

การติดตามข้อมูลตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขงชีมูล
และการหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยกับพารามิเตอร์ทางกายภาพกลุ่มน้ำใน
ลุ่มน้ำชีโดยใช้โปรแกรมR

(Monitoring Suspended Sediment Data in Khong-Chi-Mun Basin and Studying
Relationship between Suspended Sediment
and Physical Parameter of Basin in Chi Basin Using R Program)

(พ.ศ. ๒๕๕๖)

โดย

นางสาวอารีรัตน์ อนุชน
ตำแหน่งนักอุทกวิทยาชำนาญการ
(ตำแหน่งเลขที่ ๗๖๖๗)
ส่วนอุทกวิทยา
สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา

คำนำ

กลุ่มงานตะกอนและคุณภาพน้ำ มีภารกิจหลักในการ ศึกษา ค้นคว้า วิเคราะห์ และวิจัย การกักเซาะ การพัดพา การตกทับถมของตะกอน ในแหล่งน้ำธรรมชาติ อ่างเก็บน้ำ ระบบชลประทานและโครงการพัฒนาแหล่งน้ำต่างๆ ตลอดจนให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ เผยแพร่วิชาการ และให้ความร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากสาเหตุของ การตกทับถมของตะกอน ซึ่งก่อให้เกิดปัญหากับแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยทั่วไป

การติดตามข้อมูลตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขง ชี มูล และการหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยกับพารามิเตอร์ทางกายภาพลุ่มน้ำในลุ่มน้ำชีโดยใช้โปรแกรม R ในครั้งนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์เพื่อเป็นแนวทางในการติดตาม ประเมินผลการสู่มตัวอย่างปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์ในการสร้างมาตรฐานในการติดตามประเมินผลการสำรวจข้อมูลตะกอนแขวนลอยในลำน้ำในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล และขยายพื้นที่ในลุ่มน้ำต่างๆ ของประเทศไทยต่อไป

(นางสาวอารีรัตน์ อนุชน)
นักอุทกวิทยาชำนาญการ

สารบัญ		หน้า
คำนำ		ก
สารบัญ		ข
บทที่ 1 บทนำ		1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา		1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา		1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา		1
1.4 วิธีการดำเนินการศึกษา		2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ		2
บทที่ 2 เอกสารงาน ที่เกี่ยวข้อง		3
2.1 หลักการและวิธีการเก็บข้อมูลตะกอนแขวนลอย 3		
2.1.1 ความนำ		3
2.1.2 ลักษณะตะกอน แห้ง และ การเคลื่อนย้ายพัดพา		4
2.1.3 การกำหนดตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างและลูกตั้ง		6
2.1.4 การพิจารณาที่ตั้งสถานีในแง่การบริหาร		6
2.1.5 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างตะกอนทั่วไป		6
2.1.6 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย		7
2.1.7 เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตลอดความลึก (Depth integrating sampler)		7
2.1.8 เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตามจุด (Point-integrating sampler)		9
2.1.9 อัตราการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย		10
2.1.10 การวิเคราะห์ในห้องทดลอง		12
2.1.11 การประมวลผลและการแปลผล		13
2.2 ตัวแบบการถดถอยพหุเชิงเส้น (Multiple Linear Regression Model)		14
2.2.1 รูปแบบการถดถอยพหุเชิงเส้น		14
2.2.2 ข้อสมมติและข้อกำหนดเกี่ยวกับการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุเชิงเส้น		15
2.2.3 การพิจารณาความเหมาะสมของตัวแบบหรือสมการการถดถอย		15

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3การวิเคราะห์ความถดถอยไม่เชิงเส้น (Non-Linear Regression Analysis)	16
2.3.1 รูปแบบการถดถอยไม่เชิงเส้น	16
2.3.2 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยไม่เชิงเส้น	16
2.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยไม่เชิงเส้น	17
บทที่ 3 ผลการติดตามการติดตามการสำรวจข้อมูลตะกอนแขวนลอย	18
ในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล	
3.1 จำนวนสถานีตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชีมูล	18
3.2 การสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชีมูล ปี 2555	24
3.3 การติดตามผลการสำรวจตะกอนแขวนลอยตามคำสั่งปีน้ำ 2546-2555ในลุ่มน้ำโขงชีมูล	28
3.4 การติดตามผลการสุ่มตัวอย่างตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชี มูล	33
3.5 การติดตามข้อมูลตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชี มูล	39
บทที่ 4 การหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยกับพารามิเตอร์ทางกายภาพลุ่มน้ำ	43
ในลุ่มน้ำชีโดยใช้โปรแกรม R	
4.1 การหาความสัมพันธ์แบบการถดถอยพหุเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรม R	43
4.2 การหาความสัมพันธ์แบบการถดถอยพหุไม่เชิงเส้น โดยใช้โปรแกรม R	50
4.3 การประยุกต์ใช้กับข้อมูลตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชีมูล	54
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 59	
5.1 บทสรุป	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
เอกสารอ้างอิง 62	
ภาคผนวก 63	

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1	รายชื่อสถานีสํารวจตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขง ชี และมูล 18
ตารางที่ 3.2	การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนและอัตราการไหล ในกลุ่มน้ำโขงชีมูลปี 2555 26
ตารางที่ 3.3	การแสดงความเปรียบเทียบจำนวนสถานีสํารวจในกลุ่มน้ำโขงชีมูลตาม คำสั่งปีน้ำ 2546-2555 28
ตารางที่ 3.4	การเปรียบเทียบสถานีสํารวจตะกอนตามคำสั่งปีน้ำกับสถานีสํารวจจริง 31 ตั้งแต่ปี 2546-2555 ในกลุ่มน้ำโขงและชี
ตารางที่ 3.5	การเปรียบเทียบสถานีสํารวจตะกอนตามคำสั่งปีน้ำกับสถานีสํารวจจริง 32 ตั้งแต่ปี 2546-2555 ในกลุ่มน้ำมูล
ตารางที่ 3.6	จำนวนปีที่มีการเก็บข้อมูลและจำนวนตัวอย่างที่เก็บข้อมูลในแต่ละปี 33 ในกลุ่มน้ำโขง ชี มูล
ตารางที่ 3.7	ปีที่เก็บข้อมูล จำนวนตัวอย่าง จำนวนปี และจำนวนปีที่เก็บมากกว่า 35 หรือเท่ากับ 20 ตัวอย่างในกลุ่มน้ำโขง
ตารางที่ 3.8	ปีที่เก็บข้อมูล จำนวนตัวอย่าง จำนวนปี และจำนวนปีที่เก็บมากกว่า 36 หรือเท่ากับ 20 ตัวอย่างในกลุ่มน้ำชี
ตารางที่ 3.9	ปีที่เก็บข้อมูล จำนวนตัวอย่าง จำนวนปี และจำนวนปีที่เก็บมากกว่า 37 หรือเท่ากับ 20 ตัวอย่างในกลุ่มน้ำมูล
ตารางที่ 3.10	ข้อมูลเกี่ยวกับตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขงชีมูล 40

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1	การแสดงโซนการเก็บตัวอย่างที่วัดได้และไม่ได้วัด	5
รูปที่ 2.2	การแสดง US-DH-59	8
รูปที่ 2.3	การแสดง US-DH-48	8
รูปที่ 2.4	การแสดง US-D-96	8
รูปที่ 2.5	การแสดง US P-61	9
รูปที่ 2.6	การแสดงเวลาที่ต้องใช้ในการบรรจุขวดเก็บตัวอย่างขนาด 0.395 ลิตร สำหรับหัวนอชเซลล์เครื่องเก็บตัวอย่างชุดมาตรฐาน US 2 ขนาด	11
รูปที่ 2.7	การแสดงผลภาพขวดเก็บตัวอย่างแสดงระดับบรรจุที่เหมาะสมและ การบันทึกข้อมูล	12
รูปที่ 2.8	การแสดงโค้งสอบเทียบตะกอนแขวนลอย	14
รูปที่ 3.1	การแสดงที่ตั้งของสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงของประเทศไทย	21
รูปที่ 3.2	การแสดงที่ตั้งของสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำชีของประเทศไทย	22
รูปที่ 3.3	การแสดงที่ตั้งของสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำมูลของประเทศไทย	23
รูปที่ 3.4	การแสดงผลการเก็บข้อมูลตะกอนใน แม่น้ำโคโลราโด้น้อย 1 กิโลเมตร จากต้นแม่น้ำโคโลราโดแกรนด์แคนยอน รัฐอริโซนา สหรัฐอเมริกา	25

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่อยู่ในลำน้ำบ่งบอกถึงอัตราการกัดเซาะของดิน ซึ่งการจะบ่งบอกถึงลักษณะการใช้พื้นที่ พื้นที่ป่าที่ถูกปกคลุมผิวดินซึ่งเป็นตัวป้องกันการกัดเซาะที่ดีที่สุด หากพื้นที่ป่ามีปริมาณลดลง การใช้พื้นที่ดินเปลี่ยนไป การทำไร่เลื่อนลอยหรือเพาะปลูกพืชทดแทนผืนป่า สิ่งต่างๆ เหล่านี้เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งเมื่อมีฝนตกหนัก ฝนจะชะล้างตะกอนดินลงสู่แม่น้ำลำคลองทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ มีปริมาณที่มากขึ้น นั้นย่อมหมายถึงอัตราการกัดเซาะที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการสำรวจปริมาณตะกอนแขวนลอยที่อยู่ในน้ำแต่ละปีจะเป็นตัวบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และอื่นๆ ได้

ในการศึกษา ติดตาม ตรวจสอบ ประเมินผล และการประยุกต์ใช้ข้อมูลตะกอนแขวนลอย เป็นไปเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการสำรวจปริมาณตะกอนแขวนลอยครั้งต่อไปให้เกิดประสิทธิภาพ คำนึงกับงบประมาณ และเป็นไปตามมาตรฐานสากล สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนพัฒนาแหล่งน้ำและบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้ยั่งยืนต่อไป

เพื่อให้การนำไปใช้งานของข้อมูลตะกอนมีความถูกต้องเพียงพอ จึงจำเป็นต้องมีการติดตาม ตรวจสอบและประเมินผลการสำรวจตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขง ชี มูล ของศูนย์อุทกวิทยาภาคเหนือตอนบน และตอนล่าง อีกทั้งยังศึกษาถึงการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำชีกับพารามิเตอร์ทางกายภาพกลุ่มน้ำ โขง ชี มูล เพื่อให้ได้ตัวแบบที่มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อสามารถนำไปใช้ได้ง่ายขึ้นและประหยัดค่าใช้จ่ายในการสำรวจตะกอนในลำน้ำอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

๑. เพื่อศึกษาหลักการและวิธีการเก็บข้อมูลตะกอนแขวนลอย
๒. เพื่อติดตาม ตรวจสอบและประเมินผลการสำรวจปริมาณตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขง ชี มูล ของศูนย์อุทกวิทยาภาคเหนือตอนบนและตอนล่าง
๓. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำชีกับพารามิเตอร์ทางกายภาพกลุ่มน้ำ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตของการศึกษาคั้งนี้คือศึกษาภายในกลุ่มน้ำ โขง ชี มูล ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของศูนย์อุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนและตอนล่าง โดยแหล่งที่มาของข้อมูลประกอบด้วยเอกสารการส่งรายงานประจำปี ของ ศูนย์อุทกวิทยาและบริหารจัดการน้ำ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนและตอนล่างข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลด้านอุทกวิทยา เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการซักถามจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

1.4วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษได้แบ่งการดำเนินการศึกษาออกเป็น ๒ ส่วนด้วยกัน คือ
ตอนที่ ๑ การติดตาม ตรวจสอบ ประเมินผลการสำรวจข้อมูลตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล
ตอนที่ ๒ การประยุกต์ใช้ข้อมูลตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำชีโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอน
แขวนลอยกับพารามิเตอร์ทางกายภาพลุ่มน้ำในลุ่มน้ำชีโดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นด้วยโปรแกรม R
รายละเอียดของตอนที่ ๑ เป็นดังนี้

- ๑) ศึกษาหลักการและวิธีการเก็บข้อมูลตะกอนแขวนลอย
- ๒) ติดตามข้อมูลตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขง ชี มูล ที่มีอยู่ทั้งหมดในปีตั้งแต่ที่ทำการเปิดสำรวจ
จนถึงปี ๒๕๕๕

๓) ตรวจสอบความครบถ้วน ความถูกต้องน่าเชื่อถือ ของข้อมูลตามคำสั่งปีน้ำ ๒๕๔๖ ถึง ๒๕๕๕ และ
ตรวจสอบว่าในปีที่ขาดหายไปของข้อมูลสามารถใช้ข้อมูลที่มีอยู่ทดแทนกันหรือไม่ในทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R

๔) ประเมินผลความสำเร็จความคุ้มค่าของการสำรวจปริมาณตะกอนแขวนลอย โดยทำการเปรียบเทียบ
แผน-ผลการดำเนินงานสำรวจทั้งผลงาน ผลเงิน และผลสำเร็จของการสำรวจปริมาณตะกอนแขวนลอย เพื่อเป็น
แนวทางในการบริหารจัดการการสำรวจปริมาณตะกอนให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้ข้อมูลต่อไป

รายละเอียดของตอนที่ ๒ เป็นดังนี้

๑) เก็บรวบรวมข้อมูล ปริมาณตะกอนเฉลี่ยรายปี กับข้อมูลพารามิเตอร์ทางกายภาพลุ่มน้ำเช่น พื้นที่
ลุ่มน้ำ ความยาวลำน้ำ ความลาดชันของลำน้ำ เป็นต้น เพื่อ หาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอย กับ
พารามิเตอร์ทางกายภาพลุ่มน้ำ โดยสมการถดถอยเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นด้วยโปรแกรม R (Linear and Nonlinear
Regression with R program)

๒) ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาแนวทางในการทำนายค่าปริมาณตะกอนเฉลี่ย
รายปีโดยใช้พารามิเตอร์ทางกายภาพลุ่มน้ำ สมการการถดถอยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ

(๑) Multiple Linear Regression Model

(๒) Non-Linear Regression Model

๓) เปรียบเทียบความเหมาะสมของข้อมูลโดยนำ Model ที่ดีที่สุดมาพิจารณาโดยใช้ Square
Multiple Correlation (R^2) และ ค่า AIC ที่ได้จากตัวแบบแต่ละตัวแบบในการหาค่าสมการที่เหมาะสมที่สุด

1.5ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

๑) เป็นแนวทางในการติดตาม ประเมินผลการสู่มตัวอย่างปริมาณตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำใน
ลุ่มน้ำโขง ชี และมูล ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

๒) เป็นประโยชน์ในการสร้างมาตรฐานในการติดตามประเมินผลการสำรวจข้อมูลตะกอน
แขวนลอยในลุ่มน้ำในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล และขยายพื้นที่ในลุ่มน้ำต่างๆ ของประเทศไทยต่อไป

๓) นักวิชาการ ผู้ที่เกี่ยวข้อง และประชาชนทั่วไปทราบ และใช้เป็นเอกสารอ้างอิง
ประกอบการใช้งานที่เกี่ยวข้องต่อไป

บทที่ 2

เอกสารงาน ที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการและวิธีการเก็บข้อมูลตะกอนแขวนลอย¹

2.1.1 ความนำ

ความรู้เกี่ยวกับการกัดเซาะ การเคลื่อนที่ การตกทับถมของตะกอนบนพื้นดิน ในลำน้ำ อ่างเก็บน้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ มีความสำคัญต่อผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการพัฒนาและบริหารทรัพยากรน้ำ และดิน ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม การปฏิบัติงานด้านนี้จะต้องดำเนินการเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม หรือ สอดคล้องกับความต้องการและหลักเกณฑ์ที่สังคมยอมรับเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ การศึกษาการเคลื่อนย้าย ตะกอนจำเป็นต้องทำการวัดปริมาณตะกอนทั้งที่แขวนลอยและที่ตกทับถมในท้องน้ำในช่วงสภาวะอุทกวิทยาที่มีความแตกต่างสูงมาก การตกตะกอนที่น้ำเป็นตัวการอันสลับซับซ้อนทำให้การสำรวจและ วิเคราะห์ข้อมูลมีค่าใช้จ่ายสูงกว่างานอุทกวิทยาสาขาอื่น ดังนั้นคู่มือนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ที่จะ ช่วยกำหนดมาตรฐาน และปรับปรุงประสิทธิภาพของเทคนิควิธีการเก็บข้อมูลตะกอนทั้งนี้เพื่อให้ได้ผล การศึกษามากที่สุดเท่าที่จะทำได้จากแรงงานและทรัพยากรที่กำหนด

ความต้องการข้อมูลตะกอนส่วนมากเป็นความต้องการในแง่ของการปฏิบัติความต้องการ โดยทั่วไปแยกประเภทได้ดังนี้

1. การประเมินอัตราการตกตะกอนเมื่อเทียบกับสภาพสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ธรณีวิทยา ดิน ภูมิอากาศ การระบายน้ำฝน ภูมิประเทศ การปกคลุมดิน และขนาดพื้นที่ระบายน้ำ
2. การประเมินอัตราการตกตะกอนเมื่อเทียบกับประเภทการใช้ที่ดินต่างๆ
3. การกระจายความเข้มข้นของตะกอนและอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอนในลำน้ำตามกาลเวลา

4. การประเมินการกัดเซาะและการตกทับถมในระบบลำน้ำ
5. ปริมาณและลักษณะขนาดตะกอนที่ตกในแหล่งน้ำ
6. ลักษณะตะกอนที่ตกทับถมเทียบกับขนาดเม็ดตะกอนและการไหลของน้ำ
7. ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอน คุณภาพน้ำ และสิ่งมีชีวิต

การเคลื่อนย้ายตะกอนไปตามลำน้ำมีความสำคัญและเป็นพื้นฐานต่อการวางแผนพัฒนา แหล่งน้ำทั้งในระดับภูมิภาคและระดับชาติ การออกแบบโครงการพัฒนาแหล่งน้ำต้องการความรู้เกี่ยวกับ คุณภาพและปริมาณตะกอนของลำน้ำนั้นๆ โดยเฉพาะ หากลำน้ำนั้นมีปริมาณตะกอนสูงมาก อ่างเก็บน้ำที่ สร้างขึ้นมาเพื่อควบคุมการไหลของน้ำต้องมีที่สำหรับเก็บตะกอนที่อ่างเก็บน้ำดังกล่าวให้ตกจม และต้องศึกษา ผลการกัดเซาะด้านท้ายประตูระบายน้ำ อันเนื่องมาจากการระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำอันปราศจากตะกอน หากละเลยไม่มีการวิเคราะห์หาอัตราการตกตะกอน และอัตราการกัดเซาะด้านท้ายน้ำไปประกอบการ

¹ นายวีระ เวตติวงศ์ หัวหน้าฝ่ายสำรวจตะกอน กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน (2529)

ออกแบบและก่อสร้าง โครงการนั้นอาจไม่มีประสิทธิภาพและประสบความสำเร็จในระยะเวลาเพียงสิบหรือยี่สิบปี นอกจากนี้ข้อมูลปริมาณตะกอนยังเป็นข้อมูลสำคัญในการออกแบบงานประปา การคมนาคมทางน้ำ และคลองชลประทาน

2.1.2 ลักษณะตะกอน แหล่ง และการเคลื่อนย้ายพัดพา

ตะกอนคือเศษวัสดุที่มีแหล่งกำเนิดจากขบวนการแตกสลายของหินเปลือกโลกทั้งทางกายภาพและทางเคมี เม็ดตะกอนมีขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ก้อนหินขนาดใหญ่ไปจนถึงเศษวัสดุแขวนลอยแตกต่างกันในรูปทรงตั้งแต่กลมไปจนถึงเป็นเหลี่ยมมุม นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างกันในความถ่วงจำเพาะ และส่วนประกอบแร่ธาตุ แร่ธาตุส่วนใหญ่ได้แก่ แร่ควอตซ์

เม็ดตะกอนเมื่อหลุดแยกออกมา จะเคลื่อนที่ไปตามแรงโน้มถ่วง แรงลม แรงแม่เหล็ก หรือโดยตัวการหลายอย่างร่วมกัน หากน้ำเป็นตัวการที่เคลื่อนย้ายตะกอนไปอาจเรียกตะกอนชนิดนี้ว่า ตะกอนน้ำ (Fluvial sediment) ส่วนการเคลื่อนที่หรือเคลื่อนย้ายเม็ดตะกอนไปจากจุดที่เคยอยู่นิ่งเรียกว่า การกัดเซาะโดยแรงน้ำ อาจจำแนกเป็นการกัดเซาะแบบแผ่น และกัดเซาะแบบลำราง แต่การจำแนกเป็นสองประเภทนี้จะไม่เด่นชัดนัก การกัดเซาะแบบแผ่นเกิดเมื่อดินร่วน (silt) และดินเหนียวเม็ดละเอียดหลุดจากพื้นผิวเป็นแผ่นหนาอ่อนข้างสม่ำเสมอ โดยเม็ดฝน การกระเซ็น กระฉอก และแผ่นกระแสน้ำ การเคลื่อนที่ของเม็ดตะกอนและพลังงานจากเม็ดฝนจะอัดให้ดินแน่นขึ้น เป็นผืนก้นน้ำกลายๆ ซึ่งทำให้อัตราการซึมของน้ำเข้าสู่เนื้อดินลดลง เพิ่มปริมาณกระแสน้ำให้ไปกัดเซาะและเคลื่อนย้ายตะกอนต่อไป ดังนั้น ปริมาณวัสดุที่เคลื่อนย้ายไปโดยการกัดเซาะแบบแผ่นจึงแปรตาม ความลาดเอียงของพื้นที่ ความเข้มข้น ขนาดเม็ดฝน ประเภทดิน พืชคลุมดิน

เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของพื้นดิน น้ำจะไม่ไหลแผ่เป็นแผ่นต่อเนื่องกันเป็นบริเวณกว้าง แต่จะรวมตัวกันอย่างรวดเร็วเป็นร่อง ราง และลำธาร ขยายขนาดใหญ่ขึ้นไปเรื่อยๆ น้ำจะกัดเซาะวัสดุที่มีอยู่ตามตลิ่งหรือในท้องน้ำจนกว่าลำน้ำนั้นจะมีตะกอนเต็มอัตรา (“loaded”) เท่าที่พลังงานของลำน้ำนั้นจะพุงไว้ได้ การกัดเซาะแบบลำรางอาจเกิดขึ้นโดยทั่วไป หรือเกิดเฉพาะบางตำแหน่งในลำน้ำ แต่ในขั้นต้นการกัดเซาะแบบลำรางเป็นขบวนการเฉพาะตำแหน่ง

