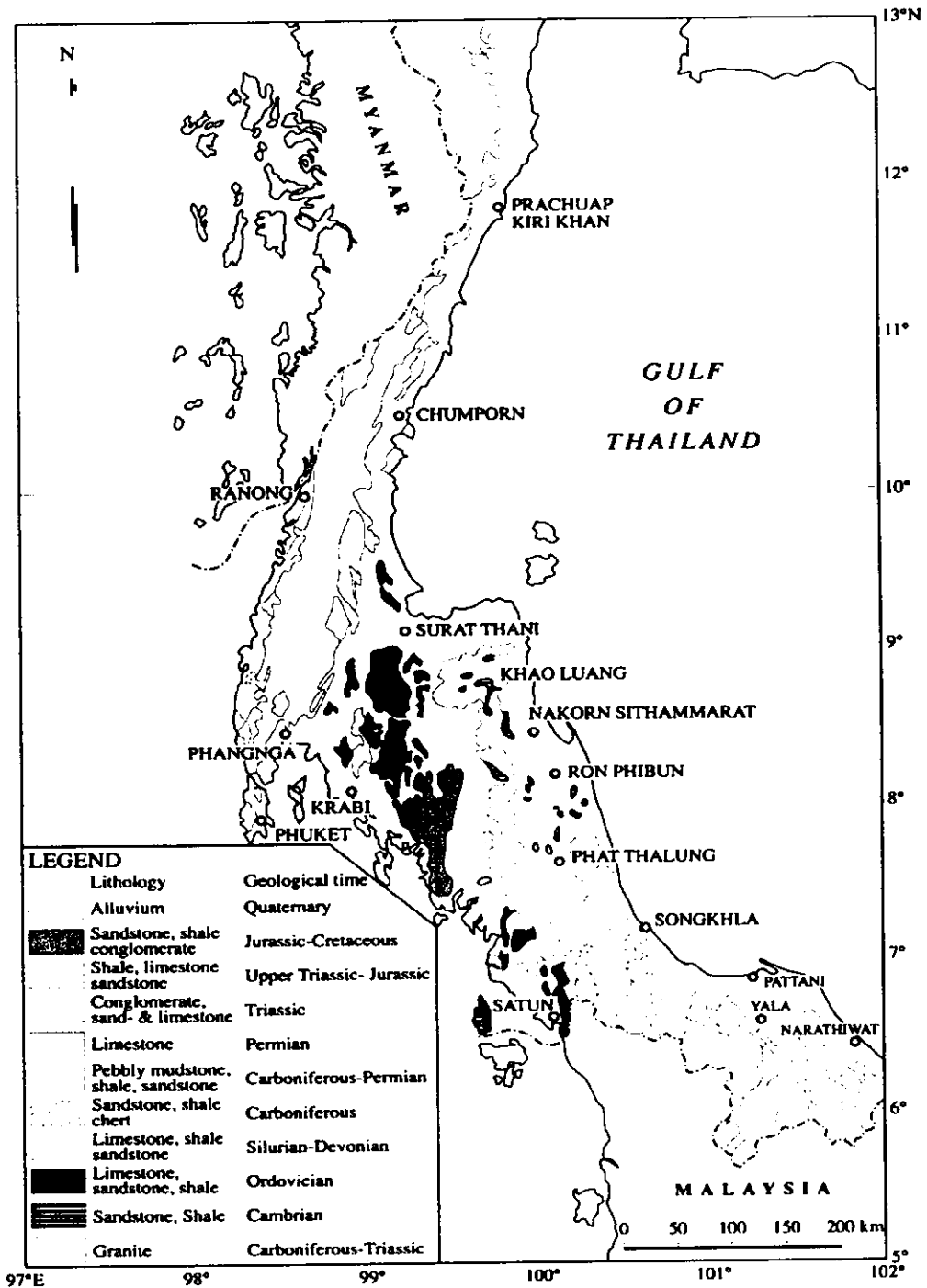


2. ลักษณะทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา

2.1 ลักษณะธรณีวิทยาของหินแกรนิตในคาบสมุทรไทย



รูปที่ 2-1 Geological map of Peninsular Thailand (Lohawijam, 1992)

