

## บทบาทของทรัพยากรป่าไม้ กับ ปัญหาน้ำป่าไหลหลาก-แผ่นดินถล่ม

: ข้อเสนอแนะจากข้อมูลเชิงประจักษ์<sup>1</sup>

โดย

ดร.พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตินกุล สำเร็จ ปานอุทัย และ พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์<sup>2</sup>

### คำนำ

ในขณะที่สภาวะโลกร้อนยังคงเป็นประเด็นปัญหาในระหว่างนักวิทยาศาสตร์ ที่ส่วนหนึ่งมีความเห็นว่าเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศตามปกติ และอีกส่วนหนึ่งมีความเห็นว่าเป็นผลมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคส่วนต่าง ๆ นั้น ข้อมูลเชิงประจักษ์ อันได้แก่ การตกหนักอย่างต่อเนื่องของฝน การเกิดน้ำป่าไหลหลาก แผ่นดินถล่ม ตลอดจนสภาวะแห้งแล้งที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ของโลก ก่อให้เกิดเป็นแนวคิดขึ้นมาว่า สภาวะโลกร้อนก่อให้เกิดความเสียหายดังกล่าวจริงหรือ และป่าธรรมชาติมีความสามารถในการลดความเสียหายได้มากน้อยเพียงใด

เพื่อให้เกิดความกระจ่าง เอกสารวิชาการฉบับนี้จึงจัดทำขึ้น โดยมีจุดประสงค์ คือ (1)ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (2)วิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับพื้นที่ต้นน้ำ ด้วยข้อมูลที่เก็บวัดต่อเนื่องจากอดีตที่ผ่านมา และ (3)นำเสนอแนวทางในการลดความเสียหายด้วยแบบจำลอง API

### การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นตัวสกัดกั้นไม่ให้รังสีคลื่นยาวที่เกิดขึ้นหลังจากที่พื้นโลกได้รับรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ ให้แผ่กระจายจากบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกออกสู่อวกาศ การสะสมตัวของรังสีคลื่นยาวภายในชั้นบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ชุ่มชื้น และ/หรือ พื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม และ/หรือ นิคมอุตสาหกรรม

จากการเปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิอากาศที่จังหวัดระยอง ก่อน (ปี พ.ศ. 2504-2533) และหลัง (ปี พ.ศ. 2524-2543) การพัฒนาให้จังหวัดระยองเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมหลัก พบว่าอากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ย (mean temperature) และอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (dew point temperature) สูงขึ้น 0.2 และ 0.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศทั้งสองทำให้ระดับความสูง (elevation) ของฐานเมฆ (cloud base) ลดต่ำลง

การลดระดับของฐานเมฆ สามารถอธิบายได้ด้วย กฎของ adiabatic lapse rate ที่ระบุว่า อุณหภูมิของอากาศจะลดต่ำลงเมื่อระดับความสูงของพื้นที่เพิ่มมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยจะมีอัตราการลดลง 5.4 องศาฟาเรนไฮต์ ทุก ๆ ระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น 1,000 ฟุต ในขณะที่อุณหภูมิจุดน้ำค้างจะมีอัตราการลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ ทุก ๆ ระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น 1,000 ฟุต เมื่อนำอัตราทั้งสองมาเขียนกราฟแสดงอุณหภูมิอากาศตามระดับความสูง เส้นกราฟทั้งสองจะตัดกันที่ระดับของฐานเมฆ นอกจากนี้การประเมินหาระดับความสูงของฐานเมฆ ยังสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่มีรูปสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

- เอกสารประกอบการเสวนาทางวิชาการเรื่อง “น้ำท่วม ดินถล่ม แก้ไขได้จริงหรือ” ณ ห้องประชุม FORTROP ชั้น 3 ตึกคณะวนศาสตร์ 60 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน วันที่ 25 เมษายน 2554
- ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

$$CBH = (AT - DT) * (1,000 / 4.4) \quad \dots(1)$$

Marsh and Grossa (1996)

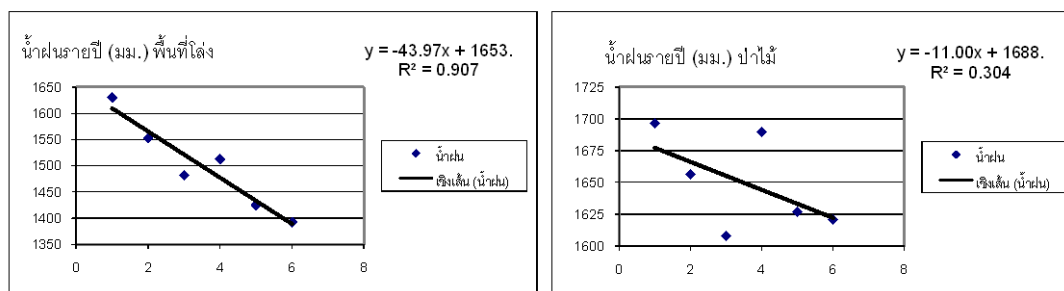
- เมื่อ CBH เป็นระดับความสูงของฐานเมฆ (ฟุต)  
 AT เป็นอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ย (องศาฟาเรนไฮท์)  
 DT เป็นอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศ (องศาฟาเรนไฮท์)

ผลของการศึกษาปรากฏว่า โดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีฐานเมฆมีระดับลดลงจากเดิม 13.51 หรือ 14 เมตร (ดังรายละเอียดในตารางที่ 1.) เมื่อนำกฎของ adiabatic lapse rate และกฎของ thermodynamic มาประมวลเข้าด้วยกันจะพบว่า การลดระดับลงของฐานเมฆ ทำให้อุณหภูมิของก้อนอากาศที่ห่อหุ้มเมฆสูงเพิ่มขึ้น ก้อนอากาศจะขยายตัวและรองรับไอน้ำได้มากขึ้น แนวคิดดังกล่าวทำให้เกิดเป็นข้อสังเกตขึ้นมาว่า การรองรับไอน้ำของก้อนอากาศที่เพิ่มมากขึ้น อาจทำให้ฝนมีโอกาสตกน้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่อากาศร้อนและแห้งแล้ง และ/หรือ อาจทำให้ฝนตกง่ายขึ้นและมีปริมาณมากขึ้นในบริเวณที่อากาศมีความเย็นและชุ่มชื้น

ตารางที่ 1. ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิจุดน้ำค้าง และความสูงของฐานเมฆ ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากภาคเกษตร (2504-2533) เป็นภาคอุตสาหกรรม(2524-2543) ที่ระยอง

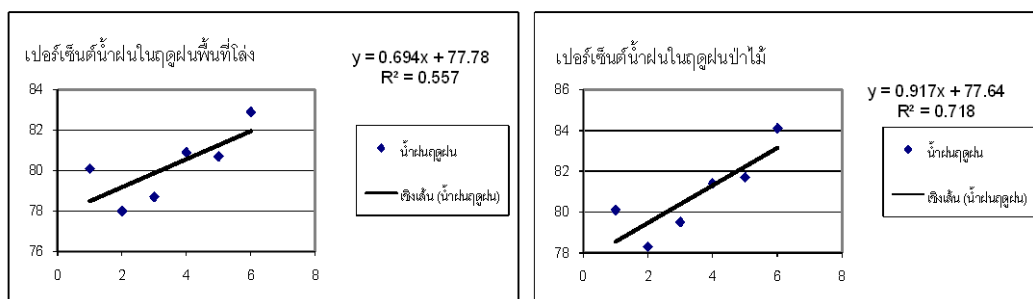
เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (๐ซ)		อุณหภูมิจุดน้ำค้าง(๐ซ)		ระดับฐานเมฆ(เมตร)		
	2504-33	2524-2543	2504-33	2524-2543	2504-33	2524-2543	ความต่าง
มกราคม	25.6	26.1	20.3	20.9	660.86	648.39	-12.47
กุมภาพันธ์	27.8	27.8	23	22.9	598.52	610.99	12.47
มีนาคม	28.8	29	23.8	24.2	623.45	598.52	-24.93
เมษายน	29.8	29.9	25	25.2	598.52	586.05	-12.47
พฤษภาคม	29.6	29.8	25.2	25.5	548.64	536.17	-12.47
มิถุนายน	29.2	29.4	24.8	25.1	548.64	536.17	-12.47
กรกฎาคม	28.8	28.9	24.6	24.8	523.7	511.23	-12.47
สิงหาคม	28.7	28.7	24.5	24.8	523.7	486.29	-37.41
กันยายน	27.9	28	24.5	24.7	423.95	411.48	-12.47
ตุลาคม	27.5	27.5	23.5	23.7	498.76	473.83	-24.93
พฤศจิกายน	27	27.1	21.2	21.6	723.21	685.8	-37.41
ธันวาคม	25.3	25.8	19	19.3	785.55	810.49	24.94
เฉลี่ย	28	28.2	23.3	23.6	588.13	574.62	-13.51

จากการเปรียบเทียบข้อมูล 10 years moving mean of annual rainfall ในช่วงปี พ.ศ.2538-2552 ของสถานีวิจัยต้นน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก อำเภอเมือง จังหวัดระยอง (ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ค่อนข้างชื้น เพราะอยู่ใกล้เขตติดทะเลอ่าวไทย ที่เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ และมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปีเท่ากับ 1,638.9 มม.) ระหว่างพื้นที่โล่งกับพื้นที่ป่าไม้ ผลปรากฏว่าพื้นที่ทั้งสองมีแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนลดลง โดยปรากฏผลอย่างชัดเจนในบริเวณพื้นที่โล่ง ( $r^2 = 0.9075$ ) มากกว่าพื้นที่ป่าไม้ ( $r^2 = 0.3046$ ) ดังแสดงในรูปที่ 1.



