บทที่ 2
การศึกษาลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำ

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และเข้าใจรวมทั้งสามารถตอบคำถามหรืออธิบายสิ่งต่อไปนี้ได้

1. อธิบายถึงการก่อกำเนิดรูปร่างลักษณะของลุ่มน้ำในแบบต่าง ๆ ได้
2. อธิบายลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาทั่วไปของลุ่มน้ำในรูปแบบต่าง ๆ ได้
3. อธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์ของลุ่มน้ำได้
4. บอกความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างลักษณะของแม่น้ำกับลักษณะภูมิประเทศได้
5. อธิบายวิธีการหาโครงสร้างทางกายภาพที่สามารถบอกถึงลักษณะภายนอกของลุ่มน้ำได้
6. อธิบายถึงอิทธิพลของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสภาพการระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำได้

สาระสำคัญ

1. ความสำคัญ

ความสำคัญของการศึกษาลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำเพื่อเรียนรู้ถึง

การก่อกำเนิดของลุ่มน้ำและโครงสร้างทางธรณีวิทยา ตลอดถึงศึกษาสภาพทางภูมิศาสตร์เพื่อที่จะเข้าใจวิวัฒนาการของลุ่มน้ำในลักษณะต่าง ๆ ทั้งนี้ เพื่อที่จะทำความเข้าใจพื้นฐานความเป็นมาและเข้าใจในธรรมชาติโดยทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่ลุ่มน้ำถือเป็นส่วนหนึ่งของผิวโลก การศึกษาการพัฒนาตัวของส่วนที่เรียกว่า เปลือกโลก (Crust) เช่น หินก้อนเล็ก ๆ หล่นลงมาจากหน้าผา น้ำที่หยดตามผนังถ้ำ การผุพังของชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของดิน หิน กรวด ทราย ต่าง ๆ ซึ่งเป็นขบวนการเล็ก ๆ ดูผิวเผินก็ไม่มีความสำคัญอะไร เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ความจริงแล้วมีความสำคัญมาก ขบวนการกัดเซาะและทับถมจะสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศบนผิวโลกได้มากกว่าใต้ผิวพื้นโลกมีทั้งการเปลี่ยนแปลงให้เกิดสภาพความสูงต่ำและการปรับระดับให้ราบเรียบ โดยทั่วไป สภาพผิวพื้นโลกจะปรับระดับลงสู่ระดับที่ถาวรคือ ระดับน้ำทะเล อย่างไรก็ตาม ระดับน้ำอื่น ๆ ก็ยังมีความสูงต่ำแตกต่างจากระดับน้ำทะเลซึ่งถือว่าเป็นระดับชั่วคราว เช่น น้ำในหนอง บึง น้ำเหนือเขื่อน ตลอดจนน้ำในแม่น้ำลำธารต่าง ๆ เป็นต้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่จะต้องรับทราบไว้ก็คือ ผิวโลกมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยตัวการต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งตัวการที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลกหรือเกิดจากน้ำหนักของตัวเอง เช่น การเคลื่อนตัว (Mass movement) กระแสน้ำไหล (Running water) น้ำใต้ดิน (Ground water) ธารน้ำแข็ง (Glacier) คลื่นและกระแสน้ำ (Wave and Tides) เป็นต้น ตัวการที่เกิดจากการหมุนของโลก เช่น กระแสลม (Wind) และคลื่นอากาศในลักษณะต่าง ๆ

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำจึงถือเป็นสิ่งสำคัญอันดับหนึ่งที่จะต้องทำความเข้าใจในเบื้องต้น เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของลุ่มน้ำจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบและสภาพการระบายน้ำของลุ่มน้ำนั้น ๆ ลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำที่ค่อน

ข้างราบเรียบจะให้รูปแบบของแม่น้ำที่แตกต่างกับแม่น้ำที่อยู่ในบริเวณพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ ในทำนองเดียวกันพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่คล้ายกันอาจจะให้รูปแบบของแม่น้ำที่แตกต่างกันได้ เนื่องจากมีชั้นหินโครงสร้างใต้ผิวดินแตกต่างกัน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นข้อพิจารณาในการจัดการวางแผนจัดการลุ่มน้ำต่อไป

2. การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลก

การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลกเกิดขึ้นได้ทั้งจากแรงภายในโลก (Tectonic force) ที่ทำให้เปลือกโลกเกิดความสูง ๆ ต่ำ ๆ และแรงที่เกิดจากภายนอกโลก (Gradation force) ที่ทำให้เปลือกโลกปรับระดับให้ราบเรียบลง

2.1 แรงที่เกิดภายในโลก

แรงที่เกิดภายในโลก (Tectonic force) เป็นแรงที่เกิดจากพลังงานความเปลี่ยนแปลงภายในโลก แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

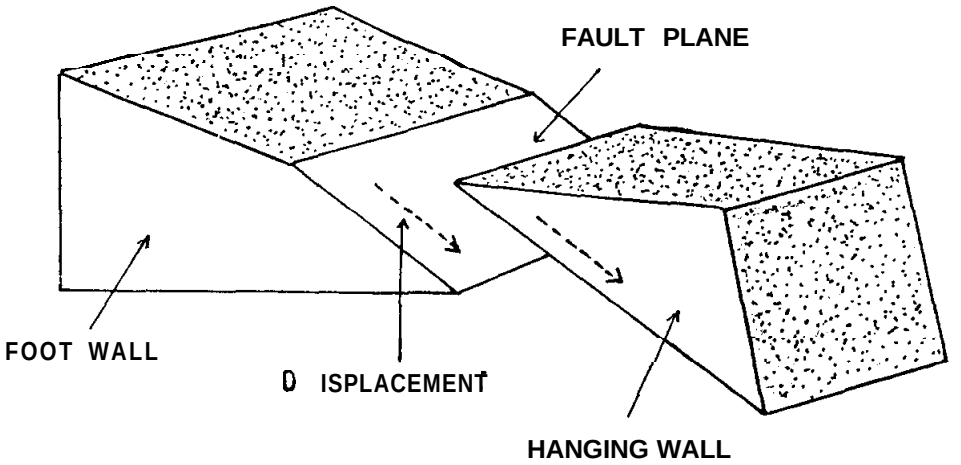
2.1.1 Diastrophism เป็นการทำให้เปลือกโลกแตกหัก โดยแรงบีบอัดหรือการเคลื่อนตัวของหินเปลือกโลก นอกจากนั้นอาจเกิดจากแรงดันของโลกทำให้พื้นหินหนาบนผิวโลกมีรูปร่างผิดไปจากเดิม อันเนื่องมาจากการขยายตัวและการหดตัวของเปลือกโลกหรืออาจมาจากสาเหตุที่มีน้ำหนักกดทับในปริมาณมหาศาลของหินเปลือกโลก การแตกหักหรือเคลื่อนตัวของชั้นหินเปลือกโลกจากสาเหตุต่าง ๆ นี้จะก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญหลายประเภท ดังนี้

ก. รอยร้าวในหิน (Joint , Breaking , — Fracture) เกิดจากโลกได้รับแรงกดดันมาก ทำให้เปลือกโลกเกิดรอยแตกหรือ

รอยร้าวได้ รอยแตกนี้อาจจะเป็นรอยในทางราบหรือในทางดิ่งก็ได้ บริเวณที่มีรอยร้าวหรือรอยแตกมากเรียกว่า Zone of Fracture ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เกิดการพังทลายต่อไปได้จากการกระทำของกระแสน้ำหรือจากการชอนไชของรากต้นไม้ต่าง ๆ ได้

ข. รอยเลื่อนหรือการหักตัวของหิน (Fault)

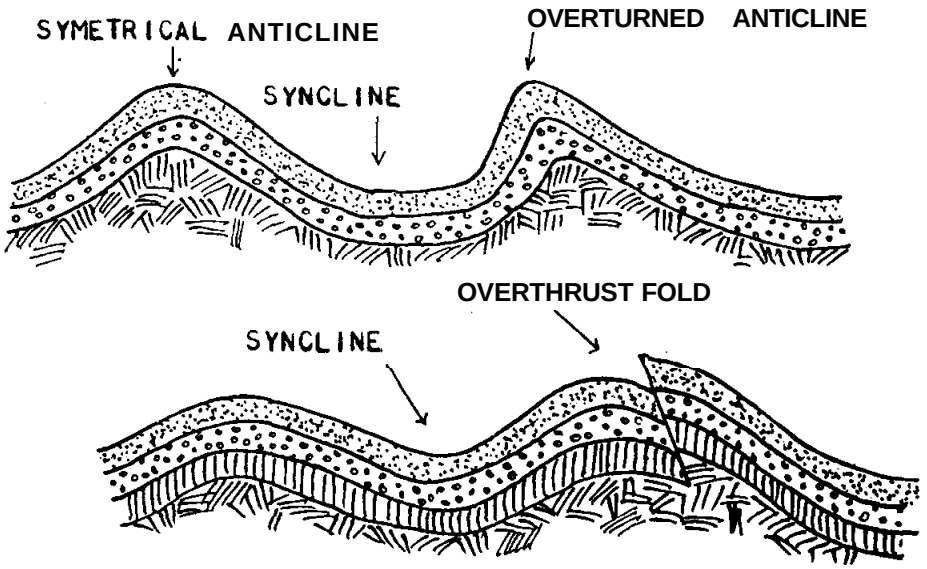
เมื่อเปลือกโลกได้รับแรงกดดันมากพอในระดับหนึ่ง นอกจากจะเกิดรอยแตกร้าวในหินแล้ว ยังจะเกิดการหักตัวเป็นรอยเหลี่ยมของหิน การหักเลื่อนตัวของหินอาจจะหักเลื่อนในแนวดิ่งหรือแนวนอนก็ได้ ลักษณะของ Normal fault จะเลื่อนลงไปตามแนวความลาดชัน Reverse fault แทนที่จะเลื่อนลงกลับเลื่อนขึ้น ส่วน Thrust fault นั้น คล้ายกับ Reverse fault แต่มีมุมลาดกว่าคือน้อยกว่า 45 องศา



รูปที่ 2.1 แสดงรอยเลื่อนหรือการหักตัวของหิน

ค. การโก่งหรือโค้งของหิน (Folding , Bending)

เกิดจากเมื่อพื้นผิวบางแห่งถูกแรงกดดันให้เปลี่ยนรูปร่างไปจากเดิม แต่แรงกดดันนั้นไม่รุนแรงมากจนทำให้เกิดรอยแตกหรือรอยเลื่อน จะทำให้เกิดการโก่งตัวของชั้นหินเปลือกโลกในบริเวณนั้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของโลกเช่นนี้จะเกิดช้ากว่าการเลื่อนหรือการหักตัวของหินมาก ส่วนที่สูงขึ้นมาเรียกว่า Anticline ส่วนที่ต่ำลงเรียกว่า Syncline ลักษณะเช่นนี้จะก่อให้เกิดภูเขาและหุบเขาได้ ลักษณะต่าง ๆ ของการโก่งหรือโค้งของหินมีทั้งแบบ Symetrical anticline หรือ Symetrical fold ซึ่งมีความลาดชันของทั้งสองด้านเท่ากัน แต่ถ้าแกนของ Anticline ไม่ตั้งฉากกับพื้นโลกหรือความลาดชันของทั้งสองด้านไม่เท่ากันเรียกว่า Overturned, anticline หรือ Asymetrical fold ในบางกรณีอาจเกิดการโก่งตัวหรือโค้งของหินก่อนแล้วจึงเกิดรอยเลื่อนหรือหักตัวของหินตามมาเรียกว่า Overthrust anticline หรือ Overthrust fold



รูปที่ 2.2 แสดงการโก่งหรือโค้งของหิน

ง. การคดของหินหรือรอยคดของเปลือกโลก (Warping)

ลักษณะเช่นนี้เกิดจากแรงกดดันคล้าย ๆ กับการเกิดการโก่งหรือโค้งของหิน แต่แรงกดดันน้อยกว่าและเกิดในระยะเวลาที่ยาวนานมากกว่า การเกิดจะเกิดในบริเวณที่กว้างขวางมาก ตัวอย่างเช่น แถบชายฝั่งทะเลบอลติกจะยกตัวสูงขึ้นทีละน้อยประมาณ 3 ฟุตต่อศตวรรษ สำหรับประเทศไทยก็มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นในทางภาคใต้ของประเทศ