คาบสมุทรไทยมีลักษณะเป็นแนวแคบยาวประมาณ 1000 กิโลเมตร เชื่อมต่อกับคาบสมุทรมาเลเซีย โดยคาบสมุทรทั้งสองเชื่อมต่อกันกับแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ดังรูปที่ 2-1 Bunopas (1981; in Lohawijam, 1992) ได้แบ่งคาบสมุทรไทยออกเป็น 2 ส่วน อย่างคร่าวๆ เพื่ออธิบายสภาพทางภูมิศาสตร์และธรณีวิทยา โดยแบ่งเป็นส่วนตอนกลางและส่วนตอนใต้ของคาบสมุทร

ส่วนกลางของคาบสมุทรครอบคลุมจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี กระบี่ และ ระนอง ทางด้านเหนือจรดคอคอดกระ ส่วนทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือจรดส่วนใต้สุดของประเทศพม่า คาบสมุทรส่วนใต้เริ่มจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดกระบี่และสุราษฎร์ธานีไปจดเส้นแบ่งเขตแดนประเทศมาเลเซีย ซึ่งอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดสงขลาและนราธิวาส

หินแกรนิตทางภาคใต้ของไทยมีการวางตัวในแนวเหนือ – ใต้ และมีความสัมพันธ์กับแหล่งแร่ดีบุกและทังสแตน หินแกรนิตในบริเวณนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีแหล่งแร่ดีบุกสะสมตัว ได้แก่ กลุ่มทางด้านตะวันตกและตะวันออก ส่วนกลุ่มที่สามอยู่ตรงกลางซึ่งมีการสะสมตัวทั้งแร่ดีบุกและทังสแตน กลุ่มนี้มีพื้นที่ครอบคลุมอำเภอรัตนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช (Ishihara et al., 1980; in JICA, 1999) จากการศึกษาแนวของแหล่งแร่ดีบุกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดย Schwartz et al., ในปี ค.ศ. 1995 (JICA, 1999) ได้จำแนกแหล่งแร่ดีบุกในพื้นที่นี้ออกเป็น 3 กลุ่ม ความอายุของหินแกรนิตกลุ่มที่อยู่ทางด้านตะวันตกมีอายุอยู่ในช่วง 22-149 ล้านปี ส่วนกลุ่มที่อยู่ตรงกลางและกลุ่มทางด้านตะวันออก (main zone) มีอายุประมาณ 184-230 ล้านปี อายุของหินแกรนิตดังกล่าวสอดคล้องกับการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกทางด้านทิศตะวันตก (ฝั่งอินคามัน)

บนเทือกเขาร่อนนา ในพื้นที่อำเภอรัตนพิบูลย์ ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่วิจัย สายแร่ที่พบประกอบด้วยแร่ cassiterite, pyrite, wolframite, arsenopyrite, chalcopyrite, sheetrite, columbite และ ilmenite

2.2 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ทั่วไปของอำเภอรัตนพิบูลย์

อำเภอรัตนพิบูลย์ตั้งอยู่ทางด้านทิศใต้ของตัวเมืองนครศรีธรรมราช อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 800 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 505 ตารางกิโลเมตร ตัวเมืองรัตนพิบูลย์ตั้งอยู่ที่ตำบลรัตนพิบูลย์ อยู่ทางทิศตะวันออกของเทือกเขาร่อนนา – สรวงจันทร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาหลวงที่เป็นแนวเทือกเขาที่ทอดตัวยาวในแนวเหนือ-ใต้ของคาบสมุทรไทย พื้นที่ที่ราบเชิงเขามีความลาดเอียงประมาณ 1 องศา ส่วนที่สูงที่สุดสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1000 เมตร (Williams et al., 1996) พื้นที่โดยทั่วไปถูกใช้ในการเพาะปลูก อาทิ ผัก ผลไม้ และยางพารา ทางด้านทิศตะวันออกของตัวเมืองเป็นที่ราบลุ่ม ขึ้นน้ำท่วมถึงทอดยาวไปจดชายฝั่งทะเลอ่าวไทย พื้นที่ราบนี้ถูกใช้ในการปลูกข้าวเจ้าและปลูกยางพารา

