ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพจากการทำเหมืองทองคำแบบใหม่

ชัชวาลย์ จันทรวิจิตร*

บทคัดย่อ การทำเหมืองทองคำแบบใหม่ได้สร้างความกังวลให้แก่สาธารณชนในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ บทความนี้จะนำเสนอองค์ความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการทำเหมืองทองคำแบบใหม่และผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น ทั้งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพ จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยพบว่า การทำเหมืองทองคำแบบใหม่จะมีลักษณะเป็นเหมืองแบบเปิด ต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อค้นหาทองคำที่มีอยู่ในสัดส่วนน้อยมาก การทำเหมืองทองคำอาจทำให้เกิดฝุ่นละออง เสียงดังและแรงสั่นสะเทือนที่อาจสร้างผลกระทบต่อประชาชนที่อยู่ใกล้เคียง อีกทั้งในกระบวนการสกัดแร่จะต้องใช้ไซยาไนด์เป็นจำนวนมาก สารนี้มีความเป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ การเปิดหน้าดินทำให้สารโลหะหนักที่เป็นเพื่อนแร่หลายชนิด เช่น สารหนู ตะกั่ว แมงกานีสและปรอทแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ การทำเหมืองทองคำขนาดใหญ่ยังเกี่ยวข้องกับปัญหาโรคติดต่อ การเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจและวิถีชีวิตของชุมชน ดังนั้น รัฐควรสนับสนุนให้มีการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนที่อยู่บริเวณโดยรอบในทุกโครงการเหมืองทองคำแบบใหม่

คำสำคัญ: *เหมืองทองคำ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลกระทบต่อสุขภาพ มลพิษจากเหมือง*

Abstract **Environmental and Health Impacts from Modern Gold Mining**

Chudchawal Juntarawijit
Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University

Modern gold mining is of great concern on environmental and human health impacts. Based on literature review, this article presented information on gold mining process and its related environmental and health effects. It was found that modern gold mining mostly employs open-pit technique and uses a huge area to explore a tiny amount of gold concentrate. Mining often generates enough dust, noise, and vibration to affect nearby residents. Modern gold extraction process employs a large amount of cyanide, a highly toxic compound to living organism and human. Ore exploration might also release coexisting heavy metal, such as arsenic, lead, manganese and mercury. Moreover, a large gold mining might involve communicable diseases and the change of social, economic and community lifestyle. Government should support a study on a health impact on every project of modern gold mining.

Keywords: *gold mining, environmental impact, health impact, mine pollution*

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทนำ

ทองคำ (Gold) เป็นธาตุโลหะหนักที่มีค่าและเป็นที่ต้องการมากที่สุดในโลก เนื่องจากคุณสมบัติที่โดดเด่นในหลายด้าน ทั้งในด้านความสวยงาม มีความคงทน สามารถนำมาหลอมใช้ใหม่ได้ และเป็นสิ่งที่มีน้อยหรือหาได้ยาก นอกจากนี้ ทองคำยังเป็นสิ่งที่รัฐบาลสะสมเพื่อเป็นทุนสำรองทางการเงินของประเทศ[1] จากความต้องการทองคำที่มากขึ้นและปริมาณทองคำที่เหลือน้อย ทำให้รูปแบบการทำเหมืองทองคำในปัจจุบันมีความแตกต่างไปจากเดิมมาก จากที่เคยทำเป็นเหมืองขนาดเล็กโดยใช้ปรอทและเทคโนโลยีอย่างง่ายในการสกัดทอง ปรับเปลี่ยนมาเป็นการทำเหมืองทองคำแบบใหม่ (modern gold mining) ซึ่งมีรูปแบบเป็นการทำเหมืองขนาดใหญ่ ที่ต้องอาศัยเครื่องจักรและสารเคมีเป็นจำนวนมาก เพื่อช่วยสกัดทองคำที่เจือปนอยู่ในดินในสัดส่วนที่น้อยมากออกมา สารเคมีที่นิยมใช้ในการสกัดทองคือไซยาไนด์ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีพิษร้ายแรงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม[2] ด้วยเหตุนี้การทำเหมืองทองคำจึงมีโอกาสที่จะสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนได้มาก ดังตัวอย่างประสบการณ์ที่เกิดขึ้นในการทำเหมืองทองคำในจังหวัดเลยและในอีกหลายพื้นที่ทั่วโลก[3-4] ด้วยเหตุนี้ องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดให้การทำเหมืองทองคำเป็นอาชีพที่มีอันตรายมากที่สุดอาชีพหนึ่ง[5]

จากรายงานของกรมทรัพยากรธรณีเมื่อ พ.ศ. 2544 ระบุว่า ประเทศไทยมีแหล่งแร่ทองคำที่มีศักยภาพในการผลิตอยู่ 9 แหล่ง ส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณจังหวัดในภาคเหนือ ได้แก่ พิจิตร พิษณุโลก เพชรบูรณ์ สุโขทัย แพร่ เชียงราย รวมถึงจังหวัดเลยและประจวบคีรีขันธ์ ในปัจจุบัน ได้เริ่มดำเนินการขุดแร่แล้ว 2 แห่ง คือ แหล่งทองชาตรี อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร เริ่มดำเนินงานเมื่อ พ.ศ. 2544 และแหล่งทองภูทับฟ้า อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย เริ่มดำเนินการเมื่อ พ.ศ. 2549 ทั้งสองแห่งใช้วิธีการทำเหมืองแบบเหมืองเปิดและใช้สารละลายไซยาไนด์ในการสกัดแร่[6] ที่เหลือยังอยู่ในระหว่างดำเนินการ ในอนาคตจึงคาดว่าการทำเหมืองทองคำจะเป็นธุรกิจที่สำคัญและจะมีเหมืองทองคำเกิดขึ้นในอีกหลายพื้นที่ของประเทศ

บทความนี้จะอธิบายขั้นตอนการทำเหมืองทองคำ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการทำเหมืองทองคำแบบใหม่ โดยใช้กระบวนการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากเอกสารที่เผยแพร่ในวารสารทางวิชาการ หนังสือและบทความทั้งในระดับชาติและระดับนานาชาติ เพื่อเป็นข้อมูลเชิงวิชาการในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์จากโครงการทำเหมืองทองคำ

ขั้นตอนการทำเหมืองทองคำ

การทำเหมืองทองคำอาจแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้[2]

1. ขั้นตอนการสำรวจ (exploration)

