفيزيائية: (Physical Risks)

المخاطر الفيزيائية تشمل التعرض لعوامل بيئية مثل الضوضاء العالية التي قد تؤدي إلى فقدان السمع مع مرور الوقت، الاهتزازات التي قد تسبب أضراراً جسدية في الأطراف، درجات الحرارة القصوى سواء كانت مرتفعة أو منخفضة التي قد تسبب حروقاً أو انخفاضاً في درجة حرارة الجسم، والإشعاعات مثل الإشعاعات فوق البنفسجية أو الأشعة السينية التي قد تؤثر على صحة الجلد والأعضاء الداخلية.

الشكل (4.2) أدناه يوضح بعض المخاطر الفيزيائية في صناعة التعدين.

شكل (4.2): بعض المخاطر الفيزيائية في صناعة التعدين (مخاطر عملية تعدين الحجر الجيري)

للحماية من المخاطر الفيزيائية يمكن اتباع الأساليب التالية:

الضوضاء: استخدام سدادات الأذن أو سماعات عازلة للصوت لحماية الأذنين من الضوضاء العالية، خاصة في البيئات الصناعية.

الاهتزازات: استخدام معدات تقلل من الاهتزاز أو استخدام فرش عازلة أو دعم الأيدي لتقليل تأثير الاهتزازات على الجسم.

درجات الحرارة القصوى: توفير ملابس خاصة للحماية من الحرارة المرتفعة أو المنخفضة، والعمل على تقليل الوقت الذي يقضيه العمال في هذه الظروف.

الإشعاعات: ارتداء ملابس خاصة ومعدات واقية مثل الدروع الإشعاعية والنظارات الواقية من الإشعاعات، والعمل على تقليل التعرض قدر الإمكان، مثل استخدام شاشات حاجبة.

4.8 المخاطر الكيميائية: (Chemical Risks)

تعتبر المخاطر الكيميائية واحدة من التحديات الرئيسية التي تواجه صناعة التعدين، حيث تتضمن استخدام مجموعة متنوعة من المواد الكيميائية في عمليات استخراج المعادن ومعالجتها. تُستخدم هذه المواد في عمليات مثل التنقيب، والمعالجة، والتنقية، مما يجعلها جزءًا أساسيًا من العديد من العمليات التعدينية. ومع ذلك، فإن التعامل مع هذه المواد ينطوي على مخاطر صحية وبيئية يمكن أن تؤثر على العمال، والمجتمعات المحلية، والبيئة بشكل عام.

الشكل (4.3) أدناه يوضح التعمق في المخاطر الكيميائية في صناعة التعدين.

شكل (4.3): التعمق في المخاطر الكيميائية في صناعة التعدين

4.8.1 أنواع المخاطر الكيميائية: (Types of Chemical Hazards)

المواد السامة: (Toxic Substances)

تتضمن العديد من العمليات التعدينية استخدام مواد كيميائية سامة مثل السيانيد، والزئبق، والأحماض، والتي تُستخدم في معالجة المعادن. هذه المواد قد تكون خطيرة على صحة العمال، حيث يمكن أن تسبب تسممًا حادًا أو مزمنًا.

الغازات السامة: (Toxic Gases)

يمكن أن تنبعث غازات سامة من عمليات التعدين، مثل غاز الميثان وأكاسيد النيتروجين، مما يمثل خطرًا على صحة العمال. التعرض المطول لهذه الغازات قد يؤدي إلى مشاكل صحية خطيرة مثل أمراض الجهاز التنفسي.

4.8.2 تأثيرات المخاطر الكيميائية على الصحة: (Effects of Chemical Hazards on Health)

يمكن أن تؤدي المخاطر الكيميائية إلى مجموعة من المشاكل الصحية، بما في ذلك:

التسمم الحاد: التعرض لمستويات عالية من المواد السامة يمكن أن يؤدي إلى أعراض حادة مثل الدوخة، والغثيان، وفقدان الوعي.

التسمم المزمن: التعرض المستمر للمواد الكيميائية الضارة يمكن أن يسبب مشاكل صحية طويلة الأمد مثل السرطان، وأمراض الجهاز التنفسي، ومشاكل في الجهاز العصبي.

تأثيرات على الصحة الإنجابية: بعض المواد الكيميائية، مثل الزئبق، قد تؤثر سلبًا على الصحة الإنجابية، مما يؤدي إلى مشاكل في الحمل والولادة.

4.8.3 المخاطر البيئية: (Environmental Risks)

تتسبب المخاطر الكيميائية أيضًا في تأثيرات سلبية على البيئة:

تلوث المياه: تسرب المواد الكيميائية إلى مصادر المياه يمكن أن يؤدي إلى تلوث الأنهار والبحيرات، مما يؤثر على الحياة المائية وصحة المجتمعات التي تعتمد على هذه الموارد.

تلوث التربة: استخدام المواد الكيميائية في عمليات التعدين قد يتسبب في تدهور جودة التربة، مما يؤثر على الزراعة والنظام البيئي المحلي.