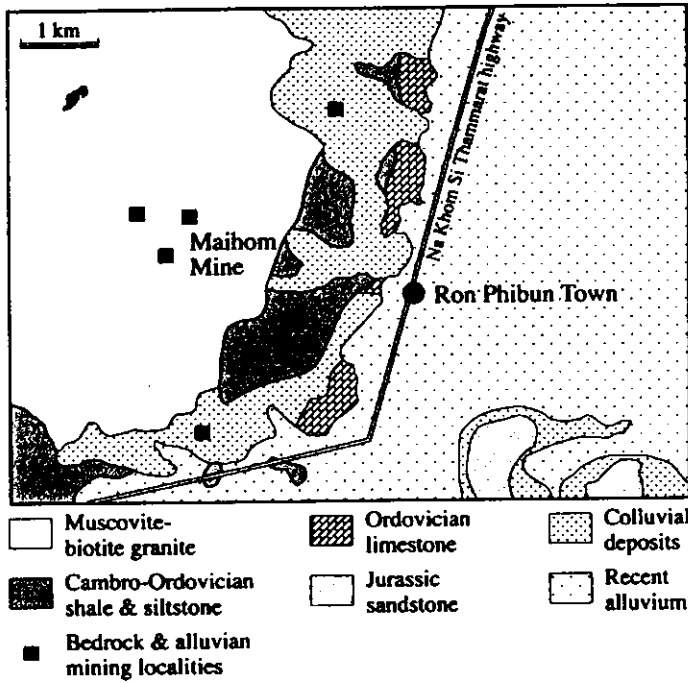
2.2.1 ลักษณะภูมิอากาศ

ภาคใต้ของประเทศไทยมี 2 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน และฤดูร้อน ช่วงเวลาของแต่ละฤดูของแต่ละพื้นที่ในภูมิภาคนี้จะแตกต่างกัน สำหรับอำเภอรัตนพิบูลย์ โดยปกติฤดูฝนจะมี 3 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือน ตุลาคม ถึง ธันวาคม ส่วนฤดูร้อนจะแบ่งย่อยออกเป็นเดือนที่อากาศเย็น (cool months) เริ่มจากเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม และเดือนที่อากาศร้อน (hot months) เริ่มจากเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน จากรายงานวิจัยของ JICA ระบุว่าปริมาณฝนตกในช่วงฤดูฝนมากกว่าครึ่งหนึ่ง (55.7%) ของปริมาณน้ำฝนที่ตกทั้งปี

2.2.2 ลักษณะทางธรณีวิทยาของอำเภอรัตนพิบูลย์

พื้นที่อำเภอรัตนพิบูลย์ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ $99^{\circ} 45'$ และ $100^{\circ} 00'$ ตะวันออก และลองจิจูดที่ $8^{\circ} 00'$ และ $8^{\circ} 15'$ เหนือ ทางทิศตะวันออกของเทือกเขาร่อนนา - สรวงจันทร์ ซึ่งเป็นเทือกเขาหินแกรนิตยุคไทรแอสทริกอันประกอบไปด้วยแร่ S-type biotite และ แร่ biotite – muscovite อีกทั้งอุดมไปด้วยสายแร่ pegmatite ระดับความสูงของพื้นที่ลาดเอียงจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก

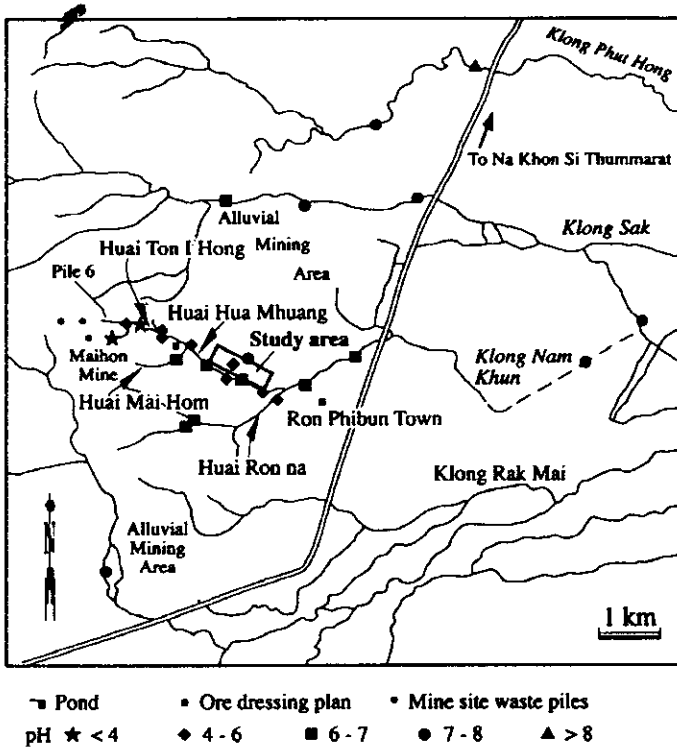
William et al., (1996) ได้จำแนกลักษณะทางธรณีวิทยาของอำเภอรัตนพิบูลย์ออกเป็น 4 กลุ่ม ดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 Simplified geology of the Ron Phibun District (modified after William et al., 1996)

