

THE LIBRARY  
COLLEGE OF EDUCATION  
BANGKOK, THAILAND

ปริมาณวิเคราะห์ลักษณะการระบายน้ำ และผลที่มีต่อลักษณะภูมิประเทศ  
ของลำเซในลุ่มน้ำมูล

ปริชญานิพนธ์

ของ

บพิตร โภมลตรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

29 สิงหาคม 2517

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว  
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตร ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต  
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้.

  
..... ประธาน

  
..... กรรมการ

29 สิงหาคม 2517

## ประกาศคุณูปการ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะผู้เขียนได้รับความกรุณาจากผู้มีอุปการะคุณหลายท่านด้วยกันคือ อาจารย์ ดร.ประเสริฐ วิทยารัฐ และรองศาสตราจารย์ สุวาท เสนาณรงค์ ประธาน และกรรมการที่ปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งอาจารย์ทั้งสองท่านได้แนะแนวทางตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องด้วยดีตลอดมา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ ดร.ประเสริฐ วิทยารัฐ ได้ช่วยแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องในด้านเทคนิคตลอดจนวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้มาโดยตลอด อาจารย์ ร.อ.หญิง สายสม รักษาม แห่งกรมแผนที่ทหาร ที่มีส่วนช่วยเหลือให้ความสะดวกในการเลือกบริเวณที่ศึกษา คุณชนิษฐา เจริญวิวัฒน์ มีส่วนช่วยเหลืออย่างมากในการรวบรวมข้อมูล

ผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้อกลาวนามมาแล้ว และไม่สามารถจะกล่าวนามในที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงด้วยดี.

บพิตร โกมลตรี

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า	6
	สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า	6
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	7
	เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	7
	ข้อตกลงเบื้องต้น	15
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	15
	หลักเกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ศึกษา	15
	อธิบายศัพท์ที่ใช้ในการศึกษา	16
2	วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า	18
	เครื่องมือ	18
	การรวบรวมและการจัดกระทำกับข้อมูล	18
	การวิเคราะห์ข้อมูล	21
3	ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาและลักษณะภูมิอากาศของ	
	บริเวณลำเซ	22
	ประวัติทางธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	22
	ลำดับชั้นหินในยุคต่าง ๆ ของที่ราบสูงโคราช	23
	ลักษณะโครงสร้างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	28
	ลักษณะภูมิอากาศของบริเวณที่ทำการศึกษา	31



## บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	แสดงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนของจังหวัดอุบลราชธานี	5
3.1	แสดงการเรียงตัวของชั้นหินบนที่ราบสูงโคราช	26-27
3.2	แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรอบปี 2506-2515 และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในระยะ 30 ปี (2474-2503)	32
4.1	แสดงจำนวนลำน้ำในแต่ละอันดับของลำเซ	36
4.2	แสดงความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำในแต่ละอันดับ	38
4.3	แสดงความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำในแต่ละอันดับ	41
4.4	แสดงความยาวของลำน้ำในแต่ละอันดับ	44
4.5	แสดงการเปรียบเทียบจำนวนลำน้ำของลำเซกับอเลนเกนี	46
4.6	แสดงความสูงระหว่างเส้นชั้นความสูงและพื้นที่ระหว่างวงความสูง	49
5.1	แสดงค่าอัตราสวนไบเฟอร์เคชัน อัตราสวนของความยาวและอัตราสวนของความลาดชันของลำเซ อเลนเกนี และพีร์ทแอมบอย	55
6.1	แสดงจำนวนของลำน้ำในแต่ละอันดับและความยาวของลำน้ำ	66
6.2	แสดงความสูงของพื้นที่ที่ลำน้ำในแต่ละอันดับไหลผ่าน	81

## บัญชีกราฟ บัญชีรูปภาพ และบัญชีแผนที่

กราฟ	หน้า
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของลำน้ำกับจำนวนของลำน้ำ	37
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของลำน้ำกับความยาวเฉลี่ยสะสม	40
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของลำน้ำกับความลาดชันเฉลี่ย	43
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของลำน้ำกับจำนวนของลำน้ำ ของลำเขาและอแลงกานี	47
4.5 แสดงHypsometric curve	50
ภาพ	หน้า
1.1 แสดงการแบ่งอันดับของลำน้ำตามวิธีการของฮอร์ตัน	8
1.2 แสดงการแบ่งอันดับของลำน้ำตามวิธีการของ สตราเลอร์	8
1.3 แสดงการจัดแบ่งอันดับของลำน้ำตามวิธีการของเชฟฟ์	9
แผนที่	หน้า
3.1 แสดงโครงสร้างทางธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	24
3.2 แสดงภาพตัดขวางแสดงการวางตัวของหินชุดต่างๆ บนที่ราบสูง โคราช จากเทือกเขาตองเร็กผ่านโคราช-แม่น้ำโขง	30
3.3 ประเทศไทย แสดงการจำแนกลักษณะภูมิอากาศตามการ แบ่งของคอปเปน	33
4.1 แสดงอันดับและจำนวนลำน้ำของลำเขา	35
5.1 แสดงทิศทางของการระบายน้ำของลำเขา	54

# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

ลำน้ำทั้งหลายที่ไหลอยู่บนสวนต่าง ๆ ของโลกนั้น ถ้าพิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้วจะพบว่า ลำน้ำเหล่านั้นมีไคโหลยารวมกันโดยบังเอิญ แต่ลำน้ำเหล่านั้นได้พัฒนาขึ้นอย่างมีระบบ เกี่ยวกับเรื่องนี้ได้มีนักภูมิศาสตร์ให้ความสนใจอย่างมาก ธอนเบอร์รี่ (Thornbury) ได้สรุปความคิดเห็นของนักภูมิศาสตร์หลายท่านที่ได้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับลำน้ำไว้ ความคิดเห็นที่นับว่าสำคัญเป็นความคิดเห็นของ ซีเนกา (Seneca ? BC - AD 65) ซึ่งเป็นคนแรกที่ได้ให้ความเห็นเกี่ยวกับลำน้ำ ซีเนกาได้ให้ความเห็นไว้ว่า การกักเขาะของลำน้ำเป็นสิ่งสำคัญที่ก่อให้เกิดหุบเขา (Valley) ความคิดเห็นนี้ไม่เป็นที่ยอมรับในสมัยนั้น ทั้งนี้เพราะความเชื่อแต่เดิมเชื่อว่า หุบเขาเกิดจากรอยแตกของเปลือกโลก ความคิดเกี่ยวกับเรื่องนี้เพิ่งมาได้รับการสนับสนุนจาก เลียวนาโด คาวินชี (Leonardo da Vinci) ในศตวรรษที่ 15 นี้เอง และยิ่งในความคิดเห็นเพิ่มเติมว่า ลำน้ำได้พัดพาเอาตะกอนจากที่หนึ่งไปทับถมอีกที่หนึ่ง บัฟฟอน (Buffon, 1707 - 1780) ได้กล่าวถึงความสามารถในการกักเขาะของลำน้ำว่าขึ้นอยู่กับความสูงจากระดับน้ำทะเล ซึ่งหมายความว่าหากบริเวณใดอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลมากความสามารถในการกักเขาะของลำน้ำก็มีมาก หากบริเวณใดอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลน้อยการกักเขาะของลำน้ำก็น้อย ทั้งนี้อาจจะสรุปความเห็นของบัฟฟอนได้ว่า ลำน้ำนั้นพยายามที่จะกักเขาะพื้นดินให้ต่ำลงเพื่อให้ถึงระดับเดียวกับระดับน้ำทะเล แต่อย่างไรก็ตามลำน้ำที่ไหลอยู่บนพื้นดินนั้นไม่ได้ไหลตรง ๆ ลงสู่ทะเลทีเดียว แต่ลำน้ำเหล่านั้นคดเคี้ยวอันเป็นลักษณะให้การกักเขาะเกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง หากอynie - โทซิติ (Targioni-Tozette) ได้อธิบายถึงสาเหตุที่ทำให้ลำน้ำไหลคดเคี้ยวไว้ว่า เนื่องมาจากลำน้ำไหลผ่านหินพื้นฐานที่แตกต่างกันหรือความแข็งไม่เท่ากัน นักภูมิศาสตร์ที่สำคัญอีกท่านหนึ่ง คือ เคอ โบัสซัวร์ (De Saussure) ซึ่งได้ทำการศึกษาเพื่อภูเขาแอลป์ (Alps) ได้เน้นถึงความสำคัญของลำน้ำที่ก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศ คือ ภูเขา และหุบเขา และได้

ให้ความเห็นเพิ่มเติมว่า ลักษณะภูมิประเทศบนเทือกเขาแอลป์นั้น เกิดจากการกระทำของธารน้ำแข็งควย (Thornbury, 1964 : 4 - 6)

ก็จะเห็นได้ว่า จากแนวคิดและจากผลของการศึกษาของนักภูมิศาสตร์ตั้งแต่คนมาจนถึงศตวรรษที่ 18 นั้น ได้มีความเชื่อว่า ลักษณะภูมิประเทศนั้น เป็นผลมาจากการกระทำของลำน้ำและธารน้ำแข็ง ซึ่งความคิดดังกล่าว ได้เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

เพลย์แฟร์ (Playfair) นับได้ว่าเป็นคนที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับลำน้ำอย่างจริงจัง และได้ให้ความเห็นสนับสนุนความเชื่อของนักภูมิศาสตร์ ตั้งแต่คนมาโดยเฉพาะอย่างยิ่งของเลียวนาโด ดา วินชี เพลย์แฟร์ได้ชี้ให้เห็นความสำคัญเกี่ยวกับลักษณะของลำน้ำ 2 ประการ คือ

1. ขนาดของลุ่มน้ำ (Valley) ย่อมได้สัดส่วนกับขนาดของลำน้ำในลุ่มน้ำนั้น
2. สาขาของลำน้ำที่ไหลมารวมกันจะต้องอยู่ในระดับเดียวกัน (Longwell, 1969 : 216 - 218)

นับได้ว่าการศึกษาของเพลย์แฟร์ เป็นพื้นฐานของการศึกษาระบบของลำน้ำอย่างมาก (Strahler, 1965 : 494) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นผลต่อการศึกษาของ ฮอร์ตัน (Horton) ซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของลำน้ำ และได้ตั้งกฎอธิบายลักษณะต่าง ๆ ของลำน้ำไว้ควย กฎนี้เรียกว่า 'กฎของฮอร์ตัน' (Horton's law) (Strahler, 1965 : 481 - 497) อย่างไรก็ตามฮอร์ตันได้มีข้อตกลงเบื้องต้นในการอธิบายลักษณะของการระบายน้ำไว้ คือ ลักษณะของการระบายน้ำที่จะเป็นไปตามกฎนี้จะต้องไหลอยู่บนหินพื้นฐาน ชนิดเดียวกัน (Homogeneous rock) โครงสร้างของหิน (Structure) เป็นแบบเดียวกัน และจะต้องอยู่ในเขตที่มีลักษณะอากาศแบบเดียวกันควย (Strahler, 1965 : 482) — ฮอนเบอร์รี่ ได้อธิบายลักษณะของการระบายน้ำที่ไหลอยู่บนหินพื้นฐานชนิดเดียวกันไว้ว่า ลักษณะของการระบายน้ำเป็นแบบรูปต้นไม้ (Dendritic Pattern) ทั้งนี้เพราะลำน้ำจะมีอิสระในการไหลทุกทิศทุกทาง โดยที่หินโครงสร้างพื้นฐานไม่ได้บังคับทิศทางการไหลของลำน้ำ (Thornbury, 1964 : 119)

กฎของฮอร์ทันซึ่งได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบของลำน้ำ มี 3 กฎดังนี้ (Shue Tuck Wang, 1969 : 355)

1. กฎเกี่ยวกับจำนวนของลำน้ำ (The law of stream numbers)
2. กฎเกี่ยวกับความยาวของลำน้ำ (The law of stream lengths)
3. กฎเกี่ยวกับความลาดชันของลำน้ำ (The law of stream slopes)

ดังจะได้อธิบายอย่างละเอียดดังต่อไปนี้

1. กฎเกี่ยวกับจำนวนของลำน้ำ มีสาระสำคัญดังต่อไปนี้ "จำนวนสาขาของลำน้ำในอันดับ (order) ที่ต่ำกว่าในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต (geometric series) โดยเริ่มจากอันดับที่สูงที่สุดที่มีเพียงสายเดียว และเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ ตามอัตราส่วนของ "Bifurcation ratio" (Strahler, 1965 : 484)

กฎนี้ได้ทำการตรวจสอบโดยนักภูมิศาสตร์หลายท่านคือ สกรราเลอร์ ชุมม์ (Schumm), แมกซ์เวลล์ (Maxwell), โคตส์ (Coates), ออร์และไวท์ (Ore & White), มอริสวา (Morisawa) และบรูช (Brush) (Shue Tuck Wang, 1969 : 355)

2. กฎเกี่ยวกับความยาวของลำน้ำ มีสาระสำคัญดังต่อไปนี้ "ความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต โดยเริ่มจากความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 1 (order 1.) และความยาวจะเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ตามอัตราส่วนของความยาว (length ratio)" (Strahler, 1965 : 486) เช่นต้องการหาการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 2 ว่ามีอัตราส่วนการเพิ่มไปจากอันดับที่ 1 เป็นอัตราส่วนเท่าใด ก็หาได้จากความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 2 หารด้วย ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 1 ค่าที่ได้คือ อัตราส่วนของความยาว

กฎเกี่ยวกับความยาวของลำน้ำนี้ ชุมม์ (Schumm) ได้ทำการตรวจสอบใน 3 บริเวณ คือที่ เพิร์ท แอมบอย (Perth Amboy) ที่ ซิลลิโน แคนยอน (Chilleno Canyon) และที่ ฮักซ์วิลล์ (Hughesville)

ผลปรากฏว่า เป็นไปตามกฎของฮอร์ทัน (Shue Tuck Wang, 1969 :

3. กฎเกี่ยวกับความลาดชันของลำน้ำ มีสาระสำคัญดังนี้ "ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำแห่งใดแห่งหนึ่ง มีแนวโน้มที่จะลดลง เป็นปฏิภาคกลับกับอนุกรมเรขาคณิต เมื่ออันดับของลำน้ำนั้นสูงขึ้น และจะลดลงอย่างคงที่ตามอัตราส่วนของความลาดชัน (Slopes ratio)" (Strahler, 1965 : 492)

กฎนี้ได้ทำการตรวจสอบที่ เพิร์ท แอมบอย (Perth Amboy) เซนกัน และลวก็สอคคองกับกฎของฮอตัน (Shue Tuck Wang, 1969 : 355)

จากกฎของฮอตันดังกล่าวมาแล้วนั้น เป็นกฎที่ตั้งขึ้นจากการสังเกตในเขตอากาศที่มีฝนตกประมาณ 30 - 40 นิ้ว ซึ่งเป็นเขตอากาศแบบภูมิอากาศชื้นในเขตอบอุ่น (Humid Mesothermal Climate) ตามแบบของ คอปเปน (Koppen) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสำรวจที่สาขาแม่น้ำวอตต์ (Watts) ในแมรีแลนด์ (Maryland) ซึ่งมีฝนเพียง 40" (Leopold, 1964 : 138) ซึ่งลักษณะอากาศดังกล่าวแตกต่างไปจากเขตร้อนชื้น (Humid Tropical Climate) ซึ่งผลจากจากความแตกต่างในเรื่องภูมิอากาศจะมีผลไปถึงพืชคลุมดิน ปริมาณน้ำฝน และการกระจายของฝน (Distribution) ฮอตันได้กล่าวถึงความสามารถในการซึมผ่านของดิน (Infiltration capacity) ว่ามีผลมาจากตัวการหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พืชคลุมดิน และสภาพความชื้นในดิน (Chorley, 1967 : 145 - 179) ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้จะมีผลถึงการกักเซาะของน้ำที่ไหลอยู่บนพื้นดิน (Running Water) ว่าเป็นไปได้มากหรือน้อย หากพืชคลุมดินมีน้อย และสภาพความชื้นในดินขณะนั้นมีน้อย ลักษณะการกักเซาะจะมีมากเมื่อมีฝนตกลงมา การกักเซาะของลำน้ำเห็นเป็นผลต่อการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศและระบบของลำน้ำ

สภาพต่าง ๆ ของพืชคลุมดิน และความชื้นในดินของ เขตภูมิอากาศชื้นในเขตอบอุ่น กับเขตอากาศร้อนชื้น ย่อมมีความแตกต่างกันอย่างแน่นอน และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แยกต่างกันในเรื่องปริมาณน้ำฝน และการกระจายของฝน ปริมาณน้ำฝนในเขตอากาศแบบฝนเมืองร้อน เฉพาะฤดู (Aw) มีประมาณ 1200 - 1538 มิลลิเมตร (47.2" - 61.5") อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 26° - 28°c (กรมแผนที่ทหาร, แผนที่แสดงลักษณะภูมิอากาศ : 3.1)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงมีปัญหาคือว่าจะนำกฎทางของฮอร์ตัน ซึ่งได้จากการสังเกตจากลำน้ำในเขตภูมิอากาศชื้นในเขตอบอุ่น มาอธิบายลักษณะการระบายน้ำในเขตร้อนชื้นได้มากน้อยเพียงใด และลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกันนั้นมีผลถึงการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศมากน้อยเพียงใด เพราะโดยปกติแล้วลักษณะภูมิอากาศมีผลต่อการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศ (Strahler, 1969 : 465 - 480) และจากปัญหาที่ทำให้สนใจที่จะนำกฎทาง ๆ ของฮอร์ตันมาศึกษาลักษณะของการระบายน้ำของ "ลำเขา" ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของลำน้ำมูล และศึกษาถึงขั้นตอนของการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศที่ลำน้ำนี้ไหลผ่าน ทั้งนี้เพราะลำเขาไหลอยู่บนหินพื้นฐานชนิดเดียวกัน คือหินทรายในยุคไทรแอสสิก (Triassic) และจูราสสิก (Jurassic) (สมาน บุรวาส, 2496 : 79 - 82) และเมื่อพิจารณาจากแผนที่ธรณีวิทยาแล้วจะพบว่าบริเวณดังกล่าวประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน และหินทรายแบ่ง ซึ่งเป็นหินชุดโคราช (กรมแผนที่ทหาร, แผนที่แสดงลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา : 6) ซึ่งบริเวณดังกล่าวเมื่อพิจารณาคตามการแบ่งลักษณะภูมิอากาศตามแบบของคอปเปน (Koppen classification) เป็นลักษณะอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู ดังตารางปริมาณน้ำฝนในสถานีใกล้เคียงในจังหวัดอุบลราชธานี ดังตาราง 1.1 ดังต่อไปนี้

สถานี	มค.	กพ.	มีค.	เมษ.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.	รวม	นิ้ว
อุบลราชธานี	23.6	25.8	28.8	30.1	29.7	29.0	28.4	28.1	26.9	26.5	25.0	22.9	—	—
	6.2	10.3	39.9	71.7	172.1	204.8	250.6	313.0	309.9	131.9	26.2	1.9	1538.5	61.5

หมายเหตุ แถวบนสุดหมายถึง เฉลี่ย 17 ปี หน่วยเป็นองศาเซนติเกรด  
แถวล่างปริมาณน้ำฝน เฉลี่ย 30 ปี หน่วยเป็นมิลลิเมตร  
(สถิติกรมอุตุนิยมวิทยา)

(รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาและลักษณะภูมิอากาศของบริเวณ "ลำเขา" ควบที่ 3)

## ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาลักษณะของการระบายน้ำของลำเซ ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของลำน้ำมด อันเป็นการตรวจสอบกฎของฮอร์ตัน (Horton's law) ว่าเป็นไปตามกฎหรือไม่
2. เพื่อวิเคราะห์วัฏจักร (Cycle of erosion) ของลักษณะภูมิประเทศ ในบริเวณที่ลำเซไหลผ่าน

## สมมติฐานของการค้นคว้า

1. ลักษณะของการระบายน้ำของลำเซ ไม่น่าจะมีความแตกต่างไปจากกฎของฮอร์ตัน
  - 1.1 การเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำในอันดับที่สูงกว่าไปยังอันดับที่ต่ำกว่า น่าจะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต และอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำ (Bifurcation ratio) ในแต่ละอันดับน่าจะเพิ่มขึ้นเท่า ๆ กัน
  - 1.2 การเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมจากอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า น่าจะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต และอัตราการเพิ่มของความยาว (length ratio) ในแต่ละอันดับน่าจะเพิ่มขึ้นเท่า ๆ กัน
  - 1.3 ความลาดชันเฉลี่ยในแต่ละอันดับของลำน้ำ น่าจะลดลงเป็นฟังก์ชันกำลังกับอนุกรมเรขาคณิต เมื่ออันดับของลำน้ำสูงขึ้น และอัตราการลดของความลาดชัน (Slope ratio) ในแต่ละอันดับน่าจะลดลงเท่า ๆ กัน
  - 1.4 ลักษณะของหิบบพื้นฐานที่เป็นต้นทราย ซึ่งมีความสามารถในการซึมผ่านสูง (Infiltration Capacity) น่าจะทำให้ความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำ
  - 1.5 ลักษณะของภูมิอากาศที่แตกต่างกัน น่าจะส่งผลถึงจำนวนของลำน้ำในแต่ละอันดับ
2. ลักษณะภูมิประเทศในบริเวณลุ่มน้ำของลำเซ น่าจะอยู่ในขั้นตอนปลายของบรูว์ถึงตอนต้นของมัตูริวีย์ (Late youth-early mature) ของวัฏจักรของลักษณะภูมิประเทศ

## ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ทราบว่ากฎของฮอว์คินส์สามารถอธิบายลักษณะการระเหยน้ำในเขตอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Aw) ได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งเป็นการขยายขอบเขตกฎของฮอว์คินส์
2. ทำให้ทราบว่า บริเวณที่ศึกษานั้นอยู่ในช่วงใดของขั้น (Stage) การพัฒนา ลักษณะภูมิประเทศ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าวิชาภูมิศาสตร์กายภาพให้กว้างขวางลึกซึ้งต่อไป

## เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษา

เนื่องจากได้มีการศึกษาเกี่ยวกับระบบของลำน้ำกันอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพราะสามารถนำเอาไปอธิบายปรากฏการณ์ในทางภูมิศาสตร์อื่น ๆ ได้ด้วย จึงขอนำเอาเอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเรื่องนี้มากล่าว เพื่อจะเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าดังต่อไปนี้

แฮกเกตต์ (Hagggett) ได้กล่าวถึงการจัดอันดับของลำน้ำของฮอว์คินส์ไว้ว่า การแบ่งอันดับของลำน้ำของฮอว์คินส์นั้น จะต้องมีส่วนที่เป็นสายหลักอยู่สายหนึ่ง และมีสาขาอื่น ๆ ไหลมารวมประกอบขึ้นเป็นระบบของลำน้ำ โดยฮอว์คินส์ได้ให้หลักในการพิจารณาลำน้ำสาขาไว้ คือ

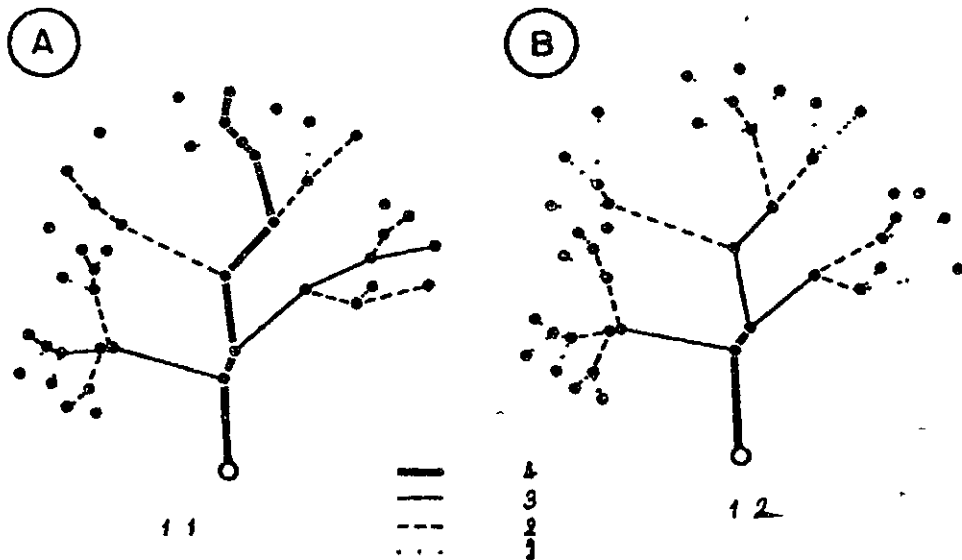
1. ลำน้ำสาขาที่ไหลไปรวมกับลำน้ำใหญ่จะต้องทำมุมเป็นมุมกว้างกว่าลำน้ำเดิม

2. ลำน้ำที่ไหลมารวมกันโดยทำมุมเท่ากัน สายที่สั้น คือ สาขา (ดังรูป

1.1 A)

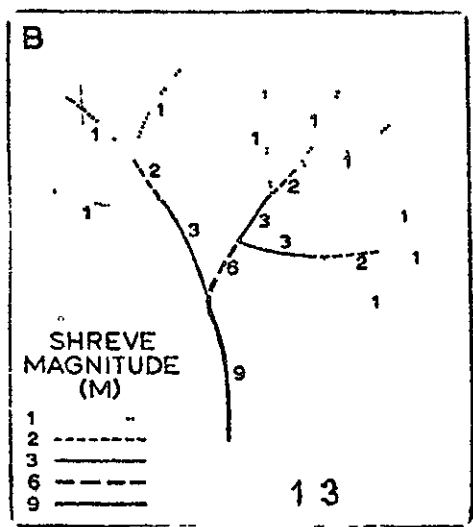
เนื่องจากการแบ่งตามวิธีการของฮอว์คินส์เป็นเรื่องยุ่งยากในทางปฏิบัติ และเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ศึกษาสามารถตัดสินใจในการแบ่งอันดับของลำน้ำด้วยตัวเอง ซึ่งจะทำให้เกิดความยุ่งยากและสับสนได้ง่าย นอกจากนี้ยังมีความเป็นระบบน้อย ดังนั้น สตราเลอร์ จึงได้