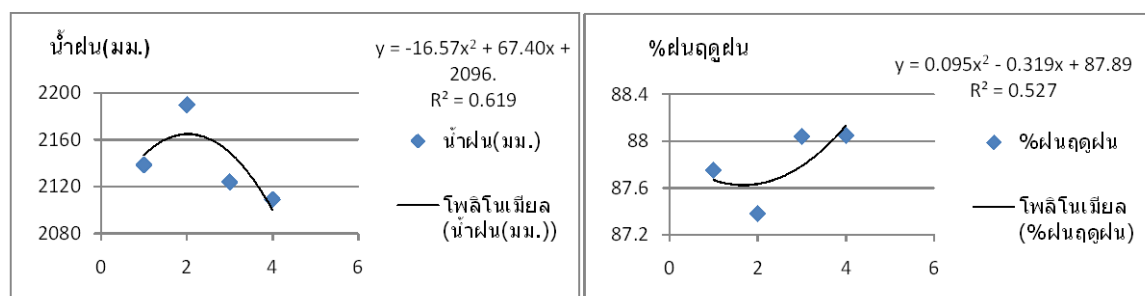
รูปที่ 1. 10 years moving mean ของปริมาณน้ำฝนรายปีของพื้นที่โล่งกับพื้นที่ป่าไม้ ที่จังหวัดระยอง

อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากเปรียบเทียบข้อมูล 10 years moving mean ของเปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนรายปีที่ตกในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) กลับพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยปรากฏอย่างเด่นชัดในพื้นที่ป่าไม้ ( $r^2 = 0.7189$ ) มากกว่าพื้นที่โล่งแจ้ง ( $r^2 = 0.5576$ ) ดังแสดงในรูปที่ 2.



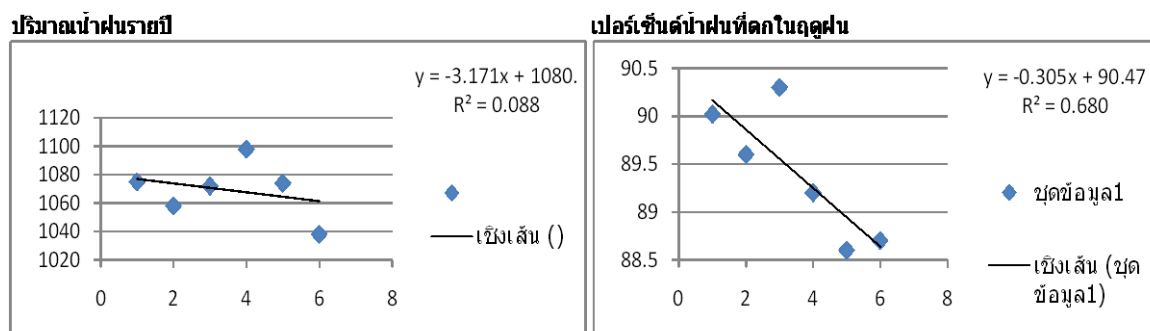
รูปที่ 2. 10 years moving mean ของเปอร์เซ็นต์น้ำฝนรายปีที่ตกในฤดูฝนของพื้นที่โล่งกับพื้นที่ป่าไม้ ที่ระยอง

ในทำนองเดียวกัน เมื่อทำการศึกษาในลักษณะเดียวกันกับพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลแหล่งน้ำ (ทะเลและมหาสมุทร) แต่มีสภาพอากาศค่อนข้างชุ่มชื้น เพราะอยู่บนพื้นที่สูง (อากาศเย็นและฝนตกง่าย) ของสถานีวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ สังกัดคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผลปรากฏว่าทั้งปริมาณน้ำฝนรายปี และเปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนรายปีที่ตกในฤดูฝนมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขึ้นและลง แต่มีทิศทางที่เป็นไปในทางที่ตรงกันข้ามกัน กล่าวคือ ในช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มมากขึ้น การระจุกตกของฝนในช่วงฤดูฝนกลับลดลง ในทางตรงกันข้าม ถ้าในช่วงเวลาใดที่ปริมาณน้ำฝนรายปีลดลง การระจุกตกของฝนในฤดูฝนจะเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ ใช้ข้อมูลจำนวนไม่มากนัก จึงไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าเป็นผลมาจากสภาวะโลกร้อน ดังรายละเอียดในรูปที่ 4



รูปที่ 4. 12 years moving mean ของปริมาณน้ำฝนรายปี และเปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนรายปีที่ตกในฤดูฝน ที่ลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

เมื่อทำการศึกษาในลักษณะเดียวกันกับพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลแหล่งน้ำ (ทะเลและมหาสมุทร) และมีสภาพค่อนข้างแห้งแล้ง ของสถานีวิจัยต้นน้ำน่าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยเท่ากับ 1,058.7 มม. พบว่าทั้งปริมาณน้ำฝนรายปี และเปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนรายปีที่ตกในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มลดลง โดยที่แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์น้ำฝนรายปีที่ตกในฤดูฝนมีความชัดเจน ( $r^2 = 0.6885$ ) มากกว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายปี ( $r^2 = 0.0878$ ) ดังรายละเอียดในรูปที่ 5.



รูปที่ 5. 12 years moving mean ของปริมาณน้ำฝนรายปี และเปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนรายปีที่ตกในฤดูฝน ที่สถานีวิจัยต้นน้ำน่าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน

### พื้นที่ต้นน้ำ

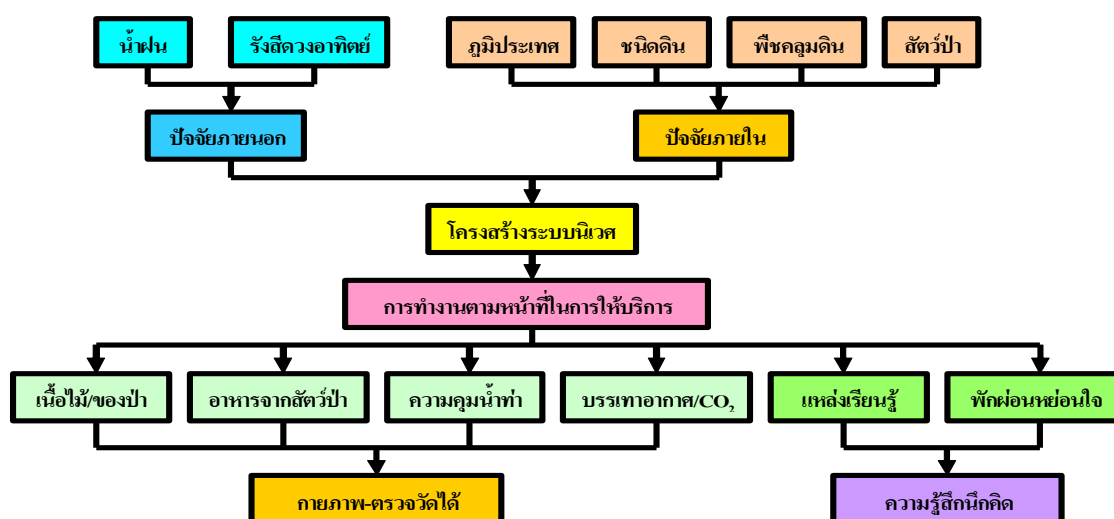
**ต้นน้ำ** หรือ **Head watershed** หมายถึงส่วนหนึ่งของพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีความลาดชัน และ/หรือ อยู่บนพื้นที่สูง ส่วนคำว่า **ลุ่มน้ำ** หรือ **watershed** หมายถึง พื้นที่ที่อยู่เหนือจุด ๆ หนึ่งบนลำธาร ที่ทำหน้าที่รองรับน้ำฝน และนำน้ำใน ส่วนเกินจากน้ำ 3 ส่วน คือ (1)การคูดยึดไว้ของดิน (2)การนำขึ้นไปใช้ในการคายน้ำของต้นไม้ และ (3)การรั่วซึมผ่านชั้น หินที่อยู่ใต้ชั้นดินออกนอกลุ่มน้ำไป โดยจะนำน้ำในส่วนที่เกินจากน้ำทั้งสามส่วนนี้ลำเลียงให้กับลำธารทั้งทางผิวดินและใต้ ดิน แล้วจึงระบายให้กับพื้นที่ท้ายน้ำโดยไหลผ่านจุดที่กำหนดให้นั้น