1. Cambro – Ordovician sedimentary rocks ประกอบด้วยหิน siltstone แทรกด้วยหินดินดาน (shale) กับหินปูนแบบเลนส์ (limestone lenses) หินควอตซ์ (quartzite) และ หินฟิลไลต์ (phylite) ซึ่งสามารถพบหินโคลงตามแนวรอยต่อทางทิศตะวันออกเฉียงของเทือกเขาร่อนนา – สรวงจันทร์
2. Dark grey argillaceous limestone of Ordovician age หินชนิดนี้ปรากฏให้เห็นทางทิศตะวันออกเฉียงของหินชุดแรก มีลักษณะเป็นเนินเขาเล็กๆ ทางด้านทิศเหนือของตัวเมืองร่อนพิบูลย์
3. Triassic granitoids เป็นหินที่ประกอบขึ้นเป็นเทือกเขาทางทิศตะวันตกของตลาดร่อนพิบูลย์ เนื้อหินประกอบด้วยแร่ biotite – muscovite ที่มีผลึกละเอียดถึงปานกลาง และมีการแทรกตัวของสายแร่ tourmaline – muscovite ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของหินแกรนิตทางตอนใต้ของเทือกเขาหลวง หินแกรนิตชนิดนี้มีแนวรอยเลื่อนและมีสายแร่ pegmatite ปรากฏให้เห็นเด่นชัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้
4. Quaternary colluvial and alluvial deposits เป็นตะกอนทับถมของ กรวด ทราย ทรายแป้ง และ ดินเหนียว ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตะกอนในยุค Paleozoic ครอบคลุมพื้นที่ระหว่างเทือกเขาร่อนนา – สรวงจันทร์ และชายฝั่งทะเลอ่าวไทย การทับถมของเศษหินเชิงเขาที่สลายตัวมาจากการผุพังของหินแกรนิตมีความหนามากถึง 50 เมตร ในบริเวณตัวเมืองร่อนพิบูลย์

2.3 การทำเหมืองแร่ในพื้นที่อำเภอรัตนพิบูลย์



รูปที่ 2-3 Drainage networks of Ron Phibun District, showing the surface water pH conditions, principal mining localities, dressing plants and potential As contaminant sources (modified after Williams et al., 1996)

2.3.1 พื้นที่ทำเหมืองแร่ (Mining sites)

แหล่งแร่ดีบุกในพื้นที่ แบ่งออกได้เป็น 2 แหล่ง ได้แก่ แหล่งแร่ปฐมภูมิและแหล่งแร่ทุติยภูมิ แหล่งแร่ปฐมภูมิเป็นแหล่งแร่ที่พบอยู่บนเทือกเขาร่อนนา - สรวงจันทร์ การทำเหมืองจากแหล่งแร่บริเวณนี้ใช้วิธีทำเหมืองอุโมงค์และเหมืองเจาะกัน โดยใช้แรงงานคนขุดเป็นหลุมตามสายแร่ หลุมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร ซึ่งคนคนเดียวสามารถทำการขุดแร่ที่กันหลุมและข่อยเป็นก้อนเล็กๆก่อนที่จะส่งขึ้นมายังผิวดินเพื่อทำการแยกเอาแร่หนักโดยวิธีการร่อนแร่ ในช่วงปี พ.ศ. 2523 เหมืองทุกเหมืองบนภูเขาได้ถูกปิดลงอันเนื่องมาจากปริมาณแร่ที่ลดน้อยลง ประกอบกับราคาแร่ดีบุกตกต่ำในตลาดโลก (JICA, 1999) สำหรับแหล่งแร่ทุติยภูมิ เกิดจากการสุกร่อนของแร่ปฐมภูมิและถูกชะล้างลงมาตกตะกอน ณ บริเวณที่ราบเชิงเขาจากเอกสารรายงานของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เดิมคือ กรมทรัพยากรธรณี (JICA, 1999) ระบุว่าแร่ดีบุกที่เป็นแหล่งแร่ทุติยภูมิในพื้นที่มีชั้นการสะสมตัว 2 ชั้นหนาๆ โดยชั้นที่หนึ่งอยู่ที่ความลึกประมาณ 10 เมตร และชั้นที่สองอยู่ที่ความลึกประมาณ 25 เมตรจากผิวดิน แร่จากแหล่งนี้มีการทำเหมืองแบบเรือขุดเมื่อ 60-70 ปีที่ผ่านมา และจากการสอบถามชาวบ้านในบริเวณที่มีการทำเหมือง ได้ข้อมูลว่าในการทำเหมืองแบบนี้ จะทำการขุดลึกลงไปจนกระทั่งถึงชั้นหินฐาน