2.1.2 Volcanism เกิดจากหินเหลวที่เคลื่อนตัวออกมาจะทับถมกันในสถานที่ต่าง ๆ เป็นผลให้เกิดลักษณะภูมิประเทศที่เกิดจากหินอัคนีหรือหินเหลวเป็นบริเวณกว้าง เมื่อเย็นตัวลงก๊าซในหินเหลวจะหนีออกไป ทำให้หินที่เกิดจากภูเขาไฟมีรูพรุนอยู่ทั่วไป นอกจากนั้น สิ่งที่จะออกมาพร้อมหินเหลวจากการระเบิดของภูเขาไฟคือ กาซต่าง ๆ เช่น Sulfuric acid, Hydrochorlic acid, CO_2 และ H_2 ฯลฯ เป็นต้น นอกจากกาซต่าง ๆ แล้วยังมีเถ้าถ่านภูเขาไฟในขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1/4 มิลลิเมตร ที่เรียกว่า Dust จนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 32 มิลลิเมตรที่เรียกว่า Block นอกจากนี้ในบริเวณที่เคยมีภูเขาไฟที่หยุดปะทุแล้วแต่อาจจะมีการพ่นกาซและไอน้ำอยู่ตามรอยแตกหรือรอยแยกของหิน เกิดเป็นน้ำพุร้อนประเภท Hot spring หรือ Geyser หรือภูเขาไฟโคลน (Mud volcanoes) เกิดขึ้นก็ได้ สิ่งที่พ่นออกมาส่วนใหญ่จะประกอบด้วยไอน้ำมากถึงประมาณร้อยละ 99 นอกนั้นเป็นกาซต่าง ๆ

2.2 แรงที่เกิดขึ้นภายนอกโลก

แรงที่เกิดขึ้นภายนอกโลก (Gradation force) ประกอบด้วยการกัดเซาะทำลาย (Weathering and Erosion) ซึ่งเกิดจากตัวการต่าง ๆ เช่น น้ำ ลม น้ำแข็ง แสงแดด และตัวการที่เป็นชีวภาพ ในจำนวนตัวการต่าง ๆ

เหล่านี้น้ำจัดได้ว่า เป็นตัวการปรับระดับผิวพื้นโลกได้มากที่สุด

2.2.1 การกระทำของน้ำ แม่น้ำลำธารต่าง ๆ จะมีความสามารถพัดพากรวดหินดินทรายมากับน้ำ (Load) ได้ด้วย ความสามารถในการพัดพาของน้ำขึ้นอยู่กับความเร็วกระแสน้ำซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะท้องน้ำหรือภูมิประเทศ นอกจากนั้น ความสามารถในการพัดพายังขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำด้วย เมื่อความเร็วหรือปริมาณน้ำลดลงความสามารถในการพัดพาก็จะน้อยลงทำให้สิ่งที่พัดพามาจมลงทับถมกัน ก่อให้เกิดภูมิประเทศในลักษณะต่าง ๆ เป็นอาณาบริเวณกว้าง โดยทั่วไปแล้วความสามารถในการพัดพาของน้ำจะเกิดมาจากมีสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำ ความลาดชันลดลงหรือท้องน้ำตื้นขึ้นและฝั่งแม่น้ำขยายออกไปกว้างขึ้น นอกจากนั้นจะเกิดจากปริมาณน้ำลดลงหรือน้ำไหลมาพบกับบริเวณที่มีน้ำนิ่งกว่าและมากกว่า

ลักษณะการทับถมของกรวดหินดินทรายที่มากับน้ำมีอยู่ 2 ลักษณะ ดังนี้

1) การทับถมเป็นชั้น ๆ (Stratification) เป็นการทับถมเป็นชั้น ๆ โดยตะกอนที่มีขนาดใหญ่จะตกทับถมอยู่ด้านล่าง พวกที่มีขนาดเล็กกว่าก็จะทับถมอยู่ในชั้นบนถัดมา

2) การแยกตัวของตะกอนตามขนาด (Sorting) ลักษณะนี้ตะกอนขนาดใหญ่จะตกตะกอนก่อนในบริเวณใกล้ต้นน้ำ ส่วนตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่าก็จะตกตะกอนทับถมไกลออกไปตามปากแม่น้ำตามลำดับ

การกระทำของน้ำที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศนั้นมีการกระทำในหลายลักษณะทั้งที่เป็นวิธีกล ได้แก่ การพยายามของน้ำที่จะขยับเขยื้อนก้อนหินไปจากที่เดิม วิธีการอื่น ๆ ได้แก่ การขัดสี (Abration) ให้ก้อนหินที่ขรุขระ กลม

ราบเรียบ การละลาย (Solution) กรณีที่น้ำไหลผ่านหินที่ละลายน้ำได้ การพัดพาพวกกรวดหินดินทรายจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง (Transportation) และการทับถม (Deposition) เกิดจากการพัดพาแล้วมารวมกันทับกันในที่ต่าง ๆ เช่นตามที่ราบเชิงเขา บริเวณปากน้ำ เป็นต้น ลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญที่เกิดจากการทับถมของแม่น้ำมีดังนี้

ก. คันดินธรรมชาติ (Natural Levee) เป็นเนินเตี้ย ๆ อยู่สองฟากของแม่น้ำ ความสูงเฉลี่ยประมาณ 4-15 ฟุต เกิดขึ้นเมื่อมีกระแสน้ำหลากและท่วมสองฝั่งแม่น้ำขึ้นมา กระแสน้ำจะลดความเร็วลงเพราะทางน้ำกว้างขึ้น ทำให้ตะกอนเกิดการทับถมกันขึ้นบริเวณสองฝั่งแม่น้ำ นานเข้าตะกอนเหล่านี้จะสมสมเป็นเนินสองฟากแม่น้ำ

ข. ที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood plain)เป็นที่ราบบริเวณสองฝั่งแม่น้ำมักจะถูกกั้นโดยภูเขาหรือที่สูงกับคันดินธรรมชาติ

ค. ที่ราบสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ (Delta plain) เกิดจากกระแสน้ำลดความเร็วลงบริเวณปากแม่น้ำ เนื่องจากกระแสน้ำไหลมาปะทะกับห้วงน้ำที่ใหญ่กว่าและนิ่งกว่าบริเวณทะเลที่ติดกับปากแม่น้ำ

ง. เนินตะกอนรูปพัด (Alluvial fan) เกิดขึ้นจากเมื่อแม่น้ำไหลออกสู่บริเวณที่ราบเชิงเขา กระแสน้ำจะลดความเร็วลง สิ่งที่น้ำพัดพามาด้วยก็จะตกตะกอนทับถมบริเวณเชิงเขานั้น นานเข้าก็เกิดเป็นที่ราบรูปพัดในลักษณะที่คล้ายกับที่ราบสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ผิดกันที่ว่าเนินตะกอนรูปพัดจะเกิดบนบก แต่ที่ราบสามเหลี่ยมปากแม่น้ำจะเกิดในน้ำ

2.2.2 การกระทำของลม การกระทำของลมเป็นในลักษณะของการขัดสี (Abration) ให้หินที่ขรุขระราบเรียบ และการพัดพาทรายให้เป็นแอ่ง

ลึก (Deflation) ลักษณะภูมิประเทศที่เกิดจากลมมักเกิดในบริเวณแห้งแล้ง หรือค่อนข้างแห้งแล้งโดยก่อให้เกิดเนินทราย (Sand dune) ประเภทต่าง ๆ

2.2.3 การกระทำของชีวภาพ การกระทำโดยตัวการที่มีชีวิต (Biotic weathering) มีอยู่หลาย ๆ ลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิ-ประเทศ สัตว์ที่ขุดรูอยู่ใต้ดินอาจทำให้ดินและหินแตกตัวได้ ไส้เดือนและแมลงอื่น ๆ ทำให้ดินผสมกันก่อให้เกิดการสลายตัวทางเคมีของดินในชั้นล่าง ดินชั้นบนที่มีอินทรีย์สารมากจะกลับลงมาอยู่ข้างล่าง พืชจะช่วยเพิ่ม CO_2 ให้กับดินทำให้เกิดการสลายตัวทางเคมีเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นมูลค้างคาวและเชื้อราประเภทต่าง ๆ จะก่อให้เกิดการกัดเซาะทำลายเพิ่มขึ้น ซากพืชและสัตว์ทำให้เพิ่มความชื้นในดินเป็นการเพิ่มการสลายตัวทางเคมีที่ดี สัตว์ประเภทมีกีบหรือสัตว์ขนาดใหญ่ทำให้หน้าดินแน่น น้ำซึมผ่านได้ยากเมื่อมีฝนตกลงมา ทำให้เกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้โดยง่าย การมีจำนวนสัตว์มากกว่าพืชทำให้ขาดพืชคลุมดิน การกัดเซาะทำลายจึงง่ายขึ้น

3. หินและแร่

หินและแร่ (Rocks and Minerals) เป็นองค์ประกอบซึ่งกันและกัน หินคือสารประกอบของแร่ตั้งแต่สองชนิดมารวมกัน หินมีอยู่ 3 ชนิด คือ หินอัคนี หินชั้น และหินแปร ส่วนแร่คือของแข็งที่มีคุณสมบัติเกิดตามธรรมชาติ เป็นธาตุหรือสารประกอบซึ่งเกิดโดยกรรมวิธีอนินทรีย์ มีโครงสร้างภายในที่เป็นระเบียบและมีสูตรทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพที่แน่นอนหรือเปลี่ยนแปลงได้ในวงจำกัด คุณสมบัติของแร่มีแตกต่างกันอย่างมากมายตามชนิดของแร่ ความแตกต่างนั้นดูได้จากค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) , แนวแตก (Cleavage) ความแข็ง (Hardness) , ปฏิกริยาของแร่ที่มีต่อแสง (Luster), ความ

โปร่ง (Diaphaneity), สี (color) และความแตกต่างทางเคมีอื่น ๆ เป็นต้น การศึกษาวิชาธรณีวิทยา (Geology) คือ การศึกษาส่วนประกอบโครงสร้างของโลก ประวัติและสิ่งมีชีวิตที่ผ่านมาของโลกหรือการศึกษาในเรื่องหิน

3.1 ชนิดของหิน

ชนิดของหินโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

3.1.1 หินอัคนี (Igneous rock) เป็นหินที่เกิดจากการแข็งตัวของหินเหลวใต้โลก (Molten magma) โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ การแข็งตัวของหินอัคนีจะมีทั้งแข็งตัวใต้ผิวพื้นโลกเป็น Intrusive igneous rock และหินอัคนีที่แข็งตัวบนผิวพื้นโลกเป็น Extrusive igneous rock โดยไหลออกมาในรูปของลาวา (Lava) จากการระเบิดของภูเขาไฟหรือไหลตามรอยแตกแยกของหิน ตัวอย่างของหินอัคนี เช่น Granite, Diorite และ Gabbro เป็นต้น

3.1.2 หินชั้น (Sedimentary rock) เป็นหินที่เกิดจากการทับถมและรวมตัวกันเข้าเป็นมวลสารเดียวกัน หินชั้นจะเกิดบนผิวโลกเท่านั้น หินชั้นส่วนใหญ่เกิดจากตะกอนต่าง ๆ ที่ผุพังมารวมกันโดยถูกพัดพามาจากที่อื่น หินชั้นอีกส่วนหนึ่งซึ่งเป็นส่วนน้อยเกิดจากสารละลายซึ่งอาจเกิดอยู่กับที่หรือเคลื่อนย้ายมาจากที่อื่นก็ได้ ตัวอย่างของหินชั้นเรียงลำดับตามขนาดของเนื้อหินจากหยาบไปถึงละเอียด ได้แก่ Boulder, Cobble, Pebble, Sand, Silt และ Clay พวก Sand เมื่อกลายเป็นหินเรียกว่า Sandstone ส่วนพวกที่มีเนื้อหยาบจะเรียกว่าหิน Conglomerate หินชั้นอื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น Claystone , Lime-stone , Gypsum และ Silt stone