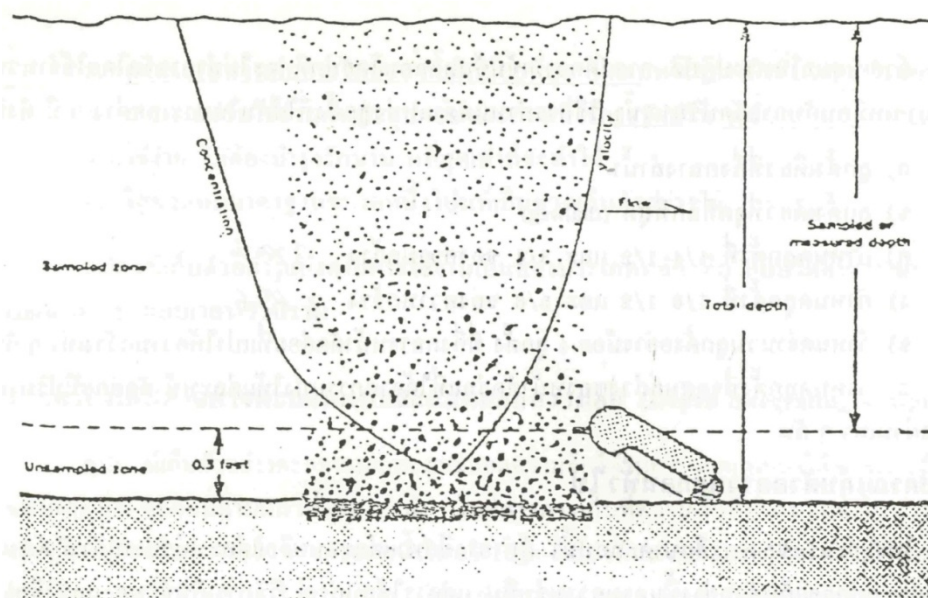
ดังนั้น ตะกอนที่เคลื่อนย้ายไปส่วนใหญ่ จะมาจากการกัดเซาะแบบแผ่นและจากร่องที่อยู่ด้านเหนือน้ำ หรือกัดเซาะแบบลำราง บางครั้งตะกอนอาจเคลื่อนย้ายไปโดยแรงลม แต่มักจะเป็นปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับการเคลื่อนย้ายโดยแรงน้ำ นอกจากการกัดเซาะตลิ่งโดยกระแสน้ำแล้วยังมีการพังทลาย หรือแรงกดโดยน้ำหนักตะกอนที่ไหลลงลำน้ำ ทั้งที่สืบไปซ้ำๆ จนถึงแผ่นดินเลื่อนถล่ม ตะกอนประเภทอื่นที่อาจพบในปริมาณมาก อาจเกิดจากธารน้ำแข็ง เหมืองแร่ การย่อยสลายกรวดโดยพืช และกิจกรรมการก่อสร้างหลายประเภทของมนุษย์เอง

กรรมวิธีการเคลื่อนย้ายตะกอนขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดตะกอนแต่ละเม็ด น้ำจะเคลื่อนย้ายตะกอนโดยกระแสน้ำความปั่นป่วนช่วยพุงเม็ดตะกอน หรือโดยการกลิ้ง กระเด็นไปตามท้องน้ำ ตะกอนเม็ดละเอียด (<0.062 มม.) จะเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วโดยประมาณเท่ากับความเร็วของกระแสน้ำแต่ตะกอนเม็ดหยาบ (>0.062) จะเคลื่อนที่เพียงบางครั้งบางคราว และอยู่นิ่งเป็นส่วนใหญ่

การกระจายของเม็ดตะกอนตามแนวตั้งในลำน้ำแตกต่างกันจากลำน้ำหนึ่งไปยังอีกลำน้ำหนึ่ง และจากหน้าตัดหนึ่งไปยังอีกหน้าตัดหนึ่งในลำน้ำเดียวกัน เขียนเป็นสมการสมดุลโดยสรุปได้ดังนี้

$$Q_1 = Q_0 + r \cdot \Delta v$$

เมื่อ Q_1 คือ ผลรวมปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าสู่ลำน้ำช่วงบน Q_0 เป็นผลรวมปริมาณตะกอนที่ไหลออกลำน้ำช่วงล่างมีหน่วยเป็นตัน Δv เป็นปริมาตรตะกอนทั้งหมดรวมทั้งตะกอนจากการกัดเซาะและตกทับถมมีหน่วยเป็น m^3 และ r เป็นน้ำหนักต่อหน่วยของตะกอนเป็น ตัน/ m^3 โดยทั่วไปการกระจายของตะกอนเม็ดละเอียดจะค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดแนวตั้งตั้งแต่ตะกอนเม็ดหยาบจะรวมกันอยู่ใกล้ท้องน้ำ อาจมีตะกอนเม็ดหยาบบางส่วนขึ้นมาถึงผิวน้ำบ้างเป็นครั้งคราว ดังนั้นวิธีการเก็บตัวอย่างตะกอนด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างที่แสดงในบทรูปนี้จะเก็บตัวอย่างตะกอนขนาดที่แขวนลอยในกระแสน้ำที่ไหลเข้าเครื่องเก็บตัวอย่าง เนื่องจากหัวของเชลของเครื่องเก็บตัวอย่างไม่สามารถลงไปลึกถึงระยะประมาณ 0.3 ถึง 0.4 ฟุตล่างของท้องน้ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถเก็บปริมาณตะกอนทั้งหมดได้ ปริมาณตะกอนที่เครื่องเก็บตัวอย่างเก็บในโซนนี้เรียกว่า ปริมาณตะกอนส่วนที่วัดได้ (measured sediment discharge) ส่วนปริมาณตะกอนที่มีความเข้มข้นสูงและขนาดหยาบใต้หัวของเชลเรียกว่าปริมาณตะกอนส่วนที่วัดไม่ได้ (unmeasured sediment discharge) ปริมาณตะกอนที่ไม่ได้วัดอาจมีปริมาณมากเมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนกับปริมาณตะกอนทั้งหมด (ที่วัดได้บวกกับที่วัดไม่ได้) ซึ่งบางครั้งอาจคำนวณได้จากสูตรเอไพริกัล รูปที่ 2.1 อธิบายหลักที่ใช้ในการกำหนดสูตร ในลำน้ำจะมีหน้าตัดบางหน้าตัดที่ตะกอนทุกขนาดถูกกววเหวี่ยงให้กระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดแนวตั้ง การกววเหวี่ยงนี้อาจมาจากกระแสน้ำปั่นป่วนตามธรรมชาติหรือมีการทำให้เกิดขึ้น ปริมาณตะกอนที่วัดได้ที่ตำแหน่งนี้คือปริมาณตะกอนทั้งหมด



รูปที่ 2.1 การแสดงโซนการเก็บตัวอย่างที่วัดได้และไม่ได้วัด

2.1.3 การกำหนดตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างและลูกตั้ง

เงื่อนไขในการเลือกสถานที่วัดปริมาณตะกอนแขวนลอยโดยทั่วไปคล้ายกับเงื่อนไขในการเลือกสถานีวัดน้ำ สรุปหลักเกณฑ์การเลือกสถานที่เก็บตัวอย่าง ดังนี้

- ก) เลือกช่วงลำน้ำที่มีช่วงตรง เพื่อให้การกระจายความเร็วของกระแสในหน้าตัดนั้นค่อนข้างสม่ำเสมอ สำหรับทุกระดับที่จะทำการวัด
- ข) ไม่มีน้ำหนุนจากลำน้ำสาขาหรืออาคาร สำหรับทุกระดับที่จะทำการวัด
- ค) ระดับและปริมาณน้ำบังคับโดยการบังคับน้ำจากหน้าตัดที่อยู่ใกล้ที่ถาวร หรือมีการบังคับน้ำโดยช่วงของลำน้ำ และ
- ง) สามารถทำการวัดได้ที่สถานที่นั้นหรือที่ตำแหน่งใกล้เคียง

2.1.4 การพิจารณาที่ตั้งสถานีในแง่การบริหาร

จะกล่าวถึงหลักการพิจารณาเลือกสถานที่ที่ต้องการในแง่ที่ไม่ใช่เทคนิควิชาการโดยย่อ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- ก) อยู่ใกล้เจ้าหน้าที่ที่จะทำการวัดและตรวจสอบในท้องถิ่น
 - ข) มีถนนเข้าได้สะดวก
 - ค) มีไฟฟ้าและโทรศัพท์ และ
 - ง) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและการปฏิบัติงานเมื่อเทียบกับสถานที่อื่น
- ด้วยเหตุผลในทางปฏิบัติ การวัดความเข้มข้นตะกอนโดยปกติ จะไม่ทำการวัดโดยใช้จำนวนลูกตั้งมากเหมือนกับการวัดปริมาณน้ำ วิธีการกำหนดตำแหน่งลูกตั้งที่ใช้กันในประเทศต่างๆ มีดังนี้

- ก) ลูกตั้งเดียวที่กึ่งกลางลำน้ำ
- ข) ลูกตั้งเดียวที่จุดที่ลึกที่สุด (thalweg)
- ค) กำหนดลูกตั้งที่ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ และ $\frac{3}{4}$ ของความกว้าง
- ง) กำหนดลูกตั้ง $\frac{1}{6}$ $\frac{1}{2}$ และ $\frac{5}{6}$ ของความกว้าง
- จ) กำหนดจำนวนลูกตั้งอย่างน้อย 4 ลูกตั้ง ที่กึ่งกลางหน้าตัดย่อยที่แบ่งให้ความกว้างเท่าๆ กัน

- ฉ) กำหนดลูกตั้งที่จุดศูนย์ถ่วงของหน้าตัดย่อยที่ได้จากการแบ่งให้แต่ละหน้าตัดย่อยมีปริมาณน้ำไหลผ่านเท่าๆ กัน

2.1.5 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างตะกอนทั่วไป

ในระยะแรกของการศึกษาตะกอนน้ำ ผู้ทำการศึกษาแต่ละคนหรือแต่ละหน่วยงานต่างๆ ก็พัฒนาวิธีการและอุปกรณ์เก็บตัวอย่างขึ้นตามความจำเป็น แต่การใช้อุปกรณ์ วิธีการเก็บข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบผลงานได้ ดังนั้น เพื่อแก้ปัญหานี้ โครงการสัมพันธการศึกษาระหว่างหน่วยงาน (Federal Inter-Agency Sedimentation Project-

F.I.A.S.P.) จึงได้พัฒนาชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างและวิธีการมาตรฐานขึ้น โดยกำหนดรหัสสำหรับอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ดังนี้

US	-อุปกรณ์มาตรฐานสหรัฐอเมริกา
D	-การอินทิเกรตความลึก
P	-การอินทิเกรตจุด
H	-ใช้มือถือโดยแกนหยั่งหรือเชือก ไม่ต้องระบุหากใช้สายเคเบิลและแกนม้วน
BM	-วัสดุทองน้ำ
U	-วัดระดับเดียว
Year	-ปีที่พัฒนาอุปกรณ์ (แสดงเฉพาะเลขสองตัวหลัง)

2.1.6 อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย

วัตถุประสงค์ของเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยคือเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของสารผสมน้ำกับตะกอนที่ไหลในลำน้ำในบริเวณใกล้เคียงเครื่องเก็บตัวอย่างคณะกรรมการ F.I.A.S.P. ได้กำหนดหลักเกณฑ์ทั่วไปสำหรับการออกแบบและผลิตอุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนดังนี้

1. ให้น้ำไหลเข้าขวดเก็บตัวอย่างผ่านหัวนอชเชิลด้วยความเร็วเดียวกันกับความเร็วของกระแสน้ำโดยรอบ
 2. ให้สามารถหย่อนหัวนอชเชิลลงไปได้ลึกใกล้ระดับท้องน้ำมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (แตกต่างกันตั้งแต่ 3½ ถึง 6 นิ้ว (9 ถึง 15 ซม.) ตามเครื่องเก็บตัวอย่าง)
 3. ลดการรบกวนต่อการไหลของน้ำให้น้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณหัวนอชเชิล
 4. สามารถปรับใช้ร่วมกันกับอุปกรณ์ประกอบที่ใช้การวัดปริมาณน้ำ
 5. ใช้งานง่าย ไม่ต้องบำรุงรักษามากที่สุดเท่าที่จะทำได้
 6. ใส่ขวดนมมาตรฐานขนาดหนึ่งไปท์เป็นขวดเก็บตัวอย่างได้
- อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบ่งตามการใช้งานเป็นสองประเภทหลัก คือ แบบวัดค่าชั่วขณะ (instantaneous) กับ แบบเวลา-รวบรวม

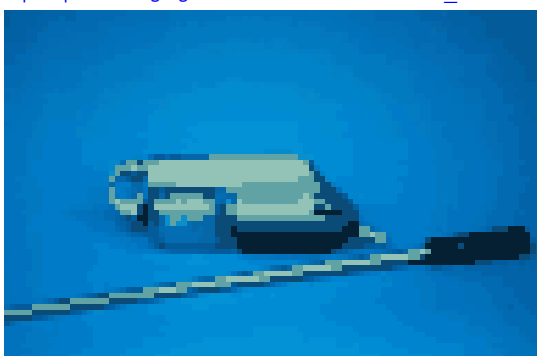
2.1.7 เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตลอดความลึก (Depth integrating sampler)

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตลอดความลึกได้รับการออกแบบมาให้สามารถเก็บสะสมของผสมน้ำ-ตะกอนตามแนวตั้งของลำน้ำ ในอัตราการเก็บที่ความเร็วที่ปากทางเข้าในหัวนอชเชิลจะอยู่ใกล้เคียงกับความเร็วของกระแสน้ำในบริเวณใกล้เคียงกันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้หากเคลื่อนที่ไปตามแนวตั้งด้วยความเร็วสม่ำเสมอ อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบง่ายจะเก็บและสะสมตัวอย่างในช่วงระหว่างที่ย่อนอุปกรณ์ลงไปยังท้องน้ำและยกกลับมาถึงผิวน้ำ การหย่อนอุปกรณ์ต้องใช้ความเร็วที่สม่ำเสมอในช่วงที่เลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน แต่ไม่จำเป็นต้องใช้ความเร็วเท่ากันทั้งในสองทิศทาง (หย่อนลงและยกขึ้น)



รูปที่ 2.2 การแสดงUS-DH-59

(ที่มา : http://pubs.usgs.gov/of/2548/1087/book_2.html#DH-59)



รูปที่ 2.3 การแสดง US-DH-48

(ที่มา : http://pubs.usgs.gov/of/2548/1087/book_2.html#DH-48)



รูปที่ 2.4 การแสดง US-D-96

(ที่มา : http://pubs.usgs.gov/of/2548/1087/images/US_D96.gif)

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบมือถือ –US DH -48 และ US DH-59

US DH – 48 ความยาว 33 ซม. น้ำหนัก 2 กก. หัวนอชเชิลขนาด 1/4" และ 3/16"

US DH – 59 ความยาว 38 ซม. น้ำหนัก 11 กก. มีที่ใช้จำกัดในลำน้ำที่มีความเร็วต่ำกว่า
ประมาณ 1.5 ม/ว หัวนอชเชิลขนาด 1/4" 3/16" และ 1/8"

อุปกรณ์แบบเคเลิลและม้วนแกน –US D -43 และ US D -49 เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาหสามา
รถเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอยได้

D-49 ยาว 61 ซม. น้ำหนัก 28 กก. หัวนอชเชิลขนาด 1/4" 3/16" และ 1/8"

2.1.8 เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตามจุด (Point-integrating sampler)

US-P-46, US-P-61, US-P-63 และ US-P-50

เครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมตามจุดมีความคล่องตัวสูงกว่าเครื่องเก็บตัวอย่างแบบสะสมตลอดความลึก สามารถใช้เก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนความเข้มข้นตะกอนเฉลี่ยที่จุดใดๆ ที่กำหนดภายใต้ผิวน้ำ ยกเว้นระยะใกล้ท้องน้ำ นิยมใช้เก็บตัวอย่างตามความลึกในลำน้ำที่ลึกเกินกว่าจะเก็บสะสมจากการหยั่งอุปกรณ์ได้ในรอบเดียวกัน การเก็บรวบรวมสะสมตัวอย่างตะกอนตามความลึก อาจเริ่มเก็บตัวอย่างที่ความลึกใดๆ ก็ได้ หลังจากนั้นจะเก็บตัวอย่างต่อไปในทิศทางขึ้นหรือลงโดยกำหนดระยะตามแนวตั้งสูงสุดไม่เกินประมาณ 30 ฟุต

เครื่องเก็บตัวอย่างสะสมตามจุด ใช้หัวนอชเชิลขนาด 3/16 นิ้ว หันทิศทางเข้าหากกระแสน้ำมีช่องระบายลมให้อากาศหนี ช่วงปากทางเข้าและช่องระบายลมควบคุมโดยวาล์ว เมื่อวาล์วอยู่ในตำแหน่งเก็บตัวอย่างการทำงานจะเหมือนกับเครื่องเก็บตัวอย่างตลอดความลึก ถึงปรับความดันอากาศภายในตัวเครื่องเก็บตัวอย่างจะปรับความดันอากาศในตัวเครื่องให้เท่ากับความดันสถิตยของน้ำที่หัวนอชเชิลในทุกระดับความลึก ป้องกันไม่ให้น้ำพุ่งพรวดเข้าไปในเครื่องเก็บตัวอย่างในขณะที่เปิดปากทางเข้าช่องระบายอากาศพร้อมกันเมื่ออยู่ใต้ระดับน้ำ



รูปที่ 2.5การแสดงUS P-61

(ที่มา: http://pubs.usgs.gov/of/2548/1087/images/US_P61A1.gif)

เครื่องเก็บตัวอย่างสะสมเฉพาะจุดแตกต่างกันตามขนาดและน้ำหนัก มีทั้งขนาด 46 กก. 48 กก. 91 กก. และ 131 กก. ทุกขนาดออกแบบมาสำหรับใช้กับสายเคเบิล เหล็กกล้ามีฉนวนหุ้มแกนนำกระแสไฟฟ้า เมื่อกดสวิตช์ที่สถานีตะกอนกระแสไฟฟ้าจะไหลไปตามสายเคเบิลเหนี่ยวนำขดลวดโซลีนอยด์ที่หัวเครื่องเก็บตัวอย่าง โดยแบตเตอรี่ต่อกันเป็นอนุกรม 24 ถึง 48 โวลต์ หากใช้สายเคเบิล ยาวกว่า 100 ฟุต (30 ม.) อาจต้องเพิ่มความดันไฟฟ้า

มีวิธีการเก็บตัวอย่างวิธีอื่นๆ อีกเช่น วิธีจุด (point method) หรือวัดค่าชั่วขณะ (instantaneous) การวัดในที่ตั้ง (in-situ) และวิธีสูบน้ำ (pumping) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวิธีจุดของกรมชลประทานนั้นผลิตโดยบริษัท Brinkey and South Pacific ส่วนเครื่องเก็บตัวอย่างรวบรวมตามจุดแบบ

พิเศษ คือ เครื่องสูบน้ำเก็บตัวอย่าง (pumping sampler) จะดูดของผสมน้ำ-ตะกอนผ่านท่อหรือสายอ่อน โดยตั้งปากทางเข้าที่ตำแหน่งที่ต้องการเก็บตัวอย่าง โดยการควบคุมความเร็วที่ปากทางเข้าทำให้สามารถเก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนความเข้มข้นของตะกอนที่ตำแหน่งนั้นได้

เครื่องสูบน้ำเก็บตัวอย่าง นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตั้งถาวร ในที่ที่สามารถกำหนดจุดเก็บตัวอย่างที่แน่นอนตายตัวในลำน้ำได้ ปากทางเข้ามักจะวางให้เป็นมุม 90° กับแนวการไหลของน้ำ วิธีนี้ให้ความแม่นยำที่ดีสำหรับตะกอนขนาดดินเหนียวและซิลต์ แต่มักจะให้ค่าความเข้มข้นที่ค่อนข้างต่ำสำหรับตะกอนเม็ดหยาบ

ข้อเสียใหญ่ๆ โดยทั่วไปของเครื่องเก็บตัวอย่างแบบหยั่งคือใช้เวลานานกว่าจะได้ค่าที่ต้องการ ต้องขนส่งตัวอย่างไปห้องทดลองพิเศษเพื่อผ่านกรรมวิธีผ่านกรรมวิธีและทำการวิเคราะห์จนกว่าจะได้ค่าความเข้มข้นตะกอน

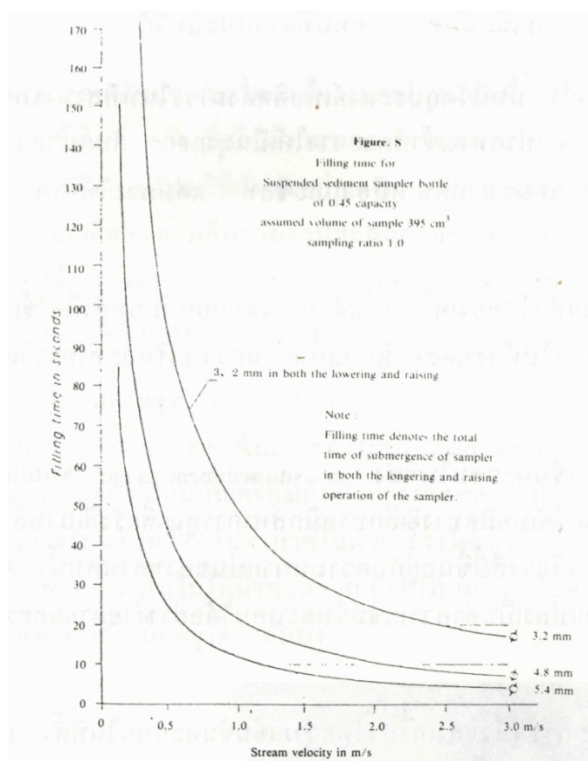
เครื่องวัดความเข้มข้นตะกอนในที่ตั้ง “in-situ sediment gauge” ช่วยแก้ปัญหานี้โดยวัดความเข้มข้นตะกอนโดยอ้อม โดยใช้เทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์หาการสูญเสียรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าจากการดูดกลืนของตะกอน ซึ่งความสูญเสียรังสีนี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของของผสมน้ำ-ตะกอน จากอัตราการลดลงของรังสีจะสามารถแปลงเป็นค่าความเข้มข้นตะกอนได้อย่างง่ายดายและรวดเร็วโดยใช้คังสอบเทียบที่ทำไว้ล่วงหน้า

ข้อดีสำคัญอีกประการหนึ่งของเครื่องวัดความเข้มข้นตะกอนในที่ตั้ง (in-situ) คือสามารถต่อกับเครื่องบันทึกข้อมูล ให้บันทึกความเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของตะกอนเป็นระยะเวลาต่อเนื่องนานๆ ได้

ลักษณะโดยทั่วไปทั้งสองประการนี้เป็นแหล่งข้อมูลสำคัญสำหรับนักอุทกวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีน้ำท่วม ส่วนหนึ่งเพราะเป็นข้อมูลที่มีอยู่ที่สถานที่ทำการวัด อีกส่วนหนึ่งเพราะสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงฉับพลันและค่าสูงสุดในช่วงเวลาสั้นได้ ข้อมูลนี้อาจส่งต่อทางเทเลมิเตอร์ เก็บไว้ที่สำนักงานในภูมิภาคหรือสำนักงานใหญ่โครงการพัฒนาแหล่งน้ำ

2.1.9 อัตราการเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย

การหยั่งเครื่องเก็บตัวอย่างตะกอนแบบสะสมทุกชนิดใช้ม้วนแกน (reel) โดยเริ่มหย่อนลงไปให้ใกล้กับบริเวณท้องน้ำ แล้วยกกลับมายังระดับผิวน้ำโดยการหมุนแกนทรงกระบอก ใช้ นาฬิกาจับเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและตรวจสอบความสม่ำเสมอในการเลื่อนเครื่องเก็บตัวอย่างขึ้นลง ให้บันทึกเวลาในการหย่อนเครื่องเก็บตัวอย่างลงไปถึงท้องน้ำ เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างทั้งหมดควรประมาณเป็นสองเท่าของเวลาในการหย่อนเครื่องเก็บตัวอย่าง เวลาที่ต้องใช้ในการบรรจุขวดเก็บตัวอย่างขนาด 0.395 ลิตร สำหรับหัวนอซเซิลเครื่องเก็บตัวอย่างชุดมาตรฐาน US สามขนาด แสดงไว้ในรูปที่ 2.6