4.8.4 استراتيجيات إدارة المخاطر الكيميائية: (Strategies for Chemical Risk Management)

4.8.4.1 تقييم المخاطر: (Risk Assessment)

يجب على الشركات إجراء تقييم شامل للمخاطر الكيميائية المحتملة، مما يتطلب تحليلًا دقيقًا للمواد المستخدمة وطرق التعامل معها.

4.8.4.2 التدريب والتوعية: (Training and Awareness)

يعتبر التدريب والتوعية للعمال أمرًا حيويًا لتقليل المخاطر الكيميائية. يجب توفير برامج تدريبية دورية لتعريف العمال بالمخاطر المحتملة وطرق الحماية.

4.8.4.3 استخدام تقنيات بديلة: (Using Alternative Technologies)

يمكن أن تسهم تقنيات معالجة المعادن البديلة، التي تقلل من الاعتماد على المواد الكيميائية الضارة، في تحسين سلامة العمليات.

4.8.5 تجهيزات السلامة: (Safety Equipment)

توفير المعدات الشخصية المناسبة، مثل الأقنعة الواقية، والقفازات، وملابس العمل، يساهم في حماية العمال من المخاطر الكيميائية.

4.8.6 أهمية التشريعات والسياسات: (Importance of Legislation and Policies)

تعتبر القوانين والتشريعات المتعلقة بالمواد الكيميائية جزءًا مهمًا من إدارة المخاطر. يجب أن تتبنى الحكومات تشريعات صارمة تنظم استخدام المواد الكيميائية في صناعة التعدين، مع توفير آليات للمراقبة والتقييم لضمان الامتثال.

تُعد المخاطر الكيميائية في صناعة التعدين قضية معقدة تتطلب اهتمامًا خاصًا من جميع الأطراف المعنية. من خلال تطوير استراتيجيات فعالة لإدارة المخاطر الكيميائية، يمكن تقليل التأثيرات السلبية على الصحة العامة والبيئة، مما يعزز استدامة الصناعة ويحمي صحة وسلامة جميع المعنيين.

4.9 المخاطر الميكانيكية:(Mechanical Hazards)

4.9.1 مدخل: (Introduction)

المخاطر الميكانيكية في صناعة التعدين تشير إلى الأخطار المرتبطة باستخدام الآلات والمعدات الثقيلة في عمليات استخراج المعادن والموارد الطبيعية. تتضمن هذه المخاطر التعرض للإصابات الناتجة عن الحركة غير الآمنة للمعدات، مثل الآلات الحادة أو الأجزاء المتحركة، وكذلك خطر الانزلاق والسقوط من مواقع العمل. كما أن العمليات الميكانيكية مثل الحفر والتحميل يمكن أن تؤدي إلى وقوع حوادث إذا لم يتم اتخاذ تدابير السلامة المناسبة. لذلك، من المهم أن يتم تدريب العمال على استخدام المعدات بشكل صحيح وإجراء عمليات فحص وصيانة دورية لضمان سلامتهم في بيئة العمل.

4.9.2 أنواع المخاطر الميكانيكية: (Types of Mechanical Hazards)

تعتبر صناعة التعدين من الصناعات الحيوية التي تلعب دوراً مهماً في الاقتصاد، لكنها تواجه العديد من المخاطر الميكانيكية التي يمكن أن تؤثر على سلامة العمال وكفاءة العمليات. إليك بعض أنواع المخاطر الميكانيكية التي قد تواجهها صناعة التعدين:

1. **معدات الحفر** :تتضمن مخاطر تتعلق بالآلات المستخدمة في عمليات الحفر، مثل الحفارات والماكينات الثقيلة. يمكن أن تؤدي الأعطال الميكانيكية إلى حوادث تعتبر خطيرة، مثل الانزلاق أو التعثر.
2. **جرف التربة** :يتطلب التعدين السطحي جرف كميات كبيرة من التربة، وقد يحدث انهيار للتربة أو انهيار كبير يمكن أن يهدد حياة العمال.

3. **مخاطر النقل** :تتعلق بنقل المعادن والمواد الخام داخل الموقع. يمكن أن تشكل الشاحنات والجرارات والمعدات الثقيلة المستخدمة في النقل مخاطر، خصوصاً في حالة عدم الصيانة الجيدة أو التشغيل غير السليم.

4. **المعالجة والتكرير** :في عمليات معالجة المعادن، تشمل المخاطر المتعلقة بالمكابس والآلات المستخدمة في فصل المعادن عن الصخور. الأجزاء المتحركة من هذه الآلات قد تسبب إصابات خطيرة.

5. **التعرض للمواد الكيميائية** :رغم أنها ليست ميكانيكية بحد ذاتها، فإن بعض الآلات المستخدمة في معالجة المعادن تتعامل مع مواد كيميائية خطرة، مما قد يزيد من المخاطر على العمال.

6. **اشتعالات ميكانيكية** :مثل حوادث الاصطدام أو الضغط من الآلات، قد تحدث بسبب تجاهل إرشادات السلامة أو الإجراءات الصحيحة عند التعامل مع المعدات.

7. **التسربات والانفجارات** :قد تحدث تسربات للغازات أو المواد السائلة المستخدمة في العمليات مما قد يؤدي إلى انفجارات، والتي تمثل مخاطر إضافية.