2.3.2 โรงแต่งแร่ (Dressing plants)

ในอำเภอรัตนพิบูลย์มีโรงแต่งแร่อยู่ 3 โรง และในจำนวนนี้มี 2 โรงที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของพื้นที่ทำวิจัย ส่วนอีก 1 โรงอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่วิจัย โดยตั้งอยู่บนเชิงเขาตรงตำแหน่งที่ห้วยคันไ้อีห่างกับห้วยไม้หอมไหลมาบรรจบ

กันเป็นลำห้วยหัวเหมือง ดังรูปที่ 2-3 สำหรับโรงแร่แห่งนี้นักอุตสาหกรรมว่าเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนสารหนู ในบริเวณที่ราบเชิงเขา

ในกระบวนการแยกแร่สินแร่ดีบุก (cassiterite) และแร่อาเซนไพไรต์ (arsenopyrite) ซึ่งเป็นแร่หนักจะถูกแยกออกมาด้วยกัน จากนั้นจะทำการแยกแร่ทั้งสองออกจากกัน โดยการนำแร่ไปเผาแล้วนำไปลอยในน้ำที่มีการผสมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และน้ำยาเคลือบผิวแร่ แร่ดีบุกที่ถูกแยกออกมาจะถูกส่งไปทำให้บริสุทธิ์มากขึ้น ณ โรงแร่ในตัวเมืองร่อนพิบูลย์ สำหรับน้ำที่เหลือจากการลอยแร่ซึ่งมีสภาพเป็นกรด มีหางแร่และแร่อาเซนไพไรต์ปะปนอยู่จะถูกปล่อยลงสู่บ่อพักขนาดใหญ่ที่อยู่ใกล้กับลำห้วยหัวเหมืองเพื่อทิ้งให้ตกตะกอน หลังจากนั้นจึงปล่อยน้ำจากบ่อดังกล่าวสู่ลำห้วยหัวเหมืองต่อไป จากชั้นตอนนี้ สารหนูซึ่งปะกอบอยู่ในแร่อาเซนไพไรต์จะถูกแยกออกมาและถูกปล่อยให้แพร่กระจายสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การแยกแร่ดีบุกนอกจากกระทำโดยโรงแร่แล้ว ยังมีการแยกแร่โดยชาวบ้านที่ขุดแร่บนภูเขาเร่อนนา - สรวงจันทร์ หลังจากแยกแร่ดีบุกออกไปแล้ว แร่อาเซนไพไรต์จะถูกทิ้งไว้ทั่วไปบนภูเขาโดยปราศจากการปกคลุม ดังนั้นเมื่อฝนตกลงมา น้ำฝนก็จะชะล้างเอาแร่ที่มีสารหนูปะปนอยู่ลงไปปนเปื้อนในลำธาร อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาซึ่งพบว่าเศษหางแร่ที่ถูกทิ้งกระจายกระจายทั่วไปนี้น่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารหนูในชั้นดินและชั้นน้ำ กรมทรัพยากรธรณีจึงได้ทำการเก็บรวบรวมเศษหางแร่ไปทำการฝังกลบเพื่อมิให้เกิดการชะล้าง และการแพร่กระจายของสารหนูอีกต่อไป

