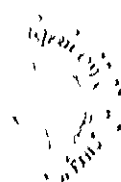


55/๐ 4608

ณ 2377

ว 3

การศึกษาปริมาณตะกอนและผลกระทบของการตกตะกอนต่อการ
เก็บกักน้ำของหนองหารสีกลนคร



ปริญญานิพนธ์

ของ

วีระ ศรีสนธิ์

๒๑ พ.ค 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำรงหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2527

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาปริมาณตะกอนและผลกระทบของการตกตะกอน
ต่อการเก็บกักน้ำของแหล่งฯ ไร่สีกนก

บทคัดย่อ

ของ

วิระ ศรีสมบัติ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2527

การศึกษาเพื่อหาปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร จังหวัดสกลนคร ได้แก่ ลำน้ำพุง และลำน้ำสายสั้นรอบ ๆ หนองหาร ช่วงเวลา พ.ศ. 2515 - 2524 ตะกอนที่ทับถมในหนองหารมีผลกระทบต่อการเก็บกักน้ำ และการขึ้นเนินจนกลายเป็นที่ราบ ณ. ระดับสูง 157.5 เมตร ที่ ร ท ก ปริมาณตะกอนทั้งหมดนี้ ส่วนหนึ่งได้จากข้อมูลการสำรวจหาปริมาณตะกอนของการพลังงานแห่งชาติ อีกส่วนหนึ่งได้จากการใช้สมการการสูญเสียดินสากล แล้วแปลงเป็นค่าปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด โดยที่ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์แบบพหุคูณในรูปแปรผันตรงกับปริมาณน้ำฝน และเป็นส่วนกลับของจำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำ ตามสมการพยากรณ์

$$Y = e^{(12\ 594 + 1.248 X_1 - 0.0398 X_2)}$$

โดย X_1 คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย
 X_2 คือ จำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้
 Y คือ ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด

ถ้าสภาพการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำคงที่ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา จะทำให้หนองหารมีตะกอนมาทับถม ปีละ 0 203 ล้านลูกบาศก์เมตร จนเป็นที่ราบในระยะเวลา 1,000 ปี และถ้าสภาพป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำมีการเปลี่ยนแปลง คือ พื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือร้อยละ 50 83 หรือ ร้อยละ 45 00 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และปริมาณน้ำฝน 1507 5 มม.ต่อปี อย่างคงที่ตลอดไป จะทำให้หนองหารมีตะกอนมาทับถมปีละ 0 236 และ 0 298 ล้านลูกบาศก์เมตร จนเป็นที่ราบ ณ ระดับความสูงดังกล่าวในระยะเวลา 880 ปี และ 700 ปี ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะตัวการธรรมชาติ คือ ปริมาณน้ำฝน และการกระทำของมนุษย์ด้วยการทำลายทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรดินในลักษณะการใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร ซึ่งจะพบการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำสาบสั้นรอบหนองหาร อันจะเป็นตัวการให้เกิดการพังทลายของดินจนกลายเป็นตะกอนทับถมในหนองหาร มีผลให้การกักเก็บน้ำลดลง และเกิดการขึ้นเนินจนเป็นที่ราบ

A STUDY OF SEDIMENT QUANTITIES AND ITS IMPACT ON STORAGE CAPACITY
OF NONG HAN RESERVOIR IN SAKOL NAKHON

AN ABSTRACT

BY

WEERA SRISONT

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University

February 1984

This Study is to find the total sediment quantities of Nong Han Watershed in the area of Sakol Nakhon, i.e. The Pung River and other small streams which flow into Nong Han Reservoir during 1972 - 1981. The sediment which had been deposited in Nong Han Reservoir would have the impact on storage and become a plain at 157.5 M S L.

The data of sediment, partly take from the sediment survey of National Energy Administration as well as those from the Universal Soil Loss Equation, indicated that total sediment varied directly with amount of the rainfall and inversely with the percentage of the forest area as shown in the predicted equation below

$$Y = e^{(12.594 + 1.248 X_1 - 0.0398 X_2)}$$

When X_1 = Annual rainfall

X_2 = percentage of forest area

Y = Total sediment

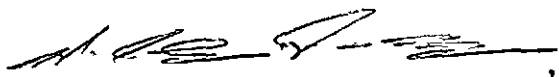
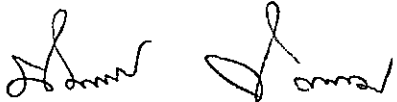
If the land use in the watershed area remained unchanged, i.e. remained the same as the period of the study, the deposition of sediment in Nong Han Reservoir would be of 0.203 m.c.m and this area would become a plain within 1,000 years. If the forest area is assumed to decreased by 50.83 % or 45 % and the annual rainfall is fixed at 1507.5 permanently, the sediment would be produced by about 0.236 and 0.298 m.c.m per year respectively, this area will become a plain within 880 and 700 years respectively.

From the changes in Nong Han Watershed it is included that small streams are the main causes of the soil erosion which becomes the sediment in Nong Han Reservoir and directly impacts on storage capacity and the plain fullfilment.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต และคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปัญญานิพนธ์
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

คณะกรรมการสอบ

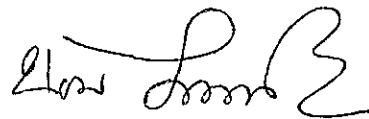
ประธาน

กรรมการ




ประธาน

กรรมการ



กรรมการ

ประกาศขอบคุณ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ประเสริฐ วิทยารัฐ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิพนธ์ ตั้งธรรม ภาควิชา อนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ให้คำแนะนำทางวิชาการ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ นอม งามนิสัย ภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ผู้เป็นกรรมการสอบปากเปล่า จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ มนุ ศรีขจร งานพัฒนาลุ่มน้ำ กองอนุรักษ์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ผู้ให้คำแนะนำข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นจุดเริ่มต้นของการศึกษาในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยงานต่าง ๆ ที่ผู้เขียนได้มีโอกาสขอความร่วมมือจนทำให้การศึกษาครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำแผนกทะเบียน วิทยาลัยครูสกลนคร เพื่อนอาจารย์วิทยาลัยครูสกลนคร เพื่อนนิสิตปริญญาโทวิชาภูมิศาสตร์ และผู้มีส่วนช่วยเหลือ ซึ่งไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้เป็นผู้ให้กำลังใจ แนะนำ จนประสบผลสำเร็จ

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณน้า พี่ ๆ และขอบคุณน้อง ๆ พร้อมทั้งคุณ อมร ศรีสนธิ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาของผู้เขียนด้วยดีโดยตลอดมา

วโรหิต ศรีสนธิ

สารบัญ

บท

หน้า

1. บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการศึกษา	5
ความสำคัญของการศึกษา	6
สมมุติฐานของการศึกษา	6
ขอบเขตในการศึกษา	6
ข้อตกลงเบื้องต้น	7
เกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ศึกษา	7
2. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
ตัวการพังทลายของดิน	8
การประเมินสถานะภาพของการชะล้างพังทลายของดิน	19
การพิจารณาอัตราการพัฒนาตะกอน (Sediment-Delivery ratio)...	24
นิยามตะกอนและลักษณะของตะกอน	30
ผลของการตกตะกอนในแหล่งน้ำ	34
การหาปริมาณตะกอน	36
ประสิทธิภาพในการกักเก็บตะกอนของอ่างเก็บน้ำ	41
การหาชนิดของอ่างเก็บน้ำ	43
การคำนวณหาปริมาณน้ำหนักระบายของตะกอน	45
ลักษณะทั่วไปของกลุ่มน้ำหนองหารสกลนคร	50

3	วิธีดำเนินการศึกษา	58
	แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ	58
	การทำแผนที่	59
	การรวบรวมข้อมูล	59
	การจัดกระทำข้อมูล	59
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	62
4	การวิเคราะห์ และผลการวิเคราะห์ข้อมูล	63
	การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณตะกอนทั้งหมดที่เคลื่อนตัวลงสู่หนองหาร . .	63
	การหาปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำทุ่ง	63
	การหาปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร	64
	การหาพื้นที่และปริมาตรความจุของหนองหาร	75
	การหาประสิทธิภาพการกักเก็บตะกอนของหนองหาร	79
	การหาประเภทแหล่งน้ำของหนองหาร	80
	การคำนวณหาพื้นที่ต่อหน่วยของตะกอนในหนองหารช่วงเวลาต่าง ๆ ..	80
	การหาปริมาตรตะกอนที่ตกสะสมในหนองหาร	84
	การวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมุติฐานการศึกษา	85
	การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ตัวแปรกับปริมาณตะกอน	85
	การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบพหุคูณของตัวแปรกับปริมาณตะกอน ..	91
	การวิเคราะห์หาแนวโน้มความจุในการรับน้ำของหนองหาร	93
	การพยากรณ์ระยะเวลาของการที่หนองหารถูกทับถมด้วยตะกอนจนกลายเป็นที่ราบ	96

	หน้า
5 อภิปรายผล สรุป ข้อเสนอแนะ 	103
ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมดกับตัวแปรต่าง ๆ	103
การพยากรณ์ปริมาณตะกอนทั้งหมด	110
การพิจารณาความจุในการรับน้ำของหนองหารที่มีแนวโน้มลดลง	111
การกำหนดระยะเวลาของการเป็นที่ราบของหนองหาร	112
สรุปผลการศึกษา	114
ข้อบกพร่องของการศึกษา	116
ข้อเสนอแนะของการวิจัยครั้งต่อไป	117
บรรณานุกรม	119
ภาคผนวก	127

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงปริมาณตะกอนในลำน้ำจากพื้นที่การใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ	17
2 แสดงตะกอนแขวนลอยรายเดือนและอัตราการไหลของตะกอนแขวนลอยกับการไหลของน้ำ	39
3 แสดงการหาชนิดของอ่างเก็บน้ำ โดยวิธีการของเลน และโคเอลเซอร์ . .	43
4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ เลนและโคเอลเซอร์	46
5 แสดงน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของตะกอนในเขื่อนอุบลรัตน์ตามระยะเวลาต่าง ๆ	49
6 แสดงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนของสถานีตรวจอากาศจังหวัดสกลนคร... . .	54
7 แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำห้วยรายปี (2515-2524)	64
8 แสดงเปอร์เซ็นต์การใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร	66
9 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร..	66
10 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และค่าครรชนี่สมรรถนะ การชะล้างพังทลายของผืน (R-factor) รายปี ของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร	68
11 แสดงค่า K,LS,C และ P ของแต่ละหน่วยพื้นที่ (Unit) ในลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร	136
12 แสดงการหาค่าการสูญเสียดินสากล (A) ซึ่งได้จากผลคูณของตัวคงที่ (K,LS,C P) กับค่า R-factor ในแต่ละหน่วย (Unit) รายปี พ.ศ. 2515-2524 (A หน่วย ตัน/เอเคอร์)	137
13 แสดงค่าการสูญเสียดินสากล (A) รวมในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้น (13 สาย) รอบหนองหารในแต่ละหน่วย (Unit) รายปี พ.ศ. 2515-2524(A หน่วย ตัน/กม ²)	138
14 แสดงการรวมการสูญเสียดินสากล (A) รายปี 2515-2524 ของพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร	69

15	แสดงการหาค่าอัตราการพัดพาตะกอน (DR) ของลุ่มน้ำ 10 แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	70
16	แสดงค่าปริมาณการสูญเสียดิน (A) และปริมาณตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารช่วงเวลา 10 ปี (2515-2524)	72
17	แสดงปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด (Total Sediment) และปริมาณตะกอนสะสมทั้งหมด	73
18-21	แสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์ของชนิดการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด ลุ่มน้ำทุ่งและลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารในช่วงปี พ.ศ. 2515, 2518, 2521 และ 2522	139-142
22	แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเปอร์เซ็นต์การใช้ที่ดินของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำในช่วง 10 ปี (2515 - 2524)	74
23-24	แสดงค่าความลึกระดับน้ำในหนองหารสกลนคร	143-144
25	แสดงพื้นที่และความจุของแหล่งน้ำหนองหาร (ปี พ.ศ. 2524)	78
27	แสดงน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนในหนองหารในช่วงเวลาต่าง ๆ	83
28	แสดงปริมาณตะกอนที่มาสะสมในหนองหารช่วงเวลาต่าง ๆ ตามสภาพการใช้ที่ดิน และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ต่าง ๆ กัน	84
29	แสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหารช่วงเวลา 10 ปี (2515 - 2524)	88
30	แสดงระยะเวลาของการทับถมด้วยตะกอนในหนองหารในระดับความลึกต่าง ๆ กัน	98
31	แสดงปริมาณน้ำฝนรายปี จำนวน 10 ปี (พ.ศ. 2515-2524) ของสถานีตรวจอากาศ ในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร	145

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยกับการพังทลายของดิน โดยน้ำฝน	10
2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนแขวนลอย	14
3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำกับอัตราการพัดพาตะกอน	27
4 แสดงอัตราการพัดพาตะกอนในเขตพื้นที่ Black Prairie Land Resource	28
5 แสดงอัตราการพัดพาตะกอนในเขตพื้นที่ Rolling Red plain Land Resource	29
6 แสดงระยะเวลาที่เกิดตะกอนแขวนลอย	33
7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยกับพื้นที่ลุ่มน้ำของลุ่มน้ำ มูล, ชี	38
8 แสดงการจำแนกชนิดอ่างเก็บน้ำ เชื้อนอุบลรัตน์	44
9 แสดงความสูงค่าของภูมิประเทศลุ่มน้ำหนองหาร	51
10 แสดงภาพตัดขวางของลักษณะภูมิประเทศ พืชพรรณธรรมชาติ ดิน และลักษณะ ธรณีวิทยาของลุ่มน้ำหนองหารสกลนคร	52
11 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับค่าดัชนีการกัดเซาะของฝน (R-factor) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามสมการ $y = 0.1416 x - 16\,4841$ โดย กรมพัฒนาที่ดิน	128
12 แสดงหน่วย (Unit) ค่าการสูญเสียดิน (A) ในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนอง หาร โดยกรมพัฒนาที่ดิน	129
13 แสดงหน่วย (Unit) ค่าการสูญเสียดิน (A) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยกรมพัฒนาที่ดิน	130

14	แสดงบริเวณลุ่มน้ำที่มีการหาค่าการสูญเสียดิน 10 แห่ง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	131
15	แสดงทิศทางและตำแหน่งการหาความลึกระดับน้ำหนองหาร . . .	76
16	แสดงเส้นชั้นความลึกของแหล่งน้ำหนองหาร	77
17	แสดงประสิทธิภาพการกักเก็บตะกอนของบรูเน (Trap Efficiency Curve by Brune)	132
18	แสดงการจำแนกชนิดของแหล่งน้ำหนองหารโดยการหาความสัมพันธ์ ของความจุกับความลึก	81
19	แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับปริมาณตะกอนรวมของลุ่มน้ำ หนองหารช่วงเวลา 10 ปี (2515-2524)	86
20	แสดงเขตลุ่มน้ำหนองหาร, อุทยานแห่งชาติ, ป่าสงวนต่าง ๆ และ บริเวณปลูกป่า	133
21	แสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนรวมของ ลุ่มน้ำหนองหารช่วงเวลา 10 ปี (2515-2524)	89
22	แสดงปริมาตรตะกอนในช่วงเวลา 10 ปี ของหนองหาร . . .	94
23	แสดงแนวโน้มความจุในการรับน้ำของหนองหารช่วงเวลา พ.ศ. 2515- 2524	95
24	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลากับปริมาณตะกอนที่สะสมในหนองหาร ณ ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อสภาพการใช้ที่ดินในช่วงเวลา 2515 - 2524 คงที่	97
25	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลากับปริมาตรตะกอนที่สะสมในหนองหาร ณ . ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อสภาพป่าไม้คงเหลือ 50-83 % ของ พื้นที่ลุ่มน้ำ	101

26	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลากับปริมาตรตะกอนที่สะสมในหนองหาร ณ ระดับความลึกต่าง ๆ เมื่อสภาพป่าไม้คงเหลือ 45.00 % ของ พื้นที่ลุ่มน้ำ	102
27	แสดงการหาค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยด้วยวิธีการของทิสเซน (Thiessen Method)	134
28	แสดงการแบ่งเขตพื้นที่ลุ่มน้ำต่าง ๆ ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด .	135

ภูมิหลัง

✓ หนองหารเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ในแอ่งสกลนคร (Sakol Nakhon Basin) ขวางที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ผิวน้ำประมาณ 150 ตารางกิโลเมตร ที่ระดับ 157.5 เมตร (ร.ท.ก.) (สถานีประมงหนองหารสกลนคร 2522: 2) โดยรับน้ำจากบริเวณที่สูงโดยรอบห้วงธารมาตามลำน้ำ 14 สาย ลำน้ำสายหลักที่มีน้ำไหลตลอดปี คือ แม่น้ำพุง มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาภูพาน ซึ่งอยู่ทางทิศใต้ของพื้นที่ลุ่มน้ำและหนองหารยังเป็นต้นกำเนิดลำน้ำก่ำที่ไหลออกจากหนองหารทางทิศตะวันออก ลงสู่แม่น้ำโขงที่อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม ✓

ในช่วง 30 ปีที่ผ่านมาในฤดูฝนจะมีปริมาณน้ำมากจนมีลักษณะเป็นทะเลสาบ มีความกว้างเฉลี่ย 5-7 กิโลเมตร ยาว 18 กิโลเมตร ความลึก 3-7 เมตร ส่วนฤดูแล้งมีน้ำน้อยเนื่องจากการระเหย และการรั่วซึมที่ประตูน้ำ ทำให้พื้นที่ผิวน้ำลดลงมาก มีความกว้าง 2.5 กิโลเมตร ยาว 12 กิโลเมตร ความลึก 1.2-1.5 เมตร (ชิน รัตนันท์ 2514 : 1 - 3)

ปัจจุบันสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ โดยสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียได้สำรวจสภาพหนองหาร พบว่า

พื้นที่ผิวน้ำที่ระดับเก็บกัก (157.5 เมตร ร.ท.ก.)	= 123 ตารางกิโลเมตร
พื้นที่ผิวน้ำที่ระดับต่ำสุด (156.09 เมตร ร.ท.ก.)	= 73 ตารางกิโลเมตร
ปริมาตรน้ำที่ระดับเก็บกัก (157.5 เมตร ร.ท.ก.)	= 198 ล้านลูกบาศก์เมตร
ปริมาตรน้ำที่ระดับต่ำสุด (156.09 เมตร ร.ท.ก.)	= 113 ล้านลูกบาศก์เมตร
พื้นที่รับน้ำฝน	1,500 ตารางกิโลเมตร
ความลึกเฉลี่ย	2.5 เมตร
ส่วนลึกที่สุด	4 เมตร

(สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 2524 : 17 - 20)

การที่หนองหารเป็นแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ ทำให้เป็นแหล่งน้ำที่มีความสำคัญต่อ
ประชากร ในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร และหมู่บ้านต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ หนองหารอย่างยิ่งคือ
✓ 1. เป็นแหล่งทรัพยากรประมงที่สำคัญคือปลาชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นอาหารที่สำคัญของชาว
จังหวัดสกลนคร

✓ 2 เป็นแหล่งที่อยู่และเพาะพันธุ์สัตว์น้ำ ของสถานประมงหนองหาร

✓ 3 เป็นสถานที่ประกอบอาชีพการประมงอย่างถาวรและชั่วคราวในช่วงว่างงานหลังฤดู
ทำนา ของชาวจังหวัดสกลนคร

4 ในที่ลุ่มรอบ ๆ หนองหาร เป็นแหล่งเกษตรกรรมปลูกพืชหลัก คือข้าว และในฤดูน้ำ
ล้นบริเวณน้ำมีการทำนาปลูกข้าวครั้งที่สองรวมทั้งการปลูกพืชผักสวนครัว

5 น้ำในหนองหารใช้ประโยชน์เป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิ-
ภาค โรงพยาบาลสกลนคร กองทัพอากาศที่ 2 ส่วนหน้าจังหวัดสกลนคร (ค่ายกฤษีสีวะรา) และ
สุขาภิบาลตำบลท่าแร่

6 น้ำในหนองหาร ใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค ของประชาชนตามหมู่บ้านรอบ ๆ หนองหาร

✓ 7 หนองหารใช้เป็นแหล่งรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนต่างๆ โดยเฉพาะที่สำคัญ คือเขต
เทศบาลเมืองสกลนคร โรงพยาบาลสกลนคร และเขตสุขาภิบาลตำบลท่าแร่

8. เป็นสถานที่ท่องเที่ยวและพักผ่อนหย่อนใจของชาวจังหวัดสกลนครและจังหวัดใกล้เคียง

9 บริเวณโดยรอบหนองหารใช้เป็นแหล่งเลี้ยงสัตว์ ที่สำคัญได้แก่ ควาย, วัว และ
เป็ด

10 ในด้านการคมนาคมขนส่งทางน้ำ ประชาชนที่อยู่ในหมู่บ้านริมหนองหานิยมใช้เป็น
เส้นทางหลักในการติดต่อธุรกิจกับทางจังหวัดสกลนคร

✓ ปัจจุบันประโยชน์หรือความสำคัญของหนองหารได้มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการตกตะกอน
ของดินทรายต่าง ๆ ที่น้ำพัดพามาจากที่สูงโดยรอบจนเกิดการตื้นเขินในหนองหาร ดังที่คณะกรรมการ
พัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติค้นพบว่า "สภาพการตื้นเขินจากตะกอนในหนองหาร
ทำให้สภาพของหนองหารเริ่มเสื่อมลง ปริมาณความจุลดลงทุกปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2484 อันเป็นปี
เริ่มเก็บกักน้ำเป็นต้นมา" (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

จากการศึกษาของ National Economic and Social Development Board Kingdom of Thailand 1982 31 พบว่า ตะกอนทั้งหมดที่เคลื่อนตัวสะสมในหนองหาร 123 56 ตัน/กม²/ปี หรือ 1.73×10^5 ตัน/ปี ความหนาของตะกอนในหนองหารในช่วง 30 ปีที่ผ่านมา 25 เซนติเมตรและอัตราการตกตะกอน 0.62 เซนติเมตร/ปี การที่ตะกอนตกสะสมในหนองหารเช่นนี้มีผลกระทบต่อประโยชน์ของหนองหารคือ ในฤดูฝนมักจะเกิดปัญหาน้ำท่วมไรนาของราษฎรตามหมู่บ้านต่าง ๆ รอบหนองหารถึง 47 หมู่บ้าน (ที่ระดับ 160 เมตร ที่ ร.ท.ก) เพราะระดับท้องน้ำของหนองหาร สูงเพิ่มขึ้น ส่วนกุดแล้งน้ำลดลงมาก บริเวณริมน้ำรอบหนองหารในเขตพื้นที่ของสถานีประมงหนองหารมีประชาชนบุกรุกใช้พื้นที่เพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์เป็นจำนวนมาก ตามที่คณะกรรมการดำเนินการบูรณะแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ได้กล่าวถึงมีการบุกรุกใช้พื้นที่หนองหารทำการเพาะปลูกเลี้ยงสัตว์จนเกิดกลุ่มอิทธิพล และแตกความสามัคคีกัน (ปกอกประสพ สุรัสวดี 2523 3 - 4) ซึ่งตรงกับรายงานของสถานีประมงหนองหารสกลนคร ที่แสดงถึงก.บุกรุกในเขตรับผิดชอบของสถานีประมง ปี พ.ศ. 2518 มีผู้บุกรุกใช้พื้นที่ทำการเกษตรกรรมจำนวน 433 ราย คิดเป็นพื้นที่ 1,600 ไร่ (เข้มชาติ นิยมสมบูรณ์ 2518 3-4)

และจากการรายงานของ National Economic and Social Development Board Kingdom of Thailand 1982 5 การบุกรุกได้เพิ่มเป็น 3,000 ไร่ ในปี 2524

การบุกรุกใช้ที่ดินในลักษณะดังกล่าวนับเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีการพาตะกอนมาสะสมตัวในหนองหารมากขึ้นและมีผลต่อปลาในแหล่งน้ำด้วย ซึ่ง ไพฑูรย์ สกุลโพน กล่าวถึงบึงบอระเพ็ด นครสวรรค์ มีการบุกรุกใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่ดินเขื่อนริมแม่น้ำ เช่น ทำนาข้าว นาบัว นับว่าเป็นการทำลายพันธุ์ปลา สถานที่ปลาวางไข่ พืชจากภายนอกมาแมลงจะสะสมในน้ำเพิ่มขึ้น ที่สำคัญผิวหน้าดินจะถูกพัดพาเกิดการตกตะกอนก้นเขื่อนในแหล่งน้ำเร็วขึ้น (ไพฑูรย์ สกุลโพน 2515 56-57)

นอกจากตะกอนที่ถูกชะล้างและพัดพาจากพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารจะมีผลได้แก่การตื้นเขินจนเกิดน้ำท่วมในฤดูน้ำหลากแล้ว ปัญหาของตะกอนในหนองหารยังมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของน้ำเกิดขึ้น คือ คุณภาพของน้ำที่ใช้ในการทำน้ำประปาและเป็นน้ำบริโภคของประชากรในเขตเทศบาลเมืองสกลนคร และหมู่บ้านโดยรอบหนองหารได้ลดคุณภาพลง สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พบว่า ในบริเวณระยะ 100 เมตร จากฝั่งหนองหารจะมีน้ำเสีย

จากบ้านเรือนในเขตเทศบาลทำให้น้ำมีคุณภาพต่ำกว่าบริเวณตอนกลางของหนองหาร

(สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 2524 : 27)

เมื่อตะกอนเข้ามาสะสมตัวในหนองหารก่อให้เกิดภาวะน้ำขุ่นและเกิดการตกตะกอนจนต้นเหิน ความงามทางธรรมชาติย่อมลดลงรวมทั้งสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ สถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ในบริเวณหนองหาร เกิดการเสื่อมคุณภาพ ดังรายงานของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พบว่า การเดินเรือจากสระพังทองไปเกาะคอนสวรรค์ไม่สะดวกเนื่องจากน้ำต้นเหิน จนมีการงดการจัดเรือนำเที่ยวหรือไปหาบุญตามประเพณีที่เกาะคอนสวรรค์ นอกจากนี้บริเวณสระพังทองน้ำไม่สะอาดขุ่นลวนแต่ทำให้เอกลักษณ์จากความงามทางภูมิทัศน์ และทางธรรมชาติของหนองหารในการลงเรือท่องเที่ยวลดน้อยลง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 2524 : 29)

ฉะนั้นปัญหาการตกตะกอนในแหล่งน้ำจึงเป็นสิ่งที่ยุ่งยากอันเป็นเหตุให้ระดับของน้ำต้นเหินระดับน้ำท่วมสูงขึ้นเพราะความขุ่นของแหล่งน้ำลดลง นอกจากนี้คุณภาพของน้ำต้องเปลี่ยนไป รวมทั้งการคมนาคมขนส่งและสภาพชีวิตอื่นอันเป็นความงามของธรรมชาติก็ต้องลดลงดังที่ United Nation 1953 : 7 , กรมชลประทาน 2521 : 25 - 29 และ ชานูชัย วงษ์ไทย 2512

4 - 16 ได้กล่าวถึงผลกระทบจากการตกตะกอนในแหล่งน้ำหรืออ่างเก็บน้ำคือ

1. ทำให้ความจุของอ่างลดลงหรือต้นเหินเร็ว อายุการใช้งานให้เป็นประโยชน์สั้นเข้า
2. ระดับของน้ำลำธารหรืออ่างเก็บน้ำสูงขึ้น ก่อให้เกิดน้ำท่วมได้ง่าย
3. ทำให้ลำน้ำเปลี่ยนแนวทางเดิมได้
4. ลดประสิทธิภาพในการคมนาคมขนส่งในแหล่งน้ำ
5. สิ้นเปลืองงบประมาณในการขุดลอก
6. ตะกอนสะสมเหนือเขื่อนหรือประตูน้ำทำให้การเปิดปิดและการซ่อมแซมยากลำบากขึ้น
7. การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคทำให้เสียค่าก่อสร้างโรงกรองน้ำและการบำรุงรักษา

มากขึ้น

8. เป็นเรื่องยุ่งยากให้กับวิศวกร เกษตรกร และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำหนองหารไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม ทั้งทางธรรมชาติและทางสังคมในลักษณะที่มีผลต่อการพึ่งพิงหลายของดินที่รุนแรงขึ้น การตกตะกอน และสภาพการคืบเขินในหนองหารย่อมมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ประโยชน์หรือความสำคัญดังกล่าวของ หนองหารย่อมลดลงโดยเฉพาะในเรื่องของปริมาณการรับน้ำ การคืบเขินของแหล่งน้ำจากอิทธิพล ของตะกอน ทำให้พื้นดินน้ำขยายตัวแผ่กระจายออกไปยังพื้นที่ราบรอบ ๆ หนองหาร อันจะมีผลกระทบ ต่อพื้นที่เกษตรกรรม การตั้งถิ่นฐาน และกิจกรรมในการเกษตรของหมู่บ้านรอบหนองหารที่ระดับ ต่ำกว่า 160 เมตร ที่ ร.ท.ก. จำนวน 47 หมู่บ้าน จึงเป็นการสูญเสียทรัพยากรสิ้น ผลัดผลการเกษตร สัตว์เลี้ยง คุณค่าของดินและงบประมาณในการแก้ไขอย่างมาก ถ้าไม่มีการศึกษาปัญหาและอิทธิพลที่ เกิดจกตะกอน ฉะนั้นการศึกษาลุ่มน้ำหนองหาร ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับปริมาณตะกอนและอิทธิพลของ ตะกอนที่มีต่อหนองหาร ในสภาพของเวลาปัจจุบันและอนาคตนับเป็นการเตรียมการเพื่อวางแผน รับและแก้ไขสถานการณ์ ย่อมดีกว่าการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยมิได้มีการคาดการณ์ล่วงหน้า ซึ่งปัญหา ต่าง ๆ ที่เกิดในอดีตสอนให้เห็นความผิดพลาดที่มีได้มีการคาดประเมินไว้ จึงมีผลเสียหายสูง เช่น เดียวกับการดำเนินการใดที่ปราศจากการศึกษาและจำนังถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีต่อมนุษย์ยอม นำมาซึ่งปัญหาไม่สิ้นสุด

ความมุ่งหมายของการศึกษา

- 1 เพื่อหาปริมาณตะกอนทั้งหมดที่ทับถมในหนองหารช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา
(พ.ศ 2515 - 2524)
- 2 เพื่อหาสมการพยากรณ์ปริมาณตะกอนทั้งหมดที่เคลื่อนตัวมาสะสมในหนองหาร
3. เพื่อกำหนดระยะเวลาที่หนองหาร ถูกทับถมด้วยตะกอนจนมีสภาพเป็นที่ราบ ณ ระดับ 157.5 เมตร (รทก)
- 4 เพื่อสร้างแผนที่แสดง เสนอแนะความลึกขอ ระดับน้ำในหนองหาร

ความสำคัญของการศึกษา

1. เป็นการศึกษาถึงสาเหตุการเกิดภัยแล้งในลุ่มน้ำหนองหาร
2. แสดงให้เห็นถึงปัญหาอันเกิดจากการกระทำของมนุษย์และธรรมชาติ ในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร ซึ่งมีผลต่อความสำคัญของหนองหารและประชาชนที่อยู่อาศัยรอบหนองหาร
3. ช่วยให้เกิดการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญของจังหวัดสกลนคร เช่น ดิน น้ำ ป่าไม้และสัตว์พันธุ์ในลุ่มน้ำหนองหาร
4. เป็นแนวทางชลอปัญหาจากการตกตะกอนในหนองหารมิให้เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว
5. เป็นแนวทางในการศึกษาเกี่ยวกับตะกอนในลุ่มน้ำอื่น ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สมมุติฐานของการศึกษา

1. ปริมาณตะกอนในหนองหาร จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำหนองหาร
2. ปริมาณตะกอนในหนองหาร จะมีความสัมพันธ์เป็นส่วนกลับกับพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหาร
3. ปริมาณตะกอนในหนองหาร จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหาร เป็นสัดส่วนซึ่งสามารถสร้างเป็นสมการในการพยากรณ์ได้
4. ความจุในการรับน้ำของหนองหารในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา มีแนวโน้มลดลง
5. หนองหารจะมีสภาพเป็นที่ราบในระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 1,000 ปี ถ้าสภาพการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ลุ่มน้ำคงเดิม

ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารสกลนคร อำเภอเมืองสกลนคร อำเภอกุดบาก และกิ่งอำเภอเต่างอย จังหวัดสกลนคร โดยมีแม่น้ำพุทองเป็นลำน้ำสายหลักที่ไหลจากเทือกเขาภูพานลงสู่หนองหาร และมีลำน้ำสายย่อยอีก 13 สายที่ไหลลงสู่หนองหาร ดังปรากฏในแผนที่ มาตราส่วน 1 : 250,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด 1501S ระวาง นครพนมและร้อยเอ็ด

2 ระยะเวลาของข้อมูลที่น่ามาศึกษา อยู่ในระหว่าง พ.ศ. 2515 - 2524

รวมระยะเวลา 10 ปี

ขอตกลงเบื้องต้น

1 ข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม กองภาพถ่ายดาวเทียม สภาวิจัยแห่งชาติแผนที่ (Mapping Units) แสดงค่าสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation) ของกรมพัฒนาที่ดิน, ข้อมูลการสำรวจตะกอนจากกองอุทกวิทยาการพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ถือว่าเป็นค่าถูกต้องเชื่อถือได้

2. บริเวณที่ทำการศึกษามีลักษณะทางภูมิศาสตร์ และธรณีสัณฐานอย่างเดียวกัน

3. ยอดรับสภาพขนาดของประจวบรายน้ำของหนองหารลงสู่แม่น้ำก้ามลักษณะคงเดิม
ตั้งปัจจุบัน

4. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพหนองหารที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ คือ การขุดลอกหนองหาร และการสร้างคันดินหรือเขื่อนกั้นน้ำเพิ่มเติม

5. ผลการศึกษาและวิเคราะห์เป็นผลการศึกษาของกลุ่มน้ำหนองหารสกลนครเท่านั้น

6. ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารถูกพังทะลายหน้าดินกลายเป็นตะกอนอย่างไม่จำกัด

เกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ศึกษา

1. บริเวณต้นน้ำของกลุ่มน้ำหนองหาร มีการทำลายทรัพยากรป่าไม้ โดยบุกรุกเบิกใช้พื้นที่ทำการเพาะปลูกจนมีผลให้เกิดการพังทะลายหน้าดินกลายเป็นตะกอนจำนวนมากไหลมากับน้ำในลำน้ำที่ไหลลงสู่หนองหาร

2. เกิดสภาพน้ำท่วมรอบหนองหารในช่วงฤดูฝนเป็นประจำทุกปี

3. ผู้ทำการศึกษาร่วมนี้เป็นผู้อยู่อาศัยในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารด้วย

4. ข้อมูลที่ใช้ทำการศึกษาซึ่งได้จากกองอุทกวิทยาการพลังงานแห่งชาติ กรมอุตุนิยมหาวิทยาลัย กรมพัฒนาที่ดิน, สภาวิจัยแห่งชาติ ซึ่งมีข้อมูลพอเพียงเพื่อการศึกษาในครั้งนี้

บทที่ 2

พฤษภูมิและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวการพังทลายของดิน

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติขั้นมูลฐาน ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพอย่างเป็นสุขของมนุษย์ เมื่อศึกษาถึงการเกิดและการทำลายทรัพยากรธรรมชาติแล้ว ดินจะเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีการทดแทนไม่ทันกับความต้องการของมนุษย์ (สมเจตน์ จันทรวัฒน์ 2522:1 - 2) การขยายตัวทางเศรษฐกิจและอัตราการขยายตัวของพลเมืองที่ค่อนข้างสูงในระยะที่ผ่านมาทำให้การใช้ที่ดินของประเทศเปลี่ยนแปลงไปมาก พื้นที่เพาะปลูกต้องลดลงเพื่อการขยายตัวของเมือง ถนน ย่านอุตสาหกรรมในขณะเดียวกันก็มีการขยายตัวพื้นที่เพาะปลูกในบริเวณที่เป็นป่าไม้เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้พอเพียงต่อการยังชีพ ฉะนั้นสภาพการใช้ที่ดินจึงไม่ประหยัดและไม่ถูกต้องในหลักวิชาการก่อให้เกิดดินเสื่อมโทรม ประสิทธิภาพการให้ผลผลิตต่ำลง โดยมีการชะล้างของดินเป็นสาเหตุสำคัญ (พัฒนาที่ดิน 2525 ก - ข)

การชะล้างพังทลายของดินจึงเป็นการขจัดทำลายพื้นผิวดินและเคลื่อนย้ายดิน กรวด หิน หรือทรายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งด้วย น้ำ ลม และแรงตกของวัตถุ (Gravity) (สมเจตน์ จันทรวัฒน์ 2522 37 - 40 และ อัญเชิญ เพ็ญณีย์ 2525 : 118) อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ กล่าวถึงการชะล้างพังทลายหรือการกัดกร่อน (Erosion) เพิ่มเติมว่า การกัดกร่อนที่ผิวน้ำดิน ทำให้ดินหรือองค์ประกอบของดินถูกพัดพาออกไปตามความลาดเทหรือพื้นผิวดิน ตัวบ่งชี้ที่สำคัญคือ น้ำฝน ธารน้ำไหล ลม ธารน้ำแข็งและน้ำทะเล (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ 2523 116-117) และมนัส วัฒนศักดิ์ อ้างถึง ไวต์ (Wilde S.A, 1964) ว่า การกัดชะผิวน้ำดินขึ้นอยู่กับจำนวนและความหนักเบาของฝน ความลาดเอียง ความยาวของความลาดเอียง รูปร่างของพื้นที่ พื้นที่ซึ่งปกคลุมพื้นที่นั้น ตลอดจนธรรมชาติของผิวน้ำดินและดินชั้นล่าง (มนัส วัฒนศักดิ์ 2521: 7)

ฉะนั้นขบวนการและปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน คือ

1. สภาพอากาศคือ ฝน เช่นความหนักเบา, ขนาดและความเร็วของเม็ดฝน
2. ลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ ความลาดชันและความยาวของความลาดชัน

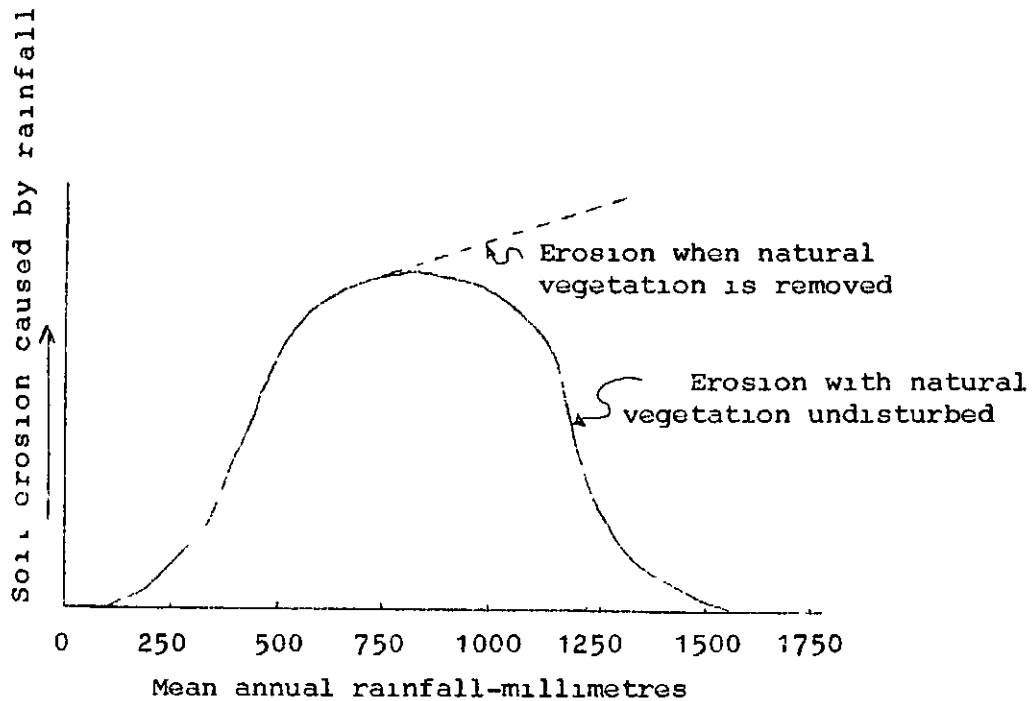
3. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการแตกกระจายของดิน (Detaching Capacity) และความยากง่ายในการแตกกระจาย (Detachability)

4. การทำลายป่าไม้

5. การทำลายพืชและสิ่งปกคลุมดิน

6. กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ยังเกี่ยวกับการจัดการพื้นที่ดิน (เกษม จันทรแก้ว และคณะ 2519 : 1 - 3) และปัจจัยเกิดการชะล้างพังทลายของดินมีปัจจัยเพิ่มอีกประการหนึ่งคือ เวลา (Time) (ชลประทาน 2525 : 109 - 110)

ฝนเป็นตัวการสำคัญที่สุดทำให้อนุภาคดินแตกกระจายและเกิดการเคลื่อนตัวไปสู่การพังทลายของดิน สมเจตน์ จันทรวัฒน์ กล่าวว่า บริเวณที่มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยประจำปีต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตร จะมีการพังทลายของดินสูงเพราะพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมน้อย ยิ่งบริเวณใดที่มีการทำเกษตรพืชพรรณจะมีอัตราการพังทลายดินสูง ส่วนในเขตฝนตกชุกพืชพรรณคลุมดินมีมากอัตราการพังทลายของดินก็ลดลง ดังภาพที่ 1 (สมเจตน์ จันทรวัฒน์ 2522 : 31)



ภาพที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนเฉลี่ยกับการพังทลายของดินโดยน้ำฝน

นอกจากน้ำฝน ความหนักเบา ขนาดและความเร็วของเม็ดฝนจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินแล้ว ชนิดของดินและความสามารถในการแตกกระจายของดินยังมีส่วนในการพังทลายได้เร็วขึ้นอีก ซึ่ง มนัส วัฒนศักดิ์ อ้างถึง วิชไมเออร์ และ สมิท (Wishmeier W H. and Smith, DD) ว่า ความคงทนต่อการกัดเซาะของดินชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินชนิดนั้น ๆ คุณสมบัติของดินที่มีผลต่อความคงทนต่อการกัดเซาะของดินได้แก่ อัตราการแทรกซึมของน้ำ ความสามารถในน้ำซึมผ่าน ความสามารถในการอุ้มน้ำทั้งหมด และ ยังอ้างถึง แอร์ค (Ayred, O C C.E.) ว่า พื้นที่ซึ่งมีความลาดเทปานกลาง ถ้าดินเป็นดินร่วนเหนียวปนซิลต์ (Silty clay loam) จะมีการสูญเสียดินมากกว่าดินทรายร่วน (Loamy sand) แต่如果在สภาพพื้นที่ที่มีความลาดเทสูงแล้ว ดินทรายร่วนจะมีการสูญเสียมากกว่า เกี่ยวกับคุณสมบัติของดินที่มีผลต่อการพังทลายดินนั้น เกษม จันทรแก้ว กล่าวถึงคุณสมบัติของดินไว้

ซึ่งสอดคล้องที่ มนัส วัฒนศักดิ์ อ้างถึง วิชไมเออร์ และสมิท คือ คุณสมบัติของดินจะมีผลต่อ

ก อัตราการซึมซาบ (Infiltration rate)

ข มีคุณสมบัติต่อต้าน การแพร่กระจาย (dispersion) การกระเด็น (splashing) การขัดถู (abrasion) และแรงพัดพา (Transporting force) ของน้ำฝนและน้ำไหลมาพาดผืนดิน (surface runoff)

ดินที่มีความละเอียดมากทำให้เกิดการซึมซาบน้อย ก่อให้เกิดการไหลบ่าผิวหน้าดินมาก ส่วนดินทรายหยาบมาก ๆ จะมีผลทางตรงข้าม การยึดหดของดินเมื่อเปียกหรือแห้งก็มีบทบาทต่อ อัตราการซึมซาบของดินอย่างเห็นชัด โครงสร้างของดินที่เป็นแบบเม็ด (granular) หรือ เป็นเหลี่ยม (angular) จะมีการซึมของน้ำได้ดีกว่าแบบเป็นแผ่น (Platy or Block) และดินที่มีดินเหนียวสูงจะมีการถูกทำลายน้อยกว่าดินที่เป็นทราย ดินที่มีอินทรีย์วัตถุมาก ร่วนซุย เป็น การเพิ่มการซึมของน้ำและลดการพังทลายได้ (เกษม จันทรแก้ว 2515 : 197 - 204)

ค่าคงทนต่อการกัดเซาะของดินหรือค่าคงทนต่อการพังทลายของดินนี้ วิชไมเออร์ และสมิท กำหนดเป็นค่าที่เรียก K - Value โดยหาจากคุณสมบัติของดิน เช่น เนื้อดิน ปริมาณอินทรีย์ วัตถุในดิน โครงสร้างของดิน ความสามารถในการดูดซับน้ำของดิน (มนัส วัฒนศักดิ์ 2521

7 - 9)

น้ำไหล (Running water) เป็นผลจากการที่ฝนตกลงมา ความแรงของฝน (Intensity Rainfall) ทำให้ดินแตกกระจายเป็นอนุภาคเล็ก ๆ จะไปอุดรูดินทำให้น้ำซึม ผ่านลงไปได้น้อยลง ก่อให้เกิดน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินนับเป็นจุดเริ่มเกิดลำธาร ถ้าเกิดน้ำไหลบ่าผิวดินสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ เราเรียกการกัดเซาะเป็นแผ่น (Sheet esion) แต่ส่วนมาก เกิดไม่ทั่วถึง มีบางส่วนแตกเป็นร่องเล็ก ๆ ที่เรียก Rill คือ ลำธารเล็ก ๆ (Small channel) จาก Rill น้ำจะไหลตามร่องก่อย ๆ เซาะสองฝั่งของ Rill ให้กว้างเป็น ร่องใหญ่ที่เรียก Gully ซึ่ง Gully นับเป็นลำธารอันดับแรก (First order) ของ ลำน้ำ ถ้าพื้นที่ที่มีความลาดชันลำน้ำจะตัดกันไม่ไกล ถ้าพื้นที่ราบเรียบลำน้ำจะไปบรรจบกันไกลมาก (นิวัต เรืองพานิช 2514 31, วิชาญ ตันนุกิจ และเกษม จันทรแก้ว 2516 1) เกษม จันทรแก้ว และนิพนธ์ ตั้งธรรม สรุปว่าปริมาณน้ำในลำธารมีส่วนสัมพันธ์กับน้ำฝน พื้นที่