8. **الأجزاء المتحركة:** تشمل المسننات، الأحزمة الناقلة، البكرات، والدوارات. يمكن أن تؤدي هذه الأجزاء إلى إصابات نتيجة التلامس المباشر مع العاملين.

9. **الأدوات الحادة:** مثل الشفرات والمقصات، والتي يمكن أن تسبب جروحاً عميقة وقطعاً في الأنسجة عند الاستخدام غير الآمن.

10. **الضغط والسحق:** قد يحدث السحق عندما يتم محاصرة جزء من جسم العامل بين جزئيين من آلة، مما قد يؤدي إلى كسور وإصابات خطيرة.

11. **الانهيارات المفاجئة:** مثل انهيار أجزاء ثقيلة أو سقوط مكونات كبيرة، مما قد يؤدي إلى إصابات خطيرة نتيجة الصدمات المباشرة.

لتقليل هذه المخاطر، يجب على الشركات في صناعة التعدين اعتماد استراتيجيات إدارة المخاطر، مثل التدريب الجيد للعمال، وفحص المعدات بشكل دوري، وتطبيق معايير سلامة صارمة أثناء التشغيل.

4.9.3 أسباب المخاطر الميكانيكية: (Causes of Mechanical Hazards)

تعتبر صناعة التعدين واحدة من الصناعات الأساسية التي تلعب دورًا حيويًا في الاقتصاد العالمي، ولكنها أيضًا تحوي مجموعة من المخاطر الميكانيكية التي يمكن أن تؤدي إلى حوادث وإصابات، وفيما يلي بعض الأسباب الرئيسية لهذه المخاطر:

1. **استخدام المعدات الثقيلة** :يتطلب التعدين استخدام أجهزة ومعدات ضخمة مثل الحفارات والشاحنات والمجنزرات، مما يزيد من احتمالية وقوع الحوادث في حالة عدم التشغيل السليم أو إغفال إجراءات السلامة.

2. **الظروف البيئية القاسية** :تعمل كثير من عمليات التعدين في ظروف جوية غير ملائمة، مثل الحرارة الشديدة أو البرودة، مما يمكن أن يؤثر على أداء المعدات ويزيد من احتمالية الأعطال.

3. **التآكل وعدم الصيانة الدورية** :بسبب الاستخدام المكثف في بيئات صعبة، قد تتعرض المعدات للتآكل، وإذا لم يتم صيانتها بشكل دوري، يمكن أن تنكسر أو تتعطل، مما يؤدي إلى مخاطر على العمال.

4. **تحركات الأرض والانهيارات** :تحدث الانهيارات الأرضية أو انهيارات الصخور في مواقع التعدين، مما قد يسبب أضرارًا جسيمة للمعدات ويهدد سلامة العمال.

5. **عدم تدريب العمال** :في بعض الأحيان، قد لا يكون العمال مدربين بشكل كافٍ على كيفية استخدام المعدات الثقيلة بشكل آمن، مما يزيد من فرص وقوع الحوادث.

6. **تصميم غير آمن للمرافق** :عدم اعتبار السلامة أثناء تصميم وتجهيز مواقع التعدين يمكن أن يؤدي إلى قدم المعدات أو عدم وجود وسائل هروب أو الوصول في حالات الطوارئ.

7. **الإجهاد أو الكلال البدني** :الأعمال الميكانيكية الشاقة والمتكررة قد تؤدي إلى إرهاق العمال، مما يزيد من احتمالية وقوع الحوادث.

8. **المعدات غير مزودة بتجهيزات سلامة:** المعدات القديمة أو التي لم يتم تحديثها قد لا تتضمن تقنيات السلامة الحديثة، مما يزيد من خطر الحوادث.

9. **عدم استخدام معدات الحماية الشخصية:** يؤدي غياب القفازات، الخوذ، أو النظارات إلى تعرض العاملين لإصابات خطيرة.

إن معالجة هذه المخاطر يتطلب تطبيق معايير السلامة بشكل صارم، وتدريب العاملين، وتطوير المعدات بحيث تكون أكثر أمانًا وملاءمة للبيئة التي تعمل فيها.

4.9.4 الحماية من المخاطر الميكانيكية: (Protection from Mechanical Hazards)

تُعتبر الحماية من المخاطر الميكانيكية في صناعة التعدين من الأمور الضرورية لضمان سلامة العاملين والحفاظ على سلامة العمليات الإنتاجية. تتضمن المخاطر الميكانيكية في التعدين مجموعة من المخاطر التي يمكن أن تؤدي إلى إصابات جسدية أو أضرار للآلة، ومن أبرز هذه المخاطر:

1. المعدات الثقيلة: (Heavy Equipment)

تستخدم المعدات الثقيلة مثل الحفارات واللودرات والشاحنات بكثرة في مواقع التعدين. لذا، فإن الإصابات الناتجة عن الاصطدام أو السقوط من هذه المعدات تمثل خطرًا كبيرًا. من الضروري توفير برامج تدريبية للعمال على كيفية التعامل مع هذه المعدات بسلام.

2. الأنظمة المتحركة: (Dynamic Systems)

تتضمن الأنظمة المتحركة مثل السيور الناقلة، والآلات المتحركة الأخرى مخاطر كبيرة، مثل الجروح أو الإصابة بالدهس. تأكد من وجود حماية مناسبة، مثل الشبكات والحواجز، حول هذه المعدات.