3.1.3 หินแปร (Metamorphic rock)เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหินชั้นและหินอัคนี โดยมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิและความกดดันที่สูงมากหรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงใกล้กับผิวโลกได้โดยมีบรรยากาศเป็นตัวการ ตัวอย่างของหินแปรที่สำคัญ ได้แก่ หิน Granite แปรเปลี่ยนเป็นหิน Gneiss หินทรายกลายเป็นหิน Quartsite และหิน Shale กลายเป็นหิน Slate เป็นต้น

3.2 บทบาทของหินที่มีต่อการจัดการลุ่มน้ำ

บทบาทของหินที่มีต่อการจัดการลุ่มน้ำ เนื่องจากหินมีอิทธิพลสำคัญเกี่ยวกับรูปร่าง ขนาด ความสูงต่ำ ทิศทางด้านลาดและความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ นอกจากนั้น เนื่องจากอิทธิพลของคุณสมบัติที่แตกต่างกันของหินชนิดต่าง ๆ รูปแบบของการระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น ๆ จะถูกกำหนดโดยชนิดของชั้นหินโครงสร้างของลุ่มน้ำนั้นเป็นหลัก ทั้งนี้เพราะสภาพการระบายน้ำเป็นขบวนการหนึ่งในขบวนการทางธรณีวิทยาอันหนึ่ง ได้แก่ ขบวนการ Weathering and Erosion ในแง่ของการจัดการลุ่มน้ำการศึกษาลักษณะของหินเพื่อสามารถทำความเข้าใจพื้นฐานทางกายภาพของลุ่มน้ำนั้น ตัวอย่างเช่น ในชั้นหินอัคนีที่เป็นหินแข็งจะสลายตัวได้ง่ายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิค่อนข้างรุนแรง แต่ในบริเวณที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศอย่างรุนแรง หินพวกนี้จะเป็นหินแข็งสลายตัวยาก ในส่วนของหินชั้นนั้นจะมีความคงทนต่อการกัดเซาะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของหิน เช่น หินปูน จะเป็นหินที่อ่อนง่ายต่อการกัดเซาะพังทลาย ส่วนหินทรายนั้นค่อนข้างมีความคงทนสูง โดยทั่วไปแล้วหินที่มีเนื้อค่อนข้างละเอียดจะมีความคงทนน้อยกว่าหินที่มีเนื้อค่อนข้างหยาบ หินที่มีรูพรุนมากจะมีน้ำหนักเบาง่ายต่อการกัดเซาะ โดยทั่วไปจะกล่าวได้ว่า ธรณีวิทยามีบทบาทสำคัญในการกำหนด ขนาด รูปร่าง ระดับความสูงต่ำ ความลาดชัน

และรูปแบบของลำน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากขบวนการทางธรณีวิทยาต่าง ๆ ทั้งขบวนการที่ทำให้เกิดความสูง ๆ ต่ำ ๆ บนผิวโลก (Tectonic force) และขบวนการที่ทำให้ผิวโลกราบเรียบลง (Gradation force) ตลอดจนขบวนการด้านการเกิดหินและดินต่าง ๆ ทั้งหมดนี้ล้วนเป็นขบวนการที่สร้างลุ่มน้ำทั้งสิ้น การศึกษาทางธรณีวิทยาของลุ่มน้ำจะช่วยให้ทราบถึงวิวัฒนาการของลำน้ำและวิวัฒนาการของพื้นที่ลุ่มน้ำได้เป็นอย่างดี

4. ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำที่มีผลต่อการไหลของน้ำ

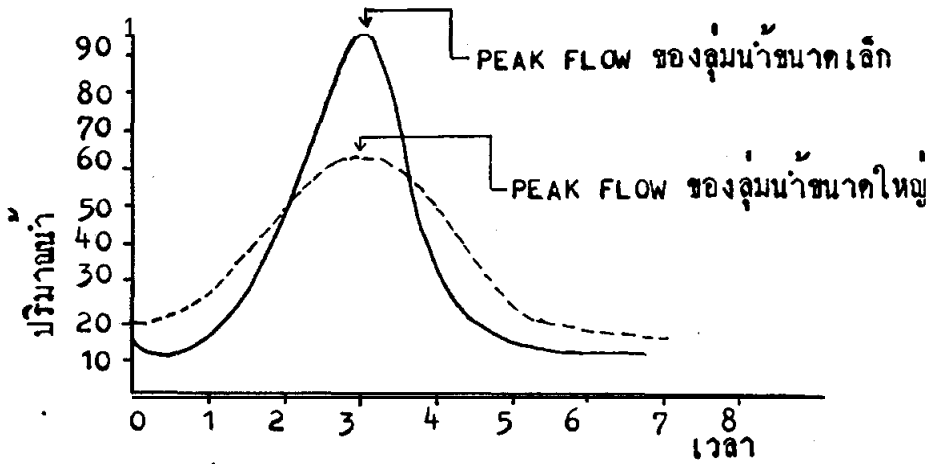
ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำที่มีผลต่อการไหลของน้ำ (Effcet of watershed feature upon flood flow) จากการศึกษาลักษณะทางธรณี-วิทยาทั่วไปและสภาพทางกายภาพจะทำให้สามารถศึกษาอิทธิพลของลักษณะต่าง ๆ ของลุ่มน้ำที่จะมีผลต่อการไหลของน้ำได้

4.1 อิทธิพลของพื้นที่ลุ่มน้ำ

อิทธิพลของพื้นที่ลุ่มน้ำโดยทั่วไปเป็นความสามารถในการรองรับน้ำฝน ซึ่งพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่จะสามารถรับความหนักเบาของฝน (Rainfall intensity) ได้น้อยกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก ในขณะที่พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่จะมีพืชพรรณที่มีความหลากหลายมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็ก ดังนั้น โอกาสในการรองรับน้ำฝนจึงแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กับพื้นที่ขนาดเล็ก โอกาสที่ฝนจะตกในลุ่มน้ำขนาดใหญ่จะมีมากกว่าลุ่มน้ำขนาดเล็ก

ถ้าสภาพแวดล้อมของลุ่มน้ำเหมือนกัน การไหลของน้ำในลุ่มน้ำขนาดเล็กจะมีมากกว่าและดีกว่าในลุ่มน้ำขนาดใหญ่ โดยจะมีปริมาณมากและไหลแรงในฤดูฝน และจะมีน้อยในฤดูแล้ง ในขณะที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่จะมีการกระจายตัวของพื้นที่ทำให้มีการ

ไหลของน้ำน้อยกว่า ในขณะที่พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่มีพื้นที่มาก การรับน้ำและดูดซึมน้ำจึงมีได้มากกว่าพื้นที่ขนาดเล็ก ดังนั้น พื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่จึงมีลำธารชนิดที่มีน้ำไหลตลอดปี (Perennial stream) ส่วนลุ่มน้ำที่มีพื้นที่ขนาดเล็กมักจะมีลำน้ำที่ไม่มีน้ำไหลตลอดปี (Intermittent stream) ลักษณะของไฮโดรกราฟของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่จะมี Peak flow ค่อนข้างต่ำและกว้างกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดเล็ก พื้นที่ขนาดใหญ่จะมีน้ำในปริมาณมากกว่าจึงมักมีน้ำหล่อเลี้ยงอยู่เสมอ



รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบไฮโดรกราฟ
(ที่มา : นิวัติ เรืองพานิช, 2514)

การไหลซึมของน้ำใต้ดินที่จะมาหล่อเลี้ยงลำน้ำจะค่อยเป็นค่อยไป ลักษณะของ Peak flow ของลุ่มน้ำขนาดใหญ่จึงไม่สูงขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วเหมือนกับ Peak flow ของลุ่มน้ำขนาดเล็ก สภาพของพืชพรรณรวมทั้งป่าไม้ที่แตกต่างกันมีความหลากหลาย (Diversity) มากจะทำให้มีการผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนหรือร่วมกันในการซึมรับน้ำและคายน้ำ ดังนั้น โอกาสในการเกิด Peak ของลุ่มน้ำขนาดใหญ่จึงเกิดได้น้อยกว่าลุ่มน้ำขนาดเล็ก พื้นที่ขนาดเล็กโอกาสในการเก็บกักน้ำด้วยวิธีการต่าง ๆ จึงทำได้ไม่เต็มที่โอกาสที่จะเกิด Peak ที่มีลักษณะแหลมมากจึงเกิดขึ้นได้ง่ายในเวลาอันสั้น ดังนั้น โอกาสที่จะเกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กจึงมีได้มากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่

4.2 ลักษณะรูปร่างของลุ่มน้ำ

ลักษณะรูปร่างของลุ่มน้ำ (Watershed shape) จะมีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำในลำน้ำ ตลอดจนน้ำไหลบ่าหน้าดิน การเก็บกักน้ำ การซึมน้ำและการสูญเสียน้ำ นอกจากนั้น ลักษณะรูปร่างของลุ่มน้ำจะมีผลมากในการควบคุมลักษณะของไฮโดรกราฟ โดยควบคุม Peak flow ของลุ่มน้ำลักษณะรูปร่างของลุ่มน้ำที่สำคัญมีดังนี้

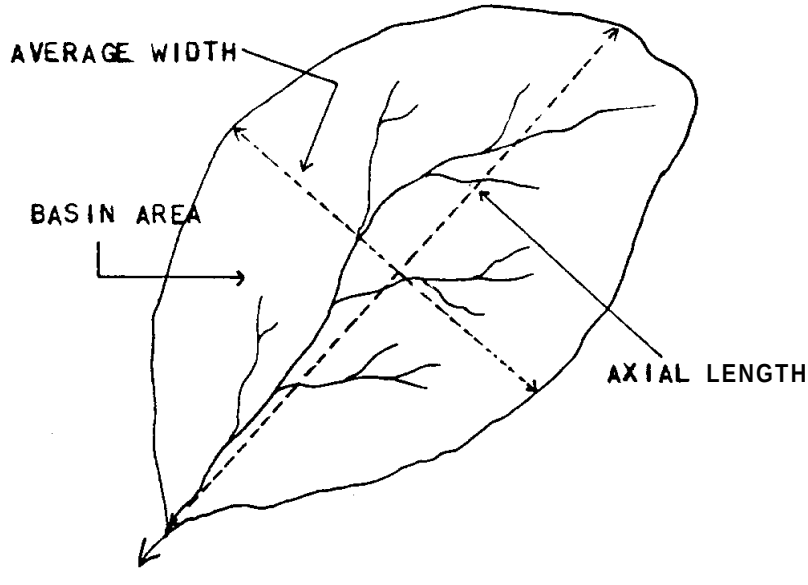
4.2.1 ลุ่มน้ำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular-shaped basin) ลักษณะโดยทั่วไปเป็นรูปคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ลักษณะลุ่มน้ำรูปร่างแบบนี้มักจะมีลำน้ำสายหลัก (Main stream) ไม่ยาวมากนัก แต่จะมีลำน้ำสายย่อย (Stream -lets)สั้น ๆ แจกจ่ายน้ำอยู่ค่อนข้างมาก การแจกจ่ายน้ำนี้จะมีน้ำไหลลงสู่ลำน้ำสายหลักโดยตรงในเวลาอันสั้น ทำให้มีอัตราน้ำไหลสูงสุดที่ปากลุ่มน้ำเกิดขึ้นได้ง่าย แต่เนื่องจากลักษณะลุ่มน้ำแบบนี้มักอยู่ตามภูเขาสูงชันและมีขนาดค่อนข้างเล็ก มีน้ำไหลไม่ตลอดปีจึงมักจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายมากนัก

4.2.2 ลุ่มน้ำรูปพัด (Fan or Pear - shaped basin) ลักษณะโดยทั่วไปเป็นรูปร่างคล้ายพัดหรือใบไม้ มักเป็นลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ประกอบด้วยลุ่มน้ำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหลาย ๆ ลุ่มน้ำมารวมกัน มีลำน้ำสายหลักค่อนข้างยาวและมีลำน้ำสายย่อยแตกสาขามากมาย มีกิ่งก้านคล้ายลายเส้นของใบไม้ ถ้าสภาพแวดล้อมดีการดูดซึมน้ำจะดีสามารถเก็บกักน้ำได้ตลอดปี แต่ถ้าเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีสภาพเสื่อมโทรม ลุ่มน้ำประเภทนี้มักจะมีโอกาสที่จะเกิด Flood peak สูงมาก รูปแบบของไฮโดรกราฟจะแหลมมากทำให้โอกาสที่จะเกิดอุทกภัยมีค่อนข้างมากในเวลาอันรวดเร็ว เนื่องจากจำนวนน้ำไหลจะไปรวมอยู่ที่ปากน้ำเป็นจำนวนมาก ทำให้จำนวนน้ำที่ไหลขึ้นไปรวมอยู่ที่จุดจุดเดียวอย่างรวดเร็ว Peak flow จึงเพิ่มขึ้นมากกว่ารูปสี่เหลี่ยม

4.3 การหาค่าดรรชนีรูปร่างของลุ่มน้ำ

การหาค่าดรรชนีรูปร่างของลุ่มน้ำ (Determination of watershed shaped index) เป็นการคำนวนหาค่าเพื่อช่วยในการพิจารณาตัดสินในเรื่องลักษณะรูปร่างของลุ่มน้ำ นอกเหนือไปจากการพิจารณาโดยใช้สายตาเปล่าจากแผนที่ลุ่มน้ำ การหาค่าดรรชนีรูปร่างของลุ่มน้ำจะมีผลต่อการตัดสินในการวางแผนการจัดการลุ่มน้ำ นอกจากนั้นยังมีอิทธิพลต่อการเก็บและการไหลของน้ำในลำน้ำด้วย วิธีการหาค่าดรรชนีรูปร่างของลุ่มน้ำมีดังนี้

4.3.1 ค่า Form Factor (FF) หมายถึง อัตราส่วนของความกว้างเฉลี่ย (Average width) ต่อความยาวตามแนวแกน (Axial length) ของลุ่มน้ำ โดยวัดจากจุด Out - let หรือ Gaging station ไปยังจุดที่ไกลที่สุดโดยยึดหลักให้มีแนวขนานกับลำน้ำสายหลัก ค่าความกว้างเฉลี่ยอาจพิจารณาจากแผนที่หรือหาได้จากเนื้อที่ลุ่มน้ำหารด้วยความยาวตามแนวแกน



รูปที่ 2.4 การประมาณค่าความกว้างและยาวของลุ่มน้ำ

ถ้ากำหนดให้ X = Axial length

D = Average width

A = Basin area

$$FF = \frac{D}{X} \cdot \frac{X}{X}$$

$$= \frac{DX}{X^2}$$

$$FF = \frac{A}{X^2}$$

ค่าของ Form factor จะช่วยพิจารณาว่า รูปร่างของลุ่มน้ำจะมีแนวโน้มไปในทางใด เช่น เป็นรูปสี่เหลี่ยม รูปพัด หรือรูปวงกลม

ถ้าค่าของ Form factor = 1 แสดงว่า พื้นที่เป็นรูปวงกลม

ถ้าค่าของ Form factor มากกว่า 1 แสดงว่า พื้นที่เป็นรูปพัด

ถ้าค่าของ Form factor น้อยกว่า 1 แสดงว่า พื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยม

ลักษณะต่าง ๆ ของค่า Form factor จะเป็นเครื่องชี้ว่าลักษณะการรองรับน้ำและการให้น้ำหล่อเลี้ยงลำน้ำจะมีรูปแบบใด

4.3.2 ค่า Compactness Coefficient (Kc) เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความหนาแน่น หมายถึง อัตราส่วนระหว่างเส้นรอบรูป (Perimeter) ต่อเส้นรอบวงของพื้นที่ลุ่มน้ำเมื่อคิดเป็นเนื้อที่ของวงกลม

ถ้ากำหนดให้ P = เส้นรอบรูป (Perimeter)

A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed area)

จะได้ว่า $Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi} r}$ ..... (1)

และเมื่อ $A = \pi r^2$ ..... (2)

$\therefore r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$ .....(3)

แทนค่า (3)ใน (1) ; $Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi}\frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\pi}}}$

$= \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$

$\therefore Kc = \frac{0.28\ P}{\sqrt{A}}$

ค่าของ Kc จะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 1 ซึ่งเท่ากับพื้นที่ของวงกลม ยิ่งค่าของ Kc มีมากขึ้นจะแสดงให้เห็นว่า รูปร่างของลุ่มน้ำนั้นมีแนวโน้มที่ผิดไปจากรูปวงกลมมากขึ้น เช่น อาจจะเป็นรูปใบไม้ รูปใบมะละกอ หรือรูปร่างอื่นใดที่ผิดไปจากรูปวงกลม ค่า Kc นิยมใช้ในการเปรียบเทียบลักษณะของการไหลของน้ำโดยไม่จำเป็นต้องมีขนาดของพื้นที่เท่ากัน

การหาค่าเส้นรอบรูปสามารถกระทำได้โดยใช้วงล้อวัดระยะ (Opisometer) วัดจากแผนที่ หากเป็นการวัดอย่างคร่าว ๆ หรือไม่มีวงล้อวัดระยะก็อาจใช้เชือกหรือด้ายในการวัดระยะได้ ซึ่งนอกจากใช้วัดเส้น

รอบรูปแล้วล้อวัดระยะยังสามารถวัดความยาวของลำน้ำที่คดเคี้ยวไปมาไม่สามารถใช้บรรทัดวัดได้อีกด้วย

4.3.3 ค่า Relief ratio (RR) เป็นการหาค่าความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำโดยประมาณ ค่า Relief ratio หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความแตกต่างของจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดในพื้นที่ลุ่มน้ำต่อความยาวเฉลี่ยของลำน้ำสายหลัก

ถ้ากำหนดให้ H = Maximum elevation-Minimum elevation

L = ความยาวเฉลี่ยของลุ่มน้ำ

จะได้ว่า $RR = \frac{H}{L}$

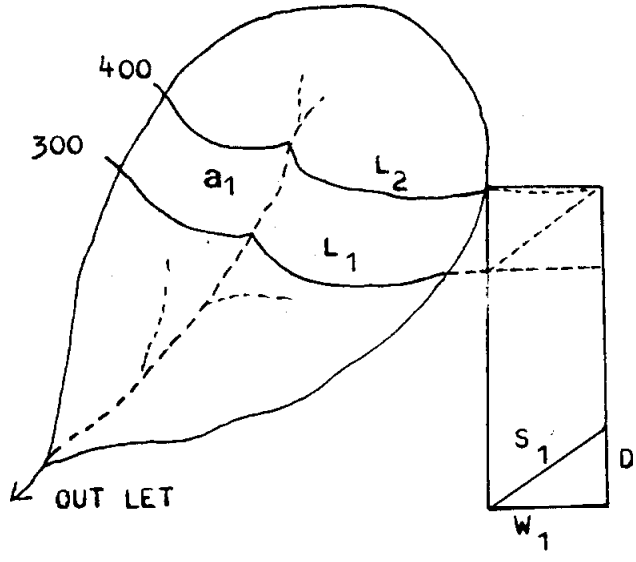
ค่า Relief ratio ถือเป็นค่าอัตราส่วนความสูง ซึ่งสามารถหาได้โดยง่ายและสามารถใช้เป็นดรรชนีเพื่อการเปรียบเทียบในระหว่างลุ่มน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับตะกอนน้ำไหลสูงสุด อัตราส่วนของน้ำไหลและปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

4.3.4 ค่า Mean slope (S) หมายถึง ค่าความลาดชันเฉลี่ยของลุ่มน้ำ วิธีการหาค่าความชันเฉลี่ยของลุ่มน้ำจะต้องมีแผนที่ภูมิประเทศ(Topographic map) เพื่อกำหนดขอบเขตที่แน่นอนของลุ่มน้ำ รวมทั้งเพื่อใช้เส้นชั้นความสูง(Contour) ในการคำนวนหาค่าความลาดชันเฉลี่ยด้วย

ถ้ากำหนดให้ ; D = Contour interval

L = ผลรวมความยาวของเส้น Contour

A = พื้นที่ลุ่มน้ำ



รูปที่ 2.5 การหาค่าความลาดชันเฉลี่ย

จากรูปที่ 2.5

สมมุติให้ a_1 = พื้นที่ใน Contour interval 300-400

L = ความยาวของเส้นชั้นความสูง

$$\therefore \quad S_1 = \frac{D}{W_1}$$

และ $a_1 = L_1 W_1$

$$\therefore \quad W_1 = \frac{a_1}{L_1}$$

ดังนั้น $$S_1 = \frac{DL_1}{a_1}$$

$$\therefore \quad s = S_1 \cdot \frac{a_1}{A} + S_2 \cdot \frac{a_2}{A} + S_3 \cdot \frac{a_3}{A} + \cdots$$

$$= \frac{DL_1}{a_1} \cdot \frac{a_1}{A} + \frac{DL_2}{a_2} \cdot \frac{a_2}{A} + \ldots$$

$$= \frac{DL_1}{A} + \frac{DL_2}{A}$$

$$\therefore \quad S = \frac{DL}{A}$$

ค่าความลาดชันเฉลี่ยของลุ่มน้ำคิดเป็นร้อยละ

ดังนั้น $S = \frac{DL}{A} \times 100$

ความถูกต้องของค่าความลาดชันเฉลี่ยขึ้นอยู่กับการวัดความยาวของเส้นชั้นความสูงด้วยล้อวัดระยะและการแบ่ง Contour interval โดยทั่วไป ถ้าเป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กและค่อนข้างราบจะใช้ Contour interval ขนาด 20-40 ฟุต ถ้าเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่และชันมากควรใช้ช่วงระหว่าง 100-500 ฟุต

ความลาดชันของลุ่มน้ำจะมีอิทธิพลสำคัญต่ออัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration) การไหลบ่าของน้ำตามผิวหน้าดินหรือน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface runnoff) ความชื้นในดิน (Soil moisture) และการไหลของน้ำใต้ดินสู่ลำน้ำ (Ground water flow) นอกจากนั้น อิทธิพลของความลาดชันจะมีผลทำให้เกิดดินและพืชพรรณที่แตกต่างกันออกไป ยิ่งความลาดชันมีมากอัตราการสูญเสียดินและน้ำก็จะยิ่งมีมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม อัตราความลาดชันจะแปรผันโดยตรงกับอัตราการไหลของน้ำและปริมาตรของน้ำไหลบ่าหน้าดิน แต่จะแปรผันเป็นปฏิภาคกลับกับอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน การไหลของน้ำใต้ดินและการกักเก็บความชื้นในดิน

4.3.5 ค่า Mean elevation (E) เป็นค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของพื้นที่เล็กระหว่างเส้นชั้นความสูงที่กำหนดให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ในการศึกษาการจัดการลุ่มน้ำนั้นพบว่า ไม่อาจกำหนดค่าความสูงของพื้นที่ตลอดทั้งลุ่มน้ำให้มีค่าความสูงที่แน่นอนได้ เนื่องจากพื้นที่ตลอดทั้งลุ่มน้ำมีความสูงต้ำไม่เท่ากัน การอธิบายความสูงเป็นช่วงเป็นตอนจึงเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ดังนั้น ค่าความสูงเฉลี่ย (Mean elevation) จึงเป็นที่นิยมใช้ การอธิบายในเรื่องพื้นที่ตอนใดมีค่าความสูงเท่าใดจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นต้องพิจารณา

ถ้ากำหนดให้ a = พื้นที่เล็กระหว่างเส้นชั้นความสูงในแต่ละโซน ซึ่งมีหน่วยเดียวกับ E

e = ระดับความสูง (Elevation)

A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed area)

และ $e_1 = \frac{e_0 + e_1}{2}$

$\therefore \quad E = \frac{\Sigma ae}{A}$

ความสูงของลุ่มน้ำ (Watershed elevation) มีอิทธิพลทางอุทกวิทยาลุ่มน้ำที่สำคัญบางประการ ดังนี้

ก. ความสูงของลุ่มน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิและความกดอากาศต้ำลงมีผลทำให้อัตราการคายระเหยลดลงด้วย

ข. ความสูงของลุ่มน้ำที่เพิ่มขึ้นมีผลโดยตรงกับการเกิดหยาดน้ำฟ้า เช่น ฝนและหิมะ เนื่องจากยิ่งสูงขึ้นไปอากาศยิ่งเย็นลง ทำให้อากาศเกิดการกลั่นตัวได้ง่ายขึ้น