ปรับปรุงวิธีการแบ่งอันดับของลำน้ำเสียใหม่ , เพื่อให้ง่ายและเป็นระบบมากขึ้น โดยถือว่าลำน้ำที่ไม่มีสาขาทั้งหมด คือ เป็นอันดับที่ 1 อันดับที่สูงขึ้นไป คือ อันดับที่ 2 เกิดจากลำน้ำอันดับที่ 1 กับอันดับที่ 1 ไหลมารวมกัน อันดับที่ 3 -ก็เกิดจากลำน้ำในอันดับที่ 2 ไหลมารวมกัน และต่อไปเช่นนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงลำน้ำใหญ่ ดังรูป 1.2 B: จากการศึกษาทดสอบกฎของฮอว์คิน ตามวิธีการแบ่งอันดับของลำน้ำตามวิธีการของ สตราเลอร์ ผลปรากฏว่า เป็นไปตามกฎของฮอว์คิน ซึ่งวิธีการแบ่งอันดับของลำน้ำของฮอว์คินได้เป็นที่ยอมรับกันอย่างมาก (Chorley & Haggett), 1969 : 816) นับเป็นเหตุผลสำคัญ ประการหนึ่งที่ทำให้ผู้วิจัยใช้วิธีการแบ่งอันดับของลำน้ำตามวิธีการของสตราเลอร์ ในการตรวจสอบกฎของฮอว์คิน



เมทรี (Shreve) ได้ตรวจสอบกฎของฮอว์คินที่เกี่ยวกับความยาวของลำน้ำ ในปี 1966 โดยใช้ความเป็นไปโดยทางสถิติ (st tastic probability) โดยสุ่ม (random) กลุ่มตัวอย่างจากหลายบริเวณที่อยู่บนเนินในฐานแบบเดียวกัน โดยตั้งสมมุติฐานว่า การเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำ จะเป็นไปตามความอัตรากวาคานโบเฟอร์เคชัน จากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของลำน้ำกับอันดับของลำน้ำจะสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้ง (inflected)

ก็ได (Shreve, 1969 : 31) อย่างไรก็ตาม การแบ่งอันดับของลำน้ำของเซฟฟ์นี้แตกต่าง



ไปจากของออร์ตัน และสกราเลอร์ โดยแบ่งอันดับ ความสำคัญของลำน้ำ โดยถือว่า สาขาของลำน้ำที่ ไหลมารวมกัน มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอันดับของลำน้ำ คืออันดับที่ 1 ของลำน้ำมีเพียงสายเดียว อันดับที่ 2 เกิดจากลำน้ำอันดับที่ 1 ไหลมารวมกัน 2 สาย ใน กรณีที่อันดับที่ 1 ของลำน้ำไหลมารวมกันกับอันดับที่ 2 ถือเป็นอันดับที่ 3 อันดับก้อ ๆ ไปของลำน้ำก็จะเกิด จากผลบวกของอันดับของลำน้ำ ในกรณีเช่นนี้จะมีอันดับ บางอันดับหายไป ดังรูป 1.3 (Chorley & Haggett, 1969 : 80)

อย่างไรก็ตามวิธีการแบ่งอันดับของลำน้ำตามวิธีการสกราเลอร์นั้น สามารถอธิบาย ปรากฏการณ์อื่น ๆ ในทางภูมิศาสตร์ได้ เช่น ความเป็นคาช่ายของถนน (Chorley, 1969 : 628) นอกจากนี้ โวลเดน เบอร์ก (Woldenberg) ได้ยืนยันจากการศึกษา ของเขาว่า ปรากฏการณ์ที่เป็นแบบเดียวกับลำน้ำโคเค เมืองตามทฤษฎีศูนย์กลาง (Central place) ขารน้ำเชิงภูเขา และคัมไม้ เขาได้สรุปว่า สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เป็นระบบที่เดินไป ตามลำดับชั้น (Hierachy system) (Woldenberg, 1968 : 705 - 706 B)

ฮอร์เลย์ (Chorley) กล่าวว่า อัตราส่วนไบเฟอร์ เกชัน จะแสดงถึงจำนวนของ ความหนาแน่นของลำน้ำควบ และอัตราส่วนไบเฟอร์ เกชันจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Basin shape) ซึ่งโดยปกติแล้วรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำของลำน้ำที่อยู่บนหินพื้นฐานชนิดเดียวกับ จะเป็นรูปไข่ (oval) หรือ รูปร่างเป็นแบบลูกแพร์ และจากการศึกษาในอเมริกาพบว่า อัตราส่วนของไบเฟอร์ เกชันของลำน้ำที่อยู่บนหินพื้นฐานชนิดเดียวกัน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 3 - 5 ในกรณีรูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ มีลักษณะยาวขึ้นเนื่องจากถูกหินพื้นฐานบังคับ ค่า ไบเฟอร์ เกชัน จะมีมากกว่า 5

สตราเลอร์ (Strahler) ได้แบ่งความหนาแน่นของการระบายน้ำ (Drainage Density) ไว้ 4 แบบคือ

1. ความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำ (Low drainage density) มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 2 - 4 ไมล์/1 ตารางไมล์ ลักษณะความหนาแน่นดังกล่าวจะปรากฏอยู่บนหินพื้นฐานที่เป็นหินทรายแข็ง
2. ความหนาแน่นของการระบายน้ำปานกลาง (Medium drainage density) มีค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 12 - 16 ไมล์/1 ตารางไมล์ ลักษณะความหนาแน่นดังกล่าวจะปรากฏอยู่บนหินพื้นฐานที่เป็นหินทรายหยาบ ๆ หินดินดาน ซึ่งถูกกัดเซาะได้ง่าย
3. ความหนาแน่นของการระบายน้ำสูง (High drainage density) ส่วนใหญ่จะปรากฏอยู่บนหินพื้นฐานที่เกิดจากหินตะกอน (Sedimentary rock) ถูกกัดกร่อนได้ง่าย ความหนาแน่นของการระบายน้ำอยู่ระหว่าง 30 - 40 ไมล์/1 ตารางไมล์
4. ความหนาแน่นของการระบายน้ำสูงมาก (Badland) ค่าความหนาแน่นสูงกว่า 40 ไมล์/1 ตารางไมล์

สตราเลอร์ได้ให้ความเห็นว่า ค่าที่ควบคุมความหนาแน่นของลำน้ำ คือ ชนิดของหินพื้นฐาน ความสามารถในการซึมผ่าน (Infiltration) และความมากน้อยของพืชคลุมดิน (Strahler, 1969 : 491)

ลีโอบอลด์ (Leopold) ได้ศึกษาระบบของลำน้ำ อาโรโย เกอ ลอส พร็โจเลส (Arroyo De Los Prioles) ซึ่งมี 11 อันดับกับสาขา คือ อาโรโย คาเลียนเต้ (Arroyo Caliente) ซึ่งสาขานี้หากพิจารณาในแผนที่ ซึ่งไม่เคยเอียงจะเป็นเพียงอันดับที่ 1 ของ อาโรโย เกอ ลอส พร็โจเลส เท่านั้น แต่หากพิจารณาในแผนที่ที่มีรายละเอียดสูง จะพบว่ามี 5 อันดับ จากการศึกษาเปรียบเทียบลำน้ำทั้งสองสาย พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของลำน้ำกับอันดับของลำน้ำ และความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของลำน้ำกับความยาวของลำน้ำ มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ลีโอบอลด์ จึงสรุปว่า ในทางทฤษฎีแล้วอันดับของลำน้ำจะต้องรวมเอาลำน้ำสายเล็ก ๆ ซึ่งไม่มีน้ำไหลตลอดมีเข้าไปด้วย แต่ในทางปฏิบัติแล้ว อันดับของลำน้ำขึ้นอยู่กับขนาดส่วนของแผนที่ที่ใช้ (Leopold & others, 1964 : 138 - 141)

จากผลของการศึกษาดังกล่าว เป็นการแก้ข้อสงสัยที่ว่า การใช้แผนที่เพียงอย่างเดียวในการศึกษาระบบต่าง ๆ ของลำน้ำจะให้ข้อมูลถูกต้องหรือไม่เพียงใด อย่างไรก็ตามเกี่ยวกับเรื่องนี้ ได้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ โดย มอริสว่า (Morisawa) ได้วิเคราะห์ความยาวของลำน้ำ โดยศึกษาจากข้อมูลที่ได้จากแผนที่เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ออกสำรวจในภูมิประเทศจริง ผลปรากฏว่า ไม่มีความแตกต่างกัน (Morisawa, 1969 : 498)

โรเจอร์ เอ็ม เม็คคอบ (Roger M. McCoy) ได้ศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของลำน้ำ โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างของการระบายน้ำจากข้อมูลที่ได้จากแผนที่ (มาตราส่วน 1 : 24,000) กับข้อมูลที่ได้จาก K.-band radar (ซึ่งถือว่าข้อมูลที่ได้จาก K. band-radar นั้นเป็นข้อมูลที่ไวยละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับลำน้ำได้มากที่สุด) การศึกษาใช้วิธีการแบ่งอันดับของลำน้ำตามวิธีการของสตรีเลอว์ ลักษณะต่าง ๆ ของลำน้ำที่ทำการศึกษามีดังนี้ พื้นที่รับน้ำ (drainage area) จำนวนของลำน้ำ (Number of streams) ความยาวของลำน้ำ อัตราส่วนไบเฟอร์เคชัน และขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ (Basin Parameter) การศึกษาใช้ข้อมูลใน 28 บริเวณในอเมริกา จากการศึกษพบว่า

1. ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่รับน้ำ (drainage area) ของข้อมูลที่ได้จากแผนที่ กับข้อมูลที่ได้จาก K-band radar มีความสัมพันธ์กันสูง ค่า  $r = .9965$  หรือ เบี่ยงเบนอยู่ในช่วง 95 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างข้อมูลที่ได้จากแหล่งทั้ง 2 ดังสมการเส้นตรง  $A_{map} = 1.00 A_{radar}$

2. ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนไบเฟอร์เคชันของข้อมูลที่ได้จากแผนที่ กับข้อมูลที่ได้จาก K-band radar มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง

$$= 477 \quad \text{ดังสมการ}$$

$$Rb_{(map)} = 2.51 + 0.51 Rb_{(radar)}$$

ทั้งนี้เพราะลำน้ำในอันดับที่ 1 เป็นจำนวนมากที่ปรากฏใน K-band radar แต่จะไม่ปรากฏในแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ จึงทำให้มีค่าความสัมพันธ์น้อย

3. เกี่ยวกับจำนวนของลำน้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของลำน้ำที่ได้จากข้อมูลที่ได้จากแผนที่กับข้อมูลที่ได้จาก K-band radar มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง

$$r = 0.9714 \quad \text{โดยมีสมการดังนี้}$$

$$N_{\text{map}} = 23.9 + 2.91 L_{\text{(radar)}}$$

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของลำน้ำจากข้อมูลที่ได้จากแผนที่กับข้อมูลที่ได้จาก K-band radar มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง  $r = 0.9803$  ดังสมการ

$$L_{\text{(map)}} = -5.7 + 2.09 L_{\text{(radar)}} \quad \text{หากพิจารณาเฉพาะอันดับที่ 1 ของลำน้ำ}$$

ค่าความสัมพันธ์ = 0.9499

5. ความสัมพันธ์ระหว่างขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ (Basin Perimeter) จากข้อมูลที่ได้จากแผนที่กับข้อมูลที่ได้จาก K-band radar มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง

$$r = 0.9512 \quad \text{ดังสมการ} \quad P_{\text{(map)}} = 0.14 + 1.07 P_{\text{(radar)}} \quad (\text{Roger M. McCoy, 1960 : 493 - 509})$$

จากการศึกษาครั้งนี้ นับเป็นคำตอบว่าข้อมูลที่ได้จากแผนที่นั้นถูกต้อง ใช้ศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของลำน้ำได้ จากผลการศึกษานี้จึงเป็นแนวทางให้ผู้ใช้แผนที่ในการศึกษาลักษณะต่าง ๆ ของลำน้ำ

วินัย กุมา เอสธานี (Vinal Kumar Asthana) ได้ทำการศึกษาลักษณะของการระบายน้ำ (Drainage characteristics) ในบริเวณเทือกเขาหิมาลัย ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างภูเขาคาฐิมาลัยตะวันตก และภูเขาคาฐิมาลัยตะวันออก บริเวณดังกล่าวตั้งอยู่บนหินชั้นซึ่งเกิดจากการยุบตัวของหินผลึกที่ตกกักเขาจากเทือกเขาหิมาลัย จากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง อันดับของลำน้ำ กับจำนวนของลำน้ำในแต่ละอันดับมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง อัตราส่วนไบเฟอร์ เลขัน ระหว่างอันดับที่ 1 กับอันดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7 และต่อ ๆ ไป มีค่าเท่ากับ 4 และจากการวิเคราะห์พบว่า ค่า Integral Value มีค่าอยู่ระหว่าง 30 - 60 % ซึ่งแสดงถึงลักษณะภูมิประเทศอยู่ในช่วงตอนปลายของปฐมวัย ถึงตอนต้นของมัธยมวัย (Late youth-Early mature) (Vinal Kumar Asthana, 1968 : 3)

โรสแมรี่ (Rosemary) ได้กล่าวถึงการศึกษาของฮอร์ตัน เกี่ยวกับความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ (Infiltration Capacity) ว่า การซึมผ่านนั้นเป็นผลเนื่องมาจาก

เวลา ส่วนประกอบของดิน (Soil Composition) สภาพความชื้นในดิน และพืชคลุมดิน จากการทดลองของฮอร์ตตัน โค้ชให้เห็นถึงการซึมผ่านของน้ำลงไปในดิน จะเป็นไปอย่างรวดเร็วในตอนแรกที่ฝนตกลงมา แต่อย่างไรก็ตามส่วนประกอบของดินยังมีส่วนทำให้การซึมผ่านเป็นไปได้เร็วหรือช้า กล่าวคือ ดินร่วนปนทราย (Sandy loam) จะเกิดการซึมผ่านได้สูงกว่าดินร่วน (loam) ลักษณะเช่นนี้จะมียลถึงการไหลของน้ำบนผิวดิน หากบริเวณใดมีการซึมผ่านสูง ทำให้น้ำไหลไปบนผิวดินแล้ว หากมีความสามารถในการซึมผ่านน้อย การไหลของน้ำบนผิวดินก็จะมีมาก ลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดการกัดเซาะของน้ำที่มีต่อผิวดิน ซึ่งมีผลถึงการพัฒนาของลักษณะภูมิประเทศ (Rosemary, 1967 : 145 - 179)

ลองเวลล์ (Longwell) โค้ชกล่าวถึงการกัดเซาะของลำน้ำว่าจะกัดเซาะเป็นร่องลึก เป็นลักษณะแบบเดียวกันกับเหลี่ยมที่เหลี่ยมลงบนไม้ซึ่งจะกัดลงไปเป็นร่องแคบ ๆ กว้างที่น้ำให้ร่องน้ำกว้างออก คือ ขบวนการชะล้างเป็นแผ่น (sheet erosion) และการชะล้างตะกอนที่ผิวหน้า (mass wasting) ลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดความสมดุลระหว่างตัวลำน้ำกับร่องน้ำ อันเป็นไปตามกฎของเพลย์แฟร์ (Longwell & others, 1969 : 218)

นอกจากการกัดเซาะในทางลึกแล้ว ลองเวลล์ ยังกล่าวอีกว่า ลำน้ำได้กัดเซาะให้ลักษณะภูมิประเทศต่ำลง โดยยกตัวอย่างจากการศึกษาในอเมริกาว่า จากการคำนวณตะกอนที่แขวนลอย และละลายไปกับลำน้ำในพื้นที่บริเวณกว้างพบว่า ลำน้ำได้ทำให้ลักษณะภูมิประเทศต่ำลง โดยเฉลี่ย 6 ซม. ต่อ 1000 ปี (2.4 นิ้วต่อ 1000 ปี) หรือประมาณ 1 ซม. ต่อ 166 ปี อย่างไรก็ตามอัตราส่วนเฉลี่ยของการกัดกร่อนนี้ย่อมแตกต่างกันตามชนิดของหิน ความสูงและลักษณะภูมิประเทศ (Longwell & others, 1969 : 222)

อะคินโบล่า (Akinbola) โค้ชศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงของมมคานข้างของหุบเขา (Valley) โดยศึกษาถึงความเท่ากันของมมคานข้างของหุบเขา โดยเลือกเอาหุบเขาซึ่งอยู่ในเขตแห้งแล้ง กับเขตร้อนชื้น (Humid) จาก 9 บริเวณ ซึ่งอยู่ในบริเวณทุ่งหญ้าแพรรีในอเมริกาเหนือ ผลจากการศึกษาพบว่า

1. ความเท่ากันของมมคานข้างของหุบเขา จะพบน้อยในเขตอากาศที่อยู่ในเส้นรุ้งกลาง (Middle Latitude)

2. ตัวที่ทำให้มุมคานข้างของหุบเขาไม่เท่ากัน คือ การกัดเซาะที่ท้องน้ำ และการระล้างที่ผิวหน้าของหุบเขา (Akinbola, 1971 : 5242 B)

น็อกซ์ (Knox) ได้ศึกษาถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อการปรับตัวของร่องน้ำในไอโอวา (Iowa) และทางตะวันออกเฉียงใต้ของวิสคอนซิน (Wisconsin) ผลพลอยได้จากการศึกษาพบว่า วิธีการแบ่งอันดับของลำน้ำตามวิธีการของสตรีอาเลอร์ สามารถอธิบายลักษณะของลำน้ำในเชิงอนุกรมเรขาคณิตได้มากที่สุด และได้ยืนยันกฎของเพลีย์เพอร์ที่ว่า ลำน้ำย่อยมีโคขนาดกั หุบเขานั้น (Knox, 1970 : 3473 B)

วีเบอร์ (Weber) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างรอยแตกของหินพื้นฐาน (Bedrock fractures) กับแนวของการระบายน้ำโดยศึกษาบนที่ราบสูง โอ๊ก ครีก (Oak Creek upland) จากการศึกษาพบว่า แนวทางของการระบายน้ำบนที่ราบสูงโอ๊ก ครีก โดยทั่วไป จะสัมพันธ์กับรอยแตกของหินพื้นฐาน (joint and fault) และสาขาของลำน้ำที่เป็นเส้นตรง จะมีประมาณ 50 % ซึ่งแสดงถึงลำน้ำเหล่านั้นถูกควบคุมโดยโครงสร้างของหินพื้นฐาน (Weber, 1972 : 3139 - 3140 B)

จากผลการศึกษาได้เป็นการยืนยันว่า โครงสร้างของหินพื้นฐานมีส่วนบังคับทิศทาง การไหลของลำน้ำ อย่างไรก็ตามโครงสร้างของหินจะเป็นแบบเดียวกัน และหินพื้นฐานจะเป็นชนิดเดียวกันก็ยังมีผลต่อรูปแบบของการระบายน้ำได้ เช่น ดูรี่ (Dury) ได้กล่าวถึงลักษณะของ ลำน้ำที่เป็นแบบ Anabranching Pattern ซึ่งหมายถึงลักษณะของลำน้ำที่ไหลออกจากลำน้ำใหญ่ (offshoots) และไหลกลับไปรวมกับลำน้ำเดิมอีก ลักษณะเช่นนี้พบอย่างกว้างขวาง ในบริเวณที่เป็นที่ราบเชิงเขา (Podeplain) และที่ราบที่เกิดจากการทับถมของลำน้ำ บริเวณที่เป็นดินทราย และโดยเฉพาะอย่างยิ่งลำน้ำซึ่งขยทอนในของออสเตรเลีย ซึ่งปรากฏ

อยู่บนที่ราบคินตะกอนที่เกิดจากการพัดพามาของลำน้ำ เมอร์เรย์ (Moray) และ เมอร์รัมบิจ (Merrumbidgee) ลักษณะของลำน้ำแบบนี้จะเกิดในบริเวณที่มีความลาดชันน้อย (Dury, 1969 : 425)

จากเอกสารและการวิจัยที่กล่าวมาแล้วนี้ทำให้ผู้วิจัยทราบแนวทาง และวิธีการในการ ศึกษาลักษณะของการระบายน้ำและจักษณภูมิประเทศของลาว เข ดังจะไดกล่าวต่อไป

### ขอตกลงเบื้องต้น

จะขอยอมรับความเชื่อของ เดวิส (Davis) ที่ว่าลำน้ำเป็นตัวการสำคัญของการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศและกัดกร่อน (erosion) พื้นที่น้ำไหลต่ำลง จนในที่สุดลักษณะภูมิประเทศจะราบเรียบ และอยู่ในระดับเดียวกันกับระดับน้ำทะเล ซึ่งเดวิสเรียกลักษณะภูมิประเทศเช่นนี้ว่า "Peneplain" และการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศนั้น เป็นการพัฒนาเป็นกระบวนวิวัฒนาการต่อเนื่อง (Consequent Development) คือ ขั้นปฐมวัย (youth) ขั้นมัธยมวัย (mature) และขั้นปัจฉิมวัย (old age) ทั้งนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า ลักษณะภูมิประเทศในบริเวณนั้นไม่ถูกระทบกระเทือนจากแรงภายในโลกในขณะที่ลำน้ำกัดกร่อน หรือ ถูกกระทบกระเทือนจากแรงภายในน้อยที่สุด

### ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

ลำน้ำที่ทำการศึกษาคือ "ลำเซ" ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของแม่น้ำมูล ลำน้ำดังกล่าวอยู่ในช่วงละติจูด  $15^{\circ} 15'$  เหนือ -  $16^{\circ}$  เหนือ และลองจิจูด  $104^{\circ} 35'$  ตะวันออก -  $105^{\circ} 15'$  ตะวันออก บริเวณนี้ประกอบด้วยหินพื้นฐานชนิดเดียวกัน คือหินทรายที่ทับถมในยุคน้ำแข็ง และ จูราสสิก (230 - 180 ล้านปี) ลักษณะอากาศเป็นแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Aw) อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ  $26.9^{\circ}\text{C}$ . ปริมาณน้ำฝนทั้งปี 1538.5 มม. (61.5" อับคราชธานี) ลำเซ มีรูปแบบของการระบายน้ำเป็นแบบรูปต้นไม้ (Dendritic Pattern) เนื้อที่ทั้งหมด 3575.175 ตารางกิโลเมตร

### หลักเกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ทำการศึกษา

1. พื้นฐานของบริเวณที่ลำน้ำไหลผ่านต้องเป็นชนิดเดียวกันโดยตลอด และโครงสร้างเป็นแบบเดียวกัน
2. จะต้องเป็นบริเวณที่มีภูมิอากาศเป็นแบบเดียวกัน

3. ลักษณะการระบายน้ำ จะต้องเป็นแบบรูปต้นไม้ ซึ่งมีอิสระในการพัฒนาระบบของลำน้ำ โดยที่หินพื้นฐานไม่มีส่วนในการบังคับทิศทางการไหลของลำน้ำ

### อธิบายคำศัพท์ที่ใช้ในการศึกษา

"ลักษณะของการระบายน้ำ" (Drainage Characteristics) หมายถึงจำนวนของลำน้ำ ความยาวของลำน้ำ ความลาดชันของลำน้ำ และความหนาแน่นของลำน้ำ

"ลักษณะภูมิประเทศ" หมายถึงขั้นตอนในการพัฒนาของลักษณะภูมิประเทศ หรือ วัฏจักรของลักษณะภูมิประเทศ (Cycle of erosion) ตามแนวคิดของ เควตส์

"อันดับของลำน้ำ" (Stream order) หมายถึงขนาดของสาขาของลำน้ำ ซึ่งจะมีขนาดแตกต่างกันตามอันดับ ขนาดที่เล็กที่สุดคือ อันดับที่ 1 และถือเป็นอันดับต่ำสุด ในอันดับที่ลำน้ำจะไม่มีสาขาอื่น ๆ ไหลมารวมเลย อันดับของลำน้ำนั้นจะสูงขึ้นเรื่อยๆ ก็คือเมื่อลำน้ำลำน้ำในอันดับที่ 1 ไหลมารวมกันจะกลายเป็นอันดับที่ 2 และเมื่อ ลำน้ำอันดับที่ 2 ไหลมารวมกันก็จะกลายเป็นอันดับที่ 3 ต่อไปเช่นนี้เรื่อยๆ

"จำนวนของลำน้ำ" (Number of stream) หมายถึงจำนวนของลำน้ำในแต่ละอันดับ

"อัตราส่วนไบเฟอร์เคชัน" (Bifurcation ratio) หมายถึงอัตราส่วนเปรียบเทียบ ระหว่างจำนวนของลำน้ำในอันดับที่ต่ำกว่า กับอันดับที่สูงกว่าที่อยู่ถัดไป เช่น จำนวนของลำน้ำในอันดับที่ 1 มี 27 สาย อันดับที่ 2 มี 9 สาย อัตราส่วนไบเฟอร์เคชัน = 3 เป็นต้น

"ความยาวเฉลี่ยสะสม" (Cumulative mean length) หมายถึงผลบวกของความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในแต่ละอันดับ มีหน่วยเป็นกิโลเมตร

"อัตราส่วนของความยาว" (Length ratio) หมายถึงอัตราส่วนเปรียบเทียบ ระหว่าง ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่สูงกว่า กับความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ต่ำกว่า ที่อยู่ถัดไป เช่น ความยาวเฉลี่ยในอันดับที่ 5 = 21 ก.ม. ความยาวเฉลี่ยในอันดับที่ 4 = 7 ก.ม. อัตราส่วนของความยาว = 3

"อัตราส่วนของความลาดชัน" (Slope ratio) หมายถึงอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำในอันคัมที่สูงกว่า กับความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำในอันคัมที่ต่ำกว่าที่อยู่ถัดไป