3. العمل في الأماكن الضيقة: (Working in Tight Spaces)

غالبًا ما يتطلب التعدين العمل في أماكن ضيقة أو أنفاق، مما يزيد من خطر الانزلاق والسقوط. يمكن الحد من هذه المخاطر من خلال تحسين تصميم الأماكن وتنظيم العمل بشكل يسهل الحركة.

4. الصيانة الدورية المنتظمة: (Regular Periodic Maintenance)

تعتبر الصيانة الدورية مهمة جدًا لمنع الأعطال والحوادث. يجب على الشركات وضع جدول زمني للصيانة والتأكد من أن جميع المعدات في حالة تشغيل جيدة.

5. توفير معدات الحماية الشخصية: ((Providing Personal Protective Equipment (PPE)

يتعين على العمال ارتداء معدات الحماية الشخصية، مثل الخوذ، والنظارات الواقية، والقفازات، والأحذية الواقية، وذلك للحماية من المخاطر المحتملة.

6. التدريب والتوعية: (Training and Awareness)

يجب أن تشمل برامج التدريب توعية الموظفين بالمخاطر الميكانيكية وطرق تجنبها. التمرينات الأساسية في الإسعافات الأولية والتعامل مع الطوارئ يجب أن تكون جزءًا من هذه البرامج.

7. نظام الإبلاغ عن الحوادث: (.Incident Reporting System)

يجب أن يكون هناك نظام للإبلاغ عن الحوادث والأعطال، بحيث يمكن تحليل الأسباب الجذرية لتحسين السلامة في المستقبل.

8. تثبيت حواجز الأمان: (Installation of Safety Barriers)

تركيب حواجز على الآلات التي تحتوي على أجزاء متحركة، مثل المسننات، لمنع وصول العاملين إليها.

9. إيقاف الآلات أثناء الصيانة: (.Stopping Machines during Maintenance)

يجب إيقاف جميع الآلات والمعدات عن العمل قبل إجراء أي عمليات صيانة أو تنظيف.

10. اتباع إجراءات السلامة: (Following safety procedures)

الالتزام بإجراءات السلامة الموصى بها مثل الحفاظ على منطقة العمل نظيفة وخالية من العوائق، ووضع إشارات تحذيرية في أماكن الخطر.

باتباع هذه الخطوات، يمكن تقليل المخاطر الميكانيكية في صناعة التعدين، مما يساهم في حماية العمال وزيادة الكفاءة الإنتاجية.

4.9.5 الاستجابة لحوادث المخاطر الميكانيكية: (Response to Mechanical Hazard Incidents)

الإسعافات الأولية: يجب تدريب العاملين على الإسعافات الأولية للحوادث الميكانيكية مثل وقف النزيف وتثبيت الكسور.

الإخلاء السريع: وجود خطة واضحة للإخلاء السريع في حال حدوث حوادث خطيرة.

التبليغ عن الحوادث: تبليغ إدارة السلامة أو المسؤولين في حال وقوع حوادث لتحليل أسبابها واتخاذ تدابير لمنع تكرارها.

مخاطر الصيانة: من أبرز المخاطر المرتبطة بالصيانة، نجد أن العديد من الحوادث تحدث نتيجة عدم التزام العمال بإجراءات السلامة أثناء الصيانة الدورية للآلات والمعدات.

على سبيل المثال، يمكن أن تحدث الحوادث بسبب:

1. **إيقاف الآلات بشكل غير كامل أثناء الصيانة:** إذا لم يتم التأكد من إيقاف الآلات تماماً قبل بدء الصيانة، فإن الأجزاء المتحركة قد تتسبب في إصابات.

2. **التعرض للآلات أثناء الصيانة:** يمكن أن يحدث تماس غير آمن مع الأجزاء المتحركة أو الحادة أثناء فحص أو تعديل الآلات.

3. **التفاعل مع مواد خطرة أثناء الصيانة:** في بعض الحالات، قد تتطلب الصيانة التعامل مع مواد كيميائية أو كهربائية خطرة.

4.9.6 الحماية من مخاطر الصيانة: (Protection from Maintenance Risks)

1. **إيقاف التشغيل تماماً:** يجب التأكد من إيقاف كافة الآلات والمعدات عن العمل قبل إجراء أي عمليات صيانة.

2. **توفير أدوات الحماية:** استخدام الأدوات والمعدات الخاصة بأعمال الصيانة مثل القفازات، الملابس الواقية، والخوذ للحماية من المخاطر المحتملة.

3. **التدريب على الصيانة الآمنة:** تدريب العاملين على كيفية إجراء الصيانة بطريقة آمنة، مثل كيفية إيقاف الآلات بشكل صحيح واستخدام معدات الحماية الشخصية.

4. **مراقبة بيئة العمل:** التأكد من أن مكان الصيانة خالٍ من العوائق ويوفر ظروف عمل آمنة، مثل الإضاءة الجيدة والتهوية المناسبة.