ค. ในบริเวณที่สูง ดินมักจะตื้น เนื่องจากอัตราการเจริญของดินเป็นไปได้ช้า เมื่อเกิดฝนตกหนักจะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินได้อย่างรวดเร็วมาก เพราะดินเก็บน้ำได้น้อย ยิ่งหากสภาพป่าถูกทำลายมาก อัตราการเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินและการสูญเสียหน้าดินจะรุนแรงมาก

ง. สภาพทางนิเวศวิทยาของป่าไม้หรือพืชพรรณต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความสูง เช่น ป่าชายเลน ป่าดิบชื้นในที่ต่ำ ป่าเบญจพรรณในที่สูงขึ้น จนกระทั่งถึงป่าดิบเขาและป่าสนในพื้นที่สูง เป็นต้น

4.3.6 ค่า Drainage density (Dd) เป็นอัตราส่วนระหว่างผลรวมของความยาวลำน้ำทั้งหมดต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ หน่วยเป็นกิโลเมตรต่อตารางกิโลเมตร หรือไมล์ต่อตารางไมล์ เรียกว่า ค่าความหนาแน่นของการระบายน้ำ

ถ้ากำหนดให้ L = ความยาวลำน้ำ

A = พื้นที่ลุ่มน้ำ

$\therefore$ $Dd = \frac{\Sigma L}{A}$

ข้อพิจารณาค่าความหนาแน่นของการระบายน้ำมีดังนี้

Dd น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1	พื้นที่นั้นมีการระบายน้ำเลว
Dd อยู่ระหว่าง 1-5	พื้นที่นั้นมีการระบายน้ำปานกลาง
Dd มากกว่า 5	พื้นที่นั้นมีการระบายน้ำได้ดี

การศึกษาในเรื่องการระบายน้ำเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการลุ่มน้ำเพราะโดยธรรมชาติแล้วการระบายน้ำมีผลมาจากวิวัฒนาการของลุ่มน้ำ ซึ่งมีวิวัฒนาการมาในอดีตเป็นระยะเวลายาวนานมาก นักวิชาการลุ่มน้ำจึงจำเป็นต้องศึกษาลักษณะที่เป็น

ไปในอดีตเพื่อที่จะใช้ในการวางแผนเพื่อปัจจุบันและอนาคต ลักษณะที่เป็นอยู่ในปัจจุบันจะแสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการไหลของน้ำ ซึ่งนอกจากสภาพการระบายน้ำแล้วการศึกษาในเรื่องความหนาแน่นของลำน้ำจะเป็นตัวช่วยเสริมความเข้าใจในเรื่องการระบายน้ำดียิ่งขึ้น

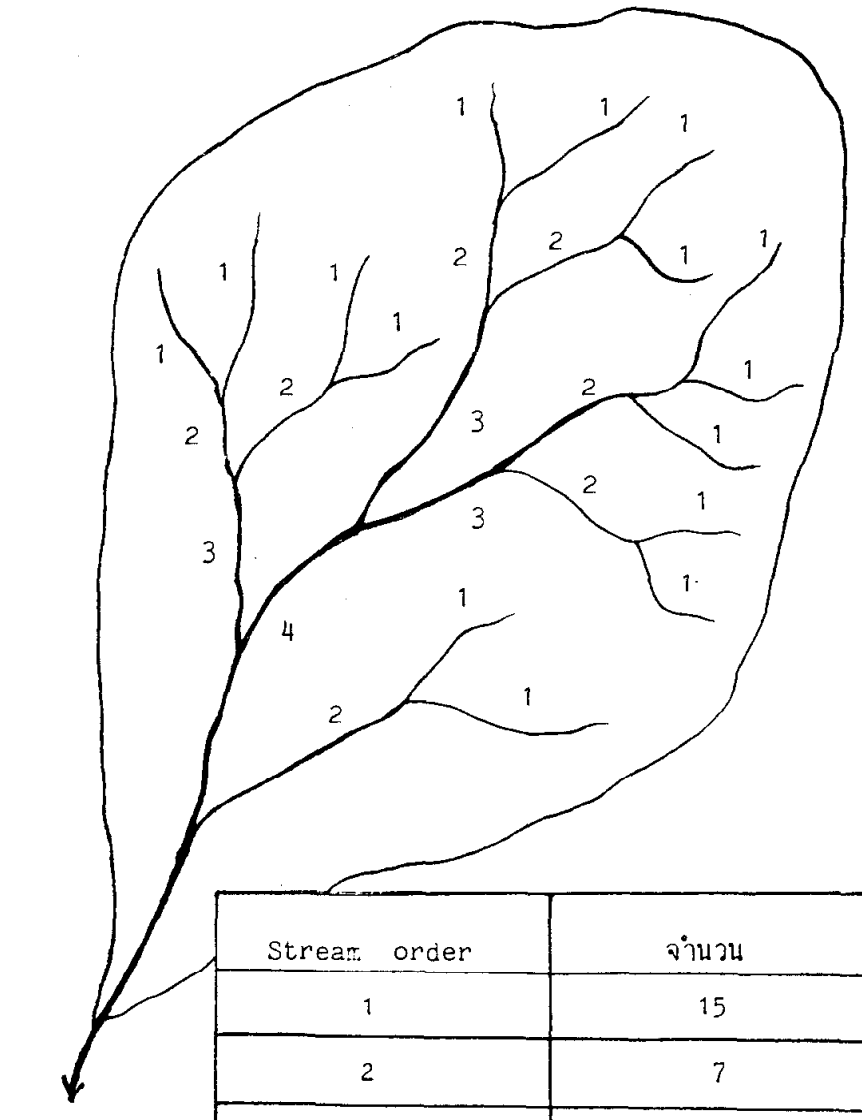
4.3.7 ค่า Stream density (Ds) หมายถึง ค่าความหนาแน่นของลำน้ำ โดยพิจารณาจากจำนวนลำน้ำต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ

ถ้ากำหนดให้ Ns = จำนวน First order stream

A = พื้นที่ลุ่มน้ำ (Watershed area)

$$\therefore \quad Ds = \frac{Ns}{A}$$

การมีลำน้ำมากทำให้สามารถบอกได้ว่า พื้นที่นั้นมีการระบายน้ำดี ค่าความหนาแน่นของลำน้ำจะใช้เป็นค่าเปรียบเทียบระหว่างการระบายน้ำของลุ่มน้ำตั้งแต่สองแห่งหรือมากกว่าขึ้นไป พื้นที่ใดมีค่าความหนาแน่นของลำน้ำมากกว่าจะมีความสามารถในการระบายน้ำมากกว่า หรืออาจจะพิจารณาในลักษณะที่ว่าจะไม่มีพื้นที่ใดในลุ่มน้ำที่อยู่ห่างแหล่งน้ำมากเกินไป ซึ่งจะมีปัญหาในเรื่องการส่งน้ำหรือการชลประทานติดตามมา แต่ในบางกรณีการพิจารณาค่าความหนาแน่นของลำน้ำแต่เพียงอย่างเดียวอาจจะใช้ไม่ได้ ทั้งนี้เพราะพื้นที่ลุ่มน้ำสองแห่งที่อาจมีจำนวนลำน้ำเท่ากัน แต่ความยาวลำน้ำไม่เท่ากัน ผลที่ได้เท่ากัน แต่ข้อเท็จจริงจะแตกต่างกันมาก ดังนั้นการใช้ข้อมูลความหนาแน่นของลำน้ำจึงต้องพิจารณาข้อมูลอื่น ๆ ร่วมด้วยจึงจะถูกต้อง



Stream order	จำนวน
1	15
2	7
3	3
4	1

รูปที่ 2.6 แสดง Stream order ของลำน้ำ

(ที่มา : เกษม จันทร์แก้ว, 2526)

5. รูปแบบของลำน้ำ

รูปแบบของลำน้ำ (Stream pattern) เป็นวิวัฒนาการมาจากขบวนการทางธรณีวิทยา การก่อตัวของลำน้ำต่าง ๆ เป็นผลมาจากแรงที่เกิดภายในโลกที่ทำให้เกิดความสูงต่ำและแรงที่เกิดภายนอกโลกที่ทำให้ผิวโลกราบเรียบลง รูปแบบของลำน้ำจะมีผลโดยตรงต่อลักษณะการระบายน้ำของลุ่มน้ำ โดยทั่วไปโครงสร้างทางธรณีวิทยาของลุ่มน้ำจะเป็นตัวกำหนดรูปแบบของลำน้ำที่สำคัญ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศและชั้นหินจะคอยควบคุมการสร้างตัวของลำน้ำ

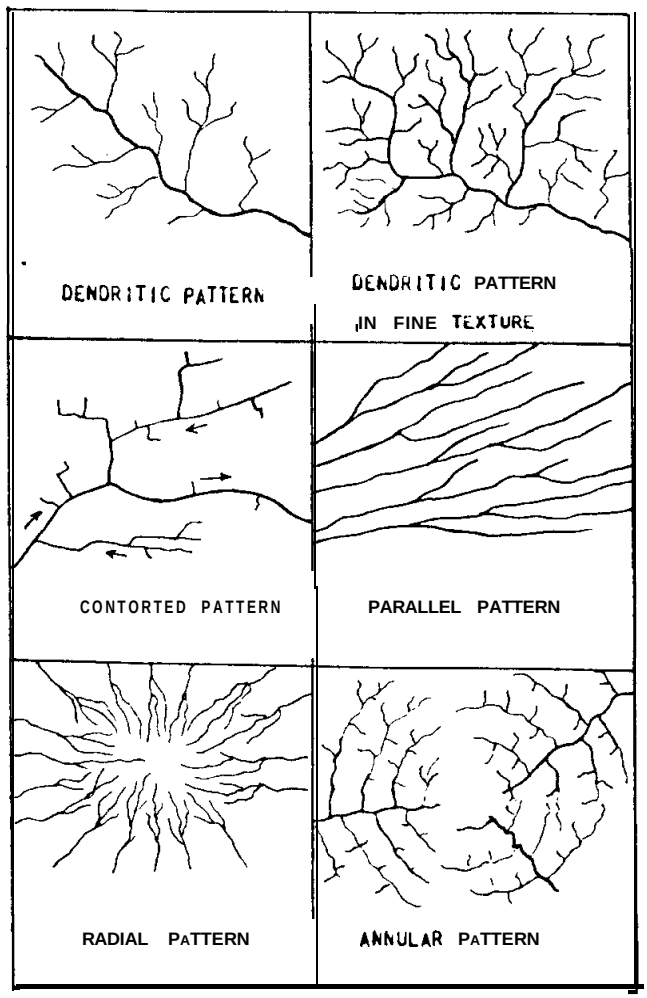
5.1 การแบ่งชนิดของรูปแบบลำน้ำ

การแบ่งชนิดของรูปแบบลำน้ำที่สำคัญสามารถแบ่งออกได้เป็นลักษณะต่าง ๆ ที่สำคัญมีดังนี้

5.1.1 Dendritic pattern เป็นรูปแบบลำน้ำที่มีสาขามากคล้ายกับใบไม้ บางครั้งจึงเรียกว่า Treelike or Arborescent pattern รูปแบบลำน้ำชนิดนี้จะพบเห็นได้ทั่วไป ในบริเวณที่มีเนื้อหินละเอียดสาขาของลำน้ำจะมีมากกว่าบริเวณที่มีเนื้อหินค่อนข้างหยาบ ลำน้ำลักษณะนี้พบได้ทั่วไปในประเทศไทย

5.1.2 Angular pattern เป็นรูปแบบลำน้ำพื้นฐานทั่วไปอีกชนิดหนึ่งเรียกอีกอย่างได้ว่า Trellis pattern มักพบในบริเวณที่มีรอยหักเลื่อนตัวหรือรอยแตกของชั้นหิน ลักษณะของลำน้ำย่อยต่าง ๆ จะค่อนข้างตั้งฉากและขนานกันตามแนวของหิน

5.1.3 Contorted pattern เป็นรูปแบบของลำน้ำที่มีการไหลของน้ำกลับทิศกันได้ ส่วนใหญ่มักจะเกิดในบริเวณภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาประกอบด้วยหินทราย (Sandstone) เป็นหินพื้นฐาน