รูปร่าง ความลาดชันและความสูงจากระดับน้ำทะเล ลักษณะหินต้นกำเนิดและปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพ
ท้องที่ซึ่งมีชนิดดิน ปริมาณความชื้นในดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน (เกษม จันทรแก้ว และนิพนธ์
ตั้งธรรม 2517 : 18) ปริมาณน้ำในลำธารทำให้เกิดขบวนการพังทลายผิวโลก ซึ่งมีขบวนการ
ดังต่อไปนี้

1. Hydraulic action โดยน้ำทำให้เกิดการพังทลายสิ่งต่าง ๆ ที่น้ำไหลผ่าน
เช่น คลิง

2. Corrasion โดยน้ำพัดพาเม็ดหิน กรวด หินทราย หรือก้อนหิน ชัดส์ทำให้องค์
สึกกร่อน

3 Corrosion โดยน้ำไหลผ่านสิ่งต่าง ๆ จะละลายสิ่งนั้นปนมากับน้ำด้วย (สมเจตน์
จันทวัฒน์ 2522 : 39 - 40 และ อภิสิทธิ์ เอี่ยมหนอง 2516 : 152)

ถ้าการทำให้เกิดการพังทลายของดิน นอกจากน้ำฝน น้ำไหลและชนิดของดินแล้ว ยัง
ได้แก่ การทำลายป่าไม้ ซึ่งถ้ามีต้นไม้ขึ้นปกคลุมหนาแน่น ย่อมลดการพังทลายอันเกิดจากน้ำฝน
น้ำไหลบ่าหน้าดิน เมื่อมีการทำลายป่าไม้เท่ากับเพิ่มการพังทลายของดิน เกษม จันทรแก้ว
กล่าวถึงต้นไม้ ว่า ลดการพังทลายของดินไว้คือส่วนบนของต้นไม้มีหน้าที่ช่วยรองรับแรงกระแทก
ของเม็ดฝน มีให้ตกกระทบสู่ผิวหน้าดินโดยตรง (Throughfall) ทำให้น้ำค่อย ๆ ไหลตาม
ต้นไม้ (Stemflow) ลงสู่พื้นดิน โอกาสที่ดินจะแตกกระจายจึงมีน้อย น้ำจะซึมลงดินได้ง่ายขึ้น
ลดการไหลบ่าหน้าดิน (เกษม จันทรแก้ว 2515 : 144) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
อ้างถึงการรายงานการศึกษา การทำลายป่าไม้ (Deforestation) ในภาคเหนือของ
แผนกอุทกวิทยา กรมชลประทานที่ส่งผลต่อการชะล้างผิวหน้าดิน เกิดเป็นตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำ
ดังนี้ ปี พ.ศ. 2498 - 2508 ความแตกต่างที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณตะกอนแขวน
ลอยรายปี (Annual suspended load) กับพื้นที่การทำลายป่าไม้ที่เพิ่มขึ้น (โครงการแม่ปิง
แม่แต่วัง, ยม และน่าน) ความสัมพันธ์นี้แสดงได้ดังสมการ

$$S_u = 44 A_o^{1.57}$$

โดย S_u คือ ปริมาณตะกอนแขวนลอยรายปี (ตัน)

A_o คือ พื้นที่ป่าซึ่งถูกทำลาย

นับว่าเป็นปัญหาเร่งด่วนในการควบคุมพื้นที่ลุ่มน้ำ เพราะการทำลายป่าไม้เพิ่มขึ้น 15 % ในลุ่มน้ำ จะเกิดน้ำท่วมรุนแรง และการพังทะลายเพิ่มขึ้น (Electricity Generating Authority of Thailand 1980 III 49 - 50)

นิพนธ์ ตั้งจรรยา โดศึกษาลักษณะลุ่มน้ำเหนือเขื่อนแก่งเสือเต้นของโครงการ ปิง-ยม ในภาคเหนือ ในหัวข้อเรื่องการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ที่มีผลต่อตะกอนแขวนลอย โดยสร้างสมการถดถอยเพื่อทำนายตะกอนแขวนลอยที่พัฒนามาสู่แหล่งน้ำเหนือเขื่อนแก่งเสือเต้น ใช้อัตราการไหลของน้ำรายปีกับจำนวนเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำเป็นตัวแปร ทั้งนี้ใช้ข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาและข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2507 - 2521 ได้สมการดังนี้

$$A_{SS} = e^{(11.657 + 0.064RD - 0.042EFA)}$$

โดย A_{SS} = ปริมาณตะกอนแขวนลอย ตัน/ปี

RD = อัตราการไหลของน้ำรายปี ลูกบาศก์เมตร/วินาที

EFA = เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำ

และ $r A_{SS} \cdot RD = 0.81$

$r A_{SS} \cdot EFA = -0.57$

$R = 0.82$

$r A_{SS} \cdot RD$ = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยรายปีกับอัตราการไหลของน้ำรายปี

$r A_{SS} \cdot EFA$ = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยรายปีกับเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้

R = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้งหมด

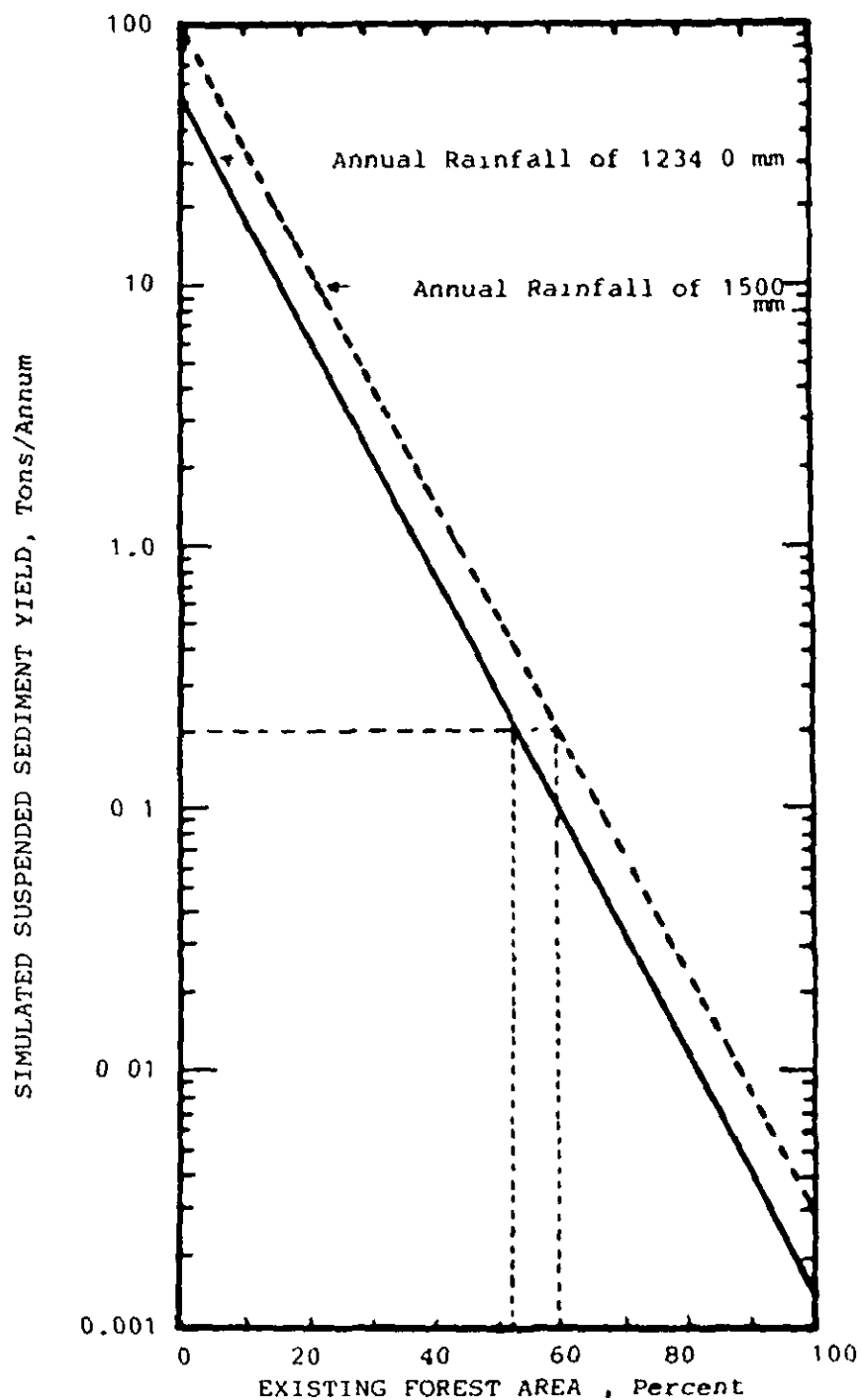


FIGURE 2

4.
1111

RELATIONSHIPS BETWEEN SUSPENDED
SEDIMENT YIELD AND EXISTING FOREST AREA
Electricity Generating Authority of Thailand
1982 IV 151

จากสมการดังกล่าวสามารถแสดงไค้งภาพที่ 2 ซึ่งหมายความว่า ทุก ๆ 10 % ของ การลดพื้นที่ป่าในบริเวณลุ่มน้ำเหนือเขื่อนแก่งเสือเต้น ปริมาณตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มขึ้น 3 เท่า ตัว และการทำให้ตะกอนแขวนลอยต่ำกว่า 0.2 มิลลิเมตร/ปี นั้นเราต้องมีป่าไม้ปกคลุมอย่างน้อย 50 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ นอกจากจะมีการอนุรักษ์ดินบนพื้นที่ลาดชันของลุ่มน้ำ

(Electric Generating Authority of Thailand 1982 IV 150 - 157)

เกษม จันทรแก้ว และคณะ, มัทนี โอมะคุปต์ ยังกล่าวเพิ่มเติมถึงผลการทำลาย ป่าไม้ คือพื้นที่ป่าไม้เมื่อถูกบุกรุกทำลาย โดยการตัดต้นไม้ ย่อมเกิดการพังทลายของดินเนื่องจากการกัดเซาะของน้ำที่มีต่อผิวหน้าดิน ยังมีการไถพรวนเพื่อการเกษตรด้วยแล้วความเสียหายจะรุนแรงถึงขั้นจะนำมาปลูกป่าให้ดั้งเดิมไม่ได้ และจากการทดลองของ เกษม จันทรแก้ว และคณะ ในโครงการวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกม้า พบว่า แปลงทดลองที่เผาป่าทุก ๆ ปี ปริมาณตะกอนที่สูญเสียไปจะมีปริมาณมากกว่าในแปลงที่ไม่มีการเผาป่า และอิทธิพลของการทำลายป่าด้วยการใช้ไฟป่า จะมีผลต่อการสูญเสียดินหรือการกัดกร่อนอย่างเห็นได้ชัด (เกษม จันทรแก้ว และ คณะ

2519 15, 20 และมัทนี โอมะคุปต์ 2524 : 63)

การทำลายพืชคลุมดินชนิดต่าง ๆ รวมทั้งหญ้าคาที่มีส่วนช่วยให้เกิดการพังทลายของดินได้ แม้ว่าในระยะแรกของการทำลายป่าไม้จะทำให้เกิดการพังทลายดินรุนแรง ต่อมาอัตราการพังทลายจะลดลงเพราะมีหญ้าคาขึ้นปกคลุมลดอัตราการพังทลายของดินไว้ จากการวิจัยการลุ่มน้ำบนภูเขาคอกม้า พบว่า การชะล้างหน้าดินจะมีมากในระยะแรก ๆ ที่ป่าถูกถางใหม่เท่านั้น ต่อมาเมื่อวัชพืชขึ้นปกคลุมอัตราการชะล้างจะลดลง (ภาควิชาวนวิทยา 2512 : 78) ทั้งนี้พืชและสิ่งปกคลุมดินจะมีบทบาทที่มีผลต่อการพังทลายของดิน ซึ่ง เกษม จันทรแก้ว และคณะ อ้างถึง ฟรีเวต (Frevert et al 1955) ที่เกี่ยวกับพืชปกคลุมดินช่วยลดอัตราการพังทลายได้เพราะ

1. ช่วยดูดซับน้ำฝนและลดแรงปะทะของเม็ดฝน

2. หน่วงเหนี่ยวการไหลของน้ำที่ไหลไปตามหน้าดินให้ช้าลง เป็นการลดแรงที่จะทำให้เกิดการพังทลายของดิน

3 ช่วยให้อินซูลินเป็นกรดขึ้น เพิ่มปริมาณช่องว่างในดินทำให้น้ำไหลซึมลงไปไคมาก
ขึ้น (เกษม จันทรแก้ว และคณะ 2519 : 2)

เมื่อมีการทำลายวัชพืชคลุมดินหรือ เผาตอซังในบริเวณพื้นที่เพาะปลูกจะเป็นส่วนหนึ่งของการทำลายปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ควรจะให้แก่ดิน ยังเป็นการทำลายผิวหน้าดินให้ขาดสิ่งปกคลุม เมื่อฝนตกการชะล้างพังทลายของดินและการสูญเสียดินย่อมมีมากขึ้น ซึ่งการขจัดปัญหาการชะล้างดังกล่าวกระทำไคด้วยการใช้วัสดุคลุมดินจากการศึกษาของ แมนเนริงค์ และเมเยอร์ (Mannering and Meyer 1967) พบว่า การใช้วัสดุคลุมดินในอัตรา 2 - 4 ตันต่อเอเคอร์ จะช่วยให้อินมื่อตราการซึมซาบน้ำสูงไม่เกิดการพังทลายของดินแต่อย่างไค (Mannering, J.V. and L.D. Meyer 1963 84 - 86) และจากการศึกษาของ มอดดี้ และคณะ (Moody et al 1952) พบว่าการใช้วัสดุคลุมดินสามารถช่วยลดการแตกกระจายและการจับแน่นของผิวหน้าดิน ปัญหาการชะล้างพังทลายของผิวหน้าดินบนพื้นที่ที่มีความลาดเทเป็นปัญหาคที่ต้องไครับการแก้ไขโดยควน (Moody, J.E JH Lillard and T W. Edminster, 1952 190 - 194)

สนั่น เผือกไร่ และเดวิด มอร์สตัน ไคทำการศึกษาคในเรื่องการใช้วัสดุคลุมดิน และการเผาตอซังก่อนปลูกพืชจะมีผลต่อการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่า พบว่า

1. การปล่อยผิวหน้าดินไคไม่มีพืชคลุมทั้งไคเฉย ๆ จะมีการสูญเสียผิวหน้าดิน 11,324 74 กก /ไร่/ฤดูเพาะปลูก และสูญเสียน้ำไหลบ่า 400 ม³ /ไร่/ฤดูปลูก
2. การไคเตรียมดินทั้งไคเฉย ๆ ไคมีไคปลูกพืชและไคมีพืชคลุมดินจะมีการสูญเสียผิวหน้าดิน 9,372 กก /ไร่/ฤดูเพาะปลูก และสูญเสียน้ำไหลบ่า 241 ม³/ไร่/ฤดูเพาะปลูก
3. การไคดินและปลูกพืชแต่ไคไม่ใช้วัสดุคลุมดินจะมีปริมาณการสูญเสียผิวหน้าดิน 6,100 กก./ไร่/ฤดูเพาะปลูก และสูญเสียน้ำไหลบ่า 159 ม³/ไร่/ฤดูเพาะปลูก
4. การไคดินและปลูกพืชที่มีการใช้วัสดุคลุมดินจะช่วยลดการสูญเสียดิน โดยสูญเสียผิวหน้าดินเพียง 500 กก /ไร่/ฤดูเพาะปลูก และสูญเสียน้ำไหลบ่าเพียง 30 ม³/ไร่/ฤดูเพาะปลูก (ทั้งนี้ไคกับพื้นที่ที่มีความลาดเทเท่ากันคือ ๑%) (สนั่น เผือกไร่ และ เดวิดมอร์สตัน 2525 7-13)

ฉะนั้นพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมดิน ทอซังพืช หรือการใช้วัสดุคลุมดินจะเป็นปัจจัยในการช่วยลดการกัดชะพังทลายของดินโดยลดความแรงของน้ำฝนที่กระทบดินและน้ำป่าไหลหน้าดิน ทั้งรากพืชยังช่วยยึดเกาะผิวหน้าดิน และการไถพรวนช่วยในการซึมน้ำของดินได้สะดวกขึ้นอีก นั่นก็คือพื้นที่เกษตรกรรมเป็นแหล่งที่มีการพังทลายของดินอันเป็นผลจากการกระทำของมนุษย์ มนัส วัฒนศักดิ์ อ้างถึง โจเอล (Joel, A.H. 1937) ซึ่งรายงานว่า ในสหรัฐอเมริกา การพังทลายของดินจะพบในเขตพื้นที่ที่กสิกรรมเป็นส่วนมาก เพราะพืชธรรมชาติถูกทำลายมีพืชขึ้นปลูกขึ้นแทนและไม่ได้มีอยู่ตลอดปี ทำให้การชะล้างและพัฒนาของดินเกิดได้รุนแรงในพื้นที่กสิกรรมถึง 79.3 % และเกิดในพื้นที่ที่ปล่อยทิ้งไว้เฉย ๆ หลังทำการกสิกรรมแล้ว 89.4 % แต่เกิดในทุ่งหญ้าเพียง 22.7 % เท่านั้น (มนัส วัฒนศักดิ์ 2521 : 13) ริชาร์ด ซาร์ตซ์ (Richard Sartz) ก็ได้ให้ความเห็นสอดคล้องกันว่า ในพื้นที่เพาะปลูก (Till cropland) จะเป็นแหล่งใหญ่ของการเกิดน้ำไหลบ่าและตะกอนในลำน้ำโดยปริมาณน้ำไหลบ่าจากแหล่งเพาะปลูกจะมากกว่าบริเวณทุ่งหญ้าถึง 10 เท่า และการสูญเสียดินในแหล่งเพาะปลูกจะมากกว่าทุ่งหญ้าถึง 100 เท่า ดังแสดงไว้ในตารางต่อไปนี้ (Startz, Richard. S. 1975 1-124)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณตะกอนในลำน้ำจากพื้นที่การใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ

ลักษณะการใช้ที่ดิน	ปริมาณตะกอนในลำน้ำ (PPM)
พื้นที่ทำการเพาะปลูก (Tilled cropland)	238,000
ทุ่งหญ้าโล่ง (Open pasture)	82,000
ทุ่งหญ้าปศุสัตว์ (Forest pasture)	55,000
ทุ่งหญ้าโล่งมีหญ้าหนาแน่น (Light grazed)	13,000
พื้นที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ (Hayland)	19,800
ทุ่งนาร้าง (Old field)	300
ป่าซึ่งมีการทำป่าไม้ (Logged forest)	3,600
ป่าซึ่งไม่ถูกรบกวน (Undisturbed forest)	100

ฉะนั้นกิจกรรมของมนุษย์ไม่ว่าในด้านการเกษตรกรรม การเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ การทำป่าไม้ การทำลายพืชคลุมดิน ต่างก็เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการพังทลายของดิน ดังที่ เกษม จันทรแก้ว และคณะ อ้างถึง แมสซี และบูเบนเซน (Massie and Bubenzen 1974) กิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวกับการจัดการ พื้นที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการกัดกร่อนของดิน โดยไปทำการเปลี่ยนแปลงสภาพพืชปกคลุมดิน และทำลายสภาพของดิน เช่น การถางป่า การทำถนน การกสิกรรม และการก่อสร้างต่าง ๆ (เกษม จันทรแก้ว และคณะ 2519 : 3) เช่นเดียวกับ บราวน์ (Brown) กล่าวถึงกระบวนการเกิด การพังทลายของดิน ที่เกิดจากน้ำในพื้นที่ที่มนุษย์อาศัยอยู่กับพื้นที่ที่ไม่มีมนุษย์เข้าเกี่ยวข้อง กระบวนการและอัตราการพังทลายของดินที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันอย่างมาก (Significant) คือพื้นที่ที่มนุษย์เข้าเกี่ยวข้องกับการใช้ที่ดินอัตราการพังทลายของดินอยู่ระหว่าง 15,000 - 85,000 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตรต่อปี ส่วนพื้นที่ที่มนุษย์ไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง อัตราการพังทลายของดินจะมีเพียง 12-1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตรต่อปีเท่านั้น (Jantawat 1977 11 Citing Brown 1970) เช่นเดียวกับ มนุษย์ ศรีขจร และคณะ อ้างถึงแอนเดอร์สัน ซึ่งกล่าวว่าในพื้นที่ที่มีการทำป่าไม้ จะมีปริมาณตะกอนสูงเป็น 3 เท่า ของพื้นที่ข้างเคียงที่ไม่เคยถูกรบกวนเลย และปริมาณตะกอนจะเพิ่มขึ้นเป็น 250 เท่า เมื่อมีการสร้างถนน บ้านพัก และโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่นั้น (พัฒนาที่ดิน 2526 : 41) จึงนับได้ว่าการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศในพื้นที่เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดการพังทลายของดิน

ดังนั้นการพังทลายของดินมีสาเหตุ 2 ลักษณะคือ

1. การทำให้เกิดการพังทลายเร็วขึ้นโดยมนุษย์ (Accelerated erosion or man induced erosion) เช่น การทำป่าไม้ การแผ้วถางป่า ไฟป่า การเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ การก่อสร้างอาคารและถนน
2. การพังทลายตามธรรมชาติ (Normal erosion or Geological erosion) มีตัวการ คือ น้ำฝน น้ำไหล ลม แรงดึงดูดของโลก และความผิดปกติของธรรมชาติ (เกษม จันทรแก้ว 2515 : 32)

การประเมินสถานะภาพของการชะล้างพังทลายของดิน

เกษม จันทรแก้ว ได้กำหนดสมการซึ่งแสดงองค์ประกอบที่ทำให้เกิดการพังทลายของดินไว้ดังนี้

$$E = f (C.T V.S.H)$$

โดย	E	คือ การพังทลาย (Erosion)
	C	คือ สภาพอากาศ (Climate)
	T	คือ ลักษณะภูมิประเทศ (Topography)
	V	คือ พืชคลุมดิน (Vegetation)
	S	คือ คุณสมบัติของดิน (Soils)
	H	คือ มนุษย์ (Humans)

(เกษม จันทรแก้ว 2515 : 197 - 198)

กรมพัฒนาที่ดินได้ประเมินสถานะภาพของการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยไว้ ซึ่งต่างกับการประเมินของ เกษม จันทรแก้ว โดยสามารถจัดกระทำเป็นตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ได้ชัดเจน การประเมินของกรมพัฒนาที่ดินได้ใช้สมการการสูญเสียดินสากล

(Universal Soil Loss Equation) คือ $A = K.R.LS.C.P.$ เป็นเกณฑ์

โดย	A	=	การสูญเสียดินสากล
	K	=	ค่าดัชนีแสดงสมรรถนะการชะล้างพังทลายของดิน (The Soil Erodibility Factors)
	R	=	ค่าดัชนีแสดงสมรรถนะการกัดเซาะของฝน (Rainfall Erosivity Index)
	LS	=	ค่าดัชนีแสดงอิทธิพลของความลาดชัน (The Slope Factors) ต่อการพังทลาย

- C = ค่าดัชนีของการปกคลุมดินของพืช (Vegetation Cover Factors)
- P = ค่าปัจจัยและอิทธิพลของระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Erosion Control Practice Factors)

(พัฒนาที่ดิน, 2524 : 1)

การคำนวณหาค่าสมรรถนะการชะล้างพังทลายของดิน

ได้จากการนำเอาคุณสมบัติของดินชุดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะในการชะล้างพังทลายของดิน คือ เปอร์เซนต์ของดินทรายแป้ง (Silt) ดินทราย, ดินทรายละเอียด และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหน้า (Surface soil) ความสามารถในการซึมน้ำของดิน (Soil permeability) และโครงสร้างของดิน (Soil structure) โดยนำค่าต่าง ๆ เหล่านี้แทนค่า Soil Erodibility Nomograph (Wichmier 1971) แล้วอ่านเป็นค่า K - Value ออกมา ผลการศึกษาสรุปว่า ดินในประเทศไทยมี 4 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ค่า K เท่ากับ 0.06 - 0.20 มีเนื้อดินหยาบ-ละเอียด ปานกลาง (Coarse to medium texture) พบในส่วนที่เกี่ยวข้องกับหาดทรายและวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นทราย

กลุ่มที่ 2 ค่า K เท่ากับ 0.21 - 0.30 เนื้อดินละเอียดปานกลางจนถึงละเอียด (Medium to fine texture) มีทุกภาคแต่หนาแน่นในภาคกลาง และภาคกลางตอนเหนือ เป็นกลุ่มที่มีมากส่วนใหญ่ของประเทศ

กลุ่มที่ 3 ค่า K เท่ากับ 0.31 - 0.40 เนื้อดินละเอียดปานกลาง (Medium texture) ขึ้นดินตื้น มีชั้นหินหรือลูกรังอยู่ในระดับไม่ลึกและพวกตะกอนลำนํ้าบางส่วนที่อยู่บนลานตะพัก (terrace) และสันดินริมนํ้า (Levee)

กลุ่มที่ 4 ค่า K มากกว่า 0.40 ขึ้นไปถึง 0.64 เป็นดินมีเปอร์เซ็นต์ดินทราย
 เยอะมาก พบบริเวณลานตะพัก (พัฒนาที่ดิน 2524 : 10 - 12)

การคำนวณหาค่าสมรรถนะการกัดเซาะของฝน

ค่าความรุนแรงของการกัดเซาะของน้ำฝนขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน สภาพพื้นที่ ลักษณะดิน
 การวิเคราะห์ด้วยการหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วของฝนและพลังงานกับผลความ
 แตกต่างกันที่ได้รับ ได้เป็นค่า Rainfall erosivity น้ำค่านี้นำมาวิเคราะห์สัมพันธ์กับ
 ปริมาณน้ำฝนรวมทั้งปีในปีเดียวกันทั่วประเทศใช้ข้อมูล 50 ชุด ทั่วประเทศ ได้ค่าสมการเส้นตรง

$$Y = 0.739 X - 0.405$$

$$Y = \text{ค่า } R - \text{Value ฟุต-ตัน/เอเคอร์/ปี}$$

$$X = \text{ค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี มม.}$$

จากสมการนี้หาค่า R ทั่วประเทศจากค่าเฉลี่ยน้ำฝน 25 ปี (2494 - 2518) แปลงค่าน้ำฝน
 เป็นค่า R ลงในแผนที่ Iso - erodent map จากการวิเคราะห์พบว่า การเปลี่ยนแปลง
 รอบนอกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่ามากโดยเฉพาะทางจังหวัดสกลนคร และตอนล่างของ
 จังหวัดอุบลราชธานี ตอนกลางภาคมีค่าต่ำและกระจายในระดับเดียวกัน (พัฒนาที่ดิน 2524 :
 7 - 10) การนำสมการนี้มาใช้เฉพาะบริเวณในภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือลุ่มน้ำหนองหาร
 ย่อมเกิดความคลาดเคลื่อนเพราะสมการนี้ใช้ข้อมูลจากทั่วประเทศทุกภาค ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนต่าง
 กันมากโดยเฉพาะภาคใต้และภาคตะวันออก จึงควรสร้างสมการขึ้นใหม่ใช้ข้อมูลของภาคตะวันออกเฉียง
 เหนือโดยเฉพาะ ซึ่งมีค่าปริมาณน้ำฝนไม่แตกต่างกันมากนัก

การคำนวณหาความลาดชัน (LS - Value)

หาค่าความลาดชัน (Slope gradient) และค่าความยาวของความลาดชัน แล้ว
แทนค่าในสูตร $LS = \sqrt{R}$
จะได้ $LS = 0.0138 + 0.0095S + 0.00138S^2$
โดย $R =$ ความยาวของความลาดชัน เมตร
 $S =$ ความลาดเท (%)

จากการคำนวณของกรมพัฒนาที่ดินพบว่า LS ค่าสุดเป็นน้า มีค่า 1 - 2 ส่วนค่าสูงสุด
ในบริเวณภูเขามีค่า 33 (พัฒนาที่ดิน 2524 : 12 - 13)

การคำนวณค่าของการปกคลุมดินของพืช (C - Value)

กรมพัฒนาที่ดินได้รวบรวมจากเอกสารอ้างอิงมาพิจารณาพร้อมกับที่ได้ทดลองและศึกษาใน
ประเทศไทย กำหนดค่า C ไว้ดังนี้

พืช	C - Value
1. ป่า	0.001
2. สวนยาง สวนผลไม้	0.01
3. นาข้าว	0.65
4. ข้าวโพด, ฝ้าย	0.06
5. ข้าวฟ่าง	0.65
6. มันสำปะหลัง	0.60
7. สับปะรด	0.50
8. อ้อย	0.40

(พัฒนาที่ดิน 2524 : 13)

การคำนวณค่าปัจจัยและอิทธิพลของระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P - Value)

ค่านี้ยังไม่มีมาตรฐานสำหรับเมืองไทย ยกเว้นพื้นที่นาเท่านั้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จึงให้ค่าต่ำสุด (0.025) ส่วนพื้นที่อื่นที่มีระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำน้อยมาก จึงใช้ค่า P สอดคล้องกับความลาดชันและการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยปรับปรุงจากข้อมูลฐานของ สมิท และ วิชไมเออร์ 1957 , 1962 ดังต่อไปนี้

P - Value	การปัจจัยความลาดชัน	การใช้ประโยชน์ที่ดิน
0.025	< 1.5	นาข้าว
0.3	1.1 - 2	นาข้าว พืชไร่
0.25	2.1 - 7	นาข้าว พืชไร่
0.3	7.1 - 12	
0.4	12.1 - 18	
0.45	18.1 - 29	

(พัฒนาที่ดิน 2524 : 4)

กรมพัฒนาที่ดินจึงได้กำหนดหน่วยแผนที่ (Mapping units) ตามสภาพท้องถิ่น ซึ่งสามารถนำปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มาสร้างสมการเส้นตรงดังกล่าวเฉพาะท้องถิ่น เป็นการวิเคราะห์ค่าการชะล้างพังทลายของดินให้มีประสิทธิภาพถูกต้องจากปัจจัยทั้ง 5 ประการ (K.R.L.S.C P) นี้ ซึ่งมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าได้ 2 ลักษณะ

1 ปัจจัยที่คงที่ ได้แก่ ค่าสมรรถนะการกักชะพังทลายของดินและค่าความลาดชันของพื้นที่

2 ปัจจัยที่ผันแปร คือ ปริมาณฝนทำให้การกักชะโดยฝนเปลี่ยนแปลง ค่าการปกคลุมดินของพืช และค่าการอนุรักษ์ดินและน้ำ (พัฒนาที่ดิน 2524 : 22)

การพิจารณาอัตราการพัดพาตะกอน

การใช้สมการการสูญเสียดินสากล เป็นการทำนายการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น โดยอาศัยตัวแปรสมรรถนะการชะล้างพังทลายของดิน สมรรถนะการกัดเซาะของฝน, ค่าความลาดชันของพื้นที่, ค่าการปกคลุมดินของพืช และค่าปัจจัยและอิทธิพลของระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลที่ได้จะเป็นค่าของการสูญเสียดิน ซึ่งถูกชะล้างพัดพาตามบริเวณที่ชันหรือที่ราบต่าง ๆ ดินส่วนหนึ่งที่ถูกพัดพาลงสู่ลำน้ำให้เคลื่อนตัวต่อไป ซึ่ง Keith K.Young เรียกดินส่วนนี้ว่า Sediment Yield ซึ่งเป็นดินส่วนน้อยของดินที่ถูกกัดเซาะพังทลายจากพื้นที่ที่มีความลาดชัน สัดส่วนของ Sediment Yields กับปริมาณดินที่สึกกร่อนพังทลายทั้งหมด ก็คืออัตราการพัดพาตะกอน (Sediment-Delivery Ratio) มีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ (Keith K.Young. 1975 I 1-9) สามารถที่จะเขียนในรูปสมการได้คือ

$$DR = \frac{SS}{A} \times 100$$

โดย DR = Sediment - Delivery ratio

SS = Sediment Yield

A = The Compute soil loss

เกรแฮม เรนโฟร (Graham W.Renfro) กล่าวว่า การกำหนดสัดส่วนการพัดพาตะกอนมา (Delivery ratio) เป็นสิ่งสำคัญมากเพราะใช้เป็นตัวประเมินค่าตะกอนที่ถูกพัดพาในลำน้ำ (Sediment Yield) หรือตะกอนรวมทั้งหมดที่ถูกกัดเซาะพังทลายในพื้นที่ลุ่มน้ำและองค์ประกอบที่สำคัญต่อสัดส่วนการพัดพาตะกอนก็คือ

1. แหล่งตะกอน (Sediment source) ถ้าแหล่งตะกอนอยู่บนแผ่นดินไถลร่องน้ำ ระยะทางของการเดินทางสู่ร่องน้ำจะยาวทำให้ตะกอนอยู่แหล่งเดิมหรือพัดพาตามที่ลาดต่าง ๆ

2 ปริมาณตะกอนและการอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำไหลของตะกอน (Magnitude and Proximity of Sediment Source) ถ้าปริมาณตะกอนมีมากและอยู่ใกล้ลำน้ำ แต่สัดส่วนการพัดพาตะกอนน้อย ตะกอนก็จะอยู่ใกล้ลำธาร หรือเมื่อปริมาณตะกอนมีเกินอำนาจการขนส่ง การทับถมก็เกิดขึ้นและสัดส่วนการพัดพาตะกอนก็ลดลง

3. ระบบการขนส่งในลำน้ำ (Transport system) บริเวณที่มีความหนาแน่นของลำน้ำมากก็จะมี การขนส่งตะกอนได้มากที่สุด รวมทั้งความเร็วและปริมาณน้ำ จำนวนตะกอนและลักษณะตะกอน ความตาระดับของลำน้ำ ล้วนแต่มีผลให้สัดส่วนการพัดพาตะกอนสูงได้

4 ความหยาบหรือละเอียดของวัตถุที่เกิดจากการพังทลาย(Texture of eroded material) ถ้าเป็นพวกทรายจะเป็นตะกอนที่ถูกพัดถมตอนบนลำน้ำ ถ้าเป็นดินทรายละเอียด (fine silt) และดินเหนียว (clay) จะเป็นตะกอนแขวนลอย และพัดถมตอนล่างของลำน้ำ

5. บริเวณของการพัดถม (Depositional areas) จะพบตอนล่างของบริเวณลาดชัน ขอบหุบเขา, หุบเขาที่ราบเรียบ, แนวร่องน้ำ และตอนบนกับตอนในของทะเลสาบหรือแหล่งน้ำ ดังนั้นการพัดถมในลุ่มน้ำจะลดจำนวนตะกอนลงจนจะถึงตอนล่างของลุ่มน้ำ

6. ลักษณะของลุ่มน้ำ (Watershed Characteristics) ในทางกายภาพ นับว่าสำคัญขั้นในด้านการรูปร่าง, ความชัน, ความตาระดับ, สัดส่วนของความตึงระดับกับความยาวของลุ่มน้ำ และความหนาแน่นของลำน้ำ (Graham W Renfro . 1975 35 - 36)

การประเมินค่าสัดส่วนการพัดพาตะกอน เกรแฮม เรนโฟร์ ได้กำหนดไว้ว่าตวงทราบจำนวนตะกอนทั้งหมดในลำน้ำ (Sediment Yield) ณ จุดที่กำหนดให้ของลำน้ำ และต้องทราบปริมาณการสึกกร่อนพังทลายทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Total amount of erosion) ค่าจำนวนตะกอนในลำน้ำทั้งหมดได้จากการสำรวจในลำน้ำส่วนค่าปริมาณการสึกกร่อนพังทลายของลุ่มน้ำได้จากสมการสากลการสูญเสียดิน (Graham W. Renfre. 1975 35) จากความหมายดังกล่าวเราสามารถเขียนในรูปสมการได้คือ

$$DR = \frac{\text{Sediment Yield}}{\text{Total amount of erosion}}$$

$$\text{หรือ } DR = \frac{SS}{A}$$

ในพื้นที่ลุ่มน้ำเล็ก ๆ เราไม่สามารถหาค่าสัดส่วนการพัดพาตะกอนได้ แต่สามารถใช้ค่าสัดส่วนการพัดพาตะกอนจากพื้นที่ใกล้เคียงกัน (Homogenous area) (Graham W Renfro 1975 : 36) ใช้ในการหาค่าสัดส่วนการพัดพาตะกอนเพื่อเป็นตัวแทนแก่พื้นที่ลุ่มน้ำอื่น ๆ ที่ไม่สามารถหาค่าการพัดพาตะกอนได้นั้น ต้องใช้ค่าตัวแปร ระยะทางสัมพันธ์ของสัดส่วนการพัดพาเป็นตัวแปรตามกับองค์ประกอบของลุ่มน้ำเป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งองค์ประกอบลุ่มน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้สำคัญคือ พื้นที่ลุ่มน้ำ (Drainage area) และอัตราส่วนของความต่างระดับของลุ่มน้ำกับความยาวของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Relief-Length ratio) เกรแฮม เรนโฟร (Graham W. Renfro) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำกับสัดส่วนการพัดพาตะกอนของบริเวณ Blackland Prairie ในรัฐเท็กซัสสหรัฐอเมริกา โดยมีลุ่มน้ำ 14 แห่งมีขนาด 0.43 - 97.4 ตารางไมล์ การวิเคราะห์ถดถอยได้สมการดังนี้

$$\log DR = 1.87680 - 0.14191 \log 10 A$$

$$DR = \text{อัตราส่วนการพัดพาตะกอนเป็นเปอร์เซ็นต์การสึกกร่อนต่อปี}$$

$$A = \text{พื้นที่ลุ่มน้ำเป็นตารางไมล์}$$

จากสมการดังกล่าวแสดงได้ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 เกรแฮม เรนโฟร ยังได้ศึกษาเพื่อหาค่าสัดส่วนการพัดพาตะกอนบริเวณ Red Hills รัฐโอคลาโฮมาและรัฐเท็กซัส โดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง ระหว่างสัดส่วนของความต่างระดับของลุ่มน้ำต่อความยาวลุ่มน้ำ (Relief-Length ratio) กับสัดส่วนการพัดพาตะกอนและคำนวณเป็นกราฟเส้นโค้งจากสมการถดถอยเชิงเส้นโค้ง

$$\log DRe = 2.94259 - 0.82362 \log (R/L) \text{ ratio}$$

$$\text{โดย } DRe = \text{สัดส่วนการประเมินสัดส่วนการพัดพาตะกอน \%}$$

$$R/L = \text{สัดส่วนของความต่างระดับของลุ่มน้ำต่อความยาวลุ่มน้ำ}$$

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการประเมิน (Standard error of estimate)

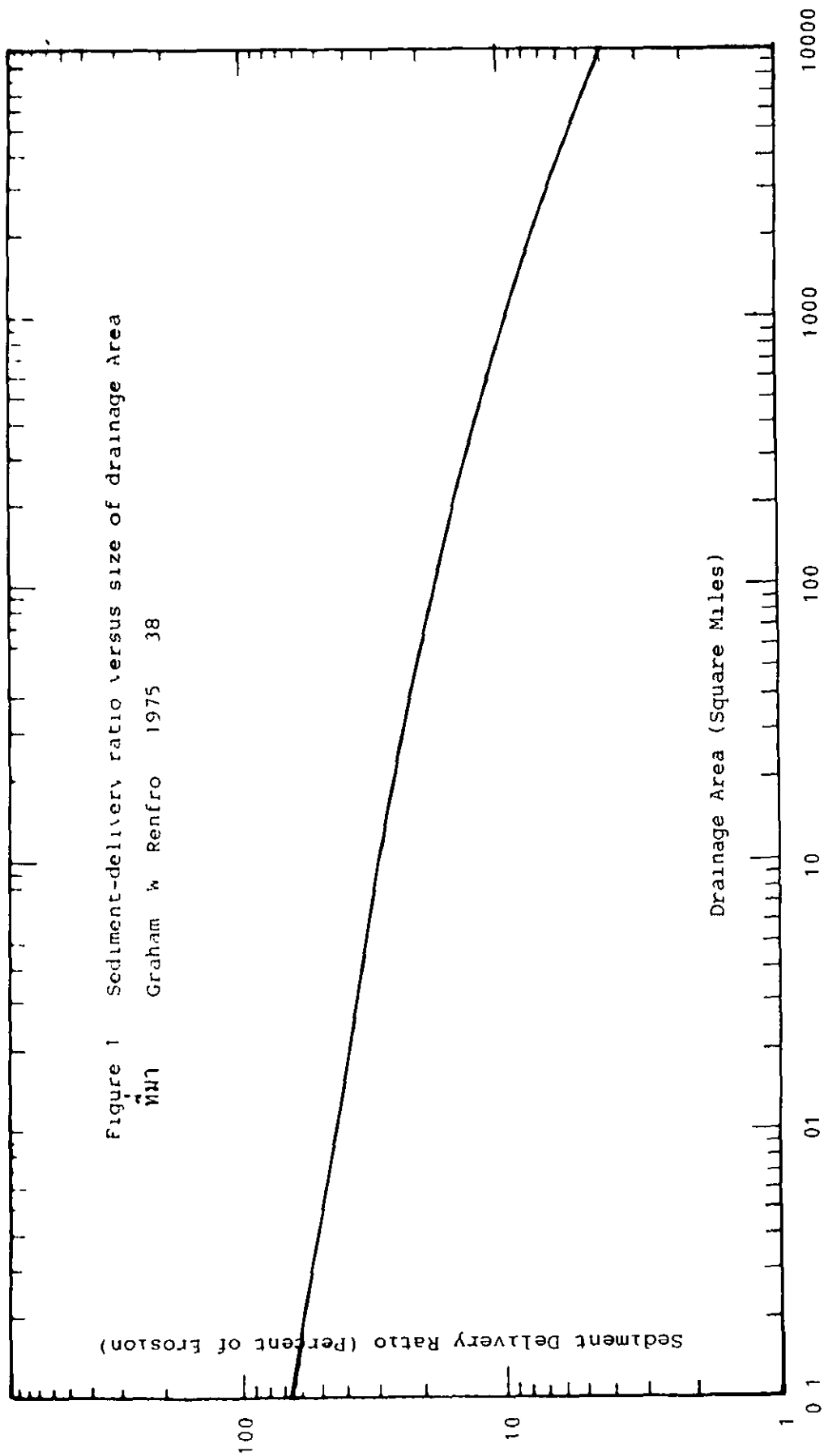
$$mka = \pm 0.04041 \log \text{ units} \quad \text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง} = 0.987$$

(ภาพที่ 5) (Graham W Renfro. 1975 : 37 - 42)

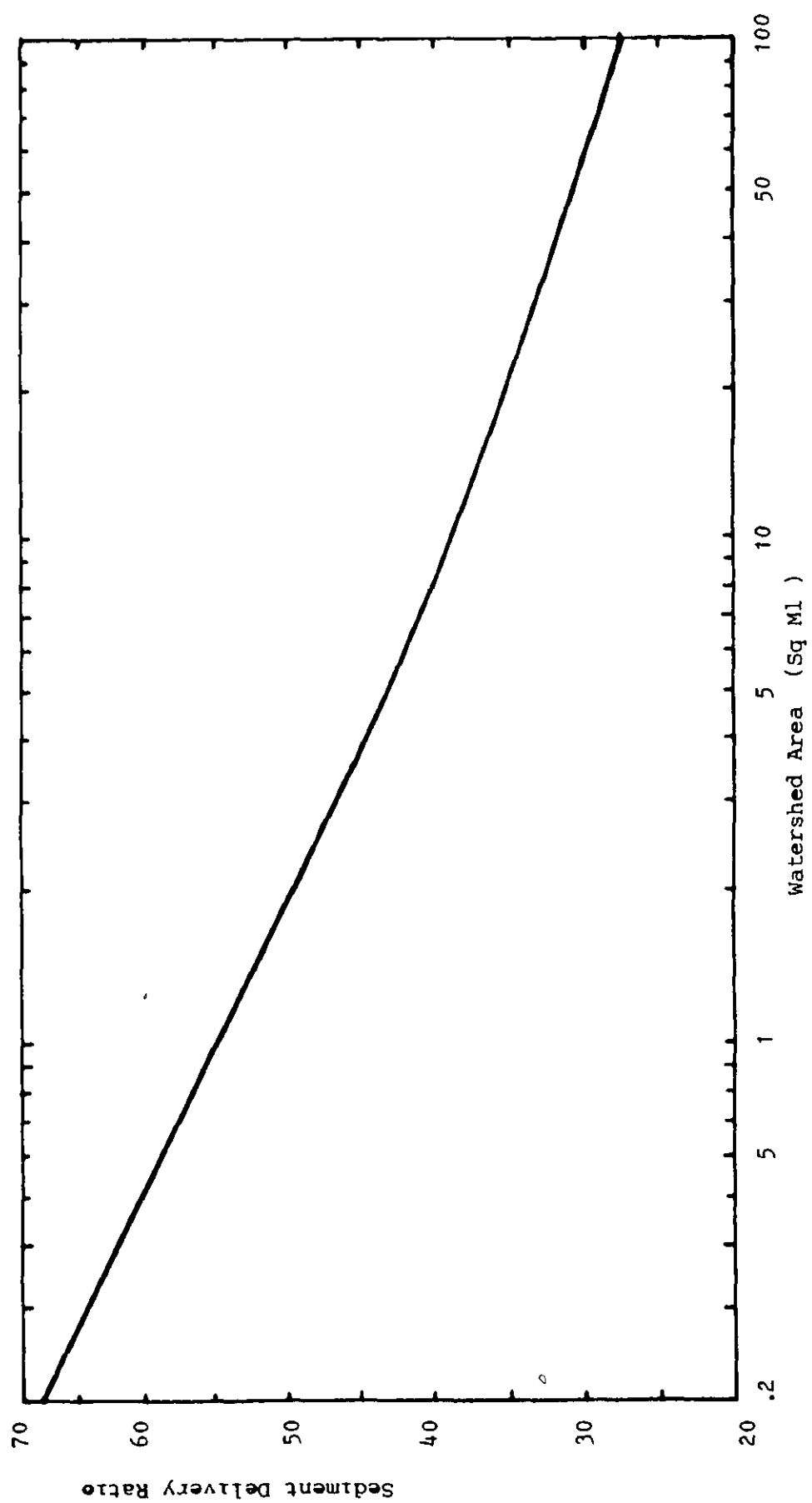
ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ลุ่มน้ำกับอัตราการพังทลายของดิน