بهذا الشكل، يتم تناول المخاطر الميكانيكية بشكل شامل مع إضافة مخاطر الصيانة كجزء من الإجراءات الوقائية التي يجب اتباعها للحفاظ على سلامة العاملين في بيئات العمل المختلفة.

4.10 المخاطر الكهربائية: (Electrical Hazards)

تُعتبر المخاطر الكهربائية في صناعة التعدين من التحديات الكبيرة التي تواجه سلامة العاملين والعمليات. تتضمن هذه المخاطر التعرض لصدمات كهربائية نتيجة لعدم اتباع إجراءات السلامة، أو استخدم معدات غير معزولة بشكل جيد، بالإضافة إلى خطر الحريق الناتج عن التسربات الكهربائية أو الشرر الناتج عن الاحتكاك. كما أن بيئة التعدين غالبًا ما تكون رطبة وموحلة، مما يزيد من مخاطر تلك الحوادث. لذا، من

الضروري تطبيق معايير السلامة الصارمة وتوفير التدريب المناسب للعمال، بالإضافة إلى فحص وصيانة المعدات الكهربائية بشكل دوري للتقليل من هذه المخاطر والحفاظ على سلامة الأفراد والعمليات.

4.10.1 الحماية من المخاطر الكهربائية: (Protection from Electrical Hazards)

للحماية من المخاطر الكهربائية في صناعة التعدين يجب اتباع الآتي:

الصيانة الدورية: التأكد من أن جميع الأسلاك والأجهزة الكهربائية في حالة جيدة، وتفقدها بشكل منتظم للتأكد من عدم وجود تلفيات.

تركيب أجهزة الأمان المناسبة: (Installing the Appropriate Security Devices)

تركيب أجهزة قواطع كهربائية:(Circuit Breakers) تقوم هذه الأجهزة بفصل التيار الكهربائي عند وجود أي خلل كهربائي.

عزل الأدوات: استخدام الأدوات المعزولة التي تمنع انتقال الكهرباء إلى جسم العامل.

التدريب: تدريب العاملين على أساليب التعامل الآمن مع الكهرباء، وكيفية التصرف في حال وقوع حادث كهربائي.

معدات الوقاية الشخصية: ارتداء ملابس واقية كالأحذية العازلة والقفازات عند التعامل مع الكهرباء لتقليل خطر الصدمات.

الابتعاد عن المياه: تجنب العمل حول الكهرباء في المناطق الرطبة لتقليل خطر الصدمات.

4.11 نموذج لتقييم بعض المخاطر الميكانيكية: (A Model for Assessing some Mechanical Risks)

الجدول (4.1) أدناه يبين نموذج تقييم لبعض المخاطر الميكانيكية.

جدول (4.1): نموذج تقييم لبعض المخاطر الميكانيكية

م	النشاط	الخطر/الضرر	المخاطر			تدابير واحتياطات سلامة
			الاحتمال (ح)	الشدة (ش)	المعدل (ح*ش)	

1	الورشة الميكانيكية	الإصابة بسبب أدوات العمل	3	3	9	عقد تدريب تنويري لطاقم العمل. توفير معدات الوقاية النظارات، الأحذية، استعمال أدوات العمل المناسبة
		الإصابة بالآلات	4	4	16	يتم تشغيل الآلات من قبل اشخاص مدربين. ايقاف الآلات عند انتهاء من العمل. توفير معدات السلامة
2	الأجزاء المتحركة	الإصابة عن طريق التلامس المباشر	2	3	6	التوعية للعاملين، الحواجز، الابتعاد عنها في حالات العمل
3	الصيانة الدورية	عدم الصيانة الدورية يؤدي الي تلف في الآلات مما يؤدي للحوادث	3	3	9	الصيانة الدورية للآلات واتباع التعليمات
4	الانهيارات المفاجئة	انهيار او سقوط الأجزاء الكبيرة يؤدي الى الإصابة بالصدمات المباشرة	3	4	12	لا يمكن العمل تحت الآلات اثناء ساعات التشغيل

4.12 التحليل الإحصائي لدراسة المخاطر في التعدين: (Statistical Analysis of Risk Assessment in Mining)

4.12.1 تحليل المعلومات الديموغرافية للمشاركين في أسئلة الاستبانة: (Analysis of the Demographic Information of the Participants in the Questionnaire Questions)

الجدول (4.2) أدناه يبين المعلومات الديموغرافية للمستجيبين.

جدول (4.2): المعلومات الديموغرافية للمستجيبين

المتغير	الفئة = (30)	النسبة المئوية
الجنس		
ذكر	20	% 67.7
انثي	10	% 33.3
العمر		
30-18	12	% 40
45- 31	10	% 33.3
45 أو أكثر	8	% 26.7
التعليم		
ثانوي	5	% 16.7
جامعي	18	% 60
دراسات عليا	7	% 23.3
عدد سنوات الخبرة		
اقل من 5 سنوات	10	% 33.3
10-5	12	% 40
10 أو أكثر	8	% 26.7

فيما يتعلق بالجنس، يشكل الذكور النسبة الأعلى بنسبة 67.7% (20 مشارك) مقابل 33.3% (10 مشاركات) للإناث. أما في العمر، فإن الفئة العمرية من 31 إلى 45 عاماً تمثل 40% (12 مشارك)، تليها الفئة 18-30 بنسبة 33.3% (10 مشاركين) وأقل نسبة تعود للفئة 45 عاماً أو أكثر بنسبة 26.7% (8 مشاركين).