ในขั้นตอนแรกเป็นการหาปริมาณและความเป็นไปได้ในการทำเหมือง โดยเริ่มจากการสำรวจ การเก็บข้อมูลในพื้นที่และการขุดเจาะ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการตัดและทำลายต้นไม้เป็นบริเวณกว้าง เพื่อนำรถและอุปกรณ์ที่จำเป็นเข้าไปในพื้นที่

2. ขั้นเตรียมการ (project development)

หลังจากสำรวจหาพื้นที่โครงการแล้ว ขั้นต่อไปคือการพัฒนาโครงการซึ่งประกอบด้วยหลายขั้นตอน ได้แก่ การสร้างถนน การตัดต้นไม้และการปรับพื้นที่ การก่อสร้างอาคารสำนักงานและที่พักอาศัย เป็นต้น จึงมักก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น สภาพภูมิประเทศเปลี่ยนแปลงไป การเกิดมลพิษทางอากาศ และเสียงดัง

3. ขั้นลงมือทำเหมือง (active mining)

ขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการทำเหมืองทองคำ ซึ่งมีสองแบบ คือ การทำเหมืองเปิด (open-pit mining) และการทำเหมืองใต้ดิน (underground mining) ในที่นี้จะอธิบายเฉพาะการทำเหมืองเปิด ซึ่งเป็นรูปแบบการทำเหมืองทองคำที่พบในประเทศไทยในปัจจุบัน

การทำเหมืองเปิดจะเริ่มต้นจากการเปิดหน้าดินที่ปกคลุมแร่ออกก่อน จากนั้นจึงเป็นการขุดและขนแร่ ในขั้นตอนนี้จะใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ ได้แก่ รถขุด รถตัก และรถบรรทุก รวมถึงระเบิดเพื่อช่วยในการขุดดินและแร่

4. การกำจัดหน้าดินและเศษหิน (disposal of over-burden and waste rock)

ก่อนที่จะขุดแร่ จะต้องเคลื่อนย้ายดินและหินที่ปิดทับอยู่ด้านบน หรือที่เรียกว่า "หน้าดิน" (overburden) ออกก่อน การจัดการหน้าดินเหล่านี้เป็นปัญหาที่จัดการได้ยากเนื่องจากมีจำนวนมาก และบางครั้งอาจปนเปื้อนด้วยสารพิษ โดยทั่วไปจึงใช้การกองทิ้งไว้ในบริเวณเหมืองซึ่งอาจเป็นการกองบนพื้นราบหรือในหลุมที่ผ่านการขุดแร่ออกไปแล้ว

5. การขุดแร่ (ore extraction)

หลังจากเปิดหน้าดินเรียบร้อยแล้ว จะเป็นการขุดแร่ขึ้นมาและลำเลียงไปยังโรงแต่งแร่โดยเครื่องจักรขนาดใหญ่ เช่น รถตัก รถพ่วง รถบรรทุกเทท้าย ในขั้นตอนนี้จะทำให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการขุดแร่และการทำงานของเครื่องจักร อาจทำให้เกิดปัญหาฝุ่นละออง เสียงดังและแรงสั่นสะเทือน

6. การสกัดทองคำ (gold beneficiation)

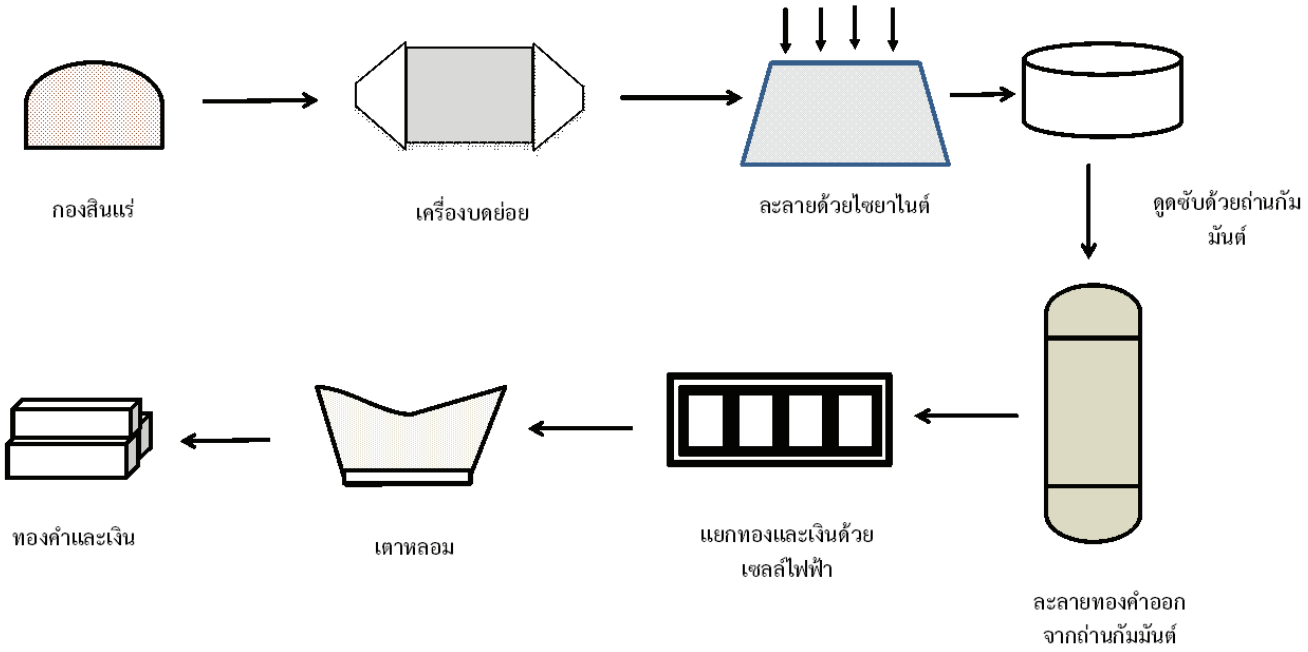
เนื่องจากทองคำเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่เพียงเล็กน้อยในก้อนแร่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการสกัดเอาทองคำออกมา ในขั้นตอนนี้จะเริ่มตั้งแต่การย่อยขนาดก้อนแร่ให้มีขนาดเล็กลงก่อน (รูปที่ 1) จากนั้นจะนำไปผ่านกระบวนการชะละลาย (leaching) โดยใช้สารละลายไซยาไนด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.03 ถึง ร้อยละ 0.05 แล้วแต่องค์ประกอบของแร่ แร่ที่มีซัลไฟด์เป็นองค์ประกอบจะต้องใช้สารไซยาไนด์มากขึ้น[7] จากนั้นจึงทำการแยกทองคำออกจากสารละลายโดยการใส่ผงถ่านกัมมันต์ ตามด้วยขั้นตอนการแยกทองคำออกจากถ่านกัมมันต์ด้วยสารไซยาไนด์ และการแยกทองคำออกจากสารละลายด้วยการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า ในขั้นตอนสุดท้าย คือ การหลอมทองคำให้เป็นแท่งเพื่อเตรียมส่งไปสกัดให้เป็นทองคำบริสุทธิ์ในห้องปฏิบัติการต่อไป[3]