"ความหนาแน่นของการระบายน้ำ" (Drainage density) หมายถึงความยาวของลำน้ำในหนึ่งตารางกิโลเมตร

## บทที่ 2

### วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า

วิธีการดำเนินการค้นคว้าได้แบ่งออกเป็น 3 ตอนด้วยกัน คือ

1. เครื่องมือ
2. การรวบรวมข้อมูลและการจัดกระทำกับข้อมูล
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ดังจะกล่าวรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 1. เครื่องมือ

1.1 แผนที่ L 7017 (มาตราส่วน 1:50,000) ระวัง 6040 3, 4  
5940 1, 2, 3, 4 5939 1, 4 และ 6039 4 รวม 9 แผนที่

1.2 เครื่องมือวัดความยาว

1.3 เครื่องมือวัดพื้นที่ (Planemeter)

1.4 ตาราง เอกสาร และวารสารต่าง ๆ

#### 2. การรวบรวมข้อมูล และการจัดกระทำกับข้อมูล

2.1 จำนวนของลำน้ำ แมงอันคัมของลำน้ำตามวิธิการของ สตราเลอร์

ตั้งแต่อันดับที่ 1 ถึงอันดับที่ 7 ซึ่งไหลลงสู่ลำน้ำมูล โดยใช้แผนที่บริเวณลักษณะภูมิประเทศ L 7017 ทั้ง 9 ระวังในการแบ่งอันดับของลำน้ำ และนำข้อมูลที่ได้อามาหาอัตราส่วนไมเพอร์ เกชั่น โดยใช้สูตร

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$$

เมื่อ  $Rb$  = อัตราส่วนไมเพอร์ เกชั่น

$Nu$  = จำนวนของลำน้ำในอันดับ  $n$

$Nu + 1$  = จำนวนของลำน้ำที่อยู่ในอันดับสูงถัดไป

การคำนวณหาการเพิ่มขึ้นของลำน้ำ โดยใช้สูตร

$$Nu = Rb^{(k-u)}$$

เมื่อ  $Rb$  = อัตราส่วนไบเพอร์ เกชัน

$u$  = อันดับของลำน้ำที่ต้องการหา

2.2 ความยาวของลำน้ำ วัดความยาวของลำน้ำในแต่ละอันดับจากแผนที่ซุกเกิม แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาอัตราส่วนของความยาว (Length ratio) โดยใช้สูตร

$$R_L = \frac{\bar{L}_u}{\bar{L}_u - 1}$$

$R_L$  = อัตราส่วนของความยาว

$\bar{L}_u$  = ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับ  $u$  ในการหา

เมื่อ  $u =$  อันดับที่ 1 ของลำน้ำ ก็หาความยาวของลำน้ำในอันดับที่ 1 ทั้งหมด แล้วใช้จำนวนของลำน้ำในอันดับที่ 1 หาค่าออกมาคือ ค่าเฉลี่ยของความยาวของลำน้ำในอันดับที่ 1

$\bar{L}_u - 1$  = ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ต่ำกว่าถัดไป เช่น

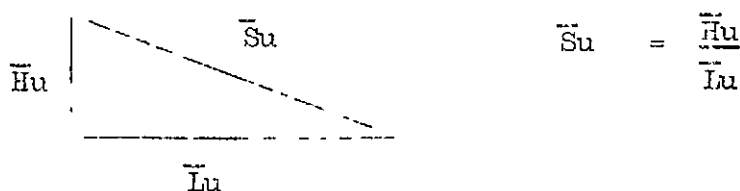
อันดับที่ 2 ของลำน้ำ ( $\bar{L}_u - 1 = 2 - 1 = 1$ )  $\bar{L}_u - 1$  = ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 1

การคำนวณหาการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำ โดยใช้สูตร

$$\bar{L}_u = \bar{L}_1 R_L^{(u-1)}$$

เมื่อ  $\bar{L}_1$  = ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 1

2.3 ความลาดชันของลำน้ำ หาโดยใช้ความสูงจากเส้นชั้นความสูง (Conture line) เพื่อหาความลาดชันของลำน้ำในแต่ละอันดับโดยใช้สูตรดังนี้



- เมื่อ  $\bar{S}_u$  = ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับ u
- $\bar{H}_u$  = ความสูงเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับ u
- $\bar{L}_u$  = ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับ u

การวัดใช้วัดจากแผนที่ซุกเคิม และนำมาข้อมูลที่ได้มาหาอัตราส่วนของความลาดชัน

โดยใช้สูตร

$$R_s = \frac{\bar{S}_u}{\bar{S}_u - 1}$$

$R_s$  = อัตราส่วนของความลาดชัน (Slope ratio)

การหาความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำแต่ละอันดับทำได้จากสูตร

$$\bar{S}_u = S_1 R_s^{(u-1)} \quad (\text{Handwritten: } S_1, S_2, S_3^{(u-1)})$$

2.4 ความหนาแน่นของลำน้ำ โดยวัดความยาวของลำน้ำทั้งหมด และวัดพื้นที่ทั้งหมดในพื้นที่รับน้ำนั้น โดยวัดจากแผนที่ซุกเคิม การคำนวณหาความหนาแน่นของลำน้ำทำได้จากสูตรดังนี้

$$D = \frac{\sum LK}{\Lambda K}$$

$D$  = ความหนาแน่นของลำน้ำ

$\sum LK$  = ผลบวกของความยาวของลำน้ำทั้งหมดทุกอันดับ

$\Lambda K$  = พื้นที่รับน้ำ

2.5 การวิเคราะห์ขั้นตอนของการไหลภาคฤดูฝนในประเทศไทย เก็บข้อมูลจากแผนที่ซุกเคิมดังนี้

1. หาจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดที่ลำน้ำไหลผ่าน เพื่อทราบช่วงความสูงทั้งหมดที่ลำน้ำไหลผ่าน (height different) (H)

2. หาช่วงความสูงจากจุดต่ำสุดถึงเส้นชั้นความสูง เส้นที่สมบูรณ์ที่สุดในลุ่มน้ำนั้น (h) ค่าช่วงความสูง (h) จะเปลี่ยนไป เมื่อใช้เส้นที่ต่ำลงมาจากเส้นแรกที่ใช้  
การศึกษาระยะช่วงความสูง 20 เมตร

3. วัตถุประสงค์ของพื้นที่รับน้ำทั้งหมดของลำน้ำ (A)
4. วัตถุประสงค์ระหว่างเส้นชั้นความสูง จากขอบเขตของพื้นที่รับน้ำกับเส้นชั้นความสูงเส้นที่สมบูรณ์ที่สุด (a) และต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดต่ำสุดของลุ่มน้ำ
5. การคำนวณโดยไฮดร

$$\text{Height ratio} = \frac{h}{H}$$

$$\text{Area ratio} = \frac{a}{A}$$

2.6 ใช้ข้อมูลจำนวนของลำน้ำที่ได้จากข้อ 2.1 เปรียบเทียบกับจำนวนลำน้ำซึ่งสตรีเตอร์ได้ศึกษาที่ลุ่มน้ำ Allegheney เพื่อเปรียบเทียบจำนวนลำน้ำที่แตกต่างกันอันเป็นผลเนื่องมาจากภูมิอากาศ

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรเป็นกราฟ แสดงเป็นสมการเส้นตรง (linear equation) และหากหาความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของลำน้ำกับจำนวนของลำน้ำ, ความยาวของลำน้ำ, และความลาดชันของลำน้ำ เพื่อแสดงการเพิ่มขึ้น หรือลดลงอย่างคงที่จากข้อมูลที่ได้อีกจากการศึกษาในข้อ 2.1, 2.2, 2.3 เป็นการตรวจสอบสมมติฐาน

3.2 การคำนวณหาค่าในข้อ 2.5 แล้ว นำมา Plot graph เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ภายใต้ Hypsometric curve เป็นการหาจำนวนเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะไปโดยลำน้ำ เป็นการวิเคราะห์ขั้นตอนของการพัฒนากับระยะภูมิประเทศ

3.3 ใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของจำนวนลำน้ำโดยใช้ Chi square Technique

ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาและลักษณะภูมิอากาศของบริเวณลำเซ

เพื่อเป็นการยืนยันลักษณะโครงสร้าง และหินพื้นฐานของบริเวณลำเซซึ่งเป็นบริเวณที่ศึกษา ผู้วิจัยจึงกล่าวถึงผลการศึกษาลักษณะการทับถมของหินพื้นฐาน และลักษณะโครงสร้างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนรวม ทั้งนี้จากการศึกษาของ จากอฟสัน (Jacobson) พบว่า หินพื้นฐานเกือบทั้งหมดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือประมาณ 95 % เป็นหินทรายชุกโคราช (Khorat series) ซึ่งเริ่มทับถมในยุคไทรแอสสิก - ครีตาเซียส (Triassic - Cretaceous) หินทรายชุกโคราชหนาประมาณ 4800 เมตร (Jacobson & others: 15 โรเนียว) การที่เราทราบลักษณะของหินพื้นฐาน และลักษณะโครงสร้างโดยส่วนรวมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือก็พอจะอนุมานได้ว่า ลักษณะโครงสร้างและหินพื้นฐานของบริเวณที่ลำเซไหลผ่านเป็นเช่นไร ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าจะต้องเป็นผลที่ต่อการศึกษาลักษณะของลาน้ำ และการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศของบริเวณที่ลำเซไหลผ่าน

ประวัติทางธรณีวิทยา

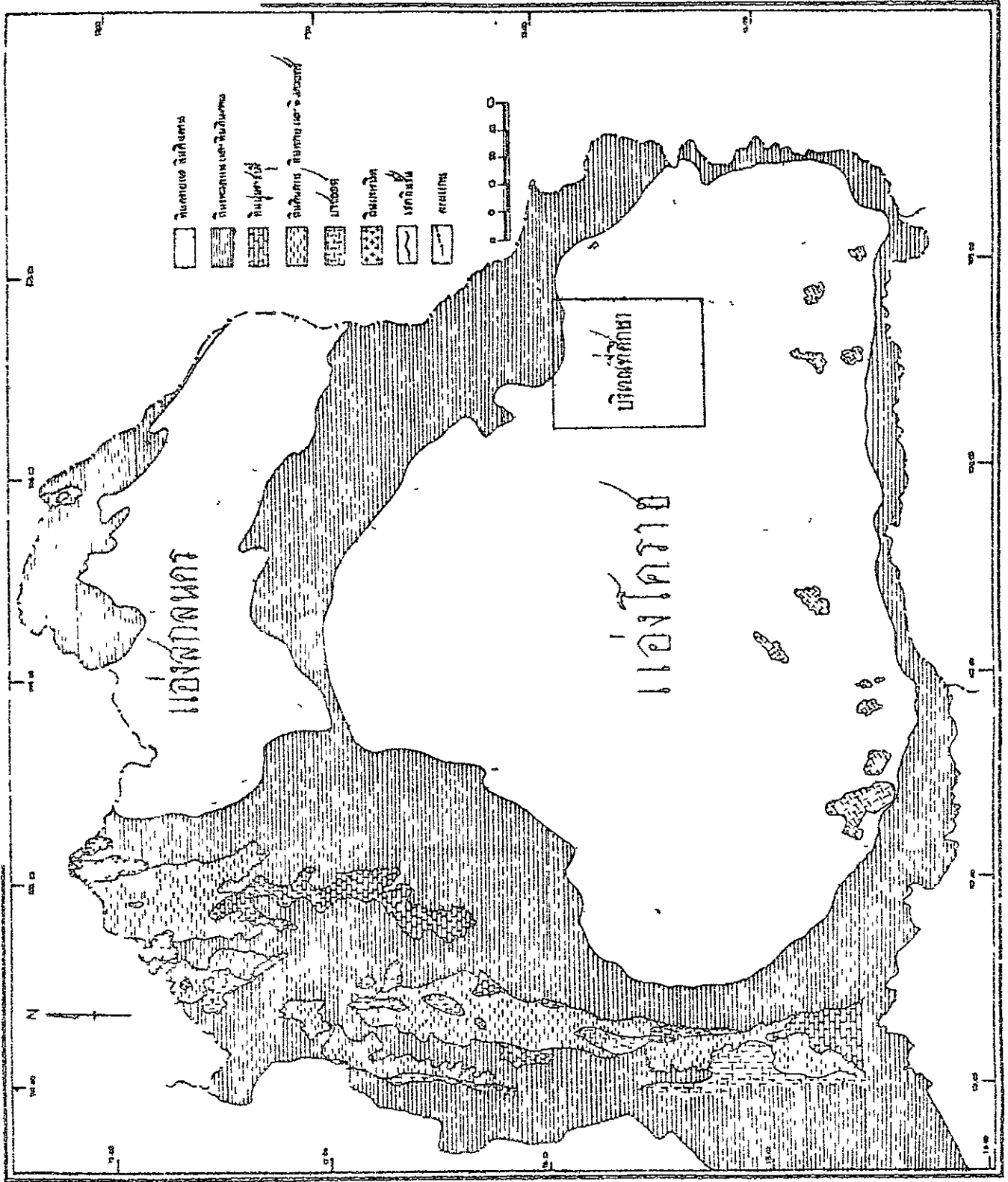
ลามอโรซ์ และคนอื่น ๆ (Lamoreaux & others) ได้กล่าวถึงการทับถมของหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือไว้ดังนี้ ก่อนยุคไทรแอสสิก หินพื้นฐานบริเวณที่เป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหินยุค เอร์เมียนหรือก่อนหน้านั้น (Permian & older) หินเหล่านี้ได้ถูกกัดกร่อนอย่างมากจากขบวนการต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกัดกร่อนของน้ำ จนทำให้ลักษณะภูมิประเทศเกือบราบเรียบ (Peneplain) ในยุคไทรแอสสิกก่อนของหินทรายเริ่มทับถมลงบนชั้นหินดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มโคราชคอยจมตัวลงจนน้ำทะเลท่วมถึง ลักษณะการทับถมของตะกอนของหินทรายจึงทับถมในลักษณะทะเลน้ำตื้น ลักษณะของหินที่พบจึงเป็นหินก้นคานสีแดง (red shale) ร่องลงมาก็เป็นพวกหินทราย เมื่อกะเอยัด อย่างไรก็ตาม ก็คือหินที่พบส่วนใหญ่จะเป็นสีแดง ทั้งนี้เนื่องมาจากหินพื้นฐานเกือบเป็นสีแดง โดยเฉพาะศิลาแดง

(lateritic soil) ในตอนกลางยุคไทรแอสสิก เชื่อกันว่าลักษณะภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ทั้งนี้สังเกตได้จากหินคินคานและหินทรายที่ทับถมมีลักษณะสีจางกว่าหินที่ตกตะกอนตอนยุค คอนโกลจะสิ้นยุคไทรแอสสิก ลักษณะอากาศเปลี่ยนจากอากาศชื้น (Humid) เป็นอากาศแห้งแล้ง ทำให้มีอิทธิพลของลมโซมาเลียของตอนการทับถมของหินในช่วงนี้ การทับถมจึงเป็นพวกทราย เม็ดละเอียด หินคินคานปนทราย นอกจากนี้ยังมีการตกตะกอนของพวกยิมซัมและเกลือ (gypsum & salt) ในตอนปลายของยุคไทรแอสสิกมีการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก คือ การยกตัวของเทือกเขาภูพาน (Phu Phan) ซึ่งผลของการยกตัวทำให้เกิดแอ่งโคราช (Khorat Basin) และแอ่งสกลนคร (Sakon Nakhon Basin) การทับถมของหินทราย หินคินคานปนทราย ยิมซัมและเกลือ ของยุคจูราสสิก ใต้ทับถมลงในแอ่งทั้ง 2 ซึ่งหินเหล่านี้ได้ถูกชะล้างจากเทือกเขาภูพานเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามในคอนปลายยุคไทรแอสสิกมีการยกตัวของเปลือกโลกซึ่งที่ปรากฏหลักฐานเด่นชัดคือ แก่ ภูกระดึง (Lamoreaux & others, 1959 : 12 - 15)

อย่างไรก็ตามในระหว่างยุคไทรแอสสิก - จูราสสิกมีการดันตัวของหินบาซอลต์ (Basalt) แทรกตัวขึ้นมาตามหินชั้นเหล่านี้เป็นบริเวณเล็ก ๆ ในเขตจังหวัด สุรินทร์ บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ โขลมาในลักษณะ Dike จึงปรากฏเป็นภูเขาโดด ๆ ในปัจจุบัน (Lamoreaux & others, 1959 : 13) ดังแผนที่ในรูป 3.1 ซึ่งแสดงถึงลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของที่ราบสูงโคราช

### ลำดับชั้นหินในยุคต่าง ๆ ของที่ราบสูงโคราช

ดังที่กล่าวมาแล้วถึงประวัติความเป็นมาของที่ราบสูงโคราช ลักษณะการทับถมในช่วงยุคต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วมีผลถึงลักษณะของหินที่ปรากฏ รวมทั้งสีก็วย โดยเหตุนี้เองได้มีการศึกษาเกี่ยวกับหินชุดโคราชกันอย่างกว้างขวาง โฮรวาร์ด (Howard) ได้กล่าวถึงการแบ่งหินทรายชุดโคราช (Khorat series) ของ Nitipat & Din ไว้ว่า หินชุดนี้ได้ทับถมลงบนหินในยุคเพอร์เมียน (Permian) และ คาร์บอนิเฟอรัส โดยแบ่งออกเป็น 3 ชั้นดังนี้



รูปที่ ๑. แผนที่ประเทศไทยและลาว

1. ชุกภูกระดิ่ง (Phu Khadung Member) นับเป็นหินชั้นกลางสุดของหินทรายชุกโคราช ประกอบด้วยหินดินดานสีแกม หินดินดานปนทราย หินดินดานเนื้อปนไมก้าสีน้ำตาลเข้ม น้ำตาลแกมเทา และแกม กับหินทรายแป้ง หินทรายเนื้อปนไมก้า และหินกรวดมน

2. ชุกพระวิหาร (Phra Wihan) หินชุกนี้ประกอบด้วยหินทรายซึ่งมีสีต่างกันตั้งแต่ สีเทา สีน้ำตาล สีเทาแกมเขียว และสีเขียว หินทรายชุกนี้มีขนาดตั้งแต่ขนาดกลาง - ขนาดเล็ก บางแห่งมีหินดินดานปนดินเหนียวแทรกชั้นอยู่

3. ชุกภูพาน (Phu Phan) เป็นหินชั้นบนสุด เป็นหินทรายที่มีสีต่างกัน ตั้งแต่สีขาว สีเทาจาง ๆ และสีน้ำตาล และหินกรวดมนแทรกอยู่ในหินทราย นอกจากนี้ยังมีพวกควอร์ตซ์ (Quartz) (Horward, 1966 : 20 - 22)

อย่างไรก็ดีเกี่ยวกับชั้นหินชุกโคราชได้มีการศึกษากันต่อไปอีก ดังจะเห็นได้จากการสรุปในการจัดทำแผนที่แสดงทรัพยากรของประเทศไทยของกรมแผนที่ทหาร ดังมีรายชื่อก่อต่อไปนี้

ลามอโรซ์ และจุมเจบฏ (Lamoreaux & Jumchet) กล่าวว่า ชั้นบนของหินในยุคจูราสสิก ยังแบ่งออกเป็น younger และไคแยกชั้นที่เรียกว่า younger ออกไป และเรียกว่า unnamed member

วอร์ด (Ward) แนะนำ หินชุกโคราช (Khorat series) ควรเปลี่ยนเป็น Khorat group และยังไต่ถามการแบ่งหินทั้ง 3 ชุก คือ ภูกระดิ่ง พระวิหาร และภูพาน กับ Unnamed ออกเป็น 6 ช่อ กับ 1 unnamed การค้นคว้าเกี่ยวกับหินชุกโคราช ไคกระทำต่อไปอีกโดยนักธรณีวิทยาชาวญี่ปุ่นและเสนอว่า Khorat group ควรมีหินเพียง 5 ชุกเท่านั้น (กรมแผนที่ทหาร, แผนที่แสดงทรัพยากรของประเทศไทย, 1972 : 4)

อย่างไรก็ดีจากการศึกษาของ วอร์ด และนักธรณีญี่ปุ่นยังมีการอภิปรายโต้แย้งกันอีกมาก เนื่องจากหลักฐานที่ไคยังไม่ดีเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงสรุปลำดับชั้นหินบนที่ราบสูงโคราชไว้ในตาราง 3.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการเรียงตัวของชั้นหินบนที่ราบสูงโคราช\*

ช่วงเวลา (Period)	หน่วยหิน (rock unit.)	ความหนา (เมตร)	ลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปของหิน
ควอเทอร์นารี (Quaternary)	ตะกอนที่ตกพัคพา มาโดยลำน้ำ	0-50	ตะกอนดินทราย ที่น้ำพัดพา ทับถมในที่ราบลุ่ม ไหลเขา หุบเขา กับกรวดทรายในลำน้ำ
เทอร์เชียรี (Tertiary)	บาชอลด (basalt.)	?	หินบาชอลดที่กั้นตัวชั้นในลักษณะ Dike แทรกชั้นหินชุดโคราชขึ้นมา ซึ่งปรากฏในเขตจังหวัด บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ
จูราสสิค (jurassic) ครีตาเซียส (Cretaceous) และ younger (?)	Unnamed	?	หินทรายที่มีสีตั้งแต่สีน้ำตาลไปจนถึง สีชมพูแกมแดง มีขนาดตั้งแต่ขนาด เล็กจนถึงขนาดกลาง

\* ที่มา : Reconnaissance of the Geology and Ground Water of the Khorat Plateau, Thailand p. 14 - 15.

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ช่วงเวลา (Period)	หน่วยหิน (rock unit.)	ความหนา (เมตร)	ลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปของหิน
ไทรแอสสิก (Triassic)	ชุดโคราช (Khorat series)	ภูพาน Phu Phan	หินดินดานสีแกม หินดินดานเทา ทราย หินดินดานเนื้อปนไม้ก่า สีน้ำตาลเข้ม น้ำตาลแกมเทา และแดง หินทรายแป้ง และ หินกรวดมน
		พระวิหาร Phra Wihan	หินทราย สีเทา สีน้ำตาล สีเทาแกมเขียว บางแห่งมีหินดิน ดานแทรกชั้นอยู่
		ภูกระดึง Phu Kadung	หินทรายสีขาว สีเทาจาง ๆ และสีน้ำตาล หินกรวดมนแทรก อยู่ในหินทราย
เพอร์เมียนและคาร์บอนี เฟอรัส (Permian and Carboniferous)	หินปูนราชบุรี	750-2350+	หินปูนสีเทาอ่อนชั้นหนา ๆ สลับ กับหินดินดาน หินทราย
ก่อนการบ่อนิเพอร์รัส (Early Carboniferous)	หินซุกกาเวอนบุรี	1000-3000+	หินดินดาน หินทราย และหินดินดาน ปนทราย บางแห่งมีหินแปร เช่น ไฟไรต์ กวอร์ต คาย

## ลักษณะโครงสร้างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

กล่าวได้ว่าโครงสร้างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นั้นไม่สลับซับซ้อน เหมือนภาคอื่น ลักษณะโดยทั่วไปก็ประกอบด้วย เทือกเขาเดี่ยว ๆ กับแอ่ง ก็จะเห็นได้จากรายงานของ ลี (Lee) ได้กล่าวถึงโครงสร้างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือไว้ดังนี้

1. แอ่งโคราช (Khorat basin) ซึ่งอยู่ในเขตจังหวัด นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ร้อยเอ็ด มหาสารคาม กาฬสินธุ์
2. แอ่งสกลนคร (Sakon Nakhon basin) ซึ่งอยู่ในจังหวัด สกลนคร นครพนม
3. เทือกเขาภูพาน (Phu Phan range) เทือกเขานี้เกิดขึ้นจากการ โกงตัวขนาดกัน 3 แนว ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ โดยเริ่มจากอำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัด อุบลราชธานี และขยายไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ ความกว้างโดยเฉลี่ยประมาณ 48 กม. (Lee, 1959 : 16) ดังแผนที่ 3.1

ถ้าได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าลักษณะของหินพื้นฐานของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็น หินชุดโคราช ซึ่งมีหินทรายเป็นส่วนประกอบสำคัญ ส่วนใหญ่จะเป็นหินที่เกิดจากการทับถมในยุคไทรแอสสิก และจูราสสิก เมื่อพิจารณาว่าเขซึ่งอยู่ในเขตจังหวัดอุบลราชธานีอันเป็นบริเวณ ที่ศึกษา (ดูแผนที่ 3.1) จะเห็นว่า บริเวณลุ่มน้ำส่วนใหญ่จะอยู่บนหินพื้นฐานที่ตกทับถมในยุคจูราสสิก ล่างเหนือของลุ่มน้ำที่มีเพียงส่วนน้อยจะอยู่บนหินที่ทับถมในยุคไทรแอสสิก ทั้งนี้เนื่องมาจากการ โกงตัวของ เทือกเขาภูพานทำให้หินชุดนี้ไหลขึ้นมา ซึ่งทำให้สาขาของลำน้ำ บางส่วนไหลอยู่บนหินชุดนี้ การ โกงตัวของ เทือกเขาภูพานทำให้ลักษณะภูมิประเทศทางคานเหนือ- ออกของลำน้ำเอียงเล็กน้อย ลักษณะการ เอียงของลักษณะภูมิประเทศเอียงไปทางตะวันตก อย่างไรก็ตามแม่น้ำบริเวณลุ่มน้ำลำน้ำจะไหลอยู่บนหินพื้นฐานต่างยุคกัน แต่ลักษณะของหินทราย ที่ปรากฏในยุคทั้ง 2 มีลักษณะโดยทั่วไป ไปใบแตกต่างกันนัก จะแตกต่างกันบ้างก็เฉพาะสี และขนาดของ เม็ดทรายเท่านั้น ซึ่งสามารถพกรวม ๆ ได้ว่า ลานน้ำบนหินพื้นฐานนี้ เป็นหินทราย (Sandstone) เกี่ยวกับโครงสร้างก็เช่นเดียวกัน คือเป็นโครงสร้างแบบเดียวกัน คือ