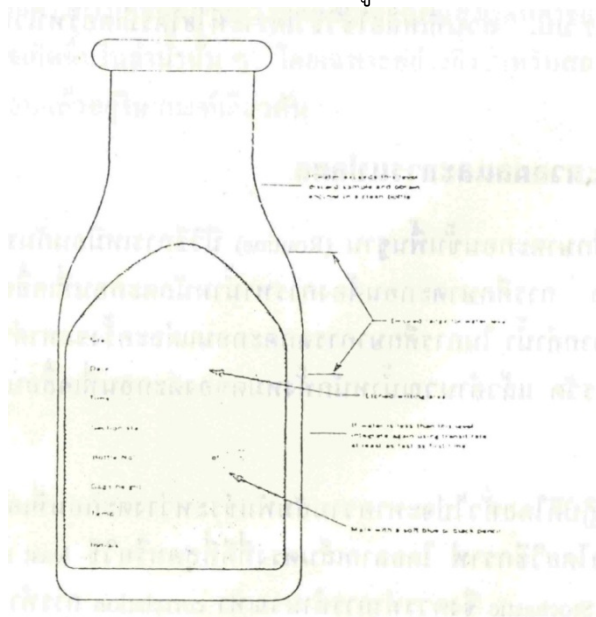
รูปที่ 2.6 การแสดงเวลาที่ต้องใช้ในการบรรจุขวดเก็บตัวอย่างขนาด 0.395 ลิตร สำหรับหัวนอชเชิล เครื่องเก็บตัวอย่างชุดมาตรฐาน US 2 ขนาด

เครื่องเก็บตัวอย่างแบบสะสมตลอดความลึกแบบมือถือได้รับการออกแบบมาให้ใช้คู่กับชุดแกนหยั่ง โดยอาจวัดจากสะพานเตี้ยๆ หรือเดินท่องลำน้ำ การเก็บตัวอย่างควรทำให้ใกล้จุดกึ่งกลางลำน้ำ หรือที่จุดซึ่งปริมาณตะกอนแขวนลอยจะเป็นตัวแทนของลำน้ำทั้งหมดได้ ประเด็นสำคัญที่ควรรำลึกเสมอคือ การเดินท่องน้ำเข้าหาจุดเก็บตัวอย่างต้องเดินจากท้ายน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกอนที่ผู้เดินท่องน้ำกววนขึ้นกระทบกระเทือนค่าตัวอย่างที่เก็บ

ขวดตัวอย่างต้องล้างด้วยน้ำในแม่น้ำนั้นๆ ก่อนเก็บตัวอย่าง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีฝุ่นผงหลงเข้าไปในขวด ปริมาณตะกอนแขวนลอยสำหรับปริมาณน้ำที่ไหลน้อยจะมีค่าน้อยมาก ฝุ่นผงในขวดเก็บตัวอย่างแม้เป็นจำนวนเพียงเล็กน้อยก็อาจมีผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์ผลในห้องทดลองอย่างมาก ควรรำลึกถึงประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การบรรจุตัวอย่างควรให้เต็มถึงระยะประมาณ 5 ซม. จากปากขวด (ที่คอขวด) หากบรรจุจนล้นหรือบรรจุได้น้อยเกินไปควรเก็บตัวอย่างใหม่ ใช้เวลาในการปฏิบัติการเก็บตัวอย่างครั้งก่อนเป็นแนวทาง
2. การบรรจุตัวอย่างไม่ควรใช้เวลาน้อยกว่า 10 วินาที หรือมากกว่า 40 วินาที หากเวลาที่ใช้อยู่นอกช่วงที่ระบุนี้ควรเปลี่ยนหัวนอชเชิลทองเหลืองใหม่ หัวนอชเชิลมีสามขนาด และควรเก็บรักษาให้ใช้งานได้โดยสะดวกที่หน้างานนั้นๆ

3. อย่าให้เครื่องเก็บตัวอย่างกระแทกท้องน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในลำน้ำที่ท้องน้ำเป็นทรายหรืออ่อนนุ่ม อาจกระทบกระเทือนตะกอนท้องน้ำจนทำให้ค่าตะกอนแขวนลอยผิดพลาดได้
4. เลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่างในลำน้ำที่ค่อนข้างตรง และมีความลึกพอที่จะทำการเก็บตัวอย่างได้ หลีกเลี่ยงบริเวณที่ท้องน้ำไม่สม่ำเสมอหรือคดเคี้ยว และให้ห่างไปจากท้ายบริเวณที่ลำน้ำสาขาไหลมาบรรจบ เพื่อให้ตะกอนผสมเข้าได้ดีก่อน
5. อย่าให้ตะกอนเย็นจนเป็นน้ำแข็ง หรือถูกแสงแดดโดยตรงจะกระทบกระเทือนผล



รูปที่ 2.7 การแสดงแผนภาพขวดเก็บตัวอย่างแสดงระดับบรรจุที่เหมาะสมและการบันทึกข้อมูล

2.1.10 การวิเคราะห์ในห้องทดลอง

โดยสรุป การวิเคราะห์ตัวอย่างตะกอนแขวนลอยในห้องทดลองประกอบด้วย (ก) การหาความเข้มข้นโดยน้ำหนักของตะกอนแขวนลอยกับน้ำหนักของของผสมน้ำ-ตะกอน (แสดงค่าเป็นอัตราส่วนต่อล้าน) (ข) การหาการกระจายขนาดเม็ดตะกอนในตัวอย่างตามความจำเป็น (ค) การบันทึกผลการวิเคราะห์ในแบบฟอร์มที่เหมาะสมเพื่อใช้คอมพิวเตอร์คำนวณหาปริมาณตะกอนเป็นรายวัน หรือใช้ข้อมูลการกระจายขนาดเม็ดตะกอนในงานวิจัยตะกอนเชิงประยุกต์ต่อไป

ความเข้มข้นของตัวอย่างตะกอนหาโดยวิธีการกรอง (filtration) ดังนี้

ก) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างและขวดบรรจุ (น้ำ ตะกอน และ ขวด)

ข) ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองและถ้วยแก้ว

ค) ชั่งน้ำหนักขวดหลังจากกรอง

ง) ชั่งน้ำหนักตะกอนแห้งพร้อมกับกระดาษกรองและถ้วยแก้วหลังจากอบในเตาอบที่

อุณหภูมิ 110° ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{(d) - (b)}{(a) - (c)} \times 10^6 \text{ ppm.}$$

หากมีการเก็บวัสดุตะกอนท้องน้ำในสนาม ในห้องทดลองอาจทำการวิเคราะห์ตัวอย่างขนาดเม็ดตะกอนโดยใช้ตะแกรงร่อน เริ่มจาก ตะแกรงเบอร์ 4 เบอร์ 8 เบอร์ 10 เบอร์ 16 เบอร์ 30 เบอร์ 40 เบอร์ 50 เบอร์ 100 และ เบอร์ 200 ตามลำดับ ตะแกรงเบอร์ 200 เป็นช่วงของทรายละเอียด ขนาดประมาณ 0.07 มม. ส่วนที่เหลือใช้วิธีวิเคราะห์ไฮโดรมิเตอร์หาเวลาการตกจมของเม็ดตะกอนขนาดต่างๆ

2.1.11 การประมวลผลและการแปลผล

การศึกษาตะกอนขั้นพื้นฐาน (Routine) มีวิธีการเหมือนกันทุกแห่ง ความแตกต่างอยู่ที่อุปกรณ์และเครื่องมือ การศึกษาตะกอนต้องการหาน้ำหนักตะกอนที่เคลื่อนย้ายผ่านลูกตั่งที่กำหนดโดยการเก็บตัวอย่างจากลำน้ำ ในการศึกษาการตกตะกอนแต่ละครั้งจะหาความเข้มข้นตะกอนโดยเฉลี่ยจากลูกตั่งที่ทำการวัด แล้วคำนวณน้ำหนักทั้งหมดของตะกอนที่เคลื่อนย้ายไปจากปริมาณการไหลของน้ำที่เหมาะสม

วิธีปฏิบัติโดยทั่วไปจะหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนที่เคลื่อนย้ายกับระดับน้ำกับปริมาณน้ำและความเร็วโดยวิธีกราฟ โดยลากเส้นตรงที่ดีที่สุดหรือวิธี least square ความสัมพันธ์ของตัวแปรมีลักษณะเป็น stochastic จึงควรทำการคำนวณหา correlation การทำ correlation โดยวิธีกราฟ โดยปกติจะพลอตบนกระดาษมาตราส่วนยกกำลังสองแกนซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการหาความสัมพันธ์สำหรับฟังก์ชันยกกำลัง

หากมีสถิติที่ยาวพอ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอน (i ตัน/วัน) กับปริมาณการไหลของน้ำ ($m^3/ว$) จะใช้ได้ ซึ่งโดยปกติใช้สมการยกกำลัง:

$$Q_z = KQ_w^N$$

เมื่อ Q_z = อัตราการเคลื่อนย้ายตะกอน-ตัน/วัน

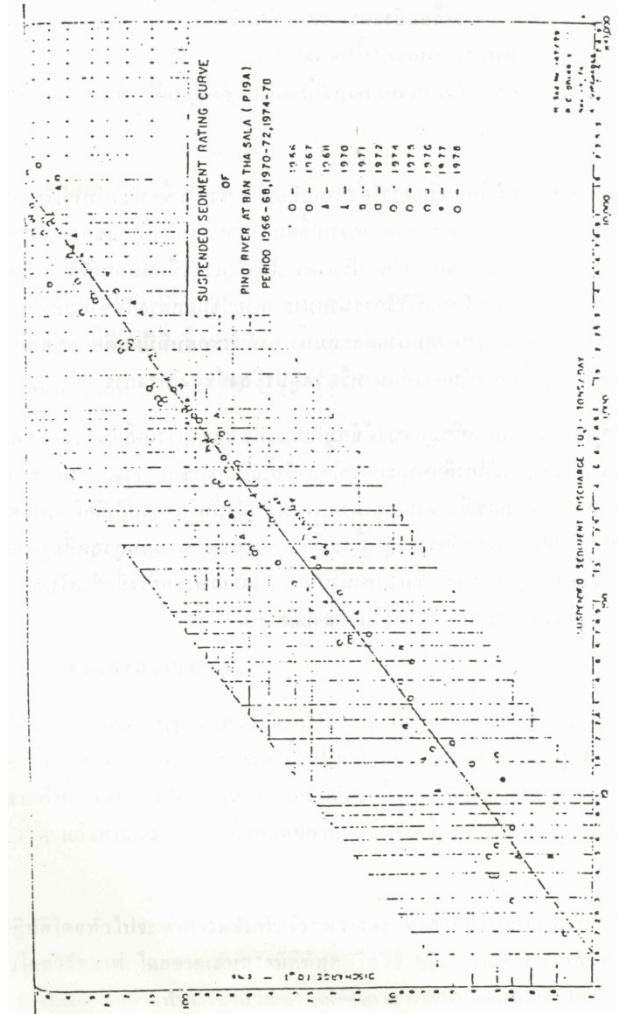
Q_w = ปริมาณการไหลของน้ำ - $m^3/ว$

K, N = ค่าคงที่ คำนวณโดยฟังก์ชันยกกำลังซึ่งเทียบกับเส้นตรงในมาตราส่วน log-log เส้นโค้งความสัมพันธ์นี้อาจเรียกว่าโค้งสอบเทียบ ซึ่งเป็นชื่อทั่วไปที่ใช้เรียกความสัมพันธ์

สองตัวแปร จากความสัมพันธ์นี้แสดงอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอนในเทอมของความเข้มข้นตะกอนอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอน น้ำหนัก หรือ ปริมาตร ในช่วงเวลาที่แน่นอนเป็น รายวัน รายเดือน หรือรายปี การแปลความหมายของข้อมูลมีวิธีการมากมายหลายวิธีแตกต่างกันจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของกลุ่มน้ำและ องค์ประกอบกลุ่มน้ำที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายตะกอนและที่สำคัญที่สุดคือวัตถุประสงค์ในการศึกษาหรือวัตถุประสงค์ของโครงการ

หลังจากการประมวลผลข้อมูลจนได้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการเคลื่อนย้ายตะกอนที่สถานีวิัดตะกอนพอเพียงแล้ว จะหยุดไม่ต้องศึกษาตะกอนที่สถานีนั่นเป็นการชั่วคราวจะกลับมาทำการศึกษานใหม่เฉพาะกรณีพิเศษ เช่น สำหรับกรณีระดับน้ำสูงมาก เท่านั้น ดังนั้นในทางปฏิบัติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรใดๆ จึงต้องการหาอัตราการเคลื่อนย้ายความเข้มข้นของตะกอนสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในลำน้ำ

นั้น โดยเฉพาะ และค่าสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในลำน้ำนั้นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับสถานีวัดตะกอนที่ตั้งอยู่ใกล้กันมาก ต้องเปรียบเทียบแล้วอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน



รูปที่ 2.8 การแสดงโค้งสอบเทียบตะกอนแขวนลอย

2.2 ตัวแบบการถดถอยพหุเชิงเส้น (Multiple Linear Regression Model)

2.2.1 รูปแบบการถดถอยพหุเชิงเส้น

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในกรณีตัวแปรมากกว่า 1 ตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยพหุเชิงเส้น โดยมีตัวแบบ ดังนี้คือ

สมการในรูปของประชากร	$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \cdots + \beta_p X_p + \varepsilon$
สมการในรูปของตัวอย่าง	$y = b_0 + b_1 x_1 + \cdots + b_p x_p + e$
สมการพยากรณ์	$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + \cdots + b_p x_p$

2.2.2 ข้อสมมติและข้อกำหนดเกี่ยวกับการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุเชิงเส้น

ข้อสมมติเกี่ยวกับคุณสมบัติของเส้นถดถอยหือตัวแบบจะมีส่วนที่คล้ายกันกับข้อสมมติของตัวแบบที่เป็นสมการเส้นตรงอย่างง่ายดังนี้

(1) การแจกแจงของค่าความคลาดเคลื่อน สำหรับทุกค่าสังเกต มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย 0 ความแปรปรวนคงที่ $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$

(2) ความคลาดเคลื่อนของแต่ละค่าสังเกตเป็นอิสระกัน หรือไม่มีความสัมพันธ์กันตามระยะเวลา (non-anon-auto correlation) หรือ ε_i เป็นอิสระจาก ε_j โดยที่ $i \neq j$ หรือ $\varepsilon_i \sim NID(0, \sigma^2)$

(3) ตัวแปรอิสระทุกตัวจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเอง ถ้าตัวแปรอิสระเกิดความสัมพันธ์กันเองในตัวแบบเดียวกันจะเรียกว่าเกิดปัญหา Multicollinearity ซึ่งจะส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่คำนวณได้จากตัวแบบมีความน่าเชื่อถือน้อยลง

(4) จำนวนตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์จะต้องมากกว่าจำนวนตัวแปรอิสระ

2.2.3 การพิจารณาความเหมาะสมของตัวแบบหรือสมการการถดถอย

(1) ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ R-square

สูตรในการคำนวณ R-square

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2} = r^2$$

สูตรในการคำนวณ Adjusted R-square

$$\bar{R}^2 = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p-1} \right) \frac{[\sum(\hat{y} - \bar{y})^2]}{\sum(y - \bar{y})^2}$$

ค่า R-square จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 ถ้าเข้าใกล้ 1 จะยิ่งดีนั่นหมายถึงค่า y ทุกตัวอยู่บนสมการพยากรณ์ หรือสมการสามารถอธิบายค่า y ได้ถึง 100%

(2) Akaike Information Criterion (AIC)

$$AIC = \ln(|\Sigma_u|) + \frac{2pK^2}{T}$$

โดยที่ p คือ จำนวน Lag

T คือ จำนวนตัวอย่าง (Observation)

K คือ จำนวนของสมการ

Σ_u คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนเชิงสุ่ม

(Covariance Matrix)

$|\Sigma_u|$ คือ Determinant ของเมทริกซ์ Σ_u
ในการเลือกตัวแบบที่ดีที่สุดเลือกจากค่า AIC ที่ต่ำที่สุด

2.3 การวิเคราะห์ความถดถอยไม่เชิงเส้น (Non-Linear Regression Analysis)

2.3.1 รูปแบบการถดถอยไม่เชิงเส้น²

การวิเคราะห์ความถดถอยที่ไม่ได้อยู่ในรูปเชิงเส้นนั้น บางประเภทของรูปแบบ nonlinear regression เป็นดังนี้

(a) Polynomials

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 + \dots + b_px^p + e$$

(b) Exponential forms

Exponential Growth

$$y = ae^{bx} + e$$

Monomolecular Growth

$$y = a - be^{-cx} + e$$

(b) Sigmoidal Curve

Logistic Growth

$$y = \frac{\alpha}{1 + \beta e^{-\gamma x}} + e$$

Compertz Growth

$$y = \alpha e^{-\beta e^{-\gamma x}} + e$$

Richards Growth

$$y = \alpha (1 + \kappa e^{-\gamma(x-\zeta)})^{-\frac{1}{\kappa}} + e \quad \kappa \neq 0$$

Generalized logistic curve

$$y = \begin{cases} \alpha \left(1 + \left[\left(\frac{\alpha}{l} \right)^\kappa - 1 \right] e^{-\gamma(x-x_0)\alpha^\kappa} \right)^{-\frac{1}{\kappa}} + e, & \kappa \neq 0 \\ \alpha \left(\frac{\alpha}{l} \right)^{e^{-\gamma(x-x_0)}} + e, & \kappa = 0 \end{cases}$$

2.3.2 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยไม่เชิงเส้น³

สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยไม่เชิงเส้นจะมีเงื่อนไขเกี่ยวกับค่าคลาดเคลื่อน (e) ดังนี้

- (1) ค่าคลาดเคลื่อน (e) ต้องมีการแจกแจงแบบปกติ หรือ $e \sim N(0, \sigma^2)$
- (2) ความแปรปรวน (σ^2) ต้องคงที่สำหรับแต่ละค่าของ X

² J.K. Linskey. Nonlinear Models in Medical Statistics.

³ กัลยา วาณิชย์บัญชา. การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วย SPSS for Windows.

แต่ละตัวแปรตาม Y สัมพันธ์ถึง β ในรูปไม่เชิงเส้น

2.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยไม่เชิงเส้น⁴

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ โดยการพล็อตกราฟความสัมพันธ์หรือ scatter plot หากพบว่าความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น ให้ใช้การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น หากพบว่าความสัมพันธ์อยู่ในรูปไม่เชิงเส้นให้ทำขั้นที่ 2 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบว่าฟังก์ชันแสดงความสัมพันธ์ไม่เชิงเส้นอยู่ในรูปแบบใด ในขั้นนี้ผู้วิเคราะห์ต้องมีประสบการณ์พอสมควร ในที่นี้ขอให้แสดงตัวอย่างฟังก์ชันไม่เชิงเส้นพร้อมทั้งกราฟโดยจะแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งจะแสดงต่อไปนี้

(1) งานด้านเกษตร การแพทย์ เกษศาสตร์ เคมี เป็นต้น ตัวอย่างสมการเป็นดังนี้

$$y = \frac{1}{(\beta_1 + \beta_2 X)^{-B_3}} + e \quad (1)$$

$$y = \frac{1}{(\beta_1 + \beta_2 X + 3X^2)} + e \quad (2)$$

$$y = \beta_1 \exp\{-e^{-(\beta_2 + \beta_3 X)}\} + e \quad (3)$$

(2) งานด้านชีววิทยา วิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ เคมี เป็นต้น ตัวอย่างสมการเป็นดังนี้

$$y = \beta_1 \exp\{-e^{-(\beta_2 + \beta_3 X)}\} + e \quad (4)$$

$$y = \frac{\beta_1}{1 + e^{-(\beta_2 + \beta_3 X)}} + e \quad (5)$$

$$y = \frac{\beta_1}{[1 + e^{-(\beta_2 + \beta_3 X)}] \beta_4} + e \quad (6)$$

(3) เมื่อตัวแปรตาม Y เพิ่มขึ้นในอัตราคงที่ ขณะที่ตัวแปรอิสระมีอัตราการเพิ่มขึ้นลดลง หรือ Y มีอัตราการลดลงคงที่ และ X มีอัตราการลดลงน้อยลงเรื่อยๆ

$$y = \beta_1 + \beta_2 e^{-\beta_3 x} + e \quad (7)$$

(4) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ R program

(5) แปลผลลัพธ์ที่ได้

⁴ กัลยา วาณิชย์บัญชา. การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วย SPSS for Windows.

บทที่ 3

ผลการติดตามการติดตาม

การสำรวจข้อมูลตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล

3.1 จำนวนสถานีตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชีมูล

ตั้งแต่ในอดีตจนกระทั่งปัจจุบันจำนวนสถานีทั้งหมดในลุ่มน้ำโขง ชี มูล รวมทั้งหมดมี 90 สถานี ลุ่มน้ำโขง จำนวน 21 สถานี ลุ่มน้ำชี จำนวน 28 สถานี และลุ่มน้ำมูล จำนวน 41 สถานี แต่ในแต่ละปี หลังจากนั้นมีการวางแผนในการสำรวจคงที่อยู่ที ลุ่มน้ำโขงจำนวน 11 สถานี คิดเป็นร้อยละ 52.38 ลุ่มน้ำชีจำนวน 11 สถานี คิดเป็นร้อยละ 39.28 และลุ่มน้ำมูลจำนวน 22 สถานี คิดเป็นร้อยละ 53.66 ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงรายชื่อสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขง ชี และมูลและรูปที่ 1-3 แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล

ตารางที่ 3.1 การแสดงรายชื่อสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล

