



การใช้แบบจำลองน้ำตัดการไหล HEC-RAS สำหรับลำน้ำในลุ่มน้ำยมชรี  
 สถานีวัดน้ำท่า กรณีศึกษาแม่น้ำป่า จังหวัดน่าน

WATER SURFACE PROFILE ANALYSIS USING HEC-RAS  
 PROGRAM FOR UNGAGE-CATCHMENT; A CASE STUDY IN THE  
 PUA RIVER

นาย เจริญฤทธิ์ สุขสำราญ

นาย ณรงค์ฤทธิ์ เชียงดอย

นาย สุวิทย์ พลสร

1550709 9  
 น/ร.  
 8/1/77  
 2.553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา  
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2553

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 20 มิ.ย. 2554 .....
เลขทะเบียน..... 15507029 .....
เลขเรียกหนังสือ..... น/ร. ....
มหาวิทยาลัยนเรศวร 9744 ก

2553



## ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ      การใช้แบบจำลองน้ำตัดการไหล HEC-RAS สำหรับลำน้ำในลุ่มน้ำย่อย  
ที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่ากรณีศึกษา แม่น้ำปาว จังหวัดน่าน

ผู้ดำเนินโครงการ      นาย เจริญฤทธิ์      สุขสำราญ      รหัสสนិត      50370172  
   นาย ณรงค์ฤทธิ์      เจริญคอย      รหัสสนិត      50370349  
   นาย สุวิทย์      พลศรี      รหัสสนិត      50371346

ที่ปรึกษาโครงการ      รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น  
สาขาวิชา      วิศวกรรมโยธา  
ภาควิชา      วิศวกรรมโยธา  
ปีการศึกษา      2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น)

.....กรรมการ  
(รศ.ดร.สงวน ปัทมธรรมกุล)

.....หัวหน้าภาค  
(ผศ.ดร.สตีกรณณ์ เหลืองวิชเชจริญ)

ชื่อหัวข้อโครงการ การใช้แบบจำลองหน้าตัดการไหล HEC-RAS สำหรับลำน้ำในลุ่มน้ำย่อยที่  
ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า กรณีศึกษา แม่น้ำปัว จังหวัดน่าน

ผู้ดำเนินโครงการ	นาย เจริญฤทธิ์ สุขสำราญ	รหัสนิสิต	50370172
	นาย ณรงค์ฤทธิ์ เจริญดอย	รหัสนิสิต	50370349
	นาย สุวิทย์ พลสร	รหัสนิสิต	50371346

ที่ปรึกษาโครงการ รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชุกกลิ่น

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2553

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมการจำลองระบบแม่น้ำ(HEC-RAS) เพื่อศึกษา  
แบบจำลองหน้าตัดการไหลสำหรับลำน้ำในลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า กรณีศึกษา แม่น้ำปัว  
อำเภอ ปัว จังหวัดน่าน

ในการวิเคราะห์โดยการใส่ค่าข้อมูลระดับน้ำ และอัตราการไหลสูงสุดใน 10 , 50 , 100 ปี ที่  
รวบรวมได้ในปัจจุบัน ลงไปในรูปตัดขวางโดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ แม่น้ำหนึ่ง ในกลาง  
ลำน้ำเท่ากับ 0.03 และค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ แม่น้ำหนึ่ง บริเวณด้านข้างทั้งซ้ายและขวาของรูป  
ตัดลำน้ำเท่ากับ 0.05 ข้อมูลรูปตัดขวางลำน้ำ ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากการได้ไปสำรวจพื้นที่ทำ  
ให้ได้รูปตัดขวาง ที่สามารถบ่งบอกถึงค่าระดับน้ำได้แต่ละช่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นทำให้  
ทราบถึงพื้นที่ ที่อาจจะประสบอุทกภัยในแต่ละปีของ อำเภอปัว จังหวัดน่าน ในบางส่วน และซึ่ง  
สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดระดับความสูงของพนังกั้นน้ำตามแนวราบของตลิ่ง  
สองฝั่งลำน้ำปัว เพื่อป้องกันและบรรเทาปัญหาอุทกภัย

**Project title** : water surface profile analysis using HEC-RAS Program for  
ungage-catchment ; A case study in Pua river

**Name** : Mr.Jareanrit soksumran  
: Mr.Narongrit choengdoy  
: Mr.Suwit ponson

**Project adviser** : Mr.Sombat chuenchooklin

**Major** : Civil Engineering

**Department** : Civil Engineering

**Academic Year** : 2010

### **Abstract**

The HEC-RAS ( River Analysis System ) model was used to study the reproductive water surface profile profile of river of Pua and some part of Nan In analysis , maximum flow rate on 10 , 50 , 100 years , were used to apply in the model. The roughness coefficient by Manning on the right and left sides of river of 0.05 , and the main channel of 0.03 were selected. Moreover , the cross section of river and water level recorded were gathered form the Royal Irrigation Department. The results shown that the area in Nan were caused by flood . So we will used these data for determining the height of flood protection dike in both left and right flap of Pua River .

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จขึ้นมาได้ ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์สมบัติ ชื่นชูกลิ่น อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่คอยช่วยเหลือจัดหาข้อมูลแนะนำแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้อง ให้คำปรึกษาเพื่อแก้ปัญหา ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ประสาทความรู้แก่คณะผู้ดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และครูช่าง ของภาควิชา ที่เอื้อเฟื้ออุปการะในการทำวิจัย สุดท้ายขอขอบคุณพระบิดามารดา ที่คอยช่วยเหลือทั้งด้านการเงิน และด้านกำลังใจ มาโดยตลอด



ผู้จัดทำ

เจริญฤทธิ์ สุขสำราญ  
ณรงค์ฤทธิ์ เริงคอบ  
สุวิทย์ พลศรี

## สารบัญ

	หน้า
นิยามศัพท์	๗
1. บทนำ	
- หลักการและเหตุผล	1
- วัตถุประสงค์	1
- ขอบเขตการวิจัย	1
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
- ผังแสดงการทำงาน	2
2. หลักการและทฤษฎี	
- การแบ่งชนิดการไหลในทางน้ำเปิด	4
- คุณสมบัติพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิด	9
- สมการพลังงานของการไหลในทางน้ำเปิด	10
- ความลึกวิกฤติและความนัยสำคัญของเทอม	20
- การไหลของน้ำผ่านสิ่งกีดขวาง	23
3. วิธีการดำเนินการวิจัยและอุปกรณ์	
- อุปกรณ์	28
- วิธีการดำเนินงานวิจัย	28
- ขั้นตอนการดำเนินงาน	29
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัย	33
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	43
บรรณานุกรม	44
ภาคผนวก ก	45
ประวัติผู้ทำโครงการ	87

## สารบัญตาราง

เรื่อง		หน้า
ตารางที่ 2.1	ชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดตามเวลาตำแหน่ง	8
ตารางที่ 2.2	สัมประสิทธิ์รูปร่างตอม่อ	18
ตารางที่ 2.3	ค่าปรับแก้ต่างๆ สำหรับคำนวณสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning	19



## สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงแนวลำน้ำปาวที่ใช้ในการวิเคราะห์	3
รูปที่ 2.1 แผนผังการแบ่งชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดตามเวลาและตามตำแหน่ง	6
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างชนิดของการไหลในทางน้ำเปิด	7
รูปที่ 2.3 หน้าตัดการไหล	9
รูปที่ 2.4 การไหลในทางน้ำเปิดทั่วไป	10
รูปที่ 2.5 การไหลสม่ำเสมอในทางน้ำเปิด	11
รูปที่ 2.6 ค่าประมาณช่วงความยาวของแม่น้ำด้านท้ายน้ำ และมีเกณฑ์ความลึกปกติ	16
รูปที่ 2.7 การประมาณช่วงความยาวแม่น้ำด้านท้ายน้ำ โดยมีความลึกวิกฤติ	17
รูปที่ 2.8 โค้งพลังงานจำเพาะ	20
รูปที่ 2.9 โค้งพลังงานจำเพาะที่มีค่าต่ำสุด 2 ค่า	21
รูปที่ 2.10 การไม่ต่อเนื่องของโค้งพลังงานจำเพาะ	22
รูปที่ 2.11 หน้าข้างการไหลเหนือและต่ำกว่าวิกฤติคำนวณ โดยใช้ HEC-RAS	23
รูปที่ 2.12 ใต้อะแกรมของการไหลผ่านคอคอดสะพาน	24
รูปที่ 2.13 หน้าข้างการไหลของพื้นผิวน้ำผ่านคอคอดสะพานของชั้นการไหลที่แตกต่างกันออกไป	25
รูปที่ 2.14 เส้นกราฟแสดงค่า $q$ ที่ความลึกต่างๆ	26
รูปที่ 3.1 ผังแสดงการดำเนินงาน	29
รูปที่ 3.2 วิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ	30
รูปที่ 3.3 แผนที่การดำเนินงานลำน้ำปาว 1:50000	32
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบรูปตัดตามยาวของผิวน้ำใน ลำน้ำปาว ในคาบความถี่ 10 , 50 , 100 ปี	35
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความเร็วตามระยะทางใน ลำน้ำปาว ในคาบความถี่ 10 , 50 , 100 ปี	36
รูปที่ 4.3 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ปี พ.ศ. 2553 เพื่อการสอบเทียบค่า $n$	37
รูปที่ 4.4 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 10 ปี	38
รูปที่ 4.5 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 50 ปี	39
รูปที่ 4.6 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 100 ปี	40



## สารบัญรูป(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 4.7 แสดงพื้นที่น้ำท่วม ในคาบการเกิดซ้ำ 10 ปี	41
รูปที่ 4.8 แสดงพื้นที่น้ำท่วม ในคาบการเกิดซ้ำ 50 ปี	42
รูปที่ 4.9 แสดงพื้นที่น้ำท่วมใน คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี	47
รูปที่ 1 แสดงภาคตัดขวางของน้ำหลาก ในลำน้ำปาว	46
รูปที่ 2 แสดงโค้งปริมาณน้ำ	58
รูปที่ 3 แสดงภาคตัดขวางของสะพาน	72
รูปที่ 4 แสดงภาคตัดขวางของ ฝายป่าลาน	80
รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบรูปตัดตามยาวของฝายน้ำใน ลำน้ำปาว ในคาบความถี่ 10 , 50 ,100 ปี	81
รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความเร็วตามระยะทาง ในลำน้ำปาว ในคาบความถี่ 10 , 50 ,100 ปี	82
รูปที่ 7 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ปี พ.ศ. 2553 เพื่อการสอบเทียบค่า $n$	83
รูปที่ 8 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 10 ปี	84
รูปที่ 9 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 50 ปี	85
รูปที่ 10 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 100 ปี	86

## นิยามศัพท์

Q	Volume flow rate คือ อัตราการไหล มีหน่วยเป็น $m^3$ /วินาที แยกเป็นการไหลคงที่ (Steady flow) คือ การไหลที่มีความลึกของการไหลที่มีหน้าตัดด้านใดด้านหนึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่พิจารณาหน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงพิจารณา การไหลไม่คงที่ (Unsteady flow) คือ การไหลที่มีความลึกของการไหลที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลา
V	คือความเร็วในการไหลในทางน้ำเปิด มีหน่วยเป็น $m^2$ /วินาที
g	คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ $9.81$ $m$ /วินาที <sup>2</sup>
D	คือ ความลึกชลศาสตร์ (Hydraulic depth) มีค่าเท่ากับ $A/T$ โดยที่ $A$ คือพื้นที่หน้าตัดการไหล และ $T$ คือ ความกว้างผิวน้ำอิสระบนหน้าตัดการไหล
$N_R$	Reynolds number หมายถึงอัตราส่วนระหว่างแรงเฉื่อยต่อแรงเนื่องจากความหนืด
R	คือ รัศมีชลศาสตร์ (Hydraulic depth) มีค่าเท่ากับ $A/T$
P	คือ เส้นขอบเปียก (Watted parameter)
$\mu$	คือ ความหนืดพลวัต (Dynamic viscosity) หรือ สัมประสิทธิ์ความหนืด (Coefficient of viscosity)
Z	คือ ระดับท้องน้ำของทางน้ำเปิดเหนือระดับอ้างอิง (ฟุต, เมตร)

## นิยามศัพท์(ต่อ)

y	คือ ความลึกของการไหล (Pressure head= $p/\gamma$ )
$H_L$	คือ การสูญเสียพลังงาน(Head loss) ระหว่างหน้าตัด A หน้าตัด B
S	คือ ความลาดของเส้นพลังงาน
L	คือ ระยะระหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B
$C_d$	คือ สัมประสิทธิ์การไหลขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการไหลข้ามฝาย
L	คือ ความยาวสันฝาย
H	คือ ความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝาย
$V_o$	คือ ความเร็วในการไหลในทางน้ำเปิดทางด้านเหนือฝาย
n	คือ สัมประสิทธิ์ Manning
W.S.P	Water surface profile คือ ค่าระดับผิวน้ำที่วัดได้หรือคำนวณได้ในทางน้ำเปิดที่พิจารณา

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในแม่น้ำโดยทั่วไปจะมีสิ่งกีดขวางการไหลของลำน้ำ ทำให้อัตราการไหลของน้ำเดินทางไม่สะดวก จึงทำให้ประสบปัญหาน้ำท่วม สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นอย่างมากและยังสร้างความเสียหายต่อพืชผลทางการเกษตร ในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก จึงได้มีการศึกษาแบบจำลองผิวน้ำ ซึ่งทำให้สามารถทราบวาพื้นที่ใดมีระดับน้ำเท่าใด และพื้นที่ใดประสบปัญหาน้ำท่วมในแต่ละปี

#### 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ผิวน้ำในลำน้ำปาวด้วยการใช้โปรแกรม HEC-RAS

1.2.2 เพื่อทราบถึงแบบจำลองการไหลของน้ำใน แม่น้ำปาว

1.2.3 เพื่อทราบถึงลักษณะของลำน้ำปาว และพื้นที่น้ำท่วมบริเวณฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของลำน้ำ

1.2.4 เพื่อรวบรวมข้อมูลและศึกษาลักษณะของลำน้ำ และรูปตัดต่างๆของ แม่น้ำปาว

#### 1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทำให้ทราบถึงวิธีการใช้โปรแกรม HEC-RAS

1.3.2 สามารถใช้โปรแกรม HEC-RAS เข้ามาช่วยในงานชลประทาน

1.3.3 ทราบถึงลักษณะผิวน้ำและพื้นที่น้ำท่วมบริเวณลุ่มแม่น้ำปาว

#### 1.4 ขอบข่ายงาน

1.4.1 กรอกข้อมูลที่ได้ไปเก็บรวบรวมมาใน แม่น้ำปาว ลงโปรแกรมโดยอาศัยข้อมูลลำน้ำ

และพิกัดจุดต่างๆ จากแผนที่ เพื่อหารูปตัดของลำน้ำ และเพื่อหาพื้นที่น้ำท่วมทั้งฝั่ง

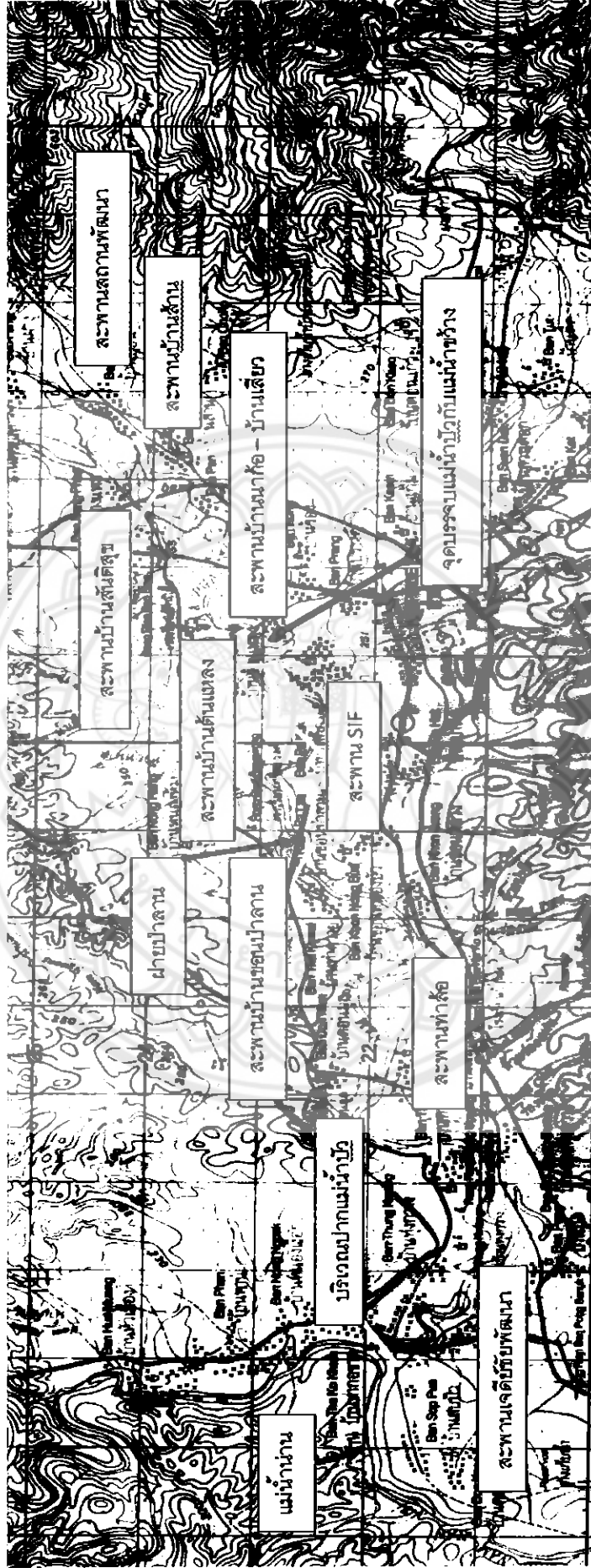
ซ้ายและฝั่งขวาของแม่น้ำปาว โดยใช้โปรแกรม HEC-RAS

### 1.5 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์
1. การนำเสนอ โครงการ	←→				
2. ตรวจสอบ/คัดเลือก พื้นที่ลุ่มน้ำย่อย	←→				
3. ติดต่อข้อมูลจาก สำนักงานที่เกี่ยวข้อง		←→			
4. วิเคราะห์ข้อมูล/ ปัญหาที่เกิดขึ้น			←→		
5. เขียนโครงการ			←→		

### 1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1. จัดทำรูปเล่ม 1,000 บาท
  2. ค่าเดินทาง 1,000 บาท
  3. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ 1,000 บาท
- รวมเป็นเงิน 3,000 บาท (สามพันบาทถ้วน)



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงแนวลำน้ำปาว ที่ใช้ในการวิเคราะห์

## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎี

โครงการนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับพลศาสตร์ของไหลในทางน้ำเปิด และขีดจำกัดของกลุ่มน้ำ โดยมีพื้นที่ศึกษา คือ ลุ่มแม่น้ำปาว อำเภอ ปัว จังหวัด น่าน เพื่อเน้นถึงความจริงที่ประยุกต์ใช้โปรแกรมที่ศึกษา HEC-RAS Version 4.1 โดยโปรแกรมนี้เป็นการจำลองระบบแม่น้ำ

#### การแบ่งชนิดของการไหลในทางน้ำเปิด

การไหลในทางน้ำเปิดสามารถแบ่งได้หลายวิธี Ven Te Chow ได้แบ่งการไหล ในทางน้ำเปิด ตามการเปลี่ยนแปลงตามความลึกของการไหล ซึ่งขึ้นกับเวลา (Time) และตำแหน่ง (Space) ดังนี้

การแบ่งชนิดการไหลตามเวลา (Classification with respect to time) สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ

1. การไหลคงที่ (Steady flow) คือ การไหลที่มีความลึก ของการไหลที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่ง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่พิจารณา
2. การไหลไม่คงที่ (Unsteady flow) คือ การไหลที่มีความลึก ของการไหลที่หน้าตัดใดหน้าตัดหนึ่ง มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่พิจารณา

การแบ่งชนิดการไหลตามตำแหน่ง (Classification with respect to space) สามารถแบ่ง ได้เป็น 2 ชนิดคือ

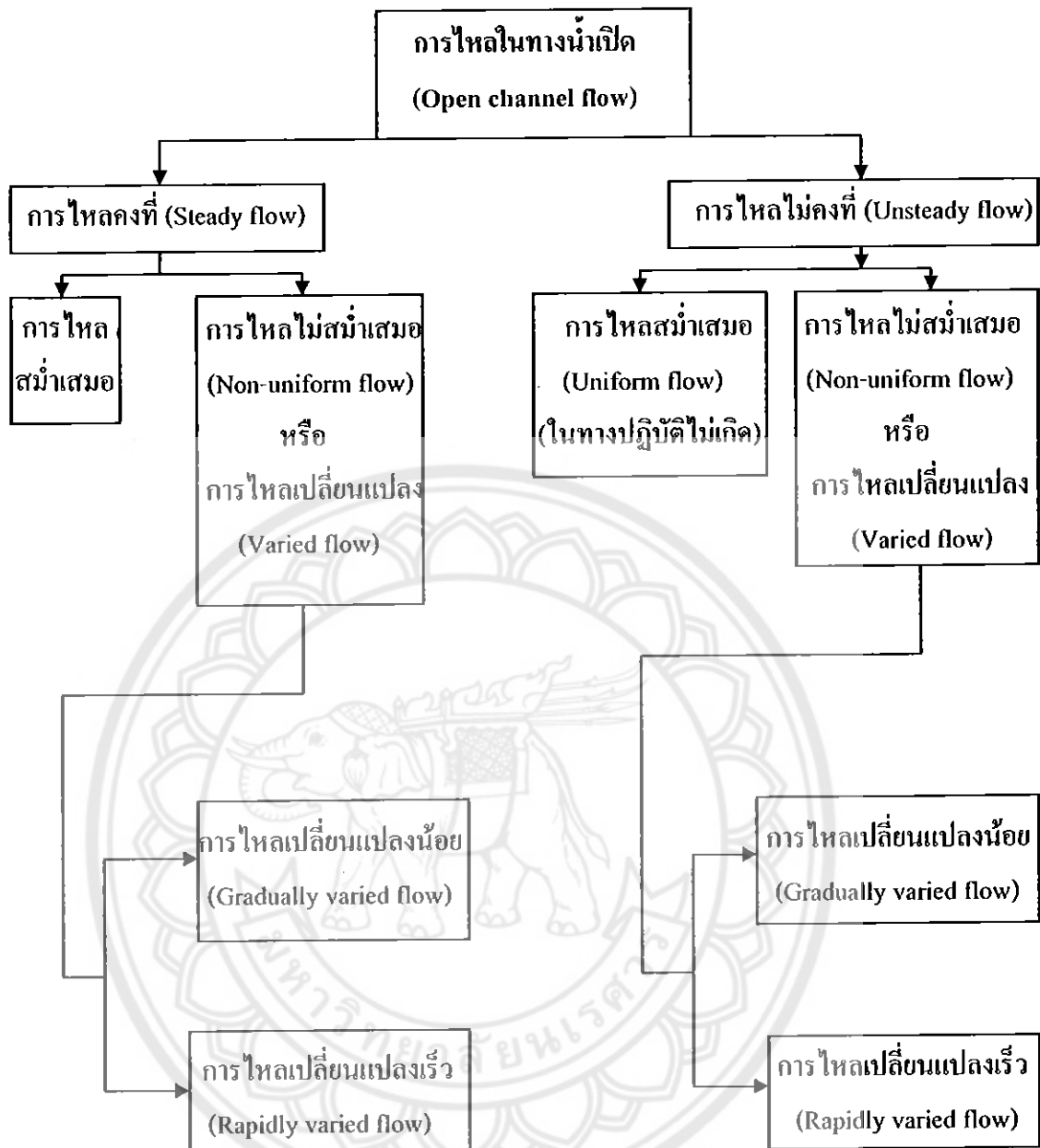
1. การไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform flow) คือ การไหลที่มีความลึกของการไหลเท่ากัน ตลอดความยาวของทางน้ำเปิด ซึ่งการไหลสม่ำเสมอจะเป็นการ ไหลคงที่หรือไม่คงที่นั้นขึ้นอยู่กับว่าความลึกของการไหลมีความเปลี่ยนแปลงตามเวลาด้วยหรือไม่ โดยในทางปฏิบัติแล้ว การไหลสม่ำเสมอแบบ ไม่คงที่ (Uniform unsteady flow) จะไม่เกิดขึ้น
2. การไหลไม่สม่ำเสมอ (Non-uniform flow) คือ การไหลเปลี่ยนแปลง (Varied flow) คือ การไหลที่มีความลึกของการไหลเปลี่ยนแปลงตามแนวความยาวของคาน้ำเปิด ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั้งกรณีที่เป็น การไหลคงที่และ ไม่คงที่ โดยมักเกิดขึ้นทั่วไปในทางน้ำเปิดธรรมชาติ การไหลไม่สม่ำเสมอยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

2.1) การไหลเปลี่ยนแปลงน้อย (Gradually varied flow, GVF) คือ การไหลที่มีความลึกของกระแสน้ำค่อยๆ เปลี่ยนแปลงตามระยะทาง ซึ่งวิเคราะห์การไหลจะอาศัยสมการพลังงาน (Energy equation) และสมการการเสียดทาน (Frictional resistance equation)

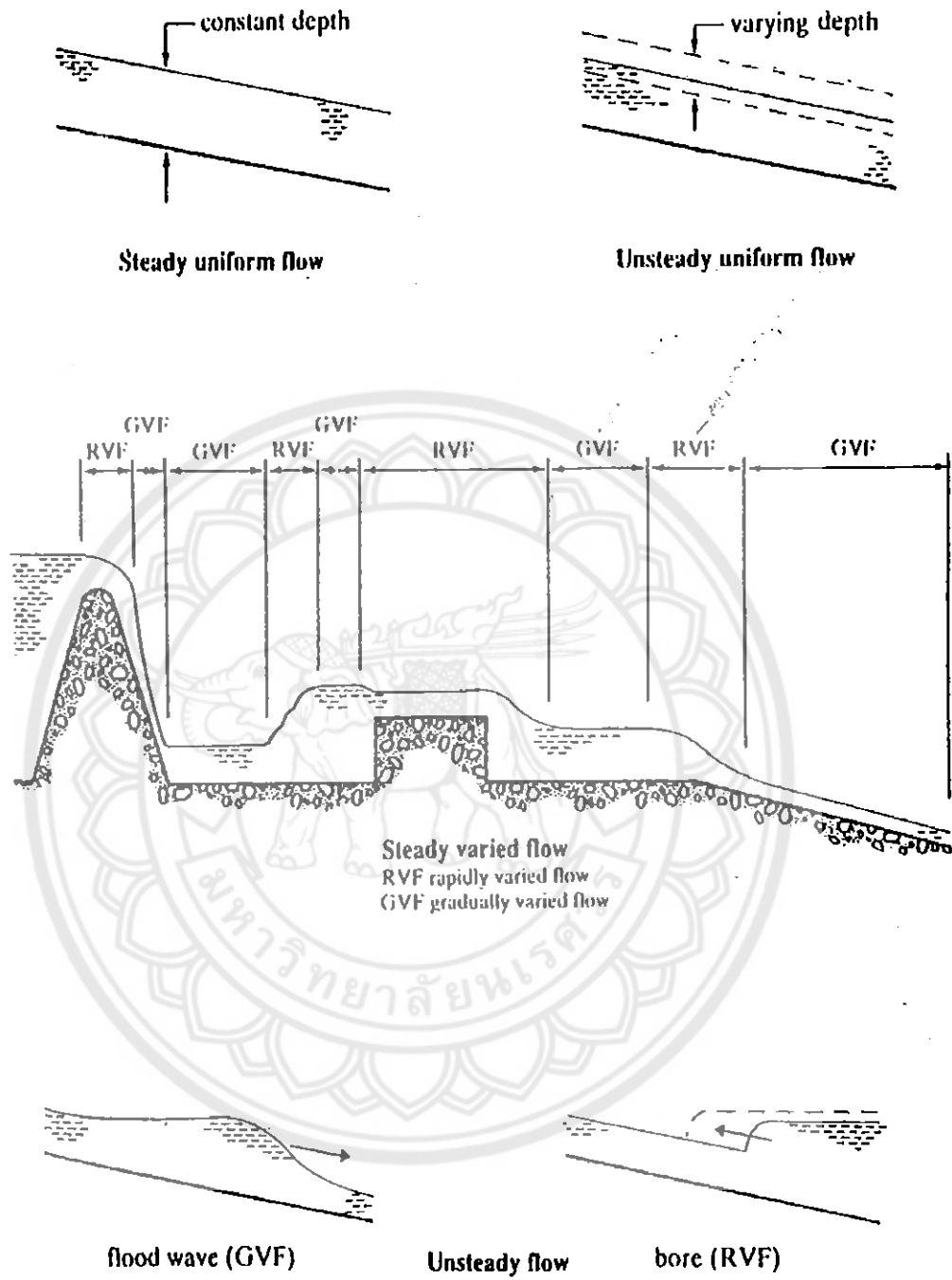
2.2) การไหลแบบเปลี่ยนแปลงเร็ว (Rapidly varied flow, RVF) คือ การไหลที่มีของกระแสน้ำเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามระยะทาง เช่น การไหลจากสันฝายน้ำล้น การเกิดน้ำกระโดด (Hydraulic jump) และการเกิดน้ำเชี่ยวข้อน (bore) เป็นต้นซึ่งการวิเคราะห์การไหลจะต้องอาศัยสมการพลังงาน (Energy equation) และสมการ โมเมนตัม (Momentum equation) เป็นหลักในการวิเคราะห์โดยสรุปแล้ว การไหลในทางน้ำเปิดสามารถแบ่งได้ตามเวลา และตำแหน่ง โดยสามารถ เขียนแผนผังการแบ่งชนิดการไหลในทางน้ำเปิดได้ดังรูปที่ 2.1 โดยพิจารณาเป็นฟังก์ชันอนุพันธ์เทียบกับเวลา ( $t$ ) และเทียบกับตำแหน่งหรือระยะทาง ( $x$ ) ได้ดังตารางที่ 2.1 และมีตัวอย่างที่ 2.1 และมีตัวอย่างภาพชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดดังรูปที่ 2.2