มีลักษณะที่เป็นชั้น (Strata) อันเป็นผลเนื่องมาจากการทับถมของตะกอนในยุคต่าง ๆ  
ตั้งไกล่ลาวมาแล้ว (รูป 3.2) กังนั้นจึงพออนุมานได้ว่า ลาวเซไห่ลยอยู่บนหินพื้นฐานชนิดเดียวกัน  
กันและโครงสร้างแบบเดียวกัน

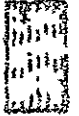
หินอัคนี



หินอัคนียุคจูราสสิก  
JURASSIC AND YUCCAN



หินอัคนียุคเพอร์เมียน  
PERMIAN AND CARBONIFEROUS



หินอัคนียุคไทรแอสสิก  
TRIASSIC



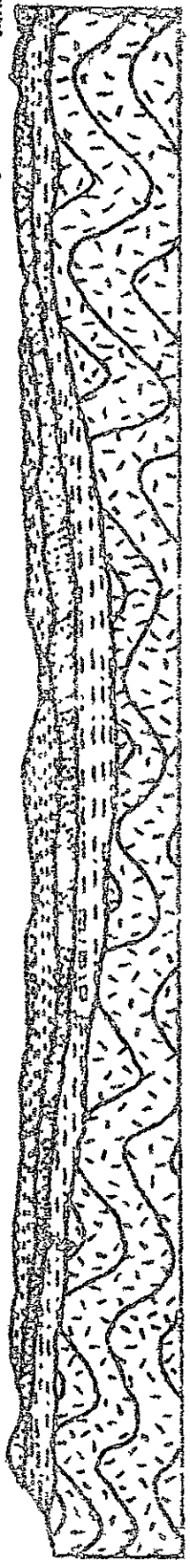
หินอัคนียุคก่อนไทรแอสสิก  
PRE TRIASSIC

หินทราย

หินทราย

หินทราย

หินทราย



จุดที่แสดงทิศทางของหินอัคนียุคจูราสสิกและหินอัคนียุคเพอร์เมียน - 1 และ 2

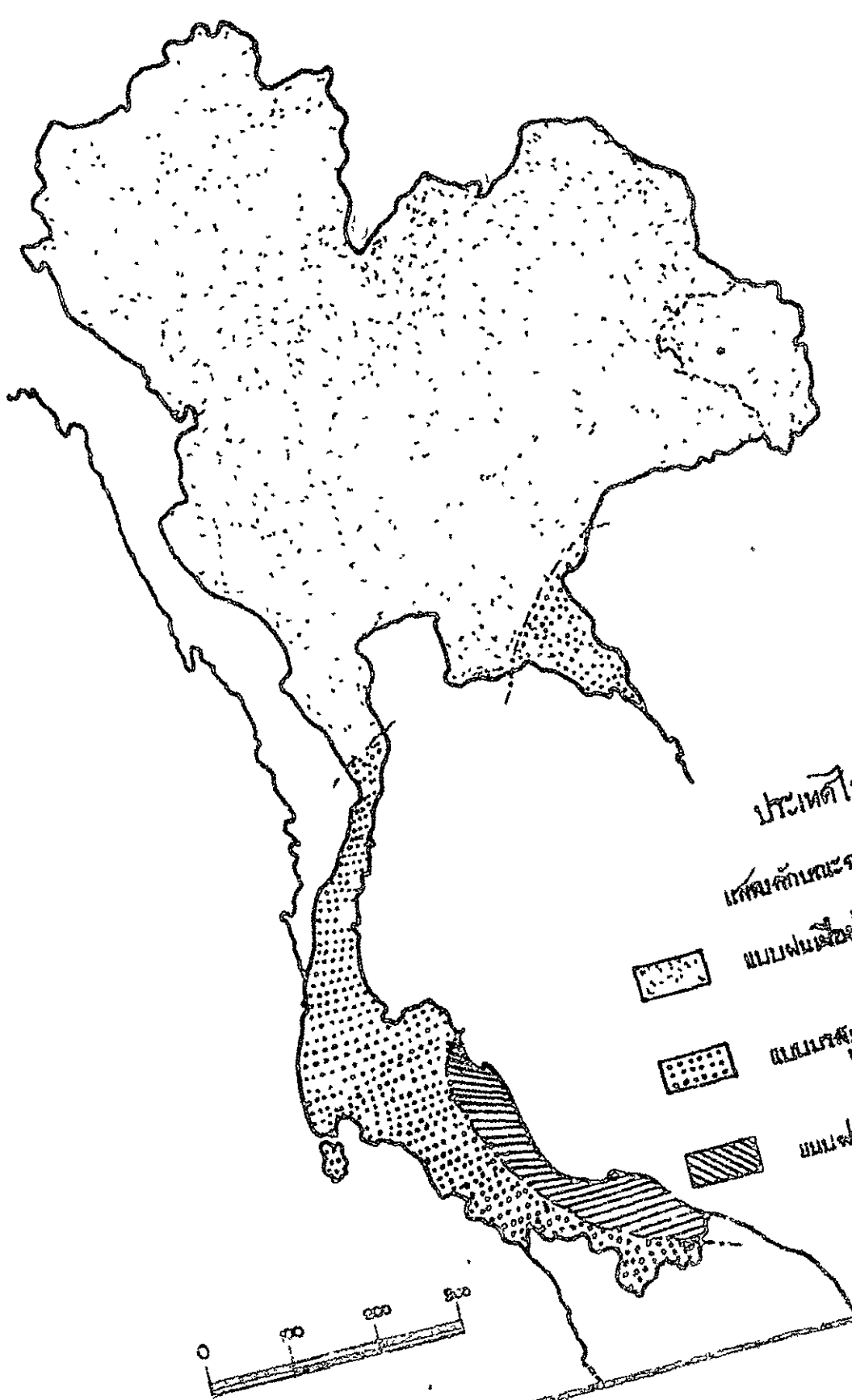
## ลักษณะภูมิอากาศของบริเวณที่ศึกษา

เนื่องจากบริเวณลำเขื่อน เป็นบริเวณที่ศึกษาไม่มีสถานีตรวจอากาศจึงได้ใช้สถิติของจังหวัดอุบลราชธานีซึ่งเป็นสถานีใกล้เคียงที่สุด โดยค่าว่าลักษณะอากาศจะแตกต่างกันอย่างมาก จากสถิติของสถานีตรวจอากาศที่อุบลราชธานีในระยะ 30 ปี (ตาราง 1.1) ที่นำมาชี้ให้เห็นว่า เดือนที่ร้อนที่สุดคือเดือนเมษายน (อุณหภูมิ  $30.1^{\circ}\text{C}$ ) เดือนที่หนาวที่สุดคือเดือนธันวาคม  $22.9^{\circ}\text{C}$  พิสัยอุณหภูมิ (Range)  $7.2^{\circ}\text{C}$  ซึ่งแสดงให้เห็นความแตกต่างในระกัปลาากลางของอุณหภูมิในหนาวและหน้าหนาวทั้งนี้เพราะบริเวณดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมอุณหภูมิจึงสูงมากในช่วง เปลี่ยนแปลงทิศทางของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ คือตอนปลายเดือนมีนาคม – เดือนเมษายน และการได้รับอิทธิพลของลมมรสุมใกล้ส่งผลไปถึงช่วงที่มีฝนตกของปีด้วย จากตาราง 3.2 ชี้ให้เห็นว่า ฝนเริ่มตกตั้งแต่เดือนเมษายน (เฉลี่ย 10 ปี ตั้งแต่ 2506 – 2515) 88.01 มม. ไปจนถึงเดือนกันยายน (255.60 มม.) เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดได้แก่เดือนกรกฎาคม (296.83 มม.) ช่วงเวลาดังกล่าวที่มีฝนตกเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฝนรวมทั้งปี 1538.5 มม. (เฉลี่ย 30 ปี) ในช่วงที่ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออากาศแห้งแล้ง ซึ่งมีเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนไม่ถึง 60 มม. ถึง 6 เดือน ซึ่งถ้าจะแบ่งลักษณะอากาศตามการแบ่งลักษณะอากาศของคอปเพิน (Koppen Classification) ลักษณะอากาศของบริเวณที่ศึกษา มีลักษณะอากาศเป็นแบบ Aw คือ มีช่วงที่แห้งแล้งอย่างเห็นได้ชัด (ดูแผนที่ 3.3)

ตาราง ๑.๕. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 2506 - 2516 และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยใน  
ระยะ 30 ปี (2474 - 2503)

พ.ศ. เดือน	2506	2507	2508	2509	2510	2511	2512	2513	2514	2515	เฉลี่ย (2474-2503)
มกราคม	-	5.5	-	-	-	2.7	-	.4	-	-	6.2
กุมภาพันธ์	-	-	5.1	-	-	.2	5.3	.7	13.1	57.9	10.3
มีนาคม	94.7	51.4	1.3	83.2	-	5.7	12.9	.5	.4	108.9	39.9
เมษายน	11.4	64.4	175.5	123.0	182.6	71.3	74.5	79.9	58.5	39.0	71.7
พฤษภาคม	184.1	502.5	280.5	644.1	70.1	166.5	203.9	168.4	225.4	76.0	172.1
มิถุนายน	267.5	192.2	377.1	276.3	130.5	282.4	309.7	278.5	231.8	480.3	204.8
กรกฎาคม	279.1	147.1	120.1	445.6	209.4	152.6	435.8	406.7	307.3	464.9	280.6
สิงหาคม	269.6	245.8	128.8	401.5	354.3	290.2	148.8	371.9	317.8	312.7	313.0
กันยายน	232.2	248.9	169.0	178.8	189.3	499.3	346.7	189.4	173.1	292.3	309.9
ตุลาคม	111.8	61.3	17.3	53.9	135.3	4.0	50.0	30.5	20.9	77.3	131.9
พฤศจิกายน	65.5	82.3	22.3	23.0	23.2	.8	34.7	6.1	.6	16.9	26.2
ธันวาคม	-	-	1.3	8.9	-	-	-	17.4	3.7	8.7	1.9
รวม	1515.9	1637.4	1297.6	2238.3	1294.7	1475.7	1622.3	1750.4	1352.6	1935.9	1538.5

ที่มา : กองอากาศประจำถิ่น ; กรมอุตุนิยมวิทยา



ประเทศไทย

ดินเค็มและดินด่าง



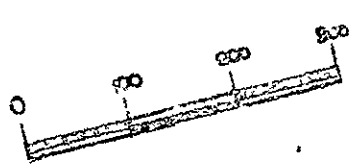
แบบพื้นที่ราบลุ่ม (As)



แบบพื้นที่สูง (Afs)



แบบพื้นที่ราบสูง (Afs)



ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลได้แยกออกเป็น 6 ตอน ดังต่อไปนี้คือ

✓ 1. วิเคราะห์ลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำจากอันดับที่สูงกว่าไปยังอันดับที่ต่ำกว่า

✓ 2. วิเคราะห์ลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมจากอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า

\* ✓ 3. วิเคราะห์ลักษณะการลดลงของความลาดชันเฉลี่ยจากอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า

\* ✓ 4. วิเคราะห์ความหนาแน่นของการระบายน้ำของบริเวณลำเซ

✓ 5. วิเคราะห์เปรียบเทียบจำนวนของลำน้ำในเขตอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู ( Aw ) กับ จำนวนลำน้ำในเขตภูมิอากาศชื้นในเขตอบอุ่น ( Csf )

6. วิเคราะห์ทฤษฎีจักร ( Cycle of erosion ) ของลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำจากอันดับที่สูงกว่าไปยังอันดับที่ต่ำกว่า

เพื่อให้ทราบลักษณะการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำจากอันดับที่ 7 เพิ่มไปยังอันดับที่ 6, 5, 4, 3, 2, 1 เป็นลักษณะเช่นไร จะเห็นได้จากแผนที่ 4.1 นับจำนวนของลำน้ำในแต่ละอันดับ ปรากฏว่าอันดับที่ 1 มีลำน้ำ 1003 สาย และลำน้ำอันดับที่ 7 มีเพียงสายเดียวซึ่งถือเป็นลำน้ำใหญ่ ที่ไหลไปรวมกับลำน้ำมูล จำนวนลำน้ำในแต่ละอันดับได้แสดงในตาราง 4.1 ดังต่อไปนี้

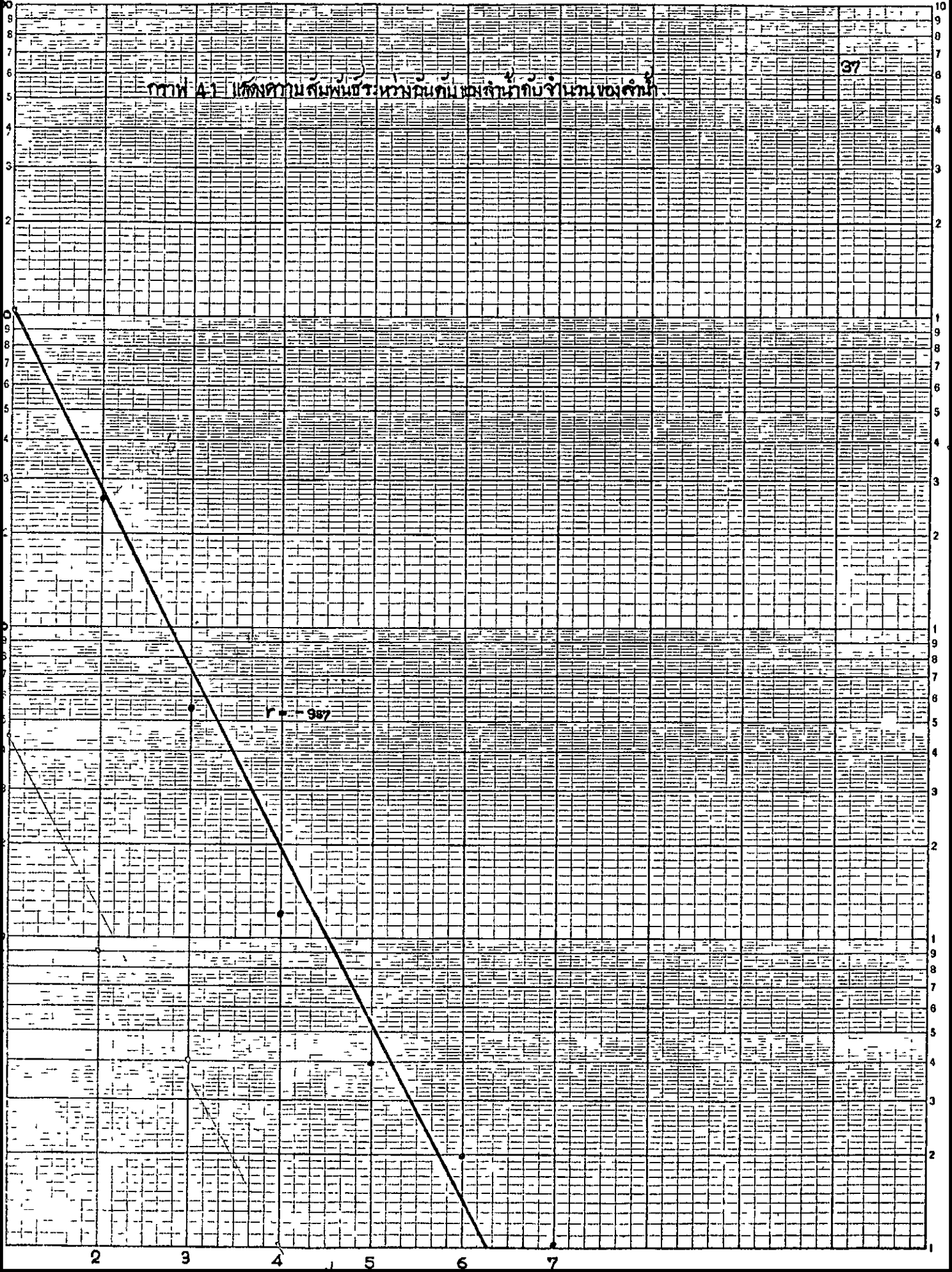
ตาราง 4.1 แสดงจำนวนลำน้ำในแต่ละอันดับของลำเขา

อันดับของลำน้ำ (Order of Stream)	จำนวนของลำน้ำ (Number of Stream)	อัตราส่วนไบเฟอร์เคชัน (Bifurcation Ratio - Rb)	จำนวนลำน้ำเปลี่ยนค่า เป็น log
1	1003	3.933	3.00130
2	255	4.722	2.40654
3	54	4.5	1.73239
4	12	3	1.07918
5	4	2	0.60210
6	2	2	0.30103
7	1	1	0.0

จะเห็นได้ว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำ (Bifurcation ratio) ในอันดับที่ 6 เพิ่มมาจากอันดับที่ 7 มีค่าเท่ากับ 2 จำนวนลำน้ำอันดับที่ 5 เพิ่มมาจากอันดับที่ 6 มีค่าเท่ากับ 2 จำนวนลำน้ำในอันดับที่ 4 เพิ่มมาจากอันดับที่ 5 มีค่าเท่ากับ 3 จำนวนลำน้ำในอันดับที่ 3 เพิ่มจากอันดับที่ 4 มีค่าเท่ากับ 4.5 จำนวนลำน้ำในอันดับที่ 2 เพิ่มมาจากอันดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 4.722 จำนวนลำน้ำในอันดับที่ 1 เพิ่มมาจากอันดับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 3.933 ค่าอัตราส่วนไบเฟอร์เคชันมีช่วงอยู่ระหว่าง 2 - 4.722 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนไบเฟอร์เคชันมีค่า 3.375 จากลักษณะการเพิ่มของจำนวนของลำน้ำที่เพิ่มขึ้นในแต่ละอันดับ โดยเพิ่มจากอันดับที่สูงกว่า (อันดับ 7) เพิ่มไปยังอันดับ ที่ต่ำกว่าเป็นลักษณะที่เขียนแบบหัวคือ

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนลำน้ำ กับอันดับของลำน้ำ พบว่า มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง (ดังกราฟ 4.1) ค่าสหสัมพันธ์ ( $r$ ) =  $-0.99(-.98797)$  มีระดับความเชื่อมั่นที่ .01 (99 %) ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำในแต่ละอันดับเพิ่มขึ้นเกือบคงที่ อันเป็นการแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำจากอันดับที่สูงกว่า ไปยัง อันดับ ที่ต่ำกว่า (ลักษณะที่ค่า  $r$  เป็นลบ) มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.1

ภาพ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ของหน้ากับจำนวนของฟัน



ลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำในอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า

เพื่อที่จะทราบถึงลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสม (Cumulative mean length) ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละอันดับ โดยเริ่มจากอันดับที่ 1 และต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงอันดับที่ 7 ว่าเพิ่มขึ้นมีลักษณะเช่นไรนั้น จะองหาความยาวเฉลี่ยของความยาวของลำน้ำในแต่ละอันดับ ผลจากการรวบรวมข้อมูลปรากฏผลดังตาราง 4.2 ดังต่อไปนี้

อันดับของลำน้ำ	ความยาวเฉลี่ย	อัตราส่วนของความยาว (length ratio= $R_L$ )	ความยาวเฉลี่ยสะสม (Cumulative mean length)	ความยาวเฉลี่ยสะสมเปลี่ยนค่า เป็น log.
1	1.28	1.928	1.28	.10721
2	2.468	3.038	3.748	.57380
3	7.499	1.735	11.247	1.04115
4	13.016	1.868	24.263	1.38507
5	24.325	.637	48.588	1.68653
6	15.5	2.338	64.088	1.80679
7	36.25		100.338	2.00130

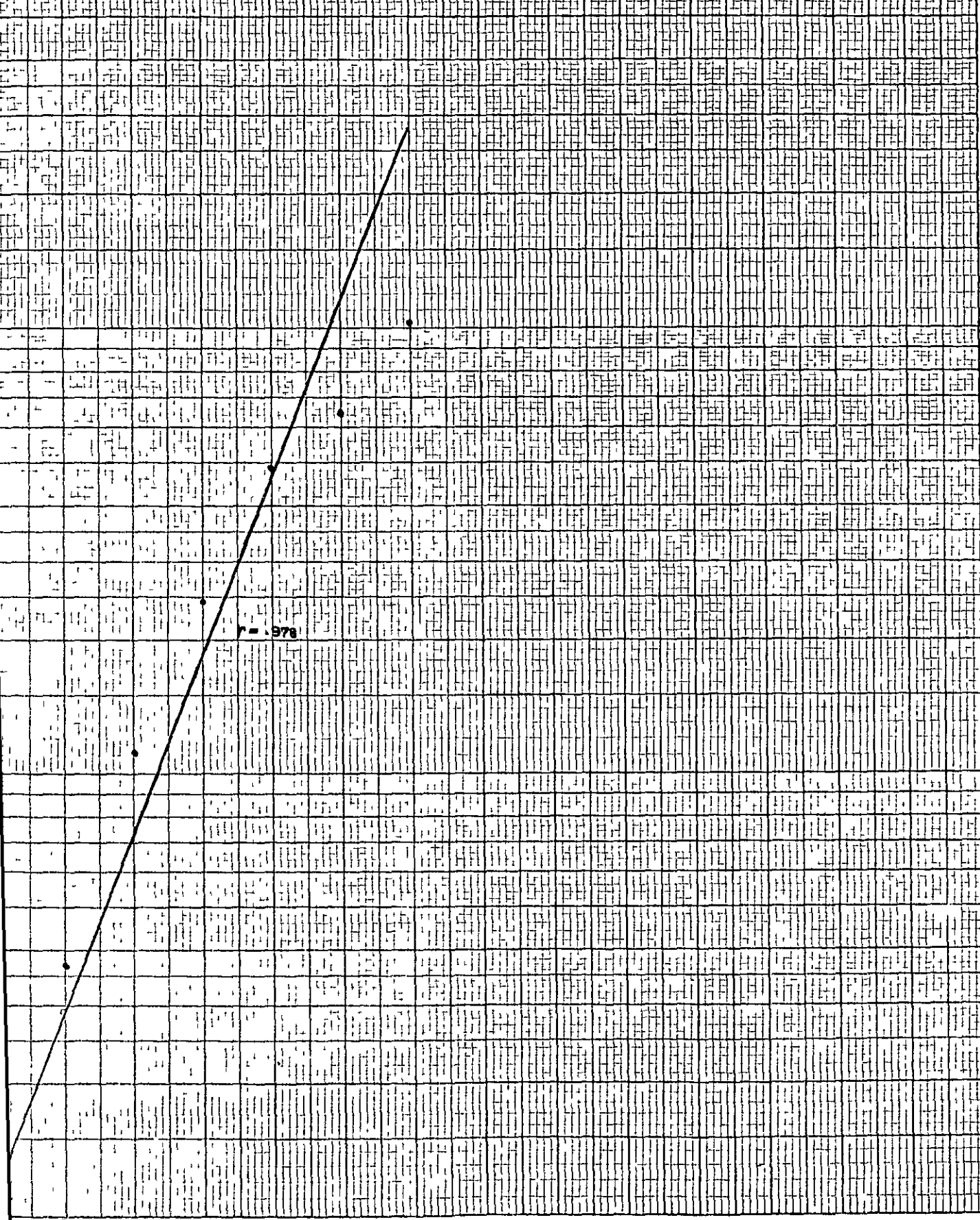
(ความยาวทั้งหมดของลำน้ำแต่ละสายในแต่ละอันดับของลำน้ำดังปรากฏในภาคผนวกตาราง 6.1)

ก็จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยลำน้ำของอันดับที่ 2 ที่เพิ่มขึ้นจากอันดับที่ 1 มีอัตราส่วน 1.928 ในอันดับที่ 3 เพิ่มขึ้นมาจากอันดับ 2 มีอัตราส่วนของความยาวเฉลี่ย 3.038 อันเป็นค่าอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นมากที่สุด ซึ่งหมายถึงความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 3 มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุดในจำนวนความยาวของลำน้ำทั้ง 7

อันดับเมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนกัน การเพิ่มของความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 4 เพิ่มมาจากอันดับที่ 3 มีอัตราส่วนของความยาว 1.725 การเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยในอันดับที่ 5 เพิ่มมาจากอันดับที่ 4 มีอัตราส่วนของความยาว 1.868 การเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 6 เพิ่มมาจากอันดับที่ 5 มีอัตราส่วนของความยาว .637 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 6 สั้นกว่าความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 5 ทั้งนี้จะเป็นผลเนื่องมาจากลักษณะโครงสร้าง (Structure) จึงส่งผลทำให้ลำน้ำในอันดับที่ 6 ไหลมารวมกันเร็วขึ้นกว่าปกติ การเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 7 เพิ่มมาจากความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 6 มีอัตราส่วนของความยาว 2.338 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของความยาว (length ratio) มีค่า 2.09 ดังนั้น ลักษณะการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยของลำน้ำที่เพิ่มขึ้นในแต่ละอันดับโดยเริ่มจากอันดับที่ 1 จึงเพิ่มขึ้นเป็นแบบทวีคูณ

ความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำในแต่ละอันดับหาจากความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 1 บวกกับความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 2 ผลการบวกของความยาวเฉลี่ยของลำน้ำทั้ง 2 อันดับจึงเป็นความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำในอันดับที่ 2 ความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำในอันดับต่อ ๆ ไปหาจากวิธีเดียวกัน ดังความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำในแต่ละอันดับในตาราง 4.2 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเฉลี่ยสะสมกับอันดับของลำน้ำพบว่ามีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง (ดูกราฟ 4.2) ค่าความสัมพันธ์ .978 มีความเชื่อมั่นที่ระดับ .01 หรือมีความเชื่อมั่น 99 % ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมในแต่ละอันดับเพิ่มขึ้นเกือบคงที่ หมายความว่า การเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมจากอันดับที่ต่ำกว่า (อันดับที่ 1) เพิ่มไปยังอันดับที่สูงกว่ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต ซึ่งตรงตามสมมุติฐานข้อ 1.2

ภาพ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของต้นไม้กับความยาวของลำต้น