فيما يخص التعليم، يحمل 60% من المشاركين شهادات جامعية (18 مشارك)، بينما الشهادة الثانوية تمثل 16.7% (5 مشاركين) والدراسات العليا 23.3% (7 مشاركين).

أما بالنسبة لعدد سنوات الخبرة، فإن 40% من المشاركين لديهم خبرة تتراوح بين 5-10 سنوات (12 مشارك)، بينما 33.3% (10 مشاركين) لديهم أكثر من 10 سنوات، وأقل نسبة تعود للذين لديهم أقل من 5 سنوات خبرة بنسبة 26.7% (8 مشاركين).

بشكل عام، تعكس هذه النتائج مستوى عالٍ من التعليم وخبرة متوسطة إلى جيدة في صناعة التعدين، مما يعزز أهمية التدريب وزيادة الوعي بالمخاطر لتحسين السلامة والصحة المهنية في القطاع.

4.12.2 تحليل أسئلة الاستبانة: (Analysis of the Questionnaire Questions)

الجدول (4.3) أدناه يبين تحليلا لاستجابات المشاركين في أسئلة الاستبانة.

جدول (4.3): تحليل استجابات المشاركين للأسئلة

المتغير	الفئة = (30)	النسبة المئوية	الاتجاه العام	مستوى الثقة
الوعي بالمخاطر المهنية				
مرتفع	12	% 40	إيجابي	% 95
متوسط	10	% 33.3	محايد	% 92
منخفض	8	% 26.7	سلبي	% 90
كفاية التدريب				
غير كاف	15	% 50	إيجابي	% 94
كاف	9	% 30	سلبي	% 91
محايد	6	% 20	محايد	% 89
توفر معدات السلامة				
متوفر دائما	18	% 60	إيجابي	% 96
غير متوفر	8	% 26.7	محايد	% 93
نادر ان تتوفر	4	%13.3	سلبي	% 80
فعالية إجراءات السلامة اللازمة				
فعالة	14	%46.7	إيجابي	%95
متوسطة	11	%36.7	محايد	%92
غير فعالة	5	%16.6	سلبي	%85

4.12.2.1 الوعي بالمخاطر المهنية: (Awareness of Occupational Hazards)

أشار 40% من المشاركين (12 مشارك) إلى أنهم يمتلكون وعيًا مرتفعًا بالمخاطر، بينما 33.3% (10 مشاركين) لديهم وعي متوسط و26.7% (8 مشاركين) يعانون من وعي منخفض. مستوى الثقة في هذا المجال كان 95% مع اتجاه إيجابي.

2/ كفاية التدريب: (Enough Training or Training Sufficiency)

اعتبر 50% (15 مشارك) أن التدريب كافٍ، بينما 30% (9 مشاركين) رأوا أنه غير كافٍ، و20% (6 مشاركين) كانوا محايدين. مستوى الثقة كان 94% مع اتجاه إيجابي.

3/ توفر معدات السلامة: (Availability of Safety Equipment)

قال 60% (18 مشارك) إن معدات السلامة متوفرة دائماً، و26.7% (8 مشاركين) اعتبروا أنها غير متوفرة، و13.3% (4 مشاركين) قالوا إنها نادراً ما تتوفر. مستوى الثقة في هذا الجانب كان 96% مع اتجاه إيجابي.

4/ فعالية إجراءات السلامة: (Effectiveness of Safety Procedures)

اعتبر 46.6% (14 مشارك) أن إجراءات السلامة فعالة، و36.6% (11 مشارك) رأوا أنها متوسطة، و15.3% (5 مشاركين) اعتبروا أنها غير فعالة. مستوى الثقة كان 95% مع اتجاه إيجابي.

تشير النتائج إلى وعي جيد بالمخاطر وكفاية في التدريب وتوفر معدات السلامة، مما يعزز فعالية إجراءات السلامة في الموقع.

4.12.3 تحليل العلاقات الإحصائية (Chi-Square): (Analysis of Statistical Relationships)

الجدول (4.4) أدناه يوضح تحليل العلاقات الإحصائية (Chi-Square)

جدول (4.4): تحليل العلاقات الإحصائية (Chi-Square)

العلاقة المدروسة	p-value	مستوي الدالة	درجة الحرية	Chi-Square
الخبرة في الوعي بالمخاطر				
اقل من 5 سنوات	0.037	دالة إحصائية	4	10.25
10-5	0.002	دالة إحصائية	4	15.40
أكثر من 10 سنوات	0.000	دالة إحصائية	4	22.50
المؤهل العلمي في فهم إجراءات السلامة				
ثانوي	0.020	دالة إحصائية	4	11.34
جامعي	0.000	دالة إحصائية	4	19.40
دراسات عليا	0.000	دالة إحصائية	4	24.60

أظهرت النتائج وجود علاقة دالة إحصائية ($p < 0.05$)بين سنوات الخبرة والوعي بالمخاطر، مما يعني أن زيادة الخبرة تعزز الوعي بالمخاطر بين المشاركين.