รูปที่ 2.1 แผนผังการแบ่งชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดตามเวลาและตำแหน่ง



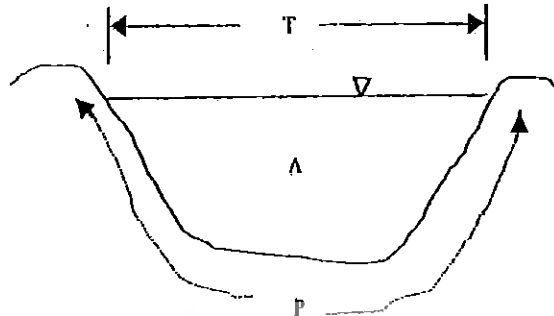
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างชนิดของการไหลในทางน้ำเปิด

ตารางที่ 2.1 ชนิดของการไหลในทางน้ำเปิดตามเวลาและตำแหน่ง

ชนิดของการไหล	สมการอนุพันธ์
1. การไหลคงที่ (Steady flow)	$\frac{d}{dt}(y, Q, V, \dots) = 0$
1.1. การไหลสม่ำเสมอ (Uniform flow)	$\frac{d}{dt} = 0$
1.2. การไหลเปลี่ยนแปลงน้อย (Gradually varied flow)	$\frac{d}{dt} \approx 0$
1.3. การไหลเปลี่ยนแปลงเร็ว (Rapidly varied flow)	$\frac{dy}{dx} \gg 0$
2. การไหลไม่คงที่ (Unsteady flow)	$\frac{d}{dt}(y, Q, V, \dots) \neq 0$
2.1. การไหลไม่คงที่สม่ำเสมอ (Uniform unsteady flow)	$\frac{dy}{dx} = 0$
2.2. การไหลไม่คงที่เปลี่ยนแปลงน้อย (Gradually varied unsteady flow)	$\frac{dy}{dx} \approx 0$
2.3. การไหลไม่คงที่เปลี่ยนแปลงเร็ว (Rapidly varied unsteady flow)	$\frac{dy}{dx} \gg 0$

หมายเหตุ  $y$  คือ ความลึกของการไหล,  $Q$  คือ อัตราการไหล และ  $V$  คือ ความเร็วของการไหล  
คุณสมบัติพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิด

พิจารณาหน้าตัดการไหลของทางน้ำเปิดรูปตัดใดๆ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หน้าตัดการไหล

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิดประกอบด้วย

อัตราการไหล( $Q$ ), ความลึกของการไหล ( $y$ ), ความกว้างของผิวน้ำ ( $T$ ), และเส้นขอบเปียก

(Wetted parameter :  $P$ )

ซึ่งสามารถวิเคราะห์คุณสมบัติพื้นฐานของการไหลในทางน้ำเปิดได้ดังนี้

(1.) ความเร็วในการไหล (ความเร็วเฉลี่ย)  $V = \frac{Q}{A}$  ... (2.1)

(2.) รัศมีชลศาสตร์ (hydraulic radius)  $R = \frac{dy}{dx}$  ... (2.2)

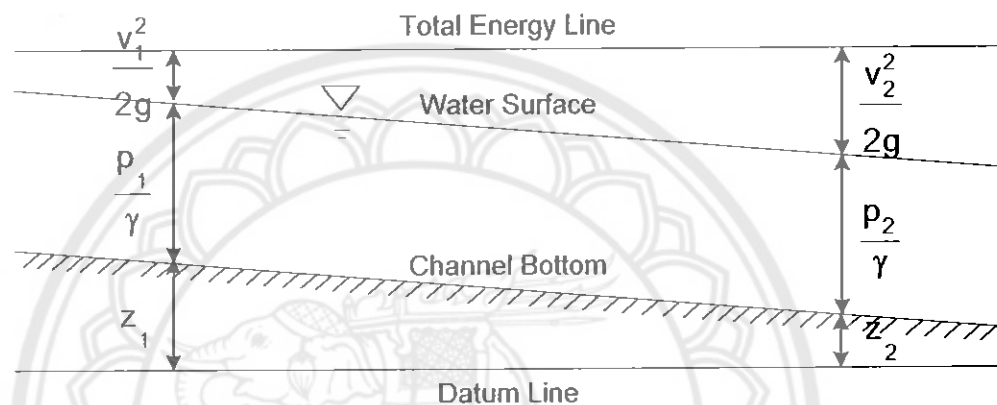
(3.) ความลึกชลศาสตร์ (Hydraulic depth)  $D = \frac{dy}{dx}$  ... (2.3)

(4.) ปัจจัยหน้าตัดสำหรับการไหลวิกฤติ  $Z = A\sqrt{D}$  ... (2.4)  
(Section factor for critical flow)

(5.) ปัจจัยหน้าตัดสำหรับการไหลสม่ำเสมอ  $U = AR^{2/3}$  ... (2.5)  
(Section factor for uniform flow)

### สมการพลังงานของการไหลในทางน้ำเปิด

เนื่องจากการไหลในทางน้ำเปิด เป็นการไหลของการไหลจากบริเวณที่มีพลังงานสูงไปสู่บริเวณที่มีพลังงานต่ำ ซึ่งลักษณะของการไหลจะเกิดแรงเสียดทานระหว่างของไหลกับผนังทางน้ำเปิด และแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคของของไหลจึงเกิดการสูญเสียพลังงาน (Head loss,  $h_L$ ) ในช่วงระยะทางการไหลที่พิจารณาเช่นลักษณะการไหลในทางน้ำเปิดทั่วไประหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การไหลในทางน้ำเปิดทั่วไป

พิจารณาจากรูปที่ 2.4 สามารถเขียนสมการพลังงานระหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B ได้ดังนี้

$$Z_A + y_A + \frac{v_A^2}{2g} = Z_B + y_B + \frac{v_B^2}{2g} + h_L \quad \dots (2.6)$$

เมื่อ  $Z$  คือ ระดับท้องน้ำของทางน้ำเปิดเหนือระดับอ้างอิง (ft, m)

$y$  คือ ความลึกของการไหล หรือความดัน (Pressure head =  $P/\gamma$ )

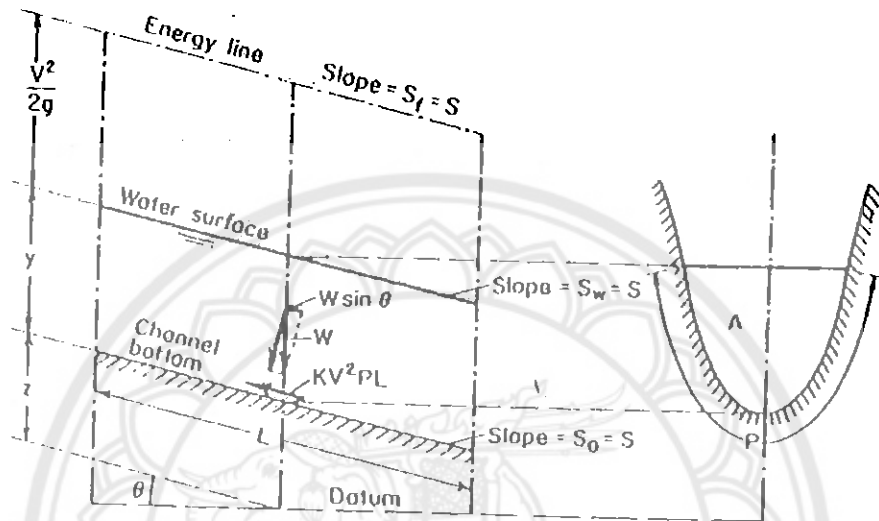
$V$  คือ ความเร็วเฉลี่ยของการไหล (ft/s, m/s)

และ  $h_L$  คือ การสูญเสียพลังงาน (Head loss) ระหว่างหน้าตัด A และหน้า

ตัด B (ft-lb./lb, N-m/N) หรือ (ft, m)

## การไหลสม่ำเสมอ (Uniform flow)

การไหลสม่ำเสมอ (Uniform flow) หรือการไหลปกติ (Normal flow) คือการไหลที่เกิดขึ้นบนทางน้ำเปิดคงรูป (Prismatic channel) หรือทางน้ำที่มีหน้าตัดคงที่ตลอดการไหล โดยมีความลึกเท่ากันในช่วงการไหลที่พิจารณา ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การไหลสม่ำเสมอในทางน้ำเปิด

จากรูปจะเห็นได้ว่าการไหลสม่ำเสมอมีลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. ความลึก พื้นที่หน้าตัด ความเร็วและอัตราการไหลทุกๆหน้าตัดของทางน้ำเปิดจะต้องคงที่
2. ความลาดของเส้นระดับพลังงาน (Energy grade line, H.G.L.) ความลาดของเส้นระดับชลศาสตร์ หรือเส้นระดับผิวน้ำ (Hydraulic grade line, H.G.L.) และความลาดของน้ำ จะต้องขนานกันเท่ากันทำให้มีความลาดเท่ากัน หรือ  $S_f = S_w = S_0 = S$

### สมการการไหลสม่ำเสมอ

ในการไหลสม่ำเสมอจะมี  $y_A = y_B$  และ  $V_A = V_B$  ดังนั้น

จากสมการที่ (2.6) จะมี

$$\begin{aligned} \text{การสูญเสียพลังงาน } h_L &= Z_A - Z_B \\ &= SL \end{aligned} \quad \dots (2.7)$$

เมื่อ S คือ ความลาดของสันระดับพลังงาน

L คือ ระยะทางระหว่างหน้าตัด A และหน้าตัด B

สูตรของ Manning ในปี 1889 Robert Manning วิศวกรชาวไอริส ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของ Chezy และสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning กับรัศมีชลศาสตร์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายดังนี้

$$\text{ระบบหน่วยอังกฤษ : } C = \frac{1.49}{n} R^{1/6} \quad \dots (2.8)$$

$$\text{ระบบหน่วยแรง SI : } C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad \dots (2.9)$$

เมื่อแทนค่า C จากสมการที่ 2.11 และสมการที่ 2.12 ในสมการที่ 2.8 จะได้สมการของ Manning สำหรับ กำหนดความเร็วของการไหลในทางน้ำเปิดดังนี้

$$\text{ระบบหน่วยอังกฤษ : } V = \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots (2.10)$$

$$\text{ระบบหน่วย SI : } V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots (2.11)$$

จากสมการที่ 2.10 และสมการที่ 2.11 สามารถหาอัตราการไหลในทางน้ำเปิดได้ดังนี้

$$\text{หน่วยอังกฤษ : } Q = \frac{1.49}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots (2.12)$$

$$\text{ระบบหน่วย SI : } Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots (2.13)$$

ในส่วนของสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning (n) สามารถได้จากการทดลองหรือทดสอบจากการวัดตัวแปรต่างๆ ซึ่งในกรณีของการไหลแบบสม่ำเสมอจะต้องวัดค่าต่างๆต่อไปนี้

1. อัตราการไหล (Q) โดยการใช้เครื่องวัดความเร็วของกระแส (Current meter) ที่หน้าตัดย่อยของทางน้ำเปิด ( $Q=AV$ )

2. พื้นที่หน้าตัด (A) โดยใช้เทป ไม้ระดับ ประกอบด้วยเครื่องมือวัดความลึกของน้ำโดยอาศัยคลื่นสะท้อน (echosounding) (ถ้ามี) จากนั้นนำผลที่ได้นำมาลงในกระดาษกราฟแล้วใช้เครื่องวัดพื้นที่ (planimeter) หาขนาดพื้นที่หน้าตัดได้

หาขนาดพื้นที่หน้าตัดได้

3. เส้นขอบเปียก (P) สามารถ ได้จากการใช้เครื่องมือวัดระยะทาง วัดเส้นขอบเปียกได้จากหน้าตัดทางน้ำเปิด

4. ความลาด (S) หาได้จากการใช้กล้องระดับประกอบกับเทปวัดระยะทางเมื่อวัดตัวแปรต่างๆ ทั้ง 4 ตัวแปรที่กล่าวมานี้ จะสามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำเปิดได้จากสมการที่ 2.12 หรือสมการที่ 2.13 แล้วแต่ว่าข้อมูลที่วัดจริงเป็นระบบหน่วยอะไร และในกรณีที่ไม่มีการวัดจริงในสนาม ก็มีข้อเสนอแนะในการกำหนดสัมประสิทธิ์ความขรุขระของทางน้ำเปิด ดังตารางที่ 2.3 และตารางที่ 2.4 โดยมีวิธีการเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ  $n$  ที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องอาศัยประสบการณ์และการตัดสินใจ (judgement) จากองค์ประกอบต่างๆ (factors) ที่สำคัญดังนี้ 4.1 ความขรุขระของผิวน้ำทางน้ำเปิด (surface roughness) หมายถึงขนาดและรูปร่าง ของวัสดุ ที่เป็นผิวน้ำทางน้ำเปิด ถ้าวัสดุเป็นเม็ดละเอียด (fine grain) จะมีค่า  $n$  ต่ำ ในขณะที่เป็นวัสดุเม็ดหยาบ (coarse grain) มีค่า  $n$  สูง

4.2 พืชปกคลุม (vegetation) หมายถึงการที่พืชเจริญเติบโตในทางน้ำเปิด เช่น มีหญ้าขึ้นหรือผักตบชวาลอย เป็นต้น ลักษณะนี้จะทำให้ค่า  $n$  มากขึ้น เพราะขวางทางน้ำ ทำให้ลดพื้นที่หน้าตัดการไหลซึ่งผลของการมีพืชปกคลุมต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสูง ความหนาแน่น และชนิดของพืช เป็นต้น

4.3 ความผันแปรและความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด (channel irregularities and channel alignment) คือ ความผันแปรของทางน้ำเปิดอันเนื่องมาจากความแปรเปลี่ยนของรูปร่าง หน้าตัดและขนาดตามความยาวของทางน้ำเปิด ตลอดจนความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงมากจะทำให้สัมประสิทธิ์ความขรุขระมากตามไปด้วย

4.4 การกัดเซาะ และการตกตะกอน (scouring and siltting) ซึ่งทางน้ำเปิดจะถูกกัดเซาะโดยกระแสน้ำมากก็ทำให้เป็นการเพิ่มความขรุขระ ของผนังคลอง ทำให้สัมประสิทธิ์ความขรุขระของพื้นผิวมากขึ้น ในทางตรงข้าม หากมีการตกตะกอนของวัสดุที่มีความละเอียดกว่าผิวน้ำเปิดจะช่วยลดความขรุขระของพื้นผิว ทำให้สภาพการไหลสะดวกยิ่งขึ้น ดังนั้น สัมประสิทธิ์ความขรุขระจะมีแนวโน้มน้อยลง

4.5 สิ่งกีดขวางทางน้ำ (obstruction) เช่น ตอม่อสะพาน การรูก่อของสิ่งก่อสร้างต่างๆ เข้าไปในคูคลองหรือแม่น้ำต่างๆ จะทำให้น้ำไหลได้ลำบากยิ่งขึ้นทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด รูปร่าง จำนวน และการเรียงตัวของสิ่งกีดขวางต่างๆ เป็นต้น

4.6 ความลึกของการไหล และอัตราการไหล (stage and discharge) โดยปกติค่า  $n$  ในทางน้ำเปิดต่างๆ ไปจะมีค่า  $n$  ลดลงเมื่อมีความลึกมากขึ้น หรือมีอัตราการไหลเพิ่มขึ้น เพราะในขณะที่มีน้ำน้อยในทางน้ำเปิด ในส่วนของปริมาตรน้ำ จะมีการสัมผัสกับผนังทางน้ำเปิดคิดเป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำทั้งหน้าตัดแล้ว เมื่อน้ำน้อยจะมีสัดส่วนการสัมผัสผนังทางน้ำเปิดมากกว่าจึงมีผลทำให้ค่า



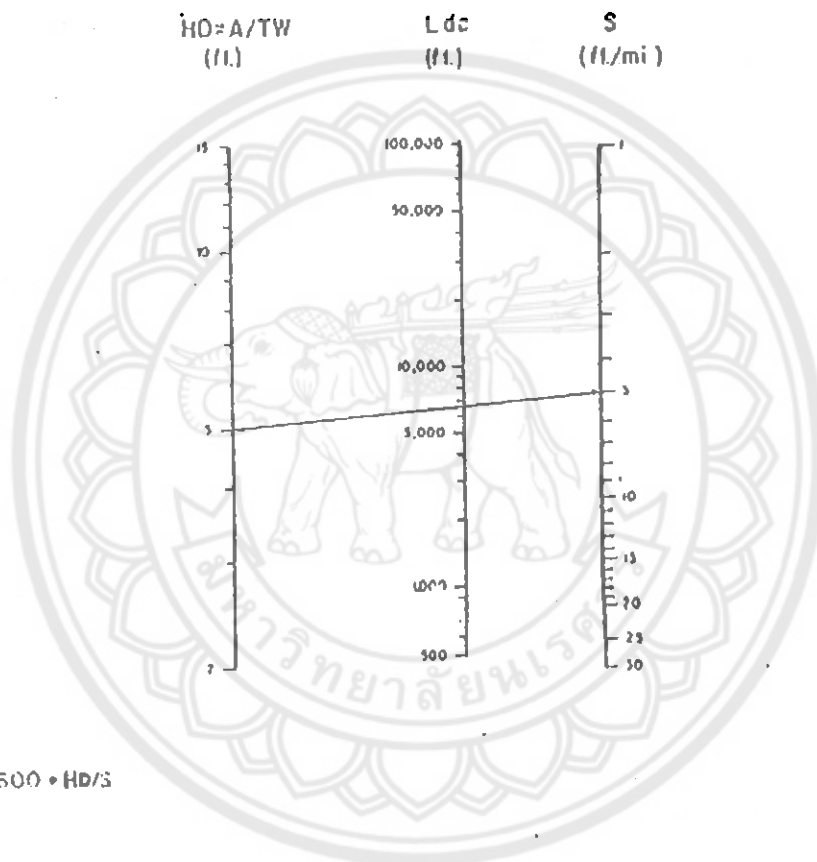
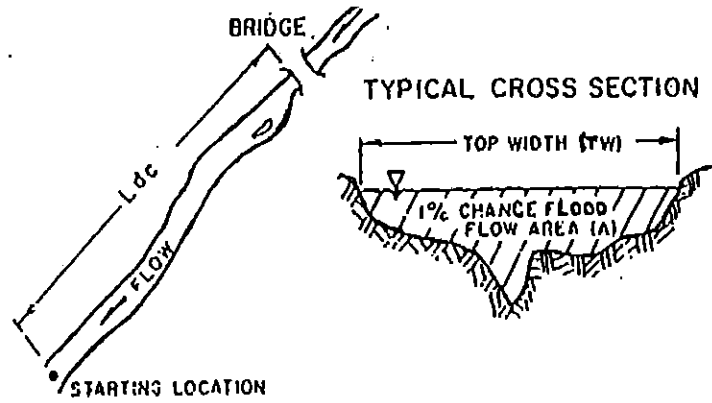
$n$  ในน้ำน้อยมีแนวโน้มที่สูงกว่าในน้ำมาก แต่ก็ไม่ใช่เสมอไปทุกกรณี ดังเช่น ถ้าความลึกน้ำมากขึ้นแล้วไปพบหรือท่วมตลิ่งที่มีความขรุขระมากก็มีผลที่มีความขรุขระมากก็มีผลทำให้ค่า  $n$  สูงขึ้นได้

### สัมประสิทธิ์ความขรุขระ และสัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานอื่นๆ

การสูญเสียมีอยู่ 3 แบบที่ใช้กับ HEC เพื่อประเมินค่าการสูญเสียหัว (head loss) (1) ค่า Manning's  $n$  ของการสูญเสียการเสียดทาน (2) สัมประสิทธิ์การสอบเข้าและการขยายออกของการสูญเสียที่ช่วงต่อ (transition) และ (3) การสูญเสียที่สะพาน สัมประสิทธิ์การสูญเสียมาจากรูปร่างของฝาย รูปร่างตอม่อ และสถานะการไหลภายใต้ความดันในวิธีวิเคราะห์ special bridge ค่า Manning's  $n$  ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ  $n$  หามาได้จากแหล่งที่แตกต่างกันออกไป ตารางค่า  $n$  มีอยู่ในหนังสือวิชาการทางชลศาสตร์ทั่วไป ตารางและรูปหาได้จากหนังสือ Chow (2) ซึ่ง เป็นที่แพร่หลายอยู่ทั่วไป วิธีอื่นที่ใช้ในการคำนวณค่า  $n$  จะมีการใช้สูตรต่างๆ ผลของตัวอย่างในสนามและการวิเคราะห์ทางปฏิบัติการ และการใช้ HEC-RAS ในการประมาณค่า  $n$  จากคราบน้ำระดับสูง HEC-RAS จะสามารถประมาณค่าของ  $n$  ได้ถ้ามีคราบน้ำระดับสูง หรือน้ำท่วม ในช่วงลำน้ำที่ต้องการ ถ้าเลือกทางเลือก  $n$ -value option โปรแกรมจะคำนวณค่า  $n$  เพื่อหาระดับพื้นผิวน้ำของอัตราการไหลที่กำหนดให้แต่ละรูปตัดวิธีการนี้มีปัญหาคือความคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล จะมีผลสะท้อนต่อการคำนวณค่า  $n$  ดังตัวอย่างเช่น อาจจะมีการพิจารณาความไม่แน่นอนของค่าอัตราการไหลที่กำหนดให้แต่ละรูปตัดวิธีการนี้มีปัญหาคือความคลาดเคลื่อนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลจะมีผลสะท้อนต่อการคำนวณค่า  $n$  ดังตัวอย่างเช่น อาจจะมีการพิจารณาความไม่แน่นอนของอัตราการไหลที่สมมุติขึ้นและระดับของคราบน้ำสูงค่าอัตราการไหลที่ได้จากระดับที่รู้อาจจะไม่ได้มาจากน้ำท่วม 100 ปีโดยตรงของน้ำท่วม 100 ปี หรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับข้อมูล จะมีผลสะท้อนต่อการคำนวณค่า  $n$  ดังตัวอย่างเช่น อาจจะมีการพิจารณาความไม่แน่นอนของค่าอัตราการไหลที่สมมุติขึ้น และระดับของคราบน้ำสูง ค่าอัตราการไหลที่ได้จากระดับที่รู้อาจจะไม่ได้มาจากน้ำท่วม 100 ปี หรือเหตุการณ์อื่นๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ระดับของคราบน้ำอาจจะมาจากผลของขยะ หรือสิ่งที่พุดมาทับน้ำ เมื่อเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้น โปรแกรมจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ผลที่ได้จะเหมาะสมกับการปฏิบัติการ ซึ่งจะหาค่า  $n$  ที่คำนวณได้ขึ้นลงระหว่างรูปตัดวิธีที่ดีที่สุดคือการใช้การทดลองและหาความคลาดเคลื่อนโดยให้เหมาะสมกับคราบน้ำสูง (high water mark) โดยใช้ HEC-RAS เมื่อเราประมาณค่า  $n$  ได้จากคราบน้ำท่วมของเหตุการณ์น้ำท่วมต่างๆ กับสิ่งที่สำคัญที่นำมาพิจารณา คือเวลาในปีที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมต่างๆ นั้น ความแตกต่างอย่างมากของความขรุขระจะมีผลสะท้อนจากค่า  $n$  ดังเช่นพื้นดินที่ปลูกข้าวในฤดูฝนกับพื้นดินในหน้าแล้งที่ข้าวโตเต็มที่จะเกี่ยวเกี่ยวกับพื้นที่ของชุมชน ตลิ่งที่งอกในเวลาต่างๆ กันของปีมีผลกระทบต่อค่า  $n$  เช่นกัน ข้อมูลจาก Gage จะสามารถนำมาใช้ในการคำนวณค่า  $n$  ได้เช่นกัน เหตุการณ์น้ำท่วมต่างๆ ของมาตราส่วนขนาดเล็ก เพื่อให้การไหล อยู่ในช่องทาง สามารถ

นำมาใช้ในการประมาณค่า  $n$  หรือค่า  $NV$  คือค่าของตัวแปร  $n$  ที่เปลี่ยนแปลงไปตามความลึกที่ใช้กับ HEC-RAS เมื่อเราได้ค่า  $n$  ในช่องทางแล้วเราสามารถนำข้อมูลน้ำท่วมอื่นมาประมาณค่าเฉลี่ยของ overbank  $n$  ได้ เพราะว่าสัมพันธ์กับความขรุขระ  $n$  ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายๆ ตัว ดังเช่น จำนวนของวัชพืช รูปร่างของช่องทาง และระดับ รวมทั้งทางเลือกอื่นๆ ที่ทำให้ค่า  $n$  ผันแปรไปถ้า ค่า  $n$  3 ค่า  $n$  รูปร่างของช่องทางและระดับ รวมถึงทางเลือกอื่นๆ ที่ทำให้ค่า  $n$  ผันแปรไป ถ้า  $n$  3 ค่า คือ ค่า  $n$  ในช่องทาง ค่า 2 ของค่า overbank เราจะใช้ค่า 3 ค่าเป็นข้อมูลด้านเข้าของรูปตัดถ้าทั้ง 3 ค่าเป็นบ่งบอกค่าได้ถึง 20 ค่า ซึ่งผันแปรไปตามระยะทางในแนวราบตามรูปตัด ในกรณีดังกล่าวนี้ ค่า  $n$  ในช่องทางที่ผันแปรกับระดับจะบ่งบอกได้





$$L_{dc} = 6600 \cdot HD/S$$

etc

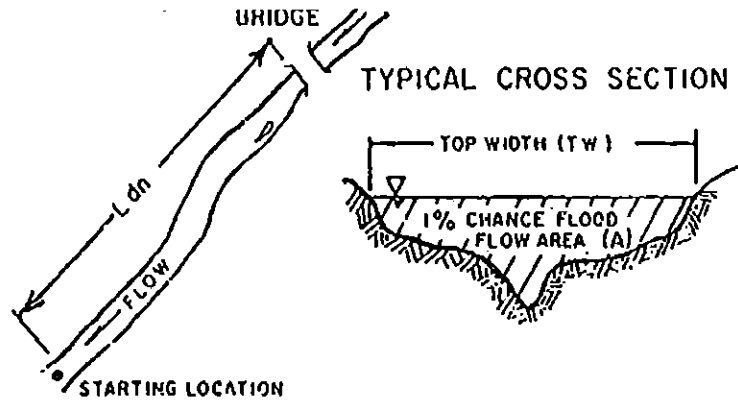
$L_{dc}$  = Downstream study length - critical depth starting condition

$HD$  = Average hydraulic depth (1-percent chance flow)

$S$  = Average reach slope

The Hydrologic Engineering Cent  
December 1984

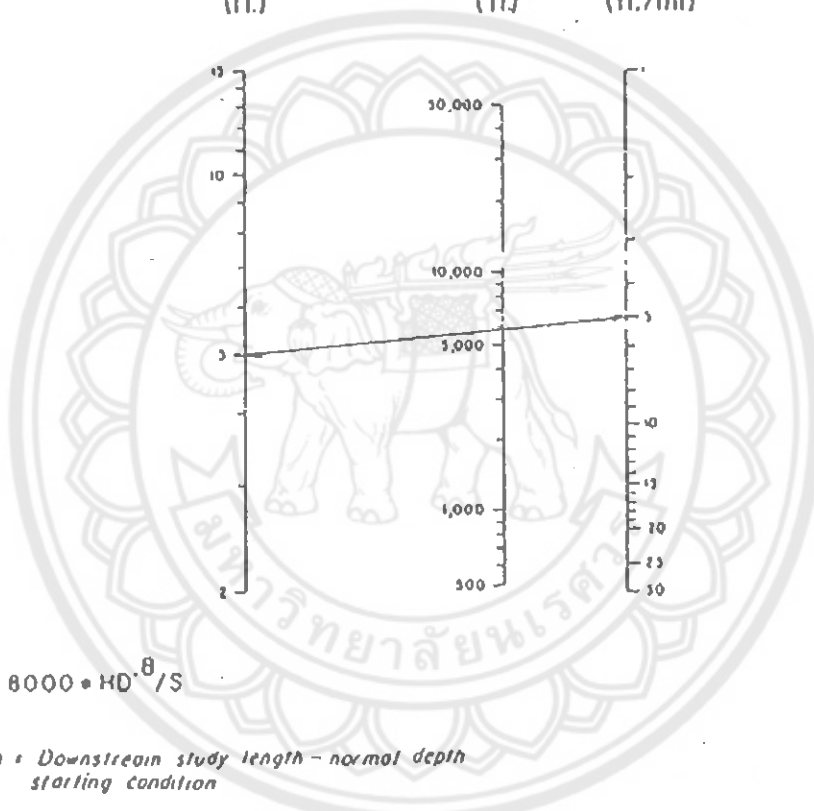
รูปที่ 2.6 ค่าประมาณของช่วงความยาวของแม่น้ำด้านท้ายน้ำ และมีเกณฑ์ความลึกปกติ



HD=A/TW  
(ft.)