Figure 1 Sediment-delivery ratio versus size of drainage Area

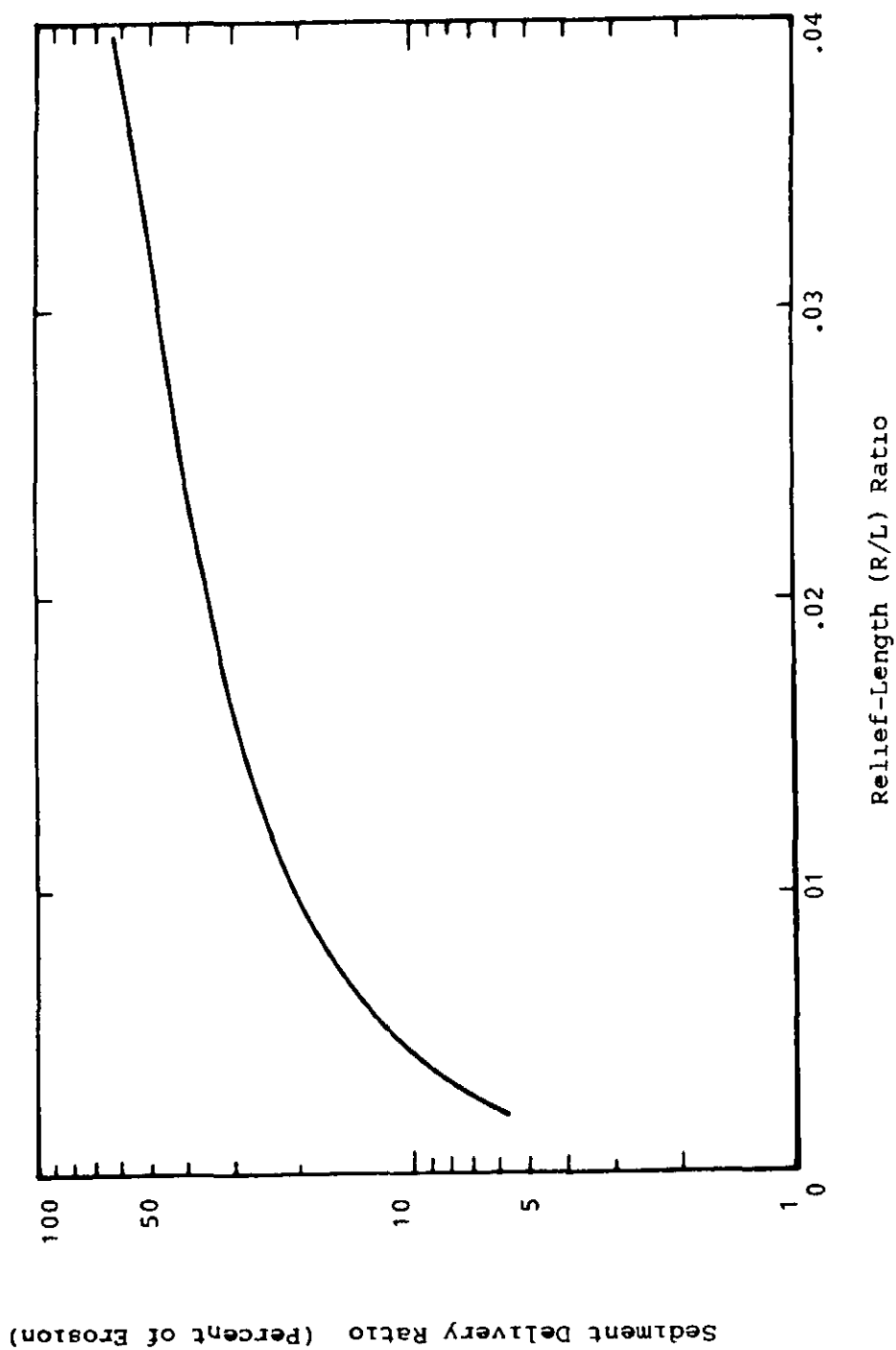
ที่มา Graham & Renfro 1975 38



ภาพที่ 4 แสดงอัตราการพัดพาตะกอนในเขตพื้นที่ Black Prairie Land Resource
ที่มา Graham W Renfro 1975 40



ภาพที่ 5 แสดงอัตราการพัดพาตะกอนในเขตนํ้าที่ Rolling Red Plain Land Resource
ที่มา : Graham W Renfro 1975 41



นิยามตะกอนและลักษณะของตะกอน

มีผู้ให้ความหมายหรือนิยามของตะกอนไว้หลายท่าน ดังนี้

1. ตะกอน . สสารที่เป็นเม็ดแข็ง เคลื่อนที่โดยการลอยไปในน้ำหรือกลิ้งไปตามท้องน้ำ (ชาณชัย วงษ์ไทย 2512 : 1)

2. ตะกอน การรวมกลุ่มของชิ้นส่วน (particles) ที่เป็นอิสระกระจัดกระจายหรือสิ่งซึ่งนอนก้นของของเหลวโดยหับถมกัน (Selby, 1976 : 767)

3. ตะกอน เศษชิ้นส่วนของวัตถุที่เกิดจากการแตกของหินเปลือกโลก โดยทางเคมีและฟิสิกส์ มีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ขนาดเล็กจนเล็กเป็นฝุ่น มีรูป รวงกลมหรือเหลี่ยม ขนาดน้ำหนักรวมและส่วนผสมของแร่ต่าง ๆ แตกต่างกัน เคลื่อนที่โดยแรงดึงดูดของโลก น้ำ หรือ ลม (วีระ เวชวงศ์ 2525 : 73)

ลักษณะของตะกอน

ชาณชัย วงษ์ไทย แบ่งลักษณะตะกอนตามลักษณะของการเคลื่อนที่ได้ 3 ชนิด

ก. ตะกอนแขวนลอย มี 2 ชนิดคือ

- ตะกอนลอย (wash load) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 ไมครอน (2/1,000 ซม.) เป็นตะกอนที่ไม่ค่อยจะตกจมจึงเรียกว่า colloidal

- ตะกอนทรายแขวน (suspended sand) เป็นตะกอนที่จมกึ่งลอย เหตุที่ลอยเพราะน้ำไหลปั่นป่วน ซึ่งได้แก่พวกทรายละเอียด (fine sand) และดินร่วน (silt)

ข. ตะกอนโคก (saltation load) เป็นตะกอนที่อยู่ระหว่างตะกอนแขวนลอยกับตะกอนทอนน้ำ เคลื่อนที่ด้วยการกระโดดไปตามท้องน้ำสูงประมาณ 50 เซนติเมตร ดังภาพ



ภาพแสดงการเคลื่อนที่ตะกอนโคก (saltation load)

ค. ตะกอนท้องน้ำ (Bed load) มีขนาด 1 000 ไมครอน เป็นตะกอนขนาดใหญ่เคลื่อนที่ไปตามท้องน้ำ ขนาดของตะกอนจะค่อย ๆ เล็กลงไปทางปากน้ำ เพราะ

- การขัดสี (Abrasion) ด้วยกันของตะกอน

ปฏิกิริยาเคมี (Chemical erosion) เมื่ออยู่ในน้ำก็มีสภาพเป็นกรดหรือด่าง

- การพาไป (Selection) จอการที่น้ำพาตะกอนมาใหญ่ตกตะกอน ในขณะที่เดียวกันก็จะทิ้งตะกอนขนาดเล็กขึ้นมาและพัดพาไป (ภาณุชัย วงษ์ไทย 2512 : 4 - 5)

กระบวนการตกตะกอน

เซลลีย์ (Selley R.C.) กล่าวถึงกระบวนการตกตะกอนว่า เรตตกตะกอน คือการนอนก้นแยกตัวออกจากของเหลวของพวกชั้นส่วนที่เป็นของแข็ง โดยองค์ประกอบในการตกตะกอนได้แก่

1. การไหลลากของน้ำ (Traction current) ไหลแกว่งตะกอนท้องน้ำ
2. การไหลวนของน้ำ (Turbidity current)
3. การแขวนลอย (Suspension) (Selley R.C. 1976 169 174-185)

ออสบอร์น (Osborn) กล่าวถึงกระบวนการตกตะกอนโดยเน้นถึงสาเหตุเป็นเรื่องสำคัญ กระบวนการตกตะกอนทับถม (deposition) เป็นกระบวนการสิ้นสุดท้ายของการพัดพาของดิน การแตกกระจายของดินจะเกิดเร็วที่สุด เอนภาคองคกโดยตกตะกอนตามที่ลุ่มแอ่งน้ำหรือลำธาร สาเหตุของการตกตะกอนคือ อัตราความเร็วของน้ำไหลบาลลดลง ทำให้อนุภาคของดินตะกอนตกจมด้วยแรงดึงดูดของโลก (Osborn 1955 126 134)

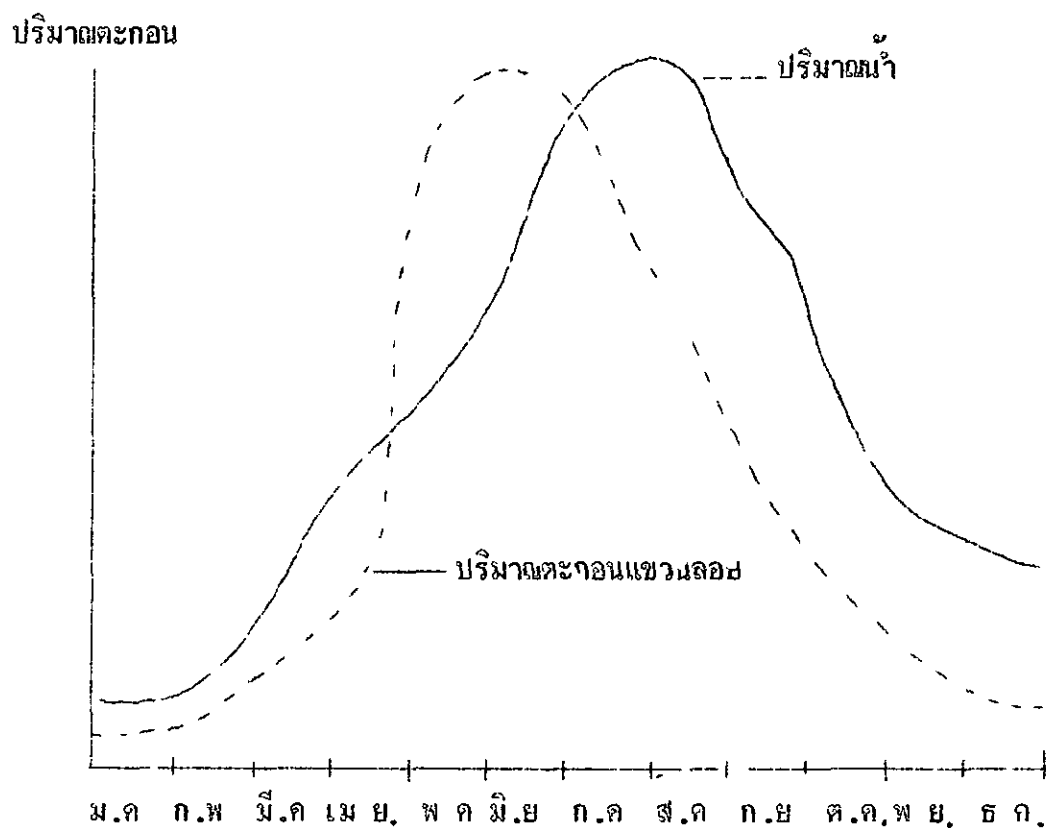
วาระ เวตติวงศ์ ก็กล่าวถึงกระบวนการตกตะกอนในอ่างเก็บน้ำว่า แม่น้ำลำธาร เมื่อไหลมาบรรจบอ่างเก็บน้ำ ขนาดของพื้นที่รับน้ำของแม่น้ำจะใหญ่ขึ้น ทำให้ความเร็วของกระแสน้ำลดลงทันที และไม่สามารถพัดพาตะกอนต่อไปได้ ตะกอนจะเริ่มตกตรงจุดที่บรรจบนั้นและแผ่กระจายโดยทั่วไปตามขนาดของเม็ดตะกอน (วาระ เวตติวงศ์ 2525 : 77)

ฉะนั้นกระบวนการตกตะกอนจึงเป็นขบวนการที่ตะกอนแยกตัวออกจากน้ำ เนื่องจากความเร็วของน้ำลดลงและน้ำหนักของตะกอนที่ถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อตะกอนนั่นเอง

ระยะเวลาที่เกิดตะกอน

1 ระยะเวลาที่เกิดตะกอนบริเวณลอย

เมื่อเริ่มฝนตกฝน จะตกลงบนพื้นที่แห้งก็ดูดซับน้ำไว้ ทำให้ไม่ไหลมาชะล้างดิน เมื่อฝนตกลงมาอีกจนดินชุ่มชื้นอิ่มตัวก็จะไม่ดูดซับน้ำไว้ปล่อยให้ไหลไปเป็นน้ำไหลบ่าผิวดิน (Overland flow หรือ Sheet flow) ก็จะพัดพาตะกอนไปด้วย แล้วไหลลงแม่น้ำใหญ่ ดังนั้นเมื่อถึงเวลาน้ำมากจริง ๆ ฝนหรือส่วนที่น้ำจะพัดพาไปได้โดยง่ายก็เกือบหมดสิ้นแล้ว ความเข้มข้นของตะกอนจึงไม่มากตามด้วย ดังภาพ



ภาพที่ 6 แสดงระยะเวลาที่เกิดตะกอนแขวนลอย

2 ระยะเวลาที่เกิดตะกอนท้องน้ำ

การเกิดตะกอนท้องน้ำขึ้นอยู่กับความลาดชันท้องน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำ โดยไม่คำนึงถึงปริมาณน้ำมากหรือน้อย (ชาวนชัย วงษ์ไทย 2512 14 16)

ผลของการตกตะกอนในแหล่งน้ำ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้สำรวจตะกอนในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนภูมิพล และเขื่อนอุบลรัตน์ พบว่า การตกตะกอนภายในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน ทำให้อ่างตื้นเขิน ไม่สามารถเก็บน้ำได้ตามต้องการ ตะกอนจึงเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้อายุการใช้งานของอ่างเก็บน้ำ ลดลง (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2521 : 1, 2522 : 1) โดยตะกอนจะมา ตกสะสมทุก ๆ ปี ในอัตรา 1 - 15 % ของความจุเกมตอปี (วิระ เวศตังค์ 2525 : 77) นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมและคุณภาพของน้ำได้เปลี่ยนไปจากการทิ้งน้ำไหลผ่านแหล่งเกษตรกรรม ลงสู่อ่างเก็บน้ำ โดยมูลสัตว์ ขากพืช ยากาแมลง โรคพืช วัชพืช เศษปฏิกิตก้าง เกล็ดและ ตะกอนดิน (ชลประทาน 2521 : 26)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้สำรวจด้านนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมของ โครงการเขื่อนห้วยกุ่ม พบว่า คุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนจะมีปริมาณตะกอน และความขุ่นของน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อกระแสน้ำลดความเร็วจะทำให้การตกตะกอนเกิดขึ้น น้ำในอ่างจึงใส ตะกอนจมลงก้นอ่างพร้อมกับอินทรีย์สาร และอนินทรีย์สาร ที่มาจากพื้นดินและสิ่งมีชีวิตบนดินใน บริเวณแหล่งน้ำและบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงน้ำทาง ตะกอนดังกล่าวจะทำให้เกิดปฏิกิริยา

Biogeochemical cycle เช่น

- การแพร่กระจายความร่วนในน้ำจะเปลี่ยนไปตามความลึกทำให้ก้นอ่างมีอุณหภูมิ

- การแพร่กระจายออกซิเจนจะผันแปรตามระดับความลึก
 - การย่อยสลายอินทรีย์สารก้นอ่างทำให้ปริมาณออกซิเจนก้นอ่างน้อยลงไปอีก
 - สิ่งมีชีวิตหรือปลากินอยู่อาศัยก้นอ่างไม่ได้เพราะขาดออกซิเจน
- เมื่อก้นอ่างไม่มีออกซิเจนแต่ก็มีปฏิกิริยาย่อยสลายก็ไม่ได้ออกซิเจนคือ

Anaerobic Reaction ทำให้เกิดกาซพิษ เช่น ไฮโดรเจน ซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) แอมโมเนีย (Ammonia) ซึ่งเป็นอันตรายต่อคุณภาพและสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่ปฏิกิริยาจะลดลง เมื่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ โดยมีน้ำไหลผ่าน (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2521

ฉะนั้นเมื่อเกิดการตกตะกอนในแหล่งน้ำหรืออ่างน้ำต่าง ๆ ย่อมเกิดผลกระทบดังนี้

1. ทำให้ความจุของแหล่งน้ำ วางเก็บน้ำหรือสะสมลดลงโดยการตื้นเขิน อายุการใช้งานสั้นเข้า เช่น อ่างเก็บน้ำเขื่อน ยาสวัก (Yasowak) ในอินเดีย ปริมาณการเก็บน้ำลดลงถึง 85 % เมื่อสร้างเขื่อนเพียง 13 ปี

2. ช่วยให้ระดับท้องน้ำของแหล่งน้ำสูงขึ้นเกิดน้ำท่วมได้ง่าย

3. การกั้นน้ำท่วมและเกิดกการตกตะกอนเช่นนี้ ทำให้ลำน้ำเปลี่ยนแนวทางเดินได้

4. ลดประสิทธิภาพในการกมนาคมนกึ่งในลำน้ำลง

5. ตะกอนที่ทับถมจนเป็นสันดอนน้ำท่วม ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการขุดลอก

6. ตะกอนที่สะสมเหนือ เขื่อน ฝาย หรือประตูน้ำทำให้เกิดความลำบากในการเปิดปิดหรือซ่อมแซม

7. การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ทำให้เสียค่าก่อสร้างโรงกรองน้ำละก งบารุงรักษามากขึ้น

8. ตะกอนในน้ำเป็นอุปสรรคต่อการหายใจและความสามารถในการหาอาหารของปลาในแหล่งน้ำ

9. เชื้อโรคในน้ำส่งผลต่อกระแสไฟฟ้าตะกอนจะ ทำให้เกิดความเสียหายกับกังหันน้ำ (Turbine)

10. ตะกอนในแหล่งน้ำถ้ามากเกินไปก็เริ่มการทำลายชีวิตสัตว์ "จะความงามทางธรรมชาติของแหล่งน้ำได้"

11. ตะกอนในแหล่งน้ำจึงเป็นเรื่องยุ่งยากให้กับวิศวกร เกษตรกร และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องเป็นอย่างมาก

(United Nation. 1953 7. ชลประทาน 2521 25 29 2. ชาญชัย วงษ์ไทย 2512 4 16 สมเจตน์ จันทรวัฒน์ 2522 27 - 30)

เรื่อง *

การหาปริมาณตะกอน ตะกอนแขวนลอย

ม.นุ ศรีจักร และเล็ก มอญเจริญ ได้ทำการประมาณค่าตะกอนแขวนลอย และ
ธาตุอาหารที่ถูกกักตรอนและพัดมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย สำหรับ
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือสามารถกำหนดได้ในรูปสมการหาปริมาณตะกอนดังนี้

$$Y = 0.0061 \times - 0.000012$$

โดย Y = ปริมาณอันวนน้ำบ่อ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (m^3 /วินาที)

$$X = \text{พื้นที่ลุ่มน้ำ} \quad (km^2)$$

แปลงค่า Y จาก m^3 /วินาที เป็น ล้าน m^3 /ปี (Z)

$$Z = Y + \frac{60 + 60 + 24 + 365}{1,000,000}$$

หาค่าปริมาณตะกอนจากค่า Z

. . ปริมาณตะกอนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ $Z + 128.47$ ตัน/ปี

(ม.นุ ศรีจักร และเล็ก มอญเจริญ 2525 : 60)

ชาญชัย วงษ์ไทย สหประชาชาติ และวีระ เวศม์วงศ์ ได้ใช้สูตรในการคำนวณ
หาปริมาณตะกอนแขวนลอยดังนี้

$$wd = 86,400 \times \frac{C}{1,000} \times Q$$

โดย wd = ปริมาณตะกอน ตัน/วัน

C = น้ำหนักตะกอนแห้งเป็นกรัมต่อลิตร

Q = ปริมาณน้ำเฉลี่ยประจำวัน m^3 /วินาที

(ชาญชัย วงษ์ไทย 2512 : 2 United Nations 1953 : 43 วีระ เวศม์วงศ์
2525 : 76)

จากสองสมการข้างต้นเป็นการหาปริมาณตะกอนแขวนลอยโดยห้การเก็บข้อมูลในลุ่มน้ำนั้นไว้แล้ว แต่สำหรับในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ยังไม่มีเรเก็บข้อมูลก็สามรถที่จะหาปริมาณตะกอนแขวนลอยได้ ด้วยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ทำการหาปริมาณตะกอนแขวนลอยในเขตน้ลุ่มน้ำของเขื่อนห้วยกุ่ม โดยใช้ค่าความสัมพันธ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำกับจำนวนตะกอนแขวนลอยที่วัดได้จำนวน 14 แห่งของภาคอีสาน สร้างเป็นสมการถดถอย เพื่อใช้ในการทำนายตัวแปรต้น คือพื้นที่ลุ่มน้ำและตัวแปรตาม คือปริมาณตะกอนแขวนลอย ดังน้ 7

(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2521 : 93)

ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำเขื่อนลำน้ำพอง สกลนคร การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยก็ได้คำนวณหาปริมาณตะกอนแขวนลอยโดยใช้ข้อมูลเรสำรวจจากพื้นที่ลุ่มน้ำสายต่าง ๆ ของประเทศไทย จากกราฟหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยรายปีกับพื้นที่ลุ่มน้ำได้สมการถดถอย

$$Q_s = 436.592 A^{-0.19}$$

โดย Q_s = ปริมาณตะกอนแขวนลอยรายปี ตัน/กม²

A = พื้นที่ลุ่มน้ำ กม²

เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำพองมีขนาด 297 กม² (A)

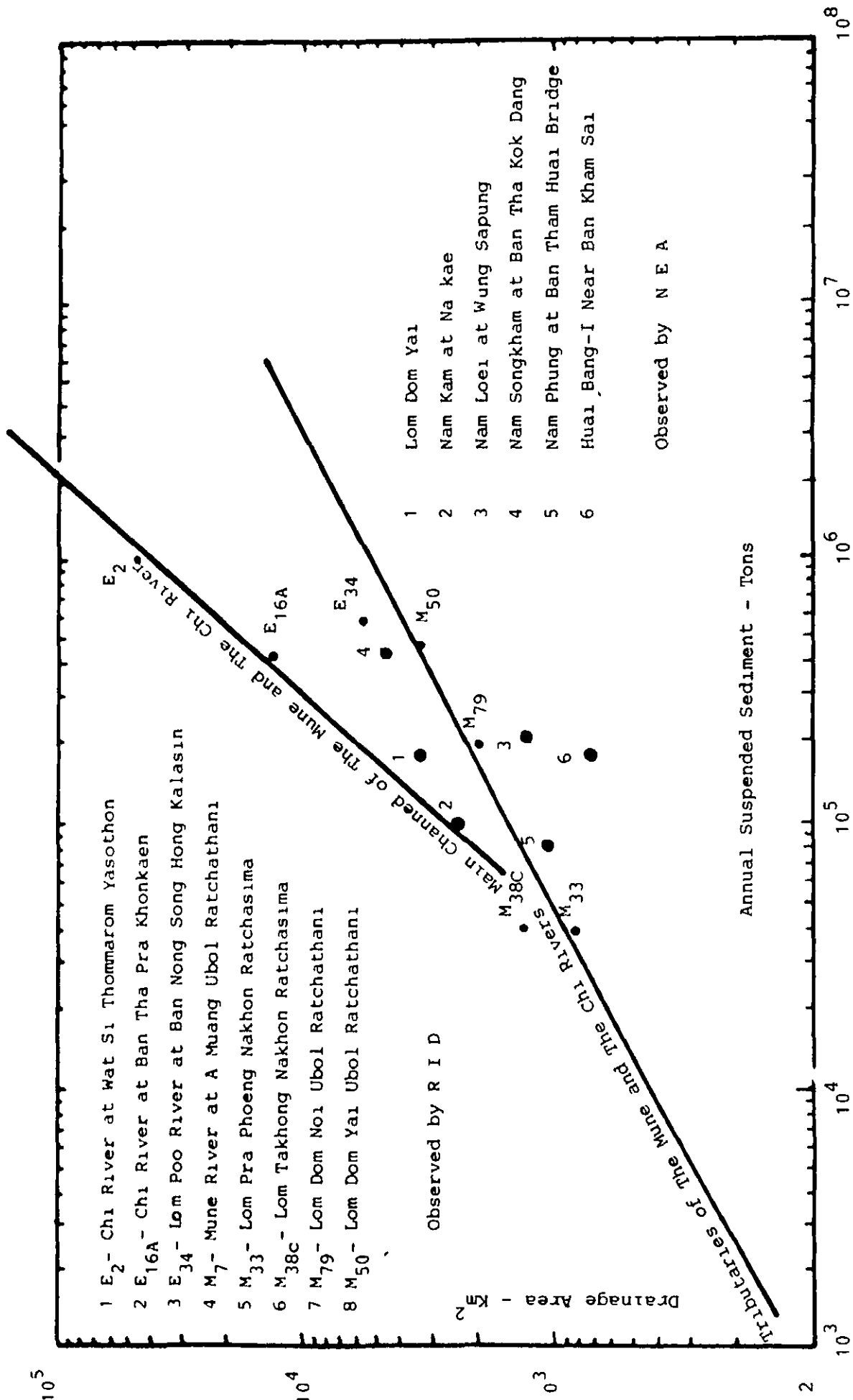
$$Q_s = 148 \text{ ตัน/กม}^2$$

ตะกอนแขวนลอยเข้าอ่างเก็บน้ำเขื่อนลุ่มน้ำพอง 43,956 ตัน

(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2520 : 25) * จป

การหาปริมาณตะกอนแขวนลอยยังได้จากสมการที่แสดง ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำเป็นรายเดือนกับปริมาณตะกอนที่ออกสู่พื้นที่ น้พ้น หล่อล้น ไหลลงเวถึงการทำปริมาณตะกอนแขวนลอย โดยใช้ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนแขวนลอยรายเดือนกับอัตราการไหลของน้ำเป็นรายเดือน นำไปแสดงเป็นกราฟถดถอย ซึ่งได้สมการ

$$\begin{aligned} Q_s &= KQ^n \\ \text{โดย } Q_s &= \text{ปริมาณตะกอนแขวนลอยเป็นตันต่อเดือน} \\ K &= \text{ค่า Intercept เมื่อ } Q \text{ เท่ากับ 1} \\ Q &= \text{จ้ออัตราการไหลของน้ำ } \text{ม}^3/\text{วินาที} \end{aligned}$$



ที่มา . การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย 2521 93

ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยกับพื้นที่ลุ่มน้ำมูล, ซี

ติดใจก่อน (พิมพ์ข้อ 39)

$n =$ ค่าโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 2 - 3 เมื่อ Q_s มีหน่วยเป็นตัน/วัน
(นิพนธ์ หลอนิล รท. 2521 : 2 - 3)

ตารางที่ 2 แสดงตะกอนแขวนลอยรายเดือนและอัตราการไหลของตะกอนแขวนลอยกับการไหลของน้ำ

เดือน	ตะกอนแขวนลอย (1,000 ตัน)	อัตราการไหล ม ³ /วินาที	หมายเหตุ
เม.ย.	2 3	9.22	ข้อมูล
พ.ค.	19.3	21.02	พ.ศ. 2510-2518
มิ.ย.	60.8	35.84	
ก.ค.	110	84.02	
ส.ค.	295.9	134.18	
ก.ย.	111.1	130.01	
ต.ค.	84.2	88.58	
พ.ย.	264.7	107.21	
ธ.ค.	79.8	58.14	
ม.ค.	23.2	23.34	
ก.พ.	4.8	9.83	
มี.ค.	2.7	7.60	
	รวม 1058.9×10^3	เฉลี่ย 59.08	

การหาตะกอนทองคำ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ประมาณการตกตะกอนทองคำในโครงการเชื่อมห้วยภุม โดยคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับตะกอนแขวนลอย ซึ่งลักษณะตะกอนแขวนลอยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีน้อยและลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย ย่อมแสดงว่าส่วนประกอบของตะกอนทั้งหมดเป็นพวกดินซิลต์ ดินทราย ซึ่งคนทรายหรือเม็ดทรายจะตกจมเร็วทำให้กลายเป็นตะกอนทองคำ ส่วนที่เหลือ (ดินซิลต์) เป็นตะกอนแขวนลอยซึ่งวัดได้น้อย ในการคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับตะกอนแขวนลอยของเขื่อนห้วยภุม กำหนดให้ตะกอนทองคำเป็น 100 % ของตะกอนแขวนลอย ซึ่งตะกอนแขวนลอยคำนวณได้ 4,600 ตัน/ปี ดังนั้นตะกอนทั้งหมดที่ไหลลงเขื่อนห้วยภุมทั้งปี มีค่า $4,600 + 4,600 = 9,200$ ตัน/ปี (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2521 : 94) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตและกรมชลประทานยังได้กำหนดปริมาณตะกอนทองคำจากตะกอนแขวนลอยอีกดังนี้

1. เขื่อนน้ำพอง ตะกอนทองคำ = 20 % ของตะกอนแขวนลอย
(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2520 : 25)
2. เขื่อนเขียวหวาน ตะกอนทองคำ = 20 % ของตะกอนแขวนลอย
(Electricity Generating Authority of Thailand, 1980 iii - 66)
3. เขื่อนแก่งกระจาน ตะกอนทองคำ = 30 % ของตะกอนแขวนลอย
(Electricity Generating Authority of Thailand, 1980 5)
4. อ่างเก็บน้ำห้วยกุดแดง รอยเขื่อน ตะกอนทองคำ = 40 % ของตะกอนแขวนลอย
(ชลประทาน 2524 : 10)
5. โครงการลุ่มน้ำแควไหลตอนบน ตะกอนทองคำ = 67 % ของตะกอนแขวนลอย หรือตะกอนทองคำ 40 % ของตะกอนทั้งหมด (Total loads)
(Electricity Generating Authority of Thailand, 1980 iii 49 - 50)

ในส่วนที่เกี่ยวกับการกำหนดค่าตะกอนทองคำนี้ นิพนธ์ หลอนนิล ได้กล่าวว่า การหาค่าตะกอนทองคำโดยประมาณจะแปรผันไปในค่าระหว่าง 0 - 100 % ของตะกอนแขวนลอย แต่โดยทั่วไปมักอยู่ในช่วงระหว่าง 5-25 % เท่านั้น (นิพนธ์ หลอนนิล 2521 : 4)

เมื่อทราบปริมาณตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำก็สามารถที่จะทราบการแผ่กระจายของตะกอนในอ่างเก็บน้ำหรือการลดความจุของอ่างเก็บน้ำได้ ซึ่งเป็นการประเมินอายุการใช้งานของแหล่งน้ำในอนาคต กรมชลประทาน กล่าวถึงการประเมินอายุการใช้งานของแหล่งน้ำหรืออ่างเก็บน้ำในอนาคตนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพในการกักเก็บตะกอนของอ่างเก็บน้ำ

(Trap Efficiency of Reservoir)

2. ชนิดของอ่างเก็บน้ำ (Type of Reservoir)

3. การทาน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอน (Unit Weight of Sediment)

4. การแผ่กระจายของตะกอน (Sediment Distribution)

(ชลประทาน 2524 : 12) $\times 100$

ประสิทธิภาพในการกักเก็บตะกอนของอ่างเก็บน้ำ (Trap Efficiency of Reservoir)

เมื่อตะกอนไหลตามน้ำเข้ามาในอ่างเก็บน้ำ จะมีตะกอนบางส่วนไหลออกไปกับน้ำที่ปล่อยออกจากอ่างควย อ่างเก็บน้ำแต่ละแห่งจะมีประสิทธิภาพในการกักเก็บตะกอนไม่เท่ากัน จากการศึกษามากมายของบรูเน (Brune) พบว่า ปริมาณตะกอนที่ไหลออกไปยังท้ายอ่างจะมีความสัมพันธ์กันของความจุของอ่างกับปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่าง (Capacity inflow ratio)

อัตราส่วนของความจุของอ่างเก็บน้ำต่อปริมาณน้ำ (Capacity inflow ratio)

$$= \frac{\text{ความจุของอ่างที่ระดับกักเก็บ}}{\text{ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลลงอ่างทั้งปี}}$$

ล้าน ลบ.ม.
ล้าน ลบ.ม.

จากการคำนวณพบว่า

$$\text{เขื่อนหลังสวนชุมพร ความจุที่ระดับ 98.8 (ร.ท.ก.)} = 6800 \text{ ล้าน ลบ.ม.}$$

$$\text{ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างตลอดปี} = 1834 \text{ ล้าน ลบ.ม.}$$

$$\text{อัตราส่วนความจุของอ่างเก็บน้ำต่อปริมาณน้ำ} = \frac{6800}{1834} = 3.7$$

นำค่า 37 ไปอ่านค่าประสิทธิภาพการกักเก็บตะกอนของอ่างเก็บน้ำจากตารางของ
 บรูเน (Brune's curve) อ่านค่าได้ 96 %

นั่นคือ เขื่อนหลังสวนชุมพร มีประสิทธิภาพในการกักเก็บตะกอน 96 % แต่อาจกำหนด
 ให้มีความสามารถในการกักเก็บตะกอนไว้ได้ทั้งหมด คือ 100 %

เขื่อนอุบลรัตน์ มีความจุอ่าง 2,550 ล้าน ลบ.ม.

ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลลงอ่างต่อปี 2,100 ล้าน ลบ.ม.

$$\therefore \text{อัตราส่วนความจุของอ่างเก็บน้ำต่อปริมาณน้ำ} = \frac{2550}{2100} = 1.21$$

นำไปอ่านค่าจาก ตารางของบรูเน พบว่า มีประสิทธิภาพการกักเก็บตะกอนของเขื่อน
 อุบลรัตน์ 97 % แต่ให้กำหนดความสามารถในการกักเก็บตะกอนเป็น 100 %
 หรือกักเก็บไว้หมด

(การไฟฟ้าฝ่ายผลิต 2522 : 3 - 5, และ นิพนธ์ หลอนนิล 2521 . 6 - 7)

เขื่อนน้ำพุง สกลนคร

ความจุอ่างเก็บน้ำ 165 ล้าน ลบ.ม.

ปริมาณน้ำไหลเข้า 108 ล้าน ลบ.ม.

$$\therefore \text{อัตราส่วนความจุของอ่างเก็บน้ำต่อปริมาณน้ำ} = \frac{165}{108} = 1.50$$

นำไปเทียบจากตารางของบรูเน

ประสิทธิภาพในการกักเก็บตะกอนของเขื่อนน้ำพุงมีค่า 98 % ของตะกอนทั้งหมด
 ที่ไหลลงอ่างแต่ให้คิดเป็น 100 %

(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2520 4)

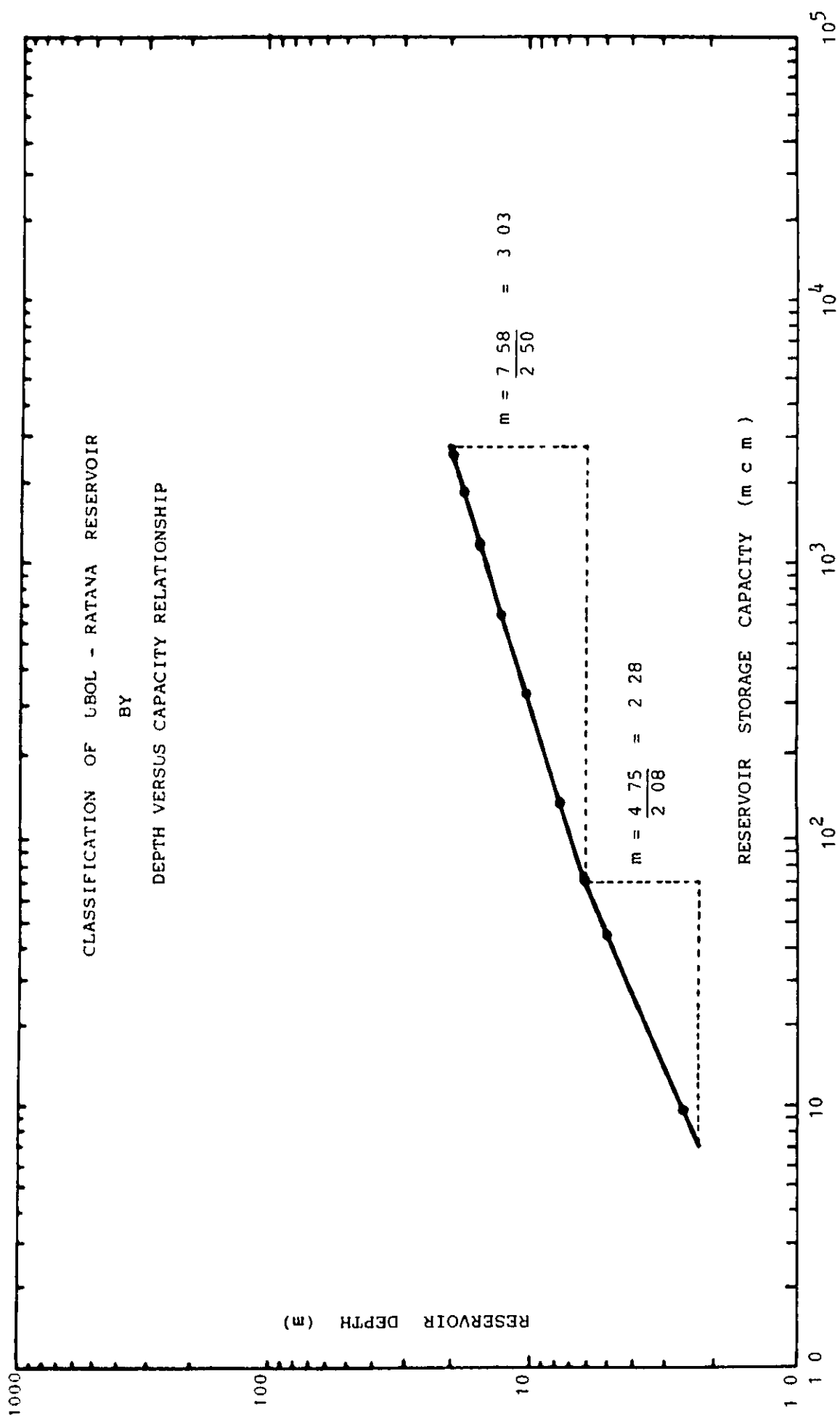
การหาชนิดของอ่างเก็บน้ำ

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตใช้วิธีการหาชนิดของอ่างเก็บน้ำด้วยวิธีของ เลน และโคเอลเซอร์ (Lane and Koelzer, 1965) โดยวิธีเขียนกราฟระหว่างความลึกของอ่าง (Y) กับความจุของอ่าง (X) บนกราฟลอการิทึม (Log-log scale) แล้วหาความสัมพันธ์ออกมาในรูปของส่วนกลับของความลาดชัน (slope, m) (ดังภาพที่ 8)

นำค่าที่ได้จากส่วนกลับความลาดชันไปเทียบกับตาราง การหาชนิดของอ่างเก็บน้ำของ เลน และโคเอลเซอร์ (Lane and Koelzer 1965) ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แสดงการหาชนิดของอ่างเก็บน้ำโดยวิธีการของ เลนและโคเอลเซอร์

Reservior Type	Reservior Operation	Inverted of slope (m)	Classification
I	Sediment always submerge or nearly submerge	3.5 - 4.5	Lake
II	Normally moderate to Considerable reservior drawdown	2.5 - 3.5	Flood plain-foot hill
III	Reservior normally empty	1.5 - 2.5	Hill
IV	Riverbed sediment	1.0 - 1.5	Gorge



ที่มา : การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย 2522 6
ภาพที่ 8 แสดงการจำแนกชนิดอ่างเก็บน้ำ เชื่อนอุบลรัตน์

เดิม

การคำนวณน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอน (Unit weight)

การคำนวณน้ำหนักตะกอนที่สะสมในอ่างเก็บน้ำโดยเก็บตัวอย่างตะกอนท้องน้ำที่จุดต่าง ๆ ในอ่างเก็บน้ำมาทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของขนาดตะกอนที่สะสมที่จุดต่าง ๆ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ได้ทำการวิเคราะห์ขนาดของตะกอน (Grain-size analysis) ของตะกอนท้องน้ำในแหล่งน้ำเหนือเขื่อนอุบลรัตน์ พบว่าตะกอนท้องน้ำประกอบด้วย หกราย 53 % ซิลต์ 43 % และดินเหนียว 4 % และให้ตะกอนทั้งหมดเป็นตะกอนท้องน้ำ 30 % ตะกอนแขวนลอยเป็น 70 % ดังนั้นตะกอนทั้งหมดจะประกอบด้วย หกราย 51 % , ดินซิลต์ 37 % และดินเหนียว 12 % (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ 2522 : 27 - 28) สำหรับเขื่อนห้วยกุ่ม เข็กภูมิ ไม่ได้ทำการสำรวจตะกอนแขวนลอยและตะกอนท้องน้ำไว้ จึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์ขนาดตะกอนท้องน้ำ (Grain-Size analysis) ทำให้ต้องกำหนดส่วนประกอบของตะกอนที่ไหลลงเขื่อนห้วยกุ่มเป็นพวกซิลต์ 50 % และหกราย 50 % เพราะลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ 2521 : 94) เมื่อกำหนดขนาดหรือชนิดของตะกอนท้องน้ำแล้วก็นำไปหาคำนวณน้ำหนักต่อหน่วย (Unit Weight) โดยใช้สูตรของ เลน และ โคเอลเซอร์ คือ

$$r = w_c P_c + w_m P_m + w_s P_s$$

โดย r = น้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต

P_c, P_m, P_s = เปอร์เซนต์ของดินเหนียว, ดินซิลต์และหกราย

w_c, w_m, w_s = สัมประสิทธิ์ของดินเหนียว, ดินซิลต์และหกราย

ทั้งนี้ต้องทราบชนิดของอ่างเก็บน้ำ (Type of Reservoir) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของ เลน และ โคเอลเซอร์ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของ Lane และ Koelzer

Type Reservoir	Reservoir Operation	Observation No.	Value of Coefficient						R	S	
			Clay			Silt		Sand			
			Wc	K	Wm	K	Ws	K			
I	Sediment always submerged or nearly submerged	262	26	16	70	5.7	97	0	0.830	12.3	197 14
II	Normally moderate to considerable reservoir	462	35	8.4	71	1 8	97	0	0.733	14.0	224.3
III	Reservoir normally empty	405	40	0	72	0	97	0	0.718	12.4	198 75
IV	Riverbed sediment	187	60	-	73	-	97	0	0.561	11.0	176.31

R = สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

S = การประเมินค่าผิดพลาดมาตรฐาน

(ที่มา . นิพนธ์ หลอนิล 2521 . 17)

เขื่อนห้วยกุ่ม ชนิดของอ่างเก็บน้ำจัดเป็นประเภทที่ 2 (Flood plain-foothill)

$$P_c, P_m, P_s = \% \text{ ดินเหนียว, \% ดินซิลต์, \% ทราย}$$

$$= 0, 50, 50$$

$$W_c, W_m, W_s = \text{สัมประสิทธิ์ของดินเหนียว, ดินซิลต์และทราย}$$

$$(\text{จากตารางของ เลน และโกเอลเซอร์}) = 24, 71, 97$$

$$\text{จาก } r = W_c P_c + W_m P_m + W_s P_s$$

$$r = 35 \times 0 + 71 \times 50 + 97 \times 50$$

$$= 84 \text{ ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต}$$

$$\text{หรือ} = 1.346 \text{ ตัน/ลูกบาศก์เมตร}$$

(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2521 : 94)

เขื่อนอุบลรัตน์ ขอนแก่น ชนิดของอ่างเก็บน้ำเป็นประเภทที่ 2 (Flood plain-foothill)

$$P_c, P_m, P_s = 12, 37, 51$$

$$W_c, W_m, W_s = 35, 71, 97$$

$$\therefore r = 35 \times 0.12 + 71 \times 0.37 + 97 \times 0.51$$

$$= 79.94 \text{ ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต}$$

$$\text{หรือ} = 1.260 \text{ ตัน/ลูกบาศก์เมตร}$$

(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2522 : 27 - 28)

แต่น้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของตะกอนจะผันแปรไปตามระยะเวลาของการตกตะกอนคือ น้ำหนักตะกอนปีนี้น้ำอีก 100 ปีข้างหน้า อาจไม่เท่ากัน ซึ่งจากการศึกษาของ เลน และโกเอลเซอร์ พบว่า น้ำหนักจำเพาะของตะกอนแห้ง (w_t) ณ เวลา t จะสามารถหาได้จากสมการ

$$W_t = W_1 + K \log T \quad (\text{Lane and Koelzer 1943 } 49 - 50)$$

โดย W_t = น้ำหนักเฉลี่ยของตะกอนหลังจากการเก็บกักน้ำ T ปี

W_1 = น้ำหนักตะกอนปีแรกที่หาได้ (Initial Unit Weight)

K = ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งเป็นค่าคงที่และขึ้นอยู่กับชนิดของอ่างเก็บน้ำ

ควา มิลเลอร์ (Miller. 1953) ได้ปรับปรุงสมการใหม่คือ

$$W_t = W_1 + \frac{0.4343 K}{62.4} \left[\frac{T}{T-1} (\log_e T) - 1 \right] \quad \text{ตัน/ม}^3$$