รูปที่ 2.7 รูปแบบของลำน้ำ
(ที่มา : นิวัติ เรืองพานิช, 2514)

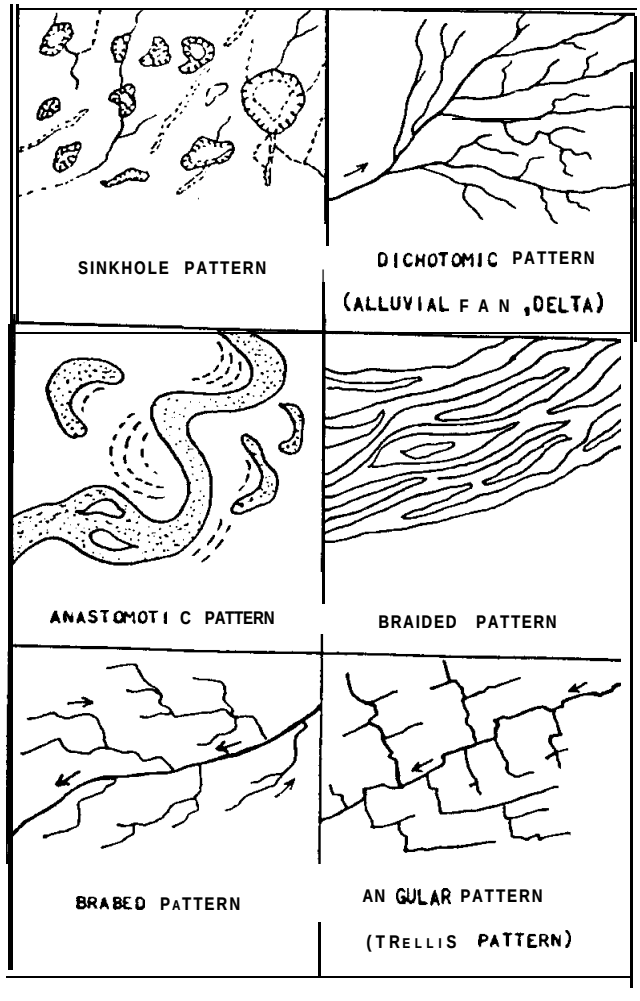
5.1.4 Parallel pattern เป็นรูปแบบของลำน้ำที่สำคัญอีกประเภทหนึ่ง มักจะ อยู่บนชั้นหินที่ค่อนข้างละเอียดในบริเวณที่เป็นเชิงเขาที่มีความลาดชันสูง ส่วนใหญ่เกิดจากเมื่อกระแสน้ำลดความเร็วลงบริเวณเชิงเขาทำให้ตะกอนต่าง ๆ ที่ถูกน้ำพัดพามาตกตะกอนทับถมอยู่ตามบริเวณเชิงเขา เกิดเป็นลักษณะของลำน้ำสายย่อย ๆ ขนานกันลงมาตามแนวของลำน้ำสายหลัก

5.1.5 Radial pattern เป็นรูปแบบของลำน้ำที่เกิดจากการแตกแยกออกจากกันของภูเขาไฟในทิศทางต่าง ๆ กัน โดยไหลออกจากศูนย์กลางของยอดเขา มักพบอยู่ในภูมิประเทศที่เป็นภูเขาไฟ ซึ่งโดยทั่วไปชั้นหินจะมีเนื้อค่อนข้างละเอียด ตัวอย่างที่พบคือ เขตภูเขาไฟในเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย

5.1.6 Annular pattern เป็นรูปแบบของลำน้ำที่ไม่ค่อยจะพบได้มากนักในพื้นที่ทั่วไป เป็นแบบที่ลำน้ำให้การระบายน้ำรอบ ๆ ภูเขารูปโดม ซึ่งมีโครงสร้างชั้นหินที่ทนทานแข็งแรงสลับกับชั้นหินที่ไม่ทนทานสลับกันไป

5.1.7 Sinkhole pattern เป็นรูปแบบของลำน้ำที่ก่อตัวอยู่บนภูมิประเทศที่เป็นหินที่ละลายน้ำได้ง่าย เช่น หินปูน (Limestone) ยิบซั่ม (Gypsum) , โดโลไมท์ (Dolomite) เป็นต้น ในภูมิประเทศเช่นนี้จะมีหลุมและถ้ำอยู่ทั่วไป บางส่วนของลำน้ำอาจจะอยู่บนผิวดินหรือไหลไปตามร่องน้ำใต้ดินหรือถ้ำต่าง ๆ ก็ได้

5.1.8 Dichotomic pattern เป็นรูปแบบของลำน้ำที่มักพบอยู่ทั่วไปตามที่ราบสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ มีลักษณะคล้ายพัด โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นชั้นดินที่มีความละเอียด พื้นที่มีความลาดชันน้อยหรือเป็นที่ราบ



รูปที่ 2.8 รูปแบบของลำน้ำ

(ที่มา : นิวัติ เรืองพานิช, 2514)

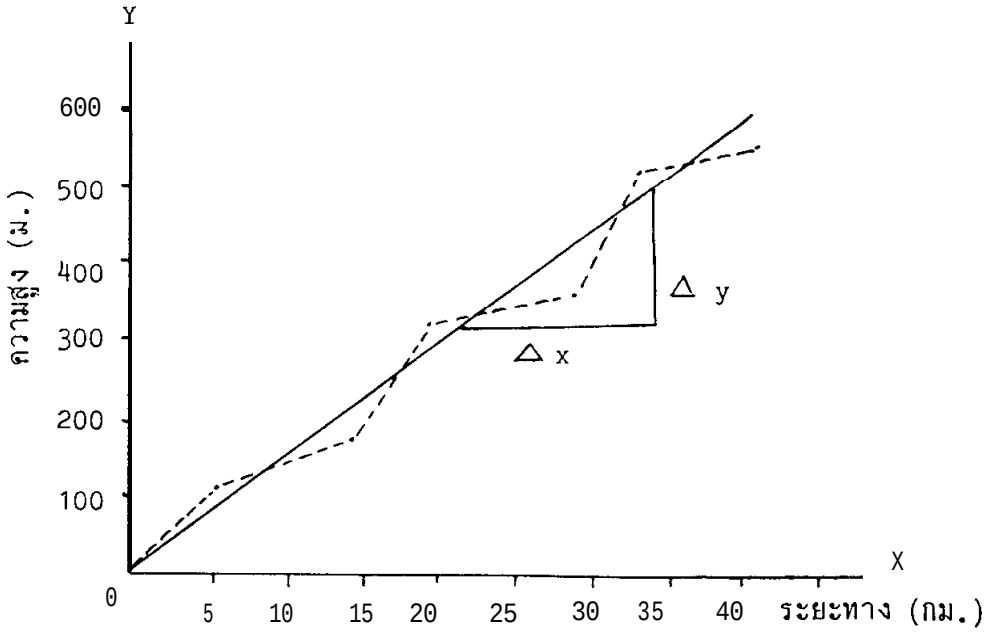
5.1.9 Anastomotic pattern เป็นรูปแบบของลำน้ำที่จะพบอยู่ทั่วไปในที่ราบที่กว้างใหญ่ กระแสน้ำไหลอ่อน เป็นรูปแบบลำน้ำที่เรียกว่าเป็น Old age stream ลักษณะภูมิประเทศที่จะพบได้ทั่วไปคือ มี Oxbow lake และ Meander scars อยู่ทั่วไป บางครั้งจะเรียกพื้นที่ที่มีลำน้ำชนิดนี้ว่าที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง (Flood plains) โครงสร้างส่วนใหญ่จะเป็นชั้นดินเนื้อค่อนข้างละเอียด

5.1.10 Braided pattern เป็นรูปแบบของลำน้ำที่มีขนาดของลำน้ำกว้างมาก เมื่อความสามารถในการพัดพาของน้ำลดลง อันเนื่องมาจากความเร็วของกระแสน้ำลดลง ตะกอนที่มากับน้ำจะตกทับถมกันตามร่องน้ำเดิมทำให้เกิดมีแนวลำน้ำเบี่ยงเบนชนานกันไปมา ในขณะที่มีน้ำมากหรือเกิดอุทกภัย แนวต่าง ๆ นี้จะถูกน้ำท่วมเป็นร่องน้ำที่กว้างใหญ่

5.1.11 Barbed pattern เป็นรูปแบบลำน้ำที่ทิศทางของลำน้ำสายย่อยไหลกลับทิศกับลำน้ำสายหลัก ทำให้บางครั้งจะเรียกว่า Pirating streams หรือ Back hand pattern ตัวควบคุมโครงสร้างของลำน้ำรูปแบบนี้คือ ลักษณะทางธรณีวิทยาของชั้นหินพื้นฐาน

5.2 รูปด้านข้างของลำน้ำ

รูปด้านข้างของลำน้ำ (Stream profile) จะแสดงให้เห็นถึงอัตราความลาดชันของลำน้ำ การศึกษาความลาดชันของลำน้ำเนื่องจากลำน้ำเป็นที่ระบายน้ำจะช่วยให้ทราบว่า อัตราการไหลของน้ำจะมีลักษณะเช่นไร การคาดคะเนการไหลของน้ำได้ว่า จะมีความรุนแรงมากน้อยเพียงใด นับเป็นความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้เพื่อศึกษาแนวทางในการควบคุมอุทกภัย ผลอย่างอื่นคือ การหาแนวทางการสูญเสียน้ำจากการระเหยจากลำน้ำโดยตรง การหารูปด้านข้างของลำน้ำเป็นการหา



รูปที่ 2.9 แสดงรูปด้านข้างของลำน้ำ

(ที่มา : เกษม จันทร์แก้ว, 2526)

ความลาดชันโดยประมาณของลุ่มน้ำ การหารูปด้านข้างของลำน้ำทำได้โดยเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของเส้นระดับความสูงที่ลำน้ำสายหลักตัดผ่าน กับระยะระหว่างปากลำน้ำถึงเส้นระดับความสูงนั้น จากนั้นจะสามารถหาความลาดชันเฉลี่ยได้โดยลากเส้นตรงในกราฟนั้น โดยทั่ว ๆ ไปจะพบว่า ลักษณะของรูปด้านข้างของลำน้ำทางตอนต้น ๆ ของลุ่มน้ำจะมีความลาดชันมาก ความลาดชันดังกล่าวจะลดลงเมื่อใกล้ปากลำน้ำหรือ Out let

5.3 ทิศด้านลาด

ทิศด้านลาด (Aspect or Orientation) มีอิทธิพลต่ออุทกวิทยาลุ่มน้ำเช่นกัน ผลของทิศด้านลาดจะมีต่อการรับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์และการคายระเหย พื้นที่ที่อยู่ในทิศทางที่หันหน้าเข้าหาแสงอาทิตย์จะ

มีอัตราการสูญเสียน้ำมากกว่า ทำให้การสูญเสียน้ำในดินมีอัตราสูงเกิดสภาวะแห้งแล้งได้ง่ายกว่าพื้นที่ที่หันหน้าไปในทิศทางอื่น ในขณะที่พื้นที่ที่หันหน้าด้านรับลมจะมีโอกาสได้รับฝนมากกว่าพื้นที่ที่อยู่ในด้านเงาฝน การรับปริมาณน้ำฝนในอัตราที่แตกต่างกันจะมีผลต่อลักษณะพืชพรรณและป่าไม้ ทั้งนี้เพราะลักษณะของพืชพรรณเป็นผลโดยตรงมาจากอัตราความชื้นในดินและอากาศ ดังนั้น ความหนาแน่นและความหลากหลายของพืชพรรณจึงมีแตกต่างกัน ในแต่ละทิศทางของด้านลาดจะแสดงความแตกต่างให้เห็นค่อนข้างชัดเจนในเขตอบอุ่นและเขตค่อนข้างแห้งแล้ง แต่ในเขตใกล้เส้นศูนย์สูตรซึ่งมีฝนตกชุกอิทธิพลของทิศด้านลาดจะเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก ทั้งในเรื่องความแตกต่างระหว่างดิน คุณสมบัติของดิน ตลอดจนปริมาณน้ำฝนและความชื้นในดิน