Ldn  
(ft)

S  
(ft./mi)



$$Ldn = 8000 \cdot HD^8 / S$$

Where:

Ldn = Downstream study length - normal depth starting condition

HD = Average reach hydraulic depth (1-percent chance flow)

S = Average reach slope

The Hydrologic Engineering Center  
December 1984

รูปที่ 2.7 ค่าประมาณของช่วงความยาวของแม่น้ำด้านท้ายน้ำ โดยมีความลึกวิกฤติ

## ตารางที่ 2.2 สัมประสิทธิ์รูปร่างคอม่อ

รูปร่างคอม่อ	K
รูปสี่เหลี่ยมทั้งหน้าและหลัง	1.25
90° ของสามเหลี่ยมทั้งหน้าและหลัง	1.05
คอม่อทรงกลมคู่ทั้งหน้าและหลัง โดยไม่มีผนัง	1.05
คอม่อทรงกลมคู่ทั้งหน้าและหลัง โดยมีผนัง	0.95
ครึ่งทรงกลมทั้งหน้าและหลัง	0.90

ในกรณีที่มีปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัย จะมีผลต่อสัมประสิทธิ์ความขรุขระ Manning ซึ่ง Woody L. Cowar (1956) ได้เสนอแนะนำสมการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ  $n$  ไว้ดังสมการ

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \quad \dots (2.14)$$

โดยที่  $n_0$  คือค่า  $n$  พื้นฐานสำหรับทางน้ำเปิดเรียบและมีแนวตรงสม่ำเสมอตามลักษณะของวัสดุทางน้ำเปิด

$n_1$  คือ ค่าปรับแก้สำหรับผลของความผันแปรของผิวทางน้ำเปิด (surface irregularities)

$n_2$  คือ ค่าปรับแก้สำหรับของรูปร่างและขนาดหน้าตัดของทางน้ำเปิด

$n_3$  คือ ค่าปรับแก้สำหรับสิ่งกีดขวางการไหลในทางน้ำเปิด

$n_4$  คือ ค่าปรับแก้สำหรับมีพืชปกคลุม

$m_5$  คือ ค่าปรับแก้สำหรับผลของความถดถอยของทางน้ำเปิด

สำหรับค่า  $n_0, n_1, n_2, n_3, n_4$ , และ  $m_5$  สามารถหาได้จากตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าปรับแก้ต่างๆ สำหรับคำนวณสัมประสิทธิ์ความขรุขระของ Manning

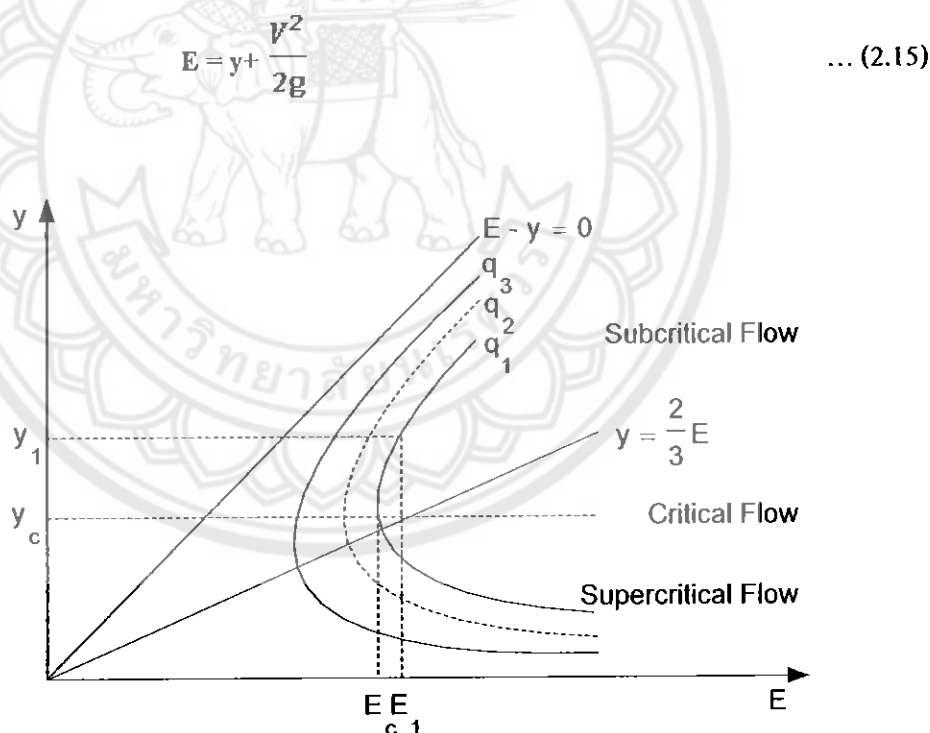
เงื่อนไขทางน้ำเปิด	ค่าปรับแก้		
วัสดุทางน้ำเปิด	ดิน	$n_0$	0.020
	หิน		0.025
	กรวดละเอียด		0.024
	กรวดหยาบ		0.028
ความแปรของผิวทางน้ำเปิด	เรียบ	$n_1$	0.000
	ไม่เรียบน้อย		0.005
	ไม่เรียบปานกลาง		0.010
	ไม่เรียบมาก		0.020
ความผันแปรของหน้าตัดทางน้ำเปิด	ค่อยๆ เปลี่ยนแปลง	$n_2$	0.000
	เปลี่ยนแปลงบางแห่ง		0.005
	เปลี่ยนแปลงบ่อย		0.010-0.015
ผลจากสิ่งกีดขวางการไหล	ไม่มี	$n_3$	0.000
	มีเล็กน้อย		0.010-0.015
	มีปานกลาง		0.020-0.030
	มีมาก		0.040-0.060
พืชปกคลุม	น้อย	$n_4$	0.005-0.015
	ปานกลาง		0.010-0.025
	มาก		0.025-0.050
	หนาแน่นมาก		0.050-0.100
ผลของความคดเคี้ยวของทางน้ำเปิด	เล็กน้อย	$m_5$	1.000
	ปานกลางมาก		1.150
	มาก		1.30

### ความลึกวิกฤติและความนัยสำคัญของเทอม

ความลึกวิกฤติเป็นคุณลักษณะของการไหลที่มีความสำคัญมากเพราะว่าเป็นตัวแทนของเกณฑ์ในการหาภูมิภาคของการไหล การไหลที่มีความลึกน้อยกว่าความลึกวิกฤติ จะเป็นการไหลตื้นกว่าวิกฤติจะเป็นการไหลที่หนือกว่าวิกฤติ การไหลที่จุดใกล้เคียงความลึกวิกฤติเรียกว่า การไหลวิกฤติ แต่การไหลนี้จะไม่แน่นอนเพราะว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในพลังงานจำเพาะ โดยจะเป็นสาเหตุให้เปลี่ยนแปลงอย่างมากในความลึกวิกฤติ

### พลังงานจำเพาะ (Specific energy , E)

ที่รูปตัดขวางเป็นหัวความดันพลังงานอยู่เหนือจุดต่ำในช่องทาง ดังนั้นผลรวมของความลึก  $y$  และหัวความเร็ว  $V^2/2g$  แสดงอยู่ในสมการที่ 2.15 รูปที่ 2.8 แสดงถึง โค้งพลังงานจำเพาะ เป็นการพล็อตของพลังงานจำเพาะต่อความลึกตามอัตราการไหลออกที่กำหนดให้ โค้งแสดงพลังงานจำเพาะที่กำหนดให้โดยมีความลึกที่เป็นไปได้อยู่ 2 อย่าง ยกเว้นความลึกวิกฤติ ความลึกวิกฤติจะเกิดขึ้นที่จุดที่มีค่าพลังงานจำเพาะต่ำสุดในโค้ง



ภาพที่ 3.4 โค้งพลังงานจำเพาะ

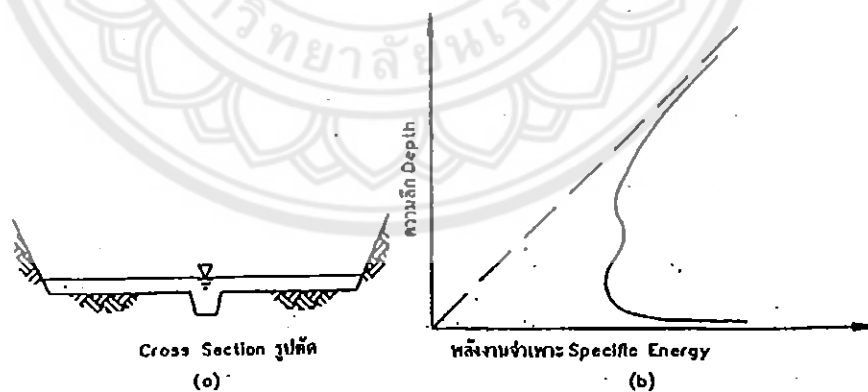
การหาความลึกวิกฤติค่อนข้างยุ่งยาก โดยการแผ่กระจายของความเร็วในรูปตัดขวางที่ไม่ปกติ ที่เกี่ยวกับท่งน้ำนองหัวความเร็วในสมการพลังงานจำเพาะคูณด้วย Coriolis หรือ สัมประสิทธิ์การแผ่กระจายความเร็ว ขึ้นบัญชีการผันแปรทางราบของความเร็วบนรูปตัดทางขวางและแสดงนิพจน์อย่างละเอียดในพลังงานจำเพาะ (สมการที่ 2.16) การหาสัมประสิทธิ์ของความเร็วนี้ในตอนต่อไป

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \quad \dots (2.16)$$

โดยที่; เป็นสัมประสิทธิ์การแผ่กระจายความเร็ว

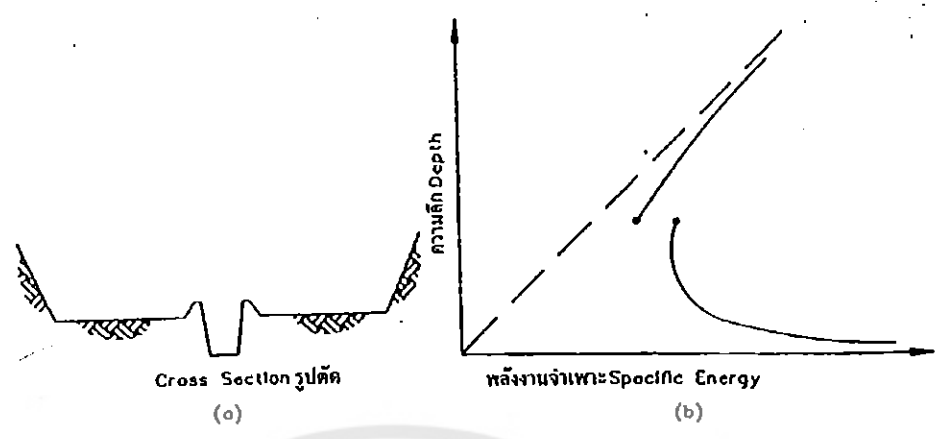
ทุงน้ำนองที่แบนและกว้างเป็นสาเหตุปัญหาในการคำนวณความลึกวิกฤติ การไม่เท่ากันในช่องทางและพื้นที่ที่ไหลล้นเหนือฝั้ง เป็นสาเหตุให้มีค่าต่ำสุดหลายค่า และการไม่ต่อเนื่องในโค้งพลังงานจำเพาะ และกฎเกณฑ์การไหลที่ผสมกัน (1,2,3) ปัญหาเหล่านี้เกี่ยวข้องกับ การไหลทางเข้าและความแตกต่างในการไหลระหว่างสองช่องทางและบนฝั้งจะต้องเอาใจใส่โดยเฉพาะในบางกรณี จะต้องหาผลลัพธ์โดยใช้การวิเคราะห์แบบ 2 มิติ

ค่าพลังงานจำเพาะ 2 ค่า อาจเกิดขึ้นที่รูปตัดที่มีพื้นที่ไหลล้นบนฝั้งกว้างๆ รูปที่ 2.9 การเกิดค่าต่ำสุดภายในช่องทาง จะน้อยกว่าบนสุด ขณะที่ความลึกของการไหลเพิ่มขึ้นจะไหลล้นไปบนฝั้งหัวจะลดลงเร็วกว่าหัวระดับเพิ่มขึ้น และค่าสุดอันที่ 2 จะเพิ่มขึ้นเหนือระยะบนสุดของช่องทางถ้าคนเกิดขึ้นระหว่างช่องทางและพื้นที่น้ำนอง โค้งพลังงานจะไม่เพียงมีค่าต่ำสุด 2 ค่า แต่ยังไม่ต่อเนื่องกัน รูปที่ 2.10 ขณะที่เกิดการไหลล้นบนคันพื้นที่ของการไหลไม่ต่อเนื่องจะเพิ่มขึ้น ณ จุดไม่ต่อเนื่อง และอีกจุดหนึ่งจะเกิดขึ้นที่ส่วนต่อของโค้งเป็นได้เหนือและต่ำกว่าระดับคัน



รูปที่ 2.9 โค้งพลังงานจำเพาะที่มีค่าต่ำสุด 2 ค่า





รูปที่ 2.10 การไม่ต่อเนื่องของโค้งพลังงานจำเพาะ

ชนิดของการไหลในท่อน้ำนองแบบนี้จะเป็นกฎเกณฑ์การไหลผสม มีคุณลักษณะทั้งต่ำกว่าวิกฤติ เกิดเป็นระบบในส่วนที่แตกต่างกันของรูปตัด โดยปกติแล้วเมื่อเกิดขึ้นการไหลในช่องทางจะเหนือวิกฤติ และการไหลบนตลิ่งจะต่ำกว่าวิกฤติ การแบ่งย่อยของค่า  $F_r$  ซึ่งสามารถชี้ให้เห็นกฎเกณฑ์ของการไหลในการไหลล้นบนพื้นฝั่งทั้งสอง ได้นำมาพัฒนาและตรวจสอบ (4) โดยจะชี้ให้เห็นถึงกฎเกณฑ์การไหลผสมและการไหลล้นบนฝั่งที่ตื้นมาก สามารถจำลองโมเด็มด้วยวิธี standard-step ซึ่งใช้ในการคำนวณหน้าข้างการไหลโดยทั่วไป ในโปรแกรม HEC-RAS ระดับพื้นผิวน้ำวิกฤติของรูปตัดหาโดยการคำนวณระดับซึ่งหัวพลังงานทั้งหมด คำนวณโดยใช้สมการที่ 2.17 จนกระทั่งได้ค่าต่ำสุดของ H

$$H = ws + \frac{V^2}{2g} \quad \dots (2.17)$$

ในการเพิ่มอัตราเร็วของขบวนการย้อนซ้ำ วิธีการแบ่งค่าพาราโบลาจะนำมาใช้ในการหาเหตุผลลัพธ์ของค่า H เพื่อหาค่า WS 3ค่าโดยมีช่วงระยะเท่ากัน (5) WS จะสอดคล้องกับค่าต่ำสุดของ H ซึ่งจะอธิบายโดยพลาโบล่า 3 จุดนี้ใช้เป็นพื้นฐานของสมมติฐานถัดไปในค่าของ WS , HES-RAS จะคำนวณหน้าข้างการไหลที่มีอยู่เหนือวิกฤติหรือต่ำกว่าวิกฤติ ผู้ใช้จะต้องบ่งถึงกฎเกณฑ์การไหลสืบเนื่องมาคือการใส่เพิ่มข้อมูลเนื่องจากว่ามีกฎเกณฑ์การไหล 2 อย่างในส่วนที่ศึกษาจึงจำเป็นที่จะต้องรัน โปรแกรมในกฎเกณฑ์การไหลทั้ง 2 อย่างเพื่อหาหน้าข้างการไหลที่สมบูรณ์

หน้าข้างการไหลที่แสดงในรูป 2.11 แสดงถึงปัญหานี้ในช่วงค้ำนเหนือน้ำมีความลาดเอียง mild โดยมีความลึกปกคติดูเหนือวิกฤติในช่วงตอนกลางมี steep slope ซึ่งมีความลึกปกคติดูต่ำกว่าวิกฤติและช่วงท้ายน้ำมี mild slope ซึ่งความลึกวิกฤต หน้าข้างการไหลของความลึกวิกฤติแสดงเป็น

เส้นประ หน้าข้างการไหลที่เป็นความลึกต่ำกว่าวิกฤติจะคำนวณโดยเริ่มจากรูปตัดหน้าท้ายน้ำ และคำนวณจากรูปตัดหนึ่งไปสู่อีกรูปตัดหนึ่ง หน้าข้างการไหลเหนือวิกฤติคำนวณที่รูปตัดด้านเหนือน้ำ และคำนวณไปยังด้านท้ายน้ำ จากรูปที่แสดงจะอธิบายการคำนวณหน้าข้างการไหลที่ต่ำกว่าวิกฤติ ก่อนเริ่มที่ปลายสุดท้ายน้ำ หน้าข้างการไหลจะเป็นเหนือวิกฤติอย่างแท้จริง แต่ในระเบียบวิธีต่ำกว่าวิกฤติ HEC-RAS จะไม่คำนวณพื้นที่ผิวน้ำต่ำกว่าความลึกวิกฤติที่ปลายบนสุดสุดของช่วงนี้ ความลาดเอียงจะกลายเป็น mild อีกครั้งและหน้าข้างการไหลผ่านวิกฤติจากหน้าตัดที่ควบคุมบนด้านเหนือน้ำจะคำนวณหน้าข้างการไหลต่ำกว่าวิกฤติออกมา



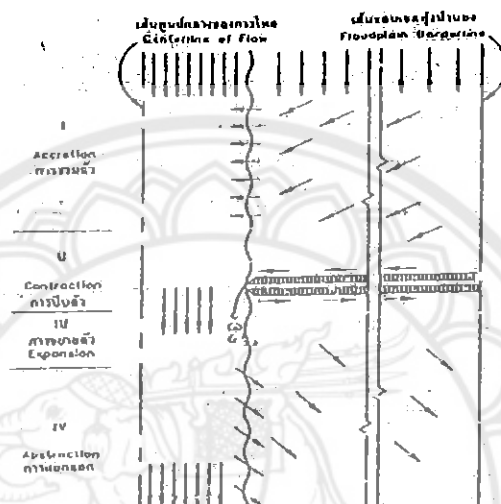
รูปที่ 2.11 หน้าข้างการไหลเหนือและต่ำกว่าวิกฤติคำนวณโดยใช้ HEC-RAS

### การไหลผ่านของน้ำโดยผ่านสิ่งกีดขวาง

เนื่องจากการศึกษาของการไหลผ่านของท่งน้ำนองกระทำบนพื้นที่ชุมชนซึ่งมักจะประกอบด้วยสะพานทอดลวด ผาย และสะพานในรูปแบบต่างๆ ดังนั้นการวิเคราะห์การไหลผ่านสะพานและอื่นๆจึงถือว่าเป็นเรื่องหลักเพราะว่ามีอยู่หลายแบบและมีสภาวะการไหลที่สลับซับซ้อนเกิดขึ้นที่สะพาน การวิเคราะห์ไหลผ่านจึงเป็น ปัญหาค่อนข้างยากที่เข้ามาเกี่ยวข้องการสูญเสียพลังงานที่สะพานและทอดลวดจึงประกอบด้วย การสูญเสียในช่วงลำน้ำที่รูปตัดเหนือน้ำ และท้ายน้ำที่ติดอยู่สะพาน และการสูญเสียในตัวอาคารของสะพานเอง ในช่วงที่ติดกับสะพานด้านเหนือน้ำ การไหลอยู่ในช่วงสภาพของช่วงตัวที่บีบเข้า (contraction) กับสะพานและที่รูปตัดด้านท้ายน้ำที่ติดกับสะพาน การไหลจะถูกขยายขณะที่ไหลออกจากสะพานในช่วงเวลาทั้งสองที่กล่าวมานี้

### ธรรมชาติการไหลผ่านสะพาน

ธรรมชาติการไหลผ่านสะพานแสดงดังรูปที่ 2.10 โดยแนวความคิดนี้ การไหลจะแบ่งออกเป็น 4 ฝ่ายด้วยกัน คือ การรวมตัว (accretion), การบีบตัว (contraction), การขยายตัว (expansion), และการแยกออก (abstraction) ถ้านำมาพิจารณาเป็นการสมดุลกันระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางและรูปที่ 2.12 จะแสดงแค่ครั้งเดียว



รูปที่ 2.12 ไดอะแกรมของการไหลผ่านเคอคอดสะพาน

เหนือน้ำจากสะพานจะไหลเพียงพอเนื่องจากการไหลที่สอบเข้าสู่สะพานจะมีอิทธิพลมาจากสะพาน สันทางการไหลจะขนานกัน ขณะที่การไหลเคลื่อนตัวเข้าสู่ช่องทาง เพื่อให้การไหลทั้งหมดสามารถผ่านเข้าสู่รูเปิดของสะพานได้ ในขอบเขตของการรวมตัวการไหลจะกลายเป็นการไหลผันแปรที่ละเอียด ในขอบเขตของการบีบตัวจะเริ่มดันที่รูปตัดที่ติดอยู่กับตัวสะพานด้านหัวน้ำ โดยที่การไหลจะติดกับทางเข้าของรูเปิดสะพาน โดยที่การไหลจะถูกบีบอย่างรุนแรงที่รูเปิดของสะพาน

ในขอบเขต การแยกออก ทางด้านท้ายน้ำของสะพานเป็นส่วนขอบเขตการรวมตัวด้านเหนือน้ำซึ่งเป็นลักษณะการผันแปรที่ละเอียด ในขอบเขตนี้การไหลจะเคลื่อนที่ทางเข้าผ่านลำน้ำเอง และครั้งสุดท้ายย้อนกลับไปเข้าสู่ภาวะการไหลของน้ำท่วมปกติที่ระยะทางด้านท้ายน้ำ

### การแบ่งชั้นการไหลต่ำผ่านของสะพาน

ภาวะการไหลต่ำที่มากขึ้นเมื่อน้ำทั้งหมดไหลผ่านช่องทางเปิดของสะพานและพื้นที่ผิวน้ำอยู่ที่ต่ำกว่า low chord หน้าข้างการไหลแสดงในรูปที่ 2.19 แสดงถึงการไหลต่ำ 3 ชั้นด้วยกัน

**Class A low flow**

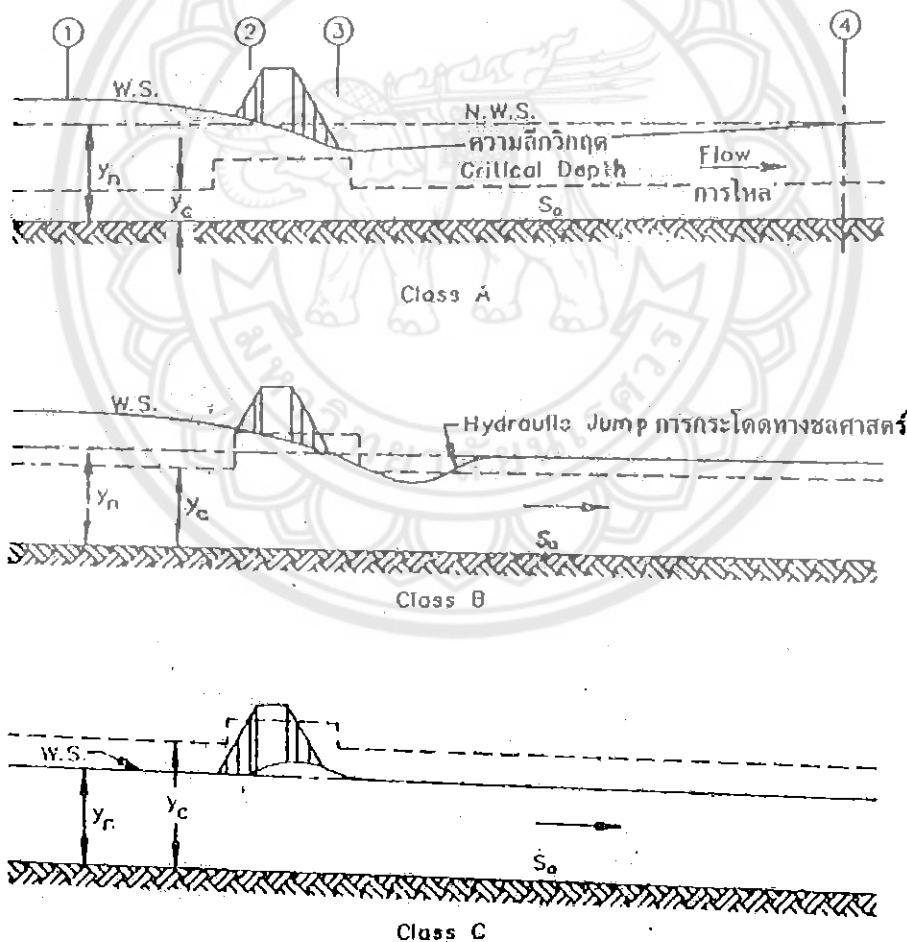
เกิดขึ้นในขอบเขตการไหลต่ำกว่าวิกฤติ เมื่อหน้าข้างการไหลของพื้นที่ที่ผิวน้ำผ่านสะพาน ยังคงอยู่เหนือความลึกวิกฤติ การเปลี่ยนแปลงผิวน้ำสาเหตุมาจากสะพาน

**Class B low flow**

การไหลของผิวน้ำจะผ่านความลึกวิกฤติ ในลอคอดของสะพาน โดยจะเกิดทั้งคูในการไหลต่ำกว่าวิกฤติ ดังแสดงในรูป การไหลเหนือวิกฤติจะอยู่ในช่วงระยะทางสั้นๆ ก่อนจะกลับมาเป็นการไหลต่ำกว่าวิกฤติในการกระโดดในชลศาสตร์

**Class C low flow**

เป็นการไหลแบบเหนือวิกฤติเมื่อผ่านสะพาน ถึงแม้ว่าหน้าข้างของการไหลผิวน้ำเกิดขึ้นเนื่องจากลอคอด และระดับน้ำของการไหลจะไหลสูงขึ้นได้เพียงพอถึงความลึกวิกฤติก็ตาม



15507029

ร/ร.