พื้นที่ต้นน้ำ หรือ ระบบนิเวศต้นน้ำ มีองค์ประกอบใหญ่ ๆ อยู่ 3 ส่วนด้วยกัน คือ

(1).โครงสร้าง (structure) ของระบบนิเวศ คือ ปัจจัยต่าง ๆ ที่ประกอบตัวกันขึ้นเป็นรูปร่างหน้าตา ของพื้นที่ต้นน้ำ เช่น ดิน น้ำ ต้นไม้หรือป่าไม้ สัตว์ป่า และอากาศ เป็นต้น

(2).การทำงานตามหน้าที่ (function) ของระบบนิเวศ คือ กระบวนการ (process) ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จากปฏิกิริยาโต้ตอบซึ่งกันและกัน ระหว่างปัจจัยแต่ละตัวที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างระบบนิเวศ ได้แก่ กระบวนการสร้างดิน กระบวนการหมุนเวียนของน้ำและธาตุอาหาร และกระบวนการหมุนเวียนของพลังงาน ซึ่งทั้งหมด นี้ก่อให้เกิดเป็น

(3).การให้บริการ (services) ของระบบนิเวศที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ ประกอบไปด้วย การให้ผล ผลิตที่เป็นเนื้อไม้ ของป่า และอาหารจากสัตว์ป่า การควบคุมการดูดซับน้ำฝนของดินและการระบายน้ำจากชั้นดินลงสู่ลำ ธาร การบรรเทาความรุนแรงของอากาศ การเป็นแหล่งเรียนรู้ทางธรรมชาติ และการเป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ ดัง รายละเอียดที่แสดงในรูปที่ 6.



รูปที่ 6. โครงสร้าง กับการทำงานในการให้บริการของระบบนิเวศต้นน้ำ

## การให้น้ำของพื้นที่ต้นน้ำ (บริการของพื้นที่ต้นน้ำ)

ดิน เป็นองค์ประกอบอันหนึ่งของโครงสร้างระบบนิเวศต้นน้ำ ดินเปรียบได้กับโอ่ง หรือ อ่างเก็บกักน้ำตามธรรมชาติ ที่มาของน้ำในชั้นดินคือน้ำฝน ซึ่งเปรียบได้กับการเทน้ำลงไปใโอ่ง ส่วนที่ไปหรือออกไปของน้ำในชั้นดิน อันได้แก่ (1)การคายน้ำของต้นไม้และการระเหยน้ำจากผิวดิน ซึ่งเปรียบได้กับการระเหยของน้ำออกจากโอ่ง (2)การไหลตามด้านข้างใต้ผิวดินลงสู่ลำธาร ซึ่งเปรียบได้กับการรั่วซึมของน้ำในโอ่งผ่านรอยร้าวที่อยู่ใกล้กับปากโอ่ง และ (3)การไหลลงสู่ส่วนลึกของชั้นดินและระบายให้กับลำธารในลักษณะของน้ำใต้ดิน ซึ่งเปรียบได้กับการรั่วซึมของน้ำในโอ่งผ่านรอยร้าวที่อยู่ใกล้กับก้นโอ่ง (ดังแสดงในรูปที่ 7) ทั้งน้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน น้ำไหลด้านข้างใต้ผิวดิน และน้ำใต้ดินจะเคลื่อนตัวมารวมกันที่ลำธาร เป็นน้ำท่าที่ไหลในลำธาร



รูปที่ 7. ภาพจำลองพฤติกรรมของน้ำในชั้นดิน

## ป่าต้นน้ำ (โครงสร้างระบบนิเวศต้นน้ำ)

ป่าไม้ เป็นองค์ประกอบอีกอันหนึ่งที่ประกอบตัวกันขึ้นเป็นโครงสร้างของระบบนิเวศ ตามคำนิยามของ สาราณุกรมเสรี วิกิพีเดียระบุว่า ป่าไม้ (forest) หมายถึงบริเวณที่มีต้นไม้หลายชนิด ขนาดต่าง ๆ กันขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น และมีพื้นที่ที่กว้างมากพอที่จะมีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณนั้น เช่น การเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ ความสมบูรณ์ของดินและน้ำ มีสัตว์ป่าและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ประเทศไทยมีป่าไม้สองประเภท คือ (1)ป่าไม่ผลัดใบ ประกอบด้วย ป่าร้อนชื้น (tropical rain forest) ป่าสนเขา (coniferous forest) ป่าพรุ (swamp forest) และป่าชายหาด (beach forest) และ (2)ป่าผลัดใบ (deciduous forest) ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) และป่าหญ้า (savanna forest) ป่าทุกชนิดยกเว้นป่าพรุและป่าชายหาด จะปรากฏให้เห็นบนพื้นที่ต้นน้ำท้องที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย

พื้นที่ต้นน้ำแห่งหนึ่ง อาจถูกปกคลุมไปด้วยป่าไม้เพียงชนิดเดียว หรือหลายชนิดปะปนกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีบทบาทต่อการกำหนดชนิดของป่าไม้บนพื้นที่แห่งนั้น ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ปัจจัยเหล่านี้ได้แก่ (1)ลักษณะอากาศ ที่ประกอบไปด้วย (1.1)พลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ (1.2)อุณหภูมิอากาศ (1.3)ปริมาณน้ำฝน และ (1.4)ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (2)สภาพภูมิประเทศ (3)ชนิดดิน และ(4)กิจกรรมของสิ่งมีชีวิต ณพื้นที่นั้น

## บทบาทของป่าไม้ต่อการทำงานของพื้นที่ต้นน้ำ

เมื่อพิจารณาจากกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในระบบการหมุนเวียนของน้ำของพื้นที่ป่าไม้บริเวณต้นน้ำจะพบว่า ป่าไม้มีบทบาทต่อการทำงานตามหน้าที่ (function) ของระบบนิเวศต้นน้ำ ในด้านการดูดซับน้ำฝนและระบายน้ำให้กับลำธาร 3 ประการด้วยกันคือ

(1) เรือนยอดของต้นไม้ในป่า นอกจากจะช่วยลดแรงปะทะของเม็ดฝนต่อผิวดินแล้ว เรือนยอดที่มีหลายระดับชั้น ยังมีส่วนช่วยยืดระยะเวลาในการตกลงสู่ผิวดินของฝนอีกด้วย ทำให้ดินผิวดินสามารถดูดซับน้ำฝนได้ทัน

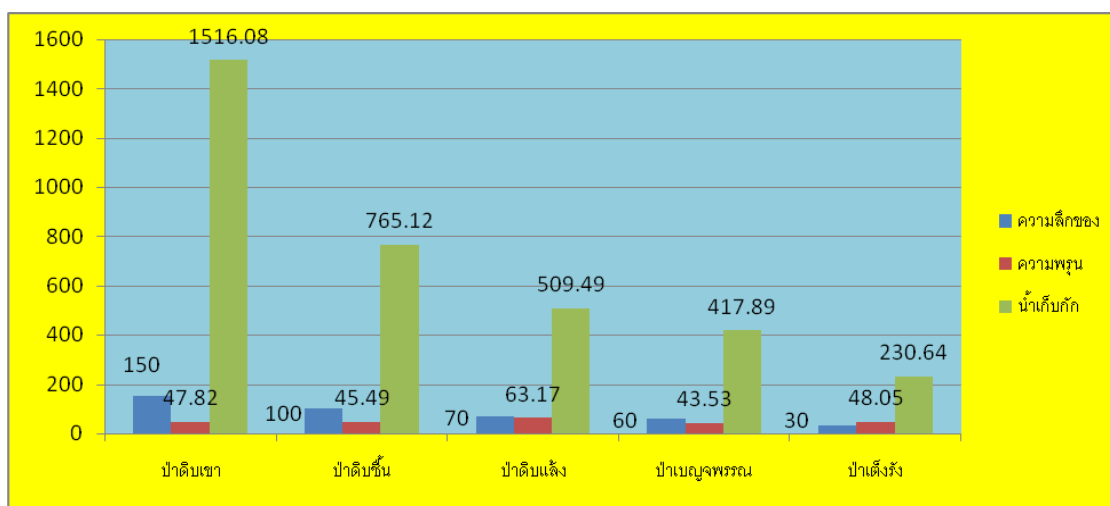
(2) ซากพืชที่ผิวดิน เช่นเดียวกับเรือนยอดของต้นไม้ในป่า ซากพืชที่ผิวดินจะช่วยทั้งในส่วนของลดแรงปะทะ และยืดระยะเวลาของการหยดลงสู่ผิวดินของหยดน้ำฝน นอกจากนี้อินทรีย์วัตถุที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของซากพืชเหล่านี้ จะช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำฝนของดินผิวดินให้มากขึ้นอีกด้วย