7. การกำจัดขี้แร่ (tailing disposal)

หลังจากสกัดเอาแร่ออกไปแล้ว ส่วนที่เหลือซึ่งมีลักษณะเป็นโคลนเหลว (slurry) จะถูกเรียกว่า "ขี้แร่" (tailing) ซึ่งประกอบด้วยสารเคมีที่ใช้ในการแยกแร่ (ไซยาไนด์) สารโลหะหนักที่ละลายออกมาจากก้อนแร่ และเศษแร่บางส่วนที่ตกค้างอยู่ (รูปที่ 2) เนื่องจากมีปริมาณมากและถ้าขาดระบบกำจัด โดยทั่วไปขี้แร่มักจะถูกเก็บไว้ในบ่อที่สร้างขึ้นภายในโครงการ

8. การปิดและฟื้นฟูสภาพเหมือง (site reclamation and closure)

ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการฟื้นฟูสภาพเหมือง ซึ่งมี



รูปที่ 1 กระบวนการสกัดแร่ทองคำ

(ก) สภาพพื้นที่ภายในเหมือง

ที่มา: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b /be/Malartik_mine_-_Osisko.JPG

(ข) กองหน้าดิน (Overburden)

ที่มา: By Anne LaBastille, 1938-, Photographer (NARA record: 1422473) - U.S. National Archives and Records Administration, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17115066

(ค) น้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด (Acid mine drainage)

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_impact_of_mining#/media/File:Rio_tinto_river_CarolStoker_NASA_Ames_Research_Center.jpg

(ง) สภาพพื้นที่หลังการขุดแร่

ที่มา: ไทยพับลิก้า, http://thaipublica.org/wp-content/uploads/2013/11/%E0%B8%97%E0%B8%B8%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%84%E0%B8%B3-2-640x426.jpg

รูปที่ 2 สภาพพื้นที่และมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองทองคำ

วัตถุประสงค์เพื่อปรับสภาพพื้นที่ให้กลับมามีสภาพเหมือนหรือคล้ายเดิมมากที่สุด และที่สำคัญคือเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสารพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้หลังจากเหมืองถูกปิดแล้วสิบหรือร้อยปี

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

การทำเหมืองทองคำแบบใหม่อาจก่อให้เกิดสิ่งคุกคามต่อสุขภาพและการเปลี่ยนแปลงปัจจัยกำหนดสุขภาพในหลายด้าน ดังนี้ (ตารางที่ 1)[4]

ตารางที่ 1 ผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในการทำเหมืองทองคำ

กิจกรรม	การเปลี่ยนแปลงปัจจัยกำหนดสุขภาพ		ผลกระทบต่อสุขภาพ
	การเปลี่ยนแปลงขั้นต้น	การเปลี่ยนแปลงขั้นกลาง	
การสำรวจแร่และการพัฒนาโครงการ	- ฝุ่นละออง - ก๊าซพิษ - เสียงดัง - การทำลายป่า - การอพยพย้ายถิ่น - อุบัติเหตุจากรถยนต์และเครื่องจักร	- สูญเสียแหล่งอาหาร - การเปลี่ยนแปลงสภาพสังคม	- โรคในระบบทางเดินหายใจ - การบาดเจ็บ - ความเดือนร้อนรำคาญ - โรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์และโรคเอดส์ - ภาวะทุพโภชนาการ - โรคมาลาเรีย - ความเครียด
การทำเหมือง			
- การเปิดหน้าดิน - การขุดแร่ - การแต่งแร่ - การกำจัดขยะและน้ำเสีย - การฟื้นฟูสภาพ	- ไซยาไนด์ - สารโลหะหนัก - แรงสั่นสะเทือน - เสียงดัง - ฝุ่นละออง - ก๊าซพิษ - การอพยพย้ายถิ่น - อุบัติเหตุจากรถยนต์ และเครื่องจักร	- การปนเปื้อนน้ำใต้ดิน - การปนเปื้อนน้ำผิวดิน - ทรัพย์สินเสียหาย - การสูญเสียป่าและแหล่งอาหาร - การเปลี่ยนแปลงทางสังคม - การเปลี่ยนแปลงทัศนียภาพ	- ปัญหาสุขภาพจากสารไซยาไนด์ - ปัญหาสุขภาพจากสารโลหะหนัก - ความเดือดร้อนรำคาญ - โรคในระบบทางเดินหายใจ - โรคผิวหนัง - โรคเอดส์ - โรคมาลาเรีย - ภาวะทุพโภชนาการ - ความเครียด - การเสียชีวิตและบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ - ความแตกแยกของชุมชน - การจ้างงาน และภาวะเศรษฐกิจของชุมชน

อันตรายจากสารไซยาไนด์

จากการที่มีการใช้สารไซยาไนด์เป็นจำนวนมาก โดยเฉลี่ยประมาณ 1,760 ตันต่อแห่งต่อปี[3] และการกักเก็บในบ่อหรือเขื่อน ทำให้การรั่วไหลของไซยาไนด์มีโอกาสเกิดขึ้นได้สูง ซึ่งไซยาไนด์มีคุณสมบัติที่เอื้อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้หลายทาง สารนี้สามารถระเหยกลายเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์และเข้าสู่ร่างกายโดยทางลมหายใจ และในสภาพที่เป็นของเหลว สามารถเข้าสู่ร่างกายผ่านทางน้ำและอาหาร นอกจากนี้ไซยาไนด์ยังสามารถซึมผ่านผิวหนังจากการสัมผัสดินที่ปนเปื้อนได้ ยิ่งกว่านั้นยังมีรายงานว่า ไซยาไนด์สามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นได้สารประกอบอีกกว่าร้อยชนิด สารเหล่านี้บางชนิดอาจจะมีความเป็นพิษสูงและสะสมในสิ่งแวดล้อมได้[7]