(Robert I. Strand. 1975 779 - 780, และ นิพนธ์ ชลนัต 2521 : 17)

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้กำหนดน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของตะกอน
ในเขื่อนอุบลรัตน์ไว้ดังนี้

$$\text{จากสมการ } t = r_o + \frac{0.4343 K}{62.4} \left[\frac{T}{T-1} (\log_e T) - 1 \right]$$

t = น้ำหนักตะกอนต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรตะกอนหลังจากที่เริ่ม
ตกตะกอนไปแล้วเป็นเวลา T ปี

$$K = k_c P_c + k_m P_m + k_s P_s$$

$$k_c, k_m, k_s = 8.4, 1.8, 0 \quad \text{ตามลำดับ} \quad (\text{Lane และ Koelzer})$$

$$P_c, P_m, P_s = 12, 37, 51$$

$$r_o = 79.94 \quad \text{ปอนด์/ฟุต}^3$$

$$K = 8.4 \times 0.12 + 1.8 \times 0.37 + 0 \times 0.51$$

$$K = 1.674$$

$$13 = 79.94 + \frac{0.4343}{62.4} (1.674) \frac{13}{12} (13 - 1)$$

$$= 81.23 \quad \text{ปอนด์/ฟุต}^3$$

$$= 1.280 \quad \text{ตัน/ม}^3$$

และสามารถแสดงน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรไว้ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงน้ำหนักต่อหน่วย ของตะกอนในเขื่อนอุบลรัตน์ ตามระยะเวลาต่าง ๆ

พ ศ	เวลาอายุอ่างเก็บน้ำ (ปี)	น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร (ตัน/ม ³)
2508	-	1.260
2521	13	1 280
2533	15	1 287
2558	50	1.294
2608	100	1 301
2708	200	1 309
2808	300	1 314
2908	400	1 317
3008	500	1 320

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2522 : 27 - 28

จว
*

ลักษณะทั่วไปของลุ่มน้ำหนองหารสกลนคร

พื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร อยู่ในเขตปกครองของอำเภอกุดบาก, -กิ่งอำเภอเต่างอย และอำเภอเมืองสกลนคร ของจังหวัดสกลนคร มีลักษณะภูมิประเทศแบ่งได้ 5 ลักษณะคือ (ภาพที่ 9-10)

1. เขตภูเขาสูงทางทิศใต้ คือแนวเทือกเขาภูพาน ซึ่งเป็นสันปันน้ำของจังหวัดกาฬสินธุ์ กับสกลนครและเป็นสันปันน้ำที่แบ่งน้ำเข้าสู่พื้นที่ลุ่มน้ำทุ่งที่ไหลลงสู่หนองหาร พืชพรรณธรรมชาติเป็นป่าดิบเขา

2 เขตที่ราบสูง มีลักษณะเป็นที่ราบสูงบนภูเขา มีการทำลายป่าไม้เพื่อใช้พื้นที่ทำการเกษตรกรรม มีการปลูกพืชที่สำคัญคือ มันสำปะหลัง, ถั่ว, มะละกอ, ละหุ่ง

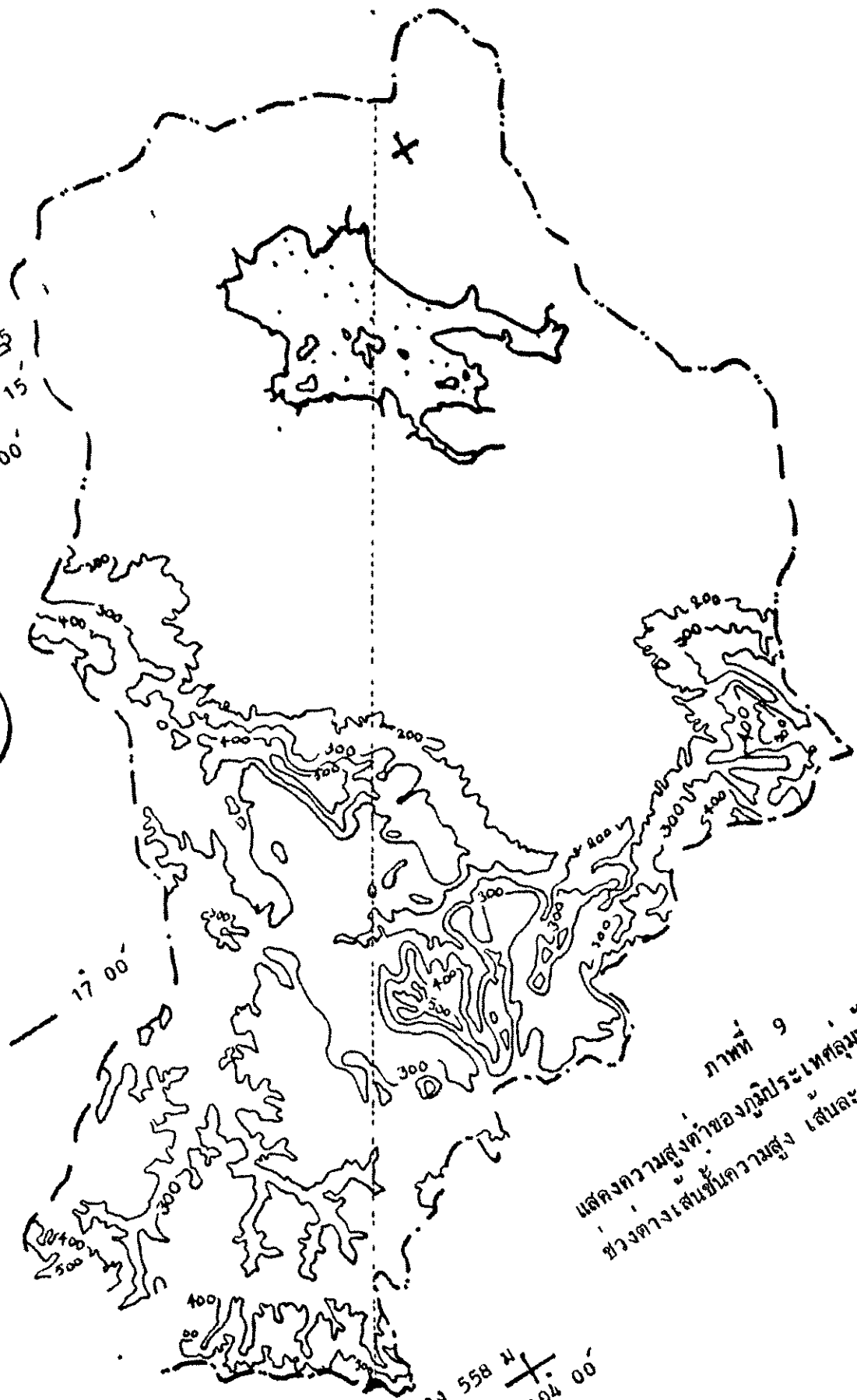
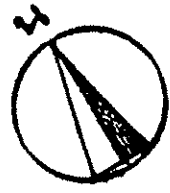
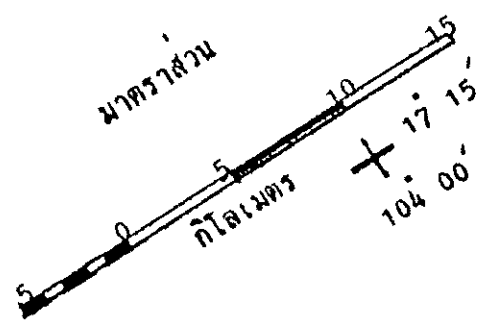
3. เขตที่ราบเชิงเขา มีลักษณะเป็นที่ราบลาดเอียงลงทางทิศเหนือสลับกับพื้นที่เนินลูกคลื่น ลอนสูง พืชพรรณธรรมชาติถูกทำลายเหลือสภาพเป็นป่าโปร่งและทุ่งหญ้าในทางเกษตรกรรม ไม้ปลูกพืชไร่ เช่น มันสำปะหลัง ถั่ว, มะละกอ, ปอแก้ว ส่วนในที่ลุ่มระหว่างเนินใช้พื้นที่ทำนาข้าว

4 เขตที่ราบลุ่มรอบ ๆ หนองหาร มีลักษณะเป็นที่ราบน้ำท่วมถึงทั้งยังเป็นบริเวณที่มีการสะสมของตะกอนที่ถูกน้ำฝนชะล้างมาจากที่ราบสูง สลับด้วยพื้นที่เป็นเนินลาดมาเล็ก ๆ ตามบริเวณที่เป็นเนินต่าง ๆ

5. แหล่งน้ำหนองหาร เป็นแหล่งน้ำธรรมชาตินับเป็นพื้นที่ต่ำสุด ที่ลำนํ้าต่าง ๆ ในลุ่มน้ำไหลมารวมกันที่หนองหาร และมีทางระบายน้ำออกจากหนองหารทางคันตะวันออกตามแนวลำน้ำกำลังสุแม่น้ำโขง

ลำน้ำที่ไหลลงสู่หนองหารมีทั้งหมด 14 สาย แบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ 2 ลักษณะคือ

1. ลำน้ำที่มิน้ำไหลตลอดปี ได้แก่ ลำน้ำทุ่ง นับว่าเป็นลำน้ำสายหลักที่ไหลลงสู่หนองหาร โดยมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาภูพานในแนวกันเขตแดนจังหวัดกาฬสินธุ์ - สกลนคร



ภาพที่ 9
แสดงความสูงต่ำของภูมิประเทศลุ่มน้ำหนองหาร
ช่วงทางเส้นชั้นความสูง เส้นละ 100 เมตร



จุดศูนย์กลาง 558 ม.
+ 17 00'
104 00'

ลักษณะดิน

37 Sc
27 Sk
20 Kc
16 On
10 Re
7 St

ดินห้วยคั้ง (Slope Complex)
 ดินชุดสกล (Sakon Series)
 ดินชุดโคราช (Korat Series)
 ดินชุดออน (On Series)
 ดินชุดรอยเอ็ด (Roi Et Series)
 ดินชุดสีทัน (Sithon Series)

ปากดินแดง

ป่าเบญจพรรณ

และ

ป่าไผ่

ป่าดิบแล้ง

ป่าไผ่

ป่าดิบ

ป่าดิบ

ป่าดิบ

1 10,000

มาตราส่วน

1 250,000



ลักษณะทางธรณีวิทยา

หินชุดมหาสารคาม ($K_g - K_k$)

หินชุดภูพาน (J pp)

หินชุดพระวิหาร (J pw)

หินชุดภูกระสัง (J jpk)

ป่าดิบ

ป่าดิบ

ป่าดิบ

เมตร รท ก

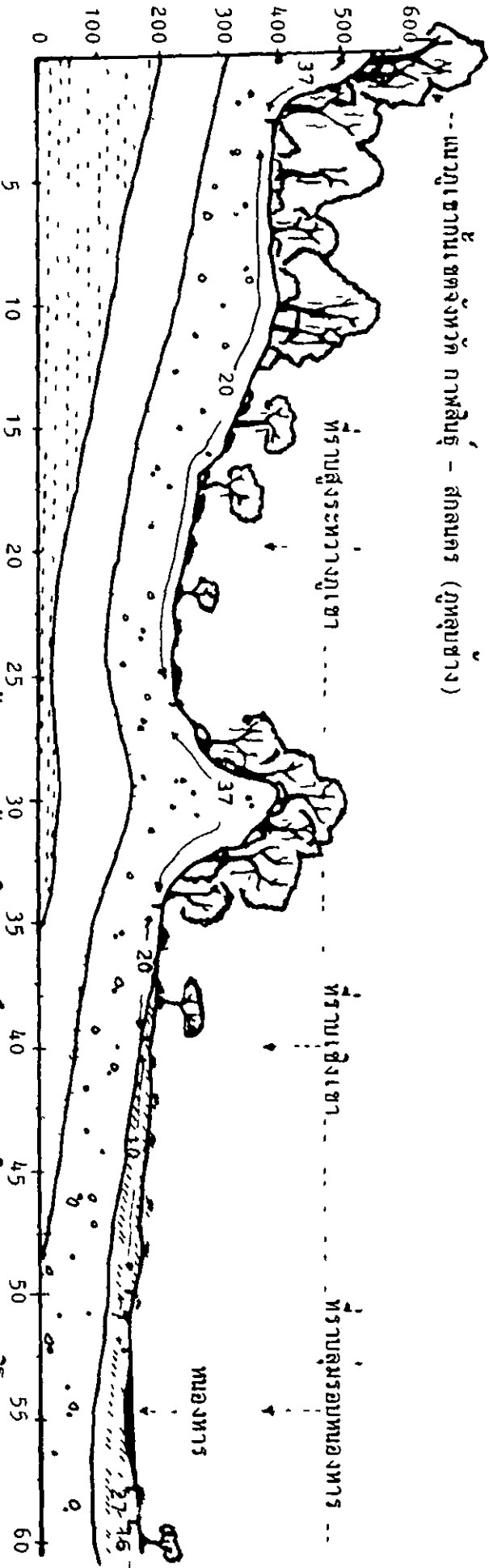
แนวภูเขาถนนเขตจังหวัด กาฬสินธุ์ - สกลนคร (ภูหลุมช้าง)

ที่ราบสูงระหว่างภูเขา

ที่ราบเชิงเขา

ที่ราบลุ่มรอบหนองหาร

หนองหาร



ภาพที่ 10

แสดงภาพทัศนียภาพของลักษณะภูมิประเทศ, พืชพรรณธรรมชาติ
 ดินและลักษณะธรณีวิทยาของลุ่มน้ำหนองหารสกลนคร

2. ลำน้ำที่มีน้ำเฉพาะฤดูหนาวหลากมีทั้งหมด 13 สาย มีลำน้ำที่สำคัญคือ ห้วยเคียก ห้วยโงง, ห้วยกระปอด, ห้วยสมอ, ห้วยน้ำลาก, ห้วยขึ้น และห้วยข่งน้ำพุ มีต้นน้ำจากเนินที่สูงรอบ ๆ หนองหาร

ลักษณะภูมิอากาศของลุ่มน้ำหนองหาร

ลักษณะภูมิอากาศ จัดอยู่ในเขตอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น (Savanna Climate...Aw) โดยมีอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนของสถานีตรวจอากาศจังหวัดสกลนคร

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม	เฉลี่ย	หมายเหตุ
อุณหภูมิ °ซ	22.6	24.8	27.7	29.6	28.8	28.2	28.1	27.5	27.3	26.7	25.0	22.7	-	26.6	-
ฝน มม.	7.8	20.4	45.0	78.6	226.5	270.3	208.7	316.9	263.8	64.9	6.5	2.4	1511.8	-	-

ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 25 ปี (พ.ศ. 2494 - 2518)

สถานีตรวจอากาศจังหวัดสกลนคร

ลักษณะทางธรณีวิทยาของลุ่มน้ำหนองหารและวัตถุต้นกำเนิดดิน

บริเวณทางตอนใต้ของจังหวัดหรือตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารมีโครงสร้างทางธรณีเป็นพวกหินทรายซุกูพานและพระวิหาร (Jpp-pw) ในยุคจูแรสซิก (Jurassic period) และมหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic Era) มีส่วนประกอบเป็นพวกหินทราย หินกรวดมน และหินทรายละเอียด

ตอนกลางของพื้นที่ลุ่มน้ำมีโครงสร้างทางธรณีเป็นพวกหินเกลือชุดโลกกรวด (Ks-kk) หรือเรียกอีกชื่อว่าชุดมหาสารคาม ในยุคครีเตเชียส (Cretaceous period) ของมหายุคมีโซโซอิกเช่นกัน โครงสร้างธรณีของพื้นที่บริเวณนี้จึงมักพบจราบเกลือในบริเวณทั่ว ๆ ไป

บริเวณที่ลุ่มน้ำหนองหารมีโครงสร้างทางธรณีเป็นดินตะกอนที่เกิดจากน้ำพัดพามาทับถมตามบริเวณโดยรอบหนองหาร (Q al) จึงเป็นดินตะกอนไควจูน (Quaternary) นับว่าอยู่ในยุคปัจจุบันทางธรณี (Recent) (พิจารณาแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดสกลนครประกอบ)

ฉะนั้นวัตถุต้นกำเนิดดินส่วนใหญ่จึงเป็นพวกดินตะกอนที่ถูกน้ำพัดพามาทับถม และดินที่เกิดจากการสลายตัวของหินโดยครั้งที่ไม่ได้มีการเคลื่อนย้ายมาจากที่อื่น (Residuum) จะพบดินชนิดนี้ตามเชิงเขาและมีหินโผล่ทั่ว ๆ ไป ดินที่ให้งานกำเนิดดินโดยตรงในบริเวณนี้ก็คือหินทราย หินกรวดมนและหินดินดาน จากรายงานการสำรวจดินจังหวัดสกลนครของกรมพัฒนาที่ดินได้แบ่งดินในลุ่มน้ำหนองหารมีดังนี้

1. ดินในที่ราบลุ่มปัจจุบันซึ่งมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มและแบนราบ (Flood plain and valley flated) ได้แก่อินชุดสีทัน (Sithon series, Lacustrine phase) ซึ่งเนื้อดินเป็นดินทรายปนโคลน เกิดจากตะกอนทับถมจากน้ำในหนองหาร พบในบริเวณพื้นที่ราบเรียบใกล้หนองหาร ฤดูฝนน้ำท่วม ฤดูแล้งน้ำลดใช้ปลูกผักได้

2. ที่ราบขั้นบันไดต่ำต่อกับที่ราบลุ่มปัจจุบัน (Low and Semi-recent terrace) ได้แก่ดินชุดรอยเอ็ด (Roi Et series) และดินชุดอน (On Sires)

ดินชุดรอยเอ็ดเป็นดินตะกอนที่ทับถมมานานแล้วของลำน้ำ ส่วนใหญ่พบบนพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบและลูกคลื่นลอนลาด เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนร่วน สีเทาอ่อน ดินชั้นนี้ใช้ประโยชน์ทำนามากที่สุด

ดินชุดคอน คล้ายดินรอยเอ็ดแต่ชั้นดินตื้น มีชั้นของศิลาแลงปนกรวด (Lateritic gravels) จับตัวแข็ง ลึก 50 ซม. ใช้ประโยชน์ทำนา นอกจากบางแห่งมีศิลาแลงโผล่ขึ้นมาบนผิวดิน จึงมักถูกทิ้งเป็นนาร้าง

3. ที่ราบบันไดชั้นกลาง (Middle Terrace) ดินมีอายุมากกว่า สังเกตชั้นดินชัดเจน ชั้นดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วน ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว ได้แก่ ดินชุดโคราช (Khorat series) และดินชุดโพนพิสัย (Phon Phisai series) ดินชุดสกล (Sakol series) และดินชุดสกล-โพนพิสัย (Sk/P_p)

ดินชุดโคราชเกิดจากการทับถมมานานแล้วของตะกอนลำน้ำ พบในที่ราบจนถึงพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด การใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่เป็นป่าแดง บางแห่งถูกถางทำไร่ ส่วนที่ใกล้หมู่บ้านปลูกไม้ยืนต้น เช่น มะพร้าว มะม่วง ชุน และพืชผัก

ดินชุดโพนพิสัยเกิดจากการทับถมมานานแล้วของตะกอนลำน้ำในสภาพลูกคลื่นลอนลาด และที่ต่ำของที่ราบบันไดชั้นกลาง ชั้นดินลึก การระบายน้ำเร็ว มีลูกวังและดินเหนียวในชั้นดินล่าง มีการพังทลายหน้าดินสูง ใช้ปลูกพืชไร่และเป็นป่า

ดินชุดสกล เป็นดินร่วนปนทรายละเอียด สีน้ำตาลปนเทา ใช้ประโยชน์ทำนาและบางบริเวณเป็นป่าเต็งรัง พลวง เหียง อยู่ทางคานตะวันตกเฉียงเหนือของหนองหาร

ดินชุดสกล-โพนพิสัย เป็นดินรวมของชุดสกลกับโพนพิสัย โดยดินสกลจะมีศิลาแลงจับกันแน่น ส่วนโพนพิสัยมีศิลาแลงจับกันหลวม ๆ ซึ่งดินชุดนี้จะอยู่ทางทิศเหนือของหนองหาร

4. ดินคามากี่ราบชั้นบันไดสูง (High terrace) ในลุ่มน้ำหนองหานนั้นนับว่าเป็นดินที่เคลื่อนที่ได้ (Transported) และเป็นดินที่เกิดจากการสลายตัวของหินทรายในพื้นที่นั้น (Residual material) เกิดการทับถมอยู่ในบริเวณเดิม ซึ่งได้แก่ ดินชุดบรีอ (Borabu Complex soil)

ดินบรือ เป็นดินที่สลายตัวจากหินทรายที่อยู่กับที่และพังทะลายลงมาทับถม โดยแรงดึงดูดของโลก พบตามที่ลาดสูง เป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย, ไม่ได้ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เพราะดินมีความลาดสูง และมีหินทรายโผล่เป็นแห่ง ๆ สภาพส่วนมากเป็นป่าไม้ พบมากตอนต้นน้ำของลุ่มน้ำหนองหาร

5. ดินตามภูเขา ชั้นดินชั้นมีดินโผล่ มีความลาดสูงมาก ไม่สามารถใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ยังคงสภาพเป็นป่าอยู่ ได้แก่ บริเวณต้นน้ำลำธาร เป็นดินที่สลายตัวจากหินตกน้ำเน็ด (Residual material) ได้เกิดชั้นดินผสมตามลาดชันสูง (Slope Complex soil)

ในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารสามารถระบุชนิดของดินที่มีมากที่สุดเรียงลำดับดังนี้คือ

- 1 ดินชุดโคราช
- 2 ดินชุดรอยเอ็ด
- 3 ดินผสมตามลาดชัน (Slope Complex soil)
- 4 ดินชุดสกล - โพนพิสัย
5. ดินชุดสกล
6. ดินชุดอน
7. ดินชุดสีทัน
8. ดินชุดโพนพิสัย
9. ดินชุดบรือ

(วิไล บุญยะวัฒน์ และ สุเมธ เกื้อกูลวงศ์ 2516 : 1 - 22)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

1. แหล่งข้อมูลและเครื่องมือ

- 1.1 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 กรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L. 7017 ระวาง 5742I, 5743I, II, 5842I-IV, 5843 II-IV
- 1.2 แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 250,000 กรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด 1501S ระวางรอยเอ็ดและนครพนม
- 1.3 ภาพถ่ายทางอากาศ กรมแผนที่ทหาร บริเวณหนองหาร มาตราส่วน 1 : 40,000 ปี พ.ศ. 2510
- 1.4 ภาพถ่ายดาวเทียม มาตราส่วน 1 : 250,000 แบนด์ 5, 7 ช่วงฤดูหนาว (ตุลาคม - กุมภาพันธ์) ตั้งแต่ พ.ศ. 2516 - 2524 กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการสภาวิจัยแห่งชาติ
- 1.5 สถิติปริมาณน้ำฝน รายเดือน รายปี พ.ศ. 2515 - 2524 กรมอุตุนิยมวิทยา ของสถานีตรวจอากาศ สกลนคร, ประจักษ์ก่ำ, บ้านสร้างคอ สกลนคร, สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรสกลนคร
- 1.6 สถิติอุทกวิทยา เล่ม 1 พ.ศ. 2515 - 2524 กองอุทกวิทยาการพลังงานแห่งชาติ
- 1.7 แผนที่แสดงค่าการพังทลายของดิน (Mapping Units) คัดจากสูตรสมการการสูญเสียดินสากล มาตราส่วน 1 : 1,000,000 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรฯ
- 1.8 ลำไม้ไผ่สเกลประกอบยาว 7 เมตร ใช้วัดความลึกของน้ำในหนองหาร
- 1.9 อุปกรณ์และเครื่องมือ ในการแปลภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม
- 1.10 เอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2 การทำแผนที่

2.1 ทำแผนที่ลุ่มน้ำหนองหาร มาตราส่วน 1 : 250,000

2.2 ทำแผนที่เส้นชั้นความลึกของหนองหารมาตราส่วน 1 : 50,000 เพื่อ

หาปริมาณความจุของหนองหาร

2.3 ขยายแผนที่แสดงค่าการพังทลายของดิน (Mapping Units) ของลุ่มน้ำหนองหาร จากมาตราส่วน 1 : 1,000,000 ขยายเป็นมาตราส่วน 1 : 250,000

3 การรวบรวมข้อมูล

3.1 ศึกษาเตรียมการ การใช้เครื่องมือและวิธีการเพื่อวัดความลึกของระดับน้ำในหนองหาร

3.2 สำรวจสภาพความลึกของหนองหาร

3.3 ศึกษาและรวบรวม สถิติปริมาณน้ำฝน อัตราการไหลของน้ำปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำหนองหาร

3.4 ศึกษาวิธีการและการหาข้อมูล ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ป่าไม้จากภาพถ่ายดาวเทียม

3.5 ศึกษาสภาพธรณีสัณฐานของพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร

3.6 ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4 การจัดกระทำข้อมูล

4.1 หาปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร โดยแบ่งเป็น 2 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำทุ่ง และลุ่มน้ำของลำน้ำสายสั้นรอบ ๆ หนองหาร

4.1.1 หาปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำทุ่ง โดยใช้ข้อมูลจากการวัดตะกอนของการพลังงานแห่งชาติ ณ สถานีวัดบ้านทามไฮ ถึงอำเภอดงออย จังหวัดสกลนคร ในช่วงเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2515 - 2524)

4.1.2 หาปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร โดยอาศัยแผนที่ (Mapping Units) แสดงการสูญเสียดินของกรมพัฒนาที่ดิน

4.1.2 1 จากสมการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation) คือ

$$A = R.K.LS.C.P$$

ค่าการสูญเสียดิน (A) ในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารในระยะเวลา 10 ปี (2515 - 2524) กำหนดให้ค่า K, LS , และ P เป็นค่าคงที่ ส่วนค่า C และ R เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงของค่า C ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม ส่วนค่า R ที่เปลี่ยนแปลงหาได้จากการแทนค่าปริมาณน้ำฝนในสมการ พยากรณ์ค่า R ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ของความสามารถชะล้างพังทลายของน้ำฝน กับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของกรมพัฒนาที่ดินจัดทำไว้ ดังสมการ

$$Y = 0.1416 X - 16.4841 \quad (r = 0.7224)$$

นำค่า R, K, LS, C, P ของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารแต่ละปีรวม 10 ปี แทนค่าในสมการการสูญเสียดินสากล (USLE.) ก็จะได้ปริมาณดินที่สูญเสียไปในแต่ละปี จำนวน 10 ปี

4.1.2.2 ปริมาณดินที่สูญเสียจากการคำนวณด้วยสมการสากลการสูญเสียดินนั้น เป็นตะกอนดินจากน้ำฝนต้องเปลี่ยนเป็นค่าของตะกอนน้ำพาหรือตะกอนแขวนลอย โดยใช้สูตร สัดส่วนการพัดพา (Delivery Ratio)

$$DR = \frac{SS}{A} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad SS = \frac{DR \times A}{100}$$

4.1.2.3 ทาค่า DR จาก $f(DA, R/L)$ ของลุ่มน้ำ 10 แห่งของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังสมการ Multiple Regression

$$DR = a + b DA + c R/L$$

- โดยการขยายแผนที่ (Mapping Units) แสดงค่าการสูญเสียดินสากล (A) จากมาตราส่วน 1 : 1,000,000 เป็น 1 : 250,000 จำนวน 10 ลุ่มน้ำ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือทั้งหมด

- คำนวณหาพื้นที่แต่ละ Unit ของแต่ละลุ่มน้ำ เพื่อเปลี่ยนเป็นค่าการสูญเสียดิน

- คำนวณหาค่า อัตราการพัดพา (DR) พื้นที่ลุ่มน้ำ (DA) และ สัดส่วนของความต่างระดับกับความยาวลุ่มน้ำ (R/L) ของแต่ละลุ่มน้ำ นำตัวแปรทั้งสามมาหาความสัมพันธ์ในลักษณะพหุคูณ และสร้างสมการพยากรณ์

$$DR = a + b DA + c R/L$$

4 1.2.4 นำค่า $DR = a + b DA + c R/L$ เป็นสมการพยากรณ์หาค่า DR ของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร จากตัวแปร DA และ R/L จะได้ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS) ในแต่ละปีดังสมการ

$$SS = \frac{DR \times A}{100}$$

โดยค่า A เป็นค่าที่เปลี่ยนไปในแต่ละปี

4 1 3 นำค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยของแต่ละปี รวมกับค่าตะกอนท้องน้ำ (Bed load) ซึ่งมีค่า 20 % ของตะกอนแขวนลอยในแต่ละปี ก็จะได้ตะกอนรวม (Total Load) ของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร

4.2 นำข้อมูลความลึกของหนองหารสร้างเป็นแผนที่แสดงชั้นความลึกมาตราส่วน 1 : 50,000 โดยเส้นชั้นความลึกช่วงละ 1 เมตร

4.3 หาอิทธิพลอันเกิดจากการที่ตะกอนสะสมตัวในหนองหาร

4 3.1 หาปริมาณความจุของหนองหารในระดับความลึกต่าง ๆ
(152.50 - 157.50 เมตรที่ ร ท ก.)

4 3.2 หาประสิทธิภาพการกักเก็บตะกอน (Sediment Trap Efficiency) ของหนองหาร โดยวิธีการของบรูเนส์ (Brune's)

4 3.3 หาประเภทของแหล่งน้ำ (Type of Reservoir) โดยวิธีการของ เลนและโคเอลเซอร์ (Lane and Koelzer)

4.3.4 คำนวณน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอน (Unit Weight) ในเวลาช่วง
2515 - 2524 (Initial Unit Weight) 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 750
1000, 1250, 1500, 1750 และ 2000 ปี ในอนาคต

4.4 วิเคราะห์ข้อมูลตามสมมุติฐานการศึกษา

4.5 สถิติที่ใช้

4.5.1 หาคาสหสัมพันธ์ด้วยวิธีการของ Pearson Product Moment

4.5.2 หาคาสหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation)

บทที่ 4

การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณตะกอนทั้งหมดที่เคลื่อนตัวลงสู่หนองหาร

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์การกักเก็บ

ตอนที่ 1) การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณตะกอนทั้งหมดที่เคลื่อนตัวลงสู่หนองหาร

เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร (Nong Han Basin) แบ่งเป็นลุ่มน้ำฟุ้ง (Nam Pung Basin) และลุ่มน้ำของลำน้ำสายสั้นรอบหนองหาร/คันภาพที่ 28 ในภาคผนวก ก ดังนั้น การวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณตะกอนจึงมี 2 ลักษณะ คือ

- 1 การหาปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำฟุ้ง
- 2 การหาปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร

การหาปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำฟุ้ง

ปริมาณตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำฟุ้ง ได้จากการสำรวจของกองอุทกวิทยาการพลังงานแห่งชาติ ณ บริเวณ สะพานข้ามลำน้ำฟุ้ง บ้านทามไฮ ถึงอำเภอเต่างอย จังหวัดสกลนคร ดังตารางแสดงปริมาณตะกอนต่อไปนี้

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำพุง รายปี (2515 - 2524)

ปี พ.ศ.	ปริมาณตะกอนแขวนลอย (ตัน)	หมายเหตุ
2515	73,800	แหล่งขอมูล
2516	10,200	กองอุทกวิทยา
2517	71,613	การพลังงานแห่งชาติ
2518	27,600	กระทรวงวิทยาศาสตร์
2519	11,900	และเทคโนโลยี
2520	30,000	
2521	131,000	
2522	194,000	
2523	43,400	
2524	102,000	

การหาปริมาณตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร

เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร ยังไม่มีหน่วยงานใดทำการสำรวจหาปริมาณตะกอนแขวนลอย จึงต้องหาวิธีการเพื่อทราบปริมาณตะกอนจากพื้นที่ลุ่มน้ำที่ไหลลงไปสะสมในหนองหาร ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1. หากการสูญเสียดิน หรือการชะล้างดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารในระยะเวลา 10 ปี (2515 - 2524) โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil

Loss Equation) $A = R K L S.C.P$

A คือ การสูญเสียดินหรือการชะล้างดินอันเกิดจากตัวแปร $R.K.LS.C.P$.

- R คือ ค่าดัชนีแสดงสมรรถนะการกัดเซาะของฝน
(Rainfall Erosivity Index)
- K คือ ค่าดัชนีแสดงสมรรถนะการชะล้างพังทลายของดิน
(The Soil Erodibility Factors)
- LS คือ ค่าดัชนีแสดงอิทธิพลของความลาดชัน (The Slope Factors) ต่อการ
พังทลายของดิน
- C คือ ค่าดัชนีของการปกคลุมดินของพืช (Vegetation Cover Factors)
- P คือ ค่าปัจจัยและอิทธิพลของระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ
(Erosion Control Practice Factors)

กำหนดให้ค่า K, LS และ P เป็นค่าคงที่ ส่วนค่า C และ R เป็นค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ ในช่วง 10 ปี (2515 - 2524) ซึ่งสอดคล้องกับการพิจารณาหาการสูญเสียดินจากสมการการสูญเสียดินสากล (USLE.) ทั่วประเทศ โดยกรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดปัจจัยที่คงที่ไว้แก่ ค่า K และ LS ส่วนค่าที่ผันแปร ก็คือค่า R, C, และ P (พัฒนาที่ดิน 2524 : 22) แต่เนื่องจากค่าปัจจัยและอิทธิพลของระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ (P) ยังไม่มีมาตรฐานสำหรับประเทศไทย ยกเว้นที่นาเท่านั้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่วนพื้นที่อื่น ๆ มีระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำน้อยมาก จึงใช้ค่า P สอดคล้องกับความลาดชัน และการใช้ประโยชน์จากที่ดินโดยการปรับปรุง จากข้อมูลฐาน ของ สมิต และวิชัยไมเออร์ (พัฒนาที่ดิน 2524 : 4) ในการศึกษาครั้งนี้จึงยึดถือค่า P เป็นค่าคงที่ โดยใช้ค่าเดิมที่กรมพัฒนาที่ดินกำหนดไว้ จากการประเมินสถานการณ์การชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย นั่นคือ การกำหนดให้ ค่า K, LS, และ P เป็นค่าคงที่ ในช่วงเวลา พ.ศ. 2515 - 2524 และค่า C กับ R เป็นค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาดังกล่าว

1.1 การหาค่า C ในลุ่มน้ำดังกล่าว ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม (Thailand ID 3 - 4 Band 5, 7 และ แผ่น Diazochrome ของช่วงเวลา 721025, 751212 761030, 791130 (จากกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติวิทยาดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ซึ่งกำหนดการจำแนกชนิดการใช้ที่ดินดังตารางที่ 8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 8 แสดงเปอร์เซ็นต์การใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร

ชนิดการใช้ที่ดิน	พ.ศ. 2515 ช่วงเวลา 721025	พ.ศ. 2518 ช่วงเวลา 751212	พ.ศ. 2521 ช่วงเวลา 781030	พ.ศ. 2522 ช่วงเวลา 791130	หมายเหตุ
ป่าดิบแล้ง	2.43	2.22	2.21	2.38	1. หน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์
ป่าเบญจพรรณ	18.25	18.44	15.99	13.83	
ป่าโคก	16.63	16.65	16.71	13.12	2. พื้นที่ลุ่มน้ำ ทั้งหมด 830
รวมพื้นที่ป่าไม้	37.32	37.31	34.91	29.33	
นาดอน	14.98	15.16	15.14	13.60	ตารางกิโล เมตร
นาลุ่ม	34.82	37.20	35.16	47.01	
รวมพื้นที่นา	49.80	52.35	50.30	60.60	
แหล่งน้ำ	12.94	10.32	14.78	10.65	

ตารางที่ 9 แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในเขตลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร

ปี พ.ศ.	เปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ / 1,000 ไร่	หมายเหตุ
2515	37.32	ข้อมูลได้จากปีสำรวจ 2515, 2518, 2521, 2522 ส่วนที่ขาดใช้วิธีค่าเฉลี่ย และ Least Square
2516	37.317	
2517	37.314	
2518	37.31	
2519	36.51	
2520	35.71	
2521	34.91	
2522	34.11	
2523	33.31	
2524	32.51	

จากตารางที่ 8 และตารางที่ 9 แสดงถึงการไ้ที่คืนในลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร ซึ่งสามารถแยกได้ลักษณะที่สำคัญคือ ป่าไม้ และพื้นที่นาข้าวที่มีการเปลี่ยนแปลง ชนิดการไ้ที่คืน น้อยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา โดยในปี พ.ศ. 2515 มีพื้นที่ป่าไม้ 37.32 % และในปี พ.ศ. 2524 มีพื้นที่ป่าไม้ 32.51 % อัตราการเปลี่ยนแปลง เฉลี่ย ปีละ 0.48 % เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจาก

1 บริเวณตอนบนลุ่มน้ำเป็นที่สูงของภูเขา มีสภาพเป็นป่าไม้อยู่ในพื้นที่ของอุทยาน แห่งชาติภูพาน และป่าสงวนแห่งชาติ ดงสมบูรณ์-ลาดกระเอน และป่าสงวนแห่งชาติ ป่าภูลอม ข้าว-ภูเห็ก ซึ่งมีนโยบายรักษาสภาพความเป็นป่าไม้ที่ค่อนข้างคงที่ (ดูภาพที่ 20 ในภาคผนวก)

2. บริเวณโดยรอบหนองหารมีลักษณะเป็นที่ราบ มีการไ้ที่คืนเพื่อทำนามาเป็นเวลาด นาน หลายชั่วอายุคน ลักษณะการไ้ที่คืนเพื่อเกษตรกรรมแบบนาข้าวที่ค่อนข้างคงที่ ฉะนั้นในการ กำหนดให้ค่าการไ้ที่คืน(c) ในลุ่มน้ำนี้เป็นค่าคงที่ตามการกำหนดโดยกรมพัฒนาที่ดินกำหนดไว้ ในการหาค่าการสูญเสียกัน พ.ศ. 2515 ในบริเวณนี้
(พัฒนาที่ดิน 2524 : 13)

1.2 การหาค่าการขึ้นสมรรถนะ การชะล้างพังทลายของดิน(R-factors) ในลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร

หาค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าวด้วยวิธีของไ้สเซน(Theissen Method) โดยใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุณิมวิทยา อำเภอเมืองสกลนคร สถานีวัดน้ำฝนประตูน้ำท่า หนองหาร สกลนคร สถานีอากาศเกษตร อำเภอเมืองสกลนคร และสถานีวัดน้ำฝนบ้านสร้างคอ อำเภอ กุศบาทสกลนคร ตามตารางที่ 31 และภาพที่ 27 ในภาคผนวก นำค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ได้ จำนวน 10 ปี (2515 - 2524) แปลงเป็นค่า R-factors โดยใช้สมการพยากรณ์ ค่า R-factors ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของกรมพัฒนาที่ดิน ดังภาพที่ 11 ในภาคผนวก
(พัฒนาที่ดิน 2526 : 106) ดังสมการ $Y = 0.1416 X - 16.4841$

โดย Y คือค่าการขึ้นสมรรถนะการชะล้างพังทลายของดิน(R-factors)

X คือ ปริมาณน้ำฝนหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) 0.7224

ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (P^2) 0.5218

ผลปรากฏ ค่า R-factors ของลุ่มน้ำดังกล่าวในแต่ละปีตามตารางต่อไปนี้
 ตารางที่ 10 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยและการรวมการชะล้างพังทลายของฝน
 (R-factor) รายปีของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร

พ.ศ	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (ม.ม.)	R - factors	หมายเหตุ
2515	1538.0	201.3	1. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยได้ จากวิธีการของทิสเซน (Theissen Method)
2516	1359.3	176.0	
2517	1817.0	240.8	
2518	1533.1	200.6	
2519	1168.7	149.0	2. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปี (2515-2524) มีค่า 1507.5 ม.ม.
2520	1213.7	155.4	
2521	1739.0	229.7	
2522	1506.1	196.8	
2523	1521.9	199.0	
2524	1677.9	221.1	

จากสมการการสูญเสียดินสากล (USLE) $A = K.R.LS.C.P$ นั้นได้กำหนดค่า
 K , LS , C , และ P ของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารเป็นค่าคงที่ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น โดย
 ใช้ค่าจากตัวแปรดังกล่าวตามที่กรมพัฒนาที่ดินได้กำหนดไว้ในการศึกษาการสูญเสียดินบริเวณลุ่มน้ำ
 หนองหาร (ปี พ.ศ. 2515) - (พัฒนาที่ดิน 2524 : 1-37) และค่าคงที่จากตัวแปรดังกล่าว
 ปรากฏตามตารางที่ 1. ในภาคผนวก และค่า R - factors เป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงได้ดังตาราง
 ที่ 10 ฉะนั้นจึงสามารถหาค่าการสูญเสียดินสากล (A) ของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารในช่วง
 เวลา 10 ปี (2515 - 2524) ดังกล่าว ตามภาพที่ 12 ตารางที่ 12 และ 13 ในภาคผนวก
 และสามารถกำหนดค่ารวมของการสูญเสียดินสากล (A) รายปี 2515 - 2524 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ
 สายสั้นรอบหนองหารได้ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 14 แสดงการรวมการสูญเสียดินสากล(A) รายปี 2515 - 2524 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ
สายสั้นรอบหนองหาร (ตามสมการ $A = K.R.LS.C.P.$)

พ.ศ.	การรวมการสูญเสียดินสากล (A)	หมายเหตุ
2515	4,566,641.1	หน่วย ตัน/กม ²
2516	3,992,694.2	
2517	5,462,730.1	
2518	4,550,762.7	
2519	3,380,178.5	
2520	3,525,361.6	
2521	5,214,079.3	
2522	4,467,263.6	
2523	4,517,187.4	
2524	5,018,858.2	

จากตารางที่ 14 แสดงว่าในพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าวนี้ การรวมของการสูญเสียดินสากล(A) ซึ่งเกิดจากตัวแปร K $LS.C.P$ และ R ทำให้มีการชะล้างพังทลายดินจากพื้นที่เดิมไปทับถมตามบริเวณที่ลาดชันต่าง ๆ ก่อนลงสู่ลำน้ำ โดยตัวแปรจากน้ำฝน(R -factors) จะมีความสำคัญมากที่สุด ตามที่สมเจตน์ จันทรวัฒน์ กล่าวไว้ว่า น้ำฝนเป็นตัวการพังทลายดินที่สำคัญ โดยที่เมื่อน้ำฝนทำให้อนุภาคดินแตกกระจายและขนย้ายอนุภาคดิน เมื่อน้ำฝนกลายเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดินก็ยังทำให้อนุภาคดินแตกกระจายและขนย้ายอีกเช่นกัน
(สมเจตน์ จันทรวัฒน์ 2525 : 250)

2 การเปลี่ยนค่าการสูญเสียดินสากล (A) เป็นค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยของพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร

ไคท์ เก ย้ง (Kiehl K. Young 1975 I 1-9) กล่าวถึงค่าการสูญเสียดินสากล (A) เป็นค่าการสูญเสียดิน ซึ่งถูกชะล้างทับถมตามบริเวณที่รับ หรือที่ราบต่าง ๆ โดยส่วนหนึ่งจะถูกพัดพาลงสู่ลำน้ำ ให้เคลื่อนตัวต่อไป อัตราการพัดพาเคลื่อนที่ (Sediment - Delivery ratio) ได้จากสัดส่วนของดินส่วนหนึ่งที่ถูกพัดพาลงสู่ลำน้ำกับปริมาณดินที่สึกกร่อนพังทะลาย ซึ่งได้จากสมการการสูญเสียดินสากล (USLE.) สามารถเขียนในรูปสมการ

$$DR = \frac{SS}{A} \times 100 \quad \dots \dots (1)$$

โดย DR คือ อัตราการพัดพาตะกอน (Sediment Delivery ratio)

SS คือ ปริมาณตะกอนแขวนลอย (Suspended Sediment)

A คือ ปริมาณดินที่เกิดจากการสูญเสียดิน (The Compute soil loss)

ดังนั้นเมื่อทราบค่าการสูญเสียดินทั้งหมดแล้ว และต้องการทราบค่าปริมาณตะกอนแขวนลอย ที่ถูกพัดพาในลำน้ำลงสู่หนองหารจึงต้องหาอัตราการพัดพาตะกอน (DR) เสียก่อน จึงจะนำไปแทนค่าในสมการ (1) เพื่อหาค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยได้ แต่เนื่องจากยังไม่มีการหาอัตราการพัดพาตะกอนในลุ่มน้ำดังกล่าว จึงต้องหาอัตราการพัดพาตะกอนจากสมการพยากรณ์ ของลุ่มน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยดัดแปลงสมการของ เกรแฮม เรนโฟร (Graham W. Renfro. 1975 37 - 42) เป็น $DR = f (DA, R/L)$

$$\text{หรือ } DR = a + b DA + C R/L$$

DR คือ อัตราการพัดพาตะกอน หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

DA คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ หน่วยเป็นตารางกิโลเมตร

R/L คือ สัดส่วนของความต่างระดับกับความยาวลุ่มน้ำ

จากการขยายแผนที่แสดงค่าปริมาณการชะล้างพังทลายดิน (Mapping Units) โดยใช้สมการสากลการสูญเสียดิน (USLE.) จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน มาตรฐาน 1 : 1,000,000 (ดังภาพที่ 13 ในภาคผนวก) นำมาขยายเป็นมาตรฐาน 1 : 250,000 เพื่อหาค่าปริมาณการสูญเสียดิน (การชะล้างพังทลายดิน) ของลุ่มน้ำ 10 แห่ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ตั้งภายในภาพที่ 14 ในภาคผนวก แล้วหาค่าอัตราการพัดพาตะกอน (DR), พื้นที่ลุ่มน้ำ (DA) สัดส่วนความต่างระดับกับความยาวลุ่มน้ำ (R/L), ปริมาณการสูญเสียดิน (A), ปริมาณตะกอนแขวนลอยของแต่ละลุ่มน้ำ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 15 แสดงการหาค่าอัตราการพัดพาตะกอน (DR) ของลุ่มน้ำ 10 แห่ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลำดับที่	ลุ่มน้ำ	พื้นที่ลุ่มน้ำ (DA . กม ²)	ปริมาณตะกอน แขวนลอย(SS)	ปริมาณการ สูญเสียดิน	อัตราการพัดพา ตะกอน (DR)	ความต่างระดับ/ ความยาวลุ่มน้ำ (R/L)
1	ห้วยบังอี่	818	214,000	3,199,215	6.689	0.005
2	น้ำพุง	925.50	69,551	1,038,840	6.695	0.008
3	น้ำเลย	1,204.25	243,143	4,139,658	5.873	0.042
4	ห้วยบางทราย	1,315.50	96,398	391,328	24.633	0.006
5	ลำโคมใหญ่	1,381.25	39,245	164,755,250	0.024	0.011
6	น้ำชี	2,865.50	141,942	21,463,471	0.661	0.018
7	ลำโคมใหญ่	3,161.25	229,738	335,228,429	0.068	0.016
8	น้ำชี (บ้านกอก)	28,706.00	677,300	1,309,803,173	0.052	0.007
9	น้ำชี (ยโสธร)	46,772.25	926,300	2,669,877,392	0.035	0.004
10	น้ำมูล (ปากมูล)	119,011.50	2,382,000	6,402,443,330	0.037	0.003