(3) ระบบรากของต้นไม้ในป่า ต้นไม้ขนาดเล็กใหญ่ที่ขึ้นคละกันไปมา ทำให้ระบบรากใต้ผิวดินมีความหนาแน่น และหยั่งลึกลงไปชั้นดินได้มาก ทำให้น้ำฝนที่ซึมผ่านผิวดินลงมา เคลื่อนตัวไปตามช่องว่างระหว่างอนุภาคดินกับรากต้นไม้ ลงไปเก็บไว้ในส่วนลึกของชั้นดินได้มากขึ้น

เมื่อน้ำฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่ถูกดินดูดซับไว้หมด โอกาสที่จะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าผิวดินจึงมีน้อยมาก น้ำท่าที่ไหลในลำธารจึงมีองค์ประกอบของน้ำไหลใต้ผิวดินและน้ำใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำไหลใต้ผิวดิน และน้ำใต้ดิน ซึ่งอยู่ในส่วนลึกของชั้นดินเป็นไปอย่างช้ามาก จึงมีผลทำให้น้ำท่าที่ไหลในลำธารมีลักษณะของการไหลที่ค่อยเป็นค่อยไป ถึงแม้ว่าฝนจะตกเป็นจำนวนมากก็ตาม

## ป่าต้นน้ำเก็บกักน้ำและให้น้ำเท่าไร

จากข้อพิจารณาดังกล่าว ก่อให้เกิดคำถามต่อเนื่องตามมา นั่นคือ ป่าต้นน้ำแต่ละชนิดเก็บน้ำได้มากน้อยเพียงใด และป่าต้นน้ำชนิดนั้น ๆ ให้น้ำเท่ากับพื้นที่ท้ายน้ำเป็นจำนวนเท่าไร ดังนั้นจึงนำผลของการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของป่าชนิดต่าง ๆ ที่ดำเนินการเก็บตัวอย่างในท้องที่ต่าง ๆ ทั่วประเทศมาประมวลเข้าด้วยกัน ผลของการศึกษาพบว่า ป่าดิบเขา ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรังของประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยความลึกของชั้นดินเท่ากับ 82 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความพรุนของดิน หรือช่องว่างภายในดินเท่ากับ 49.61 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการเก็บกักน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 687.84 ลบ.ม./ไร่ ดังรายละเอียดที่แสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8. ความลึกของชั้นดิน (ซม.) ความพรุนของดิน (%) และความสามารถในการเก็บกักน้ำของดิน (ลบ.ม./ไร่) ของป่าต้นน้ำชนิดต่าง ๆ

ในส่วนของ การให้น้ำท่าไหลในลำธารของป่าต้นน้ำชนิดต่าง ๆ นั้น เป็นผลมาจากการเก็บวัดข้อมูลปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าอย่างต่อเนื่องของพื้นที่ต้นน้ำป่าธรรมชาติที่ประกอบไปด้วย ป่าดิบเขาที่สมบูรณ์ ป่าดิบเขาที่ถูกรบกวน ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ตลอดจนลุ่มน้ำสวนป่าไม้สนสามใบและลุ่มน้ำสวนป่าสักในท้องที่ต่าง ๆ ของจังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า ป่าต้นน้ำจะให้น้ำท่าไหลในลำธารเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 466.4 มม. หรือร้อยละ 25.59 ของฝนที่ตกตลอดทั้งปี 1,822.6 มม. โดยมีรายละเอียดของการให้น้ำท่าของป่าต้นน้ำแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ข้อมูลเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำท่าของกลุ่มน้ำป่าธรรมชาติ และกลุ่มน้ำสวนป่า

เดือน	ป่าดิบเขา		ป่าเบญจพรรณ		ป่าเต็งรัง		สวนสัก		สวนสนสามใบ		ป่าดิบเขาสมบูรณ์		ป่าต้นน้ำ	
	น้ำฝน	น้ำท่า	น้ำฝน	น้ำท่า	น้ำฝน	น้ำท่า	น้ำฝน	น้ำท่า	น้ำฝน	น้ำท่า	น้ำฝน	น้ำท่า	น้ำฝน	น้ำท่า
เม.ย.	155.4	6.81	118.2	11.25	125.6	0.00	97.2	0	164.9	3.16	75.8	60.3	122.8	13.6
พ.ค.	222.4	13.09	151.7	17.20	162.5	0.00	207.8	1.2	200.1	12.17	262.1	72.8	201.1	19.4
มิ.ย.	308.4	18.13	207.4	24.05	192.0	0.00	109.2	3.1	255.4	19.47	259.2	77.6	221.9	23.7
ก.ค.	353.1	40.10	226.1	46.10	266.5	1.11	223.6	14.33	357.1	33.62	291.6	83.1	286.3	36.4
ส.ค.	344.1	49.40	362.1	75.55	324.4	44.34	232.1	43.49	308.4	42.91	423.7	110.8	332.5	61.1
ก.ย.	461.0	72.80	354.7	111.75	380.0	28.53	251.8	40.59	422.4	43.93	425.6	177.1	382.6	79.1
ต.ค.	121.1	71.60	133.0	75.25	168.4	29.55	128.2	28.95	186.9	36.13	208.9	214.6	157.7	76.0
พ.ย.	76.9	38.87	50.4	42.67	60.2	15.11	13	1.08	51.6	30.91	100.2	176.8	58.7	50.9
ธ.ค.	58.0	80.27	30.4	31.69	34.9	3.67	0.4	0.03	15.3	18.87	32.6	140.7	28.6	45.9
ม.ค.	0.5	13.63	3.7	19.10	1.1	1.27	0.8	0	0.0	11.99	29.0	107.9	5.8	25.6
ก.พ.	8.1	7.33	8.0	13.80	6.5	0.65	0	0	4.7	6.15	2.7	84.3	5.0	18.7
มี.ค.	18.5	3.97	14.8	11.20	12.2	0.22	24.2	0	16.6	3.30	30.6	76.8	19.5	15.9
รวม	2127.4	415.99	1660.5	479.61	1734.3	124.45	1288.3	132.77	1983.1	262.59	2142.0	1382.8	1822.6	466.4
%น้ำท่า		19.55		28.88		7.18		10.31		13.24		64.56		25.59

สำหรับลักษณะการไหลของน้ำท่าในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ กันของรอบปีนั้น โดยทั่วไปป่าต้นน้ำจะให้ น้ำท่าไหลในลำธารตลอดทั้งปี ทั้งนี้สังเกตได้ว่าถ้าป่าต้นน้ำมีความสมบูรณ์สูง อาทิ ป่าดิบเขาที่ดอยปู่ จังหวัดเชียงใหม่ (เกษม จันทรแก้ว และคณะ, 2524) น้ำฝนที่ตกลงมาเป็นจำนวนมากในช่วงฤดูฝนจะถูกเก็บกักเอาไว้ในชั้นดินและค่อย ๆ ปลดปล่อยให้กับลำธารในช่วงฤดูแล้ง ดังแสดงในรูปที่ 9 อย่างไรก็ตามพื้นที่ต้นน้ำแต่ละแห่งจะมีชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจายของป่าต้นน้ำชนิดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน ซึ่งจะส่งผลทำให้ปริมาณและลักษณะการไหลของน้ำท่าในลำธารที่พื้นที่ต้นน้ำระบายให้กับพื้นที่ท้ายน้ำแตกต่างกันไปด้วย



รูปที่ 9. ปริมาณและการกระจายของน้ำท่าในรอบปีของต้นน้ำป่าดิบเขาธรรมชาติที่สมบูรณ์บริเวณดอยปู่ จังหวัดเชียงใหม่