อันตรายที่สำคัญของไซยาไนด์คือการทำให้ร่างกายขาดออกซิเจน เมื่อเข้าสู่ร่างกาย ไซยาไนด์จะไปยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่ทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจน ส่งผลให้ระบบการลำเลียงออกซิเจนไม่สามารถทำงานได้เต็มที่[8] องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (USEPA)[9] ได้กำหนดให้ไซยาไนด์เป็นสารที่มีอันตรายร้ายแรงต่อมนุษย์ การรับสัมผัส

ที่ระดับความเข้มข้นเพียง 100-300 ส่วนในล้านส่วน หรือเท่ากับการกินสารละลายที่มีความเข้มข้นของไซยาไนด์ร้อยละ 2 เพียงแค่หนึ่งช้อนชาก็อาจทำให้เสียชีวิตได้ ที่ความเข้มข้นต่ำลงมาจะทำให้เกิดอาการชนิดเฉียบพลันหลายอย่าง ได้แก่ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ คลื่นไส้ หายใจถี่ ตาและผิวหนังมีอาการระคายเคือง ส่วนผลกระทบเรื้อรังจากการรับสัมผัสเป็นเวลานาน มีตั้งแต่การเกิดผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง เช่น ปวดศีรษะ มึนงง ชา มือสั่น สายตาพร่ามัว ทำให้เกิดผลเสียต่อหัวใจและระบบทางเดินหายใจ รบกวนการทำงานของต่อมไทรอยด์และทำให้ต่อมไทรอยด์โต นอกจากนี้ ยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อตาและผิวหนัง[10]

การศึกษาผลกระทบจากการทำเหมืองทองคำในจังหวัดเลยพบว่า ประชาชนในพื้นที่รอบๆ เหมืองมีสารไซยาไนด์ในเลือด ผลจากการตรวจวัดสารไซยาไนด์ในเลือดของประชาชนในพื้นที่รอบๆ เหมืองทองคำจำนวน 6 หมู่บ้าน ตรวจพบสารไซยาไนด์ในเลือดจำนวน 54 ราย จากทั้งหมด 279 ราย คิดเป็นความชุกเฉลี่ยร้อยละ 19 โดยพบมากในหมู่ที่ 1 (ร้อยละ 45) และหมู่ที่ 2 (ร้อยละ 39) ในจำนวน 54 คนนี้มี 20 คน (ร้อยละ 37) มีสารไซยาไนด์ในเลือดสูงเกินค่ามาตรฐาน (มากกว่าหรือเท่ากับ 0.1 มคก./มล.) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาไม่สามารถสรุปได้ว่าปัญหานี้เกิดมาจากเหมืองทองคำ[3]

อันตรายจากสารโลหะหนัก

การทำเหมืองแร่เป็นกระบวนการก่อให้เกิดการแพร่กระจายสารโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากทำให้เกิดน้ำเสียที่มีสภาพเป็นกรด (acid mine drainage) (รูปที่ 2) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารซัลไฟด์ที่พบได้ทั่วไปในดินกับน้ำและอากาศเกิดเป็นกรดซัลฟิวริก น้ำที่มีสภาพเป็นกรดนี้จะไปละลายสารโลหะหนักและสารพิษอื่นๆ ที่อยู่ในดินออกมา สารโลหะหนักที่มักพบร่วมกับแร่ทองคำ คือ สารหนู ปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม[11-12] การแพร่กระจายของโลหะหนักอาจเกิดขึ้นในระหว่างการทำเหมือง และจะเกิดขึ้นต่อไปเป็นเวลานับร้อยปีหลังสิ้นสุดโครงการ โดยการแทรกซึมสู่น้ำใต้ดิน ถูกชะล้างและไหลลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน และปนเปื้อนดิน[13] จากข้อมูลในช่วงปี ค.ศ. 1988 มีการประเมินว่า ร้อยละ 35 ของสารหนูและร้อยละ 22 ของตะกั่วที่ระบายสู่สิ่งแวดล้อมทั่วโลกเกิดมาจากอุตสาหกรรมผลิตโลหะและการทำเหมืองแร่[14]

การทำเหมืองแร่ในอดีตทำให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนสารโลหะหนักในหลายพื้นที่ทั่วโลก ทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย ได้แก่ การปนเปื้อนสารหนูและโลหะหนักอื่นจากเหมือง Villa de la Paz-Matehuala, San Luis Potosi ในประเทศเม็กซิโก[15] การปนเปื้อนสารหนูในตำบลร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช(16) การปนเปื้อนสารตะกั่ว แคดเมียม สังกะสีและทองแดงในดินและพืชที่อยู่ใกล้เหมืองตะกั่วและสังกะสีในประเทศเกาหลี[17] การปนเปื้อนทองแดง ตะกั่ว สังกะสี แคดเมียมและสารหนูจากเหมืองร้างในเมือง Boccheggiano ในประเทศอิตาลี[18] รวมถึงอีกหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา[19] จีน[20] โมร็อกโก[21] อินเดีย[22]

อันตรายของสารโลหะหนักที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองทองคำ มีดังนี้

สารหนู เป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงมากหากอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ สามารถทำอันตรายต่อระบบของร่างกายหลายระบบ ได้แก่ ทำให้เกิดความผิดปกติของผิวหนัง หรือที่เรียกว่า “โรคไข้ดำ” โรคเบาหวาน และโรคมะเร็งในส่วนต่างๆ ของร่างกาย ได้แก่ ผิวหนัง ตับ กระเพาะปัสสาวะ และปอด ทำให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาทและระบบไหลเวียนโลหิต นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของเด็ก ทำให้เกิดความผิดปกติของทารก การตายคลอด (still birth) และลดระดับไอคิวของเด็ก[23]

ตะกั่ว เป็นสารที่ทำอันตรายต่อสมองและระบบประสาท กลุ่มเสี่ยงสูงคือเด็ก สารตะกั่วจากมารดาสามารถส่งผ่านไปสู่ทารกได้ การได้รับสารตะกั่วแม้ในระดับที่ต่ำก็สามารถทำให้เกิดความผิดปกติของพัฒนาการทางสมองและจิตใจ ทำให้ความสามารถในการเรียนรู้ของเด็กต่ำลง สมาธิสั้น และมีปัญหาในการเข้าสังคม นอกจากนี้สารตะกั่วยังถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง (probable human carcinogen) และมีหลักฐานว่าเป็นสารที่จะรบกวนการทำงานของฮอร์โมน[24]