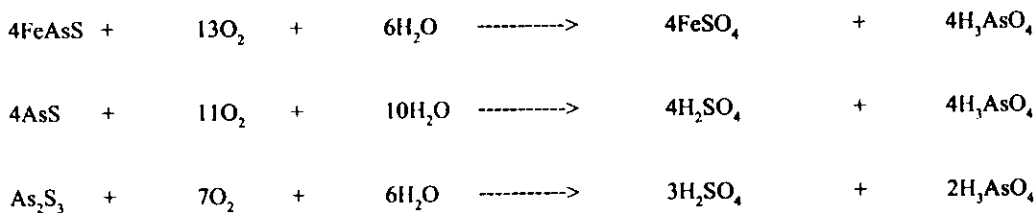
2.4 สมบัติทางเคมีของสารหนู (As)

สารหนู (arsenic, As) เป็นธาตุตัวที่สามในกลุ่ม VA ของระบบปริออดิก โดยมีเลขอะตอมและมีเลขมวลเป็น 33 และ 74.9216 ตามลำดับ สารหนูในธรรมชาติมีเลขออกซิเดชันที่เป็นไปได้ 4 ตัว ได้แก่ -3, 0, +3 และ +5 ในซีกโลกตะวันตกได้นำสารหนูมาใช้ในทางการแพทย์ตั้งแต่ 2000 ถึง 3000 ปีที่ผ่านมา (Wilson and Hawkins, 1978; in Suwanmanee, 1996) รวมทั้งได้มีการนำมาใช้ในการกำจัดแมลง อุตสาหกรรม และในกิจการทหาร (Suwanmanee, 1996) สารหนูที่มีเลขออกซิเดชัน +5 และ +3 พบได้ทั่วไปในแร่เชิงซ้อน (complex mineral) และในเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำตามธรรมชาติ เลขออกซิเดชัน -3 ปรากฏในสถานะของสารประกอบก๊าซอาซีน (AsH_3 , arsine) ซึ่งเกิดขึ้นได้ภายใต้บางสภาวะในธรรมชาติ ในขณะที่เลขออกซิเดชัน 0 เป็นสภาวะที่เป็นโลหะ ซึ่งไม่ใช่สภาวะโดยทั่วไปของธาตุที่อยู่ในรูปของแหล่งแร่ที่เกิดจากการตกตะกอน (Boyle and Jonasson, 1973) สารประกอบสารหนูในธรรมชาติสามชนิดที่จะถูกปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยกระบวนการรีดอกซ์

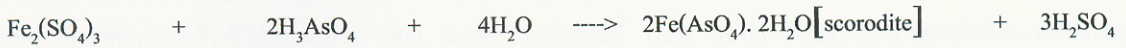
2.4.1 ขบวนการออกซิเดชันและรีดักชัน

ในธรรมชาติกระบวนการรีดักชันเกิดขึ้นอย่างช้าๆ สารหนูที่ปะกอบอยู่ในหินหรือดินสามารถถูกชะล้างออกมาได้ง่ายด้วยน้ำที่มีสภาวะเป็นเบส สารประกอบสารหนูที่เกิดจากกระบวนการนี้จะมีเลขออกซิเดชัน -3 และ +3 อย่างเช่น AsH_3 , $AsCl_3$ และ As_2S_3 เมื่อสารประกอบเหล่านี้ถูกพัดพาไปในลำธาร จะมีบางส่วนตกตะกอนที่ท้องน้ำร่วมกับสารแขวนลอย

สำหรับกระบวนการออกซิเดชัน หินที่มีสารหนูเป็นส่วนประกอบจะเกิดการผุกร่อน เมื่อสารหนูทำปฏิกิริยากับน้ำและออกซิเจน จะเกิดสารประกอบอาเซนเนต (AsO_4^{3-}) กระบวนการนี้จะได้สารหนูที่มีเลขออกซิเดชัน +5 การสลายตัวของแร่สารหนู เช่น arsenopyrite ($FeAsS$), realgar (As_4S_4) และ orpiment (As_2S_3) แสดงดังสมการ