### สถานการณ์ของป่าต้นน้ำในปัจจุบัน

รัฐบาลไทย โดยคณะรัฐมนตรีกำหนดให้ประเทศไทยมีพื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สูง มีความลาดชัน และเป็นพื้นที่ที่สมควรเก็บรักษาไว้เป็นป่าอนุรักษ์ เป็นจำนวนทั้งสิ้นร้อยละ 24.18 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ภาคเหนือมีพื้นที่ต้นน้ำมากที่สุด ร้อยละ 46.30 รองลงมาเป็น ภาคใต้ ภาคกลาง-ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ร้อยละ 27.54, 25.94, 11.40 และ 9.70 ตามลำดับ

ผลของการประเมินพื้นที่ป่าไม้ในปัจจุบัน จากข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ในอดีตด้วยวิธีการทางสถิติพบว่าในปี พ.ศ.2553 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้เหลืออยู่เพียงร้อยละ 23.01 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ซึ่งน้อยกว่าพื้นที่ต้นน้ำที่กำหนดไว้ โดยมีพื้นที่ป่าไม้เหลืออยู่ในภาคเหนือ ภาคกลาง-ภาคตะวันตก ภาคตะวันออก ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 42.25, 23.55, 20.39, 16.60 และ 12.27 ตามลำดับ

## เมื่อป่าต้นน้ำถูกทำลาย

### โครงสร้างของระบบนิเวศต้นน้ำ

การเปลี่ยนแปลงป่าไม้ไปเป็นพื้นที่ทำการเกษตรบริเวณต้นน้ำลำธาร เป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (structure) ของระบบนิเวศต้นน้ำ เช่น ลักษณะทางอุทกวิทยาของดิน หรือ soil hydrology เป็นต้น จากการเปรียบเทียบข้อมูล เปอร์เซ็นต์ความพรุนของดินระหว่างพื้นที่ป่าไม้ชนิดต่าง ๆ กับพื้นที่ทำการเกษตร และ/หรือ ไร่ร้างที่ปรากฏอยู่ข้างเคียง พบว่า ค่าเฉลี่ยของความพรุนของดินจะลดลงถึง  $57.27-53.45 = 3.82\%$  ด้วยกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ความพรุน (porosity) ของดินในป่าธรรมชาติ และพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุกทำลายในท้องที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย

ชนิดป่า	พื้นที่ศึกษา	เปอร์เซ็นต์ความพรุน		เอกสารอ้างอิง
		พื้นที่ป่า	ไร่ร้าง	
ป่าดิบเขา	เชียงใหม่	68.17	65.41	พิณทิพย์ และคณะ(2541)
ป่าเบญจพรรณ	ชัยภูมิ	51.15	49.43	พิณทิพย์ และคณะ(2531)
ป่าดิบแล้ง	เพชรบูรณ์	65.17	59.33	บุญมา และคณะ (2541)
ป่าเบญจพรรณ	กาญจนบุรี	60.38	58.49	ประเดิมชัย และสมาน (2528)
ป่าดิบแล้ง	ระยอง	43.40	36.60	พงษ์ศักดิ์ และสมาน (2529)
ป่าดิบชื้น	นครศรีธรรมราช	55.34	51.41	Deesaeng et al. (2003)

### การทำงานตามหน้าที่ของระบบนิเวศต้นน้ำ

เมื่อโครงสร้างของระบบนิเวศต้นน้ำเปลี่ยนแปลงไป การทำงานตามหน้าที่ (function) ของระบบนิเวศต้นน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดูดซับน้ำ เก็บกักน้ำ และระบายน้ำของพื้นที่ ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยความพรุนของดินจะลดลงเพียง 3.82% แต่ในสภาพของความเป็นจริงในพื้นที่ การเก็บกักน้ำของดินเมื่อป่าไม้ถูกทำลายจะลดต่ำกว่านี้มาก ทั้งนี้เป็นเพราะ (1)ชั้นดินที่ใช้ในการเก็บกักน้ำบางลงอันเนื่องมาจากกระบวนการกัดเซาะพังทลายของดิน (soil erosion) และ (2)ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านผิวดินลงมาถึงไว้ในชั้นดินมีน้อยลง โดยเป็นผลมาจากความแน่นทึบของผิวดินที่เกิดจากแรงตกกระทบของเม็ดฝน ดังผลของการศึกษาของ พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตกุล (2531) ที่พบว่าการทำลายป่าไม้ และใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตรชนิดต่าง ๆ บริเวณพื้นที่จังหวัดระยอง ทำให้ความสามารถในการดูดซับน้ำฝนของผิวดิน และการระบายน้ำของดินผิว (ชั้นดินลึก 1 เมตร) ลดลงโดยเฉลี่ย 48.36 และ 40.81 % ตามลำดับ

### การให้บริการของระบบนิเวศต้นน้ำ

เมื่อการทำงานตามหน้าที่ของระบบนิเวศต้นน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง การให้บริการ (services) ของระบบนิเวศต้นน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จากการนำข้อมูลลักษณะทางอุทกวิทยาของดินป่าไม้และพื้นที่ทำการเกษตรมาใช้ร่วมกับแบบจำลองเหตุการณ์การเกิดน้ำท่าไหลในลำธาร (runoff simulation model) ที่พัฒนาขึ้นมาโดยส่วนวิจัยต้นน้ำ ผลของการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพป่าต้นน้ำที่จังหวัดระยองให้เป็นสวนยางพารา น้ำท่าในลำธารจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจาก 16.17 เป็น 22.44 % ของฝนที่ตกลงมาทั้งหมด ในขณะที่เดียวกันน้ำท่าจะไหลรุนแรงเพิ่มมากขึ้นด้วย โดยเป็นผลมาจากปริมาณน้ำที่ไหลบ่าหน้าผิวดิน น้ำไหลใต้ผิวดิน และน้ำใต้ดิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำท่า



มีการเปลี่ยนแปลงไปดังแสดงในตารางที่ 4 ในทำนองเดียวกันเมื่อน้ำฝนซึมลงมาในดินได้น้อยลง ก็จะไม่มีย้ำในดินคอยหล่อเลี้ยงลำธารในฤดูแล้ง จึงก่อให้เกิดเป็นปัญหาการขาดแคลนน้้ำในช่วงฤดูแล้งอยู่เป็นประจำทุกปีเสมอมา

ตารางที่ 4 องค์ประกอบของน้ำท่าหรือน้ำไหลในลำธารจากป่าดิบแล้งธรรมชาติ และสวนยางพาราที่ระยอง

องค์ประกอบของน้ำท่าหรือน้ำไหลในลำธาร	เปอร์เซ็นต์ของน้ำท่าทั้งหมด	
	ป่าธรรมชาติ	สวนยางพารา
น้ำไหลบ่าหน้าผิวดิน	0	54.07
น้ำไหลใต้ผิวดิน	40.81	20.41
น้ำใต้ดิน	59.19	25.52
เปอร์เซ็นต์น้ำท่าจากน้ำฝนทั้งหมด	16.17	22.44

แหล่งที่มา : พัฒนาจาก พงษ์ศักดิ์ วิทวัสชุตินกุล และ วารินทร์ จิระสุขทวีกุล (2542)

### การถล่มของแผ่นดิน

เมื่อนำเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลาก แผ่นดินถล่ม และอุทกภัย ที่เกิดขึ้นอย่างรุนแรงและบ่อยครั้งในปัจจุบันมาวิเคราะห์จะพบว่า สาเหตุสำคัญก็คือการตกหนักของฝนอย่างต่อเนื่อง โดยมีการลดลงของประสิทธิภาพในการดูดซับและระบายน้ำของพื้นดินเป็นปัจจัยสนับสนุน ทั้งนี้ปัจจัยสนับสนุนดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากการตกสะสมของฝนตั้งแต่ฤดูฝนจนกระทั่งดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ และ/หรือ เป็นผลมาจากการบุกรุกทำลายป่าต้นน้ำและใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตรตลอดจนการจุดไฟเผาป่า

เมื่อฝนตกลงมาในขณะที่ดินมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้น้อย น้ำฝนที่ตกลงมาส่วนใหญ่จึงเอ่อนองตามผิวน้ำดิน และไหลลงสู่ลำธารอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดเป็นน้ำป่าไหลหลากและอุทกภัยขึ้น ส่วนการเกิดแผ่นดินถล่มนั้น มักจะเกิดขึ้นจากฝนที่ตกหนักในขณะที่ชั้นดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ ทำให้น้ำหนักดิน น้ำหนักน้ำ และน้ำหนักต้นไม้ เมื่อรวมตัวกันแล้วมีค่ามากกว่าแรงยึดเกาะกันเองระหว่างดินในชั้นดิน และ/หรือ มากกว่าแรงยึดเกาะกันระหว่างชั้นดินกับชั้นหินที่อยู่ใต้ชั้นดิน จึงเกิดการเลื่อนไหลของแผ่นดินลงมาขวางลำน้ำที่อยู่เบื้องล่าง