แคดเมียม อันตรายที่สำคัญคืออันตรายต่อไต นอกจาก

นั้น ยังทำให้เกิดความผิดปกติของกระดูกโครงสร้างและระบบทางหายใจ อีกทั้งยังเป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้เกิดโรคมะเร็งปอด การรับสัมผัสสารในระหว่างตั้งครรภ์จะทำให้เกิดผลกระทบต่อทารก ทำให้เด็กมีน้ำหนักแรกคลอดต่ำ และจะส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้และพฤติกรรมของเด็กอีกด้วย นอกจากนี้แคดเมียมยังอาจสร้างผลเสียต่อระบบเจริญพันธุ์[25]

แอนติโมนี สามารถทำอันตรายต่อร่างกายได้หลายอย่าง ตั้งแต่การทำให้เกิดโรคมะเร็งปอดอันเนื่องมาจากการรับสัมผัสทางการหายใจ ทำให้ปอด กระเพาะ ลำไส้และหัวใจทำงานผิดปกติ นอกจากนี้สารนี้ยังสามารถสะสมในตับ ไต และเลือด และก่อผลกระทบต่ออวัยวะเหล่านี้[26]

ผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ

การทำเหมืองแร่จะทำให้เกิดสารมลพิษทางอากาศได้ในหลายขั้นตอน ทั้งในช่วงการพัฒนาและดำเนินงานโครงการ ได้แก่ ปัญหาฝุ่นละอองจากการเปิดหน้าดิน การขุด และการแต่งแร่ การเกิดก๊าซพิษจากการทำงานของเครื่องจักรและรถบรรทุก หากจำแนกตามแหล่งกำเนิด มลพิษทางอากาศอาจมาจากแหล่งกำเนิด 3 แหล่ง ดังนี้[27]

1. แหล่งกำเนิดชนิดเคลื่อนที่ (mobile sources) ได้แก่ มลพิษที่เกิดจากเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่ใช้ในการเปิดหน้าดิน รถบรรทุกที่ใช้ขนดินและแร่ และรถยนต์ สารมลพิษทางอากาศจากแหล่งนี้ ได้แก่ ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สารอินทรีย์ระเหย ซึ่งจะเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดก๊าซโอโซน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์

2. แหล่งกำเนิดชนิดอยู่กับที่ (stationary sources) ก่อมลพิษที่อาจมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ในโครงการ หรือกระบวนการหลอมด้วยความร้อนสูง ซึ่งจะทำให้เกิดสารพิษระเหยสู่อากาศได้หลายชนิด เช่น ปรอท สารหนู ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และโลหะหนักอื่นๆ

3. แหล่งอื่นๆ ที่มีการฟุ้งกระจายของสารมลพิษ (fugitive emissions) หมายถึง การปล่อยสารมลพิษอากาศในช่องทางอื่นนอกเหนือจากปล่องควัน (stack) หรือท่อระบายที่ใช้ระบายมลพิษตามปกติ แหล่งกำเนิดของมลพิษประเภทนี้ที่พบได้ทั่วไป ได้แก่ ฝุ่นจากการระเบิด กองขี้แร่และบ่อกักเก็บ กองเศษดิน กองเก็บวัสดุ การขนถ่าย กิจกรรมการก่อสร้าง และฝุ่นจากถนน

ฝุ่นละออง เป็นปัญหาใหญ่ของการทำเหมืองทองคำ มีหลายกระบวนการที่ทำให้เกิดฝุ่นละออง ทั้งการขุด การตัก การลำเลียงและการบดย่อยแร่ มีรายงานว่าฝุ่นจากเหมืองอาจปนเปื้อนด้วยสารโลหะหนักและมีองค์ประกอบที่เป็นซิลิก้า[5] ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่พบได้ทั่วไปในเปลือกโลก การหายใจเอาฝุ่นซิลิก้าเข้าไปจะทำให้เกิดโรคซิลิโคสิสซึ่งเป็นโรคปอดร้ายแรง โรคนี้จะทำให้ปอดสูญเสียประสิทธิภาพในการลำเลียงออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกาย[28] ฝุ่นเหล่านี้อาจทำอันตรายต่อคนงานในเหมืองและประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียง

ก๊าซพิษ นอกจากฝุ่นละอองแล้ว การใช้เครื่องจักร การถลุงแร่ การระเหยของสารเคมีจากบริเวณกองเศษดินหรือกองแร่ จะทำให้เกิดก๊าซพิษได้อีกหลายชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และโอโซน[27] ก๊าซเหล่านี้อาจทำให้เกิดผลกระทบที่หลากหลาย มีตั้งแต่การระคายเคืองต่อเยื่อบุตา จมูก ระบบทางเดินหายใจ ไปจนถึงการทำให้เกิดโรคร้ายแรงในระบบหัวใจและปอดได้หากรับสัมผัสเป็นระยะเวลานาน[29]

ความเดือดร้อนรำคาญจากเสียงดังและแรงสั่นสะเทือน

การระเบิด การใช้เครื่องจักรและรถบรรทุกอาจทำให้เกิดเสียงดังและแรงสั่นสะเทือนที่มากพอที่จะทำให้ประชาชนที่อยู่ใกล้พื้นที่โครงการรู้สึกเครียดหรือรำคาญ โดยเฉพาะถ้าเสียงดังเกิดขึ้นในช่วงเวลาพักผ่อนของประชาชน มีรายงานว่าความเครียดมีความสัมพันธ์กับโรคกระเพาะอาหาร โรคความดันโลหิตสูง ปัญหาการนอนไม่หลับ และอาการอื่นๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับความเครียด[30] แรงสั่นสะเทือนที่เกิดจากเหมืองอาจทำให้บ้านเรือนและสิ่งปลูกสร้างในชุมชนได้รับความเสียหาย

การปนเปื้อนของแหล่งน้ำ

น้ำเสียจากเหมืองจะมีลักษณะเป็นกรดและปนเปื้อนด้วยสารโลหะหนัก หากมีการจัดการไม่ดีอาจทำให้เกิดการปน

เปื้อนแหล่งน้ำในพื้นที่ใกล้เคียง สร้างผลกระทบต่อการใช้น้ำของชุมชน สัตว์ป่าและสิ่งมีชีวิตในน้ำ การทำเหมืองยังเป็นสาเหตุของการพัดพาของตะกอนดินลงสู่แหล่งน้ำ สร้างปัญหาความตื้นเขินของแหล่งน้ำ ทำให้น้ำมีความขุ่นสูง จนปลาและสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ นอกจากนี้หากเกิดการรั่วซึมของบ่อกักเก็บขี้แร่ อาจทำให้สารพิษแพร่กระจายลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ปัญหาในลักษณะนี้เคยเกิดขึ้นแล้วหลายครั้งในต่างประเทศ เช่น ที่ประเทศสหรัฐอเมริกาในช่วงปี ค.ศ. 1990-1997 เหมืองแร่จำนวน 95 แห่ง ใน 8 มลรัฐ ได้สร้างปัญหาคือก่อผลกระทบต่อแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน[19]