หมายเหตุ :

1. ปริมาณตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำ ลำดับที่ 1-5, 8-10 ใช้ข้อมูลจากกองอุทกวิทยา

การพลังงานแห่งชาติ

ลำดับที่ 6-7 ใช้ข้อมูลจาก กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน

2. อัตราการพัดพาตะกอน มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ได้จากสมการ $DR = \frac{SS}{A} \times 100$

นำค่าเปอร์เซ็นต์การพัดพาตะกอนกับพื้นที่ลุ่มน้ำของลุ่มน้ำ 10 แห่ง ดังกล่าวนำมาหาความสัมพันธ์ ผลปรากฏว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.7 ความสัมพันธ์ปรากฏในรูปของ Double Log Model เขียนเป็นสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$Y = 2952.35 X^{-1.05} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{หรือ } \log Y = \log 2952.35 - 1.05 \log X$$

Y คือ เปอร์เซ็นต์การพัดพาตะกอน

X คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ (กม)²

ถ้าความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองในรูปสมการดังกล่าว แสดงถึงความสัมพันธ์ในลักษณะส่วนกลับ คือ เมื่อพื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาดใหญ่ เปอร์เซ็นต์การพัดพาตะกอนจะลดลง หรือพื้นที่ลุ่มน้ำมีขนาดเล็กจะ เปอร์เซ็นต์การพัดพาตะกอนจะเพิ่มขึ้น ซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ เกรแฮม เรนโฟร (Graham W. Renfro) ได้ศึกษาบริเวณ Blackland Prairie ในรัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา จากลุ่มน้ำ 14 แห่ง มีขนาดพื้นที่ 0.43 - 97.4 ตารางไมล์ การวิเคราะห์ถดถอยได้สมการ

$$\log DR = 1.87680 - 0.14191 \log 10 A \quad (r = 0.96)$$

DR คือ เปอร์เซ็นต์การพัดพาตะกอน

A คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางไมล์)

(Graham W. Renfro 1975 . 33 - 45)

ดังนั้นเมื่อนำค่าพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมดรอบหนองหาร มาแทนค่าในสมการที่ (2) ก็จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์การพัดพาตะกอนของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร

$$\text{จากสมการ } Y = 2952.35 X^{-1.05}$$

$$\text{ถ้า } X = 830 \text{ กม}^2$$

$$\therefore Y = 2.54196058 \quad \text{หรือ}$$

$$DR = 2.54 \%$$

จากการทราบค่าปริมาณการสูญเสียดิน (A) ในลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร ช่วงเวลา 10 ปี (2515 - 2524) และทราบค่าเปอร์เซ็นต์การพังสลายตะกอน (DR) แล้ว ก็สามารถทราบค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำและช่วงเวลาดังกล่าวได้ จากการใช้สมการที่ (1)

$$DR = \frac{SS}{A} \times 100 \quad \text{ซึ่งแสดงผลตามตารางที่ 16 ต่อไปนี้}$$

ตารางที่ 16 แสดงค่าปริมาณการสูญเสียดิน (A) และปริมาณตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารช่วงเวลา 10 ปี (2515 - 2524)

เวลา	ปริมาณการสูญเสียดิน (A) (ตัน)	ปริมาณตะกอนแขวนลอย (SS) (ตัน)
2515	4,566,641.1	115,992.68
2516	3,992,694.2	101,414.43
2517	5,462,730.1	138,753.34
2518	4,550,762.7	115,569.37
2519	3,360,178.5	85,856.53
2520	3,525,361.8	89,544.19
2521	5,214,079.3	132,437.61
2522	4,467,263.6	113,468.49
2523	4,517,187.4	114,736.55
2524	5,013,858.2	127,478.99

เมื่อทราบค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร (ตารางที่ 16) และปริมาณตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำฟอง (ตารางที่ 7) ก็จะทราบปริมาณตะกอนแขวนลอยทั้งหมดที่เคลื่อนตัวสะสมในหนองหาร และสามารถแปลงเป็นค่าตะกอนรวมทั้งหมด (Total Sediment) ที่เคลื่อนตัวสะสมในหนองหารได้ โดยรวมกับปริมาณตะกอนท้องน้ำ (Bed load)

นิพนธ์ หล่อนิล กล่าวถึงตะกอนท้องน้ำ จะแปรผัน มีค่าระหว่าง 0 - 100 % ของตะกอนแขวนลอย แต่ทั่วไปอยู่ในช่วง 5 - 25 % เท่านั้น (นิพนธ์ หล่อนิล 2521 4) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้กำหนดค่าตะกอนท้องน้ำของเขื่อนน้ำพุงสกลนคร และเขื่อนเขียวหลาน สุราษฎร์ธานีไว้มีค่า 20 % ของตะกอนแขวนลอย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2520 : 25 และ Electricity Generating Authority of Thailand 1980 III-66) ด้วยเหตุดังกล่าว ในการศึกษานี้ จึงกำหนดค่าตะกอนท้องน้ำในลุ่มน้ำหนองหารมีค่า 20 % ของตะกอนแขวนลอย และแปลงเป็นค่าตะกอนรวมทั้งหมดที่ลงสู่หนองหารตามตารางที่ 17 ต่อไปนี้

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด (Total Sediment) และปริมาณตะกอนสะสมทั้งหมดที่ลงสู่

หนองหารช่วงเวลา 10 ปี (2515 - 2524) หน่วย : ตัน

ปริมาณตะกอน แขวนลอยลุ่มน้ำ สายสั้น	ปริมาณตะกอน แขวนลอยลุ่ม น้ำฟอง	ปริมาณตะกอน แขวนลอยทั้ง หมด	ปริมาณตะกอน ท้องน้ำ	ปริมาณตะกอน รวมทั้งหมด	ปริมาณตะกอน สะสมทั้งหมด	ปริมาตร m c.m.
115,992	73,800	189,792	37,958	227,750	227,750	0 210
101,414	10,200	111,614	22,322	133,936	361,686	0 334
138,753	71,613	210,366	42,073	252,439	614,125	0.567
115,589	27,600	143,189	28,637	171,826	785,951	0.726
85,856	11,900	97,756	19,551	117,307	903,258	0.835
89,544	30,000	119,544	23,908	143,452	1,046,710	0.967
132,437	131,000	263,437	52,687	316,124	1,362,834	1.260
113,468	194,000	307,468	61,493	368,961	1,731,795	1.601
114,736	43,400	158,136	31,627	189,763	1,921,558	1.776
127,478	102,000	229,478	45,895	275,373	2,196,931	2 031
113,526 7	69,551 3	183,078 .0	36,615 .1	219,693		

จากตารางที่ 17 ปรากฏว่าปริมาณตะกอนแขวนลอยของกลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารจะมีค่าสูงกว่า ปริมาณตะกอนแขวนลอยของกลุ่มน้ำทุ่ง ซึ่งทำการวัดหาตะกอนโดยกองอุทกวิทยา การพลังงานแห่งชาติ ทั้งที่พื้นที่ลุ่มน้ำน้อยกว่า 58 กม² น่าจะมีสาเหตุมาจากลักษณะการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำทั้งสองแตกต่างกัน ดังตารางที่ 18 - 21 ในภาคผนวก และค่าเฉลี่ยจำนวนเปอร์เซ็นต์การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำทั้งสามที่สำคัญตามตารางที่ 17 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 22 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเปอร์เซ็นต์การใช้ที่ดินของแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ ในช่วง 10 ปี

(2515 - 2524)

ชนิดการใช้ที่ดิน	ลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด	ลุ่มน้ำทุ่ง	ลุ่มน้ำหนองหารสายสั้น	หมายเหตุ
พื้นที่ป่าไม้	59.41 %	77.31 %	34.77 %	
พืชไร่	3.95 %	7.64 %	-	
พื้นที่นา	32.51 %	13.09 %	53.25 %	
พื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด	1,718 กม ²	868 กม ²	830 กม ²	

จากตารางที่ 22 จะพบว่าการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำทุ่งมีลักษณะที่ช่วยให้การชะล้างพังทลายดิน หรือการสูญเสียดินน้อยกว่า โดยเฉพาะในลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร มีลักษณะเป็นที่ราบเป็นนาและนาร้าง ชาติพืชปกคลุม จึงทำให้มีการชะล้างผิวดินมาก จึงสอดคล้องกับการศึกษาของชัยทัศน์ ไกรินทร์ และคณะ ซึ่งศึกษาดังการไหลบ่าของน้ำ และการสูญเสียดินภายใต้สภาพไร่เลื่อนลอย ในเขตจังหวัดสกลนครและกาฬสินธุ์ พบว่า รูปแบบการสูญเสียดินในแปลงเกษตรกรรมแบบต่าง ๆ จะมีปริมาณดังนี้คือ

bare > improved > Shifting > forest

และยังพบว่าแปลงที่ปล่อยว่างเปล่า สูญเสียดินมากที่สุด (Total soil Loss)

(ชัยทัศน์ ไกรินทร์ และคณะ 2525 : 294 - 296)

การหาพื้นที่ และปริมาตรความจุของหนองหาร

จากการสำรวจหาความลึกของระดับน้ำในหนองหารสกลนคร ดังภาพที่ 15 และตารางแสดงค่าความลึกตามตารางที่ 23 - 24 ในภาคผนวก และสามารถนำมาสร้างแผนที่แสดงชั้นความลึก (Deep Contour) ดังภาพที่ 16 ต่อไปนี้

สุชาติ นาววงศ์ อ่างอิง การ์คอน แพร์ และคณะ ในการคำนวณพื้นที่และปริมาตรความจุของแหล่งน้ำโดยใช้สูตร

$$V = \frac{1}{2} h [(a_0 + a_1) + (a_1 + a_2) + \dots + (a_{n-1} + a_n)] \quad (3)$$

$$\text{หรือ } V = \frac{1}{2} h (a_0 + a_n + 2 \sum_{i=1}^{n-1} a_i)$$

ซึ่ง V คือ ปริมาตรของแหล่งน้ำ หน่วยลาน ลบม.

h คือ ความสูงของช่วงระหว่างชั้นความลึก หน่วย ม.

$a_0 \dots a_1$ คือ พื้นที่ผิวแหล่งน้ำตามชั้นความลึกต่าง ๆ หน่วย กม²

(Suchat Nawagawong. 1981 36 - 39)

จากแผนที่แสดงความลึกของแหล่งน้ำในภาพที่ 16 หาพื้นที่ด้วย Dot grid ในระดับความลึกต่าง ๆ กำหนดให้ความลึกที่ระดับ 152.5 ม. ที่ รทก. เป็นความลึกเริ่มต้น ซึ่งมีค่าเป็น 0 ลาน ลบม. และระดับสูงสุดของหนองหาร คือ 157.5 ม ที่ รทก. สามารถหาพื้นที่ผิวได้ดังตารางที่ 25

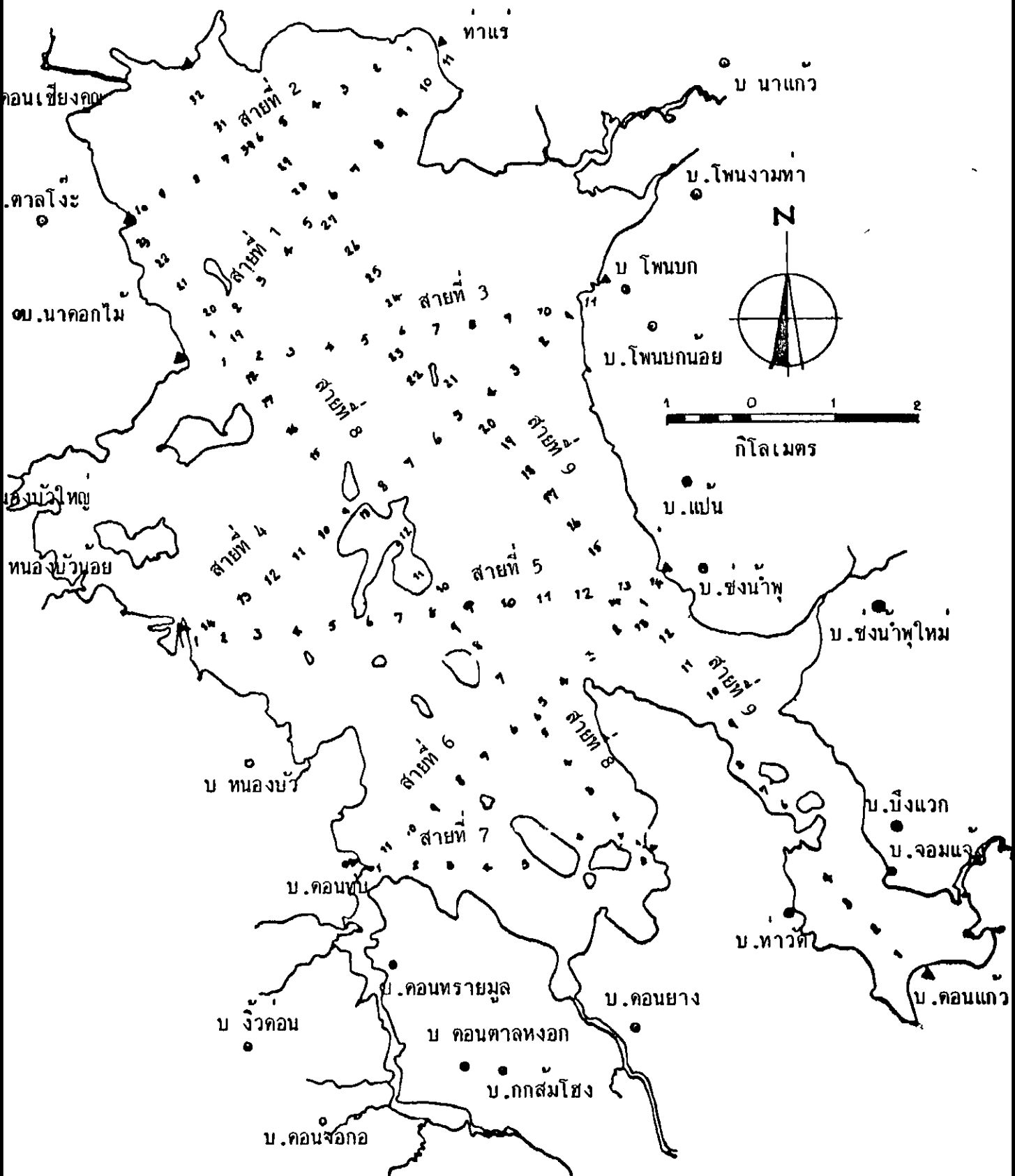
ในการหาความจุแหล่งน้ำหนองหาร ใช้สูตรจากสมการที่ (3)

$$V = \frac{1}{2} h [(a_0 + a_1) + (a_1 + a_2) + \dots + (a_{n-1} + a_n)]$$

$$V = \frac{1}{2} h [(a_0 + a_1)] + \frac{1}{2} h [(a_1 + a_2)] + \frac{1}{2} h [(a_2 + a_3)] + \dots + \frac{1}{2} h [(a_{n-1} + a_n)]$$

ภาพที่ 15 แผนที่หนองหาร

แสดงทิศทางและตำแหน่งการหาความลึกระดับน้ำหนองหาร



ภาพที่ 16

แสดงเส้นชั้นความลึกของแหล่งน้ำหนองหาร

(เมตร รท ก)



ตั้งขึ้น

$$\begin{aligned}
 V_{153.5} &= \frac{1}{2} (1) [(0 + 2.49)] = 1.245 && \text{ล้าน ลบม.} \\
 V_{154.5} &= \frac{1}{2} (1) [(2.49 + 21.50)] = 11.995 && \text{"} \\
 V_{155.5} &= \frac{1}{2} (1) [(21.50 + 44.61)] = 33.055 && \text{"} \\
 V_{156.5} &= \frac{1}{2} (1) [(44.61 + 59.34)] = 51.975 && \text{"} \\
 V_{157.5} &= \frac{1}{2} (1) [(59.34 + 113.00)] = 86.170 && \text{"}
 \end{aligned}$$

ตั้งขึ้นข้อมูลแสดงพื้นที่และความจุของหนองหารจะปรากฏในตารางที่ 25 แสดงความจุ ณ ระดับที่ 152.5 - 157.5 ม ที่ รทก.

ตารางที่ 25 แสดงพื้นที่และความจุของแหล่งน้ำหนองหาร (ปี พ.ศ. 2524)

ระดับความสูง ม. ที่ รทก	พื้นที่ผิว (กม ²)	ปริมาตรแหล่งน้ำ (ล้าน ลบม.)	ปริมาตรสะสม (ล้าน ลบม.)
152.5	0	0	0
153.5	2.49	1.245	1.245
154.5	21.50	11.995	13.240
155.5	44.61	33.055	46.295
156.5	59.34	51.975	98.270
157.5	113.00	86.170	184.440

การหาประสิทธิภาพการกักเก็บตะกอน (Sediment Trap Efficiency)

ประสิทธิภาพ นิวัติศกุล และ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กล่าวถึงตะกอนเมื่อไหลมาตกในอ่างเก็บน้ำ (Reservoir) ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ไหลไป กับน้ำทางคันท้ายอ่างเก็บน้ำ ขึ้นอยู่กับความจุของอ่างและปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่าง (Capacity-Inflow ratio) (ประสิทธิภาพ นิวัติศกุล 2525 : 1 - 13 และ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย 2521 : 13) ฉะนั้นปริมาณตะกอนที่เหลือในอ่างเก็บน้ำจึงเป็นผลจากความสามารถในการกักเก็บตะกอนจากลักษณะดังกล่าว ความจุของหนองหารกับปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่หนองหาร (Capacity-Inflow ratio)

$$= \frac{\text{ความจุอ่างเก็บน้ำหนองหารที่ระดับกักเก็บ}}{\text{ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำไหลลงหนองหารทั้งปี}} \quad \text{หน่วยล้าน ลบ.ม}$$

ค่าความจุอ่างเก็บน้ำหนองหารที่ระดับกักเก็บมีค่า 184.44 ล้าน ลบ.ม. ที่ระดับ 157.5 ม. ที่ รทก. ส่วนค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่ไหลลงหนองหารทั้งปีนั้น ยังไม่มีการสำรวจ (มีแต่ลำน้ำพุ่งสายเดียวเท่านั้น) จึงใช้ค่านี้จากสมการของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งได้จากการหาความสัมพันธ์ของพื้นที่ลุ่มน้ำ กับปริมาณการไหลของน้ำในภาคอีสาน จำนวน 37 ลุ่มน้ำ ซึ่งมีขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ 607 - 117,000 ตารางกิโลเมตร ดังสมการ

$$Y = 28 + 0.006 X$$

X คือ พื้นที่ลุ่มน้ำ (กม²)

Y คือ ปริมาณการไหลของน้ำท่า

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)} = 0.984$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R²)} = 0.968$$

(มนู ศรีขจรและคณะ 2524 : 7 - 9)

จากสมการดังกล่าว ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่หนองหารทั้งปี จึงมีค่า 38.31064 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรือ 1,208.16 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ดังนั้นค่าสัดส่วนความจุกับปริมาณน้ำไหลลงสู่หนองหารจึงมีค่า 0.153 และนำค่านี้ไปเทียบกับตารางแสดงค่าประสิทธิภาพการกักเก็บตะกอนของ บรูเนส์ (Brune's Curve) ดังภาพที่ 17 ในภาคผนวก ซึ่งพบว่า

ปริมาณตะกอนทั้งหมดจากลำน้ำทุกสายที่ไหลลงสู่หนองหารจะถูกกักเก็บไว้ในหนองหาร 90 % ของปริมาณตะกอนทั้งหมด แต่ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ ความสามารถในการกักเก็บตะกอนของหนองหาร เป็น 100 % คือ กักเก็บไว้หมด

การหาประเภทของแหล่งน้ำหนองหาร (Type of Reservoir)

โดยการเขียนกราฟระหว่างความจุของหนองหาร (Reservoir Capacity...m.c.m) บนแกน X และความลึกของหนองหาร (Reservoir Depth... m.) แกน Y ของกราฟลอกการี่ทึ่ม แล้วหาความสัมพันธ์ในรูปส่วนกลับของความลาดชัน (Inverted of slope....m) นำค่าที่ได้เทียบกับตารางการหาชนิดของแหล่งน้ำของ เลนและโคเอลเซอร์ (Lane and Koelzer 1965) ผลปรากฏว่า หนองหารมีค่าส่วนกลับของความลาดชัน 3.333 และ 2.666 หรือ อยู่ในช่วง 2.5 - 3.5 จึงจำแนกประเภทแหล่งน้ำว่าเป็น

"Flood Plain - Foothill" หรือ "แผนที่ 2 (Type II)" ดังปรากฏในภาพที่ 18 และตารางที่ 3

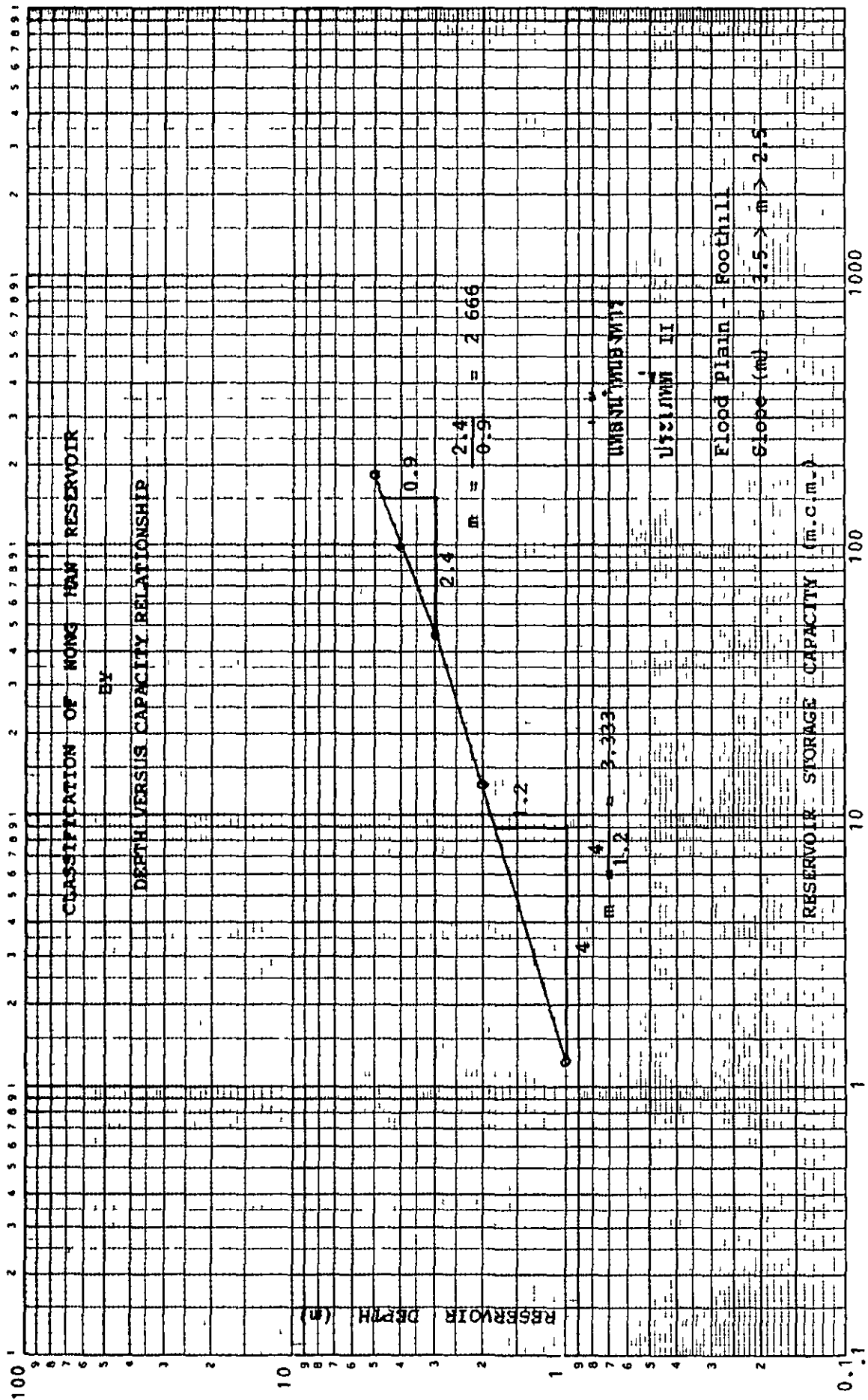
การคำนวณน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอน (Unit Weight) ในหนองหารช่วงเวลาต่าง ๆ

เนื่องจากปริมาณตะกอนเคลื่อนตัวมาสะสมในหนองหารเพิ่มขึ้นแต่ละปี ในลักษณะของปริมาณสะสมช่วง 10 ปี (2515 - 2524) ตามตารางที่ 17 น้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนจึงต้องเปลี่ยนแปลงไป โดยมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจึงต้องมีการคำนวณน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (Initial Unit Weight) และในช่วงเวลาต่าง ๆ ในอนาคต

สถาบัน เอ.ไอ.ที. ได้ทำการวิเคราะห์หาขนาดของตะกอน (Grain Size Analysis) ในหนองหาร พบว่า มีทราย 28 %, ซิลต์ 42 % และดินเหนียว 30 % (A.I.T. 1982 26-27) เมื่อกำหนดขนาดหรือชนิดของตะกอนที่อยู่ในหนองหารแล้วจึงคำนวณน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนโดยวิธีการของ เลน และโคเอลเซอร์ (Lane and Koelzer 1965)

$$\gamma = \frac{W_c}{V} P_c + \frac{W_m}{V} P_m + \frac{W_s}{V} P_s$$

$$\gamma = \text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร} \quad \text{ปอนด์/ฟุต}^3 \text{ หรือ } \text{ตัน/ม}^3$$



ภาพที่ 18 แสดงการจำแนกชนิดของแหล่งน้ำหนองหาร โดยการศึกษาความสัมพันธ์ของความจุกับความลึก

W_c, W_m, W_s = สัมประสิทธิ์ของดินเหนียว ดินซิลต์และดินทราย

P_c, P_m, P_s = เปอร์เซนต์ของดินเหนียว ดินซิลต์และดินทราย

จากเปอร์เซนต์ของดินเหนียวซิลต์และดินทราย ดังกล่าว สัมประสิทธิ์ของดินเหนียว ดินซิลต์ และดินทรายจากตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ ของ เลน และ โกลิเอลเซอร์ ตารางที่ 4

ทำให้ทราบค่า γ หรือน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนในช่วง 10 ปี (Initial Unit Weight) คือ

γ หรือ น้ำหนักต่อหน่วยตะกอน (Initial Unit Weight)

$$= 67.48 \quad \text{ปอนด์ / ฟุต}^3$$

$$\text{หรือ} = 1.0816467 \quad \text{ตัน / ม}^3$$

แต่เนื่องจากน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนจะแปรไปตามระยะเวลาของการตกตะกอน มิลเลอร์ จึงได้กำหนดน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนในอนาคตไว้ดังนี้

$$W_t = W_1 + \frac{0.4343}{62.4} K \left[\frac{T}{T-1} (\log_e T) - 1 \right]$$

(Robert I. Strand, 1975 779 - 780 Citing Miller Carl. R 1953 และ นินท์ หลอนิล 2521 : 17)

ซึ่ง W_t = น้ำหนักต่อหน่วยเฉลี่ยหลังจากเก็บกักน้ำ T ปี

W_1 = น้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนช่วงแรกที่ได้ (Initial Unit Weight)

K = ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งเป็นค่าคงที่และขึ้นอยู่กับชนิดของอ่างเก็บน้ำ

ดังนั้นการคำนวณหาน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนที่สะสมในหนองหารในช่วงปี พ.ศ.

2515 - 2524 และในช่วงเวลา 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 750, 1000, 1250 1500, 1750 และ 2000 ปี ข้างหน้า ซึ่งแสดงน้ำหนักต่อหน่วยไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 27 แสดงน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนในหนองหารช่วงเวลาต่าง ๆ

พ.ศ.	ช่วงเวลาในอนาคต (ปี)	น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตร (ตัน / ม ³)	หมายเหตุ
2524	-	1.0816	
2529	5	1.0990	
2534	10	1.1146	
2549	25	1.1343	
2574	50	1.1494	
2624	100	1.1647	
2774	250	1.1851	
3024	500	1.2008	
3274	750	1.2100	
3524	1,000	1.2165	
3774	1,250	1.2215	
4024	1,500	1.2257	
4274	1,750	1.2292	
4524	2,000	1.2322	

จากตารางที่ 27 แสดงถึงน้ำหนักต่อหน่วย หรือความหนาแน่น (D_{set} Desity) ของตะกอนที่เข้ามาทับถมในหนองหารในช่วงเวลาต่าง ๆ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น น้ำหนักต่อหน่วยจึงเพิ่มขึ้น เพราะน้ำหนักตะกอน (Mass) และปริมาตรตะกอน (Volume) เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

$$(D = \frac{M}{V})$$

การหาปริมาณตะกอนที่ตกสะสมในหนองหาร

ปริมาณตะกอนเข้ามาตกสะสมเฉลี่ยในช่วง 10 ปี (2515 - 2524) ปีละ 219,693 ตัน (ดังตารางที่ 17) และทราบน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของตะกอนในช่วงเวลาดังกล่าว (Initial Unit Weight) มีค่า 1.0816 (ดังตารางที่ 27) ดังนั้นปริมาณตะกอนในช่วงเวลาดังกล่าว มีค่าเฉลี่ย 203,118.52 ลูกบาศก์เมตร หรือ 0.203 ล้านลูกบาศก์เมตร (m c.m.) ต่อปี เมื่อกำหนดให้สภาพการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมดมีสภาพตามช่วงเวลา 10 ปี ดังกล่าวแล้ว และปริมาณของตะกอนทั้งหมดที่มาสะสมในหนองหารอนาคตตามระยะเวลา 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 และ 2000 ปี ก็ย่อมเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 28 ต่อไปนี้

ตารางที่ 28 แสดงปริมาณตะกอนที่มาสะสมในหนองหารช่วงเวลาต่าง ๆ ตามสภาพการใช้ที่ดิน และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ต่าง ๆ กัน

	ช่วงเวลา (ปี)	ปริมาณตะกอน (1)	ปริมาณตะกอนเมื่อ	ปริมาณตะกอนเมื่อ	หมายเหตุ
			ป่าไม้คงที่ (50.83%)	ป่าไม้คงที่ (45 %)	
2524	-	0.203	0.236	0.298	(1) ปริมาณตะกอน
2529	5	0.999	1.161	1.465	เมื่อสภาพการ
2534	10	1.971	2.290	2.890	ใช้ที่ดิน และ
2549	25	4.842	5.626	7.097	จำนวนเปอร์-
2574	50	9.557	11.104	14.009	เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้
2624	100	18.862	21.915	27.649	ช่วง พ.ศ.
2774	250	46.345	53.846	67.933	2515-2524
3024	500	91.478	106.283	134.090	คงที่
3274	750	136.173	158.213	199.605	
3524	1000	180.594	209.823	264.718	
3774	1250	224.819	261.205	329.543	
4024	1500	268.858	312.372	394.097	หน่วยปริมาตร
4274	1750	312.775	363.397	458.471	ตะกอนคือ
4524	2000	356.586	414.300	522.691	ล้าน ลบ.ม.

การวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมุติฐานการศึกษา

1 ตามสมมุติฐานการศึกษาข้อที่ 1 ว่า "ปริมาณตะกอนทั้งหมดที่สะสมในหนองหาร จะมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำหนองหาร"

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนในตารางที่ 10 มาหาความสัมพันธ์รายปี กับปริมาณตะกอนทั้งหมดในตารางที่ 17 โดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ปรากฏมีค่าสหสัมพันธ์ 0.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 01 และค่าสหสัมพันธ์ที่ได้มีค่าเป็นบวก ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำ ลักษณะคล้อยตามกัน คือ เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน จึงเป็นไปตามสมมุติฐาน ข้อที่ 1 ที่ว่า ปริมาณตะกอนทั้งหมดที่สะสมในหนองหารจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำ และเมื่อพิจารณากราฟที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองในภาพที่ 19 ทำให้ทราบว่า ปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อการเพิ่มปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดของหนองหาร และปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณตะกอนรวมนั้น จะต้อง มีปริมาณมากกว่า 850 มม. ขึ้นไป

ความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าว สามารถสร้างสมการพยากรณ์ที่เกิดจากคะแนนดิบ ในรูปของ Double Log Model ดังนี้

$$Y = 0.19 X^{1.89}$$

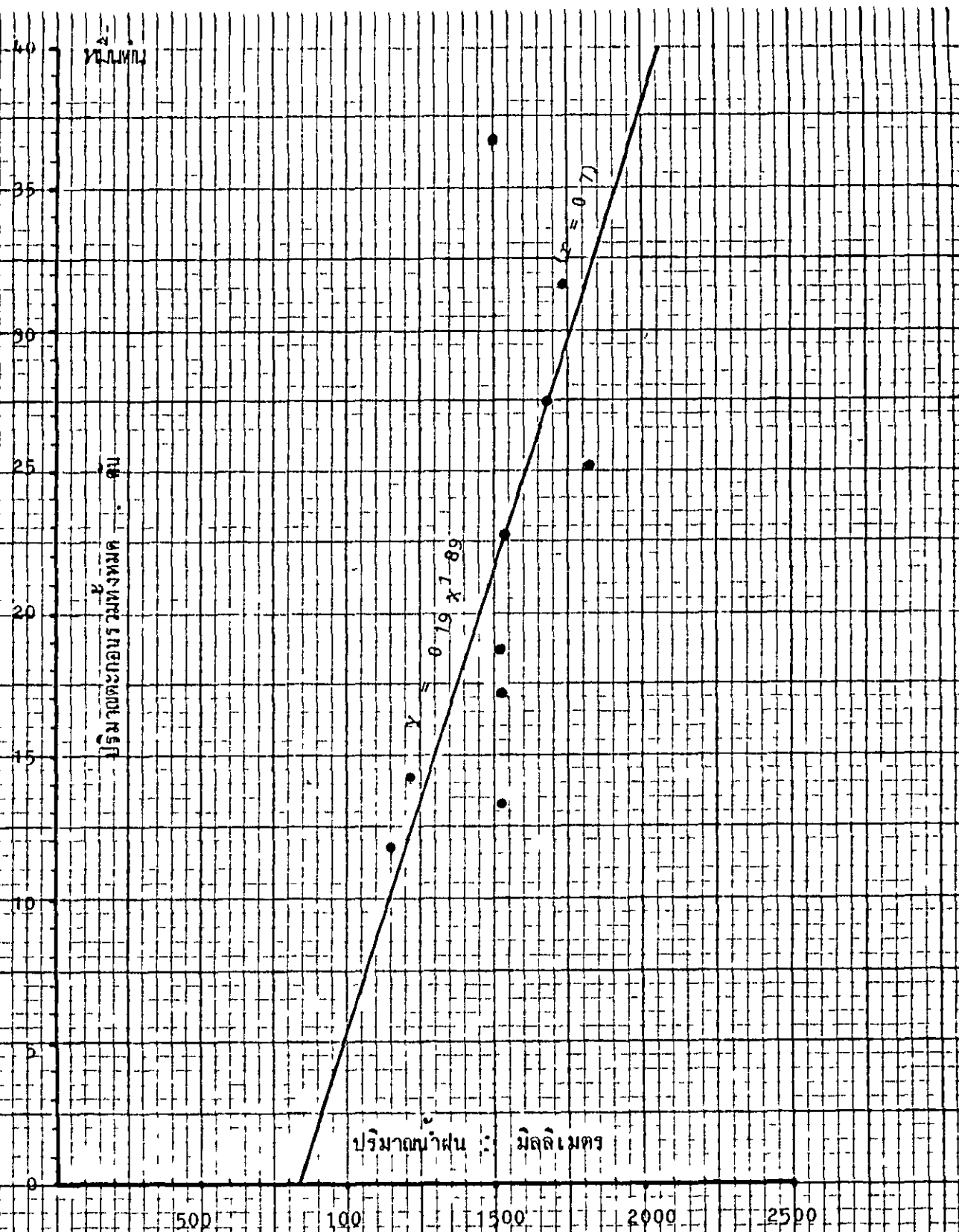
Y คือ ปริมาณรวมตะกอนทั้งหมด หน่วยตัน

X คือ ปริมาณน้ำฝน หน่วยมิลลิเมตร

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)} = 0.7$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R}^2\text{)} = 0.49$$

จากสมการพยากรณ์ดังกล่าวนี้ แม้ว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) จะมีค่าไม่สูงนัก ก็ได้หมายความว่าสมการพยากรณ์จะนำไปใช้พยากรณ์ไม่ได้ ทั้งนี้เพราะค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวแสดงถึงว่า ปริมาณน้ำฝน (x) จะเป็นตัวแปรที่สำคัญ ตัวของมันมีความสำคัญที่มีผลให้เกิดปริมาณตะกอนถึง 49 ส่วน ใน 100 ส่วน ซึ่งตัวแปรที่มีผลให้เกิดตะกอนรวมที่เหลืออีก 51 ส่วน นอกนั้นเป็นตัวแปรอื่น ๆ อีกหลายตัวแปร จึงกล่าวได้ว่า ปริมาณน้ำฝนเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดในบรรดาตัวแปรทั้งหลายที่มีผลทำให้เกิดปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 19

ภาพแสดง ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำดื่มกับปริมาณตะกอนรวมของ

ชุมชนหนองหาร ช่วงเวลา 10 ปี (2515 - 2524)

นอกจากนี้ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองเกิดขึ้นได้เพราะน้ำฝนเป็นตัวแปรอิสระที่สำคัญที่สุด ที่ทำให้นุภาคดินแตกกระจายถูกพัดพากลายเป็นตะกอนในลำน้ำ/คังที่ สมเจตน จันทวัฒน์ กล่าวถึงน้ำฝนเป็นตัวการที่ทำให้นุภาคดินแตกกระจาย และเคลื่อนย้ายอนุภาคดิน ในขณะเดียวกัน น้ำฝนได้กลายมาเป็นน้ำไหลบ่าผิวหน้าดินก็จะทำให้นุภาคดินแตกกระจาย และเกิดการเคลื่อนย้ายอีกด้วย (สมเจตน จันทวัฒน์ 2525 : 250) ความสัมพันธ์ที่ปรากฏไม่อยู่ในเกณฑ์สูงนั้น น่าจะมาจากการที่ปริมาณน้ำฝนเป็นค่ารวมของปริมาณน้ำฝนที่ตกทั้งปี ซึ่งความหนาแน่นของฝน (Rainfall Intensity) ในช่วงเวลาของฤดูฝนนั้นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ แม้จะมีปริมาณน้ำฝนเท่ากัน หรือใกล้เคียงกัน ค่าของการพังทลายกลายเป็นดินตะกอนรายปี จึงแตกต่างกันด้วย ทำให้ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อปริมาณตะกอนไม่สูงมากนักดังกล่าว ฉะนั้นถ้าจะนำตัวแปร ความหนาแน่นของฝน หรือตัวแปรอื่น ๆ ของปริมาณน้ำฝนมาพิจารณาเพิ่ม จะมีผลให้ปริมาณตะกอนที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หรือการพยากรณ์สูงมากขึ้น

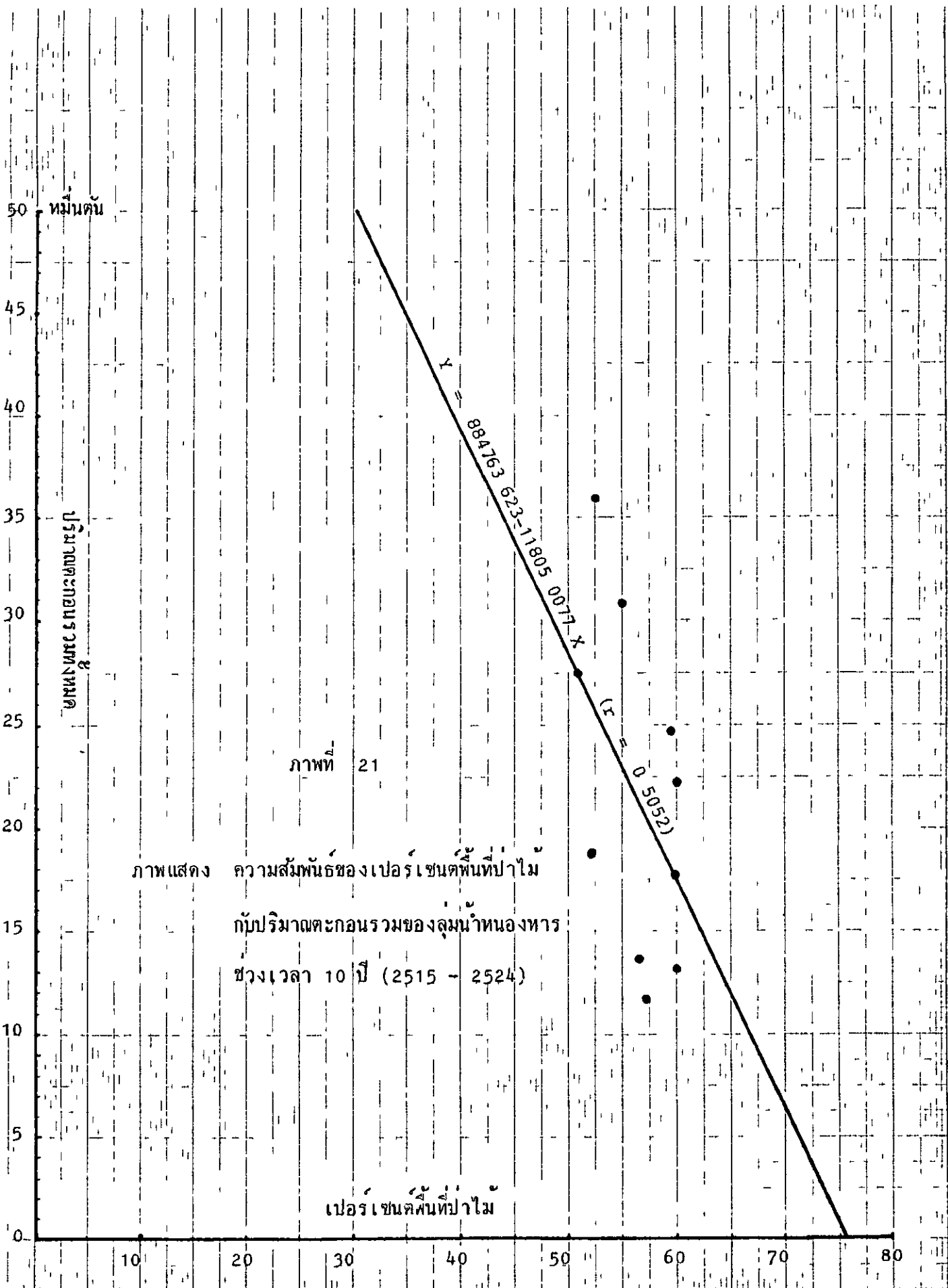
2. สมมุติฐานการศึกษาข้อที่ 2 กล่าวว่า "ปริมาณตะกอนทั้งหมดที่สะสมในหนองหาร จะมีความสัมพันธ์เป็นส่วนกลับของพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหาร"

จากการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหาร โดยภาพถ่ายดาวเทียม ปรากฏจำนวนเปอร์เซ็นต์ พื้นที่ป่าไม้ตามตารางที่ 18 - 19 ในภาคผนวก และนำมาแสดงเป็นรายปี 10 ปี (2515 - 2524) ตามตารางที่ 29

ตารางที่ 29 แสดงจำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหาร ช่วงเวลา 10 ปี
(2515 - 2524)

เวลา	เปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้	หมายเหตุ
2515	60.00	ข้อมูลในปีที่ไม่มีการสำรวจ ใช้วิธีการ
2516	59.80	ถัวเฉลี่ย (2516-2517, 2519-2520)
2517	59.60	และวิธี Least Square Method
2518	59.40	จากสมการ $y = 61.23 - 1.04 x$
2519	57.93	(ในปี 2523 - 2524)
2520	56.46	
2521	54.98	
2522	52.51	
2523	51.87	
2524	50.83	

เมื่อนำค่าจำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในตารางที่ 29 มาหาความสัมพันธ์กับปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดในตารางที่ 17 โดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ปรากฏผลว่ามีความสัมพันธ์สูงสุดในรูปเชิงเส้นตรง (Simple Linear Regression) เพียง 0.5052 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และความสัมพันธ์มีในลักษณะเป็นลบ นั่นคือ ความสัมพันธ์เปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ที่มีต่อปริมาณตะกอนจะมีความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ และเป็นไปในลักษณะแปรผกกลับ จึงหมายความว่า ถ้าเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหารลดลง จะมีผลให้ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดเพิ่มขึ้น จึงเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 2 ที่กล่าวว่า "ปริมาณตะกอนทั้งหมดที่สะสมในหนองหารจะมีความสัมพันธ์เป็นส่วนกลับของพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหาร"



จากการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสอง สามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ และ
สมการพยากรณ์ในรูปของ Simple linear Regression ดังภาพที่ 21

จากกราฟภาพที่ 21 แสดงว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารจำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ที่ทำให้
เกิดปริมาณตะกอนในหนองหารจะต้องมีเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่า 75.5 และเมื่อเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้
ลดน้อยลงจะทำให้เกิดปริมาณตะกอนในหนองหารเพิ่มมากขึ้นอีก ดังสมการพยากรณ์

$$Y = 884763.623 - 11805.0077 X$$

โดย X คือ จำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้

Y คือ ปริมาณตะกอนรวม (ตัน)

