ว ๙.๕
ก๓๑๒.๖
ก๓๕

h 317 ก๓๕

อนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

ปริญญานิพนธ์

ของ

กล้าหาญ พิมพ์ศรี

L 6 ส.ก. 2550

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
ตุลาคม 2550

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

บทคัดย่อ

ของ

กล้าหาญ พิมพ์ศรี

552.5
ก312อ
ร.2

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
ตุลาคม 2550

กล้าหาญ พิมพ์ศรี. (2550). ***อนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก***. ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: ผู้ช่วยศาสตราจารย์กวี วรกวิน,อาจารย์พิสิทธิ์ ธีรดิลก.

การศึกษาธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ได้แก่ รูปร่าง ขนาด เนื้อที่ ความหนาแน่น ระยะห่าง ทิศการวางตัว และความลาดเอียง โดยวิธีการสำรวจในภาคสนาม และการศึกษาองค์ประกอบหินจากการวิเคราะห์ตัวอย่างหินทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ และการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมี ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะธรณีสัณฐานในบริเวณนี้ มีความสัมพันธ์ต่อการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกในภูมิภาคนี้ รวมถึงมีการขยายผลของกระบวนการภายนอกจากการผุพังอยู่กับที่และการกร่อนในเวลาต่อมา รวมทั้งองค์ประกอบของหินที่มีอิทธิพลต่อการเกิดและการพัฒนาของอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน ดังนี้

1. **ระแหงหิน** เป็นหินทราย สีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ประกอบด้วยเม็ดทรายเล็กที่เป็นแร่ควอตซ์และมีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ มีรูปร่างเป็นแบบร่างแห ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวัน แล้วขยายผลด้วยน้ำฝนและน้ำผิวดิน ขนาดระแหงหินมีความแตกต่างกันเนื่องจากองค์ประกอบของหินมีแร่ประกอบหินที่ต่างกัน โดยขนาดใหญ่สัมพันธ์กับปริมาณแร่ควอตซ์ที่มาก และระแหงหินขนาดเล็กมีความหนาแน่นมากกว่าขนาดใหญ่

2. **ปุ่มหิน** เป็นหินทราย สีน้ำตาลแดงแกมเหลือง แร่หลักเป็นแร่ควอตซ์โดยมีขนาดเม็ดปานกลางถึงหยาบ และเศษหิน ในเชิงปริมาณมีแร่ควอตซ์ต่างกันและมีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน เกิดขึ้นโดยระบบแตกร้าวจากแรงเค้นของหินในลักษณะบล็อกหินขนาดเล็ก จากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกในช่วงกำเนิดเทือกเขาหิมาลัย ยุคเทอร์เชียรี และถูกขยายผลด้วยกระบวนการภายนอก ปุ่มหินมี 2 รูปแบบ รูปแบบแรกเป็นแนวตรง และรูปแบบที่สองเป็นกลุ่ม รูปร่างปุ่มหินมีลักษณะแท่งหินยอดมน มีขนาดแตกต่างกันเนื่องจากมีแร่ประกอบหินต่างกัน โดยปุ่มหินขนาดใหญ่สัมพันธ์กับปริมาณแร่ควอตซ์ที่มาก ปุ่มหินมีความหนาแน่นแตกต่างกันจากระบบแตกร้าวในช่วงเริ่มต้น และมีความลาดเอียงต่างกันแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของปุ่มหิน

3. **ร่องหิน** เป็นหินทราย สีน้ำตาลแกมเหลือง มีปริมาณแร่ควอตซ์มาก มีเม็ดกรวดขนาดตั้งแต่ 0.5-2 เซนติเมตรปนในเนื้อหินเป็นลักษณะเด่น เหตุจากการประสานตัวของเม็ดหินด้วยควอตซ์และเหล็กออกไซด์เป็นผลทำให้หินมีความแข็งและคงทน ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดอนุสัณฐานใหญ่ ร่องหินพบ 2 รูปแบบ รูปแบบแรกเป็นร่องหินขนาดเล็กตามผิวนอกหินฐาน และรูปแบบที่สองเป็นร่องหินขนาดใหญ่ลึกลงในเนื้อหินฐาน โดยพบทั้งแนวขนานและแนวตัดกัน ร่องหินขนาดใหญ่เกิดจากหินถูกบีบอัด

ทำให้เกิดการโก่งงอและแตกออกเป็นระบบรอยแยกในลักษณะบล็อกหินขนาดใหญ่และลึก ส่วนร่องหินขนาดเล็กเกิดโดยสัมพันธ์กับร่องหินขนาดใหญ่ แต่จำกัดเฉพาะที่ผิวหินฐาน ขนาดร่องหินมีความกว้างไม่เท่ากันเกิดจากการปรับสมดุลตามแรงบีบอัด และมีเนื้อหินไม่เป็นเนื้อเดียวกันจึงแตกเป็นบล็อกหินที่มีขนาดต่างกัน และยังถูกขยายผลให้ต่างกันด้วยกระบวนการภายนอก ความลาดเอียงของร่องหินมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีสาเหตุจากการตอบสนองต่อแรงกระทำในช่วงกำเนิดบล็อกหินต่างกัน เป็นผลให้มีการยกตัวขึ้นและทรุดตัวลงของบล็อกหินไม่เท่ากัน และทิศการวางตัวของร่องหินส่วนใหญ่อยู่ในระบบเดียวกัน คือในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) เนื่องจากถูกแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) โดยอยู่ในแนวเดียวกับเทือกเขาภูพานที่อุบัติขึ้นในช่วงการกำเนิดเทือกเขาหิมาลัย ยุคเทอร์เชียรี

THE MINOR GEOMORPHIC FEARTURE OF THE SANDSTONE AT THE PHUHINRONGKLA, AMPHOE NAKORNTHAI, CHANGWAT PITSANULOK

AN ABSTRACT

BY

KLAHAN PIMSRI

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Science degree in Geography

at Srinakharinwirot University

October 2007

KLAHAN PIMSRI. (2007). *The Minor Geomorphic Features of the Sandstone at The Phuhinrongkla, Amphoe Nakornthai, Changwat Phitsanulok.* Master thesis, M.S. (Geography). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.
Advisor Committee: Assist.Prof. Kawee Worrakawin, Pisit Dheeradilok.

The minor geomorphic features and mineral composition of rocks, suncracks, stack rocks and joints of sandstone at Phuhinrongkla, including the shapes, sizes, surface area, density, spacing, direction or trending and declivity were studied by field survey, microscopic and chemical analysis of rock samples in the laboratory. The results of these studies indicated that the earth crust movement in the region involving further weathering and erosional processes as well as composition of rocks were influenced on the formation and development of these minor geomorphic features as follows.

1. **Suncracks** were characterized by fine to medium grained, homogeneous Sandstone which was formed in network shape. They were effected by exogenetic processes of thermal expansion and raining, eroded by running water on the surface. The sizes and shapes of suncracks were different depending on the grain sizes. The larger grains formed the larger shapes and sizes as well as the larger sizes and shape were contracted by the higher degree of declivity.

2. **Stack rocks** were characterized by redish brown, medium to coase grain sandstone. It consisted mainly quartz with iron cementing. Stack rocks were formed by jointing system which effected by the stress in the blocks. These were caused by the tectonic movement of Himalayan Orogeny during Tertiary time. These shapes and sizes were effected by the following exogenetic processes. There were two types of minor geomorphic stack rocks. The first one was formed in rows whereas the second type was formed in clusters. The shapes were formed as pillar or column with round top. The sizes were varied and related to the mineral composition of the rocks. The density of stack rocks were different in quantity at different places and were developed in contemporaneous with the joint system. The difference in degrees of declivity had no indication of effect on the sizes of the stack rocks.

3. **Joint rocks** were yellowish brown sandstone which consisted mainly of rock quartz and distinguishable gravel. The combination of quartz and ferric oxide made the sandstone permanently strong. There were two types of joint rocks. The first one was small joint rocks along the surface of the sandstone and the other was big and deep joint rocks. The joint rocks were both parallel and crosswise. The big joint rocks happened when the sandstone was compressed hardly until they were folded whereas big, deep cracks effected small joint rocks along the surface of the bed rock. The sizes of the cracks were varied because of the differences of the pressure and the heterogeneous of the sandstone blocks in various sizes. Moreover they were effected by the exogenetic processes. The declivity of the blocks were varied because of the effects of the existing period. The different levels of the uplift were caused by the NE and SW pressures, which caused the directions of the joint rocks to be mainly in NW and SE. This was the same directions as the Phuphan range which existed in the Himalayan Orogeny in Tertiary.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

อนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

ของ
กล้าหาญ พิมพ์ศรี

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่ 19 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2550

..... ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กวี วรกวิน)

..... กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์
(อาจารย์พิสิทธิ์ ธีรดิลก)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์มารศรี บัววราภรณ์)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย พันธนะหิรัญ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้โดยสมบูรณ์ เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความเมตตาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวี วรกวิน ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อดีตนายกสมาคมภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทยและรองอธิการบดีมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และอาจารย์พิสิทธิ์ ธีรดิลก กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ข้าราชการบำนาญ อดีตรองอธิบดีกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2539-2541 ทั้งสองท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้คำปรึกษา คำแนะนำสั่งสอน และตลอดจนความรู้วิชาการในการจัดทำปริญญานิพนธ์ทุกขั้นตอน รวมทั้งยังได้ให้ประสบการณ์และแนวทางการทำงานที่ถูกต้อง ทำให้ผู้วิจัยได้ทั้งความรู้ที่เป็นความจริงแท้ในระบบธรรมชาติ และหลักคิดการดำเนินชีวิตในระบบวัฒนธรรมสังคมไทยอันดีที่มีคุณค่ายิ่ง กล่าวได้ว่าท่านทั้งสองเป็นกัลยาณมิตรทางปัญญาโดยแท้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพยิ่ง รวมถึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์มารศรี บัววราภรณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย พันธนะหิรัญ ที่เมตตาเป็นกรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม และรวมถึงคณาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์ที่เมตตาให้คำแนะนำในการเรียนและจัดทำปริญญานิพนธ์ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ คุณศรีโสภา มาระเนตร์ หัวหน้ากลุ่มวิเคราะห์ตรวจสอบรัตนชาติและธรณีวัตถุ และคุณต่อศักดิ์ ประสมทรัพย์ กลุ่มวิเคราะห์ตรวจสอบรัตนชาติและธรณีวัตถุ กรมทรัพยากรธรณี ที่เมตตาช่วยให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา

ขอขอบพระคุณ อาจารย์วิชัย พิมพ์ศรี บิดาผู้วิจัย ที่เมตตาให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลและตัวอย่างในภาคสนาม ตลอดจนให้การสนับสนุนด้านปัจจัยต่างๆ จนทำให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้เป็นไปด้วยดีและสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.ศักดิ์สิน โรจน์สราญรมย์ ประธานกรรมการบริหาร คุณภัทรียา งาเจือ ผู้จัดการฝ่ายวิชาการ และคุณเกียรติวงศ์ ด่านพงศกร ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิชาการ ที่อำนวยโอกาสให้ผู้วิจัยออกเก็บข้อมูลในภาคสนาม

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ลัดดา สุขทิศ ที่ให้หลักคิดในการเขียนบทคัดย่อภาษาอังกฤษ และขอบคุณ คุณชุติพันธุ์ พาณิชกุล คุณธีรนุช รัตนากร ที่ช่วยเหลือในการทำแผนภาพประกอบ รวมทั้งคุณรัตนาภรณ์ นครไธสง และคุณชลาลัย กุศลส่ง ที่ช่วยเหลือในการจัดพิมพ์รูปเล่มและให้กำลังใจตลอดมา

สุดท้าย ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ คณาจารย์ และขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ทุกท่าน ตลอดจนผู้มีพระคุณทั้งหมดที่ช่วยเหลือและสนับสนุนผู้วิจัยให้สามารถดำเนินการวิจัยสำเร็จได้

กล้าหาญ พิมพ์ศรี

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	จุดมุ่งหมายของการศึกษา	4
	ความสำคัญของการศึกษา	4
	เกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ศึกษา	5
	ขอบเขตของการศึกษา	5
	ข้อตกลงเบื้องต้น	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
	กรอบแนวคิด	7
	สมมติฐานของการศึกษา	8
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
	ข้อมูลพื้นฐาน และธรณีวิทยาภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก	9
	พื้นฐานทฤษฎี และแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาธรณีสัณฐานวิทยา	16
	หินตะกอน	20
	หินทราย และอนุสัณฐานหินทราย	29
	กระบวนการธรณีสัณฐานกับการเป็นปัจจัยปรุงแต่งอนุสัณฐานหินทราย	35
	การวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา และการวิเคราะห์เคมี	41
3	วิธีการดำเนินการศึกษา	47
	แหล่งข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	47
	วิธีการดำเนินการรวบรวมข้อมูล	49
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	50
	วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	53
4	การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล	56
	อนุสัณฐานหินทราย บนภูหินร่องกล้า	56
	ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน	62

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน	62
	องค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน	72
	ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานปุ่มหิน	81
	ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานปุ่มหิน	81
	องค์ประกอบหินของอนุสัณฐานปุ่มหิน	92
	ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานร่องหิน	101
	ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานร่องหิน	101
	องค์ประกอบหินของอนุสัณฐานร่องหิน	115
5	สรุปผลการศึกษา	122
	สรุปผลการศึกษา	122
	ข้อจำกัดในการศึกษา	125
	ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป	125
บรรณานุกรม		126
ภาคผนวก		130
ประวัติย่อผู้วิจัย		194

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์หินทรายโดยวิธีศิลาวรรณนา..... 44

2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนาตัวอย่างอนุสัณฐานระแหงหิน..... 77

3 แสดงผลการวิเคราะห์เคมีตัวอย่างอนุสัณฐานระแหงหิน..... 79

4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนาตัวอย่างอนุสัณฐานปุ่มหิน..... 97

5 แสดงผลการวิเคราะห์เคมีตัวอย่างอนุสัณฐานปุ่มหิน..... 99

6 แสดงผลการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนาตัวอย่างอนุสัณฐานร่องหิน..... 119

7 แสดงผลการวิเคราะห์เคมีตัวอย่างอนุสัณฐานร่องหิน..... 121

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 แผนที่แสดงที่ตั้งพื้นที่ศึกษาบริเวณภูหินร่องกล้า..... 10
2 แผนที่ธรณีวิทยาระวางที่ศึกษาภูหินร่องกล้า..... 14
3 บริเวณพื้นที่ศึกษาในการเก็บข้อมูลภาคสนามอนุสัณฐานหินทราย..... 48
4 ตัวอย่างระแหงหินที่เก็บข้อมูลภาคสนาม และเก็บตัวอย่างหิน..... 50
5 ตัวอย่างปุ่มหินที่เก็บข้อมูลภาคสนาม และเก็บตัวอย่างหิน..... 51
6 ตัวอย่างร่องหินที่ใช้เก็บข้อมูลภาคสนาม และตัวอย่างหิน..... 52
7 ผังจำลองบริเวณพื้นที่ศึกษาอนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า..... 57
8 อนุสัณฐานระแหงหินบริเวณลานอเนกประสงค์..... 57
9 อนุสัณฐานระแหงหินบริเวณลานหินแตก..... 58
10 อนุสัณฐานระแหงหินบริเวณลานหินปุ่มที่สำรวจพบ..... 58
11 อนุสัณฐานปุ่มหินบริเวณลานหินปุ่มที่สำรวจพบ..... 59
12 อนุสัณฐานปุ่มหินบริเวณลานหินแตกที่สำรวจพบ..... 60
13 อนุสัณฐานร่องหินขนาดใหญ่..... 61
14 ผังแสดงจุดตรวจวัดและเก็บตัวอย่างอนุสัณฐานระแหงหิน..... 63
15 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1..... 64
16 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2..... 64
17 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3..... 65
18 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4..... 65
19 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 5..... 66
20 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6..... 66
21 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 7..... 67
22 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8..... 67
23 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 9..... 68
24 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10..... 68
25 ระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 74

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

26 ระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 75
27 ระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 75
28 ระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 76
29 ระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 76
30 ระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 77
31 แสดงขนาดอนุสัณฐานระแหงหินในแต่ละระดับทางลึก..... 81
32 อนุสัณฐานปุ่มหินรูปแบบที่มีลักษณะเป็นแนวตรง..... 82
33 อนุสัณฐานปุ่มหินรูปแบบที่มีลักษณะเป็นกลุ่มๆ..... 82
34 แสดงผังของจุดตรวจวัดและเก็บตัวอย่างอนุสัณฐานปุ่มหิน..... 83
35 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1..... 84
36 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2..... 84
37 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3..... 85
38 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4..... 85
39 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 5..... 86
40 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6..... 86
41 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 7..... 87
42 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8..... 87
43 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 9..... 88
44 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10..... 88
45 แสดงแบบจำลองการอุบัติและวิวัฒน์ของอนุสัณฐานปุ่มหิน..... 91
46 ปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 94
47 ปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 95
48 ปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 95
49 ปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 96
50 ปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 96

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

51 ปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 97
52 อนุสัณฐานปุ่มหินมีความไม่สม่ำเสมอของปุ่มหินจากฐานถึงยอด..... 100
53 อนุสัณฐานร่องหินขนาดใหญ่บริเวณลานหินแตก..... 102
54 อนุสัณฐานร่องหินเล็กที่ปรากฏอยู่บนแผ่นหินของร่องหินขนาดใหญ่..... 102
55 ผังแสดงจุดสำรวจ ตรวจวัด และเก็บตัวอย่างอนุสัณฐานร่องหิน..... 103
56 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1..... 104
57 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2..... 104
58 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3..... 105
59 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4..... 105
60 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 5..... 106
61 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6..... 106
62 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 7..... 107
63 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8..... 107
64 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 9..... 108
65 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10..... 108
66 แสดงแบบจำลองการอุบัติและวิวัฒน์ของอนุสัณฐานร่องหิน..... 111
67 การซอนไซของรากพืชตามรอยแยกของหิน..... 113
68 น้ำผิวดินที่ไหลบ่ามาตามผิวหน้าของหินหลังจากที่มีฝนตก..... 113
69 การทรุดถล่มของร่องหินบริเวณขอบหน้าผา..... 114
70 ร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 117
71 ร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 118
72 ร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 118
73 ร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 119
74 ร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์..... 119

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ภูมิประเทศเป็นลักษณะธรรมชาติของเปลือกโลกที่มีรูปพรรณสัณฐานแตกต่างกันไป เช่น ภูเขา ที่ราบสูง ที่ดอน หุบเขา ที่ราบ ที่ลุ่ม แม่น้ำ ชายฝั่งทะเล เป็นต้น ภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อระบบความสัมพันธ์ในธรรมชาติ มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ กิจกรรมทางเศรษฐกิจ และการสร้างสรรค์วัฒนธรรมสังคมของมนุษย์ นอกจากนี้ภูมิประเทศที่มีภูมิทัศน์สวยงามสามารถนำมาพัฒนาเพื่อใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยวได้

ภูมิประเทศที่ปรากฏให้เห็นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา กระบวนการสำคัญที่เป็นปัจจัยให้เปลือกโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงมี 3 กระบวนการ 1) กระบวนการแปรโครงสร้างที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก (tectonic process) ทำให้เกิดแผ่นดิน มหาสมุทร ชั้นหินคดโค้ง รอยเลื่อน ภูเขาไฟปะทุ แผ่นดินไหว และอื่นๆ 2) กระบวนการปรับระดับ (gradation process) เป็นกระบวนการที่เกิดจากตัวการธรรมชาติภายนอกเปลือกโลก ทำให้เปลือกโลกมีระดับเดียวกัน ประกอบด้วย การลดระดับ (degradation) และการเพิ่มระดับ (aggradation) และ 3) กระบวนการจากภายนอกโลก (extraterrestrial process) เช่น การพุ่งชนของอุกกาบาต เป็นต้น (Thornbury. 1969: 34-36)

ปัจจัยที่ทำให้ลักษณะภูมิประเทศ หรือธรณีสัณฐานบนพื้นผิวโลกมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นต่อ 3 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ กระบวนวิธีปรับระดับของเปลือกโลก ได้แก่ การผุพังอยู่กับที่ (weathering) เนื่องจากสภาพลมฟ้าอากาศ ทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ มวลเลื่อน (mass wasting) และการกร่อน (erosion) ปัจจัยที่ 2 คือ ชนิดของหิน โดยหินแต่ละชนิดมีสภาพคงทนต่อการกร่อนไม่เท่ากัน จึงทำให้สัณฐานของหินแต่ละชนิดมีสภาพแตกต่างกัน รวมทั้งยังมีผลต่อรูปแบบการระบายน้ำ (drainage pattern) ด้วย และปัจจัยที่ 3 โครงสร้างธรณี เช่น การวางตัวของชั้นหินตะกอนในแนวระดับ เป็นเหตุให้เกิดภูเขายอดป้าน (butte) เนินเมซา (mesa) และภูเขารูปอีโต้ (cuesta) ซึ่งรวมถึงการเกิดรอยเลื่อน (fault) ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดระบบระบายน้ำเป็นเส้นตรงตามแนวรอยเลื่อน เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2538: 65-67)

พื้นผิวโลกแต่ละแห่ง มีอัตราการเปลี่ยนแปลงจากกระบวนวิธีปรับแต่งผิดแผกแตกต่างกันออกไป ดังที่ กิลเบอร์ต (G.K.Gilbert) ได้ให้ความเห็นไว้ว่า การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวดำรงอยู่ภายใต้เหตุปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ 1) ความลาดเอียงของพื้นที่ (declivity) 2) ลักษณะของหิน (the Character of the Rock) และ 3) ภูมิอากาศ (climate) ส่วน เดวิส (W.M.Davis) กล่าวว่า เหตุปัจจัยที่ทำให้

พื้นผิวโลกมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันออกไปนั้น ได้แก่ 1) โครงสร้าง (structure) 2) กระบวนการ (process) และ 3) ระยะเวลา (time) และยังกล่าวต่อไปอีกว่าโครงสร้างธรณี (geological structure) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของลักษณะธรณีสัณฐาน สำหรับโครงสร้างหิน (rock structure) นั้นจะเกิดขึ้นก่อนลักษณะธรณีสัณฐานที่ปรากฏในปัจจุบัน และโครงสร้างธรณียังส่งผลต่อโครงสร้างหิน โดยจะมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันเสมอ และต่างก็ส่งผลต่อลักษณะธรณีสัณฐาน (Thornbury. 1969: 128-134)

ไบรอัน เจ สกินเนอร์ (Brian J. Skinner) กล่าวว่า หินที่ประกอบเป็นเปลือกโลกจำแนกออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ 1) หินอัคนี (igneous rock) ที่เกิดจากการเย็นตัวและจัดรูปของแมกมา เช่น หินแกรนิต หินบะซอลต์ หินไรโอไลต์ 2) หินชั้นหรือเรียกอีกอย่างว่า หินตะกอน (sedimentary rock) เกิดจากการทับถมและเชื่อมประสานของตะกอนเศษหิน รวมทั้งจากการตกตะกอนทางเคมี เช่น หินปูน หินทราย หินดินดาน และ 3) หินแปร (metamorphic rock) เกิดจากการแปรสภาพของหินอัคนีบ้าง หินตะกอนบ้าง ทั้งโดยอุณหภูมิสูงก็ดี ความกดสูงก็ดี หรือทั้งจากอุณหภูมิสูงและความกดสูงก็ดี เช่น หินไนส์ หินอ่อน หินชีสต์ ซึ่งหินทั้ง 3 ประเภทดังกล่าว มีสัดส่วนที่ปรากฏให้เห็นบนผิวโลกจำแนกเป็น หินอัคนีกับหินแปรร้อยละ 25 และหินตะกอนร้อยละ 75 สำหรับส่วนที่ประกอบเป็นเปลือกโลกจำแนกเป็นหินอัคนีกับหินแปรร้อยละ 95 และหินตะกอนร้อยละ 5 (Brian J. Skinner. 1995: 103)

ประเภทของหิน โครงสร้างธรณี และเหตุจากการกระทำร่วมกันของกระบวนการธรณีและกระบวนการธรณีสัณฐาน เป็นผลทำให้ปรากฏลักษณะภูมิประเทศหรือปรากฏลักษณะธรณีสัณฐานที่มีความผิดแผกแตกต่างกันออกไป (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2538: 67)

กวี วรกวิน กล่าวถึงรูปร่างลักษณะสัณฐานของภูเขาจากหินชนิดต่างๆ ไว้ว่า สัณฐานของภูเขาจะมีรูปลักษณ์อย่างไร ส่วนหนึ่งขึ้นต่อประเภทหิน เช่น ภูเขาหินปูนมีลักษณะเว้าๆ แหว่งๆ มียอดแหลมขึ้นๆ ลงๆ มากมาย ไหล่เขาเป็นหน้าผาชัน ภายในโครงสร้างหินปูนเองจะมีรู โพรง อุโมงค์ ถ้ำ หินงอก หินย้อย เสาหิน หลุมยุบ หลุมจม เป็นต้น ขณะที่ภูเขาหินอัคนี ซึ่งจำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ 1) หินอัคนีพุ (extrusive igneous rock) จะปรากฏสัณฐานภูเขาไฟ เช่น รูปกรวยหรือรูปฝาชี ที่ราบสูงเนินลาวา ที่ราบธารลาวา นอกจากนี้ยังมีสัณฐานย่อยๆ เช่น แท่งเสาหินรูปหกเหลี่ยมหรือรูปห้าเหลี่ยม ซากบอมบ์ภูเขาไฟ เป็นต้น และ 2) หินอัคนีแทรกซอน (intrusive igneous rock) จะปรากฏสัณฐานเด่นในภูเขาหินแกรนิต เช่น สัณฐานย่อยที่เป็นเขาหินเทิน เขาหินซ้อน เขาหินตั้ง เป็นต้น และสำหรับภูเขาหินทรายจะปรากฏในรูปลักษณ์ภูเขายอดราบ ได้แก่ สัณฐานภูเขารูปโต๊ะ (table land mountain) ภูเขารูปอีโต้ และภูเขารูปหนอกวัว (hogback) นอกจากนี้ยังมีสัณฐานย่อย เช่น หน้าผาลานหินกว้าง เป็นต้น โดยเฉพาะลานหินกว้างที่เรียกว่าดาดหิน โดยทั่วไปมักมีร่องรอยการแตกระแหงของหินทรายปรากฏเป็นสัณฐานย่อยหรืออนุสัณฐานร่องหิน ปุ่มหิน ระแหงหิน เสาหิน หน่อหิน เป็นต้น ซึ่งทั้ง

สัณฐานหลักและอนุสัณฐานหินทรายชนิดต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ได้ เป็นต้นว่า ในแง่ของการเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ (กวี วรกวิน. 2546: 33-34)

ประเสริฐ วิทยารัฐ กล่าวถึงภูมิประเทศหินทรายไว้ว่า ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นหินทรายโดยเฉพาะนั้น คงไม่ค่อยมีผู้กล่าวถึงกันมากนัก ยกเว้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีลักษณะภูมิประเทศหินทรายอันโดดเด่นแห่งหนึ่งในโลก โดยมีการวางตัวซ้อนกันหลายชั้น บางแห่งมีความหนาหลายพันเมตร และเรียกหินที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและหินที่พบในที่อื่น ซึ่งมีลักษณะเดียวกันนี้ว่า กลุ่มหินโคราช (ประเสริฐ วิทยารัฐ. 2545: 288)

ทำนองเดียวกับ กวี วรกวิน ที่กล่าวว่า จากแผนที่ธรณีวิทยาของประเทศไทยมากกว่าร้อยละ 95 ของระวางที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นหินทรายชนิดต่างๆ ที่มีความแตกต่างของเนื้อหิน สีสัน และอายุ ซึ่งหินทรายเหล่านี้วางตัวสลับกันไปมา และยังมีการแทรกสลับด้วยชั้นหินตะกอนชนิดอื่นๆ เช่น หินทรายแป้ง หินดินดาน หินกรวดมน หินเกลือ ถ่านหิน เป็นต้น (กวี วรกวิน. 2536: 24)

ธรณีสัณฐานหินทรายที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ ภูเขายอดตัดหรือภูเขายอดราบประกอบด้วย ภูเขารูปโต๊ะ เช่น ภูหลวง ภูเขียว ภูกระดึง ภูด่านอีป้อง ภูหอ เป็นต้น และภูเขารูปอีโต้ ซึ่งเป็นสัณฐานภูเขาที่พบมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่ปรากฏตามขายขอบที่ราบสูงโคราช นอกจากนี้ยังปรากฏสัณฐานหินทรายขนาดย่อยหรืออนุสัณฐานหินทราย เช่น หน่อหินทราย เสาหินทราย บ่อหินทรายรูปหม้อ ระแหงหินทราย ร่องหินทราย ปุ่มหินทราย แก่งหินทราย เป็นต้น ซึ่งจัดเป็นธรณีสัณฐานหินทรายสำคัญในด้านการเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ สัณฐานหินทรายและอนุสัณฐานหินทรายดังกล่าว นอกจากปรากฏอยู่อย่างกว้างขวางในระวางที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือแล้ว ยังปรากฏหนาแน่นอยู่มากอีกแห่งหนึ่งคือภายในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก (กวี วรกวิน. 2536: 21-43)

ที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้ารอยต่ออำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก และอำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย มีโครงสร้างธรณีส่วนใหญ่รองรับด้วยหินทรายหมวดหินต่างๆ ของกลุ่มหินโคราช เช่นเดียวกับระวางที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่สำคัญมีอนุสัณฐานหินทรายปรากฏอยู่เป็นบริเวณกว้างและหนาแน่นบนยอดภู ทั้งปุ่มหินทราย ระแหงหินทราย และร่องหินแตกของหินทราย ซึ่งมีความโดดเด่นตามธรรมชาติ เป็นที่รู้จักและสนใจของบุคคลทั่วไป และยังได้มีส่วนที่เกี่ยวโยงกับประวัติศาสตร์ทางการเมืองของประเทศไทยในอดีต ในแง่การเป็นสมรภูมิสู้รบระหว่างรัฐบาลกับพรรคคอมมิวนิสต์แห่งประเทศไทย ดังนั้น อนุสัณฐานหินทรายเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยดึงดูดนักท่องเที่ยว และมีส่วนสำคัญที่ผลักดันให้ระวางที่ภูหินร่องกล้าและเขตติดต่อ ถูกประกาศจัดตั้งขึ้นเป็นอุทยานแห่งชาติ

ผู้วิจัยได้มีโอกาสไปทัศนศึกษา พบอนุสัณฐานหินทรายดังกล่าวครั้งแรก เมื่อหลายปีที่ผ่านมา จึงรู้สึกประทับใจ และเกิดความสงสัยถึงวิธีการเกิด หรือกระบวนการเกิด จึงได้พยายามค้นหาคำตอบ

หรือคำอธิบายจากหนังสือ ตำรา งานวิจัย และเอกสารวิชาการต่างๆ ที่กล่าวถึงอนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า รวมทั้งได้สอบถามจากผู้รู้หลายท่าน แต่คำตอบที่ได้รับก็ยังไม่ชัดเจน และไม่ละเอียดลึกซึ้งเพียงพอในหลายประเด็น เช่น เหตุใดปุ่มหินแต่ละปุ่มจึงมีขนาดแตกต่างกัน เพราะอะไรความหนาแน่นของปุ่มหินในแต่ละบริเวณจึงไม่เท่ากัน ร่องหินแต่ละร่องทำไมจึงมีความกว้างและความลึกแตกต่างกัน และมีกระบวนการใดเข้ามาเกี่ยวข้องบ้าง เหตุใดระแหงหินจึงมีขนาดและความหนาแน่นต่างกัน และอนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้ายังมีรูปแบบใดปรากฏอยู่อีกบ้าง ในบริเวณใด เหล่านี้เป็นต้น และผู้วิจัยเชื่อว่าสิ่งต่างๆ ดังกล่าวเป็นผลจากระบบความสัมพันธ์ของเหตุปัจจัยต่างๆ

ดังนั้น จากความสงสัยในประเด็นปัญหาดังกล่าวข้างต้น และการที่ยังไม่อาจแสวงหาคำตอบได้อย่างแจ่มแจ้งลุ่มลึกเป็นเหตุเป็นผลเพียงพอ จนกระทั่งสามารถยอมรับได้ จึงเป็นมูลเหตุสำคัญในการดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และผู้วิจัยคาดหวังว่า ผลจากการวิจัยจะช่วยให้ได้รับคำตอบที่ตรงตามความจริงแท้ อันจะเป็นประโยชน์สำหรับการวางแผนพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงความรู้ และรวมถึงการเป็นฐานข้อมูลความรู้ที่นำไปสู่การพัฒนาองค์ความรู้ด้านธรณีสัณฐานวิทยาหินทรายต่อไป

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

การศึกษาอนุสัณฐานของหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาธรณีสัณฐาน ได้แก่ รูปร่าง ขนาด เนื้อที่ ความหนาแน่น ระยะห่าง ทิศการวางตัว และความลาดเอียง รวมถึงศึกษาองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของธรณีสัณฐานจากการแปรสัณฐาน (Tectonic) ที่เกิดจากกระบวนการภายในโลกและกระบวนการภายนอกโลก ที่มีผลต่อการเกิด และการพัฒนาของอนุสัณฐานระแหงหิน อนุสัณฐานปุ่มหิน และอนุสัณฐานร่องหิน

ความสำคัญของการศึกษา

1. สามารถจำแนกอนุสัณฐานของหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลกได้
2. ทำให้ทราบถึงกระบวนการกำเนิดอนุสัณฐานหินทราย ได้แก่ ระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน บนภูหินร่องกล้า
3. ทำให้ทราบถึงองค์ประกอบของหิน ทั้งทางกายภาพและทางเคมี ในบริเวณที่พบอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน บนภูหินร่องกล้า
4. เป็นองค์ความรู้ใหม่สำหรับงานวิชาการด้านธรณีสัณฐานวิทยา และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาพื้นที่ในด้านต่างๆ เช่น การท่องเที่ยวเชิงความรู้ เป็นต้น

เกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ศึกษา

1. เป็นบริเวณที่มีอนุสัณฐานหินทราย ได้แก่ ระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน กระจุกตัวอยู่หนาแน่นมากที่สุดของประเทศ เป็นที่รู้จักของบุคคลทั่วไป มีศักยภาพ และคุณภาพที่สามารถพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงความรู้ได้

2. เป็นบริเวณที่น่าสนใจ โดยมีตัวอย่างและรายละเอียดพรั่งพร้อมสำหรับการเป็นแหล่งเรียนรู้สำคัญ เกี่ยวกับเรื่องราวของอนุสัณฐานหินทรายในประเทศไทย

ขอบเขตของการศึกษา

1. การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ที่เป็นหินในหมวดหินภูพาน (Phu Phan formation) กลุ่มหินโคราช (Khorat group)

2. ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานหินทรายที่ศึกษา ได้แก่ ระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน

3. ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหินบนภูหินร่องกล้าที่ศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย รูปร่าง ขนาด ความหนาแน่น และความลาดเอียง

4. ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานปุ่มหินที่ศึกษาประกอบด้วย รูปร่าง ขนาด ความหนาแน่น และความลาดเอียง

5. ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานร่องหินที่ศึกษาประกอบด้วย ขนาด เนื้อที่ ระยะห่าง ความลาด-เอียง และทิศการวางตัว

6. องค์ประกอบของหินจากอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหินที่ศึกษาประกอบด้วย ชนิดของหิน ลักษณะเนื้อหิน สีของหิน และส่วนประกอบของหิน

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. บริเวณที่ศึกษามีขอบเขตของพื้นที่ไม่กว้าง จึงถือว่าอยู่ภายใต้ลักษณะภูมิอากาศแบบเดียวกัน

2. ระยะเวลาที่กระบวนการธรณีสัณฐานกระทำต่ออนุสัณฐานเหล่านี้ถือว่าอยู่ในช่วงเวลาเดียวกันและใช้ระยะเวลาเท่ากัน

3. พืชพรรณธรรมชาติที่ปกคลุมอนุสัณฐานเหล่านี้ถือว่าไม่แตกต่างกัน

นิยามศัพท์เฉพาะ

ธรณีสัณฐานหินทราย หมายถึง สัณฐานหรือรูปร่างของหินทรายที่มีลักษณะต่างๆ อันเกิดจากการพัฒนาด้วยกระบวนการธรณีสัณฐาน และกระบวนการธรณีตลอดระยะเวลาทางธรณีที่ผ่านมา

อนุสัณฐานหินทราย หมายถึง สัณฐานขนาดเล็กของหินทรายรูปร่างต่างๆ ที่ปรากฏบนสัณฐานซึ่งเป็นหินทรายขนาดใหญ่

ระแหงหิน หมายถึง ระบบรอยแตกร้าวที่เกิดจากกระบวนการธรณีสัณฐาน โดยตัวการภายนอกโลก ซึ่งทำให้เกิดร่องรอยบนผิวนอกของหินฐาน

ปุ่มหิน หมายถึง แท่งหินเล็กขนาดต่างๆ ที่พัฒนาตัวเองบนผิวหน้าของหินฐานขนาดใหญ่ด้วยกระบวนการธรณีสัณฐาน

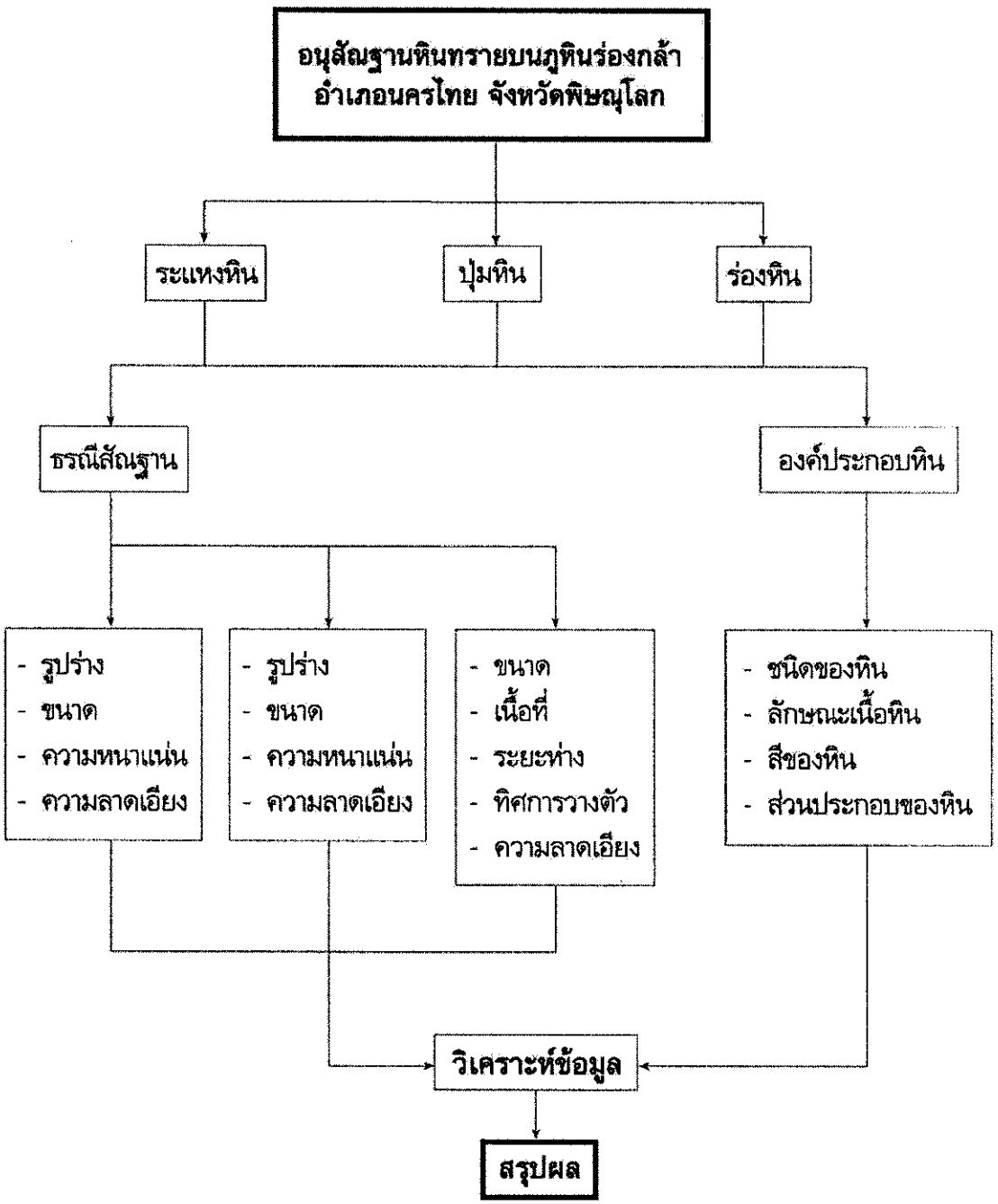
ร่องหิน หมายถึง สัณฐานบนผิวหน้าและในเนื้อหินที่มีลักษณะเป็นร่องลึกขนาดต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการธรณีสัณฐานโดยตัวการภายนอก และตัวการภายในโลก

องค์ประกอบของหินในอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน ที่ศึกษาประกอบด้วย ชนิดของหิน ลักษณะเนื้อหิน สีของหิน และส่วนประกอบของหิน

การวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา เป็นการวิเคราะห์แร่และหินทางกายภาพ โดยการหาส่วนประกอบหิน ชนิดหิน เนื้อหิน และสีของหิน ด้วยการทำแผ่นบางและศึกษารายละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

กรอบแนวคิด

อนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก



สมมติฐานของการศึกษา

1. อนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า น่าจะมีหลายรูปแบบ และอนุสัณฐานที่มีปรากฏอยู่มาก น่าจะเป็นระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน

2. ระแหงหินที่มีรูปร่าง ขนาด และความหนาแน่นแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบ เนื้อหิน และความลาดเอียงต่างกัน

3. ปุ่มหินที่มีรูปร่าง ขนาด และความหนาแน่นแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบ เนื้อหิน และความลาดเอียงต่างกัน

4. ร่องหินขนาดใหญ่น่าจะพัฒนามาจากกระบวนการภายในโลก และขยายผลด้วยกระบวนการภายนอกโลก ส่วนร่องหินขนาดเล็กน่าจะพัฒนาด้วยกระบวนการภายนอกโลกอย่างเป็นขั้นตอน และทำให้ร่องหินมีขนาดแตกต่างกัน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

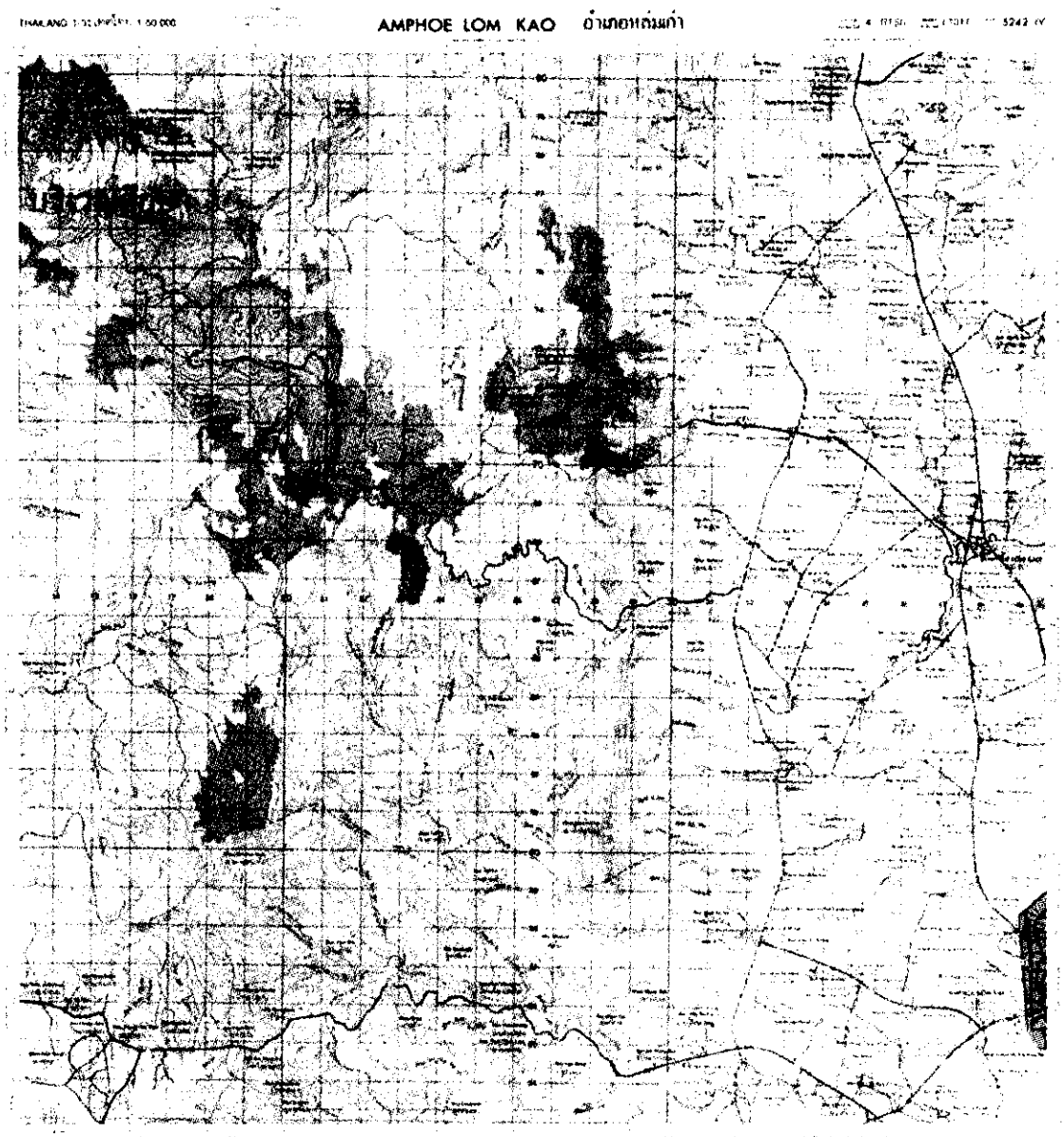
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำแนกตามลำดับ ดังนี้

1. ข้อมูลพื้นฐาน และธรณีวิทยาภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก
2. พื้นฐานทฤษฎี และแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาธรณีสัณฐานวิทยา
3. หินตะกอน
4. หินทราย และอนุสัณฐานหินทราย
5. กระบวนการธรณีสัณฐานกับการเป็นปัจจัยปรุงแต่งอนุสัณฐานหินทราย
6. การวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา และการวิเคราะห์เคมี

1. ข้อมูลพื้นฐานและธรณีวิทยาภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ถูกจัดตั้งขึ้นเป็นอุทยานแห่งชาติลำดับที่ 48 ของประเทศไทย เมื่อวันที่ 26 กรกฎาคม 2527 เนื่องจากมีสภาพธรรมชาติที่สวยงามแปลกตา ยากจะหาได้ในที่อื่นใด เช่น ลานหินแตก ลานหินปุ่ม ระแหงหิน เป็นต้น สภาพการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ภูมิทัศน์ที่สวยสดงดงาม ผสมผสานกับพรรณไม้นานาชนิด นอกจากนี้ในระวางที่แห่งนี้ยังคงไว้ซึ่งประวัติศาสตร์การต่อสู้ระหว่างนักรบไทยและนักรบของผู้เลื่อมใสในลัทธิคอมมิวนิสต์ อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้าครอบคลุมระวางที่รอยต่อของ 2 จังหวัด คือ อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย และอำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 16 องศา 53 ลิปดา – 17 องศา 07 ลิปดาเหนือ และอยู่ระหว่างลองจิจูด 100 องศา 56 ลิปดา – 101 องศา 06 ลิปดาตะวันออก ที่ทำการอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้าตั้งอยู่ห่างจากจังหวัดพิษณุโลกและจังหวัดเพชรบูรณ์ ระยะทางประมาณ 120 กิโลเมตร ความสูงโดยทั่วไปประมาณ 1,300 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง (จงคล้าย วรพงศธร. 2541: 9)

ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไป เป็นแนวของเทือกเขาสูงชันสลับซับซ้อนทอดตัวยาวจากเหนือสุดติดต่อชายแดนลาว แขวงไชยบุรี ลงมาทางใต้ในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์ มีลักษณะเหมือนลิ่มที่ตอกลึกพุ่งเข้าสู่ภาคกลางของประเทศไทย ยอดเขาสำคัญ คือ ภูแผงม้า ภูขี้เถ้า ภูลมโล และภูหินร่องกล้า โดยมีภูเขามันขาวเป็นยอดเขาสูงสุด ประมาณ 1,800 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง รองลงมาคือภูหินร่องกล้ามีความสูงประมาณ 1,641 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ภูเขาเหล่านี้มีความสูงลดหลั่นลงไปจากด้านทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตก และยังเป็นแหล่งกำเนิดของแม่น้ำและลำธารหลายสาย เช่น ลำน้ำไซ ห้วยน้ำขมีน ห้วยออมสิงห์ ห้วยเหมือดโดน และห้วยหลวงใหญ่ เป็นต้น (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ. 2541: 7)



ภาพประกอบ 1 แผนที่แสดงที่ตั้งพื้นที่ศึกษาบริเวณภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

จากรายงานของฝ่ายสำรวจและวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติกล่าวไว้ว่า เนื่องจากสภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นแนวเทือกเขาสูง ทำให้บริเวณภูหินร่องกล้ามีสภาพภูมิอากาศหนาวเย็นเกือบตลอดปี โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิจะต่ำประมาณ 0-4 องศาเซลเซียส มีหมอกปกคลุมทั่วทั้งบริเวณ ส่วนฤดูร้อนอากาศเย็นสบาย จากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้สามารถจำแนกภูมิอากาศเป็น 3 ฤดูกาล ฤดูฝนเริ่มต้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม มีฝนตกชุกและอากาศเย็น ฤดูหนาวเริ่มต้นจากเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีอากาศหนาวจัด และฤดูร้อนอยู่ในช่วงระหว่างเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน มีอากาศเย็นสบาย อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของบริเวณที่ศึกษาประมาณ 18–25 องศาเซลเซียส

และจากข้อมูลสถานีตรวจวัดอากาศพิษณุโลก เลย หล่มสัก และเพชรบูรณ์ ที่ตั้งอยู่โดยรอบภูหินร่องกล้า ทำให้ได้สถิติภูมิอากาศบริเวณโดยรอบระวางที่ที่ศึกษา ซึ่งสรุปจากค่าเฉลี่ยระหว่างสถานีทั้ง 4 แห่งในช่วงระหว่างพ.ศ. 2517 – 2537 ดังนี้

ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,183 มิลลิเมตร ปริมาณฝนสูงสุดอยู่ในเดือนกันยายน 215 มิลลิเมตร และโดยภาพรวมปริมาณฝนบริเวณระวางที่ฝั่งตะวันตก (ด้านจังหวัดพิษณุโลก) มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสูงกว่าระวางที่ฝั่งตะวันออก (ด้านจังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดเลย) เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และการเป็นด้านรับลมของภูเขาเป็นปัจจัยควบคุม

อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 26.8 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายน 29.5 องศาเซลเซียส และต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม 22.9 องศาเซลเซียส และโดยทั่วไปอุณหภูมิของระวางที่ฝั่งตะวันออกจะสูงกว่าระวางที่ฝั่งตะวันตกเล็กน้อย เฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูร้อน

ความชื้นสัมพัทธ์ของระวางที่เฉลี่ยรายปีร้อยละ 70 โดยทางฝั่งตะวันตกมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีร้อยละ 73 และทางด้านฝั่งตะวันออกมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีร้อยละ 67 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดในช่วงเดือนสิงหาคมร้อยละ 80.5 และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนมีนาคมร้อยละ 52

ปริมาณการระเหยน้ำเฉลี่ยรายปี ในบริเวณระวางที่ฝั่งตะวันตกจะต่ำกว่าในบริเวณระวางที่ฝั่งตะวันออก โดยฝั่งตะวันตกมีอัตราการระเหยน้ำเฉลี่ยรายปี 1,605 มิลลิเมตร และฝั่งตะวันออกมีอัตราการระเหยน้ำเฉลี่ยรายปี 1,629.6 มิลลิเมตร และปริมาณการระเหยน้ำเฉลี่ยรายปีเฉลี่ยทั้งระวางที่ 1,617.3 มิลลิเมตรต่อปี อัตราการระเหยน้ำเฉลี่ยรายปีสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายน 183.4 มิลลิเมตร และปริมาณการระเหยน้ำเฉลี่ยรายปีต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนกันยายน 115.3 มิลลิเมตร (สมชาย ฉิมแย้ม. 2542: 10-12 อ้างอิงจาก ฝ่ายสำรวจและวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ. 2537)

สำนักงานอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ กล่าวถึงลักษณะธรณีวิทยาของภูหินร่องกล้าไว้ว่าสภาพทางธรณีวิทยาของอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ทางด้านใต้ ด้านตะวันออก และตะวันตก มีลักษณะเป็นหน้าผาชัน ทางด้านเหนือเป็นภูเขาที่ค่อยๆ ลาดลงทีละน้อยๆ ทำให้มีสัณฐานเป็นภูเขารูปอีโต้ เนื่องจากภูหินร่องกล้าเป็นภูเขาที่มีการเอียงเทของชั้นหินแบบโครงสร้างประทุนคว่ำ (Anticline) โดยมีปลายข้างหนึ่งลาดเอียงเทลงทางทิศเหนือ และมีรอยเลื่อนประกบทั้งสองข้าง

หินที่พบในบริเวณนี้เป็นหินในกลุ่มหินโคราช บนยอดเขาเป็นหมวดหินภูพาน ที่ค่อยๆ มุดเอียงเทลงทางทิศเหนืออยู่ใต้หมวดหินโคกกรวด (Khok Kruat formation) สันนิษฐานว่า หินเหล่านี้เกิดจากการสะสมของตะกอนแม่น้ำที่เรียกว่า ธารประสานสาย (braidded stream) ในช่วงยุคครีเทเชียส (Cretaceous) ตอนต้นถึงตอนกลาง อายุประมาณ 120 -100 ล้านปี จนถึงยุคเทอร์เชียรี (Tertiary)

ตอนต้น อายุประมาณ 55 ล้านปีมาแล้ว หินเหล่านี้คงถูกแรงบีบอัดจากทางตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ขึ้นพร้อมๆ กัน จึงเป็นปัจจัยให้เกิดโครงสร้างรูปประทุนคว่ำ และก่อให้เกิดรอยแตก 2 แนวตั้งฉากกัน หลังจากนั้นได้เกิดกระบวนการการผุพังทำลายมาโดยลำดับ จนเมื่อประมาณ 40 ล้านปีมานี้ ได้เกิดรอยเลื่อนขึ้นอีกทั้ง 2 ข้างของทิวเขา เมื่อเปรียบเทียบดูจะเห็นว่าตรงกลางของภูหินร่องกล้ายกตัวสูงขึ้น ในขณะที่ฝั่งตะวันตกและตะวันออกได้ทรุดตัวต่ำลง และนอกจากนี้ทางด้านใต้ชั้นหินมีการเคลื่อนที่มากกว่าด้านเหนือ ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวเมื่อเกิดกระบวนการทางเคมีฟิสิกส์ จึงทำให้มีการอุบัติเป็นลานหินแตกขนาดใหญ่ และจากการศึกษาโดยละเอียดลานหินแตกเป็นหินในหมวดหินภูพาน ประกอบด้วยหินทรายและหินกรวดมน (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ. 2541: 9-10)

สอดคล้องกับ กวี วรกวิน ที่กล่าวว่า ระวางที่ด้านตะวันออกของจังหวัดพิษณุโลกติดต่อกับจังหวัดเพชรบูรณ์ ในเขตอำเภอชาติตระการ อำเภอนครไทย อำเภอหล่มเก่า อำเภอเขาค้อ และบางส่วนของอำเภอเนินมะปรางและอำเภอวังทอง เป็นบริเวณที่รองรับด้วยหินกลุ่มโคราช ในมหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic) ประกอบด้วย หินทรายชนิดต่างๆ หินทรายแป้ง หินดินดานและหินกรวดมน คล้ายกับธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นจึงอาจเรียกบริเวณดังกล่าวว่า อีสานน้อย หรืออีสานของภาคกลาง (กวี วรกวิน. 2547: 22)

ทำนองเดียวกับ สมชาย ฉิมแย้ม ที่อ้างอิงจากรายงานของฝ่ายสำรวจและวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่กล่าวว่า ระวางที่ส่วนใหญ่ของภูหินร่องกล้าครอบคลุมเทือกเขาที่มีการลาดเอียงของชั้นหินแบบโครงสร้างประทุนคว่ำ โดยมีปลายข้างหนึ่งเอียงลงทางทิศเหนือ และมีรอยเลื่อนขนาบอยู่ทั้งสองข้างทางด้านทิศใต้และทิศตะวันออก ส่วนด้านตะวันตกเป็นหน้าผาชัน (escarpment) หินที่พบเป็นกลุ่มหินโคราช บนยอดเขาเป็นหมวดหินภูพาน ประกอบด้วยหินทราย หินทรายปนกรวดและหินกรวดมน โดยค่อยๆ มุดเอียงเทลงทางทิศเหนือไปอยู่ใต้หมวดหินโคกกรวด ซึ่งมีหินทรายแป้งเป็นส่วนใหญ่ จากการศึกษาลักษณะของหินในบริเวณนี้จะพบลักษณะของหินเป็นชั้นหินตัดขวาง จึงทำให้ทราบว่าหินดังกล่าวเกิดจากการสะสมตัวโดยแม่น้ำ และมีทิศทางการไหลของแม่น้ำไปทางทิศตะวันตก (สมชาย ฉิมแย้ม. 2542: 13 อ้างอิงจาก ฝ่ายสำรวจและวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ. 2537)

ภูหินร่องกล้า ในแง่ธรณีวิทยามีความสัมพันธ์กับธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังที่นักธรณีส่วนใหญ่เชื่อว่า เป็นส่วนหนึ่งของมวลแผ่นดินอินโดไซเนียน (Indosinian land-mass) โดย คลอมป์ (Klompe) เคยเรียกว่า อินโดไซเนียน แมส (Indosinian mass) หรือที่ เวอร์คแมน (Workman) เรียกว่า แอนนาเมีย (Annamia) บ้าง หรือ แลนด์ แมส ออฟ แอนนาเมีย (Land-mass of Annamia) บ้าง มวลแผ่นดินดังกล่าวนี้ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่บริเวณดินแดนตอนกลางและตอนใต้ของเวียดนาม ดินแดนตะวันออกและตอนกลางของลาว ดินแดนภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ดินแดนตอนเหนือและตะวันออกของกัมพูชา นักธรณีหลายท่านให้ความเห็นที่เป็นไปในทำนองเดียวกันว่า

ผืนแผ่นดินบริเวณนี้แต่เดิมเคยอยู่ใต้ระดับน้ำทะเลและมีลักษณะเป็นทะเลตื้น มีหินฐานเป็นหินในยุคเพอร์เมียน (Permian) หรือในยุคเก่ากว่าหินฐานดังกล่าว และได้รับการกระทบกระเทือนจากกระบวนการกำเนิดเทือกเขาของภูมิภาคอินโดจีน ที่เรียกว่า อินโดไซเนียน ออโรจีนี (Indosinian orogeny) อยู่ในราวยุคไทรแอสซิก อันเป็นเหตุปัจจัยทำให้เกิดรอยคดโค้งและรอยเลื่อนอย่างกว้างขวาง (ประเทือง จินตสกุล. 2528: 35-36)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ธรณีวิทยาของภูหินร่องกล้ามีโครงสร้างและลักษณะธรณีสัมพันธ์กับโครงสร้างและลักษณะธรณีของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยหินที่พบเป็นกลุ่มหินโคราช บนยอดภูเป็นหินหมวดภูพาน ที่มีการเอียงเทของชั้นหินเป็นแบบโครงสร้างประทุนคว่ำ ปลายข้างหนึ่งเอียงเทลงทางทิศเหนือ และมีรอยเลื่อนประกบอยู่ทั้งสองข้าง คือทางด้านตะวันออกและด้านใต้ ส่วนด้านตะวันตกเป็นหน้าผาชัน จึงปรากฏสัณฐานของภูเขารูปเควสตา

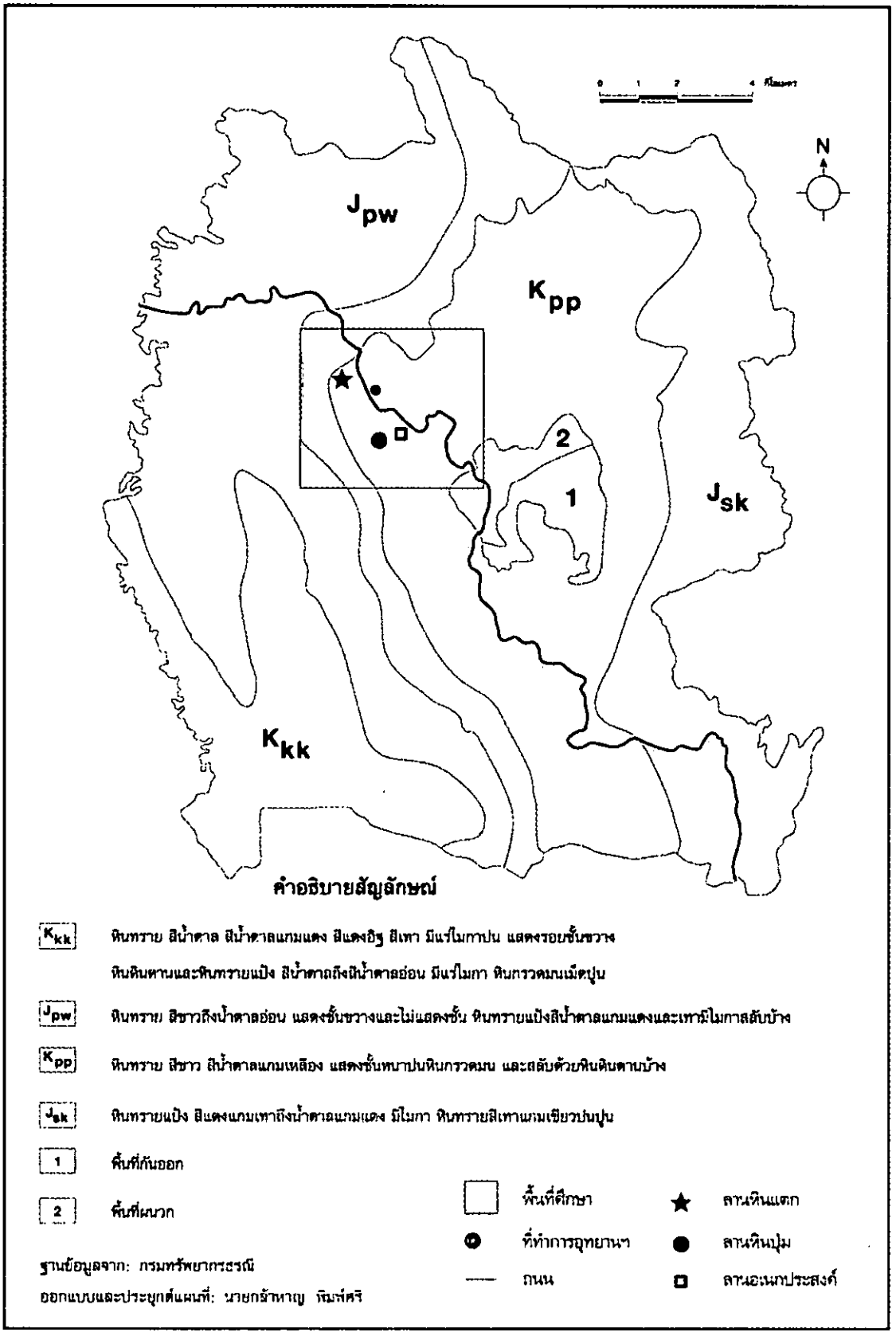
จากการสำรวจเพื่อจัดทำแผนที่ธรณีวิทยาบริเวณระวางที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดเลย ของกรมทรัพยากรธรณี ทำให้ได้ข้อมูลการเรียงลำดับชั้นหิน ดังนี้