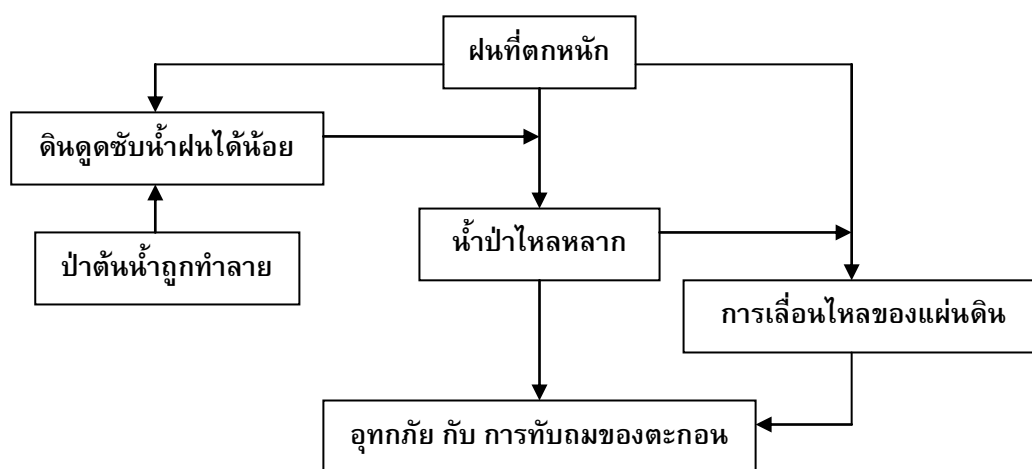
รูปที่ 10. การเกิดการเลื่อนไหลของแผ่นดิน

การเลื่อนไหลของแผ่นดินลงมาขวางลำน้ำนี้ ถึงแม้ว่าจะเป็นเสมือนฝายต้นน้ำธรรมชาติ แต่ฝายดังกล่าวนี้มีการเกาะตัวกันอย่างหลวม ๆ เมื่อน้ำท่าที่ถูกกักอยู่หน้าฝายดังกล่าวมีจำนวนมาก จะผลักดันให้ฝายพังทลายได้ การพังทลายของฝายเหล่านี้ นอกจากจะก่อให้เกิดการไหลที่รุนแรงของน้ำท่าในลำธารจำนวนมากแล้ว ยังนำพาเอาเศษดิน เศษ

หิน และซากต้นไม้ทั้งแห้งและสดติดตามลงมาสร้างความเสียหายให้กับชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนได้อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชาชนที่อาศัยอยู่ตามตลาดเชิงเขาและหุบเขา

ในขณะที่ยวกันน้ำป่าไหลหลากดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังเป็นเหตุการณ์สำคัญที่ก่อให้เกิดการเลื่อนไหลของแผ่นดินได้อีกด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำป่าไหลหลากที่เกิดขึ้นในส่วนต่าง ๆ ของพื้นที่ต้นน้ำ เมื่อไหลลงมารวมกันในลำธาร จะมีปริมาณและพลังงานในการไหลที่มากพอที่จะก่อให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่ลาดเชิงเขา ซึ่งเป็นฐานให้กับไหล่เขา เมื่อฐานของไหล่เขาถูกน้ำกัดเซาะไป การรองรับน้ำหนักของดิน น้ำในดินและต้นไม้บริเวณไหล่เขาจะลดน้อยลง โอกาสที่ดินไหล่เขาจะเลื่อนไหลลงมากก็มีมากขึ้น

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้สรุปได้ว่า ฝนที่ตกลงมาเป็นจำนวนมาก และการลดลงของความสามารถในการดูดซับน้ำฝนของพื้นดิน เป็นเหตุการณ์สำคัญที่ก่อให้เกิดน้ำป่าไหลหลาก และแผ่นดินถล่มบริเวณพื้นที่ลาดเชิงเขา และส่งผลกระทบต่อเนื่องเป็นอุทกภัยและการทับถมของตะกอนบริเวณพื้นที่ราบตอนล่าง



รูปที่ 11. กระบวนการเกิดน้ำป่าไหลหลาก-แผ่นดินถล่ม-อุทกภัย

สำหรับการเฝ้าระวังเหตุการณ์น้ำป่าไหลหลาก แผ่นดินถล่ม และอุทกภัย จะอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์สองประการประกอบกันคือ (1)ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา และ(2)การเฝ้าสังเกตพฤติกรรมการไหลของน้ำท่าในลำธาร ในส่วน ของปริมาณน้ำฝน ถ้าฝนที่ตกลงมามีมากกว่า 60 มิลลิเมตรให้กำหนดว่าเป็นสภาวะของการระวังภัย แต่ถ้าฝนที่ตกลงมา มีปริมาณมากกว่า 100 มิลลิเมตร ให้กำหนดเป็นสภาวะที่วิกฤต

ในส่วนของการเฝ้าสังเกตพฤติกรรมการไหลของน้ำท่าในลำธาร ให้สังเกตว่าถ้าระดับน้ำท่าที่ไหลในลำธาร สูงขึ้นอย่างรวดเร็วผิดปกติ และมีความขุ่นข้นของตะกอนที่แขวนลอยหรือเจือปนในน้ำ ให้กำหนดเป็นช่วงของการระวังภัย แต่ถ้าลำธารมีน้ำท่าที่ไหลแรงและมีความขุ่นข้นนี้ มีเศษไม้ ทั้งสดและแห้ง มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ถูกน้ำพัดพามา ด้วย ให้กำหนดเป็นสภาวะวิกฤต ที่สมควรให้ประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณชายน้ำอพยพขึ้นไปอยู่ในพื้นที่ที่ปลอดภัยโดยเร็วที่สุด

อย่างไรก็ตาม ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้จะปรากฏให้เห็นน้อยมาก ทั้งนี้เป็นเพราะฝนที่ตกหนักและตกเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาดกลางคืน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อากาศเย็น การสังเกตพฤติกรรมของน้ำท่าจึงทำได้ยาก ด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้เอง ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้ จัดทำโปรแกรมการเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก แผ่นดินถล่ม และอุทกภัยขึ้น



รูปที่ 12. ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากน้ำป่าไหลหลาก และแผ่นดินถล่ม

ด้วยการนำปัจจัยลักษณะภูมิประเทศ ชนิดดิน ชนิดและปริมาณพืชคลุมดินมากำหนดให้เป็นตัวเลข แล้วนำตัวเลขเหล่านั้นมาคำนวณร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ผลลัพธ์ที่ออกมาเรียกว่าค่าดัชนีความชื้นที่มีอยู่ก่อนในพื้นที่ หรือ Antecedent precipitation Index หรือที่เรียกกันง่าย ๆ ว่า API

### การใช้ประโยชน์โปรแกรม API Model II

การใช้โปรแกรม API Model II มีรายละเอียดของการดำเนินงาน เป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

(1).กำหนดค่าคะแนนให้กับปัจจัยย่อย ของปัจจัยพื้นที่ต้นน้ำที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่า ได้แก่

(1.1).กำหนดค่าคะแนนปัจจัยย่อยลักษณะภูมิประเทศ (topographic factor, CNT) ในพื้นที่แบ่งพื้นที่ต้นน้ำออกเป็นสองลักษณะ คือ พื้นที่ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 300 เมตรขึ้นไป จะใช้ระดับความสูง (MSL) เป็นตัวกำหนดค่า CNT ส่วนพื้นที่ที่มีระดับความสูงต่ำกว่า 300 เมตรลงมา จะใช้เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน (slope) ของพื้นที่ เป็นเกณฑ์ในการกำหนดค่า CNT ดังรายละเอียดในตารางที่ 5 คือ

ตารางที่ 5. การกำหนดค่า CNT

#### 1.1 หาค่า CN ของปัจจัยภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศ	slope	CNT	ลักษณะภูมิประเทศ	MSL(m)	CNT
พื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่า 300 เมตร	10	31	ภูเขาสูงชัน ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 300 เมตร	300-500	38
	20	34		500-700	44
	30	38		>700	50

กำหนดค่าคะแนนปัจจัยลักษณะภูมิประเทศ

44

(1.2).กำหนดค่าคะแนนปัจจัยย่อยความสามารถในการดูดซับ และระบายน้ำของดิน (CNs) ในพื้นที่ใช้เนื้อดิน (soil texture) เป็นเกณฑ์กำหนด ภายใต้เงื่อนไขความลึกของชั้นดิน โดยกำหนดให้ชั้นดินที่มีความลึกน้อยกว่า 50 เซนติเมตร เป็นดินตื้น นอกเหนือไปจากนี้กำหนดให้เป็นดินลึก ดังแสดงในตารางที่ 6 คือ