การหาทิศด้านลาดของพื้นที่ลุ่มน้ำในการจัดการลุ่มน้ำ หาได้โดยพิจารณาจากแผนที่ภูมิประเทศหรือภาพถ่ายทางอากาศ นอกเหนือไปจากการสำรวจในพื้นที่จริง ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ผลถูกต้องแน่นอนยิ่งขึ้น โดยทั่วไป การกล่าวถึงทิศด้านลาดนิยมกล่าวสรุปทิศด้านลาดเป็นแถบ ๆ ซึ่งอาจจะแบ่งพื้นที่ส่วนใหญ่หันหน้าไปในทิศทางใดโดยอาจจะแบ่งลุ่มน้ำออกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบนกับพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่าง หรืออาจจะแบ่งออกเป็นซีกซ้าย - ซีกขวา หรือ ซีกเหนือหรือซีกใต้ เป็นต้น

6. สรุป

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำตลอดจนอิทธิพลทางธรณีวิทยาต่าง ๆ ที่มีผลต่อการก่อกำเนิดลุ่มน้ำเป็นรูปร่างต่าง ๆ กัน จะทำให้ทราบและเข้าใจเกี่ยวกับการก่อกำเนิดของลำน้ำและลักษณะของลุ่มน้ำ ซึ่งรวมถึงขบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตลอดจนปัจจัยที่ควบคุม พร้อมทั้งวิวัฒนาการของลำน้ำต่าง ๆ ด้วย นอกจากนั้น การศึกษาเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศซึ่งเป็นการศึกษาลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของลุ่มน้ำ อันเป็น

ผลมาจากลักษณะทางธรณีวิทยาและธรณีสัณฐานที่ได้ก่อกำเนิดเป็นลุ่มน้ำ จะช่วยให้เข้าใจในส่วนที่เกี่ยวกับพื้นที่ รูปร่าง ความสูง ความลาดชัน ทิศด้านลาดและลักษณะการระบายน้ำอีกด้วย

สิ่งสำคัญประการหนึ่งก็คือ ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำจะมีบทบาทต่อลักษณะดิน พืชพรรณ ภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติโดยทั่วไปในลุ่มน้ำเป็นอย่างมาก นอกจากนั้นสภาพทางกายภาพยังเป็นตัวกำหนดลักษณะของการระบายน้ำ การไหลของน้ำ การเก็บกักน้ำใต้ดิน ซึ่งก็เป็นผลมาจากปัจจัยเกี่ยวกับความลาดชันและความสูงนั่นเอง การป้องกันอุทกภัยเป็นผลมาจากการเรียนรู้และเข้าใจสภาพธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ลุ่มน้ำ ตลอดจนศึกษาการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ปัญหาต่าง ๆ จะเชื่อมโยงกันอยู่เสมอ การจัดการลุ่มน้ำที่ดีนั้นผู้วางแผนการจัดการลุ่มน้ำควรจะได้ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ โดยละเอียด ต้องเรียนรู้พื้นฐานโครงสร้างทางกายภาพเพื่อเชื่อมโยงกับความเป็นอยู่ตลอดจนสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประชากรในพื้นที่ ดังนั้น การศึกษาสภาพทางกายภาพของลุ่มน้ำจึงต้องใช้ความรู้ทั้งในด้านธรณีวิทยา ภูมิศาสตร์ ธรณีสัณฐาน อุทกวิทยา อุตุนิยม-วิทยา ซึ่งล้วนเป็นแกนหลักของการจัดการลุ่มน้ำเพื่อให้ได้ผลสรุปที่ถูกต้องและชัดเจนอันจะมีผลต่อการจัดการลุ่มน้ำต่อไป.

7. คำถามและกิจกรรมประกอบท้ายบท

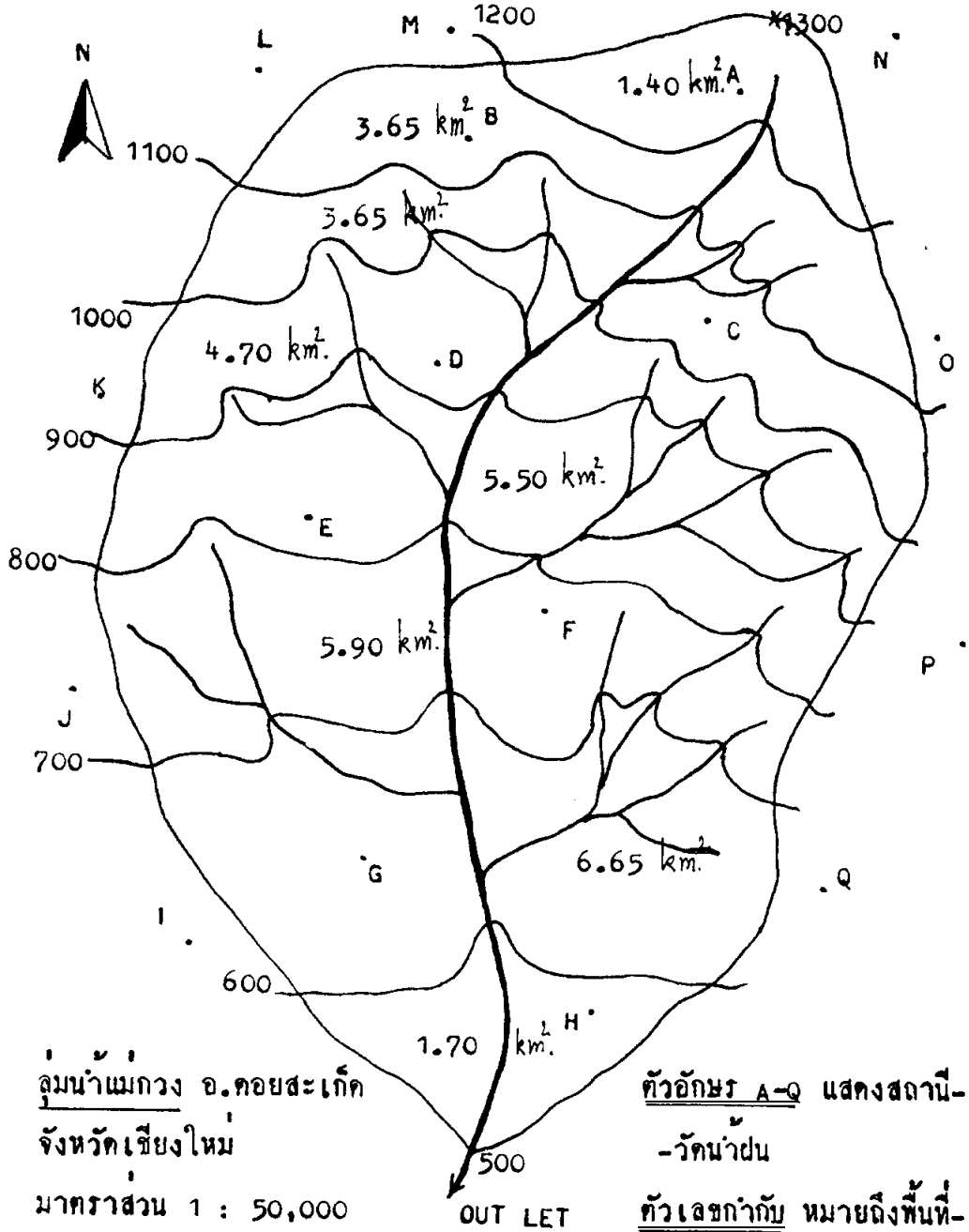
ตอนที่ 1 ให้นักศึกษาตอบคำถามต่อไปนี้

1. มีคำกล่าวอยู่เสมอว่า ป่าไม้ช่วยให้ฝนตกมากขึ้น แต่ก็มีผู้ขัดแย้งอยู่เสมอ ให้นักศึกษาอธิบายโดยใช้หลักการจัดการลุ่มน้ำในเรื่องดังกล่าวมาให้เข้าใจ

2. ระดับความสูงของพื้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการตกของฝนอย่างไร อธิบายให้ชัดเจน

ตอนที่ 2 จากแผนที่ลุ่มน้ำที่กำหนดให้พร้อมทั้งข้อมูลลุ่มน้ำ ให้นักศึกษาคำนวนหาค่าต่อไปนี้ พร้อมทั้งอธิบายข้อมูลที่ได้มาให้เข้าใจ

1. Compactness coefficient
2. Form factor
3. Relief ratio
4. Mean slope
5. Mean elevation
6. Drainage density
7. Stream density



รูปที่ 2.10 แผนที่ลุ่มน้ำที่กำหนดให้

เฉลย

1. ฝนจะตกเมื่อมีปัจจัย 3 ประการ คือ

1. ไอน้ำในอากาศ เป็นแหล่งของความชุ่มชื้น

2. ฝุ่นละออง เพื่อใช้เป็น Hygroscopic nuclei

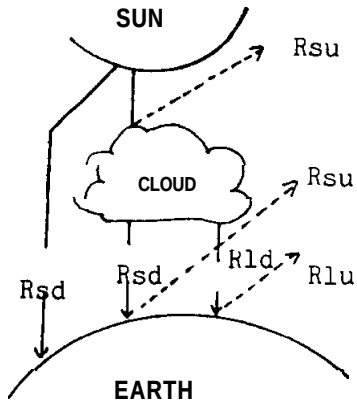
3. ขบวนการควบแน่น ในการกลั่นตัวจากไอน้ำเป็นหยดน้ำ

ฝนอาจจะตกได้ทุกที่แต่บริเวณที่มีป่าไม้อากาศจะชุ่มชื้น เนื่องจากฝนที่ตกลงมาจะถูกต้นไม้และป่าไม้ดูดซึมเอาไว้ เช่น ดิน ราก ลำต้น ใบ ฯลฯ เป็นต้น นอกจากนั้น ฝนอาจจะตกจากแนวปะทะกับอากาศที่เย็นเหนือพื้นที่ป่าไม้ เหตุที่จะสนับสนุนคำกล่าวที่ว่า ป่าไม้มีส่วนช่วยทำให้ฝนตกมากขึ้นมีดังนี้

ก. สภาวะความแห้งแล้ง อันมีสาเหตุมาจากพื้นที่ป่าถูกทำลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอากาศมักจะร้อนอบอ้าวในฤดูร้อน นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของอากาศ ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเสียหาย

ข. สาเหตุเนื่องจากป่าถูกทำลาย โดยทั่วไปต้นไม้ต้องคายน้ำ ในทาง Plant physiology สรุปว่า พืชส่วนใหญ่ใช้น้ำ 95% เพื่อการคายน้ำ ส่วนอีก 5% พืชจะใช้เพื่อการเจริญเติบโต และโดยหลักการทางฟิสิกส์ น้ำ 1 กรัม จะระเหยเป็นไอต้องใช้ความร้อนประมาณ 580 แคลอรี่

ค. แหล่งของความร้อน โลกได้รับรังสีความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีทั้งคลื่นสั้นและคลื่นยาว ช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 10^{-6} ไมครอน (μ) ถึง 3 เมตร ความร้อนที่โลกได้รับจะมีการสะท้อนกลับ (Reflection) โดยเฉพาะคลื่นสั้น ส่วนคลื่นยาวจะมีลักษณะ Re - radiation



ถ้า Rn = net radiation

= รังสีความร้อนสุทธิที่โลกได้รับ

Rn = Rsd-Rsu+Rld-Rlu.... ①

ในเมื่อ

Rsd = Incoming shortwave radiation

Rld = Incoming longwave radiation

Rsu = Outing shortwave radiation

Rlu = Outing longwave radiation

แต่ Rn จะถูกใช้เพื่อ

1) ระเหยน้ำ (LE)

2) เผาผลาญอากาศ (H)

3) ไหลลงสู่ดิน (G)

4) ปรุงอาหารของพืช (Ph)

5) ใช้ในขบวนการเจริญเติบโตของพืช (M)

6) เก็บสะสมไว้ในวัตถุแล้วแผ่รังสีภายหลัง (S)