ลักษณะธรณีวิทยาในระวางที่อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า ประกอบด้วย หินชั้นและหินแปรของกลุ่มหินโคราช ในหมวดหินภูพาน หมวดหินพระวิหาร หมวดหินเสาขัว และหมวดหินโคกกรวด ซึ่งมีลักษณะโดยรวมของหินในกลุ่มนี้ โดยมากเป็นหินทรายที่มีสีสัน และองค์ประกอบแตกต่างกันออกไป กล่าวคือ (แสดงชนิด ลักษณะ อายุและการกระจายของหินตามแผนที่ธรณีวิทยาระวางภูหินร่องกล้า)

หมวดหินพระวิหาร (Jpw) ลักษณะเป็นหินทรายสีขาว สีชมพู ควอตซ์ซิติก แสดงรอยชั้นขวางชั้นหนา มีชั้นที่มีกรวดปนอยู่ตอนบน และมีชั้นหินดินดานสีเทาน้ำตาลแกมแดงแทรกสลับอยู่บ้าง

หมวดหินเสาขัว (Jsk) ลักษณะเป็นหินทรายสีน้ำตาล สีน้ำตาลแกมแดง สีแดงอิฐ สีเทา โดยมีแร่ไมกาปน แสดงรอยชั้นขวาง นอกจากนี้มีหินดินดานและหินทรายแป้งสีน้ำตาลแกมม่วงแดงอิฐ มีแร่ไมกา และหินกรวดมนเม็ดปูน

หมวดหินโคกกรวด (Kkk) ลักษณะเป็นหินทรายสีน้ำตาล สีน้ำตาลแกมแดง สีแดงอิฐ สีเทาที่มีแร่ไมกาปน แสดงรอยชั้นขวาง นอกจากนี้มีหินดินดานและหินทรายแป้งสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลอ่อน มีแร่ไมกา และหินกรวดปนเม็ดปูน (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ. 2541: 7)



ภาพประกอบ 2 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณศึกษาระวางภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

กล่าวโดยสาระ สำหรับบริเวณระวางที่ศึกษาบนยอดเขาภูหินร่องกล้า เป็นหมวดหินภูพาน ประกอบด้วย หินทรายสีเทาปนขาว มีขนาดเม็ดปานกลางถึงเม็ดหยาบจนถึงเม็ดขนาดตะกอน มีลักษณะเป็นชั้นหนาและมีชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ทั้งชั้นขนานและชั้นเฉียงระดับตัดขวาง (plannar and trough cross-bedding) โดยมีส่วนประกอบเป็นพวกควอตซ์สีขาว หินกรวดภูเขาไฟ หินเชิร์ตสีเทาเทาดำ น้ำตาลแดง ดำ เทาขาวและเขียว เม็ดตะกอนมีความมนดีแต่มีการจัดขนาดไม่ค่อยดี ในบางแห่งมีชั้นหินดินดานสีเทาดำสลับอยู่ในลักษณะเป็นเลนส์ ชนิดหินอื่นที่พบในหมวดหินภูพานได้แก่ หินทรายแป้ง หินดินดาน หินกรวด-มนกระเปาะปนหินทรายสีน้ำตาลแกมแดง ลักษณะเด่นของหินในหมวดหินภูพานคือ เป็นหินทรายและหินกรวดมน สีน้ำตาลแกมเหลือง ส้มอ่อน เทา ชมพู และขาว เม็ดขนาดปานกลางถึงหยาบมาก บางชั้นของหินทรายมีกรวดปน และมีชั้นเฉียงระดับขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ หินกรวดมนมีขนาดใหญ่ถึง 5 เซนติเมตร ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์และเชิร์ต ความหนาของหมวดหินภูพานโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 80-140 เมตร ชั้นหินของหมวดหินภูพานโดยมากมักปิดอยู่บนยอดภูเขาที่มีมุมเอียงเทไม่เกิน 10 องศา ทำให้ยอดเขาเป็นแนวระนาบเรียบ ทั้งนี้เพราะหินในหมวดหินภูพานประกอบด้วยหินทรายเนื้อหยาบ จึงทำให้คงทนต่อการผุพังมากกว่าหินหมวดหินอื่นของกลุ่มหินเดียวกัน ความสัมพันธ์การลำดับชั้นหินระหว่างหมวดหินภูพานกับหมวดหินเสาขัวที่วางตัวอยู่ด้านล่างเป็นแบบวางตัวต่อเนื่อง เช่นเดียวกับหมวดหินโคกกรวดที่วางตัวอยู่ด้านบน อายุหินหมวดหินภูพานอยู่ในยุคครีเทเชียสตอนต้น (กรมทรัพยากรธรณี. 2542: 171-172)

ประเทือง จินตสกุล อ้างอิงจาก นิธิพัฒน์ ชาลีจันทร์ และดิ้น บุนนาค กล่าวถึงหมวดหินภูพานโดยสรุปว่า ให้ชื่อตามชุดแบบฉบับที่สำรวจพบบนเทือกเขาภูพานเมื่อ พ.ศ. 2497 ความหนาของหมวดหินนี้มีตั้งแต่ประมาณ 1-183 เมตร โดยรวมหินหมวดภูพานมีลักษณะส่วนใหญ่คล้ายกับหมวดหินพระวิหาร แต่มีลักษณะสำคัญที่พอสังเกตได้คือขนาดเม็ดทรายที่ประกอบเป็นหินทรายในหมวดหินภูพานจะมีขนาดโตกว่าขนาดของเม็ดทรายในหมวดหินพระวิหาร นอกจากนี้หมวดหินภูพานยังมีชั้นหินหนาๆ ของหินทรายปนกรวด ซึ่งสามารถใช้เป็นเกณฑ์สำหรับจำแนกหินหมวดหินพระวิหารและหินหมวดหินภูพานได้ ลักษณะทั่วไปอีกประการคือ สีของหินหมวดหินภูพานโดยมากมีสีขาว สีเทา สีเหลือง ส้มอ่อน เทาชมพูและแดงอ่อน (ประเทือง จินตสกุล. 2528 : 53)

กวี วรกวิน กล่าวถึงชนิดและลักษณะของหินในหมวดหินภูพานไว้ว่า เป็นหินในยุคครีเทเชียส ประกอบด้วย หินทรายสีขาว หินทรายปนกรวดสีน้ำตาล เนื้อหินหยาบ มีหินดินดาน หินทรายแป้งสีน้ำตาลแกมแดงแทรกสลับ (กวี วรกวิน. 2536: 25)

รัตนา รุจิรกุล กล่าวถึงหินหมวดหินภูพานว่า ประกอบด้วยหินทราย หินทรายปนกรวด หินกรวดมน หินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง นอกจากนี้หินในหมวดหินภูพานจะวางชั้นเฉียงระดับ (cross bedding) มีความหนาประมาณ 82-183 เมตร (รัตนา รุจิรกุล. 2523: 56)

กองสำรวจและจำแนกดิน กล่าวถึงหมวดหินภูพานไว้ว่า ประกอบด้วยหินทรายและหินทรายปนกรวด มีรอยชั้นขวางทั่วไป มีสีเทาแกมน้ำตาลเทาอมชมพู และมียังหินชีสต์กับหินดินดานสีน้ำตาลแกมแดงปนอยู่ด้วย หินหมวดนี้จัดอยู่ในยุคครีเทเชียส (กรมพัฒนาที่ดิน. 2529: 18)

ศรีโสภา มาระเนตร์ พูดถึงหมวดหินภูพานไว้ว่า เป็นหินในกลุ่มหินโคราช อายุประมาณ 130 ล้านปี ประกอบด้วยหินกรวดมนและหินทรายมีกรวดมน หินมีสีขาวจนถึงสีน้ำตาลอ่อนแกมเหลือง พบเป็นชั้นหนาโดยเฉลี่ย 80 เมตร (ศรีโสภา มาระเนตร์. 2542: 80)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า หมวดหินภูพานเป็นหินในกลุ่มหินโคราช มีอายุในยุคครีเทเชียส ส่วนมากเป็นหมวดหินที่ปิดคลุมอยู่บนยอดภูขาหินทรายยอดราบ มีความหนาชั้นหินตั้งแต่ 1-183 เมตร ประกอบด้วย หินทรายสีขาว หินทรายปนกรวดสีน้ำตาล เนื้อหินหยาบ รวมทั้งหินกรวดมน หินดินดาน และหินทรายแป้ง

2. พื้นฐานทฤษฎี และแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาธรณีสัณฐาน

ธรณีสัณฐานหรือภูมิประเทศที่ปรากฏให้เห็นในปัจจุบัน ได้ผ่านขั้นตอนและกระบวนการในการพัฒนาธรณีสัณฐานล่วงกาลผ่านวัยมาโดยลำดับตลอดอายุทางธรณี ซึ่งเป็นเหตุปัจจัยทำให้ธรณีสัณฐานมีความแตกต่างกันออกไป โดยกระบวนการที่กระทำต่อธรณีสัณฐานเมื่อจำแนกโดยกว้างประกอบด้วย กระบวนการภายใน และกระบวนการภายนอกผิวโลก

การศึกษาเกี่ยวกับธรณีสัณฐานมีมาตั้งแต่สมัยโบราณ ดังที่ ทอร์นเบอรี่ (Thornbury) กล่าวเกี่ยวกับประวัติการพัฒนาแนวคิดธรณีสัณฐานไว้ว่า ธรณีสัณฐานวิทยาเริ่มต้นศึกษามาตั้งแต่สมัยโบราณ บุคคลที่สำคัญ เช่น เฮโรโดตัส (Herodotus) อริสโตเติล (Aristotle) สตราโบ (Strabo) เซนากา (Seneca) อาวิเซนา (Avicenna) เลโอนาโด ดา วินชี (Leonado da Vinci) นิโคลัส สเตโน (Nicolaus Steno) บุฟฟอน (Buffon) ทาจิโอนิ-โตเซตติ (Tarjioni-Tozetti) และบุคคลอื่นๆ

อย่างไรก็ดี บุคคลที่สมควรได้รับการยกย่องว่าเป็นนักธรณีสัณฐานวิทยาที่แท้จริงคนแรก คือ กิลเบอร์ต (Gilbert) ซึ่งเป็นผู้ที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับสภาพพื้นที่มาก โดยเขาได้วิเคราะห์เกี่ยวกับการกร่อนที่เกิดขึ้นภายใต้บรรยากาศ รวมทั้งการเกิดหุบเขา และธารน้ำไหล เขาเน้นถึงการปรับระดับแบบเหวี่ยงตัวด้านข้าง (lateral planation) โดยแม่น้ำจะทำให้เกิดหุบเขาขึ้น นอกจากนี้ยังศึกษาถึงการพัดพาโดยธารน้ำไหลว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณน้ำ ความเร็วกระแสน้ำ และความลาดของพื้นที่ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไปเกี่ยวกับการสลักเสลาแผ่นดิน (land sculpture) และตั้งเป็นกฎ 3 ข้อ 1) กฎความสม่ำเสมอตามความลาด (the Law of Uniform Slope หรือ the Law Equal Declivity) 2) กฎโครงสร้าง (the Law of Structure) และ 3) กฎสันปันน้ำ (the Law Divides) และเขายังเป็นบุคคลแรกที่พูดถึงการเกิดรอยเลื่อน และอธิบายสภาพธรณีสัณฐาน

บุคคลสำคัญที่มีชื่อเสียงมากในด้านธรณีสัณฐานวิทยา คือ เดวิส (W.M.Davis) ถือเป็น "the Great Definer and Analyst." เป็นนักธรณีสัณฐานวิทยาที่มีความสามารถมากจนถึงกับใช้ข้อความว่า "the Davisian School of Geomorphology" กับข้อความว่า " the American School" ในความหมายเดียวกัน ซึ่งก่อนถึงยุคของเดวิส การอธิบายสภาพพื้นที่ไม่มีความชัดเจนและแน่นอน เขาสร้างแนวคิดวัฏจักรเชิงภูมิ (geographical cycle) โดยมีวิวัฒนาการเป็นขั้นตอน เช่น ใช้คำว่าวัยรุ่น (youth) บ้าง วัยฉกรรจ์ (mature) บ้าง และวัยชรา (old age) บ้าง สภาพพื้นที่สามารถอธิบายได้ในรูปแบบของโครงสร้างธรณี กระบวนการธรณีสัณฐาน (geomorphic process) และขั้นตอนของการพัฒนา

อย่างไรก็ตาม แนวคิดของเดวิสเกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาพื้นที่ได้รับการคัดค้านจากวัลเทอร์ เพงค์ (Walter Penk) โดยเพงค์ได้เน้นถึงการเคลื่อนไหวของเปลือกโลกที่เกิดขึ้นอยู่เสมออย่างต่อเนื่อง โดยมีความรุนแรงแตกต่างกันไป และไม่มีส่วนของแผ่นดินใดๆ เลย ที่สามารถคงตัวอยู่ได้เป็นระยะเวลานานๆ ตลอดวัฏจักรเชิงภูมิ ดังแนวคิดของเดวิส (Thornbury. 1969: 7-13)

สำหรับแนวคิดของเพงค์ เกี่ยวกับวิวัฒนาการของภูมิประเทศนั้น เขาเชื่อว่าวิวัฒนาการของพื้นที่ขึ้นต่ออัตราการยกตัวของพื้นที่ โดยกระบวนการภายในกับกระบวนการภายนอกโลก ภูมิประเทศในแต่ละส่วนของโลกต้องมีความลาดเหมือนกัน และการเปลี่ยนแปลงความลาดในแต่ละภูมิภาคนั้นมักเกี่ยวข้องกับความรุนแรงของการกร่อน โดยเขาเสนอว่า ความลาดของภูมิประเทศมี 3 ชนิด คือ 1) ความลาดสม่ำเสมอ 2) ความลาดรูปโค้งเว้า และ 3) ความลาดรูปโค้งนูน ซึ่งความลาดแบบสม่ำเสมอนั้นเป็นผลมาจากความสม่ำเสมอของการสึกกร่อน ส่วนความลาดรูปโค้งเว้าเกิดจากความรุนแรงของการกร่อน และความลาดเอียงรูปโค้งนูนเกิดจากการเพิ่มความรุนแรงของการกร่อน (Thornbury. 1969: 200-201)

ย้อนกลับไปกล่าวถึงแนวคิดของเดวิส เขาให้เหตุผลแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจำแนก และการอุบัติของภูมิประเทศว่า ลักษณะโครงสร้างทั้งภายในและภายนอกเป็นพื้นฐานสำคัญในการจำแนกธรณีสัณฐาน แต่ไม่มีพื้นที่ส่วนใดที่ไม่ได้รับการกระทำจากกระบวนการปรับระดับเพียงตัวการเดียว และกระบวนการทั้งหลายไม่สามารถกระทำให้สำเร็จได้ในทันทีทันใด ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทำลายและการเสริมสร้างยังต้องอาศัยช่วงระยะเวลา ดังนั้นในที่สุดเขาจึงเสนอว่า เวลาเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะธรณีสัณฐาน ดังสมการ

$$L = q(SPT)$$

เมื่อ L = ลักษณะภูมิประเทศ (landform)

S = โครงสร้างหิน (structure)

P = กระบวนการ (processes)

T = เวลา (time)

(ประสิทธิ์ คุณุรัตน์. 2520: 15 อ้างอิงจาก Davis. 1954: 481)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การศึกษาด้านธรณีสัณฐานหรือการศึกษาเกี่ยวกับภูมิประเทศที่ผ่านมา ทั้งในแง่การอุบัติและวิวัฒน์มีการพัฒนามาโดยลำดับ โดยเริ่มจากการพยายามคิดค้นหาคำอธิบายที่เป็นเหตุเป็นผล มีการตั้งเป็นทฤษฎีเป็นกฎขึ้น เช่น ทฤษฎีวัฏจักรเชิงภูมิของเดวิส หรือกฎสันปันน้ำของกิลเบอร์ต เป็นต้น ดังกล่าวแล้ว จนกระทั่งปัจจุบันมีการใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการศึกษาด้านธรณีสัณฐานวิทยา เช่น แผนที่ต่างๆ ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพจากดาวเทียม การวิเคราะห์โครงสร้างและองค์ประกอบหินในห้องปฏิบัติการต่างๆ เป็นต้น

ทอร์นเบอรี (Thornbury) กล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาธรณีสัณฐานไว้อย่างน่าสนใจ ประมวลได้ 10 แนวคิด ดังนี้

1. กระบวนการต่างๆ ทางธรณีวิทยาที่กำลังปรากฏอยู่ในปัจจุบัน ได้เคยเกิดขึ้นมาแล้วในอดีตตลอดระยะเวลาทางธรณี นับตั้งแต่โลกอุบัติขึ้นเมื่อประมาณ 4,500 ล้านปีมาแล้ว เพียงแต่ระดับความรุนแรงของกระบวนการต่างๆ เหล่านี้อาจไม่เท่ากัน โดยแนวความคิดนี้พัฒนาจากกฎของ เจ ฮัตตัน (J.Hutton) ที่แปลแบบสรุปความว่า "ปัจจุบันเป็นกุญแจไขไปสู่อดีต"

2. โครงสร้างธรณีวิทยา เป็นเหตุปัจจัยควบคุมวิวัฒนาการของภูมิประเทศหรือธรณีสัณฐาน และธรณีสัณฐานมักเป็นเครื่องสะท้อนให้เห็นถึงโครงสร้างเหล่านั้นได้ดีเช่นกัน โดยแนวความคิดนี้ได้จากเดวิส ที่กล่าวเน้นถึงโครงสร้าง กระบวนการ และระยะเวลาการพัฒนาของพื้นที่ ตามธรรมดาแล้วโครงสร้างหินมีอายุมากกว่าอายุของสัณฐาน เนื่องจากโครงสร้างต้องถูกสร้างขึ้นก่อน

3. วัสดุประกอบสัณฐาน โดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับชนิด และกระบวนการที่กระทำต่อสัณฐานนั้นๆ เช่น สัณฐานที่อยู่สองฝั่งของแม่น้ำสายนั้น แต่ละด้านมักประกอบด้วยวัสดุแตกต่างกัน และวัสดุอาจเกิดจากกระบวนการที่แตกต่างกัน เป็นต้นว่า กระบวนการที่เกิดจากน้ำไหล ลม และธารน้ำแข็ง จะให้วัสดุที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นการทราบถึงชนิดของวัสดุด้านหนึ่งยังช่วยทำให้ทราบถึงกระบวนการที่กระทำต่อพื้นที่นั้นๆ ด้วย นอกจากนี้วัสดุประกอบสัณฐานชนิดเดียวกัน อาทิ หินปูน หากอยู่ในสภาพแวดล้อมต่างกัน ย่อมมีผลต่อการกร่อนหรือความคงทนต่างกัน เช่น เขตร้อนชื้นจะผุพังเร็วกว่าเขตแห้งแล้ง เป็นต้น

4. กระบวนการธรณีสัณฐาน ตามธรรมดาจะทิ้งร่องรอยไว้บนสัณฐานของพื้นที่ และกระบวนการแต่ละชนิดมักทิ้งร่องรอยไว้แตกต่างกัน โดยมีทั้งการสร้างบ้าง การทำลายบ้าง หรือมีทั้งการสร้างกับการทำลายบ้าง ซึ่งกระบวนการมีหลายแบบด้วยกัน เป็นต้นว่า กระบวนการแปรรูปภายในโลก กระบวนการแปรรูปผิวโลก และกระบวนการจากนอกโลก

5. การกร่อนต่างชนิดกันที่กระทำต่อผิวโลก จะมีการสร้างขั้นตอน (sequence) ของสัณฐานอันมีลักษณะเฉพาะตามขั้นตอนของการพัฒนาพื้นที่ โดยธรณีสัณฐานที่มีปรากฏในปัจจุบันเป็นผลเนื่องจากกระบวนการต่างชนิดและต่างระยะเวลากัน เช่น จากน้ำไหลบ้าง ลมพัดบ้าง น้ำใต้ดินบ้าง ธารน้ำแข็งบ้าง เป็นต้น โดยมีระยะเวลาและโครงสร้างธรณีบริเวณนั้นเป็นปัจจัยร่วม

6. วิวัฒนาการธรณีสัณฐานวิทยาของพื้นที่ จะเป็นแบบที่มีความซับซ้อนมากกว่าจะเป็นแบบง่ายๆ หมายความว่าในธรรมชาติหาได้มีเพียงกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งเกิดขึ้นหรือมีผลต่อสภาพภูมิประเทศอย่างโดดเดี่ยวตามลำพัง หากแต่มักมีหลายกระบวนการร่วมและซ้อนกันไป เช่น บริเวณที่ราบลุ่ม นอกจากมีกระบวนการพัดพาวัสดุมาทับถมแล้ว ยังมีกระบวนการคัดขนาด การตกตะกอน หรือการผุพังเกิดร่วมด้วย เป็นต้น

7. ธรณีสัณฐานที่มีปรากฏอยู่บนผิวโลกในปัจจุบัน โดยมากมีอายุน้อยกว่าในสมัยไพลสโตซีน (Pleistocene) และมีเพียงบางบริเวณเท่านั้นที่มีอายุมากกว่ายุคเทอร์เชียรี (Tertiary) การกำหนดอายุธรณีสัณฐานถือตามอายุของผิวพื้นที่ถูกกระทำโดยกระบวนการธรณี จากการศึกษาด้านธรณีวิทยาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า เมื่อประมาณ 1 ล้านปีที่ผ่านมา มีการเกิดยุคน้ำแข็ง รวมทั้งการแปรสัณฐานของเปลือกโลกอย่างรุนแรง จึงเป็นปัจจัยให้เปลือกโลกเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงเช่นกัน ไม่ว่าจากแผ่นดินไหว ภูเขาไฟปะทุ การอุบัติของภูเขา ซึ่งเป็นกระบวนการแปรรูปภายในก็ดี หรือจากน้ำไหล น้ำฝน ลมพัด ธารน้ำแข็ง อันเป็นกระบวนการแปรรูปภายนอกก็ดี

8. การตีความสำหรับสภาพพื้นที่ในปัจจุบันให้ถูกต้องแม่นยำนั้น โดยหลักแล้วผู้ศึกษาควรมีความเข้าใจอย่างดีเกี่ยวกับอิทธิพลด้านธรณีวิทยา และการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศสมัยไพลสโตซีน เพราะเป็นช่วงที่ภูมิอากาศโลกมีการเปลี่ยนแปลงผันแปรมาก จากการเกิดยุคน้ำแข็งกระจายคลุมขอบเขตมากกว่าปัจจุบันมาก เช่น ยุคน้ำแข็งทำให้ระดับทะเลปานกลางลดลงกว่า 90 เมตร ต่อเมื่อน้ำแข็งละลายทำให้ระดับทะเลปานกลางสูงขึ้นกว่า 100 เมตร นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการภายในโลกร่วมด้วย

9. การรู้เข้าใจชัดเกี่ยวกับภูมิอากาศของโลก เป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับเป็นเครื่องเกื้อหนุนซึ่งจะช่วยทำให้เข้าใจดีถึงความแตกต่างของกระบวนการต่างๆ ที่กระทำบนผิวโลก เนื่องจากภูมิอากาศโดยเฉพาะอุณหภูมิและปริมาณฝน เป็นปัจจัยเด่นที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการธรณีสัณฐานมาก ทั้งที่เป็นไปโดยตรงและโดยปริยาย และตามนัยนี้ไม่ได้จำกัดเพียงเฉพาะภูมิอากาศปัจจุบันเท่านั้น หากแต่รวมความถึงภูมิอากาศในอดีตด้วย

10. ถึงแม้ว่าการศึกษาธรณีสัณฐานในปัจจุบัน จะเน้นการศึกษาสัณฐานและองค์ประกอบที่

พบเห็นอยู่ในปัจจุบันเป็นหลักก็ตาม แต่การที่จะสามารถเข้าใจลึกซึ้งเกี่ยวกับการศึกษาด้านนี้นั้น ว่าที่จริงควรต้องรู้เข้าใจถึงเหตุการณ์ที่ผ่านมาในอดีตด้วย เพื่อประกอบการอธิบายและการตีความที่แม่นยำขึ้น เช่น การศึกษาจากโครงสร้าง ชั้นตะกอน เป็นต้น (Thornbury. 1969: 16-32)

ดังกล่าวมาสรุปได้ว่า พื้นฐานทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศ หรือธรณีสัณฐานนั้น ได้เริ่มมีการศึกษากันตั้งแต่ในสมัยโบราณ โดยมีนักธรณีสัณฐานที่มีชื่อเสียงหลายคน ในระยะแรกจะเป็นการอธิบายธรณีสัณฐานด้วยการสังเกตจากที่ปรากฏบ้าง ใช้การตีความบ้าง การคิดหาเหตุผลเพื่อบรรยายลักษณะสัณฐานต่างๆ บ้าง ตลอดจนการสร้างแนวคิดแบบจำลองต่างๆ บ้าง ต่อมามีการใช้แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีสัณฐานมาประกอบการศึกษาในภาพกว้างร่วมกับการเจาะเน้นในภาคสนาม และในปัจจุบันมีการใช้ภาพถ่ายทางอากาศและภาพจากดาวเทียมเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางธรณีสัณฐานวิทยา อย่างไรก็ดี การศึกษาธรณีสัณฐานวิทยาควรต้องตระหนักและให้ความสำคัญกับแนวคิดทั้ง 10 ประการดังแสดงข้างต้น เพื่อให้ได้รับคำตอบที่ตรงตามความจริงแท้ต่อไป

2. หินตะกอน

หินตะกอนหรือหินชั้นเป็นหินที่เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนต่างๆ ดังที่พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นหินที่เกิดจากการทับถมของตะกอน ตะกอนเหล่านี้เกิดจากการผุพังแตกสลายของหินอัคนี หินแปร หรือหินชั้นอายุเก่ากว่า ถูกพัดพามาตกจมสะสมโดยน้ำ ลม ธารน้ำแข็ง หรือการตกตะกอนทางเคมี และหมายรวมตลอดถึงหินที่เกิดจากการสะสมของซากดึกดำบรรพ์ด้วย ตะกอนต่างๆ เหล่านี้จะมีการสะสมตัวเป็นชั้นๆ และเมื่อมีการแข็งตัวกลายเป็นหินแล้วจะมีลักษณะการเรียงตัวเป็นชั้นๆ ตามลำดับอายุยังปรากฏให้เห็นอยู่ จึงจัดประเภทให้เป็นหินชั้น (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 264)

พจนานุกรมภูมิศาสตร์ (Dictionary of Geography) ฉบับ บรอกแฮมตัน กล่าวถึงหินตะกอนว่าเป็นหิน 1 ใน 3 ประเภทหลักคือ หินอัคนี หินตะกอน และหินแปร โดยสามารถจำแนกหินตะกอนได้ 3 กลุ่ม คือ 1) เศษหิน เช่น หินทราย หินดินดาน 2) ซากสิ่งมีชีวิต เช่น ถ่านหิน และ 3) เคมี เช่น หินปูน เป็นต้น (Brockhamton Press. 1997: 142-143)

วิลเลียม ซี พุทนัม (William C. Putnam) กล่าวถึงหินตะกอนว่า เป็นหินที่มีปรากฏทั่วไปบนผิวโลก โดยเป็นการจัดรูปของตะกอนด้วยกระบวนการที่ดำเนินไปอย่างช้าๆ ตะกอนมีต้นกำเนิดจากทั้งหินอัคนี หินแปร และหินตะกอนเก่ากว่า สิ่งแวดล้อมที่มีการตกตะกอนก็ต่างกันไป เช่น ในทะเล ภาคพื้นทวีป ทะเลสาบ ที่ราบน้ำท่วมถึง ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ เนินตะกอนรูปพัด สันทราย แหล่งสะสมธารน้ำแข็ง เป็นต้น (William C. Putnam. 1971: 123-126)

แฟรงค์ อาร์เนต (Frank Arnert) กล่าวถึงหินตะกอนไว้โดยย่อว่า ประกอบด้วยตะกอนจากอนินทรียวัตถุและอินทรียวัตถุที่ทับถมกัน โดยมีน้ำเป็นตัวการสำคัญ (Frank Ahnert. 1998: 53)

สแตนลีย์ เชอร์นิคอฟ (Stanley Chernicoff) กล่าวถึงหินตะกอนว่า โดยทั่วไปหินตะกอนเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตะกอนไปเป็นของแข็งในระดับสูงสุด ด้วยกระบวนการต่างๆ ซึ่งหินตะกอนจะวางตัวเป็นชั้นบางอยู่ที่เปลือกโลกถึงระดับลึก 15 กิโลเมตรโดยประมาณ คิดเป็นร้อยละ 5 และจะเปิดเผยให้เห็นประมาณร้อยละ 75 ที่ผิวพื้นโลก หินตะกอนจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ตามชนิดของตะกอน ได้แก่ ตะกอนที่เป็นเศษหิน (detrital sediment) จากเศษหินอัคนีบ้าง เศษหินตะกอนที่อายุมากกว่าบ้าง หรือจากเศษหินแปรบ้าง และตะกอนเคมีจากการละลายของแร่เดิมในรูปสารละลายในน้ำบ้าง จากสิ่งมีชีวิตบ้าง ซากหอยบ้าง ซากโครงกระดูกบ้าง หรือจากสสารที่ทับถมจากการตายลงของสิ่งมีชีวิตต่างๆ บ้าง (Stanley Chernicoff. 1997: 107-108)

อลัน สตราห์เลอร์ (Alan Strahler) กล่าวว่า หินตะกอนเกิดจากการทับถมของตะกอนจากตัวการต่างๆ เช่น น้ำไหล ในที่ต่ำ อาทิ หุบเขา ทะเลสาบ ที่ลุ่มน้ำขัง เป็นต้น จากนั้นมีกระบวนการอัดแน่นและทำให้มีความแข็งจนก่อรูปเป็นหิน หินตะกอนจำแนกได้ 3 กลุ่ม คือ 1) เศษหิน เช่น หินทราย หินกรวดมน หินโคลน 2) ตะกอนเคมี เช่น หินปูน หินโดโลไมต์ หินเชิร์ต 3) ตะกอนอินทรีย์ เช่น ถ่านหิน ปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ (Alan Strahler. 1996: 271-277)

ไบรอัน เจ สกินเนอร์ (Brian J. Skinner) กล่าวว่า หินตะกอนจำแนกเป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะตะกอน ได้แก่ 1) เศษหิน เช่น หินกรวดมน หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน 2) ตะกอนเคมี เช่น หินปูน หินโดโลไมต์ ถ่านหิน เป็นต้น (Brian J. Skinner. 1995: 167-170)

อาร์เทอร์ สตราห์เลอร์ (Arthur Strahler) กล่าวว่า หินตะกอนจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1) ตะกอนเศษหิน (clastic) ประกอบด้วย ตะกอนภูเขาไฟ เช่น หินทัฟฟ์ กรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ และตะกอนเศษหิน เช่น หินทราย หินกรวดมน หินกรวดเหลี่ยม 2) ตะกอนที่ไม่ใช่เศษหิน (nonclastic) ประกอบด้วย ตะกอนเคมี เช่น หินปูน หินโดโลไมต์ หินเชิร์ต และตะกอนชีวภาพ เช่น ถ่านหิน เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้จำแนกเนื้อหินตะกอนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) fragmental คือ กลุ่มเศษหินทั้งหมด 2) crystalline และ microcrystalline คือ กลุ่มตะกอนเคมี และ 3) organic คือ กลุ่มตะกอนชีวภาพ (Arthur Strahler. 1963: 368-377)

เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา อ้างอิงจาก ไรท์เทน ดี และบรู๊ก เจ (Whitten D. and Brooks J.) พูดถึง การจำแนกหินตะกอนว่ามีหลายวิธีแต่ที่นิยมคือ อาศัยการกำเนิด และองค์ประกอบของหินเป็นเกณฑ์ในการจำแนก วิธีนี้แบ่งหินตะกอนเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

2.1.1 กลุ่มหินตะกอนเนื้อเศษหิน (clastic or detrital sedimentary rocks) ซึ่งเกิดโดย

การทับถมของเศษตะกอนต่างๆ แล้วแข็งตัวกลายเป็นหิน ได้แก่ หินเนื้อทราย (anenaceous rocks) หินเนื้อดิน (argillaceous rocks) และหินเนื้อกรวด (rudaceous rocks)

2.1.2 กลุ่มหินตะกอนเนื้อประสานหรือหินตะกอนเคมี (chemical sedimentary rocks) ซึ่งเกิดจากการตกตะกอนทางเคมี ได้แก่ หินปูนบางส่วน หินเกลือระเหย (evaporite) สินแร่เหล็กที่เกิดแบบหินตะกอน และหินเชิร์ตบางส่วน

2.1.3 กลุ่มหินตะกอนอินทรีย์ หรือหินตะกอนชีวเคมี (organic or biochemical sedimentary rocks) เป็นหินที่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตและปฏิกิริยาเคมี ช่วยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจนกลายเป็นหิน ได้แก่ หินปูนบางส่วน หินที่เกิดบริเวณก้นสมุทรบางส่วน หินที่เกิดขึ้นเป็นชั้นกระดูกสัตว์ หินเชิร์ตบางส่วน ถ่านหิน และแร่ฟอสเฟตที่ทับถมเป็นชั้นตะกอน (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2538 อ้างอิงจาก Whitten D. and Brooks J. 1983: 405)

นอกจากการจำแนกชนิดของหินตะกอนโดยอาศัยการกำเนิด และองค์ประกอบของหินเป็นเกณฑ์แล้ว เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา ยังจำแนกหินตะกอนโดยยึดหลักธรณีเคมีเป็นเกณฑ์ ได้เป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

1. รีซิสเตต (resistates) ได้แก่ หินที่มีเนื้อเป็นทรายบ้าง หรือกรวดบ้าง เช่น หินทราย หินกรวดมน หินกรวดเหลี่ยม เป็นต้น

2. ไฮโดรไลเสต (hydrolysates) ได้แก่ หินที่มีองค์ประกอบเป็นแร่ดินและหินเนื้อดิน เช่น หินดินดาน หินโคลน เป็นต้น

3. ออกซิเดต (oxydates) ได้แก่ หินที่มีเนื้อเป็นสินแร่เหล็ก และสินแร่แมงกานีสที่กำเนิดแบบหินตะกอน

4. รีดูเสต (reduzates) ได้แก่ แร่ซัลไฟด์ที่เกิดแบบหินตะกอน รวมทั้งถ่านหิน และปิโตรเลียม

5. พรีซิปิเตต (precipitates) ได้แก่ หินปูนที่เกิดโดยกระบวนทางเคมี

6. อีแวพอไรต์ (evaporates) ได้แก่ หินอีแวพอไรต์ทุกชนิด เช่น ยิปซัม เกลือหิน แอนไฮไดรต์ เป็นต้น (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2538: 150-151)

รวมทั้ง เฟรดเมน จี และแซนเดอร์ เจ (Friedmen G. and Sanders J.) ยังได้จำแนกหินตะกอนออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์ตามสถานที่กำเนิด และองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) กลุ่มหินตะกอนที่เกิดในแอ่ง (intrabasinal rocks) มี 3 ประเภทคือ 1) หินคาร์บอเนต (carbonate rocks) ได้แก่ หินปูน และหินโดโลไมต์ 2) หินเกิดกับที่ (authigenic rocks) ได้แก่ หินเชิร์ต หินอีแวพอไรต์ หินฟอสเฟต หินตะกอนที่เป็นแร่เหล็กและหินตะกอนที่เป็นแร่แมงกานีส และ 3) หินคาร์บอเนเชียส (carbonaceous rocks) ได้แก่ ถ่านหิน

2) กลุ่มหินตะกอนที่เกิดนอกแอ่ง (entrabasinal rocks) มี 1 ประเภทคือ หินที่เกิดบนพื้นทวีป (terrigeneous rocks) ได้แก่ หินดินดาน หินทราย หินกรวดมน หินกรวดเหลี่ยม และหินทราย-แป้ง

3) กลุ่มหินตะกอนชั้นภูเขาไฟ (pyroclastic rocks) มี 1 ประเภทคือ หินชั้นภูเขาไฟ ได้แก่ หินกรวดภูเขาไฟ (agglomerate) หินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ (volcanica breccia) หินทัฟฟ์มูลภูเขาไฟ (lapilli tuffs) และหินทัฟฟ์ (Friedmen G. and Sanders J. 1978: 170-193)

สารานุกรมเกี่ยวกับโลก ฉบับสังเขป (Concise Encyclopedia Earth) พูดถึง หินตะกอนไว้ว่า เป็นประเภทหินที่ปรากฏให้เห็นกว่าร้อยละ 75 ของผิวพื้นโลก (แต่เปลือกโลกกว่าร้อยละ 90 เป็นหินอัคนี โดยทั่วไปหินตะกอนอุบัติจากซากผุพังของหินต่างๆ และซากสิ่งมีชีวิต จำแนกประเภทหินตะกอนตามชนิดตะกอนได้ 3 กลุ่ม คือ เศษหิน ชีวภาพ และเคมี (John Farndon. 1998: 92-93)

ปัญญา จารุศิริ และคนอื่น กล่าวถึงหินตะกอนไว้ว่า เป็นหินที่เกิดจากการแข็งตัว และอัดตัวของตะกอนเศษหินหรือสารละลายที่ถูกตัวกลาง เช่น ลม น้ำ เป็นต้น พัดพามา และสะสมตัวตามที่ต่ำๆ ของผิวโลก (ปัญญา จารุศิริ และคนอื่น. 2545: 93)

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ กล่าวถึงหินตะกอนไว้ว่า หินตะกอนหรือหินชั้นคือหินที่เกิดจากการทับถมอัดตัวของอนุภาคต่างๆ บนผิวโลก ตามกระบวนการทางธรณีวิทยาและผ่านกระบวนการสร้างหินตะกอน (lithification) (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2530: 76)

ประเสริฐ วิทยารัฐ กล่าวถึงหินตะกอนหรือหินชั้นว่า เป็นหินที่เกิดขึ้นภายหลังสารประกอบหรือวัตถุที่เกิดจากการสลายตัวของหินอัคนี เมื่อตกตะกอนทับถมกันนานๆ จะแข็งตัวเป็นหินชั้นตามสภาพของวัตถุที่มาตกตะกอน (ประเสริฐ วิทยารัฐ. 2545: 224)

ชาติชาย ร่มสนธิ์ กล่าวถึงหินตะกอนไว้ว่า เป็นหินที่ประกอบด้วยตะกอนที่ได้จากการสลายตัวและผุพัง โดยกระบวนการผุพังอยู่กับที่ และการกร่อนของหินดั้งเดิม ซึ่งอาจจะเป็นหินอัคนี หินตะกอนหรือหินแปรก็ได้ (ชาติชาย ร่มสนธิ์. 2522: 15)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า หินตะกอนหรือหินชั้น คือหินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนซึ่งแตกสลายผุพังมาจากหินอัคนี หินแปร และหินตะกอนอายุเก่ากว่า แล้วถูกพัดพามาด้วยตัวการต่างๆ เช่น น้ำ ลม จากนั้นจึงเกิดการสะสมและอัดแน่นเรียงตัวเป็นชั้นๆ โดยทั่วไปหินตะกอนจำแนกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) เศษหิน เช่น หินทราย หินกรวดมน หินดินดาน 2) ซากสิ่งมีชีวิต เช่น ถ่านหิน และ 3) ตะกอนเคมี เช่น หินปูน หินโดโลไมต์ เป็นต้น อย่างไรก็ดี บางครั้งการจำแนกหินตะกอนยังอาจใช้เกณฑ์ตามการกำเนิด สถานที่กำเนิด องค์ประกอบของหิน และหลักธรณีเคมี จึงทำให้หินแต่ละชนิดอาจจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันเมื่อใช้เกณฑ์หนึ่ง และอาจถูกจัดอยู่คนละกลุ่มเมื่อใช้อีกเกณฑ์หนึ่ง

รายละเอียดสำคัญอื่นๆ เกี่ยวกับหินตะกอนนอกจากกำเนิด กระบวนการและประเภทแล้ว ที่จริงควรต้องพิจารณาโยงไปถึงโครงสร้าง ขนาดเม็ด (grain size) และรูปร่างเม็ด (grain shape) ของหินตะกอนด้วย

พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พูดถึง grain ไว้หลายความหมาย กล่าวเฉพาะที่เกี่ยวกับหินตะกอนมี 2 ความหมายคือ 1) หมายถึง เม็ด อันเป็นอนุภาคชิ้นเล็กๆ ของแร่หรือหินที่มีขนาดไม่กี่มิลลิเมตร เช่น เม็ดทราย หรือเป็นคำที่ใช้เรียกทั่วไปสำหรับอนุภาคทุกขนาด เช่น เม็ดหยาบ เม็ดละเอียด และ 2) หมายถึง เนื้อ คือลักษณะเนื้อหินและดินที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ อยู่ร่วมกันโดยถือขนาดของอนุภาคส่วนใหญ่เป็นหลัก เช่น เนื้อหยาบ เนื้อละเอียด ส่วนโครงสร้างของหินตะกอนที่สำคัญมี 2 อย่างประกอบด้วย 1) การวางชั้น (bedding) เป็นการวางตัวของชั้นหินเป็นชั้นๆ หรือเป็นแถบ มีความหนา ลักษณะโครงสร้าง และรูปแบบของตนโดยเฉพาะ จำแนกย่อยได้เป็น 2 ลักษณะคือ การวางชั้นแบบเรียงขนาด (graded bedding) เป็นการวางชั้นแบบหนึ่งของหินตะกอนที่ชั้นหินมีการเรียงลำดับขนาดของอนุภาค โดยมีขนาดใหญ่อยู่ส่วนล่างและขนาดเล็กลงอยู่ส่วนบนของชั้นหิน ชั้นหินนี้มักเกิดในสถานที่ที่กระแสน้ำไหลปั่นป่วนและค่อยๆ ลดกำลังลง กับการวางชั้นเฉียงระดับ (cross bedding) เป็นการวางตัวของชั้นหินโดยเอียงเทเป็นมุมกับแนวระดับชั้นหินปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทิศทางกระแสน้ำหรือลม อันมีผลต่อการตกจมของตะกอนดินทราย ทำให้ไม่อาจตกจมลงเป็นระดับปกติได้ ต้องเอียงเทไปในแนวทางตามกระแสน้ำหรือลม จึงมักพบชั้นหินย่อยๆ มีแนวขวางตัดกับแนวระดับชั้นปกติ และแต่ละชั้นบางทีก็เฉียงไม่เท่ากัน มองเห็นสลับกันไปสลับกันมา (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 52, 167)

ในเรื่องเดียวกันนี้ สแตนลีย์ เชอร์นิคอฟฟ์ (Stanley Chernicoff) ได้พูดถึงไว้ว่า ขนาดเม็ดและรูปร่างเม็ดส่วนหนึ่งขึ้นต่อตัวการพัดพาก่อนจะมีการสะสม เช่น น้ำท่า ลม ธารน้ำแข็ง เป็นต้น จะเป็นปัจจัยควบคุมขนาดเม็ดและรูปร่างเม็ด ส่วนโครงสร้างหินตะกอนเป็นลักษณะเชิงกายภาพที่พัฒนาในระหว่างการสะสมและจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญมี 2 โครงสร้าง ได้แก่ การวางชั้น (bedding) และลักษณะผิวหินตะกอน (surface sedimentary feature) การวางชั้นยังจำแนกได้อีก 2 ชนิด คือ 1) graded bedding ที่มีการลำดับขนาด เช่น ขนาดใหญ่อยู่ด้านล่างและขนาดเล็กอยู่ด้านบน อันมีปัจจัยจากกระแสน้ำปั่นป่วนแล้วจึงหมดกำลังลงโดยลำดับ กับ 2) cross bedding ที่ชั้นหินเอียงเทกับแนวระดับปกติ มีปัจจัยจากลมหรือกระแสน้ำเปลี่ยนทิศ ตะกอนจึงเอียงเทไปตามในขณะตกตะกอน และสุดท้าย surface sedimentary feature จำแนกได้ 2 ชนิดคือ 1) ripple mark เกิดจากการกระทำของคลื่นน้ำหรือลม ที่ถูกตะกอนอื่นทับถมปิดคลุมไว้ จนเมื่อหินที่คลุมอยู่ผุกร่อนหลุดไปจึงเผยรอยริ้วคลื่นให้เห็น 2) mud crack เป็นรอยแตกจากการหดตัวของโคลนจากแดดเผา ต่อจากนั้นมีตะกอนเข้าไปแทรกอยู่และพัฒนาเป็นหินแข็ง (Stanley Chernicoff. 1997: 108-112)

จากที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า การศึกษาหินตะกอนมีสาระที่ต้องพิจารณาอันถือเป็นตัวตนของหินตะกอนที่ปรากฏให้เห็นคือ 1) โครงสร้าง ทั้งการวางชั้น (bedding) ที่จำแนกเป็น graded bedding กับ cross bedding และทั้งลักษณะผิวหินตะกอน ซึ่งจำแนกเป็น ripple mark กับ mud crack 2) grain size และ grain shape ของหินตะกอน

เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา กล่าวถึงกระบวนการสร้างและวิวัฒน์ของหินตะกอนไว้ว่า หินแต่ละชนิดจะกลายเป็นตะกอนได้ต้องผ่านกระบวนการหลายอย่าง เป็นต้นว่า การผุพังอยู่กับที่ (weathering) การเคลื่อนย้าย (transportation) และการตกตะกอน (deposition) แล้วตะกอนเหล่านั้นยังผ่านกระบวนการอีกชุดหนึ่ง ได้แก่ การก่อตัวใหม่ (diagenesis) ที่ประกอบด้วยการอัดแน่น (compaction) การเชื่อมประสาน (cementation) การตกผลึก (crystallization) และการแทนที่ (replace) (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2538: 117-137)

แฮมบลิน (Hamblin W.K.) พูดถึงกระบวนการสร้างหินตะกอนไว้โดยย่อว่า กระบวนการเริ่มจากการผุพังอยู่กับที่ การเคลื่อนย้าย และไปจนถึงการถับถม (deposition) (Hamblin W.K. 1986: 33)

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ กล่าวถึงกระบวนการสร้างและพัฒนาการของหินตะกอนในลักษณะของวัฏจักรหินตะกอน (the Sedimentary Cycle) ไว้ว่า หินตะกอนจะมีการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรของมันได้ 4 แบบ คือ 1) กระบวนการทำลาย (destruction) เป็นการสลายตัวทางกายภาพ เคมี และการกัดเซาะพังทลายด้วยตัวการต่างๆ 2) กระบวนการพัดพา 3) กระบวนการทับถม และ 4) การสร้างขึ้นใหม่ (reconstruction) (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2530: 76-77)

พวงเพชร์ ธนสิน กล่าวถึงการจำแนกและก่อรูปของหินตะกอนไว้ว่า หินตะกอนถูกจำแนกตามลักษณะของตะกอนได้เป็น ตะกอนที่มีขนาดที่ถูกพัดพามาเมื่อตกตะกอนและแข็งตัวเป็นหิน จะเรียกว่า คลาสติกร็อก (clastic rock) และตะกอนที่อยู่ในรูปสารละลาย (solution) เมื่อตกตะกอนและแข็งตัวเป็นหิน จะเรียกว่า แคลคาเรียส ร็อก (calcareous rock) (พวงเพชร์ ธนสิน. 2543: 158-159)

สแตนลีย์ เชอร์นิคอฟ (Stanley Chernicoff) พูดถึง กระบวนการเกิดหินตะกอนว่าประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่ 1) การอัดแน่น (compaction) จากน้ำหนักของตะกอนที่อยู่เบื้องบน 2) การประสาน (cementation) โดยมีวัตถุประสานเป็นเครื่องเชื่อม เช่น ซิลิกา ปูน เหล็ก โดยเฉพาะซิลิกาจะเป็นตัวเชื่อมที่แข็งแกร่งทนทานกว่าตัวเชื่อมชนิดอื่นๆ และ 3) การเกิดผลึกใหม่ (recrystallization) เป็นการก่อรูปใหม่ของแร่ในภาวะของแข็งภายใต้กระบวนการแปรสภาพ โดยอาจมีสารประกอบเคมีและโครงสร้างคงเดิมหรือแปรเปลี่ยนไปก็ได้ (Stanley Chernicoff. 1997: 112-113)

สารานุกรมเกี่ยวกับโลก ฉบับสังเขป (Concise Encyclopedia Earth) พูดถึงกำเนิดหินตะกอนไว้โดยสรุปว่า มีกระบวนการหลักอยู่ 3 กระบวนการคือ การสะสม (deposition) การอัดแน่น (compaction) และการเชื่อมประสาน (cementation) (John Farndon. 1998: 92)

จากที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า กระบวนการที่เกี่ยวข้องอันเป็นเหตุปัจจัยแก่การอุบัติของหินตะกอนประกอบด้วยอย่างน้อย 3 กระบวนการ ได้แก่ การสะสมของตะกอน การอัดแน่นของตะกอน และการเชื่อมประสานตะกอนด้วยวัตถุประสาน ส่วนกระบวนการอื่นที่เป็นปัจจัยเสริมนอกเหนือจากนี้ เช่น การเกิดผลึกใหม่ การแทนที่ เป็นต้น

กล่าวโดยทั่วไป หินตะกอนหรือหินชั้นที่ประกอบอยู่บนผิวพื้นโลกจำแนกเป็นชนิดต่างๆ ได้มากมาย ในที่นี้จะได้กล่าวถึงชนิดที่สำคัญๆ และพบทั่วไป ได้แก่ หินทราย หินทรายแป้ง หินกรวดมน หินกรวดเหลี่ยม หินดินดาน หินโคลน หินปูน หินโดโลไมต์ หินอีแวพอไรต์ หินเชิร์ต และหินเกรย์แวก โดยแต่ละชนิดจะมีลักษณะและสมบัติแตกต่างกันไป ดังที่ พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน แสดงไว้ กล่าวคือ

หินทราย (sandstone) เป็นหินตะกอนชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยเศษหินที่มีลักษณะกลมหรือเหลี่ยมขนาดเม็ดทราย ประสมอยู่ในเนื้อพื้นที่ละเอียด อาจมีวัตถุประสาน เช่น ซิลิกา เหล็กออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต ประสานเม็ดเศษหินต่างๆ ให้เกาะกันแน่นแข็ง เม็ดทรายที่ประกอบเป็นหินทรายส่วนใหญ่จะเป็นเม็ดควอตซ์ร้อยละ 89-90 หินทรายมีสีต่างๆ กัน เช่น แดง เหลือง น้ำตาล เทา ขาว อาจเกิดจากการตกตะกอนเนื่องจากน้ำหรือลม การแบ่งชนิดของหินทรายขึ้นต่อขนาดเม็ดทราย แร่ที่ประกอบอยู่ในหิน โครงสร้างภายใน และชนิดของวัตถุประสาน

หินกรวดมน (conglomerate) เป็นหินตะกอนเนื้อหยาบชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยเศษหินหรือกรวด ลักษณะมนถึงเกือบมน ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร เช่น กรวดเล็ก กรวดกลาง กรวดใหญ่ ก้อนหินมนใหญ่ ที่ฝังตัวอยู่ในเนื้อพื้นที่ละเอียดขนาดทรายหรือทรายแป้ง และมักมีวัตถุประสานจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต เหล็กออกไซด์ ซิลิกา และตะกอนดินเหนียว กรวดเหล่านี้มีลักษณะกลมหรือมนเพราะน้ำพัดพามาไกลจากแหล่งกำเนิดเดิม

หินกรวดเหลี่ยม (breccia) เป็นหินเนื้อหยาบที่ประกอบด้วยเศษหินลักษณะเป็นเหลี่ยมเป็นมุมในเนื้อพื้นที่ละเอียด หรือจับตัวกันโดยมีแร่ต่างๆ เป็นวัตถุประสาน

หินทรายแป้ง (siltstone) ประกอบด้วย 1) ตะกอนทรายแป้งชนิดที่มีเนื้อและองค์ประกอบของหินดินดาน แต่ขาดลักษณะแนวแตกถี่ และ 2) หินโคลนที่ประกอบด้วยตะกอนขนาดทรายแป้งมากกว่าดินเหนียว

หินดินดาน (shale) เป็นหินตะกอนเนื้อละเอียด เกิดจากการอัดแน่นของดินเหนียว ทรายแป้ง หรือโคลน มีโครงสร้างเป็นชั้นบางทำให้หินแตกเป็นแผ่นได้ง่าย โดยเฉพาะตามพื้นผิวที่ผุพัง หินดินดานมีเนื้อแน่นแข็ง แต่ไม่แข็งแกร่งเหมือนหินอาร์จิลไลต์หรือหินชนวน อาจมีสีแดง สีน้ำตาล หรือสีเทาก็ได้

หินปูน (limestone) เป็นหินตะกอนชนิดหนึ่งซึ่งมีสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตมากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ได้แก่ แคลไซต์ อาจมีหรือไม่มีโดโลไมต์ก็ได้ หินปูนอาจเกิดจากการตกจมทับถมของซากเปลือกหอยหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยอยู่ในทะเล หรือตกตะกอนทางเคมี การตกผลึก การเกิดผลึกใหม่ หินปูนที่พบส่วนมากจะมีซากดึกดำบรรพ์ปรากฏอยู่

หินโดโลไมต์ (dolomite) เป็นหินจำพวกคาร์บอเนตที่มีโดโลไมต์มากกว่าแคลไซต์

หินอีแวพอไรต์ (evaporite) เป็นหินตะกอนชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยแร่ซึ่งตกตะกอนเนื่องจากการระเหยของน้ำเค็ม อาจเกิดได้ทั้งบนบกและในทะเล แร่ที่พบส่วนใหญ่ประกอบด้วยเกลือหิน (เฮไลต์) ยิปซัม และแอนไฮไดรต์ นอกจากนี้ยังพบพวกคาร์บอเนตบางชนิด โดยเฉพาะทราเวอร์ทีนและคาลิเช และอาจพบเป็นสารคาร์บอเนตรูปเม็ดไข่ปลา (oolitic carbonate) และโดโลไมต์ที่อาจเกิดจากการระเหยของน้ำเค็ม แต่พวกคาร์บอเนตเหล่านี้อาจไม่รวมเป็นส่วนหนึ่งของหินเกลือระเหยด้วย แร่อื่นๆ ที่พบอยู่เป็นส่วนน้อยได้แก่ ไพไรต์ ควอตซ์ ไลมอไนต์ ฮาเวอไรต์ กำมะถัน เซเลสไทต์ มาร์คาไซต์ แบไรต์ เคโอลิไนต์ แมกนีไซต์ แดนบูไรต์ และบอราไซต์

หินเชิร์ต (chert) เป็นหินชั้นเนื้อแน่นแข็งเหนียว ผิวด้านถึงวาวเกือบคล้ายแก้ว มีรอยแตกแบบก้นหอยหรือคล้ายเสี้ยนไม้ มักเป็นผลึกซ่อนรูปหรือจุลผลึก โดยมีควอตซ์ประสานกันอยู่ อาจมีซิลิกาอสัณฐานปนอยู่ด้วย บางครั้งมีสารมลทิล เช่น แคลไซต์ เหล็กออกไซด์ และซากสิ่งมีชีวิตอยู่ด้วย มีสีต่างๆ ถ้าสีเข้มเรียกว่า หินเหล็กไฟ (flint) สีแดงเรียก แจสเพอร์ (jasper) สีแดงคล้ายดินเผาเรียกว่า หินพอร์เซลลาไนต์ (porcellanite)

หินเกรย์แวก (greywacke) เป็นหินตะกอนชนิดหนึ่ง มีสีเทาแก่ และมีลักษณะเนื้อแบบหินทรายเนื้อหยาบหรือหินทรายคม องค์ประกอบได้แก่ ชิ้นส่วนเหลี่ยมขนาดต่างๆ กันของควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และเศษหินต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินเชิร์ต ควอร์ตไซต์ หรือหินชนวน อยู่ในเนื้อพื้นจำพวกแร่ดิน เนื้อของหินเกรย์แวกนี้ประสานกันแน่นแข็ง จึงทนต่อการกร่อนมาก (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 66-270)

เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา พูดสรุปเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของหินตะกอนชนิดต่างๆ ไว้ดังนี้

หินทราย เป็นหินตะกอนที่เกิดขึ้นจากตะกอนที่มาจากพื้นทวีป (terrigeneous) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอนุภาคที่ประกอบในเนื้อหินมีขนาดทราย คือ 0.06-2 มิลลิเมตร มีองค์ประกอบของแร่ส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ (feldspar) และเศษชิ้นหิน หินทรายจำแนกตามการปนของสารเนื้อดิน

(argillaceous) มี 2 ชนิด คือ 1) หินอาร์จิลลาเซียส แซนด์สโตน มีวัตถุขนาดเคลย์ปนอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 15 ขึ้นไป และ 2) หินทรายทั่วไป มีวัตถุขนาดเคลย์ปนอยู่น้อยกว่าร้อยละ 15

หินกรวดมนและหินกรวดเหลี่ยม ทั้งสองชนิดเกิดขึ้นโดยกระบวนการกลายเป็นหินของตะกอนก้อนกรวด (gravel) โดยหินกรวดมนเป็นหินตะกอนภาคพื้นทวีปเนื้อหยาบ เกิดจากกระบวนการกลายเป็นหินก้อนกรวดกลม ส่วนหินกรวดเหลี่ยมเป็นตะกอนภาคพื้นทวีปเนื้อหยาบที่เกิดจากการกระบวนการกลายเป็นหินของก้อนกรวดเหลี่ยม เนื้อหินทั้งสองชนิดประกอบด้วยอนุภาคตะกอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไป อยู่มากกว่าร้อยละ 30

หินทรายแป้ง เป็นหินตะกอนเนื้อเศษหินที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/256- 1/16 มิลลิเมตร องค์ประกอบส่วนใหญ่ ได้แก่ อนุภาคของแร่ไมกา แร่ดินที่เป็นแผ่นคล้ายไมกา (micaceous clay mineral) และแร่คลอไรต์ โดยแร่เฟลด์สปาร์อาจพบบ้าง แต่ไม่พบอนุภาคเศษชิ้นหินและอนุภาคทรายแป้ง อาจเกิดจากการแตกออกของเม็ดควอตซ์ที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ก็ได้

หินดินดาน เป็นหินตะกอนที่ประกอบด้วยเม็ดตะกอนขนาดดินเคลย์ เม็ดแร่อิสระ หรืออนุภาคหินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 0.0625 มิลลิเมตร (1/16 มิลลิเมตร) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยเม็ดแร่ขนาดเล็กของควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไมกา และเศษชิ้นหินขนาดใหญ่ พร้อมด้วยแร่ดิน

หินปูน เป็นหินตะกอนที่กำเนิดได้ทั้งโดยกระบวนการทางเคมีและทางชีวเคมี เนื้อหินประกอบด้วยแร่แคลไซต์ ($CaCO_3$) เป็นส่วนใหญ่ โดยทั่วไปมักมีสีเทาหรือดำ บางครั้งพบสีชมพู ซึ่งสีของหินขึ้นต่อองค์ประกอบในเนื้อหิน และลักษณะการกำเนิดเป็นปัจจัยกำหนด

หินโดโลไมต์ เป็นหินตะกอนที่มีองค์ประกอบหลักเป็นแร่โดโลไมต์ ($CaMg(CO_3)_2$) นอกจากนี้อาจมีแร่แคลไซต์ ($CaCO_3$) ปนอยู่ด้วย มีสีขาวจนถึงสีน้ำตาล และมักไม่ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกดังเช่นหินปูน

หินอีแวพอไรต์ เป็นหินตะกอนที่ประกอบด้วยแร่ที่เกิดจากสารละลายหลังจากของเหลวที่แร่นั้นละลายอยู่ระเหยออกไป ที่พบมากได้แก่ เกลือหิน (rock salt) ที่มีแร่เฮไลต์ (halite) เป็นส่วนประกอบ และหินยิปซั่ม (gypsum) หรือ $CaSo_4.2H_2O$

หินเชิร์ต เป็นหินตะกอนเนื้อแน่นแข็ง มีผิวด้านถึงวาวเกือบคล้ายแก้ว มีรอยแตกเป็นแบบเปลือกหอย มีเนื้อเป็นผลึกซ่อนรูป (cryptocrystalline) หรือจุลผลึก ซึ่งเป็นผลึกของแร่ควอตซ์ประสานกันอยู่ อาจมีซิลิกาอสัณฐานหรือโอปอปนอยู่ บางครั้งพบแร่แคลไซต์ เหล็กออกไซด์ และซากสิ่งมีชีวิตปนอยู่ด้วย (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2538: 154-190)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า หินตะกอนมีหลายชนิด โดยมีโครงสร้าง ลักษณะ และสมบัติแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นต่อองค์ประกอบและการกำเนิด ที่สำคัญได้แก่ หินทราย หินกรวดมน หินกรวดเหลี่ยม หินทรายแป้ง หินดินดาน หินปูน หินโดโลไมต์ หินอีแวพอไรต์ หินเชิร์ต และหินเกรย์แวก