### ลักษณะการลดลงของความลาดชันเฉลี่ยจากอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า

เนื่องจากลำน้ำโดยปกติแล้วจะมีความลาดชันสูงเมื่ออยู่ต้นน้ำ จะเห็นได้จากลักษณะการไหลของน้ำบริเวณต้นน้ำไหลเชี่ยวกว่าบริเวณที่อยู่ปากน้ำ การศึกษาครั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ลักษณะการลดลงของความลาดชันของลำน้ำในแต่ละอันดับมีลักษณะเช่นไร การวิเคราะห์ลักษณะความลาดชันของลำน้ำในแต่ละอันดับโดยใช้ความลาดชันเฉลี่ย ดังปรากฏผลในตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 4.3 แสดงความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำในแต่ละอันดับ

อันดับของลำน้ำ	ความลาดชันเฉลี่ย	อัตราส่วนของความลาดชัน (Slope ratio = $R_s$ )	ความลาดชันเฉลี่ยเปลี่ยนค่าเป็น log
1	5.82		.76492
2	3.80	.625	.57978
3	1.695	.446	.22917
4	1.142	.673	.05767
5	.523	.437	-.28150
6	.287	.548	-.54212
7	.091	.317	-1.04096

ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำในแต่ละอันดับหาได้จากความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในแต่ละอันดับ (ตาราง 6.1 ภาคผนวก) กับความสูงเฉลี่ยที่ลำน้ำในแต่ละอันดับไหลผ่าน (ตาราง 6.2 ภาคผนวก)

จะเห็นว่าความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำในแต่ละอันดับจะค่อย ๆ ลดลง (โดยเริ่มจากอันดับที่ 1 ของลำน้ำ) อัตราการลดลงของความลาดชันเฉลี่ยในอันดับที่ 2 ลดลงมาจากอันดับที่ 1 มีค่าอัตราส่วน .625 ในอันดับที่ 3 ความลาดชันเฉลี่ยลดลงมาจากอันดับที่ 2 มีอัตราส่วน .446 ในอันดับที่ 4 ความลาดชันเฉลี่ยลดลงมาจาก

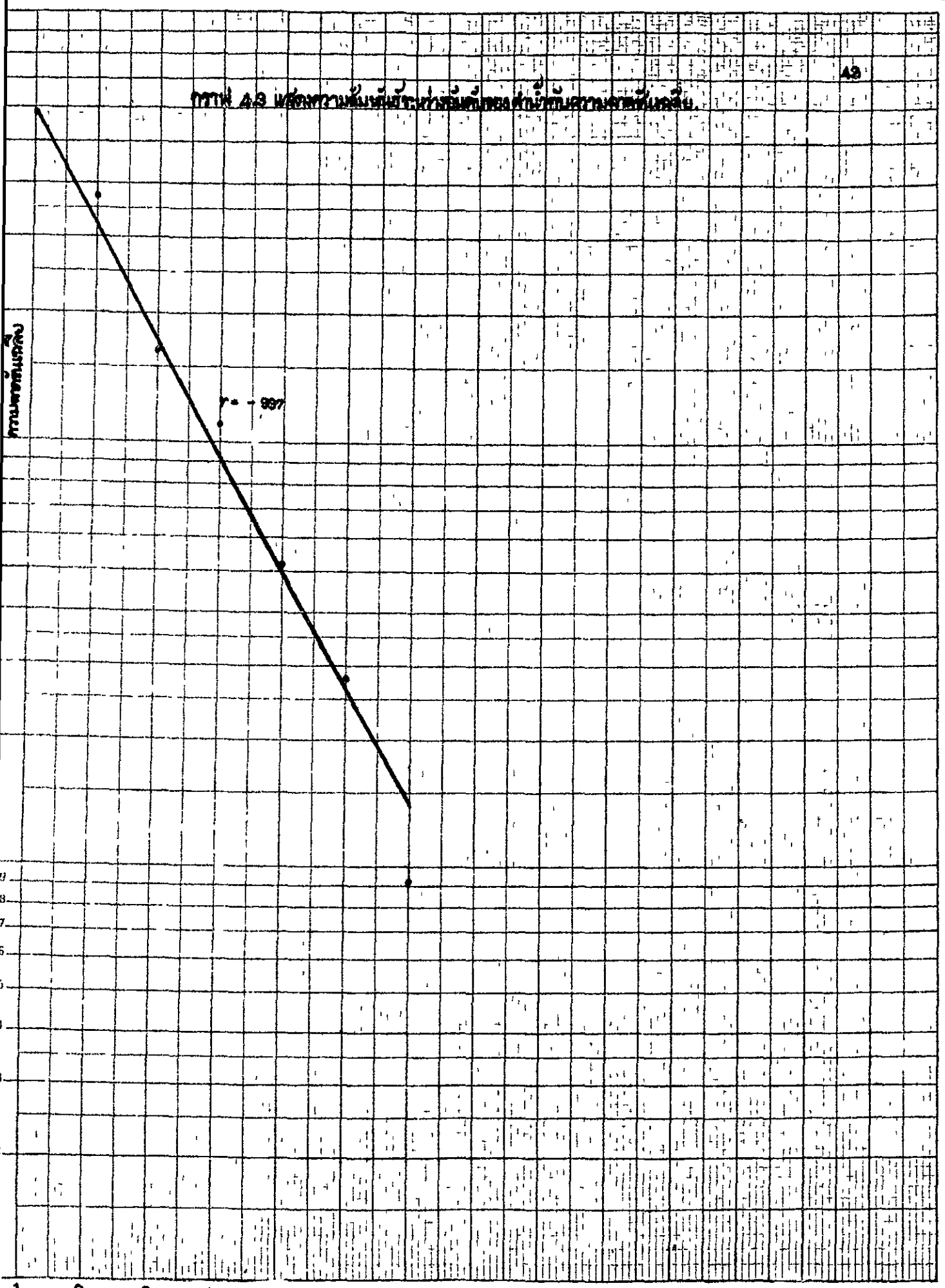
อันดับที่ 3 มีอัตราส่วน .673 ซึ่งเป็นอัตราส่วนของความลาดเฉื่อยที่ลดลงมากที่สุด  
 ในอันดับที่ 5 ความลาดชันเฉื่อย ลดลงจากอันดับที่ 4 มีอัตราส่วน .457 ในอันดับ  
 ที่ 6 ความลาดเฉื่อยลดลง มีอัตราส่วน .548 และในอันดับที่ 7 ความลาดชันเฉื่อย  
 ลดลง มีอัตราส่วน .317 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนของความลาดชันของลำน้ำในแต่ละ  
 อันดับมีค่าแตกต่างกันน้อยมากคือ อยู่ระหว่าง .317 - .673 ค่าเฉลี่ยอัตราส่วน  
 ของความลาดชัน .513 ซึ่งแสดงถึงการลดลงของความลาดชันของลำน้ำในแต่ละ  
 อันดับเป็นแบบทวีคูณ

อย่างไรก็ตาม เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความลาดชันเฉื่อยกับอันดับของ  
 ลำน้ำ (ดังกราฟ 4.3) พบว่ามีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ  
 $-0.937$  มีความเชื่อมั่นที่ระดับ .01 หรือมีความเชื่อมั่น 99 % ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์  
 สูง ซึ่งแสดงถึงการลดลงของความลาดชันเฉื่อยของลำน้ำในแต่ละอันดับมีแนวโน้มที่  
 จะลดลงเป็นปฏิภาคกลับกับอนุกรมเรขาคณิต ซึ่งการลดลงของลำน้ำในแต่ละอันดับ  
 ลดลงเกือบคงที่ ตรงตามสมมติฐานข้อ 1.3 ✓

จากผลของการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของการระบายน้ำ กล่าวคือ การเพิ่ม  
 ขึ้นของลำน้ำจากอันดับที่สูงกว่าไปยังอันดับที่ต่ำกว่ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรม  
 เรขาคณิต โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำเพิ่มขึ้นเกือบคงที่ การเพิ่ม  
 ขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำน้ำจากอันดับที่ต่ำกว่าไปยังอันดับที่สูงกว่า มีแนว  
 โน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต โดยมีอัตราส่วนของการเพิ่มขึ้นของความ  
 ยาวเฉลี่ย เกือบคงที่ และการลดลงของความลาดชันเฉื่อยจากอันดับที่ต่ำกว่าไปยัง  
 อันดับที่สูงกว่า ลดลงเป็นปฏิภาคกลับกับอนุกรมเรขาคณิต และอัตราการลดลงของ  
 ความลาดชันเกือบคงที่ ซึ่งแสดงว่าลักษณะของการระบายน้ำของลำน้ำ ไม่มีความ  
 แตกต่างไปจากกฎของฮอว์ตัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1

ГМК 4.9 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПЕРИОДАМ

Среднее значение



### วิเคราะห์ความหนาแน่นของการระบายน้ำ ( drainage density )

จากความยาวของลำน้ำที่วัดได้ในแต่ละอันดับของลำเซ ปรากฏผลในตาราง 4.4 ดังต่อไปนี้

อันดับของลำน้ำ	ความยาวของลำน้ำ (ก.ม.)	พื้นที่รับน้ำของลำเซ
1	1284	
2	629.48	
3	404.95	
4	156.20	
5	97.30	
6	31	
7	36.25	
	รวม 2639.18	3575.175

\* ( ุรายละเอียดความยาวของลำน้ำแต่ละสายในแต่ละอันดับในตาราง 6.1 ภาคผนวก )

ความยาวของลำน้ำเมื่อเปรียบเทียบกันในแต่ละอันดับจะเห็นได้ว่า ผลรวมของความยาวของลำน้ำในอันดับที่ยาวมากที่สุด 1284 กม. อันดับที่ 6 สั้นที่สุดคือ 31 กม. ผลรวมของความยาวของลำน้ำทั้ง 7 อันดับ 2639.18 กม. พื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่รับน้ำของลำเซวัดได้ 3575.175 ตารางกิโลเมตร ดังนั้น ความหนาแน่นของการระบายน้ำเท่ากับ .738 กม./ตารางกิโลเมตร ซึ่งหมายถึงในหนึ่งตารางกิโลเมตรมีลำน้ำยาว .738 กิโลเมตร ซึ่งแสดงว่าพื้นที่รับน้ำของลำเซ ความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำ ทั้งนี้ เพราะค่าความหนาแน่นของการระบายน้ำ

ของลำเซต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้\* ทั้งนี้เนื่องมาจากลักษณะหินพื้นฐานในบริเวณที่ลำเซไหลผ่านเป็นหินทราย ซึ่งมีความสามารถในการซึมผ่านสูง ( Infiltration capacity ) นอกจากนี้ลักษณะอากาศที่แห้งแล้งเป็นเวลานานเกือบ 6 เดือน ยิ่งส่งผลต่อการซึมผ่านของน้ำในดินมากยิ่งขึ้น โดยเหตุนี้เองทำให้ความยาวของลำน้ำมีน้อย และมีผลต่อความหนาแน่นของลำน้ำด้วย อันตรงตามสมมุติฐานข้อ 1.4

### การเปรียบเทียบจำนวนของลำน้ำในเขตอากาศที่แตกต่างกัน

เพื่อที่จะทราบถึงลักษณะอากาศที่แตกต่างกันมีผลถึงความแตกต่างของจำนวนของลำน้ำหรือไม่ การศึกษานี้ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนของลำน้ำของลำเซ ซึ่งถ้าแบ่งลักษณะภูมิอากาศตามแบบของ คอปเปน ( Koppen Classification ) จะเป็นลักษณะอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู ( Aw ) โดยนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับลำน้ำ อเลนเกนี ( Allengheney ) รัฐเพนซิลวาเนีย อเมริกา ลำน้ำสายนี้อยู่ในเขตอากาศชื้นในเขตอบอุ่น ( caf ) ตามการแบ่งของ คอปเปน อย่างไรก็ตามเนื่องจากไม่มีสถิติเกี่ยวกับอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝนที่อเลนเกนี จึงได้ใช้อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนของเพนซิลวาเนีย กล่าวคือ เดือนที่ร้อนที่สุด คือเดือนกรกฎาคม  $76^{\circ}\text{F}$  ( $24.4^{\circ}\text{C}$ ) เดือนที่หนาวที่สุดคือเดือน มกราคม  $33^{\circ}\text{F}$  ปริมาณน้ำฝน 40-44 นิ้ว (1016-1117.6 มม.) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนทั้ง 2 บริเวณแตกต่างกัน กล่าวคือ ปริมาณน้ำฝนของบริเวณลำเซจังหวัดอุบลราชธานี  $1538.5$  มิลลิเมตร (เฉลี่ย 30 ปี) ความแตกต่างของปริมาณน้ำฝนประมาณ

$420.9$  มิลลิเมตร ความแตกต่างของอุณหภูมิ  $31.1^{\circ}\text{C} - 24.4^{\circ}\text{C} = 6.7^{\circ}\text{C}$   
จากลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกันของ 2 บริเวณ น่าจะส่งผลถึงจำนวนของลำน้ำที่

\* ค่าความหนาแน่นของการระบายน้ำอยู่ระหว่าง 1.24 - 2.48 กว  
 1 ตารางกิโลเมตร ถือว่ามีความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำ

แตกต่างกัน ผลจากการรวบรวมข้อมูล ปรากฏผลดังต่อไปนี้

ตาราง 4.5 เปรียบเทียบจำนวนลำนำของลำเซกับอเลนเกนี

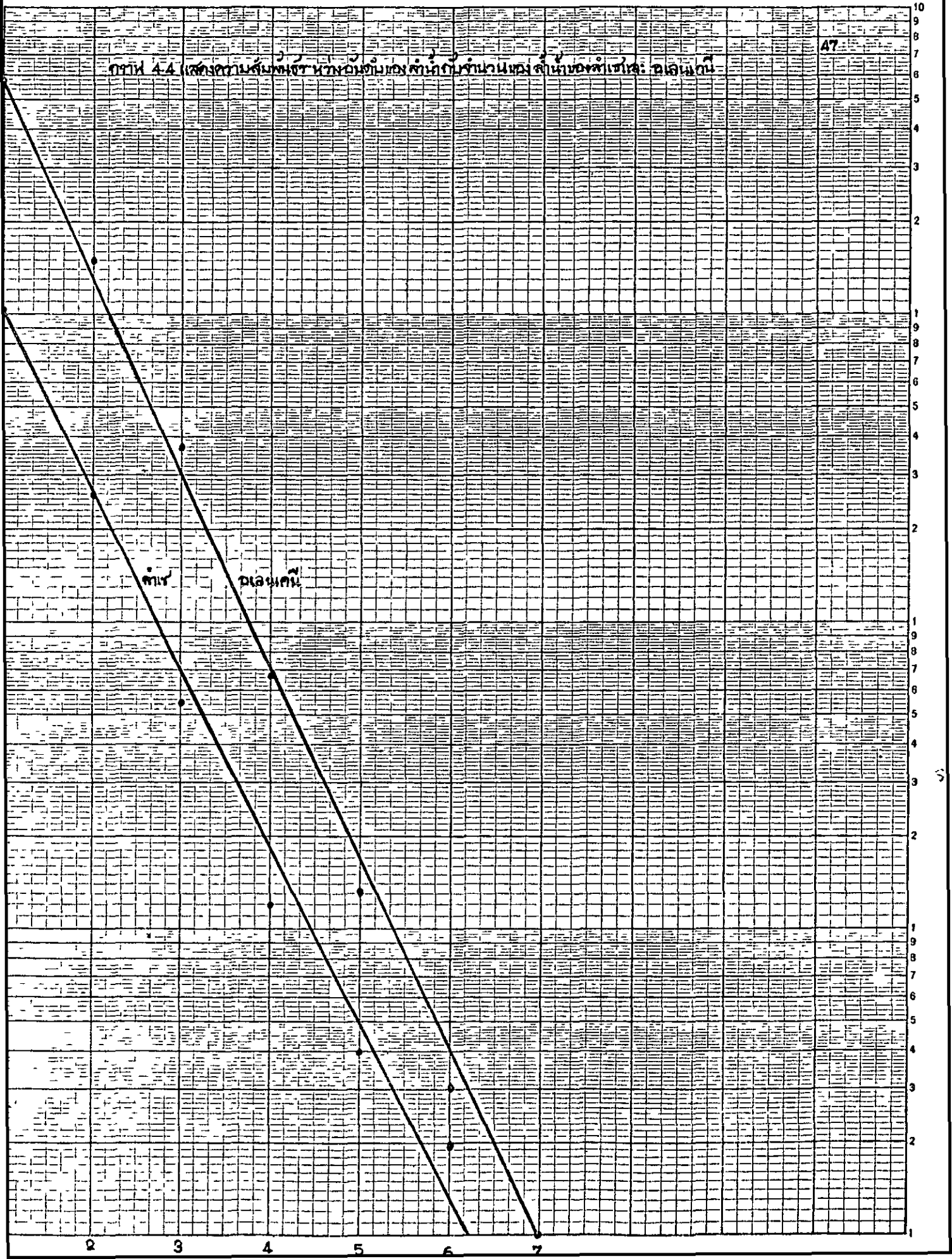
อันดับของลำนำ	จำนวนของลำนำ		$R_b$ ลำเซ	$R_b$ อเลนเกนี
	ลำเซ	อเลนเกนี		
1	1003	5966	3.933	3.9
2	255	1529	4.722	4
3	54	378	4.5	5.7
4	12	68	3	5.3
5	4	13	2	4.3
6	2	3	2	3
7	1	1	2	3

$R_b$  = อัตราส่วนไบเฟอร์เคชัน

จากตาราง 4.5 จะเห็นได้ว่า จำนวนลำนำของอเลนเกนีในแต่ละอันดับ มีจำนวนมากกว่าจำนวนลำนำของลำเซ เกือบทุกอันดับยกเว้นอันดับที่ 7 โดยเฉพาะอย่างยิ่งลำนำของอเลนเกนีในอันดับที่ 1 มีถึง 5966 ซึ่งจำนวนลำนำของลำเซ มีเพียง 1003 สายเท่านั้น เมื่อพิจารณาอัตราส่วนไบเฟอร์เคชัน พบว่า อัตราส่วนไบเฟอร์เคชันของลำเซเฉลี่ย 3.375 อเลนเกนีมีอัตราส่วนไบเฟอร์เคชันเฉลี่ย 4.367 ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนลำนำในแต่ละอันดับของอเลนเกนี เพิ่มมากกว่าอัตราการเพิ่มของจำนวนลำนำของลำเซ จึงมีผลทำให้ลำนำในแต่ละอันดับ โดยเฉพาะอันดับที่ 1 ของอเลนเกนีมีจำนวนของลำนำมากกว่าจำนวนลำนำของลำเซ อย่างมากมาย อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของลำนำของอเลนเกนีและลำเซ กับอันดับของลำนำ พบว่า มีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงทั้ง 2 บริเวณ (คังกราฟ 4.4) ซึ่งแสดงว่า การเพิ่มขึ้นของจำนวนลำนำของทั้งสอง บริเวณ เพิ่มจากอันดับที่สูงกว่าไปยังอันดับที่ต่ำกว่า มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรม

ภาพ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของดินกับน้ำหนักน้ำของดินของพื้นที่: ดอนแก่น

47



เรขาคณิต โดยมีลักษณะการเพิ่ม เกือบคงที่ ลักษณะที่แตกต่างกันคือ ค่าอนุกรมกัน  
 อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างจำนวนลำน้ำ  
 ของลำเซ กับ จำนวนลำน้ำของอควเนกนี โดยใช้ Chi Square Technique  
 พบว่า ค่า  $\chi^2 = 8.00695$  ซึ่งมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ  
 ซึ่งแสดงว่า ลักษณะภูมิอากาศแต่เพียงอย่างเดียว ไม่ได้ส่งผลถึงความแตกต่างเกี่ยว ④  
กับจำนวนของลำน้ำ จึงไม่เป็นไปตามสมมุติฐาน ข้อ 1.5

#### การวิเคราะห์ระยะจักรของลักษณะภูมิประเทศของลำเซ

การวิเคราะห์ระยะจักรของลักษณะภูมิประเทศของลำเซ ก็เพื่อที่จะ  
 ทราบว่า ภูมิประเทศของลำเซมีลักษณะเช่นไร พื้นที่ใดถูกกักก่กรอน และพัดพาไป  
 โดยลำน้ำมากน้อยแค่ไหน การวิเคราะห์จะค้นหาจุดสูงสุด และจุดต่ำสุดของพื้นที่  
 รับน้ำ และพื้นที่ระหว่างเส้นชั้นความสูง แต่ละเส้นที่ตรงการหา จากการรวบรวม  
 ข้อมูล พบว่า จุดสูงสุดของพื้นที่รับน้ำลำเซคือ 354 เมตร จุดต่ำสุดของพื้นที่  
 รับน้ำคือ 102 เมตร ดังนั้น ความสูงที่ลำน้ำไหลผ่าน ( Total Height  
 different ) (H) เท่ากับ 252 เมตร พื้นที่ทั้งหมดของพื้นที่รับน้ำ 3575.175  
 ตารางกิโลเมตร (A) ส่วน พื้นที่ระหว่างเส้นชั้นความสูงที่ตรงการหา และ  
 ความสูงระหว่างเส้นชั้นความสูงปรากฏในตาราง 4.6 ดังต่อไปนี้

\* ค่า  $\chi^2$  แยกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 มีค่า 15.09

ตาราง 4.6 แสดงความสูงระหว่างเส้นชั้นความสูงและพื้นที่ระหว่างช่วง  
ความสูง

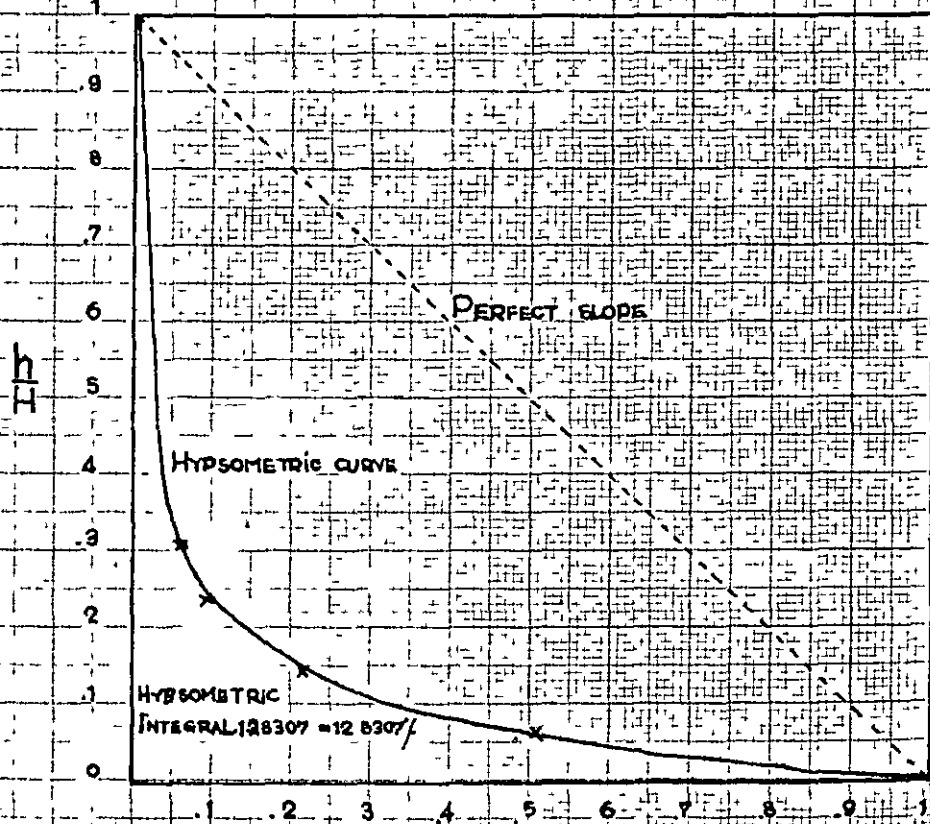
ความสูงระหว่างเส้นชั้น ความสูง ( h ) ( เมตร )	$\frac{h}{H}$	ระหว่างเส้นชั้นความสูง	พื้นที่ ( ตร. กม. ) ( a )	$\frac{a}{A}$
180 - 102 = 78	.309	354 - 180	226.475	.0633
160 - 102 = 58	.230	180 - 160	332.20	.0929
140 - 102 = 38	.150	160 - 140	803.725	.2248
120 - 102 = 18	.071-	140 - 120	1854.85	.5188

การวิเคราะห์โดยใช้ Hypsometric curve ( คังกราฟ 4.5 ) การ integral ในทางทฤษฎีนั้นต้อง integral จาก 0 - 1 แต่ในทางปฏิบัติใช้ค่า 0.633-1 ทั้งนี้เพราะหากใช้ค่า 0 Hypsometric Curve จะไปพบแกน Y ที่ อนันต์ ( infinite ) และค่า 0.633 เป็นค่าที่ใกล้ 0 มากที่สุด ซึ่งได้จากอัตราส่วนระหว่างพื้นที่เหนือเส้นชั้นความสูง 180 อันเป็นเส้นชั้นความสูงเส้นแรกที่สมบูรณ์ที่สุด กับพื้นที่ทั้งหมดของลำนํ้า (  $\frac{a}{H}$  ) จากการ integral พบว่าค่า Hypsometric integral มีค่าเท่ากับ .128307 หรือพื้นที่ใต้ Hypsometric Curve 12.8307 % ซึ่งหมายถึงลักษณะภูมิประเทศของลำเขาอยู่ในชั้นปัจฉิมวัย ( Old age ) ของกระษัยจักรลักษณะภูมิประเทศ ทั้งนี้เพราะพื้นดินได้ถูกกัดกร่อนไปโดยลำนํ้าถึง 8๙.1693 % ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

อย่างไรก็ตามการตั้งสมมติฐานตั้งอยู่บนรากฐานของความเชื่อของเควิสที่ว่า ลักษณะของภูมิประเทศที่อยู่ในชั้น ตอนปลายของปฐมวัย ถึงตอนต้นของมัธยมวัย ( Late youth - Early mature ) มีมากที่สุดในโลก\* และการตั้งสมมติฐานนั้นเป็นสมมติฐานแบบสำรวจ ( Survey Research ) เพื่อจะทราบลักษณะภูมิประเทศอยู่ในขั้นไหนของกระษัยจักรของลักษณะภูมิประเทศ อันทำให้ผลที่ได้รับไม่เป็นไปตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

\* Davis, W.M., The Peneplain Concept, 17 pp, mimeograph

# รูปที่ 45 แสดงพื้นที่ที่ถูกตัดถนนไปโดยลำน้ำโดยใช้ HYPSONOMETRIC CURVE



$\frac{D}{A}$  - ความสัมพันธ์ของพื้นที่  
 $\frac{H}{H}$  - ความสัมพันธ์ของระดับน้ำ

อภิปรายผลการค้นคว้า

สรุปผลการค้นคว้า

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของการระบายน้ำ และกระแสน้ำ  
ของอ่าวตงโขงประเทศพม่า

1. ลักษณะของการระบายน้ำของลำเซ ไม่มีความแตกต่างไปจาก  
กฎของฮอว์กิ้น

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของลำน้ำกับจำนวนของลำน้ำ  
ในแต่ละอันดับมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ค่าความสัมพันธ์  $-0.987$  แสดงถึงการ  
เพิ่มขึ้นของจำนวนลำน้ำในแต่ละอันดับมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต โดย  
การเพิ่มเกือบครั้งที่ โดยมีอัตราการเพิ่มเฉลี่ย ( Bifurcation ratio )  
เท่ากับ  $3.375$

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของลำน้ำกับความยาวเฉลี่ย  
สะสมมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ค่าความสัมพันธ์  $.978$  แสดงถึงการเพิ่มขึ้น  
ของความยาวเฉลี่ยสะสมของลำเซ มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอนุกรมเรขาคณิต โดย  
การเพิ่มเกือบครั้งที่ อัตราส่วนของการเพิ่มขึ้นของความยาว ( length ratio )  
เฉลี่ย  $2.09$

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของลำน้ำ กับความลาดชัน  
เฉลี่ยของลำน้ำในแต่ละอันดับมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรง ค่าความสัมพันธ์  $-0.937$   
แสดงถึงการลดลงของความลาดชันของลำน้ำลดลงเป็นปฏิกิริยาคลับกับอนุกรมเรขาคณิต  
เมื่ออันดับของลำน้ำสูงขึ้น โดยมีอัตราส่วนการลดของความลาดชันเกือบครั้งที่ โดยมี  
อัตราส่วนของความลาดชันเฉลี่ย  $.513$

2. ความหนาแน่นของการระบายน้ำของลำเซ จากการศึกษาพบว่า

มีความหนาแน่นของการระบายน้ำต่ำ โดยมีค่าความหนาแน่น .738 กม./ตร.กม.