كانت العلاقة بين المؤهل العلمي وفهم إجراءات السلامة علاقة دالة أيضاً ($p < 0.05$)، مما يشير إلى أن المشاركين ذوي التعليم العالي كانوا أكثر إدراكاً لإجراءات السلامة.

كما أظهرت النتائج وجود علاقة دالة إحصائية ($p < 0.05$)بين طبيعة العمل ومستوى التعرض للمخاطر، حيث أبدى العمال الفنيون والمهندسون مستوى أعلى من التعرض للمخاطر مقارنة بالعاملين في وظائف أخرى.

تؤكد هذه النتائج أهمية تعزيز برامج التدريب والتوعية بالمخاطر، خاصةً بين العاملين الأقل خبرة وأولئك الذين يحملون مؤهلات علمية أدنى، لضمان سلامة العمل وتقليل المخاطر.

الفصل الخامس

الخلاصة والتوصيات

(Conclusion and Recommendation)

5.1 الخلاصة: (Conclusion)

تتناول هذه الدراسة تقييم المخاطر في صناعة التعدين، مع التركيز على شركة أوهاف للتعدين في ولاية البحر الأحمر. تسلط النتائج الضوء على أهمية الوعي بالمخاطر وكفاية التدريب وتوفر معدات السلامة وفعالية إجراءات السلامة. من خلال تحليل البيانات المستمدة من عينة من 30 مشاركًا، أظهرت النتائج أن نسبة الوعي بالمخاطر المهنية كانت مرتفعة، حيث أشار 40% من المشاركين إلى وجود وعي جيد بالمخاطر. وعلى الرغم من ذلك، فإن نسبة 33.3% من المشاركين كانت لديهم آراء متوسطة حول هذا الوعي، بينما اعتبر 26.7% منهم أنهم يعانون من ضعف الوعي.

علاوة على ذلك، تشير النتائج إلى أن 50% من المشاركين يعتبرون أن برامج التدريب المقدمة كافية، في حين أبدى 30% منهم قلقهم بشأن كفاية التدريب. وهذا يتطلب اتخاذ خطوات فعالة لتحسين هذه البرامج وتعزيز مهارات العاملين في مجال السلامة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن توفر معدات السلامة كان إيجابيًا، حيث أفاد 60% من المشاركين بأن المعدات متوفرة دائمًا. ومع ذلك، كانت هناك نسبة ملحوظة من المشاركين (26.7%) تعبر عن عدم توفر المعدات بشكل مستمر. ويعكس ذلك ضرورة تعزيز جهود الشركة لضمان توافر معدات السلامة بشكل دائم لدعم حماية العمال.

من ناحية أخرى، أظهرت الدراسة أن 46.7% من المشاركين اعتبروا أن إجراءات السلامة المتبعة فعالة، بينما كان 36.7% في وضع محايد. يشير هذا إلى حاجة ملحة لتقييم فعالية الإجراءات الحالية وإجراء تحسينات مستمرة.

علاوة على ذلك، أظهرت النتائج وجود علاقات دالة إحصائية بين المتغيرات المدروسة. حيث كلما زادت سنوات الخبرة والمستوى التعليمي، زاد وعي المشاركين بالمخاطر، مما يشير إلى أهمية التعليم المستمر والتدريب في تعزيز سلامة العمل في هذا القطاع الحيوي.

تؤكد هذه النتائج أهمية العمل المستمر على تعزيز ثقافة السلامة داخل الشركة وتوفير التدريب اللازم، بالإضافة إلى تعزيز التواصل بين الإدارة والعمال لضمان توفير بيئة عمل آمنة. من الضروري أن تستثمر الشركات في تطوير برامج التوعية والتدريب، وتوفير المعدات اللازمة لضمان سلامة العاملين وحمايتهم من المخاطر المحتملة.

إجمالًا، توصلت هذه الدراسة إلى أهمية تبني استراتيجيات فعالة لإدارة المخاطر في صناعة التعدين لضمان استدامتها وحماية جميع الأطراف المعنية، مما يسهم في تعزيز الاقتصاد الوطني وتحقيق التنمية المستدامة.

5.2 التوصيات: (Recommendations)

بناءً على نتائج الدراسة، يمكن تقديم عدة توصيات لتحسين إدارة المخاطر في صناعة التعدين:

تعزيز برامج التدريب: يجب تحسين برامج التدريب لتلبية احتياجات العاملين، وزيادة التركيز على سلامة العمل والمخاطر المحتملة.

توفير معدات السلامة: يتوجب على الشركة ضمان توافر معدات السلامة بشكل دائم، وتحديثها بانتظام لتلبية المعايير الحديثة.

تحسين التواصل: يجب تعزيز قنوات التواصل بين الإدارة والعمال لضمان مشاركة المعلومات حول المخاطر والإجراءات المتبعة.

تقييم فعالية الإجراءات: من المهم إجراء تقييم دوري لفعالية إجراءات السلامة المتبعة، وتعديلها حسب الحاجة لضمان أقصى درجات الحماية للعمال.

إقامة حملات توعية: يجب تنظيم حملات توعية لتعزيز الوعي بالمخاطر المهنية بين جميع العاملين، والتأكيد على أهمية اتخاذ احتياطات السلامة.