3. หินทราย และอนุสัณฐานหินทราย

หินทราย เป็นหินตะกอนที่ปรากฏคลุมพื้นที่ผิวโลกส่วนที่เป็นพื้นทวีปค่อนข้างกว้างขวาง กระจายไปตามบริเวณต่างๆ สมบัติตามธรรมชาติของหินทราย กระบวนการที่กระทำ และระยะเวลา เป็นปัจจัยส่วนหนึ่งที่ทำให้ปรากฏสัณฐานหลักและอนุสัณฐานของหินทรายในแบบรูปต่างๆ

พจนานุกรม ศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน กล่าวถึงหินทรายไว้ว่า หินทรายเป็นหินตะกอนชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยเศษหินที่มีลักษณะกลมหรือเหลี่ยมขนาดเม็ดทรายประสมอยู่พื้นที่ละเอียด อาจมีวัตถุประสาน เช่น ซิลิกา เหล็กออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต ประสานเม็ดเศษหินต่างๆ ให้เกาะกันแน่นแข็ง เม็ดทรายส่วนใหญ่จะเป็นเม็ดควอตซ์ร้อยละ 85-90 หินทรายมีสีต่างๆ กัน เช่น แดง เหลือง น้ำตาล เทา ขาว (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 260)

เพททิจอห์น (F.J. PETTIJOHN) กล่าวถึงหินทรายไว้โดยย่อว่า ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ โอปอล คาลซิโดนี เฟลด์สปาร์ เศษหิน และไมกา (F.J. PETTIJOHN. 1975: 200-206)

สารานุกรมเกี่ยวกับโลก ฉบับสังเขป (Concise Encyclopedia Earth) เขียนถึงหินทรายว่า เป็นหินตะกอนเม็ดขนาดกลาง เส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.06-2 มิลลิเมตร เรียกว่า arenites หรือ arenaceous rocks โดย orthoquartzite sandstones เกิดจากเม็ดควอตซ์ขนาดใหญ่ตกสะสมกันบริเวณทะเลตื้น arkoses เป็นหินทรายชนิดหนึ่ง มีสีชมพูเทาแดงจนถึงเทา มีเฟลด์สปาร์เป็นองค์ร่วมประมาณร้อยละ 35 (John Farndon. 1998: 93)

ประเสริฐ วิทยารัฐ กล่าวถึงหินทรายไว้ว่า หินทรายเป็นหินชั้นที่เกิดจากการตกตะกอนของน้ำหรือลม ส่วนมากจะเป็นตะกอนของน้ำ ขนาดของทรายจะมีขนาดเม็ดหยาบตั้งแต่ 0.05 มิลลิเมตรไปจนถึง 2 มิลลิเมตร (ประเสริฐ วิทยารัฐ. 2545: 291)

พจนานุกรมภูมิศาสตร์ (Dictionary of Geography) ฉบับ บรอกแฮมตัน กล่าวถึง หินทรายไว้ว่าเป็นหินตะกอนที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเม็ดทราย 0.06-1 มิลลิเมตร มีตัวเชื่อมประสานที่หลากหลายและรวมถึงแร่ต่างๆ โดยแคลไซต์เป็นตัวประสานที่พบทั่วไป ส่วนซิลิกาเป็นตัวประสานที่ทำให้หินแข็งที่สุด หินทรายที่มีควอตซ์เกือบทั้งหมดและประสานด้วยซิลิกา เรียกว่า orthoquartzite ซึ่งหินทรายที่มีสีแดงหรือน้ำตาลเกิดจากมีสารประกอบเหล็ก เช่น ไลมอไนต์และฮีมาไทต์เป็นตัวเชื่อม ส่วนแร่ประกอบอื่นๆ ได้แก่ เฟลด์สปาร์และไมกา (Brockhamton Press. 1997: 140)

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ พูดถึงหินทรายไว้ว่า เป็นหินตะกอนที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเม็ดทราย โดยเมื่อกล่าวถึงทรายจะหมายถึงแร่ ควอตซ์ ซึ่งเป็นแร่ที่ทนทานต่อการผุสลายตัวมาก อย่างไรก็ตาม อาจพบแร่เฟลด์สปาร์และแร่ไมกาเป็นชิ้นเล็กๆ ผสมแร่ควอตซ์บ้าง ต่อเมื่อมีสารเชื่อมหรืออัดตัวกันแน่นมากจะกลายเป็นหินทราย (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2530: 89)

ปัญญา จารุศิริ และคนอื่น กล่าวถึงหินทรายไว้ว่า เป็นหินตะกอนแตกหลุดที่ประกอบด้วยอนุภาคตะกอนขนาดตั้งแต่ 1/16-2 มิลลิเมตร เท่าเม็ดทราย เม็ดทรายมักมีลักษณะกลมแสดงถึงการกัดกร่อนและการพัดพา แร่เชี้ยวหนุมานเป็นแร่ที่พบบ่อยในหิน แต่อาจมีแร่ฟันม้า แร่โกเมน (garnet) และแร่ไมกาปะปนมาด้วย บางครั้งแสดงลักษณะเป็นชั้นๆ ชัดเจน สีแดงๆ ของหินแสดงว่าหินมีตัวเชื่อมประสาน (cement) เป็นพวกเหล็กออกไซด์ (ปัญญา จารุศิริ และคนอื่น. 2545: 93)

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า หินทรายเป็นหินตะกอนที่เกิดจากตะกอนขนาดทราย โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่จะเป็นแร่ควอตซ์ บางครั้งอาจมีแร่เฟลด์สปาร์ ไมกาและเศษหินปน มีวัตถุประสาน เช่น ซิลิกา เหล็กออกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต เป็นวัตถุประสานอนุภาคตะกอนทรายจนแน่นแข็ง โดยเฉพาะซิลิกาเป็นตัวประสานที่ทำให้หินทรายมีความแข็งและทนทานที่สุด หินทรายมีหลากหลายสีสันและการจำแนกชนิดหินทรายขึ้นต่อขนาดเม็ดตะกอน แร่ประกอบหิน โครงสร้างภายในและชนิดของวัตถุประสาน

หินทรายแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกัน เช่น ขนาดของเม็ดตะกอน แร่ประกอบหิน โครงสร้างภายใน ชนิดของวัตถุประสาน เป็นต้น ซึ่งจะเป็นปัจจัยกำหนดรูปแบบ และลักษณะสัณฐานของธรณีสัณฐานหินทรายร่วมกับกระบวนการที่มากระทำ และระยะเวลาที่ถูกกระทำ

เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา กล่าวถึงชนิดของหินทรายไว้ว่า หินทรายสามารถจำแนกออกได้หลายชนิด โดยอาศัยอนุภาค (particles) แมทริกซ์ (matrix) และวัตถุประสาน (cement) เป็นเกณฑ์ สำหรับแมทริกซ์ในหินทรายเป็นเนื้อดินผสม เราอาจใช้ลักษณะการมีอยู่หรือไม่มีสารเนื้อดิน (argillaceous) ปนในเนื้อหิน ทำให้จัดกลุ่มหินทรายได้อีก 2 กลุ่มใหญ่คือ 1) หินอาร์จิลลาเชียสแซนด์สโตน (argillaceous sandstone) เป็นหินทรายที่มีวัตถุขนาดเคลย์ปนอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 15 ขึ้นไป และ 2) หินทราย ทั่วไป มีวัตถุขนาดเคลย์ปนอยู่น้อยกว่าร้อยละ 15 หินทรายทั้ง 2 กลุ่มนี้ยังสามารถจำแนกซอยออกได้อีกกลุ่มละ 3 ชนิด โดยอาศัยสัดส่วนของแร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และเศษชิ้นหินเป็นเกณฑ์ รวมแล้วได้หินทรายทั้งหมด 6 ชนิด คือ 1) หินควอตซ์แซนสโตน (quartz sandstone) 2) หินเฟลด์สปาร์แซนด์สโตน (feldspar sandstone) 3) หินร็อกแฟร็กเมนต์แซนด์สโตน (rock-fragment sandstone) 4) หินอาร์จิลลาเชียส ควอตซ์แซนด์สโตน (argillaceous quartz sandstone) 5) หินอาร์จิลลาเชียสเฟลด์สปาร์แซนด์สโตน (argillaceous feldspar sanstone) และ 6) หินอาร์จิลลาเชียส ร็อกแฟร็กเมนต์แซนด์สโตน (argillaceous rock-fragment sandstone) (เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. 2538: 158-160)

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ พูดถึงชนิดของหินทรายไว้ว่า เมื่อมีแร่ไมกาปนกับแร่ควอตซ์ จะเรียกว่าไมกาเชียสแซนด์สโตน (micaceous sandstone) ถ้าหินทรายเป็นชั้นบางๆ จะเรียกว่า แฟล็กสโตน (flagstone) และเมื่อหินทรายมีสารเชื่อมเป็นเหล็กออกไซด์ ทำให้มีสีแดง เหลือง หรือเขียว จะเรียกว่า

เฟอร์รูจิเนียสแซนด์สโตน (ferruginous sandstone) นอกจากนี้ ยังกล่าวถึงหินอาร์โคส (arkoses) ซึ่งเป็นหินทรายชนิดหนึ่งที่มีแร่เฟลด์สปาร์ประมาณร้อยละ 30 ของแร่ทั้งหมด อนุภาคมีการจัดเรียงตัวดีปานกลาง แต่ขนาดมักจะหยาบ แร่มีลักษณะกลมมน และมีสารเชื่อมเป็นสารประกอบเหล็กออกไซด์ สีของหินส่วนมากเป็นสีแดง ชมพู หรือสีเทา กับหินเกรย์แวก ซึ่งเป็นหินทรายอีกชนิดหนึ่งที่มีการกำเนิดแตกต่างกันไป มีสีเข้ม เนื้อแน่นแข็ง และทนทาน นอกจากนี้อาจเรียกชื่อเป็นอย่างอื่น เช่น หินออร์โทควอตซ์ไซต์ (orthoquartzite) ซึ่งเป็นหินทรายที่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์เกือบทั้งหมด หรือมากกว่าร้อยละ 90 (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2530: 89)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า หินทรายจำแนกได้หลายชนิด โดยแต่ละชนิดจะมีโครงสร้าง ลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกันไป ซึ่งจำแนกหรือเรียกชื่อตามแร่ที่ประกอบ หินบ้าง เช่น หากประกอบด้วยแร่ควอตซ์เกือบทั้งหมดกว่าร้อยละ 90 เรียกหินออร์โทควอร์ตไซต์ หรือเรียกชื่อตามขนาดเม็ดตะกอนบ้าง เช่น หินอาร์จิลลาเชียสแซนด์สโตน ที่มีวัตถุขนาดเคลย์ปนอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 15 ขึ้นไป เรียกชื่อตามโครงสร้างภายในหินบ้าง และเรียกชื่อตามชนิดของวัตถุประสานบ้าง เช่น เฟอร์รูจิเนียสแซนด์สโตน ที่มีวัตถุประสานเป็นเหล็กออกไซด์ เป็นต้น

โครงสร้าง ลักษณะ และสมบัติของหินทราย รวมทั้งกระบวนการต่างๆ ที่กระทำกับหินทรายตลอดจนช่วงระยะเวลาที่กระทำ เป็นปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดภูมิประเทศหรือธรณีสัณฐานหลากรูปแบบและหลายสาระปรากฏบนพื้นผิวโลก ไม่ว่าจะเป็นสัณฐานหลัก เช่น รูปลักษณ์ภูเขาก็ดี และเป็นสัณฐานเล็กหรืออนุสัณฐาน เช่น ร่องหิน ปุ่มหิน ระแหง ก็ดี และธรณีสัณฐานหินทรายที่ควรกล่าวถึง ได้แก่

เขาเควสตา พจนานุกรม ศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน กล่าวถึง เขาเควสตาไว้ว่า เป็นเขาที่มีลักษณะเทียบได้กับมีดอีโต้ของไทยคือ ด้านหน้าชัน ด้านท้ายลาด เหมือนเขาอีโต้ ที่จังหวัดปราจีนบุรี โดยปกติแล้วด้านหน้ามักจะมีระนาบลาดใกล้เคียงกับมุมเทของชั้นหิน ณ ที่นั้น (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 115)

พจนานุกรมภูมิศาสตร์ ฉบับ บรอกแฮมตัน กล่าวถึงเขาเควสตาไว้ว่า เป็นรูปทรงสัณฐานภูเขาที่ไม่สมมาตร โดยด้านหนึ่งค่อยๆ ลาดยาว ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นผาชัน เกิดจากอัตราการกร่อนไม่เท่ากัน (Brockhamton Press. 1997: 43)

กวี วรกวิน พูดถึงเขาเควสตาไว้ว่า เขาเควสตาหรือบางทีเรียกว่า สันเขารูปอีโต้ ลักษณะภูเขามีไหล่เขาสูงชันด้านหนึ่ง ส่วนด้านหนึ่งลาดเอียงและยาว ซึ่งเป็นผลมาจากระนาบของชั้นหินทรายถูกยกตัวในอัตราที่ต่างกัน คือยกด้านหนึ่งมากกว่าอีกด้านหนึ่ง ทำให้ชั้นหินทรายวางตัวเอียง เขาอีโต้พบเป็นรูปทรงภูเขาที่มีมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กวี วรกวิน. 2547: 14)

ประเสริฐ วิทยารัฐ กล่าวถึงเขาเควสตาไว้ว่า การเกิดเขาเควสตาเป็นผลมาจากการยกตัวของเปลือกโลก การยกตัวอาจไม่สม่ำเสมอกัน ด้านหนึ่งอาจจะถูกยกตัวมากกว่าอีกด้านหนึ่ง ด้านที่สูงกว่าจะมีอัตราการสึกกร่อนมากกว่า ทำให้ด้านสูงมีความชัน ส่วนอีกด้านหนึ่งมีความลาดมากกว่า รูปร่างจึงคล้ายมีดอีโต้ (ประเสริฐ วิทยารัฐ. 2545: 296)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า เขาเควสตา หรือเขารูปอีโต้ เป็นแบบรูปของภูเขาที่มีด้านหนึ่งลาดชันและอีกด้านหนึ่งลาดเท อันอาจเป็นผลมาจากการยกตัวของชั้นหินไม่เท่ากัน คือ ยกด้านหนึ่งสูงกว่าอีกด้านหนึ่งบ้าง หรืออาจเป็นผลจากการสึกกร่อนในอัตราต่างกันบ้าง กล่าวจำเพาะประเทศไทยจัดเป็นสัณฐานของภูเขาที่พบมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เขายอดราบ พจนานุกรม ศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ให้ความหมายเขายอดราบไว้ว่า เป็นภูเขาที่มียอดราบๆ โดยด้านหนึ่งหรือหลายด้านเป็นผาชันลงไป ภูเขาแบบนี้คล้ายกับเนินยอดป้าน (butte) ผิดกันแต่สูงใหญ่กว่า และตอนบนราบกว่าเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ภูกระดึง (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 15)

พจนานุกรมภูมิศาสตร์ ฉบับ บรอกแฮมตัน กล่าวถึงเขายอดราบไว้ว่า เป็นแผ่นดินรูปโต๊ะด้านข้างสูงชัน ละม้ายกับ butte แต่ใหญ่กว่า พบบริเวณที่ชั้นหินตะกอนมีความแข็งตามยอดบน พบทั้งในหินตะกอนแข็ง ตามพนังแทรกชั้นหินอัคนี หรือลาวาหลาก โดยมากพบในเขตแห้งแล้ง (arid) หรือเขตกึ่งแห้งแล้ง (semi-arid) และเมื่อมีการเกลี่ยผิวดินไปโดยลำดับจะพัฒนาสูงสุดจนเป็นที่ราบสูง (plateau) (Brockhamton Press. 1997: 102)

กวี วรกวิน กล่าวถึงภูเขายอดราบหรือภูเขายอดป้านไว้ว่า เป็นรูปลักษณ์ของภูเขาที่มีผลมาจากชั้นหินทรายวางตัวอยู่ในแนวระนาบ ยกระดับสูงกว่าพื้นที่โดยรอบ ขอบภูเขาเป็นผาชันทุกด้าน ดูมีลักษณะคล้ายโต๊ะ จึงอาจเรียกว่า ภูเขารูปโต๊ะ (table land mountain) (กวี วรกวิน. 2547: 15)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ภูเขายอดราบ หรือเนินยอดป้าน หรือภูเขารูปโต๊ะเป็นรูปลักษณ์ของภูเขาที่มียอดเขาราบ ยกระดับสูงกว่าบริเวณโดยรอบ มีด้านผาชันทุกด้าน อันเป็นผลมาจากชั้นหินวางตัวอยู่ในระนาบเดียวกัน พบในหินตะกอนแข็ง พนังแทรกชั้นของหินอัคนี และลาวาหลาก ทั้งในเขตทะเลทรายและกึ่งทะเลทราย ซึ่งหากพัฒนาต่อไปตามธรรมชาติจะเกิดเป็นที่ราบสูง

เขาหนอกวัว (hogback) พจนานุกรม ศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ได้กล่าวถึงเขาหนอกวัวไว้ว่า เขาหนอกวัวเป็นสันเขาที่มีลักษณะเหมือนหนอกวัว มียอดแหลม ไหล่เขาทั้งสองข้างเอียงชันเท่าๆ กัน เขาหนอกวัวพบในภูมิประเทศที่มีชั้นหินแข็ง ซึ่งเอียงเทมากกว่า 20 องศา (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 177)

พจนานุกรมภูมิศาสตร์ ฉบับ บรอกแฮมตัน กล่าวถึงเขาหนอกวัว ไว้ว่า เป็นเขาสูงชัน แคบ สัน เขาลาดชันในลักษณะสมมาตร เกิดขึ้นบริเวณที่มีมุมเท (dip) อยู่ในแนวดิ่ง (vertical) (Brockhamton Press. 1997: 81)

กวี วรกวิน กล่าวถึงเขาหนอกวัวไว้ว่า เขาหนอกวัวเป็นสันเขาที่มีลักษณะละม้ายกับหนอกวัว คือ มีส่วนของยอดค่อนข้างแหลม ไหล่เขาทั้งสองข้างเอียงชันเท่าๆ กัน อันเป็นผลมาจากการโค้งงอของหินที่รองรับมีชั้นอ่อนสลับกับชั้นแข็ง (กวี วรกวิน. 2547: 34)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า เขาหนอกวัวเป็นรูปแบบของภูเขาที่คล้ายกับหนอกวัว โดยมีลักษณะยอดแหลม ไหล่เขาทั้งสองข้างเอียงชันเท่าๆ กัน มีมุมเทอยู่ในแนวดิ่ง อันเป็นผลมาจากการโค้งงอของหินฐานรองรับที่มีชั้นแข็ง และชั้นอ่อนสลับกัน

ปุ่มหิน (stack rock) ประเสริฐ วิทยารัฐ กล่าวเกี่ยวกับปุ่มหินไว้ว่า เป็นลักษณะภูมิประเทศที่แปลกตาอีกอย่างหนึ่งบนบริเวณหินทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเรียกชื่อว่า หินหน่อ ซึ่งจะพบในพื้นที่หลายแห่งที่มีหินเหลือจากการสึกกร่อนโผล่เป็นแท่งสูง มีรูปร่างต่างๆ ตามแต่จะจินตนาการ การเกิดหินหน่อน่าจะเป็นผลมาจาก 1) สมบัติของหินทรายในชั้นต่างๆ ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ กัน เช่น บางชั้นอาจจะมีส่วนผสมของตะกอนดินเหนียวปะปนอยู่ ตะกอนเหล่านี้จะถูกน้ำชะล้างออกไปได้ง่าย จึงทำให้เกิดรอยกิ่ว รอยขวั้นตามหินหน่อ เนื่องจากการสึกกร่อนไม่เท่ากัน และ 2) เนื่องจากหินทรายที่ค่อนข้างบริสุทธิ์เมื่อถูกน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้เนื้อเม็ดทรายละลายเชื่อมกันกลายเป็นหินแข็ง จึงทนทานต่อการสึกกร่อน ส่วนบริเวณใกล้เคียงที่ยังไม่มีโอกาสเปลี่ยนแปลงสึกร่อนไปก่อน (ประเสริฐ วิทยารัฐ. 2545: 297-298)

กวี วรกวิน กล่าวถึงปุ่มหินไว้ว่า เป็นสัณฐานภูมิประเทศขนาดย่อมหรืออนุสัณฐานที่กำเนิดขึ้นด้วยกระบวนการทางธรณีสัณฐาน โดยการกระทำของตัวการที่อยู่บนผิวโลก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เม็ดฝน น้ำค้าง น้ำไหล น้ำใต้ดิน เป็นต้น ประกอบกับโครงสร้างภายในของตัวหินเอง ทำให้เกิดร่องรอยการเซาะกร่อน ปุ่มหินต่างๆ เดิมถูกแบ่งแยกด้วยระบบการแตกร้าว (joint system) จากแรงเค้นของหิน ทำให้แผ่นหินที่มีขนาดใหญ่ถูกแบ่งแยกออกเป็นบล็อกๆ และหลังจากนั้นกระบวนการผุสลายและการกร่อนจึงดำเนินการไปตามผิวหน้าของหินที่เกิดจากการแตกแยกเหล่านั้น ทำให้ปุ่มหินเดิมที่เป็นบล็อกเปลี่ยนรูปเปลี่ยนร่างพัฒนาเป็นปุ่มหิน (กวี วรกวิน. 2536: 31-33)

นักวิชาการกรมทรัพยากรธรณี พูดเกี่ยวกับปุ่มหินไว้ว่า ปุ่มหินเกิดตามรอยแยก (joint) ที่เกิดจากแรงอัดตามแนวระนาบสองข้าง ต่อมาถูกน้ำฝน และน้ำผิวดินกัดเซาะเป็นร่องลึก เนื้อหินตามแนวรอยแยกดังกล่าวหายไปเหลือแต่หินตรงกลางเป็นก้อนปุ่มมน (กรมทรัพยากรธรณี. 2544: 26)

จากที่กล่าวข้างต้นสรุปได้ว่า ปุ่มหินเป็นอนุสัณฐานอันเป็นผลมาจากการพัฒนาระบบการแตกร้าวของหินทราย จากอิทธิพลของแรงอัดในแนวระนาบทั้งสองข้าง และมีสภาพลมฟ้าอากาศเข้าร่วมเป็นปัจจัยปรับแต่ง จึงทำให้หลงเหลือสัณฐานเป็นปุ่มหินรูปร่างลักษณะต่างๆ

ร่องหินแตก (joint rock) พจนานุกรม ศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ได้กล่าวถึงร่องหินแตกหรือแนวแตก (joint) ไว้ว่า เป็นแนวแตกของเนื้อหินเปลือกโลกที่เกิดจากความเค้นและความเครียด จึงทำให้เปลือกโลกพยายามแยกตัวออกเพื่อให้หมดภาวะความกดดัน ดังนั้นจึงพบเห็นเกือบเสมอว่าหินเกือบทุกแห่งมีรอยแตกร้าวอยู่ ถ้าหินสองฟากรอยแตกเคลื่อนตัวเหลื่อมตัวกันไปเรียกว่า รอยเลื่อน โดยที่แนวแตกนั้นเกิดจากความกดดันดังกล่าวแล้ว แนวและความเอียงเทของแนวแตกมักสม่ำเสมอทั่วทั้งผืนหินแถบนั้น และแสดงทิศทางการกระทำจากแรงเค้นด้วย แนวแตกในผืนหินแถบหนึ่งๆ อาจมีมากกว่าทิศทางเดียวก็ได้ เพราะกรรมวิธีการเกิดและเวลาต่างกัน (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 193)

พิชาญ สว่างวงศ์ กล่าวถึงรอยแตกไว้ว่า เป็นร่องรอยที่หินแตก อันเป็นผลจากแรงที่มากระทำแต่ไม่มีการเคลื่อนที่ของหิน ไม่ว่าเป็นไปในแนวระนาบหรือแนวยืนก็ตาม จึงไม่เกิดเป็นรอยเลื่อน รอยแตกเกิดได้ในหินทุกชนิด อาจมีขนาดห่างกัน 1-2 เซนติเมตร หรืออาจใหญ่ได้ถึง 200-300 เซนติเมตรก็ได้ หินแต่ละส่วนอาจมีรอยแตกได้หลายบริเวณ รอยแตกในหินส่วนใหญ่วางตัวในแนวตั้งฉากกัน ถ้ารอยแตกห่างกันเมื่อแยกออกจะได้หินก้อนใหญ่ แต่ถ้ารอยแตกถี่และแคบหินที่ได้จะเป็นหินก้อนเล็ก และในร่องรอยแตกเป็นที่กักเก็บน้ำใต้ดินได้ (พิชาญ สว่างวงศ์. 2527: 216)

วรณิช ทังสุพานิช กล่าวถึงรอยแตกหรือรอยแยกไว้ว่า เรามักพบรอยแตกอยู่ทั่วไปในหินบริเวณใกล้ผิวโลก ถ้าหินทั้งสองข้างของรอยแตกไม่มีการเคลื่อนที่ เราเรียกรอยแตกนั้นว่ารอยแยก มักพบรอยแยกเกิดเป็นชุดๆ รอยแยกมี 3 ชนิด ดังนี้คือ 1) รอยแยกแนวระดับ เป็นรอยแยกที่วางตัวขนานกับแนวระดับ 2) รอยแยกแนวตั้งหรือรอยแยกเกือบขนานกับแนวตั้ง 3) รอยแยกรูปแห่ง เป็นรอยแยกที่มักพบในหินอัคนี เกิดจากการหดตัวของเนื้อหินขณะที่เย็นตัวลง (วรณิช ทังสุพานิช. 2530: 142-144)

กวี วรกวิน กล่าวถึงร่องหินแตกไว้ว่า ร่องหินแตกพัฒนามาจากรอยร้าว รอยแตกของแผ่นหินใหญ่ๆ เมื่อรอยร้าวหรือรอยแตกเกิดการผุพังสึกกร่อนไปตามผิวหน้าทั้งสองด้าน เม็ดทรายที่หลุดไปจะทำให้เนื้อหินถดถอยเข้าหาตัวเอง จึงทำให้รอยแตกกลายเป็นรอยแยก จากรอยแยกแคบๆ จะพัฒนาเป็นรอยแยกที่กว้างขึ้น และจากรอยแยกที่กว้างขึ้นก็พัฒนากลายเป็นร่องหิน (กวี วรกวิน. 2546: 55)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ร่องหินแตกเป็นอนุสัณฐานที่พัฒนามาจากแนวแตก หรือรอยแยกของแผ่นหินใหญ่ อันเป็นผลมาจากกระบวนการภายใน และกระบวนการภายนอกคือ เนื้อหินบนเปลือกโลกมีความเค้นและความเครียด ดังนั้นหินเปลือกโลกจึงพยายามแยกตัวออกเพื่อให้หมดสภาวะของความ

เค้นและความเครียดดังกล่าว หรือให้มีดุลยภาพ และแนวแตกหรือแนวแยกของหินจะมีการผุพังและสึกกร่อนไปตามผิวทั้งสองข้างในลักษณะถดถอยเข้าหาศูนย์กลางของตัวหินเอง จึงทำให้มีการขยายขนาดของรอยแตก หรือรอยแยกไปโดยลำดับ จนกระทั่งเป็นร่องหินใหญ่ขนาดต่างๆ

ระแหงหิน (suncrack) นักวิชาการกองธรณีวิทยา ได้กล่าวถึงระแหงหินไว้ว่า เป็นลักษณะรูปแบบหนึ่งที่เกิดขึ้นจากการผุพังตามธรรมชาติของหินทราย ซึ่งมีปัจจัยจากการหดตัวและขยายตัวของผิวหินในชั้นหินทรายส่วนที่ถูกแสงแดดส่องกระทบโดยตรงไม่มีสิ่งใดมาบดบังปกปิด โดยชั้นหินแสดงลักษณะการวางชั้น (bedding) และมีชั้นบาง (lamination) อยู่ด้วย เนื้อเดิมของหินจะต้องไม่มีรอยแตก (fracture) และรอยแยก และชั้นหินอาจมีหรือไม่มีชั้นเฉียงระดับก็ได้ (กองธรณีวิทยา. 2544: 99-100)

นักวิชาการกรมทรัพยากรธรณี กล่าวถึงระแหงหินไว้ว่า ระแหงหินเกิดจากการแตกของหินทราย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสลับไปมาของอุณหภูมิที่มีความแตกต่างกันในเวลากลางวันและกลางคืน ทำให้หินเกิดการขยายตัวและหดตัวสลับกันจนแตกเป็นรูปหลายเหลี่ยม (กรมทรัพยากรธรณี. 2547: 83-26)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ระแหงหินเป็นอนุสัณฐานหินทรายรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากการแตกระแหงบนผิวหน้าของหินทราย อันมีเหตุปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงสลับไปมาของอุณหภูมิในรอบวัน จึงมีผลให้หินทรายเกิดการหดตัวและขยายตัวสลับกันไปมา (thermal expansion) และเมื่อพัฒนาไปโดยลำดับจึงเกิดเป็นระแหงหิน

5. กระบวนการธรณีสัณฐานกับการเป็นปัจจัยปรุงแต่งอนุสัณฐานหินทราย

กล่าวโดยทั่วไป กระบวนการธรณีสัณฐานเป็นเหตุปัจจัยหลักกำหนดและควบคุมธรณีสัณฐานหรือปรุงแต่งภูมิประเทศให้ปรากฏแตกต่างกันออกไป ไม่ว่าจะเป็นสัณฐานหลัก เช่น ภูเขา ที่ราบสูง ที่ราบ ที่ลุ่ม ชายฝั่งทะเล ก็ดี หรือสัณฐานขนาดย่อยที่เรียกว่าอนุสัณฐาน เช่น ลานหิน ร่องหิน ปุ่มหิน หน่อหิน เสาหิน แท่งหิน ระแหงหิน ก็ดี

ทอร์นเบอรี (Thornbury) จำแนกประเภทกระบวนการธรณีสัณฐานไว้ 3 ประเภทใหญ่ กล่าวคือ 1) กระบวนการแปรรูปภายนอก อันประกอบด้วย การเพิ่มระดับ และการลดระดับ เช่น การผุพังอยู่กับที่ มวลเลื่อน และการกร่อน 2) กระบวนการแปรรูปภายใน และ 3) กระบวนการจากนอกโลก เช่น การพุ่งชนของอุกกาบาต เป็นต้น (Thornbury. 1969: 34-36)

อาร์เทอร์ เอ็น สตราห์เลอร์ (Arthur N. Strahler) กล่าวถึง ภูมิประเทศ (landform) หรือลักษณะสูง-ต่ำของแผ่นดินที่ปรากฏเป็นภูมิทัศน์ (the relief feature of the landscape) ไว้ว่า ขึ้นต่อ 2 กระบวนการธรณีสัณฐานหลัก (two great classes of geomorphic process) ได้แก่ 1) กระบวนการ

แปรรูปภายใน จากพลังงานภายใน (internally power) ประกอบด้วย การแปรสัณฐาน (tectonic activities) และกระบวนการภูเขาไฟ (volcanic processes) โดยทั้ง 2 กระบวนการปรุงแต่งให้เกิดภูมิประเทศเริ่มต้น (initial landform) 2) กระบวนการแปรรูปภายนอก เป็นกระบวนการที่กระทำต่อเปลือกโลก โดยมีพลังงานแหล่งใหญ่จากดวงอาทิตย์ ประกอบด้วย การผุพังอยู่กับที่ การกร่อน และมวลเลื่อน (Arthur N. Strahler. 1973: 570)

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ ได้แสดงทัศนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับกระบวนการธรณีสัณฐานวิทยาไว้อย่างน่าสนใจ กล่าวคือ พลังงานแปรรูปภายนอกเป็นกระบวนการรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่ผิวเปลือกโลก ทำให้ผิวโลกมีสัณฐานเปลี่ยนแปลงไป ประกอบด้วย กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงผิวโลกทำให้เกิดการปรับระดับของผิวโลกให้เข้าสู่ระดับที่เท่าๆ กัน โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ การปรับระดับลง และการยกระดับขึ้นหรือปรับระดับขึ้น (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2530: 93)

มีชัย วรสายัณห์ ยังได้พูดถึงลำดับขั้นของการเกิดและการพัฒนาพื้นผิวโลก ซึ่งเกี่ยวข้องกับเรื่องราวกระบวนการธรณีสัณฐานไว้ว่า ในทางธรณีสัณฐานวิทยากระบวนการพื้นฐานของลักษณะภูมิประเทศมี 2 กระบวนการ คือ 1) ภูมิประเทศเริ่มต้น เกิดจากความดันอย่างรุนแรงภายในโลกทำให้ พื้นโลกมีความแตกต่างของระดับพื้นผิว เช่น เกิดภูเขาเพราะถูกดันให้สูงขึ้น และ 2) ภูมิประเทศที่เกิดจากการกัดกร่อน โดยเกิดต่อเนื่องหลังจากกระบวนการแรก และเกิดต่อเนื่องกันไป เรียกว่า กระบวนการกร่อนต่อเนื่อง (sequential landform) (มีชัย วรสายัณห์. 2519: 195)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กล่าวเกี่ยวกับกระบวนการปรับแต่งภูมิประเทศ หรือกระบวนการธรณีสัณฐานไว้ว่า ปัจจัยที่ทำให้ลักษณะภูมิประเทศหรือธรณีสัณฐานบนพื้นโลกมีลักษณะแตกต่างกันนั้นขึ้นต่อ 3 ปัจจัย โดย ปัจจัยที่ 1 เป็นกรรมวิธีปรับระดับของเปลือกโลก ได้แก่ การผุพังอยู่กับที่ เนื่องจากสภาพลมฟ้าอากาศ ทั้งทางกายภาพ ทางเคมีและทางชีวภาพ กับมวลเลื่อนและการกร่อน ปัจจัยที่ 2 ประเภทของหิน โดยหินแต่ละประเภทมีสภาพคงทนต่อการสึกกร่อนไม่เท่ากัน จึงทำให้สัณฐานของหินแต่ละชนิดมีสภาพแตกต่างกัน และยังมีผลต่อแบบรูปการระบายน้ำด้วย และปัจจัยที่ 3 โครงสร้างธรณี เช่น การวางตัวของชั้นหินตะกอนในแนวระดับ ซึ่งยังผลทำให้เกิดเป็นภูเขายอดป้าน เนินเมซา และภูเขารูปอีโต้ รวมถึงการเกิดรอยเลื่อน ซึ่งมีผลทำให้เกิดระบบน้ำไหลเป็นเส้นตรงตามแนวรอยเลื่อน (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2538: 65-67)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การอุบัติและการวิวัฒน์ของภูมิประเทศหรือธรณีสัณฐาน ขึ้นต่อเหตุปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกเป็นปัจจัยภายนอก ซึ่งจำแนกขอยออกเป็น 1) กระบวนการแปรรูปภายใน ประกอบด้วย ธรณีแปรสัณฐานกับภูเขาไฟ และ 2) กระบวนการแปรรูปภายนอก ประกอบด้วย การผุพังอยู่กับที่ การกร่อน และมวลเลื่อน ปัจจัยที่ 2 เป็นปัจจัยภายใน คือโครงสร้าง องค์ประกอบ

ลักษณะ และสมบัติของหิน ที่มีความคงทนต่อการปรับแต่งของตัวการปัจจัยภายนอก เช่น การผุพังอยู่กับที่ และการกร่อนไม่เท่ากัน

กระบวนการแปรรูปภายนอกที่กระทำต่อเปลือกโลก เป็นเหตุปัจจัยสำคัญในการกำหนดและควบคุมให้เปลือกโลกมีระดับสูงต่ำ มีรูปร่างลักษณะและสมบัติผิดแผกแตกต่างกันออกไป โดยเกิดเป็นภูมิประเทศแบบรูปต่างๆ เช่น ภูเขา ที่ราบสูง ที่ดอน ที่ราบ ที่ลุ่ม ชายฝั่ง เป็นต้น และกระบวนการแปรรูปภายนอกดังกล่าวจำแนกได้เป็น 3 กระบวนการ ได้แก่ การผุพังอยู่กับที่ การกร่อน และมวลเลื่อน

พจนานุกรม ศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน กล่าวถึง การผุพังอยู่กับที่ไว้ว่า คือการที่หิน ผุพังลงด้วยกรรมวิธีต่างๆ จากลมฟ้าอากาศกับน้ำฝนและรวมทั้งการกระทำของต้นไม้กับแบคทีเรีย ตลอดจนการแตกตัวทางกลศาสตร์ มีการเพิ่มอุณหภูมิและลดอุณหภูมิสลับกัน เป็นต้น โดยหากหินที่ผุพังเป็นชิ้นส่วนต่างๆ แล้วจากนั้นถูกพัดพากระจัดกระจายไปจากที่เดิมเรียกว่า การกร่อน (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 305-306)

พจนานุกรมภูมิศาสตร์ ฉบับ บรอกแฮมตัน กล่าวถึงการผุพังอยู่กับที่ไว้ว่า การผุพังอยู่กับที่ประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ กระบวนการเคมีและกระบวนการกายภาพ โดยเกิดขึ้นบนผิวโลกหรือใกล้ผิวโลกอย่างยิ่ง ผลคือทำให้เกิดการแตกออกของแร่และหิน และการผุพังอยู่กับที่มีรูปแบบหลากหลายจำแนกเป็น การผุพังอยู่กับที่เชิงกล การผุพังอยู่กับที่ทางเคมี และการผุพังอยู่กับที่จากสิ่งมีชีวิต (Brockhamton Press. 1997: 182)

สแตนลีย์ เชอร์นิคอฟ (Stanley Chernicoff) กล่าวถึง กระบวนการผุพังอยู่กับที่ของหิน ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยทำให้ปรากฏธรณีสัณฐานต่างๆ ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่เกิดภายใต้บรรยากาศที่ผิวโลกแล้วทำให้หินและแร่แตกสลาย โดยหินผุพังได้ 2 วิธี คือ 1) การผุพังอยู่กับที่เชิงกล (Mechanical weathering) เป็นผลให้หินมีขนาดเล็กลงด้านสมบัติกายภาพคือ ขนาดและรูปร่าง 2) การผุพังอยู่กับที่ทางเคมี (Chemical weathering) ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเคมีของแร่และหิน (Stanley Chernicoff. 1997: 91)

ดอน เจ อีสเทอร์บรูก (Don J. Easterbrook) กล่าวถึง กระบวนการผุพังอยู่กับที่ไว้ว่า เป็นการแตกสลายและการแยกออกเป็นส่วนๆ ของหินและแร่ที่ผิวโลก จากการกระทำทางกายภาพและทางเคมี โดยปัจจัยสำคัญต่อการผุพังอยู่กับที่ขึ้นต่อบรรยากาศภาค (atmosphere) อุทกภาค (hydrophere) และชีวภาค (biosphere) (Don J. Easterbrook. 1999: 14)

อาร์เทอร์ เอล บลูม (Arthur L. Bloom) กล่าวถึง กระบวนการผุพังอยู่กับที่ของหินไว้โดยสรุปว่าเป็นกระบวนการที่มีผลต่อสภาพหินบนผิวโลก โดยปราศจากการกัดเซาะหรือการเคลื่อนย้าย (Arthur L. Bloom. 1998: 119)

สารานุกรมเกี่ยวกับโลก ฉบับสังเขป เขียนถึงการผุพังอยู่กับที่ไว้อย่างน่าสนใจว่า ทำให้หินแตกออกทีละน้อยๆ โดยการร่วมกันระหว่างกระบวนการเชิงกล เคมี และชีวะ โดยมักจะเกิดขึ้นใกล้ผิวโลกเท่านั้น แต่อาจยกเว้นบริเวณที่น้ำซึมลงไปใต้ดินสามารถทำให้หินผุพังได้ลึกถึง 185 เมตร (John Farndon. 1998: 98)

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ ซึ่งอ้างอิงจาก แจกสัน (Jackson) และเชอร์แมน (Sherman) กล่าวถึง การผุพังอยู่กับที่ของหินไว้ว่า เป็นการเปลี่ยนแปลงส่วนของแข็งและส่วนประกอบที่เกิดขึ้นบนเปลือกโลกภายใต้อิทธิพลของอากาศและน้ำ (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2530: 111)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การผุพังอยู่กับที่ เป็นกระบวนการแปรรูปภายนอก ที่ทำให้หินบริเวณเปลือกโลกหรือใกล้เปลือกโลกแตกออกหรือมีขนาดเล็กลง โดยไม่มีการเคลื่อนย้ายของวัสดุที่แตกออก และเป็นการร่วมกันของกระบวนการเชิงกล กระบวนการเคมี และกระบวนการชีวะ ภายใต้สภาพลมฟ้าอากาศ

การผุพังอยู่กับที่ เป็นกระบวนการธรณีสัณฐานภายนอกผิวโลก ที่เป็นปัจจัยปรับแต่งให้ผิวพื้นโลกมีรูปทรงสัณฐานต่างกันออกไปดังกล่าวแล้ว กระบวนการผุพังอยู่กับที่ได้มีผู้จำแนกประเภทเพื่อความสะดวกแก่การศึกษาไว้ 2 ประเภทบ้าง หรือ 3 ประเภทบ้าง กล่าวคือ

สแตนลีย์ เชอร์นิคอฟ (Stanley Chernicoff) จำแนกการผุพังอยู่กับที่เป็น 2 ประเภท โดยประเภทที่ 1 การผุพังอยู่กับที่เชิงกล ประกอบด้วย 1) frost wedging เป็นการแตกของหินด้วยลิ่มน้ำแข็ง โดยเมื่อน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 9 เมื่อน้ำที่แทรกอยู่ตามรอยแตกของหินเป็นน้ำแข็งแล้ว จึงมีกำลังดันให้หินแตกออก 2) crystal growth เป็นการแตกของหินจากการตกผลึก เช่น เกลือที่แทรกอยู่ในรอยแตกหินตามชายฝั่งทะเล เมื่อตกผลึกจะดันให้หินแตกออก 3) thermal expansion and contraction เป็นการแตกของหินจากการขยายตัวและการหดตัวขององค์ประกอบหิน ภายใต้ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงสลับไปมาของอุณหภูมิที่ต่างกันมาก 4) mechanic exfoliation เป็นการแยกออกเป็นกาบมนของหินในลักษณะคล้ายกะหล่ำปลี โดยมีปัจจัยจากการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ในบางส่วนบางแถบของหิน เช่น การลดความกดดันที่ผิวของหิน โดยเฉพาะหินอัคนีและหินแปร แต่อาจพบได้ในหินตะกอน ประเภทที่ 2 การผุพังอยู่กับที่ทางเคมี ประกอบด้วย 1) dissolution เป็นการละลายของสารประกอบคาร์บอเนตหรือคลอไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของหินด้วยน้ำ 2) oxidation-reduction เป็นการได้รับหรือสูญเสียอิเล็กตรอนของธาตุ โดยเฉพาะแร่ที่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ ทำให้สารที่สูญเสียอิเล็กตรอนไปแปรสภาพ แล้วขั้นต่อไปจึงเกิดการโยกย้ายออกไปจากแหล่งผุพัง และ 3) hydrolysis เป็นปฏิกิริยาเคมีของแร่กับน้ำ จึงเกิดการผุพังของแร่ โดยเฉพาะการผุพังของแร่ในเขตร้อนชื้น มักได้รับอิทธิพลจากกระบวนการนี้มาก (Stanley Chernicoff. 1997: 92-94)

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ กล่าวถึงประเภทการผุพังอยู่กับที่ไว้ว่า ประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ การผุพังอยู่กับที่ทางเคมี การผุพังอยู่กับที่ทางกายภาพ และการผุพังอยู่กับที่ทางชีวภาพ โดยกระบวนการเคมีมีอิทธิพลต่อภูมิประเทศมากที่สุด กระบวนการผุพังอยู่กับที่ทางกายภาพ ได้แก่ 1) การเกิดน้ำแข็ง ในบริเวณอากาศเย็นจัดน้ำที่อยู่ตามหลืบหินจะแข็งตัวในฤดูหนาวและละลายในฤดูร้อน เมื่อน้ำแข็งตัวจะมีปริมาตรเพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 9.2 จึงเกิดแรงดันต่อหินทำให้หินแตกออกได้ 2) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวัน เมื่อถูกแสงแดดหินจะร้อนมากและขยายตัวที่ผิวหิน ทำให้เกิดการแตกออกเป็นเม็ดหรือเป็นกาบบางๆ รวมทั้งหินที่ประกอบด้วยแร่ต่างชนิดกันจะยืดหดตัวต่างกัน จึงแตกออกเป็นเม็ดๆ 3) การแตกออกเป็นแผ่น เช่น ในหินแกรนิตเกิดจากการลดความกดดันที่ผิวของหิน และ 4) สิ่งมีชีวิต เช่น รากพืชที่ชอนไชไปตามรอยแตกของหิน ส่วนการผุพังอยู่กับที่ทางเคมี ประกอบด้วย 1) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เป็นปฏิกิริยาของแร่กับน้ำ ทำให้เกิดการผุพังของแร่ 2) กระบวนการไฮเดรชัน เป็นกระบวนการที่โมเลกุลของน้ำรวมตัวกับแร่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบเดิม แล้วมีผลให้เกิดการแตกออก 3) กระบวนการละลาย เป็นการละลายของเกลือคาร์บอเนต หรือคลอไรด์ในน้ำ 4) ออกซิเดชัน-รีดักชัน โดยออกซิเดชันเกิดได้ดีในบริเวณอากาศมีการถ่ายเทดี ทั้งในหิน แร่และดิน ส่วนรีดักชันเกิดในภาวะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน จึงมีการเคลื่อนย้ายผุพัง (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2530: 111-118)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า กระบวนการผุพังอยู่กับที่เป็นหนึ่งในกระบวนการธรณีสัณฐานภายนอก เช่นเดียวกับการกร่อน และมวลเลื่อน ซึ่งได้ร่วมกันเป็นปัจจัยปรับแต่งธรณีสัณฐานหรือสร้างภูมิประเทศให้ปรากฏออกมาสูง-ต่ำรูปลักษณ์ต่างกัน กระบวนการผุพังอยู่กับที่จำแนกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ 1) กระบวนการทางเคมี และ 2) กระบวนการเชิงกลหรือทางกายภาพ โดยที่กระบวนการผุพังอยู่กับที่ทางเคมี ประกอบด้วย 1) ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส 2) กระบวนการไฮเดรชัน 3) กระบวนการละลาย และ 4) ออกซิเดชัน-รีดักชัน ส่วนกระบวนการผุพังอยู่กับที่เชิงกล ประกอบด้วย 1) การแตกออกด้วยลิ่มน้ำแข็ง 2) การแตกออกของหินจากการตกผลึก 3) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวัน 4) การแตกออกเป็นแผ่น และ 5) จากการกระทำของสิ่งมีชีวิต เช่น รากพืช เป็นต้น

การกร่อนและมวลเลื่อน เป็นอีกสองกระบวนการธรณีสัณฐาน ทำนองเดียวกับการผุพังอยู่กับที่ที่เป็นปัจจัยจัดปรับปรุงแต่งภูมิประเทศ ภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก โดยมีตัวการต่างๆ เช่น น้ำฝน น้ำไหล ลม ธารน้ำแข็ง เป็นต้น เป็นองค์ประกอบสำคัญ

พจนานุกรม ศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน กล่าวถึง การกร่อนไว้ว่าเป็นกระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการที่ทำให้เปลือกโลกหลุดไป ละลายไป หรือกร่อนไปโดยตัวการธรรมชาติ

ได้แก่ ลมฟ้าอากาศ สารละลาย การครูดถู การนำพา ทั้งนี้ไม่รวมถึงการพังทลายเป็นกลุ่มก้อน เช่น แผ่นดินถล่ม ภูเขาไฟปะทุ (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 142)

พจนานุกรมภูมิศาสตร์ ฉบับ บรอกแฮมตัน กล่าวถึงการกร่อนไว้ว่า การกร่อนเกี่ยวเนื่องกับการทำให้หินแตกออกมากยิ่งขึ้น รวมทั้งมีการเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยน้ำ ธารน้ำแข็ง และลม โดยที่ในการเคลื่อนย้ายยังเป็นปัจจัยให้เปลือกโลกถูกกร่อนจากเศษหิน หรือทรายที่มากับธารน้ำแข็ง ลม น้ำไหล กระบวนการกร่อนจำแนกได้ 6 ประเภท ได้แก่ 1) abrasion เป็นการสึกกร่อนด้วยวิธีการครูด ขัด และเกลาด้วยวัสดุหยาบ 2) attrition เป็นการลดขนาดอนุภาคโดยการเสียดสีและการกระแทก 3) cavitation เป็นสมบัติของแม่น้ำที่มีพลังงานสูง เช่น น้ำตก แก่ง ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะพังทลายด้วยฟองอากาศ โดยคลื่นถูกส่งออกไปกระแทกตามฝั่งน้ำ 4) corrasion เป็นการสึกกร่อนโดยก้อนหินมนกรวด ทรายที่มากับน้ำ ซึ่งเป็นวิธีการสึกกร่อนตามพื้นหรือฝั่งลำน้ำ 5) corrosion เป็นการกร่อนทั้งหมดที่ได้รับผลโดยตลอดจากปฏิกิริยาเคมีและการละลายกับวัสดุในน้ำ 6) deflation เป็นการกร่อนจากการเคลื่อนย้ายของทรายร่วนและทรายแป้งโดยลม (Brockhamton Press. 1997: 57)

สารานุกรมเกี่ยวกับโลก ฉบับสังเขป พูดถึงการกร่อนไว้สั้นๆ ว่า เป็นการสึกกร่อนลงและการเคลื่อนย้ายของหิน (the wearing down and removal of rock) โดยธารน้ำแข็ง น้ำแข็ง แม่น้ำ ลำธาร ทะเล และลม ในลักษณะพาเอาวัสดุต่างๆ ที่ผุพังไปสะสมยังที่อื่นในรูปตะกอน และเรียกกระบวนการร่วมกันของการผุพังอยู่กับที่ ทั้งการกร่อน การแตกหลุดของมวลเศษหิน และการพัดพาว่า denudation ที่แปลเป็นภาษาไทยว่า การเกลี่ยผิวดิน (John Farndon. 1998: 98)

เจมส์ กิลลูลี (James Giiluly) และแอรอน ซี วอเตอส์ (Aaron C. Waters) กล่าวถึง การกร่อนและมวลเลื่อนไว้อย่างน่าสนใจว่า เป็นกระบวนการธรณีที่สำคัญ โดยทำงานร่วมกับแรงโน้มถ่วงของโลก คือเป็นวิธีการกร่อนของผิวพื้นโลกและการเคลื่อนย้ายไปสู่ที่ต่ำกว่ายังแผ่นดินบริเวณอื่นหรือในทะเล ซึ่งการเคลื่อนย้ายเศษหินไปสะสมนั้นขึ้นต่อ 5 ตัวการ ได้แก่ 1) แรงโน้มถ่วงของโลก 2) ลม 3) ธารน้ำแข็ง 4) คลื่นทะเลกับกระแสน้ำ และ 5) ลำน้ำ ทั้ง 5 ตัวการอาศัยพลังงานจากแรงดึงดูดเข้าสู่ศูนย์กลางของโลก คือการเคลื่อนลงตามความลาด (downslope movement) ในรูปการตก (fall) การไหล (flow) การเลื่อน (slide) การถล่ม (slump) และการคืบ (creep) โดยที่ตัวการแรกคือ ลม จะพัดพาเศษหิน ฝุ่น ทราย และทรายแป้งไปกัดกร่อนหินพร้อมกับการไปตกสะสมยังบริเวณอื่น ตัวการที่สอง ธารน้ำแข็งจะเคลื่อนย้ายช้าๆ ด้วยการคืบบ้างหรือการเลื่อนลงตามเนินเขาบ้าง ซึ่งเศษหินแข็งที่อยู่ในธารน้ำแข็งจะครูดถูผิวพื้นพร้อมกับน้ำหนักของธารน้ำแข็งที่กดทับ จึงทำให้บริเวณเคลื่อนผ่านเกิดการกร่อน ตัวการที่สาม ลำน้ำ ตามร่องน้ำจะมีการชะล้างและเคลื่อนที่ตามความลาดที่ลดลง และเป็นตัวการสำคัญที่สุดสำหรับการสึกกร่อนผิวพื้น และตัวการสุดท้ายคือ คลื่นน้ำทะเล โดยการกระแทกบริเวณชายฝั่งเมื่อน้ำขึ้น และตกจมลงบริเวณชายฝั่งทะเลตื้น (James Giiluly and Aaron C. Waters. 1968: 61-69)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การกร่อนเป็นกระบวนการปรับระดับผิวพื้นโลกตามธรรมชาติ ร่วมกับมวลเลื่อน โดยมีปัจจัยจากแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นองค์ร่วมหลัก อันปรากฏในรูปของ fall flow slide slump และ creep การกร่อนจำแนกออกได้หลายชนิด เช่น abrasion attrition cavitation corrasion corrosion deflation เป็นต้น ซึ่งดำรงอยู่ภายใต้อิทธิพลของตัวการต่างๆ เช่น น้ำฝน น้ำผิวดิน ธารน้ำแข็ง คลื่นทะเล ลม เป็นต้น

6. การวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา และการวิเคราะห์เคมี

กล่าวโดยทั่วไป การที่จะทราบได้ว่าแร่ที่พบนั้นเป็นแร่ชนิดใด จัดอยู่ในประเภทใด สามารถตรวจสอบได้ด้วยตนเองหรือจากกล้องขยายในห้องปฏิบัติการ โดยอาศัยความแตกต่างของสมบัติทางกายภาพ รวมทั้งสมบัติทางแสง และสมบัติทางเคมีของแร่นั้นๆ เป็นเกณฑ์ จึงจะทำให้ทราบได้ว่าแร่นั้นเป็นแร่ประเภทใด และชนิดใด

ดังที่ กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณีกล่าวไว้ว่า สมบัติของแร่ที่ใช้ในการตรวจวิจัยตัวอย่างแร่นั้นแยกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ สมบัติทางเคมี ทางฟิสิกส์ และทางแสง แต่ที่นิยมใช้กันทั่วไปในเบื้องต้นของการตรวจวิจัยนั้น ส่วนใหญ่จะดูสมบัติทางฟิสิกส์หรือทางกายภาพ เพราะสมบัติต่างๆ จะเห็นได้จากภายนอก และใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ง่ายๆ โดยสมบัติทางฟิสิกส์ของแร่ที่ใช้ในการจำแนก ได้แก่ สี (colour) สีผงละเอียด (streak) รูปผลึก (crystal) แนวแตกเรียบ (cleavage) รอยแตก (fracture) ความวาว (luster) ความแข็ง (hardness) ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) ความเหนียว (tenacity) การให้แสงผ่าน (diaphaneity) สมบัติเกี่ยวกับแม่เหล็ก (magnetism) และ การเรืองแสง (phosporescence) ส่วนวิธีการทางเคมี ได้แก่ การตรวจดูปฏิกิริยากับกรด เช่น กรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริก (HCL) การตรวจดูการละลายในกรด (solubility) การตรวจสีของเปลวไฟ (flame test) การหลอมตัวของแร่ (fusibility) และการตรวจโดยเผาในหลอดเปิดและหลอดปิด (open and close tubes) (กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี. 2526: 3-39)

ศรีโสภา มาระเนตร์ กล่าวถึงการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนาไว้ว่า เป็นวิธีการที่สำคัญ ทำให้ทราบชื่อหิน และองค์ประกอบของแร่ ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากต่อการสำรวจธรณีวิทยา โดยเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยสนับสนุนและรับรองผลการสำรวจธรณีวิทยา เกี่ยวกับการอธิบายทางด้านวิทยาแร่ โครงสร้างธรณีวิทยา และกำเนิดของหิน ปัจจุบันเนื่องจากได้มีการประยุกต์ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะในการศึกษาทางโบราณคดีในประเทศไทย เกี่ยวกับโบราณสถานและโบราณวัตถุที่ทำจากหินและแร่ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ จึงทำให้ข้อมูลต่างๆ จากการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนาสามารถสนับสนุนการศึกษาค้นคว้าด้านโบราณคดีได้เป็นอย่างดี (ศรีโสภา มาระเนตร์. 2542: 72)

จุมพล วิเชียรศิลป์ กล่าวว่า การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของแร่ สามารถสังเกตจากสีของก้อนแร่ซึ่งเป็นสมบัติที่เด่นที่สุด นอกจากนี้ยังมีสีผงแร่ ความแข็ง ความวาว รอยแตกธรรมชาติ และความเปราะเหนียว (จุมพล วิเชียรศิลป์. 2544: 10-21)

สอดคล้องกับ งามพิศ แย้มนิยม ที่กล่าวว่า สมบัติทางกายภาพของแร่ที่ใช้ในการจำแนก ได้แก่ รอยแตกของแร่ ความแข็ง ความยึดแน่น ความถ่วงจำเพาะ และสมบัติของแร่ที่ขึ้นต่อแสง ขณะที่สมบัติเคมีที่ตรวจสอบได้ด้วยตนเองคือ การทำปฏิกิริยากับกรดบางชนิด เช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟิวริก เป็นต้น (งามพิศ แย้มนิยม. 2543: 13-15)

กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณียังได้กล่าวถึงสิ่งที่ควรกระทำก่อนการตรวจวิจัยสำหรับตัวอย่างแร่นั้นๆ ได้แก่ การบันทึกเพื่อเป็นหลักฐานอันประกอบด้วย วันที่ เลขที่ของตัวอย่าง แหล่งที่ได้มา ลักษณะสภาพตัวอย่าง สี รอยแตก และอื่นๆ ที่พอสังเกตได้ สภาพการกำเนิด และผู้ที่ส่งมาหรือผู้เก็บตัวอย่างแร่ (กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี. 2526: 3)

อรกุล โอคากรวิจารณ์ กล่าวในเรื่องเดียวกันนี้ว่า เรื่องสำคัญที่สุดคือ ตัวอย่างที่นำมาตรวจวิจัยต้องเป็นแร่ส่วนที่บริสุทธิ์ปราศจากมลทิน และไม่ควรเป็นโพรงหรือมีแร่อื่นแทรก (อรกุล โอคากรวิจารณ์. 2543: 8)

จากที่กล่าวมา เกี่ยวกับการตรวจสอบลักษณะของหินและแร่ด้วยตนเองโดยวิธีต่างๆ สรุปได้ว่า การตรวจสอบสมบัติทางฟิสิกส์หรือทางกายภาพ เป็นการตรวจสอบภายนอกที่สังเกตได้ง่าย และเป็นวิธีการตรวจสอบขั้นต้นซึ่งนิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ สี สีผงละเอียด รูปผลึก แนวแตกเรียบ รอยแตก ความวาว ความแข็ง ความถ่วงจำเพาะ ความเหนียว การให้แสงผ่าน สมบัติเกี่ยวกับแม่เหล็กและการเรืองแสง โดยสิ่งสำคัญจะต้องเป็นแร่ที่บริสุทธิ์ และด้วยวิธีการตรวจสอบทางกายภาพดังกล่าว จะทำให้ทราบลักษณะ ประเภท และชนิดของแร่และหินโดยคร่าวๆ ได้

นอกจากวิธีการตรวจสอบวินิจฉัยแร่ดังที่กล่าวข้างต้น การตรวจวิจัยสมบัติทางแสงของแร่ด้วยกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์เป็นอีกหนึ่งวิธีการที่สามารถเพิ่มความถูกต้องในการตรวจวิจัยได้มากยิ่งขึ้น

ดังที่ ศรีโสภา มาระเนตร์ กล่าวว่า การวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนาเป็นวิธีการที่ทำให้ทราบชื่อของหิน และองค์ประกอบของแร่ โดยถือได้ว่าเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยสนับสนุนและยืนยันผลการสำรวจทางธรณีวิทยาเกี่ยวกับการอธิบายแร่ โครงสร้างธรณีวิทยา และการกำเนิดหิน ซึ่งวิธีการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนาแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) การตรวจสอบลักษณะทั่วไป (megascopic study) เป็นการศึกษาดูด้วยตาเปล่า หรือใช้เลนส์กำลังขยาย 6-10 เท่า หรือกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำประมาณ 10-40 เท่า เพื่อศึกษาสมบัติกายภาพของแร่ เช่น สี ผลึก ความแข็ง ความวาว รอยแตกหน้าเรียบ และศึกษาหิน ลักษณะเนื้อหิน โครงสร้างแร่ประกอบหิน การผุพัง การ

เปลี่ยนแปลง การแปรสภาพ โดยจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการศึกษารายละเอียดขั้นต่อไป 2) การตรวจสอบดูจากแผ่นหินบาง (microscopic or thin section study) ซึ่งจะเริ่มจากการเตรียมแผ่นหินบางบนกระจกสไลด์ โดยตัดหินเป็นแผ่นหนาประมาณ 6 มิลลิเมตร และนำไปขัดให้บางตามความหนามาตรฐาน 0.03 มิลลิเมตร แล้วปิดด้วยกระจก (cover glass) จากนั้นนำแผ่นหินบางไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรส์ (polarizing microscope) โดยใช้สมบัติทางแสงของแร่โปร่งใสและโปร่งแสง (optical mineralogy) เป็นหลัก เช่น สี รูปแบบ และสมบัติของผลึกรอยแตกหน้าเรียบ เป็นต้น ซึ่งศึกษาภายใต้แสง plane light ส่วนการศึกษาภายใต้แสงที่ cross-polar จะเกี่ยวกับแร่อสมลักษณ์ (anisotropic mineral) ไบรีฟรินเจนซ์ (birefringence) จุดมืด (extinction) ขนาดรูปร่างของเม็ดแร่ ผลึก การจัดเรียงตัวของผลึกแร่หรือเม็ดแร่ ปริมาณของแร่ประกอบหินเป็นร้อยละโดยปริมาตร การผุพังของแร่ การเปลี่ยนแปลงของแร่ และชนิดของการแปรสภาพ และ 3) คือการประมวลผลที่ได้ เป็นการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทั้ง 2 ขั้นตอน โดยดูตารางการจำแนกหิน เช่น เกี่ยวกับหินทราย ทำให้ทราบชื่อหิน การกำเนิด สภาพทางธรณีวิทยาของแหล่งกำเนิด เปรียบเทียบกับหินทรายที่พบในชุดหินต่างๆ ทำให้ทราบสมบัติและประโยชน์ของหิน (ศรีโสภา มาระเนตร์. 2542: 73-74)