ตารางที่ 6. การกำหนดค่า CNs

#### 1.2 หาค่า CN ของปัจจัยดิน

ชนิดดิน	CNs		ชนิดดิน	CNs	
	ดินตื้น	ดินลึก		ดินตื้น	ดินลึก
Sand	3	3	Clay loam	15	14
Sandy loam	8	5	Clay	20	19
loam	9	8	ดินบางน้อยกว่า 10 ซม	21	
Sand clay loam	14	11	หิน	25	

กำหนดค่าคะแนนปัจจัยดิน

8

(1.3).กำหนดค่าคะแนนปัจจัยย่อยพืชคลุมดิน (CNv) ใช้ชนิดป่า และประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นเกณฑ์ในการกำหนด สำหรับชนิดป่าจะแบ่งออกเป็นป่าที่สมบูรณ์และป่าที่ไม่สมบูรณ์ โดยอาศัยการกระจายของไม้ที่มีขนาดแตกต่างกันในพื้นที่ เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ ดังรายละเอียดในตารางที่ 7 คือ

ตารางที่ 7. การกำหนดค่า CNv

### 1.3 หาค่าคะแนนปัจจัยพืชคลุมดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	CNv		การใช้ประโยชน์ที่ดิน	CNv	
	สมบูรณ์	ไม่สมบูรณ์		สมบูรณ์	ไม่สมบูรณ์
ป่าดิบเขา, ป่าดิบชื้น	3	5	สวนยางพารา	18	*
ป่าดิบแล้ง	5	8	สวนผลไม้	15	*
ป่าเบญจพรรณ	8	10	พืชไร่	23	*
ป่าเต็งรัง	10	13	หมู่บ้าน	25	*
สวนป่า	13	*			

กำหนดค่าคะแนนปัจจัยพืชคลุมดิน

5

(1.4).รวมค่าคะแนนปัจจัยย่อยทั้งหมด เป็นค่า runoff curve number (CN)

(2).ปรับเปลี่ยนค่าคะแนนพื้นที่ต้นน้ำทั้งหมดที่มีบทบาทต่อการให้น้ำท่า (CN) ให้เป็นค่าเริ่มต้นของการประเมินค่า API รายวัน ด้วยปริมาณน้ำฝนรายปีตามผลการศึกษาของ Withhawatchutikul (1997) ดังแสดงในตารางที่ 8 คือ

ตารางที่ 8. การปรับค่า CN ให้เป็นค่า API

ปริมาณน้ำฝนรายปี (มม.)	ค่าสัมประสิทธิ์
> 1,800	CN + 20
1,601 - 1,800	CN + 10
1,401 - 1,600	0
1,201 - 1,400	CN - 20
< 1,200	CN - 40

ค่าน้ำฝนรายปีเท่ากับ( มม.)

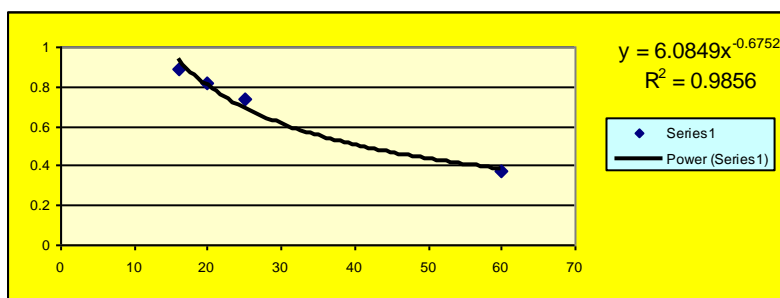
1400

(3).เก็บวัดข้อมูลน้ำระดับน้ำท่าที่ไหลในลำธาร ที่เกิดขึ้นจากการตกของฝนเดี่ยว หรือฝนที่ตกเพียงครั้งเดียวในรอบวัน (single storm) ที่มีปริมาณมากกว่า 60 มม. โดยทำการวัดในเวลา 7.00 น.ของทุกวัน ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 5 วัน แล้วนำข้อมูลที่ได้นำใส่ในตารางของหัวข้อที่ 3 (ดังรายละเอียดในตารางที่ 9) ;

ตารางที่ 9 นำเข้าข้อมูลระดับน้ำท่าที่ไหลในลำธาร

วันที่	ระดับน้ำ (ม.)	Day	ระดับ API ที่กำหนด	Dwl
1	2	1	60	0.375
2	0.75	2	25	0.73333
3	0.55	3	20	0.81818
4	0.45	4	16	0.88889
5	0.4			

โปรแกรมจะทำการหาค่า k รายวัน แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเขียนกราฟ ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า k หรือ Dwl กับระดับของ API ที่กำหนดขึ้น พร้อมกันนี้โปรแกรมจะใช้ฟังก์ชัน add trend line แสดงผลของการลดลงของค่า k ตามระดับของ API ในรูปของ exponential function ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 13 ผู้ใช้แบบจำลองต้องปรับเปลี่ยนค่าของ API (ตัวเลขใน column ที่ 4 ของ ตารางที่ 9) จนกว่าค่า  $R^2$  ในรูปที่ 13 มีค่าใกล้เคียง 1 มากที่สุด หรือจุดต่าง ๆ บนกราฟใกล้เคียงเส้นโค้งที่เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดมากที่สุด



รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า API กับค่า k

นำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการ add trend line คือค่า a (ตัวเลขที่อยู่หน้าค่า X) และค่า b (ตัวเลขที่เป็นค่ายกกำลังของ X) มาใส่ในตารางของหัวข้อที่ 3.2 (ดังแสดงในตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 การนำเข้าข้อมูลสัมประสิทธิ์ของ k

### 3.2 กำหนดค่าสัมประสิทธิ์จากสมการในกราฟที่ 3.1

a	6.0849	a คือค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่หน้า API
b	-0.6752	b คือค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่เหนือ API

(4) เป็นขั้นตอนของการหาค่า API รายวัน ด้วยการบันทึกข้อมูลน้ำฝนรายวันลงใน Column ที่ 2 ของตารางที่ 11 ของหัวข้อที่ 4. โปรแกรมจะดึงข้อมูล API เริ่มต้นจากหัวข้อที่ 2 มาคำนวณร่วมกับค่า k ที่ได้จากหัวข้อที่ 3 โดยใช้สมการที่ (1) และสมการที่ (2) และแสดงผลออกมาในรูปของค่า API รายวัน (column ที่ 3 ของตารางที่ 11) และระดับความปลอดภัย เตือนภัย ระวังภัย และวิกฤตเป็นรายวัน (column ที่ 5 ของตารางที่ 11) ตลอดจนการแสดงผลออกมาในรูปของเส้นกราฟ API รายวัน ดังตัวอย่างในตารางที่ 11 และรูปที่ 14

ตารางที่ 11 การนำเข้าน้ำฝนรายวัน และการแสดงผลระดับความเสี่ยงภัย

## 4. หาค่า API รายวัน

### ด้วยการเติมข้อมูลน้ำฝนรายวัน

วันที่	น้ำฝน(มม.)	API	k	วันเสี่ยงภัย	ฝนตกได้ อีกเท่าไร (มม)
1 มกราคม 25..	0	37	0.53138	ปลอดภัย	35.339
2 มกราคม 25..	0	19.661	0.81435	ปลอดภัย	38.9891
3 มกราคม 25..	5.6	21.6109	0.76398	ปลอดภัย	38.4897
4 มกราคม 25..	0	16.5103	0.91627	ปลอดภัย	39.872
5 มกราคม 25..	0	15.128	0.972	ปลอดภัย	40.2956
6 มกราคม 25..	0	14.7044	0.99082	ปลอดภัย	40.4307
7 มกราคม 25..	0	14.5693	0.99701	ปลอดภัย	40.4742
8 มกราคม 25..	0	14.5258	0.99903	ปลอดภัย	40.4884
9 มกราคม 25..	0	14.5116	0.99968	ปลอดภัย	40.493

(1) ในกรณีที่ไม่มีฝนตก ซึ่งปริมาณน้ำในดินจะมีการลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นในลักษณะที่เป็นเส้นโค้ง ที่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการไหลของน้ำจากรอยรั่วของโอ่ง ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์ที่มีรูปลักษณะดังนี้คือ

$$API_{(t)} = API_{(t-1)} * k \quad \dots(1)$$

- เมื่อ  $API_{(t)}$  เป็นค่าดัชนีปริมาณน้ำในดินของวันที่ t (มม.)  
 $API_{(t-1)}$  เป็นค่าดัชนีปริมาณน้ำในดินของวันก่อนหน้า หรือวันที่ t-1 (มม.)  
 k เป็นอัตราส่วนลดของปริมาณน้ำในชั้นดินตามช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากการระเหย ให้อกดินชั้นล่าง การไหลตามด้านข้างใต้ผิวดิน และการคายระเหยน้ำ