นอกจากนี้ การทำเหมืองทองคำอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนแหล่งน้ำบริโภคของประชาชน[31] โดยเฉพาะคนในชนบทที่ต้องพึ่งพาน้ำบ่อตื้นหรือแหล่งน้ำตามธรรมชาติ น้ำเสียจากเหมืองหรือฝุ่นละอองจากเหมืองสามารถทำให้เกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำเหล่านี้ได้ ในประเทศไทยมีกรณีศึกษาที่พบปัญหาดังกล่าวแล้วในหลายพื้นที่ ได้แก่ การปนเปื้อนสารหนู ที่ตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช การปนเปื้อนตะกั่วในห้วยคลิตี้ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี การปนเปื้อนแคดเมียมในตำบลแม่ตาวและตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก[32]

ผลกระทบด้านสังคม

โครงการเหมืองแร่ขนาดใหญ่จะต้องใช้คนงานจำนวนมาก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจและสังคมของชุมชนในพื้นที่ การอพยพย้ายถิ่นของคนทำงานในเหมืองและคนอื่นๆ ที่ย้ายถิ่นเข้ามาพร้อมกับความเจริญทางเศรษฐกิจอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านประชากรและวัฒนธรรมในชุมชนท้องถิ่น รวมถึงปัญหาความขัดแย้งกับประชาชนในพื้นที่และปัญหาการลักขโมยและอาชญากรรม[33] คนงานที่มาทำงานในเหมืองอาจต้องอยู่ห่างครอบครัว ทำให้เกิดปัญหาการขาดความอบอุ่นในครอบครัว รวมถึงปัญหาการซื้อบริการทางเพศและการมีเพศสัมพันธ์กับผู้ที่ไม่ใช่สามีภรรยาของตนเอง[4]

การทำเหมืองอาจทำให้เกิดความแตกแยกภายในชุมชน ในกรณีที่การกระจายผลประโยชน์ไม่เป็นธรรม บางกลุ่มอาจได้รับประโยชน์มากกว่ากลุ่มอื่น กลุ่มที่ไม่ได้รับประโยชน์หรือได้รับการปฏิบัติที่ไม่ยุติธรรมจะต่อต้าน ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับประโยชน์จะสนับสนุนโครงการ ปัญหาดังกล่าวนี้มักนำไปสู่ความแตกแยก ความขัดแย้ง และสร้างปัญหาสังคมในชุมชนได้[3]

การทำเหมืองจะต้องใช้พื้นที่จำนวนมาก จึงทำให้สูญเสียพื้นที่ป่าซึ่งอาจเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของชุมชน ในอีกด้านหนึ่งการทำเหมืองอาจจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของแหล่งน้ำและพืชอาหาร รวมถึงการสูญเสียความสมบูรณ์ของดิน[31] ปัญหาเหล่านี้อาจทำให้คนที่มีฐานะยากจนและต้องพึ่งพาอาหารจากธรรมชาติมีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำและอาหาร อาจทำให้เกิดภาวะทุพโภชนาการ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและการเกิดโรคที่เกี่ยวเนื่องจากความอ่อนแอของร่างกาย[34]

นอกจากนี้ โครงการทำเหมืองแร่ทองคำจะทำให้เกิด การอพยพย้ายถิ่น ทั้งด้วยสาเหตุจากการเวนคืนที่ดิน หรือการอพยพเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม[31,35] การอพยพย้ายถิ่นดังกล่าวจะสร้างผลกระทบต่อวิถีชีวิตและความเป็นอยู่ของประชาชน ประสบการณ์จากเหมืองถ่านหินแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พบว่า โครงการดังกล่าวทำให้ประชาชนในหลายหมู่บ้านต้องอพยพย้ายถิ่น กลุ่มคนเหล่านี้ นอกจากต้องพลัดพรากจากเครือญาติและสิ่งยึดเหนี่ยวทางจิตใจในชุมชนเดิมแล้ว ยังต้องเผชิญกับความยากลำบากในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพสิ่งแวดล้อมใหม่ที่รัฐจัดให้และมีปัญหาในการประกอบอาชีพอีกด้วย[36]

โรคติดต่อ

การทำเหมืองมีส่วนเกี่ยวข้องกับการแพร่ระบาดของโรคติดต่อหลายชนิด จากข้อมูลในต่างประเทศ โดยเฉพาะจากประเทศในทวีปแอฟริกา พบว่า การทำเหมืองมีส่วนทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคมาลาเรีย และมีการติดเชื้อเอชไอวีหรือโรคเอดส์มากขึ้น[4,31]

โรคมาลาเรีย บริเวณเหมืองซึ่งมักจะอยู่ในพื้นที่ห่างไกลและอาจเป็นบริเวณที่มีโรคมาลาเรียอยู่ โครงการทำเหมืองจะทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคได้เนื่องจากการทำให้เกิดบ่อ

พักน้ำซึ่งจะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงที่เป็นพาหะนำโรค และการเข้ามาทำงานของคนงาน การเดินทางระหว่างเหมืองกับบ้านเดิมของคนงานจะทำให้โรคแพร่ระบาดไปยังชุมชนอื่นได้ง่าย[31]

การติดเชื้อเอชไอวีหรือโรคเอดส์ การทำเหมืองจะต้องใช้คนงานเป็นจำนวนมาก และบางส่วนจะเป็นคนงานที่มาจากต่างถิ่น การไปจากครอบครัวอาจนำไปสู่การซื้อบริการทางเพศและการมีเพศสัมพันธ์ระหว่างผู้ที่ไม่ใช่สามี-ภรรยา พฤติกรรมดังกล่าวอาจทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ที่รวมถึงโรคเอดส์ได้ด้วย[4]