เชลลี (Shelley) กล่าวถึงเหตุผลที่ต้องทำแผ่นหินให้มีขนาดบาง 0.03 มิลลิเมตรว่า 1) เพราะแร่จำนวนมากมักไม่ใสนอกจากจะมีเม็ดที่บางมากๆ 2) ความบางมาตรฐาน 0.03 มิลลิเมตรจะทำให้สามารถตรวจสอบพิสัยของเม็ดแร่ทั้งหมดได้ โดยไม่มีผลกระทบจากการเลื่อนเหลื่อมกันของเม็ดหิน 3) เมื่อขนาดความหนาของแผ่นหินบางใกล้เคียง 0.03 จะทำให้สามารถตรวจสอบค่าความต่างกันของดัชนีหักเห ซึ่งเกิดจากลำแสงโพลาไรส์สองลำแสงตั้งฉากกัน โดยสังเกตจากการแทรกสอดลำดับต่ำของแสง 4) ทำให้สามารถกำหนดร้อยละของขนาดและปริมาตรแร่ในหิน และตรวจสอบความสัมพันธ์กับลักษณะของผิวได้ และ 5) ตัวอย่างที่บางขนาดความหนา 0.03 มิลลิเมตรจะสามารถประมาณค่าดัชนีหักเหของแร่ และสามารถกำหนดแร่ประกอบหินได้อย่างกว้างขวางและเชื่อถือได้ (Shelley. 1985: 54)

การวิเคราะห์หินและแร่โดยวิธีศิลาวรรณนา ทำให้สามารถทราบชนิดหินและองค์ประกอบของแร่ ดังเช่น ณัฐพร ยวงเงิน ได้ทำการศึกษาธรณีสัณฐานของหินภูเขาไฟประเภทบะซอลต์บริเวณลาวาหลาก อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ 5 แห่ง โดยใช้การวิเคราะห์หินและแร่โดยวิธีศิลาวรรณนา ของอนุสัณฐานโครงสร้างหินรูปเสา (columnar joint) พบว่า องค์ประกอบของหินไม่แตกต่างกันมาก เป็นหินบะซอลต์ที่มีเนื้อละเอียด เป็นแร่ดอก สีเทาเข้ม มีแร่ประกอบส่วนใหญ่เป็น แพลกจิโอเคลส (Plagioclase) มากกว่าร้อยละ 50 แร่โอลีวีน ไพรอกซีน (Olivine Pyroxene) ร้อยละ 20-30 และแร่เหล็กร้อยละ 15-20 (ณัฐพร ยวงเงิน. 2546: บทคัดย่อ)

ฝ่ายฟิสิกส์วิเคราะห์ กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี ได้ทำการวิเคราะห์หินทรายของทับหลังนารายณ์บรรทมสินธุ์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนหนึ่งของปราสาทหินพนมรุ้ง ที่อำเภอเฉลิมพระเกียรติ

จังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้การวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา พบว่า เป็นหินทรายอาร์โคส เนื้อละเอียด มีขนาดของเม็ดแร่ประมาณ 0.1-0.2 มิลลิเมตร มีสีขาวสะอาด การคัดขนาดดี เนื้อประสานแน่นค่อนข้างดี มีวัตถุประสานเป็นพวกซิลิกา แร่ประกอบหินที่สำคัญ คือ แร่ควอตซ์ประมาณร้อยละ 55-60 แร่เฟลด์สปาร์ประมาณร้อยละ 25-30 เศษหินเป็นพวกหินเชิร์ต หินดินดาน และหินซีสต์ ประมาณร้อยละ 5-10 และแร่ทุติยภูมิเป็นเหล็กออกไซด์ และแร่ดิน (กรมทรัพยากรธรณี. 2532: 21-23)

นอกจากนี้ ศรีโสภา มาระเนตร์ ยังได้ทำการศึกษาหินทรายเพื่อตรวจพิสูจน์ทับหลังนารายณ์บรรทมสินธุ์ ด้วยการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา จากการเปรียบเทียบระหว่างทับหลังนารายณ์บรรทมสินธุ์กับหินทรายจากทับหลังของสถานที่ต่างๆ ในบริเวณใกล้เคียง ดังแสดงในตาราง

ตาราง 1 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์หินโดยวิธีศิลาวรรณนา

ชื่อทับหลัง	แร่ประกอบหิน (ร้อยละ)			ชนิดหิน
	ควอตซ์	เฟลด์สปาร์	เศษหิน	
นารายณ์บรรทมสินธุ์ พนมรุ้ง	55-60	20-25	10-15	หินทรายอาร์โคส-อารีไนต์
สลักภาพพระโพธิสัตว์อวโลกิเตศวร พิมาย	60	20-25	10-15	หินทรายอาร์โคส
สลักภาพเทพเจ้าบนสวรรค์ พิมาย	65	25	10	หินทรายอาร์โคส
สลักภาพพระกฤษณะฆ่าพญานาค พิมาย	55-60	15-20	15-20	หินทรายอารีไนต์
สลักภาพเทวดาประทับนั่งเหนือลายก้านต่อดอก วัดปรางค์ นครราชสีมา	45-50	20-25	25-30	หินทรายอารีไนต์
สลักภาพเทวดาประทับนั่งเหนือเกียรติมุข ปราสาทพนมวัน	60	25	10	หินทรายอาร์โคส
สลักภาพพระนารายณ์ทรงครุฑ ปรางค์กู่	55	20	25	หินทรายอารีไนต์

หน้าบันสลักรูปพระอินทร์ทรงช้างเอราวัณ กู่กาสิงห์ ร้อยเอ็ด	45	20	30	หินทรายอารีไนต์

(ศรีโสภา มาระเนตร์. 2542: 75)

จากที่กล่าวข้างต้น เกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา รวมความได้ว่า มีวิธีดำเนินการอยู่ 3 ขั้นตอน คือ 1) การศึกษาด้วยตาเปล่า 2) การศึกษาโดยใช้แผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ และ 3) เป็นการอภิปรายผลการวิเคราะห์ที่ได้จาก 2 ขั้นตอนแรก จึงกล่าวได้ว่าการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนาเป็นวิธีการที่ให้ผลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้มาก

นอกจากวิธีการดังกล่าวข้างต้นแล้ว การวิเคราะห์เคมีเป็นอีกวิธีในการตรวจวิจัยหินและแร่ที่ให้ผลได้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ดังที่กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กล่าวถึงการวิเคราะห์เคมีไว้ว่า สมบัติของแร่ หิน ดิน และทราย ขึ้นต่อส่วนประกอบทางเคมีเป็นส่วนใหญ่ และการวิเคราะห์เคมีเพื่อประโยชน์หลายประการ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาวิจัยทางธรณีวิทยาเกี่ยวกับสภาพการเกิด และการเปลี่ยนแปลงของหินและแร่ รวมทั้งการหาส่วนประกอบทางเคมีของหินที่มีเม็ดละเอียดจนยากแก่การตรวจโดยวิธีอื่น เช่น ดินเหนียว หินปูนเนื้อละเอียด ถ่านหิน เป็นต้น 2) เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการสำรวจทางธรณีวิทยาเกี่ยวกับแหล่งแร่ และแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงธรรมชาติ ตลอดจนการทำแผนที่ทางธรณีวิทยาเพื่อให้ผลสมบูรณ์ขึ้น 3) เพื่อบ่งชี้ถึงชนิดของแร่ที่เป็นส่วนประกอบในหิน โดยนำผลการวิเคราะห์เคมีไปประกอบการคำนวณ 4) เพื่อประโยชน์ในการประกอบอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เช่น เครื่องเคลือบดินเผา ปูนซีเมนต์ เครื่องแก้ว เป็นต้น และ 5) เพื่อประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ในด้านการกำหนดคุณภาพ และราคาของแร่เศรษฐกิจ เช่น แร่ดีบุก แร่วุลแฟรม เป็นต้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

เมื่อได้รับตัวอย่างแล้วจะทำการบดตัวอย่างให้ละเอียดก่อน และชักตัวอย่างให้เหลือน้อยตามต้องการ แล้วนำตัวอย่างนั้นไปบดละเอียดอีกครั้ง จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์โดยวิธีการต่างๆ ที่เหมาะสม ซึ่งที่นิยมใช้มีอยู่ 2 วิธี คือ 1) วิธี Wet Analysis ที่ประกอบด้วย การวิเคราะห์ปริมาณของธาตุโดยน้ำหนัก และวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุโดยปริมาตร และ 2) วิธี Instrument Analysis เป็นวิธีการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัยหลายชนิด แล้วแต่ความเหมาะสมของงาน

อาทิ เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence) เครื่องอะตอมมิก แอบซอพชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorbtion Spectrophotometer) เป็นต้น (กรมทรัพยากรธรณี. 2530: 9-15)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การวิเคราะห์เคมีจะช่วยในการจำแนกและระบุองค์ประกอบของหินได้สมบูรณ์ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน การวิเคราะห์เคมีเริ่มจากการนำตัวอย่างหินมาบดให้ละเอียด จากนั้นคัดเอาส่วนที่ต้องการวิเคราะห์ไปทำการวิเคราะห์ด้วยทั้ง 2 วิธีการ คือ 1) วิธี Wet Analysis ที่ประกอบด้วย การวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุโดยน้ำหนัก และวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุโดยปริมาตร และ 2) วิธี Instrument Analysis เป็นวิธีการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์

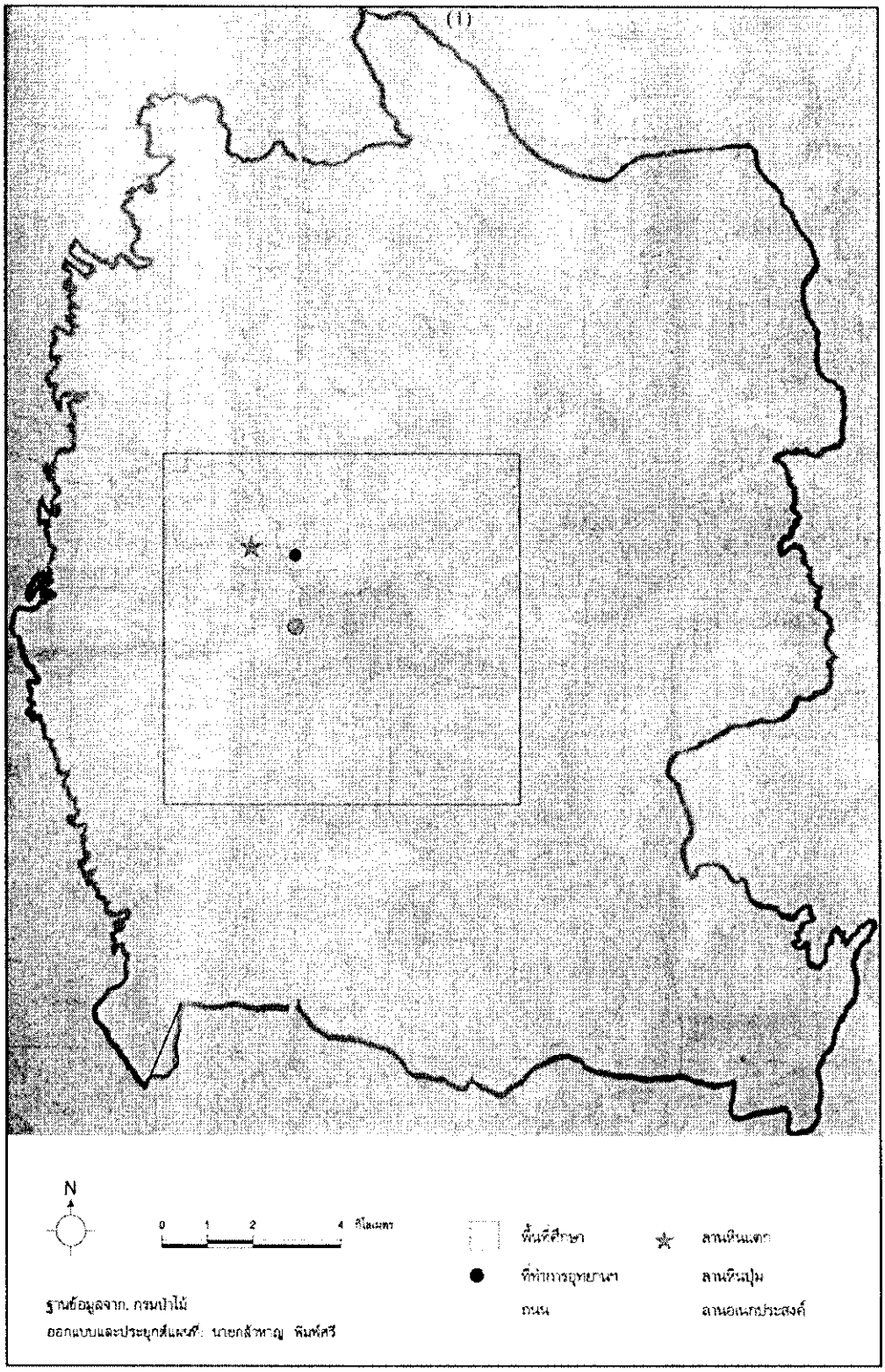
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาอนุสัณฐานของหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ผู้ศึกษาได้จำแนกขั้นตอนการดำเนินการศึกษาเป็น 4 ขั้นตอน กล่าวคือ

1. แหล่งข้อมูล และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. วิธีดำเนินการรวบรวมข้อมูล
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล และสังเคราะห์องค์ความรู้

แหล่งข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ระวาง 5143 I II III IV 5243III และ 5242IV
2. แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1: 50,000 ระวาง 5143 II
3. ภาพถ่ายจากอากาศบริเวณลานหินแตก แสดงภาพรวมร่องหิน จากการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย
4. เครื่องมือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ ค้อนธรณีและสิ่วสำหรับเก็บตัวอย่างหิน กล้องถ่ายภาพ เข็มทิศ เครื่องมือวัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก เทปวัดระยะ เครื่องมือวัดมุมเอียงของชั้นหิน แบบสำหรับบันทึกข้อมูล ตารางกริดทำจากเหล็กเส้นสำหรับวัดความหนาแน่นของระแหงหินและปุ่มหิน เหล็กเส้นยาวสำหรับวัดความลึกร่องหิน และอุปกรณ์พื้นฐานจำเป็นอื่นๆ
5. ห้องปฏิบัติการของกรมทรัพยากรธรณี
6. ตำรา หนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการศึกษาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ห้องสมุดกรมทรัพยากรธรณี หอสมุดกลางจุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย สำนักหอสมุดกลางมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ห้องสมุดสภาวิจัยแห่งชาติ เอกสารที่ได้รับความอนุเคราะห์จากผู้สนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ และเอกสารส่วนตัวของผู้วิจัย



ภาพประกอบ 3 แผนที่แสดงบริเวณศึกษาในการเก็บข้อมูลสนามอนุสัณฐานหินทราย บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

วิธีการดำเนินการรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษาจากแผนที่ประเภทต่างๆ ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศ ภาพถ่ายทางอากาศและแผนที่ธรณีวิทยา เพื่อวางแผนการศึกษาลักษณะอนุสัณฐานหินทรายบริเวณที่ศึกษาโดยภาพรวม ได้แก่ ระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

2. กำหนดและวางแผนสำหรับการศึกษารายละเอียดของอนุสัณฐานต่างๆ จากข้อ 1

3. สำรวจพื้นที่ศึกษาโดยละเอียด เพื่อนำมาวางแผนจุดกำหนดสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. ทำการศึกษาแผนที่ต่างๆ เช่น แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อจำแนกหน่วยธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย

5. นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่มาวางแผนการเก็บข้อมูลในสนาม โดยการกำหนดตำแหน่งสำหรับเก็บตัวอย่างอนุสัณฐานหินทรายเพื่อการวิเคราะห์เคมี กับการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา รวมถึงกลุ่มตัวอย่างสำหรับการตรวจวัดอนุสัณฐานจากแผนที่ต้นร่างหน่วยธรณีสัณฐานที่จัดทำขึ้นตามข้อ 4 โดยสร้างตารางกริดบนแผนที่เพื่อกำหนดจุดตรวจวัดลักษณะธรณีสัณฐานและเพื่อการเก็บตัวอย่างอนุสัณฐานหินทราย ตามข้อ 1

6. ดำเนินการเก็บข้อมูลในสนาม โดยการเก็บข้อมูลความจริงด้วยการวัดอนุสัณฐาน ดังต่อไปนี้

   6.1) อนุสัณฐานระแหงหิน ใช้การตรวจวัดรูปร่าง ขนาด ความหนาแน่น และความลาดเอียง

   6.2) อนุสัณฐานปุ่มหิน ใช้การตรวจวัด รูปร่าง ขนาด ความหนาแน่น และความลาดเอียง

   6.3) อนุสัณฐานร่องหิน ใช้การตรวจวัด ขนาด เนื้อที่ ระยะห่าง ทิศการวางตัว และความลาดเอียง

7. เก็บตัวอย่างหินของอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน โดยเก็บตัวอย่างหินที่ตำแหน่งเดียวกันแบ่งเป็น 2 ชุด เพื่อนำไปศึกษาองค์ประกอบของหิน ด้วยวิธีการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา และการวิเคราะห์เคมี จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณี

8. นำตัวอย่างหินชุดแรกตามข้อ 7 มาทำแผ่นบาง (thin section study) และจากนั้นนำไปตรวจสอบองค์ประกอบของหินด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ ในห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณี เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของหิน ตามวิธีการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา

9. นำตัวอย่างหินอีกชุดหนึ่งจากข้อ 7 มาทำการวิเคราะห์เคมีในห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณี เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของหิน และใช้เป็นเครื่องยืนยันผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของหินที่ถูกต้องและสมบูรณ์มากขึ้น ร่วมกับการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา ตามข้อ 8

10. นำผลการสำรวจตรวจวัดที่ได้จากภาคสนาม และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทั้งโดยวิธีการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา กับการวิเคราะห์เคมีมาดำเนินการศึกษาและทำการสังเคราะห์ผล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

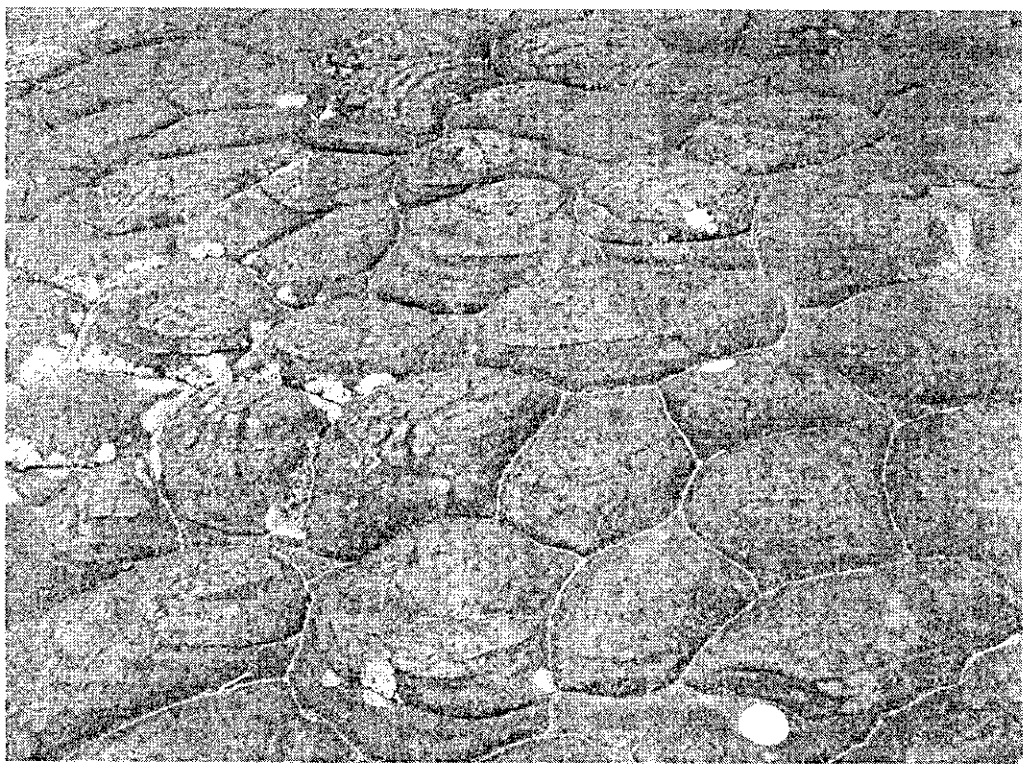
ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า ได้จากการศึกษาข้อมูลภาคสนามตามที่ได้วางแผนกำหนดจุดเก็บข้อมูลไว้ โดยมีการเก็บข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน ที่บริเวณลานอเนกประสงค์ บริเวณลานหินปุ่ม และบริเวณลานหินแตก ตรวจวัดและเก็บข้อมูลธรณีสัณฐาน ต่อไปนี้

1.1 รูปร่างของระแหงหิน โดยพิจารณาจากจำนวนเหลี่ยม

1.2 ขนาดของระแหงหิน วัดจากความกว้าง ความยาว และความลึก

1.3 ความหนาแน่นของระแหงหิน โดยการนับจำนวนระแหงหินทั้งหมดในเนื้อที่ 1 ตารางเมตร



ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างระแหงหินที่ใช้ตรวจวัด และเก็บตัวอย่างหินเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

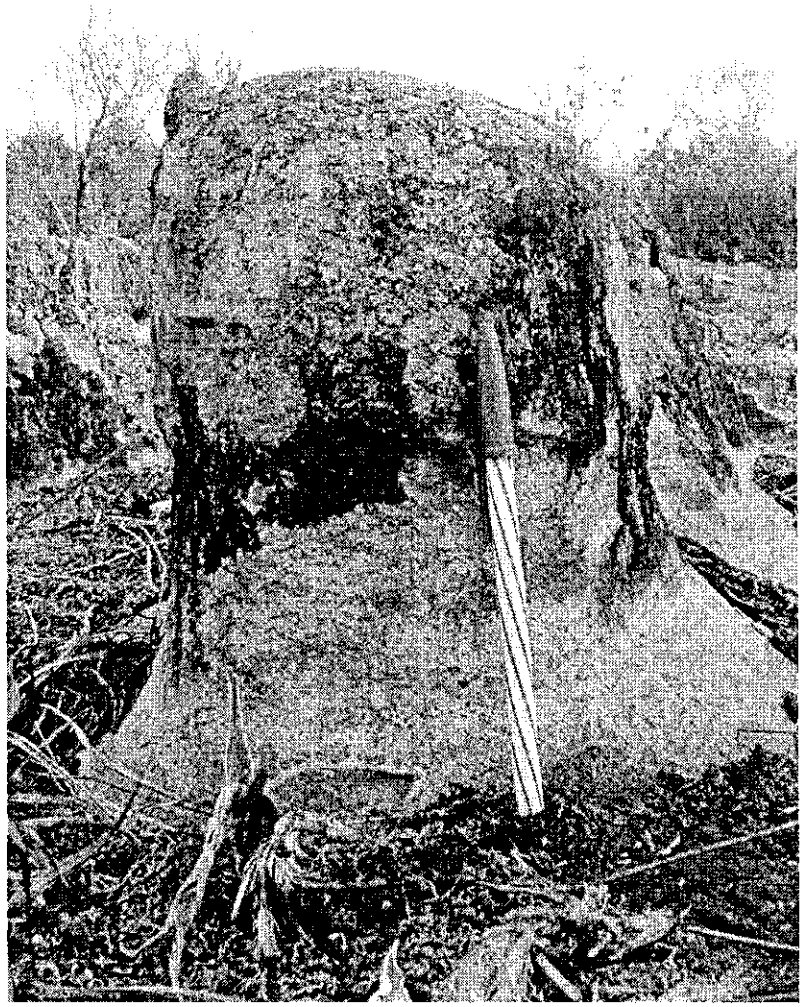
2. ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานปุ่มหินที่บริเวณลานหินปุ่ม และลานหินแตก ตรวจวัดและเก็บข้อมูลลักษณะธรณีสัณฐาน ต่อไปนี้

2.1 รูปร่างของปุ่มหิน

2.2 ขนาดของปุ่มหิน โดยการเฉลี่ยจากเส้นผ่าศูนย์กลางยาวที่สุดและสั้นที่สุด ซึ่งวัดจากกึ่งกลางด้านหนึ่งไปยังด้านตรงข้ามให้มาบรรจบครบรอบที่จุดเริ่มต้น

2.3 ความหนาแน่นของปุ่มหิน โดยนับจำนวนปุ่มหินทั้งหมดในเนื้อที่ 1 ตารางเมตร

2.4 ความลาดเอียงของปุ่มหิน โดยวัดมุมของปุ่มหินว่าเอียงไปจากแนวระนาบเท่าใด



ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างปุ่มหินที่ใช้ตรวจวัด และเก็บตัวอย่างหินเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3. ลักษณะอนุสัณฐานร่องหินที่บริเวณลานหินแตก ตรวจวัดและเก็บข้อมูลธรณีสัณฐาน ดังนี้

3.1 ขนาดของแผ่นร่องหิน วัดจากความกว้าง ความยาว และความลึก

3.2 เนื้อที่ของแผ่นร่องหิน

3.3 ทิศการวางตัวของแผ่นร่องหิน โดยวัดเป็นค่าอะซิมุท (Azimute) เพื่อศึกษาว่าแผ่นร่องหินวางตัวไปทางทิศใดของทิศเหนือ

3.4 ความลาดเอียงของแผ่นร่องหิน โดยวัดมุมของแผ่นร่องหินว่าเอียงไปจากแนวระนาบเท่าใด

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างร่องแผ่นหินที่ใช้ตรวจวัด และเก็บตัวอย่างหินเพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

4. เก็บตัวอย่างหินจากอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน ที่บริเวณทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลองค์ประกอบอนุสัณฐาน เพื่อนำตัวอย่างหินไปศึกษาชนิดของหิน ลักษณะเนื้อหิน สีของหิน และส่วนประกอบของหิน ในห้องปฏิบัติการของกรมทรัพยากรธรณีโดยใช้การวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา และการวิเคราะห์เคมี ดังกล่าวแล้ว

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ดำเนินการตรวจสอบ จำแนก และรวบรวมข้อมูลเป็นหมวดหมู่ตามลำดับขั้นตอนที่ต้องการศึกษา ประกอบด้วย

1.1 ข้อมูล ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานหินทราย ได้แก่

1.1.1 ข้อมูลธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน บริเวณลานอเนกประสงค์ ประกอบด้วย รูปร่าง ขนาด และความหนาแน่น

1.1.2 ข้อมูลธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานปุ่มหิน บริเวณลานหินปุ่ม และลานหินแตก ประกอบด้วย รูปร่าง ขนาด ความหนาแน่น และความลาดเอียง

1.1.3 ข้อมูลธรณีสัณฐานอนุสัณฐานแผ่นร่องหิน บริเวณลานหินแตกประกอบด้วย ขนาด เนื้อที่ ระยะห่าง ทิศการวางตัว และความลาดเอียง

1.1.4 องค์ประกอบของหินในอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน ประกอบด้วย ชนิดหิน ลักษณะของเนื้อหิน สีของหิน และส่วนประกอบของหิน

1.2 จัดหา รวบรวม สร้างแผนที่และภาพประกอบ เพื่อนำมาประกอบรายงานการวิจัยให้เหมาะสม ถูกต้อง ชัดเจน และแม่นยำมากยิ่งขึ้น ได้แก่

1.2.1 ปรับปรุงแผนที่ธรณีวิทยา ระวางภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทยให้อ่านเข้าใจง่ายขึ้น

1.2.2 ถ่ายภาพประกอบของอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน ที่ได้จากภาคสนามบนภูหินร่องกล้า

1.2.3 ถ่ายภาพการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา ของอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน จากห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณี

1.2.4 รวบรวมภาพถ่ายทางอากาศจากหน่วยงานต่างๆ เช่น กรมป่าไม้ อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย บริเวณลานหินแตกที่ปรากฏอนุสัณฐานร่องหินอยู่อย่างหนาแน่น

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 วิเคราะห์โดยใช้มัชฌิมเลขคณิต (Arithmatic mean) และการพรรณนา

- ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน ได้แก่ ขนาด และความหนาแน่น
- ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานปุ่มหิน ได้แก่ ขนาด ความสูง ความหนาแน่น และความลาดเอียง
- ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานแผ่นร่องหิน ได้แก่ ขนาด ระยะห่าง และเนื้อที่

2.2 วิเคราะห์โดยใช้ฐานนิยม (Mode) และการพรรณนา

- รูปร่างของระแหงหิน และปุ่มหิน

- ทิศการวางตัวของแผ่นร่องหิน

2.3 วิเคราะห์โดยใช้การคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) และการพรรณนา

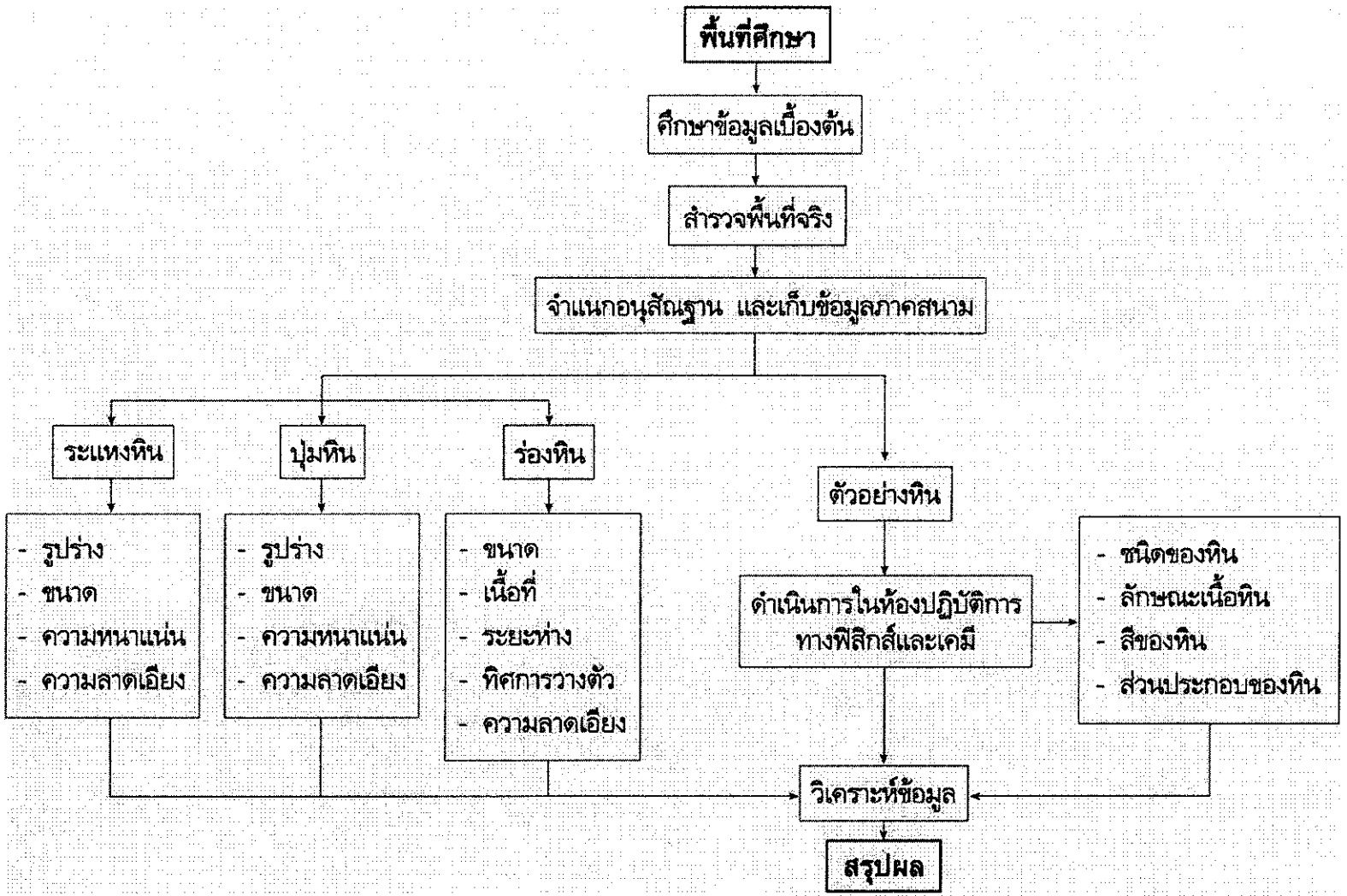
- ข้อมูลขนาดของระแหงหินกับความลาดเอียงของหิน
- ข้อมูลความหนาแน่นของระแหงหินกับความลาดเอียงของหิน
- ข้อมูลขนาดของระแหงหินกับส่วนประกอบของแร่
- ข้อมูลความหนาแน่นของระแหงหินกับส่วนประกอบของแร่
- ข้อมูลขนาดของปุ่มหินกับความลาดเอียงของปุ่มหิน
- ข้อมูลความหนาแน่นของปุ่มหินกับความลาดเอียงของหิน

2.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหิน

2.4.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานระแหงหินกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน

2.4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานปุ่มหินกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานปุ่มหิน

2.4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานร่องหินกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานร่องหิน



ขั้นตอนวิธีการดำเนินการศึกษา อนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกเป็นหัวข้อดังนี้

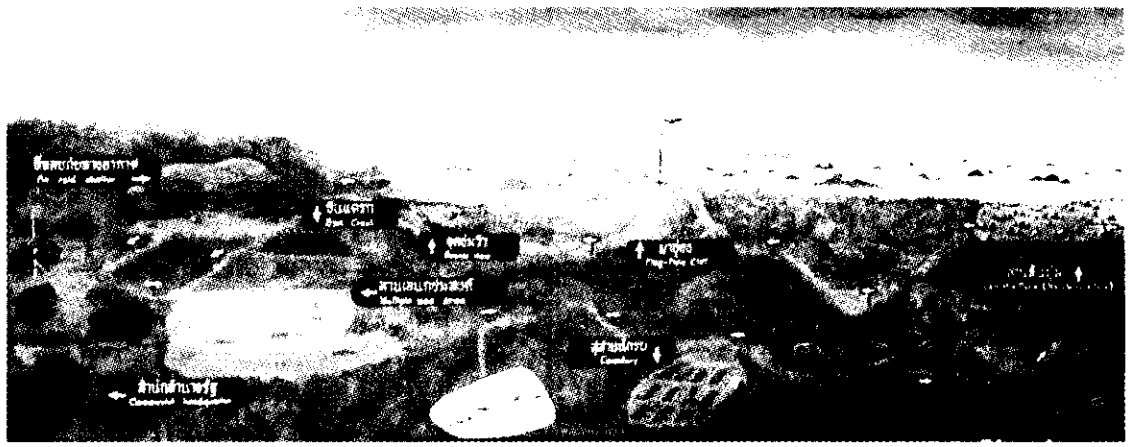
1. อนุสัณฐานหินทราย บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก
2. ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน
   2.1 ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน
   2.2 องค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน
3. ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานปุ่มหิน
   3.1 ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานปุ่มหิน
   3.2 องค์ประกอบหินของอนุสัณฐานปุ่มหิน
4. ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานร่องหิน
   4.1 ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานร่องหิน
   4.2 องค์ประกอบหินของอนุสัณฐานร่องหิน

1. อนุสัณฐานหินทราย บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานข้อ 1 คือ "อนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า น่าจะมีหลายรูปแบบ และอนุสัณฐานที่มีปรากฏอยู่มากน่าจะเป็นระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน" ผู้วิจัยจึงดำเนินการสำรวจตรวจวัดและเก็บข้อมูลในภาคสนาม ดังภาพประกอบ 7 และพบว่า อนุสัณฐานหินทรายที่สำรวจพบในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 อนุสัณฐานระแหงหิน เป็นสัณฐานขนาดเล็กของหินทรายในรูปลักษณ์ของรอยแตกระแหงบริเวณผิวด้านนอกของหินฐาน เกิดจากเหตุปัจจัยภายนอกเป็นตัวการหลัก คือการเปลี่ยนแปลงสลับไปมาของอุณหภูมิในรอบวัน โดยกลางวันท้องถิ่นบริเวณที่หินตั้งอยู่มีอุณหภูมิสูง ทำให้แร่ที่ประกอบในตัวหินเกิดการปรับสมดุลด้วยการขยายตัวออก ขณะที่ในช่วงกลางคืนท้องถิ่นบริเวณเดียวกันที่หินตั้งอยู่มีอุณหภูมิลดต่ำลง จึงทำให้แร่ประกอบหินมีการปรับสมดุลเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพด้วยการหดตัวเข้า

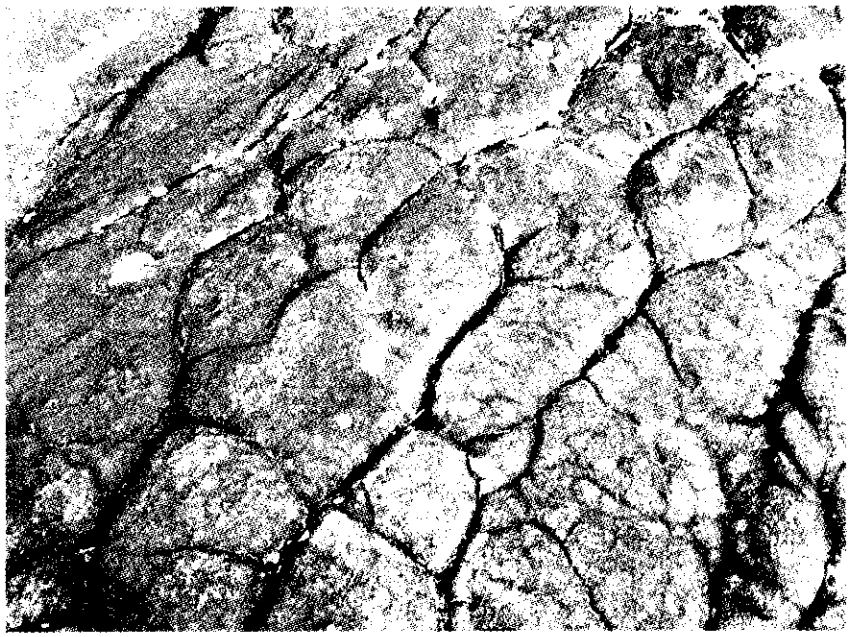
กรรมวิธีที่แร่ประกอบหินมีการขยายตัวออกและหดตัวเข้าสลับไปมาในรอบวันดังกล่าว และเกิดขึ้นโดยต่อเนื่องผ่านระยะเวลายาวนาน ทำให้เกิดรูปลักษณ์ระแหงหินตามผิวนอกของหินฐาน ดังภาพประกอบ 8 9 และ 10 อนุสัณฐานระแหงหินบนภูหินร่องกล้าพบกระจายอยู่กว้างขวางและหนาแน่นตามผิวนอกของหินฐานขนาดใหญ่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 15-35 เซนติเมตร มี

รูปลักษณ์หลายเหลี่ยม และส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม บริเวณที่พบมากและหนาแน่นที่สุดคือ บริเวณลานอเนกประสงค์ บริเวณที่พบรองลงมาคือลานหินแตก และบริเวณที่พบน้อยสุดคือลานหินปุ่ม



ภาพประกอบ 7 ผังจำลองบริเวณพื้นที่ศึกษาอนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก (ที่มา: การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย)

ภาพประกอบ 8 อนุสัณฐานระแหงหินบริเวณลานอเนกประสงค์ ที่สำรวจพบมีปรากฏอยู่มาก และกระจายตัวหนาแน่นที่สุดบนภูหินร่องกล้า



ภาพประกอบ 9 อนุสัณฐานระแหงหินบริเวณลานหินแตกที่สำรวจพบ มีปรากฏอยู่เป็นแห่งๆ บนผิวนอกของหินฐานที่เป็นร่องหินขนาดใหญ่ พบรองจากที่ลานอเนกประสงค์

ภาพประกอบ 10 อนุสัณฐานระแหงหินบริเวณลานหินปุ่มที่สำรวจพบ มีปรากฏอยู่บางแห่ง บนผิวนอกของหินฐานขนาดใหญ่ พบน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณลานอเนกประสงค์ และลานหินแตก

ชนิดที่ 2 ได้แก่ อนุสัณฐานปุ่มหิน มีรูปลักษณ์เป็นแท่งหินเล็กขนาดต่างๆ รูปร่างค่อนข้างกลมมียอดมนและฐานกว้าง โดยพัฒนาขึ้นบนผิวหน้าของหินฐานขนาดใหญ่ด้วยกระบวนการธรณีสัณฐานเป็นหลัก กล่าวคือแรกเริ่มปุ่มหินถูกแบ่งแยกด้วยระบบการแตกร้าว (joint system) จากแรงเค้นของหินที่เป็นแรงอัดตามแนวระนาบสองข้าง ทำให้แผ่นหินที่มีขนาดใหญ่ถูกแบ่งแยกออกเป็นบล็อกๆ จากนั้นจึงถูกกระทำโดยกระบวนการภายนอก ทั้งการผุพังอยู่กับที่บ้างและการกร่อนบ้าง ผลคือเนื้อหินตามรอยแยกรอยแตกร้าวเดิมหายไปเหลือเฉพาะส่วนที่อยู่ตรงกลาง ผ่านระยะเวลาทางธรณียาวนาน ในที่สุดจึงพัฒนาเป็นปุ่มหินหรือแท่งหินเล็กขนาดต่างๆ

บริเวณที่สำรวจพบอนุสัณฐานปุ่มหินบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก มี 2 บริเวณ ได้แก่ บริเวณแรกที่ลานหินปุ่มพบกระจายกว้างขวางและมีความหนาแน่นมาก ส่วนใหญ่ปรากฏรูปลักษณ์เป็นแท่งหินยอดมน มีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ไปจนถึงขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร มีความสูงตั้งแต่ 10-30 เซนติเมตร และบริเวณที่สองที่ลานหินแตก พบในบางแห่งและกระจายตัวหนาแน่นน้อยกว่าแห่งแรก โดยมากมีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 16-23 เซนติเมตร และมีความสูง10-19 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ 11 และ 12

ภาพประกอบ 11 อนุสัณฐานปุ่มหินบริเวณลานหินปุ่มที่สำรวจพบ มีปรากฏอยู่เป็นบริเวณกว้างตามผิวนอกของหินฐานขนาดใหญ่ และบริเวณนี้มีการกระจายตัวหนาแน่นมากที่สุด

ภาพประกอบ 12 อนุสัณฐานปุ่มหินบริเวณลานหินแตกที่สำรวจพบ มีปรากฏอยู่เป็นบางแห่งบนผิวนอกของหินฐานที่เป็นแผ่นร่องหินขนาดต่างๆ

ชนิดที่ 3 อนุสัณฐานร่องหิน เป็นสัณฐานที่ปรากฏบนผิวหน้าและในเนื้อหิน มีลักษณะเป็นร่องลึกขนาดต่างๆ ที่สำรวจพบมี 2 ชนิด ชนิดแรกเป็นร่องหินเล็ก มีความลึกไม่มาก พบบนหินฐานที่เป็นร่องหินขนาดใหญ่ ชนิดที่สองเป็นร่องหินขนาดใหญ่มีความลึกมาก พัฒนามาจากแนวแตก (joint) หรือรอยแยกของแผ่นหินใหญ่ อันเนื่องจากเนื้อหินบนเปลือกโลกมีความเค้นและความเครียด จึงทำให้หินเปลือกโลกต้องปรับสมดุลโดยพยายามแยกตัวออก เพื่อให้หมดสภาวะของความเค้นและความเครียดดังกล่าว และแนวแตกหรือแนวแยกของหินมีการผุพังอยู่กับที่และสึกกร่อนไปตามผิวทั้งสองข้างในลักษณะการถดถอยเข้าหาศูนย์กลางของตัวหินเอง ในที่สุดทำให้มีการขยายขนาดของรอยแตกหรือรอยแยกไปโดยลำดับตามระยะ เวลา จนกระทั่งกลายเป็นร่องหินใหญ่ขนาดต่างๆ ส่วนร่องหินเล็กเกิดขึ้นโดยสัมพันธ์กับร่องหินขนาดใหญ่ แต่จำกัดตัวเองอยู่เฉพาะที่ผิวหินและถูกขยายผลด้วยตัวการภายนอก

จากการสำรวจในภาคสนาม พบว่า อนุสัณฐานร่องหินบนภูหินร่องกล้า มีปรากฏกระจายเรียงรายกันไปเป็นบริเวณกว้าง ขนาดความกว้างแต่ละร่องหินมีขนาดไม่เท่ากัน พบตั้งแต่ความกว้าง 3 เมตร จนถึงความกว้าง 50 เมตร มีความยาวตั้งแต่ 30 เมตร จนถึง 280 เมตร ระยะห่างระหว่างร่องหินแต่ละร่องหินพบตั้งแต่ 20 เซนติเมตร จนถึง 4.5 เมตร ความลึกของร่องหินพบตั้งแต่ 8 เมตร จนถึง 28 เมตร เนื้อที่ของร่องหินแต่ละร่องมีตั้งแต่ 300 ตารางเมตร จนถึง 6,500 ตารางเมตร ทิศการวางตัว

ส่วนใหญ่อยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ และความลาดเอียงของแต่ละแผ่นร่องหินพบตั้งแต่ 11 องศา จนถึง 22 องศา ดังภาพประกอบ 13

ภาพประกอบ 13 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินขนาดใหญ่ บนภูหินร่องกล้า

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจในภาคสนามบนภูหินร่องกล้า พบว่า บนยอดภูที่เป็นสัณฐานหินทรายขนาดใหญ่ของหมวดหินภูพาน กลุ่มหินโคราช มีปรากฏอนุสัณฐานหินทรายหลายรูปแบบ และสำหรับที่ปรากฏอยู่มากมี 3 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 อนุสัณฐานระแหงหินตามผิวนอกของหินฐานขนาดใหญ่ โดยพบมากและกระจายตัวหนาแน่นที่บริเวณลานอเนกประสงค์ รองลงมาพบที่บริเวณลานหินแตก และพบน้อยที่สุดบริเวณลานหินปุ่ม รูปแบบที่ 2 อนุสัณฐานปุ่มหิน พบมากที่ลานหินปุ่ม และพบรองลงไปที่ลานหินแตก รูปแบบที่ 3 อนุสัณฐานร่องหิน พบมากและหนาแน่นที่ลานหินแตก และพบเป็นบางแห่งที่ลานหินปุ่ม

ดังนั้น ผลที่ได้จากการการสำรวจข้างต้น จึงสอดคล้องตามสมมติฐานการวิจัยข้อ 1 ที่ตั้งไว้ว่า "อนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า น่าจะมีหลายรูปแบบ และอนุสัณฐานที่มีปรากฏอยู่มากน่าจะเป็นระแหงหิน ปุ่มหิน และร่องหิน"

2. ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน

2.1 ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน

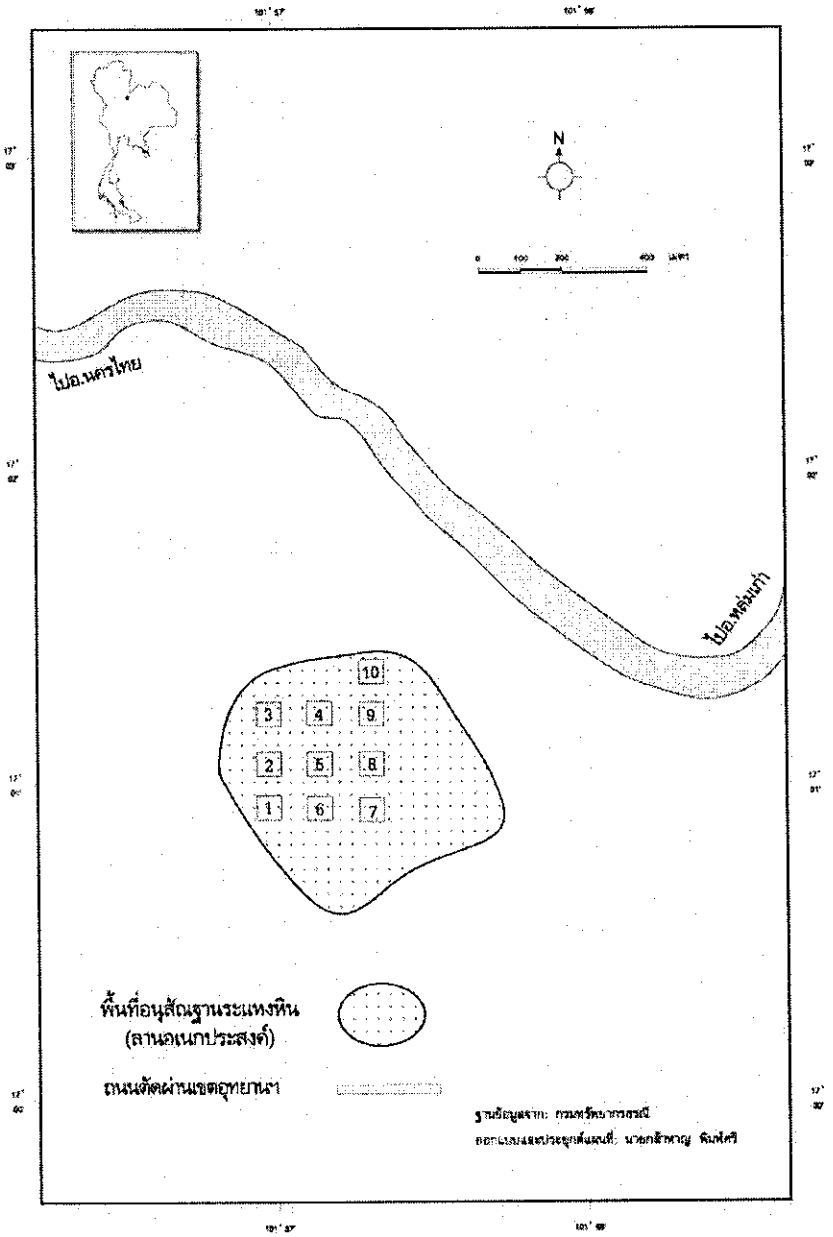
ระแหงหิน เป็นอนุสัณฐานหินทรายแบบรูปหนึ่งที่มีปรากฏเด่นกระจายตัวอย่างกว้างขวางบนภูหินร่องกล้า เกิดจากการแตกระแหงบนผิวหน้าของหินทราย โดยมีเหตุปัจจัยหลักจากการผุพังอยู่กับที่เชิงกายภาพ (physical weathering) ของหิน คือกระบวนการเปลี่ยนแปลงสลับกันไปมาของอุณหภูมิในรอบวัน ทำให้แร่องค์ประกอบในหินทรายเกิดการหดตัวและขยายตัวสลับกันไปมา (thermal expansion) ทำให้เกิดการแตกร้าวตามผิวนอกของหิน และเมื่อพัฒนาไปโดยลำดับจึงพัฒนาเป็นระแหงหินแบบตาข่ายหรือร่างแห (network)

หินทรายที่ได้รับพลังงานความร้อนโดยปราศจากสิ่งปิดคลุม จะมีผลทำให้ได้รับความร้อนมากและรวดเร็ว ทำให้องค์ประกอบในหินทรายไม่ว่าจะเป็นแร่ควอตซ์ที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ รวมทั้งเศษหินจำพวกหินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์ หินควอตซ์ซีสต์ หินทรายกรวดมน หินดินดาน ไมกา เฟลด์สปาร์ คลอไรต์ วัตถุประสานที่เป็นเหล็กออกไซด์ ฯลฯ เกิดการขยายตัวซึ่งเป็นการปรับสมดุลตามธรรมดาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น ตรงกันข้ามในเวลากลางคืนที่ไม่ได้รับพลังงานความร้อนอุณหภูมิของหินจะลดต่ำลง ทำให้แร่ในหินดังกล่าวเกิดการหดตัวกลับอันเป็นการปรับสภาพตามธรรมดาเช่นกัน ซึ่งการขยายตัวออกและหดตัวเข้าจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบวันดังกล่าว จะดำเนินไปโดยลำดับผ่านระยะเวลาอันยาวนาน จึงเป็นปัจจัยหลักก่อให้เกิดการแตกหลุดขององค์ประกอบหินในลักษณะเป็นเม็ด เนื่องจากหินฐานมีแร่ประกอบหินที่ต่างชนิดกัน ทำให้มีอัตราการหดและขยายตัวของแร่ไม่เท่ากัน และในที่สุดจึงปรากฏเป็นระแหงหินรูปหลายเหลี่ยม

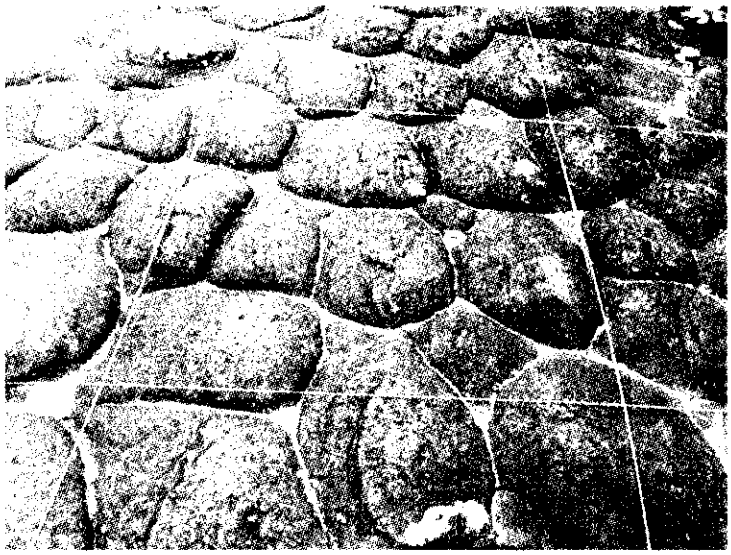
นอกจากนี้ ในระหว่างที่ผิวหินถูกแสงแดดเผาจนร้อนจัดแล้วเกิดฝนตกขึ้นอย่างกะทันหัน ในช่วงฤดูฝน ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการทำให้เนื้อหินมีการขยายตัวและหดตัวซ้ำๆ ซากๆ เป็นระยะเวลายาวนาน จึงทำให้หินเกิดการแตกระแหงขึ้น พร้อมทั้งยังถูกขยายผลด้วยการกร่อนตามธรรมชาติ ไม่ว่าทั้งจากน้ำฝนก็ดีและน้ำผิวดินก็ดี โดยการไหลไปตามแนวของร่องระหว่างระแหงหินแต่ละระแหง ผลคือระแหงหินจึงถูกพัฒนาให้มีขนาดลึกและถูกแบ่งแยกเป็นแต่ละระแหงได้ชัดเจนขึ้น อย่างไรก็ดีมีประเด็นน่าสังเกต คือการแตกระแหงจะปรากฏเฉพาะตามผิวนอกของหินฐานเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากหินฐานมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนได้ช้ามาก และความร้อนจากผิวนอกของหินยังถูกถ่ายเทลงไปทางลึกได้อย่างจำกัด ประเด็นน่าสังเกตต่อไปคือกรรมวิธีการหดตัวเข้าและขยายตัวออกของแร่ประกอบหินทรายยังพบว่า มีทั้งที่เกิดขึ้นในทิศทางเดียวกันบ้างและต่างทิศทางบ้าง เป็นต้นว่า บริเวณผิวหน้า

ตามแนวตั้งฉากกับแนวชั้นหิน หรือหน้าตัดผ่านชั้นหิน จึงเป็นปัจจัยให้เกิดรอยแตกที่มีรูปลักษณ์ต่างกัน เช่น เป็นรูปสี่เหลี่ยม รูปห้าเหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม และจากการสำรวจภาคสนามส่วนใหญ่เป็นรูปสี่เหลี่ยม

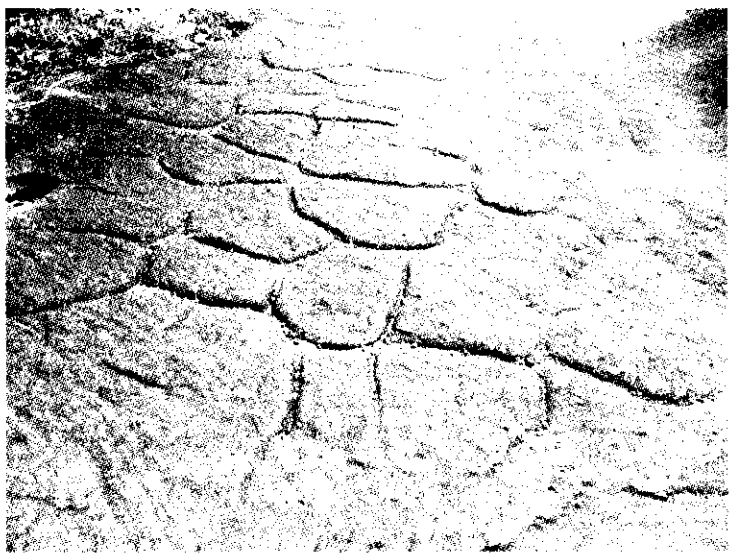
ในการสำรวจตรวจวัดธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน และเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างด้วยการสร้างตารางกริดขึ้น และจากนั้นจึงเลือกกลุ่มตัวอย่าง 10 ตัวอย่าง ดังภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 ผังแสดงจุดตรวจวัดและเก็บตัวอย่างอนุสัณฐานระแหงหิน 10 ตัวอย่าง



ภาพประกอบ 15 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 13.8 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 29.9 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 0.6 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 5 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 7 ระแหงต่อตารางเมตร

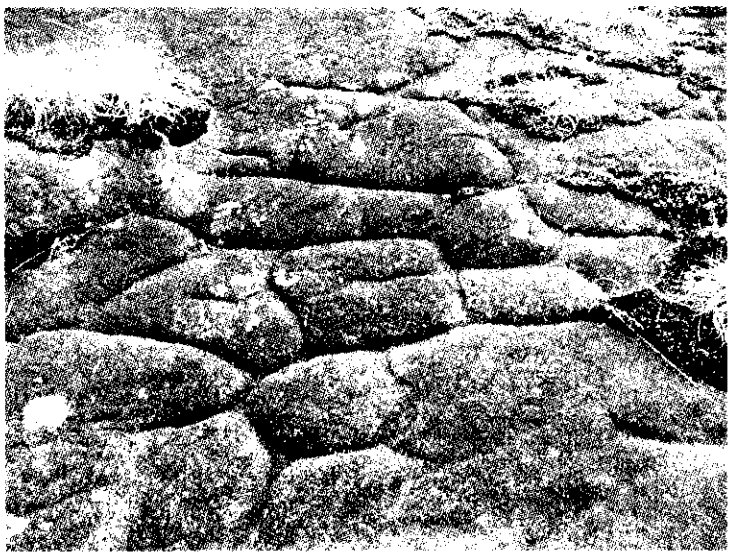


ภาพประกอบ 16 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 20.1 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 20.2 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 1 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 11 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 6 ระแหงต่อตารางเมตร

ภาพประกอบ 17 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 15.1 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 16.0 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 1 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 12 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 7 ระแหงต่อตารางเมตร

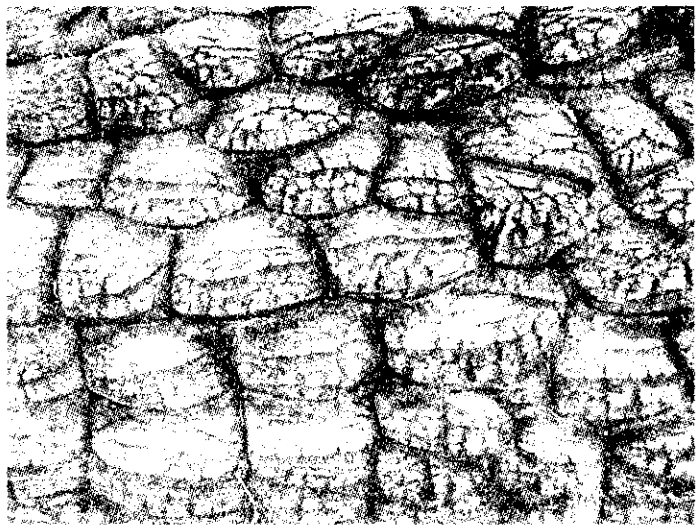
ภาพประกอบ 18 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 30.7 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 30 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 2.7 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 15 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 3 ระแหงต่อตารางเมตร

ภาพประกอบ 19 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 23.2 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 23.6 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 7.5 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 33 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 5 ระแหงต่อตารางเมตร

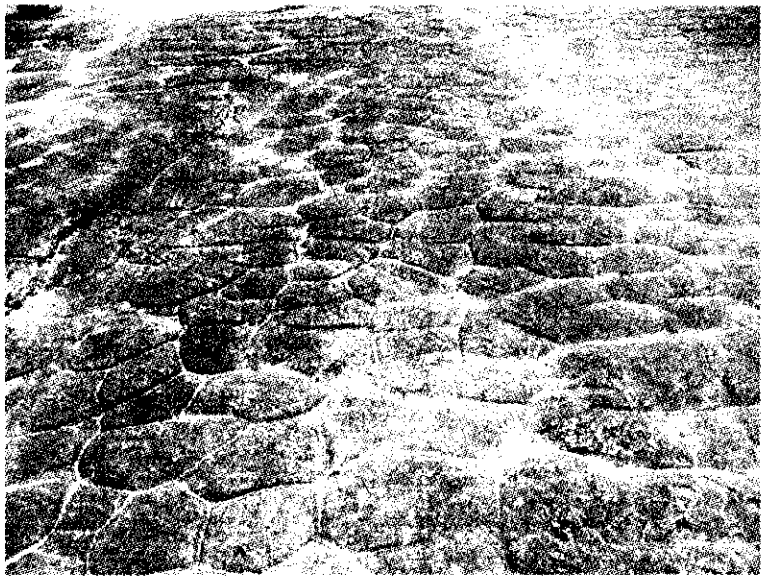


ภาพประกอบ 20 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 19.9 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 19.7 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 0.9 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 10 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 7 ระแหงต่อตารางเมตร