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)} = 0.5052$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R}^2\text{)} = 0.2552$$

แม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์จะมีค่าต่ำนั้น แสดงว่า จำนวน
เปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ (X) เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อปริมาณตะกอนรวม (Y) ถึง 25 %
และอีก 75 % ของปริมาณตะกอนรวมนั้น จะได้จากตัวแปรอิสระอื่น ๆ อีก ฉะนั้นในการ
พิจารณาครั้งนี้จึงนับว่าเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ป่าไม้ เป็นตัวแปรสำคัญตัวแปรหนึ่งในการพยากรณ์ปริมาณ
ตะกอนรวม

ผลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองในทางสถิติที่ได้ค่าเป็นลบนั้น เป็นสิ่งที่บ่งชี้ให้
ทราบว่า เมื่อพื้นที่ป่าไม้ถูกทำลายในกรณีใดก็ตาม จะมีผลทำให้ปริมาณตะกอนในลำน้ำเพิ่มขึ้น
เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้จะเป็นป่าจะชะลอการพังทลายของดิน และช่วยลดปริมาณของน้ำไหลลงดิน อันจะนำ
ไปสู่ปริมาณตะกอนในลำน้ำ การศึกษาฝ่ายผลิตได้อ้างถึงแผนกลยุทธ์วิทยา กรมชลประทาน ศึกษา
การทำลายป่าไม้ (Deforestation) ในภาคเหนือช่วงปี พ.ศ. 2498 - 2508 ของโครงการ
ปิง, วัง, ยม, น่าน และแม่แตง มีความแตกต่างที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณตะกอน
แขวนลอยรายปี กับพื้นที่การทำลายป่าไม้ที่เพิ่มขึ้น (EGAT. 1980 III 49-50) และ นิพนธ์
ตั้งธรรม ได้ศึกษาลุ่มน้ำเหนือเขื่อนแก่งเสือเต้นในโครงการ อิง - ยม เรื่องการเปลี่ยนแปลง
พื้นที่ป่าไม้ที่มีผลต่อตะกอนแขวนลอยโดยการสร้างสมการถดถอย พบว่า ทุก ๆ 10 % ของการลดพื้นที่
ป่าไม้ ปริมาณตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่าตัว (EGAT. 1982 IV 75 - 89)

5

นั่นคือ การสูญเสียดินในพื้นที่ซึ่งเคยเป็นป่าไม้ จนกลายเป็นตะกอนในลำน้ำ ย่อมมีความสัมพันธ์เป็นส่วนกลับ กับพื้นที่ป่าไม้ที่คงเหลือ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของนิพนธ์ ตั้งธรรม ในการศึกษาผลกระทบของวิวัฒนาการการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อลักษณะและคุณภาพน้ำท่า ในลุ่มน้ำแม่แตง ซึ่งกล่าวว่า การสูญเสียดินในลุ่มน้ำจะเป็นปฏิภาคส่วนกลับกับความหนาแน่นของป่า ผลกระทบจะเพิ่มขึ้นเด่นชัดเมื่อพื้นที่ลุ่มน้ำมีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดของป่าไม้น้อยกว่า 70 % (นิพนธ์ ตั้งธรรม 2526 . 15 - 1 - 4) โดยที่ลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด มีพื้นที่ป่าไม้ลดลงจาก 60 % ในปี พ.ศ. 2515 เหลือเพียง 50.83 % ใน พ.ศ. 2524 (ดังตารางที่ 29) ซึ่งต่ำกว่า 70 % มาโดยตลอด และจากการศึกษาครั้งนี้ปรากฏในกราฟภาพที่ 21 ก็พบว่าเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดของป่าไม้ต้องต่ำกว่า 75.5 % จึงจะมีผลให้เกิดการสูญเสียดินจนกลายเป็นตะกอนในหนองหาร นับว่าเป็นการสอดคล้องกับข้อกล่าวของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ นิพนธ์ ตั้งธรรม ข้างต้น

แม้ว่าจะมีความสัมพันธ์เป็นไปตามสมมติฐานการศึกษาข้อที่ 2 ก็ตาม ความสัมพันธ์ไม่มั่นคงสำคัญทางสถิตินั้น ความสัมพันธ์อาจจะเป็นไปโดยการบังเอิญ หรืออาจมาจากการที่ป่าไม้ถูกทำลายลงโดยเฉลี่ยปีละ 0.917 % นั้น พื้นที่ถูกทำลายได้นำไปใช้เพื่อประโยชน์ต่าง ๆ กัน เช่น การปลูกพืชไร่ นาข้าว บางบริเวณถูกปล่อยเป็นทุ่งหญ้า เป็นเหตุให้การสูญเสียดินแตกต่างกัน นอกจากนี้ ป่าไม้ที่ถูกทำลายไปด้วยการตัดโค่นต้นไม้ใหญ่ แสงอาทิตย์ส่องลงถึงพื้นดิน หญ้า พืชคลุมดิน โตไม้เดิมที่แตกหน่อใหม่ หรือต้นอ่อนที่เกิดขึ้นใหม่ก็จะช่วยลดการชะล้างพังทลายดินได้อีก ฉะนั้นการพิจารณาตัวแปรตาม คือ ปริมาณตะกอนที่พัดมาจากลำน้ำบรรต้น คือ ปริมาณพื้นที่ป่าไม้ที่เหลือเพียงอย่างเดียว ไม่เพียงพอเพียง ควรมีการนำตัวแปรต้นอื่น ๆ มาประกอบด้วย เพื่อให้ได้ปริมาณตะกอนที่แน่นอนและมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. สมมติฐานการศึกษาข้อที่ 3 กล่าวว่า "ปริมาณตะกอนทั้งหมดในหนองหาร จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหารเป็นสัดส่วน ซึ่งสามารถสร้างเป็นสมการพยากรณ์ได้"

เนื่องจากปริมาณตะกอนทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 01 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด 0.7 ในรูปของสมการพยากรณ์ Double Log Model / ดังกลวิธีวิเคราะห์ในสมมุติฐานการศึกษาค้นคว้าที่ 1 และความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมดกับเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดเพียง 0.5052 ในรูปของ Simple Linear Regression ดังปรากฏในการวิเคราะห์สมมุติฐานการศึกษาค้นคว้าข้อที่ 2 จากการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมดกับตัวแปรต้น แต่ละตัวดังกล่าวแล้ว จะพบว่าตัวแปรต้นทุกตัวมีอิทธิพลที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือ ปริมาณตะกอนทั้งหมด ฉะนั้นเมื่อนำตัวแปรทั้งหมดมาหาความสัมพันธ์ในรูปความสัมพันธ์แบบพหุคูณ (Multiple Correlation) และกำหนดเป็นรูปสมการพยากรณ์ Multiple Regression ได้ดังนี้

Double Log Model

$$Y = e^{(12.594 + 1.248 X_1 - 0.0398 X_2)}$$

$$\text{หรือ } \ln Y = 12.594 + 1.248 X_1 - 0.0398 X_2$$

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (r) มีค่า 0.7674}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) มีค่า 0.5888}$$

$$\text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีค่า } \pm 0.2878$$

Simple Linear Regression

$$Y = 462235.78 + 233.581 X_1 - 10629.83 X_2$$

$$\text{สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) มีค่า 0.7634}$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) มีค่า 0.5828}$$

$$\text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีค่า } \pm 61104.4342$$

$$X_1 \text{ คือ ปริมาณน้ำฝน (มม.)}$$

$$X_2 \text{ คือ จำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ที่คงเหลือ}$$

$$Y \text{ คือ ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด (ตัน)}$$

จากสมการพยากรณ์ทั้งสองสมการ จะพบว่า ตัวแปรต้นทั้งสองซึ่งเป็นอิสระต่อกัน มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมาก มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.7674 และ 0.7634 ในรูปของสมการ Double Log Model และ Simple Linear Regression ตามลำดับ จึงเป็นไปตามสมมุติฐานการศึกษาที่ว่า "ปริมาณตะกอนทั้งหมดในหนองหาร (Y) จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝน (x_1) และ เปอร์เซนต์พื้นที่ป่าไม้ (x_2) ในลุ่มน้ำหนองหารเป็นสัดส่วน ซึ่งสามารถสร้างเป็นสมการพยากรณ์ได้" และสมการพยากรณ์ในรูป Double Log Model เป็นสมการพยากรณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สูงกว่าสมการพยากรณ์รูป Simple Linear Regression และยังมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต่ำกว่าอีกด้วย ฉะนั้นการศึกษากครั้งนี้จึงใช้สมการพยากรณ์ในรูป Double Log Model

$$Y = e^{(12\,594 + 1.248 X_1 - 0.0398 X_2)}$$

เป็นสมการพยากรณ์เพื่อหาปริมาณตะกอนในหนองหารต่อไป

4 สมมุติฐานการศึกษาข้อที่ 4 กล่าวว่า "ความจุในการรับน้ำของหนองหารในระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา มีแนวโน้มลดลง"

จากตารางที่ 17 เมื่อพิจารณาปริมาตรตะกอนรวมรายปี และปริมาตรตะกอนสะสม ซึ่งเคลื่อนตัวไปทับถมในหนองหารตลอดระยะเวลา 10 ปี (2515 - 2524) โดยเฉลี่ยแล้ว ปริมาตรตะกอนที่เข้ามาสะสมปีละ 0.203 ล้าน ลูกบาศก์เมตร และในปีสุดท้าย (2524) จะมีปริมาตรสะสม 2.03 ล้าน ลูกบาศก์เมตร ฉะนั้นในช่วง 10 ปีดังกล่าว ความจุในการรับน้ำย่อมลดลงตามลำดับ ดังภาพประกอบที่ 22 และภาพประกอบที่ 23

เมื่อพิจารณาภาพประกอบที่ 22 พบว่า ปริมาณตะกอนรายปีที่เข้ามาสะสมในหนองหาร ยังไม่สามารถพบว่ามีส่วนทำให้ความจุในการรับน้ำของหนองหารลดลงอย่างเห็นเด่นชัด เนื่องจากระยะเวลาที่น้อยเกินไป จึงพิจารณาในรูปของปริมาตรสะสม จะพบว่า ปริมาณตะกอนเข้ามาสะสมมากขึ้นจนมีปริมาตร หรือความจุ ในการรับน้ำลดลง และเมื่อพิจารณาภาพประกอบที่ 23 ที่แสดงแนวโน้มในการลดลงของความจุในการรับน้ำในปีแรก (2515) ซึ่งมีความจุ 2.03 ล้านลูกบาศก์เมตร และลดลงเหลือ 0.203 ล้านลูกบาศก์เมตรในปีสุดท้าย (2524) จึงเป็นไปตามสมมุติฐานการศึกษาดังกล่าวข้างต้น

ความจุ ด้านลูกบาศก์เมตร

184.5

184.0

183.5

183.0

2.5

2.0

1.5

1.0

0.5

0

ปริมาณความจุที่รองรับ 157.5 เมตร ที่ ร.ท.ก.

ภาพที่ 22

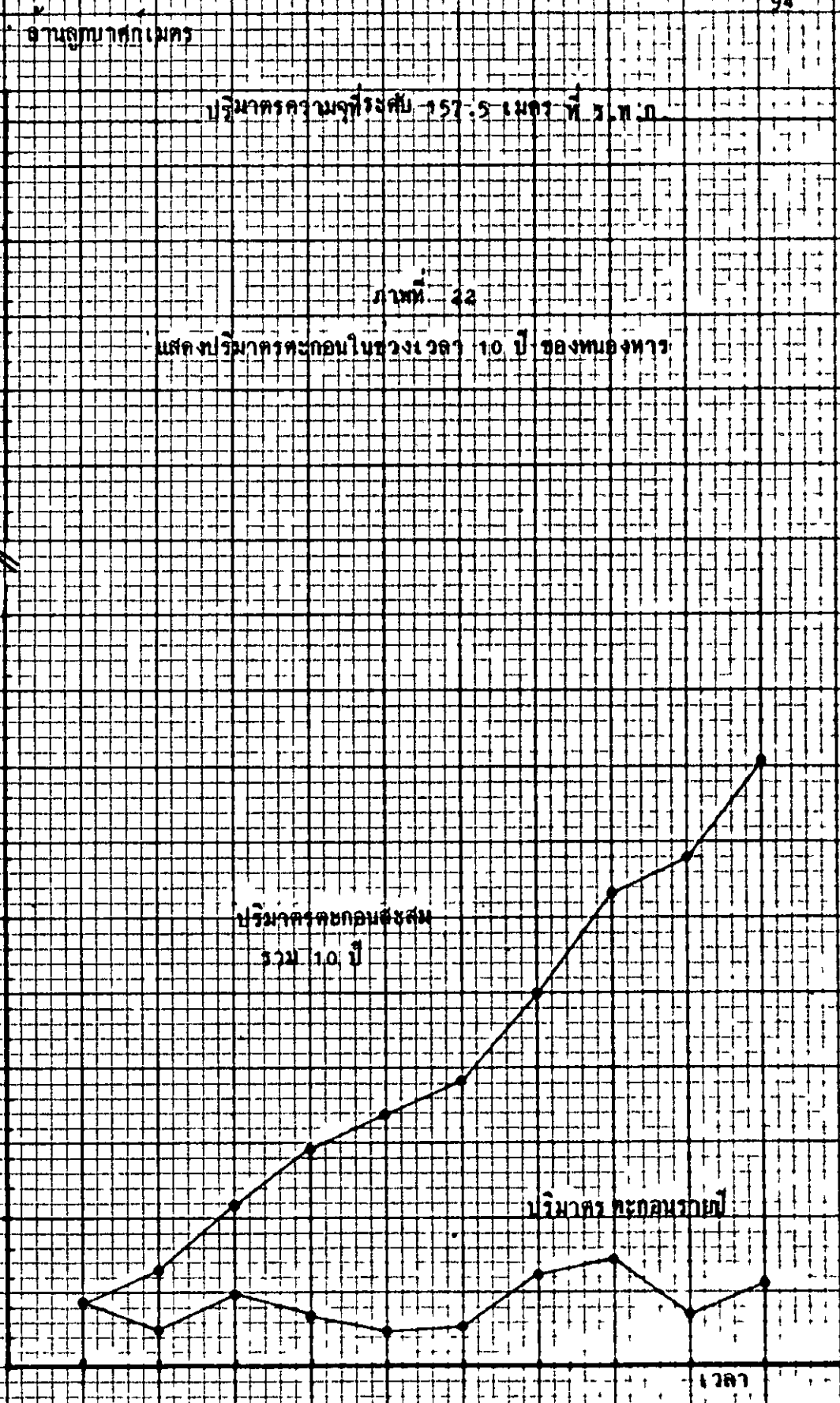
แสดงปริมาณตะกอนในช่วงเวลา 10 ปี ของหนองหาร

ปริมาณตะกอนทั้งหมด
รวม 10 ปี

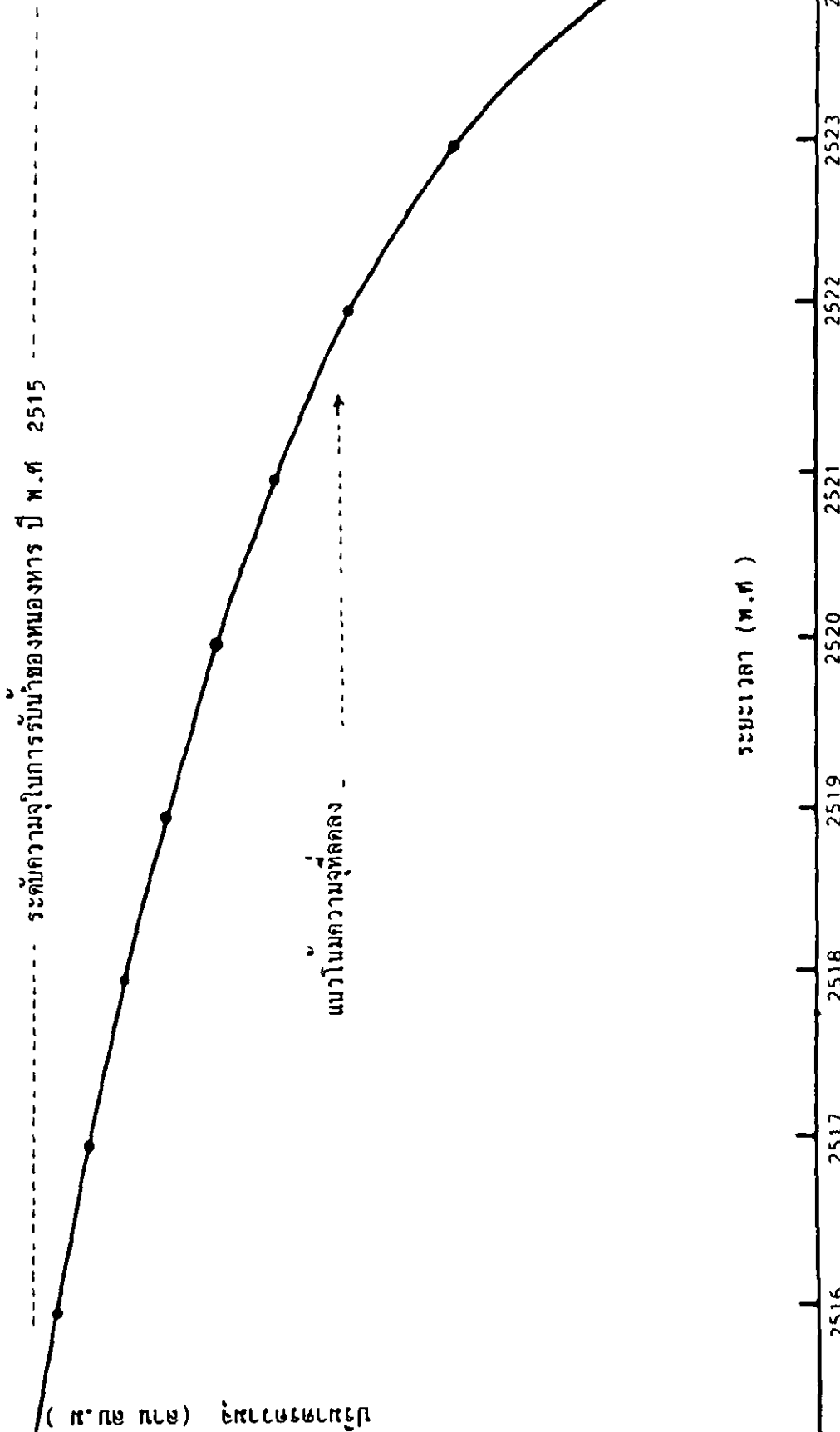
ปริมาณ ตะกอนรายปี

เวลา

2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524



แสดงแนวโน้มความจุในการรับน้ำของหนองหาร ช่วงเวลา พ.ศ. 2515-2524

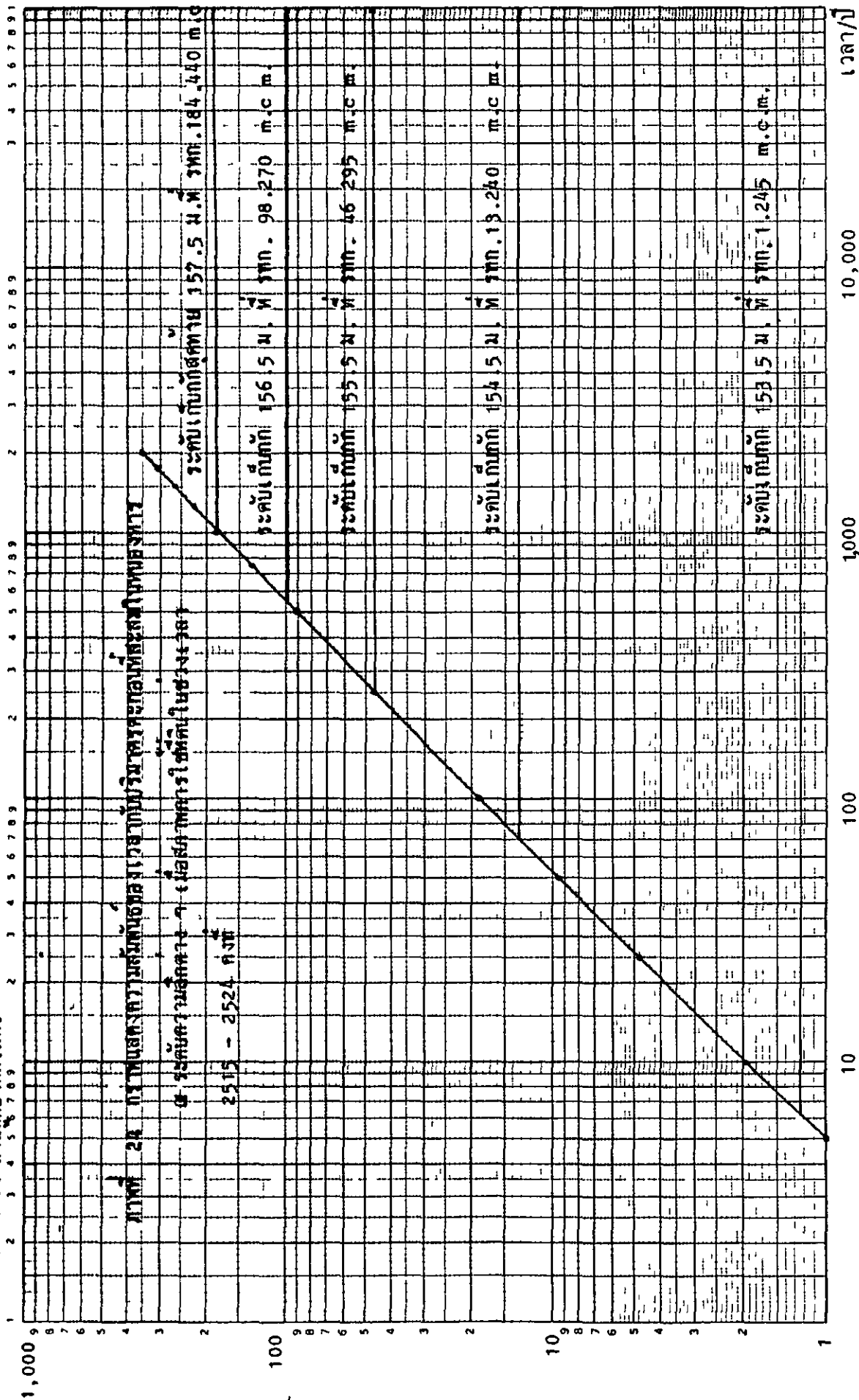


5 สมมุติฐานการศึกษาข้อที่ 5 กล่าวว่า "หนองหารจะมีสภาพเป็นที่ราบในระยะ เวลาไม่ต่ำกว่า 1,000 ปี ถ้าสภาพการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ลุ่มน้ำคงเดิม (ช่วง พ.ศ. 2515-2524)"

จากการที่ปริมาณตะกอนเข้ามาสะสมในหนองหาร ช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2515 - 2524 เฉลี่ยปีละ 219,693 ตัน คิดเป็นปริมาตร 0.203 ล้านลูกบาศก์เมตร ในสภาพที่ลักษณะการใช้ ที่ดินคงที่ตลอดในช่วงเวลาดังกล่าว และนับจากปี พ.ศ. 2524 เป็นต้นไป ดังนั้นปริมาตรตะกอน ที่เข้ามาสะสมในหนองหาร ณ เวลาต่าง ๆ ในอนาคต จึงแสดงให้เห็นตามตารางที่ 28 เมื่อนำ เวลาและปริมาตรตะกอนของช่วงเวลาต่าง ๆ มาสร้างเป็นเส้นกราฟจะตัดกับเส้นปริมาตรความจุ ของหนองหาร ณ ระดับความสูงจากก้นอ่างเก็บน้ำจนถึงระดับเก็บกักสุดท้าย (Dead Storage) โดยนำมาพลอตลงบนกราฟลอก ก็จะทราบเวลาของการที่ตะกอนสะสมในหนองหาร ณ. ระดับต่างๆ และระดับเก็บกักสุดท้าย 157.5 ม. ที่ รทก. ดังภาพประกอบที่ 24 และตารางที่ 30

ตามภาพประกอบที่ 24 เส้นกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของเวลากับปริมาตรตะกอนที่ เพิ่มขึ้น จะตัดกับปริมาตรความจุของหนองหารในระดับความลึกต่าง ๆ กันที่ระดับน้ำทะเล โดย ปริมาตรตะกอนที่เพิ่มขึ้นจะถึงระดับเก็บกักสุดท้าย ซึ่งมีประมาตรความจุ 184.44 ล้านลูกบาศก์เมตร ในเวลา 1,000 ปีพอดี จึงเป็นไปตามสมมุติฐานการศึกษาที่ว่า หนองหารจะมีสภาพเป็นที่ราบ ในระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 1,000 ปี ถ้าสภาพการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ลุ่มน้ำคงเดิมตลอด (พ.ศ. 2515 - 2524) และระยะเวลาในการทับถมในหนองหารตามความลึกในระดับต่าง ๆ ได้แสดง ไว้ในตารางที่ 30

ปริมาตร : ล้านลูกบาศก์เมตร



ตารางที่ 30 แสดงระยะเวลาของการพัฒนาด้วยตะกอนในหนองหาร ณ ระดับความลึกต่าง ๆ กัน

	ปริมาตรสะสม (ล้านลูกบาศก์เมตร)	ระยะเวลาการพัฒน์ (1)	ระยะเวลาการพัฒน์ เมื่อสภาพป่าไม 50.83	ระยะเวลาการพัฒน์ เมื่อสภาพป่าไม 45%
152.5	0	0	0	0
153.5	1.245	6.5	5 4	4 2
154.5	13.240	70	60	48
155.5	46.295	250	215	170
156.5	98.270	540	460	370
157.5	184.440	1,000	880	700

หมายเหตุ .- 1) ระยะเวลา การพัฒน์เมื่อสภาพการใช้ที่ดินและป่าไม้คงที่ในช่วง
2515 - 2524
2) ระยะเวลาเป็นปี

เนื่องจากสภาพการใช้ที่ดินในลักษณะที่เป็นป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 29 ฉะนั้นในอนาคตสภาพความเป็นป่าไม้น้อยลงลง ทำให้ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในทางลบมากขึ้น จากการศึกษาของ ชัยทัศน์ ไพรินทร์ และคณะ (โดยศึกษาการสูญเสียดินภายใต้สภาพไร่เลื่อนลอย ณ ท้องที่จังหวัดสกลนคร และกาฬสินธุ์ พบว่า ในแปลงทดลองที่เป็นป่าธรรมชาติมีการสูญเสียดินน้อยที่สุด ส่วนแปลงที่ปล่อยว่างเปล่าไม่มีพืชคลุมดินและไม่มีการทำประโยชน์จากพื้นที่ จะมีการสูญเสียดินมากที่สุด และการเปิดป่าทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินเปลี่ยนไป อินทรีย์วัตถุลดลง โครงสร้างดินแตกง่าย ยังทำให้ดินแน่น อัตราการซึมซ่านน้ำลดลง ก่อให้เกิดการสูญเสียดินมากขึ้น (ชัยทัศน์ ไพรินทร์ และคณะ 2525 : 229 - 298) ดังนั้นเมื่อเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลง การเกิดตะกอนในลำน้ำย่อมเพิ่มมากขึ้น แม้จะเป็นที่ยอมรับว่าการทำลายป่าไม้ก่อให้เกิดปัญหารุนแรงก็ตาม แต่ก็ยังไม่มีประเทศใดสามารถแก้ปัญหาเหล่านั้นได้ จึงยังคงเป็นที่ยอมรับว่าการทำลายป่าไม้และปัญหาจากการทำลายป่าไม้ยังคงมีอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร

จากสมการพยากรณ์ ปริมาณตะกอนรวมในหนองหารที่เกิดจากปริมาณน้ำฝน และเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารตามสมมุติฐานข้อที่ 3

$$Y = e^{(12.594 + 1.248 X_1 - 0.0398 X_2)}$$

X_1 คือ ปริมาณน้ำฝน (มม.)

X_2 คือ เปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้

Y คือ ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด (ตัน)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (r) 0.7674

สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) 0.5888

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ± 0.2878

ถ้าปริมาณน้ำฝนจริงที่ (X_1) มีค่าเท่ากับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปี ในช่วงที่ทำการศึกษา คือ 1507.47 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนของสถานีอุตุณิยวิทยาสกลนคร จำนวน 25 ปี คือ 1511.8 มม. (กรมอุตุณิยวิทยา 2520 : 17)

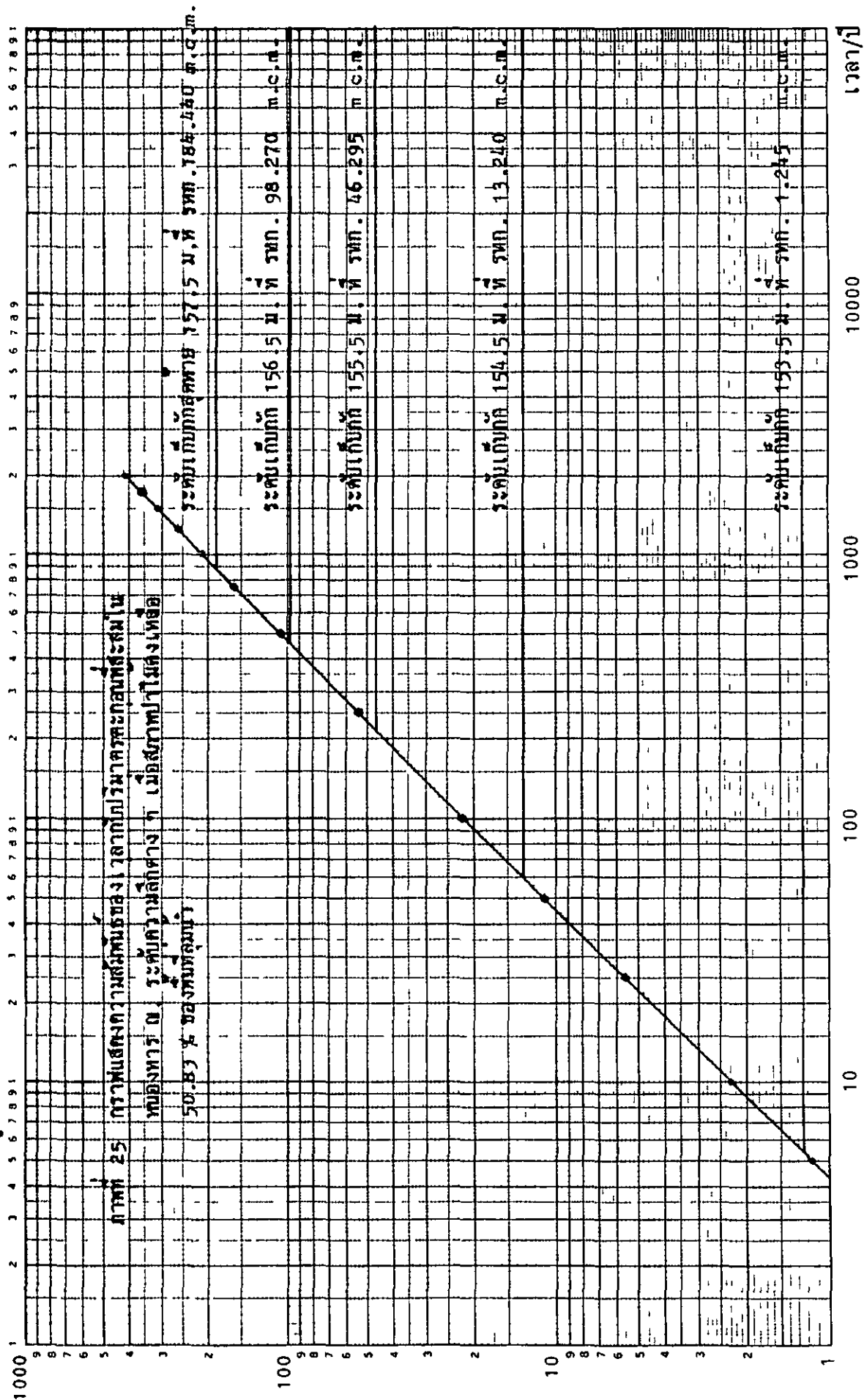
ถ้าเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหาร (x_2) ซึ่งอยู่ในพื้นที่ของเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน และพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ 2 แห่งคือ ป่าดงชมภูพาน - ดงลาดกระเดือ และป่าภูลอมขาว-ภูเพ็ก ในพื้นที่ดังกล่าวมีนโยบายรักษาสภาพป่าไม้ มีการปลูกต้นไม้ทดแทนเสมอ ดังภาพที่ 20 ในภาคผนวก ซึ่งช่วงปี พ.ศ. 2521 - 2525 มีการปลูกป่าทดแทนปีละ 2870 ไร่ ฉะนั้นสภาพป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงน้อย จึงให้เปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้คงเหลือเท่ากับปีสุดท้ายที่ทำการศึกษาคือ ปี พ.ศ. 2524 มีค่า 50.83 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร

เมื่อ x_1 มีค่า 1507.44 มม. และ x_2 มีค่า 50.83 % ฉะนั้น y หรือปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด จะมีค่าเพิ่มขึ้นปีละ 255,250.32 ตัน คิดเป็นปริมาตร 0.236 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และตะกอนในปริมาตรดังกล่าวจะทับถมในหนองหาร ทำให้ปริมาตรตะกอนสะสมเพิ่มขึ้น ณ เวลาต่าง ๆ ในอนาคต ดังตารางที่ 28

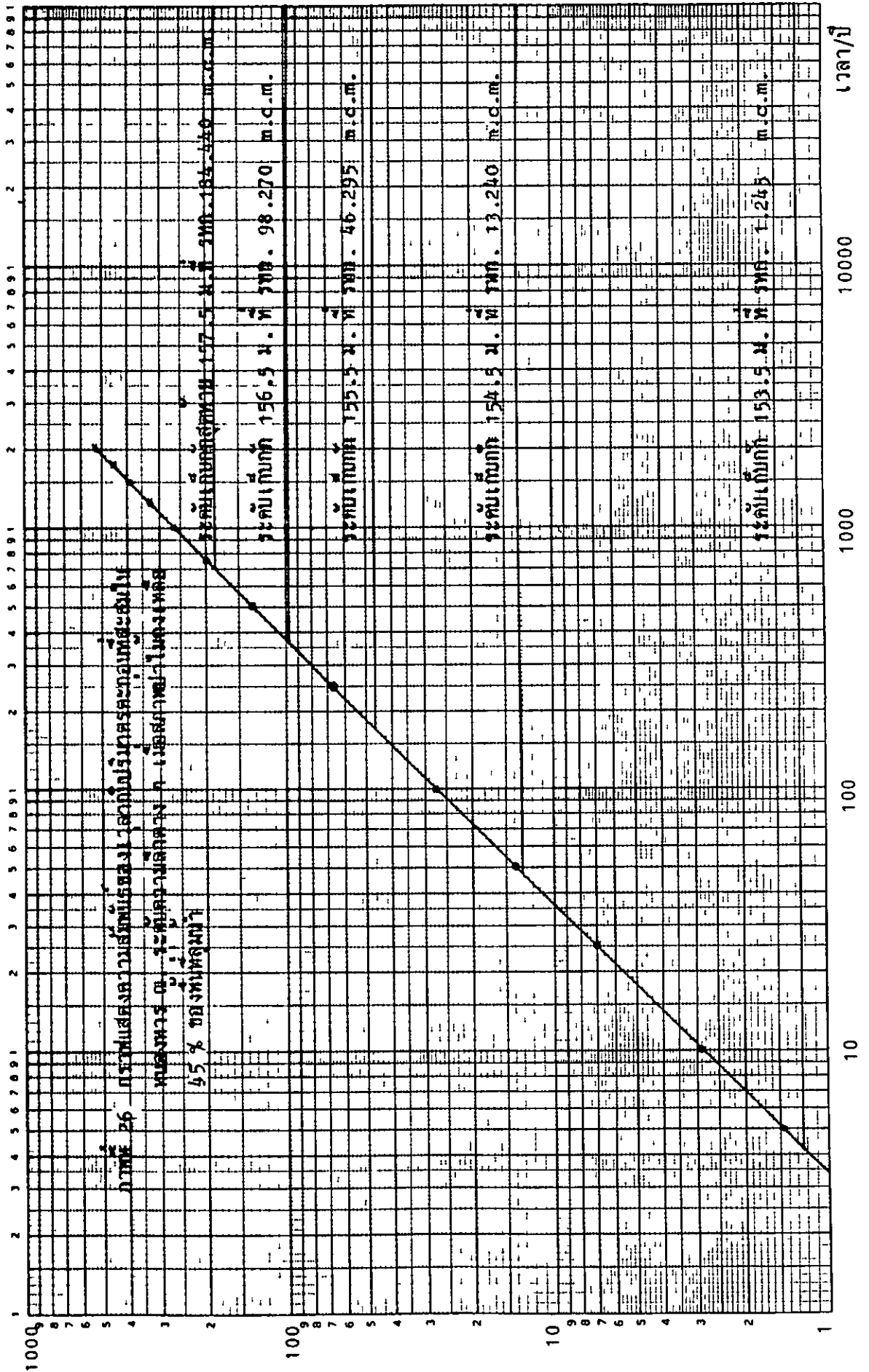
และเมื่อ x_1 มีค่าคงที่ คือ 1507.44 มม. และ x_2 มีค่า 45 % จะทำให้ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดเพิ่มขึ้นปีละ 322,030.65 ตัน คิดเป็นปริมาตร 0.298 ล้านลูกบาศก์เมตร และตะกอนดังกล่าวจะทับถมในหนองหาร ทำให้ปริมาตรตะกอนสะสมเพิ่มขึ้น ณ เวลาต่าง ๆ ในอนาคตดังตารางที่ 28

เมื่อนำระยะเวลากลับ ๆ ที่ปริมาตรตะกอนสะสมเพิ่มขึ้นจากตัวแปรข้างต้นตามตารางที่ 28 มาพลอตลงบนกราฟจะได้เส้นความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ดังภาพที่ 25 และภาพที่ 26 ซึ่งจะตัดกับเส้นแสดงปริมาตรความจุของหนองหาร ณ ระดับความลึกต่าง ๆ และระดับเก็บกักสุดท้าย (Dead Storage) ทำให้ทราบอายุของการเป็นที่ราบ ณ ระดับเก็บกักสุดท้ายที่ 157.5 เมตร ดังแสดงไว้ในตารางที่ 30,

ปริมาตร : ล้านลูกบาศก์เมตร



ปริมาตร : ล้านลูกบาศก์เมตร



บทที่ 5

อภิปรายผล สรุป และข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการศึกษา

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ แบ่งขั้นตอนการอภิปรายดังนี้คือ

1. ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมดกับตัวแปรต่าง ๆ
 2. การพยากรณ์ ปริมาณตะกอนทั้งหมด
 3. การพิจารณาความจุในการรับน้ำของหนองหารที่มีแนวโน้มลดลง
 4. การกำหนดเวลาของการเป็นที่ราบของหนองหาร ณ. ระดับ 157.5 เมตร ที่ ร.ท.ก
1. ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมดกับตัวแปรต่าง ๆ
 - 1.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมดกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำหนองหาร

จากการศึกษาพบว่า ในลุ่มน้ำหนองหาร ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ตกในลุ่มน้ำ โดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่า 0.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 01 แสดงว่า ปริมาณน้ำฝนมีอิทธิพลต่อปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดอย่างเป็นจริง คือ เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น ปริมาณตะกอนทั้งหมดย่อมเพิ่มขึ้นด้วย หรือเมื่อปริมาณน้ำฝนลดลง ปริมาณตะกอนทั้งหมดย่อมลดลงด้วย (ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อน้ำฝนนอกจากทำให้นุภาคดินแตกกระจายแล้ว เมื่อน้ำฝนยังไหลรวมกันเป็นน้ำบ่าผิวหน้าดิน พัดพาอนุภาคดินกลายเป็นตะกอนในลำน้ำ ทั้งชนิดตะกอนแขวนลอยและตะกอนที่นอนก้น จะนั้นเมื่อปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยค่อยสูงขึ้น ย่อมทำให้ปริมาณตะกอนในลำน้ำสูงเพิ่มขึ้นเช่นกัน และในการศึกษาครั้งนี้ก็สอดคล้องกับการศึกษาของ สุวิทย์ กังสกาล ซึ่งศึกษาอิทธิพลของน้ำฝนที่มีต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพบว่า ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนแขวนลอยกับปริมาณน้ำฝนมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงมาก ถึง 0.9030 และปริมาณน้ำฝนจะมีอิทธิพลต่อการเพิ่มปริมาณตะกอนแขวนลอยได้นั้น ต้องมีปริมาณน้ำฝน 1200 มม. เป็นอย่างน้อย (สุวิทย์ กังสกาล 2525 51 - 53)

ในการศึกษาครั้งนี้ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมดกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยดังกล่าว มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียง 0.7 นั้น นับว่าอยู่ในเกณฑ์ไม่สูงมากนัก น่าจะมีสาเหตุมาจาก

1 1 1 ปริมาณน้ำฝนนั้นเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของค่ารวมของปริมาณน้ำฝนที่ตกตลอดปีในลุ่มน้ำไม่สามารถบอกค่าการชะล้างพังทลายผิวหน้าดิน (soil erosion) ได้ชัดเจน เพราะความแตกต่างในเรื่องความหนาแน่นของน้ำฝน (Rainfall intensity) ขนาดของเม็ดฝน, ความเร็วของเม็ดฝน ในแต่ละพื้นที่ถูกกระทำแตกต่างกัน นอกจากนี้ช่วงเวลาที่ฝนตกในตอนต้นฤดูฝน แม้จะมีปริมาณน้ำฝนสูงก็ตาม แต่ลักษณะของพื้นที่ ทั้งพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่โดยทั่วไป ซึ่งผ่านฤดูแล้งฝนยังไม่ตกผิวหน้าดินมีการระเหยของน้ำในดินมาก ฉะนั้นเมื่อฝนตกมากตอนต้นฤดูฝน ย่อมมีการดูดซับน้ำไว้มาก ทำให้มีการชะล้างพังทลายของดินในระยะนี้น้อย โดยเฉพาะในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการไถพรวนดินเพื่อเตรียมการเพาะปลูก ครั้นฝนตกมากตอนต้นฤดูฝนจึงมีการซึมซาบน้ำ

(Infiltration) ของดินสูง และเมื่อฝนตกในระยะต่อมาเพียงเล็กน้อยภายหลังการอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน จึงทำให้เกิดการชะล้างของดินด้วยน้ำฝนและน้ำไหลบ่าอย่างรุนแรง แต่หลังจากช่วงที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ มีระยะเวลานาน กว่าฝนตกอีกครั้งทำให้ดินลดการอิ่มตัวด้วยน้ำ การชะล้างหรือการไหลบ่าก็ย่อมลดลง ดังที่ ภิชาติ วรณะประทีป ได้ทำการทดลองหาค่าการสูญเสียดิน และปริมาณน้ำไหลบ่าโดยใช้สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่โครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สา (2522 - 2524) พบว่า การเกิดน้ำไหลบ่าและการสูญเสียหน้าดิน นอกจากขึ้นอยู่กับความรุนแรงของฝน (Rainfall intensity) แล้ว ยังขึ้นอยู่กับเวลาที่ฝนตกในวันก่อน ทำให้ดินอิ่มตัวเต็มที่และเวลาของการที่ฝนตกภายหลังดินอิ่มตัวอีกด้วย เช่น วันที่ 29 พฤษภาคม 2523 ปริมาณน้ำฝนเพียง 26.7 มม. มีความรุนแรงของน้ำฝนเพียง 2.2 มม./ชม. ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดิน 6.5, 0.18, 1.4, 1.6 และ 1.0 ตัน/เฮกตาร์ จากแปลงตรวจสอบ, แปลงขั้นบันไดต่อเนื่อง (Bench terrace) ขั้นบันไดไม่ต่อเนื่อง (Intermittent terrace) คูรับน้ำขอบเขา (Hillside ditch) และคันดินรับน้ำขอบเขา (Contour bund) ซึ่งเท่ากับ 46 %, 18 %, 30 %, 32 %, และ 25 % ของการสูญเสียหน้าดินตลอดปี จากแต่ละแปลงตามลำดับ ซึ่งก่อนหน้านี้ 5 วัน มีปริมาณฝนตกรวมกัน 110 มม. จนทำให้ดินอิ่มตัวเต็มที่ด้วยน้ำ

(ภิชาติ วรณะประทีป 2525 : 269)

นั่นคือการพิจารณาเพียงปริมาณน้ำฝนรวมตลอดปี จึงเป็นค่าที่นำมาใช้หาความสัมพันธ์กับ ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด ได้ความสัมพันธ์อย่างไม่เด่นชัดมากนัก

1.1.2 เมื่ออัตราการขึ้นน้ำของดินลดลง หรือดินอิ่มตัวแล้วยอมทำให้เกิดน้ำไหลบ่าผิว หน้าดิน ดังสมการง่าย ๆ คือ

$$\text{ปริมาณน้ำไหลบ่า} = \text{ปริมาณน้ำฝน} - \text{ปริมาณน้ำที่ถูกดินดูดซึม}$$

ดังนั้นน้ำไหลบ่าจึงขึ้นอยู่กับตัวแปรปริมาณน้ำฝนเป็นตัวการที่สำคัญ และปริมาณการดูดซึม เป็นตัวแปรรอง แต่ปริมาณน้ำฝนเป็นตัวแปรที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ที่ควบคุมไม่ได้ ส่วนปริมาณ การดูดซึมน้ำนั้นมนุษย์สามารถทำให้เปลี่ยนแปลงได้บ้าง เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การรักษารูหรือ ปลูกป่าไม้เพิ่มขึ้น การปลูกพืชตามแนวระดับ การปลูกพืชสลั้ว การทำชั้นบนดิน และการคลุมดิน ฉะนั้นการรู้จักควบคุมปริมาณการดูดซึมน้ำของดินก็จะลดปริมาณการไหลบ่าของน้ำผิวดิน ทำให้ การชะล้างผิวดินในรูปต่าง ๆ จนกลายเป็นตะกอนตามลำน้ำลดลงได้ แต่ในลุ่มน้ำหนองหาร ปริมาณการดูดซึมน้ำของดินในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันตามชนิดของดิน การใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ทำ ให้น้ำไหลบ่าแตกต่างกันจนมีผลให้ปริมาณตะกอนซึ่งเกิดจากการชะล้างด้วยน้ำฝน น้ำไหลบ่า มีความ สัมพันธ์กันอย่างไม่สูงมากนัก ถ้าสภาพการใช้พื้นที่เป็นอย่างเดียวกันหมด อัตราการไหลบ่าของน้ำ เป็นอย่างเดียวกันก็ยอมทำให้ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนกับปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์กันสูงได้