Rn = LE + H + G + Ph + M + S . . . . . ②

แต่ Ph, M, S มีค่าน้อยมากประมาณไม่ถึง 10% ของคลื่นสั้น

Rn = LE + H + G .... ③

ซึ่งค่า G จะมีมากในตอนกลางวัน ส่วนกลางคืนจะแผ่รังสีออกสู่อากาศ แม้เวลาสั้น ๆ ก็จะมีปรากฏการณ์นี้ขึ้นได้

$\therefore$ $Rn = LE+H$

ง. บทบาทของต้นไม้ ต้นไม้จะใช้ความร้อนเพื่อการคายน้ำเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ค่า LE คือ ความร้อนเพื่อการคายน้ำ

ดังนั้น ถ้ามีป่าไม้ Rn จะถูกใช้เพื่อ LE ทำให้ค่า H น้อยลง ในทางตรงกันข้ามถ้าไม่มีป่าไม้ Rn จะถูกใช้เพื่อการเผาผลาญอากาศ (H) ทำให้ H มากแต่ LE น้อย มีผลทำให้บริเวณนั้นมีอากาศร้อนอบอ้าว การระเหยน้ำสูง ฝนตกได้ยาก โดยเฉพาะฝนที่เกิดจากแนวปะทะ (Frontal rain) ซึ่งเกิดจากแนวปะทะอากาศร้อนที่ไหลมาปะทะกับอากาศที่เย็นกว่าเพื่อพื้นที่ป่าไม้ ทำให้ก่อตัวเป็นเมฆและฝนในที่สุด

นอกจากนั้น ฝนประเภทที่เกิดจากสภาพภูมิประเทศ (Orographic rain) และฝนที่เกิดจากการพาความร้อน (Convectional rain) ในบริเวณป่าที่ถูกทำลายจะเกิดได้ยาก เนื่องจากสภาวะความแห้งแล้งและความร้อนทำให้การลดอุณหภูมิลงตามอัตราแอดิเบติก (Adiabatic rate) เพื่อนำไปสู่การควบแน่นก่อให้เกิดเป็นเมฆและฝนต่อไปเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากไอน้ำหรือความชื้นมีน้อย สาเหตุจากแหล่งความชุ่มชื้นคือป่าไม้ถูกทำลาย อุณหภูมิของอากาศโดยทั่วไปยังสูงอีกด้วย การลดอุณหภูมิให้ถึงจุดอิ่มตัว (Saturated point) จึงเกิดขึ้นได้ยากทำให้ฝนตกน้อยตามไปด้วย

อย่างไรก็ตามในเขตมรสุมเช่นประเทศไทยแม้ไม่มีป่าไม้ ฝนก็จะตกได้ตามฤดูกาล เช่น ฤดูฝนในอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ รวมทั้งฝนจากพายุหมุนต่าง ๆ ฯลฯ เป็นต้น

2. เนื่องจากคุณสมบัติของบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ (Troposphere) ซึ่งเป็นชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมอยู่ชั้นล่างสุดของโลก มีคุณสมบัติเป็น Unstable กล่าวคือ อุณหภูมิจะลดลงตามความสูง ในอัตราแอดิเบติก (Adiabatic rate)

อากาศร้อนเมื่อลอยตัวสูงขึ้นไม่ว่าจะเป็นการพาความร้อนหรือปะทะกับภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูง หรือถูกดันขึ้นจากแนวปะทะจะลดอุณหภูมิลงในอัตรา 5.5° F/1,000 ft. ในเมื่อเป็นอากาศแห้ง แต่เมื่ออากาศมวลนี้ลดอุณหภูมิลงจนถึงจุดอิ่มตัวจะเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ในกรณีนี้อากาศมวลนี้จะเปลี่ยนจากมวลอากาศแห้งเป็นมวลอากาศชื้น มวลอากาศชื้นจะลอยตัวสูงขึ้นต่อไปแต่จะลดอุณหภูมิลงในอัตรา 3.3° F/1,000 ft. คุณสมบัตินี้จะมีอยู่เฉพาะในชั้นบรรยากาศโทรโพส-เฟียร์เท่านั้น

จากคุณสมบัติดังกล่าวจะเห็นว่า อากาศจะสามารถลอยตัวสูงขึ้นไปและลดอุณหภูมิลงจนกลั่นตัวได้ใน 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1. การพาความร้อน เมื่ออากาศร้อนจะขยายตัว น้ำหนักของอากาศจะเหลวและลอยตัวสูงขึ้นโดยมีอากาศเย็นที่หนักกว่าไหลเข้ามาแทนที่

2. การไหลขึ้นไปตามความลาดชันของภูมิประเทศ ภูมิประเทศที่เป็นที่สูง เช่น ภูเขา หน้าผาสูงชัน จะบังคับให้อากาศที่พัดมาปะทะไหลขึ้นไปตามความสูงและลดอุณหภูมิลงจนเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำและฝนในที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงมีฝนตกชุกในบริเวณด้านรับลม ส่วนกระแสลมที่ไหลข้ามภูเขาไปยังอีกด้านหนึ่งจะเป็นอากาศแห้งเนื่องจากความชื้นที่มากับอากาศได้กลายเป็นฝนตกไปแล้วในด้านรับลม ในเขตนี้ฝนจึงตกน้อยเรียกว่า เขตเงาฝน (Rain shadow)

จากเหตุผลทั้งสองประการแสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดถึงอิทธิพลของ

ความสูงที่จะมีต่อปริมาณการตกของฝน ในเขตที่มีภูเขามากส่วนใหญ่ฝนจะตกได้ง่ายกว่าบริเวณที่ราบต่ำ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิศาสตร์อื่น ๆ ประกอบด้วย

ตอนที่ 2 จากแผนที่ลุ่มน้ำและข้อมูลลุ่มน้ำที่กำหนดให้

อุปกรณ์

1. เครื่องเขียน
2. เครื่องวัดความยาวเส้นรอบรูป (Opisometer)

วิธีการ

1. หาขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดและพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยระหว่างเส้นแนวระดับ (Contour Line)
2. วัดความยาวเส้น Perimeter หรือ Divide ซึ่งเป็นเส้นแสดงอาณาเขตของลุ่มน้ำ
3. วัดความยาวของเส้นระดับที่ผ่านลุ่มน้ำทุกเส้นทั้งหมดรวมกัน
4. นับจำนวนลำน้ำทั้งหมดพร้อมทั้งวัดความยาวของลำธารทั้งหมด
5. วัดความยาวของลุ่มน้ำเป็นเส้นตรง โดยวัดจากจุดยอดสุดจนถึงปากลำน้ำหรือ Outlet โดยพยายามให้เส้นตรงนี้ขนานกับลำน้ำสายหลัก (Main stream)
6. หาจุดสูงสุดและต่ำสุดของลุ่มน้ำ
7. วัดความยาวของลำน้ำสายหลักให้สัมพันธ์กับความสูงโดยเริ่มจาก Outlet เมื่อผ่านเส้นแนวระดับให้วัดความยาวเอาไว้ กระทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงปลายลำน้ำ

การคำนวน สมมุติให้

1. พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด (A) = **33.15** กม^2.

2. เส้นรอบรูป (P) = **21.5** **nu.**

3. ความยาวลำน้ำ (L) = **32.7** กม.

4. ความยาวลำน้ำเฉลี่ย (X) = **8.1** **nu.**

5. ความยาวเส้นระดับความสูง

5.1 เส้นชั้นความสูง 600 = 3 กม.

5.2 เส้นชั้นความสูง 700 = **5.05** กม.

5.3 เส้นชั้นความสูง 800 = **5.8** กม.

5.4 เส้นชั้นความสูง 900 = **6.6** **nu.**

5.5 เส้นชั้นความสูง 1,000 = **6.5** **nu.**

5.6 เส้นชั้นความสูง 1,100 = **5.7** **nu.**

5.7 เส้นชั้นความสูง 1,200 = **2.95** **nu.**

6. ระยะทางระหว่าง Contour interval

Contour interval	Distance from opisometer	True distance in km
500-600	3.5	1.75
600-700	3-6	1.8
700-800	2.2	1.1
800-900	2	1
900-1000	1.9	0.95
1000-1100	2	1
1100-1200	1.6	0.8
1200-1250	.6	0.3

7. จำนวน First order stream (NS) = 17

แทนค่าในการคำนวน

(1) Compactness coefficient (Kc)

$$Kc = \frac{0.28\ p}{J\text{-}i\text{-}}$$

; 1.04

(2) Form factor (FF)

$$FF = \frac{A}{X^2}$$

= 0.505

(3) Relief ratio (RR)

$$\therefore \quad RR = \frac{H}{L}$$

$$= 0.09$$

(4) Mean slope (S)

$$\therefore \quad S = \frac{DL}{A} \times 100$$

สมมุติให้ D = 160 เมตร

L = ผลรวมความยาวเส้นชั้นความสูง = 35.6 กม.

$$\therefore \quad S = 10.73\%$$

(5) Mean elevalion (E)

$$\therefore E = \frac{\Sigma ae}{A}$$

ให้ a = พื้นที่เล็กระหว่าง Contour line (กำหนดให้)

e = elevation

$$e_1 = \frac{e_0 + e_1}{2} = \frac{500 + 600}{2}$$

$$= 550$$

เส้น e_2 , e_3 ..... ก็ทำในทำนองเดียวกัน

$$\therefore \quad E = \frac{28.61}{33.15}$$

$$= .863 \text{ เมตร}$$

(6) Drainage density (Dd)

$$Dd = \frac{\Sigma L}{A}$$

$$= \frac{32.7}{33.15} = .986 \text{ กม.}/\text{กม.}^2$$

(7) Stream density (Ds)

$$Ds = \frac{Ns}{A}$$

$$= \frac{17}{33.15} = 0.512$$

สรุปข้อมูลจากการคำนวนสามารถวิจารณ์ลักษณะลุ่มน้ำได้ว่า พื้นที่ลุ่มน้ำที่กำหนดให้มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 33.15 ตารางกิโลเมตร วางตัวในแนวเหนือใต้ จุดสูงสุดของลุ่มน้ำอยู่ที่ระดับความสูง 1300 เมตรจากระดับน้ำทะเล อยู่บริเวณตอนเหนือสุดของลุ่มน้ำ จุดต่ำสุดหรือ Outlet อยู่ที่ระดับความสูง 500 เมตรจากระดับน้ำทะเลอยู่ทางตอนใต้ของลุ่มน้ำ

ทิศทางการไหลของลำน้ำสายหลักอยู่ในแนวค่อนข้างไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีสาขาของลำน้ำไม่มากนัก โดยสังเกตจากค่าของ Drinage - density และค่า Stream density ซึ่งมีค่า .986 กม./กม^2. และ 0.512 ต่อพื้นที่ทั้งหมด ลักษณะการไหลของลำน้ำสายหลักค่อนข้างเป็นเส้นตรง รูปแบบของลำน้ำเป็นแบบ Dendritic pattern รูปคล้ายกิ่งก้านของต้นไม้มีสาขาไม่มาก สันนิษฐานว่าชั้นหินพื้นฐาน (Bed rock) เป็นหินแข็งที่มีเนื้อหยาบและเป็นหินชนิดเดียวกันตลอดทั้งลุ่มน้ำเป็นบริเวณกว้าง การระบายน้ำค่อนข้างเลว

ลักษณะทั่วไปของลุ่มน้ำนี้เป็นแอ่งลึกลงไปตอนกลาง มีที่สูงอยู่โดยรอบ ความลาดชันประมาณ 10% จัดว่า ความลาดชันปานกลาง ความลาดชันจะเพิ่มขึ้นมากตั้งแต่ระดับ 900 เมตรขึ้นไป ส่วนที่ต่ำกว่าระดับ 900 เมตร จะมีความลาดชันค่อนข้างน้อย รูปร่างของพื้นที่ลุ่มน้ำดูจากค่า Compactness coefficient และ Form factor ซึ่งมีค่า 1.04 และ 0.505 ตามลำดับ แสดงว่า พื้นที่ลุ่มน้ำนี้มีลักษณะค่อนข้างราบเรียบตามบริเวณขอบไม่เว้าแหว่งมาก รูปร่างคล้ายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตัวในแนวเหนือใต้ พื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่า Mean elevation จะเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบ ส่วนที่อยู่สูงกว่าค่า Mean elevation จะเป็นพื้นที่สูง.