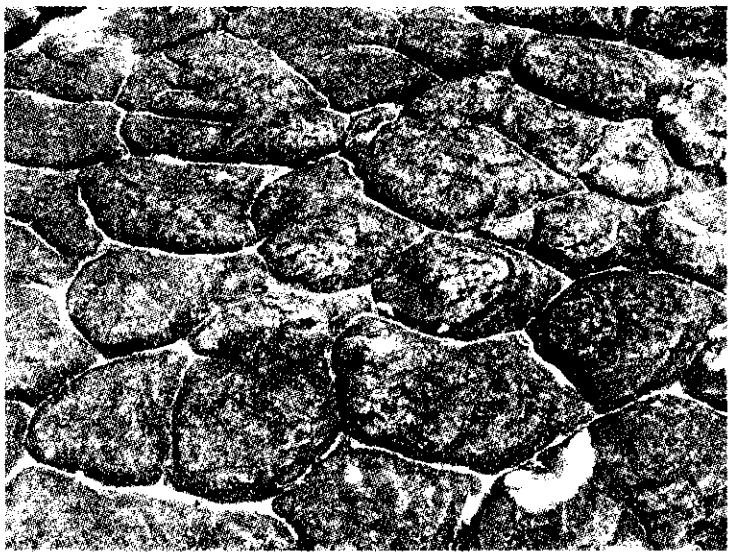
ภาพประกอบ 21 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 20.3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 19.7 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 2 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 17 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 7 ระแหงต่อตารางเมตร



ภาพประกอบ 22 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 14.0 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 11.9 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 10 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 48 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 19 ระแหงต่อตารางเมตร บริเวณนี้ระแหงหินวางตัวในแนวตั้งฉากกับระนาบหินฐาน และมีขนาดเล็กกว่าบริเวณอื่น



ภาพประกอบ 23 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 18.8 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 19.1 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 1 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 8 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 7 ระแหงต่อตารางเมตร



ภาพประกอบ 24 อนุสัณฐานระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 ลักษณะโดยรวมทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นสี่เหลี่ยม ความยาวเฉลี่ย 14.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 13.7 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ย 1.8 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 14 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 8 ระแหงต่อตารางเมตร

จากการศึกษาตัวอย่างในภาคสนามบนภูหินร่องกล้า จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 กลุ่มตัวอย่าง ดังภาพประกอบ 15-24 ทำให้ได้ข้อมูลธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน ดังตาราง 3 ในภาคผนวก ข ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหินที่ศึกษาปรากฏผล ดังนี้

2.1.1 **รูปร่างของระแหงหิน**

ในการศึกษารูปร่างระแหงหิน ใช้การตรวจวัดจากจำนวนเหลี่ยมที่ปรากฏเป็นระแหงหินแต่ละระแหงที่บริเวณลานอเนกประสงค์ ซึ่งเป็นบริเวณที่พบมากและกระจายตัวอย่างหนาแน่น จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 กลุ่มตัวอย่าง พบว่า ระแหงหินมีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมทั้งหมด 73 ระแหง เป็นรูปห้าเหลี่ยมทั้งหมด 20 ระแหง และเป็นรูปหกเหลี่ยมทั้งหมด 7 ระแหง ดังนั้นระแหงหินส่วนใหญ่จึงมีรูปร่างเป็น
รูปสี่เหลี่ยม

2.1.2 **ขนาดของระแหงหิน**

ขนาดของระแหงหิน ตรวจวัดจากความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของระแหงหิน กล่าวคือ วัดจากขอบของด้านยาวมากที่สุดด้านหนึ่งไปยังขอบของอีกด้านหนึ่ง และตรวจวัดจากขอบด้านยาวน้อยที่สุดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนขนาดความยาวของระแหงหิน และวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด กับวัดจากเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยที่สุด แล้วหาค่าเฉลี่ย ผลจากการตรวจวัดในภาคสนาม พบว่า อนุสัณฐานระแหงหินมีความยาวเฉลี่ยมากที่สุด 24.8 เซนติเมตร ความยาวเฉลี่ยน้อยที่สุด 14.9 เซนติเมตร และความยาวเฉลี่ย 17.7 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุดเฉลี่ย 22.4 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางสั้นที่สุดเฉลี่ย 13 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 17.4 เซนติเมตร

2.1.3 **ความลึก ความหนาแน่นและความลาดเอียงของระแหงหิน**

ความลึกของระแหงหิน วัดจากจุดที่ลึกที่สุดและจุดที่ตื้นที่สุดของระแหงหินแล้วหาค่าเฉลี่ย พบว่า ระแหงหินมีความลึกเฉลี่ยมากที่สุด 10.0 เซนติเมตร ความลึกเฉลี่ยน้อยที่สุด 0.6 เซนติเมตร และความลึกเฉลี่ย 2.9 เซนติเมตร สำหรับความหนาแน่นของระแหงหินตรวจนับจากจำนวนระแหงหินต่อเนื้อที่ 1 ตารางเมตร โดยผู้วิจัยได้ใช้เส้นลวดยาวมาเชื่อมต่อกันให้ได้ขนาดช่องละ 1 ตารางเมตร และจากการตรวจนับในภาคสนาม พบว่า ระแหงหินมีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุด 19 ระแหงต่อตารางเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ยน้อยที่สุด 3 ระแหงต่อตารางเมตร และความหนาแน่นเฉลี่ย 7 ระแหงต่อตารางเมตร ความลาดเอียงของระแหงหิน ได้จากการใช้เครื่องมือวัดความลาดโดยเปรียบเทียบกับแนวระนาบของหินฐาน ผลการตรวจวัดในภาคสนาม พบว่า ระแหงหินทั้ง 10 บริเวณมีความลาดเอียงเฉลี่ยมากที่สุด 48 องศา ความลาดเอียงเฉลี่ยน้อยที่สุด 5 องศา และความลาดเอียงเฉลี่ย 17.3 องศา

ผลการศึกษาธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า พบว่า ส่วนใหญ่คือร้อยละ 73 มีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยม ส่วนรองร้อยละ 20 เป็นรูปห้าเหลี่ยม และส่วนน้อยร้อยละ 7 เป็นรูป

หกเหลี่ยม การเกิดระแหงหินมีกระบวนการผุพังอยู่กับที่เป็นปัจจัยหลัก มีแร่ประกอบหินและโครงสร้างของหินเป็นปัจจัยร่วม กล่าวคือ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ในเวลากลางวันและปลอดจากพลังงานความร้อนของดวงอาทิตย์ในเวลากลางคืน บริเวณผิวหินจะมีการขยายตัวออกและหดตัวเข้าของประดาแร่ประกอบหินทรายสลับกันไปมา ได้แก่ แร่ควอตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ แร่คลอไรต์ กับเศษหินต่างๆ ที่ประกอบด้วยหินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์ หินดินดาน เกล็ดไมกา ฯลฯ และมีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ในลักษณะที่แตกต่างกัน มีระดับของการขยายตัวและการหดตัวไม่เท่ากันของแร่ประกอบหินทรายดังกล่าว จึงมีผลให้ผิวหินทรายเกิดการแตกออกเป็นเม็ดๆ และเหตุที่ผิวหินทรายมีการขยายตัวและการหดตัวในทิศทางที่ต่างกัน มีผลทำให้เกิดรอยแตกที่ต่างกัน และส่วนใหญ่แตกออกเป็นบล็อกๆ หรือรูปสี่เหลี่ยมในลักษณะตาข่ายหรือร่างแห โดยมีรูปร่างห้าเหลี่ยมและหกเหลี่ยมปรากฏอยู่บ้างเป็นส่วนน้อย เรียกกรรมวิธีที่ผิวหินทรายเกิดการแตกหลุดผุพังอยู่กับที่จากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในรอบวันดังกล่าวว่า thermal expansion อย่างไรก็ดี ร่องรอยของการแตกตัวตามผิวหินทรายจะปรากฏเด่นชัดมากยิ่งขึ้นจากแรงกระทำของน้ำ ทั้งน้ำฝนและน้ำผิวดิน โดยน้ำจะไหลเซาะกร่อนชะล้างให้เนื้อผิวหินบางส่วนหลุดหายไปกับกระบวนการน้ำไหล โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามแนวรอยแตกจะถูกกระทำมากกว่าส่วนอื่นๆ ของเนื้อผิวหินทราย

ขนาดอนุสัณฐานระแหงหิน ที่วัดจากขนาดความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่า มีขนาดความยาวเฉลี่ย 17.7 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 17.4 เซนติเมตร โดยในรายละเอียดย่อยพบว่ามีความแตกต่างกันของขนาดอนุสัณฐานระแหงหินในแต่ละตารางเมตรและในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ดังตาราง 3 ภาคผนวก ข ในประเด็นนี้เป็นความส่วนหนึ่งตามสมมติฐานข้อ 2 ที่ว่า "ระแหงหินที่มีรูปร่าง ขนาด และความหนาแน่นแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบ เนื้อหิน และความลาดเอียงต่างกัน" เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้คำนวณหาความเป็นปัจจัยแก่กัน หรือความสัมพันธ์ต่อกันระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุสัณฐานระแหงหินกับความลาดเอียงของหิน ดังตาราง 4.1 ภาคผนวก ข โดยใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Correlation) ตามวิธีการของเพียร์สัน (Pearson)

ดังที่บัญชา คูเจริญไพบูลย์ กล่าวว่า ในการที่จะพิจารณาว่าปรากฏการณ์หรือตัวแปรสองอย่างมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เช่น ความลาดเอียงของภูมิประเทศกับความหนาแน่นของประชากร เป็นต้น วิธีการหนึ่งที่รู้จักกันดีและใช้กันบ่อยๆ คือ วิธีการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวิธีของเพียร์สัน ซึ่งถ้าตัวแปรทั้งสองในแต่ละแห่งแต่ละที่บริเวณที่ศึกษาเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันหรือตามกัน เช่น ในที่แห่งหนึ่งตัวแปรตัวหนึ่งมาก และตัวแปรอีกตัวก็มากตาม หรือในที่แห่งหนึ่งตัวแปรทั้งสองลดลงตามกันทั้งคู่ ลักษณะเช่นนี้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะเป็นความสัมพันธ์ทางบวก โดยหากตัวแปรทั้งสองเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามกันคงที่ จะเป็นความสัมพันธ์ทางบวกสัมบูรณ์ ค่าที่ได้จะเป็น +1.00 ในทาง

กลับกันเมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มตัวแปรตัวหนึ่งลดลง ค่าที่ได้จะเป็นลบ และหากเป็น -1.00 แสดงว่าเป็นความสัมพันธ์ทางลบสัมบูรณ์ โดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าระหว่าง ±1.00 หากค่าเข้าใกล้ทั้ง ±1.00 (±0.9, ±0.8, ±0.7) แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรมีความสัมพันธ์กันสูง และหากสูงกว่า ±0.9 แสดงว่าสัมพันธ์กันสูงมาก หากค่าเข้าใกล้ ±0.5 คือ ±0.3 ถึง ±0.7 ถือว่ามีความสัมพันธ์ปานกลาง หากเข้าใกล้ 0.00 คือประมาณ ±0.30 และต่ำกว่า ถือว่าสัมพันธ์กันในระดับต่ำ และหากได้ค่าเป็น 0.00 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน (บัญชา คูเจริญไพบูลย์. 2525: 87-91)

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุสัณฐานระแหงหินกับความลาดเอียงของหิน ที่ได้จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวิธีของเพียร์สันคือ - 0.28 สรุปผลได้ว่าขนาดของอนุสัณฐานระแหงหินกับความลาดเอียงของหินมีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับต่ำ และเป็นความสัมพันธ์ในลักษณะตรงกันข้าม กล่าวคือหากอนุสัณฐานระแหงหินมีขนาดใหญ่จะมีความลาดเอียงของหินน้อย หรือหากหินมีความลาดเอียงมากจะมีขนาดอนุสัณฐานระแหงหินเล็ก ดังนั้นขนาดของร่องหินจึงขึ้นต่อปัจจัยอื่น ทำให้ไม่สอดคล้องกับความบางส่วนตามสมมติฐานข้อ 2 ที่ตั้งไว้ว่า "ระแหงหินที่มีขนาดแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีความลาดเอียงต่างกัน"

ความหนาแน่นของอนุสัณฐานระแหงหิน พบว่า อนุสัณฐานระแหงหินมีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุด 19 ระแหงต่อตารางเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ยน้อยที่สุด 3 ระแหงต่อตารางเมตร และความหนาแน่นเฉลี่ย 7 ระแหงต่อตารางเมตร โดยในแต่ละตารางเมตรของจุดเก็บตัวอย่างเดียวกันแม้มีความหนาแน่นของอนุสัณฐานระแหงหินไม่แตกต่างกันมาก แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นของอนุสัณฐานระแหงหินในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง กลับพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังตารางที่ 3 ภาคผนวก ข ในประเด็นนี้เกี่ยวข้องกับความส่วนหนึ่งตามสมมติฐานข้อ 2 ที่ว่า "ระแหงหินที่มีรูปร่างขนาด และความหนาแน่นแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบ เนื้อหิน และความลาดเอียงต่างกัน" เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้คำนวณหาค่าความสัมพันธ์ต่อกันระหว่างความหนาแน่นของอนุสัณฐานระแหงหินกับความลาดเอียงของหินโดยใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตามวิธีของเพียร์สัน ดังตาราง 4.2 ภาคผนวก ข และได้ผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.65 จึงสรุปผลได้ว่า ความหนาแน่นของอนุสัณฐานระแหงหินกับความลาดเอียงของหินมีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับปานกลางและเป็นไปในทางบวก กล่าวคือเมื่อจำนวนอนุสัณฐานระแหงหินมากขึ้นจะมีความลาดเอียงของหินมากขึ้นด้วย หรือหากความลาดเอียงของหินน้อยลงจะมีความหนาแน่นของอนุสัณฐานระแหงหินน้อย ดังนั้นความหนาแน่นของระแหงหินนอกจากจะขึ้นต่อความลาดเอียงของหินฐานแล้ว ยังขึ้นต่อปัจจัยอื่นร่วมด้วย ผลที่ได้จากการทดสอบจึงสอดคล้องกับความบางส่วนตามสมมติฐานของข้อ 2 ที่ว่า "ระแหงหินที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีความลาดเอียงต่างกัน"

2.2 องค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน

จากการศึกษาองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนา (petrography) เพื่อหาลักษณะเนื้อหิน สีของหิน ส่วนประกอบของหิน และชื่อของหิน ได้ผลดังนี้

ตัวอย่าง 1 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 1 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดทรายเนื้อละเอียดเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 90-95 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์ และหินดินดาน รวมทั้งเกล็ดของไมกา มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 25 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 1 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 2 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 3 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดทรายเนื้อละเอียดเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 80-85 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 1-5 เศษหินร้อยละ 5-10 เศษหินเป็นหินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์ หินควอร์ตซีสต์และหินดินดาน มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 26 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 2 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 3 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 5 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดทรายเนื้อละเอียดเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 95-100 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์ หินทรายเนื้อกรวดและหินดินดาน มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 27 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 3 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 4 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 8 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดทรายเนื้อละเอียดเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 70-75 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 10-15 เศษหินร้อยละ 5-10 โดยเศษหินเป็นหินเชิร์ตและหินดินดาน รวมทั้งเกล็ดของไมกา มีเหล็กออกไซด์และคลอไรต์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 28 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 4 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 5 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 9 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดทรายเนื้อละเอียดเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายกลาง (0.25-05 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 85-90 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 1-5 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์ หินควอร์ตซีสต์และหินดินดาน มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือหินทราย ดังรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 29 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 5 ภาคผนวก ก

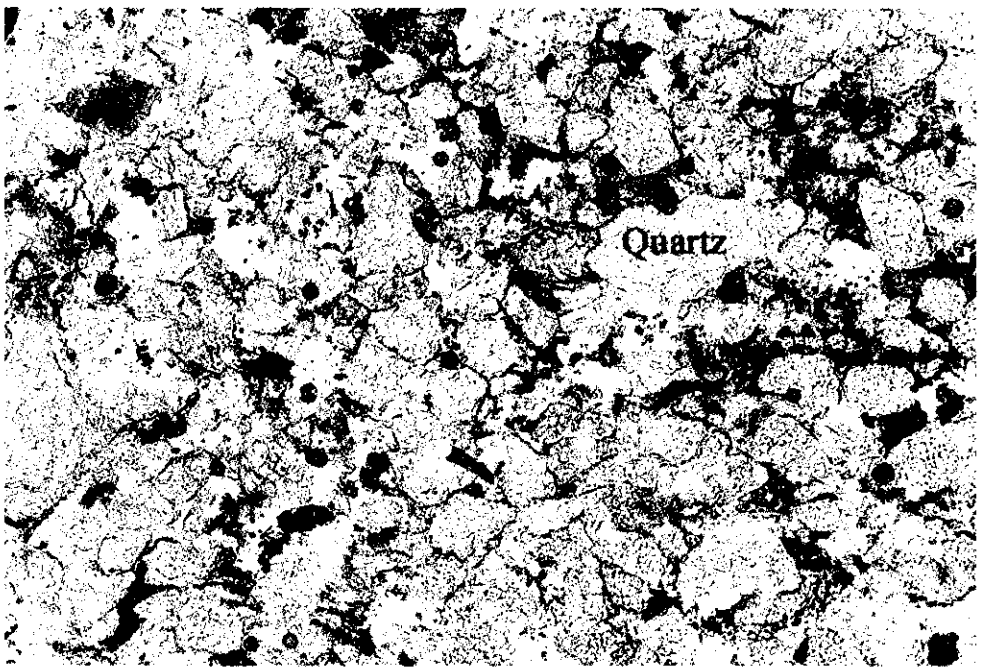
ตัวอย่าง 6 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

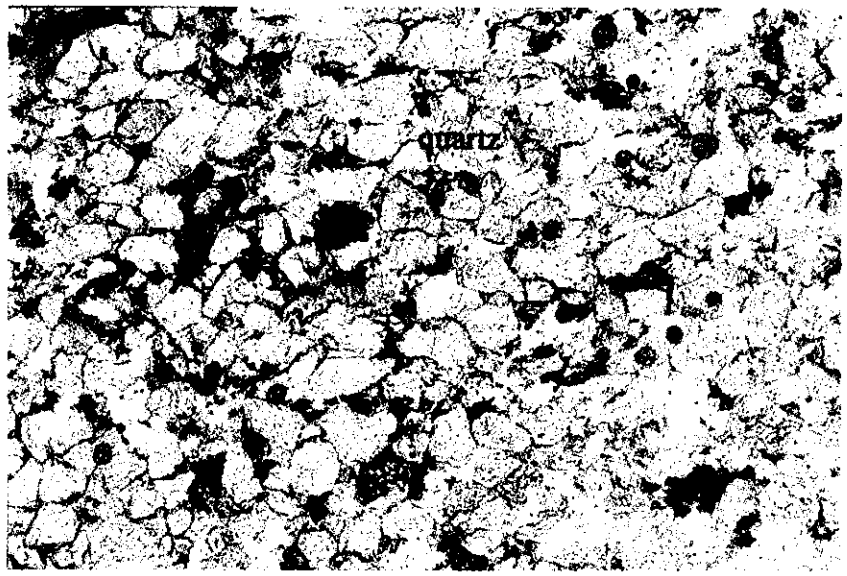
เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดทรายเนื้อละเอียดเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

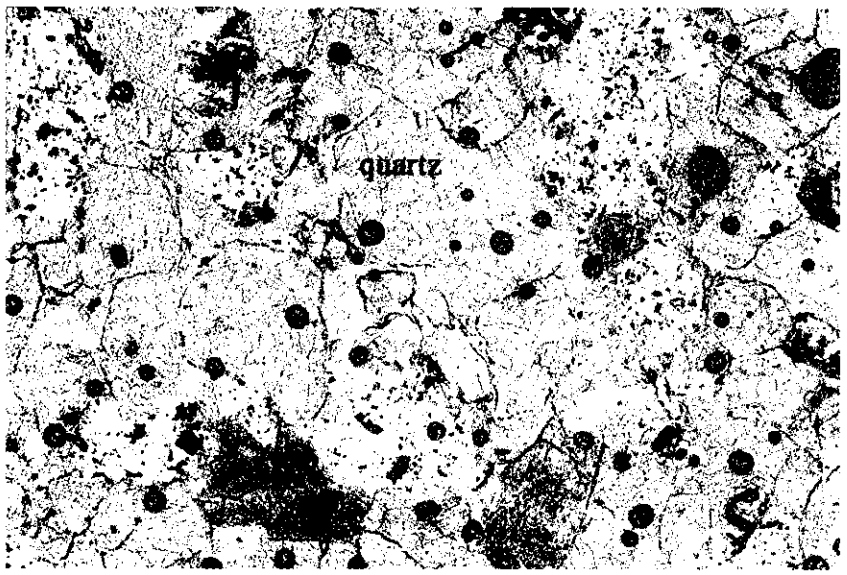
ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ร้อยละ 75-80 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 5-10 เศษหินร้อยละ 5-10 เศษหินเป็นหินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์และหินดินดาน รวมทั้งเกล็ดของไมกา มีเหล็กออกไซด์และคลอไรต์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 30



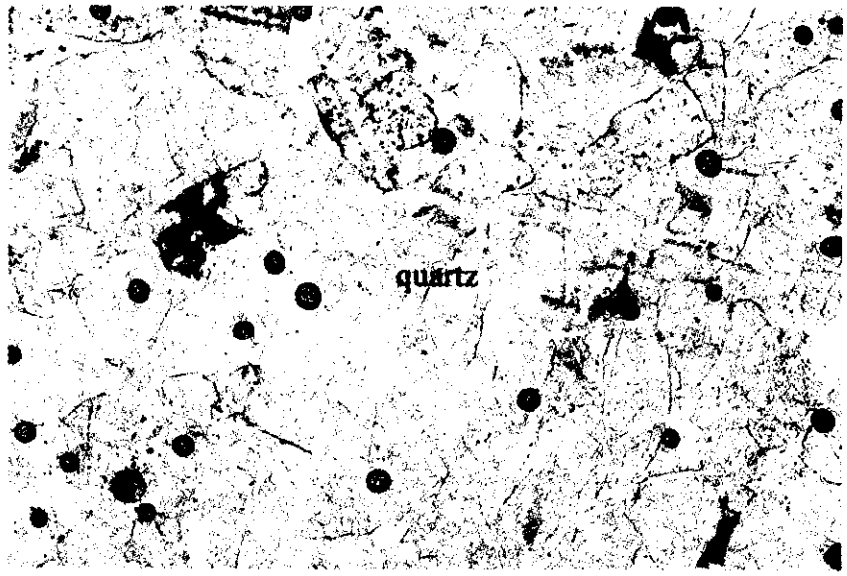
ภาพประกอบ 25 อนุสัณฐานระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



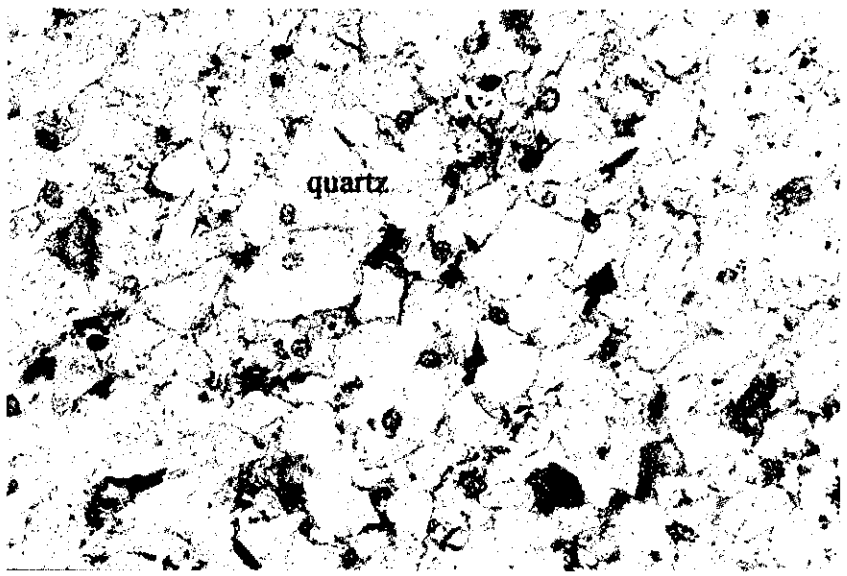
ภาพประกอบ 26 อนุสัณฐานระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



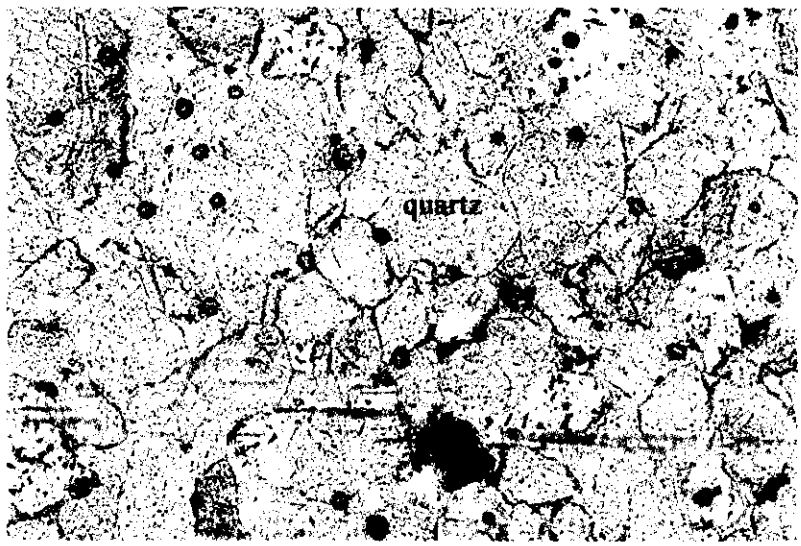
ภาพประกอบ 27 อนุสัณฐานระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



ภาพประกอบ 28 อนุสัณฐานระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



ภาพประกอบ 29 อนุสัณฐานระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



ภาพประกอบ 30 อนุสัณฐานระแหงหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด

จากผลการวิเคราะห์หินทางศิลาวรรณนา ในห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณีดังแสดงข้างต้น ผู้วิจัยจึงเสนอในรูปแบบการสรุปผลอีกครั้งหนึ่ง เพื่อความสะดวกในการศึกษาเปรียบเทียบ ดังตาราง 2 ตาราง 2 แสดงผลการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนาตัวอย่างหินของอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า

จุดเก็บตัวอย่างระแหงหิน	แร่ประกอบหิน (ร้อยละ)			ชื่อหิน
	ควอตซ์	เฟลด์สปาร์	เศษหิน	
จุดที่ 1	90-95	-	1-5	หินทราย
จุดที่ 3	80-85	1-5	5-10	หินทราย
จุดที่ 5	95-100	-	1-5	หินทราย
จุดที่ 8	70-75	10-15	5-10	หินทราย
จุดที่ 9	85-90	1-5	1-5	หินทราย
จุดที่ 10	75-80	5-10	5-10	หินทราย

ผลการวิเคราะห์หินตัวอย่างโดยวิธีศิลาวรรณนา เพื่อหาลักษณะเนื้อหิน สีของหิน ส่วนประกอบของหินและชื่อหิน ของอนุสัณฐานระแหงหินบนภูหินร่องกล้า ดังแสดงข้างต้นและตาม ตาราง 2 จำแนกการอภิปรายได้เป็น 2 ส่วนตามวิธีทางศิลาวรรณนา กล่าวคือ

1. Megascopic character อันเป็นลักษณะภายนอกที่เด่นชัด พบว่า อนุสัณฐานระแหงหินทั้ง 6 ตัวอย่าง เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลืองเหมือนกัน เนื่องจากมีแร่ประกอบหินที่เป็นสารประกอบของเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสานเหมือนกัน มีเนื้อ (grain) เหมือนกันโดยเป็นขนาดทรายเนื้อละเอียดเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากในขั้นการตกตะกอนมีการคัดขนาดดีเหมือนกัน รวมทั้งในพื้นที่เนื้อละเอียดพบเศษหินขนาดทรายกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายแทรกสลับในเนื้อหินทรายเหมือนกัน เพราะเกิดจากการตกตะกอนในบริเวณ ลักษณะ และช่วงเวลาเดียวกัน

2. Microscopic character ที่เป็นลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ พบว่า อนุสัณฐานระแหงหินทั้ง 6 ตัวอย่าง มีลักษณะเนื้อหินเหมือนกันคือ เป็นแบบเนื้อเศษหิน เนื่องจากเป็นหินตะกอนชนิดหินทรายที่ประกอบด้วยเศษหินหรือแร่เดิมซึ่งถูกพามาจากแหล่งกำเนิดอื่น ในช่วงกระบวนการกำเนิดหินตะกอน นอกจากนี้ยังมีเนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลม และมีการคัดขนาดดี เหมือนกันทั้ง 6 ตัวอย่าง เนื่องจากเป็นหินทรายที่มีการตกตะกอนของอนุภาคทรายที่ถูกพัดพามาไกลโดยน้ำจากแหล่งกำเนิด ทำให้มีการขัดสีอนุภาคจึงมีลักษณะค่อนข้างกลม ซึ่งขนาดเม็ดและรูปร่างเม็ดขึ้นต่อตัวการพัดพาก่อนจะมีการสะสม เช่น น้ำไหล ลม เป็นต้น เป็นปัจจัยควบคุมขนาดเม็ดและรูปร่างเม็ด มีการคัดขนาดดี หมายความว่ามีการจัดขนาดออกเป็นพวกๆ ตามขนาด รูปร่างและความถ่วงจำเพาะของตะกอน ในลักษณะการวางชั้นแบบเรียงขนาด (graded bedding) เนื่องจากเป็นการตกตะกอนในบริเวณที่กระแสน้ำไหลปั่นป่วนและจากนั้นจึงค่อยๆ ลดกำลังลง ดังนั้นขนาดใหญ่จึงอยู่ส่วนล่างและขนาดเล็กลงอยู่ส่วนบนของชั้นหินตามลำดับ และผลการวิเคราะห์ระแหงหินทรายโดยวิธีศิลาวรรณนา พบว่า มีเนื้อหินไม่แตกต่างกัน แต่ความบางส่วนตามสมมติฐานกล่าวว่า "ระแหงหินที่มีรูปร่าง ขนาด และความหนาแน่นต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีเนื้อหินต่างกัน" ดังนั้น ผลจึงไม่สอดคล้องตามสมมติฐาน เพราะขึ้นต่อปัจจัยอื่น

แร่ประกอบหิน พบว่า มีแร่ควอตซ์เป็นแร่หลักเหมือนกันทั้ง 6 ตัวอย่าง แต่มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละไม่เท่ากัน ดังตาราง 2 ข้างต้น ตามความส่วนหนึ่งในสมมติฐานข้อ 2 ที่ตั้งไว้ว่า "ระแหงหินที่มีขนาดและความหนาแน่นแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบของหินต่างกัน" เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว ผู้วิจัยจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของระแหงหินกับส่วนประกอบของหิน โดยการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตามวิธีของเพียร์สัน ดังตาราง 4.3 ภาคผนวก ข และได้ผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็น 0.99 ทำให้สรุปผลได้ว่า ขนาดของอนุสัณฐานระแหงหินกับส่วนประกอบของหินคือปริมาณแร่ควอตซ์ มีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับสูงมากและเป็นความ

สัมพันธ์ในทางบวก กล่าวคือเมื่อขนาดอนุสัณฐานระแหงหินใหญ่จะมีส่วนประกอบของแร่ควอตซ์ในปริมาณมาก หรือหากส่วนประกอบของแร่ควอตซ์ในหินน้อยจะมีขนาดอนุสัณฐานระแหงหินเล็กด้วย จึงสอดคล้องกับความบางส่วนตามสมมติฐานข้อ 2 ที่ว่า "ระแหงหินที่มีขนาดต่างกัน เนื่องจากพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบของหินต่างกัน" เหตุที่แร่ควอตซ์มีผลต่อขนาดของอนุสัณฐานระแหงหิน เนื่องจากแร่ควอตซ์มีสมบัติทางฟิสิกส์ คือมีความแข็งตามธรรมชาติสูงถึง 7 ตามสเกลของโมฮ์ส และมีสมบัติทางเคมีไม่หลอมละลายในกระบวนการแร่ทั้งหลายและยังไม่ละลายง่าย (กองเศรษฐกิจและเผยแพร่. 2526: 224) ผลจึงทำให้ระแหงหินที่มีสัดส่วนของแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบปริมาณมาก มีความแข็งแกร่งของโครงสร้างหิน และมีความทนทานต่อปัจจัยทางกายภาพสูง ได้แก่ แสงแดด การกร่อนโดยน้ำฝน น้ำผิวดิน และลม ทำให้เหลือเป็นระแหงหินขนาดใหญ่กว่าระแหงหินที่มีสัดส่วนของแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบปริมาณน้อยกว่า ทั้งนี้อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ระแหงหินทั้ง 6 ตัวอย่างมีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสานเหมือนกัน และอยู่ในสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ทำให้ได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เท่ากัน รวมทั้งถูกกระทำจากน้ำฝนและน้ำผิวดินไม่แตกต่างกัน

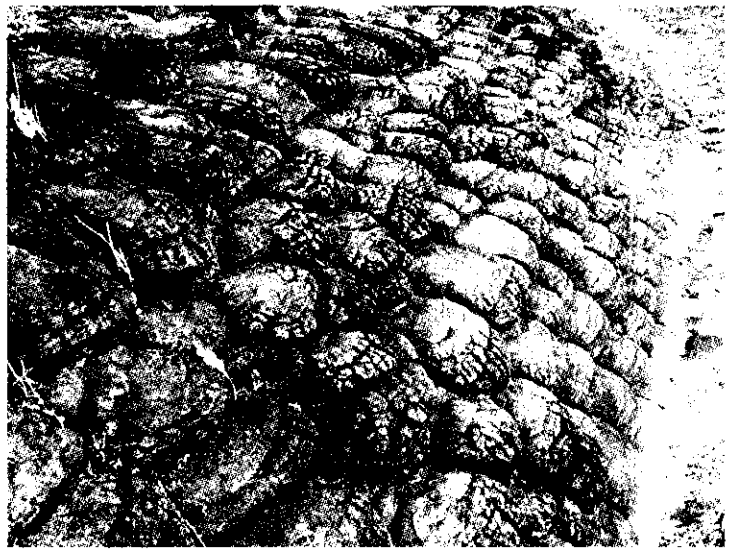
สมมติฐานข้อ 2 ยังกล่าวถึงความหนาแน่นของระแหงหินที่แตกต่างกันว่า น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบของหินต่างกัน ผู้วิจัยจึงคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวิธีของเพียร์สัน ดังตาราง 4.6 ภาคผนวก ข และได้ค่าสหสัมพันธ์ที่ -0.07 จึงสรุปผลได้ว่า ความหนาแน่นของอนุสัณฐานระแหงหินกับส่วนประกอบของหินมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมากและเป็นไปทางลบ กล่าวคือหากระแหงหินมีความหนาแน่นมากจะมีสัดส่วนแร่ประกอบหินคือแร่ควอตซ์ปริมาณน้อย หรือหากมีความหนาแน่นของระแหงหินน้อยจะมีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ปริมาณมาก ดังนั้นจึงไม่สอดคล้องตามสมมติฐานข้างต้น

ตาราง 3 แสดงผลการวิเคราะห์เคมีของอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า

จุดเก็บตัวอย่าง	แร่ประกอบหิน (ร้อยละ)						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	LOI	H_2O
ส่วนบน	96.64	1.63	0.42	‹ 0.1	‹ 0.1	0.48	0.39
ส่วนล่าง	88.42	5.80	1.48	0.28	‹ 0.1	1.84	0.64

ตาราง 3 เป็นผลการวิเคราะห์เคมีที่คำนวณเป็นค่าร้อยละของแร่ประกอบหิน ซึ่งได้จากการนำตัวอย่างอนุสัณฐานระแหงหินที่ลานอเนกประสงค์จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 จำนวน 2 ตัวอย่าง โดยเก็บจากตำแหน่งผิวหิน 1 ตัวอย่าง และอีกตัวอย่างเก็บจากตำแหน่งเดียวกันแต่ลึกลงไปด้านล่างจากผิวหิน และนำไปวิเคราะห์เคมีเพื่อหาส่วนประกอบของหินในห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณี พบว่าตัวอย่างระแหงหินจากส่วนบนมีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ร้อยละ 96.64 อะลูมินาร้อยละ 1.63 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 0.42 แมกนีเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 แคลเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 มีส่วนที่หายไปหลังการเผาร้อยละ 0.48 และมีความชื้นร้อยละ 0.39 ส่วนตัวอย่างหินจากตำแหน่งตรงกันแต่อยู่ด้านล่าง มีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ร้อยละ 88.42 อะลูมินาร้อยละ 5.80 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 1.48 แมกนีเซียมออกไซด์ร้อยละ 0.28 แคลเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 มีส่วนที่หายไปหลังการเผาร้อยละ 1.84 และมีความชื้นร้อยละ 0.64 ดังภาพประกอบ 17 และ 18 ภาคผนวก ก

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นว่าหินที่เก็บจากผิวด้านบนของหินฐานและหินจากด้านล่างของหินฐานลึกลงไปที่ตำแหน่งเดียวกัน มีสัดส่วนของแร่ประกอบหินแตกต่างกัน ทั้งแร่ควอตซ์ อะลูมินา เหล็กออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ รวมถึงความชื้น แสดงให้เห็นว่ามีกระบวนการชะซึมของแร่ประกอบหินในรูปของสารละลายในทางลึกจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง และในหินฐานเดียวกันแต่ต่างระดับจะมีสัดส่วนแร่ประกอบหินต่างกัน และความแตกต่างนี้มีผลต่อการก่อรูปอนุสัณฐานระแหงหิน โดยในแต่ละชั้นที่มีส่วนประกอบของแร่ต่างกัน จะมีผลต่อการแตกระแหงของผิวหินที่ต่างกัน ซึ่งเห็นได้ชัดที่ระแหงหินจากจุดสำรวจที่ 8 เปรียบเทียบกับจุดสำรวจอื่นที่อยู่ในแนวระดับ ดังภาพประกอบ 31 อย่างไรก็ดี การนำหินตะกอนโดยเฉพาะหินทรายมาวิเคราะห์เคมีเพื่อหาองค์ประกอบหิน มีข้อจำกัดที่อาจได้รับผลคลาดเคลื่อนได้มาก เนื่องจากหินทรายมีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด บางครั้งการนำตัวอย่างมาทำการบดและชักตัวอย่างจึงอาจได้เศษหินที่เป็นหินเชิร์ต หินดินดาน ไมกาหรือเศษหินชนิดอื่นมาก จนเป็นเหตุทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ไม่สมบูรณ์



ภาพประกอบ 31 แสดงขนาดของอนุสัณฐานระแหงหินในแต่ละระดับทางลึกที่มีขนาดต่างกัน และผลจากการพิสูจน์ทำให้ทราบว่าขนาดระแหงหินที่ต่างกันขึ้นต่อแร่ประกอบหินฐาน และในหินฐานแต่ละระดับทางลึกจะมีสัดส่วนของแร่ประกอบหินต่างกัน

3. ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานปุ่มหิน

3.1 ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานปุ่มหิน

ปุ่มหิน เป็นอนุสัณฐานหินทรายแบบรูปหนึ่งที่มีปรากฏเด่น กระจายตัวอย่างกว้างขวางบนภูหินร่องกล้า เช่นเดียวกับอนุสัณฐานระแหงหิน ดังกล่าวแล้ว อนุสัณฐานปุ่มหินเป็นแท่งหินเล็กขนาดต่างๆ ที่พัฒนาตัวเองบนผิวหน้าของหินฐานขนาดใหญ่ด้วยกระบวนการธรณีสัณฐาน จากการศึกษาในภาคสนาม พบว่า อนุสัณฐานปุ่มหินที่พบจำแนกตามรูปแบบที่ปรากฏได้ 2 รูปแบบ รูปแบบแรกเป็นปุ่มหินยอดมนที่วางตัวอยู่บนหินฐานขนาดใหญ่ในลักษณะเป็นแถวหรือเรียงเป็นแนวตรงกระจายคลุมอยู่บนผิวของแผ่นหินฐาน และเป็นรูปแบบที่พบมากที่สุดบนภูหินร่องกล้า ทั้งที่ลานหินปุ่มและที่ลานหินแตก ดังภาพประกอบ 32 รูปแบบนี้ช่วงเริ่มต้นถูกแบ่งแยกด้วยระบบการแตกร้าว (joint system) จากแรงเค้นของหิน ซึ่งเป็นแรงอัดตามแนวระนาบสองข้าง ทำให้แผ่นหินที่มีขนาดใหญ่ถูกแบ่งซอยออกเป็นบล็อกๆ ตามผิวหน้า จากนั้นมีกระบวนการภายนอก คือการผุพังอยู่กับที่และการกร่อนเข้ามาปรับแต่ง ได้แก่ น้ำฝนและน้ำผิวดินจะเซาะให้หินกร่อนลงในทางลึกพร้อมกับด้านข้าง ทำให้เนื้อหินตามแนวรอยแตกร้าวเดิมหลุดหายไปคงเหลือเป็นแท่งๆ เฉพาะบริเวณส่วนกลาง แต่การผุพังอยู่กับที่และการกร่อนดังกล่าวไม่รุนแรงถึงกับทำให้ปุ่มหินซึ่งแต่เดิมเป็นบล็อกๆ ต้องหลุดออกไปทั้งปุ่มหรือหลายปุ่ม จึงคงความเป็นแถวหรือยังรักษารูปแนวเดิมเอาไว้ได้

ภาพประกอบ 32 อนุสัณฐานปุ่มหินรูปแบบที่มีลักษณะเป็นแนวตรง รูปแบบนี้พบโดยทั่วไป บริเวณลานหินปุ่ม และพบบ้างบางแห่งที่ลานหินแตก

ภาพประกอบ 33 อนุสัณฐานปุ่มหิน รูปแบบที่มีลักษณะเป็นกลุ่มๆ พบน้อยกว่ารูปแบบแรก

รูปแบบที่สอง มีลักษณะเป็นปุ่มหินยอดมนกระจุกตัวอยู่เป็นกลุ่มๆ บนผิวของหินฐานขนาดใหญ่ กลุ่มละ 2 ปุ่มบ้าง 3 ปุ่มบ้าง หรือมากกว่าบ้าง รูปแบบนี้มีลักษณะการเกิดทำนองเดียวกับรูปแบบแรก แต่สิ่งที่แตกต่างคือ รูปแบบที่สองมีปุ่มหินหนึ่งปุ่มหรือหลายปุ่มในแนวหรือแถวเดียวกัน

ภาพประกอบ 35 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ลักษณะโดยรวมจาก 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 21.1 เซนติเมตร ความสูงจากฐานถึงยอดเฉลี่ย 15 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 11.9 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 3 ปุ่มต่อตารางเมตร

ภาพประกอบ 36 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ลักษณะโดยรวมจาก 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 21.7 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 16.9 เซนติเมตร ความลาดเอียงเฉลี่ย 11.9 องศา และความหนาแน่นเฉลี่ย 3 ปุ่มต่อตารางเมตร

ภาพประกอบ 37 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ลักษณะโดยรวมจากทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 24 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 17 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 3 ปุ่มต่อตารางเมตร และความลาดเอียงเฉลี่ย 10.5 องศา

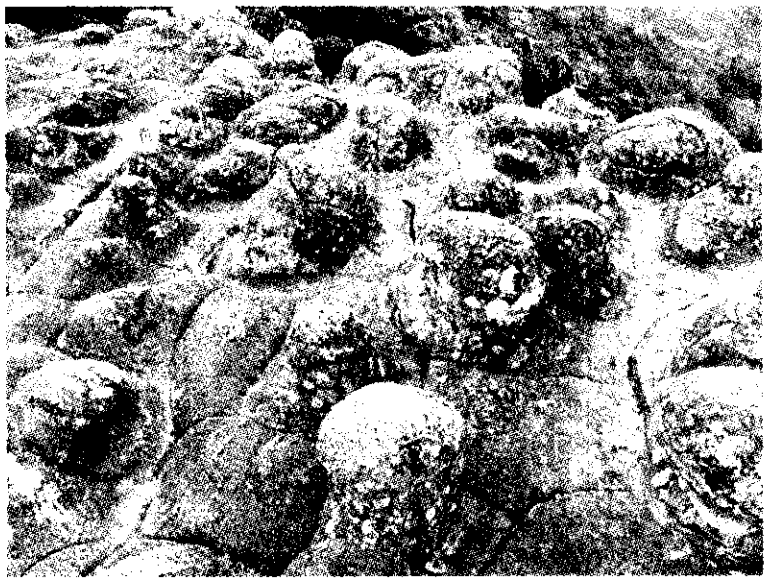
ภาพประกอบ 38 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ลักษณะโดยรวมจากทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 16.1 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 20.8 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 5 ปุ่มต่อตารางเมตร และความลาดเอียงเฉลี่ย 24.9 องศา

ภาพประกอบ 39 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ลักษณะโดยรวมจากทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 16 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 18.5 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 5 ปุ่มต่อตารางเมตร และความลาดเอียงเฉลี่ย 22.7 องศา

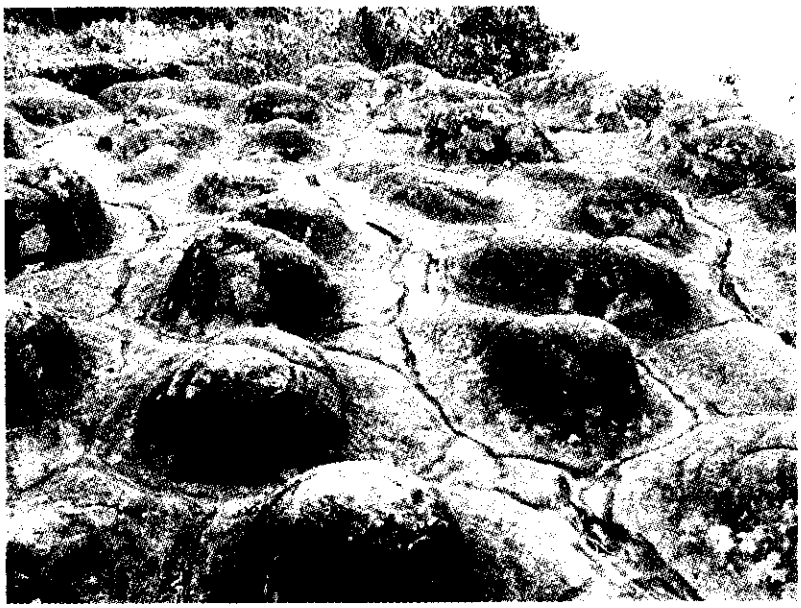
ภาพประกอบ 40 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ลักษณะโดยรวมจากทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 25.7 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 33.8 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 2 ปุ่มต่อตารางเมตร และความลาดเอียงเฉลี่ย 11.3 องศา

ภาพประกอบ 41 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ลักษณะโดยรวมจากทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 26.2 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 29.1 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 2 ปุ่มต่อตารางเมตร และความลาดเอียงเฉลี่ย 9.6 องศา

ภาพประกอบ 42 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ลักษณะโดยรวมจากทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 30.5 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 35.1 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 2 ปุ่มต่อตารางเมตร และความลาดเอียงเฉลี่ย 9.6 องศา



ภาพประกอบ 43 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ลักษณะโดยรวมจากทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 27.5 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 19.2 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 2 ปุ่มต่อตารางเมตร และความลาดเอียงเฉลี่ย10.5 องศา



ภาพประกอบ 44 อนุสัณฐานปุ่มหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 ลักษณะโดยรวมจากทั้ง 10 ตารางเมตร มีรูปร่างเป็นแท่งยอดมน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 23.9 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 19.2 เซนติเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ย 2 ปุ่มต่อตารางเมตร และความลาดเอียงเฉลี่ย 9.6 องศา

ผลการศึกษาในภาคสนามโดยการตรวจวัดตัวอย่างอนุสัณฐานปุ่มหินบนภูหินร่องกล้า ทำให้ได้ข้อมูลลักษณะธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานปุ่มหิน ดังตาราง 1 และ 1.1 ภาคผนวก ข ธรณีสัณฐานที่พบจากการตรวจวัด มีดังนี้

3.1.1 รูปร่างของปุ่มหิน

วิธีการศึกษารูปร่างปุ่มหิน ใช้การสังเกตรูปทรงสัณฐานที่ปรากฏของแต่ละปุ่มหิน ที่บริเวณลานหินปุ่ม พบว่า อนุสัณฐานปุ่มหินมีรูปร่างเป็นแบบแท่งและมียอดมน

3.1.2 ขนาดของปุ่มหิน

ขนาดของปุ่มหิน ใช้การตรวจวัดจากความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางยาวที่สุดของปุ่มหินกับความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยที่สุด และหาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อใช้เป็นตัวแทนของปุ่มหิน ผลการตรวจวัด พบว่า อนุสัณฐานปุ่มหินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยยาวที่สุด 27.4 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยสั้นที่สุด 19.3 เซนติเมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 23.3 เซนติเมตร

3.1.3 ความสูงของปุ่มหิน

ความสูงของปุ่มหิน ตรวจวัดจากฐานของปุ่มหินที่ติดอยู่กับผิวนอกของหินฐานใหญ่ไปโดยตลอดจนถึงจุดยอดของปุ่มหิน พบว่า ปุ่มหินมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 35.1 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด 15.3 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 20.9 เซนติเมตร

3.1.4 ความหนาแน่นของปุ่มหิน

ความหนาแน่นของปุ่มหิน ตรวจนับจากจำนวนปุ่มหินที่ปรากฏใน 1 ตารางเมตร พบว่า ปุ่มหินมีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุด 5 ปุ่มต่อตารางเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ยน้อยที่สุด 2 ปุ่มต่อตารางเมตร และความหนาแน่นเฉลี่ย 2 ปุ่มต่อตารางเมตร

3.1.5 ความลาดเอียงของปุ่มหิน

ความลาดเอียงของปุ่มหิน ตรวจวัดจากมุมของปุ่มหินว่าเอียงไปจากแนวระนาบเท่าใด พบว่า ปุ่มหินมีความลาดเอียงเฉลี่ยมากที่สุด 24.9 องศา ความลาดเอียงเฉลี่ยน้อยสุด 9.6 องศา และความลาดเอียงเฉลี่ย 13 องศา

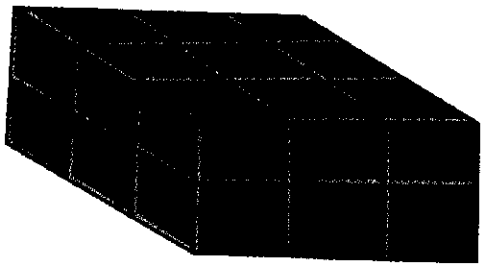
ผลการศึกษาธรณีสัณฐานปุ่มหินทรายบริเวณลานหินปุ่ม บนภูหินร่องกล้า พบว่า รูปร่างปุ่มหินทั้งหมดมีลักษณะเป็นแบบแท่งและมีส่วนยอดมน โดยมีปัจจัยที่ทำให้ปุ่มหินปรากฏรูปร่างดังกล่าว 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกเกิดจากกระบวนการธรณีสัณฐาน ประกอบด้วย 1) แรงบีบอัดตามแนวระนาบสองข้างของหินฐาน ทำให้เกิดรอยแยก (joint) ของหินเป็นบล็อกๆ ซึ่งปรากฏกระจายเป็นบริเวณกว้างอยู่ทั่วไปบนผิวของหินฐาน เรียกว่า ระบบรอยแยก (joint system) 2) การผุพังอยู่กับที่จากตัวการที่เป็นแสงแดดและการกร่อนด้วยตัวการที่เป็นน้ำฝนและน้ำผิวดิน ทำให้ขยายบล็อกหินในทางลึกและด้านกว้าง และเนื้อหินตามแนวรอยแยกถูกทำลายให้หลุดออกไป ทำให้เกิดการพัฒนาแท่งหินขึ้นจากบล็อกหินเดิม ปัจจัยที่สองคือโครงสร้างหินได้แก่ การจัดรูปของหินทรายและแร่ประกอบหินที่ประกอบด้วยแร่ต่างชนิด

กัน เมื่อได้รับความร้อนจากแสงแดดเวลากลางวันและความเย็นในเวลากลางคืน จึงเกิดการหดตัวและขยายตัวต่างกัน ทำให้เกิดการแตกออกเป็นเม็ดๆ ในลักษณะถดถอยเข้าหาศูนย์กลางตัวหินเอง จนกระทั่งปรับแต่งขัดเกลาเป็นรูปทรงแท่งหินและมียอดมน ดังภาพประกอบ 45

ขนาดของอนุสัณฐานปุ่มหิน จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 10 กลุ่ม พบว่า มีขนาดความยาวแตกต่างกัน โดยในบริเวณเดียวกันมีความแตกต่างกันไม่มาก ส่วนต่างบริเวณจะมีความแตกต่างกันมากกว่า และพบว่า ปุ่มหินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 23.3 เซนติเมตร ดังกล่าวแล้ว ตามสมมติฐานข้อ 3 ที่ตั้งไว้ว่า "ปุ่มหินที่มีรูปร่าง ขนาด และความหนาแน่นแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบเนื้อหิน และความลาดเอียงต่างกัน" เพื่อทดสอบสมมติฐานข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้คำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของปุ่มหินกับความลาดเอียงของหิน ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวิธีของเพียร์สัน ดังตาราง 4.5 ภาคผนวก ข และพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.20 สรุปได้ว่า ขนาดของอนุสัณฐานปุ่มหินกับความลาดเอียงของปุ่มหินมีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับต่ำและเป็นทางบวก กล่าวคือ ปุ่มหินที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากจะมีความลาดเอียงมาก หรือปุ่มหินที่มีขนาดเล็กจะมีความลาดเอียงน้อย ดังนั้นขนาดของปุ่มหินที่แตกต่างกันจึงขึ้นต่อปัจจัยอื่น ทำให้ไม่สอดคล้องตามสมมติฐานบางส่วนของข้อ 3 ที่ว่า "ปุ่มหินที่มีขนาดต่างกันน่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีความลาดเอียงต่างกัน

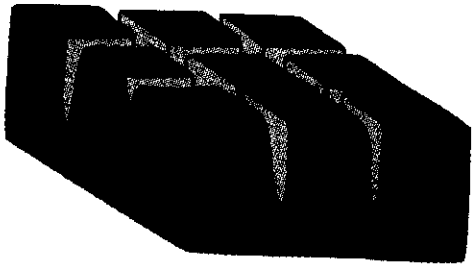
ความหนาแน่นของอนุสัณฐานปุ่มหินที่ได้จากการตรวจวัดในภาคสนามทั้ง 10 กลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีความหนาแน่นแตกต่างกัน และมีความหนาแน่นเฉลี่ย 2 ปุ่มต่อตารางเมตร จากสมมติฐานในข้อ 3 บางส่วนที่ว่า "ปุ่มหินที่มีความหนาแน่นแตกต่างกันน่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีความลาดเอียงต่างกัน" เพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว จึงคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวิธีของเพียร์สันระหว่างความหนาแน่นปุ่มหินกับความลาดเอียงของหิน ดังตาราง 4.6 ภาคผนวก ข และได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ - 0.30 และสรุปผลได้ว่า ความหนาแน่นของปุ่มหินกับความลาดเอียงของหินมีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับต่ำ และเป็นไปในทางลบ กล่าวคือ หากปุ่มหินมีความหนาแน่นมากจะมีความลาดเอียงของหินน้อย หรือหากมีความลาดเอียงของหินมากจะมีความหนาแน่นของปุ่มหินน้อย จึงไม่สอดคล้องตามสมมติฐาน ดังนั้นความหนาแน่นของปุ่มหินที่แตกต่างกันจึงขึ้นต่อปัจจัยอื่น

1.



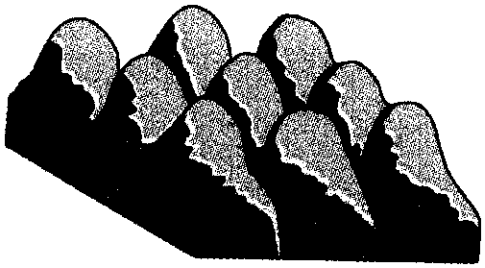
แผ่นหินในสภาพปกติ

2.



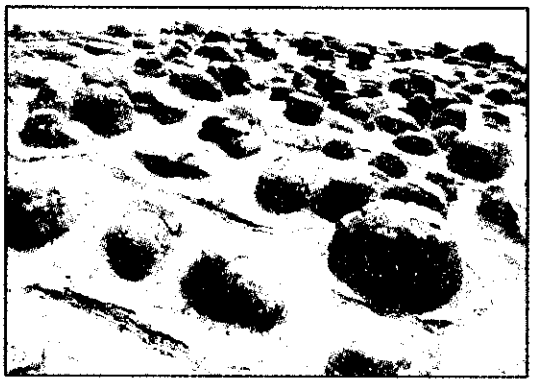
แผ่นหินแตกเป็นบล็อกหิน

3.



พัฒนาเป็นปุ่มหิน

4.