1.1.3 เนื่องจากปริมาณตะกอนทั้งหมดในลำน้ำที่ไหลลงสู่หนองหานนั้นมิได้เกิดจากน้ำฝน ชะล้างผิวดิน และพัดพากลายเป็นตะกอนลงสู่ลำน้ำอย่างเดียว ตะกอนในลำน้ำยังได้จากการ พังทะลายของสองฝั่งลำน้ำด้วย (Stream bank erosion) โดยน้ำที่ไหลแรงจะช่วยให้เกิดการ กัดเซาะริมตลิ่ง (Hydraulic action) และการกัดด้วยวัตถุที่มากับน้ำ (Corrasion) ทำให้ ปริมาณตะกอนเพิ่มมากขึ้น ดังที่ สมเจตน์ จันทวัฒน์ กล่าวไว้ว่า การพังทะลายของดินสองฝั่งน้ำ เป็นขบวนการพังทะลายของดินที่ทำให้ปริมาณตะกอนในลำน้ำเพิ่มมากขึ้น (สมเจตน์ จันทวัฒน์ 2522 : 75) เช่นเดียวกับ การสัน ใดที่กษาลุ่มน้ำในแคนาคา พบว่า วัสดุตะกอนแขวนลอย มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับตลิ่ง (bank) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกัด (scour) และพังทะลาย (collapse) ของปริมาณน้ำในลำน้ำกับตลิ่งจนกลายเป็นตะกอน และ เมื่อน้ำไหลบ่ามากขึ้น

ก็จะมีตะกอนมากขึ้น (ส่วทัย กังสาดล 2525 : 34) และ เนื่องจากลักษณะดินในบริเวณลุ่มน้ำหนองหาร มีสภาพเป็นดินทราย และดินทรายละเอียด จึงมีการกัดเซาะริมฝั่งน้ำเพิ่มมากขึ้น จนปรากฏว่า จากการที่สถาบัน เอไอที ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณตะกอนในหนองหาร พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ทราย 28 % ดินซิลต์ 42 % และดินเหนียว 30 % (AIT, 1982 26-27) อันเป็นผลมาจากการกัดเซาะตลิ่งดังกล่าว จึงมีผลทำให้ปริมาณตะกอนทั้งหมดในลุ่มน้ำกับปริมาณน้ำฝนมีค่าความสัมพันธ์กันอย่างไม่สูงมากนัก

1.2 ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนทั้งหมดกับพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหาร

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณตะกอนทั้งหมดจะมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลักษณะผกผัน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานการศึกษาที่คาดไว้ โดยที่เปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ลดลง ปริมาณตะกอนทั้งหมดจะเพิ่มขึ้น เพราะว่าป่าไม้เป็นพืชคลุมดินที่ช่วยลดแรงปะทะของเมื่อน้ำฝนที่กระทำต่อดินจนทำให้อนุภาคดินแตกกระจาย เมื่อพื้นที่ป่าไม้ลดลง โอกาสที่เมื่อน้ำฝนจะกระทบถึงพื้นดิน และก่อให้เกิดการสูญเสียดินจนกลายเป็นตะกอนเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่ง เกษม จันทรแก้ว และคณะ กล่าวถึงการที่พื้นที่ป่าไม้เมื่อถูกทำลายโดยการตัดฟันไม่ยอมเกิดการพังทลายของดินจากการกัดเซาะของน้ำที่มีต่อผิวน้ำดิน ยังมีการไถพรวนเพื่อการเกษตรแล้ว ความเสียหายจะรุนแรงมาก (เกษม จันทรแก้ว และคณะ 2519 : 15)

เนื่องจากป่าไม้ช่วยยับยั้งการไหลบ่าของน้ำได้มากที่สุด โดยเฉพาะไม้ กิ่งไม้ และต้นไม้ในป่า ทำให้น้ำไหลบ่ามีการซึมลงสู่ชั้นดิน ปริมาณและความรุนแรงในการไหลของน้ำลดลง ย่อมทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินลดลงอีกด้วย ดังที่ ชัยทัศน์ ไพรินทร์ และคณะ ศึกษาการไหลบ่าของน้ำ และการสูญเสียดิน ภายใต้สภาพไร่เลื่อนลอย ณ. ท้องที่จังหวัดสกลนคร และภาพสีนู้พบว่า ในแปลงทดลองที่เป็นป่าธรรมชาติ สามารถยับยั้งการไหลบ่าของน้ำได้มากที่สุดดีกว่าแปลงที่ปล่อยดินว่างเปล่า แปลงที่มีการไถเตรียมดิน และแปลงที่ไม่ไถเตรียมดิน และยังพบว่า การสูญเสียดินทั้งหมดนั้น แปลงที่เป็นป่าธรรมชาติมีการสูญเสียดินน้อยที่สุด แปลงที่ปล่อยว่างเปล่าสูญเสียดินมากที่สุด (ชัยทัศน์ ไพรินทร์ และคณะ 2525 : 296) จึงเป็นการสนับสนุนว่า สภาพป่าธรรมชาติที่ไม่มีการทำลาย จะช่วยลดการไหลบ่าของน้ำ ทำให้เกิดการซึมซับน้ำของดินได้ดี อันจะช่วยลดการพังทลายหน้าดิน และพัดพากลายเป็นตะกอนในลำน้ำ ฉะนั้นจากกรณีพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหาร

ลุ่มน้ำหนองหารมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละ 1507.5 มม. มีอัตราการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (2515 - 2524) โดยเฉลี่ย ปีละ 1.02 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตารางที่ 24) ฉะนั้นในภาพที่ 1 เมื่อพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหารถูกทำลายลง การพังทลายของดินจนกลายเป็นตะกอน ย่อมมีปริมาณมากขึ้น และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ นิพนธ์ ตั้งธรรม ในการศึกษาผลกระทบของ วิวัฒนาการการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อลักษณะและคุณภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่แตง โดยกล่าวว่า การสูญเสียดินในลุ่มน้ำจะเป็นปฏิภาคส่วนกลับกับความหนาแน่นของป่า ผลกระทบจะเพิ่มขึ้นเด่นชัดเมื่อพื้นที่ลุ่มน้ำมีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมเรือนยอดของป่ามีน้อยกว่า 70 % (นิพนธ์ ตั้งธรรม 2526 15 - 1 - 4) โดยที่ลุ่มน้ำหนองหารมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ลดลงจาก 60 % ในปี พ.ศ. 2515 เหลือเพียง 50.83 % ใน พ.ศ. 2524 ซึ่งต่ำกว่า 70 % มาโดยตลอด จึงเป็นการแสดงให้เห็นถึงปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ของลุ่มน้ำหนองหารในลักษณะผกผัน ตามสมมติฐานการศึกษา และจากกราฟในภาพที่ 21 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณตะกอนในหนองหารจะเป็นปฏิภาคส่วนกลับกับความหนาแน่นของป่า และผลกระทบจะเด่นชัดเมื่อเปอร์เซ็นต์ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำมีน้อยกว่า 75.5 %

แม้จะมีความสัมพันธ์ตามสมมติฐานการศึกษาดังกล่าวแล้ว แต่ก็ขาดนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) 0.5052 ในรูปของ Simple linear Regression ซึ่งแสดงถึงการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ยังให้ผลต่อปริมาณตะกอนน้อย โดยป่าไม้เป็นเพียงปัจจัยหนึ่งที่เป็นเพียงตัวลดกษัยการ ตัวการที่ทำให้เกิดกษัยการและการพัดพาเกิดเป็นตะกอนในลำน้ำที่สำคัญที่สุดคือ น้ำฝน และน้ำไหลบ่าหน้าดิน

การขาดนัยสำคัญทางสถิติ น่าจะมีเหตุสำคัญอีกประการจากการที่การลดลงของพื้นที่ป่าไม้มีน้อยโดยเฉลี่ยปีละประมาณ 1.02 % ในขณะเดียวกันในเขตลุ่มน้ำทุ่งตอนบนอยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติ และป่าสงวนแห่งชาติ มีการปลูกป่าเพิ่มเติมจาก พ.ศ. 2520 - 2525 คิดเป็นพื้นที่ 16,050 ไร่ หรือ 1.5 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำหรือมีอัตราเพิ่มเฉลี่ยปีละ 0.21 % บริเวณที่ปลูกป่าเพิ่มเติมจะไม่ปรากฏชัดในภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงที่ทำการศึกษา แต่ลักษณะของความเป็นป่าหรือสวนป่าก็มีส่วนช่วยลดการพังทลายของดินได้ นอกจากนี้สภาพป่าธรรมชาติที่ถูกทำลายเพื่อใช้พื้นที่เกษตรกรรม หรือป่าที่ถูกปล่อยให้ป็นไร่ร้างก็มีวัชพืชขึ้นหนาแน่น ซึ่งสามารถควบคุมการสูญเสียหน้าดินได้

เหมือนกับสภาพป่าดิบธรรมชาติ เพียงแต่มีปริมาณการไหลบ่าของน้ำผิวดินมากกว่าป่าธรรมชาติเท่านั้น (นิพนธ์ ตั้งธรรม 2526 : 15 - 5) ดังนั้นการปลูกป่าเพิ่มเติมหรือแม้แต่บริเวณไร่ร้าง และพื้นที่เพาะปลูกก็มีส่วนควบคุมการสูญเสียหน้าดินได้ จึงเป็นเหตุให้ความสัมพันธ์ของการลดพื้นที่ป่าไม้กับปริมาณตะกอนมีความสัมพันธ์กันแคชาคณัยสำคัญทางสถิติ

จากการที่ลุ่มน้ำหนองหารแบ่งได้เป็นลุ่มน้ำฟองและลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารดังกล่าวแล้ว จะสังเกตพบว่า ในลุ่มน้ำฟองจะอยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูพาน ป่าสงวนแห่งชาติ และป่าสงวนแห่งชาติดงชมพูวนคงลากระเดื่อ ซึ่งมีการปลูกป่าเพิ่มเติม ดังภาพที่ 20 ส่วนป่าสงวนแห่งชาติภูผามาว - ภูเทือก ก็มีโครงการปลูกป่าเพิ่มเติมในอนาคตอีกเช่นกัน โดยในช่วง 10 ปี (2515-2524) ลุ่มน้ำฟองมีป่าไม้ถึง 77.31 % ฉะนั้นในอนาคตพื้นที่ป่าไม้จึงมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้น ส่วนลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารมีพื้นที่ป่าไม้เพียง 34.77 % และส่วนใหญ่ก็เป็นป่าเบญจพรรณ และป่าโคก ซึ่งมีความหนาแน่นของป่าน้อยกว่าป่าดิบแล้ง และยังมีการใช้พื้นที่เป็นนาข้าวมากถึง 53.25 % ซึ่งอยู่บริเวณโดยรอบหนองหาร นาข้าวที่อยู่โดยรอบในระยะน้ำท่วมถึงมักจะถูกปล่อยเป็นนาร้าง เนื่องจากน้ำท่วมมากจนต้นข้าวตายไป และบางบริเวณโดยรอบหนองหาร มีการเพาะปลูกพืชผักในฤดูหนาว หรือไถดินตอนต้นฤดูฝน เพื่อเตรียมการทำนา ครั้นถึงฤดูฝนปริมาณน้ำมากเกินไปเกิดน้ำท่วม จึงงดปลูกข้าว การรบกวนผิวดินในลักษณะดังกล่าว จึงเท่ากับช่วยให้เกิดการสูญเสียผิวดิน กลายเป็นตะกอนถูกชะล้างลงหนองหาร มีปริมาณสูงมาก โดยมีค่าปริมาณตะกอนแขวนลอยสูงกว่าที่ได้จากลุ่มน้ำฟอง ดังตารางที่ 17

นอกจากนี้เท่าที่สังเกตจะพบว่า ชนิดของการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหารมีมากขึ้นกว่าลุ่มน้ำฟอง เช่น การใช้ที่ดินเพื่ออยู่อาศัย โดยมีเทศบาลเมือง หมู่บ้านโดยรอบหนองหาร สุขาภิบาลท่าแร่ โรงพยาบาลสกลนคร การใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม เช่น ทำนา และปลูกพืชไร่ การสร้างถนนเส้นทางคมนาคม การใช้เป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และการปล่อยปละทิ้งร้างเปล่าริมหนองหาร ย่อมเป็นตัวเร่งให้เกิดภัยการ และการพัดพาตะกอนในหนองหารได้เร็วขึ้น ซึ่ง นิพนธ์ ตั้งธรรม และสมคิด แก้วไทรหวาน ได้ศึกษาผลกระทบจากการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ต่อปริมาณตะกอนของลุ่มน้ำขนาดเล็กบนที่สูงจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งใช้เป็นที่อยู่อาศัย มีค่าสูงที่สุดมากกว่าพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ปลูกป่าและไร่ร้างโดยมีค่า 27,609

14,077, 222 และ 126 กก/เฮกตาร์/ปี ตามลำดับ (นิพนธ์ ตั้งธรรม 2526:29-15-17) และนิพนธ์ ตั้งธรรม ยังได้ศึกษาการสร้งถนนเข้าไปในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่เตง พบว่า การที่ถนนตัดผ่านเข้าไปในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่จะเป็นระยะทางไม่มากนักก็แสดงผลกระทบต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การเปลี่ยนสภาพป่าเป็นไร่เลื่อนลอย และปล่อยทิ้งเป็นไร่ร้าง หรือป่าเสื่อมโทรมกลับมีผลทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยลดลง (นิพนธ์ ตั้งธรรม 2526 : 15 - 13)

ฉะนั้นพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร ซึ่งมีการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ดังกล่าว นับว่าเป็นการรบกวนผิวหน้าดิน ก่อให้เกิดการชะล้างสูญเสียหน้าดิน และไหลบ่าลงสู่หนองหารอย่างเด่นชัด จึงทำให้ค่าปริมาณตะกอนทั้งหมดสูงขึ้นมาก และมีค่าสูงกว่าตะกอนที่มาจากลุ่มน้ำทุ่งด้วย และในอนาคตพื้นที่ของการใช้ที่ดินต่าง ๆ ตามประเภทที่กล่าวย่อมมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ตามอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรเท่ากับเป็นตัวเร่งให้ปริมาณตะกอนเข้ามาสะสมในหนองหารมากขึ้น

2 การพยากรณ์ปริมาณตะกอนทั้งหมด

การพยากรณ์ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดที่เคลื่อนตัวมาสะสมในหนองหารโดยมีตัวแปรต้น คือ ปริมาณน้ำฝนและเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหารและปริมาณตะกอนรวมเป็นตัวแปรตาม เมื่อนำตัวแปรทั้งหมดในช่วง 10 ปี (2515 - 2524) มาหาความสัมพันธ์กันในแบบพหุคูณและกำหนดในรูปสมการพยากรณ์ Double Log Model

$$Y = e^{(12\,594 + 1.248 X_1 - 0.0398 X_2)}$$

X_1 คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร

X_2 คือ จำนวนเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ป่าไม้ที่คงเหลือในลุ่มน้ำหนองหาร

Y คือ ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดที่เคลื่อนตัวสะสมในหนองหาร

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (r) = 0.7674

สัมประสิทธิ์การพหุคูณ (R^2) = 0.5888

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน = ± 0.2878

จากผลการพยากรณ์ดังกล่าวทำให้ทราบปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดที่เข้ามาสะสมตัวใน
หนองหาร เมื่อทราบปริมาณน้ำฝนและเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำของหนองหาร นับว่าเป็นผลการ
พยากรณ์ที่มีอำนาจการพยากรณ์ได้สูง แม้จะมีสัมประสิทธิ์การพยากรณ์เพียง 58 % โดยใช้ตัวแปร
ต้นเพียง 2 ตัว แสดงถึงว่าตัวแปรต้นทั้งสองเป็นตัวแปรสำคัญของการพยากรณ์ถึง 58 ส่วน ใน
100 ส่วน อีก 42 ส่วนนั้นเป็นตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเกิดตะกอน จึงเป็นเรื่องที่ควรจะนำมา
ศึกษากันต่อไปว่าควรจะนำตัวแปรอื่น ๆ อะไรบ้างมาพิจารณา และเนื่องจากความคลาดเคลื่อน
มาตรฐานของการพยากรณ์มีน้อย คือเพียง ± 0.2878 จึงนับว่าเป็นผลการพยากรณ์ที่น่าไปใช้
พยากรณ์ได้

อนึ่งการศึกษาเกี่ยวกับตะกอนโดยใช้ตัวแปรดังกล่าวในพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร ยังไม่ปรากฏ
ว่าได้มีการศึกษาโดยละเอียด ฉะนั้นการศึกษาในครั้งนี้งถึงแม้การพยากรณ์ โดยใช้ตัวแปรดังกล่าว
จะส่งผลให้สัมประสิทธิ์การพยากรณ์น้อยก็ตาม นับว่าเป็นการศึกษาขั้นพื้นฐานเพื่อเป็นแนวทางให้
การศึกษาคือในลักษณะเข้มาเพิ่มขึ้นไปอีก

3 การพิจารณาความจุในการรับน้ำของหนองหารที่มีแนวโน้มลดลง

ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงเวลาที่ทำการศึกษาปริมาณตะกอนเข้ามาสะสมในหนองหาร
เฉลี่ยปีละ 0.203 ล้านลูกบาศก์เมตร และคิดเป็นปริมาตรสะสมทั้งหมดในปีสุดท้าย 2,031, 186 2
ลูกบาศก์เมตร หรือ 2 03 ล้านลูกบาศก์เมตร และเมื่อพิจารณาความจุของหนองหารที่ 2.03 ล้าน
ลูกบาศก์เมตร มีปริมาตรตะกอนเข้ามาสะสมปีละ 0.203 ล้านลูกบาศก์เมตรดังกล่าว ก็จะยอม
ทำให้ความจุในการรับน้ำลดลงตามลำดับ เพราะปริมาตรตะกอนสะสมย่อมทวีจำนวนตามระยะเวลา
ดังภาพแสดงการลดปริมาตรความจุในการรับน้ำของหนองหารจากการทับถมด้วยตะกอน (ภาพที่ 23)

การลดปริมาตรความจุในการรับน้ำของหนองหารนั้นเป็นไปตามหลักความจริง คือเมื่อมี
ตะกอนแทนที่น้ำในหนองหาร ความจุในการรับน้ำ ณ ระดับนั้นก็ต้องสูญเสียไป ฉะนั้นถ้าปริมาตรของ
ตะกอนที่เข้ามาทับถมยังมีสม่ำเสมอโดยตลอด ความจุของหนองหาร ณ ระดับ 157.5 เมตรที่
ร.ท.ก. ก็ต้องลดลง จึงเป็นการชี้ให้เห็นว่า ในอนาคตแนวโน้มในการรับน้ำของหนองหารลดลง

แต่ผลที่จะตามมาคือ เมื่อความจุในการรับน้ำลดลง แต่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่หนองหารยังคงเดิม ทำให้มีโอกาสน้ำท่วมบริเวณโดยรอบหนองหารขยายตัวกว้างขึ้น ในสภาพปัจจุบัน สถานีประมงหนองหารสกลนคร มีนโยบายที่จะรักษาระดับน้ำไว้ที่ 157 เมตรที่ ร.ท.ก. จึงได้ระบายน้ำทางประตูน้ำก่ำ ตามลำนํ้ากำลังสูบน้ำในฤดูฝน เมื่อความจุในการรับน้ำของหนองหารลดลง โอกาสที่จะเกิดน้ำท่วมก็ย่อมสูงขึ้นถึงก้นแล้ว แต่ถ้าไม่มีการขยายประตูลำน้ำก่ำตามข้อตกลงเบื้องต้น ก็ย่อมทำให้การระบายน้ำได้ช้าลง และมีโอกาสเกิดน้ำท่วมได้มากขึ้น ซึ่งจะมีผลถึงหมู่บ้าน โดยรอบหนองหารซึ่งตั้งอยู่ ณ ระดับความสูง 158 เมตรที่ ร.ท.ก. ต้องมีการเคลื่อนย้าย อพยพ โพนระดับน้ำท่วม หรือต้องมีการสร้างคันดินสูงป้องกันน้ำโดยรอบหนองหาร

4 การกำหนดเวลาของการเป็นที่ราบของหนองหาร ณ ระดับ 157.5 เมตรที่ ร.ท.ก

ถ้าสภาพการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำหนองหารคงที่ดังในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา (2515-2524) ตลอดไป ปริมาณตะกอนจะเข้ามาสะสมในหนองหารเฉลี่ยปีละ 219,693 ตัน หรือปริมาตร 0 203 ล้านลูกบาศก์เมตร และการที่หนองหาร ณ ระดับ 157.5 เมตร ที่ ร.ท.ก. มีปริมาตรความจุ 184 44 ล้านลูกบาศก์เมตร ปริมาตรตะกอนเข้ามาสะสมทวีคูณ โดยตะกอนใหม่ทับถมลงบนตะกอนเก่าเรื่อย ๆ ทำให้น้ำหนักต่อน้ำ (ความหนาแน่น) ของตะกอนต้องแตกต่างกันไปตามระยะเวลาของการทับถม เมื่อพิจารณาระยะเวลากับปริมาตรของตะกอนในรูปของกราฟลดการทับถมพบว่า การทับถมของตะกอนจนถึงระดับ 157 5 เมตร นั้นต้องใช้เวลา 1,000 ปี พอที่จะเป็นไปได้ตามสมมุติฐานการศึกษาดังกล่าวแล้ว

การใช้ที่ดินในช่วง 10 ปี ดังกล่าวไม่ได้คงที่ตลอดไปต้องมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจาก การขยายตัวของประชากร ทำให้มีการใช้ที่ดินทางการเกษตรมากขึ้นด้วยการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อเพิ่มผลผลิตให้พอเพียงกับจำนวนความต้องการอาหารของประชากรที่เพิ่ม ซึ่งโรฮิต บันเปี่ยมรักษ์ กล่าวถึงการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในภาคอีสานว่า ในปี พ.ศ. 2501 พื้นที่เกษตรกรรมในภาคอีสานมี 19 ล้านไร่ ปี พ.ศ. 2516 มีเพิ่มเป็น 41 ล้านไร่เพิ่มขึ้นถึง 115.8 % เนื่องจากการอพยพบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ โดยเป็นการอพยพภายในภาคอีสาน ถึง 500,000 คน จากจังหวัด ขอนแก่น, นครราชสีมา, มหาสารคาม, และร้อยเอ็ด โดยร้อยละ 70 อพยพเข้าสู่อีสานตอนเหนือ คือจังหวัดอุดรธานี

เลย, สกลนคร และหนองคาย ในบริเวณที่เป็นต้นน้ำลำธาร (โฆสิต ปั้นเปี่ยมรัษฎ์ 2524:10) ดังนั้นจากการสังเกตหมู่บ้านในเขตอุทยานแห่งชาติภูพานตามแนวถนนทางหลวงแผ่นดิน ในอดีตที่ผ่านมา จะมีการอพยพของผู้อยู่อาศัยเข้ามาบุกเบิก ปลูกป่าทำไร่ เป็นหมู่บ้านขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ลักษณะการใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะเมื่อสภาพของการเป็นป่าไม้ลดลง ปริมาณตะกอนในลำน้ำย่อมเพิ่มขึ้น ดังสมการ

$$Y = e^{(12.594 + 1.248 X_1 - 0.0398 X_2)}$$

โดยที่ X คือ ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด
 X_1 คือ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในลุ่มน้ำ
 X_2 คือ จำนวนเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำ

ถ้า X_1 มีปริมาณคงที่ คือ เท่ากับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝน 10 ปี มีค่าเท่ากับ 1507.47 มม. ใกล้เกี่ยวกับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนของสถานีอุตุนิยมวิทยาสกลนคร เฉลี่ย 25 ปี มีค่า 1511.8 มม. (กรมอุตุนิยมวิทยา 2520 : 17)

ถ้า X_2 มีค่าเท่ากับเปอร์เซ็นต์ พื้นที่ป่าไม้ในปีสุดท้ายที่ทำการศึกษา คือ 50.33 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ เพราะว่า แม้จะมีการบุกรุกป่าในอนาคตเพิ่มขึ้น แต่ในพื้นที่ลุ่มน้ำพุน้ำก็อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน และป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งมีนโยบายรักษาป่า ทั้งยังมีการปลูกป่าทดแทนถึงเช่น ในปี พ.ศ. 2520 - 2525 มีการปลูกป่าเพิ่มคิดเป็น 1.5 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำ เฉลี่ยปีละ 0.21% จึงทำให้ในอนาคตสภาพป่าไม้ต้องเพิ่มขึ้น แม้จะมีการบุกรุกโดยให้เพิ่มใกล้เคียงกับปีสุดท้ายของการศึกษารั้งนี้ คือ 50.83 %

จากตัวแปรปริมาณน้ำฝนคงที่เท่าเดิม และสภาพป่าไม้ 50.83 % ทำให้ปริมาณตะกอนเพิ่มขึ้นปีละ 255,250 ตัน หรือเป็นปริมาตร 0.236 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และปริมาตรตะกอนดังกล่าวจะมาสะสมในหนองหารจนถึงระดับ 157.5 เมตรที่ ร.ท.ก ในเวลาประมาณ 880 ปี

และถ้าเปอร์เซ็นต์พื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือเพียง 45 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด ก็จะทำให้ปริมาณตะกอนเพิ่มปีละ 322,030 ตัน หรือเป็นปริมาตร 0.293 ล้านลูกบาศก์เมตร จะทำให้หนองหารเป็นที่ราบในระดับดังกล่าวในเวลา 700 ปี โดยประมาณ

จึงเป็นการแสดงให้เห็นว่าถ้ามีการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำจะมีผลให้เกิดตะกอนในลำน้ำเพิ่มมากขึ้น ทั้งที่ตามความเป็นจริงแล้วยังมีตัวแปรอีกหลายชนิดที่ส่งผลให้เกิดการพังทลายของดินจนกลายเป็นตะกอนในลำน้ำ ดังนั้นระยะเวลาของการเป็นที่ราบของหนองหารย่อมเร็วกว่าที่คำนวณไว้ และถ้าพิจารณาจากการที่เขื่อนน้ำพุง ทำหน้าที่กักเก็บตะกอนไว้ของพื้นที่ลุ่มน้ำเหนือเขื่อน ซึ่งปัจจุบันกำลังอยู่ในโครงการปลูกป่าทดแทนดังกล่าวแล้ว แต่บริเวณตอนล่างของเขื่อนยังมีการบุกรุกทำลายป่าไม้ และมีการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ แตกต่างกับตอนบนของเขื่อนน้ำพุง ก็จะเป็นส่วนช่วยให้การพังทลายดินสูงขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร เป็นบริเวณที่มีการใช้ที่ดิน โดยกิจกรรมของมนุษย์สูงมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำพุง จึงนับว่าในอนาคตจะยังมีการชะล้างพังทลายของดินสูงเพิ่มปริมาณตะกอนในหนองหารมากขึ้น ดังที่ ญู ศรีขจร และคณะ กล่าวไว้ว่า ขั้นตอนการพังทลายของดินจะเกิดเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับการกระทำของมนุษย์มากกว่าธรรมชาติ ความสมดุลของการพังทลายเป็นไปคามอัตราที่สามารถทดแทนได้โดยธรรมชาติ แต่เมื่อมนุษย์เปลี่ยนแปลงธรรมชาติ ความสมดุลจะสูญเสียไปตามสัดส่วนของการรบกวนสมดุล และการใช้เทคโนโลยีเครื่องมือกลในทางเกษตร สมรรถภาพของดินต่อการถูกชะล้างจะลดลง อัตราการสูญเสียดินจึงเพิ่มมากขึ้นทุกปี (ญู ศรีขจร และคณะ 2526 63)

✓ สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. พื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมดมีขนาด 1718 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำพุง 888 ตารางกิโลเมตร และลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร 830 ตารางกิโลเมตร มีลำน้ำสายหลักที่มีน้ำไหลตลอดปี คือ ลำน้ำพุง และลำน้ำสายสั้น 13 สาย รอบหนองหารซึ่งมีน้ำเฉพาะฤดูฝน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด 1507.5 มม. ต่อปี

2. บริเวณตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำหนองหาร มีแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นแหล่งน้ำที่เรียก Flood plain - Foothill (Type II)

จากระดับ 157.5 เมตร ที่ ร.ท.ก. จะมีลักษณะ

- ความลึกเฉลี่ย 2.50 เมตร ค่าความลึกที่สุด 4.04 เมตร ร่องน้ำลึกจะปรากฏตามแนวลำน้ำพุ่งลงสู่ลำน้ำเก่า
- พื้นที่ผิวน้ำ 113 ตารางกิโลเมตร
- ปริมาตรความจุทั้งหมด 184.44 ล้านลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณน้ำไหลลงหนองหารเฉลี่ยปีละ 1,206.14 ล้านลูกบาศก์เมตร
- ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดไหลลงสู่หนองหาร เฉลี่ยปีละ 219,693 ตัน (คิดเป็นปริมาตร 0.203 ล้านลูกบาศก์เมตร) แยกเป็นปริมาณตะกอนแขวนลอยปีละ 183,078 ตัน และปริมาณตะกอนท้องน้ำปีละ 35,615 ตัน
- ขนาดของตะกอนในหนองหาร หยาบ 23 % ซิลต์ 42 % ดินเหนียว 30 %
- น้ำหนักต่อหน่วย (Initial Unit Weight) ของตะกอนในหนองหาร 67.48 ปอนด์/ฟุต³ หรือ 1,081.6467 ตัน/ม³
- การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของลุ่มน้ำหนองหารในปี พ.ศ. 2515 และ 2522 ดังตารางต่อไปนี้

% ชนิดการใช้ที่ดิน	พ.ศ. 2515	พ.ศ. 2522	ลดลง (%)	เพิ่มขึ้น (%)	เฉลี่ยปีละ (%)
% ป่าไม้	60.01	52.52	7.49	-	0.94
% ไร่	2.20	4.82	-	2.62	0.33
% นาข้าว	18.75	36.98	-	18.23	2.28

3. ผลจากการศึกษาทางด้านสถิติตามสมมุติฐานการศึกษา พบว่า

3.1 ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดที่เคลื่อนตัวมาสะสมในหนองหารจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำหนองหาร โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Double Log Model) 0.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 นั่นคือ ปริมาณน้ำฝน (x) จะเป็นตัวทำให้ดินพังทลายและพัดพากลายมาเป็นตะกอน (y) สะสมในหนองหาร และความสัมพันธ์ปรากฏในรูปสมการ Double Log Model
$$Y = 0.19 X^{1.89}$$

3.2 ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด จะมีความสัมพันธ์เป็นส่วนกลับของพื้นที่ป่าไม้ โดยมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5052 (Simple Linear Regression) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ เมื่อพื้นที่ป่าไม้ในลุ่มน้ำหนองหารลดน้อยลงจะทำให้ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมดที่มาสะสมในหนองหารเพิ่มมากขึ้น แม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม

3.3 สมการพยากรณ์ปริมาณตะกอนรวมทั้งหมด (y) ในหนองหารที่มีค่าการพยากรณ์สูง ($r = 0.7$) เกิดจากตัวแปรควบคุมคือปริมาณน้ำฝน (x) คือ $Y = 0.19 X^{1.89}$

3.4 ความจุในการรับน้ำของหนองหารในช่วงเวลา 10 ปี (2515 - 2524) มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการแทนที่ของตะกอนรวมทั้งหมด

3.5 หนองหารจะมีสภาพกลายเป็นที่ราบ ที่ระดับ 157.5 เมตร ที่ ร.ท.ก. จากการแทนที่ของปริมาตรตะกอนรวมในระยะเวลาอีก 1,000 ปี โดยที่สภาพการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ลุ่มน้ำก่งเค็ม (ช่วง พ.ศ. 2515 - 2524) และถ้าสภาพป่าไม้ถูกทำลายลงเหลือ 50.83 % และ 45 % ของพื้นที่ลุ่มน้ำจะทำให้หนองหารกลายเป็นที่ราบในเวลา 380 ปี และ 700 ปี ตามลำดับ

ข้อบกพร่องของการศึกษา

1. ภาพถ่ายจากดาวเทียม ไม่สามารถหาความแตกต่างของพื้นที่ป่าไม้ได้ครบ จึงต้องใช้วิธีทางคณิตศาสตร์กำหนดพื้นที่ป่าไม้

2. การพิจารณาค่าอัตราการพัดพาตะกอน (DR) ของลุ่มน้ำ 10 แห่ง กลุ่มพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ค่าสมการการสูญเสียดิน (USLE) ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้ทำแผนที่

แสดงหน่วยการสูญเสียเงินไว้ (Mapping Unit) นั้น เป็นแผนที่มาตราส่วนขนาดเล็ก

(1 : 1,000,000) เมื่อนำมาขยายเป็นมาตราส่วนขนาดกลาง (1 : 250,000) จึงเกิดความคลาดเคลื่อนในการพิจารณาค่าอัตราการพัฒนา

3. ตัวแปรบางตัวในสมการการสูญเสียเงิน ($A = K R.L.S.C.P.$) มีการกำหนดให้เป็นค่าคงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงน้อย หรือยังไม่มีการศึกษามาก่อน เมื่อนำมาใช้ในสมการจึงทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนไปบ้าง

4. การสำรวจภาคสนาม เพื่อหาความสัมพันธ์ของหนองหาร มีระยะทางระหว่างจุดที่ทำการศึกษาสำรวจมากเกินไป

5. ตัวแปรที่นำมาพิจารณาตามสมมุติฐาน มีน้อยเกินไป

ข้อเสนอแนะของการวิจัยครั้งต่อไป

1. ทำการศึกษาเกี่ยวกับตะกอนโดยการสำรวจภาคสนามในพื้นที่ลุ่มน้ำ สายสั้นรอบหนองหาร เพื่อจะได้ข้อมูลโดยตรงมิใช่มาจากการคำนวณ

2. ทำการศึกษาลักษณะ จากการแทนที่ของตะกอนในหนองหารที่มีผลต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม โดยรอบหนองหาร

3. ควรได้มีการนำแนวทางจากการศึกษาครั้งนี้ไปพิจารณาเปรียบเทียบกับอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

4. ควรมีการศึกษาตัวแปรเพิ่มขึ้น เพื่อให้เกิดความถูกต้องในกระบวนการศึกษาทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย รายงานการสำรวจตะกอนเขื่อนภูมิพล รายงานเลขที่ 842 - 2108 ฝ่ายวางโครงการและแผนงาน เมษายน 2521, 45 หน้า
- รายงานการสำรวจตะกอนเขื่อนอบรัตน์ รายงานเลขที่ 842 - 2202 ฝ่ายวางโครงการและแผนงาน มีนาคม 2522 41 หน้า
- รายงานการสำรวจตะกอนเขื่อนน้ำพุง รายงานเลขที่ 842 - 2003 ฝ่ายวางโครงการและแผนงาน พฤษภาคม 2520, 38 หน้า
- รายงานการสำรวจนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมโครงการเขื่อนห้วยกุ่ม รายงานเลขที่ 154 - 20 - 2118 กองนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม ส่วนประชาสัมพันธ์ เทศ พฤษภาคม 2521, 137 หน้า
- เกษม จันทรแก้ว และคณะ การวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกมา เล่มที่ 28 ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2519, 42 หน้า
- ✓เกษม จันทรแก้ว อุทกวิทยาลุ่มน้ำ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2515, 140 หน้า
- ✓เกษม จันทรแก้ว และนิพนธ์ ถึงธรรม หลักปฏิบัติในการจัดลุ่มน้ำ ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2517, 272 หน้า
- ✓เข้มชาติ นิมสมบุรณ์ เอกสารชี้แจงจังหวัดสกลนคร กรณีราษฎรรอบหนองหารถูกน้ำท่วมที่นา ธันวาคม 2518, 4 หน้า อัดสำเนา
- โรจิต ปั้นเปี่ยมรัษฎ์ ชนบทอีสาน เอกสารในชุดพื้นฐานชนบทไทย ลำดับที่ 1 2524, 130 หน้า
- ชาญชัย วงษ์ไทย "คาบบรรยายการฝึกอบรมทางอุทกวิทยา เรื่องตะกอน" ตอนที่ 1 การสำรวจตะกอน การพลังงานแห่งชาติ แผนกอุทกวิทยา กองสำรวจและวางแผน สิงหาคม 2512, 16 หน้า

✓ ชาญชัย วงษ์ไทย "คำบรรยายการฝึกอบรมทางอุทกวิทยา เรื่องตะกอน" ตอนที่ 2. การสำรวจ
ตะกอน การพลังงานแห่งชาติ แผนกอุทกวิทยา กองสำรวจและวางแผน สิงหาคม

2512, 35 หน้า

ชลประทาน, กรม รายงานการสำรวจตะกอนในอ่างเก็บน้ำห้วยกุดแดง อำเภอจตุรพักตรพิมาน
จังหวัดร้อยเอ็ด งานสำรวจและศึกษาตะกอน กองอุทกวิทยา พฤษภาคม 2524, 41 หน้า

"ตะกอนในแหล่งน้ำ" สายชล 10 : 25 - 30 กันยายน - ธันวาคม 2521

✓ "อัตราการกัดเซาะดินในประเทศไทยรายภาค" สายชล 14 : 108 - 113

พฤษภาคม - สิงหาคม 2525

✓ ชิน รัตนันท์ รายงานประจำปี 2514 สถานีประมงจังหวัดสกลนคร กรมประมง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2514, 111 หน้า

✓ ชัยทัศน์ ไพรินทร์ และคณะ "การไหลบ่าของน้ำและการสูญเสียดินภายใต้สภาพไร่เลื่อนลอย"
อนุรักษ์ดินและน้ำ 2525, หน้า 272 - 296

นิพนธ์ ตั้งธรรม "ผลกระทบของวิวัฒนาการการใช้ประโยชน์ที่ดินจลัดลักษณะ และคุณภาพน้ำท่า
 ในลุ่มน้ำแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่" การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ครั้งที่ 21 สาขาสิ่งแวดล้อม 31 มกราคม - 3 กุมภาพันธ์ 2526, หน้า 15-1-15

นิพนธ์ ตั้งธรรม และสมคิด แก้วไทรทอง "ผลกระทบจากการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ต่อ
 ปริมาณตะกอนของลุ่มน้ำขนาดเล็กบนที่สูง จังหวัดเชียงใหม่" การประชุมทางวิชาการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 21 สาขาสิ่งแวดล้อม 31 มกราคม - 3 กุมภาพันธ์
 2526, หน้า 29 - 1 - 19

นิพนธ์ หลอนิล การศึกษาถึงตะกอนและเทคนิคในการวิเคราะห์เพื่อการทำนายอายุการใช้งาน
ของเขื่อนลุ่มน้ำหลังสวน การสัมมนาวิชา Seminar in Environment
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2521, 31 หน้า อัคราเน

นิวัต เรืองพานิช หลักการจัดลุ่มน้ำ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2514,
 173 หน้า

✓ ประสิทธิ์ นิธิไยกุล "ปัญหาการกัดเซาะ และการควบตะกอนในอ่างเก็บน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้า"

วารสารภูมิศาสตร์ 7 1 - 13 กรกฎาคม 2525

ปลอดประสพ สุรัสวดี หลักการโครงการบูรณะแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ (บึงบรเพ็ด, หนองหาร และกวานพะเยา) คณะกรรมการดำเนินการบูรณะแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2523, 9 หน้า อัดสำเนา

พัฒนาที่ดิน, กรม การชลประทานหลายของดินในประเทศไทย กระทรวงเกษตร และสหกรณ์ 2524, 37 หน้า

_____ โครงการอนุรักษ์ดินและน้ำประจำปี พ.ศ. 2525 - 2529 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2525, 245 หน้า

✓ _____ การใช้สมการการสูญเสียดินสากล และมาตรการอนุรักษ์ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สิงหาคม 2526, 226 หน้า

ไพฑูรย์ สกุลโพน การปรับปรุงสภาพการประมงในบึงบรเพ็ด กองสารนิเทศ สำนักงานปลัด- กระทรวง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2515, 23 หน้า

ภาควิชาวนวิทยา "การวิจัยการจัดลุ่มน้ำบนภูเขาคอยบ่ย เชียงใหม่" ผลงานวิจัย-อนุรักษ์วิทยา เล่มที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2512, 32 หน้า

ภิชาติ วรรณะประทีป "ผลการทดลองหา การสูญเสียดินและปริมาณน้ำไหลบ่าโดยใช้สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ที่โครงการทดลองจัดการลุ่มน้ำแม่สัว พ.ศ. 2522-2524" อนุรักษ์ดินและน้ำ 2525, หน้า 263 - 271

มนู ศรีขจร และเล็ก มอญเจริญ "การประเมินค่าตะกอนแขวนลอยและธาตุอาหารที่ถูกกัดกร่อน และพัดพาจากพื้นที่ลุ่มน้ำภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย" โครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ. 2525 - 2529 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2525, 52 หน้า

มัทนั โอมะคุปต์ "ความเสื่อมโทรมของดินหรือที่ดิน" พัฒนาที่ดิน 19 : 63 - 65 พฤษภาคม 2524

มนัส วัฒนศักดิ์ กษัยการของดิน คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2521, 26 หน้า อัดสำเนา

- วิชาญ คันธุกิจ และเกษม จันทรแก้ว "การประเมินค่าการพังทลายของดินจากปริมาณอนุภาค
ดินเหนียว อินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ความหนาแน่นรวมและกรวดของป่าดิบเขา" การวิจัยลุ่มน้ำ
ที่ห้วยคอกมา เล่มที่ 13 ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2516, 52 หน้า
- วิชัย บุญะวัฒน์ และสุเมธ เกื้อกุลวงศ์ ฉบับที่ 133 รายงานการสำรวจดินจังหวัดสกลนคร
กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตร และสหกรณ์ เมษายน 2516, 55 หน้า
- วีระ เวศติวงศ์ "การตกตะกอนในแม่น้ำลำคลองและอ่าง" สายชล 14 : 71 - 78
พฤษภาคม - สิงหาคม 2525
- สถานีประมงหนองหารสกลนคร รายงานกิจการสถานีประมงประจำปี พ.ศ. 2522
2522, 6 หน้า อัดสำเนา
- สนั่น เพ็ญไกร และเดวิด มาร์สตัน "การศึกษาใช้วัสดุคลุมดินและการเผาตอซังก่อนปลูกพืช
ที่มีผลต่อการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่า" รายงานการประชุมวิชาการ กองบริษัทที่ดิน
ครั้งที่ 2 ณ โรงแรมแกรนด์อินทร์ ขอนแก่น 10 - 12 มีนาคม 2525 กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์ 2525, 288 หน้า
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติราชอาณาจกรไทย โครงการบูรณะ
และพัฒนาป่าเบญจพรรณและหนองหาร รายงานฉบับย่อและสรุป โดยสถาบันเทคโนโลยีแห่ง
เอเชีย ธันวาคม 2524, 35 หน้า
- สมเจตน์ จันทวัฒน์ การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่มที่ 1 . การพังทลายของดิน ภาควิชาป่าไม้วิทยา
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2522, 203 หน้า
- _____ "ทฤษฎีของการพังทลายของดินโดยน้ำเป็นตัวการ" อนุรักษ์ดินและน้ำ 2525
หน้า 249 - 261
- สุเทพ พรอมมูล "อุทกภัยจากไร่เลื่อนลอย" วนสาร 33 187 - 282 เมษายน - มิถุนายน
2518

สุวิทย์ กังสกาล อิทธิพลของน้ำฝน น้ำท่า และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อตะกอนแขวนลอยของลุ่มน้ำ
ห้วยแม่ใน อำเภอแม่อิง จังหวัดเชียงใหม่ ปรากฏานิพนธ์ กศ.ม มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เมษายน 2525, 87 หน้า อัดสำเนา

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ การกำเนิดและจำแนกดิน (Soil Genesis and Classification)
ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 2 มกราคม 2523,
419 หน้า

ธรณีวิทยา ไทยวัฒนาพานิช กทม พิมพ์ครั้งที่ 1 2516, 278 หน้า

✓ อุตุนิยมวิทยา, กรม สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 25 ปี (พ.ศ. 2494 - 2518)
กระทรวงคมนาคม 2520, 49 หน้า

อัญเชิญ เพ็ญผิ "ร่างกฎหมายกำหนดเขตอนุรักษ์ดินและน้ำ" สายชล 14 . 118-123
กรมชลประทาน พฤษภาคม - สิงหาคม 2525

Electricity Generating Authority of Thailand. Sediment Survey of
Kang Krachan Reservoir Report No. 842 - 2303, Survey Division
Planning Department, April 1980 5 p.

. Upper Qual Yai Project. Environment Impact Statement, Prepared
by Team Consulting Engineers Co., Ltd Bangkok Thailand October
1980 283 p.

Chiew Larn Project. Environment Impact Statement, (Chiew
Larn Project III - 66) June 6, 1980. 799 p.

. Environmental and Ecological Investigation of Ing Yom - Nan
Diversion Project. Volume 1 Environmental and Ecological Impact
Assessment for Ing Yom - Nan Diversion Project, November 1982
157 p

✓ Lane, E.W and Victor, A Koelzer. Density of Sediment Deposited
in Reservoirs A Study of Methods used in Measurement and
Analysis of Sediment Leads in Streams, Report No. 9, November
1943. St Paul Us Engineer District Sub - Office Hydraulic
Laboratory, University of Iowa, 60 p.