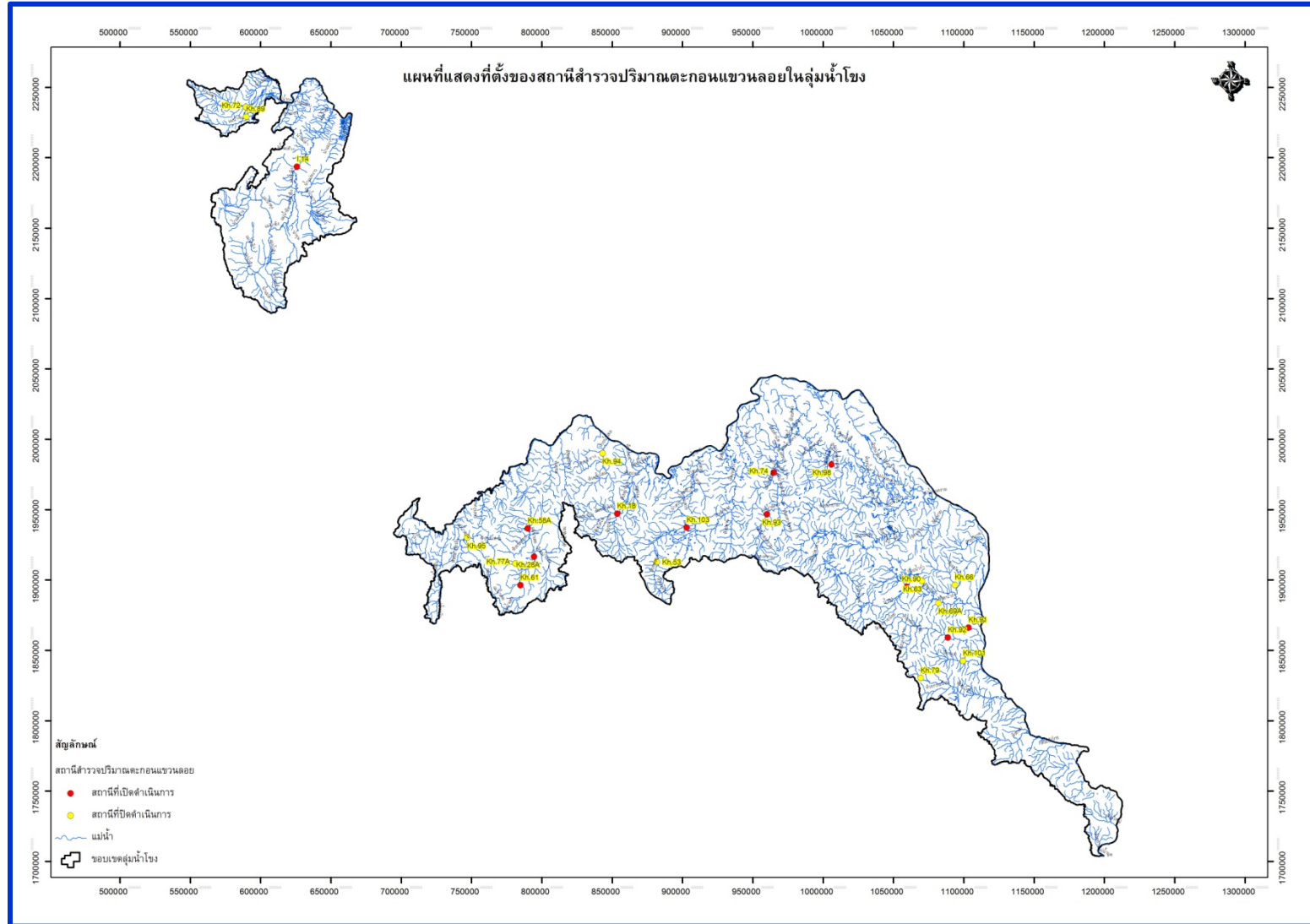
รหัส สถานี	ที่ตั้ง				พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
	ลำน้ำ	สถานที่	อำเภอ	จังหวัด	
KH.18	ห้วยโง	บ้านนาอ่าง	บ้านผือ	อุดรธานี	1,309.42
KH.28A	เลย	บ้านนาหลัก	วังสะพุง	เลย	1,271.44
KH.53	ห้วยหลวง	บ้านหนองวอซอ	หนองวอซอ	อุดรธานี	421.18
KH.58A	เลย	บ้านปากเลย	เมือง	เลย	3,092.77
KH.61	เลย	บ้านแก่งบง	ภูหลวง	เลย	548.58
KH.63	โขง	บ้านด่านเมืองขาม	โคกศรีสุพรรณ	สกลนคร	1,820.26
KH.66	โขง	บ้านดงไอน้ำ	นาแก	สกลนคร	411.00
KH.69A	โขง	บ้านหนองลาวทอง	นาแก	สกลนคร	2,288.45
KH.72	แม่คำ	บ้านแม่คำ	แม่จัน	เชียงราย	666.97
KH.77A	น้ำทบ	บ้านโคกโส	วังสะพุง	เลย	155.54
KH.79	ห้วยบังอี		หนองสูง	เชียงราย	103.83
KH.84	โขง	บ้านหนองอีตัง	คำชะอี	มุกดาหาร	48.00
KH.89	แม่จัน	บ้านหัวสะพาน	แม่จัน	เชียงราย	248.15
KH.90	น้ำพุง	บ้านตองโขบ	โคกศรีสุพรรณ	สกลนคร	861.33
KH.91	ห้วยชะโนด	บ้านดอนสวรรค์	ธาตุพนม	นครพนม	172.33
KH.92	ห้วยบางทราย	บ้านก้านหลวงตง	ดงหลวง	มุกดาหาร	1,118.98
KH.93	น้ำสงคราม	บ้านโคกกำไร	บ้านดุง	อุดรธานี	760.23
KH.94	โขง	บ้านวังลาว	นาูง	อุดรธานี	853.90
KH.95	น้ำลาน	ภูเรือ	ภูเรือ	เลย	351.51
KH.101	ห้วยมุก	บ้านแก่นเต่า	เมือง	มุกดาหาร	414.49
KH.103	ห้วยหลวง	บ้านโนนตม	เมือง	อุดรธานี	1,235.00

ตารางที่ 3.1 การแสดง รายชื่อสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล (ต่อ)

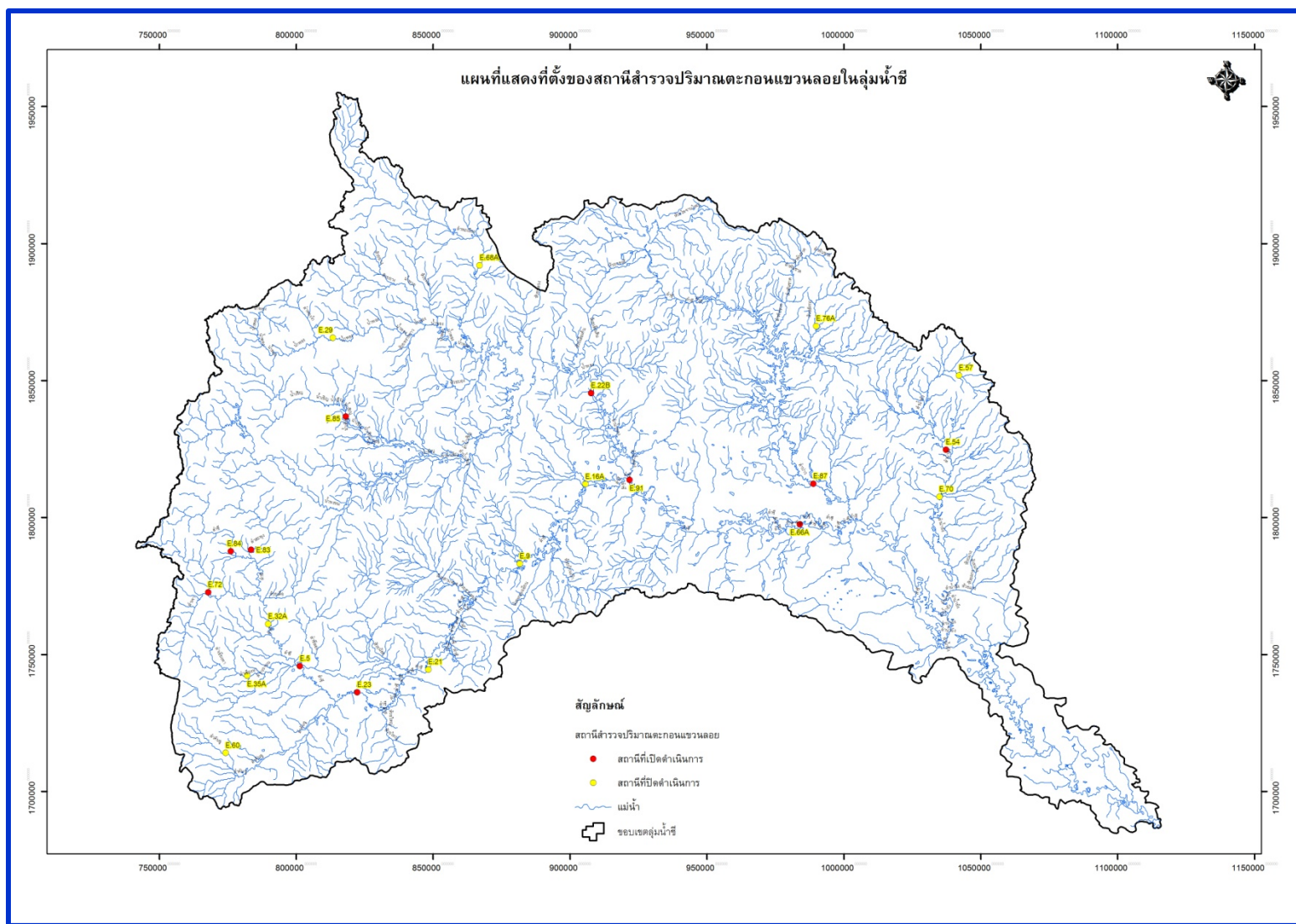
รหัส สถานี	ที่ตั้ง				พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
	ลำน้ำ	สถานที่	อำเภอ	จังหวัด	
E.5	ชี	บ้านโนนเปลือย	บ้านเขว้า	ชัยภูมิ	4,207.08
E.9	ชี	บ้านโจด	มัญจาคีรี	ขอนแก่น	10,878.23
E.16A	แม่น้ำชี	บ้านท่าพระ	เมือง	ขอนแก่น	13,572.01
E.21	ชี	บ้านแก่งโก	เมือง	ชัยภูมิ	8,777.37
E.22B	น้ำพอง	บ้านท่าเม่า	น้ำพอง	ขอนแก่น	13,637.74
E.23	ชี	บ้านไซ้	เมือง	ชัยภูมิ	6,282.27
E.29	น้ำพอง	บ้านผานกเค้า	ภูกระดึง	เลย	949.31
E.32A	ชี	บ้านหนองโอ	บ้านแซว	ชัยภูมิ	2,866.90
E.35A	ลำกระเจวน	บ้านทับใน	หนองบัวระเห	ชัยภูมิ	422.00
E.54	ชี	บ้านแก่งยาว	ภูฉินารายณ์	กาฬสินธุ์	1,547.61
E.57	ชี	บ้านกุดฉิมคุ้มใหม่	ค้อวัง	กาฬสินธุ์	103.09
E.60	ชี	บ้านโคกพนัส	บำเหน็จณรงค์	ชัยภูมิ	205.00
E.65	ลำปาว	บ้านท่าไฮ	ศรีธาตุ	อุดรธานี	2,148.81
E.66A	ชี	บ้านม่วงลาด	จังหาร	ร้อยเอ็ด	31,879.44
E.68A	ลำพะเนียง	บ้านซ้องโป้	เมือง	หนองบัวลำภู	1,363.66
E.70	น้ำยัง	บ้านกุดกว้าง	โพนทอง	ร้อยเอ็ด	2,646.72
E.72	ลำเจียก	บ้านเชียง	ภักดีชุมพล	ชัยภูมิ	322.69
E.76A	ห้วยสังกะ	บ้านฝน	คำม่วง	กาฬสินธุ์	194.62
E.83	ลำสะพุง	บ้านนาเจริญ	หนองบัวแดง	ชัยภูมิ	744.00
E.84	แม่น้ำชี	บ้านนางแดดบุง	หนองบัวแดง	ชัยภูมิ	508.00
E.85	น้ำเชิญ	บ้านโนนหัน	ชุมแพ	ขอนแก่น	1,218.00
E.86	ลำพันขาด	บ้านคำไฮ	วังสามหมอ	อุดรธานี	93.00
E.88	ห้วยมูล	บ้านดงสวรรค์	ท่าคันโท	กาฬสินธุ์	91.00
E.89	ห้วยลำหนองแสง	บ้านหนองริวหน้าง	หนองกุงศรี	กาฬสินธุ์	167.00
E.90	ห้วยสังเคียบ	บ้านโนนยางเหนือ	คำม่วง	กาฬสินธุ์	321.00
E.91	ชี	บ้านหนองขวาน	โกสุมพิสัย	มหาสารคาม	29,265.00
E.92	น้ำยัง	บ้านท่างาม	เสลภูมิ	ร้อยเอ็ด	3,359.00
M.2A	มูล	บ้านด่านตะกา	เฉลิมพระเกียรติ	นครราชสีมา	4,723.90
M.5	มูล	บ้านเมืองคง	ราชสีไศล	ศรีสะเกษ	45,294.74
M.6A	มูล	บ้านสะตึก	สะตึก	บุรีรัมย์	28,458.02
M.7	มูล	สะพานเสรีประชาธิปไตย	เมือง	อุบลราชธานี	107,345.04
M.9	ห้วยสำราญ	บ้านหนองหญ้าปล้อง	เมือง	ศรีสะเกษ	2,988.39
M.26	ลำชี	บ้านลำชี	เมือง	สุรินทร์	3,057.76
M.32	ลำเขบาย	บ้านเชียงเพ็ง	ป่าดัว	ยโสธร	1,645.78
M.42	ห้วยทับทัน	บ้านห้วยทับทัน	อุทุมพรพิสัย	ศรีสะเกษ	2,832.03

ตารางที่ 3.1 การแสดง รายชื่อสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขง ชี และมูล (ต่อ)

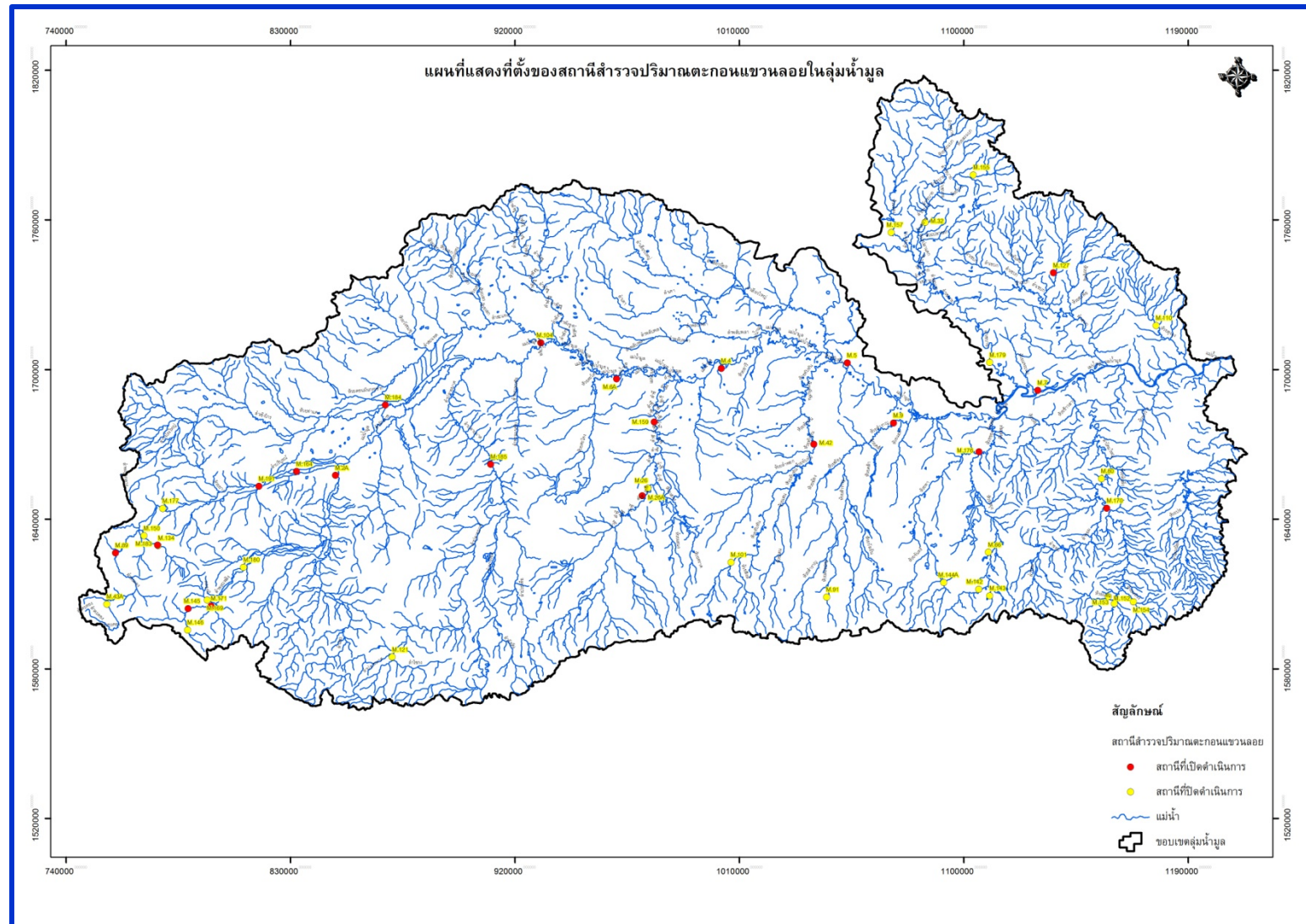
รหัส สถานี	ที่ตั้ง				พื้นที่ลุ่มน้ำ (ตร.กม.)
	ลำน้ำ	สถานที่	อำเภอ	จังหวัด	
M.43A	ลำตะคอง	บ้านท่ามะปราง	ปากช่อง	นครราชสีมา	152.96
M.66	ห้วยชะยุ้ง	บ้านวังชมภู	กันทรลักษณ์	ศรีสะเกษ	561.86
M.80	มูล	บ้านเมืองเดช	เดชอุดม	อุบลราชธานี	3,363.00
M.89	ลำตะคอง	สถานีวัดหิน-เซรัมย์	ปากช่อง	นครราชสีมา	712.84
M.91	ห้วยสำราญ	บ้านไทยถาวร	ภูสิงห์	ศรีสะเกษ	140.57
M.98	ห้วยทา	บ้านพยุห์	พยุห์	ศรีสะเกษ	1,149.95
M.101	มูล	บ้านแยง	สังขะ	สุรินทร์	390.00
M.110	ห้วยตุงลุง	บ้านดอนใหญ่ใต้	ศรีเมืองใหม่	อุบลราชธานี	570.12
M.121	มูล	บ้านโนนสมบูรณ์	เสิงสาง	นครราชสีมา	487.00
M.127	ห้วยตาเหียว	บ้านนาไฮ	ตระการพืชผล	อุบลราชธานี	424.36
M.134	ลำตะคอง	บ้านแก่งหินเพลิง	ปากช่อง	นครราชสีมา	250.10
M.142	มูล	บ้านดอนเอ้	กันทรลักษณ์	ศรีสะเกษ	240.99
M.143	ห้วยสังกต	บ้านหนองใหญ่	กันทรลักษณ์	ศรีสะเกษ	46.53
M.144A	มูล		ขุนหาญ	ศรีสะเกษ	168.51
M.145	ลำพระเพลิง	บ้านวังตาเกียน	ปากช่อง	นครราชสีมา	335.12
M.146	มูล	บ้านท่าวังไทร	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	82.00
M.150	มูล	บ้านห้วยหินราบ	ปากช่อง	นครราชสีมา	175.00
M.152	ห้วยบอน	บ้านโพธิ์ทองน้อย	น้ำยืน	อุบลราชธานี	214.37
M.153	ลำโดมใหญ่	บ้านกุดเชียงหมน	น้ำยืน	อุบลราชธานี	372.52
M.154	ห้วยหลวง	บ้านนาจะหลวย	นาจะหลวย	อุบลราชธานี	210.41
M.155	ห้วยละเือง	บ้านนาฝื่อ	เมือง	อำนาจเจริญ	219.35
M.157	ห้วยโง	บ้านนิคม	ป่าติ้ว	ยโสธร	729.28
M.159	ลำชี	บ้านลำดิน	จอมพระ	สุรินทร์	4,806.00
M.164	ลำตะคอง	ตำบลในเมือง	เมือง	นครราชสีมา	3,013.00
M.169	คลองกี้	บ้านคลองดินดำ	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	134.03
M.170	ลำโดมใหญ่	บ้านตำสำราญ	เดชอุดม	อุบลราชธานี	1,745.25
M.171	ลำพระเพลิง	บ้านโนนสาวเอ้	วังน้ำเขียว	นครราชสีมา	147.56
M.176	ห้วยชะยุ้ง	บ้านโนนศรีโค	กันทรารมย์	ศรีสะเกษ	3,131.29
M.177	ลำตะคอง	สะพานวอยาจน์	สีคิ้ว	นครราชสีมา	1,519.01
M.179	ลำเซบาย	บ้านท่าวารี	เขื่องใน	อุบลราชธานี	3,880.53
M.180	ลำพระเพลิง	บ้านท่าเยี่ยม	ปักธงชัย	นครราชสีมา	863.78
M.183	ห้วยหินลับ	บ้านคลองหินลับ	ปากช่อง	นครราชสีมา	250.00
M.187	ห้วยเสนง	ใกล้สถานีประมงน้ำจืด	เมือง	สุรินทร์	614.00



รูปที่ 3.1 การแสดงที่ตั้งของสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงของประเทศไทย (ที่มา:กลุ่มงานตะกอนและคุณภาพน้ำ(กรมชลประทาน))



รูปที่ 3.2 การแสดงที่ตั้งของสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำชีของประเทศไทย (ที่มา:กลุ่มงานตะกอนและคุณภาพน้ำ(กรมชลประทาน))

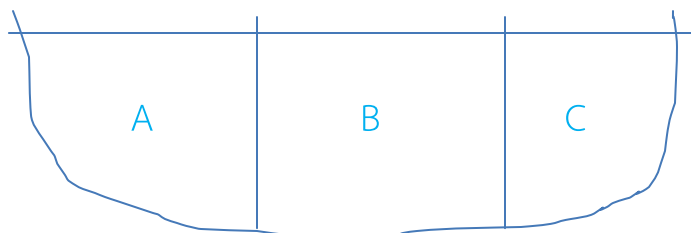


รูปที่ 3.3 การแสดงที่ตั้งของสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำมูลของประเทศไทย (ที่มา: กลุ่มงานตะกอนและคุณภาพน้ำ (กรมชลประทาน))

3.2 การสำรวจตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขงสีมุล ปี 2555

ขั้นตอนในการสำรวจปริมาณตะกอน

(1) แบ่งรูปตัดลำน้ำออกเป็น 3 ส่วนคือ A B และ C ดังรูป



(2) ตรวจวัดปริมาณตะกอนในลำน้ำในส่วน A B และ C ดังรูป ซึ่งหน่วยที่วัดเป็น มิลลิกรัม/ลิตร (ppm) นำค่าที่ตรวจวัดได้ทั้ง 3 ส่วนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อเป็นตัวแทนปริมาณตะกอน

กำหนดให้ S_A หมายถึง Sediment Concentration ใน section A มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

กำหนดให้ S_B หมายถึง Sediment Concentration ใน section B มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

กำหนดให้ S_C หมายถึง Sediment Concentration ใน section C มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

กำหนดให้ S หมายถึง ค่าเฉลี่ย Sediment Concentration ทั้ง 3 section มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

(3) วัดอัตราการไหลของน้ำ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (cms) แปลงให้เป็น ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยคำนวณจาก 1 วันมี 24 ชั่วโมง 1 ชั่วโมงมี 60 นาที 1 นาทีมี 60 วินาที ดังนี้

$$\frac{\text{ลูกบาศก์เมตรวินาที}}{(cms)} \times \frac{24 \times 60 \times 60}{1,000,000} = \text{ล้านลูกบาศก์เมตร}(mcm) = 10^6 \times m^3$$

กำหนดให้ Q หมายถึง ปริมาณน้ำรายวัน

(4) คำนวณหาปริมาณตะกอนรายวันโดย คำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{Suspended Sediment} = S \times Q$$

หน่วยที่ได้จะเป็น ตัน ดังนี้

$$\text{ล้านลูกบาศก์เมตร}(mcm) \times \frac{\text{มิลลิกรัม/ลิตร}}{m^3} = 10^6 \times m^3 \times \frac{\text{กรัม}}{m^3} = 10^6 \text{ กรัม} = 1 \text{ ตัน}$$

เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจและคนที่ใช้ในการสำรวจในปี 2555

ชื่อผู้สำรวจ	จำนวนสถานีสำรวจ	เครื่องมือที่ใช้	สังกัด
นายเรวัฒน์ ฤทธิธูธ	2	USD-49	ศอน.3
นายจรัส ฤทธิดำ	3	USD-49	ศอน.3
นายอรชุน ชมภูพาน	3	USD-49	ศอน.3
นายสังคม พหลทัพ	3	USD-49	ศอน.3
นายกิตติพงษ์ พยาวัง	2	USD-49,USDH.49	ศอน.3
นายอิทธิพล โพธิ์ศรี	3	USD-49	ศอน.3
นายดิตรติ แสนบุษผา	3	USD-49	ศอน.3
นายลักษณะเทพ ทุมกิจจะ	3	USD-49	ศอน.3
นายศิริ จันทรพะกา	3	US-DH-48,49	ศอน.4
นายบุญมี สังตะคุ	1	US-DH-49	ศอน.4
นายณัฐพล สีกระแจะ	4	US-DH-48,49	ศอน.4
นายสุวัฒน์ จันสว่าง	5	US-DH-48,49	ศอน.4
นายไกรเทพ ยั่งยืน	4	US-DH-48,49	ศอน.4
นายพงษ์สรรพ์ วรฉัตร	3	US-DH-48,49	ศอน.4
นายเกษม เนื้อทอง	2	US-DH-59	ศอน.4

จะเห็นได้ว่าเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ มี 3 รุ่น คือ USD-49 , USDH-48 และ USDH-49 รูปที่ 2.4 และ 2.5



รูปที่ 3.4 การแสดงการเก็บข้อมูลตะกอนใน แม่น้ำโคโลราโด น้อย 1 กิโลเมตรจากต้นแม่น้ำโคโลราโด แกรนด์แคนยอน รัฐอริโซนา สหรัฐอเมริกา Credit: [USGS](#)

ผลการสำรวจปริมาณตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขงซิมูลในปี 2512 พบว่า สมการที่ได้โดยส่วนใหญ่แล้วมีค่า R-square สูงกว่า 0.5 มีเพียง 3 สถานีคือ E.22B E.87 และ Kh.74 ที่มีค่า R-square ต่ำกว่า 0.50 และมี 9 สถานีที่มีค่า R-square สูงกว่า 0.9 คือ สถานี E.66A E.91 Kh.28A Kh.61 Kh.61 M.110 M.159 M.170 และ M.176

รายละเอียดเป็นดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การแสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนและอัตราการไหลในกลุ่มน้ำโขงซิมูลปี 2555

CODE	No. Of Samples			EQUATION	R-Square	b	Log (a)
	Good	N/A	Total				
E.5	12	0	12	$Y=2.4755X^{1.1689}$	0.8843	1.1689	0.3937
E.22B	12	0	12	$Y=5.7941X^{0.7671}$	0.3240	0.7671	0.7630
E.23	13	0	13	$Y=6.5181X^{0.8852}$	0.7862	0.8852	0.8141
E.54	11	0	11	$Y=4.0064X^{1.0517}$	0.7068	1.0517	0.6028
E.66A	16	0	16	$Y= 4.2159X^{1.2191}$	0.9262	1.2159	0.6249
E.72	20	0	20	$Y=4.748X^{1.3015}$	0.8022	1.3015	0.6765
E.83	20	0	20	$Y=3.8365X^{1.1546}$	0.8086	1.1546	0.5839
E.84	20	0	20	$Y=6.0956X^{1.1452}$	0.7967	1.1452	0.7850
E.85	12	0	12	$Y= 3.343X^{1.5446}$	0.8433	1.5446	0.5241
E.87	16	0	16	$Y= 12.802X^{0.7723}$	0.3549	0.7723	1.1073
E.91	12	0	12	$Y= 2.1628X^{1.2449}$	0.9270	1.2449	0.3350
KH.18	8	0	8	$Y= 6.9291X^{0.9954}$	0.7834	0.9954	0.8407
KH28A	12	0	12	$Y= 1.0818X^{1.735}$	0.9314	1.7350	0.0341
KH58A	16	0	16	$Y=1.2415X^{1.5982}$	0.9319	1.5982	0.0939
KH.61	14	0	14	$Y=1.89X^{1.7963}$	0.9613	1.7963	0.2765
KH.74	16	0	16	$Y= 1.6061X^{1.2261}$	0.4605	1.2261	0.2058
KH.90	20	0	20	$Y= 3.0466X^{1.2987}$	0.8471	1.2987	0.4838

ตารางที่ 3.2 การแสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนและอัตราการไหลในกลุ่มน้ำโขงสี
มูลปี 2555(ต่อ)

CODE	No. Of Samples			EQUATION	R-Square	b	Log (a)
	Good	N/A	Total				
KH.91	20	0	20	$Y = 2.2193X^{1.6156}$	0.8825	1.6156	0.3462
KH.92	20	0	20	$Y = 1.322X^{1.5477}$	0.8866	1.5477	0.1212
KH.93	14	0	14	$Y = 5.5282X^{0.8509}$	0.7667	0.8509	0.7426
KH.98	20	0	20	$Y = 5.4033X^{0.955}$	0.8472	0.9550	0.7327
KH.103	28	0	28	$Y = 5.7927X^{1.082}$	0.8856	1.0820	0.7629
M.2A	24	0	24	$Y = 4.7903X^{1.0932}$	0.8934	1.0932	0.6804
M.4	21	0	21	$Y = 2.9924X^{1.1281}$	0.7834	1.1281	0.4760
M.5	36	0	36	$Y = 11.942X^{0.8624}$	0.8960	0.8624	1.0771
M.6A	16	0	16	$Y = 6.1959X^{1.0224}$	0.8961	1.0224	0.7921
M.7	30	0	30	$Y = 1.4132X^{1.2342}$	0.8722	1.2342	0.1502
M.9	40	0	40	$Y = 5.0756X^{0.9440}$	0.9669	0.9440	0.7055
M.26A	33	0	33	$Y = 1.6385X^{1.2901}$	0.6101	1.2901	0.2144
M.42	21	0	21	$Y = 0.7703X^{1.4134}$	0.8325	1.4134	-0.1133
M.89	33	0	33	$Y = 0.7410X^{1.9464}$	0.8079	1.9464	-0.1302
M.110	23	0	23	$Y = 1.6609X^{1.3203}$	0.9053	1.3203	0.2203
M.127	24	0	24	$Y = 6.3631X^{1.0783}$	0.7744	1.0783	0.8037
M.145	46	0	46	$Y = 11.693X^{1.5020}$	0.8264	1.5020	1.0679
M.159	20	0	20	$Y = 3.5595X^{1.0193}$	0.9319	1.0193	0.5514
M.164	24	0	24	$Y = 1.3642X^{1.2290}$	0.7553	1.2290	0.1349
M.170	34	0	34	$Y = 3.5761X^{1.0534}$	0.9269	1.0534	0.5534
M.171	41	0	41	$Y = 11.830X^{1.2234}$	0.8520	1.2234	1.0730

ตารางที่ 3.2 การแสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนและอัตราการไหลในลุ่มน้ำโขงซี มูลปี 2555(ต่อ)

CODE	No. Of Samples			EQUATION	R-Square	b	Log (a)
	Good	N/A	Total				
M.176	44	0	44	$Y = 6.9926x^{0.9308}$	0.9374	0.9308	0.8446
M.177	30	0	30	$Y = 3.5770x^{0.9974}$	0.7588	0.9974	0.5535
M.183	29	0	29	$Y = 6.8468x^{1.4093}$	0.7936	1.4093	0.8355
M.184	18	0	18	$Y = 6.0192x^{0.7089}$	0.4157	0.7089	0.7795
M.185	12	0	12	$Y = 5.2678x^{0.7957}$	0.8451	0.7957	0.7216

3.3 การติดตามผลการสำรวจตะกอนแขวนลอยตามคำสั่งปีน้ำ 2546-2555 ในลุ่มน้ำโขงซีมูล

การติดตามการสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงซีมูล ตามคำสั่งปีน้ำ 2546-2555 พบว่า สัดส่วนระหว่างจำนวนสถานีตะกอนกับสถานีน้ำทำยังอยู่ในระดับที่ต่ำ คือ ในลุ่มน้ำโขงจำนวนสถานี ตะกอนคิดเป็นร้อยละ 23.86 ของสถานีน้ำท่า ลุ่มน้ำชีร้อยละ 32.18 และลุ่มน้ำมูลร้อยละ 27.7ในแต่ละปี ตามคำสั่งปีน้ำในลุ่มน้ำโขง ซี มูล ไม่สามารถสำรวจให้ครบตามจำนวนที่ตั้งไว้ในคำสั่งปีน้ำ โดยลุ่มน้ำโขง เฉลี่ยแล้วไม่เป็นไปตามคำสั่งปีน้ำ 0.4 สถานี/ปี ลุ่มน้ำชี 2.0 สถานีต่อปี และลุ่มน้ำมูล 2.4 สถานีต่อปี ซึ่ง เฉลี่ยเป็นตัวแทนแล้วไม่สามารถดำเนินงานไปตามเป้าหมายเฉลี่ยแล้วในลุ่มน้ำโขงคิดเป็น 11,120 บาท/ปี ลุ่มน้ำชี 55,600 บาท/ปี และลุ่มน้ำมูล 66,720 บาท/ปี

รายละเอียดดังตารางที่ 3.3-3.5

ตารางที่ 3.3 การแสดงเปรียบเทียบจำนวนสถานีในลุ่มน้ำโขงซีมูลตามคำสั่งปีน้ำ 2546-2555

ปี	รายการ	โขง	ชี	มูล
	จำนวนสถานีน้ำท่าทั้งหมด(ปี 2546)	88	87	148
	จำนวนตะกอนทั้งหมด(ปี 2546)	21	28	41
	ร้อยละสถานีตะกอนเทียบกับน้ำท่า	23.86	32.18	27.70
2546	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	12	10	25
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	333,600	278,000	695,000
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	11	8	22
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	91.67	80	88

ตารางที่ 3.3 การแสดงเปรียบเทียบจำนวนสถานีในกลุ่มน้ำโขงข้อมูลตามคำสั่งปีน้ำ 2546-2555(ต่อ)

ปี	รายการ	โขง	ชี	มูล
2547	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	11	11	25
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	305,800	305,800	695,000
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	9	9	23
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	81.82	81.82	92
2548	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	11	11	25
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	305,800	305,800	695,000
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	11	10	21
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	100	90.91	84
2549	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	11	11	25
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	305,800	305,800	695,000
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	11	9	22
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	100	81.82	88
2550	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	9	11	25
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	250,200	305,800	695,000
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	9	10	24
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	100	90.91	96
2551	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	8	16	20
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	222,400	444,800	556,000
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	8	13	19
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	100	81.25	95
2552	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	8	14	23
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	222,400	389,200	639,400
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	7	11	21
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	87.5	78.57	91.3
2553	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	8	14	23
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	222,400	389,200	639,400
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	8	12	19
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	100	85.71	82.61
2554	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	8	14	23
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	222,400	389,200	639,400
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	8	10	20
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	100	71.43	86.96

ตารางที่ 3.3 การแสดงเปรียบเทียบจำนวนสถานีในกลุ่มน้ำโขงข้อมูลตามคำสั่งปีน้ำ 2546-2555(ต่อ)

ปี	รายการ	โขง	ชี	มูล
2555	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	11	11	22
	งบประมาณที่ได้รับ(27,800บ./สถานี)	305,800	305,800	611,600
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	11	11	21
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	100	100	95.45
รวม	จำนวนสถานีตะกอนตามคำสั่งปีน้ำ	97	123	236
	จำนวนสถานีที่มีได้ผลการตรวจวัด	93	103	212
	ร้อยละผลเทียบกับคำสั่ง	95.88	83.74	89.83
	งบประมาณที่ได้รับ ปี 2546-2555	2,696,600	3,419,400	6,560,800
	งบประมาณที่เป็นผลสัมฤทธิ์ ปี 2546-2555	2,585,400	2,863,400	5,893,600
	งบประมาณที่ไม่เป็นผลสัมฤทธิ์ปี 2546-2555	111,200	556,000	667,200

ตารางที่ 3.4การแสดงผลการเปรียบเทียบสถานีสำรวจตะกอนตามคำสั่งปีน้ำกับสถานีสำรวจจริงตั้งแต่ปี 2546-2555 ในลุ่มน้ำโขงและชี

สถานีปี 2546		สถานีปี 2547		สถานีปี 2548		สถานีปี 2549		สถานีปี 2550		สถานีปี 2551		สถานีปี 2552		สถานีปี 2553		สถานีปี 2554		สถานีปี 2555	
ตาม คำสั่ง	สำรวจจริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจจริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง
E.1	NODATA	E.1	NODATA	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5	E.5
E.5	E.5	E.5	E.5	E.6C	E.6C	E.21	E.21	E.22B	NODATA	E.22B	NODATA	E.22B	E.22B	E.22B	E.22B	E.22B	E.22B	E.22B	E.22B
E.6C	E.6C	E.6C	E.6C	E.21	E.21	E.22B	E.22B	E.23	E.23	E.23	E.23	E.23	E.23	E.23	E.23	E.23	E.23	E.23	E.23
E.21	E.21	E.21	E.21	E.22B	E.22B	E.23	E.23	E.54	E.54	E.54	E.54	E.54	E.54	E.54	E.54	E.54	E.54	E.54	E.54
E.23	E.23	E.22B	E.22B	E.23	E.23	E.66A	E.66A	E.66A	E.66A	E.65	E.65	E.65	E.65	E.65	E.65	E.65	NODATA	E.66A	E.66A
E.57	E.57	E.23	E.23	E.66A	E.66A	E.68A	E.68A	E.70	E.70	E.66A	E.66A	E.66A	E.66A	E.66A	E.66A	E.66A	E.66A	E.72	E.72
E.65	NODATA	E.66A	E.66A	E.68A	E.68A	E.70	NODATA	E.72	E.72	E.72	E.72	E.72	E.72	E.72	E.72	E.72	E.72	E.83	E.83
E.68A	E.68A	E.68A	E.68A	E.70	E.70	E.83	E.83	E.83	E.83	E.83	E.83	E.83	E.83	E.83	E.83	E.83	E.83	E.84	E.84
E.70	E.70	E.70	E.70	E.83	E.83	E.84	E.84	E.84	E.84	E.84	E.84	E.84	E.84	E.84	E.84	E.84	E.84	E.85	E.85
E.76A	NODATA	E.83	NODATA	E.84	E.84	E.85	E.85	E.85	NODATA	E.85	NODATA	E.85	NODATA	E.85	NODATA	E.85	NODATA	E.87	E.87
Kh.18	Kh.18	E.84	NODATA	E.91	E.91	E.91	NODATA	E.87	NODATA	E.86	E.86	E.86	NODATA	E.86	E.86	E.86	E.86	E.91	E.91
Kh.28A	Kh.28A	Kh.18	Kh.18	Kh.18	Kh.18	Kh.18	Kh.18	E.91	E.91	E.87	NODATA	E.87	NODATA	E.87	NODATA	E.87	NODATA	Kh.18	Kh.19
Kh.58A	Kh.58A	Kh.28A	Kh.28A	Kh.28A	Kh.28A	Kh.28A	Kh.28A	E.92	E.92	E.88	E.88	E.90	E.90	E.90	E.90	E.90	NODATA	Kh.28A	Kh.28A
Kh.61	Kh.61	Kh.58A	Kh.58A	Kh.58A	Kh.58A	Kh.58A	Kh.58A	Kh.18	Kh.18	E.89	E.89	E.91	E.91	E.91	E.91	E.91	E.91	Kh.58A	Kh.58A
Kh.63	Kh.63	Kh.61	Kh.61	Kh.61	Kh.61	Kh.61	Kh.61	Kh.28A	Kh.28A	E.90	E.90	Kh.18	NODATA	Kh.18	Kh.18	Kh.18	Kh.18	Kh.61	Kh.61
Kh.69A	Kh.69A	Kh.90	Kh.90	Kh.90	Kh.90	Kh.90	Kh.90	Kh.58A	Kh.58A	E.91	E.91	Kh.28A	Kh.28A	Kh.28A	Kh.28A	Kh.28A	Kh.28A	Kh.74	Kh.74
Kh.90	Kh.90	Kh.91	Kh.91	Kh.91	Kh.91	Kh.91	Kh.91	Kh.61	Kh.61	Kh.18	Kh.18	Kh.58A	Kh.58A	Kh.58A	Kh.58A	Kh.58A	Kh.58A	Kh.90	Kh.90
Kh.91	Kh.91	Kh.92	Kh.92	Kh.92	Kh.92	Kh.92	Kh.92	Kh.90	Kh.90	Kh.28A	Kh.28A	Kh.61	Kh.61	Kh.61	Kh.61	Kh.61	Kh.61	Kh.91	Kh.91
Kh.92	Kh.92	Kh.93	NODATA	Kh.93	NODATA	Kh.93	Kh.93	Kh.91	Kh.91	Kh.58A	Kh.58A	Kh.90	Kh.90	Kh.90	Kh.90	Kh.90	Kh.90	Kh.92	Kh.92
Kh.93	NODATA	Kh.94	Kh.94	Kh.94	Kh.94	Kh.94	Kh.94	Kh.92	Kh.92	Kh.61	Kh.61	Kh.91	Kh.91	Kh.91	Kh.91	Kh.91	Kh.91	Kh.93	Kh.93
Kh.94	Kh.94	Kh.95	NODATA	Kh.95	Kh.95	Kh.95	Kh.95	Kh.95	Kh.95	Kh.90	Kh.90	Kh.92	Kh.92	Kh.92	Kh.92	Kh.92	Kh.92	Kh.98	Kh.98
Kh.101	Kh.101	Kh.101	Kh.101	Kh.101	Kh.101	Kh.101	Kh.101	Kh.103	Kh.103	Kh.91	Kh.91	Kh.103	Kh.103	Kh.103	Kh.103	Kh.103	Kh.103	Kh.103	Kh.103
										Kh.92	Kh.92								
										Kh.103	Kh.103								
Nodata=4		Nodata=5		Nodata=0		Nodata=2		Nodata=3		Nodata=3		Nodata=3		Nodata=2		Nodata=4		Nodata=0	

ตารางที่ 3.5การแสดงผลการเปรียบเทียบสถานีสำรวจตะกอนตามคำสั่งปีน้ำกับสถานีสำรวจจริงตั้งแต่ปี 2546-2555 ในลุ่มน้ำมูล

สถานีปี 2546		สถานีปี 2547		สถานีปี 2548		สถานีปี 2549		สถานีปี 2550		สถานีปี 2551		สถานีปี 2552		สถานีปี 2553		สถานีปี 2554		สถานีปี 2555	
ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง	ตาม คำสั่ง	สำรวจ จริง
M.5	M.5	M.5	M.5	M.2A	NODATA	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A	M.2A
M.9	M.9	M.9	M.9	M.5	M.5	M.5	M.5	M.5	M.5	M.5	M.5	M.5	M.5	M.5	M.5	M.4	M.4	M.4	M.4
M.26	M.26	M.26	M.26	M.9	M.9	M.6A	M.6A	M.6A	M.6A	M.6A	M.6A	M.6A	M.6A	M.6A	M.6A	M.5	M.5	M.5	M.5
M.42	M.42	M.42	M.42	M.26	M.26	M.9	M.9	M.9	M.9	M.9	M.9	M.9	M.9	M.7	M.7	M.6A	M.6A	M.6A	M.6A
M.66	M.66	M.66	M.66	M.32	M.32	M.26	M.26	M.26	M.26	M.26	M.26	M.26	M.26	M.9	M.9	M.7	M.7	M.7	M.7
M.69	NODATA	M.69	NODATA	M.42	M.42	M.32	M.32	M.32	M.32	M.32	M.32	M.32	NODATA	M.26A	M.26A	M.9	M.9	M.9	M.9
M.89	M.89	M.89	M.89	M.66	M.66	M.42	M.42	M.42	M.42	M.42	M.42	M.42	M.42	M.32	M.32	M.26A	NODATA	M.26A	M.26A
M.91	M.91	M.91	M.91	M.69	NODATA	M.66	M.66	M.66	M.66	M.66	M.66	M.66	M.66	M.42	M.42	M.32	M.32	M.42	M.42
M.110	M.110	M.110	M.110	M.91	M.91	M.89	NODATA	M.89	M.89	M.89	M.89	M.89	M.89	M.66	M.66	M.42	M.42	M.89	M.89
M.127	M.127	M.127	M.127	M.98	NODATA	M.91	M.91	M.91	M.91	M.91	M.91	M.91	M.91	M.89	M.89	M.89	M.89	M.110	M.110
M.134	M.134	M.134	M.134	M.104	NODATA	M.98	NODATA	M.98	M.98	M.110	M.110	M.110	M.110	M.91	M.91	M.110	M.110	M.127	M.127
M.142	M.142	M.142	M.142	M.110	M.110	M.110	M.110	M.110	M.110	M.127	M.127	M.127	M.127	M.110	M.110	M.127	M.127	M.154	M.145
M.143	NODATA	M.143	NODATA	M.127	M.127	M.127	M.127	M.127	M.127	M.153	M.153	M.153	M.153	M.127	M.127	M.154	NODATA	M.159	M.159
M.152	M.152	M.152	M.152	M.134	M.134	M.134	M.134	M.152	M.152	M.154	M.154	M.154	M.154	M.154	NODATA	M.159	M.159	M.164	M.164
M.153	M.153	M.153	M.153	M.152	M.152	M.152	M.152	M.153	M.153	M.159	M.159	M.159	M.159	M.159	M.159	M.164	M.164	M.170	M.170
M.154	M.154	M.154	M.154	M.153	M.153	M.153	M.153	M.154	M.154	M.170	M.170	M.164	M.164	M.160	M.160	M.170	M.170	M.171	M.171
M.155	M.155	M.155	M.155	M.154	M.154	M.154	M.154	M.157	NODATA	M.171	M.171	M.170	M.170	M.164	M.164	M.171	M.171	M.176	M.176
M.157	M.157	M.157	M.157	M.157	M.157	M.157	NODATA	M.159	M.159	M.176	NODATA	M.171	M.171	M.170	M.170	M.176	M.176	M.177	M.177
M.169	M.169	M.169	M.169	M.159	M.159	M.159	M.159	M.170	M.170	M.177	M.177	M.176	M.176	M.171	M.171	M.177	NODATA	M.183	M.183
M.170	M.170	M.170	M.170	M.170	M.170	M.170	M.170	M.171	M.171	M.183	M.183	M.177	M.177	M.176	NODATA	M.183	M.183	M.184	M.184
M.171	M.171	M.171	M.171	M.171	M.171	M.171	M.171	M.176	M.176			M.183	M.183	M.183	NODATA	M.184	M.184	M.185	M.185
M.176	M.176	M.176	M.176	M.176	M.176	M.176	M.176	M.177	M.177			M.184	NODATA	M.184	NODATA	M.185	M.185	M.187	NODATA
M.177	NODATA	M.177	M.177	M.177	M.177	M.177	M.177	M.179	M.179			M.187	M.187	M.185	M.185	M.187	M.187		
M.179	M.179	M.179	M.179	M.179	M.179	M.179	M.179	M.180	M.180										
M.180	M.180	M.180	M.180	M.180	M.180	M.180	M.180	M.183	M.183										
NODATA=3		NODATA=2		NODATA=4		NODATA=3		NODATA=1		NODATA=1		NODATA=2		NODATA=4		NODATA=3		NODATA=1	

3.4 การติดตามผลการสู่มตัวอย่างตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขงซี มูล

เนื่องจากถ้าจะให้เป็นไปตามมาตรฐานในการสู่มตัวอย่างตะกอนแขวนลอยในลำน้ำแล้วควรที่จะทำการสู่มไม่ต่ำกว่า 20 ตัวอย่าง จากการตรวจสอบข้อมูล ที่ส่งมาให้ในผลสำรวจปี 2555 พบว่า

กลุ่มน้ำโขง มีสถานีที่รวบรวมทั้งสิ้น 11 สถานีดังนี้

Kh.18Kh.28AKh.58AKh.61Kh.74Kh.90Kh.91Kh.92Kh.93Kh.98Kh.103 พบว่ามีการสู่มตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 121 ปี (ไม่ใช่ปีที่ต่อเนื่องแต่เป็นจำนวนปีที่เก็บของแต่ละสถานีรวมกัน) ข้อมูลที่สู่มจำนวนน้อยกว่า 20 ตัวอย่างต่อปี มีจำนวนทั้งสิ้น 69 ปี (เช่นกันเป็นจำนวนปีของแต่ละสถานีรวมกัน) คิดเป็นร้อยละ 57.02 ดังนั้นในการสู่มตัวอย่างของกลุ่มน้ำโขงสู่มน้อยกว่า 20 ตัวอย่างเป็นส่วนใหญ่

กลุ่มน้ำน้ำชี มีสถานีที่ตรวจสอบทั้งสิ้น 11 สถานี ดังนี้

E.5E.22BE.23E.54E.66AE.72E.83E.84E.85E.87E.91 พบว่ามีการสู่มตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 98 ปี (ไม่ใช่ปีที่ต่อเนื่องแต่เป็นจำนวนปีที่เก็บของแต่ละสถานีรวมกัน) ข้อมูลที่สู่มจำนวนน้อยกว่า 20 ตัวอย่างต่อปี มีจำนวนทั้งสิ้น 40 ปี (เช่นกันเป็นจำนวนปีของแต่ละสถานีรวมกัน) คิดเป็นร้อยละ 40.82 ดังนั้นในการสู่มตัวอย่างของกลุ่มน้ำโขงสู่มตั้งแต่ 20 ตัวอย่างขึ้นไป เป็นส่วนใหญ่ แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่ควรเพิ่มเติม