ปุ่มหิน

ภาพประกอบ 45 แสดงแบบจำลองการอุบัติและวิวัฒน์ของอนุสัณฐานปุ่มหินบนภูหินร่องกล้า

3.2 **องค์ประกอบหินของอนุสัณฐานปุ่มหิน**

จากการศึกษาองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก 6 ตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนา เพื่อหาลักษณะเนื้อหิน สีของหิน ส่วนประกอบของหิน และชื่อของหิน ได้ผลดังนี้

ตัวอย่าง 1 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 2 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายกลางเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลมถึงเหลี่ยม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 75-80 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 5-10 เศษหินร้อยละ 5-10 เศษหินเป็นหินเชิร์ตและหินดินดาน มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 46 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 6 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 2 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 3 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายกลางเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลมถึงเหลี่ยม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 85-90 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 1-5 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินเชิร์ตและไมกา มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทรายดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 47 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 7 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 3 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 4 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายกลางเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลมถึงเหลี่ยม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 70-75 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 5-10 เศษหินร้อยละ 10-15 เศษหินเป็นหินเชิร์ต และไมกา มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 48 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 8 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 4 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 6 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายกลางเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 90-95 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินเชิร์ตและไมกา มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 49 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 9 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 5 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 8 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายกลางเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 95-100 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินเชิร์ต หินควอร์ตไซต์และไมกา มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 50 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 10 ภาคผนวก ก

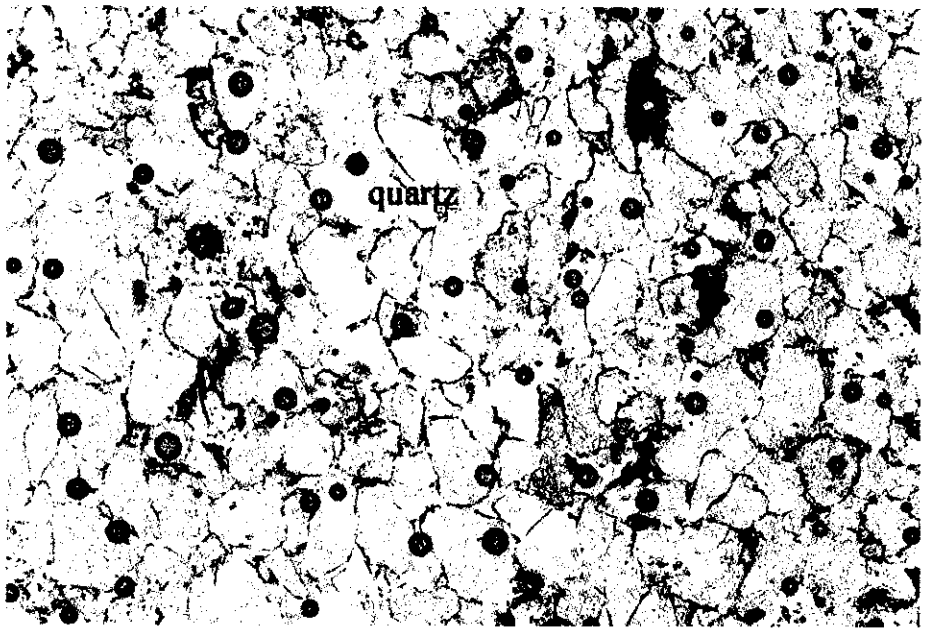
ตัวอย่าง 6 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

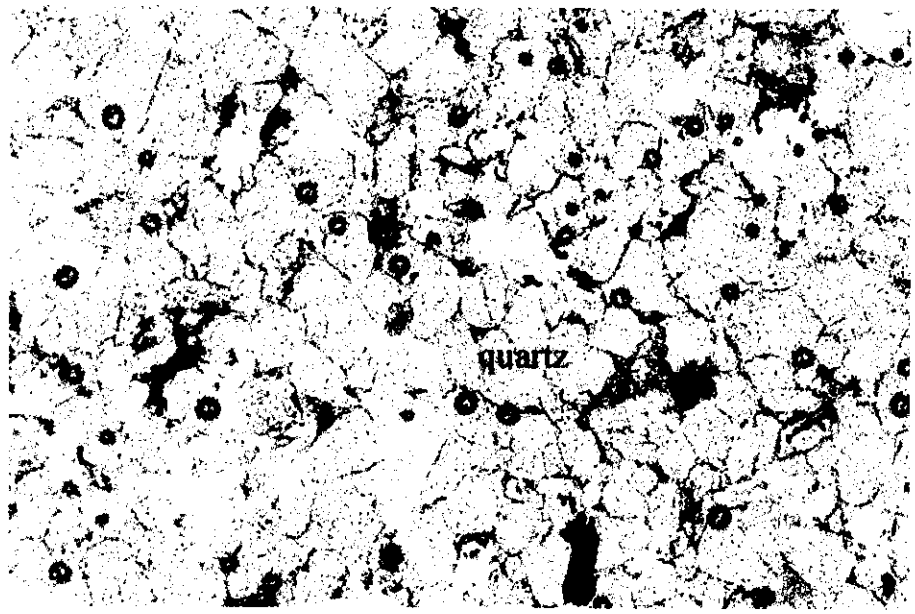
เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายกลางเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

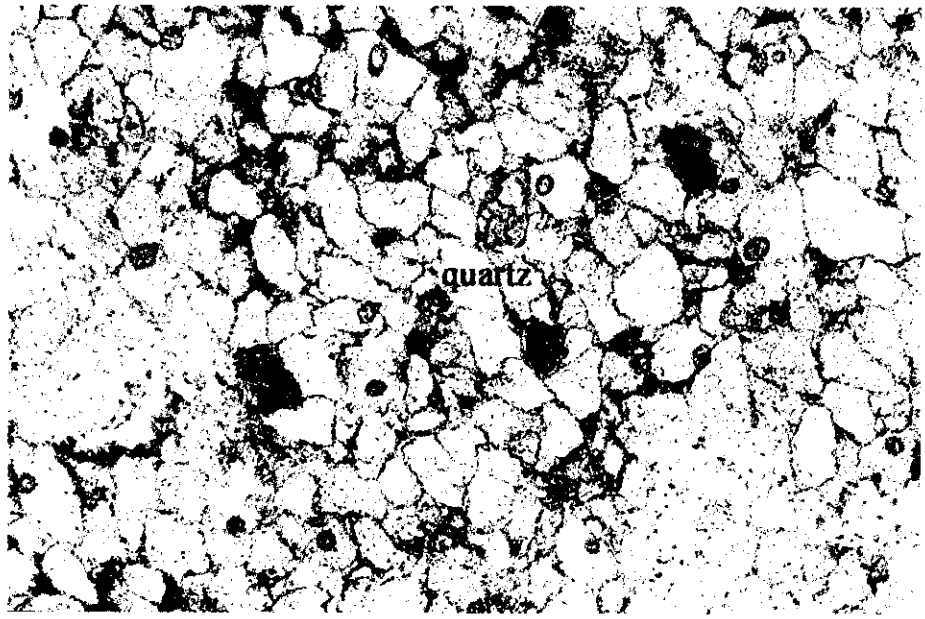
ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อทรายขนาดกลาง (0.25-0.5 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลมถึงเหลี่ยม การคัดขนาดดี แร่หลักประกอบด้วย ควอตซ์ ร้อยละ 80-85 เฟลด์สปาร์ร้อยละ 1-5 เศษหินร้อยละ 5-10 เศษหินเป็นหินเชิร์ตและไมกา มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 51 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 11 ภาคผนวก ก



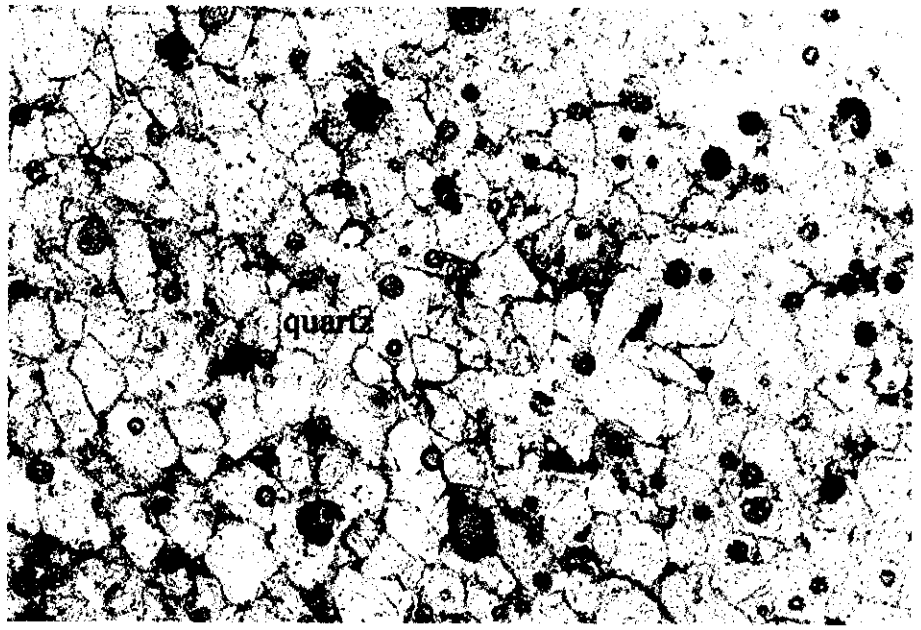
ภาพประกอบ 46 อนุสัณฐานปุ่มหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



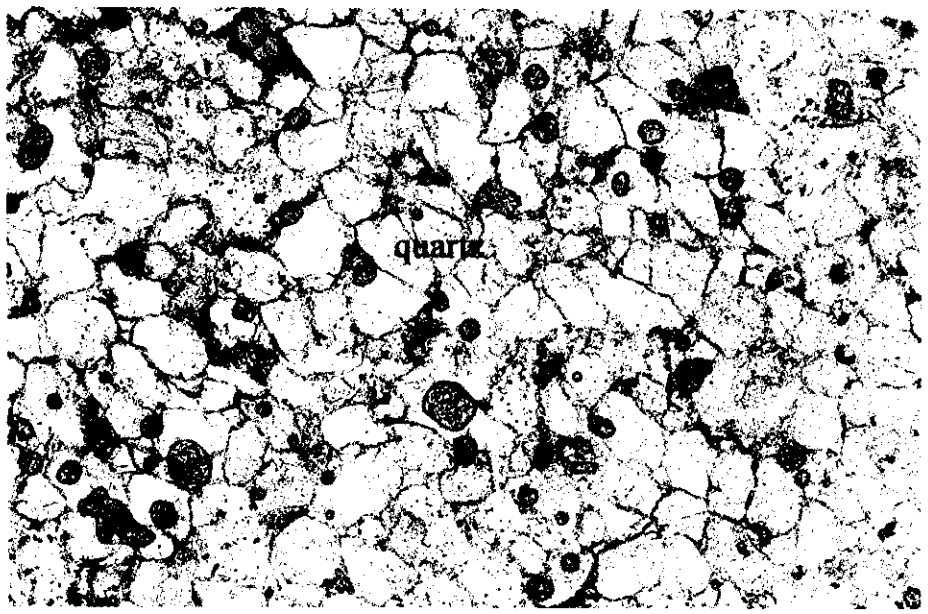
ภาพประกอบ 47 อนุสัณฐานปุ่มหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



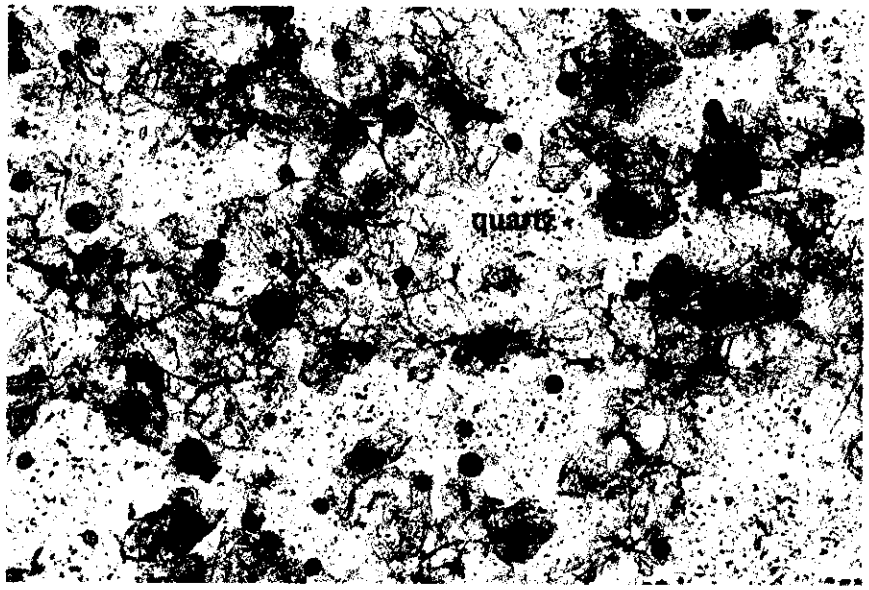
ภาพประกอบ 48 อนุสัณฐานปุ่มหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



ภาพประกอบ 49 อนุสัณฐานปุ่มหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลา-ไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



ภาพประกอบ 50 อนุสัณฐานปุ่มหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลา-ไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



ภาพประกอบ 51 อนุสัณฐานปุ่มหิน จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างหินทางศิลาวรรณนาของปุ่มหิน ในห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณีดังแสดงข้างต้น ผู้วิจัยจึงเสนอในรูปแบบการสรุปผลเพื่อความสะดวกในการศึกษาเปรียบเทียบ ดังตาราง 4

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนาของอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	แร่ประกอบหิน (ร้อยละ)			ชื่อหิน
	ควอตซ์	เฟลด์สปาร์	เศษหิน	
จุดที่ 2	75-80	5-10	5-10	หินทราย
จุดที่ 3	85-90	1-5	1-5	หินทราย
จุดที่ 4	70-75	5-10	10-15	หินทราย
จุดที่ 6	90-95	-	1-5	หินทราย
จุดที่ 8	95-100	-	1-5	หินทราย
จุดที่ 10	80-85	1-5	5-10	หินทราย

ผลการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา เพื่อหาลักษณะเนื้อหิน สีของหิน ส่วนประกอบของหิน และชื่อหินของอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า ดังรายละเอียดข้างต้นและตามตาราง 4 จำแนกการอภิปรายได้ 2 ส่วนตามวิธีทางศิลาวรรณนา ได้แก่

1. Megascopic character อันเป็นลักษณะภายนอกที่เด่นชัด พบว่า อนุสัณฐานปุ่มหินทั้ง 6 ตัวอย่างจาก 6 บริเวณที่สุ่มตัวอย่าง เป็นหินทรายสีน้ำตาลแดงแกมเหลืองเหมือนกัน เนื่องจากมีสารประกอบของเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสานในโครงสร้างหินเหมือนกัน มีเนื้อเหมือนกันและขนาดเม็ดเท่ากัน กล่าวคือมีขนาดเนื้อทรายกลางเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากในขั้นตอนของการตกตะกอนมีการคัดขนาดดีเหมือนกัน และในพื้นที่เนื้อละเอียดยังพบเศษหินขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) แทรกสลับกระจัดกระจายอยู่ในเนื้อหินทรายเหมือนกัน เพราะเกิดจากการตกตะกอนในบริเวณ ลักษณะ และช่วงเวลาเดียวกัน

2. Microscopic character ที่เป็นลักษณะปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ พบว่าอนุสัณฐานปุ่มหินทั้ง 6 ตัวอย่างมีลักษณะเนื้อหินเหมือนกันในลักษณะเนื้อเศษหิน เนื่องจากเป็นหินตะกอนชนิดหินทรายที่ประกอบด้วยเศษหินหรือแร่เดิมซึ่งถูกพามาจากแหล่งกำเนิด ในช่วงของกระบวนการกำเนิดหินตะกอน

แร่ประกอบหินของอนุสัณฐานปุ่มหินทรายที่วิเคราะห์ทั้ง 6 ตัวอย่าง พบว่า มีแร่ควอตซ์เป็นแร่หลักเหมือนกัน แต่ต่างกันที่สัดส่วนขององค์ประกอบ ดังตาราง 4 ข้างต้น การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานข้อ 3 ไว้ว่า "ปุ่มหินที่มีรูปร่าง ขนาด และความหนาแน่นแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบ เนื้อหิน และความลาดเอียงต่างกัน" และเพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐานบางส่วนดังกล่าว จึงหาความสัมพันธ์ของขนาดปุ่มหินกับแร่ประกอบหินโดยใช้ควอตซ์เป็นตัวแทน เนื่องจากเป็นแร่ประกอบหลักในสัดส่วนที่สูงมาก ตามวิธีของเพียร์สันเพื่อหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังตาราง 4.7 ภาคผนวก ข และได้ผลการคำนวณเท่ากับ 0.94 สรุปผลได้ว่า ความสัมพันธ์ของขนาดอนุสัณฐานปุ่มหินกับแร่ประกอบหินมีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับสูงมาก และเป็นความสัมพันธ์ในทางบวก กล่าวคือหากปุ่มหินมีขนาดใหญ่จะมีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ในปริมาณมาก หรือหากส่วนประกอบของแร่ควอตซ์มีปริมาณน้อยปุ่มหินจะมีขนาดเล็ก จึงสอดคล้องตามสมมติฐานข้อ 3 บางส่วนที่ว่า "ปุ่มหินที่มีขนาดต่างกันเนื่องจากพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบของหินต่างกัน" แร่ควอตซ์เป็นแร่ประกอบหินที่สำคัญ เช่น ในหินทราย หินแกรนิตและหินควอร์ตไซต์ มีความแข็ง 7 ทำให้ขูดกระจกเป็นรอย ส่วนสมบัติเคมีจะไม่หลอมละลายในกระบวนการแร่ และยังยากต่อการละลาย (ราชบัณฑิตยสถาน. 2544: 248) ดังนั้น เหตุที่อนุสัณฐานปุ่มหินทรายที่มีสัดส่วนของแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบหินปริมาณมากทำให้หินมีความคงทนต่อกระบวนการผุพังอยู่กับที่และการกร่อนมากกว่าปุ่มหินที่มีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ปริมาณน้อยกว่า ทั้งนี้วิเคราะห์จากเงื่อนไขเดียวกันคือปุ่มหินทั้ง 6 ปุ่มมีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุ

ประสานเหมือนกัน มีเนื้อหินไม่แตกต่างกัน และอยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมเดียวกัน ทำให้ได้รับผลจากกระบวนการภายนอกไม่แตกต่างกัน

สมมติฐานข้อ 2 ยังกล่าวถึงความหนาแน่นของปุ่มหินที่แตกต่างกันว่า น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบของหินต่างกัน ผู้วิจัยจึงหาค่าความสัมพันธ์ดังกล่าว โดยใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามวิธีของเพียร์สัน ดังตาราง 4.8 ภาคผนวก ข และได้ค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.20 สรุปผลได้ว่า ความหนาแน่นของปุ่มหินกับส่วนประกอบของแร่ควอตซ์มีความสัมพันธ์ต่อกันน้อยมาก และเป็นความสัมพันธ์ในทางลบ กล่าวคือหากความหนาแน่นปุ่มหินมากจะมีแร่ควอตซ์ในปุ่มหินปริมาณน้อย หรือหากแร่ควอตซ์ในปุ่มหินน้อยจะมีความหนาแน่นของปุ่มหินปริมาณมาก จึงไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 3 บางส่วนที่ตั้งไว้ว่า "ปุ่มหินที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน น่าจะพัฒนาบนหินฐานที่มีส่วนประกอบของหินต่างกัน"

ตาราง 5 แสดงผลการวิเคราะห์เคมีของตัวอย่างหินฐานอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า

จุดเก็บตัวอย่าง	แร่ประกอบหิน (ร้อยละ)						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	LOI	H_2O
ส่วนบน	97.54	0.47	0.82	< 0.1	< 0.1	0.31	0.36
ส่วนล่าง	96.51	1.23	0.86	< 0.1	< 0.1	0.49	0.35

จากตาราง 5 เป็นค่าร้อยละของแร่ประกอบหิน ซึ่งได้จากการนำตัวอย่างอนุสัณฐานปุ่มหินที่ลานหินปุ่มจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 จำนวน 2 ตัวอย่าง ที่เก็บจากตำแหน่งผิวหิน 1 ตัวอย่าง และเก็บจากตำแหน่งเดียวกันแต่ลึกลงไปจากผิวหิน 1 ตัวอย่าง โดยนำไปวิเคราะห์เคมีเพื่อหาส่วนประกอบของหินในห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณี พบว่า ตัวอย่างปุ่มหินจากส่วนบน มีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ร้อยละ 97.54 อะลูมินาร้อยละ 0.47 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 0.82 แมกนีเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 แคลเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 มีส่วนที่หายไปหลังการเผาร้อยละ 0.31 และมีความชื้นร้อยละ 0.36 ส่วนตัวอย่างหินจากตำแหน่งตรงกันแต่อยู่ด้านล่าง มีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ร้อยละ 96.51 อะลูมินาร้อยละ 1.23 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 0.86 แมกนีเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 แคลเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 มีส่วนที่หายไปหลังการเผาร้อยละ 0.49 และมีความชื้นร้อยละ 0.35 ดังภาพประกอบ 19, 20 ภาคผนวก ก

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์เคมี จะเห็นได้ว่าหินฐานด้านบนและด้านล่างมีสัดส่วนแร่ประกอบหินแตกต่างกัน เนื่องจากมีการชะซึมของแร่ในรูปสารละลายในทางลึก เหตุดังกล่าวทำให้มีการพัฒนารูปร่างและขนาดของปุ่มหินต่างกัน ดังภาพประกอบ 52 กล่าวคือความสูงในปุ่มหินเดียวกันมีร่องรอยของการพัฒนาเป็นแท่งหินที่ไม่สม่ำเสมอ โดยมีรอยเว้ารอยขวั้นในบางส่วนของแท่งหินจากฐานถึงยอด ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปุ่มหินมีลักษณะดังกล่าวนอกจากขึ้นต่อตัวการที่กระทำคือน้ำผิวดินแล้ว ส่วนหนึ่งยังขึ้นต่อความคงทนต่อการผุพังของหินฐานแต่ละระดับในทางลึกที่ไม่เท่ากัน เพราะมีส่วนประกอบของหินในแต่ละระดับแตกต่างกัน และสอดคล้องกับการสังเกตลักษณะปุ่มหินในภาคสนามโดยภาพรวม

ภาพประกอบ 52 อนุสัณฐานปุ่มหินมีความไม่สม่ำเสมอของปุ่มหินจากฐานถึงยอด เนื่องจากมีสัดส่วนของแร่ประกอบหินในระดับทางลึกต่างกัน เป็นเหตุทำให้มีผลต่อการผุพังและการกร่อนไม่เท่ากัน

4. ความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานร่องหิน

4.1 ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานร่องหิน

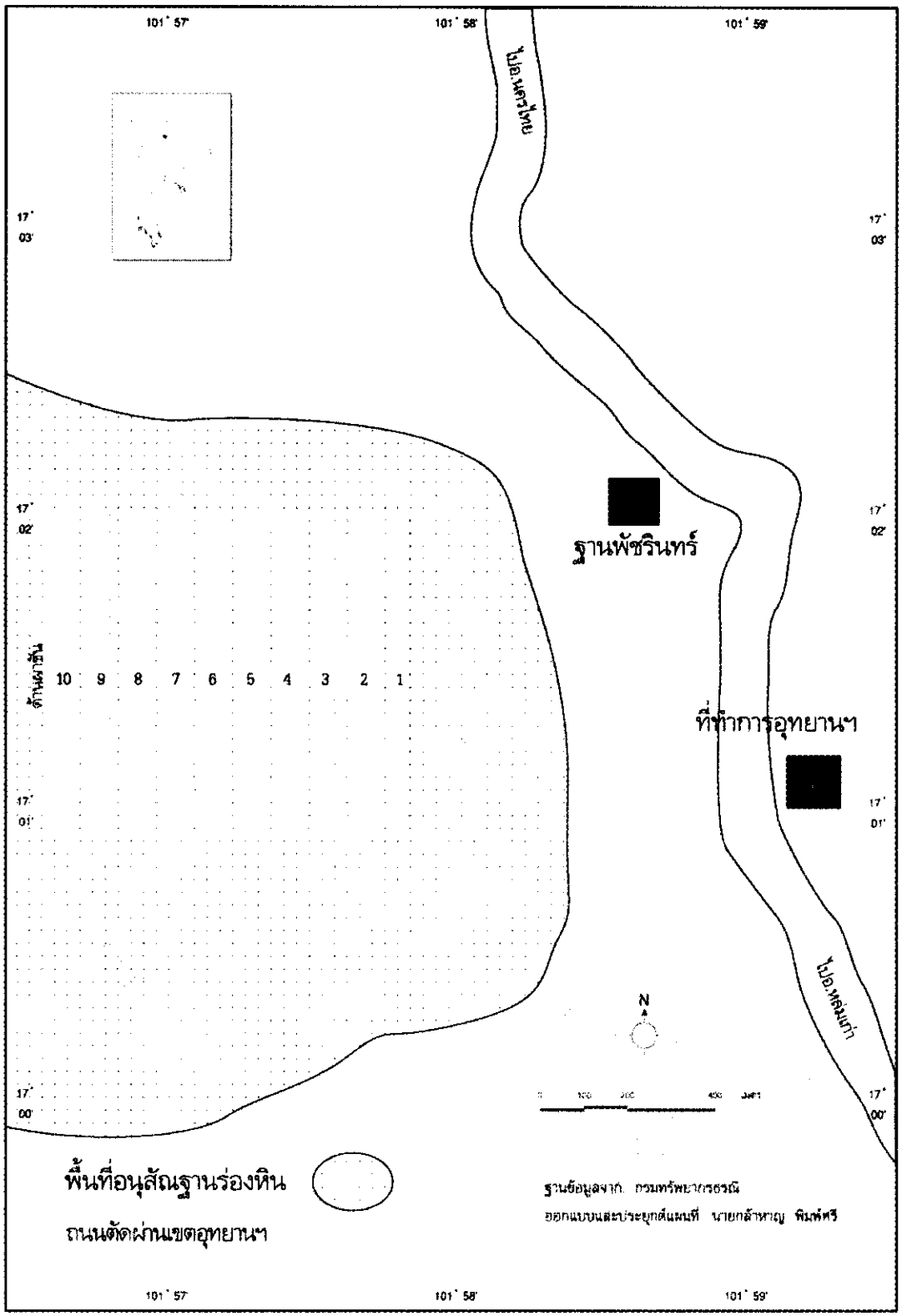
ร่องหิน เป็นอนุสัณฐานหินทรายแบบรูปหนึ่งที่มีปรากฏเด่น กระจายตัวอย่างกว้างขวางบนภูหินร่องกล้า เช่นเดียวกับอนุสัณฐานระแหงหินและอนุสัณฐานปุ่มหิน ดังกล่าวแล้ว จากการศึกษาในภาคสนาม พบว่า ร่องหินที่ปรากฏจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบ รูปแบบแรกเป็นร่องหินขนาดใหญ่เกิดจากเหตุที่หินถูกบีบอัด ทำให้เกิดการโก่งงอและแตกออกเป็นรอยแยกอย่างเป็นระบบ ในลักษณะบล็อกหินขนาดใหญ่มีความลึกมากและกระจายเรียงกันคลุมเป็นบริเวณกว้าง พบทั้งในลักษณะที่เป็นแนวขนานและแนวตัดกัน ต่อมาจึงถูกกระบวนการภายนอกได้แก่ น้ำฝน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน แสงแดด และรากพืชเข้ากระทำ จนกระทั่งขยายความเป็นร่องหินที่ลึกชัดขึ้น ดังภาพประกอบ 53

รูปแบบที่ 2 เป็นร่องหินขนาดเล็กที่เกิดขึ้นบนผิวด้านนอกของหินฐานใหญ่ พบกระจายอยู่ทั่วไปบนภูหินร่องกล้า โดยพบมากที่บริเวณลานหินแตกและพบรองลงมาที่ลานหินปุ่ม เป็นสัณฐานที่เกิดขึ้นโดยสัมพันธ์กับการเกิดร่องหินขนาดใหญ่ ดังกล่าวแล้ว กล่าวคือในช่วงที่หินมีการโก่งตัวและแตกออกเป็นร่องหินใหญ่ ตามผิวด้านนอกได้เกิดรอยแตกไปด้วยพร้อมๆ กัน เพียงแต่เป็นรอยแตกขนาดเล็กและจำกัดตัวเองอยู่เฉพาะตามผิวด้านนอกของหินฐานใหญ่เท่านั้น โดยไม่มีการพัฒนาในทางลึกแต่อย่างใด จึงเป็นสัณฐานร่องหินที่มีขนาดเล็กกว่า และต่อมามีการพัฒนาให้ปรากฏเป็นร่องหินเล็กที่ชัดเจนขึ้นจากกระบวนการภายนอกโลกได้แก่ การผุพังอยู่กับที่และการกร่อนจากแสงแดด น้ำฝนและน้ำผิวดิน เป็นเหตุทำให้ร่องหินมีขนาดแตกต่างกัน ดังภาพประกอบ 54

บริเวณทำการสำรวจ ตรวจวัดสัณฐานและเก็บตัวอย่างหินอยู่ที่บริเวณลานหินแตกติดต่อกับฐานพัชรินทร์ ผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างจากตารางกริดที่สร้างขึ้นจากผังที่สำรวจโดยประมาณ ดังภาพประกอบ 55

ภาพประกอบ 53 อนุสัณฐานร่องหินขนาดใหญ่บริเวณลานหินแตกบนภูหินร่องกล้า มีระยะของแต่ละร่องหินและความลึกของแผ่นร่องหินมาก รวมทั้งบล็อกหินมีขนาดใหญ่

ภาพประกอบ 54 ร่องหินเล็กที่พัฒนาอยู่บนแผ่นร่องหินขนาดใหญ่ ก่อนวิวัฒนาการมาเป็นแนวของร่องหินที่กว้างมากขึ้น แต่ไม่พัฒนาทางลึกมาก ระหว่างร่องหินจะมีแนวของสันหินมนคล้ายปุ่มหินปรากฏอยู่ และหากพัฒนาต่อไปจะเกิดเป็นปุ่มหิน จากภาพเป็นร่องหินเล็กที่บริเวณลานหินแตก



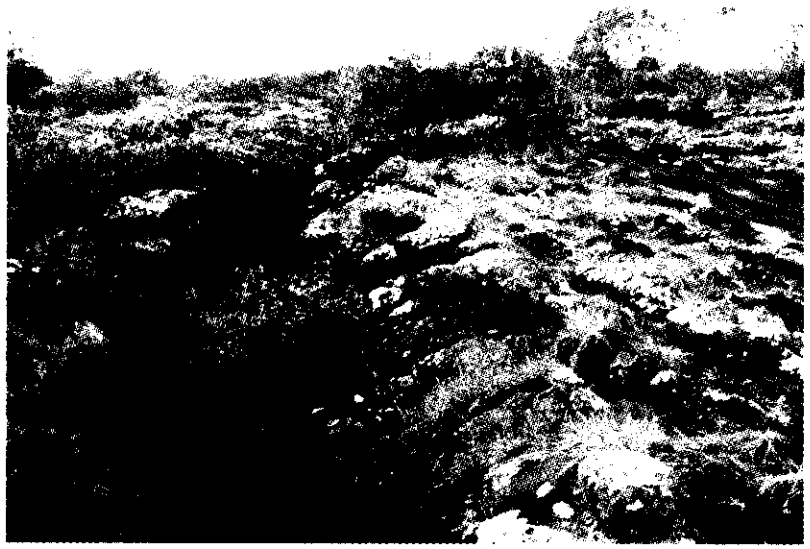
ภาพประกอบ 55 ผังแสดงจุดสำรวจ ตรวจวัด และเก็บตัวอย่างอนุสัณฐานร่องหิน บริเวณลานหินแตกบนภูหินร่องกล้า

ภาพประกอบ 56 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 1 มีความกว้างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 25 เมตร ความยาวเฉลี่ย 37 เมตร ความลึกเฉลี่ย 14 เมตร ระยะระหว่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 1.7 เมตร เนื้อที่ 925 ตารางเมตร ความลาดเอียง 16 องศา และทิศการวางตัว 320 องศา

ภาพประกอบ 57 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 2 มีความกว้างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 3.2 เมตร ความยาวเฉลี่ย 31 เมตร ความลึกเฉลี่ย 13 เมตร ระยะระหว่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 1.9 เมตร เนื้อที่ 99.2 ตารางเมตร ความลาดเอียง 11 องศา และทิศการวางตัว 320 องศา

ภาพประกอบ 58 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 3 มีความกว้างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 5.2 เมตร ความยาวเฉลี่ย 48 เมตร ความลึกเฉลี่ย 16 เมตร ระยะระหว่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 2.2 เมตร เนื้อที่ 294.6 ตารางเมตร ความลาดเอียง 14 องศา และทิศการวางตัว 304 องศา

ภาพประกอบ 59 อนุสัณฐานร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 มีความกว้างของแผ่นหินเฉลี่ย 5 เมตร ความยาวเฉลี่ย 62 เมตร ความลึกเฉลี่ย 13 เมตร ระยะห่างระหว่างร่องหินเฉลี่ย 4 เมตร เนื้อที่ 310 ตารางเมตร ความลาดเอียง 17 องศา และทิศการวางตัว 320 องศา

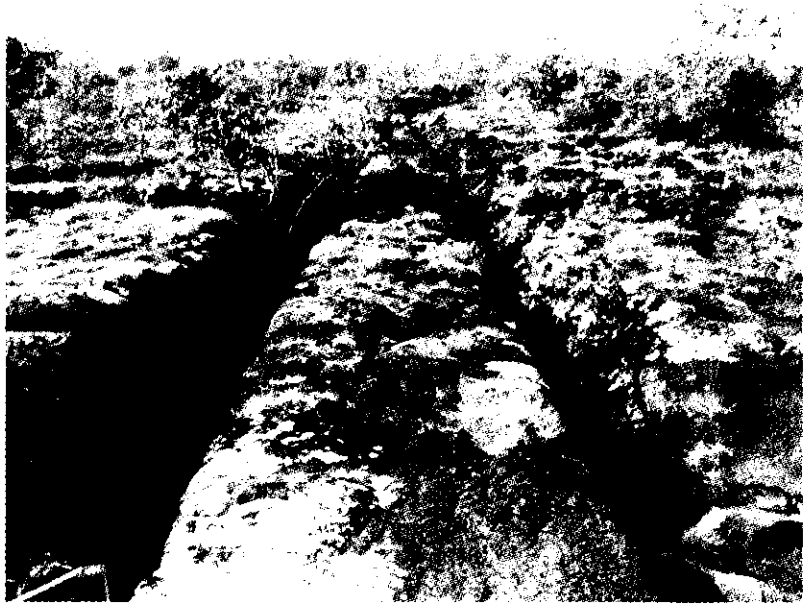


ภาพประกอบ 60 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 5 มีความกว้างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 14 เมตร ความยาวเฉลี่ย 240 เมตร ความลึกเฉลี่ย 17 เมตร ระยะระหว่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 3 เมตร เนื้อที่ 3,360 ตารางเมตร ความลาดเอียง 22 องศา และทิศการวางตัว 332 องศา

ภาพประกอบ 61 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 6 มีความกว้างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 22 เมตร ความยาวเฉลี่ย 66 เมตร ความลึกเฉลี่ย 24 เมตร ระยะระหว่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 2.5 เมตร เนื้อที่ 1,452 ตารางเมตร ความลาดเอียง 12 องศา และทิศการวางตัว 330 องศา

ภาพประกอบ 62 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 7 มีความกว้างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 48 เมตร ความยาวเฉลี่ย 284 เมตร ความลึกเฉลี่ย 28 เมตร ระยะระหว่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 1.2 เมตร เนื้อที่ 1,363.2 ตารางเมตร ความลาดเอียง 11 องศา และทิศการวางตัว 310 องศา

ภาพประกอบ 63 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 8 มีความกว้างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 34 เมตร ความยาวเฉลี่ย 196 เมตร ความลึกเฉลี่ย 23 เมตร ระยะระหว่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 1.2 เมตร เนื้อที่ 6,664 ตารางเมตร ความลาดเอียง 18 องศา และทิศการวางตัว 320 องศา



ภาพประกอบ 64 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 มีความกว้างของแผ่นหินเฉลี่ย 4 เมตร ความยาวเฉลี่ย 110 เมตร ความลึกเฉลี่ย 27 เมตร ระยะระหว่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 0.9 เมตร เนื้อที่ 448 ตารางเมตร ความลาดเอียง 15 องศา และทิศการวางตัว 318 องศา

ภาพประกอบ 65 อนุสัณฐานแผ่นร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 มีความกว้างแผ่นหินเฉลี่ย 47 เมตร ความยาวเฉลี่ย 116 เมตร ความลึกเฉลี่ย 24 เมตร ระยะระหว่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 1.4 เมตร เนื้อที่ 99.2 ตารางเมตร ความลาดเอียง 11 องศา และทิศการวางตัว 320 องศา

จากสมมติฐานข้อ 4 ที่ตั้งไว้ว่า "ร่องหินขนาดใหญ่น่าจะพัฒนามาจากกระบวนการภายในโลกและขยายผลด้วยกระบวนการภายนอกโลก ส่วนร่องหินขนาดเล็กน่าจะพัฒนาด้วยกระบวนการภายนอกโลกอย่างเป็นขั้นตอน และทำให้ร่องหินมีขนาดแตกต่างกัน" เพื่อทดสอบสมมติฐานข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาในภาคสนาม โดยการสังเกตและตรวจวัดธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานร่องหินบนภูหินร่องกล้า ด้วยการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 ตัวอย่าง ดังภาพประกอบ 56-65 ทำให้ได้ข้อมูลธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานร่องหิน ดังตาราง 2 และ 2.1 ภาคผนวก ข ธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานแผ่นร่องหินที่พบ มีดังนี้

4.1.1 ความกว้างของแผ่นร่องหิน

วิธีการศึกษาความกว้างของแผ่นร่องหิน ใช้การวัดระยะด้วยตลับเมตร โดยการวัดจากตำแหน่งกว้างที่สุดกับวัดตำแหน่งแคบที่สุดของแผ่นหิน และจากนั้นจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนความกว้างของแผ่นหิน ผลการตรวจวัดในภาคสนาม พบว่า อนุสัณฐานร่องหินมีความกว้างแผ่นหินเฉลี่ยมากที่สุด 21.4 เมตร ความกว้างเฉลี่ยน้อยที่สุด 20.1 เมตร และความกว้างเฉลี่ย 20.4 เมตร

4.1.2 ความยาวของแผ่นร่องหิน

วิธีศึกษาความยาวของแผ่นร่องหิน จะวัดจากตำแหน่งความยาวมากที่สุดกับวัดตำแหน่งความยาวน้อยที่สุด และจากนั้นจึงหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนความยาวของแผ่นร่องหิน ผลจากการตรวจวัดในภาคสนาม พบว่า อนุสัณฐานแผ่นร่องหินมีความยาวของแผ่นหินเฉลี่ยมากที่สุด 120.2 เมตร ความยาวเฉลี่ยน้อยที่สุด 118.2 เมตร และความยาวเฉลี่ย 119.2 เมตร

4.1.3 ความลึกและระยะห่างของแผ่นร่องหิน

วิธีการศึกษาความลึกของร่องหิน ใช้เหล็กเส้นขนาดเล็กมีความยาวประมาณ 30 เมตรวัดความลึกของร่องหิน โดยการวัดจากตำแหน่งผิวบนของร่องหินลงไปทางลึกบริเวณร่องหินที่จุดปลายสองข้างของ ร่องหิน และจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนความลึกของร่องหิน ผลการตรวจวัดในภาคสนาม พบว่า อนุสัณฐานร่องหินมีความลึกเฉลี่ยมากที่สุด 22.5 เมตร ความลึกเฉลี่ยน้อยที่สุด 19 เมตร และความลึกเฉลี่ย 20.5 เมตร

ส่วนระยะห่างแผ่นร่องหิน วัดจากตำแหน่งที่แผ่นร่องหินห่างกันมากที่สุด กับตำแหน่งที่แผ่นร่องหินอยู่ใกล้กันมากที่สุด แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของระยะห่างร่องหิน จากการตรวจวัดในภาคสนาม พบว่า ระยะห่างแผ่นร่องหินเฉลี่ยมากที่สุด 2.3 เมตร ระยะห่างแผ่นร่องหินเฉลี่ยน้อยที่สุด 1.8 เมตร และระยะห่างแผ่นร่องหินเฉลี่ย 2 เมตร

4.1.4 เนื้อที่ของแผ่นร่องหิน

วิธีการศึกษาเนื้อที่ของแผ่นร่องหิน ใช้การคำนวณจากค่าความยาวเฉลี่ยคูณกับค่าความกว้างเฉลี่ยของแผ่นหิน เนื่องจากร่องหินมีรูปร่างเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือใกล้เคียงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

มาก ผลการตรวจวัดในภาคสนาม พบว่า อนุสัณฐานแผ่นร่องหินมีเนื้อที่เฉลี่ยมากที่สุด 6,664 ตารางเมตร เนื้อที่เฉลี่ยน้อยที่สุด 310 ตารางเมตร และเนื้อที่เฉลี่ย 2,036.8 ตารางเมตร

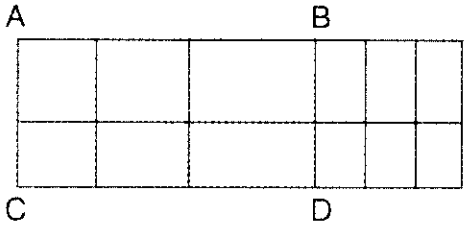
4.1.5 ทิศการวางตัวและความลาดเอียงของแผ่นร่องหิน

วิธีการศึกษาทิศการวางตัวของแผ่นร่องหิน ใช้เครื่องมือวัดทิศตามระบบอะซิมุท (Azimute) เพื่อดูว่าแผ่นร่องหินวางตัวต่างไปจากทิศเหนือเท่าใด ผลการตรวจวัดในภาคสนาม พบว่า อนุสัณฐานแผ่นร่องหินมีการวางตัวส่วนใหญ่ตามระบบอะซิมุทที่ 320 องศา หรืออยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE)

ส่วนความลาดเอียงของแผ่นร่องหิน ใช้เครื่องมือวัดความลาดเอียง ด้วยการวางทาบไปบนผิวของแผ่นร่องหินแล้วอ่านค่าว่าแผ่นร่องหินเอียงไปจากแนวระนาบเท่าใด และจากการศึกษาในภาคสนาม พบว่า แผ่นร่องหินมีความลาดเอียงเฉลี่ย 15.3 องศา

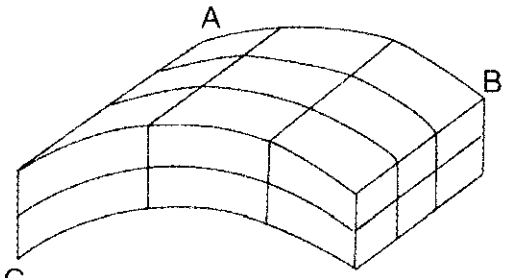
ผลการศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานร่องหิน บริเวณลานหินแตก บนภูหินร่องกล้า พบว่า บล็อกหินแต่ละบล็อกมีความกว้างเฉลี่ย 20.4 เมตร ความยาวเฉลี่ย119.2 เมตร ความลึกเฉลี่ย 20.5 เมตร ระยะห่างระหว่างบล็อกหินเฉลี่ย 2 เมตร เนื้อที่เฉลี่ย 2,036.8 ตารางเมตร ทิศการวางตัวส่วนใหญ่ 320 องศา (ทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้) และความลาดเอียงเฉลี่ย 15.3 องศา การอุบัติของอนุสัณฐานร่องหินบนภูหินร่องกล้า เกิดจากปัจจัยของกระบวนการภายในเป็นหลัก ได้แก่ เหตุที่แผ่นหินขนาดใหญ่มีความเค้นและความเครียด จากแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ จึงทำให้หินพยามยามปรับสมดุลให้ปลอดจากภาวะความเค้นและความเครียดดังกล่าว ด้วยการโก่งงอขึ้นในลักษณะประทุนคว่ำ (Anticline) ทำให้เกิดการแตกออกของแผ่นหินใหญ่เป็นระบบรอยแยก ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ และมีกระบวนการภายนอกเข้ากระทำกับระบบรอยแยกซึ่งเกิดจากกระบวนการภายใน จนกระทั่งขยายผลเป็นระบบรอยแยกของหินที่เรียกว่า ร่องหินแตก ดังภาพ ประกอบ 66 จากการสำรวจในภาคสนามโดยละเอียดบริเวณร่องหินแตกไม่ปรากฏการเลื่อนเหลื่อมของแผ่นหินใหญ่ที่แตกออกเป็นรอยแยกแต่อย่างใด จึงสรุปได้ว่า บริเวณร่องหินแตกบนภูหินร่องกล้า มีรอยแตกหรือรอยแยกของหินปรากฏอยู่มาก แต่ไม่มีรอยเลื่อน

1.



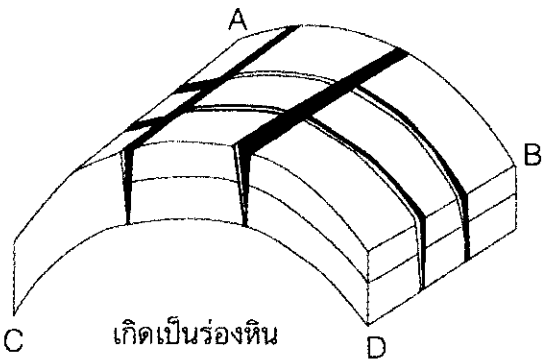
แผ่นหินในสภาพปกติ

2.



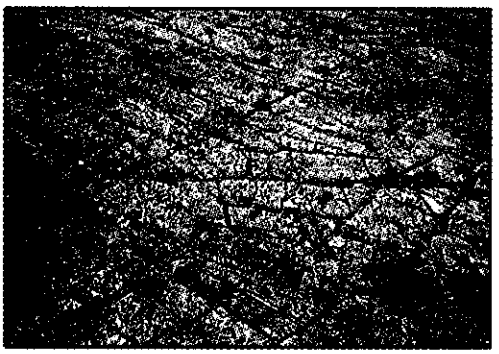
แผ่นหินโค้งงอและแตกแยก

3.



เกิดเป็นร่องหิน

4.

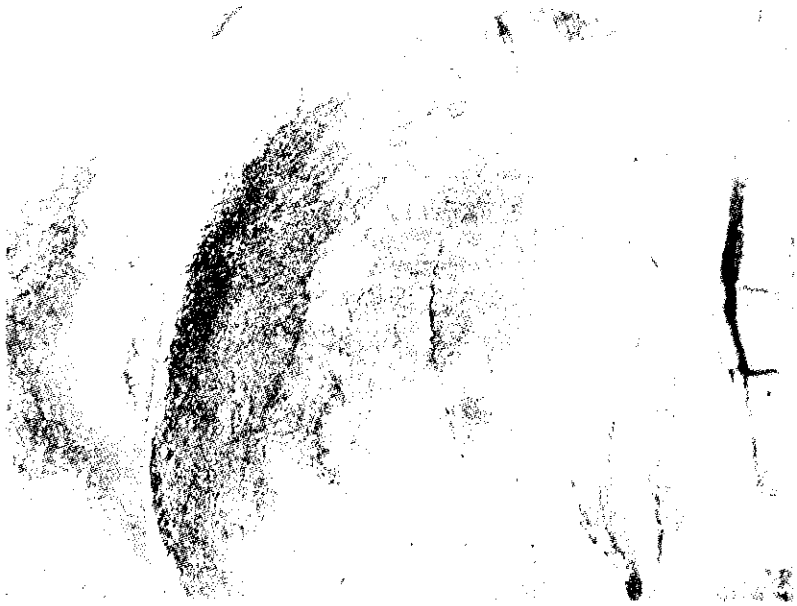


ร่องหินแตก

ภาพประกอบ 66 แสดงแบบจำลองการอุบัติและวิวัฒน์ของอนุสัณฐานร่องหินบนภูหินร่องกล้า

ความกว้าง ความยาว เนื้อที่ และความลึกของบล็อกหินที่บริเวณร่องหินแตกที่มีความแตกต่างกัน ดังกล่าวแล้ว เกิดจาก 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยจากกระบวนการภายในและปัจจัยจากกระบวนการภายนอก ปัจจัยแรก จากกระบวนการภายในที่กระทำต่อแผ่นดินบริเวณนี้เกิดขึ้นในยุคเทอร์เชียรีตอนต้น อายุประมาณ 50 ล้านปี โดยมีการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก จนเป็นเหตุให้หินเกิดการโก่งงอเป็นรูปประทุนคว่ำ พร้อมๆ กับที่เกิดรอยแยกในลักษณะบล็อกหินมากมายจากแผ่นหินฐานใหญ่บนภูหินร่องกล้า โดยบล็อกหินต่างๆ เหล่านี้มีความกว้าง ความยาว เนื้อที่ และความลึกแตกต่างกันไปตั้งแต่เมื่อครั้งที่ถูกกระทำจากแรงบีบอัด ปัจจัยที่สอง จากกระบวนการภายนอกโลก มีทั้งการผุพังอยู่กับที่ การกร่อนและมวลเลื่อน การผุพังอยู่กับที่ส่วนมากเกิดตามผิวของบล็อกหิน ทั้งผิวด้านบนและด้านข้างบริเวณร่องหิน ซึ่งได้รับแสงแดดในเวลากลางวันทำให้แร่ประกอบหินเกิดการขยายตัว ส่วนกลางคืนปลอดแสงแดดแร่ประกอบหินดังกล่าวจึงหดตัวเข้า โดยเกิดขึ้นสลับกันไปมาในรอบวันผ่านระยะเวลายาวนานจึงทำให้เกิดการแตกออกของผิวหิน แต่ละบล็อกหินมีการแตกออกของส่วนประกอบหินไม่เท่ากัน จากการได้รับแสงแดดมากน้อยต่างกันบ้าง การมีสัดส่วนของแร่ประกอบหินต่างกันบ้าง และรวมถึงจากการซอนไชของรากต้นไม้ต่างกันบ้าง ดังภาพประกอบ 67 เหตุจากแสงแดดทำให้ผิวหินมีการผุพังแบบถดถอยเข้าหาศูนย์กลาง เหตุจากการมีสัดส่วนแร่ประกอบหินในปริมาณที่ต่างกัน โดยเฉพาะแร่ควอตซ์ทำให้หินมีความคงทนต่อการสึกกร่อนต่างกัน และเหตุจากรากพืชทำให้หินเกิดการแตกออกจากการซอนไชของราก ดังนั้นตัวการเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยส่วนหนึ่งที่ทำให้บล็อกหินมีความกว้าง ความยาว เนื้อที่ และความลึกต่างกันออกไป สำหรับการกร่อนมีทั้งจากน้ำฝนและน้ำผิวดินที่ไหลชะทำลายเม็ดแร่ตามผิวหินให้หลุดไปกับกระแสน้ำ ดังภาพประกอบ 68 และน้ำใต้ดินจะเซาะให้บล็อกหินกร่อนโดยพัฒนาทั้งทางกว้างและทางลึก ส่วนมวลเลื่อนได้รับอิทธิพลจากแรงโน้มถ่วงของโลก ในรูปแบบของหินหล่นบ้าง และการทรุดถล่มบ้าง ซึ่งปรากฏชัดตามขอบของร่องหินบริเวณผาหินทราย ดังภาพ ประกอบ 69

ภาพประกอบ 67 การชอนไชของรากพืชตามรอยแยกของหิน เป็นหนึ่งในกระบวนการภายนอกที่เป็นปัจจัยให้เกิดการผุพังของบล็อกหิน เป็นการขยายผลจากกระบวนการภายในที่เกิดขึ้นก่อน ทำให้บล็อกหินแต่ละบล็อกที่มีต้นไม้ขึ้นแทรกอยู่ตามแนวร่อง และที่ไม่มีต้นไม้ขึ้นแทรกในร่องหินมีการพัฒนาความกว้างของบล็อกหิน (ร่วมกับปัจจัยอื่น) ต่างกัน



ภาพประกอบ 68 น้ำผิวดินที่ไหลบ่ามาตามผิวหน้าของหินหลังจากที่มีฝนตก จัดเป็นกระบวนการภายนอกที่สำคัญ มีผลให้บล็อกหินเกิดการกร่อน โดยเฉพาะตามผิวหน้าของหินและผิวด้านข้างของบล็อกหิน ทำให้เกิดการขยายร่องหินให้กว้างออกไปจากเดิม

ภาพประกอบ 69 การทรุดถล่มตามร่องหินขอบหน้าผา เป็นกระบวนการภายนอกอย่างหนึ่งที่มีผลให้บล็อกหินเกิดการขยายขนาดความกว้างของบล็อกหินให้มากขึ้นจากเดิม ในลักษณะทรุดตัวต่อเนื่องกันระหว่างบล็อกหินที่อยู่ติดกัน

ทิศการวางตัวของร่องหินที่ได้จากในภาคสนาม ดังตาราง 2.1 ภาคผนวก ข พบว่า แผ่นร่องหินส่วนใหญ่มีทิศการวางตัวตามระบบอะซิมุท 320 องศา หรืออยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากแรงที่กระทำต่อหินโดยการบีบอัดจนแผ่นหินใหญ่เกิดการโก่งตัวและแตกออกเป็นรอยแยก อยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ จึงทำให้ทิศการวางตัวของระบบแผ่นร่องหินส่วนใหญ่อยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้ พิสิทธิ์ ธีรดิลก อธิบายว่า หินทรายที่ปรากฏลักษณะสัณฐานแผ่นร่องหิน มีเนื้อหินค่อนข้างแข็งกว่าเนื้อหินของอนุสัณฐานระแหงหินและปุ่มหิน จึงยังคงสภาพธรณีโครงสร้างขนาดใหญ่ไว้ได้ ทำให้สามารถหาความสัมพันธ์กับทิศจากแรงบีบอัด (compresion) ของเปลือกโลกที่เกิดขึ้นในช่วงกำเนิดเทือกเขาหิมาลัย (Himalayan Orogeny) ยุคเทอร์เชียรี ว่าแนวหรือทิศทางของอนุสัณฐานแผ่นร่องหินอยู่ในแนวเดียวกันกับแนวของเทือกเขาภูพาน (พิสิทธิ์ ธีรดิลก. 2549: personal communication)

และความลาดเอียงของแผ่นร่องหิน จากการศึกษาในภาคสนาม พบว่า มีค่าเฉลี่ย 15.3 องศา โดยในรายละเอียดของแต่ละแผ่นร่องหินมีความลาดเอียงแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากเป็นผลลัพธ์จากการตอบสนองของแรงที่มากระทำเมื่อครั้งที่แผ่นหินใหญ่ได้รับแรงบีบอัดในอดีต ดังกล่าวแล้ว และได้เกิดรอยแยกขึ้นมากมายเป็นระบบของรอยแยก แต่ละแผ่นรอยแยกมีการตอบสนองต่อแรงที่กระทำไม่เท่ากัน เช่น บางแผ่นรอยแยกมีการยกตัวของด้านหนึ่งขึ้นมากกว่าอีกด้านหนึ่ง หรือมีด้าน

หนึ่งทรุดตัวลงมากกว่าอีกด้านหนึ่งจึงทำให้มีความลาดเอียงมาก บางแผ่นรอยแยกมีการยกตัวขึ้นของด้านหนึ่งน้อย หรือมีการทรุดตัวลงของด้านหนึ่งน้อย จึงมีความลาดเอียงไม่มาก และผลที่ได้จากการศึกษาดังแสดงข้างต้นสอดคล้องตามสมมติฐานข้อ 4 ที่ตั้งไว้ว่า "ร่องหินขนาดใหญ่น่าจะพัฒนามาจากกระบวนการภายในโลก และขยายผลด้วยกระบวนการภายนอกโลก ส่วนร่องหินขนาดเล็กน่าจะพัฒนาด้วยกระบวนการภายนอกโลกอย่างเป็นขั้นตอน และทำให้ร่องหินมีขนาดแตกต่างกัน"

4.2 องค์ประกอบหินของอนุสัณฐานร่องหิน

จากการศึกษาองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานแผ่นร่องหินบนภูหินร่องกล้า 5 ตัวอย่าง โดยการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนา เพื่อหาลักษณะเนื้อหิน สีของหิน ส่วนประกอบของหินและชื่อหิน ได้ผลดังนี้

ตัวอย่าง 1 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 1 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายหยาบเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดกรวด (0.5-2 เซนติเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลมถึงเหลี่ยม การคัดขนาดไม่ดี แร่หลักประกอบด้วยควอตซ์มากกว่าร้อยละ 95 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินเชิร์ตและหินควอร์ตไซต์ มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 70 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 12 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 2 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 3 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายหยาบเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดกรวด (0.5-2 เซนติเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลมถึงเหลี่ยม การคัดขนาดไม่ดี แร่หลักประกอบด้วยควอตซ์มากกว่าร้อยละ 95 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินควอร์ตเชิร์ต หินทรายกรวดกลมและหินควอร์ตไซต์ มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 71 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 13 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 3 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 4 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายหยาบเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดกรวด (0.5-2 เซนติเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลมถึงเหลี่ยม การคัดขนาดไม่ดี แร่หลักประกอบด้วยควอตซ์มากกว่าร้อยละ 95 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินควอร์ตเซิร์ตและหินควอร์ตไซต์ มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 72 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 14 ภาคผนวก ก

ตัวอย่าง 4 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 6 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

เป็นหินทรายสีน้ำตาลแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายหยาบเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดกรวด (0.5-2 เซนติเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลมถึงเหลี่ยม การคัดขนาดไม่ดี แร่หลักประกอบด้วยควอตซ์มากกว่าร้อยละ 95 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินทรายกรวดกลมและหินควอร์ตไซต์ มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือหินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 73 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 15 ภาคผนวก ก

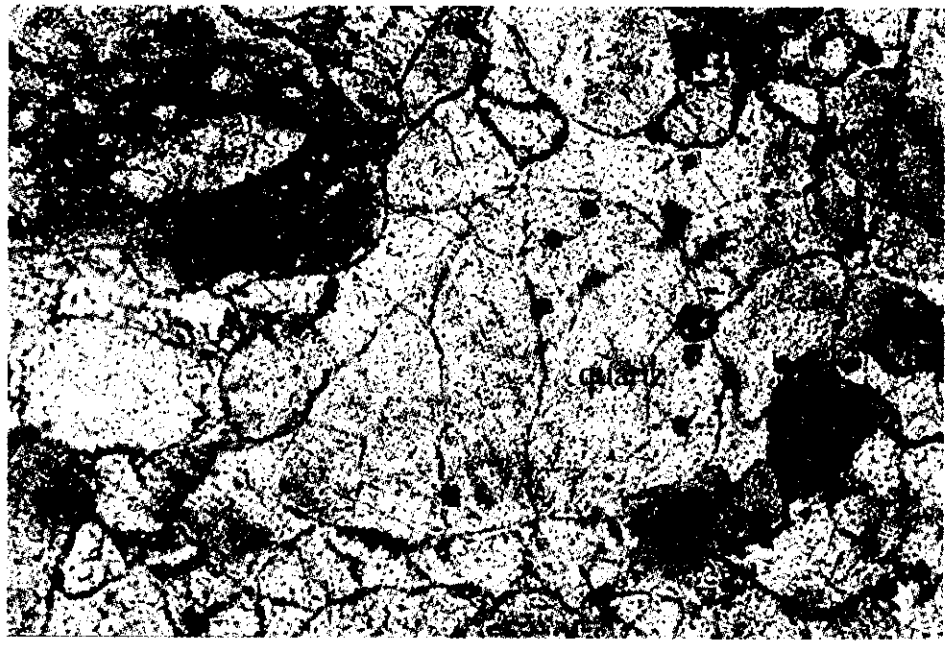
ตัวอย่าง 5 หินที่เก็บจากจุดเก็บตัวอย่าง 8 บนภูหินร่องกล้า

Megascopic character: ลักษณะภายนอกที่เด่นชัด

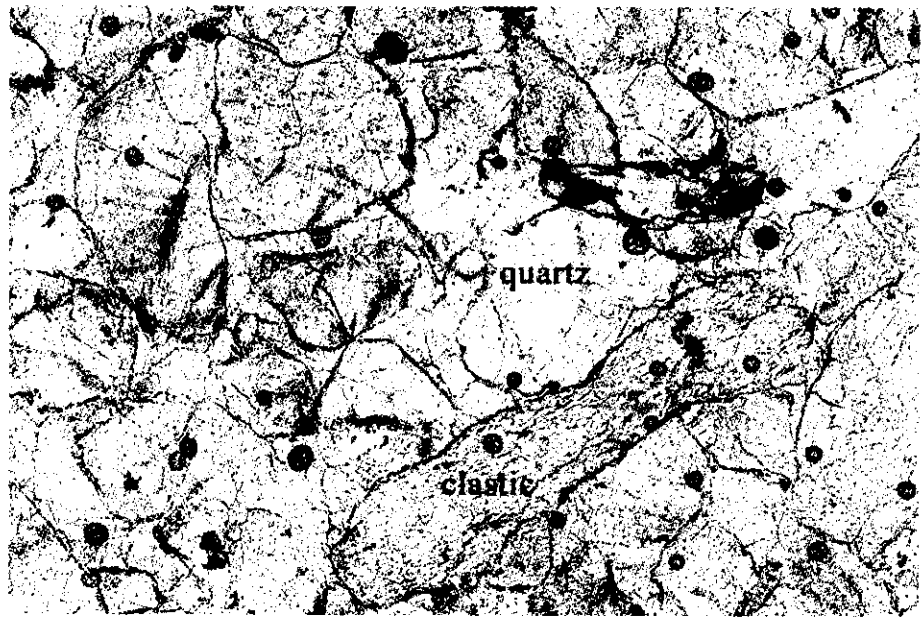
เป็นหินทรายสีน้ำตาลแกมเหลือง ขนาดเนื้อทรายหยาบเป็นส่วนใหญ่ พบเศษหินขนาดกรวด (0.5-2 เซนติเมตร) กระจัดกระจายในเนื้อหินทราย

Microscopic character: ลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์

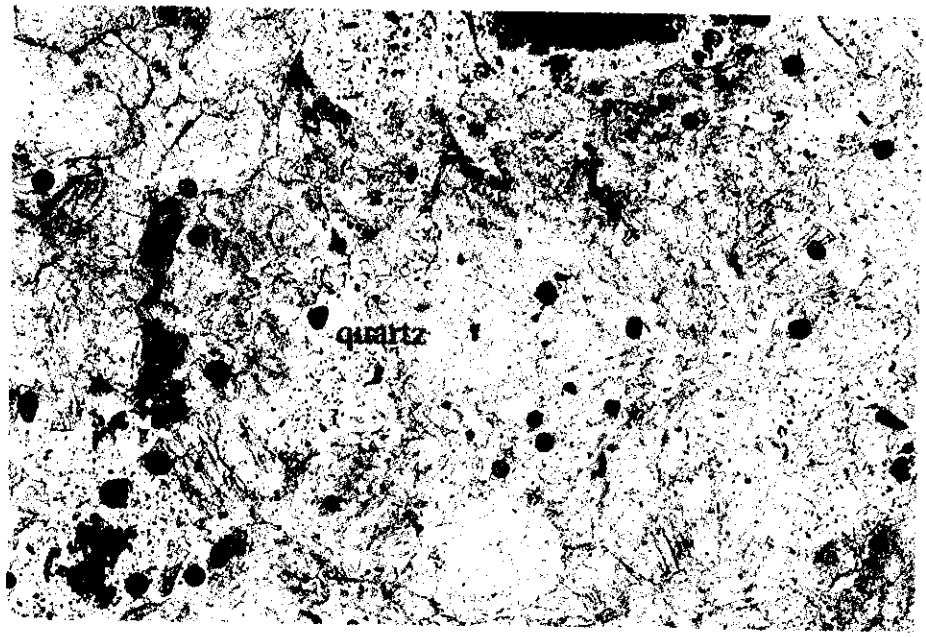
ลักษณะเนื้อหินเป็นแบบ clastic texture เนื้อขนาดทรายหยาบ (0.5-1 มิลลิเมตร) เม็ดแร่ค่อนข้างกลมถึงเหลี่ยม การคัดขนาดไม่ดี แร่หลักประกอบด้วยควอตซ์มากกว่าร้อยละ 95 เศษหินร้อยละ 1-5 เศษหินเป็นหินควอร์ตไซต์ มีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน ชื่อหินคือ หินทราย ดังลักษณะรายละเอียดจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ภายใต้แสง plane light ภาพประกอบ 74 และภายใต้แสง cross-polar ภาพประกอบ 16 ภาคผนวก ก



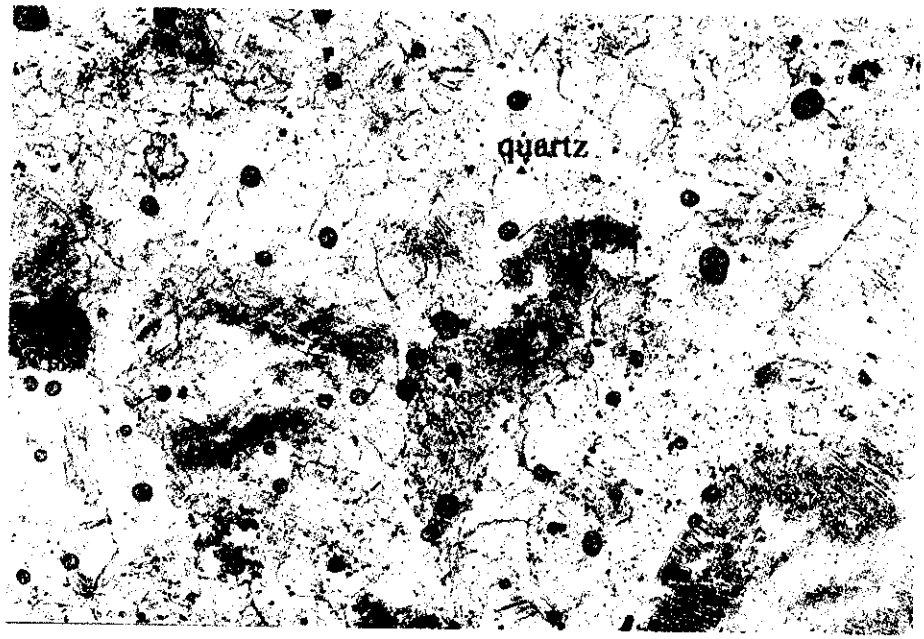
ภาพประกอบ 70 อนุสัณฐานแผ่นร่องหิน จากจุดเก็บตัวอย่าง 1 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลา-ไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