โรคผิวหนัง

ในชุมชนที่มีการทำเหมืองทองคำมักจะมีรายงานว่ามีโรคผิวหนังและการเป็นแผลมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น จากการสำรวจความชุกโรคผิวหนังในชุมชนใกล้พื้นที่ทำเหมือง Anglogold Ashanti ซึ่งอยู่ในเมือง Obuasi ในประเทศกานา พบว่าใน 5 ชุมชนที่อยู่รอบๆ เหมือง มีผู้เป็นโรคผิวหนังร้อยละ 17.7 มากเป็นอันดับที่สามรองจากโรคมาลาเรียและการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจซึ่งมีความชุกเท่ากับร้อยละ 41.7 และ 27.0 ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าน่าจะเกิดจากการใช้น้ำที่มีการปนเปื้อนสารเคมีที่ใช้ในการทำเหมือง[31] ในประเทศอินโดนีเซียพบโรคผิวหนังมากขึ้นในชุมชนที่อยู่ใกล้เหมืองทองคำเช่นเดียวกัน แต่คาดว่าน่าจะเกิดจากการสัมผัสสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม[37] ในประเทศไทยมีรายงานปัญหานี้ในชุมชนที่อยู่ใกล้เหมืองทองในจังหวัดเลย โดยผลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง 40 คน มีรายงานว่ามีปัญหาผื่นคันร้อยละ 58 และมีแผลเรื้อรังร้อยละ 10[3]

ทัศนียภาพและสมบัติของชุมชน

เหมืองทองคำจะมีการขุดดินและการทำลายป่าซึ่งเป็น การทำลายแหล่งธรรมชาติอย่างสิ้นเชิง (รูปที่ 2) อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อภูมิทัศน์ที่มีเอกลักษณ์ สถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ และแหล่งธรรมชาติที่สำคัญในชุมชนได้ ปัญหานี้เป็นสิ่งที่ยากที่จะหลีกเลี่ยงสำหรับโครงการเหมืองทองคำขนาดใหญ่ นอกจากนี้การสร้างถนนและการเข้าถึงพื้นที่ได้อย่างสะดวกมากขึ้นอาจจะส่งเสริมการลักลอบการขนสมบัติหรือสิ่งของมีค่าในชุมชนออกจากพื้นที่[2,4]

ความเครียดและความวิตกกังวล

นอกจากนี้ ชุมชนอาจเกิดความวิตกกังวลว่าตนเองหรือญาติจะได้รับผลกระทบจากมลพิษจากการทำเหมือง โดยประชาชนมีความวิตกกังวลและกลัวว่าน้ำจะมีการปนเปื้อนสารพิษหรือเชื้อโรค เหมืองจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเป็นอยู่และการประกอบอาชีพ[3,36]

ผลกระทบต่อสุขภาพของคนงาน

การทำเหมืองแร่ถูกจัดให้เป็นอาชีพที่อันตรายที่สุดในโลก[5] ผลกระทบต่อสุขภาพที่สำคัญของการทำงานในเหมืองแร่ คือ การทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ เช่น ซิลิโคสิส (จากการหายใจเอาฝุ่นที่มีซิลิกาเข้าไปในปอด) โรคมะเร็งปอด โรคผิวหนังจากการสัมผัสสารไซยาไนด์ ผลกระทบจากเสียงดังแรงสั่นสะเทือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการระเบิด รวมถึงการได้รับบาดเจ็บและอุบัติเหตุจากการทำงาน[27]

สรุป

การทำเหมืองทองคำสมัยใหม่มีกระบวนการและการใช้สารเคมีที่เสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ การขุดแร่จะทำให้เกิดขยะและของเสียที่ไม่สามารถกำจัดได้เป็นจำนวนมาก และทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูงหลายชนิด เช่น สารหนู ตะกั่ว แมงกานีส ปรอท การสกัดทองคำใช้สารไซยาไนด์ซึ่งเป็นสารเคมีที่มีความเป็นพิษสูงต่อคนและสัตว์ นอกจากนี้ กระบวนการทำเหมืองยังทำให้เกิดฝุ่นละออง เสียงดัง และแรงสั่นสะเทือน มลพิษทางสิ่งแวดล้อมเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในหลายด้าน โดยเฉพาะ ผลกระทบจากการรับสัมผัสสารไซยาไนด์ โลหะหนัก และความเดือดร้อนรำคาญจากฝุ่นละออง เสียงดัง และแรงสั่นสะเทือน

ข้อเสนอแนะ

● โครงการทำเหมืองทองคำควรได้รับการพิจารณาผลกระทบอย่างรอบคอบ ทั้งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในบริเวณโดยรอบ

● การประเมินผลกระทบของเหมืองทองคำต่อสุขภาพควรพิจารณาให้ครอบคลุมในหลายด้าน ทั้งผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับผลของการใช้สารไซยาไนด์และโลหะหนักจากการทำเหมืองทองคำ โดยผ่านการปนเปื้อนของดิน น้ำ และอากาศ เสียง ความเดือดร้อนรำคาญจากมลพิษ รวมถึงปัญหาเชิงสังคมและความเครียดที่เป็นผลจากโครงการทำเหมืองทองคำ ความวิตกกังวลต่อผลกระทบ และความขัดแย้งของประชาชนกลุ่มต่างๆ ในชุมชน ดังนั้น ในการประเมินเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการทำเหมืองทองคำในชุมชน ควรให้ประชาชนในพื้นที่และผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นรวมถึงให้ข้อมูลผลกระทบอย่างทั่วถึงและครอบคลุม ทั้งผลกระทบในระยะสั้นและผลกระทบในระยะยาว

● นอกจากผลกระทบในช่วงการสำรวจและการดำเนินงานเหมืองทองคำแล้ว ควรพิจารณาผลกระทบในช่วงหลังจากการดำเนินโครงการสิ้นสุดด้วย เป็นการพิจารณาผลกระทบต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่และผลกระทบจากของเสียที่ยังคงตกค้างในพื้นที่

● การจัดการปัญหาผลกระทบของเหมืองทองคำต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชน ควรมีการประเมินศักยภาพและความพร้อมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมและสุขภาพที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยควรมีแผนพัฒนาและเตรียมความพร้อมของหน่วยงานโดยเฉพาะหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดระบบบริการสาธารณสุขในพื้นที่