กลุ่มน้ำน้ำชี มีสถานีที่ตรวจสอบทั้งสิ้น 21 สถานี ดังนี้

M.2AM.4M.5M.6AM.7M.9M.26AM.42M.89M.110M.127M.154M.159M.164M.170M.171M.176M.177M.183M.184M.185พบว่าการสู่มตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 204 ปี (ไม่ใช่ปีที่ต่อเนื่องแต่เป็นจำนวนปีที่เก็บของแต่ละสถานีรวมกัน) ข้อมูลที่สู่มจำนวนน้อยกว่า 20 ตัวอย่างต่อปี มีจำนวนทั้งสิ้น 54 ปี (เช่นกันเป็นจำนวนปีของแต่ละสถานีรวมกัน) คิดเป็นร้อยละ 26.47 ดังนั้นในการสู่มตัวอย่างของกลุ่มน้ำโขงสู่มตั้งแต่ 20 ตัวอย่างขึ้นไป เป็นส่วนใหญ่ แต่ก็ยังอยู่ในระดับใช้ได้ แต่จะให้ดีกว่านี้ควรที่จะให้มีการสำรวจในระดับที่ต่ำกว่า 20

รายละเอียดดังในตารางที่ 3.6-3.9

ตารางที่ 3.6 การแสดงจำนวนปีที่มีการเก็บข้อมูลและจำนวนตัวอย่างที่เก็บข้อมูลในแต่ละปีในกลุ่มน้ำโขง ซี มูล

สถานี	จำนวนปีที่เก็บข้อมูล	ตัวอย่างตั้งแต่ 20 ขึ้นไป/ปี		ตัวอย่างน้อยกว่า 20 ครั้ง/ปี	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
Kh.18	14	5	35.71	9	64.29
Kh.28A	15	5	33.33	10	66.67
Kh.58A	15	9	60.00	6	40.00
Kh.61	15	4	26.67	11	73.33
Kh.74	1	0	0.00	1	100.00
Kh.90	15	9	60.00	6	40.00
Kh.91	15	6	40.00	9	60.00
Kh.92	15	8	53.33	7	46.67
Kh.93	9	0	0.00	9	100.00
Kh.98	1	1	100.00	0	0.00
Kh.103	6	5	83.33	1	16.67

สถานี	จำนวนปี	ตัวอย่างตั้งแต่ 20 ขึ้นไป/ปี		ตัวอย่างน้อยกว่า 20 ครั้ง/ปี	
	ที่เก็บข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
รวมโขง	121	52	42.98	69	57.02

ตารางที่ 3.6 การแสดงจำนวนปีที่มีการเก็บข้อมูลและจำนวนตัวอย่างที่เก็บข้อมูลในแต่ละปีในกลุ่มน้ำโขง ซี มูล(ต่อ)

สถานี	จำนวนปี	ตัวอย่างตั้งแต่ 20 ขึ้นไป/ปี		ตัวอย่างน้อยกว่า 20 ครั้ง/ปี	
	ที่เก็บข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
E.5	15	8	53.33	7	46.67
E.22B	9	6	66.67	3	33.33
E.23	14	5	35.71	9	64.29
E.54	6	3	50.00	3	50.00
E.66A	9	5	55.56	4	44.44
E.72	6	6	100.00	0	0.00
E.83	9	6	66.67	3	33.33
E.84	9	6	66.67	3	33.33
E.85	7	2	28.57	5	71.43
E.87	6	4	66.67	2	33.33
E.91	8	7	87.50	1	12.50
รวมซี	98	58	59.18	40	40.82
M.2A	8	6	75.00	2	25.00
M.4	3	2	66.67	1	33.33
M.5	16	15	93.75	1	6.25
M.6A	7	6	85.71	1	14.29
M.7	3	2	66.67	1	33.33
M.9	15	13	86.67	2	13.33
M.26A	2	2	100.00	0	0.00
M.42	16	12	75.00	4	25.00
M.89	26	13	50.00	13	50.00
M.110	11	7	63.64	4	36.36
M.127	16	9	56.25	7	43.75
M.154	8	4	50.00	4	50.00
M.159	8	8	100.00	0	0.00
M.164	5	3	60.00	2	40.00
M.170	11	9	81.82	2	18.18
M.171	12	10	83.33	2	16.67
M.176	11	11	100.00	0	0.00
M.177	10	7	70.00	3	30.00
M.183	6	5	83.33	1	16.67

สถานี	จำนวนปี	ตัวอย่างตั้งแต่ 20 ขึ้นไป/ปี		ตัวอย่างน้อยกว่า 20 ครั้ง/ปี	
	ที่เก็บข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
M.184	5	3	60.00	2	40.00
M.185	5	3	60.00	2	40.00
รวมผล	204	150	73.53	54	26.47

ตารางที่ 3.8การแสดงปีที่เก็บข้อมูล จำนวนตัวอย่าง จำนวนปี และจำนวนปีที่เก็บมากกว่าหรือเท่ากับ 20 ตัวอย่างในกลุ่มน้ำชี

ปีที่เก็บ(E.5) จำนวนตัวอย่าง	2541 9	2542 12	2543 18	2544 21	2545 18	2546 21	2547 18	2548 21	2549 21	2550 24	2551 20	2552 20	2553 20	2554 16	2555 12	(15) (8)
ปีที่เก็บ(E.22B) จำนวนตัวอย่าง	2547 18	2548 20	2549 21	2550 24	2551 20	2552 20	2553 20	2554 16	2555 12	(9) (6)						
ปีที่เก็บ(E.23) จำนวนตัวอย่าง	2541 9	2543 15	2544 18	2545 12	2546 21	2547 18	2548 18	2549 21	2550 24	2551 20	2552 20	2553 18	2554 18	2555 13	(14) (5)	
ปีที่เก็บ(E.54) จำนวนตัวอย่าง	2550 20	2551 20	2552 19	2553 20	2554 12	2555 11	(6) (3)									
ปีที่เก็บ(E.66A) จำนวนตัวอย่าง	2547 18	2548 21	2549 18	2550 28	2551 20	2552 20	2553 20	2554 16	2555 16	(9) (5)						
ปีที่เก็บ(E.72) จำนวนตัวอย่าง	2550 24	2551 20	2552 20	2553 20	2554 20	2555 20	(6) (6)									
ปีที่เก็บ(E.83) จำนวนตัวอย่าง	2547 15	2548 18	2549 15	2550 23	2551 20	2552 20	2553 20	2554 20	2555 20	(9) (6)						
ปีที่เก็บ(E.84) จำนวนตัวอย่าง	2547 15	2548 18	2549 15	2550 23	2551 20	2552 20	2553 20	2554 20	2555 20	(9) (6)						
ปีที่เก็บ(E.85) จำนวนตัวอย่าง	2549 14	2550 21	2551 19	2552 21	2553 12	2554 16	2555 12	(7) (2)								
ปีที่เก็บ(E.87) จำนวนตัวอย่าง	2550 20	2551 20	2552 20	2553 20	2554 16	2555 16	(6) (4)									
ปีที่เก็บ(E.91) จำนวนตัวอย่าง	2548 22	2549 22	2550 24	2551 20	2552 20	2553 20	2554 20	2555 12	(8) (7)							

ตารางที่ 3.9การแสดงปีที่เก็บข้อมูล จำนวนตัวอย่าง จำนวนปี และจำนวนปีที่เก็บมากกว่าหรือเท่ากับ 20 ตัวอย่างในกลุ่มน้ำมูล

ปีที่เก็บ(M.2A) จำนวนตัวอย่าง	2548 6	2549 27	2550 22	2551 20	2552 20	2553 14	2554 30	2555 24	(8) (6)								
ปีที่เก็บ(M.4) จำนวนตัวอย่าง	2540 9	2543 20	2555 21	(3) (2)													
ปีที่เก็บ(M.5) จำนวนตัวอย่าง	2540 9	2541 24	2542 21	2543 36	2544 27	2545 22	2546 21	2547 27	2548 36	2549 33	2550 28	2551 27	2552 21	2553 21	2554 38	2555 36	(16) (15)
ปีที่เก็บ(M.6A) จำนวนตัวอย่าง	2549 24	2550 25	2551 37	2552 44	2553 30	2554 46	2555 16	(7) (6)									
ปีที่เก็บ(M.7) จำนวนตัวอย่าง	2553 16	2554 26	2555 30	(3) (2)													
ปีที่เก็บ(M.9) จำนวนตัวอย่าง	2541 18	2542 16	2543 38	2544 27	2545 24	2546 21	2547 24	2548 30	2549 39	2550 40	2551 28	2552 30	2553 24	2554 36	2555 40	(15) (13)	
ปีที่เก็บ(M.26A) จำนวนตัวอย่าง	2553 28	2555 33	(2) (2)														
ปีที่เก็บ(M.42) จำนวนตัวอย่าง	2540 9	2541 18	2542 22	2543 29	2544 21	2545 21	2546 6	2547 24	2548 21	2549 27	2550 23	2551 23	2552 22	2553 17	2554 24	2555 21	(16) (12)
ปีที่เก็บ(M.89) จำนวนตัวอย่าง	2524 13	2525 7	2526 15	2527 12	2528 15	2529 19	2530 14	2531 14	2534 17	2535 4	2540 3	2541 9	2542 21	2543 33	2544 32	2545 36	
ปีที่เก็บ(M.89) จำนวนตัวอย่าง	2546 30	2547 15	2548 24	2549 42	2550 26	2551 24	2552 24	2553 37	2554 23	2555 33	(26) (13)						
ปีที่เก็บ(M.110) จำนวนตัวอย่าง	2545 27	2546 12	2547 24	2548 24	2549 22	2550 24	2551 22	2552 16	2553 8	2554 18	2555 23	(11) (7)					
ปีที่เก็บ(M.127) จำนวนตัวอย่าง	2540 12	2541 9	2542 15	2543 23	2544 30	2545 27	2546 18	2547 24	2548 21	2549 18	2550 20	2551 20	2552 17	2553 8	2554 21	2555 24	(16) (9)
ปีที่เก็บ(M.145) จำนวนตัวอย่าง	2539 21	2540 9	2541 12	2542 24	2543 15	2544 15	2554 20	2555 46	(8) (4)								

3.5 การติดตามข้อมูลตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขงซี มูล

การติดตามข้อมูลตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขง ซี มูล นี้จะทำการติดตามข้อมูลเพื่อดูผลผลิตตะกอนหรือปริมาณตะกอนต่อพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกการกักเซาะของตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ ว่ามีมากน้อยแค่ไหน ถ้ามีมากนั้นหมายถึงโอกาสในการเกิดการกักเซาะมากด้วย ในการติดตามข้อมูลครั้งนี้ ติดตามข้อมูลจากระบบ VAX ของกรมชลประทาน พบว่า

ลุ่มน้ำโขง มีข้อมูล ในระบบ ทั้งสิ้น 21 สถานี มีการกักเซาะ อัตราการกักเซาะสูงกว่าลุ่มน้ำอื่นๆ คือมีจำนวนสถานีที่มีผลผลิตตะกอนสูงกว่า 100 ตัน/ตร.กม. ถึง 11 สถานี จากจำนวนสถานีทั้งสิ้น 21 สถานี คิดเป็นร้อยละ 52.38 ซึ่งหมายความว่าส่วนใหญ่แล้วมีผลผลิตตะกอนมากกว่า 100 ตัน/ตร.กม. จึงเป็นลุ่มน้ำที่ต้องเฝ้าระวัง และค่าสูงสุดของผลผลิตตะกอนอยู่ที่ KH.84 มีผลผลิตตะกอน 345.50 ตัน/ตร.กม.

ลุ่มน้ำชี มีข้อมูล ในระบบ ทั้งสิ้น 28 สถานี มีการกักเซาะ อัตราการกักเซาะสูงกว่าลุ่มน้ำอื่นๆ คือมีจำนวนสถานีที่มีผลผลิตตะกอนสูงกว่า 100 ตัน/ตร.กม. ถึง 9 สถานี จากจำนวนสถานีทั้งสิ้น 28 สถานี คิดเป็นร้อยละ 32.14 ซึ่งหมายความว่ามีส่วนที่มีผลผลิตตะกอนมากกว่า 100 ตัน/ตร.กม. จึงเป็นลุ่มน้ำที่ต้องไม่มีการตกตะกอนสูงเท่ากับลุ่มน้ำโขง และค่าสูงสุดของผลผลิตตะกอนอยู่ที่ E.88 มีผลผลิตตะกอน 301.19 ตัน/ตร.กม. แต่เป็นการลุ่มเพียงแค่นี้เพียงอย่างเดียวยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นตัวแทนของค่าสูงสุดในลุ่มน้ำนี้

ลุ่มน้ำมูล มีข้อมูล ในระบบ ทั้งสิ้น 39 สถานี มีการกักเซาะ อัตราการกักเซาะสูงกว่าลุ่มน้ำอื่นๆ คือมีจำนวนสถานีที่มีผลผลิตตะกอนสูงกว่า 100 ตัน/ตร.กม. ถึง 9 สถานี จากจำนวนสถานีทั้งสิ้น 21 สถานี คิดเป็นร้อยละ 23.08 ซึ่งหมายความว่าบางส่วนมีผลผลิตตะกอนมากกว่า 100 ตัน/ตร.กม. แต่เนื่องจากค่าสูงสุดของผลผลิตตะกอนอยู่ที่ M.171 มีผลผลิตตะกอน 1,011.91 ตัน/ตร.กม. ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงมากเมื่อเทียบกับ สถานีอื่นๆ ในลุ่มน้ำทั้งโขง ซี และมูลเอง และเมื่อพิจารณาจำนวนปีที่ทำการเก็บรวบรวมแล้วคือ 11 ปี ซึ่งข้อมูลมากพอที่จะเชื่อถือค่าเฉลี่ยได้ดังนั้น จึงเห็นสมควรให้ทำการเฝ้าระวังในลุ่มน้ำสาขานี้ของลุ่มน้ำมูล

ตารางที่ 3.10 การแสดงข้อมูลเกี่ยวกับตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขงซีมูล

สถานี	ปีที่เก็บ	จำนวนปี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ตะกอนเฉลี่ย (ตัน/ปี)	ผลผลิตตะกอน (ตัน/ตร.กม.)
KH.18	2535-2555	14	1,307	83,395	63.81
KH.28A	2541-2555	15	1,262	268,504	212.76
KH.53	2545-2546	2	421	47,394	112.57
KH.58A	2541-2555	15	3,101	377,302	121.67
KH.61	2541-2555	15	562	180,257	320.74
KH.63	2526-2528, 2541-2546	9	1,764	49,687	28.17
KH.66	2526-2528	3	411	35,307	85.91

ตารางที่ 3.10 การแสดงข้อมูลเกี่ยวกับตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงสีมุลข(ต่อ)

สถานี	ปีที่เก็บ	จำนวนปี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ตะกอนเฉลี่ย (ตัน/ปี)	ผลผลิตตะกอน (ตัน/ตร.กม.)
KH.69A	2541-2546	6	1,932	207,366	107.33
KH.72	2540-2547	8	644	104,380	162.08
KH.77A	2543-2546	4	142	14,468	101.89
KH.79	2529-2540	12	110	18,412	167.38
KH.84	2541,2543,25432-2546	4	48	16,584	345.50
KH.89	2540-2547	8	255	33,927	133.05
KH.90	2541-2555	15	848	48,168	56.80
KH.91	2541,2543-2555	14	167	10,432	62.47
KH.92	2541-2555	15	1,118	113,535	101.55
KH.93	2543-2549,2555	8	707	49,584	70.13
KH.94	2542-2549	8	869	56,350	64.84
KH.95	2548-2550	3	352	90,447	256.95
KH.101	2545-2549	5	414	80,994	195.64
KH.103	2550-2555	6	1,235	38,437	31.12
E.5	2554	1	4,207	409,489	97.34
E.6C	2542-2543,2545-2548	6	300	6,773	22.58
E.9	2535-2538,2540	5	11,020	296,810	26.93
E.16A	1965-1972,2521-2534	22	13,171	426,752	32.40
E.21	2542-2549	8	8,912	191,079	21.44
E.22B	2554	1	13,638	251,933	18.47
E.23	2543-2555	13	6,835	238,416	34.88
E.29	2539-2540	2	945	206,037	218.03
E.32A	1968-2538	28	2,905	195,288	67.22
E.35A	2531-2534	4	422	62,168	147.32
E.54	2529-2540,2550-2555	18	1,511	193,357	127.97
E.57	2543-2546	4	98	11,981	122.26
E.60	2527-2534	8	205	15,192	74.11
E.65	2554	1	1,949	54,035	27.72
E.66A	2554	1	31,879	951,209	29.84
E.68A	2543-2549	7	1,342	51,976	38.73

ตารางที่ 3.10 การแสดงข้อมูลเกี่ยวกับตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงสีมุลข(ต่อ)

สถานี	ปีที่เก็บ	จำนวนปี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ตะกอนเฉลี่ย (ตัน/ปี)	ผลผลิตตะกอน (ตัน/ตร.กม.)
E.70	2542-2550	9	3,168	409,941	129.40
E.72	2550-2555	6	323	80,363	248.80
E.76A	2543-2013	4	192	55,949	291.40
E.83	2548-2555	8	744	29,572	39.75
E.84	2548-2555	8	508	36,073	71.01
E.85	2549,2554-2555	3	1,218	12,123	9.95
E.86	2551,2553-2554	3	93	17,845	191.88
E.88	2551	1	91	27,408	301.19
E.89	2551	1	167	5,509	32.99
E.90	2551-2553	3	321	31,536	98.24
E.91	2548-2555	8	29,265	519,836	17.76
E.92	2550	1	3,359	168,620	50.20
M.2A	2549-2555	7	4,724	54,926	11.63
M.5	2541-2555	15	44,275	362,694	8.19
M.6A	2549-2555	7	28,458	324,630	11.41
M.7	1964-2538,2553-2555	34	106,673	14,451,700	135.48
M.9	2541-2555	15	3,026	52,135	17.23
M.26	2546-2552	7	3,058	42,624	13.94
M.32	2544,2548-2554	8	1,654	93,953	56.80
M.42	2543-2555	13	1,794	41,792	23.30
M.43A	2542-2544	3	237	6,395	26.98
M.66	2545-2553	9	586	32,137	54.84
M.80	1966-2538	30	3,363	1,211	0.36
M.89	2521-2534,2540-2555	29	665	47,800	71.88
M.91	2529-2534,2543-2548,2550-	15	128	6,248	48.81
M.98	2550	1	1,150	177,702	154.52
M.101	2530	1	390	8,124	20.83
M.110	2545-2555	11	570	62,569	109.77
M.121	2526-2528	3	487	1,563	3.21
M.127	2541-2555	15	414	47,458	114.63

ตารางที่ 3.10 การแสดงข้อมูลเกี่ยวกับตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงสีมุลข(ต่อ)

สถานี	ปีที่เก็บ	จำนวนปี	พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	ตะกอนเฉลี่ย (ตัน/ปี)	ผลผลิตตะกอน (ตัน/ตร.กม.)
M.134	2544-2549	6	242	26,854	110.97
M.142	2541-2547	7	241	21,272	88.27
M.144A	2543-2544	2	124	9,480	76.45
M.145	2534,2538-2544,2555	9	333	126,577	380.11
M.146	2540,2542-2543	3	82	30,041	366.35
M.150	2541	1	175	6,764	38.65
M.152	2542-2550	9	212	15,646	73.80
M.153	2542-2552	11	369	16,973	46.00
M.154	2542-2553	12	209	5,996	28.69
M.155	2541,2543,2545-2547	5	221	25,760	116.56
M.157	2545-2550	6	729	21,060	28.89
M.159	2548-2555	8	4,806	62,596	13.02
M.164	2551-2555	5	3,012	24,912	8.27
M.169	2546-2547	2	134	10,697	79.83
M.170	2545-2555	11	1,745	65,895	37.76
M.171	2545-2555	11	148	149,763	1,011.91
M.176	2545-2550,2552-2555	10	313	105,990	338.63
M.177	2545,2549-2552,2555	6	1,519	38,799	25.54
M.179	2545-2548,2550	5	3,881	105,930	27.29
M.180	2545-2550	6	864	24,371	28.21
M.183	2550-2552,2554-2555	5	250	18,287	73.15

บทที่ 4

การหาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนแขวนลอยกับพารามิเตอร์ทางกายภาพกลุ่มน้ำ ในกลุ่มน้ำซีโดยใช้โปรแกรม R

4.1 การหาความสัมพันธ์แบบการถดถอยพหุเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรม R

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการถดถอยเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรม R มีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งประกอบด้วยข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยต่อปี ของสถานีในกลุ่มน้ำซี กับข้อมูลพารามิเตอร์ทางกายภาพของกลุ่มน้ำซี ซึ่งในที่นี้ประกอบด้วย พื้นที่ลุ่มน้ำ (DA) ความยาว centroids ของลำน้ำ (Lc) และความชันลำน้ำ เป็นดังนี้

สถานี	ปริมาณตะกอน(ตัน/ปี)	พื้นที่ลุ่มน้ำ(ตร.กม.)	ความยาวศูนย์กลางลำน้ำ(กม.)	ความชันลำน้ำ
E.5	217,609	4,207	75.38	0.003128
E.6C	5,806	378	18.50	0.095680
E.9	222,343	10,878	160.00	0.000858
E.16A	493,196	13,572	180.00	0.000647
E.21	153,977	8,777	152.20	0.001357
E.23	228,832	6,282	80.20	0.002645
E.29	86,829	949	38.47	0.011991
E.32A	206,526	2,867	52.30	0.054620
E.35A	13,346	422	63.85	0.010000
E.54	195,691	1,548	21.97	0.001766
E.57	11,980	103	30.00	0.000796
E.60	7,652	205	20.00	0.001000
E.65	41,376	2,149	30.66	0.003451
E.70	415,526	2,647	53.39	0.000607
E.72	10,401	323	23.07	0.007584

ที่มา : กลุ่มงานสารสนเทศและพยากรณ์น้ำ กรมชลประทาน

ทำการ save ข้อมูลอยู่ในรูป Excel File ชื่อ SED.xls

ตัวแปรที่สร้างขึ้นในการวิเคราะห์ครั้งนี้คือ

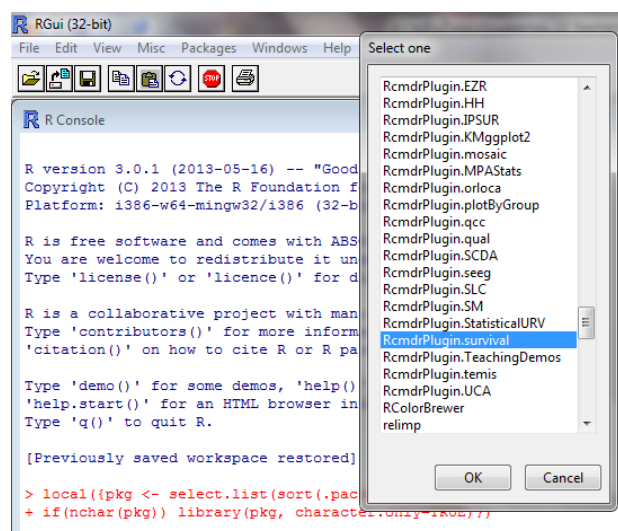
SED หมายถึง ปริมาณตะกอน(ตัน/ปี)

DA หมายถึง พื้นที่ลุ่มน้ำ(ตร.กม.)