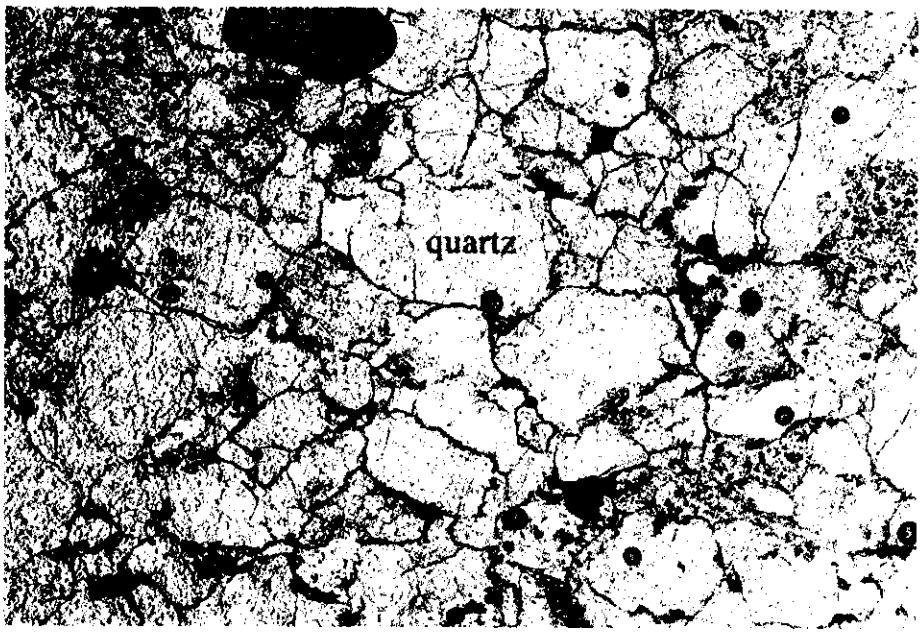
ภาพประกอบ 71 อนุสัณฐานแผ่นร่องหิน จากจุดเก็บตัวอย่าง 3 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลา-ไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



ภาพประกอบ 72 อนุสัณฐานแผ่นร่องหิน จากจุดเก็บตัวอย่าง 4 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



ภาพประกอบ 73 อนุสัณฐานแผ่นร่องหิน จากจุดเก็บตัวอย่าง 6 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด



ภาพประกอบ 74 อนุสัณฐานแผ่นร่องหิน จากจุดเก็บตัวอย่าง 8 ภายใต้ลักษณะกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ สีขาวในภาพคือ แร่ควอตซ์ (SiO_2) สีแดงเป็นเส้นหรือสายตามรอยต่อของเม็ดแร่คือ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีเศษหินปนในพื้นที่เนื้อละเอียด

จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างหินทางศิลาวรรณนาของแผ่นร่องหิน ในห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณีดังแสดงข้างต้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอในรูปแบบการสรุปผล เพื่อความสะดวกในการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 ดังตาราง 6

ตาราง 6 แสดงผลการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนาของอนุสัณฐานแผ่นร่องหิน บนภูหินร่องกล้า

จุดเก็บตัวอย่าง ระแหงหิน	แร่ประกอบหิน (ร้อยละ)			ชื่อหิน
	ควอตซ์	เฟลด์สปาร์	เศษหิน	
จุดที่ 1	>95	-	1-5	หินทราย
จุดที่ 3	>95	-	1-5	หินทราย
จุดที่ 4	>95	-	1-5	หินทราย
จุดที่ 6	>95	-	1-5	หินทราย
จุดที่ 8	>95	-	1-5	หินทราย

จากผลการวิเคราะห์แร่และหินโดยวิธีศิลาวรรณนา เพื่อหาลักษณะเนื้อหิน สีของหิน ส่วนประกอบของหิน และชื่อหินของอนุสัณฐานร่องหิน บนภูหินร่องกล้า ดังรายละเอียดข้างต้นและตามตาราง 6 จำแนกการอภิปรายได้ 2 ส่วนตามวิธีทางศิลาวรรณนา ได้แก่

1. Megascopic character อันเป็นลักษณะภายนอกที่เด่นชัด พบว่า อนุสัณฐานร่องหินทั้ง 5 ตัวอย่างจาก 5 บริเวณที่เก็บตัวอย่าง เป็นหินทรายสีน้ำตาลแกมเหลืองเหมือนกัน เนื่องจากมีสารประกอบของเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสานในโครงสร้างหินเช่นเดียวกัน มีเนื้อเหมือนกันและขนาดเท่ากัน กล่าวคือมีขนาดเนื้อทรายหยาบเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากในขั้นตอนของการตกตะกอนมีการคัดขนาดไม่ดีเหมือนกัน ในพื้นที่เนื้อละเอียดยังพบเศษหินขนาดกรวด (0.5-2 เซนติเมตร) แทรกสลับกระจัดกระจายอยู่ในเนื้อหินทรายเหมือนกัน เพราะเกิดจากการตกตะกอนในบริเวณ ลักษณะ และช่วงเวลาเดียวกัน

2. Microscopic character ที่เป็นลักษณะปรากฏภายใต้กล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ พบว่าอนุสัณฐานร่องหินทั้ง 5 ตัวอย่าง มีลักษณะเนื้อหินเหมือนกันคือเป็นแบบเนื้อเศษหิน เนื่องจากเป็นหินตะกอนประเภทหินทรายที่ประกอบด้วยเศษหินหรือแร่ซึ่งถูกพามาจากแหล่งกำเนิดอื่นในช่วงกระบวน การกำเนิดหินตะกอน แร่ประกอบหินของอนุสัณฐานร่องหินทรายที่วิเคราะห์ทั้ง 6 ตัวอย่าง มีแร่ควอตซ์เป็นแร่หลักเหมือนกัน และมีสัดส่วนในเชิงปริมาณสูงมากเช่นเดียวกัน ดังตาราง 6

จากผลการวิเคราะห์หินโดยวิธีศิลาวรรณนาของอนุสัณฐานร่องหินดังผลข้างต้น แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของหินฐานกับการเกิดร่องหินขนาดใหญ่ กล่าวคือเมื่อมีแรงบีบอัดจากด้านข้างทั้งสองด้านกระทำกับแผ่นหิน เป็นเหตุให้แผ่นหินต้องปรับสมดุลเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพ จึงเกิดการโก่งงอแบบประทุนคว่ำและมีการแตกของแผ่นหินตามสันโค้งในลักษณะระบบรอยแยกของบล็อกหินมากมาย ซึ่งการแตกของแผ่นหินดังกล่าวสัมพันธ์กับหินฐานที่ความแข็งมากและมีเนื้อหินไม่เป็นเนื้อเดียวกัน สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างหิน ที่พบว่าร่องหินทรายขนาดใหญ่บนภูหินร่องกล้ามีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ในปริมาณสูงมาก ทำให้หินมีความแข็งและมีความทนทาน ในเนื้อหินมีเม็ดกรวดขนาดตั้งแต่ 0.5-2 เซนติเมตรและเศษหินปนอยู่ในหินชุดนี้เป็นลักษณะที่เด่นมาก ดังนั้นจึงเป็นเหตุปัจจัยต่อการแตกออกเป็นบล็อกหินขนาดใหญ่ที่มีขนาดความกว้าง ความยาว ความลึกและระยะห่างระหว่างร่องหินแตกต่างกัน

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์เคมีของตัวอย่างหินฐานอนุสัณฐานแผ่นร่องหิน บนภูหินร่องกล้า

จุดเก็บตัวอย่าง	แร่ประกอบหิน (ร้อยละ)						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	LOI	H_2O
ส่วนบน	98.20	0.28	0.73	‹ 0.1	‹ 0.1	0.29	0.35
ส่วนล่าง	97.81	0.62	0.69	‹ 0.1	‹ 0.1	0.16	0.33

จากตาราง 7 เป็นค่าร้อยละของแร่ประกอบหิน ซึ่งได้จากการนำตัวอย่างอนุสัณฐานแผ่นร่องหินที่ลานหินแตกจากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 จำนวน 2 ตัวอย่าง โดยเก็บจากตำแหน่งผิวหิน 1 ตัวอย่าง และเก็บจากตำแหน่งเดียวกันแต่ลึกลงไปจากผิวหิน 1 ตัวอย่าง และนำไปวิเคราะห์เคมีเพื่อหาส่วนประกอบของหินในห้องปฏิบัติการกรมทรัพยากรธรณี พบว่า ตัวอย่างแผ่นร่องหินจากส่วนบน มีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ร้อยละ 98.20 อะลูมินาร้อยละ 0.28 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 0.73 แมกนีเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 แคลเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 มีส่วนที่หายไปหลังการเผาร้อยละ 0.29 และมีความชื้นร้อยละ 0.35 ส่วนตัวอย่างหินจากตำแหน่งตรงกันแต่อยู่ด้านล่าง มีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ร้อยละ 97.81 อะลูมินาร้อยละ 0.62 เหล็กออกไซด์ร้อยละ 0.69 แมกนีเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 แคลเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 0.1 มีส่วนที่หายไปหลังการเผาร้อยละ 0.16 และมีความชื้นร้อยละ 0.33

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์เคมี จะเห็นได้ว่าหินฐานด้านบนและด้านล่างมีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ในระดับปริมาณสูงมาก ส่วนแร่ชนิดอื่นอาจมีสัดส่วนต่างกันบ้างแต่ไม่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาร่องหิน ปริมาณแร่ควอตซ์ที่สูงสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางศิลาวรรณนา ที่มีความสัมพันธ์กับการแตกของแผ่นหินเป็นร่องหินขนาดใหญ่ มีความคงทนต่อการสึกกร่อนจากตัวการภายนอก จากการสังเกตในภาคสนาม พบว่า ร่องรอยการผุกร่อนของแผ่นร่องหินมีน้อยกว่าหินฐานบริเวณระแหงหินและบริเวณปุ่มหินอย่างชัดเจน

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาอนุสัณฐานหินทรายบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก โดยการสำรวจตรวจวัดสัณฐานในภาคสนาม การศึกษาจากแผนที่ภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยา ภาพถ่ายจากอากาศ รวมทั้งการวิเคราะห์หินโดยวิธีศิลาวรรณนาและการวิเคราะห์เคมี สามารถหาความสัมพันธ์ของอนุสัณฐานระแหงหิน อนุสัณฐานปุ่มหิน และอนุสัณฐานร่องหิน ที่มีความเกี่ยวข้องระหว่างกระบวนการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศภายนอก และการเปลี่ยนแปลงเปลือกโลกของกระบวนการภายในโลก (tectonic) ความลาดชันของชั้นหินที่มีผลที่มีผลต่อชนิดหิน และการสลายตัวของแร่ประกอบหินทางเคมีทำให้เกิดเป็นอนุสัณฐานที่มีสภาพรูปร่างแตกต่างกัน 3 รูปแบบ สรุปได้ดังนี้

1. **อนุสัณฐานระแหงหิน**

1.1 อนุสัณฐานระแหงหิน มีสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง เป็นหินทรายที่มีองค์ประกอบของแร่เนื้อเดียวกัน (homogeneous) ประกอบด้วยเม็ดทรายขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีผลต่อรูปร่างของอนุสัณฐานแบบตาข่าย หรือร่างแห (network)

1.2 การเปลี่ยนแปลงสลับไปมาของอุณหภูมิในรอบวัน เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแตกระแหงของผิวหิน แล้วถูกขยายผลโดยน้ำฝนและน้ำผิวดิน

1.3 ขนาดและรูปร่างอนุสัณฐานระแหงหินที่ต่างกัน มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของแร่ในชั้นหินทรายและขนาดของเม็ดทรายในชั้นเดียวกัน หรือในแต่ละชั้นหิน ชั้นที่มีเม็ดทรายเนื้อละเอียดจะเกิดระแหงหินที่มีขนาดเล็ก ส่วนชั้นหินที่มีเม็ดทรายเนื้อหยาบกว่าจะมีขนาดของระแหงหินที่ใหญ่กว่า

1.4 ระแหงหินขนาดเล็กจะมีความหนาแน่นมากกว่าระแหงหินขนาดใหญ่ และมีความสัมพันธ์กับความลาดเอียงของชั้นหินด้วย กล่าวคือความหนาแน่นระแหงหินมากจะเกิดในชั้นหินที่มีความลาดเอียงมากว่าความลาดเอียงน้อย

2. **อนุสัณฐานปุ่มหิน**

2.1 อนุสัณฐานปุ่มหิน เป็นชนิดหินทราย มีแร่หลักเป็นแร่ควอตซ์และเศษหิน มีสีน้ำตาลแดงแกมเหลือง มีส่วนประกอบในเชิงปริมาณของแร่ควอตซ์ที่แตกต่างกัน และมีเหล็กออกไซด์เป็นวัตถุประสาน

2.2 อนุสัณฐานปุ่มหินเกิดขึ้นโดยระบบแตกร้าว (joint system) จากแรงเค้นของหิน ซึ่งเป็นแรงบีบอัดตามแนวระนาบสองข้างของแผ่นหินฐาน อันเป็นโครงสร้างธรณีวิทยาที่เกิดจากการเคลื่อนตัว

ของเปลือกโลกในช่วงกำเนิดเทือกเขาหิมาลัย (Himalayan Orogeny) ยุคเทอร์เชียรี ทำให้แผ่นหินฐานแตกออกเป็นบล็อกๆ ตามผิวหน้า จากนั้นจึงถูกปรับแต่งด้วยกระบวนการภายนอก คือการผุพังอยู่กับที่และการกร่อน จากน้ำฝนและน้ำผิวดินตามแนวรอยแตก ทั้งในด้านกว้างและด้านลึก ทำให้เนื้อหินตามแนวรอยแตกเดิมหายไปเหลือเป็นแท่งๆ

2.3 อนุสัณฐานปุ่มหินมี 2 รูปแบบ รูปแบบแรกวางตัวเป็นแถวหรือเป็นแนวตรงกระจายคลุมอยู่บนแผ่นหินฐาน ส่วนรูปแบบที่สองมีลักษณะกระจุกตัวอยู่เป็นกลุ่มๆ

2.4 ปุ่มหินที่พบมีรูปร่างเป็นแท่งกลมและมียอดมน เกิดจากการมีแร่ประกอบหินในปริมาณที่ต่างกันและต่างชนิดกัน โดยแร่ประกอบหินจะเกิดการสลายตัวทางกายภาพจากการหดตัวและขยายตัวในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกัน และเกิดการสลายตัวทางเคมี ทำให้เกิดการกร่อนของหินในลักษณะถดถอยเข้าหาศูนย์กลางของตัวปุ่มหินเอง ซึ่งการแตกหลุดของเม็ดแร่ดำเนินไปยาวนานจนกระทั่งพัฒนาเป็นรูปร่างแท่งหินยอดมน

2.5 ขนาด ปุ่มหินที่พบมีขนาดความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน เหตุที่ปุ่มหินมีขนาดแตกต่างกันมีปัจจัยจากการมีแร่ประกอบหินต่างกัน โดยเฉพาะสัดส่วนของแร่ควอตซ์ที่ไม่เท่ากัน กล่าวคือหากปุ่มหินใดมีแร่ควอตซ์มากจะมีขนาดใหญ่ ส่วนปุ่มหินที่มีขนาดเล็กจะมีส่วนประกอบของแร่ควอตซ์น้อย เนื่องจากหินที่มีองค์ประกอบแร่ควอตซ์มากจะเป็นปัจจัยที่ทำให้หินมีความแข็งมากและคงทนต่อการกร่อนได้มากกว่าหินที่มีองค์ประกอบแร่ควอตซ์น้อย

2.6 ความหนาแน่น ปุ่มหินในแต่ละบริเวณมีความหนาแน่นแตกต่างกัน เนื่องจากจำนวนบล็อกหินต้นกำเนิดของปุ่มหินที่เกิดจากแรงบีบอัดเป็นระบบแตกร้าว มีความแตกต่างกันในด้านจำนวนตั้งแต่เริ่มต้น เมื่อมีการพัฒนามาเป็นปุ่มหินจึงทำให้มีความหนาแน่นแตกต่างกัน

2.7 ความลาดเอียง ปุ่มหินมีความลาดเอียงเฉลี่ย 13 องศา จากแนวระนาบ โดยปุ่มหินที่มีความลาดเอียงมากหรือน้อยจะไม่มีผลต่อขนาดของปุ่มหิน ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของปุ่มหินที่ต่างกันมีผลจากส่วนประกอบของแร่ในหิน และเนื้อหินเป็นปัจจัยหลัก

3. **อนุสัณฐานร่องหิน**

3.1 อนุสัณฐานร่องหิน เป็นหินทราย มีส่วนประกอบของแร่ควอตซ์ในปริมาณที่สูง และมีเม็ดกรวดขนาดตั้งแต่ 0.5 - 2 เซนติเมตร ปนอยู่ในเนื้อหินทรายชุดนี้ด้วยและเป็นลักษณะที่เด่นมาก นอกจากนี้ยังมีแร่ชนิดอื่นอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก มีสีน้ำตาลแกมเหลือง การประสานตัวของเม็ดหินด้วยแร่ควอตซ์และแร่เหล็กออกไซด์ จึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อความแข็งของหิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอนุสัณฐานขนาดใหญ่

3.2 อนุสัณฐานร่องหินมี 2 รูปแบบ รูปแบบแรกเป็นร่องหินขนาดใหญ่ เกิดจากเหตุที่หินถูกบีบอัดทำให้เกิดการโก่งงอและแตกออกเป็นรอยแยกอย่างเป็นระบบ ในลักษณะบล็อกหินขนาดใหญ่ มี

ความลึกมาก และกระจายเรียงกันเป็นบริเวณกว้าง พบทั้งที่เป็นแนวขนานและแนวตัดกัน ต่อมาจึงถูกกระบวนการภายนอกจากแสงแดด น้ำฝน น้ำผิวดิน น้ำใต้ดินและรากพืชเข้ากระทำ จนกระทั่งขยายผลเกิดเป็นร่องหินลึกที่มีขนาดและรูปร่างเด่นชัดขึ้น รูปแบบที่สองเป็นร่องหินขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นบนผิวด้านนอกของหินฐานใหญ่ รวมทั้งบนอนุสัณฐานแผ่นร่องหินใหญ่ตามแบบแรก รูปแบบนี้เกิดขึ้นโดยสัมพันธ์กับการเกิดร่องหินขนาดใหญ่ เพียงแต่รอยแตกมีขนาดเล็กกว่า และจำกัดตัวเองอยู่เฉพาะตามผิวด้านนอกของหินฐานใหญ่เท่านั้น โดยไม่มีการพัฒนาในทางลึกแต่อย่างใด

3.3 ขนาดอนุสัณฐานร่องหิน มีความกว้างของแต่ละแผ่นร่องหินไม่เท่ากัน เกิดจากเหตุที่แผ่นหินใหญ่เดิมได้รับผลจากแรงบีบอัดที่กระทำทั้งสองด้าน ทำให้แผ่นหินต้องปรับสมดุลเพื่อเข้าสู่ดุลยภาพ ประกอบกับเนื้อหินที่ประกอบด้วยเม็ดกรวดขนาดไม่เท่ากันปะปนอยู่เป็นจำนวนมาก เนื้อหินไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (heterogeneous) ตลอด จึงเกิดการแตกเป็นบล็อกๆ และในแต่ละบล็อกมีขนาดไม่เท่ากัน และรวมทั้งขนาดของบล็อกหินยังถูกขยายผลให้แตกต่างกันด้วยกระบวนการภายนอก อนุสัณฐานร่องหินมีความกว้างเฉลี่ย 20.4 เมตร ความยาวเฉลี่ย 119.2 เมตร ความลึกเฉลี่ย 20.5 เมตร ระยะห่างระหว่างร่องหินเฉลี่ย 2 เมตร และมีเนื้อที่ผิวหินของแต่ละร่องหินเฉลี่ย 2,036.8 ตารางเมตร

3.4 ความลาดเอียงของอนุสัณฐานร่องหิน มีความลาดเอียงไม่เท่ากัน เนื่องจากรอยแยกแต่ละรอยแยกจะตอบสนองต่อแรงที่กระทำในระหว่างที่เกิดการพัฒนาบล็อกหินใหญ่ในช่วงแรกไม่เท่ากัน โดยมีการยกตัวขึ้นและทรุดตัวลงของบล็อกหินในอัตราที่ต่างกัน ดังนั้นความสัมพันธ์ของความลาดเอียงไม่เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อรูปแบบของอนุสัณฐานร่องหิน

3.5 ทิศการวางตัวของร่องหินแต่ละร่องหินแตกต่างกันไม่มาก ส่วนใหญ่มีทิศอยู่ในระบบเดียวกัน เกิดจากแรงบีบอัดที่กระทำต่อแผ่นหินในช่วงกำเนิดบล็อกหินใหญ่เป็นแรงที่กระทำในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ ดังนั้นจึงมีผลทำให้แผ่นหินเกิดการโก่งงอในลักษณะการคดโค้งแบบประทุนคว่ำ (anticlinal fold) และบริเวณเส้นโค้งของโครงสร้างหินจะแตกออกเป็นบล็อกหินใหญ่ๆ โดยมีรอยแตกไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ และส่วนใหญ่อนุสัณฐานร่องหินมีทิศการวางตัวตามระบบอะซิมุท 320 องศา ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกับแนวของเทือกเขาภูพานที่เกิดขึ้นในช่วงของ Himalayan Orogeny ยุคเทอร์เชียรี

ข้อจำกัดในการศึกษา

1. การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้นำข้อมูลเกี่ยวกับพืชพรรณที่ปกคลุมอยู่บนอนุสัณฐานมาร่วมศึกษาด้วย จึงอาจทำให้ผลการศึกษาไม่สมบูรณ์ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างอนุสัณฐานหินทรายกับพืช

2. ข้อจำกัดในการเก็บตัวอย่างหินเพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติ

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการสึกกร่อนผุพังทางธรณีสัณฐานทั้งทางกายภาพและเคมี สมควรศึกษาเรื่องนี้เพิ่มเติมเพื่อให้ได้ความชัดเจนและสมบูรณ์มากขึ้น

2. พืชต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาอาจมีผลกระทบต่ออนุสัณฐานหินทรายทั้ง 3 ดังกล่าว และยังขาดการศึกษาโดยละเอียด สมควรนำปัจจัยเรื่องพืชมาร่วมศึกษาด้วย

3. เนื่องจากการเก็บตัวอย่างหินเป็นไปอย่างจำกัด ไม่มีตัวอย่างมากเพียงพอ แม้จะเป็นหินหน่วยเดียวกัน จึงสมควรศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติม

4. อนุสัณฐานเหล่านี้แม้มีความแตกต่างกัน แต่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกในภูมิภาคนี้ สมควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกในยุคเทอร์เชียรีที่เกิด การเปลี่ยนแปลงมากกว่า 1 ครั้ง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี. (2532). *"การวิเคราะห์หินทรายของทับหลังนารายณ์บรรทมสินธุ์"*. ข่าวสารการธรณี ปีที่ 34 ฉบับที่ 4 เดือนเมษายน.กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี . กระทรวงอุตสาหกรรม.

..... (2530). *"การวิเคราะห์หินและแร่"* ข่าวสารการธรณี ปีที่ 32 ฉบับที่ 7 เดือนกรกฎาคม. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี .กระทรวงอุตสาหกรรม.

..... (2547). *แหล่งท่องเที่ยวทางธรณีวิทยา*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

..... (2542). *ธรณีวิทยาประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

กองสำรวจและจำแนกดิน. (2529). *รายงานการสำรวจดิน จังหวัดพิษณุโลก*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กองธรณีวิทยา. (2544). *มรดกธรรมชาติทางธรณีวิทยาประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

กวี วรกวิน. (2536). *วันสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชบุรี*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

..... (2547). *แผนที่ความรู้ท้องถิ่นไทย ภาคกลาง*. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

..... (2547). *ภูมิศาสตร์ ม.5*. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

.....(2546). *ภูมิศาสตร์การท่องเที่ยวประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

กองเศรษฐกิจและเผยแพร่. (2526). *แร่*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม.

งามพิศ แย้มนิยม. (2543). *ทรัพยากรแร่ในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์ประชาชน.

จงคล้าย วรพงศธร. (2541). *ความคิดเห็นของราษฎรบ้านร่องกล้าที่มีผลต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ในอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก*. ปริญญานิพนธ์. วท.ม. (บริหารการเกษตรและป่าไม้). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้. ถ่ายเอกสาร.

จุมพล วิเชียรศิลป์. (2544). *แร่ธาตุวิทยาสำหรับประชาชนชาวไทย*. บุรีรัมย์: ศูนย์คอมพิวเตอร์และอินเตอร์เนต สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์.

ชาติชาย ร่มสนธิ์. (2522). *ปฐพีวิทยาประยุกต์ทางโบราณคดี*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาโบราณคดี คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ณัฐพร ยวงเงิน. (2546). *ธรณีสัณฐานของหินภูเขาไฟประเภทบะซอลต์บริเวณลาวาหลาก อำเภอ*

วิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์. ปริญญานิพนธ์. กศ.ม.(ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

บัญชา คูเจริญไพบูลย์. (2525). *การวิจัยภูมิศาสตร์ในท้องถิ่น*. พิษณุโลก: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก.

ปัญญา จารุศิริ และคนอื่นๆ. (2545). *ธรณีวิทยากายภาพ*. กรุงเทพฯ: พลัสเพรส จำกัด.

ประเทือง จินตสกุล. (2528). *ภูมิศาสตร์กายภาพภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. กรุงเทพฯ: บูรพาสาส์น.

ประสิทธิ์ คุณรัตน์. (2520) *ปริมาณวิเคราะห์องค์ประกอบทางธรณีสัณฐานที่ส่งผลต่อการเกิดทะเลสาบรูปแอกในลุ่มน้ำชี*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 104 หน้า. อัดสำเนา.

ประเสริฐ วิทยารัฐ. (2545). *ภูมิศาสตร์กายภาพประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.

พวงเพชร์ ธนสิน. (2543). *ภูมิศาสตร์กายภาพแนวบูรณาการ*. เชียงใหม่: ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิชาญ สว่างวงศ์. (2527). *ธรณีวิทยาเบื้องต้น*. ชลบุรี: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.

มีชัย วรสายัณห์. (2519). *ภูมิศาสตร์ธรรมชาติ*. กรุงเทพฯ: พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ศิลปาบรรณาคาร.

รัตนา รุจิรกุล. (2523). *ภูมิศาสตร์กายภาพภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*.กรุงเทพฯ: เอกสารเย็บเล่ม, 423 หน้า.

วรนิช พังสุพานิช. (2530). *ธรณีวิทยาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร-วิโรฒ ประสานมิตร.

ศรีโสภา มาระเนตร์. (2542). *การตรวจพิสูจน์ทับหลังนารายณ์บรรทมสินธุ์ ปราสาทเขาพนมรุ้ง*. สำนักพิมพ์อัมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2538). *ธรณีสัณฐานประเทศไทยจากห้วงอวกาศ*. กรุงเทพฯ: ด่านสุธาการพิมพ์.

สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ. (2541). *แผนแม่บทอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดเลย*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมชาย ฉิมแย้ม. (2542). *ศักยภาพการให้น้ำท่าของพื้นที่ป่าอนุรักษ์ บริเวณอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก-เลย* ปริญญานิพนธ์ วท.ม.(วนศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

เสรีวัฒน์ สมินทร์ปัญญา. (2543). *โลกและหิน*. กรุงเทพฯ: สุวีริยสาส์น.

อภิสิทธ์ เอี่ยมหน่อ. (2530). *ธรณีวิทยา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิช.

..... (2530). *ธรณีสัณฐานวิทยา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิช.

อรกุล โกคากรวิจารณ์. (2543). *แร่*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Alan Strahler. (1996). *Introducing Physical Geography*. New York: John Wiley & Sons.

Arthur N. Strahler. (1969). *The Earth Sciences*. New York: Harper & Row.

Arthur L. Bloom. (1998). *Geomorphology*. 3th ed. USA: Department of Geological Sciences Cornell.

Brian J. Skinner. (1995). *THE BLUE PLANET*. New York: John Wiley & Sons.

Brockhamton Press. (1997). *Dictionary of Geography*. New Lanark: Geddes & Grosset Ltd.

Don J. Easterbrook. (1999). *Surface Processes and Landform*. 2th ed. USA: Burgess Publishing.

Frank Ahnert. (1998). *Introduction to Geomorphology*. London: Arnold.

Hamblin, W.K. (1986). *Physical Geology*. 6th ed. USA: Burgess Publishing.

James Gilluly and Aaron C Waters. (2511). *Principles of Geology*. San Francisco: W.H. Freeman and Company.

John Farndon. (1998). *Concise Encyclopedia Earth*. London: Dorling Kindersley.

Pettijohn F.J. (1975). *Sedimentary rocks*. 3th ed. New York: Harper and Row.

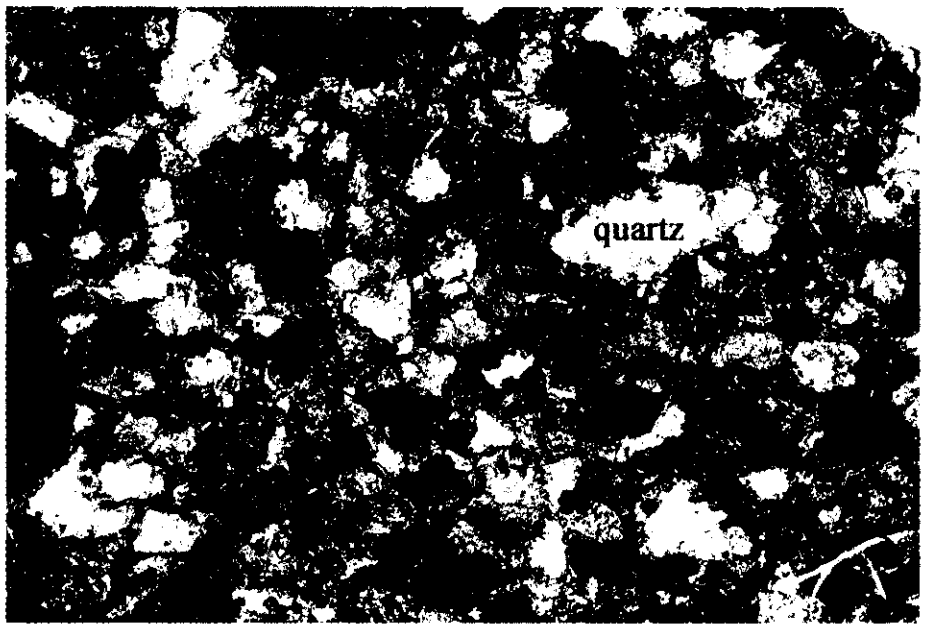
Shelley David. (1985). *Optical Mineralogy*. 2th ed. Elsevier Science Publishing.

Stanley Chernicoff. (1997). *Essentials of Geology*. New York: Worth Publishers Inc.

Thornbury W. (1969). *Principle of geomorphology*. 2th ed. New York: John Wiley & Sons.

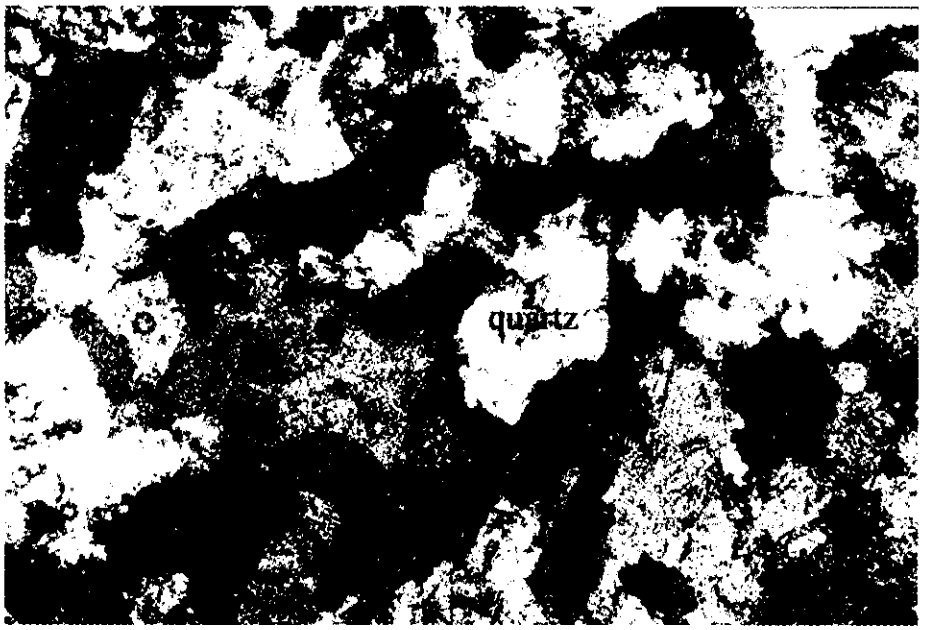
William C. Putnam. (1971). *Geology*. 2th ed. London: Oxford University.

ภาคผนวก ก
ภาพถ่ายแร่ประกอบหินของอนุสัณฐานหินทราย บนภูหินร่องกล้า ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar และผลการวิเคราะห์เคมีจากห้องปฏิบัติการ

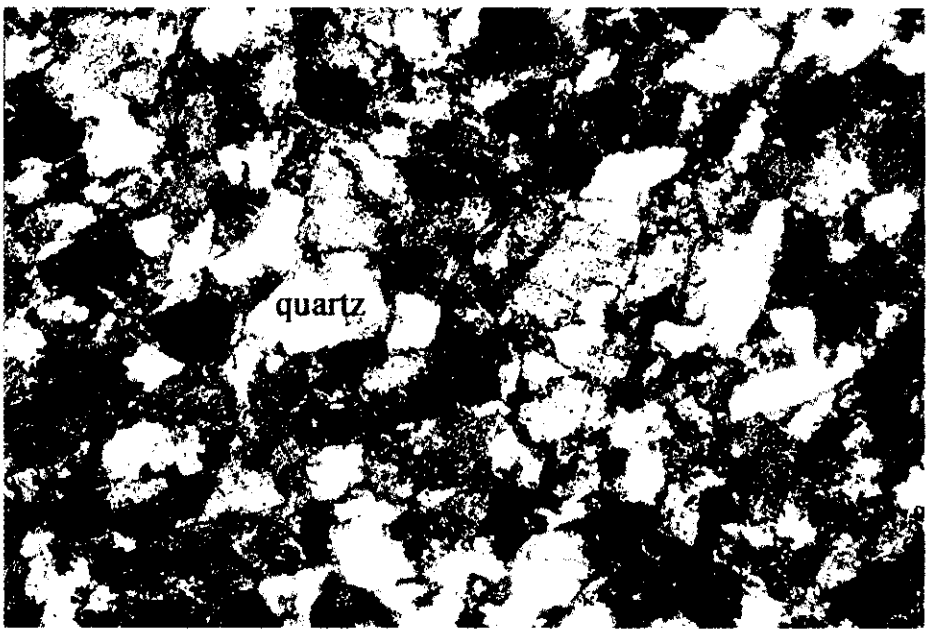


ภาพประกอบ 1 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar

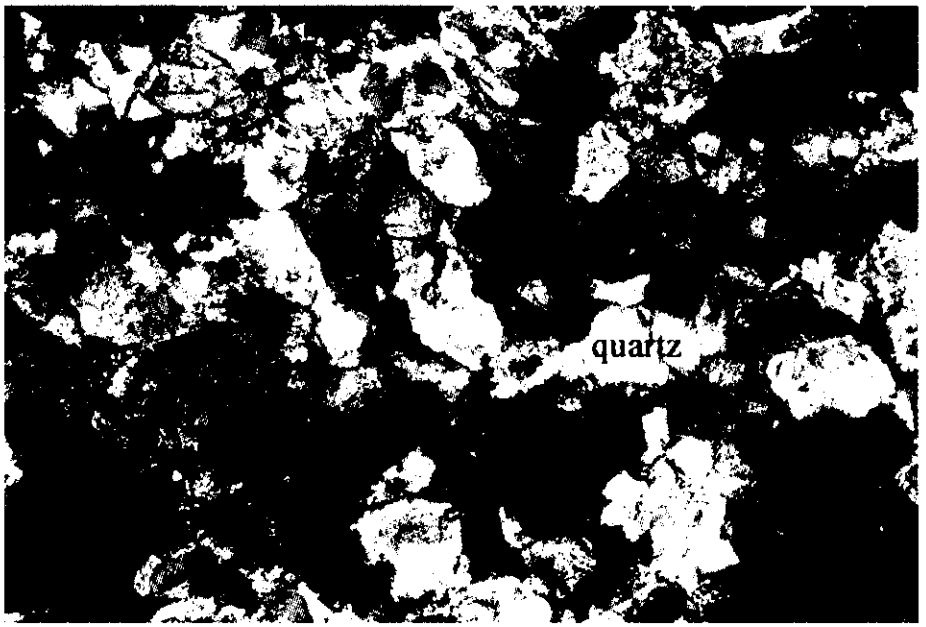
ภาพประกอบ 2 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



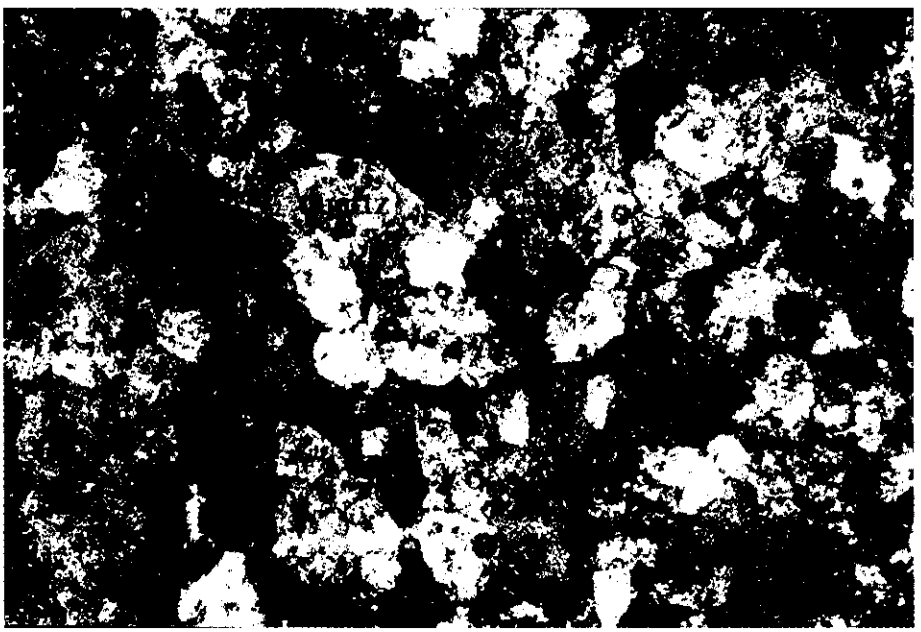
ภาพประกอบ 3 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



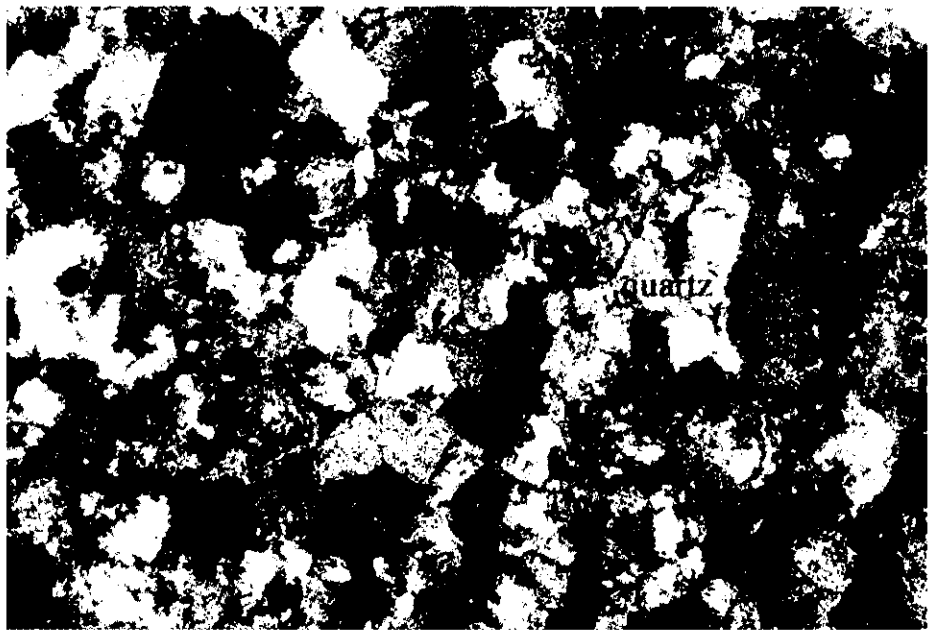
ภาพประกอบ 4 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



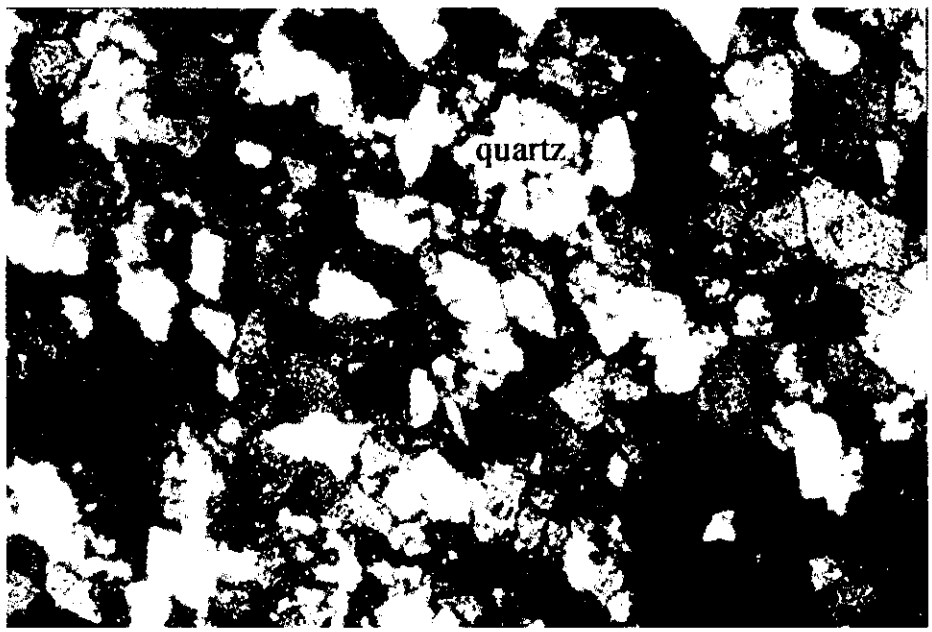
ภาพประกอบ 5 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



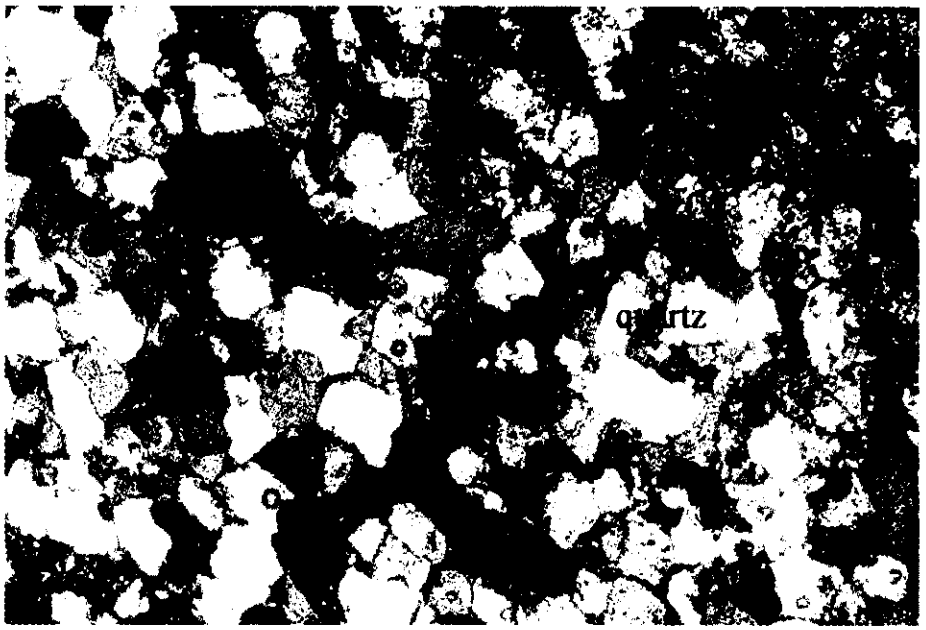
ภาพประกอบ 6 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



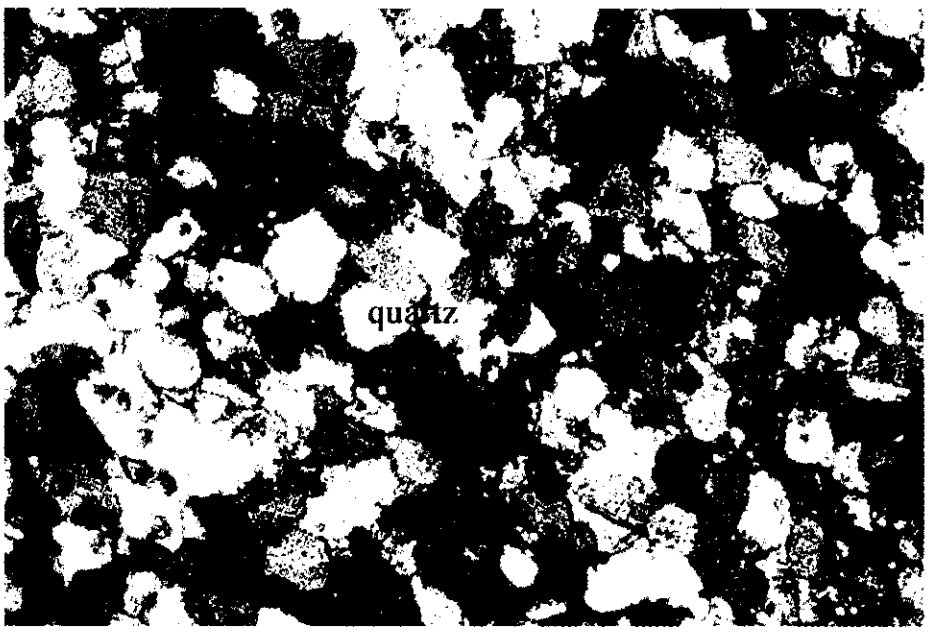
ภาพประกอบ 7 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



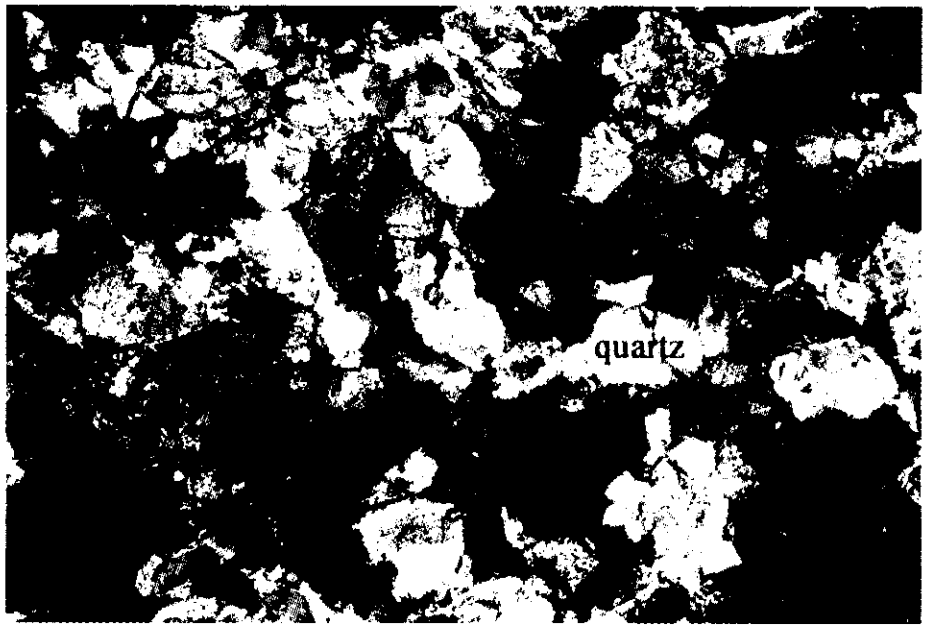
ภาพประกอบ 8 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



ภาพประกอบ 9 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar

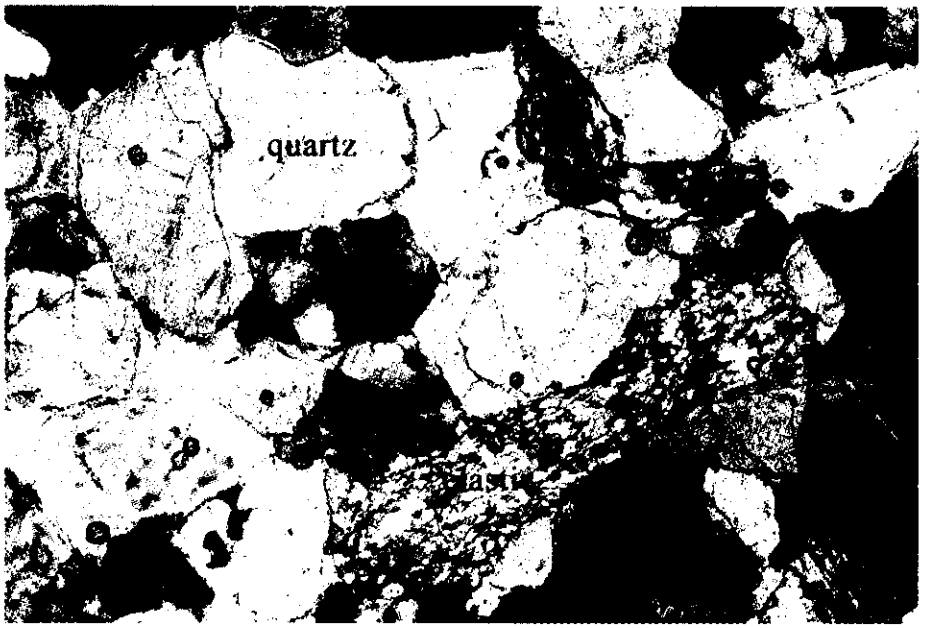


ภาพประกอบ 10 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar

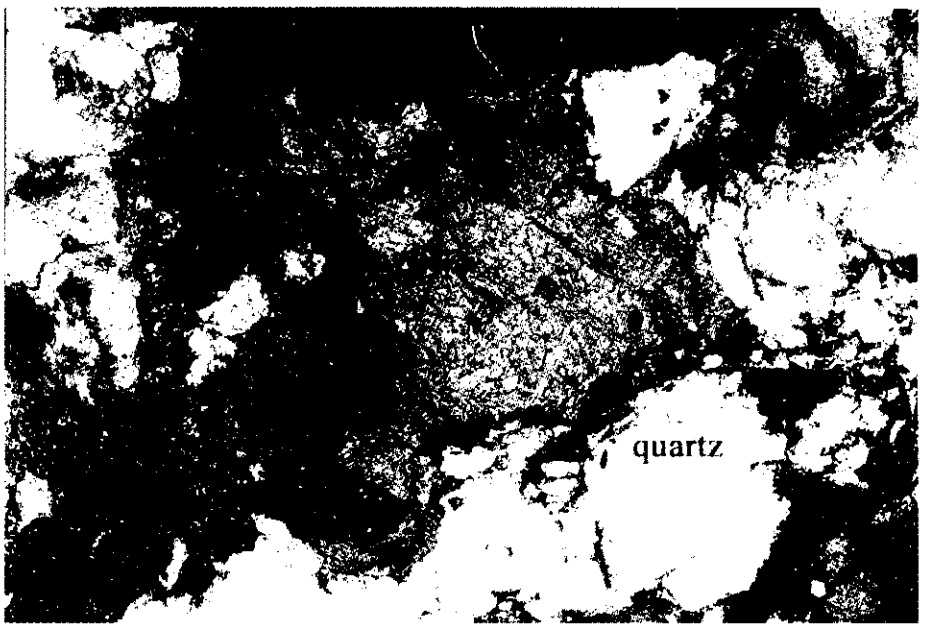


ภาพประกอบ 11 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานปุ่มหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar

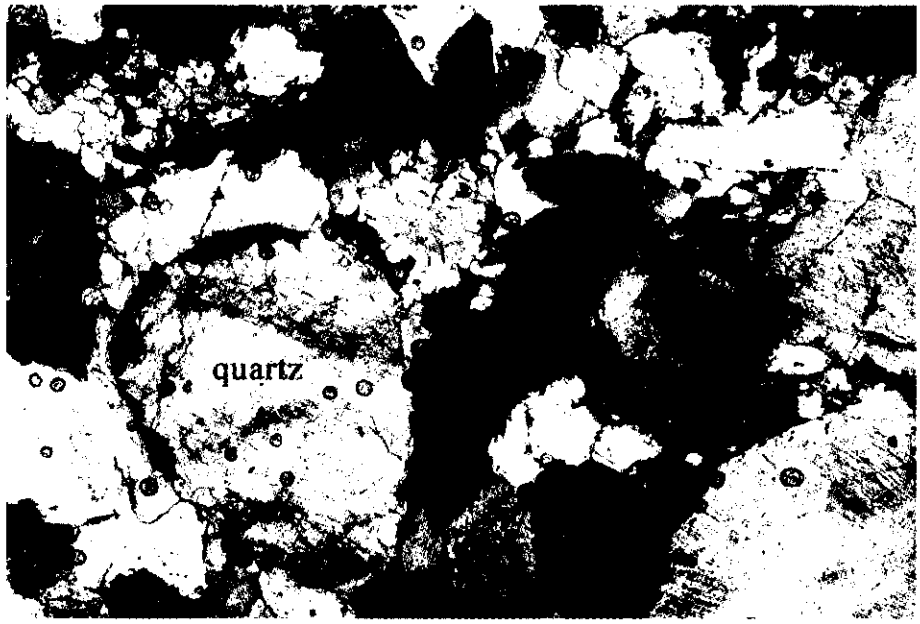
ภาพประกอบ 12 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานร่องหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



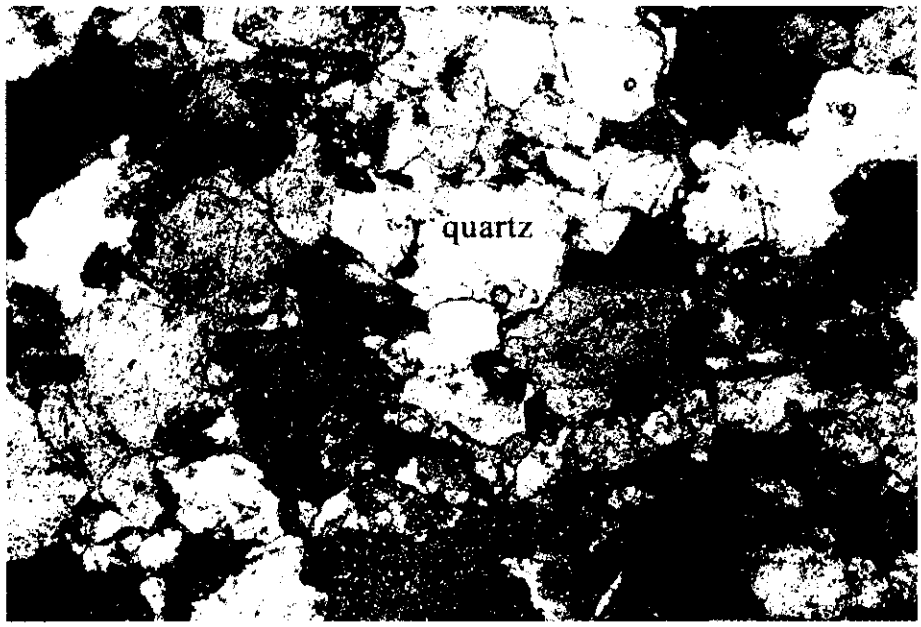
ภาพประกอบ 13 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานร่องหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



ภาพประกอบ 14 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานร่องหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



ภาพประกอบ 15 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานร่องหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar



ภาพประกอบ 16 แสดงแร่ประกอบหินในอนุสัณฐานร่องหิน บนภูหินร่องกล้า จากจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์โพลาไรซ์ แบบ cross polar

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี
75/10 ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 0-2644-8782 โทรสาร 0-2644-8782

รายงานผลการทดสอบ

หน้า..2../..6..

เลขที่คำขอ	0587/2550	วันที่รับตัวอย่าง	20 มีนาคม 2550
เครื่องหมายตัวอย่าง	SC2	หมายเลขห้องปฏิบัติการ	R0956/2550
ลักษณะและสภาพของตัวอย่าง	หิน	วิธีทดสอบ	-
ชื่อผู้ขอรับบริการ	นายกล้าหาญ พิมพ์ศรี	วิธีชักตัวอย่าง	-

ร้อยละของ	ซิลิกา	(SiO_2)	=	96.64
	อะลูมินา	(Al_2O_3)	=	1.63
	เฟร์ริกออกไซด์	(Fe_2O_3)	=	0.42
	แมกนีเซียมออกไซด์	(MgO)	<	0.10
	แคลเซียมออกไซด์	(CaO)	<	0.10
	ส่วนที่หายไปหลังการเผา	(LOI)	=	0.45
	ความชื้น	(H_2O)	=	0.39

จบรายงานการวิเคราะห์

ผู้รับรอง
(นายชันธ์พงษ์ จริงจิตร)
นักวิทยาศาสตร์ 8
หัวหน้ากลุ่มวิเคราะห์ทรัพยากรแร่และหิน

ผู้ทดสอบ เบญจมา คมวงษ์เทพ
(นางเบญจมา คมวงษ์เทพ)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 5
5 เมษายน 2550

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายใบรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณีเป็นลายลักษณ์อักษร

ภาพประกอบ 17 ผลการวิเคราะห์เคมีตัวอย่างระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 8 ตำแหน่งด้านบน

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี
75/10 ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 0-2644-8782 โทรสาร 0-2644-8782

รายงานผลการทดสอบ

หน้า..1../..6..

เลขที่คำขอ	0587/2550	วันที่รับตัวอย่าง	20 มีนาคม 2550
เครื่องหมายตัวอย่าง	SC1	หมายเลขห้องปฏิบัติการ	R0955/2550
ลักษณะและสภาพของตัวอย่าง	หิน	วิธีทดสอบ	-
ชื่อผู้ขอรับบริการ	นายกล้าหาญ พิมพ์ศรี	วิธีชักตัวอย่าง	-

ร้อยละของ	ซิลิกา	(SiO_2)	=	88.42
	อะลูมินา	(Al_2O_3)	=	5.80
	เฟร์ริกออกไซด์	(Fe_2O_3)	=	1.48
	แมกนีเซียมออกไซด์	(MgO)	=	0.28
	แคลเซียมออกไซด์	(CaO)	<	0.10
	ส่วนที่หายไปหลังการเผา	(LOI)	=	1.84
	ความชื้น	(H_2O^-)	=	0.64

จบรายงานการวิเคราะห์

ผู้รับรอง
(นายชันธ์พงษ์ จริงจิตร)
นักวิทยาศาสตร์ 8
หัวหน้ากลุ่มวิเคราะห์ทรัพยากรแร่และหิน

ผู้ทดสอบ เบญจมา คมวงษ์เทพ
(นางเบญจมา คมวงษ์เทพ)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 5
5 เมษายน 2550

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายใบรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณีเป็นลายลักษณ์อักษร

ภาพประกอบ 18 ผลการวิเคราะห์เคมีตัวอย่างระแหงหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 8 ตำแหน่งด้านล่าง

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี
75/10 ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 0-2644-8782 โทรสาร 0-2644-8782

รายงานผลการทดสอบ

หน้า...4./..6..

เลขที่คำขอ	0587/2550	วันที่รับตัวอย่าง	20 มีนาคม 2550
เครื่องหมายตัวอย่าง	ST2	หมายเลขห้องปฏิบัติการ	R0958/2550
ลักษณะและสภาพของตัวอย่าง	หิน	วิธีทดสอบ	-
ชื่อผู้ขอรับบริการ	นายกล้าหาญ พิมพ์ศรี	วิธีชักตัวอย่าง	-

ร้อยละของ	ซิลิกา	(SiO_2)	=	97.54
	อะลูมินา	(Al_2O_3)	=	0.47
	เฟร์ริกออกไซด์	(Fe_2O_3)	=	0.82
	แมกนีเซียมออกไซด์	(MgO)	<	0.10
	แคลเซียมออกไซด์	(CaO)	<	0.10
	ส่วนที่หายไปหลังการเผา	(LOI)	=	0.31
	ความชื้น	(H_2O^-)	=	0.36

จบรายงานการวิเคราะห์

ผู้รับรอง 5 เม.ย. 50
(นายขันธ์พงษ์ จริงจิตร)
นักวิทยาศาสตร์ 8
หัวหน้ากลุ่มวิเคราะห์ทรัพยากรแร่และหิน

ผู้ทดสอบ เบญจมา คมวงษ์เทพ
(นางเบญจมา คมวงษ์เทพ)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 5
5 เมษายน 2550

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายใบรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณีเป็นลายลักษณ์อักษร

ภาพประกอบ 19 ผลการวิเคราะห์เคมีตัวอย่างปูนหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 8 ตำแหน่งด้านบน

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี
75/10 ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 0-2644-8782 โทรสาร 0-2644-8782

รายงานผลการทดสอบ

หน้า 3 /.. 6 ..