3. ความแตกต่างระหว่างจำนวนของลำน้ำของลำเซ (  $A_w$  ) กับ  
อเลนเกนี (  $C_{af}$  ) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยมีค่า  $x^2$   
เพียง 8.00695 แสดงถึงลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกันไม่ได้เป็นตัวการสำคัญ  
เพียงอย่างเดียวที่ทำให้จำนวนลำน้ำใน 2 บริเวณแตกต่างกัน (๑)

4. กระจุกตัวของลักษณะภูมิประเทศของลำเซ อยู่ในชั้น บัจฉิมวัย  
( Old age ) โดยพื้นดินเหลือจากการกัดกร่อนของลำน้ำ 12.8307 % หรือพื้นดิน  
ถูกกัดกร่อนไปแล้วโดยลำน้ำ 87.1693 %

### อภิปรายผลการค้นคว้า

อภิปรายผลการวิเคราะห์ลักษณะของการระบายน้ำและขั้นตอนของการพัฒนา  
ลักษณะภูมิประเทศของลำเซ ใ้แบ่งเป็น 4 ตอนดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของการระบายน้ำของลำเซ
2. ความหนาแน่นของการระบายน้ำของพื้นที่รับน้ำลำเซ
3. ความแตกต่างของจำนวนของลำน้ำของบริเวณลำเซและอเลนเกนี
4. กระจุกตัวของลักษณะภูมิประเทศบริเวณลำเซ

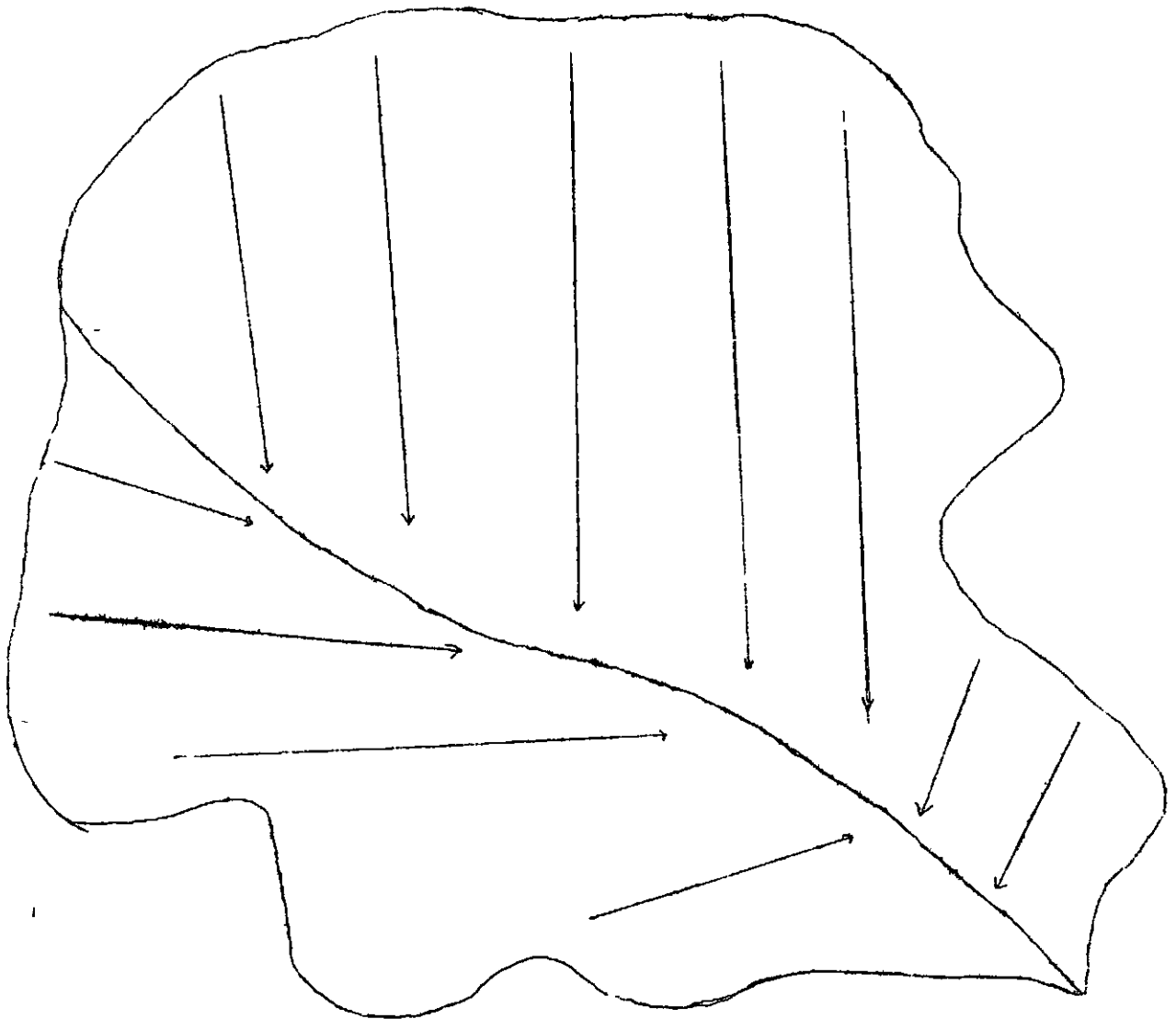
### ลักษณะของการระบายน้ำของลำเซ

ลักษณะของการระบายน้ำของลำเซ ซึ่งหมายถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนของ  
ลำน้ำ การเพิ่มขึ้นของความยาวเฉลี่ยสะสม และการลดลงของความลาดชันเฉลี่ย  
เป็นไปตามกฎของฮอร์ตัน ซึ่งผลของการศึกษาคั้งนี้ตรงตามผลของการศึกษา  
สตราเลอร์, ชู, เมคซ์เวลด, ออร์และไวท์, มอริสวา และ บรูซ ( Shue Tuck  
Wang , 1969 : 355) ซึ่งได้ทำการศึกษาจากลักษณะของการระบายน้ำของเขต  
อากาศชื้นในเขตอบอุ่น และผลของการศึกษาเกี่ยวกับจำนวนของลำน้ำเป็นแบบเดียว

กันกับผลของการศึกษาของ วินัย กูมา แอสถานา ( Vinay Kumar Asthana, 1968:3) ซึ่งศึกษาในบริเวณ Kumaun Himalaya ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างเทือกเขาหิมาลัย ตะวันตกกับหิมาลัยตะวันออก

อย่างไรก็ตามการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ อัตรการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำ ( Bifurcation ratio ) มีค่าอยู่ระหว่าง 2 - 4.722 หรือค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.375 ซึ่งแสดงถึงลักษณะรูปแบบของการระบายน้ำของลำเขา เป็นแบบรูปต้นไม้ ( dendritic pattern ) ทั้งนี้เป็นไปตามการศึกษาของ ชอร์เลย์ที่พบว่า ค่าอัตราส่วนไบเฟอร์เคชันของลำน้ำที่มีรูปแบบต้นไม้หรือไหลอยู่บนหินพื้นฐานชนิดเดียวกัน จะมีค่าอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 3-5 หากค่าอัตราส่วนไบเฟอร์เคชันเกิน 5 รูปแบบของพื้นที่รับน้ำจะไม่เป็นรูปไข่ ( Oval pattern ) แต่จะยาวขึ้น ( Chorley, 1969 : 81)

เกี่ยวกับความยาวของลำน้ำ ในอันดับที่ 6 ของลำเขา ซึ่งลำน้ำในอันดับนี้มี 2 สาย มีความยาวเฉลี่ยเพียง 15.5 กิโลเมตรเท่านั้น ซึ่งความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 5 มีถึง 24.325 กิโลเมตร โดยเหตุนี้เองอัตรการเพิ่มของความยาวในอันดับที่ 6 ที่เพิ่มมาจากอันดับที่ 5 จึงมีเพียง .637 เท่านั้น จากการพิจารณาทิศทางของการไหลของลำน้ำในพื้นที่รับน้ำของลำเขาทำให้ผู้วิจัยเชื่อว่าการโค้งตัวของเปลือกโลกในตอนปลายของยุคไทรแอสสิก มีผลต่อทิศทางการไหลของลำน้ำในพื้นที่รับน้ำลำเขา ( รูป 4.1 และ 5.1 ประกอบ) กล่าวคือ ทิศทางของลำน้ำของพื้นที่รับน้ำทางคานตะวันตกมีทิศทางเกือบเหนือลงใต้ แต่บริเวณของพื้นที่รับน้ำทางคานตะวันตกลำน้ำมีทิศทางจากตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ และเมื่อพิจารณาจำนวนสาขาของลำน้ำทางคานตะวันตกและทางคานตะวันออกจะเห็นได้ชัดว่า จำนวนสาขาของลำน้ำทางคานตะวันออกมีจำนวนมากกว่าจำนวนของลำน้ำทางคานตะวันตกอย่างเห็นได้ชัด และจากการพิจารณาจากเส้นชั้นความสูงปรากฏว่า บริเวณทางคานตะวันตกมีความลาดชันน้อยมาก ผู้ได้ว่าลักษณะภูมิประเทศเกือบราบเรียบ จากหลักฐานที่ปรากฏเกี่ยวกับจำนวนของสาขาของลำน้ำ และความลาดชัน



รูป 5.1 แสดงทิศทางของการระบายน้ำของลำเข  
ทิศทางการระบายน้ำ

ของบริเวณทางก้นตะวันตกและทางก้นตะวันออกก็เป็นเหตุผลที่พอจะเชื่อได้ว่า ระบบของลำน้ำของลำเซไคพัฒนามาก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกคือ การโก่งตัวของภูพานในตอนปลายของยุคไทรแอสสิก การโก่งตัวของภูพานมีอิทธิพลทำให้ระบบของลำน้ำเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย และจากเหตุผลนี้เองทำให้ลำน้ำในอันดับที่ 5 ไหลมารวมกันเร็วกว่าที่ควร และมีผลทำให้ลำน้ำในอันดับที่ 5 ของลำเซไคสั้นกว่าปกติที่ควรจะเป็น จึงกล่าวได้ว่าโครงสร้างของลักษณะภูมิประเทศมีผลต่อทิศทางของลำน้ำ ( Weber, 1972 : 3139 B - 3140B )

จากการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของการระบายน้ำของลำเซไคชี้ให้เห็นว่า ลักษณะของการระบายน้ำของบริเวณลำเซไคไม่มีความแตกต่างไปจากกฎของฮอว์ตัน ซึ่งแสดงว่าลักษณะของภูมิอากาศที่แตกต่างกัน คือ ลักษณะภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อน เฉพาะฤดู กับ ภูมิอากาศชื้นในเขตอบอุ่นไม่เคยส่งผลถึงความแตกต่างเกี่ยวกับลักษณะของการระบายน้ำ อย่างไรก็ตามอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำ

( Bifurcation ratio ) อัตราส่วนการเพิ่มขึ้นของความยาว ( Length ratio ) และอัตราการลดลงของความลาดชัน ( Slope ratio ) มีค่าแตกต่างกัน ดัง

ตาราง 5.1

ตาราง 5.1 แสดงค่าอัตราส่วนไบเพอร์เคชั่น อัตราส่วนของความยาว และอัตราส่วนของความลาดชันของลำเซ, อเลนเกนี และ เฟอร์ธ แอมมอย \*

อันดับของลำน้ำ	อัตราส่วนไบเพอร์เคชั่น		อัตราส่วนของความยาว		อัตราส่วนของความลาดชัน	
	ลำเซ	อเลนเกนี	ลำเซ	อเลนเกนี	ลำเซ	เฟอร์ธ แอมมอย
1	3.933	3.9	1.928	3.3	.625	.68
2	4.722	4.0	3.038	2.7	.446	.83
3	4.5	5.7	1.735	3.1	.673	.53
4	3	5.3	1.868	2.8	.457	.61
5	2	4.3	.637	2.9	.548	
6	2	3	2.328	ไม่สมบูรณ์	.317	

\* ที่มา : Physical Geography p. 485-495

จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนไบเพอร์เคชั่นของลำเซเมื่อเปรียบเทียบกับของอเลนเกนีแล้ว จะพบว่า ค่าอัตราส่วนไบเพอร์เคชั่นของลำเซกระจายอยู่ระหว่าง 2-4.722 โดยมี ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนไบเพอร์เคชั่น 3.375 ส่วนค่าอัตราส่วนไบเพอร์เคชั่นของ อเลนเกนี กระจายอยู่ระหว่าง 3-5.7 ค่าเฉลี่ยของไบเพอร์เคชั่นมีค่า 4.367 อัตราส่วนของความยาวของลำเซ มีค่าอัตราส่วนกระจายอยู่ระหว่าง .637-3.038 โดยมีค่าเฉลี่ย 2.09 ส่วนอัตราส่วนของความยาวของอเลนเกนีมีค่ากระจายอยู่ ระหว่าง 2.8-3.3 ค่าเฉลี่ย 2.96 และอัตราส่วนของความลาดชันของลำเซมี อัตราส่วนกระจายอยู่ระหว่าง .317-.673 โดยมีค่าเฉลี่ย .513 ค่าอัตราส่วน ของความลาดชันของเฟอร์ธ แอมมอย กระจายอยู่ระหว่าง .53-.83 ค่าเฉลี่ย .67

ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าอัตราส่วนไบเฟอร์เคชั่น ค่าอัตราส่วนของความยาว และค่าอัตราส่วนของความลาดชันของอเลนเกนี และเฟิร์ท แอมบอย มีค่าสูงกว่าของลำเซ จึงกล่าวได้ว่า ลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าอัตราส่วน (หรือค่าอนุกรมเรขาคณิต) แตกต่างกัน และ ในเขตอากาศชื้นในเขตอบอุ่น มีแนวโน้มที่จะมีค่าอนุกรมเรขาคณิตสูงกว่าในเขตอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู

### ความหนาแน่นของพื้นที่รับน้ำลำเซ

จากการวิเคราะห์ความหนาแน่นของพื้นที่รับน้ำลำเซ มีค่าความหนาแน่นของการระบายน้ำเพียง .738 กิโลเมตร/ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นความหนาแน่นของการระบายน้ำที่ต่ำมาก ต่ำกว่าเกณฑ์สตรีมาเลอร์ตั้งไว้คือ ความหนาแน่นของการระบายน้ำที่ค่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1.24-2.48 กิโลเมตร/ตาราง กม. (Strahler, 1968 : 491) ทั้งนี้สาเหตุอยู่หลายประการ กล่าวคือ

1. เมื่อพิจารณาจากแผนที่ 4.1 และ 5.1 จะเห็นได้ว่า สาขาของลำน้ำที่มีทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ ในบริเวณนั้นสาขาของลำน้ำน้อยมาก ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีพื้นที่มากกว่า  $\frac{1}{4}$  ของพื้นที่รับน้ำทั้งหมด โดยตนเองเมื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นของลำน้ำ โดยใช้พื้นที่ทั้งหมดกับความยาวของลำน้ำ จึงมีผลให้ค่าที่ออกมาต่ำมาก

2. พื้นฐานที่เป็นหินทรายในยุคไทรแอสสิก และจูราสสิก ซึ่งเป็นหินทรายแข็งยากแก่การกักกรอนเพื่อพัฒนาเป็นตัวลำน้ำ และปริมาณของน้ำที่ไหลไปบนพื้นผิวมีน้อย (Surface runoff) ทั้งนี้เพราะหินทรายมีความสามารถในการซึมผ่าน (Infiltration capacity) สูง กล่าวคือ น้ำจะซึมลงใต้ดินมากกว่าน้ำที่ไหลไปบนพื้นผิว ทั้งนี้ เป็นไปตามผลการศึกษาของ โรสแมรี ที่ว่า ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำบนพื้นดินมีผลเนื่องมาจากส่วนประกอบของดิน กล่าวคือ ดินร่วนปนทราย (Sandy loam) จะเกิดการซึมผ่านได้สูงกว่าดินร่วน (Loam) ลักษณะเช่นนี้จะมีผลถึงการไหลของน้ำบนผิวดิน หากบริเวณใดมีการซึมผ่านสูง ทำให้

น้ำไหลไปบนผิวค้ำเป็นน้อย หากมีการขี้นยูนน้อยการไหลของน้ำบนผิวค้ำมีมาก  
ลักษณะเช่นนี้ทำให้การกัดเซาะของน้ำบนผิวค้ำ ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศ  
และระบบของลำน้ำ ( Rosemary, 1967 : 145 - 179 )

3. กระทบจักรของลักษณะภูมิประเทศ จากการวิเคราะห์พบว่า  
ลักษณะภูมิประเทศของลำน้ำอยู่ในชั้นปัจฉิมวัย ( old age ) จึงมีผลทำให้  
จำนวนลำน้ำลดน้อยลง อันเป็นผลถึงความหนาแน่นของจำนวนของลำน้ำ



ความแตกต่างของจำนวนลำน้ำของลำเซและอเลนเกนี

*Handwritten note in Thai script.*

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างจำนวนของลำน้ำของลำเซ กับ  
อเลนเกนี ได้ชี้ให้เห็นว่าลักษณะภูมิอากาศแต่เพียงอย่างเดียวไม่ไดส่งผลถึงความ  
แตกต่างในเรื่องของจำนวนของลำน้ำในแต่ละอันดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้ง ๆ  
ที่จำนวนลำน้ำจริง ๆ ของอเลนเกนีมีจำนวนลำน้ำมากกว่าจำนวนของลำน้ำของลำเซ  
อย่างมากมาย ซึ่งแสดงว่าจะต้องมีองค์ประกอบอย่างอื่นที่ทำให้จำนวนของลำน้ำใน  
บริเวณแตกต่างกัน องค์ประกอบที่น่าจะมีผลถึงจำนวนของลำน้ำคือ

1. ขั้นตอนของลักษณะภูมิประเทศ ผู้วิจัยเชื่อว่า อเลนเกนี กับ  
ลำเซจะต้องอยู่ชั้นของการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศคนละชั้นกัน จากการวิเคราะห์  
ได้ชี้ให้เห็นว่าลำเซอยู่ในชั้นปัจฉิมวัย ( old age ) จำนวนลำน้ำจึงมีน้อย

2. สภาพความชื้นในดิน แมวว่าปริมาณน้ำฝนในเขตอากาศแบบฝน  
เมืองร้อนเฉพาะฤดูของลำเซจะมีมากกว่าปริมาณน้ำฝนในบริเวณอเลนเกนี แต่  
สภาพความชื้นในดินของบริเวณลำเซมีน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิของบริเวณลำเซ  
สูงกว่า และโดยเฉพาอย่างยิ่งความไม่สม่ำเสมอของฝนของบริเวณลำเซเป็นผล  
ทำให้ความชื้นในดินมีน้อย ซึ่งเมื่อฝนตกลงมาน้ำจะซึมลงไปดินได้มากและหากฝน  
ตกลงมามากเกินกว่าความสามารถของการดูดซึมของดิน ก็จะเกิดชะล้างเป็นแผ่น  
( sheet erosion ) ทั้งนี้เนื่องมาจากหินพื้นฐานเป็นหินทราย อันเป็นอุปสรรค  
ต่อการพัฒนาของระบบของลำน้ำ ลักษณะเช่นนี้ย่อมแตกต่างกับบริเวณอเลนเกนีซึ่งมี

ความชื้นในดินเหมาะสม การพัฒนาระบบของลำน้ำจึงเป็นไปได้ดีกว่า และจากเหตุผลนี้ อาจจะกล่าวได้ว่า ความชื้นในดินเป็นผลต่อจำนวนของลำน้ำ

### กรณีจักรของลักษณะภูมิประเทศของลำเซ

จากการวิเคราะห์ที่พบว่าลักษณะภูมิประเทศของลำเซอยู่ในขั้นปัจจุบัน โดยมีพื้นที่ที่ถูกกัดกร่อนไปแล้วถึง 87.1693 % หรือเหลือพื้นที่ที่ยังไม่ถูกกัดกร่อนจากลำน้ำเพียง 12.8307 % เท่านั้น และหากความเชื่อเกี่ยวกับการยกตัวของภวนซึ่งอยู่ทางคานตะวันออกเฉียงเหนือ มีผลทำให้บริเวณทางคานตะวันออกของลุ่มน้ำลำเซสูงขึ้นเป็นจริง ก็แสดงว่าลักษณะภูมิประเทศในขณะที่ลำน้ำลำเซพัฒนาระบบของลำน้ำใหม่นั้นเอียงมายังจุดต่ำของลำน้ำ (จุดต่ำสุดของลำน้ำคือตอนที่ลำเซไหลมารวมกับลำน้ำมูล) ลักษณะเช่นนี้ในทางทฤษฎีถือว่าเป็นความลาดชันที่สมบูรณ์ (Perfect slope) ( ดังกราฟ 4.5 ) ซึ่งแสดงว่าพื้นที่ถูกกัดกร่อนไปโดยลำน้ำหลังจากการพัฒนาระบบลำน้ำของลำเซใหม่ขึ้นไป 87.1693 % อย่างไรก็ตามบนพื้นที่รับน้ำของลำเซมีปรากฏการณ์อื่น ๆ ที่ชี้ให้เห็นถึงลักษณะภูมิประเทศของลำเซราบเรียบ ดังจะกล่าวต่อไปนี้

1. ความยาวของลำน้ำในอันดับที่ 1 ลักษณะภูมิประเทศที่ราบเรียบจะมีลำน้ำในอันดับที่ 1 ยาวกว่าปกติ ลักษณะเช่นนี้จะปรากฏให้เห็นอย่างมากบริเวณทางคานตะวันตกของพื้นที่รับน้ำ ส่วนทางคานตะวันออกมีน้อย ทั้งนี้เนื่องมาจากการยกตัวของภวนในตอนปลายยุคไทรแอสสิก มีผลกระทบกระเทือนถึงทางตะวันออกของพื้นที่รับน้ำลำเซ อันเป็นผลทำให้ลำน้ำได้พัฒนาระบบใหม่ ลักษณะของการระบายน้ำทางคานตะวันออกและทางคานตะวันตกจึงแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้รวมไปถึงทิศทางของการระบายน้ำดังที่กล่าวมาแล้ว

2. จำนวนของลำน้ำ จำนวนของลำน้ำในบริเวณพื้นที่รับน้ำมีน้อย โดยเฉพาะในอันดับที่ 1 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนลำน้ำของอแลงกานี่ซึ่งมี 7 อันดับเท่ากัน ปรากฏว่า จำนวนลำน้ำของอแลงกานี่มีถึง 5966 สาย ส่วนของ

ลำเซ 1003 สาย ซึ่งแตกต่างกันมาก ซึ่งแสดงว่าพื้นที่ทั้ง 2 อยู่คนละชั้นตอนของการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศ

3. ความลาดชัน ความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำทั้งระบบจะมีน้อย ทั้งนี้เพราะความตลิ่งระดับมีน้อย จึงจะเห็นได้จากอัตราส่วนของความลาดชันเฉลี่ยของลำเซมีเพียง .513 ส่วน ส่วนอัตราส่วนของความลาดชันเฉลี่ยของเพิร์ท แอมบอย ทั้งระบบมีถึง .67 แต่ทั้งนี้ลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกันจะส่งผลต่ออัตราส่วนของความลาดชันเฉลี่ยของลำน้ำทั้งระบบด้วย