๗๔๔๗

๒๕๕๓

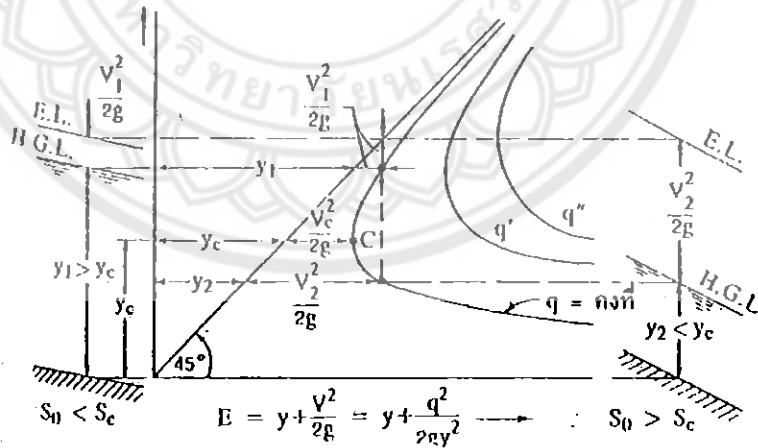
**ความลึกวิกฤติ และพลังงานจำเพาะ**

ความลึกวิกฤติ เป็นคุณลักษณะของ ของไหลที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นตัวแทนในการ หากกฎเกณฑ์ของการไหล การไหลที่มีความลึกมากกว่าความลึกวิกฤติจะเป็นการไหลได้วิกฤติ (Sub-critical flow) ส่วนการไหลที่มีความลึกการไหลต่ำกว่าความลึกวิกฤติ จะเป็นการไหลแบบเหนือวิกฤติ (Sub-critical flow) การไหลที่จุดใกล้เคียงความลึกวิกฤติ เรียกว่า ความลึกวิกฤติ พลังงานจำเพาะ (E) ที่หน้าตัดการไหลใดๆ คือ ค่าหัวพลังงานความดันที่เกิดจากการรวมตัวความ ลึก (y) และหัวความเร็ว ( $v^2/2g$ )

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \quad \dots (2.18)$$

ถ้าการไหลในช่องทางรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสม่ำเสมอ และมีความกว้างของช่องทางมากเมื่อ เทียบกับความลึก ผิวด้านข้างจะมีผลกระทบต่อความเร็วในส่วนอื่นๆ น้อยมาก อัตราการไหลต่อ หน่วยความกว้างเขียนได้เป็น  $q = Q/b$  และ  $V = Q/A = q b / by = q/y$  ดังนั้น

$$E = y + \frac{1}{2g} \left( \frac{q^2}{y^2} \right) \quad \dots (2.19)$$



รูปที่ 2.14 เส้นกราฟแสดงค่า q ที่ความลึกต่างๆ

สำหรับอัตราการไหล q ที่กำหนดค่า E จะแปรผันตาม y ดังรูป  
เมื่อ  $q = 0$  ;  $E = y$  เส้นกราฟจะเป็นเส้นตรง 45

เมื่อ  $q > 0$  ; ที่ค่าใดค่าหนึ่งและพลังงานจำเพาะที่กำหนดให้จะได้ค่าความลึก  $y$  อยู่ 2 ค่าเรียกว่า alternate depth

สำหรับเส้นกราฟที่มีค่า  $q$  คงที่แต่ละเส้นจะมีความลึก  $E$  ค่าหนึ่งที่ได้ค่า  $y$  ต่ำสุด สภาวะการไหลที่มีค่า  $E$  ต่ำสุดเรียกว่า การไหลวิกฤติ (Critical flow) ความลึกที่สภาวะนี้เรียกว่า ความลึกวิกฤติ (Critical depth) และความเร็วที่สภาวะนี้เรียกว่า ความเร็ววิกฤติ (Critical velocity ,  $V_c$ ) โดย

$$E_{\min} = \frac{3yc}{2}, \quad y_c = \left[ \frac{q^2}{g} \right]^{1/3} \quad \dots (2.20)$$

$$V_c = \sqrt{gy_c} \quad \dots (2.21)$$

การไหลจะมีค่าสูงสุดที่  $y = y_c$  คือ

$$q_{\max} = \sqrt{gy_c^3} \quad \dots (2.22)$$

ในกรณีที่ช่องทางการไหลไม่ใช่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าค่าพลังงานจำเพาะคือ

$$E = \frac{V^2}{2g} + y + \frac{Q^2}{2gA^2} + y \quad \dots (2.23)$$

ความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ที่สภาวะวิกฤติ คือ

$$\left( \frac{Q^2}{g} \right) = \left( \frac{A^3}{B} \right) \quad \dots (2.24)$$

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัยและอุปกรณ์

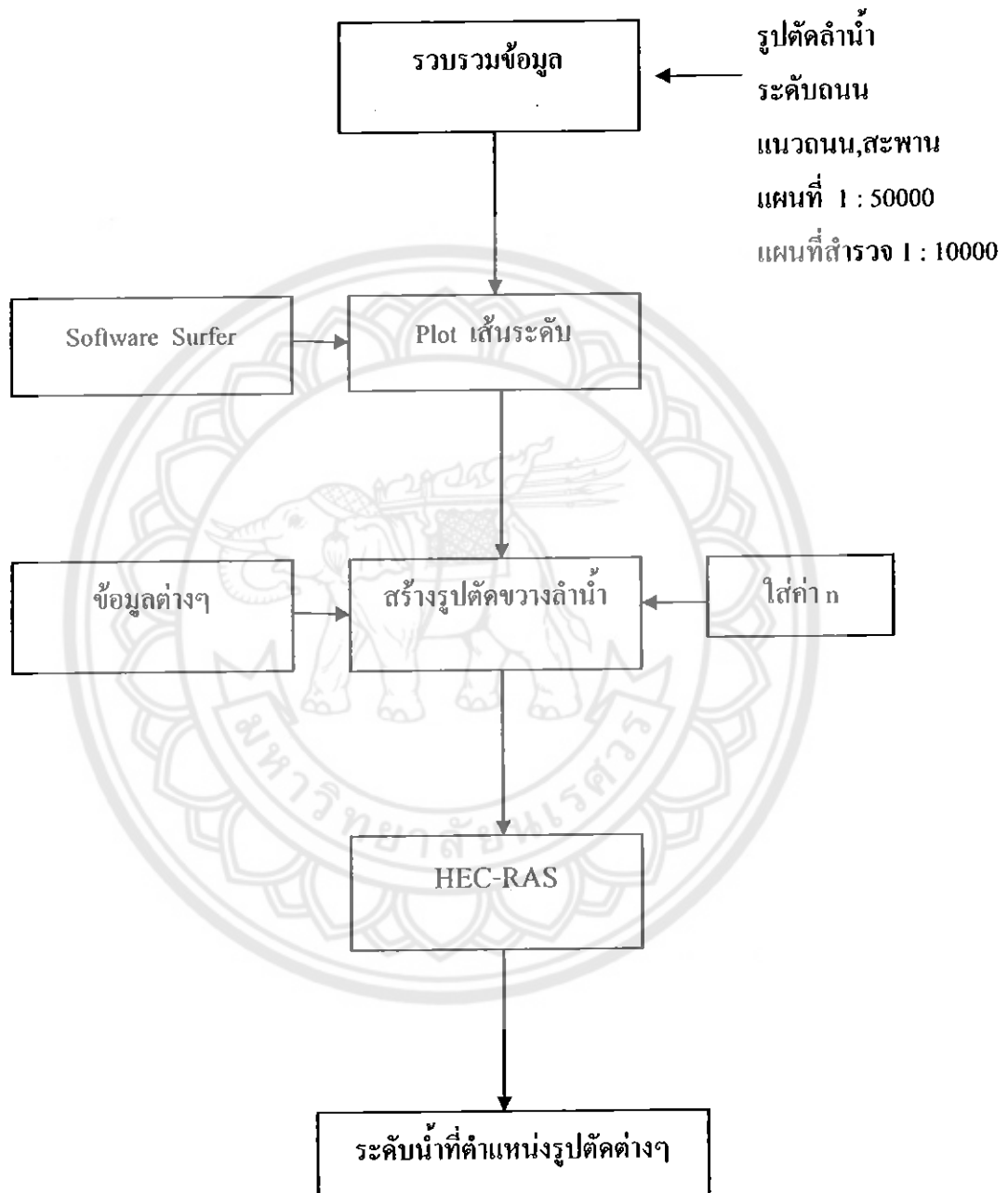
#### 3.1 อุปกรณ์

1. โปรแกรม HEC-RAS v. 4.1
2. GPS (Global Positioning System)
3. เทปวัด
4. อื่นๆ

#### 3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาแนวทางการวางแผน และศึกษาทฤษฎีที่ต้องใช้เกี่ยวกับทางน้ำเปิดตามธรรมชาติ
2. ศึกษาการใช้โปรแกรม HEC-RAS จาก Help ในโปรแกรม โดยทำการแปลกับการทดลองใช้โปรแกรม และศึกษาจากหนังสือคู่มือ การใช้โปรแกรม HEC-RAS
3. รับคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม HEC-RAS จากอาจารย์ที่ปรึกษา โครงการงาน
4. ทหาระดับ Cross-section ที่ไปเก็บมา และในโปรแกรม Google Earth
5. นำค่าระดับ Cross-section ใส่ลงในโปรแกรม HEC-RAS เพื่อหาพื้นที่น้ำท่วมระดับการไหลสั้นตั้งแต่ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา
6. ใส่ค่าระดับสะพาน ขนาดตอม่อ ความกว้างของสะพาน ระดับน้ำริมตลิ่ง
7. สอบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (n)
8. นำค่าอัตราการไหลในรอบ 10 , 50 , 100 ปี มาใส่ลงในโปรแกรม HEC-RAS เพื่อหาพื้นที่น้ำท่วม

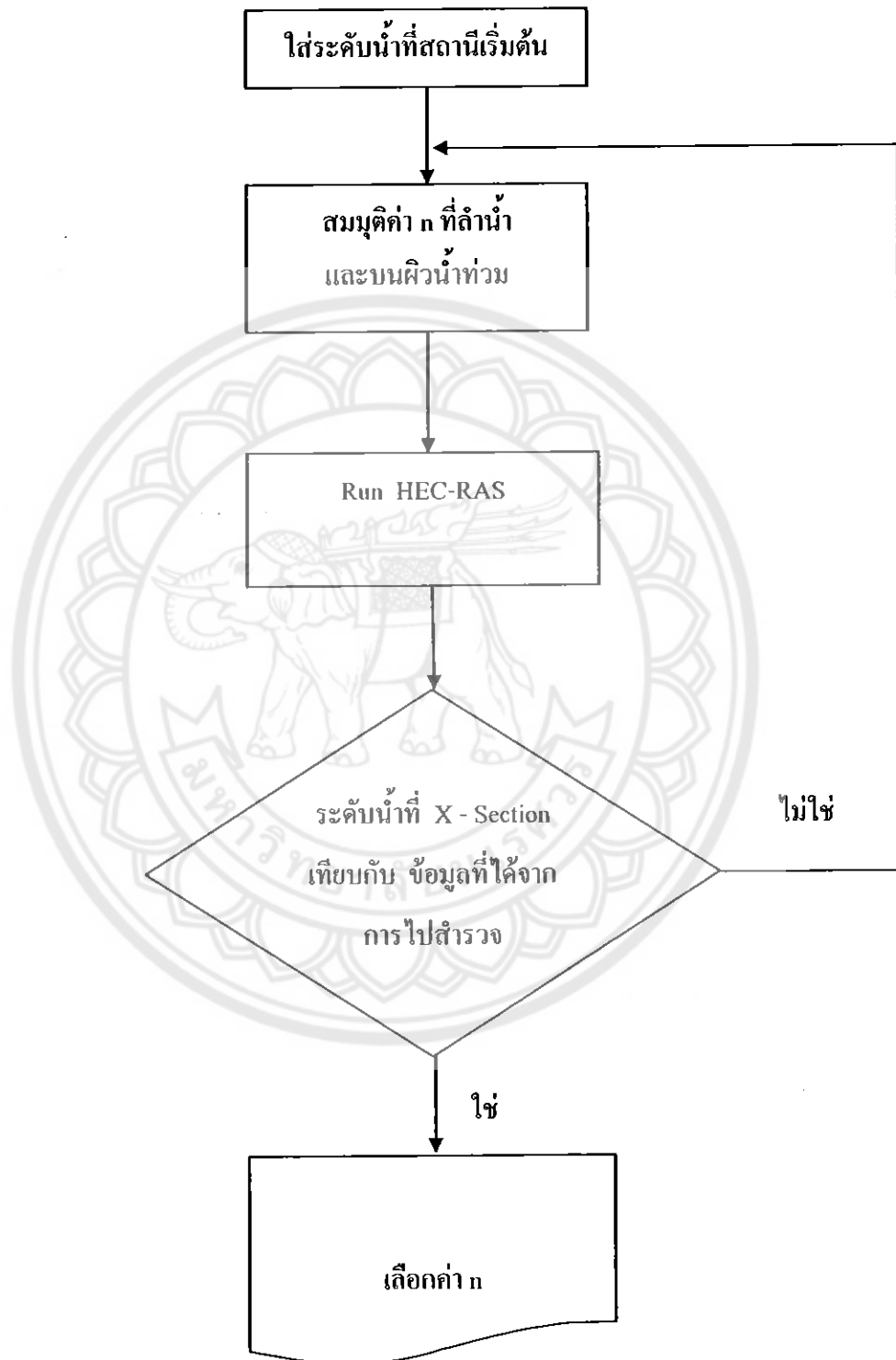
### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานตามผังงาน ดังนี้



รูปที่ 3.1 ผังแสดงการดำเนินงาน



### วิธีการสอบเทียบค่า n



รูปที่ 3.2 วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ

### วิธีการสอบเทียบค่า $n$

1. ใส่ค่าอัตราการไหล (Q) ปี พ.ศ. 2553 ในโปรแกรม HEC-RAS
2. สมมุติค่า  $n$  ที่ลำน้ำและบนผิวน้ำท่วม
3. Run โปรแกรม HEC-RAS
4. เทียบระดับน้ำที่ Run ออกมากับคาน้ำท่วมปี พ.ศ. 2553 ที่ได้สำรวจมาที่ สะพานเจดีย์ชัยพัฒนา กรมโยธาธิการ , สะพานบ้านขอนแก่น , สะพานกองทุนชุมชนพัฒนาประชารวมใจ , สะพานบ้านสันติสุข และสะพานสถานพัฒนา ให้ค่าระดับน้ำใกล้เคียงกันกับ ระดับน้ำท่วมปี พ.ศ. 2553 หากระดับน้ำไม่ใกล้เคียงกันก็เปลี่ยนค่า  $n$  ไปเรื่อยๆจนใกล้เคียงระดับที่ไปสำรวจมา





## บทที่ 4

### การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลวิจัย

#### 1. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลวิจัย

การหาอัตราการไหล ปี พ.ศ.2553 จากการสำรวจน้ำหลากสูงสุดของฝายปัว ความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝายประมาณ 1.5 ม. สามารถนำมาหาอัตราการไหล  $Q = CLH^{3/2}$

$$Q = 2.1 \times 61.5 \times 1.5^{3/2}$$
$$= 237.264 \text{ ม}^3/\text{วินาที}$$

และจะได้ อัตราการไหลของลำน้ำข้างเท่ากับ  $191 \text{ m}^3/\text{s}$  เมื่อได้ค่าอัตราการไหลลำน้ำปัวและลำน้ำข้าง จากนั้นนำไปหาค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง ในโปรแกรม HEC-RAS

จากการสอบเทียบค่า สัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง(n) จะได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (n) ในลำน้ำหลักเท่ากับ 0.03 และบริเวณด้านซ้ายและด้านขวาลำน้ำหลักเท่ากับ 0.05 เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของแมนนิง (n) แล้ว ก็ Run โปรแกรม HEC-RAS โดยการใช้ค่าอัตราการไหลลำน้ำปัวและลำน้ำข้างในรอบ 10 , 50 , 100 ปี โดยวิธีการคำนวณ GUMBEL DISTRIBUTION ค่าดังตารางเพื่อหาพื้นที่น้ำท่วมในแต่ละปี

ลำน้ำปัว

ปี	10	50	100
Q ม <sup>3</sup> /วินาที	454.3	727.4	842.8

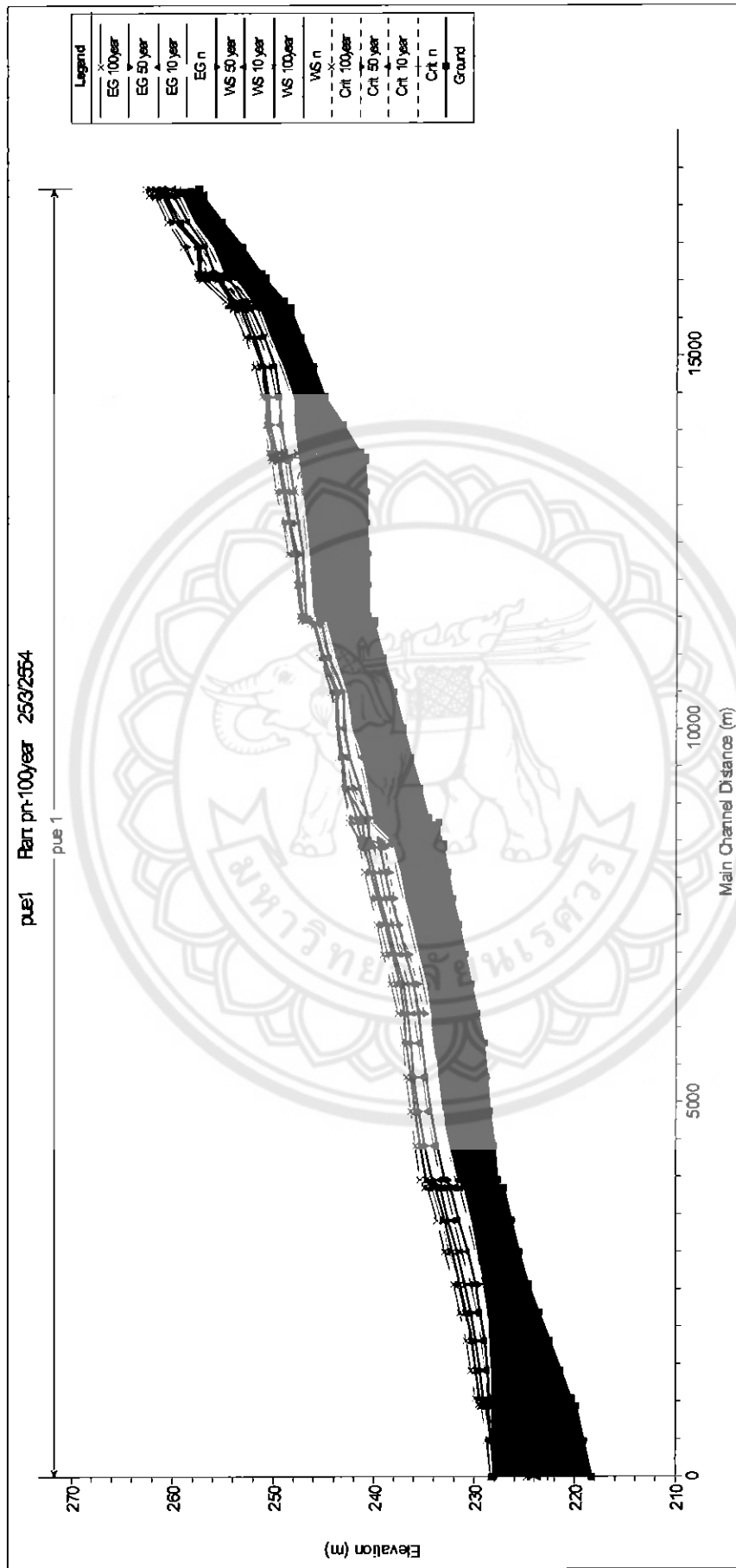
ลำน้ำข้าง

ปี	10	50	100
Q ม <sup>3</sup> /วินาที	365.9	585.8	678.8

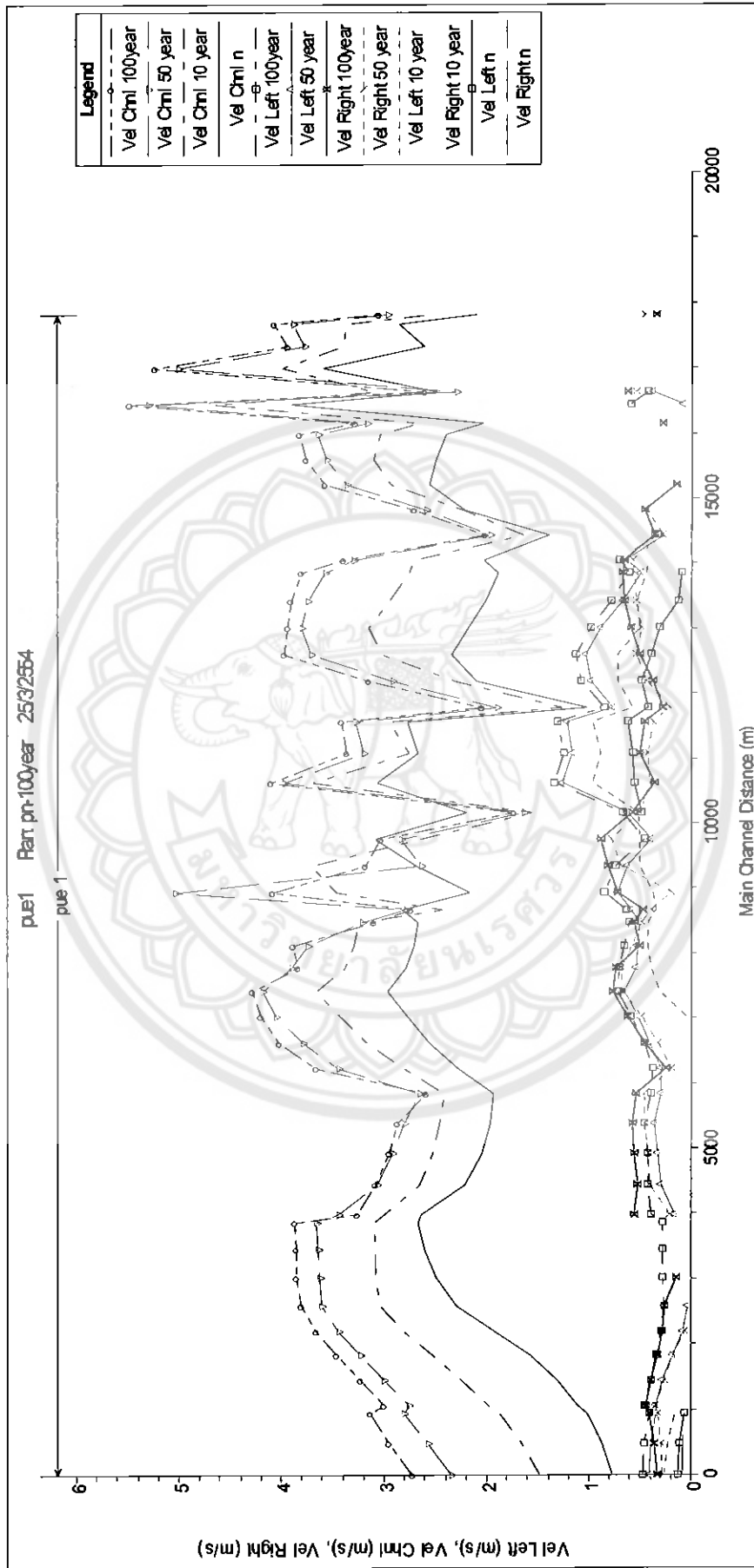
ในการใช้โปรแกรม HEC-RAS นั้น สิ่งที่ต้องการทราบคือระดับพื้นที่น้ำท่วมว่ามีความกว้างเท่าใด แล้วต้องการทราบว่าสูงขึ้นมาจากตลิ่งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของลำน้ำเป็นความสูงเท่าใด จากการวิเคราะห์ข้อมูลของทางน้ำ เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ(n) ในกลางลำน้ำ เท่ากับ 0.03 และฝั่งซ้ายกับฝั่งขวาเท่ากับ 0.05 แล้วนำค่าอัตราการไหล (Q) ของลำน้ำมาทำการคำนวณในโปรแกรม โดยการใส่ค่าอัตราการไหลลำน้ำปัวและลำน้ำขวังในรอบ 10 , 50 ,100 ปี

- เมื่อนำค่า อัตราการไหล (Q) ของคาบการเกิดซ้ำ 10 ปี มาใส่ในโปรแกรม HEC-RAS พบว่ามีพื้นที่น้ำท่วมประมาณ 4.5 ตร.กม.
- เมื่อนำค่า อัตราการไหล (Q) ของคาบการเกิดซ้ำ 50 ปี มาใส่ในโปรแกรม HEC-RAS พบว่ามีพื้นที่น้ำท่วมประมาณ 7 ตร.กม.
- เมื่อนำค่า อัตราการไหล (Q) ของคาบการเกิดซ้ำ 100 ปี มาใส่ในโปรแกรม HEC-RAS พบว่ามีพื้นที่น้ำท่วมประมาณ 9 ตร.กม.

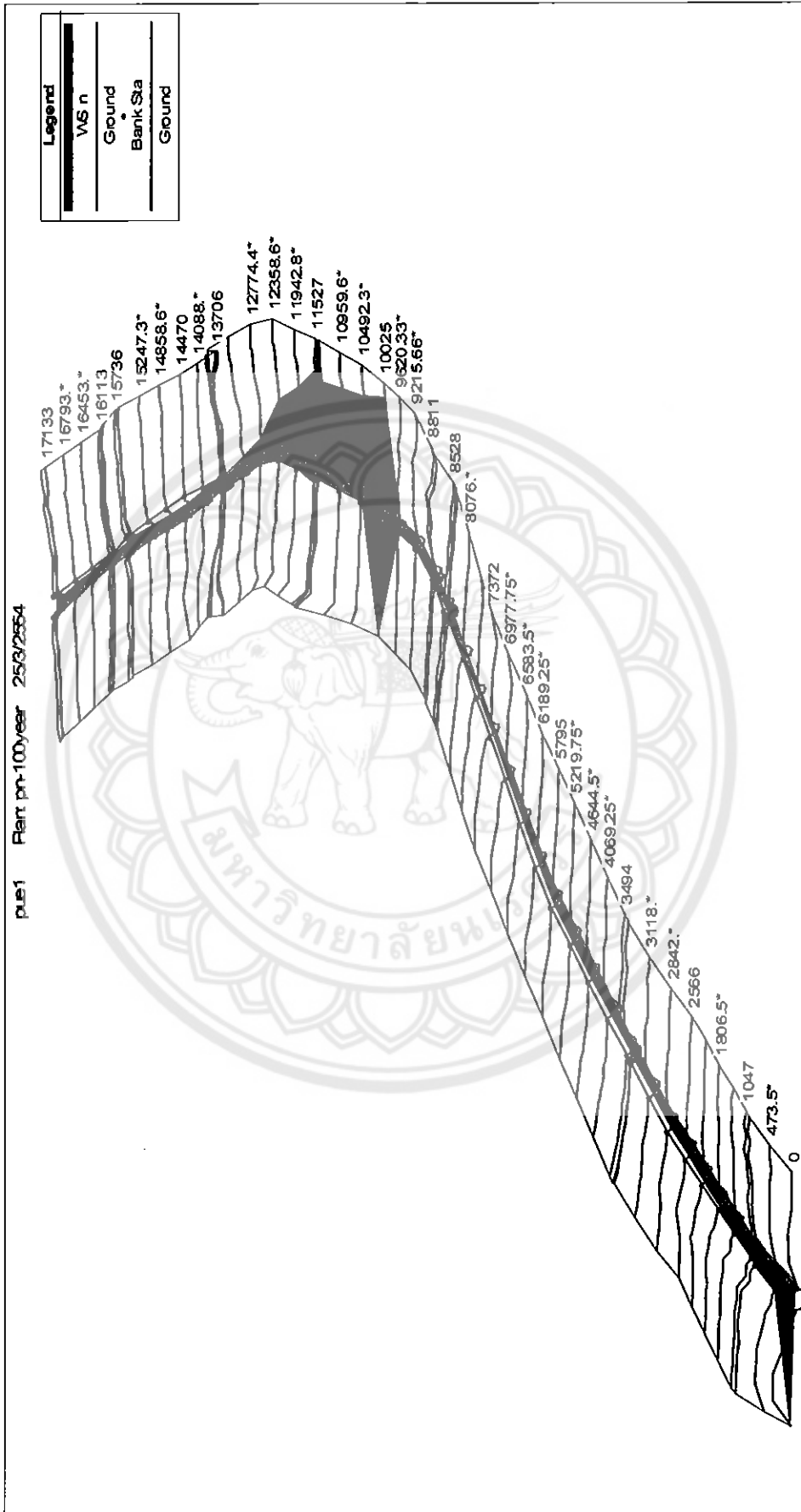
จากการวิเคราะห์ ใน โปรแกรม HEC-RAS พบว่าพื้นที่บริเวณช่วงสะพานบ้านขอนแก่น-ป่าลาน ถึง สะพานบ้านสันติสุข กิโลเมตรที่ 8+518 ถึง 15+736 m มักเกิดน้ำท่วมเนื่องจากเป็นจุดบรรจบระหว่างลำน้ำปัวกับลำน้ำขวังบริเวณพื้นที่ช่วงนั้นเป็นที่ราบลุ่ม และช่วงจุดบรรจบระหว่างลำน้ำปัวกับ แม่น้ำน่าน ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและพื้นที่ทางการเกษตร ข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์ในการสร้างคลังเพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วมและการประเมินภัยแล้งในพื้นที่ได้



รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบรูปตัดตามยาวของฝายน้ำใน ลำนํ้าปีว ในคาบความถี่ 10, 50, 100 ปี

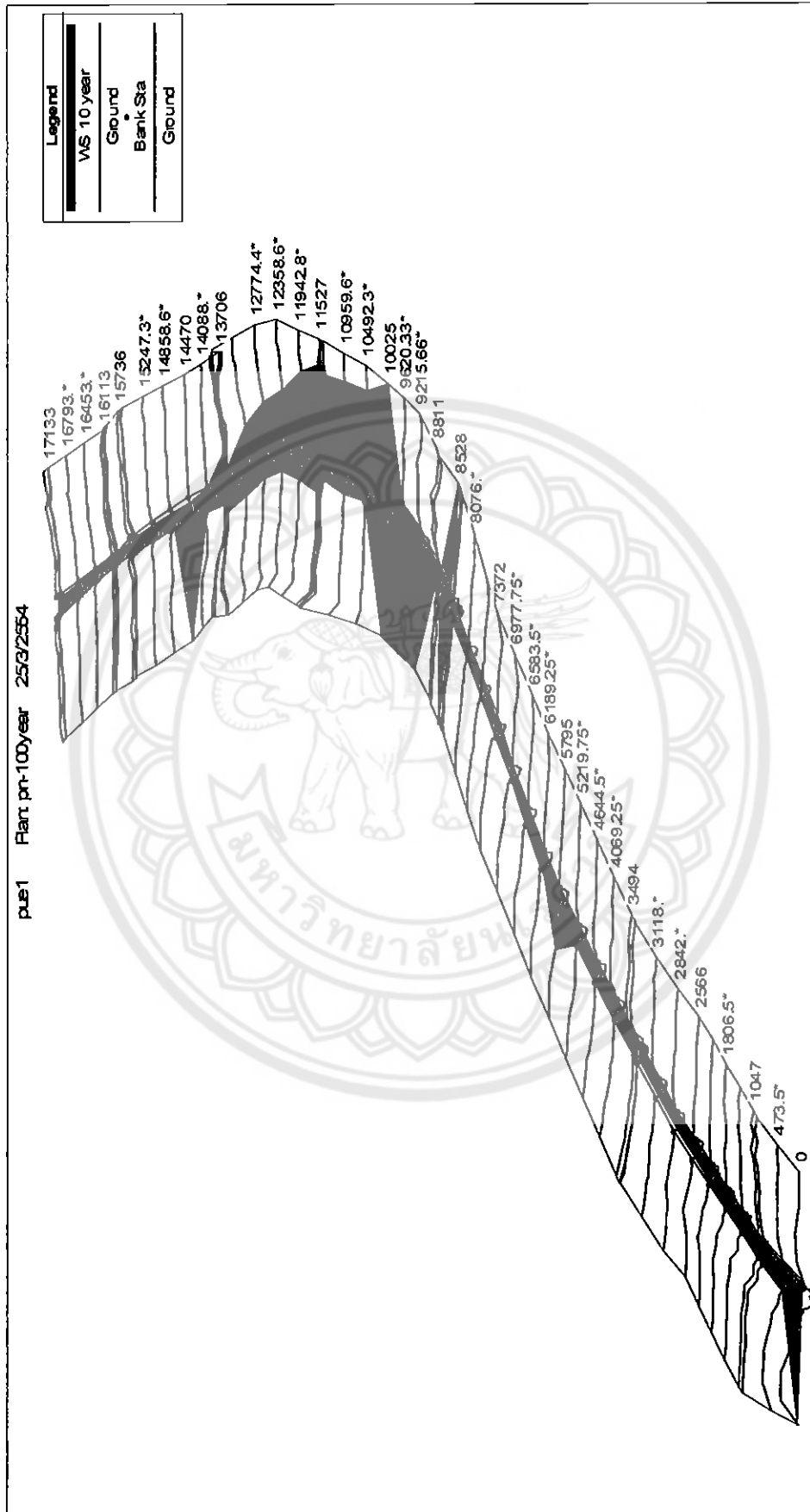


รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความเร็วตามระยะทางใน ลำน้ำปัว ในคาบความถี่ 10 , 50 , 100 ปี