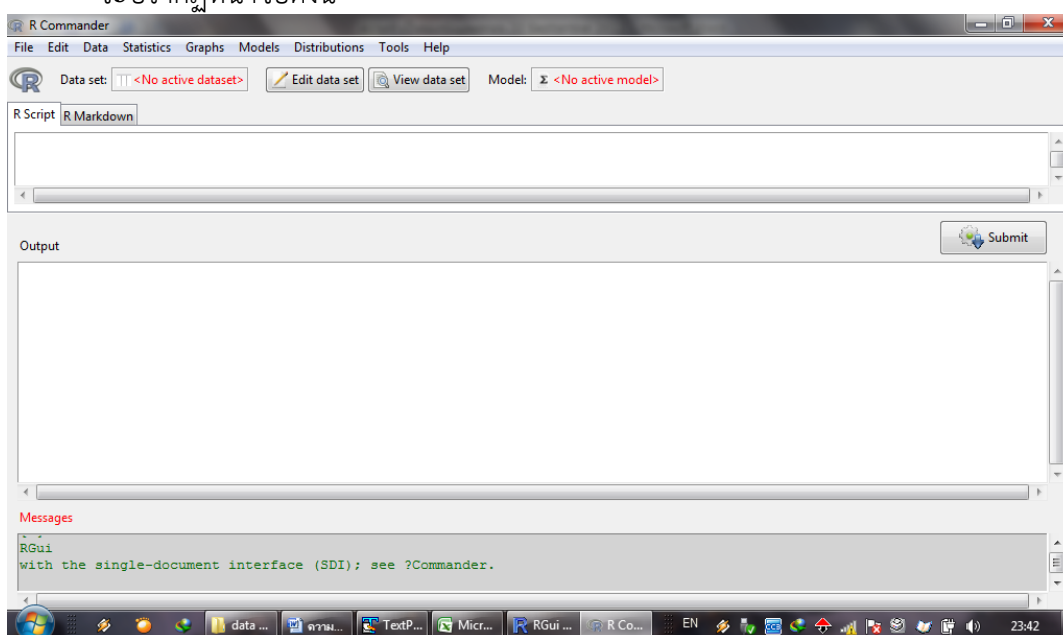
LC หมายถึง ความยาวศูนย์กลางลำน้ำ(กม.)

S หมายถึง ความชันลำน้ำ

ทำการเปิดโปรแกรม R ขึ้นมาแล้ว Load package ที่ชื่อ RcmdrPlugin.survival ขึ้นมาใช้ดังรูป

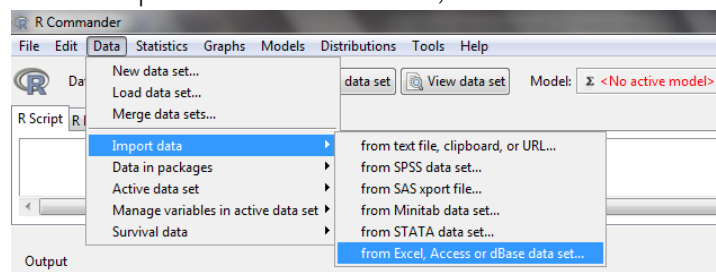


จะปรากฏหน้าต่างดังนี้



จากนั้นเรียกข้อมูลที่เตรียมไว้ขึ้นมาใช้ดังนี้

Data→Import Data→from Excel, Access or dBase Set... ดังรูป

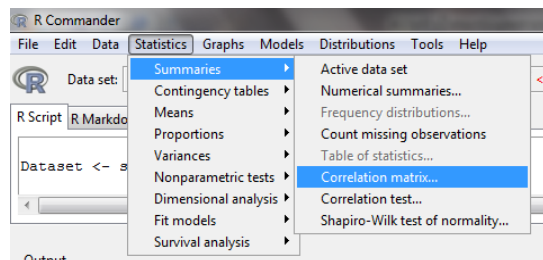


เรียก file : SED.xls มาใช้

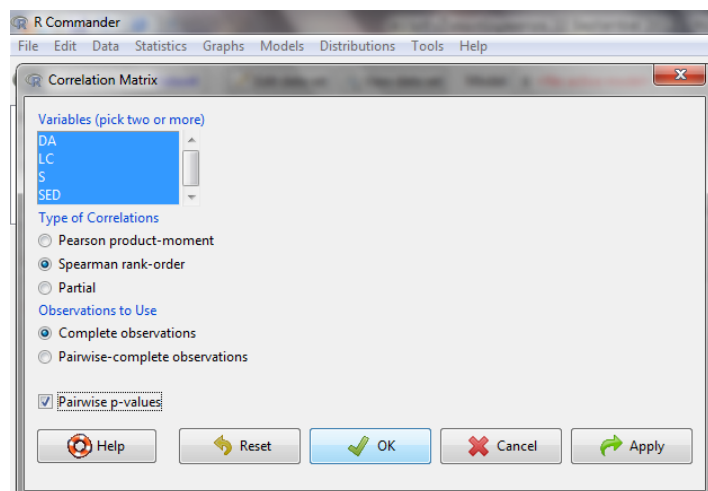
ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูล

คำสั่งที่ใช้ในการตรวจสอบคือ

Statistics → Summaries → correlation matrix ดังรูป



เนื่องจากต้องการหาความสัมพันธ์ทั้งหมดดังนั้นทำแถบเลือกสีน้ำเงินทุกตัวแปร ชนิดของความสัมพันธ์ใช้ Spearman rank-order และให้ทำการเปรียบเทียบโดยใช้ pair wise p-value แล้วคลิก ดังรูป



ในช่อง output จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

```
Output
> rcorr.adjust(Dataset[,c("DA","LC","S","SED")], type="spearman", use="complete")

Spearman correlations:
      DA      LC      S      SED
DA  1.0000  0.8643 -0.2821  0.8536
LC  0.8643  1.0000 -0.3714  0.7821
S   -0.2821 -0.3714  1.0000 -0.4750
SED  0.8536  0.7821 -0.4750  1.0000

Number of observations: 15

Pairwise two-sided p-values:
      DA      LC      S      SED
DA  <.0001  0.3083 <.0001
LC  <.0001  0.1728  0.0006
S    0.3083  0.1728  0.0736
SED  <.0001  0.0006  0.0736

Adjusted p-values (Holm's method)
      DA      LC      S      SED
DA  0.0002  0.3457  0.0003
LC  0.0002  0.3457  0.0023
S    0.3457  0.3457  0.2207
SED  0.0003  0.0023  0.2207
```

ค่าที่ได้สามารถนำไปไว้ในตารางดังนี้

Variable	DA	LC	S	SED
DA	1	0.8643(0.0002)	-0.2821(0.3457)	0.8536(0.0003)
LC	0.8643(0.0002)	1	-0.3714(0.3457)	0.7821(0.0023)
S	-0.2821(0.3457)	-0.3714(0.3457)	1	-0.475(0.2207)
SED	0.8536(0.0003)	0.7821(0.0023)	-0.475(0.2207)	1

จากตารางดังกล่าวทำให้ทราบว่า ปริมาณตะกอนมีความสัมพันธ์กับ พื้นที่ลุ่มน้ำและความยาว ศูนย์ถ่วงลำน้ำ อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 0.01 แต่ปริมาณตะกอนกับ ความชันลำน้ำมีความสัมพันธ์กันแต่ไม่มีนัยสำคัญ แต่ปัญหาก็คือ มีโอกาสในการเกิด Multicollinearity สูงเนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำกับความยาว ศูนย์ถ่วงลำน้ำอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาสมการการถดถอยในการพยากรณ์

ตัวแบบที่ 1 : ปริมาณตะกอน ~ พื้นที่ลุ่มน้ำ

ตัวแบบที่ 2 : ปริมาณตะกอน ~ ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ

ตัวแบบที่ 3 : ปริมาณตะกอน ~ ความชันลำน้ำ

ตัวแบบที่ 4 : ปริมาณตะกอน ~ พื้นที่ลุ่มน้ำ + ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ

ตัวแบบที่ 5 : ปริมาณตะกอน ~ พื้นที่ลุ่มน้ำ + ความชันลำน้ำ

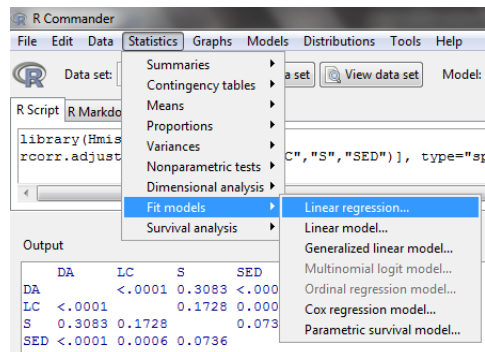
ตัวแบบที่ 6 : ปริมาณตะกอน ~ ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ + ความชันลำน้ำ

ตัวแบบที่ 7 : ปริมาณตะกอน ~ พื้นที่ลุ่มน้ำ + ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ + ความชันลำน้ำ

คำสั่ง ใน R ที่ใช้

ตัวแบบที่ 1 : ปริมาณตะกอน ~ พื้นที่ลุ่มน้ำ

Statistics → Fit models → Linear regression ดังรูป



จะปรากฏหน้าต่างให้เลือก Response variable และ Explanatory variables ดังรูป



จะปรากฏผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

```

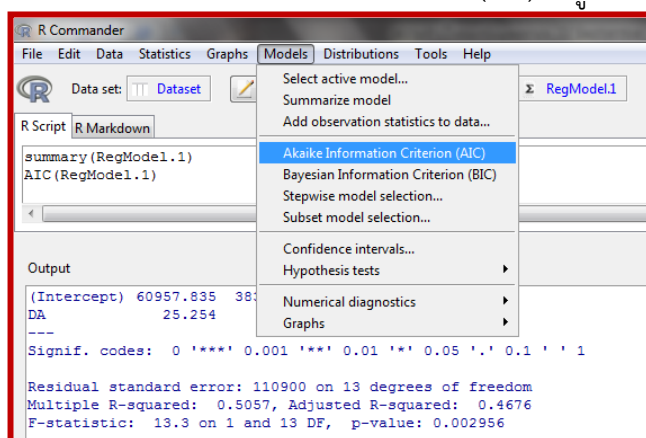
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  60957.835  38365.201   1.589  0.13610
DA             25.254     6.925   3.647  0.00296 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 110900 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5057, Adjusted R-squared:  0.4676
F-statistic: 13.3 on 1 and 13 DF, p-value: 0.002956

```

คำนวณค่า AIC ของ ตัวแบบได้ดังนี้

Model → Akai Information Criterion (AIC) ดังรูป



ได้ผลลัพธ์ดังนี้

```

> AIC(RegModel.1)
[1] 394.9123

```

ตัวแบบที่ 2 : ปริมาณตะกอน ~ ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  37878.0    51472.6   0.736  0.4749
LC           1742.9     606.6    2.873  0.0131 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 123300 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3884, Adjusted R-squared:  0.3414
F-statistic: 8.257 on 1 and 13 DF, p-value: 0.01306

```

```

> AIC(RegModel.2)
[1] 398.1043

```

ค่า AIC

ตัวแบบที่ 3 : ปริมาณตะกอน~ความชันลำน้ำ

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  173025      44195    3.915  0.00178 **
S            -1449431    1532437   -0.946  0.36148
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 152600 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.06438, Adjusted R-squared:  -0.007586
F-statistic: 0.8946 on 1 and 13 DF,  p-value: 0.3615

> AIC(RegModel.3)
[1] 404.4821

```

ตัวแบบที่ 4 : ปริมาณตะกอน~พื้นที่ลุ่มน้ำ+ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 108603.33    56841.90    1.911  0.0802 .
DA           52.09       24.79     2.101  0.0574 .
LC          -2198.87    1951.99   -1.126  0.2820
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 109800 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5529, Adjusted R-squared:  0.4784
F-statistic: 7.421 on 2 and 12 DF,  p-value: 0.007984

> AIC(RegModel.4)
[1] 395.4045

```

ตัวแบบที่ 5 : ปริมาณตะกอน~พื้นที่ลุ่มน้ำ+ความชันลำน้ำ

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.783e+04  4.612e+04    1.471  0.16712
DA           2.465e+01  7.473e+00    3.298  0.00637 **
S           -3.541e+05  1.202e+06   -0.295  0.77334
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 115000 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5092, Adjusted R-squared:  0.4274
F-statistic: 6.225 on 2 and 12 DF,  p-value: 0.01398

> AIC(RegModel.5)
[1] 396.8042

```

ตัวแบบที่ 6 : ปริมาณตะกอน~ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ+ความชันลำน้ำ

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  47560.9    61559.2    0.773  0.4547
LC           1680.9     658.8     2.552  0.0254 *
S          -424319.2   1345610.0   -0.315  0.7579
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 127900 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3935, Adjusted R-squared:  0.2924
F-statistic: 3.892 on 2 and 12 DF,  p-value: 0.04979

```

```
> AIC(RegModel.6)
[1] 399.9805
```

ตัวแบบที่ 7 : ปริมาณตะกอน ~ พื้นที่ลุ่มน้ำ + ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ + ความชันลำน้ำ

```
Coefficients:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 121146.45   65496.28   1.850  0.0914 .
DA           52.54      25.69    2.045  0.0655 .
LC          -2309.44   2037.14   -1.134  0.2810
S          -522808.02 1197258.70   -0.437  0.6708
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 113700 on 11 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5606, Adjusted R-squared:  0.4407
F-statistic: 4.677 on 3 and 11 DF,  p-value: 0.02427
```

```
> AIC(RegModel.7)
[1] 397.1467
```

รวมแต่ละตัวแบบได้ดังนี้

ID	สมการ	P-value	R ²	$\bar{R}^2$	AIC
M1	$SED = 60957.835 + 25.254DA$	0.0030	0.5057	0.4676	394.91
M2	$SED = 37878.0 + 1742.9LC$	0.1306	0.3884	0.3414	398.10
M3	$SED = 173025 - 1449431S$	0.3615	0.0644	-0.0076	404.48
M4	$SED = 108603.33 + 52.09DA - 2198.87LC$	0.0080	0.5529	0.4784	395.40
M5	$SED = 67830 + 24.65DA - 354100S$	0.0140	0.5092	0.4274	396.80
M6	$SED = 47560.9 + 1680.9LC - 4y24319.2DA$	0.0498	0.3935	0.2924	399.98
M7	$SED = 121146.45 + 52.54DA - 2309LC - 522808S$	0.0243	0.5606	0.4407	397.15

ในการพิจารณาความเหมาะสมของตัวแบบ เราจะพิจารณาจาก ค่า AIC ที่ต่ำที่สุด หรือค่า Adjusted R-square ที่สูงที่สุด หรือค่า R-square ที่สูงที่สุด แต่จะเห็นได้ว่าค่า R-square ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่เพิ่มขึ้น แต่ค่า Adjusted R-square ใช้ในกรณีที่ค่า n มีจำนวนน้อยในที่นี้ค่า n=15 ซึ่งควรจะมากกว่า 25 ดังนั้นจึงควรใช้ Adjusted R-square ในการพิจารณาแต่ข้อด้อยของ Adjusted R-square คือ ค่า Adjusted R-square ที่สูงอาจจะเกิดจากตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันหรือเกิด Multicollinearity ซึ่งจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรก็พบว่า ตัวแปรอิสระ DA และ LC มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงควรใช้ค่า AIC ซึ่งจะได้สมการการถดถอยเชิงเส้นที่มีความเหมาะสมที่สุดคือตัวแบบที่ 1 ดังนี้

$$SED = 60957.835 + 25.254DA \quad (8)$$

ดังนั้นตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากที่สุดคือตัวแบบเชิงเส้นอย่างง่ายเท่านั้น

4.2 การหาความสัมพันธ์แบบการถดถอยพหุไม่เชิงเส้น โดยใช้โปรแกรม R

4.2.1 การหาความสัมพันธ์แบบการถดถอยพหุไม่เชิงเส้นโดยปรับแก้ข้อมูล โดย take log ข้อมูล ดังนี้

ตัวแบบที่ใช้คือ

$$y = ax_1^{b_1} x_2^{b_2} \dots x_p^{b_p} + e$$

Take log สมการทั้งสองข้างจะได้

$$\ln(y) = \ln(a) + b_1 \ln(x_1) + \dots + b_2 \ln(x_2) + e$$

แล้วดำเนินการตามขั้นตอน(ในกระบวนการเกี่ยวกับโปรแกรม R จะทำเหมือนกับการวิเคราะห์การถดถอยพหุเชิงเส้น ดังนั้นจะไม่กล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม R) ต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลนำเข้าสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งประกอบด้วยข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอยเฉลี่ยต่อปี ของสถานีในลุ่มน้ำชี กับข้อมูลพารามิเตอร์ทางกายภาพของลุ่มน้ำชี ซึ่งในที่นี้ประกอบด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำ(DA) ความยาว centroids ของลำน้ำ (Lc) และความชันลำน้ำ เป็นดังนี้

Station	Ln(SED)	Ln(DA)	Ln(LC)	Ln(S)
E.5	12.2905	8.3445	4.3225	-5.7674
E.6C	8.6666	5.9349	2.9178	-2.3467
E.9	12.3120	9.2945	5.0752	-7.0609
E.16A	13.1087	9.5158	5.1930	-7.3432
E.21	11.9446	9.0799	5.0252	-6.6025
E.23	12.3407	8.7454	4.3845	-5.9351
E.29	11.3717	6.8554	3.6499	-4.4236
E.32A	12.2382	7.9610	3.9570	-2.9074
E.35A	9.4990	6.0450	4.1565	-4.6052
E.54	12.1843	7.3447	3.0897	-6.3390
E.57	9.3910	4.6347	3.4012	-7.1359
E60	8.9427	5.3230	2.9957	-6.9078
E.65	10.6305	7.6728	3.4230	-5.6691
E.70	12.9373	7.8812	3.9776	-7.4070
E.72	9.2497	5.7777	3.1385	-4.8817

ที่มา : กลุ่มงานสารสนเทศและพยากรณ์น้ำ กรมชลประทาน

หาความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ดังนี้

Variable	DA	LC	S	SED
DA	1	0.8643(0.0002)	-0.2821(0.3457)	0.8536(0.0003)
LC	0.8643(0.0002)	1	-0.3714(0.3457)	0.7821(0.0023)
S	-0.2821(0.3457)	-0.3714(0.3457)	1	-0.475(0.2207)
SED	0.8536(0.0003)	0.7821(0.0023)	-0.475(0.2207)	1

จะเห็นว่าข้อมูลชุดเดิมหลังจาก Take ln แล้วค่าความสัมพันธ์ที่ได้ก็ยังเท่าเดิม

ตัวแบบที่จะหาเป็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาสมการการถดถอยในการพยากรณ์

ตัวแบบที่ 1 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim \ln(\text{ในที่ลุ่มน้ำ})$

ตัวแบบที่ 2 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim \ln(\text{ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ})$

ตัวแบบที่ 3 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim \ln(\text{ความชันลำน้ำ})$

ตัวแบบที่ 4 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim \ln(\text{พื้นที่ลุ่มน้ำ}) + (\text{ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ})$

ตัวแบบที่ 5 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim (\text{พื้นที่ลุ่มน้ำ}) + (\text{ความชันลำน้ำ})$

ตัวแบบที่ 6 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim (\text{ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ}) + (\text{ความชันลำน้ำ})$

ตัวแบบที่ 7 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim (\text{พื้นที่ลุ่มน้ำ}) + (\text{ความยาวศูนย์ถ่วงลำน้ำ}) + (\text{ความชันลำน้ำ})$

ผลการวิเคราะห์ : ตัวแบบที่ 1 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim \ln(\text{ในที่ลุ่มน้ำ})$

```

              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   4.4812      1.0058    4.455 0.000648 ***
LNDA          0.9047      0.1339    6.754 1.35e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7702 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7782, Adjusted R-squared:  0.7612
F-statistic: 45.62 on 1 and 13 DF,  p-value: 1.353e-05

> AIC (RegModel.1)
[1] 38.58742

```

ผลการวิเคราะห์ : ตัวแบบที่ 2 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim \ln(\text{ความยาวศูนย์กลางลำน้ำ})$

```

              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    5.6439      1.6339   3.454  0.00427 **
LNLC           1.4044      0.4101   3.425  0.00452 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.186 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4743, Adjusted R-squared:  0.4339
F-statistic: 11.73 on 1 and 13 DF,  p-value: 0.004521

> AIC(RegModel.2)
[1] 51.53416

```

ผลการวิเคราะห์ : ตัวแบบที่ 3 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim \ln(\text{ความชันลำน้ำ})$

```

              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    9.0524      1.5185   5.962 4.73e-05 ***
LNS            -0.3670      0.2578  -1.424   0.178
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.521 on 13 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1349, Adjusted R-squared:  0.06831
F-statistic: 2.026 on 1 and 13 DF,  p-value: 0.1781

> AIC(RegModel.3)
[1] 59.00701

```

ผลการวิเคราะห์ ตัวแบบที่ 4 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim \ln(\text{พื้นที่ลุ่มน้ำ}) + (\text{ความยาวศูนย์กลางลำน้ำ})$

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    4.6652      1.1215   4.160  0.00132 **
LNDA           0.9906      0.2410   4.110  0.00145 **
LNLC           -0.2085      0.4792  -0.435  0.67117
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.7954 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7817, Adjusted R-squared:  0.7453
F-statistic: 21.48 on 2 and 12 DF,  p-value: 0.0001083
> AIC(RegModel.4)
[1] 40.35256

```

ผลการวิเคราะห์ ตัวแบบที่ 5 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim (\text{พื้นที่ลุ่มน้ำ}) + (\text{ความชันลำน้ำ})$

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    3.9654      1.1179   3.547  0.00402 **
LNDA           0.8660      0.1386   6.249 4.26e-05 ***
LNS            -0.1408      0.1351  -1.042  0.31778
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.7676 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7967, Adjusted R-squared:  0.7628
F-statistic: 23.51 on 2 and 12 DF,  p-value: 7.07e-05
> AIC(RegModel.5)
[1] 39.28723

```

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบที่ 6 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim (\text{ความยาวศูนย์กลางลำน้ำ}) + (\text{ความชันลำน้ำ})$

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   5.3196      1.7807   2.987  0.0113 *
LNLC           1.3091      0.4560   2.871  0.0141 *
LNS           -0.1225      0.2235  -0.548  0.5935
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 1.219 on 12 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4872, Adjusted R-squared:  0.4017
F-statistic:  5.7 on 2 and 12 DF,  p-value: 0.01819
> AIC(RegModel.6)
[1] 53.16295

```

ผลการวิเคราะห์ตัวแบบที่ 7 : $\ln(\text{ปริมาณตะกอน}) \sim (\text{พื้นที่ลุ่มน้ำ}) + (\text{ความยาวศูนย์กลางลำน้ำ}) + (\text{ความชันลำน้ำ})$