4. ลักษณะของการระบายน้ำที่เป็นแบบไหลแยกแล้วไหลรวมในสายเดียวกัน (Anabranching Pattern) จะปรากฏอยู่ทั่วไปในพื้นที่รับน้ำลำเซ ลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นในบริเวณที่เป็นพื้นที่ราบเรียบ ตามผลการศึกษาของ คูรี (Dury, 1969 : 425) และลักษณะภูมิประเทศที่ราบเรียบของลำเซเป็นเพราะลักษณะภูมิประเทศอยู่ในชั้นปัจฉิมวัย (Old age) จึงกล่าวได้ว่า ลักษณะภูมิประเทศที่อยู่ในชั้นปัจฉิมวัยจะปรากฏลักษณะการระบายน้ำที่เป็นแบบไหลแยกแล้วไหลรวมในสายเดียวกัน (Anabranching Pattern) มีอยู่ทั่วไป

จากผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการยืนยันความเชื่อของ เดวิส ที่ว่า ลำน้ำเป็นตัวการที่ทำให้ลักษณะภูมิประเทศเกือบจะราบเรียบ (Peneplain) และ การศึกษาค้นคว้านี้เป็นไปตามผลของการศึกษาของ ลองเวลล์ ที่กล่าวว่า ลำน้ำจะกัดเซาะให้ลักษณะภูมิประเทศต่ำลง โดยจะทำให้ลักษณะภูมิประเทศต่ำลงโดยเฉลี่ย 6 ซม./1000 ปี หรือ 1 ซม./166 ปี แต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนนี้จะแตกต่างกัน เนื่องจาก ชนิดของหิน ความสูง และลักษณะภูมิอากาศ (Longwell & Others, 1969 : 222)

#### ขอบกพร่องของการวิจัย

การศึกษาค้นคว้านี้มีขอบกพร่องอยู่บางทั้ง ๆ ที่ผู้วิจัยได้พยายามระมัดระวังอย่างที่สุดแล้ว ขอบกพร่องที่ผู้วิจัยได้พยายามแก้ไขแล้วแต่ก็คิดว่าไม่ถูกต้องตรงกับ

ความเป็นจริงในภูมิประเทศคือ ความสูงที่ลำน้ำไหลผ่าน ทั้งนี้ เพราะในบริเวณที่สาขาของลำน้ำอยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูงก็ใช้วิธีเฉลี่ย ซึ่งวิธีนี้ผู้วิจัยคิดว่าคงไม่ถูกต้องนักในภูมิประเทศจริง เพราะพื้นที่ในภูมิประเทศจริง ๆ ความสูงไม่ได้เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่คงที่ การที่โคความสูงของบริเวณที่ลำน้ำไหลผ่านคลาดเคลื่อนก็จะมีผลถึงการกำหนดความลาดชันคลาดเคลื่อนไปด้วย ดังนั้น ในการวิจัยครั้งต่อไป น่าจะหาวิธีการเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องอันนี้ เพื่อให้ถูกต้องตรงกับความเป็นจริงในลักษณะภูมิประเทศ

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของการระบายน้ำบนหินพื้นฐานที่มีหลายชนิด ( Heterogeneous rocks ) และมีโครงสร้างแบบเดียวกัน ลักษณะภูมิอากาศแบบเดียวกัน และควรจะเป็นขั้นตอนของการพัฒนาลักษณะภูมิประเทศแบบเดียวกัน ทั้งนี้ เพื่อขยายขอบเขตกฎของฮอว์ตัน
2. ควรศึกษาถึงองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อค่าอัตราส่วนใบเฟออร์ เคชัณ อัตราส่วนของความยาวและอัตราส่วนของความลาดชัน เกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศหินพื้นฐาน ขั้นตอนของลักษณะภูมิประเทศ
3. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบความลาดชันคานข้างของลุ่มน้ำในแต่ละอันดับของลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ เพราะลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกัน การชะล้างที่ผิวหน้าของลุ่มน้ำย่อมแตกต่างกัน
4. จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการเพิ่มขึ้นของจำนวนของลำน้ำในแต่ละอันดับของค่า  $R$  และ  $Q$  เอนเก็นพบว่า มีค่าความลาดชัน ( slope ) ของสมการเส้นตรงของ  $Q$  เอนเก็นแตกต่างกัน ซึ่งมีผลถึงจุดตัด ( intercept point ) ด้วย จึงน่าจะมีการศึกษาถึงองค์ประกอบทางธรรมชาติที่ส่งผลถึงค่าความลาดชันของสมการเส้นตรงที่แตกต่างกัน

บรรณานุกรม

## บรรณานุกรม

- กรมแผนที่ทหาร แผนที่เอนแสดงทรัพยากรของประเทศไทย กองแผนที่ภูมิศาสตร์  
จัดพิมพ์ 2515, 69 หน้า
- กรมแผนที่ทหาร แผนที่ L 7017 (มาตราส่วน 1 : 50,000) ระวัง 5939, I,IV  
5940 I,II,III,IV, 6039 IV, 6040 III, IV
- กรมอุทกนิคมวิทยา กองอากาศประจำถิ่น สถิติอุทกภูมิและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน  
ปี 2490 - 2515, โครเนียว
- สมาน บุราวาส และคนอื่น ๆ ธรณีวิทยาแหล่งแร่ประเทศไทย, โรงพิมพ์ท่าพระจันทร์  
2496, 281 หน้า
- สวาท เสนาณรงค์, ภูมิศาสตร์ประเทศไทย, โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช 2518,  
224 หน้า
- Akinbola, J. Akinlayo, "Valley-side Slope Variation in Relation to  
the Control factor of Denudation," Dissertation Abstracts  
International, 1972, Vol. 32:9 p. 5241B-5242B.
- Chorley, R.J., "The Drainage Basin as the Fundamental Geomorphic  
Unit." Water Earth and Man, Methuen & Co. Ltd., 1969  
p. 76-99.
- Dury, G.H., "Relation of Morphometry of Runoff Frequency,"  
Water Earth and Man Methuen & Co. Ltd., 1969, p. 419-430
- Dury, G.H., "The Quantitative Revolution" Perspective on Geomorphic  
Processes, Copyright by the Association of American  
Geographers, Resource Paper No. 3, 1969, p. 27-41.
- Haggett, Peter, "Net-work Models in Geography," Models in Geography,  
Methuen & Co. Ltd., London, 1968, p. 609-664.
- Howard, Howarth P., & Pongpan Na Chiangmai and Charoen Phiancharoen,  
Ground Water Resource Development of Northeastern Thailand,  
Ground Water Bulletin No. 2, Ground Water Division,  
Department of Mineral Resources, Ministry of National  
Development, Thailand, 1966, 1252 pp.

- Jacobsen, E.H., Thawat Japaksetr, Salt at Chaiyaphum, Thailand, 1965, 21 pp, Boney.
- Knox, James Charence, "Stream Channel Adjustment to Physiographic Factor in Small Drainage Basins," Iowa and Southwestern Wisconsin, Dissertation Abstracts International, 1970 Vol. 31:6 p. 3473 B.
- Lamoreaus, P.E., and Others, Reconnaissance of the Geology and Ground Water of the Khorat Plateau, Thailand, Prachandra Printing press, Bangkok, 1959, 62 pp.
- Leopold, L.B., Wolman M.G. and Miller, J.P., Fluvial Processes in Geomorphology, W.H. Freeman and Co., San Francisco, 1964, 522 pp.
- Longwell C.R., Flint R.F., and Sanders J., Physical Geology, John Wiley and Son, Inc., New York, 1969, 685 pp.
- Mccey, Roger M., "Drainage Network Analysis with K-Band Radar Imagery," Geographical Review, 4 493-512, October, 1960.
- Rosemary, J., More, "Hydrological Models and Geography" Models in Geography, Methuen & Co. Ltd., London, 1968, p. 145-179.
- Shue Tuck Wong, "A Multivariate Statistical Model for Predicting Mean Annual Flood in the New England," Spatial Analysis, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1968, p. 353-367.
- Strahler, Arthur N., Physical Geography, John Wiley and Son, Inc., New York, 1969, 733 pp.
- Thornbury, William D., Principles of Geomorphology, Toppen Company, Ltd., Tokyo, 1969, 594 pp.
- Vinai Kumar Asthana, "The Drainage Characteristics in Kumaun Himalaya," International Geographical Congress, Abstract of Paper, India, 1968, 244 pp.
- Weber, Neil Victor, "The Relationships among Linear Trends, Bedrock Fractures, and Linear Drainage Lines in the Oak Creek Upland Area of the Colorado Plateau," Arizona, Dissertation Abstracts International, 1973, Vol. 33:7 p. 3139B-3140B.
- Woldenberg, M.J., "Hierarchical System: Cities, Rivers, Alpine Glaciers, Bovine Livers and Trees," Dissertation Abstracts International 1968, Vol. 30 : 2 p. 705B - 706B.

ภาคผนวก

ตาราง 6.1 แสดงจำนวนของลำน้ำในแต่ละอันดับและความยาวของลำน้ำ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
1	1.00	27	6.50	53	.55	79	2.80
2	.75	28	3.10	54	2.10	80	1.20
3	1.50	29	1.00	55	5.40	81	2.50
4	.60	30	1.00	56	1.00	82	3.75
5	1.75	31	.90	57	.65	83	6.80
6	1.50	32	2.00	58	2.00	84	4.00
7	.20	33	1.40	59	3.00	85	1.95
8	1.00	34	1.30	60	2.20	86	9.50
9	.50	35	1.65	61	1.00	87	1.75
10	4.00	36	3.00	62	1.50	88	1.60
11	4.50	37	2.00	63	.75	89	2.40
12	1.20	38	1.40	64	1.45	90	.60
13	1.60	39	.60	65	1.45	91	.25
14	2.70	40	.75	66	1.00	92	1.30
15	1.60	41	1.50	67	1.50	93	1.00
16	1.00	42	3.80	68	5.50	94	5.50
17	1.50	43	.65	69	1.20	95	6.75
18	3.50	44	1.00	70	1.50	96	4.50
19	.80	45	.50	71	3.30	97	.70
20	1.00	46	1.40	72	1.00	98	.60
21	3.15	47	1.20	73	.10	99	.40
22	1.60	48	3.30	74	.40	100	.55
23	.40	49	3.50	75	.75	101	.40
24	.50	50	2.60	76	1.00	102	1.00
25	.80	51	8.50	77	.60	103	4.50
26	.30	52	2.00	78	1.10	104	.60

ตาราง 6.1 ต่อ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
105	.60	131	1.55	157	1.50	183	2.50
106	2.00	132	4.20	158	1.95	184	2.75
107	1.40	133	1.50	159	.80	185	3.25
108	1.70	134	2.80	160	.60	186	1.45
109	.50	135	.50	161	1.25	187	5.00
110	1.20	136	1.00	162	.50	188	2.50
111	1.50	137	4.00	163	.60	189	2.90
112	.50	138	2.50	164	1.30	190	1.00
113	.80	139	1.50	165	.60	191	6.00
114	1.00	140	1.45	166	.70	192	1.50
115	4.00	141	5.50	167	1.50	193	.40
116	.60	142	1.70	168	3.10	194	.40
117	.35	143	.60	169	1.30	195	1.00
118	2.00	144	.50	170	.30	196	2.00
119	.50	145	.25	171	.45	197	4.00
120	2.00	146	1.25	172	.60	198	.50
121	4.5	147	.50	173	.60	199	.60
122	3.00	148	.75	174	.50	200	.70
123	2.00	149	.75	175	.55	201	.60
124	3.50	150	.75	176	.35	202	1.00
125	.70	151	1.90	177	.20	203	.60
126	1.00	152	2.50	178	.80	204	.35
127	1.00	153	1.80	179	1.30	205	.35
128	.50	154	1.80	180	.90	206	1.50
129	.50	155	1.20	181	1.50	207	.50
130	1.15	156	1.00	182	1.70	208	2.25

ตาราง 6.1 ต่อ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
209	1.00	235	1.50	261	.55	287	.50
210	.40	236	1.10	262	1.50	288	.50
211	.40	237	.70	263	.50	289	3.00
212	.50	238	.90	264	.90	290	1.40
213	.40	239	3.00	265	.60	291	.70
214	1.30	240	2.10	266	1.30	292	.50
215	3.00	241	.50	267	1.50	293	.40
216	.55	242	.60	268	.40	294	.40
217	2.50	243	.55	269	.40	295	.50
218	2.00	244	.40	270	1.60	296	.90
219	1.00	245	.55	271	3.00	297	2.00
220	1.50	246	1.30	272	2.50	298	.50
221	.50	247	2.45	273	1.50	299	.50
222	2.00	248	1.00	274	1.10	300	.45
223	1.50	249	1.50	275	.90	301	2.50
224	1.00	250	1.00	276	1.30	302	2.00
225	1.00	251	1.30	277	.50	303	4.25
226	.55	252	.50	278	.50	304	.75
227	2.50	253	.50	279	1.00	305	1.00
228	2.00	254	1.50	280	.50	306	.90
229	.90	255	.70	281	.90	307	2.70
230	.30	256	1.40	282	1.10	308	2.20
231	1.80	257	.55	283	.60	309	1.45
232	1.60	258	.40	284	1.50	310	1.20
233	1.00	259	1.00	285	.55	311	2.00
234	1.20	260	.50	286	.90	312	1.60

ตาราง 6.1 ต่อ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
313	.60	339	1.10	365	.60	391	.50
314	.40	340	1.35	366	.40	392	1.00
315	1.00	341	.30	367	.50	393	2.30
316	.90	342	1.90	368	.50	394	1.50
317	.40	343	1.00	369	.70	395	.25
318	.85	344	.35	370	1.20	396	.20
319	.40	345	.50	371	.50	397	1.00
320	.40	346	.55	372	1.20	398	.50
321	1.20	347	.75	373	.40	399	.70
322	.50	348	.35	374	.50	400	.50
323	.40	349	.70	375	1.50	401	.50
324	.80	350	.75	376	.50	402	.50
325	.50	351	.50	377	.75	403	.50
326	1.00	352	.30	378	.50	404	.80
327	1.95	353	1.80	379	1.00	405	.50
328	.50	354	1.00	380	1.50	406	1.70
329	.50	355	.80	381	.25	407	6.00
330	.75	356	1.00	382	.20	408	.70
331	.95	357	2.90	383	1.25	409	.40
332	1.00	358	.75	384	.90	410	.95
333	.55	359	1.40	385	1.00	411	.45
334	.80	360	1.00	386	.50	412	.40
335	.45	361	.90	387	.80	413	1.90
336	.45	362	.60	388	.25	414	1.80
337	.55	363	.35	389	.25	415	1.50
338	.60	364	1.25	390	.50	416	.75

ตาราง 6.1 ต่อ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
417	.70	443	.60	469	5.50	495	1.50
418	.75	444	.40	470	1.70	496	.40
419	.50	445	3.00	471	.50	497	1.50
420	.60	446	.65	472	.55	498	1.50
421	.75	447	.50	473	.70	499	2.40
422	.90	448	1.00	474	3.50	500	1.80
423	.50	449	.35	475	.60	501	1.25
424	2.70	450	.35	476	4.90	502	.60
425	.50	451	1.50	477	1.50	503	1.20
426	2.70	452	.70	478	1.70	504	1.60
427	.20	453	1.00	479	.50	505	.90
428	.50	454	1.70	480	2.00	506	1.00
429	.40	455	1.60	481	.50	507	.70
430	.60	456	1.70	482	1.00	508	1.40
431	.80	457	.25	483	1.00	509	.50
432	.40	458	.30	484	1.70	510	.60
433	3.00	459	.50	485	1.00	511	2.80
434	.50	460	.30	486	1.00	512	.50
435	.40	461	2.00	487	.70	513	.50
436	3.90	462	1.10	488	.70	514	1.00
437	1.15	463	1.00	489	1.00	515	1.40
438	1.00	464	1.50	490	1.75	516	1.30
439	3.00	465	.70	491	.80	517	.70
440	.15	466	.40	492	1.00	518	.50
441	.55	467	1.35	493	1.00	519	1.20
442	.75	468	.60	494	1.20	520	.50

ตาราง 6.1 ต่อ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
521	1.00	547	1.50	573	3.25	599	1.40
522	1.20	548	5.30	574	2.00	600	2.20
523	.80	549	1.40	575	1.35	601	.75
524	.80	550	.30	576	1.50	602	1.80
525	2.30	551	.50	577	.50	603	.50
526	.90	552	.50	578	1.00	604	.35
527	1.00	553	4.50	579	.50	605	1.40
528	.45	554	.50	580	.40	606	.50
529	1.20	555	2.00	581	.75	607	.45
530	1.70	556	.25	582	1.40	608	.50
531	5.20	557	1.50	583	1.20	609	.50
532	1.00	558	1.60	584	1.00	610	4.25
533	2.00	559	2.20	585	.45	611	2.40
534	1.10	560	1.00	586	3.00	612	2.00
535	1.50	561	1.00	587	.50	613	2.00
536	1.20	562	.50	588	1.00	614	2.80
537	1.00	563	.70	589	5.00	615	2.00
538	1.20	564	1.00	590	1.00	616	.75
539	1.25	565	.50	591	.40	617	.50
540	1.25	566	.20	592	.40	618	1.20
541	.80	567	1.70	593	.60	619	1.00
542	1.00	568	.50	594	.70	620	1.00
543	6.50	569	.50	595	.90	621	.50
544	.80	570	1.60	596	.50	622	2.75
545	.40	571	.35	597	.25	623	.50
546	3.50	572	1.20	598	.30	624	1.00

ตาราง 6.1 ต่อ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
625	1.75	651	.50	677	.50	703	.40
626	.70	652	1.10	678	3.40	704	1.50
627	.50	653	1.65	679	.50	705	.80
628	.60	654	1.00	680	.60	706	.50
629	1.00	655	1.00	681	2.50	707	.90
630	4.20	656	.95	682	.90	708	1.20
631	1.20	657	2.00	683	1.25	709	1.00
632	.80	658	1.40	684	.85	710	.35
633	1.50	659	.50	685	.75	711	.45
634	2.00	660	.50	686	1.00	712	.60
635	2.50	661	.60	687	1.25	713	.40
636	2.75	662	2.50	688	1.20	714	.40
637	1.25	663	1.80	698	.50	715	4.00
638	1.50	664	.40	690	.40	716	1.20
639	1.00	665	.55	691	2.20	717	3.00
640	.25	666	.40	692	4.00	718	4.00
641	.25	667	.25	693	1.75	719	2.00
642	.70	668	.25	694	1.60	720	.50
643	1.00	669	1.40	695	3.00	721	.50
644	.40	670	1.10	696	1.40	722	.40
645	.50	671	.40	697	1.70	723	.70
646	.50	672	1.50	698	1.90	724	1.00
647	2.70	673	2.00	699	.45	725	.60
648	2.50	674	1.50	700	.40	726	1.00
649	1.50	675	1.35	701	2.00	727	.40
650	.50	676	4.25	702	.75	728	.55

ตาราง 6.1 ฟอ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
729	1.20	755	.15	781	1.00	807	.60
730	.50	756	.15	782	1.60	808	.50
731	.50	757	.50	783	1.00	809	1.20
732	.55	758	.40	784	1.00	810	1.10
733	.80	759	.50	785	1.40	811	1.50
734	.50	760	1.30	786	1.50	812	1.30
735	.80	761	2.60	787	.50	813	4.40
736	3.50	762	1.20	788	1.90	814	1.00
737	1.00	763	2.00	789	2.00	815	.60
738	.75	764	1.40	790	1.00	816	2.20
739	2.60	765	1.00	791	.75	817	1.40
740	2.00	766	1.00	792	.25	818	.50
741	.70	767	1.60	793	1.20	819	.60
742	1.00	768	.60	794	1.90	820	1.40
743	.75	769	2.50	795	.50	821	.35
744	1.40	770	.50	796	.25	822	2.50
745	.80	771	.65	797	.40	823	1.20
746	.35	772	.70	798	1.60	824	.20
747	.40	773	1.50	799	1.00	825	1.00
748	2.50	774	.80	800	.50	826	.65
749	1.00	775	2.50	801	.50	827	.50
750	3.85	776	1.40	802	1.00	828	.50
751	3.35	777	.50	803	.30	829	.50
752	.50	778	1.00	804	.35	830	.50
753	.35	779	.80	805	.70	831	.40
754	1.00	780	1.25	806	1.70	832	.35

ตาราง 6.1 ต่อ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
833	.50	858	2.00	884	1.25	909	1.10
834	1.20	859	1.10	885	.50	910	.50
835	1.00	860	1.15	886	.20	911	.50
836	5.10	861	1.50	887	1.00	912	1.20
837	2.50	862	.60	888	1.70	913	1.20
838	1.70	863	.60	889	5.00	914	.90
839	2.00	864	.60	890	.50	915	2.10
840	1.00	865	.60	891	2.90	916	.25
841	1.20	866	1.60	892	3.00	917	.50
842	1.20	867	2.60	893	.65	918	.80
843	2.50	868	.60	894	.70	919	2.00
844	2.50	869	.40	895	.70	920	1.50
845	.50	870	.45	896	.15	921	1.30
846	.50	871	.60	897	.15	922	2.25
847	.50	872	1.20	898	1.95	923	.90
848	.60	873	2.20			924	.45
849	1.80	874	1.00	899	2.60	925	.60
850	3.50	875	2.50	900	.20	926	1.20
851	3.50	876	.90	901	.80	927	.80
852	2.10	877	.50	902	.15	928	.25
853	3.60	878	1.00	903	.15	929	.25
854	1.40	879	1.80	904	.45	930	3.40
855	1.00	880	2.00	905	4.00	931	.60
856	2.50	881	1.20	906	.15	932	.65
857	.50	882	.85	907	.70	933	1.90
		883	.60	908	.15	934	1.60

ตาราง 6.1 ทอ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 1	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
935	2.00	961	1.00	987	2.90
936	1.50	962	1.00	988	1.25
937	1.85	963	.50	989	.90
938	1.55	964	.65	990	.90
939	.50	965	.40	991	.50
940	1.50	966	.60	992	1.00
941	.70	967	.50	993	1.00
942	.50	968	1.00	994	1.30
943	2.50	969	2.40	995	3.00
944	.50	970	.90	996	.40
945	4.00	971	.50	997	.40
946	2.20	972	.20	998	.75
947	.40	973	.60	999	3.20
948	1.20	974	.65	1000	1.30
949	1.30	975	1.20	1001	.20
950	2.00	976	.65	1002	.35
951	2.50	977	3.65	1003	1.50
952	1.20	978	.65		
953	.75	979	1.20		
954	1.00	980	.70		
955	.50	981	2.00		
956	.30	982	1.55		
957	.30	983	1.40		
958	3.70	984	.90		
959	.45	985	2.65		
960	.20	986	.90		

รวมความยาวทั้งหมดของลำน้ำในอันดับที่ 1

= 1284.00 กม.

ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 1

= 1.28 กม.

ตาราง 6.1 กอ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 2	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 2	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 2	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 2	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
1	4.40	29	1.50	57	.60	85	2.25
2	3.50	30	1.50	58	6.00	86	4.40
3	.10	31	.15	59	3.60	87	1.20
4	3.25	32	3.20	60	.50	88	3.70
5	2.35	33	5.10	61	.65	89	.50
6	1.45	34	2.70	62	1.50	90	2.50
7	7.00	35	.50	63	.50	91	.50
8	5.50	36	3.25	64	1.50	92	.50
9	.55	37	6.60	65	1.50	93	1.70
10	7.60	38	4.25	66	7.50	94	2.80
11	8.15	39	1.20	67	3.70	95	13.50
12	8.00	40	2.35	68	3.10	96	2.45
13	8.70	41	.85	69	2.40	97	.90
14	9.20	42	.50	70	.90	98	3.20
15	.95	43	1.50	71	1.30	99	1.75
16	1.60	44	1.00	72	1.60	100	5.00
17	.35	45	.15	73	3.00	101	1.00
18	1.00	46	.70	74	1.60	102	1.60
19	3.50	47	.60	75	2.70	103	6.10
20	7.65	48	.35	76	2.00	104	1.50
21	2.90	49	1.00	77	1.00	105	1.05
22	2.40	50	.02	78	.80	106	.50
23	.60	51	16.50	79	.80	107	2.75
24	.25	52	1.20	80	.25	108	.70
25	2.50	53	2.50	81	1.50	109	1.25
26	4.90	54	4.20	82	1.70	110	1.80
27	2.30	55	.95	83	1.60	111	.55
28	.50	56	1.00	84	1.00	112	1.40

ตาราง 6.1 ต่อ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ ๒	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ ๒	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ ๒	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ ๒	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
113	.75	141	2.70	169	1.25	197	4.95
114	3.50	142	1.80	170	7.00	198	6.30
115	1.40	143	2.00	171	8.90	199	4.50
116	3.50	144	2.50	172	.50	200	1.55
117	1.20	145	1.30	173	1.15	201	.45
118	3.20	146	1.50	178	.70	202	1.20
119	.50	147	5.00	175	.70	203	3.60
120	2.00	148	.25	176	4.50	204	4.20
121	.70	149	.40	177	.80	205	.75
122	.75	150	.70	178	1.50	206	4.25
123	1.00	151	2.00	179	3.85	207	1.90
124	6.25	152	3.30	180	1.15	208	.25
125	2.00	153	1.10	181	1.50	209	1.80
126	.35	154	.50	182	2.50	210	2.60
127	1.50	155	1.00	183	5.40	211	2.50
128	4.70	156	6.70	184	1.55	212	1.00
129	.60	157	6.60	185	1.25	213	.70
130	3.80	158	1.40	186	8.00	214	2.00
131	1.05	159	1.50	187	3.25	215	1.70
132	1.00	160	.60	188	.40	216	.25
133	2.00	161	.60	189	1.60	217	๑.50
134	2.00	162	1.00	190	2.00	218	6.40
135	3.95	163	4.00	191	.50	219	4.50
136	5.00	164	1.90	192	.60	220	7.50
137	3.30	165	2.50	193	.65	221	6.20
138	2.50	166	1.50	194	2.60	222	.55
139	5.60	167	2.00	195	3.40	223	1.50
140	.01	168	2.20	196	.50	224	1.60

ตาราง 6.1 คอ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 2	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 2	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
225	2.25	253	.70
226	8.30	254	.50
227	5.50	255	1.75
228	4.25		
229	1.00	รวมความยาวของลำน้ำในอันดับที่ 2 629.48 กม.	
230	.70	ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 2 2.468 กม.	
231	1.25		
232	3.50		
233	5.20		
234	.90		
235	1.20		
236	4.00		
237	.50		
238	1.00		
239	.50		
240	.50		
241	3.50		
242	.25		
243	2.00		
244	2.00		
245	2.50		
246	.40		
247	4.00		
248	6.00		
249	.40		
250	.25		
251	1.00		
252	.80		

ตาราง 6.1 กอ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ ๓	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ ๓	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
1	29.25	28	.10
2	10.20	29	6.50
3	27.00	30	1.50
4	24.50	31	1.20
5	18.80	32	2.2
6	12.20	33	2.55
7	1.60	34	4.20
8	18.90	35	2.50
9	7.55	36	7.00
10	6.50	37	3.50
11	8.40	38	9.50
12	14.00	39	14.80
13	3.75	40	.40
14	3.60	41	.50
15	1.95	42	18.60
16	1.00	43	.70
17	8.00	44	6.20
18	14.50	45	7.20
19	3.60	46	8.25
20	1.60	47	7.10
21	7.80	48	3.55
22	5.40	49	8.50
23	7.40	50	13.50
24	11.50	51	.80
25	9.50	52	7.10
26	2.75	53	1.50
27	1.50	54	2.75

รวมความยาวของลำน้ำในอันดับที่ 3 404.95 กม.  
ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 3 7.499 กม.