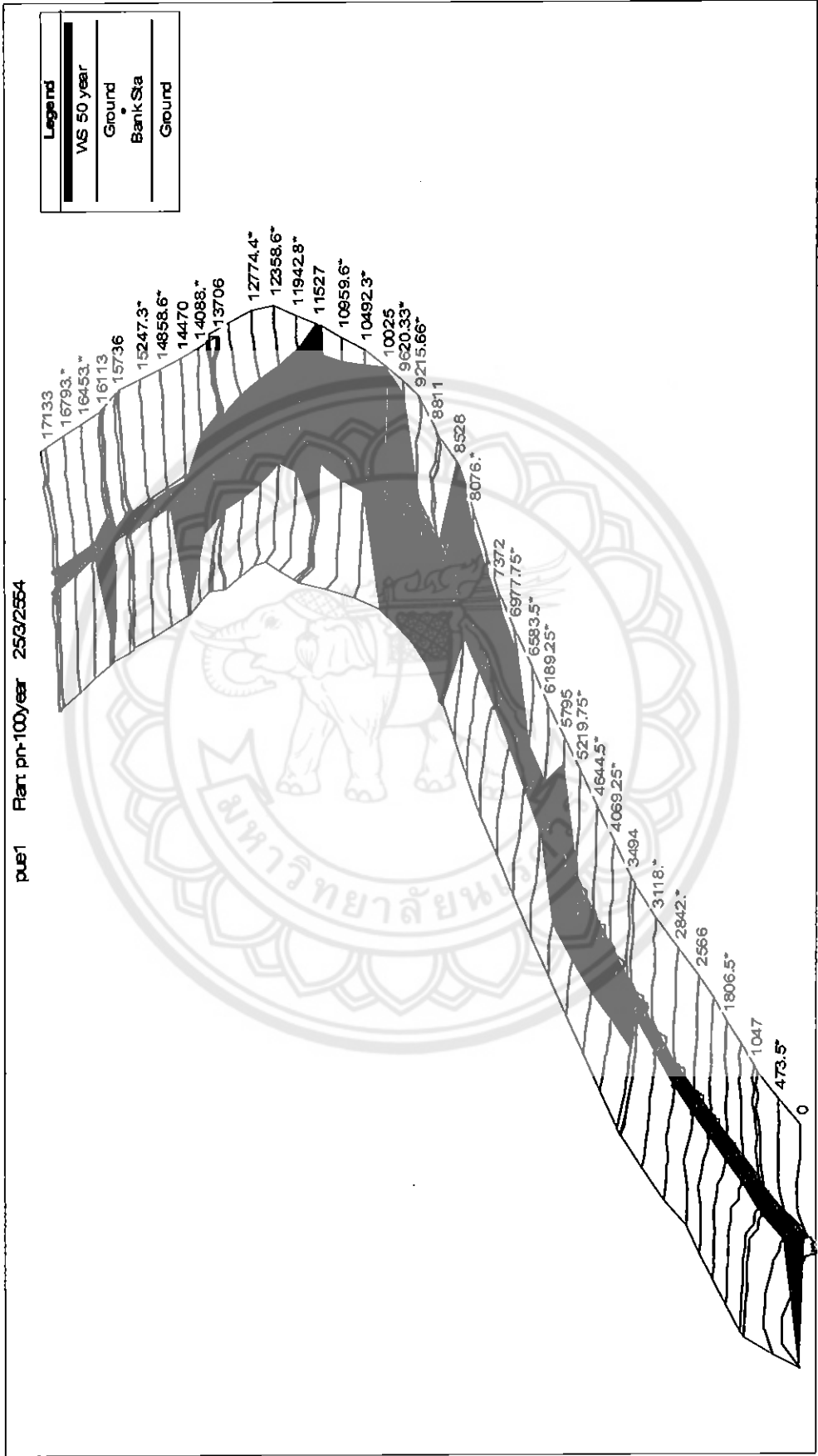


รูปที่ 4.3 ภาพตามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ปี พ.ศ. 2553 เพื่อการสอบเทียบค่า

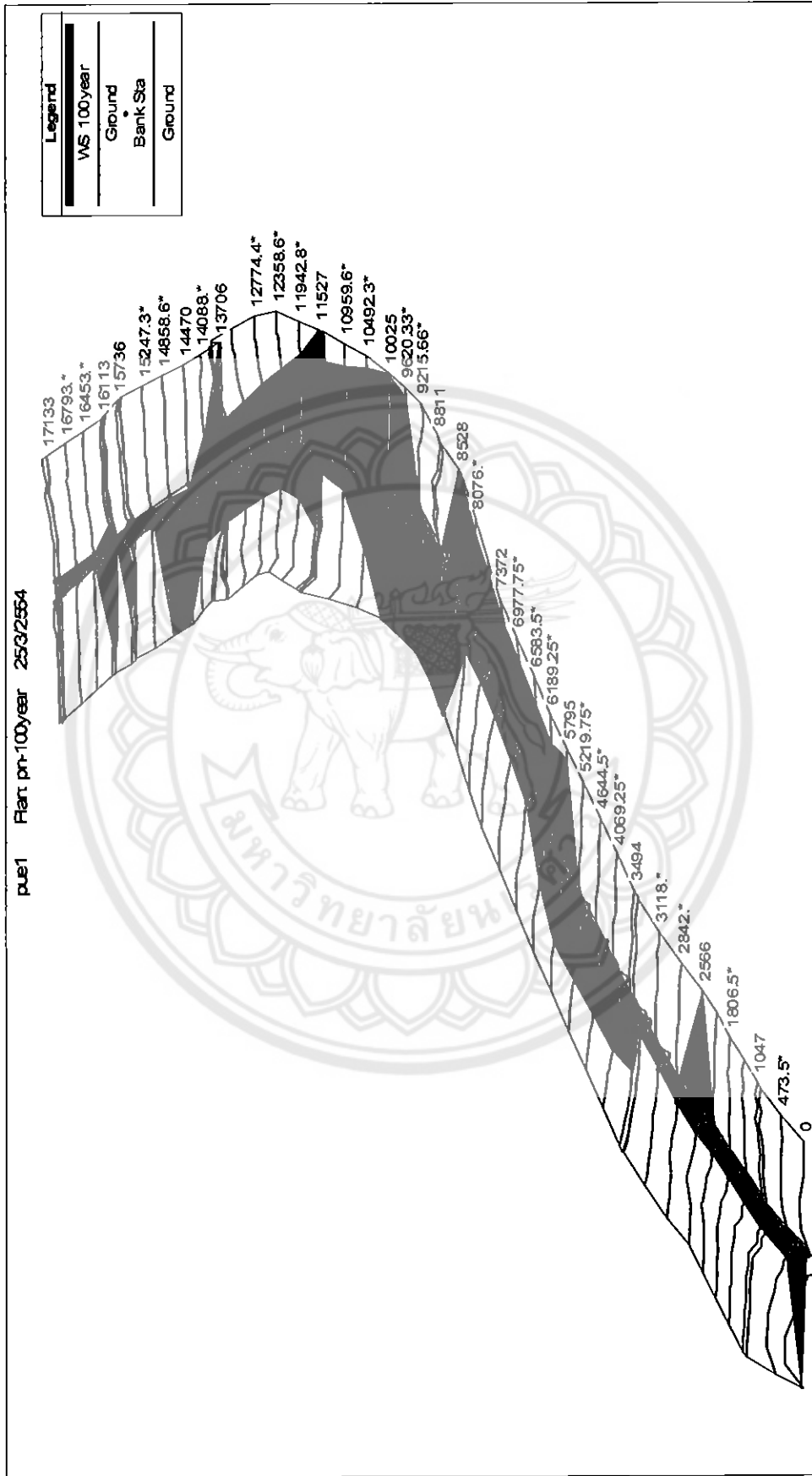




รูปที่ 4.4 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในความยาวที่ 10 ปี



รูปที่ 4.5 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 50 ปี



รูปที่ 4.6 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในถาวรความถี่ 100 ปี



รูปที่ 4.7 แสดงพื้นที่น้ำท่วม ในคาบการเกิดซ้ำ 10 ปี



รูปที่ 4.8 แสดงพื้นที่น้ำท่วม ในคาบการเกิดซ้ำ 50 ปี



รูปที่ 4.9 แสดงพื้นที่น้ำท่วมใน คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี



## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

HEC-RAS คำนวณการไหลในลักษณะต่างๆได้ เช่น การไหลแบบคงตัว (Steady Flow) การไหลแบบไม่คงตัว (Unsteady Flow) เหมาะสมที่จะนำไปวิเคราะห์หาพฤติกรรมการไหลของทางน้ำ

เนื่องจาก โครงการนี้ต้องอาศัยข้อมูลจากหลายๆแหล่ง เช่นชาวบ้านในพื้นที่ เจ้าหน้าที่ฝ่ายป้ว กรมทางหลวง กรมชลประทานและการลงไปเก็บข้อมูลในสถานที่จริง ฯลฯ ซึ่งข้อมูลบางอย่างไม่ได้รวบรวมไว้ ทำให้ได้ข้อมูลไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้งาน เช่นข้อมูลสะพานไม่ครบตามจำนวนของสะพาน รวมไปถึงข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้องคือ ระดับของสะพาน ระดับของตลิ่ง หรือข้อมูลระดับถนนบริเวณริมตลิ่ง การปรับพื้นที่ให้สูงขึ้นเพื่อลดปัญหาน้ำท่วม การเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จาก โปรแกรม HEC-RAS และข้อมูลที่วัดจากสถานีมีความแตกต่างกันมากทั้งที่ได้ปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท้องน้ำและพื้นที่น้ำหลากแล้ว ดังนั้น ในการศึกษาต่อไปจะต้องนำข้อมูลถนน ที่มีสะพาน ท่อลอดตามแนวถนนตัดขวางลำน้ำ ฯลฯ เมื่อนำข้อมูลที่ครบได้ในโปรแกรม จะทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาสมบูรณ์ และความผิดพลาดก็จะลดลง

## บรรณานุกรม

Chow, V.T. ,Hydraulics Labortary Manual. NewDelhi : McGraw-Hill publishing Company Limited , 1989

กรීติ ลีวงนกุล. วิศวกรรมชลศาสตร์.ปทุมธานี : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต, 2540

กรීติ ลีวงนกุล.ชลศาสตร์ HYDRAULICS. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น , 2538

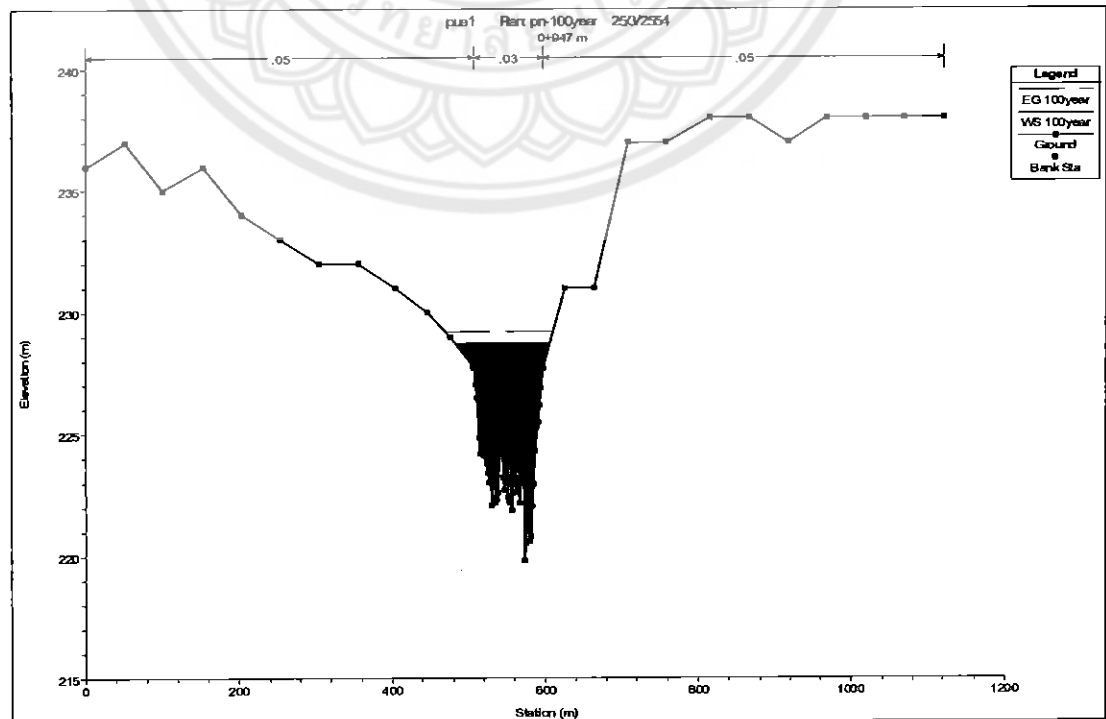
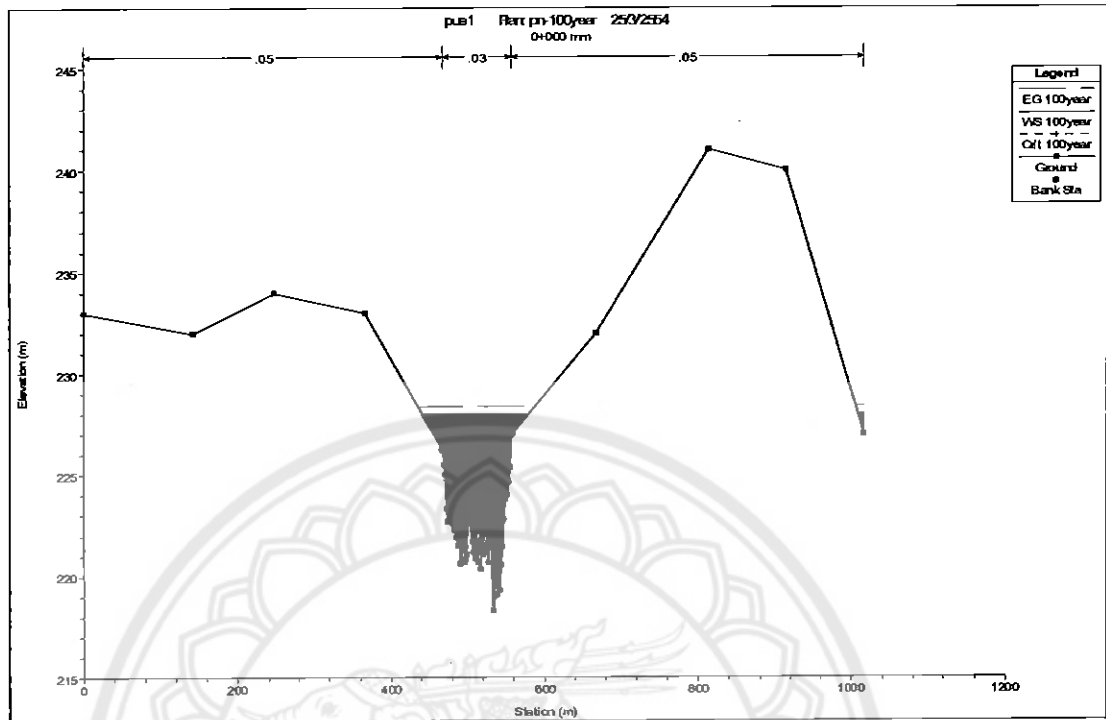
US ArmyCorps of Engineers, HEC-RAS River Analysis System

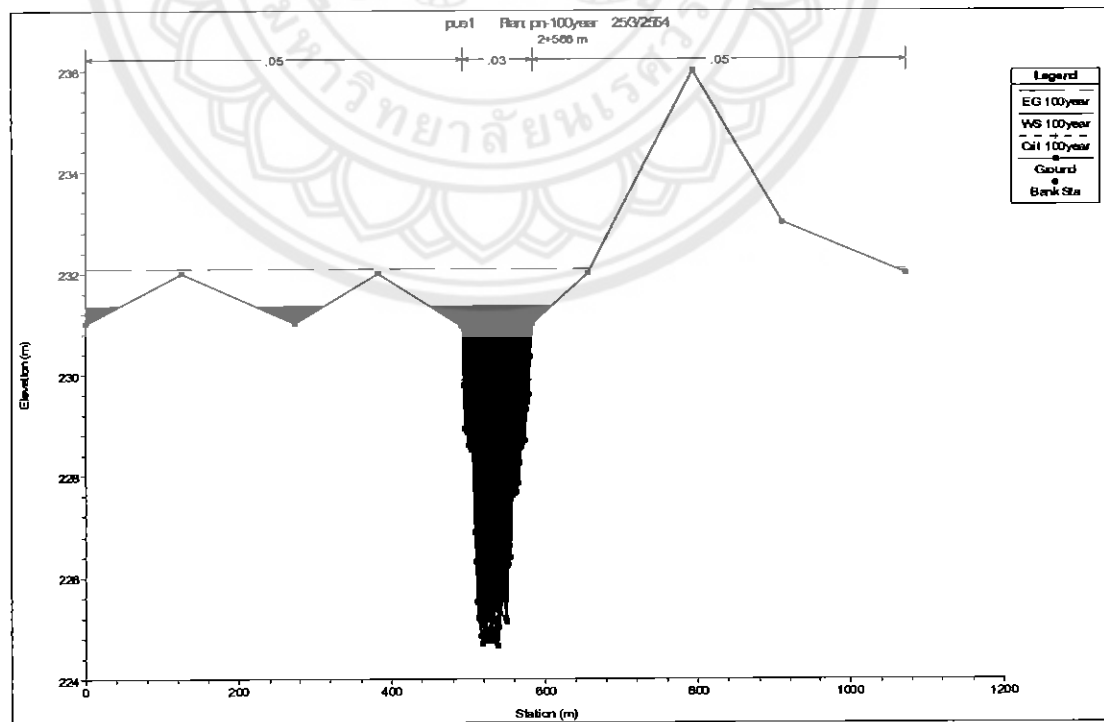
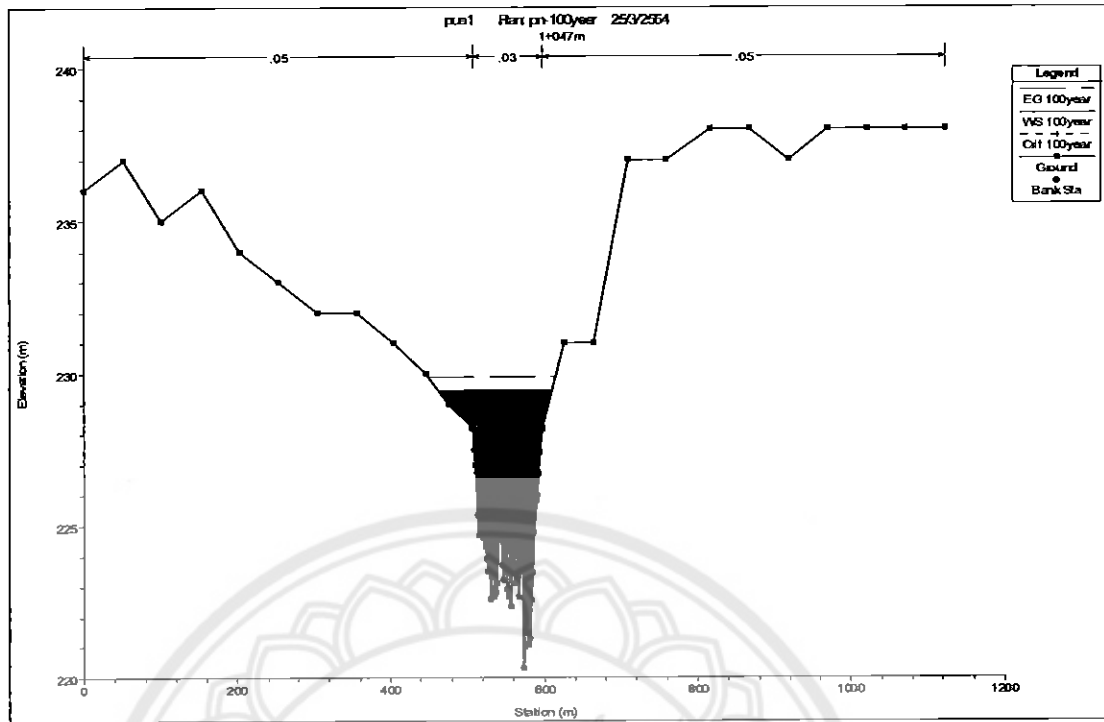


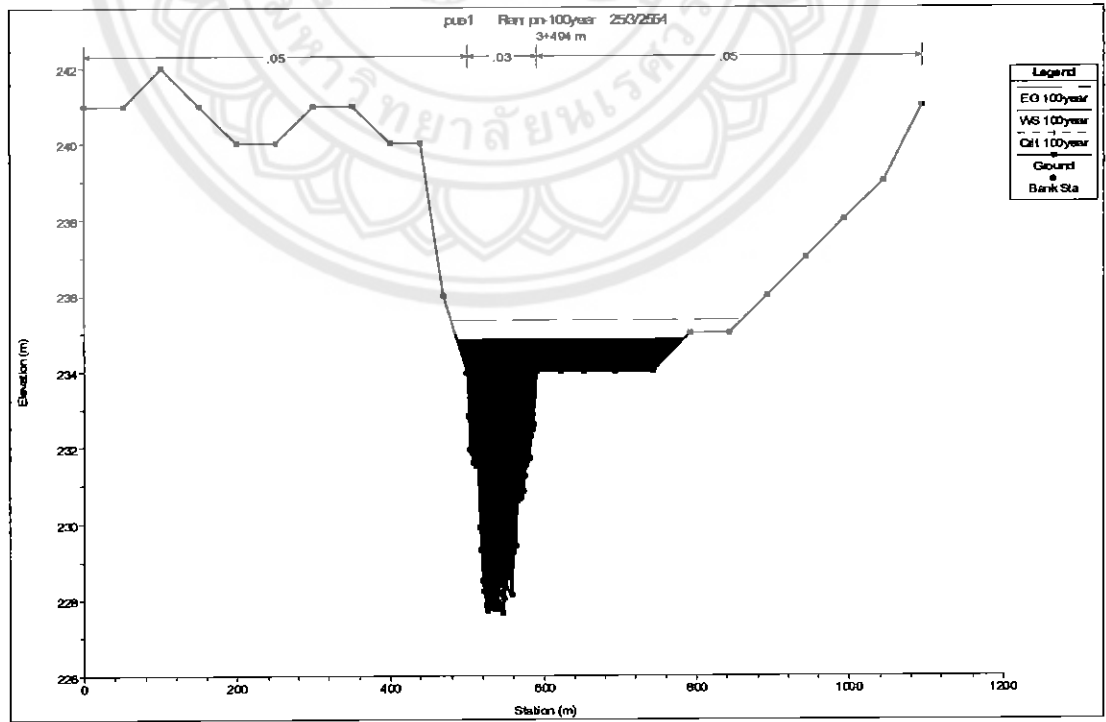
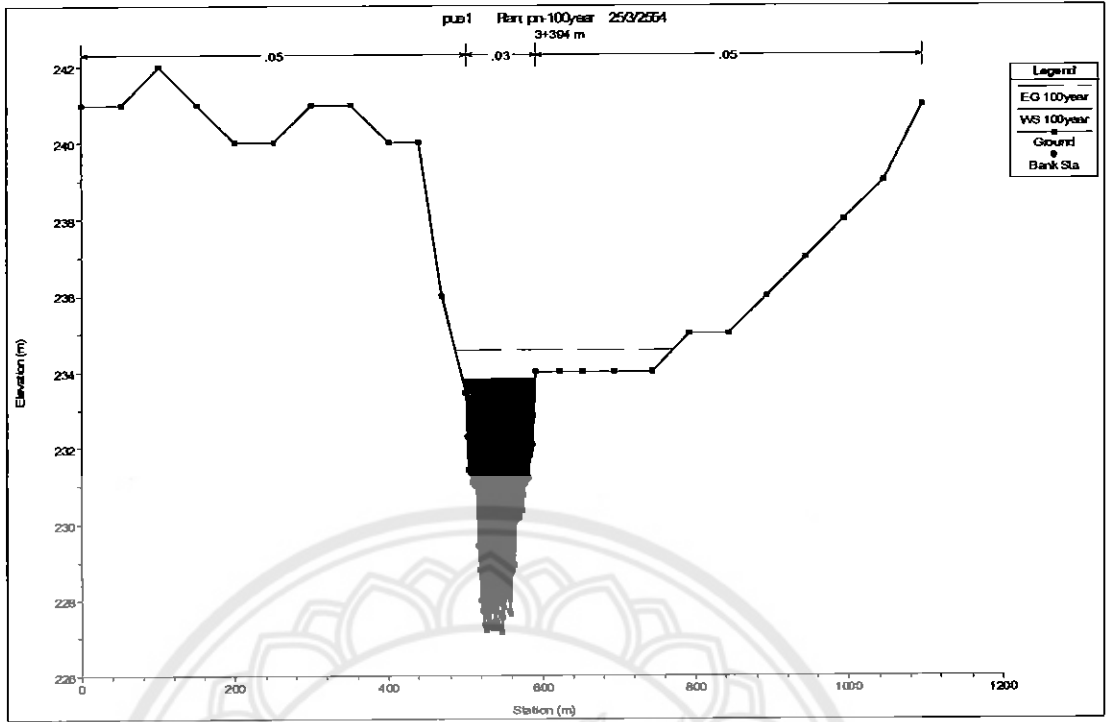


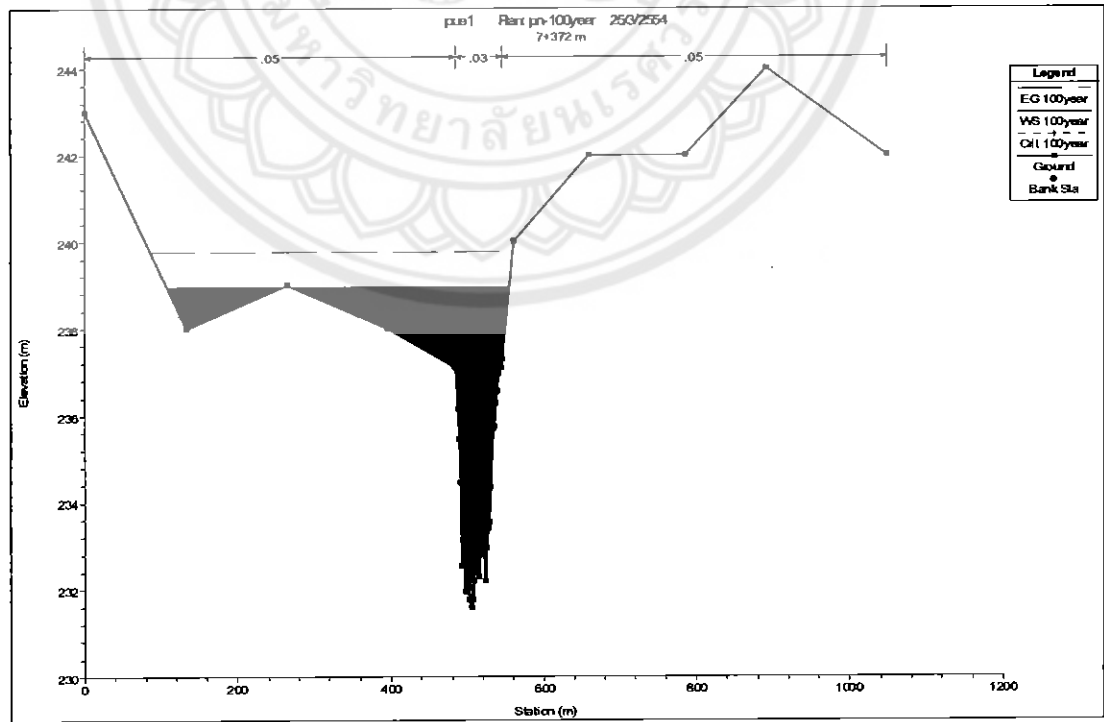
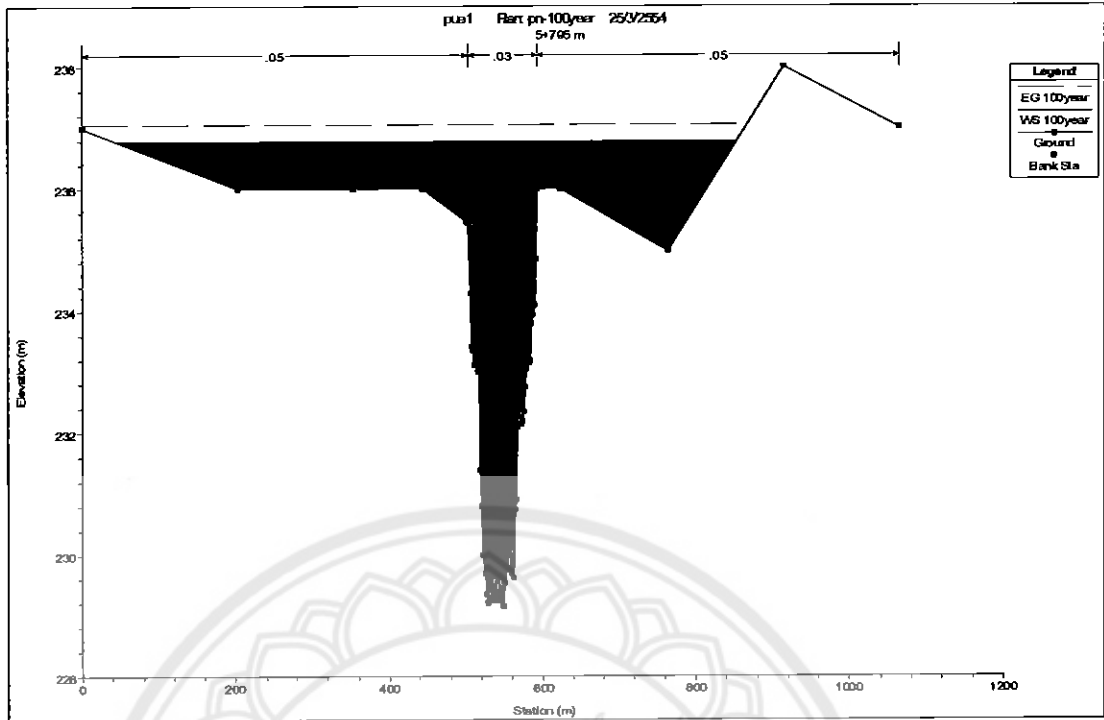