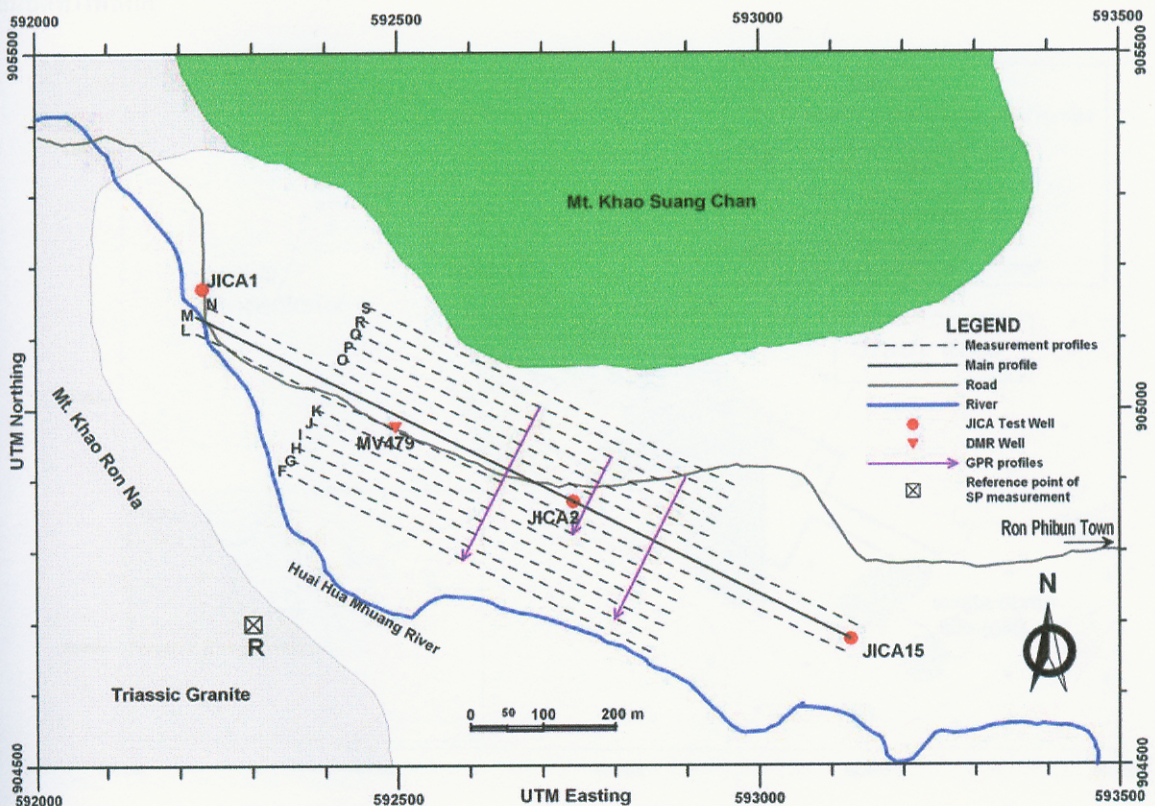
ในสภาวะที่น้ำเป็นกรดแก่ สารประกอบอาเซนจะถูกละลายได้ง่ายในน้ำ แต่ในน้ำที่มีสภาพเป็นกรดปานกลาง กรดอ่อนๆ หรือเป็นเบส สารหนูในสารประกอบดังกล่าวจะถูกดูดซับโดยสารประกอบ Fe, Co, Ni, Pb และ Zn จากนั้นจึงตกตะกอนในรูปแบบของแร่ชนิดอื่น (Willson and Hawkins, 1978; in Suwanmance, 1996) กระบวนการนี้สามารถแสดงดังสมการเคมี



จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าการนำเอากรดซัลฟูริกมาใช้ในกระบวนการแยกแร่ในโรงแต่งแร่ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สภาพของน้ำหรือสิ่งแวดล้อมมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเป็นการง่ายที่สารหนูจะถูกละลายออกมาปะปนในธารน้ำและถูกพัดพาไปปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม

2.5 พื้นที่วิจัย (study area)

ในปี 2541-2542 นักวิจัยชาวญี่ปุ่น (JICA) ร่วมกับกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของสารหนูในสิ่งแวดล้อมค่อนข้างละเอียดในพื้นที่อำเภอรัตนพิบูลย์ โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลรัตนพิบูลย์ซึ่งพบว่ามียูว์ป่วยจากโรคสารหนูอาศัยอยู่มากที่สุด ตำบลนี้ประกอบด้วย 16 หมู่บ้าน ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 72 ตารางกิโลเมตร มีประชากรประมาณ 21300 คน (ข้อมูลจากกระทรวงมหาดไทย ณ เดือน พฤษภาคม 2544)



รูปที่ 2-4 Map of geophysical study in Ron Phibun sub-district. (modified after JICA, 1999)