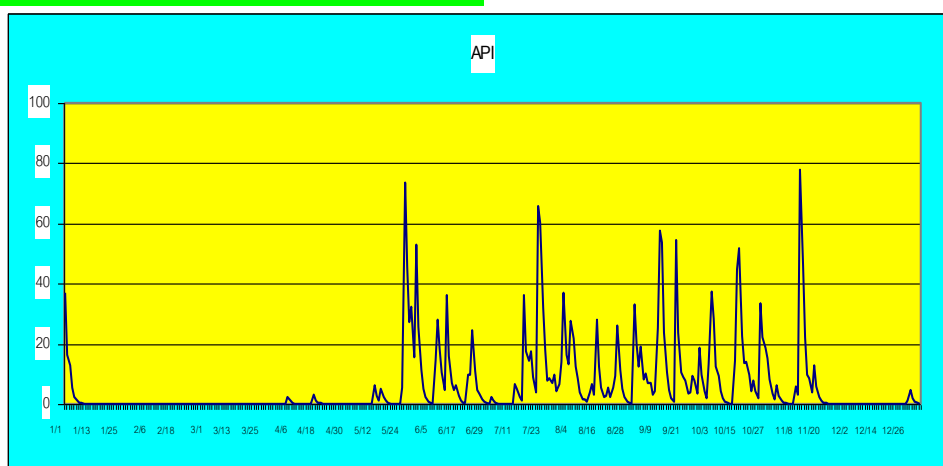
(2)กรณีที่มีฝนตกลงมา รูปลักษณะของแบบจำลองจะเปลี่ยนไปเป็น

$$API_{(t)} = [API_{(t-1)} * k] + R_{(t)} \quad \dots(2)$$

- เมื่อ  $R_{(t)}$  เป็นปริมาณน้ำฝนรายวันที่ตกลงในวันที่ t (มม.)

Wanielista et al.(1997)

## 5. หาช่วงระยะเวลาของการเสี่ยงภัย



รูปที่ 14 ค่า API รายวันที่แสดงผลออกมา

(5).นอกจากนี้แบบจำลอง API ยังสามารถแสดงค่าปริมาณน้ำฝนที่พื้นที่ต้นน้ำจะสามารถรองรับได้ก่อนที่ถึงจุดวิกฤต (ข้อมูลใน column ที่ 6 ของตารางที่ 11) ทั้งนี้ความถูกต้องในการแสดงผลทั้งระดับความวิกฤต และปริมาณน้ำฝนที่พื้นที่ต้นน้ำจะสามารถรองรับไว้ได้ จะเป็นผลมาจากการร่วมกันกำหนดระดับความวิกฤตให้กับค่า API ของประชาชนในท้องถิ่น และเจ้าหน้าที่หน่วยงาน ซึ่งแบบจำลองได้จัดเตรียมตารางนำเข้าข้อมูลไว้ให้เรียบร้อยแล้ว ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ตารางกำหนดค่า API ให้กับระดับความวิกฤตของพื้นที่ต้นน้ำ

เกณฑ์การเสี่ยงภัย	
ระดับการเสี่ยงภัย	ค่า API
สูง (อันตราย)	55
ปานกลาง (ระวังภัย)	60-80
ต่ำ (ปลอดภัย)	38

โดยอาศัยการเฝ้าสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่โปรแกรมระบุว่าเป็นช่วงระวังภัย และวิกฤต เช่น การขึ้นอย่างรวดเร็วของน้ำท่า การขุ่นขึ้นของน้ำท่า และการอ่อนตัวของดิน อย่างไรก็ตามการร่วมกันกำหนดระดับความวิกฤตให้กับค่า API อาจจะมีความผิดพลาด แต่ก็สามารถทำการปรับแก้ข้อมูลให้กับแบบจำลอง เพื่อให้โปรแกรมทำงานถูกต้องมากขึ้นได้

## บทสรุป

ผลจากการนำข้อมูลที่ถูกเก็บวัดและบันทึกในอดีตที่ผ่านมาของส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช มาวิเคราะห์ สามารถประมวลได้ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ มีผลทำให้ปริมาณน้ำฝนรายปีมีแนวโน้มลดลง แต่จะมีการกระจุกตัวตกในช่วงฤดูฝนมากขึ้น ทั้งนี้จะเห็นได้ชัดกับพื้นที่ที่ค่อนข้างร้อนและแห้งแล้ง ส่วนในพื้นที่ที่มีป่าไม้ปกคลุมซึ่งมักจะมีอากาศเย็นและชื้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังไม่ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน

สภาพอากาศ ดิน และป่าไม้ ต่างก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโครงสร้างระบบนิเวศต้นน้ำ องค์ประกอบเหล่านี้ต่างก็มีหน้าที่ของตนเอง กล่าวคือสภาพอากาศจะทำหน้าที่ในการเติมน้ำให้กับระบบนิเวศต้นน้ำ ในขณะที่เดียวกันดินจะทำหน้าที่ในการเก็บกักน้ำเหล่านั้น ส่วนป่าไม้จะทำหน้าที่บังคับน้ำที่ถูกเติมลงมาให้ไหลซึมลงไปเก็บกักในชั้นดินแทนการไหลไปตามผิวดินลงสู่ลำธาร แล้วไหลออกนอกพื้นที่ต้นน้ำไป

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศจากสภาวะโลกร้อน เมื่อผนวกกับการทำลายป่าไม้บริเวณต้นน้ำ จึงเป็นตัวสนับสนุนความรุนแรงของการเกิดน้ำป่าไหลหลาก อุทกภัย ตลอดจนการเลื่อนไหลของแผ่นดินบริเวณไหล่เขา ที่มีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการกัดเซาะพื้นที่เชิงเขาสองฝั่งลำธาร ที่ทำหน้าที่ค้ำยันและรองรับน้ำหนักของพื้นที่ไหล่เขา โดยน้ำที่ไหลบ่าหน้าผิวดินจำนวนมาก

การแก้ไขปัญหาสามารถทำได้ในระยะยาว ด้วยการปลูกป่าฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำ และปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีโครงสร้างเหนือผิวดินให้คล้ายคลึงกับป่าธรรมชาติ ส่วนการบรรเทาความเสียหายในระยะสั้นสามารถดำเนินการได้สองประการคือ (1)งานวิศวกรรมต่าง ๆ และ (2)การสร้างเครื่องมือเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก-แผ่นดินถล่ม ซึ่งสามารถนำแบบจำลอง API version II ของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืชไปประยุกต์ใช้ได้

## เอกสารอ้างอิง

- เกษม จันทรแก้ว นิพนธ์ ตั้งธรรม สามัคคี บุญยะวัฒน์ และวิชา นิยม. 2524. การวิจัยเกี่ยวกับการจัดการลุ่มน้ำบนภูเขา สรุปรายงาน 15 ปี (1966-1980). ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 62
- บุญมา ดีแสง, ชลดา เต็มคุณธรรม, สมชาย อ่อนอาษา และรัตน อ่อนสนิท. 2541. การเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำและสมบัติทางกายภาพบางประการของดินภายหลังการทำลายป่าเพื่อใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในพื้นที่ต้นน้ำ อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 38, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ.
- ประเดิมชัย แสงคุ้มษ์ และ สมาน รวยสูงเนิน. 2528. ความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำแม่กลอง. ฝ่ายวิจัย กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 17 หน้า.
- พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล. 2531. ระบบนิเวศกับการพัฒนาพื้นที่. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ ปีที่ 4 ฉบับที่ 2. หน้า 3-9.
- พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุลและวารินทร์ จิระสุขทวีกุล. 2542. แบบจำลองน้ำท่าและผลกระทบทางอุทกวิทยาหลังการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นสวนยางพารา ที่ระยอง. วารสารวิชาการป่าไม้ ปีที่ 1 ฉบับที่ 1. หน้า 62-71.
- พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล และสมาน รวยสูงเนิน. 2529. การซึมซับน้ำของดินในระดับความลึกต่าง ๆ กันของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทที่ตะพงใน จ.ระยอง. ฝ่ายวิจัย กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 6 หน้า.
- พิณทิพย์ จิตโรจนะวัฒน์, วีระ พุกเจริญ, วินิจ ภูเนาวรัตน์, สมาน รวยสูงเนิน และรัตน อ่อนสนิท. 2531. สมรรถนะการอุ้มน้ำและความพรุนรวมของดินบริเวณลุ่มน้ำสุ จ.ชัยภูมิ. ฝ่ายวิจัย กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 22 หน้า.