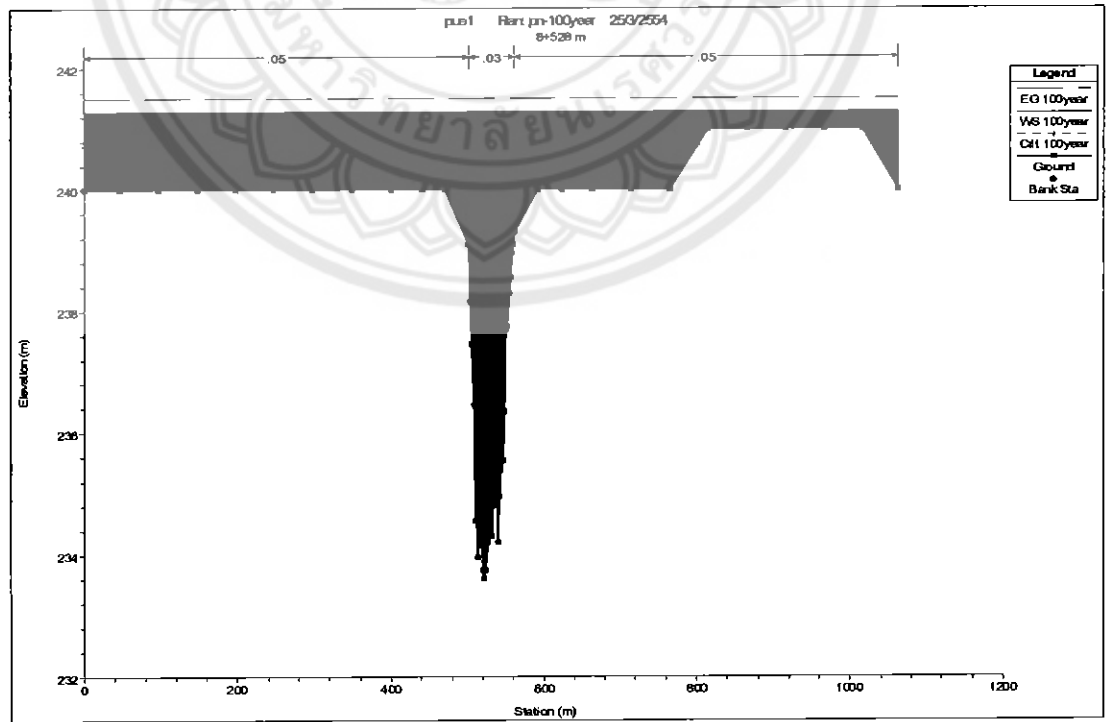
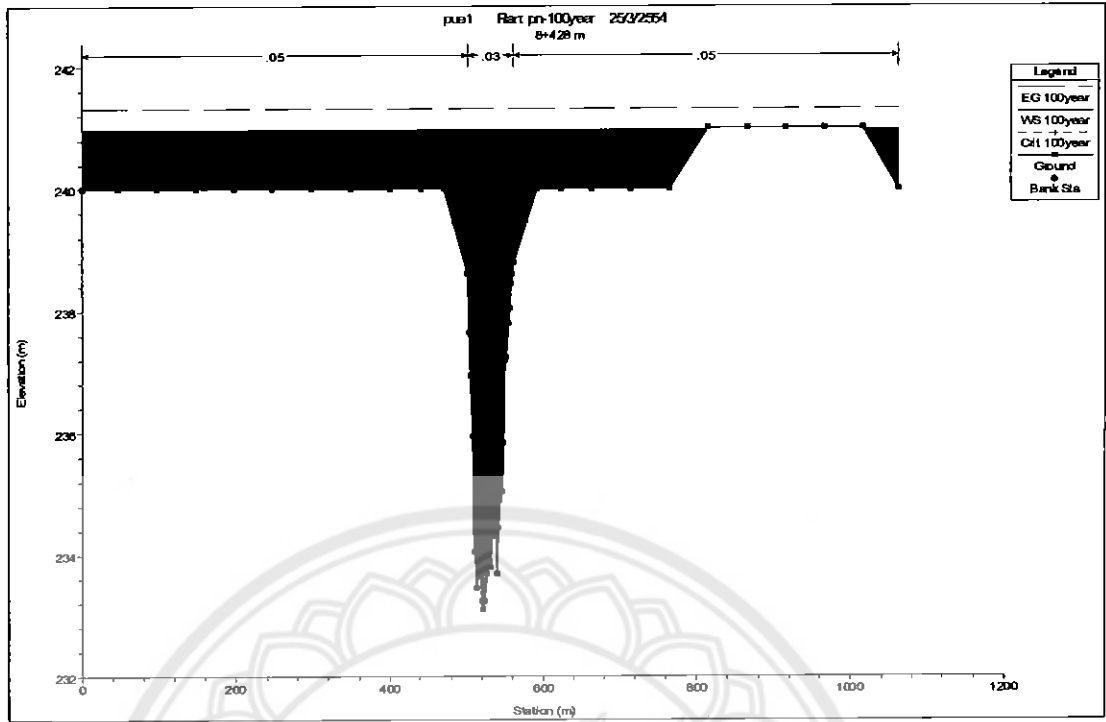
รูปที่ 1 แสดงภาคตัดขวางของน้ำหลาก ในลำน้ำปาว

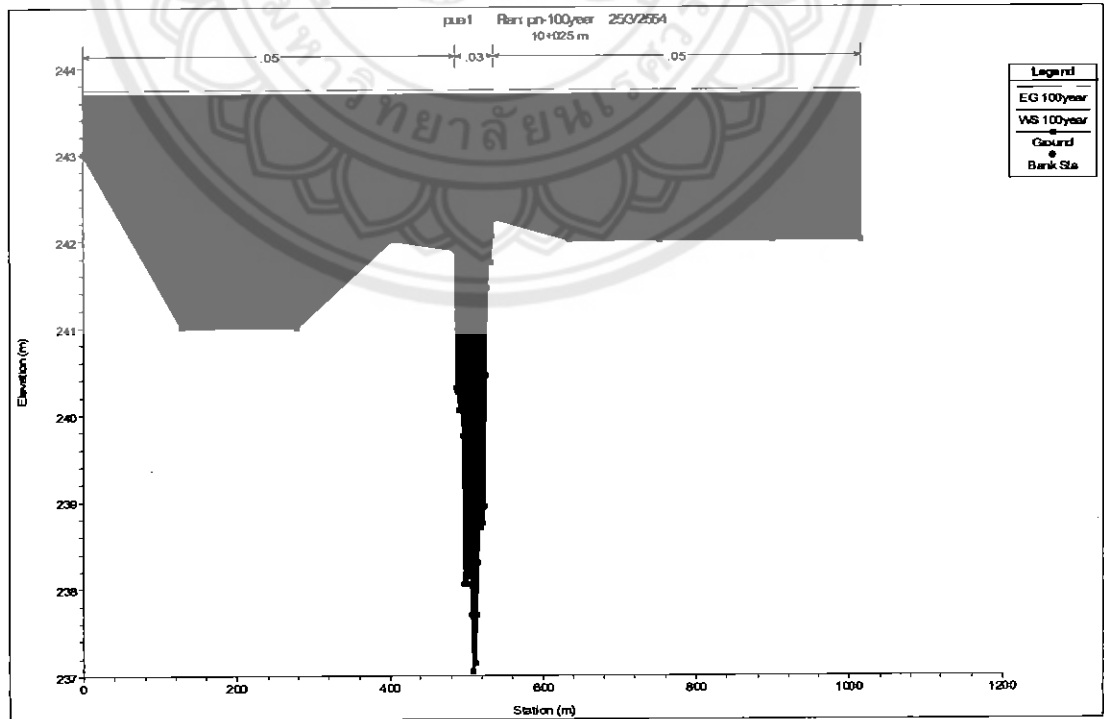
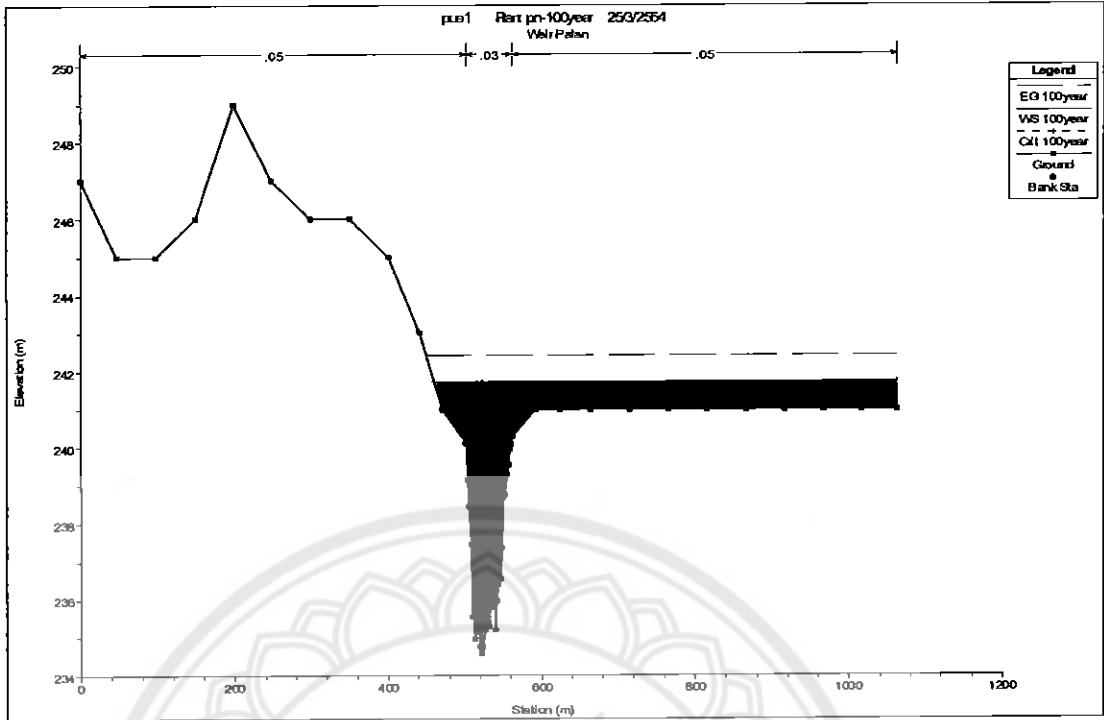


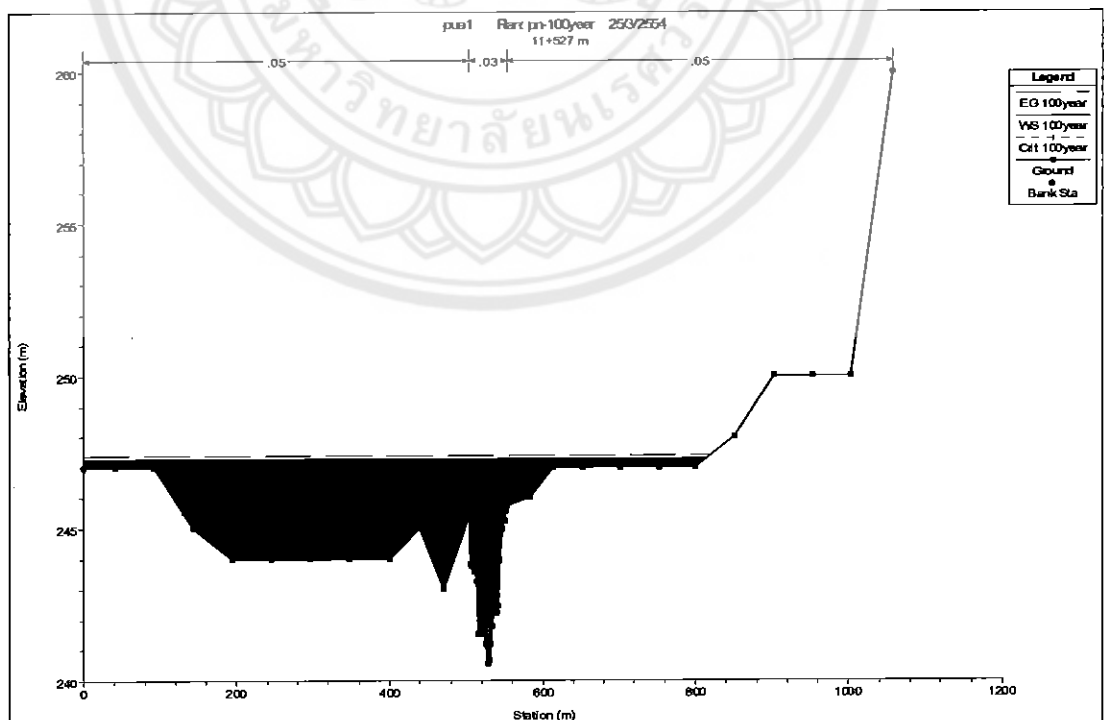
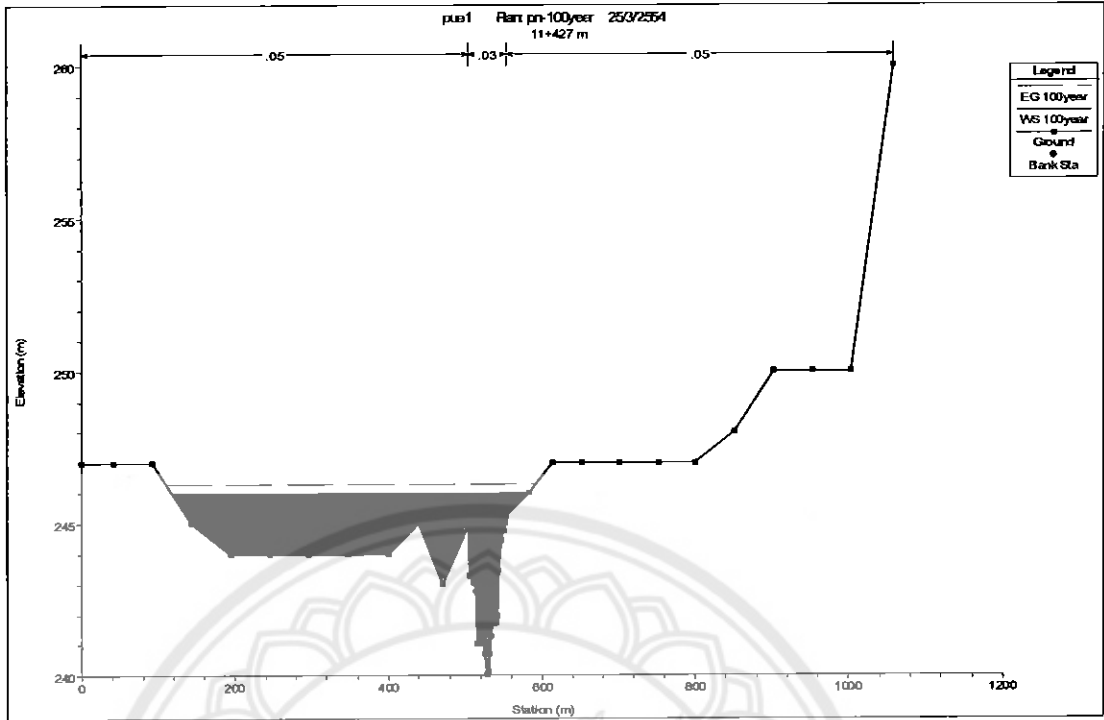


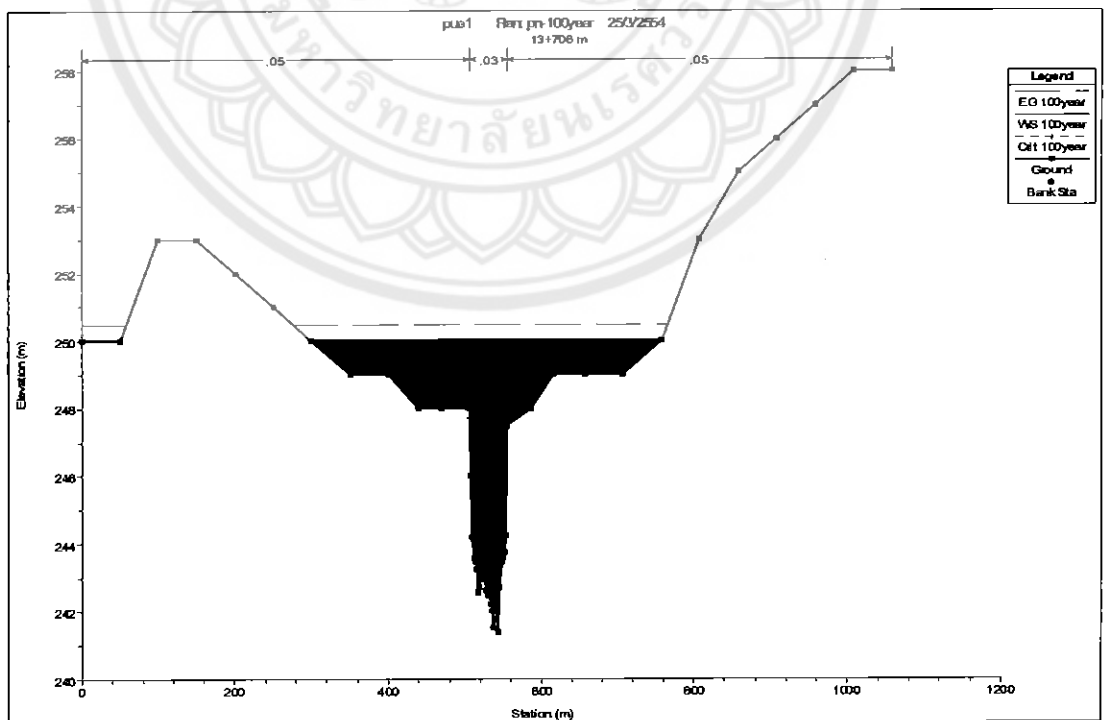
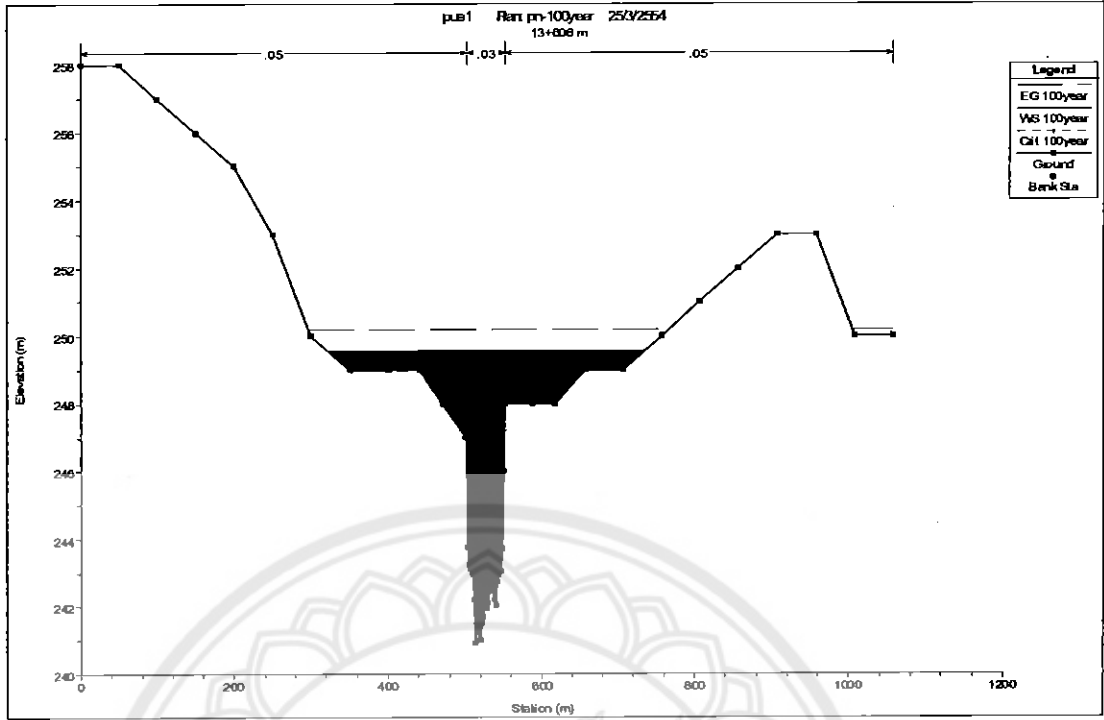




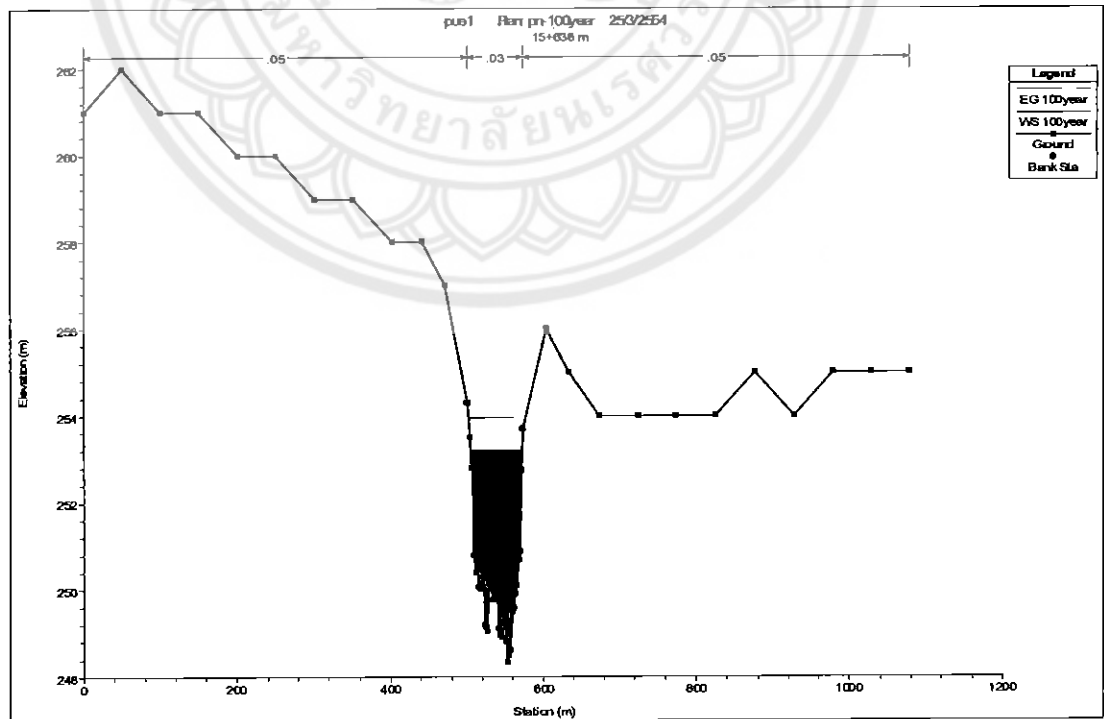
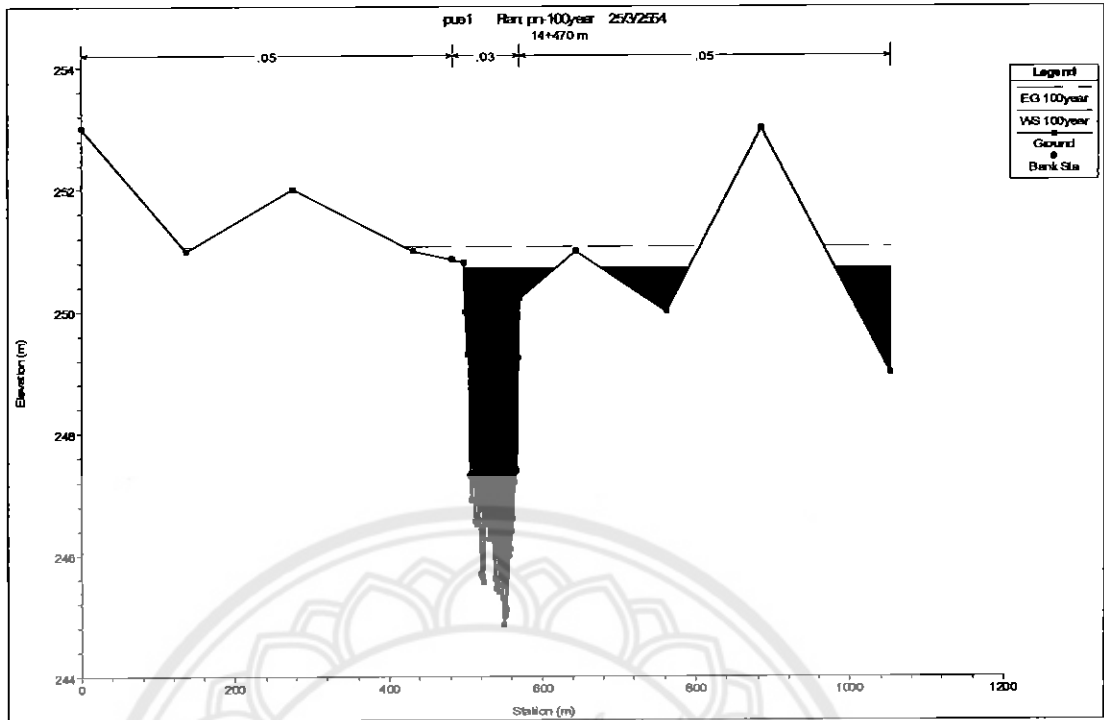