✓ Graham, W Penfro. "Use of Erosion Equations and Sediment - Delivery Ratios for Predicting Sediment Yield" In Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. Proceedings of the Sediment - Yield Workshop USDA Sedimentation Laboratory, Oxford Mississippi, November 28 - 30 1972 June 1975 Agriculture Research Service, US Department of Agriculture 33 - 45 p

Jantawat, Somjate, Erodibility of some Michigan soil Doctor's thesis, Michigan State University, 1977. 106 p

Keith, K Yong. 'Erosion Potential of Soils in Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources. Proceeding of the Sediment Yield Workshop, USDA Sedimentation Laboratory, Oxford. Mississippi November 28 - 30, 1972. June 1975, Agriculture Research Service US Department of Agriculture. 1 - 10 p.

✓ Mannering, J V and L d Meyer, Effect of Various rate of Surface Mulch on Infiltration Erosion Soil Science, Amer Proc 27(II) 84 - 86 p 1963

Moody, J.E, J.H.Lillard and T.W. Edminister, Mulch Tillage Some Effect on Plant and Soil Properties Soil Science Social Amer Proc 16 190 - 194. 1952

✓ Nawagawong Suchat. Reappraisal of the Conventional Benefit-Cost Analysis Methodology Generally used for Multipurpose Reference to Benefit Derived from Irrigation ----- A Case Study of Lang Suan Multipurpose Project Southern Thailand A thesis Submitted in Partial Fullfilment of the Requirement for the Degree of Master of Science, Mahidol University 1981. 171 p

Office of National Economic and Social Development Board Kingdom of Thailand, Rehabilitation and Development of Bung Boraped and Nong Han Volume III Summary and Recommendations, prepared by Asian Institute of Technology, January 1982 64 p

Osborn B "How Rainfall and Runoff Erode Soil' in Water the Yearbook of Agriculture Washington D C by USDA, Government Printing Office, 1955. p 126 - 135

Robert, I Strand, "Sedimentation' in Design of Small Dam, 767-796 p

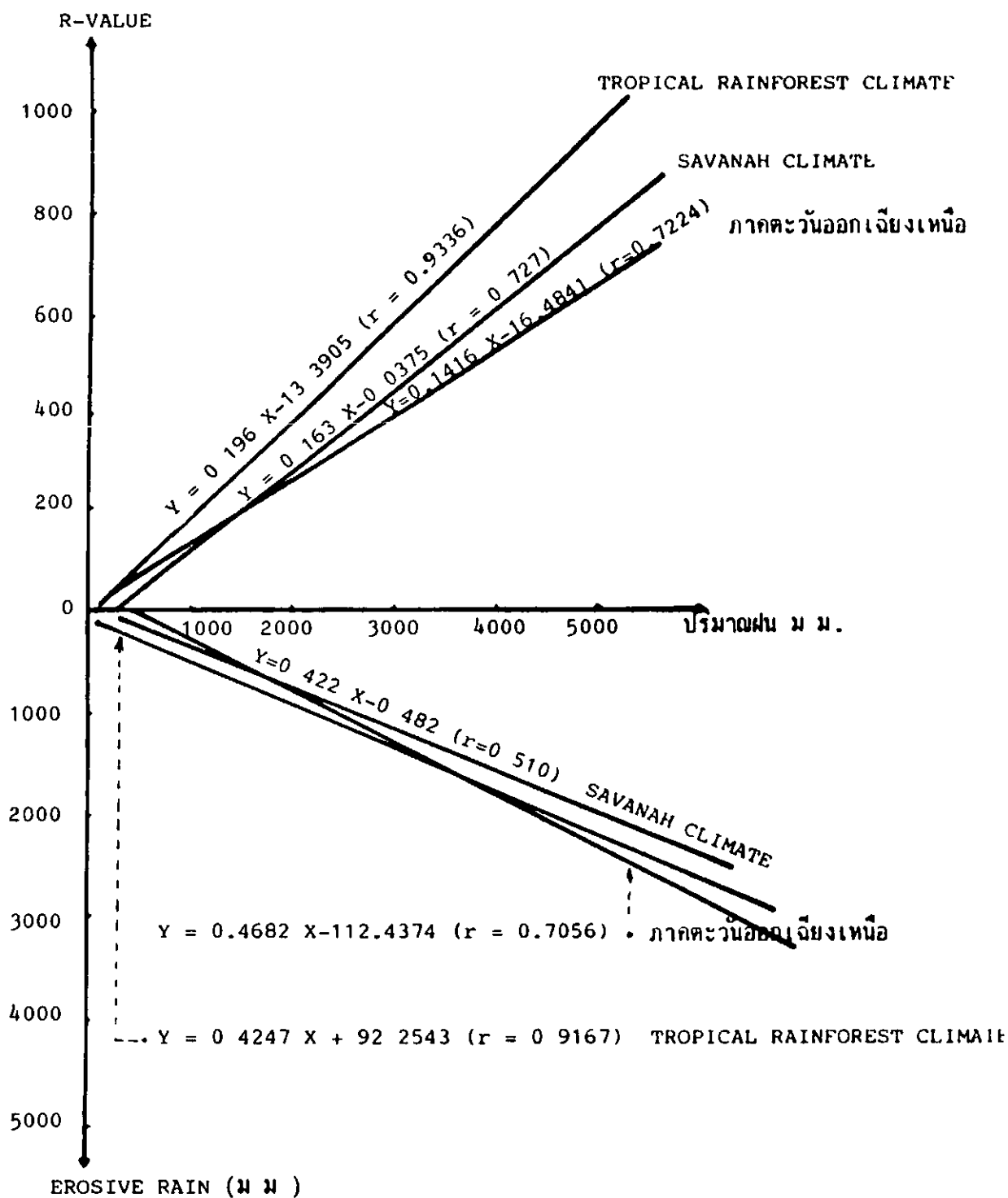
Sartz, Richard S "Sediment Yield from Steep Lands in the Driftless area" in Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yields and Sources Proceeding of the Sediment-Yield Workshop, USDA Sedimentation Laboratory, Oxford, Mississippi, November 28 - 30, 1972 June 1975, Agriculture Research Service, US. Department of Agriculture 33 - 45 p.

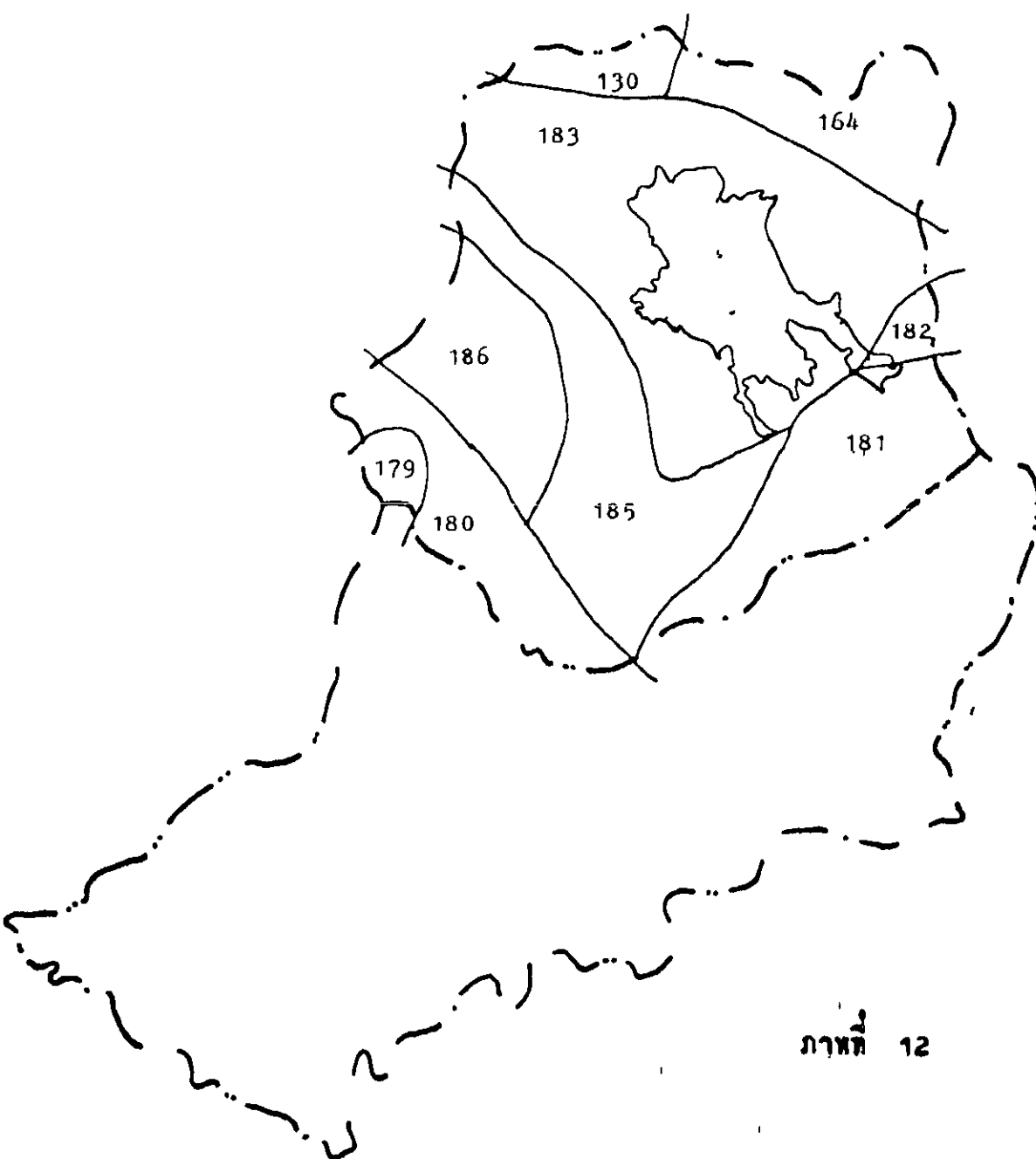
Selley, R.C An Introduction to Sedimentology. Academic Press London, NY San Francisco, 1976. 408 p

✓ United Nations, The Sediment Problem. United Nations Economic Commission for Asia and the Far East, Flood Control Series No. 5, Hongkong, 1953 92 p.

ภาพผนวก

ภาพที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับค่าดัชนีการกัดเซาะของฝน (R-factor) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามสมการ $Y = 0.1416 X - 16.4841$
 ที่มา พัฒนาที่ดิน 2526 : 106





ภาพที่ 12

แสดงหน่วย (unit) ค่าการสูญเสียน้ำ (A) ในพื้นที่ลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร
โดยกรมพัฒนาที่ดิน (คำนวณที่ดิน 2524 1-37)

ภาพที่ 13 แสดงหน่วย (Unit) ค่าการสูญเสียดิน (A) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
โดยกรมพัฒนาที่ดิน

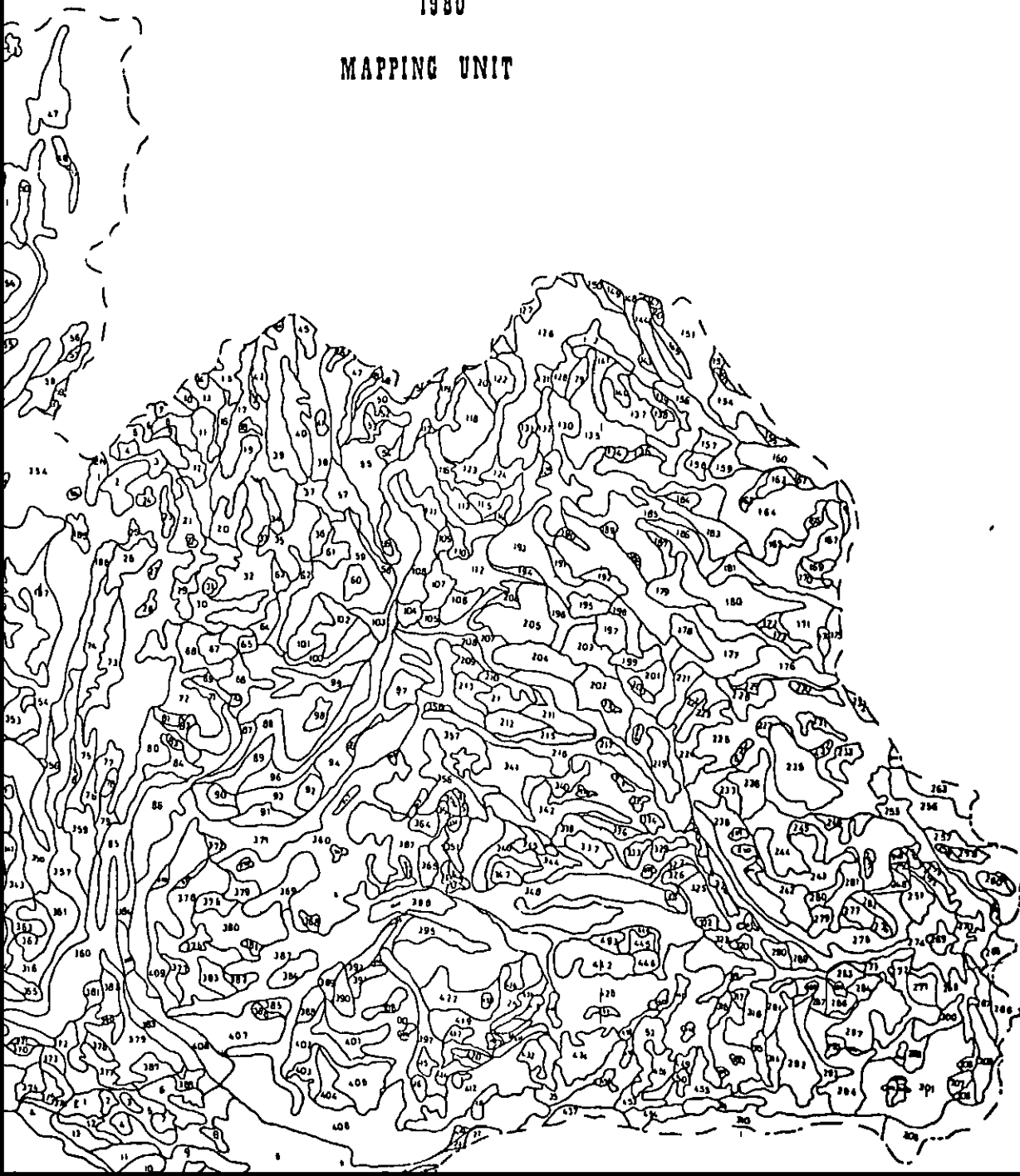
ที่มา พัฒนาที่ดิน 2524 1 - 37

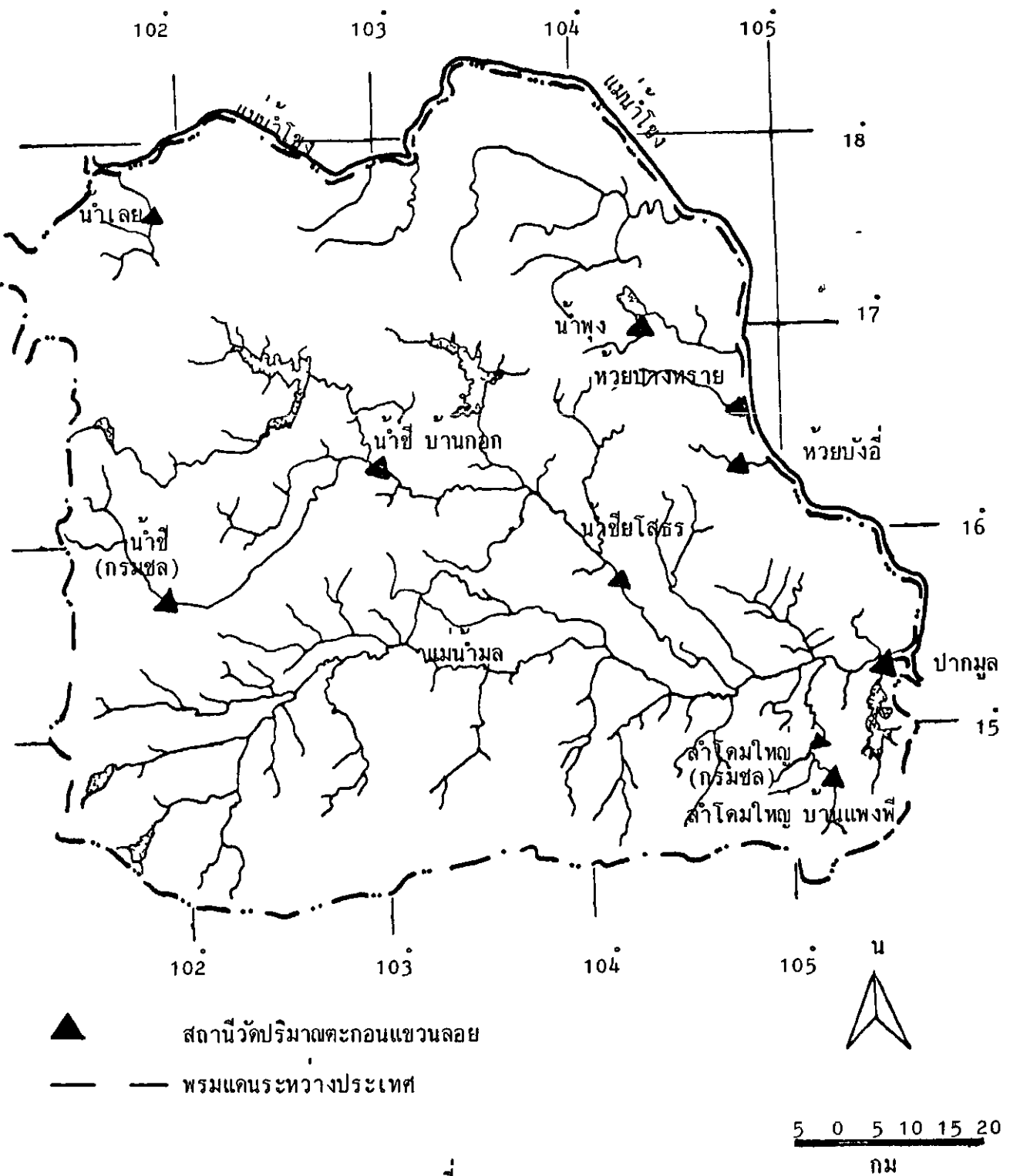
THE DEPARTMENT OF LAND DEVELOPMENT

BANGKOK THAILAND

1980

MAPPING UNIT

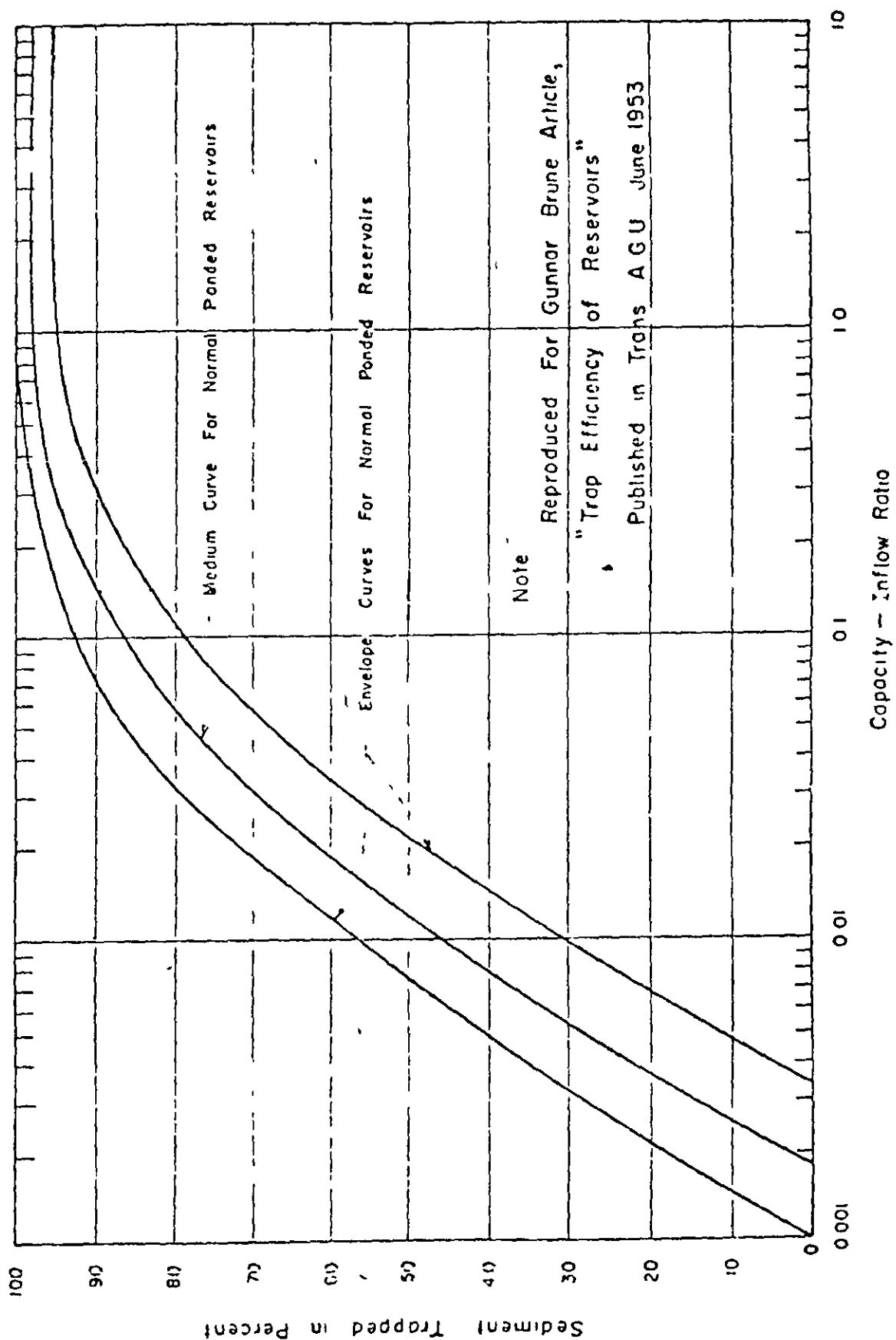




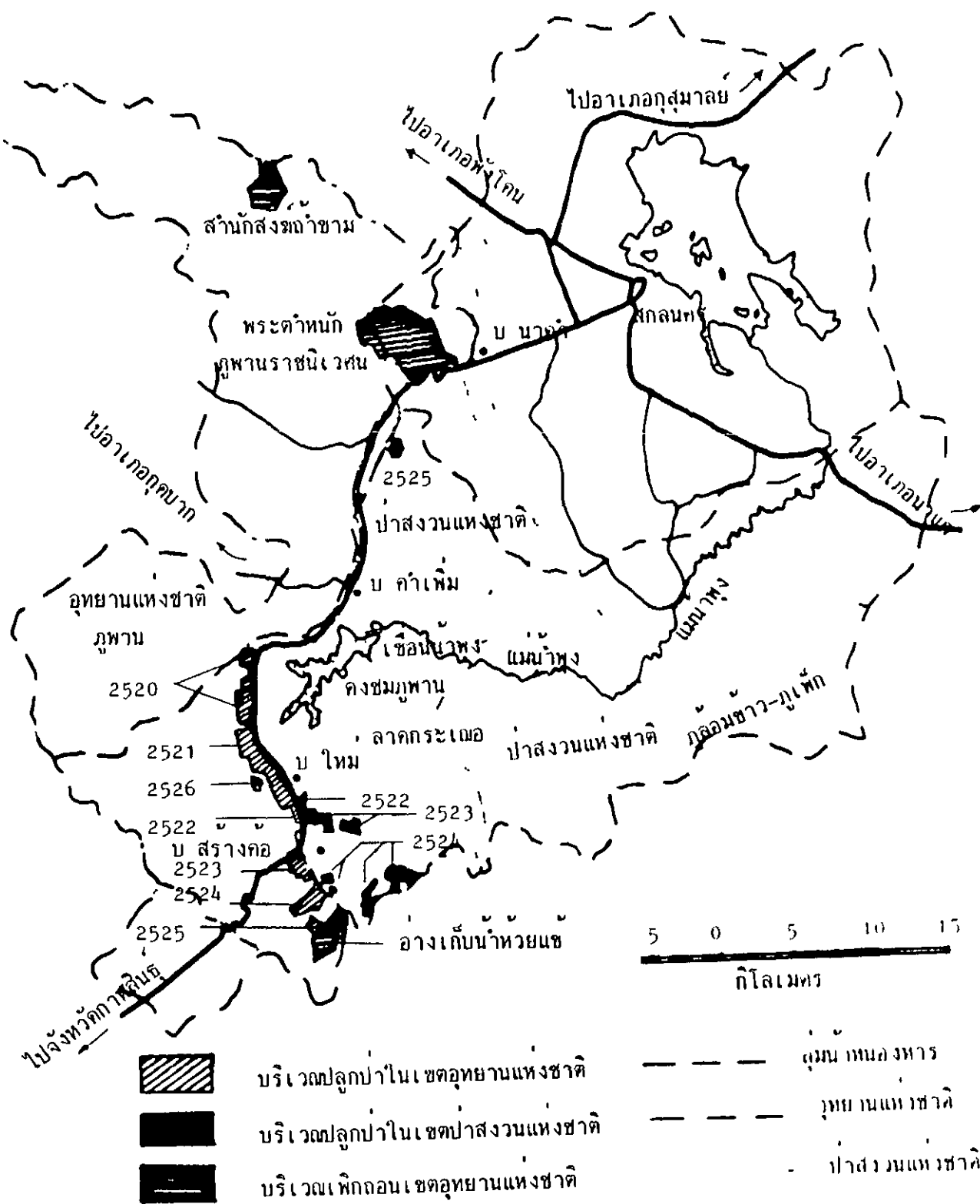
ภาพที่ 14

แสดง บริเวณลุ่มน้ำที่มีการหาค่าการสูญเสียดิน 10 แห่ง
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

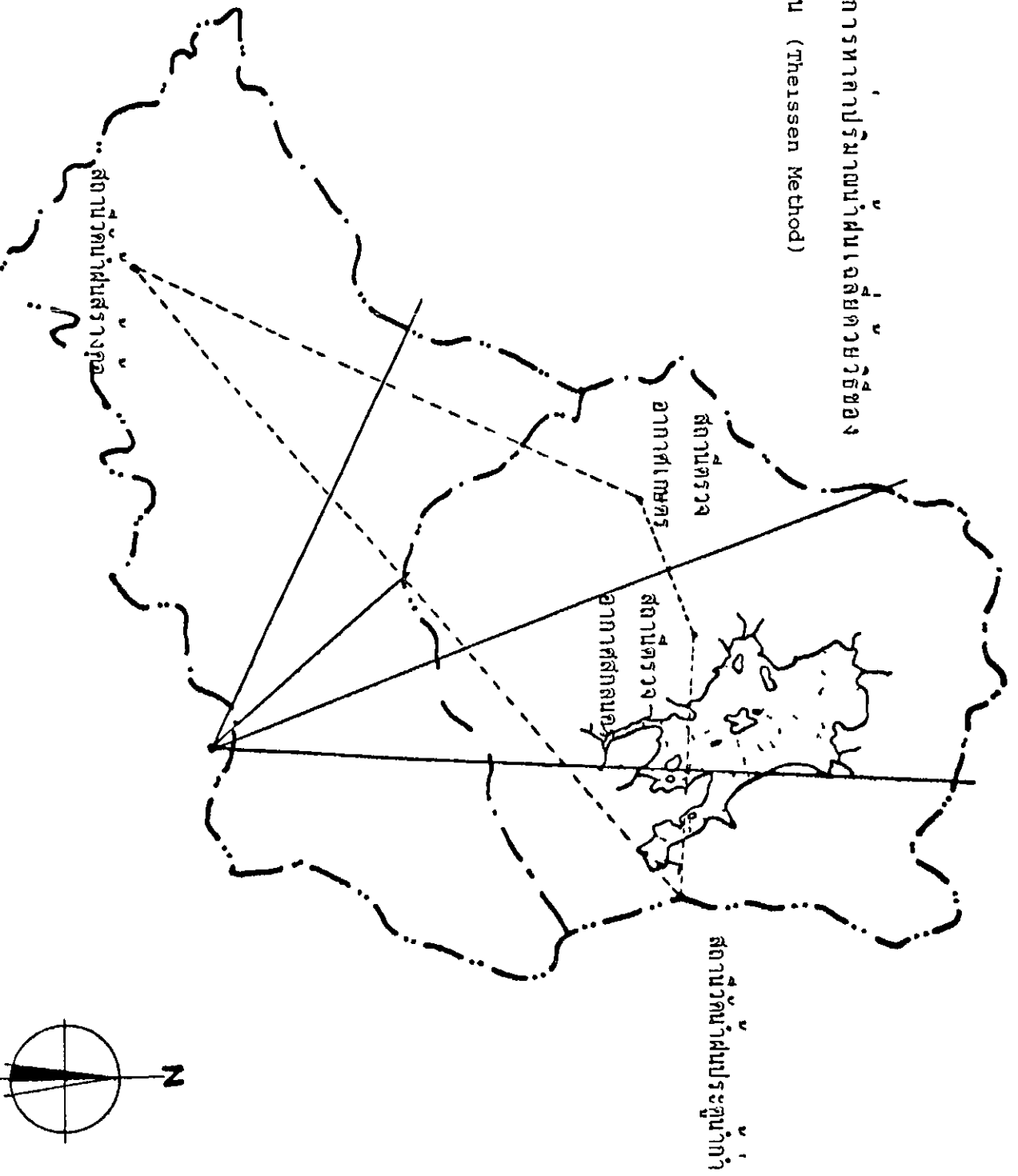
TRAP EFFICIENCY CURVE BY BRUNE

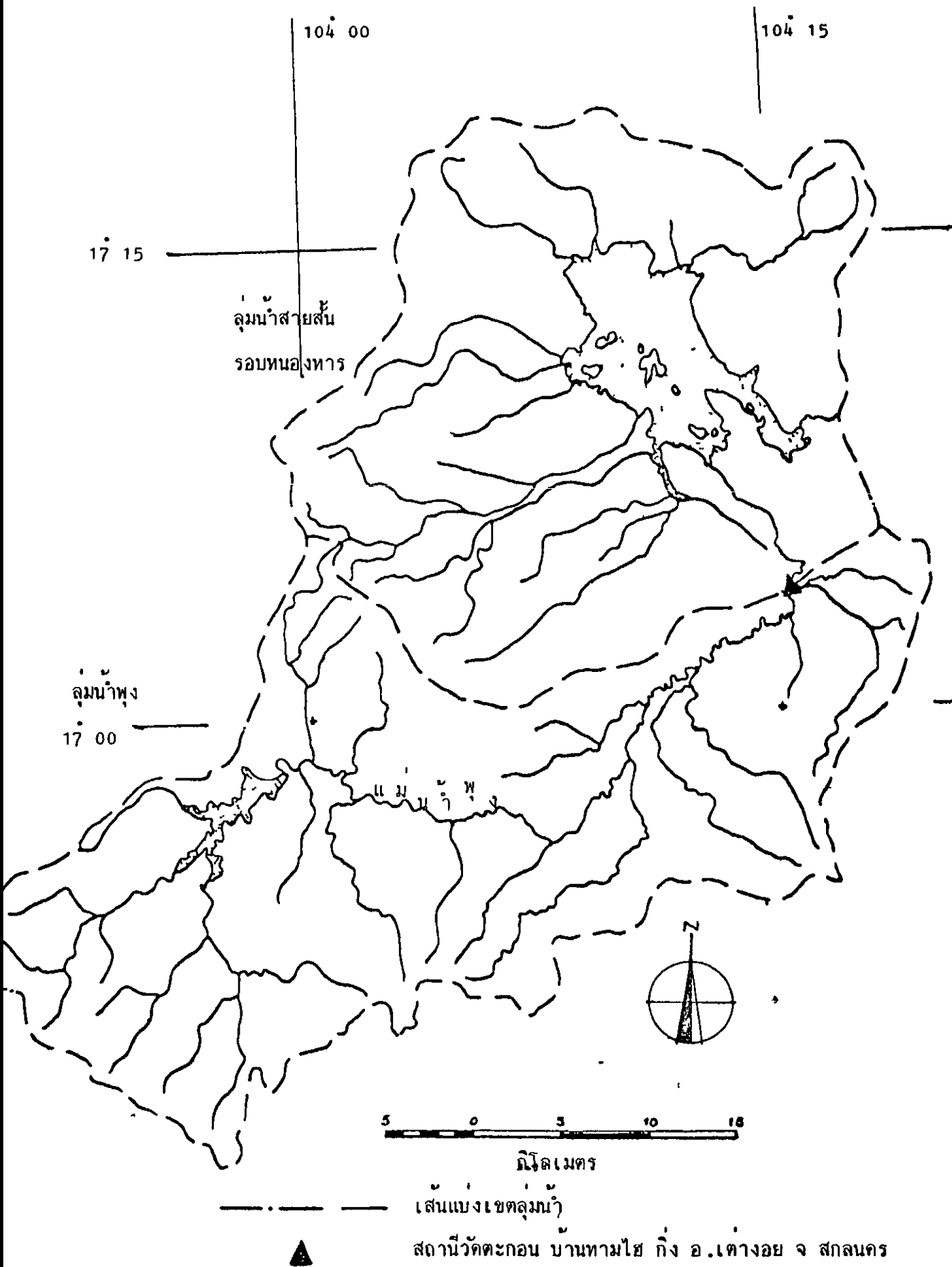


ภาพที่ 20 แสดงลุ่มน้ำหนองหาร อุทยานแห่งชาติภูพาน ป่าสงวนแห่งชาติ ดงชมภูพาน-ผากระแด่
ป่าสงวนแห่งชาติ ภูผอมขาว-ภูเพ็ก บริเวณปลูกป่า



ภาพที่ 27 แสดงการหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยด้วยวิธีของ
ทึสเซิน (Thiessen Method)





ตารางที่ 11 แสดงค่า K,LS,C และ P ของแต่ละหน่วยพื้นที่ (Unit) ในลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร

หน่วย (Unit)	K	LS	C	P	หมายเหตุ
130	0.355	2.7	0.65	0.025	
164	0.303	24	0.001	0.45	
179	0.355	26	0.001	0.45	
180	0.255	26	0.001	0.45	
181	0.360	16	0.001	0.025	
182	0.470	2.8	0.65	0.025	
183	0.360	2.8	0.65	0.025	
185	0.360	16	0.25	0.3	
186	0.355	12	0.25	0.3	

ตารางที่ 12 แสดงการหาการสูญเสียเงินสกุล (A) ที่ได้จากผลคูณของตัวคูณ (K.L.S.C.P) กับค่า R-Factor
ในแต่ละ Unit รายชื่อ 2515-2524 (A หน่วย ต้น / เอเคอร์)

Unit	K.L.S.C.P	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	หมายเหตุ
		2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	
130	.1056	3.1403	2.7456	3.7565	3.1294	2.3244	2.4242	3.5833	3.0701	3.1044	3.4492	พื้นที่ ของนาฬิกา
164	.0033	.6643	.5808	7946	.6620	.4917	.5128	.7580	.6494	.6567	.7296	รอบของนาฬิกา
179	.0041	8253	7216	9873	.8225	.6109	.6371	.9418	.8069	.8159	.9065	
180	0030	.6939	.5280	.0224	.6018	4470	.4662	6891	5904	6970	.6633	
181	.0001	0201	.0176	0241	.0201	.0149	0155	0230	.0197	.0199	.0221	
182	.0214	4.3078	3.7664	5.1531	4.2928	3.1885	3.3255	4.9156	4.2115	4.2586	4.7315	
183	0164	3.3013	2.8864	3.9491	3.2898	2.4436	2.5485	3.7671	3.2275	3.2236	3.6260	
185	4320	86.9616	76.0320	104.0256	86.6592	64.3680	67.1328	99.2304	85.0176	85.9680	95.5152	
186	.3195	64.3153	56.2320	76.9356	64.0917	47.6055	49.6503	73.3891	62.8776	63.5805	70.6414	

ตารางที่ 13 แสดงผลการสูญเสียในสภากล (A) รวม ในพื้นที่ของหน่วยสำเนา 13 สาย รอบของทางในแต่ละ Unit รายปี 2515-2524 (A หน่วย คม/กม²)

Unit	พื้นที่ (กม ²)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
		2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524
130	23.75	18,645.53	16,302.00	22,304.22	18,580.81	13,801.12	14,393.69	21,275.84	18,228.72	18,416.85	20,479.62
164	68.75	11,417.66	9,982.50	13,657.19	11,378.12	8,451.09	8,813.75	16,187.19	13,868.59	14,023.28	15,580.47
179	12.00	2,475.90	2,164.80	2,961.90	2,467.50	1,832.70	1,911.30	2,825.40	2,420.70	2,447.70	2,719.50
180	77.25	11,662.82	10,197.00	13,951.35	11,622.27	8,632.69	9,003.49	13,308.24	11,402.10	11,529.56	12,809.98
181	87.00	437.17	382.80	524.17	437.17	324.07	337.12	500.25	428.47	432.82	480.67
182	28.50	30,693.07	26,835.60	36,715.84	30,586.20	22,718.77	23,694.19	35,023.65	30,006.94	30,342.52	33,711.94
183	241.25	199,109.65	174,086.00	238,180.09	198,416.06	147,379.62	153,706.40	227,203.21	194,658.59	196,835.87	218,693.12
185	134.75	2,929,518.90	2,561,328.00	3,504,362.40	2,919,331.80	2,168,397.00	2,261,536.20	3,342,824.10	2,864,030.40	2,896,047.00	3,217,668.30
186	84.75	1,362,680.40	1,191,415.50	1,630,073.00	1,357,942.80	1,008,641.50	1,051,965.70	1,554,931.50	1,332,219.10	1,347,111.80	1,496,714.60
รวม	758.00	4,566,641.10	3,992,694.20	5,462,730.10	4,550,762.70	3,380,178.50	3,525,361.80	5,214,079.30	4,467,263.60	4,517,187.40	5,018,258.20

งที่ 18 แสดงชนิดการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด ลุ่มน้ำทุ่งสายสั้นรอบหนองหาร
ในช่วงปี พ.ศ. 2515

การใช้ที่ดิน	ลุ่มน้ำหนองหาร ทั้งหมด %	ลุ่มน้ำทุ่ง	ลุ่มน้ำสายสั้น รอบหนองหาร	หมายเหตุ
ป่าดิบแล้ง	25.86	47.77	2.43	1. ที่มาข้อมูล : ภาพถ่ายดาวเทียม
ป่าเบญจพรรณ	25.49	32.25	18.25	THAILAND ID 3-4 Band 5,7
ป่าโคก	8.66	1.21	16.63	และ Diazochrome ช่วงเวลา
พื้นที่ป่าไม้	60.01	81.22	27.52	721025
พื้นที่ไร่	2.20	4.25	37.52	2 พื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด
นาดอน	11.86	8.95	14.98	1718 กม ² พื้นที่ลุ่มน้ำทุ่ง
นาลุ่ม	18.75	3.73	34.82	888 กม ² และพื้นที่ลุ่มน้ำ
พื้นที่นา	30.62	12.61	49.80	สายสั้นรอบหนองหาร 830 กม ²
แหล่งน้ำ	7.19	1.82	12.94	3 หน่วย จำนวนเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 19 แสดงชนิดการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด ลุ่มน้ำพุง และลุ่มน้ำสายสั้น
รอบหนองหาร ในช่วงปี พ.ศ. 2518

ชนิดการใช้ที่ดิน	ลุ่มน้ำหนองหาร ทั้งหมด	ลุ่มน้ำพุง	ลุ่มน้ำสายสั้น รอบหนองหาร	หมายเหตุ
ป่าดิบแล้ง	26 18	48.58	2 22	1 ที่มาข้อมูล . ภาพถ่ายดาวเทียม
ป่าเบญจพรรณ	25 18	31.48	18 44	THAILAND ID 3-4 Band 5,7
ป่าโคก	8 05	005	16 65	และ Diazochrome ช่วงเวลา
พื้นที่ป่าไม้	59.41	80 07	37 31	751212
พืชไร่	2.95	5 71	-	2 พื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด
นาดอน	9 83	4 84	15 16	1718 กม ² ลุ่มน้ำพุง 888 กม ²
นาลุ่ม	21 84	7 49	37 20	และลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร
พื้นที่นา	31 67	12 33	52 35	830 กม ²
แหล่งน้ำ	5 99	1.95	10 32	3. หน่วย : จำนวนเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 20 แสดงชนิดการใช้ที่ดินของกลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด กลุ่มน้ำฟุ้ง และกลุ่มน้ำสายสั้น
รอบหนองหาร ประจำปี พ.ศ. 2521

ชนิดการใช้ที่ดิน	กลุ่มน้ำหนองหาร ทั้งหมด	กลุ่มน้ำฟุ้ง	กลุ่มน้ำสายสั้น รอบหนองหาร	หมายเหตุ
ป่าดิบแล้ง	27 03	50.24	2 21	1. ที่มาข้อมูล ภาพถ่ายดาวเทียม
ป่าเบญจพรรณ	19.96	23 68	15 99	THAILAND ID 3-4 Band
ป่าโคก	8.00	-	16 71	5,7 และ Diazochrome
รวมพื้นที่ป่าไม้	54.99	73 76	34 91	ช่วงเวลา 781030
พืชไร่	5.84	11 30	-	2. พื้นที่กลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด
นาดอน	9 72	4 65	15.14	1718 กม ² กลุ่มน้ำฟุ้ง 888 กม ²
นาลุ่ม	21 05	7 86	35.16	และกลุ่มน้ำสายสั้นรอบหนองหาร
รวมพื้นที่นา	30 77	12 52	50 24	830 กม ²
แหล่งน้ำ	8 42	2 47	14.78	3. ทนวย จำนวนเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 21 แสดงชนิดการใช้ที่ดินของลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด ลุ่มน้ำพุง และลุ่มน้ำสายสั้น

รอบหนองหารประจำปี พ.ศ. 2522

ชนิดการใช้ที่ดิน	ลุ่มน้ำหนองหาร ทั้งหมด	ลุ่มน้ำพุง	ลุ่มน้ำสายสั้น รอบหนองหาร	หมายเหตุ
ป่าดิบแล้ง	27 19	50 39	2 38	1. ที่มาข้อมูล ภาพถ่ายดาวเทียม
ป่าเบญจพรรณ	18 85	23 54	13 83	THAILAND ID 3-4 Band
ป่าโคก	6 48	0 27	13 12	5,7 และ Diazochrome
รวมพื้นที่ป่าไม้	52 52	74 20	29 33	ช่วงเวลา 791130
พืชไร่	4 82	9 32	-	2. พื้นที่ลุ่มน้ำหนองหารทั้งหมด
นาดอน	10 08	6 79	13 60	1718 กม ² ลุ่มน้ำพุง 898
นาลุ่ม	26 90	8 11	47 01	กม ² และลุ่มน้ำสายสั้นรอบ
รวมพื้นที่นา	36 98	14 90	60 60	หนองหาร 830 กม ²
แหล่งน้ำ	5 70	1 63	10 05	3 หน่วย. จำนวนเปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 28 แสดงค่าความลึกของระดับน้ำในหนองหาร

ระยะที่	สายที่ 1	สายที่ 2	สายที่ 3	สายที่ 4	สายที่ 5	สายที่ 6
1	76	80	160	122	78	170
2	215	160	128	170	80	175
3	200	145	240	191	182	215
4	180	146	235	239	134	290
5	210	146	235	241	235	290
6	225	145	235	282	275	290
7	220	189	225	250	265	260
8	220	170	210	115	235	240
9	175	184	194	248	240	233
10	100	80	160	225	235	190
11	142		125	200	235	145
12				129	185	
13				128	112	
14				68	15	
$\bar{x}$	178.45	144.5	195.18	186.28	179	227.09

- หมายเหตุ :-
1. วันที่ทำการสำรวจ 24-25 พฤษภาคม 2525
 2. วันที่ทำการสำรวจ ความสูงของระดับผิวหน้าน้ำที่หลักระดับ หน้าสถานีประมงหนองหารสกลนคร 156.86 ม. รทก.
 3. ความห่างของแต่ละระยะมีค่า 500 ม.
 4. หน่วย ซม.

รางที่ 24 แสดงค่าความลึกของระดับน้ำในหนองหาร

ระยะที่	สายที่ 7	สายที่ 8	สายที่ 9	ระยะที่	สายที่ 8	สายที่ 9	หมายเหตุ
1	105	126	246	17	218	280	1 วันที่ทำการ
2	126	148	275	18	161	295	สำรวจ 24-25
3	149	209	300	19	220	272	พฤษภาคม
4	226	245	170	20	190	250	2525
5	402	310	-	21	200	175	2 วันที่ทำการ
6	88	285	140	22	162	236	สำรวจความ
7	68	218	116	23	100	244	สูงของระดับ
8	133	247	108	24		230	ผิวหน้าน้ำที่
9		185	154	25		224	หลักระดับหน้า
10		170	258	26		220	สถานีประมง
11		-	320	27		200	สกสนคร
12		190	260	28		195	156.86 ม
13		130	205	29		170	ที่ รทก
14		-	113	30		130	3 ความทางแต่ละ
15		130	132	31		116	ระยะ 500 ม.
16		233	190	32		116	4 หน่วย ชม
$\bar{x}$	162.12				194.14	204.52	

ตารางที่ 31 แสดงปริมาณน้ำฝนรายปี จำนวน 10 ปี (พ.ศ. 2515 - 2524) ของสถานีตรวจอากาศในพนมดงรัก

สถานีตรวจอากาศ	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	พ.ศ.	
	2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524
สถานีวัดปริมาณน้ำฝนสร้างคอ	1526 7	1360 0	1775 8	1560.1	1317 1	1258 0	2067 5	1471 8	1633 1	1774.9
สถานีตรวจอากาศเกษตร	1524 4	1318 8	1929.6	1586 0	1075 6	1128 4	1581 7	1685 2	1397 3	1595 4
สถานีตรวจอากาศสกลนคร	1381 8	1362 9	1989 5	1679 3	1147 9	1152 1	1687 3	1558.9	1644 8	1755 9
สถานีวัดปริมาณน้ำฝนประตูน้ำท่า	1739.4	1398 2	1558 4	1280.4	1101 6	1316.8	1544 1	1299 5	1377 7	1556.3
เฉลี่ย	1543.1	1359 9	1813 3	1526.4	1160.5	1213 8	1720 1	1503 8	1513 2	1670 6

หมายเหตุ - แหล่งข้อมูล 1. กรมอุตุนิยมวิทยา กทม

2 สถานีตรวจอากาศ (น้ำฝน) ประตูน้ำท่าสกลนคร