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   4.1830      1.1709   3.572  0.00438 **
LNDA           1.0143      0.2373   4.274  0.00131 **
LNLC          -0.3819      0.4918  -0.777  0.45376
LNS           -0.1734      0.1436  -1.207  0.25269
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
Residual standard error: 0.7806 on 11 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8072, Adjusted R-squared:  0.7546
F-statistic: 15.35 on 3 and 11 DF,  p-value: 0.0003017
> AIC(RegModel.7)
[1] 40.48651

```

ผลลัพธ์ในแต่ละ Model เป็นดังนี้

$$\text{Model1: } LNSE = 4.4812 + 0.9047LNDA$$

$$\text{Model2: } LNSE = 5.6439 + 1.4044LNLC$$

$$\text{Model3: } LNSE = 9.0524 - 0.3670LNS$$

$$\text{Model4: } LNSE = 4.6652 + 0.9906LNDA - 0.2085LNLC$$

$$\text{Model5: } LNSE = 3.9654 + 0.8660LNDA - 0.1408LNS$$

$$\text{Model6: } LNSE = 5.3196 + 1.3091LNLC - 0.1225LNS$$

$$\text{Model7: } LNSE = 4.1830 + 1.0143LNDA - 0.3819LNLC - 0.1734LNS$$

แปลงข้อมูลกลับจะได้สมการดังนี้

$$\text{Model1: } SED = 88.3406DA^{0.9047}$$

$$\text{Model2: } SED = 282.5626LC^{1.4044}$$

$$\text{Model3: } SED = 8539.007S^{0.3670}$$

$$\text{Model4: } SED = 108.1868DA^{0.9906}LC^{-0.2085}$$

$$\text{Model5: } SED = 52.7414DA^{0.8660}S^{-0.1408}$$

$$\text{Model6: } LNSE D = 204.3021LC^{1.3091}S^{-0.1225}$$

$$\text{Model7: } LNSE D = 65.5623DA^{1.0143}LC^{-0.3819}S^{-0.1734}$$

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ

ตรวจสอบความเหมาะสมของแต่ละตัวแบบจากค่าต่อไปนี้

ตัวแบบ	ค่า F	P-value	R ²	$\bar{R}^2$	AIC
Model1	45.62	1.353e-05	0.7782	0.7612	38.5874
Model2	11.73	0.004521	0.4743	0.4339	51.5342
Model3	2.026	0.1781	0.1349	0.0683	59.0070
Model4	21.48	0.000108	0.7817	0.7453	40.3525
Model5	23.51	7.07e-05	0.7676	0.7628	39.2872
Model6	5.70	0.01819	0.4872	0.4017	53.1629
Model7	15.35	0.0003017	0.8072	0.7546	40.4865

จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้ออกมาเป็นเช่นกันแต่เนื่องจากค่า Adjusted R-square สูงกว่าตัวแบบเชิงเส้น และค่า AIC ก็เช่นเดียวกัน ต่ำกว่าตัวแบบเชิงเส้น ดังนั้นระหว่างตัวแบบเชิงเส้น กับตัวแบบไม่เชิงเส้นควรเลือกตัวแบบไม่เชิงเส้นและสมการไม่เชิงเส้นที่เหมาะสมคือ

$$SED = 88.3406DA^{0.9047}$$

4.3 การประยุกต์ใช้กับข้อมูลตะกอนแขวนลอยในลำน้ำโขงสีมุล

จากการหาความสัมพันธ์แบบการถดถอยพหุเชิงเส้น และไม่เชิงเส้นโดยใช้ R program จากผลการวิเคราะห์ในหัวข้อที่ 4.2.1-2 พบว่าตัวแปรอิสระที่เหมาะสมที่จะอธิบายตะกอนแขวนลอยมากที่สุดคือ พื้นที่ลุ่มน้ำ และสมการที่เหมาะสมที่สุดคือสมการการถดถอยไม่เชิงเส้นอย่างง่าย และจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ครอบคลุมตัวแปรอิสระทางกายภาพลุ่มน้ำ ไม่ใช่ข้อมูลทั้งหมดของปริมาณตะกอนกับพื้นที่ลุ่มน้ำที่มี ดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยกับพื้นที่ลุ่มน้ำในลุ่มน้ำ โขง สี มุล ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียมข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลที่ใช้การวิเคราะห์ครั้งนี้เป็นข้อมูลที่ถูกบันทึกในรูปของ excel file โดยเรียกผ่าน Rcommander ชุดของข้อมูลเป็นดังนี้

ST	DA	SED
1	1,307.0	83,395.0
1	1,262.0	268,504.0
1	421.0	47,394.0
1	3,101.0	377,302.0
1	562.0	180,257.0
1	1,764.0	49,687.0
1	411.0	35,307.0

ST	DA	SED
1	1,932.0	207,366.0
1	644.0	104,380.0
1	142.0	14,468.0
1	110.0	18,412.0
1	48.0	16,584.0
1	255.0	33,927.0
1	848.0	48,168.0
1	167.0	10,432.0
1	1,118.0	113,535.0
1	707.0	49,584.0
1	869.0	56,350.0
1	352.0	90,447.0
1	414.0	80,994.0
1	1,235.0	38,437.0
2	4,207.0	409,489.0
2	300.0	6,773.0
2	11,020.0	296,810.0
2	13,171.0	426,752.0
2	8,912.0	191,079.0
2	13,638.0	251,933.0
2	6,835.0	238,416.0
2	945.0	206,037.0
2	2,905.0	195,288.0
2	422.0	62,168.0
2	1,511.0	193,357.0
2	98.0	11,981.0
2	205.0	15,192.0
2	1,949.0	54,035.0
2	31,879.0	951,209.0
2	1,342.0	51,976.0
2	3,168.0	409,941.0
2	323.0	80,363.0
2	192.0	55,949.0
2	744.0	29,572.0
2	508.0	36,073.0
2	1,218.0	12,123.0

ST	DA	SED
2	93.0	17,845.0
2	91.0	27,408.0
2	167.0	5,509.0
2	321.0	31,536.0
2	29,265.0	519,836.0
2	3,359.0	168,620.0
3	4,724.0	54,926.0
3	44,275.0	362,694.0
3	28,458.0	324,630.0
3	106,673.0	14,451,700.0
3	3,026.0	52,135.0
3	3,058.0	42,624.0
3	1,654.0	93,953.0
3	1,794.0	41,792.0
3	237.0	6,395.0
3	586.0	32,137.0
3	3,363.0	1,211.0
3	665.0	47,800.0
3	128.0	6,248.0
3	1,150.0	177,702.0
3	390.0	8,124.0
3	570.0	62,569.0
3	487.0	1,563.0
3	414.0	47,458.0
3	242.0	26,854.0
3	241.0	21,272.0
3	124.0	9,480.0
3	333.0	126,577.0
3	82.0	30,041.0
3	175.0	6,764.0
3	212.0	15,646.0
3	369.0	16,973.0
3	209.0	5,996.0
3	221.0	25,760.0
3	729.0	21,060.0
3	4,806.0	62,596.0

ST	DA	SED
3	3,012.0	24,912.0
3	134.0	10,697.0
3	1,745.0	65,895.0
3	148.0	149,763.0
3	313.0	105,990.0
3	1,519.0	38,799.0
3	3,881.0	105,930.0
3	864.0	24,371.0
3	250.0	18,287.0

ขั้นที่ 2 คำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นดังนี้

```
Dataset <- sqlQuery(channel = 1, select * from [sed$])
```

```
KH<-subset(Dataset,ST==1)
```

```
f.KH=lm(log(KH$SED)~log(KH$DA))
```

```
summary(f.KH)
```

```
anova(f.KH)
```

```
coef(f.KH)
```

```
AIC(f.KH)
```

```
CHEE<-subset(Dataset,ST==2)
```

```
f.KH=lm(log(CHEE$SED)~log(CHEE$DA))
```

```
summary(f.CHEE)
```

```
anova(CHEE)
```

```
coef(f.CHEE)
```

```
AIC(f.CHEE)
```

```
MUN<-subset(Dataset,ST==2)
```

```
f.MUN=lm(log(MUN$SED)~log(MUN$DA))
```

```
summary(f.MUN)
```

```
anova(MUN)
```

```
coef(f.MUN)
```

```
AIC(f.MUN)
```

เรียกข้อมูลจากExcel

เรียกข้อมูลเฉพาะลุ่มน้ำโขง

ฟังก์ชันที่ใช้ในการวิเคราะห์

สรุปผลจากการวิเคราะห์

วิเคราะห์ความแปรปรวนของฟังก์ชัน

ส่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ส่งค่า AIC

เรียกข้อมูลเฉพาะลุ่มน้ำชี

ฟังก์ชันที่ใช้ในการวิเคราะห์

สรุปผลจากการวิเคราะห์

วิเคราะห์ความแปรปรวนของฟังก์ชัน

ส่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ส่งค่า AIC

เรียกข้อมูลเฉพาะลุ่มน้ำมูล

ฟังก์ชันที่ใช้ในการวิเคราะห์

สรุปผลจากการวิเคราะห์

วิเคราะห์ความแปรปรวนของฟังก์ชัน

ส่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ส่งค่า AIC

ขั้นที่ 3 ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

รายการ	โขง	ชี	มูล
สมการ	$SED = 670.17DA^{0.7108}$	$SED = 608.76DA^{0.6792}$	$SED = 605.63DA^{0.6035}$
F	27.78	66.62	23.9
p-value	4.355e-05	1.211e-08	1.987e-05
R-square	0.5939	0.7193	0.3925
Adjusted R ²	0.5725	0.7085	0.376
AIC	44.09001	68.98657	133.4498

จากค่า p-value ที่ต่ำกว่า 0.01 ทุกกลุ่มน้ำแสดงให้เห็นว่า พื้นที่กลุ่มน้ำสามารถอธิบายถึงปริมาณตะกอนเฉลี่ยต่อปีทุกกลุ่มน้ำ จะเห็นได้ว่าค่า R-square , Adjusted R-square และ ค่า AIC แตกต่างกัน คือ กลุ่มน้ำโขงมีค่า AIC ต่ำกว่ากลุ่มน้ำอื่นๆ แสดงว่าเหมาะสมกว่ากลุ่มน้ำอื่นๆ แต่ค่า R-square กับ Adjusted R-square กลุ่มน้ำชีมีค่าสูงที่สุดรองลงมาคือกลุ่มน้ำโขง และกลุ่มน้ำมูลตามลำดับ

แต่เนื่องจากเป็นข้อมูลของแต่ละกลุ่มซึ่งเราไม่จำเป็นต้องเปรียบเทียบกันดังนั้นสมการที่ได้จึงเป็นตัวแทนที่เหมาะสมของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกับพื้นที่กลุ่มน้ำในแต่ละกลุ่มน้ำ

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการศึกษา ติดตาม และการประยุกต์ใช้ข้อมูลตะกอนแขวนลอย ในลุ่มน้ำชีมูลสามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

จำนวนสถานีตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชีมูล

พบว่า ลุ่มน้ำชีเป็นลุ่มน้ำที่มีสถานีสำรวจตะกอนแขวนลอยเทียบกับสถานีสำรวจปริมาณน้ำน้อยที่สุดคือ จำนวน 11 สถานี คิดเป็นร้อยละ 39.28 รองลงมาคือลุ่มน้ำโขง จำนวน 11 สถานี คิดเป็นร้อยละ 52.38 และลุ่มน้ำมูลจำนวน 22 สถานี คิดเป็นร้อยละ 53.66

การสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชีมูล ปี 2555

ผลการสำรวจปริมาณตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชีมูลในปี 2512 พบว่า สมการที่ได้โดยส่วนใหญ่แล้วมีค่า R-square สูงกว่า 0.5 มีเพียง 3 สถานีคือ E.22B E.87 และ Kh.74 ที่มีค่า R-square ต่ำกว่า 0.50 และมี 9 สถานีที่มีค่า R-square สูงกว่า 0.9 คือ สถานี E.66A E.91 Kh.28A Kh.61 Kh.61 M.110 M.159 M.170 และ M.176 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

การติดตามผลการสำรวจตะกอนแขวนลอยตามคำสั่งปีน้ำ 2546-2555 ในลุ่มน้ำโขงชีมูล

การติดตามการสำรวจตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชีมูล ตามคำสั่งปีน้ำ 2546-2555 พบว่า ในแต่ละปีตามคำสั่งปีน้ำในลุ่มน้ำโขง ชี มูล ไม่สามารถสำรวจให้ครบตามจำนวนที่ตั้งไว้ในคำสั่งปีน้ำ โดยลุ่มน้ำโขงเฉลี่ยแล้วไม่เป็นไปตามคำสั่งปีน้ำ 0.4 สถานี/ปี ลุ่มน้ำชี 2.0 สถานีต่อปี และลุ่มน้ำมูล 2.4 สถานีต่อปี ซึ่งเฉลี่ยเป็นต้นทุนแล้วไม่สามารถดำเนินงานไปตามเป้าหมายเฉลี่ยแล้วในลุ่มน้ำโขงคิดเป็น 11,120 บาท/ปี ลุ่มน้ำชี 55,600 บาท/ปี และลุ่มน้ำมูล 66,720 บาท/ปีเนื่องจากการสำรวจตะกอนในลำน้ำเป็นสำรวจที่ต้องใช้งบประมาณสูงและมีความซับซ้อนในกระบวนการ ดังนั้นผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ควรตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูลและควรสำรวจให้ครบถ้วนตามงบประมาณที่ได้รับ

การติดตามผลการสุ่มตัวอย่างตะกอนแขวนลอยในลุ่มน้ำโขงชี มูล

เนื่องจากถ้าจะให้เป็นไปตามมาตรฐานในการสุ่มตัวอย่างตะกอนแขวนลอยในลำน้ำแล้วควรที่จะทำการสุ่มไม่ต่ำกว่า 20 ตัวอย่าง จากการตรวจสอบข้อมูล ที่ส่งมาให้ในผลสำรวจปี 2555 พบว่าจากสถิติที่มีการสำรวจลุ่มน้ำโขงทำการสุ่มน้อยกว่า 20 ตัวอย่าง ร้อยละ 57.02 หรือส่วนใหญ่แล้วเก็บตัวอย่างในแต่ละปีน้อยกว่า 20 ตัวอย่าง ลุ่มน้ำชีร้อยละ 40.82 ถึงจะน้อยกว่าร้อยละ 50 แต่ก็ยังถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูงลุ่มน้ำมูลร้อยละ 26.47ลุ่มน้ำมูลส่วนใหญ่แล้วสุ่มมากกว่าหรือเท่ากับ 20 ตัวอย่าง ซึ่งจะเห็นได้ว่าในความเป็นจริงแล้วควรมีการเก็บตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 20 ตัวอย่างเท่านั้น แต่ส่วนใหญ่ก็ยังคงสุ่มตัวอย่างไม่เท่ากับ 20 ตัวอย่าง

การติดตามข้อมูลตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขงซี มูล

การติดตามข้อมูลตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำโขง ซี มูล นี้จะทำการติดตามข้อมูลเพื่อดูผลผลิตตะกอนหรือปริมาณตะกอนต่อพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกการกักเซาะของตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ ว่ามีมากน้อยแค่ไหน ถ้ามีมากนั้นหมายถึงโอกาสในการเกิดการกักเซาะมากด้วย ในการติดตามข้อมูลครั้งนี้ ติดตามข้อมูลจากระบบ VAX ของกรมชลประทาน พบว่า กลุ่มน้ำโขงมีผลผลิตตะกอนหรือปริมาณตะกอนเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำในอัตราที่สูงกว่ากลุ่มน้ำอื่นๆ โดยมี จำนวนสถานีที่มีผลผลิตตะกอนสูงกว่า 100 ตัน/ตร.กม. ถึง 11 สถานี จากจำนวนสถานีทั้งสิ้น 21 สถานี คิดเป็นร้อยละ 52.38 ซึ่งหมายความว่าส่วนใหญ่แล้วมีผลผลิตตะกอนมากกว่า 100 ตัน/ตร.กม. จึงเป็นกลุ่มน้ำที่ต้องเฝ้าระวัง และค่าสูงสุดของผลผลิตตะกอนอยู่ที่ KH.84 มีผลผลิตตะกอน 345.50ตัน/ตร.กม.

กลุ่มน้ำซี มีข้อมูล ในระบบ ทั้งสิ้น 28 สถานีมีการกักเซาะ อัตราการกักเซาะสูงกว่ากลุ่มน้ำอื่นๆ คือ มีจำนวนสถานีที่มีผลผลิตตะกอนสูงกว่า 100 ตัน/ตร.กม. ถึง 9 สถานี จากจำนวนสถานีทั้งสิ้น 28 สถานี คิดเป็นร้อยละ 32.14 ซึ่งหมายความว่ามีส่วนที่มีผลผลิตตะกอนมากกว่า 100 ตัน/ตร.กม. จึงเป็นกลุ่มน้ำที่ต้องไม่มีการตกตะกอนสูงเท่ากับกลุ่มน้ำโขง และค่าสูงสุดของผลผลิตตะกอนอยู่ที่ E.88มีผลผลิตตะกอน 301.19 ตัน/ตร.กม.แต่เป็นการสูมเพียงแคปีเดียวยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นตัวแทนของค่าสูงสุดในกลุ่มน้ำนี้

กลุ่มน้ำมูล มีข้อมูล ในระบบ ทั้งสิ้น 39 สถานีมีการกักเซาะ อัตราการกักเซาะสูงกว่ากลุ่มน้ำอื่นๆ คือมีจำนวนสถานีที่มีผลผลิตตะกอนสูงกว่า 100 ตัน/ตร.กม. ถึง 9 สถานี จากจำนวนสถานีทั้งสิ้น 21 สถานี คิดเป็นร้อยละ 23.08 ซึ่งหมายความว่าบางส่วนมีผลผลิตตะกอนมากกว่า 100 ตัน/ตร.กม. แต่เนื่องจากค่าสูงสุดของผลผลิตตะกอนอยู่ที่ M.171มีผลผลิตตะกอน 1,011.91ตัน/ตร.กม.ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงมากเมื่อเทียบกับ สถานีอื่นๆ ในกลุ่มน้ำทั้งโขง ซี และมูลเอง และเมื่อพิจารณาจำนวนปีที่ทำการเก็บรวบรวมแล้วคือ 11 ปี ซึ่งข้อมูลมากพอที่จะเชื่อถือค่าเฉลี่ยได้ดังนั้น จึงเห็นสมควรให้ทำการเฝ้าระวังในกลุ่มน้ำสาขานี้ของกลุ่มน้ำมูล

การประยุกต์ใช้ข้อมูลปริมาณตะกอน

จากการหาความสัมพันธ์แบบการถดถอยพหุเชิงเส้น และไม่เชิงเส้นโดยใช้ R program จากผลการวิเคราะห์พบว่าตัวแปรอิสระที่เหมาะสมที่จะอธิบายตะกอนแขวนลอยมากที่สุดคือ พื้นที่ลุ่มน้ำ และสมการที่เหมาะสมที่สุดคือสมการการถดถอยไม่เชิงเส้นอย่างง่าย และจากข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เป็นข้อมูลที่ครอบคลุมตัวแปรอิสระทางกายภาพลุ่มน้ำ ไม่ใช่ข้อมูลทั้งหมดของปริมาณตะกอนกับพื้นที่ลุ่มน้ำที่มี ดังนั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยกับพื้นที่ลุ่มน้ำในกลุ่มน้ำ โขง ซี มูล สมการที่เหมาะสมสำหรับในแต่ละกลุ่มน้ำเป็นดังนี้

$$\text{กลุ่มน้ำโขง : } SED = 670.17DA^{0.7108}$$

$$\text{กลุ่มน้ำซี : } SED = 608.76DA^{0.6792}$$

$$\text{กลุ่มน้ำมูล : } SED = 605.63DA^{0.6035}$$

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการเก็บสุ่มตัวอย่างปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำน้ำมีการสุ่มตัวอย่าง ที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่า 20 ตัวอย่าง ซึ่งในทางสถิติแล้วข้อมูลจำนวนนี้ถือว่าเป็นตัวอย่างขนาดเล็กหรือตัวอย่างน้อย แต่ก็พบว่าจากการสุ่มตัวอย่างที่ผ่านมามีการสุ่มน้อยกว่า 20 ตัวอย่าง เป็นส่วนใหญ่ ทำให้การ หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนรายวัน กับปริมาณน้ำรายวัน ขาดความน่าเชื่อถือ ดังนั้นโอกาสในการเกิดความผิดพลาดในการสุ่มมีสูงเนื่องจากเก็บตัวอย่างเพียง 15-25 ตัวอย่างจาก 365 ตัวอย่างที่สามารถสุ่มได้ คิดเป็นร้อยละ 6.8 เท่านั้น และช่วงเวลาที่ทำการสุ่มก็เพียงในช่วงที่ปริมาณน้ำมีปริมาณมากเท่านั้นดังนั้นในการที่เราเก็บเฉพาะในช่วงปริมาณน้ำมากไปพยากรณ์หรือทำนายค่าในช่วงที่มีน้ำน้อยอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ ดังนั้นจะต้องสำรวจติดตาม ตรวจสอบวิธีการเก็บตัวอย่างที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เทียบกับวิธีการของประเทศที่เขามีความเจริญทางด้านนี้มากกว่าเรา เพื่อพัฒนาหาแนวทางให้การเก็บข้อมูลด้านตะกอนแขวนลอยมีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแม่นยำ แล้วกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงานทั่วประเทศ

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน คู่มือการปฏิบัติงานตะกอนและคุณภาพน้ำ กลุ่มงานตะกอนและคุณภาพน้ำส่วน
อุทกวิทยา สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา , 2552
- กรมชลประทาน ปริมาณตะกอนแขวนลอยรายเดือนและรายปี ในลุ่มน้ำหลักของประเทศไทย
กลุ่มงานตะกอนและคุณภาพน้ำ ส่วนอุทกวิทยา สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทก
วิทยา ,2554
- กัลยา วานิชย์บัญชา การวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัวด้วย SPSS for Windows, กรุงเทพมหานคร : โรง
พิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2544
- วีระ เวตติวงศ์ การเคลื่อนย้ายตะกอนและวิธีปฏิบัติการภาคสนามสำหรับการวัดตะกอนน้ำ ,
กรุงเทพมหานคร : ฝ่ายสำรวจตะกอน กองอุทกวิทยา กรมชลประทาน , 2529
- ศิริชัย พงษ์วิชัย สถิติเพื่อการวิจัยด้วยโปรแกรม R เล่ม 2 การทดสอบความสัมพันธ์,
กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2552
- J.K. LINDSEY Nonlinear Models in Medical Statistics , New York : Oxford
University Press Inc. , 2001

ภาคผนวก

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วย R program

```
> KH<-subset(Dataset,ST==1)
> f.KH=lm(log(KH$SED)~log(KH$DA))
> summary(f.KH)
```

Call:

```
lm(formula = log(KH$SED) ~ log(KH$DA))
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.01084	-0.37844	-0.02789	0.45700	1.09415

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	6.5075	0.8621	7.548	3.93e-07 ***
log(KH\$DA)	0.7108	0.1348	5.271	4.35e-05 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.63 on 19 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.5939, Adjusted R-squared: 0.5725

F-statistic: 27.78 on 1 and 19 DF, p-value: 4.355e-05

```
> anova(f.KH)
```

Analysis of Variance Table

Response: log(KH\$SED)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(KH\$DA)	1	11.0287	11.0287	27.785	4.355e-05 ***
Residuals	19	7.5418	0.3969		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> coef(f.KH)
```

```
(Intercept) log(KH$DA)
 6.5075360  0.7108027
```

```
> AIC(f.KH)
```

```
[1] 44.09001
```

กลุ่มน้ำชี

```
> CHEE<-subset(Dataset,ST==2)
> f.CHEE=lm(log(CHEE$SED)~log(CHEE$DA))
> summary(f.CHEE)

Call:
lm(formula = log(CHEE$SED) ~ log(CHEE$DA))

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.83409 -0.43132  0.00049  0.57628  1.17122

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.41143    0.61469  10.430 8.75e-11 ***
log(CHEE$DA)  0.67918    0.08321   8.162 1.21e-08 ***
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7733 on 26 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7193, Adjusted R-squared:  0.7085
F-statistic: 66.62 on 1 and 26 DF, p-value: 1.211e-08

> anova(f.CHEE)

Analysis of Variance Table

Response: log(CHEE$SED)

            Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
log(CHEE$DA)  1 39.837  39.837  66.622 1.211e-08 ***
Residuals    26 15.547   0.598
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> coef(f.CHEE)
(Intercept) log(CHEE$DA)
  6.4114261  0.6791764

> AIC(f.CHEE)
[1] 68.98657
```

กลุ่มน้ำมูล

```
> MUN<-subset(Dataset,ST==3)
> f.MUN=lm(log(MUN$SED)~log(MUN$DA))
> summary(f.MUN)

Call:
lm(formula = log(MUN$SED) ~ log(MUN$DA))

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.2080 -0.5339 -0.0615  0.4858  3.0928

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  6.4063     0.8542   7.500 6.18e-09 ***
log(MUN$DA)  0.6035     0.1234   4.889 1.99e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.273 on 37 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3925, Adjusted R-squared:  0.376
F-statistic: 23.9 on 1 and 37 DF, p-value: 1.987e-05
> anova(f.MUN)

Analysis of Variance Table

Response: log(MUN$SED)

            Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
log(MUN$DA)  1 38.732  38.732  23.902 1.987e-05 ***
Residuals   37 59.957   1.620
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> coef(f.MUN)
(Intercept) log(MUN$DA)
  6.4062649  0.6035155

> AIC(f.MUN)
[1] 133.4498
```