● ควรจัดทำระบบเฝ้าระวังผลกระทบของเหมืองทองคำต่อสุขภาพให้ครอบคลุม ทั้งผลกระทบในระยะสั้นและผลกระทบในระยะยาว ระบบเฝ้าระวังที่ดีจะต้องมีแผนงานที่ดีและมีการดำเนินงานที่ต่อเนื่อง ซึ่งควรพิจารณาถึงแหล่งเงินทุน และหน่วยงานที่รับผิดชอบในการดำเนินงานด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Wikipedia the free encyclopedia. Gold. [Online].; 2015 [cited 2015 Dec 16]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Gold.
2. Environmental law alliance worldwide. Guidebook for evaluationg mining project EIAs. Eugene, Oregon, USA: 2010.
3. Suraparkdee T. Change forever "Loei": fate of Loei resident after the coming of gold mine Bangkok, Thailand: Plan for Kids; 2010. (in Thai)
4. Stephens C, Ahern M. Worker and community health impacts related to mining operations internationally: a rapid review of the literature. London, UK: 2001.
5. Donoghue AM. Occupational health hazards in mining: an overview. Occupational Medicine. 2004;54:283-9.
6. Technology and Engineering Educators Association (ITEEA). Gold in Thailand: gold deposite and gold mining [Online].; 2012 [cited 2015 Dec 15]. Available from: http://fieldtrip.ipst.ac.th/intro_sub_content.php?content_id=14&content_folder_id=307. (in Thai)
7. Mineral Policy Center. Cyanide leach mining packet. Washington, D.C., USA: 2000.
8. Hilson G, Monhemius AJ. Alternatives to cyanide in the gold mining industry: what prospects for the future? Journal of Cleaner Production. 2006;14(12-13):1158-67.
9. USEPA. Cyanide compounds. [Online].; 2015. Available from: http://www3.epa.gov/airtoxics/hlthef/cyanide.html.
10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Cyanide: relevance to public health. [Online].; 2015. Available from: http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp8-c2.pdf.
11. Almas AR, Kweyunga C, Manoko ML. Investigation of trace metal concentrations in soil, sediments and waters in the vicinity of "Geita Gold Mine" and "North Mara Gold Mine" in North West Tanzania. Adamstuen, Netherlands: 2009.
12. Abdul-Wahab SA, Marikar FA. The environmental impact of gold mines: pollution by heavy metals. Central European Journal of Engineering. 2012;2(2):304-13.
13. Duruibe JO, Ogwuegbu MOC, Egwurugwu JN. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. International Journal of Physical Sciences. 2007;2(5):112-8.
14. Nriagu JO, Pacyna JM. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. Nature. 1988;333:134-9.
15. Razo I, Carrizales L, Castro J, Diaz-Barriga F, Monroy M. Arsenic and heavy metal pollution of soil, water and sediments in a semi-arid climate mining area in Mexico. Water, Air, and Soil Pollution. 2004;152(1):129-52.

16. Juntarawijit C, Yaowapanon Y, Vietchapan T. Risk factors and health risk of people in Ronphiboon exposed to arsenic. Thailand Journal of Health Promotion and Environmental Health. 2000;23(1). (in Thai)
17. Jung MC, Thornton I. Heavy metal contamination of soils and plants in the vicinity of a Lead-zinc mine, Korea. Applied Geochemistry. 1996;11:53-9.
18. Benvenuti M, Mascaro I, Forsini F, Lattanzi P, Parrini P, Tanelli G. Mine waste dumps and heavy metal pollution in abandoned mining district of Boccheggiano (Southern Tuscany, Italy). Environmental Geology. 1997;30(3/4):238-43.
19. Coelho P, Silva S, Roma-Torres J, Costa C, Henriques A, Teixeira J, et al. Health impact of living near abandoned mine-case study: Jales mines. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2007;210:399-402.
20. Li Z, Ma Z, Kuijp TJvd, Yuan Z, Huang L. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. Science of the Total Environment. 2014;468-469:843-53.
21. Boularbah A, Schwartz C, Bitton G, Aboudrar W, Ouhammou A, Morel JL. Heavy metal contamination from mining sites in South Morocco: 2. assessment of metal accumulation and toxicity in plants. Chemosphere. 2006;63(5):811-7.
22. Prasad B, Bose J. Evaluation of the heavy metal pollution index for surface and spring water near a limestone mining area of the lower Himalayas. Environmental Geology. 2001;41(1):183-8.
23. WHO. Arsenic. [Online].; 2012. Available from: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/en/.
24. WHO. Lead poisoning and health. [Online].; 2015. Available from: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/en/.
25. WHO. International Programme on Chemical Safety: cadmium. [Online].; 2015 [cited 2015 Dec 4]. Available from: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/en/.
26. WHO. Antimony in drinking water: background document for development of WHO guidelines for drinking water quality. 2003.
27. Eisler R. Health risks of gold miners: a synoptic review. Environmental Geochemistry and Health. 2003;25:325-45.
28. American Lung Association. Lung health and diseases: silicosis. [Online].; 2015 [cited 2015 Dec 4]. Available from: http://www.lung.org/lung-health-and-diseases/lung-disease-lookup/silicosis/?referrer=https://www.google.co.th/.
29. WHO. Ambient (outdoor) air quality and health. [Online].; 2014 [cited 2015 Dec 4]. Available from: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/.
30. US.EPA. Clean Air Act overview: title IV - noise pollution. [Online].; 2015 [cited 2015 Dec 4]. Available from: http://www2.epa.gov/clean-air-act-overview/title-iv-noise-pollution.
31. Yeboah JY. Environmental and health impact of mining on surrounding communities: a case study of Anglogold Ashanti in Obuasi (master's thesis, Kwanme Nkrumah University, Ghana). 2008.
32. Health Department. Situation and health impact from mining. Nontaburi: Royal Thai Ministry of Public Health, Health Department; n.d. (in Thai)
33. International Human Rights Clinic, Harvard Law School. All that glitter: gold mining in Guyana. Th failure of government oversight and the human rights of Amerindian communities.
34. Kandala NB, Madungu TP, Emina JB, Nzita KP, Cappuccio FP. Malnutrition among children under the age of five in the Democratic Republic of Congo (DRC): does geographic location matter? BMC Public Health. 2011;11:261.
35. OK Nation blog. Community collapse caused by gold mine in Phichit (Thailand gold mine part three). [Online].; n.d. [cited 2015 Dec 15]. Available from: http://www.oknation.net/blog/pasalarksee/2014/01/19/entry-1. (in Thai)
36. Juntarawijit C, Juntarawijit Y, Sivaporn A, Udomvong N, Kanuey J, Yaowapanon N, et al. Health impacts from an open-pit mining project: Public scoping. Journal of Health Systems Research. 2010;4(2):207-19. (in Thai)
37. Reddy SG. A comparative analysis of diseases associated with mining and non-mining communities: a case study of Obusai and Asankrangwa, Ghana. Thesis prepared for the degree of master of science. University of North Texas; 2005.