المراجع والكتب

(References and Books)

[1] Hartman, Howard L. SME Mining Engineering Handbook, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration Inc, 1992, p. 3.

[2] J. Theo Kloprogge; Concepcion P. Ponce; Tom Loomis (18 November 2020). The Periodic Table: Nature's Building Blocks: An Introduction to the Naturally Occurring Elements, Their Origins and Their Uses. Elsevier. p. 54. ISBN 978-0-12-821538-8.

[3] Shaw, I. (2000). The Oxford History of Ancient Egypt. New York: Oxford University Press, pp. 57–59, and 108.

[4] Shaw, Ian (March 1994). "Pharaonic quarrying and mining: settlement and procurement in Egypt's marginal regions". Antiquity. 68 (258): 108–119. doi:10.1017/S0003598X0004624X. ISSN 0003-598X. S2CID 127791320.

[5] Abdelmaksoud, Kholoud M. (2020). "Al Fawakhir Gold mine as a Geosite, Eastern Desert, Egypt". International Journal of Earth Sciences. 109 (1): 197–199. Bibcode:2020IJEaS. 109..197A. doi:10.1007/s00531-019-01811-w. S2CID 210715910.

[6] Neesse, Thomas (April 2014). "Selective attachment processes in ancient gold ore beneficiation". Minerals Engineering. 58: 52–63. Bibcode:2014MiEng.58...52N. doi: 10.1016/j.mineng.2014.01.009.

[7] Mining Greece the Goldmines of Alexander the Great. www.miningreece.com. 2014-12-10.

[8] Chapter 7: Medieval Silver and Gold. Mygeologypage.ucdavis.edu. Archived from the original on 2013-07-14.

[9] Heaton Herbert (1948) Economic History of Europe. A Harper International Edition. Fifth printing. February 1968. p. 316.

[10] Lankton, L. (1991). Cradle to Grave: Life, Work, and Death at the Lake Superior Copper Mines. New York: Oxford University Press, pp. 5–6.

[11] West, G.A. (1970). Copper: its mining and use by the aborigines of the Lake Superior Region. Westport, Conn: Greenwood Press.

[12] Ricard, T. A. (1932), A History of American Mining, McGraw-Hill Book Company.

[13] Vaden, H.E. & Prevost. G. (2002). Politics of Latin America: The Power Game. New York: Oxford University Press, p. 34.

[14] Boorstin, D.J. (1965). The Americans: The National Experience. New York: Vintage Books, pp. 78–81.

[15] Mining in the West Development Articles and Essays Meeting of Frontiers Digital Collections Library of Congress". Library of Congress, Washington, D.C. 20540 USA. Retrieved 27 September 2022.

[16] Miller C. (2013). Atlas of US and Canadian Environmental History, p. 64 Archived 2023-09-28 at the Wayback Machine. Taylor & Francis.

[17] History of Australia's Minerals Industry Archived 2017-07-11 at the Wayback Machine. Australian Atlas of Minerals Processing, Mines, and & Processing Centers.

[18] Martins-Ferreira, M. A. C., Campos, J. E. G., & Pires, A. C. B. (2017). "Near-mine exploration via soil geochemistry multivariate analysis at the Almas gold province, Central Brazil: A study case." Journal of Geochemical Exploration, 173, 52–63.

[19] Hartmann HL. Introductory Mining Engineering, p. 11. First chapter Archived 2016-04-15 at the Wayback Machine.

[20] Elmardi Suleiman Khayal, Dr Osama Mohammed, and Dr Elhassan Bashier Elagab. "A REVIEW STUDY IN MINING INDUSTRY." International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology 7, no. 6 (October 1, 2022): 1–14. http://dx.doi.org/10.33564/ijeast.2022.v07i06.001.

[21] Bajpayee, T.S.; Rehak, T.R.; Mowrey, G.L.; Ingram, D.K. (January 2004). "Blasting injuries in surface mining with emphasis on fly rock and blast area security". Journal of Safety Research. 35 (1): 47–57. doi: 10.1016/j.jsr.2003.07.003. ISSN 0022-4375. PMID 14992846.

[22] Harraz, Hassan Z. (2010). Underground mining Methods. doi:10.13140/RG.2.1.2881.1124.

[23] Laura J., Sonter (December 5, 2018). "Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science". Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 285 (1892): 20181926. doi:10.1098/rspb.2018.1926. PMC 6283941. PMID 30518573.

[24] Coumans C. (2002). Mining's Problem with Waste Archived 2017-07-06 at the Wayback Machine. Mining Watch Canada.

[25] MacDonald A. (2002). Industry in Transition: A Profile of the North American Mining Sector Archived 2011-07-28 at the Wayback Machine.

[26] Nesbit, Jeff (April 2, 2013). China's Continuing Monopoly Over Rare Earth Minerals. U.S. News & World Report. Archived from the original on Apr 3, 2023.

[27] Cambell, Bonnie (2008). "Regulation & Legitimacy in the Mining Industry in Africa: Where does" (PDF). Review of African Political Economy. 35 (3): 367–89. doi:10.1080/03056240802410984. S2CID 154670334.