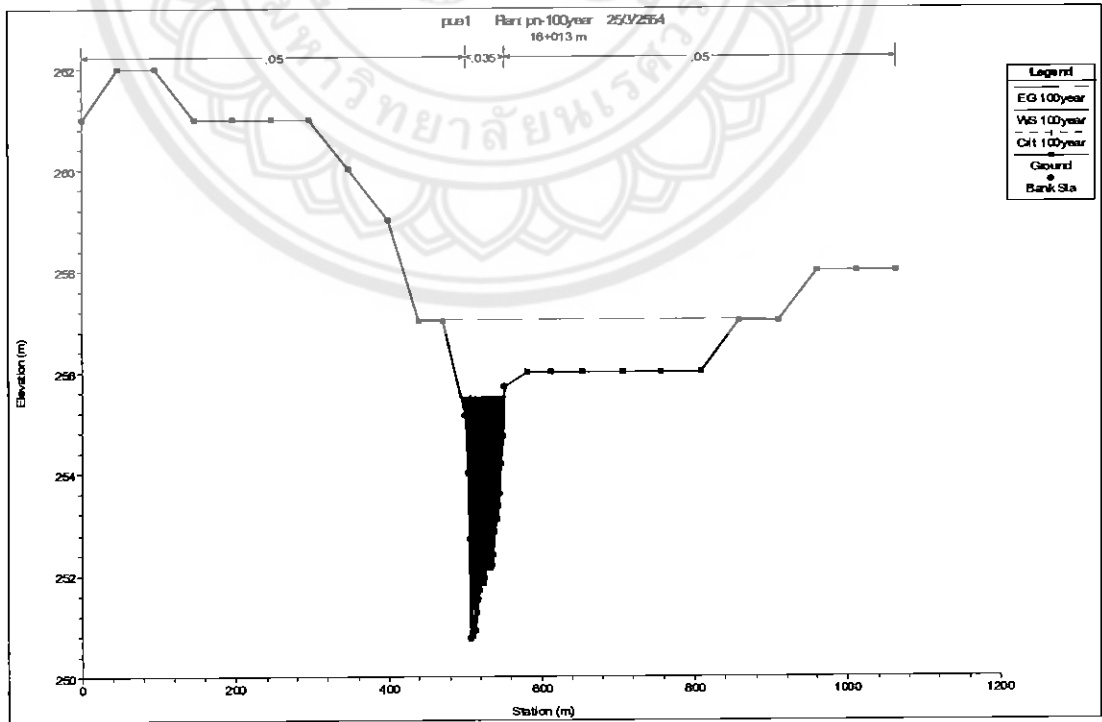
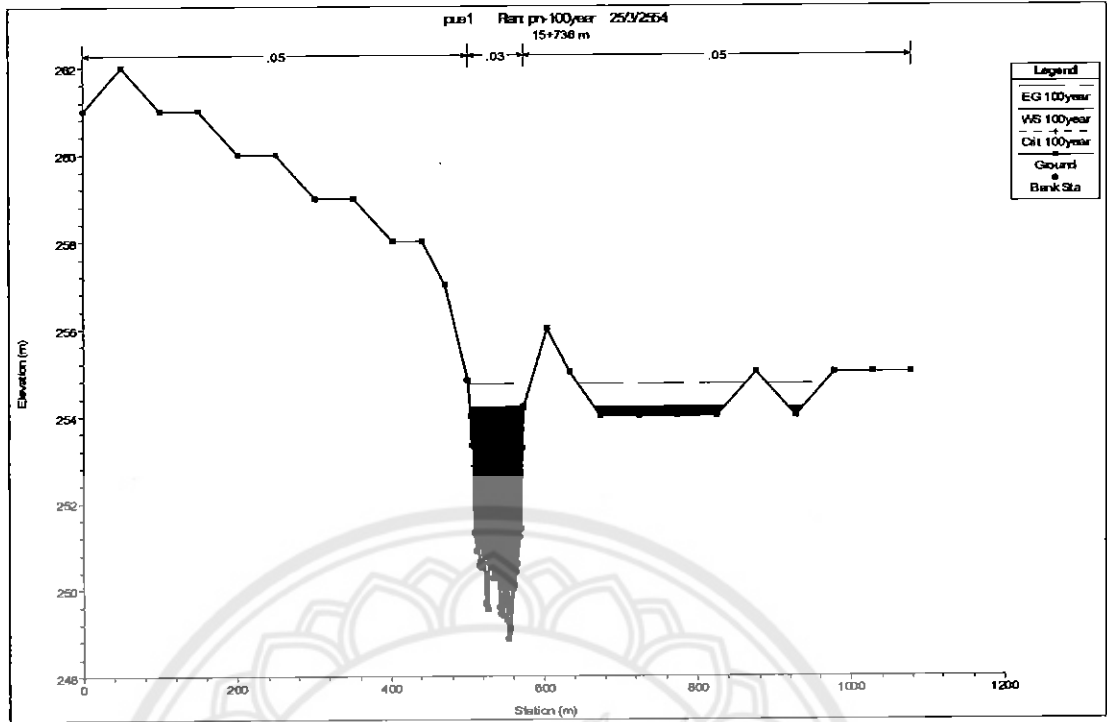


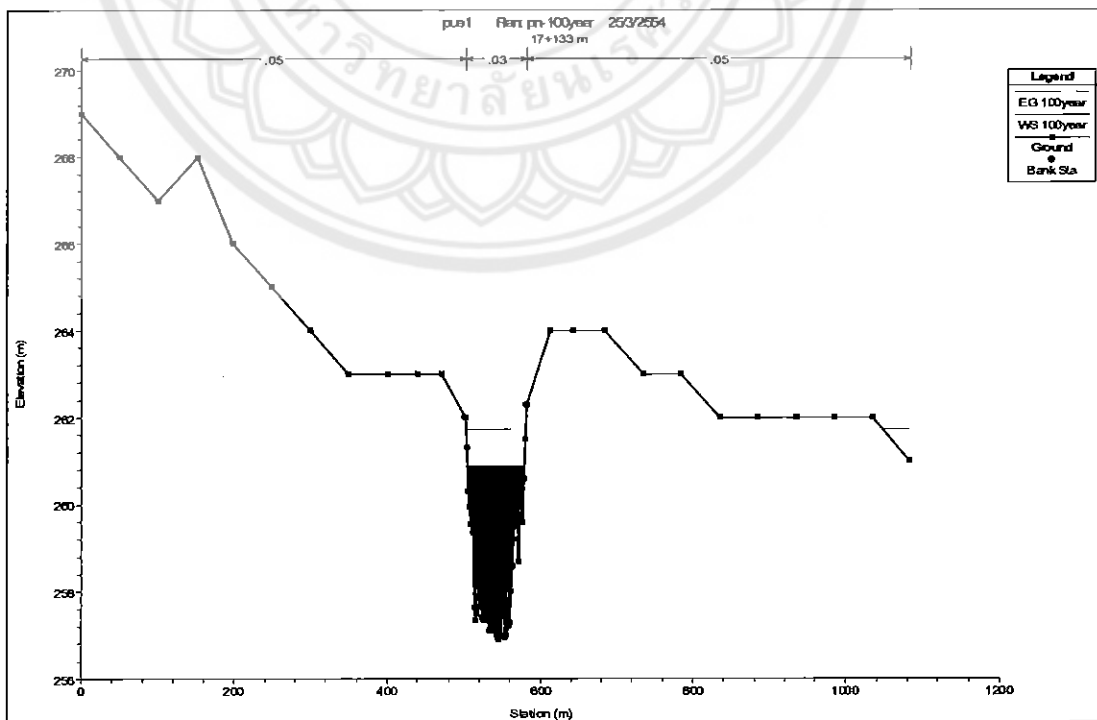
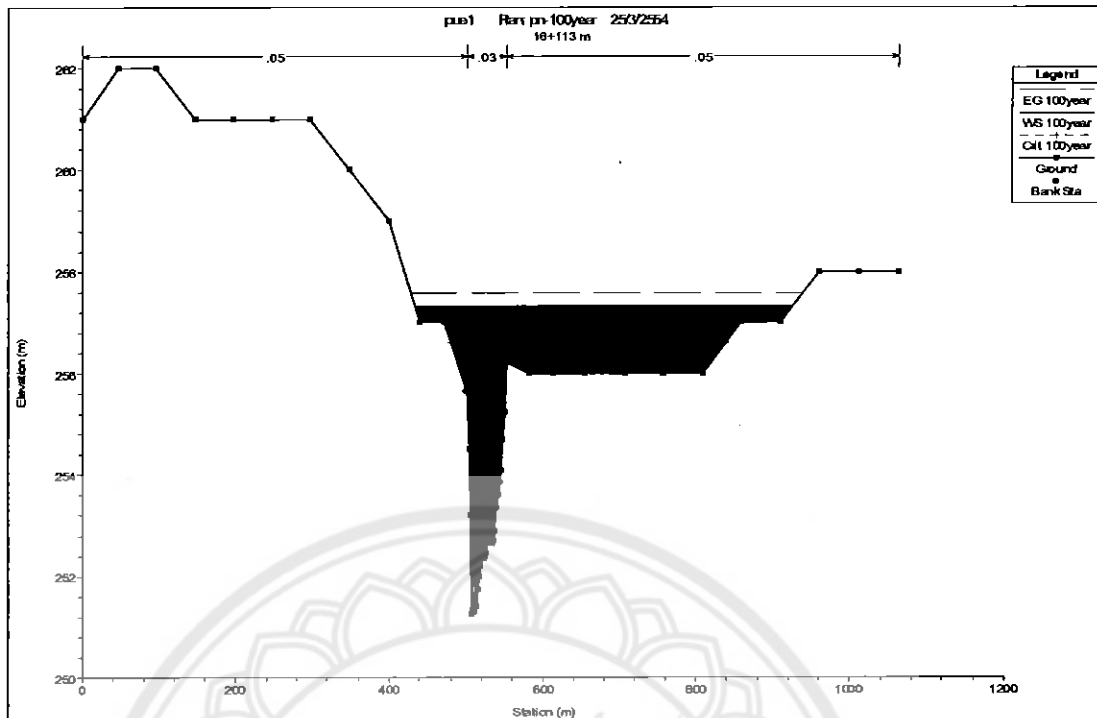


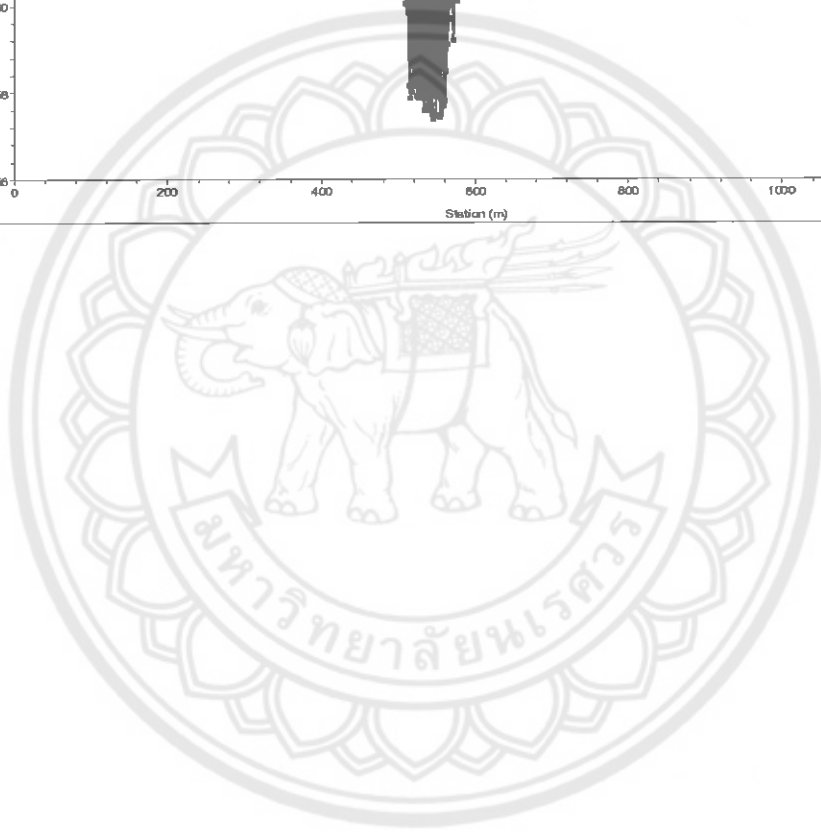
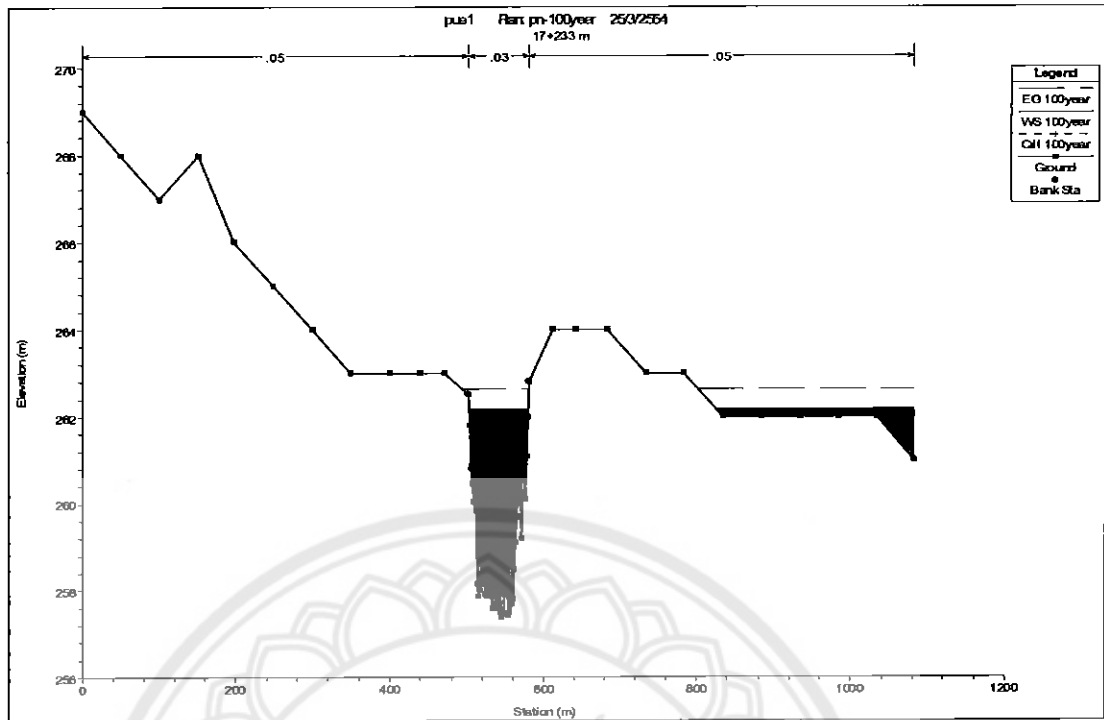




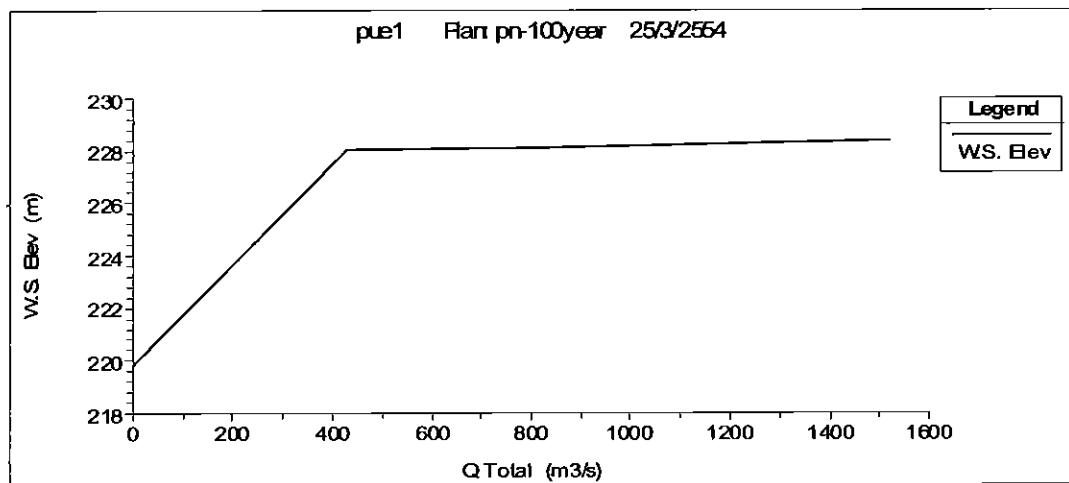
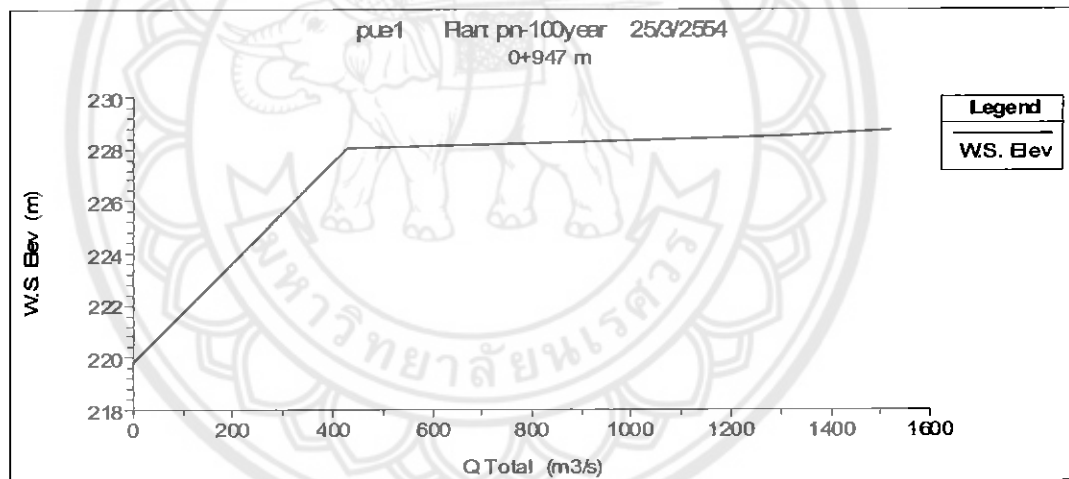
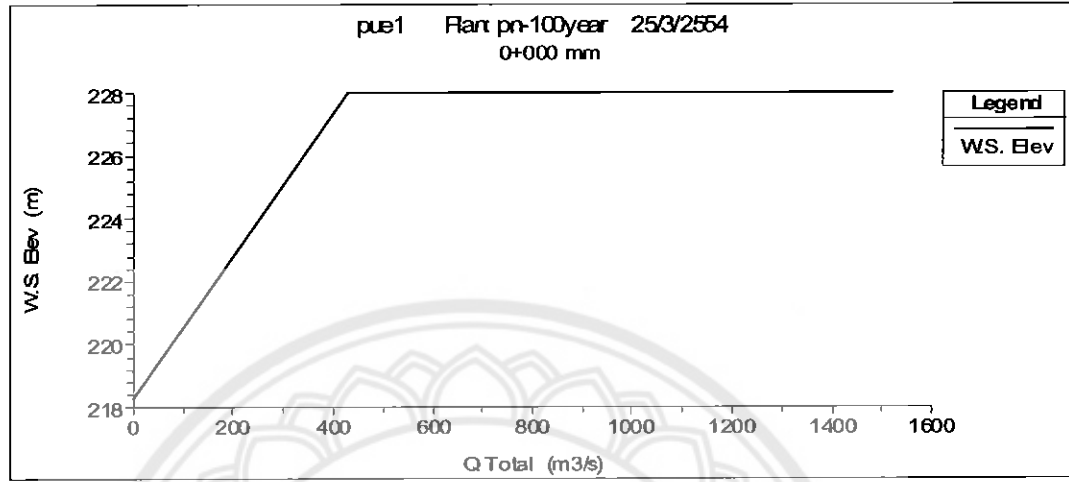


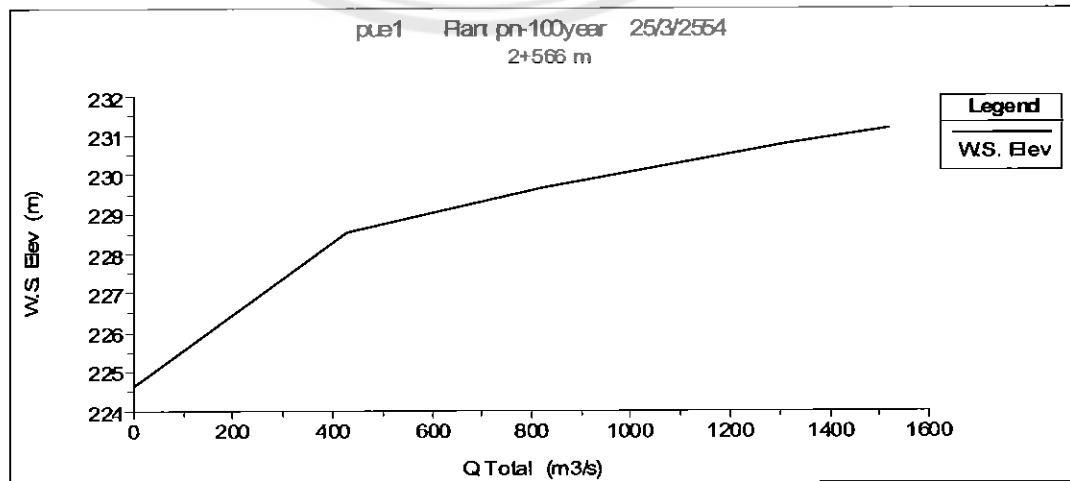
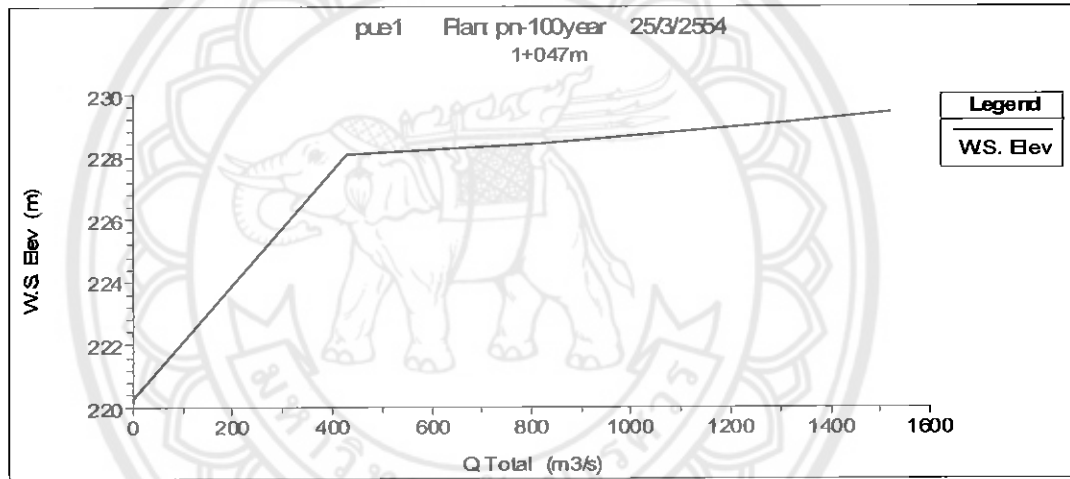
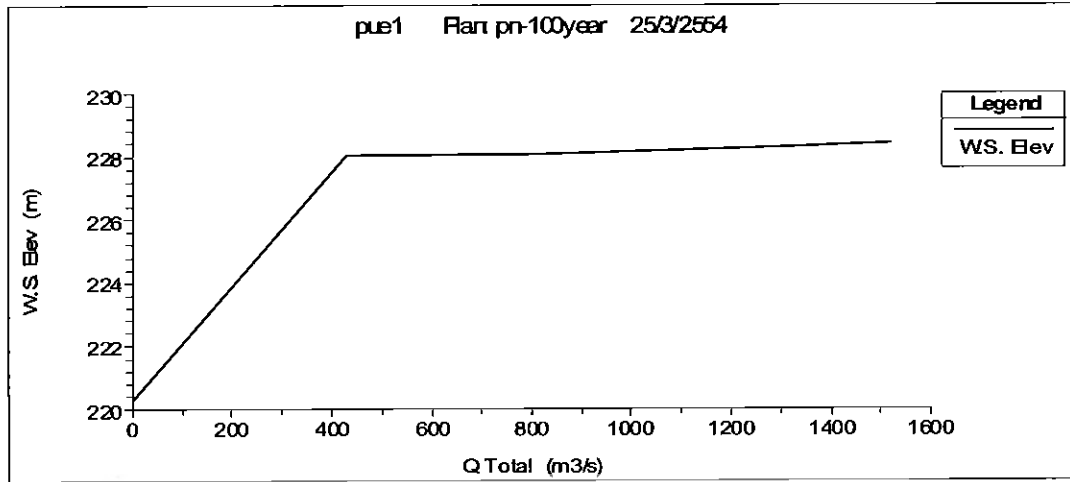


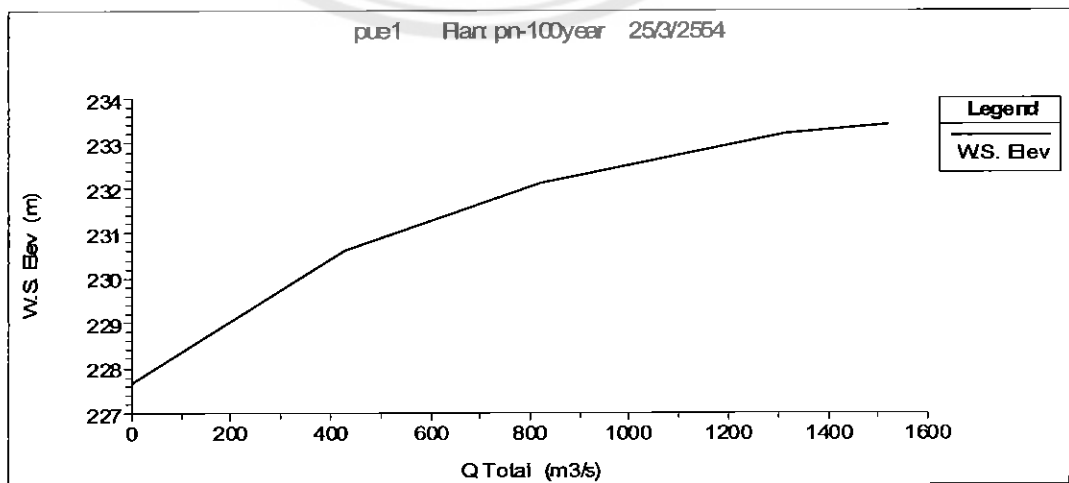
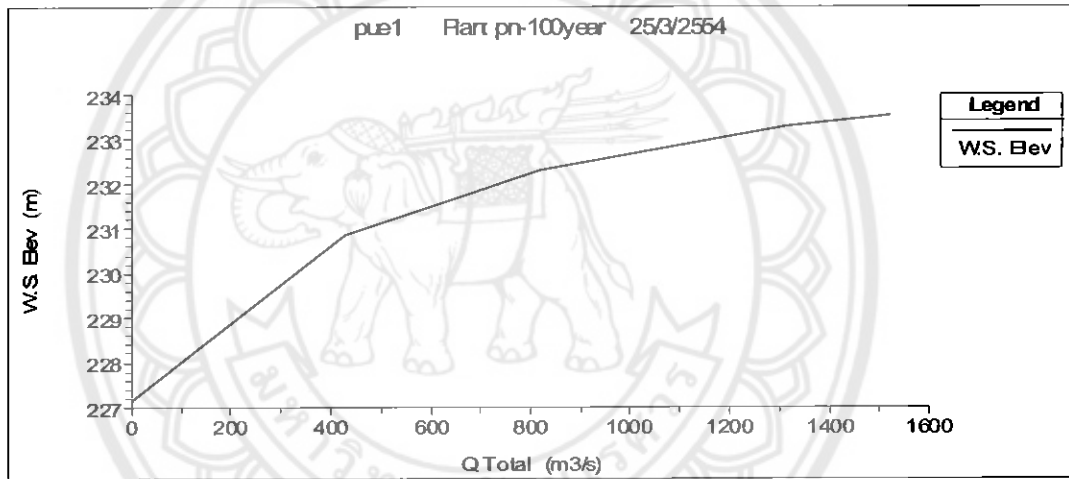
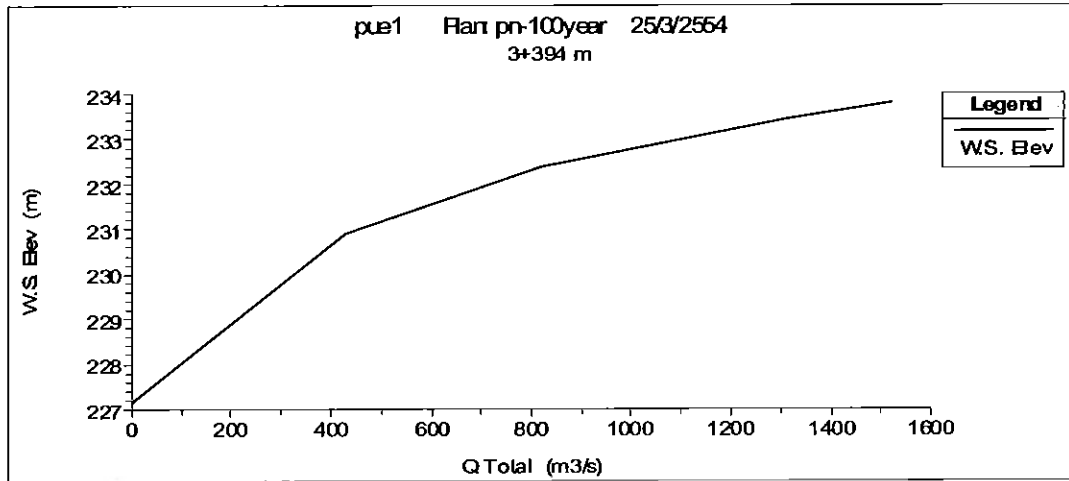