ตาราง 6.1 ต่อ

ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 4	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 5	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 6	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)	ลำดับจำนวน ลำน้ำใน อันดับที่ 7	ความยาว ของลำน้ำ (กม.)
1	22.10	1	30.50	1	28.20	1	36.25
2	16.70	2	32.30	2	2.80		
3	35.20	3	27.00				
4	8.90	4	7.50	รวมความยาวของลำน้ำในอันดับที่ 6 21 กม. ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 6 15.5 กม.			
5	4.60	รวมความยาวของลำน้ำในอันดับที่ 5 97.30 กม. ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 5 24.325 กม.					
6	12.25						
7	11.40						
8	7.00						
9	12.50						
10	7.25						
11	2.30						
12	16.60						
รวมความยาวของลำน้ำในอันดับที่ 4				156.20 กม.			
ความยาวเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 4				13.016 กม.			

ตาราง 6.2 แสดงความสูงของพื้นที่ที่ล้นน้ำในแต่ละอันคัมไฮลุ่มาน

ลำดับจำนวน ล้นน้ำใน อัน คัมที่ 1	ความสูง ของล้นน้ำ (เมตร)	ลำดับจำนวน ล้นน้ำ ในอันคัมที่	ความสูง ของล้นน้ำ (เมตร)	ลำดับจำนวน ล้นน้ำ ในอันคัมที่ 1	ความสูง ของล้นน้ำ (เมตร)	ลำดับจำนวน ล้นน้ำ ในอันคัมที่	ความสูง ของล้นน้ำ (เมตร)
1	6.30	28	13.60	55	8.00	82	16.00
2	3.30	29	2.20	56	4.00	83	18.00
3	12.00	30	5.00	57	.50	84	10.50
4	1.00	31	4.50	58	6.00	85	6.00
5	9.50	32	10.00	59	6.50	86	25.00
6	8.00	33	11.00	60	7.50	87	6.00
7	5.00	34	12.10	61	.50	88	6.00
8	3.00	35	10.50	62	2.80	89	8.10
9	2.00	36	1.00	63	2.00	90	1.00
10	14.00	37	6.70	64	2.50	91	1.00
11	19.00	38	12.00	65	2.00	92	6.90
12	10.00	39	3.70	66	3.00	93	8.20
13	10.00	40	4.70	67	2.00	94	2.30
14	12.00	41	15.90	68	7.40	95	1.30
15	10.20	42	7.90	69	.50	96	6.40
16	10.70	43	3.00	70	3.00	97	6.50
17	11.17	44	4.00	71	8.00	98	1.00
18	17.20	45	2.00	72	6.00	99	1.00
19	4.50	46	5.80	73	2.00	100	1.50
20	5.50	47	5.00	74	4.00	101	.50
21	4.00	48	13.00	75	3.50	102	4.00
22	8.50	49	9.90	76	1.80	103	5.10
23	1.00	50	3.00	77	2.70	104	2.50
24	1.50	51	6.00	78	7.70	105	1.50
25	6.00	52	1.50	79	18.50	106	3.00
26	4.00	53	1.00	80	16.00	107	8.50
27	17.5	54	3.50	81	12.00	108	9.00

ตาราง 6.2 ขอ

ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในลำดับที่ 1	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
109	8.00	136	1.00	163	2.20	190	6.00
110	8.00	137	22.80	164	3.60	191	73.80
111	6.00	138	17.50	165	2.50	192	30.00
112	4.00	139	6.50	166	2.50	193	23.40
113	9.00	140	2.00	167	4.20	194	33.40
114	2.50	141	20.00	168	11.50	195	34.50
115	2.30	142	6.50	169	9.00	196	25.00
116	2.00	143	4.00	170	.50	197	16.10
117	1.00	144	3.00	171	1.00	198	1.10
118	2.70	145	2.00	172	9.40	199	6.80
119	3.80	146	3.00	173	5.00	200	7.50
120	4.30	147	5.00	174	5.00	201	3.20
121	4.30	148	3.00	175	4.00	202	5.10
122	11.00	149	6.00	176	7.00	203	4.70
123	7.50	150	3.00	177	3.80	204	7.00
124	8.00	151	1.00	178	7.60	205	7.00
125	3.00	152	12.00	179	9.00	206	7.60
126	5.00	153	4.10	180	6.00	207	.60
127	5.00	154	7.80	181	9.00	208	14.60
128	2.40	155	.80	182	5.00	209	3.60
129	2.40	156	.30	183	7.90	210	11.00
130	9.00	157	4.20	184	13.00	211	10.00
131	9.00	158	9.90	185	11.90	212	12.00
132	11.50	159	3.10	186	4.90	213	10.00
133	6.10	160	3.40	187	24.00	214	7.40
134	10.50	161	5.70	188	14.80	215	11.70
135	4.00	162	1.30	189	15.80	216	2.20

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจำ นวนจำนำใน อันดับที่ 1	ความสูง ของลำนำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำนำ ในอันดับที่ 1	ความสูง ของลำนำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำนำ ในอันดับที่ 1	ความสูง ของลำนำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำนำ ในอันดับที่ 1	ความสูง ของลำนำ (เมตร)
217	9.70	244	.40	271	12.10	298	2.40
218	11.00	245	3.40	272	14.40	299	1.50
219	3.00	246	12.00	273	12.30	300	7.00
220	3.90	247	14.00	274	9.30	301	2.00
221	4.00	248	4.00	275	4.80	302	9.50
222	2.00	249	18.20	276	6.30	303	10.00
223	6.00	250	5.00	277	3.00	304	1.00
224	6.20	251	10.00	278	4.00	305	1.50
225	6.20	252	1.70	279	4.50	306	3.80
226	10.00	253	1.00	280	6.00	307	5.70
227	13.50	254	2.50	281	6.00	308	1.00
228	13.00	255	2.00	282	9.00	309	8.70
229	12.00	256	3.00	283	3.00	310	10.00
230	3.00	257	1.00	284	2.00	311	8.50
231	12.90	258	7.50	285	7.00	312	1.00
232	15.00	259	11.50	286	15.10	313	2.90
233	4.00	260	1.50	287	15.30	314	4.90
234	9.00	261	1.50	288	17.80	315	3.40
235	4.80	262	3.00	289	16.60	316	.90
236	11.20	263	2.00	290	9.60	317	1.00
237	11.70	264	3.50	291	9.60	318	1.00
238	13.70	265	3.70	292	10.00	319	.90
239	20.00	266	8.70	293	1.00	320	.80
240	10.00	267	7.60	294	1.00	321	2.90
241	1.80	268	2.10	295	2.00	322	.70
242	3.70	269	3.10	296	1.00	323	1.00
243	4.00	270	13.70	297	14.00	324	9.00

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
325	2.00	352	2.00	379	10.30	406	7.70
326	8.00	353	9.10	380	5.80	407	12.20
327	7.00	354	6.20	381	7.00	408	4.40
328	.50	355	1.00	382	7.00	409	4.40
329	2.00	356	1.40	383	9.70	410	5.70
330	5.00	257	12.50	384	10.00	411	.70
331	3.00	358	7.40	385	10.00	412	6.50
332	3.00	359	7.90	386	6.00	413	7.00
333	4.00	360	8.90	387	10.30	414	7.00
334	4.00	361	8.00	388	3.00	415	3.50
335	2.00	362	7.40	389	2.00	416	3.50
336	2.00	363	4.00	390	3.60	417	3.50
337	4.40	364	10.80	391	8.40	418	4.00
338	1.00	365	10.00	392	7.70	419	8.40
339	3.00	366	7.40	393	6.70	420	4.70
340	4.00	367	5.90	394	12.40	421	11.00
341	.50	368	4.40	395	.80	422	8.00
342	4.80	369	5.00	396	4.30	423	3.00
343	4.80	370	10.00	397	6.80	424	5.30
344	.50	371	8.00	398	8.50	425	1.30
345	1.80	372	11.00	399	14.50	426	3.70
346	.50	373	6.00	400	8.60	427	.50
347	2.70	374	2.00	401	11.80	428	2.00
348	1.00	375	25.20	402	10.60	429	3.00
349	1.50	376	2.00	403	10.50	430	.40
350	4.00	377	11.20	404	13.00	431	1.40
351	3.30	378	15.30	405	13.00	432	1.00

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในวันดับที่ 1	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในวันดับที่ 1	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
433	14.60	460	2.80	487	8.60	514	15.90
434	3.00	461	20.30	488	7.90	515	13.90
435	3.00	462	10.50	489	9.50	516	9.50
436	12.50	463	9.60	490	8.00	517	5.80
437	9.80	464	16.60	491	2.50	518	2.00
438	7.80	465	12.00	492	1.40	519	14.00
439	8.00	466	7.00	493	1.40	520	8.50
440	2.00	467	5.20	494	9.00	521	16.50
441	7.00	468	5.20	495	10.00	522	19.00
442	7.00	469	22.70	496	3.70	523	13.30
443	7.00	470	4.70	497	2.00	524	9.30
444	3.50	471	5.00	498	2.00	525	4.30
445	5.70	472	11.50	499	21.50	526	9.40
446	5.00	473	11.00	500	29.50	527	11.90
447	6.60	474	9.00	501	15.80	528	6.60
448	4.30	475	9.00	502	2.80	529	2.50
449	2.40	476	11.00	503	26.30	530	9.50
450	1.40	477	3.20	504	16.00	531	31.00
451	3.20	478	2.70	505	8.70	532	1.90
452	3.50	479	1.50	506	12.00	533	10.00
453	2.50	480	.50	507	12.00	534	19.00
454	14.30	481	5.50	508	11.00	535	5.10
455	13.30	482	7.00	509	7.80	536	18.00
456	3.00	483	9.00	510	6.00	537	20.00
457	.80	484	10.00	511	21.50	538	18.00
458	.80	485	10.20	512	4.60	539	17.90
459	7.80	486	13.10	513	4.60	540	19.00

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
541	13.20	568	4.60	595	7.70	622	18.00
542	11.20	569	1.60	596	3.60	623	2.00
543	46.50	570	6.50	597	1.00	624	6.00
544	3.20	571	2.00	598	2.00	625	7.50
545	1.00	572	9.00	599	10.80	626	2.60
546	25.00	573	15.50	600	13.80	627	5.60
547	11.50	574	15.00	601	13.00	628	3.20
548	32.00	575	3.00	602	8.50	629	7.20
549	12.30	576	2.00	603	1.50	630	10.00
550	3.40	577	5.50	604	1.50	631	9.50
551	7.80	578	12.00	605	13.00	632	3.80
552	1.30	579	1.00	606	2.00	633	7.50
553	20.50	580	1.00	607	2.00	634	2.00
554	3.00	581	1.50	608	2.80	635	2.00
555	11.30	582	10.00	609	4.80	636	2.00
556	2.00	583	9.00	610	10.00	637	3.00
557	8.10	584	5.50	611	9.20	638	9.00
558	5.60	585	1.50	612	8.00	639	9.00
559	16.50	586	15.30	613	8.00	640	1.60
560	6.90	587	3.00	614	2.60	641	1.90
561	10.00	588	1.50	615	5.30	642	2.50
562	1.00	589	23.00	616	2.00	643	11.20
563	1.80	590	5.70	617	9.10	644	7.00
564	2.60	591	5.00	618	3.70	645	3.00
565	2.10	592	5.00	619	12.00	646	19.40
566	1.60	593	1.60	620	7.00	647	19.90
567	5.60	594	1.60	621	4.00	648	13.20

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจํานวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจํานวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจํานวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจํานวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
649	7.20	676	21.40	703	3.00	730	4.60
650	8.00	677	1.00	704	10.00	731	9.90
651	4.70	678	11.60	705	11.00	732	6.90
652	5.70	679	5.00	706	11.00	733	23.20
653	7.50	680	6.00	707	11.00	734	16.50
654	9.70	681	14.50	708	6.00	735	13.50
655	16.40	682	1.00	709	11.00	736	36.50
656	9.20	683	5.00	710	3.00	737	19.10
657	18.20	684	6.60	711	3.00	738	2.20
658	11.60	685	3.60	712	3.20	739	6.20
659	8.00	686	7.10	713	2.00	740	16.50
660	5.00	687	9.70	714	2.00	741	6.5
661	5.80	688	6.10	715	18.50	742	18.00
662	16.00	689	3.70	716	20.50	743	22.70
663	9.90	690	3.70	717	32.30	744	21.70
664	3.10	691	8.40	718	39.00	745	16.90
665	4.60	692	16.10	719	10.20	746	5.80
666	1.60	693	14.30	720	7.00	747	11.70
667	1.90	694	20.00	721	7.00	748	14.40
668	1.90	695	24.10	722	10.00	749	12.80
669	10.20	696	14.40	723	4.00	750	24.90
670	3.30	697	8.90	724	14.70	751	17.30
671	6.00	698	12.60	725	6.00	752	11.40
672	12.50	699	13.10	726	6.50	753	11.90
673	12.20	700	12.40	727	1.50	754	4.60
674	4.80	701	13.80	728	12.50	755	8.50
675	7.40	702	5.00	729	9.20	756	2.50

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจํา นวนลํานํา ในอันดับที่	ความสูง ของลํานํา (เมตร)	ลำดับจํา นวนลํานํา ในอันดับที่	ความสูง ของลํานํา (เมตร)	ลำดับจํา นวนลํานํา ในอันดับที่	ความสูง ของลํานํา (เมตร)	ลำดับจํา นวนลํานํา ในอันดับที่	ความสูง ของลํานํา (เมตร)
757	6.40	784	7.20	811	11.00	838	12.30
758	6.40	785	13.50	812	13.00	839	10.00
759	5.50	786	7.10	813	11.50	840	9.50
760	7.50	787	7.80	814	4.30	841	2.00
761	11.70	788	12.90	815	2.50	842	7.50
762	13.80	789	8.30	816	11.70	843	1.50
763	14.80	790	5.40	817	1.50	844	1.50
764	9.60	791	2.40	818	3.00	845	6.50
765	10.00	792	2.50	819	5.50	846	4.00
766	9.00	793	6.90	820	8.80	847	1.50
767	9.90	794	9.50	821	3.80	848	6.50
768	9.90	795	4.40	822	13.50	849	2.50
769	9.60	796	3.40	823	13.00	850	4.00
770	1.90	797	1.90	824	1.00	851	18.00
771	4.90	798	10.00	825	3.50	852	6.90
772	2.30	799	5.50	826	1.90	853	22.00
773	7.20	800	1.90	827	2.90	854	13.50
774	10.70	801	5.50	828	2.00	855	9.00
775	20.30	802	10.00	829	2.50	856	12.00
776	13.30	803	2.00	830	.50	857	1.00
777	5.50	804	.90	831	3.50	858	9.00
778	6.30	805	1.60	832	4.00	859	12.00
779	11.20	866	5.20	833	4.00	860	14.00
780	13.40	867	7.00	834	5.00	861	2.00
781	7.40	868	8.10	835	5.00	862	6.00
782	11.50	869	9.00	836	12.00	863	11.00
783	8.20	810	12.50	837	11.30	864	3.00

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
865	1.00	892	13.70	919	3.80	946	10.00
866	11.00	893	12.50	920	3.00	947	3.00
867	24.50	894	12.50	921	5.00	948	6.00
868	7.00	895	12.30	922	1.00	949	10.00
869	2.00	896	1.00	923	10.00	950	5.00
870	5.00	897	1.00	924	1.00	951	2.50
871	10.50	898	12.00	925	1.00	952	2.00
872	17.70	899	6.60	926	7.50	953	2.00
873	16.00	900	12.10	927	8.00	954	8.00
874	.50	901	4.00	928	2.00	955	8.00
875	16.00	902	7.00	929	1.00	956	7.00
876	5.90	903	7.00	930	6.00	957	6.00
877	3.90	904	13.00	931	1.50	958	17.00
878	10.00	905	12.00	932	5.00	959	1.00
879	16.00	906	.50	933	8.00	960	1.00
880	13.50	907	1.00	934	9.00	961	4.90
881	10.50	908	1.00	935	5.50	962	7.20
882	11.10	909	2.50	936	3.00	963	6.00
883	8.10	910	1.00	937	6.00	964	1.00
884	14.00	911	1.00	938	2.00	965	.40
885	7.00	912	1.50	939	1.00	966	.20
886	3.00	913	2.00	940	11.00	967	1.50
887	7.00	914	4.00	941	5.00	968	3.50
888	15.00	915	.50	942	3.00	969	9.50
889	9.80	916	.50	943	10.00	970	4.00
890	3.00	917	.60	944	3.00	971	.50
891	11.70	918	.60	945	14.50	972	1.50

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
973	3.00	1000	7.00
974	3.00	1001	3.00
975	3.00	1002	2.00
976	2.00	1003	8.50
977	11.50	ความสูงเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 1 7.45 เมตร.	
978	.50		
979	8.10		
980	4.50		
981	5.00		
982	10.50		
983	7.00		
984	15.00		
985	14.50		
986	1.00		
987	8.50		
988	4.00		
989	2.50		
990	4.00		
991	3.50		
992	2.00		
993	3.50		
994	5.00		
995	8.00		
996	3.00		
997	5.00		
998	13.30		
999	2.50		

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจำนวนลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำนวนลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำนวนลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำนวนลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
1	15.70	27	12.50	53	9.10	79	1.50
2	11.30	28	.80	54	10.00	80	1.50
3	2.00	29	10.20	55	2.80	81	9.00
4	8.00	30	14.10	56	4.70	82	6.80
5	3.70	31	3.00	57	1.50	83	6.60
6	1.60	32	15.10	58	.60	84	2.60
7	3.50	33	20.20	59	8.80	85	11.20
8	3.80	34	7.00	60	7.50	86	20.00
9	1.00	35	3.40	61	9.00	87	6.40
10	17.50	36	11.90	68	10.40	88	15.30
11	1.80	37	12.70	63	11.50	89	3.70
12	4.30	38	10.80	64	5.10	90	11.00
13	.80	39	2.50	65	.50	91	3.10
14	10.10	40	5.80	66	2.20	92	5.30
15	9.00	41	5.10	67	18.40	93	8.50
16	1.80	42	.10	68	8.30	94	5.60
17	3.70	43	2.90	69	11.00	95	40.3
18	6.30	44	10.20	70	8.00	96	3.00
19	13.50	45	.30	71	6.70	97	3.80
20	12.40	46	1.00	72	5.50	98	11.30
21	7.80	47	3.50	73	8.80	99	17.30
22	1.30	48	2.50	74	10.30	100	11.90
23	1.10	49	2.70	75	11.10	101	.80
24	1.10	50	.20	76	4.00	102	5.30
25	8.00	51	10.80	77	6.80	103	12.80
26	15.80	52	6.80	78	3.00	104	8.40

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำ นวนลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
105	4.40	131	11.00	157	11.20	183	26.20
106	6.30	132	6.50	158	5.20	184	5.20
107	6.90	133	9.20	159	6.20	185	6.00
108	3.40	134	9.70	160	7.00	186	25.30
109	8.90	135	16.50	161	2.90	187	17.40
110	8.80	136	8.70	162	2.90	188	3.30
111	4.50	137	2.10	163	3.40	189	6.70
112	5.00	138	3.20	164	2.30	190	14.20
113	6.70	139	3.90	165	10.00	191	2.00
114	14.90	140	.50	166	8.60	192	4.80
115	9.50	141	9.00	167	25.80	193	6.90
116	24.60	142	8.00	168	13.30	194	12.60
117	11.10	143	1.60	169	7.00	195	14.50
118	9.50	144	3.70	170	20.30	196	3.90
119	.50	145	6.00	171	29.50	197	24.30
120	1.00	146	10.60	172	6.00	198	35.00
121	2.60	147	19.70	173	.40	199	22.30
122	2.20	148	1.70	174	3.90	200	8.20
123	2.20	149	1.70	175	2.00	201	1.80
124	12.90	150	7.00	176	7.90	202	6.70
125	1.50	151	15.80	177	5.20	203	12.20
126	4.00	152	11.30	178	5.50	204	20.00
127	11.00	153	4.60	179	21.90	205	3.10
128	19.50	154	6.40	180	13.00	206	15.10
129	1.00	155	14.70	181	3.50	207	6.90
130	17.80	156	33.10	182	19.00	208	.50

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจํา นวนลําน้ํา ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลําน้ํา (เมตร)	ลำดับจํา นวนลําน้ํา ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลําน้ํา (เมตร)
209	5.30	235	9.40
210	8.70	236	6.20
211	14.60	237	4.20
212	6.00	238	.80
213	1.40	239	1.80
214	4.00	240	2.00
215	29.70	241	5.90
216	.70	242	.40
217	26.00	243	10.00
218	20.80	244	6.00
219	18.80	245	6.10
220	11.50	246	1.60
221	13.10	247	7.00
222	6.30	248	9.00
223	4.30	249	3.80
224	5.30	250	1.50
225	4.10	251	2.50
226	8.70	252	2.50
227	15.60	253	4.50
228	11.50	254	.80
229	7.50	255	7.90
230	12.00		
231	6.30		
232	18.80		
233	12.30		
234	6.00		

ความสูงเฉลี่ยของลําน้ําในอันดับที่ 2 9.38 เมตร.

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจํานวนลำน้ำ ในอันดับที่ 1	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจํานวนลำน้ำ ในอันดับที่ 2	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจํานวนลำน้ำ ในอันดับที่ 3	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
1	29.90	27	2.70	53	1.20
2	5.60	28	.80	54	.70
3	37.90	29	3.10		
4	31.50	30	5.30		
5	47.80	31	.90		
6	22.60	32	6.40		
7	3.30	33	6.80		
8	7.90	34	7.30		
9	12.00	35	9.00		
10	8.00	36	24.80		
11	11.10	37	15.30		
12	1.00	38	35.00		
13	7.80	39	39.30		
14	2.20	40	.90		
15	1.50	41	1.50		
16	2.00	42	40.90		
17	19.30	43	3.40		
18	12.90	44	11.70		
19	14.90	45	9.10		
20	5.20	46	21.10		
21	11.50	47	17.40		
22	10.60	48	9.10		
23	25.10	49	12.60		
24	15.80	50	21.20		
25	18.90	51	.90		
26	3.40	52	14.70		

ความสูงเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 3  
 = 12.718 เมตร.

ตาราง 6.2 ต่อ

ลำดับจำนวนลำน้ำ ในอันดับที่ 4	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำนวนลำน้ำ ในอันดับที่ 5	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำนวนลำน้ำ ในอันดับที่ 6	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)	ลำดับจำนวนลำน้ำ ในอันดับที่ 7	ความสูง ของลำน้ำ (เมตร)
1	5.10	1	2.70	1	6.20	1	3.30
2	16.80	2	25.70	2	2.70		
3	42.6	3	21.00	ความสูงเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 6 = 4.45 เมตร.			
4	9.50	4	1.50				
5	18.50	ความสูงเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 5 = 12.725 เมตร.					
6	10.90						
7	10.40						
8	9.80						
9	21.20						
10	11.40						
11	2.90						
12	19.30						

ความสูงเฉลี่ยของลำน้ำในอันดับที่ 4 = 14.866 เมตร.

ภาคผนวก

แสดงการคำนวณหาพื้นที่ใต้ Hypsometric curve

$\frac{a}{A} = 1$	.0633	}	x	$\frac{L}{H} = 1$	.31	}	y		
	2				.0929			2	.28
	3				.2248			3	.28
	4				.5188			4	.071

เมื่อพิจารณาจากกราฟ 4.5 (หน้า 50) จะเห็นได้ว่า กราฟเป็นรูปของ Rectangular Hyperbola ดังนั้นสมการจึงอยู่ในรูปของ  $xy = C$

หรือ  $Y = \frac{C}{x}$

∴ Mean ของ xy = 0.045608

$$= \int_a^b y dx$$

$$= \int_a^b \frac{C}{x} dx$$

แทนค่า 
$$= \int_{0.06}^1 \frac{0.045608}{x} \cdot dx$$

$$= 0.045608 \int_{0.06}^1 \frac{1}{x} dx$$

$$= 0.045608 [ \ln x ]_{0.06}^1$$

$$= 0.045608 [ \ln 1 - \ln 0.06 ]$$

$$= 0.045608 [ 0 - \ln 0.06 ]$$

$$= 0.045608 [ -\ln 6 + 2 \ln 10 ]$$

$$= 0.045608 [ -1.7918 + 2(2.3026) ]$$

$$= 0.045608 \times 2.81326$$

$$= .128307$$

∴ พื้นที่ใต้ curve = 12.8307 % แสดงว่าเหลือพื้นที่ที่ยังไม่ได้ ถูกตัดกรอนไปโดยลำนำ 12.8307 %