เลขที่คำขอ	0587/2550	วันที่รับตัวอย่าง	20 มีนาคม 2550
เครื่องหมายตัวอย่าง	ST1	หมายเลขห้องปฏิบัติการ	R0957/2550
ลักษณะและสภาพของตัวอย่าง	หิน	วิธีทดสอบ	-
ชื่อผู้ขอรับบริการ	นายกล้าหาญ พิมพ์ศรี	วิธีชักตัวอย่าง	-

ร้อยละของ	ซิลิกา	(SiO_2)	=	96.51
	อะลูมินา	(Al_2O_3)	=	1.23
	เฟร์ริกออกไซด์	(Fe_2O_3)	=	0.86
	แมกนีเซียมออกไซด์	(MgO)	<	0.10
	แคลเซียมออกไซด์	(CaO)	<	0.10
	ส่วนที่หายไปหลังการเผา	(LOI)	=	0.49
	ความชื้น	(H_2O^-)	=	0.35

จบรายงานการวิเคราะห์

ผู้รับรอง
5 เม.ย. 50
(นายชันธ์พงษ์ จริงจิตร)
นักวิทยาศาสตร์ 8
หัวหน้ากลุ่มวิเคราะห์ทรัพยากรแร่และหิน

ผู้ทดสอบ เบญจมา คมวงษ์เทพ
(นางเบญจมา คมวงษ์เทพ)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 5
5 เมษายน 2550

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายใบรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณีเป็นลายลักษณ์อักษร

ภาพประกอบ 20 ผลการวิเคราะห์เคมีตัวอย่างปูนหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 8 ตำแหน่งด้านล่าง

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี
75/10 ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 0-2644-8782 โทรสาร 0-2644-8782

รายงานผลการทดสอบ

หน้า 5 /.. 6

เลขที่คำขอ	0587/2550	วันที่รับตัวอย่าง	20 มีนาคม 2550
เครื่องหมายตัวอย่าง	JT1	หมายเลขห้องปฏิบัติการ	R0959/2550
ลักษณะและสภาพของตัวอย่าง	หิน	วิธีทดสอบ	-
ชื่อผู้ขอรับบริการ	นายกล้าหาญ พิมพ์ศรี	วิธีชักตัวอย่าง	-

ร้อยละของ	ซิลิกา	(SiO_2)	=	98.20
	อะลูมินา	(Al_2O_3)	=	0.28
	เฟร์ริกออกไซด์	(Fe_2O_3)	=	0.73
	แมกนีเซียมออกไซด์	(MgO)	<	0.10
	แคลเซียมออกไซด์	(CaO)	<	0.10
	ส่วนที่หายไปหลังการเผา	(LOI)	=	0.29
	ความชื้น	(H_2O^-)	=	0.35

จบรายงานการวิเคราะห์

ผู้รับรอง
(นายขันธ์พงษ์ จริงจิตร)
นักวิทยาศาสตร์ 8
หัวหน้ากลุ่มวิเคราะห์ทรัพยากรแร่และหิน

ผู้ทดสอบ เบญจมา คมวงษ์เทพ
(นางเบญจมา คมวงษ์เทพ)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 5
5 เมษายน 2550

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายใบรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณีเป็นลายลักษณ์อักษร

ภาพประกอบ 21 ผลการวิเคราะห์เคมีตัวอย่างร่องหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 4 ตำแหน่งด้านบน

กองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณี กรมทรัพยากรธรณี
75/10 ถนนพระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กทม. 10400
โทรศัพท์ 0-2644-8782 โทรสาร 0-2644-8782

รายงานผลการทดสอบ

หน้า..6../..6..

เลขที่คำขอ	0587/2550	วันที่รับตัวอย่าง	20 มีนาคม 2550
เครื่องหมายตัวอย่าง	JT2	หมายเลขห้องปฏิบัติการ	R0960/2550
ลักษณะและสภาพของตัวอย่าง	หิน	วิธีทดสอบ	-
ชื่อผู้ขอรับบริการ	นายกล้าหาญ พิมพ์ศรี	วิธีชักตัวอย่าง	-

ร้อยละของ	ซิลิกา	(SiO_2)	=	97.81
	อะลูมินา	(Al_2O_3)	=	0.62
	เฟร์ริกออกไซด์	(Fe_2O_3)	=	0.69
	แมกนีเซียมออกไซด์	(MgO)	<	0.10
	แคลเซียมออกไซด์	(CaO)	<	0.10
	ส่วนที่หายไปหลังการเผา	(LOI)	=	0.16
	ความชื้น	(H_2O)	=	0.33

จบรายงานการวิเคราะห์

ผู้รับรอง
(นายชันธ์พงษ์ จริงจิตร)
นักวิทยาศาสตร์ 8
หัวหน้ากลุ่มวิเคราะห์ทรัพยากรแร่และหิน

ผู้ทดสอบ เบญจมา คมวงษ์เทพ
(นางเบญจมา คมวงษ์เทพ)
ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 5
5 เมษายน 2550

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ทดสอบเท่านั้น
ห้ามคัดถ่ายใบรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกองวิเคราะห์และตรวจสอบทรัพยากรธรณีเป็นลายลักษณ์อักษร

ภาพประกอบ 22 ผลการวิเคราะห์เคมีตัวอย่างปูนหินจากจุดเก็บตัวอย่าง 4 ตำแหน่งด้านล่าง

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงข้อมูลธรณีสัณฐานของอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหินและร่องหิน และผลการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานกับองค์ประกอบหินของอนุสัณฐานระแหงหิน ปุ่มหินและร่องหิน

ตาราง 1 แสดงรูปร่าง ขนาด ความหนาแน่น ความลาดเอียง และความสูงของปุ่มหิน จุดเก็บตัวอย่าง 1-10 บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุดที่ 1 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	25	21.8	23.4	-	12	16
	แท่ง กลมมน	25.4	22.6	24	-	12	15
	แท่ง กลมมน	24.6	21.2	22.9	-	12	14
รวม	-	75	65.6	70.3	3	36	45
$\overline{X}$	-	25	21.9	23.4	-	12	15
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 1 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	22.4	14.8	18.6	-	13	14
	แท่ง กลมมน	23.2	16.6	20	-	9	17
	แท่ง กลมมน	22.8	16	19.4	-	11	13
	แท่ง กลมมน	109	14.4	18.1	-	14	15
รวม		90.2	61.8	76	4	47	59
$\overline{X}$		22.6	15.5	19	-	11.8	14.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่1 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	23.8	16.4	20.1	-	13	17
	แท่ง กลมมน	24.2	16.4	20.3	-	12	14
รวม		48	32.8	40.4	2	25	31
$\overline{X}$		24	16.4	20.2	-	12.5	15.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 1 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	24.2	15.6	19.9	-	12	16
	แท่ง กลมมน	24.6	16	20.2	-	12	15
	แท่ง กลมมน	23.6	14.2	18.9	-	11	15

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
รวม		72.4	45.8	59.1	3	35	46
$\overline{X}$		24	15.3	19.7	-	11.7	15.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 1 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	21.4	12.8	17.1	-	14	16
	แท่ง กลมมน	22.4	14	18.2	-	11	17
	แท่ง กลมมน	22	13.6	17.8	-	10	13
	แท่ง กลมมน	21.8	13.2	17.5	-	16	11
รวม		87.6	53.6	70.6	4	51	57
$\overline{X}$		21.9	13.4	17.7	-	12.8	14.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 1 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	26.2	22.8	24.5	-	11	14
	แท่ง กลมมน	25.6	21.8	23.7	-	14	17
	แท่ง กลมมน	26.6	22.2	24.4	-	10	15
รวม		78.4	66.8	72.6	3	35	46
$\overline{X}$		26.1	22.3	24.2	-	11.7	15.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 1 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	25.4	19.6	22.5	-	11	15
		25	19.8	22.4	-	12	14
		24	17.8	20.9	-	12.5	17
รวม		74.4	53.6	65.8	3	35.5	46
$\overline{X}$		24.8	19.1	21.9	-	11.8	15.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุดที่ 1 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	25.2	18.6	21.9	-	12	12
	แท่ง กลมมน	24.4	19.4	21.9	-	12	17
	แท่ง กลมมน	26.2	19	22.6	-	12	14
รวม		75.8	57	332	3	36	43
$\overline{X}$		25.3	19	22.1	-	12	14.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 1 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	25.4	19.2	22.3	-	11	13
	แท่ง กลมมน	24.4	18	21.2	-	12	17
	แท่ง กลมมน	23.2	17.6	20.4	-	12	15
รวม		73	54.8	63.9	3	35	45
$\overline{X}$		24.3	18.3	21.3	-	11.7	15
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 1 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	26.2	18.2	22.2	-	10	16
	แท่ง กลมมน	25.6	18.6	22.1	-	13	12
	แท่ง กลมมน	24.4	17.6	21	-	11	18
รวม		76.2	54.4	65.3	3	34	46
$\overline{X}$		25.4	18.1	21.8	-	11.3	15.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
$\overline{X}$	-	24.4	17.9	21.1	-	11.9	15
Mo	แท่งกลมมน	-	-	-	3	-	-
จุดที่ 2 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	26.4	17.4	21.9	-	10	18
	แท่ง กลมมน	26.6	18.2	22.4	-	9	13
	แท่ง กลมมน	25.4	18.8	22.1	-	11	17
	แท่ง กลมมน	25.4	17.2	21.3	-	11	16

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
รวม		103.8	71.6	87.7	4	41	64
$\overline{X}$		26	17.9	21.9	-	10.3	16
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 2 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	25.8	17.8	21.8	-	10	19
	แท่ง กลมมน	26.2	18.4	22.3	-	11	13
	แท่ง กลมมน	25.6	16.4	21	-	10	14
รวม		77.6	52.6	65.1	3	31	46
$\overline{X}$		25.8	17.5	21.7	-	10.3	15.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 2 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	26.6	17	21.8	-	9	20
	แท่ง กลมมน	25.8	16.8	21.3	-	10	17
	แท่ง กลมมน	26.8	17.4	22.1	-	9.5	14
รวม		79.2	51.3	65.2	3	28.5	51
$\overline{X}$		26.4	17.1	21.7	-	9.5	17
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 2 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	26.2	17.6	21.9	-	12	18
	แท่ง กลมมน	25.4	16.4	20.9	-	8.5	16
	แท่ง กลมมน	27.2	15.6	21.4	-	9	17
รวม		78.8	49.6	64.2	3	29.5	51
$\overline{X}$		26.3	16.5	21.4	-	9.8	17
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 2 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	27.2	18.2	22.7	-	9	20
	แท่ง กลมมน	26.6	17.6	22.1	-	9.5	16

จุดเก็บตัวอย่างปุมหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุมต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
รวม		53.8	35.8	44.8	2	18.5	36
$\bar{X}$		26.9	17.9	22.4	-	9.3	18
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 2 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	25.6	16.8	21.2	-	10	17
	แท่ง กลมมน	26.2	17.6	21.9	-	10.5	17
	แท่ง กลมมน	24.4	16.6	20.5	-	9	15
รวม		76.2	51	63.6	3	29.5	49
$\bar{X}$		25.4	17	21.2	-	9.8	16.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 2 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	25.4	16.4	20.9	-	10.5	18
	แท่ง กลมมน	26.2	17.4	21.8	-	10.5	16
	แท่ง กลมมน	26.6	18.2	24.4	-	9.5	18
รวม		78.2	52	70.5	3	30.5	52
$\bar{X}$		26.1	17.3	21.7	-	10.2	17.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 2 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	26.2	17.6	21.9	-	10	18
	แท่ง กลมมน	26.6	18.2	22.4	-	9	18
	แท่ง กลมมน	25.4	16.8	21.1	-	9.5	15
รวม		78.2	52.6	65.4	3	28.5	51
$\bar{X}$		26.1	17.5	21.8	-	9.5	17
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 2 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	26	17.8	21.9	-	10	17
	แท่ง กลมมน	25.4	17.6	21.5	-	11	17
	แท่ง กลมมน	26.6	18	22.3	-	9	18

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
รวม		78	53.4	65.7	3	30	52
$\overline{X}$		26	17.8	21.9	-	10	17.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 2 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	26.4	17.6	22	-	8.5	18
	แท่ง กลมมน	26.8	16.8	21.8	-	11	17
	แท่ง กลมมน	25.4	16	20.7	-	9	17
รวม		78.6	50.4	64.5	3	28.5	52
$\overline{X}$		26.2	16.8	21.5	-	9.5	17.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
$\overline{X}$	แท่ง กลมมน	26.1	17.3	21.7	-	9.8	16.9
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	3	-	-
จุดที่ 3 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	30.8	18.6	24.7	-	11	19
		30	17.6	23.8	-	10	16
รวม		60.8	36.2	48.5	2	21	35
$\overline{X}$		30.4	18.1	24.3	-	10.5	17.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 3 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	29.6	16.6	23.1	-	9.5	17
	แท่ง กลมมน	29.8	17.4	23.6	-	10	16
	แท่ง กลมมน	27.4	15.8	21.6	-	11	17
รวม		86.8	49.8	68.3	3	30.5	50
$\overline{X}$		28.9	16.6	22.8	-	10.2	16.7
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุดที่ 3 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	30	18	24	-	10	18
	แท่ง กลมมน	29.4	16.2	22.8	-	10.5	17
รวม		59.4	34.2	46.8	2	20.5	35
$\overline{X}$		29.7	17.1	23.4	-	10.3	17.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุดที่ 3 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	30.6	17.8	24.2	-	11	17
	แท่ง กลมมน	30	18.2	24.1	-	11	17
รวม		60.6	36	48.3	2	22	34
$\overline{X}$		30.3	18	24.2	-	11	17
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 3 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	30.8	18.4	24.6	-	10.5	17
	แท่ง กลมมน	30.6	18	24.3	-	11.5	18
	แท่ง กลมมน	30.2	17.4	23.8	-	9	15
รวม		91.6	53.8	72.7	3	31	50
$\overline{X}$		30.5	17.9	24.2	-	10.3	16.7
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด3 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	30.4	18	24.2	-	10	18
	แท่ง กลมมน	30	18.6	24.3	-	11	17
	แท่ง กลมมน	29.8	17.6	23.7	-	10.5	17
รวม		90.2	54.2	72.2	3	31.5	52
$\overline{X}$		30.1	18.1	24.1	-	10.5	17.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 3 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	30	18.2	24.1	-	11	17.5
	แท่ง กลมมน	29.6	18.8	24.2	-	10.8	16
	แท่ง กลมมน	31	17.6	24.3	-	10	17
รวม		90.6	54.6	72.6	3	31.8	50.5
$\overline{X}$		30.2	18.2	24.2	-	10.6	16.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 3 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	30.8	18.6	24.7	-	10.5	18
	แท่ง กลมมน	31	18	24.5	-	10	16.5
	แท่ง กลมมน	29.4	17.6	23.5	-	10.5	16
รวม		91.2	54.2	72.7	3	31	50.5
$\overline{X}$		30.4	18.1	24.2	-	10.3	16.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 3 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	30.6	18.6	24.6	-	11	17
	แท่ง กลมมน	30.4	18.4	24.4	-	10.5	17.5
รวม		61	37	49	2	21.5	34.5
$\overline{X}$		30.5	18.5	24.5	-	10.8	17.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 3 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	30.4	18	24.2	-	11.8	17
	แท่ง กลมมน	30	17.8	23.9	-	10	16
	แท่ง กลมมน	30.6	18.6	24.6	-	10.5	17.5
รวม		91	54.4	72.7	3	32.3	50.5
$\overline{X}$		30.3	18.1	24.2	-	10.8	16.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุมหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุมต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
$\overline{X}$	-	30.1	17.9	24	-	10.5	17
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	3	-	-
จุด 4 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	18.6	14	16.3	-	22	21
	แท่ง กลมมน	18	14.8	16.4	-	27	20
	แท่ง กลมมน	18.2	13.8	16	-	24	23
	แท่ง กลมมน	17.6	13.2	15.4	-	26	19
	แท่ง กลมมน	17.8	14.2	16	-	25	21
รวม		90.2	70	80.1	5	124	104
$\overline{X}$		18.0	14	16.0	-	24.8	20.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 4 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	18.2	14.2	16.2	-	25	21
	แท่ง กลมมน	18.6	14	16.3	-	26	22
	แท่ง กลมมน	17.8	13.8	15.8	-	23	19
	แท่ง กลมมน	19	14.4	16.7	-	24	23
รวม		73.6	56.4	65	4	98	85
$\overline{X}$		18.4	14.1	16.3	-	24.5	21.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 4 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	18	14	16	-	25	20
	แท่ง กลมมน	18.4	14.2	16.3	-	24	22
	แท่ง กลมมน	17.6	14.4	16	-	22	21
	แท่ง กลมมน	18.8	13.6	16.2	-	27	20
	แท่ง กลมมน	18	13.8	15.9	-	25	22
รวม		90.8	70	80.4	5	123	105
$\overline{X}$		18.2	14	16.1	-	24.6	21
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุมหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุมต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 4 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	16.8	14.2	16.4	-	25	21
	แท่ง กลมมน	18	14	16	-	25	20.5
	แท่ง กลมมน	19	14	16.5	-	26	21
รวม		55.6	42.2	48.9	3	76	62.5
$\overline{X}$		18.5	14.1	16.3	-	25.3	20.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 4 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	18	14.6	16.3	-	24	21
	แท่ง กลมมน	17.8	13.8	15.8	-	26	20
	แท่ง กลมมน	18.2	13.6	15.9	-	25	22
	แท่ง กลมมน	18.4	14	16.2	-	25	23
	แท่ง กลมมน	17.6	14.2	15.9	-	26	20
	แท่ง กลมมน	17.4	13.4	15.4	-	26	18
รวม		107.4	83.6	95.5	6	152	124
$\overline{X}$		17.9	13.9	15.8	-	25.3	20.7
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 4 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	18	14	16	-	25	21
	แท่ง กลมมน	18.2	14.4	16.3	-	26	22
	แท่ง กลมมน	17.6	13.2	15.4	-	22	20
	แท่ง กลมมน	19	14.2	16.6	-	28	20
	แท่ง กลมมน	17.8	13.6	15.7	-	25	18
รวม		90.6	69.4	80	5	126	101
$\overline{X}$		18.1	13.9	16	-	25.2	20.2
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 4 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	18.4	14	16.2	-	25	21
	แท่ง กลมมน	18.4	14.4	16.4	-	25	21
	แท่ง กลมมน	18.6	13.8	16.2	-	22	22
	แท่ง กลมมน	17.4	14.2	15.8	-	27	17
รวม		72.8	56.4	64.6	4	99	81
$\overline{X}$		18.2	14.1	16.2	-	24.8	20.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 4 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	18.4	14	16.2	-	24	21
	แท่ง กลมมน	18.6	14	16.3	-	26	22
	แท่ง กลมมน	18	14.4	16.2	-	25	20
	แท่ง กลมมน	18.2	13.6	15.9	-	25	19
	แท่ง กลมมน	18	14	16	-	26	22
รวม		91.2	70	80.6	5	126	104
$\overline{X}$		18.2	14	16.1	-	25.2	20.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 4 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	18.6	14	16.3	-	25	21
	แท่ง กลมมน	18.4	14	16.2	-	25	20
	แท่ง กลมมน	18	14	16	-	25	21
รวม		55	42	48.5	3	75	62
$\overline{X}$		18.3	14	16.2	-	25	20.7
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 4 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	18.6	14	16.3	-	25	21
	แท่ง กลมมน	18.4	14.2	16.3	-	24	21
	แท่ง กลมมน	18.6	14	16.3	-	23	22
	แท่ง กลมมน	18.6	14	16.3	-	25	21

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
รวม		74.2	56.2	65.2	4	97	85
$\overline{X}$		92.8	14.1	16.3	-	24.3	21.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
$\overline{X}$	-	18.3	14.0	16.1	-	24.9	20.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	5	-	-
จุด 5 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	19.6	13.4	16.5	-	21	19
	แท่ง กลมมน	19.2	13	16.1	-	22	18
	แท่ง กลมมน	19.8	12.6	16.2	-	23	19
	แท่ง กลมมน	17.6	13.8	15.7	-	23.5	19
	แท่ง กลมมน	18.2	13.8	16	-	21	19
	แท่ง กลมมน	19.4	13.2	16.3	-	23.5	18
รวม		113.8	79.8	96.8	6	134	112
$\overline{X}$		19	13.3	16.1	-	22.3	18.7
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 5 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	19.4	13.4	16.4	-	23	19
	แท่ง กลมมน	19.4	13.2	16.3	-	23.5	19
	แท่ง กลมมน	19.4	13.4	16.4	-	22.5	19
	แท่ง กลมมน	19.3	13.4	16.4	-	23.5	19
	แท่ง กลมมน	19.6	13.1	16.4	-	22	17
	แท่ง กลมมน	19.6	13.4	16.5	-	23	18.5
	แท่ง กลมมน	19.5	13.6	16.6	-	23	19
รวม		136.2	93.5	115.5	7	160.5	130.5
$\overline{X}$		19.5	13.4	16.5	-	22.9	18.6
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 5 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	19.6	13.4	16.5	-	22	19
	แท่ง กลมมน	19.6	13.2	16.4	-	23	19
	แท่ง กลมมน	19.6	13.4	16.5	-	22	19
	แท่ง กลมมน	19.5	13.4	16.5	-	23.5	18.5
	แท่ง กลมมน	19.7	13.6	16.7	-	22	19.5
รวม		98	67	82.5	5	112.5	94.5
$\overline{X}$		19.6	13.4	16.5	-	22.5	18.9
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 5 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	19.7	13	16.4	-	23	19
	แท่ง กลมมน	19.6	13.4	16.5	-	23	19
	แท่ง กลมมน	19.6	13.3	16.5	-	23	18
	แท่ง กลมมน	19.3	13.6	16.5	-	22.5	18.5
	แท่ง กลมมน	19.4	13.4	16.4	-	22	17.8
	แท่ง กลมมน	19.6	13.4	16.5	-	22.5	19
รวม		117.2	80.1	98.7	6	136	11.3
$\overline{X}$		19.5	13.3	16.4	-	22.7	18.6
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 5 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	19.4	13.7	16.52	-	22.5	19
	แท่ง กลมมน	19.7	13.4	16.6	-	23	18
	แท่ง กลมมน	19.4	13.4	16.4	-	23	17.5
	แท่ง กลมมน	19.6	13	16.3	-	22	19
รวม		78.1	53.5	65.8	4	90.5	73.5
$\overline{X}$		19.5	13.4	16.4	-	22.6	18.4
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 5 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	19.4	13.4	16.4	-	23.5	19.5
	แท่ง กลมมน	19.6	13.5	16.6	-	22.5	18.5
	แท่ง กลมมน	19.8	13.6	16.7	-	23	18
	แท่ง กลมมน	19.7	13.8	16.8	-	23	19.5
	แท่ง กลมมน	19.4	13.6	16.5	-	22.5	17
	แท่ง กลมมน	19.6	13	16.3	-	23	18
รวม		117.5	80.9	99.3	6	137.5	110.5
$\overline{X}$		19.6	13.5	16.5	-	22.9	18.4
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 5 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	19.6	13.5	16.6	-	23	18
	แท่ง กลมมน	19.4	13.7	16.6	-	23	19.5
	แท่ง กลมมน	19.7	13.3	16.5	-	22.5	17
	แท่ง กลมมน	19.5	13.1	16.3	-	23	16
	แท่ง กลมมน	19	13.2	16.1	-	22.5	19.5
รวม		97.2	66.8	82.0	5	114	90
$\overline{X}$		19.4	13.4	16.4	-	22.8	18
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 5 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	19.4	13.6	16.5	-	23.5	19.5
	แท่ง กลมมน	19.4	13.6	16.5	-	23	19
	แท่ง กลมมน	19.5	13.7	16.6	-	22	18
	แท่ง กลมมน	19.8	13.8	16.8	-	21.5	18
	แท่ง กลมมน	19.6	13	16.36	-	22	18.5
รวม		97.7	67.7	82.7	5	112	93
$\overline{X}$		19.5	13.5	16.5	-	22.4	18.6
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุมหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุมต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 5 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	19.6	14.4	17	-	22	19
	แท่ง กลมมน	19.8	12.4	16.1	-	22	19
	แท่ง กลมมน	19.4	15.4	17.4	-	23.5	19
	แท่ง กลมมน	17.4	12.6	15	-	23	17.5
	แท่ง กลมมน	19.8	13	16.4	-	23	18.5
รวม		96	339	81.9	5	113.5	93
$\overline{X}$		19.2	13.6	16.4	-	22.7	18.6
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 5 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	20.4	14.4	17.4	-	23	19.5
	แท่ง กลมมน	15.6	14.8	15.2	-	22.5	18
	แท่ง กลมมน	19.8	15.6	17.7	-	23	17
	แท่ง กลมมน	19.6	11.4	15.5	-	23	18
	แท่ง กลมมน	19.8	11	15	-	22.5	18
รวม		94.4	67.2	82.8	5	114	90.5
$\overline{X}$		18.9	13.4	16.6	-	22.8	18.1
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
$\overline{X}$		19.4	13.4	16.0	-	22.7	18.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	5	-	-
จุด 6 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	28.8	23.2	26	-	11	32.5
	แท่ง กลมมน	28	22.4	25.2	-	10.5	35
รวม		56.8	45.6	51.2	2	21.5	67.5
$\overline{X}$		28.4	22.8	25.6	-	10.8	33.6
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 6 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	28.6	22.4	25.5	-	11.5	33
	แท่ง กลมมน	27.8	23.4	25.6	-	10	34.5
รวม		56.4	45.8	51.1	2	21.5	67.5
$\overline{X}$		28.2	22.9	25.6	-	10.8	33.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 6 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	27.8	24.4	25.1	-	11.5	32.5
	แท่ง กลมมน	29.4	23	26.2	-	10	34.5
รวม		57.8	45.4	51.3	2	21.5	67
$\overline{X}$		28.6	26.3	25.7	-	10.8	33.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 6 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	28.6	22.2	25.4	-	11	32.5
	แท่ง กลมมน	28	24	26	-	10.5	34
	แท่ง กลมมน	28.8	22.8	25.8	-	11.5	33.5
รวม		85.4	68.6	77.5	3	34	100
$\overline{X}$		28.5	23	25.7	-	11.3	33.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 6 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	29	22.4	25.7	-	11.5	33.5
	แท่ง กลมมน	27.6	23	25.3	-	10.5	35
รวม		56.6	45.4	51	2	22	68.5
$\overline{X}$		28.3	22.7	25.5	-	11	34.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 6 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	29	22.6	25.8	-	11.5	34.5
	แท่ง กลมมน	28.6	23.4	26	-	10	32.5
รวม		57.6	46	51.8	2	21.5	67
$\overline{X}$		28.8	23	25.9	-	10.8	33.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 6 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	28.2	22.2	25.2	-	11.5	34.5
	แท่ง กลมมน	28.6	23.2	26	-	9.5	31
รวม		56.9	45.4	51.2	2	21	65.5
$\overline{X}$		28.5	22.7	25.6	-	10.5	32.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 6 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	27.8	23.2	25.5	-	11	34
	แท่ง กลมมน	29.4	23.1	26.3	-	11.5	33.5
รวม		57.2	46.3	51.8	2	22.5	67.5
$\overline{X}$		28.6	23.2	25.9	-	11.3	33.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 6 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	28.4	23.2	25.8	-	11	34
	แท่ง กลมมน	28.7	22.9	25.8	-	11	34
รวม		57.1	46.1	51.6	2	22	68
$\overline{X}$		28.6	23.1	25.8	-	11	34
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 6 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	28.5	23.3	25.9	-	11.5	34.5
	แท่ง กลมมน	27.9	23.1	25.5	-	11	33

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
รวม		56.4	46.4	51.4	2	22.5	67.5
$\overline{X}$		28.2	23.2	25.7	-	11.3	33.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
$\overline{X}$	-	28.5	22.9	25.7	-	11	33.6
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	2	-	-
จุด 7 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	34	18.4	26.2	-	9.5	29
	แท่ง กลมมน	33.4	17.6	25.5	-	9	27.5
รวม		67.4	36	51.7	2	18.5	56.5
$\overline{X}$		33.7	18	25.9	-	9.3	28.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 7 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	34.4	18	26.2	-	10.5	30.5
	แท่ง กลมมน	33.8	18.6	26.2	-	9	28.5
รวม		68.2	36.6	52.4	2	19.5	59
$\overline{X}$		34.1	18.3	26.2	-	9.8	29.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 7 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	34.4	18	26.2	-	9.5	27.5
	แท่ง กลมมน	34.6	18.5	26.6	-	9.5	31
รวม		69.2	36.5	52.8	2	19	58.5
$\overline{X}$		34.5	18.3	26.4	-	9.5	29.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 7 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	34	18.7	26.4	-	9.5	27.5
	แท่ง กลมมน	34.5	18	26.3	-	11	32
	แท่ง กลมมน	33.6	18.3	26.0	-	8	28

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
รวม		102	55	78.6	3	28.5	87.5
$\overline{X}$		34.0	18.3	26.2	-	9.5	29.2
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 7 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	35.4	17.6	26.5	-	10	29
	แท่ง กลมมน	33.4	18.7	25.8	-	9	27.5
รวม		68.2	36.3	52.3	2	19	56.5
$\overline{X}$		34.1	18.2	26.1	-	9.5	28.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 7 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	34.6	18.4	26.5	-	9.5	27.5
	แท่ง กลมมน	34.5	18.9	26.7	-	9	30
รวม		345.5	37.3	53.2	2	18.5	57.5
$\overline{X}$		34.6	18.7	26.6	-	9.3	28.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 7 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	34.3	18.5	26.4	-	9.5	31
	แท่ง กลมมน	34	18.3	26.2	-	9	30.5
	แท่ง กลมมน	33.9	18.6	26.3	-	10	27
รวม		102.2	55.4	78.8	3	28.5	88.5
$\overline{X}$		34.1	18.5	26.3	-	9.5	29.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 7 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	33.9	18.3	25.1	-	10	30.8
	แท่ง กลมมน	34.2	18.5	26.4	-	10.5	31
	แท่ง กลมมน	34.1	18.1	26.1	-	9	28.5

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
รวม		102.2	54.9	78.6	3	29.5	90.3
$\overline{X}$		34.1	18.3	26.2	-	9.8	30.1
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 7 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	33.7	18.3	26	-	9.5	27.5
	แท่ง กลมมน	34.6	18.1	26.4	-	9	31
	แท่ง กลมมน	34.2	18.6	26.4	-	10.5	29
รวม		102.5	55	78.8	3	29	87.5
$\overline{X}$		34.16	18.3	26.3	-	9.7	29.2
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 7 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	34.5	18.3	26.4	-	10	27.5
	แท่ง กลมมน	34.7	18.2	26.5	-	11.5	26
		33.2	18.5	25.9	-	9	32
รวม		102.4	55	78.7	3	30.5	85.5
$\overline{X}$		34.1	18.3	26.2	-	10.2	28.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
$\overline{X}$	-	34.1	18.3	26.2	-	9.6	29.1
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	2	-	-
จุด 8 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	34.8	26.8	30.8	-	8.5	33
	แท่ง กลมมน	33.9	25.5	29.7	-	9	39.5
รวม		68.7	52.3	60.5	2	17.5	72.5
$\overline{X}$		34.4	26.2	30.3	-	8.8	36.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 8 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	34.8	26.8	30.8	-	9.5	31.5
	แท่ง กลมมน	36.1	24.6	30.4	-	10	39
	แท่ง กลมมน	33.3	28.1	30.7	-	9	42.5
รวม		104.2	79.5	91.9	3	28.5	113
$\overline{X}$		34.7	26.5	30.6	-	9.5	37.7
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 8 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	35.2	26.7	31	-	9	36.5
	แท่ง กลมมน	34.7	25.9	30.3	-	9.5	33
รวม		69.9	52.6	61.3	2	18.5	69.5
$\overline{X}$		35	26.3	30.6	-	9.3	34.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 8 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	35.1	26.6	30.9	-	10	27.5
	แท่ง กลมมน	35.4	25.5	30.5	-	9	39
	แท่ง กลมมน	33.6	27.3	30.5	-	9	33.5
รวม		104.1	79.4	91.8	3	28	99.7
$\overline{X}$		34.7	26.5	30.6	-	9.3	33.2
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 8 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	33.8	26	29.9	-	10	31.5
	แท่ง กลมมน	35.4	26.9	31.2	-	9.5	33
รวม		69.2	52.9	61.1		19.5	64.5
$\overline{X}$		34.6	26.5	30.5	2	9.8	32.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุมหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 8 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	34.3	26.1	30.2	-	8.5	32.5
	แท่ง กลมมน	35.2	27.6	31.4	-	10	37.5
รวม		74.9	53.7	61.6	2	18.5	70
$\overline{X}$		34.8	26.9	30.8	-	9.3	35
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 8 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	34	26.1	30.1	-	10.5	33.5
	แท่ง กลมมน	34.7	26.9	30.8	-	9	42
รวม		68.7	53	60.9	2	19.5	75.5
$\overline{X}$		34.4	26.5	30.4	-	9.8	37.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 8 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	35.4	26.6	31	-	10	35
	แท่ง กลมมน	33.8	25.4	29.6	-	9.5	39
รวม		69.2	52	60.6	2	19.5	74
$\overline{X}$		34.6	26	30.3	-	9.8	37
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 8 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	34.1	26.5	30.3	-	11	29
	แท่ง กลมมน	35.4	53	30.7	-	9	38.5
รวม		69.5	52.4	61	2	20	67.5
$\overline{X}$		34.8	26.2	30.5	-	10	33.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 8 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	34.1	27.4	30.8	-	11	28
	แท่ง กลมมน	33.9	26.7	30.3	-	9.5	37.5

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
รวม		67.9	54.1	61.1	2	20.5	65.5
$\overline{X}$		34.0	30.7	30.5	-	10.3	32.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
$\overline{X}$	-	34.6	26.5	30.5	-	9.6	35.1
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	2	-	-
จุด 9 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	33.6	21.6	27.6	-	9	17
	แท่ง กลมมน	32.7	22.7	27.7	-	9.5	21.5
	แท่ง กลมมน	31.5	23.4	27.5	-	10	18.5
รวม		97.8	47.7	82.8	3	28.5	57
$\overline{X}$		32.6	22.6	27.6	-	9.5	19
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 9 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	33.1	22.5	27.8	-	10	19
	แท่ง กลมมน	31.7	23.7	27.7	-	9	23.5
รวม		64.8	46.2	55.5	2	19	42.5
$\overline{X}$		32.4	23.1	27.8	-	9.5	21.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 9 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	33.5	22.5	28	-	11	16.5
	แท่ง กลมมน	33.2	21.4	27.3	-	10	22
	แท่ง กลมมน	31.9	21.9	26.9	-	9.5	24.5
รวม		98.6	65.8	82.2	3	30.5	63
$\overline{X}$		32.9	21.9	27.4	-	10.2	21
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 9 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	32.6	20.9	26.8	-	9	21
	แท่ง กลมมน	33.3	22.7	28	-	9	19.5
รวม		65.9	43.6	54.8	2	18	40.5
$\overline{X}$		33.0	21.8	27.4	-	9	20.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 9 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	33	22.1	27.6	-	10.5	18.5
	แท่ง กลมมน	32.5	22.9	27.7	-	9	22
รวม		65.5	45	55.3	2	19.5	40.5
$\overline{X}$		32.8	22.5	27.6	-	9.8	20.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 9 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	31.6	21.1	26.4	-	10	15.5
	แท่ง กลมมน	34.3	22.9	28.6	-	9	21.5
	แท่ง กลมมน	33.4	21.6	27.5	-	9.5	19.5
รวม		99.3	65.6	55.0	3	28.5	56.5
$\overline{X}$		33.1	21.9	27.5	-	9.5	18.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 9 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	33.1	22.2	27.7	-	10	17
	แท่ง กลมมน	33.2	21.6	27.4	-	10	17.5
	แท่ง กลมมน	34.2	20.9	27.6	-	9	22
รวม		100.5	64.7	82.6	3	29	56.5
$\overline{X}$		33.5	21.6	27.5	-	9.7	18.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 9 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	33.4	22	27.7	-	9.5	15
	แท่ง กลมมน	31.6	21.1	26.4	-	10	19
รวม		65	43.1	54.1	2	19.5	34
$\overline{X}$		32.5	21.6	27.0	-	9.8	17
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 9 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	34.1	21.1	27.6	-	9	14.5
	แท่ง กลมมน	33.2	22.4	27.8	-	10	20
รวม		67.3	43.5	55.4	2	19	34.5
$\overline{X}$		33.7	21.8	27.7	-	9.5	17.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 9 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	33.2	22	27.6	-	9	18
	แท่ง กลมมน	34.1	21.3	27.7	-	9	17.5
รวม		67.3	43.3	55.3	2	18	35.5
$\overline{X}$		33.7	21.7	27.7	-	9	17.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
$\overline{X}$	-	33	22.0	27.5	-	10.5	19.2
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	2	-	-
จุด 10 ตาราง 1	แท่ง กลมมน	25.6	22.2	23.9	-	9	18
	แท่ง กลมมน	26.2	21.8	24	-	9.5	16.5
	แท่ง กลมมน	25	22.8	23.9	-	10	21
รวม		76.8	66.8	71.8	2	28.5	55.5
$\overline{X}$		25.6	22.3	23.9	-	9.5	18.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุมหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุมต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 10 ตาราง 2	แท่ง กลมมน	25	22.1	23.6	-	9	18
	แท่ง กลมมน	26.1	23	24.6	-	9	16.5
รวม		51.1	45.1	48.1	2	18	34.5
$\bar{X}$		25.6	22.6	24.1	-	9	17.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 10 ตาราง 3	แท่ง กลมมน	25.9	21.9	23.9	-	10	17.5
	แท่ง กลมมน	23.7	22.8	23.3	-	9.5	20
รวม		49.6	44.7	47.2	2	19.5	37.5
$\bar{X}$		24.8	22.4	23.6	-	9.8	18.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 10 ตาราง 4	แท่ง กลมมน	25.3	21.8	23.6	-	9.5	17
	แท่ง กลมมน	25.6	22.8	24.2	-	10	19.5
รวม		50.9	44.6	47.8	2	19.5	36.5
$\bar{X}$		25.5	22.3	23.9	-	9.8	18.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 10 ตาราง 5	แท่ง กลมมน	26	22.1	24.1	-	10.5	13.5
	แท่ง กลมมน	24.4	23.4	23.9	-	9	18
	แท่ง กลมมน	25.5	21.3	23.4	-	9.5	21
รวม		75.9	66.8	71.3	3	29	52.5
$\bar{X}$		25.3	22.3	23.8	-	9.7	17.5
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 10 ตาราง 6	แท่ง กลมมน	25.3	21.7	23.5	-	9.5	18.5
	แท่ง กลมมน	26.0	22.7	24.4	-	9	22
รวม	—	51.3	44.4	47.9	2	18.5	40.5
$\bar{X}$	—	25.7	22.2	23.9	-	9.3	20.3
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 10 ตาราง 7	แท่ง กลมมน	25.9	22.2	24.1	-	9.5	19
	แท่ง กลมมน	25	23.4	24.2	-	10.5	22.5
รวม		50.9	45.6	48.3	2	20	41.5
$\bar{X}$		25.5	22.8	24.1	-	10	20.8
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 10 ตาราง 8	แท่ง กลมมน	26	22.1	24.1	-	10.5	18.5
	แท่ง กลมมน	24.5	23	23.8	-	9	23
	แท่ง กลมมน	25.6	21.5	23.6	-	9	15.5
รวม		76.1	66.6	71.4	3	28.5	87
$\bar{X}$		25.4	22.2	23.8	-	9.5	19
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
จุด 10 ตาราง 9	แท่ง กลมมน	26	22	24	-	9.5	17.5
	แท่ง กลมมน	25.2	23.2	24.2	-	9	19
	แท่ง กลมมน	25.6	21.7	23.7	-	10.5	24
รวม		76.8	66.9	71.9	3	29	60.5
$\bar{X}$		25.6	22.3	24.0	-	9.7	20.2
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
จุด 10 ตาราง 10	แท่ง กลมมน	26.1	21.9	24	-	10.5	19
	แท่ง กลมมน	24.9	22.8	23.9	-	9	23
รวม		51	44.7	47.9	2	19.5	42
$\overline{X}$		25.5	22.4	23.9	-	9.8	21
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	-	-	-
$\overline{X}$	-	25.4	22.4	23.9	-	9.6	19.2
Mo	แท่ง กลมมน	-	-	-	2	-	

ตาราง 1.1 สรุปโดยรวมแสดงรูปร่าง ขนาด ความหนาแน่น ความลาดเอียง และความสูงของอนุสัณฐานปุ่มหิน จุดเก็บตัวอย่าง 1-10 บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

จุดเก็บตัวอย่างปุ่มหิน 1-10	รูปร่าง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ปุ่มต่อตรม.)	ความลาดเอียง (องศา)	ความสูง (ซม.)
		ยาวสุด	สั้นสุด	เฉลี่ย			
$\overline{X}$	-	27.4	19.3	23.3	-	13	20.9
Mo	แท่ง กลม มน	-	-	-	2	-	-

ตาราง 2 แสดงระยะห่างระหว่างร่องหิน ขนาดกว้าง ขนาดยาว และขนาดลึกของอนุสัณฐานร่องหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

จุดเก็บตัวอย่าง	ระยะระหว่างร่องหิน (เมตร)			ขนาดกว้าง (เมตร)			ขนาดยาว (เมตร)			ขนาดลึก (เมตร)		
	มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย
จุดที่ 1	2.0	1.4	1.7	26	24	25	38	36	37	16	12	14
จุดที่ 2	2.2	1.6	1.9	3.3	3.1	3.2	32	30	31	18	8	13
จุดที่ 3	2.5	1.9	2.2	5.3	5.1	5.2	49	47	48	17	15	16
จุดที่ 4	4.2	3.8	4	5.1	4.9	5.0	62	62	62	21	17	19
จุดที่ 5	3.3	2.7	3	16	12	14	241	239	240	18	16	17
จุดที่ 6	2.8	2.2	2.5	22	22	22	67	65	66	26	22	24
จุดที่ 7	1.5	0.9	1.2	50	46	48	285	283	284	28.8	27.2	28
จุดที่ 8	1.3	1.1	1.2	34.2	33.8	34	196.1	195.9	196	25.4	20.6	23
จุดที่ 9	1.2	0.6	0.9	5	3	4	114	110	112	27.7	26.3	27
จุดที่ 10	1.7	1.1	1.4	47	47	47	118	114	116	26.6	21.4	24
รวม	22.7	17.3	20.0	213.9	200.9	207.4	1202.1	1181.9	1192	224.5	185.5	205
$\overline{X}$	2.3	1.8	2	21.4	20.1	20.4	120.2	118.2	119.2	22.5	19	20.5

ตาราง 2.1 แสดงเนื้อที่ ทิศการวางตัว และความลาดเอียงของอนุสัณฐานร่องหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

จุดเก็บตัวอย่าง	เนื้อที่ (ตารางเมตร)	ทิศการวางตัว (องศา)	ความลาดเอียง (องศา)
จุดที่ 1	925	320	16
จุดที่ 2	99.2	320	11
จุดที่ 3	294.6	304	14
จุดที่ 4	310	320	17
จุดที่ 5	3,360	332	22
จุดที่ 6	1,452	330	12
จุดที่ 7	1,363.2	310	11
จุดที่ 8	6,664	320	18
จุดที่ 9	448	318	15
จุดที่ 10	5,452	312	17
รวม	20,368	3,186	153
$\bar{X}$	2,036.8	318.6	15.3
Mo	-	320	-

ตาราง 3 แสดงรูปร่าง ขนาด ความหนาแน่น ความลาดเอียง และความลึกของอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด 1 ตาราง1	4	36	18	27	29	16	22.5	7
จุด 1 ตาราง2	5	36	16	26	25.5	14	19.8	8
จุด 1 ตาราง3	5	35	16	25.5	27	15.5	21.3	7
จุด 1 ตาราง4	5	36	17	26.5	30	17	23.5	7
จุด 1 ตาราง5	4	38	20	29	24	27	18.8	8
จุด 1 ตาราง6	4	37	19	28	30	35	23.5	7
จุด 1 ตาราง7	4	39	20	29.5	32	36	25	7
จุด 1 ตาราง8	4	35	21	28	24.5	29	19.5	8
จุด 1 ตาราง9	4	40	19	29.5	27	36	22.5	7
จุด1ตาราง10	4	37	17	27	28.5	33	22.5	8
รวม	-	369	183	276	277	321	437.5	74
$\overline{X}$	-	36.9	18.3	27.6	27.7	32.1	21.9	7.4
Mo	4	-	-	-	-	-	-	7

ความลาดเอียงเฉลี่ย 5 องศา

ความลึกเฉลี่ย 0.6 เซนติเมตร

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด 2 ตาราง1	5	56	21	38.5	58	29	43.5	6
จุด 2 ตาราง2	4	52	23	37.5	54	25	39.5	6
จุด 2 ตาราง3	5	59	20	39.5	51	22	36.5	6
จุด 2 ตาราง4	4	58	25	41.5	60	27	43.5	6
จุด 2 ตาราง5	4	62	27	44.5	57	23	40	5
จุด 2 ตาราง6	5	56	19	37.5	59	25	42	5
จุด 2 ตาราง7	4	51	22	36.5	52	19	35.5	6
จุด 2 ตาราง8	4	57	31	44	56	28	42	6
จุด 2 ตาราง9	4	55	25	40	55	27	41	6
จุด2ตาราง10	4	57	28	42.5	54	24	39	5
รวม	-	563	241	402	556	249	402.5	57
$\overline{X}$	-	56.3	24.1	20.1	55.6	24.9	20.2	5.7
Mo	4	-	-	-	-	-	-	6

ความลาดเอียงเฉลี่ย 11 องศา

ความลึกเฉลี่ย 1 เซนติเมตร

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด 3 ตาราง1	4	45	21	33	41	19	30	7
จุด 3 ตาราง2	4	39	18	28.5	44	21	32.5	8
จุด 3 ตาราง3	4	37	19	28	43	17	30	7
จุด 3 ตาราง4	5	38	15	26.5	39	14	26.5	7
จุด 3 ตาราง5	4	42	20	31	45	23	34	7
จุด 3 ตาราง6	4	36	21	28.5	48	23	35.5	7
จุด 3 ตาราง7	5	46	24	35	40	19	29.5	8
จุด 3 ตาราง8	5	41	18	29.5	42	22	32	8
จุด 3 ตาราง9	4	43	23	33	46	21	33.5	7
จุด3ตาราง10	5	40	18	29	47	24	35.5	7
รวม	-	407	197	302	435	203	319	73
$\overline{X}$	-	40.7	19.7	15.1	43.5	20.3	16.0	7.3
Mo	4	-	-	-	-	-	-	7

ความลาดเอียงเฉลี่ย 12 องศา

ความลึกเฉลี่ย 1 เซนติเมตร

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด 4 ตาราง1	4	90	46	68	87	33	60	2
จุด 4 ตาราง2	4	84	41	62.5	83	34	58.5	3
จุด 4 ตาราง3	4	88	36	62	84	39	61.5	3
จุด 4 ตาราง4	4	79	37	58	91	44	67.5	3
จุด 4 ตาราง5	4	77	42	59.5	82	40	61	3
จุด 4 ตาราง6	4	83	31	57	81	33	57	3
จุด 4 ตาราง7	4	86	34	60	85	39	62	3
จุด 4 ตาราง8	4	85	37	61	81	34	57.5	3
จุด 4 ตาราง9	5	88	33	60.5	75	29	52	3
จุด4ตาราง10	4	91	39	65	86	37	61.5	3
รวม	-	851	376	613.5	835	362	598.5	29
$\overline{X}$	-	85.1	37.6	30.7	83.5	36.2	30.0	2.9
Mo	4	-	-	-	-	-	-	3

ความลาดเอียงเฉลี่ย 15 องศา

ความลึกเฉลี่ย 2.7 เซนติเมตร

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด 5 ตาราง1	4	77	34	55.5	77	40	58.5	5
จุด 5 ตาราง2	4	34	19	26.5	34	20	27	6
จุด 5 ตาราง3	4	66	29	47.5	63	31	47	5
จุด 5 ตาราง4	6	71	30	50.5	69	33	51	5
จุด 5 ตาราง5	4	65	31	48	63	31	47	5
จุด 5 ตาราง6	4	58	27	42.5	61	29	45	5
จุด 5 ตาราง7	4	72	30	51	70	34	52	5
จุด 5 ตาราง8	4	77	33	55	68	34	51	5
จุด 5 ตาราง9	4	69	29	49	67	33	50	5
จุด5ตาราง10	4	52	25	38.5	60	27	43.5	5
รวม	-	641	287	464	632	312	472	51
$\overline{X}$	-	64.1	28.7	23.2	63.2	31.2	23.6	5.1
Mo	4	-	-	-	-	-	-	5

ความลาดเอียงเฉลี่ย 33 องศา

ความลึกเฉลี่ย 7.5 เซนติเมตร

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด 6 ตาราง1	4	43	32	37.5	46	39	42.5	7
จุด 6 ตาราง2	4	46	31	38.5	42	30	36	7
จุด 6 ตาราง3	4	51	33	42	48	29	38.5	7
จุด 6 ตาราง4	4	54	30	42	52	30	41	7
จุด 6 ตาราง5	5	47	29	38	45	31	38	7
จุด 6 ตาราง6	4	55	34	44.5	53	31	42	7
จุด 6 ตาราง7	5	44	33	38.5	48	29	38.5	7
จุด 6 ตาราง8	4	57	35	46	56	33	44.5	7
จุด 6 ตาราง9	6	41	29	35	43	25	34	7
จุด6ตาราง10	4	42	28	35	49	26	37.5	7
รวม	-	480	314	397	482	303	392.5	70
$\overline{X}$	-	48.0	31.4	19.9	48.2	30.3	39.3	7
Mo	4	-	-	-	-	-	-	7

ความลาดเอียงเฉลี่ย 10 องศา

ความลึกเฉลี่ย 0.9 เซนติเมตร

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด 7 ตาราง1	4	47	39	43	39	29	34	8
จุด 7 ตาราง2	4	45	32	38.5	44	31	37.5	7
จุด 7 ตาราง3	4	42	37	39.5	43	39	41	7
จุด 7 ตาราง4	4	51	30	40.5	54	33	43.5	7
จุด 7 ตาราง5	4	54	31	42.5	50	29.5	39.8	7
จุด 7 ตาราง6	4	46	32	39	44	34	39	7
จุด 7 ตาราง7	5	55	27	41	52	26	39	7
จุด 7 ตาราง8	4	49	31	40	47	34	40.5	7
จุด 7 ตาราง9	4	43	34	38.5	46	31	38.5	7
จุด7ตาราง10	4	55	29	42	47	33	40	7
รวม	-	487	322	404.5	466	319.5	392.8	71
$\overline{X}$	-	48.7	32.2	20.3	46.6	32	19.7	7.1
Mo	4	-	-	-	-	-	-	7

ความลาดเอียงเฉลี่ย 17 องศา

ความลึกเฉลี่ย 2 เซนติเมตร

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด 8 ตาราง1	4	32	23	27.5	30	29	28	18
จุด 8 ตาราง2	5	34	21	27.5	31	31	27	19
จุด 8 ตาราง3	5	37	22	29.5	32	39	19	19
จุด 8 ตาราง4	6	30	21	25.5	37	33	22	19
จุด 8 ตาราง5	4	39	26	32.5	36	29.5	24	19
จุด 8 ตาราง6	6	34	27	30.5	38	34	28	18
จุด 8 ตาราง7	5	30	19	24.5	33	26	25	19
จุด 8 ตาราง8	6	31	22	26.5	30	34	22	19
จุด 8 ตาราง9	4	37	23	30	31	31	19	19
จุด8ตาราง10	4	33	18	25.5	37	33	23	19
รวม	-	337	222	279.5	334	319.5	237	188
$\overline{X}$	-	33.7	22.2	14	33.4	32	11.9	18.8
Mo	4	-	-	-	-	-	-	19

ความลาดเอียงเฉลี่ย 48 องศา

ความลึกเฉลี่ย 10 เซนติเมตร

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด 9 ตาราง1	4	44	32	38	47	33	40	7
จุด 9 ตาราง2	4	46	34	40	45	31	38	7
จุด 9 ตาราง3	4	44	30	37	48	28	38	7
จุด 9 ตาราง4	4	45	31	38	43	33	38	7
จุด 9 ตาราง5	4	47	28	37.5	49	32	40.5	7
จุด 9 ตาราง6	6	40	35	37.5	41	30	35.5	8
จุด 9 ตาราง7	4	42	31	36.5	40	33	36.5	8
จุด 9 ตาราง8	4	45	33	39	41	34	37.5	7
จุด 9 ตาราง9	4	43	29	36	44	30	37	7
จุด9ตาราง10	4	42	31	36.5	46	35	40.5	7
รวม	-	438	314	376	403	319	381.5	72
$\overline{X}$	-	43.8	31.4	18.8	40.3	31.9	19.1	7.2
Mo	4	-	-	-	-	-	-	7

ความลาดเอียงเฉลี่ย 8 องศา

ความลึกเฉลี่ย 1 เซนติเมตร

จุดเก็บข้อมูลตาราง	รูปร่าง (เหลี่ยม)	ความยาว (เซนติเมตร)			เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)			ความหนาแน่น (ระแหงหินต่อตารางเมตร)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย	
จุด10ตาราง1	5	38	12	25	32	17	24.5	8
จุด10ตาราง2	4	38	21	29.5	32	20	26	8
จุด10ตาราง3	4	36	24	30	33	23	28	8
จุด10ตาราง4	4	39	23	31	33	19	26	8
จุด10ตาราง5	4	40	18	29	35	21	28	8
จุด10ตาราง6	5	35	23	29	32.5	24	28.3	8
จุด10ตาราง7	4	37	21	29	37	18	27.5	8
จุด10ตาราง8	5	36	22	29	30	22	26	9
จุด10ตาราง9	4	37	20	28.5	36.5	20	28.3	8
จุด10ตาราง10	6	36.5	23	29.8	37	23	30	8
รวม	-	372.5	207	289.8	338	207	272.6	81
$\overline{X}$	-	37.3	20.7	14.5	33.8	20.7	13.7	8.1
Mo	4	-	-	-	-	-	-	8

ความลาดเอียงเฉลี่ย 14 องศา

ความลึกเฉลี่ย 1.75 เซนติเมตร

ตาราง 3.1 แสดงข้อมูลโดยสรุปรวมของรูปร่าง ขนาด ความหนาแน่น ความลาดเอียง และความลึกอนุสัณฐานระแหงหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก

จุดเก็บข้อมูล 1-10	รูปร่าง (จำนวนเหลี่ยม)	ความยาวเฉลี่ย (ซม.)			เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (ซม.)			ความลึกเฉลี่ย (ซม.)	ความหนาแน่นเฉลี่ย (ระแห่งต่อตรม.)	ความลาดเอียงเฉลี่ย (องศา)
		มาก	น้อย	เฉลี่ย	มาก	น้อย	เฉลี่ย			
$\overline{X}$	-	24.8	14.9	17.7	22.4	13	17.4	2.9	6.9	17.3
Mo	4							-		-

ตาราง 4.1 แสดงข้อมูลขนาดของระแหงหินกับความลาดเอียงของหินบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อใช้คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จุดเก็บข้อมูล	(1) ความลาดเอียงของระแหงหิน	(2) ค่าของช่องที่1 ยกกำลัง 2	(3) ขนาดของระแหงหิน	(4) ค่าช่องที่ 3 ยกกำลัง 2	(5) ผลคูณช่องที่ 1 กับช่องที่ 3
จุด 1	5	25	21.9	479.6	109.5
จุด 2	11	121	20.5	420.3	225.5
จุด 3	12	144	16.0	256	192
จุด 4	15	225	30.0	900	450
จุด 5	33	1,089	23.6	557	778.8
จุด 6	10	100	19.7	388.1	197
จุด 7	17	289	19.7	388.1	334.9
จุด 8	48	2,304	11.9	141.6	571.2
จุด 9	8	64	19.1	364.8	152.8
จุด 10	14	196	13.7	187.7	191.8
รวม	173	4,557	196.1	4,083.2	3,203.5

ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตารางข้างต้นได้ = - 0.28

ตาราง 4.2 แสดงข้อมูลความหนาแน่นของระแหงหินกับความลาดเอียงของหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อใช้คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จุดเก็บข้อมูล	(1) ความลาดเอียงของระแหงหิน	(2) ค่าของช่องที่1 ยกกำลัง 2	(3) ความหนาแน่นระแหงหิน	(4) ค่าช่องที่ 3 ยกกำลัง 2	(5) ผลคูณช่องที่ 1 กับช่องที่ 3
จุด 1	5	25	8.2	67.2	41
จุด 2	11	121	5.7	32.5	62.7
จุด 3	12	144	7.3	53.3	87.6
จุด 4	15	225	2.9	8.4	43.5
จุด 5	33	1,089	5.1	26.0	168.3
จุด 6	10	100	7	49	70
จุด 7	17	289	7.1	50.4	120.7
จุด 8	48	2,304	18.8	353.4	902.4
จุด 9	8	64	7.2	51.8	57.6
จุด 10	14	196	8.1	65.6	113.4
รวม	173	4,557	77.4	757.6	1,667.2

ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตารางข้างต้นได้ = 0.65

ตาราง 4.3 แสดงข้อมูลขนาดของระแหงหินกับส่วนประกอบของหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อใช้คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จุดเก็บข้อมูล	(1) ส่วนประกอบของแร่ควอตซ์	(2) ค่าของช่องที่1 ยกกำลัง 2	(3) ขนาดของระแหงหิน	(4) ค่าช่องที่ 3 ยกกำลัง 2	(5) ผลคูณช่องที่ 1 กับช่องที่ 3
จุด 1	92.5	8,556.3	21.9	479.6	2,025.8
จุด 3	82.5	6,806.3	16.0	256	1,320
จุด 5	97.5	9,506.3	23.6	557	2,301
จุด 8	72.5	5,256.3	11.9	141.6	862.8
จุด 9	87.5	7,656.3	19.1	364.8	1,671.3
จุด 10	77.5	6,006.3	13.7	187.7	1,061.8
รวม	510	43,787.8	106.2	1,986.7	9,242.7

ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตารางข้างต้นได้ = 0.99

ตาราง 4.4 แสดงข้อมูลความหนาแน่นของระแหงหินกับส่วนประกอบของหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อใช้คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จุดเก็บข้อมูล	(1) ส่วนประกอบของแร่ควอตซ์	(2) ค่าของช่องที่1 ยกกำลัง 2	(3) ความหนาแน่นของระแหงหิน	(4) ค่าช่องที่ 3 ยกกำลัง 2	(5) ผลคูณช่องที่ 1 กับช่องที่ 3
จุด 1	92.5	8,556.3	7.4	54.8	684.5
จุด 3	82.5	6,806.3	7.3	53.3	602.3
จุด 5	97.5	9,506.3	5.1	26.0	497.3
จุด 8	72.5	5,256.3	18.8	353.4	1,363
จุด 9	87.5	7,656.3	7.2	51.8	630
จุด 10	77.5	6,006.3	8.1	65.6	627.8
รวม	510	43,787.8	53.9	604.9	4,404.9

ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตารางข้างต้นได้ = -0.07

ตาราง 4.5 แสดงข้อมูลขนาดของปุ่มหินกับความลาดเอียงของปุ่มหินบนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อใช้คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จุดเก็บข้อมูล	(1) ความลาดเอียงของปุ่มหิน	(2) ค่าของช่องที่1 ยกกำลัง 2	(3) ขนาดของปุ่มหิน	(4) ค่าช่องที่ 3 ยกกำลัง 2	(5) ผลคูณช่องที่ 1 กับช่องที่ 3
จุด 1	11.9	141.6	21.1	445.2	251.1
จุด 2	9.8	96.0	21.7	470.9	212.7
จุด 3	10.5	110.3	24	576	252
จุด 4	24.9	620.0	16.1	259.2	400.9
จุด 5	22.7	515.3	16.0	256	363.2
จุด 6	11.0	212.0	25.7	660.5	282.7
จุด 7	9.6	92.2	26.2	686.4	251.5
จุด 8	9.6	92.2	30.5	930.3	292.8
จุด 9	10.5	110.3	27.5	756.3	288.8
จุด 10	9.6	92.2	23.9	571.2	229.4
รวม	130.1	2,082.1	232.7	2,949.2	2,825.1

ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตารางข้างต้นได้ = 0.20

ตาราง 4.6 แสดงข้อมูลความหนาแน่นของปุ่มหินกับความลาดเอียงของหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อใช้คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จุดเก็บข้อมูล	(1) ความลาดเอียงของปุ่มหิน	(2) ค่าของช่องที่1 ยกกำลัง 2	(3) ความหนาแน่นของปุ่มหิน	(4) ค่าช่องที่ 3 ยกกำลัง 2	(5) ผลคูณช่องที่ 1 กับช่องที่ 3
จุด 1	11.9	141.6	3	9	35.7
จุด 2	9.8	96.0	3	9	29.4
จุด 3	10.5	110.3	3	9	31.5
จุด 4	24.9	620.0	5	25	124.5
จุด 5	22.7	515.3	5	25	113.5
จุด 6	11.0	212.0	2	4	22
จุด 7	9.6	92.2	2	4	19.2
จุด 8	9.6	92.2	2	4	19.2
จุด 9	10.5	110.3	2	4	21
จุด 10	9.6	92.2	2	4	19.2
รวม	130.1	2,082.1	29	97	435.2

ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตารางข้างต้นได้ = -0.30

ตาราง 4.7 แสดงข้อมูลขนาดของปุ่มหินกับส่วนประกอบของหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อใช้คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จุดเก็บข้อมูล	(1) ส่วนประกอบของแร่ควอตซ์	(2) ค่าของช่องที่1 ยกกำลัง 2	(3) ขนาดของปุ่มหิน	(4) ค่าช่องที่ 3 ยกกำลัง 2	(5) ผลคูณช่องที่ 1 กับช่องที่ 3
จุด 2	77.5	6,006.3	21.7	470.9	1,681.8
จุด 3	87.5	7,656.3	24.0	576	2,100.0
จุด 4	72.5	5,256.3	16.1	259.2	1,167.3
จุด 6	92.5	8,556.3	25.4	645.2	2,349.5
จุด 8	97.5	9,506.3	30.5	930.3	2,973.8
จุด 10	82.5	6,806.3	23.9	571.2	1,971.8
รวม	510	43,787.8	141.6	3,452.8	12,244.2

ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตารางข้างต้นได้ = 0.94

ตารางที่ 4.8 แสดงข้อมูลความหนาแน่นปุ่มหินกับส่วนประกอบของหิน บนภูหินร่องกล้า อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก เพื่อใช้คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

จุดเก็บข้อมูล	(1) ส่วนประกอบของแร่ควอตซ์	(2) ค่าของช่องที่1 ยกกำลัง 2	(3) ความหนาแน่นปุ่มหิน	(4) ค่าช่องที่ 3 ยกกำลัง 2	(5) ผลคูณช่องที่ 1 กับช่องที่ 3
จุด 2	77.5	6,006.3	3	9	232.5
จุด 3	87.5	7,656.3	3	9	262.5
จุด 4	72.5	5,256.3	5	25	362.5
จุด 6	92.5	8,556.3	6	36	555
จุด 8	97.5	9,506.3	2	4	195
จุด 10	82.5	6,806.3	2	4	165
รวม	510	43,787.8	21	87	1,769.5

ผลการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากตารางข้างต้นได้ = -0.20

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายกล้าหาญ พิมพ์ศรี
วัน เดือน ปีเกิด	22 มิถุนายน 2521
สถานที่เกิด	จังหวัดเลย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	119 หมู่ 3 ต.ตาดข่า กิ่งอ.หนองหิน จ.เลย 42190
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	พนักงานบริษัทเอกชน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.)
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2535-2537	โรงเรียนภูกระดึงวิทยาคม จ.เลย
พ.ศ. 2538-2540	โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน จ.ขอนแก่น
พ.ศ. 2541-2544	วท.บ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2546-2550	วท.ม. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