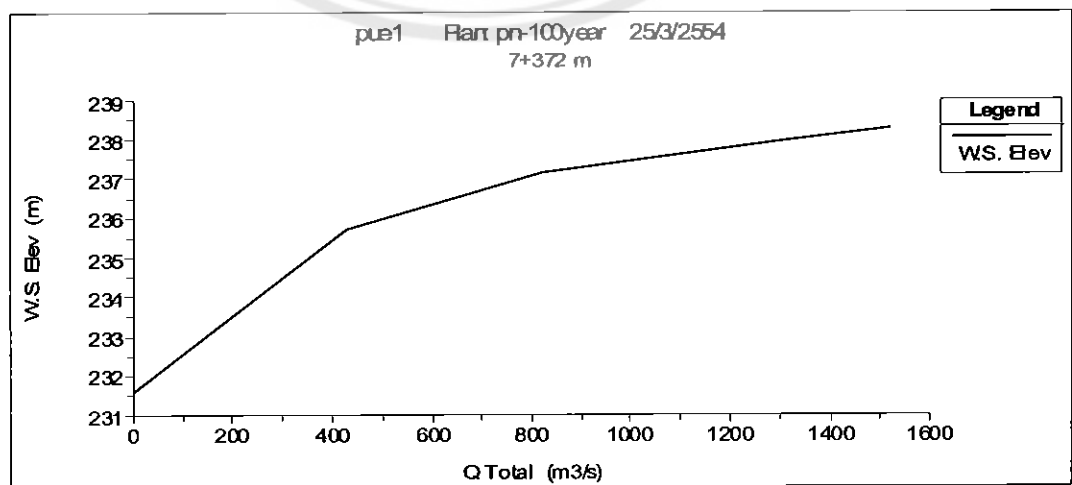
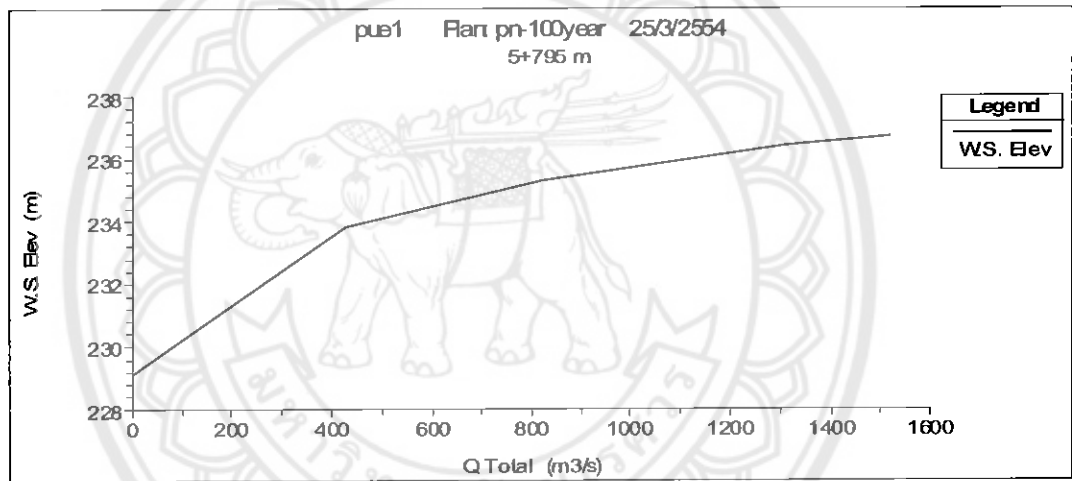
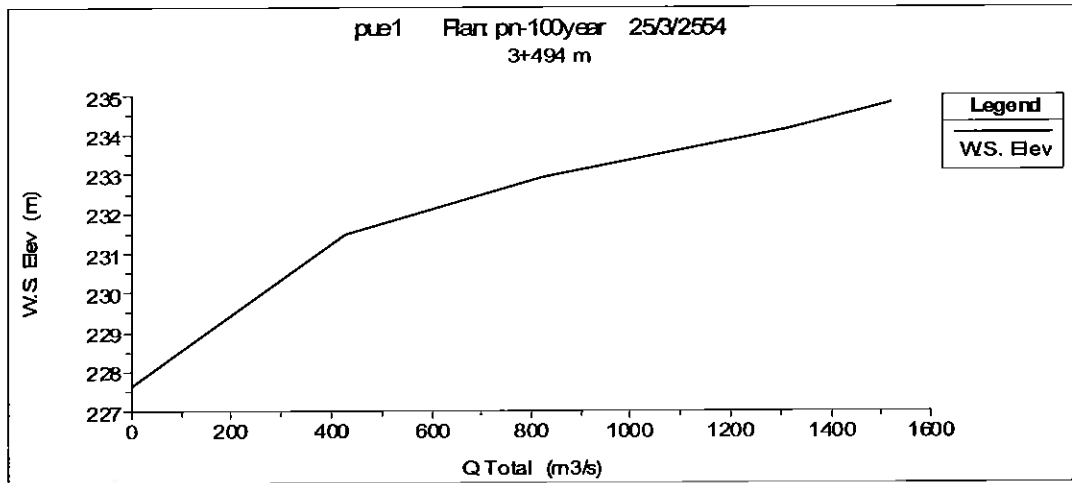


### รูปที่ 2 แสดงโค้งปริมาณน้ำ

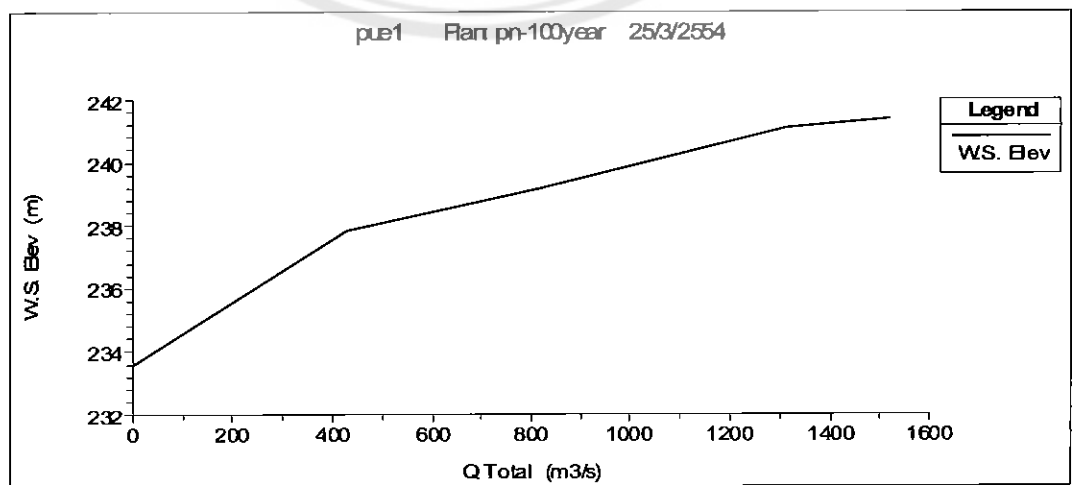
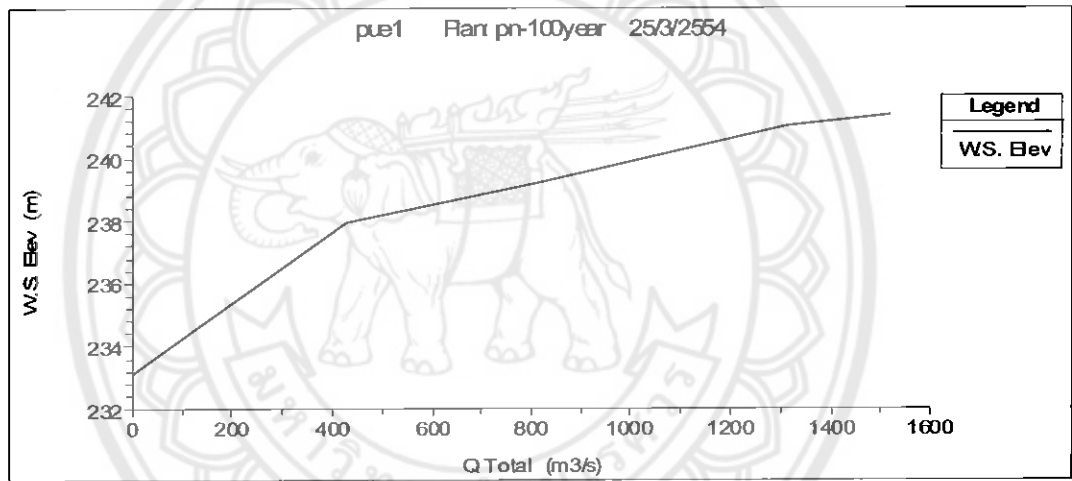
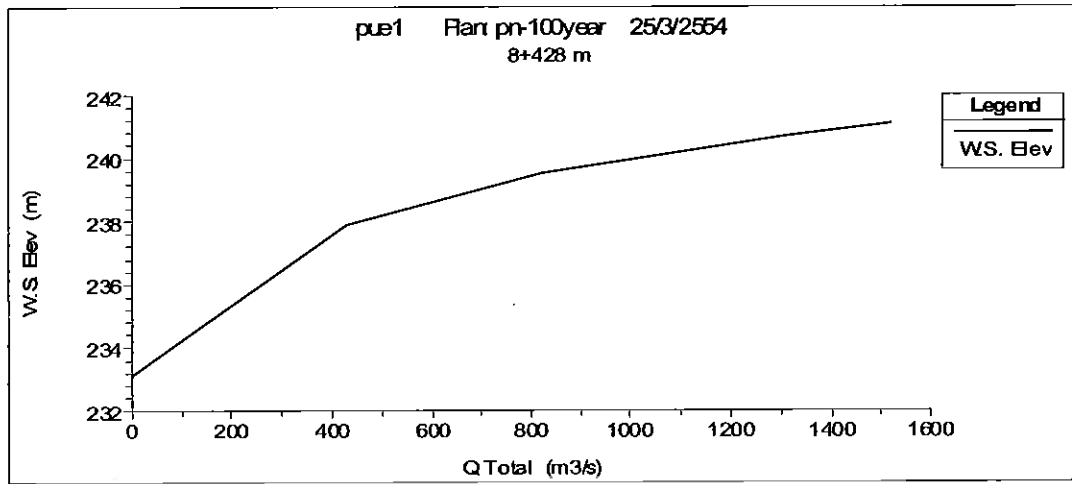


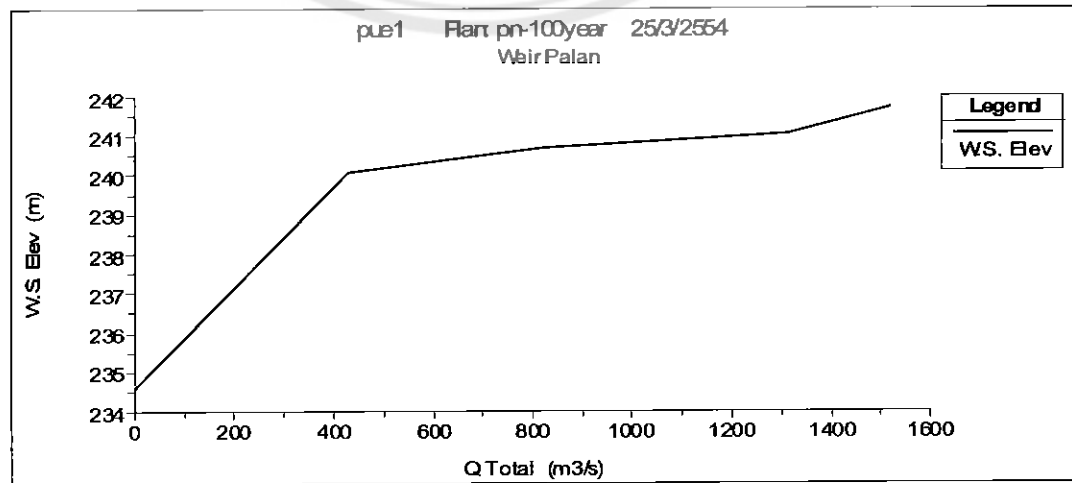
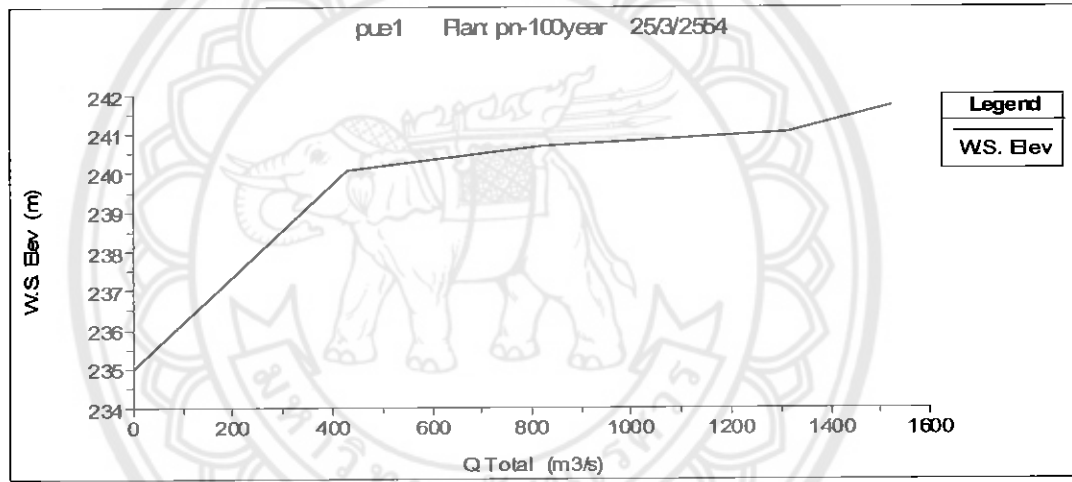
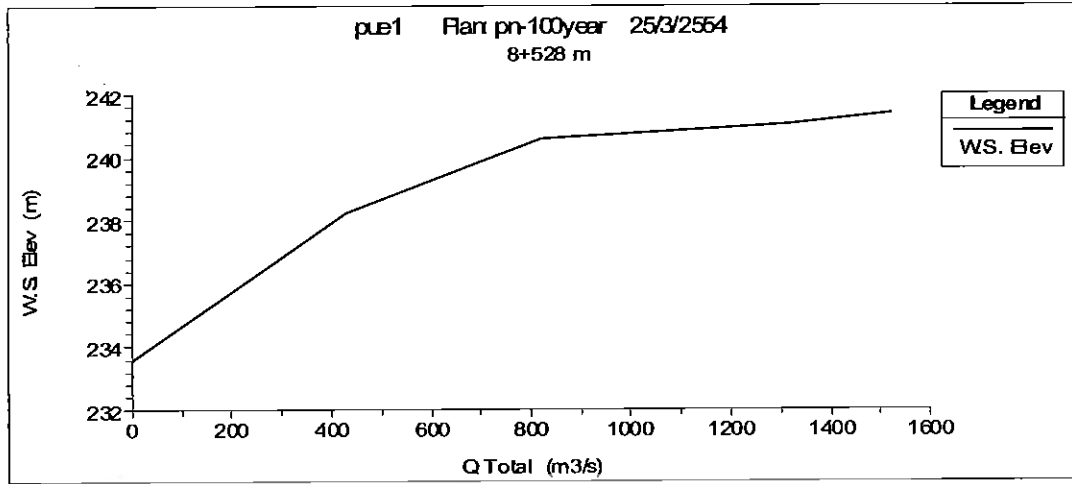


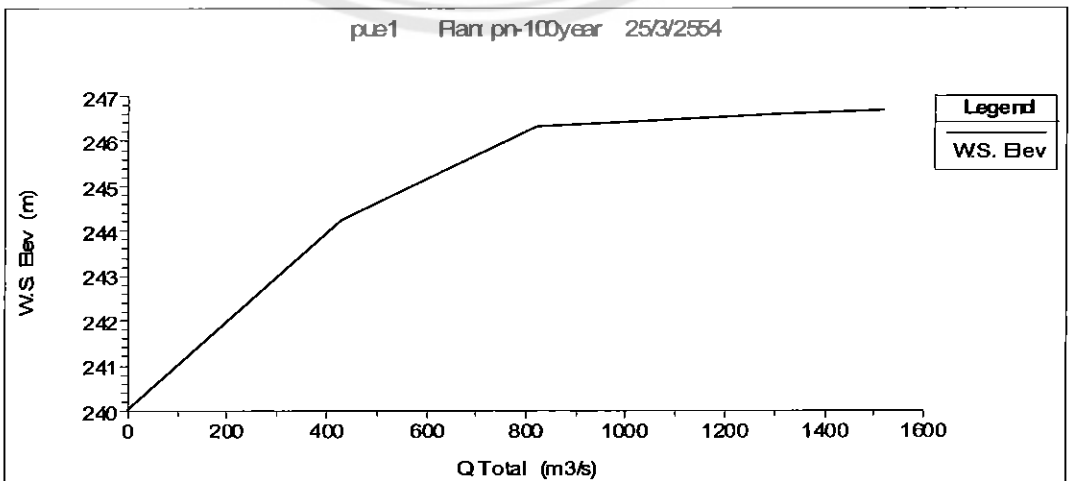
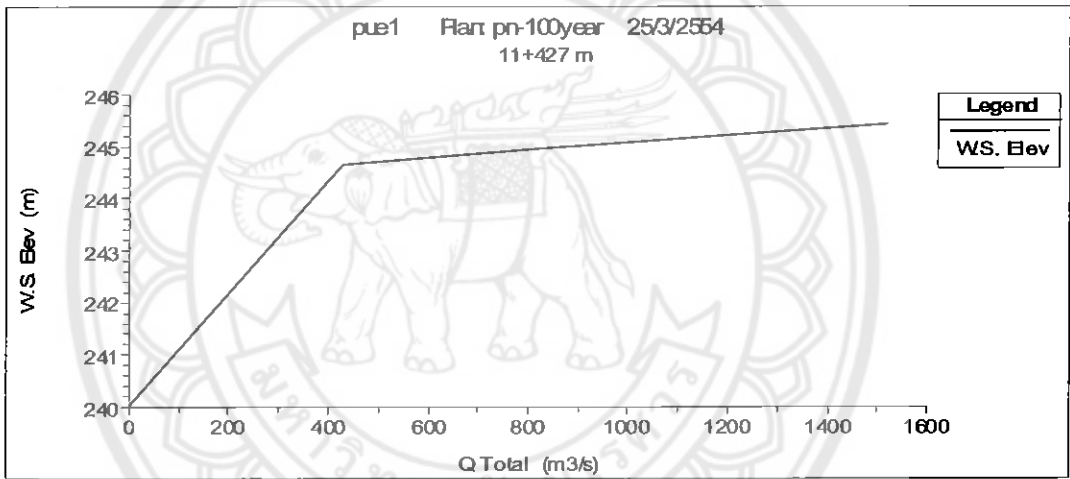
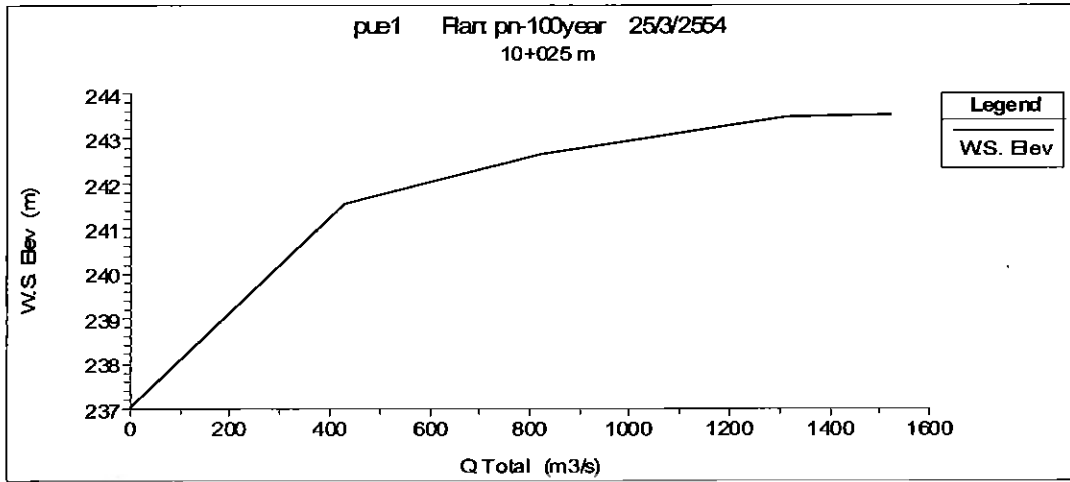


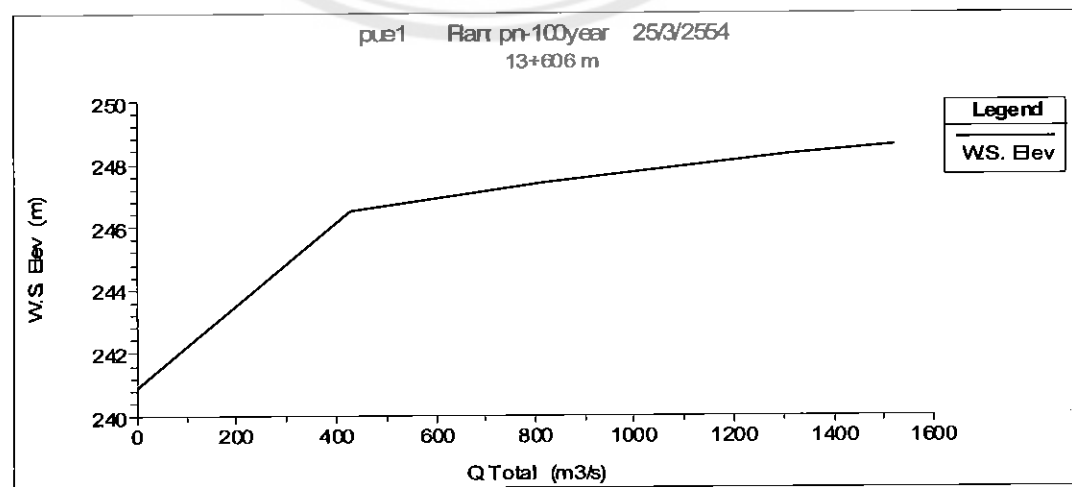
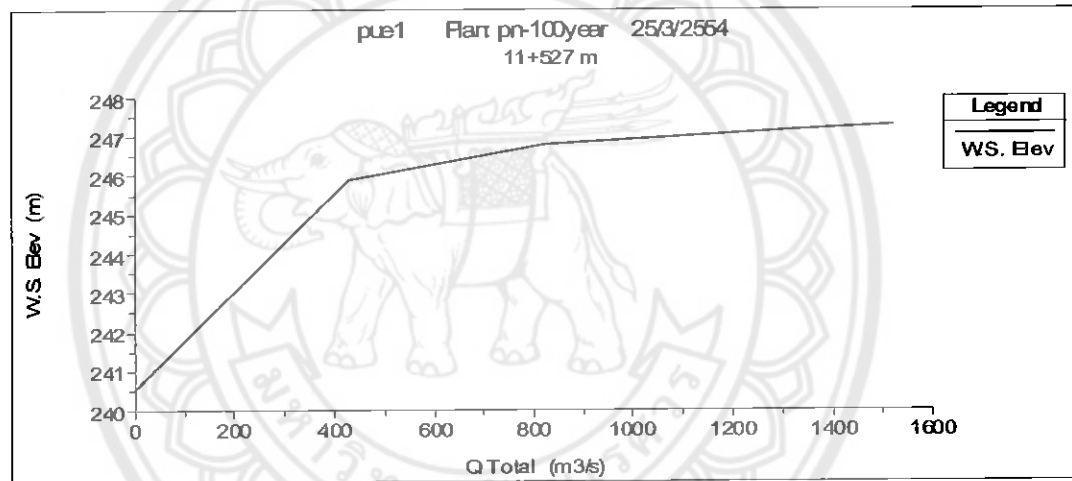
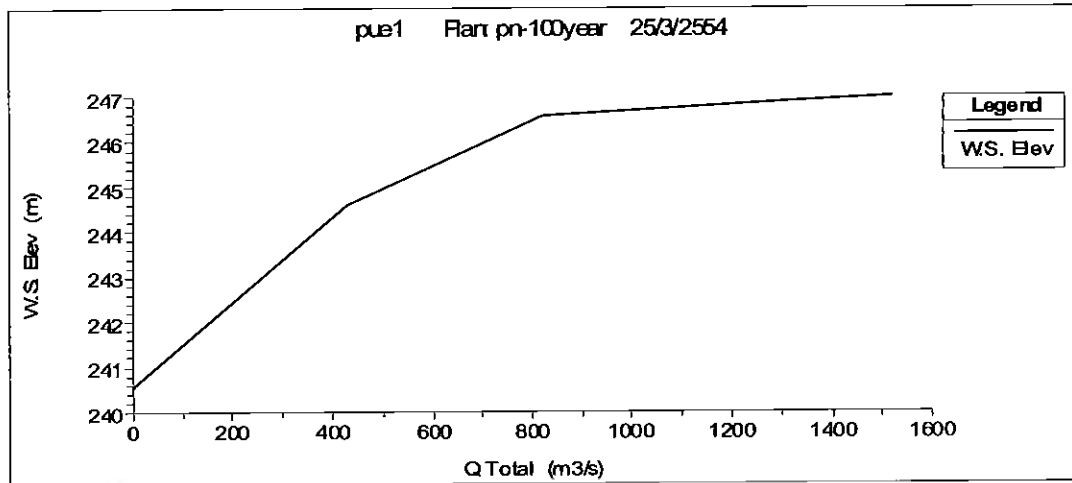


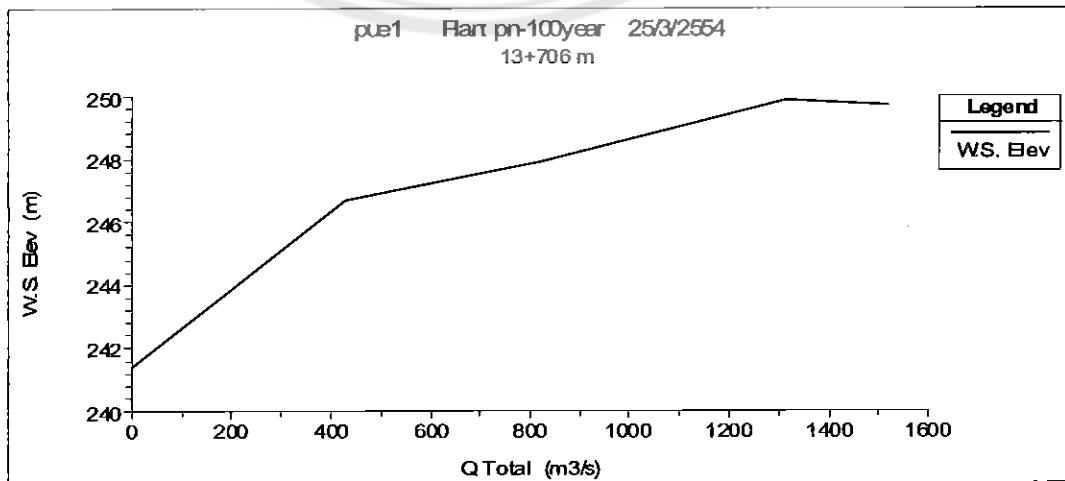
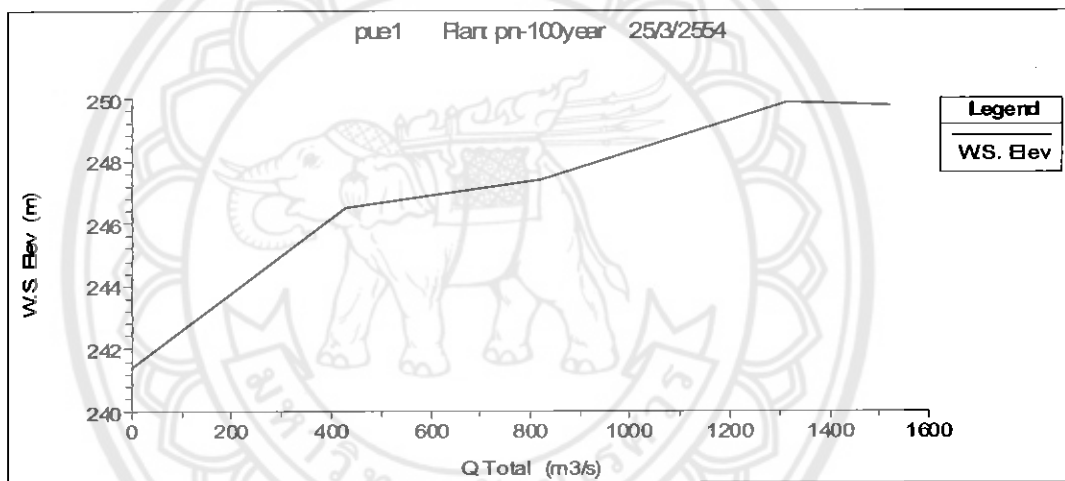
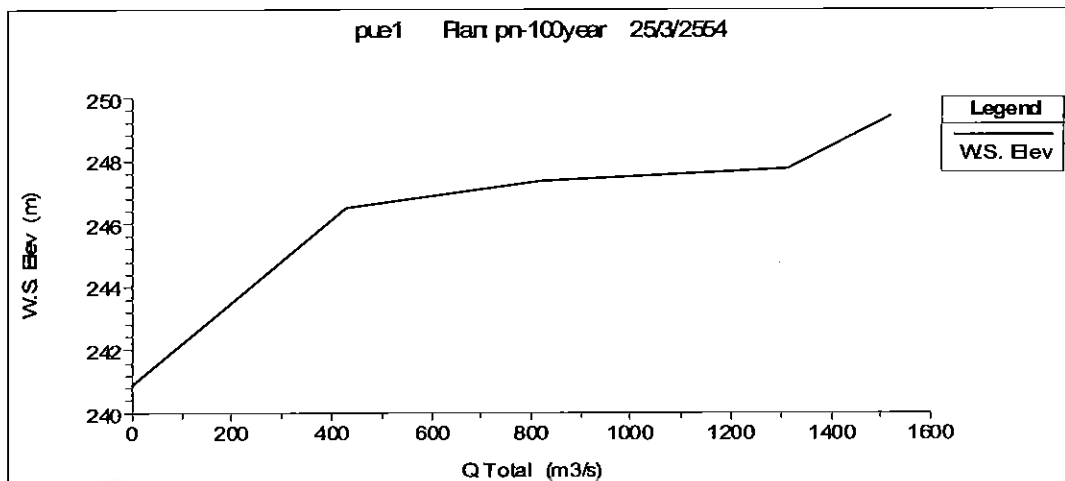


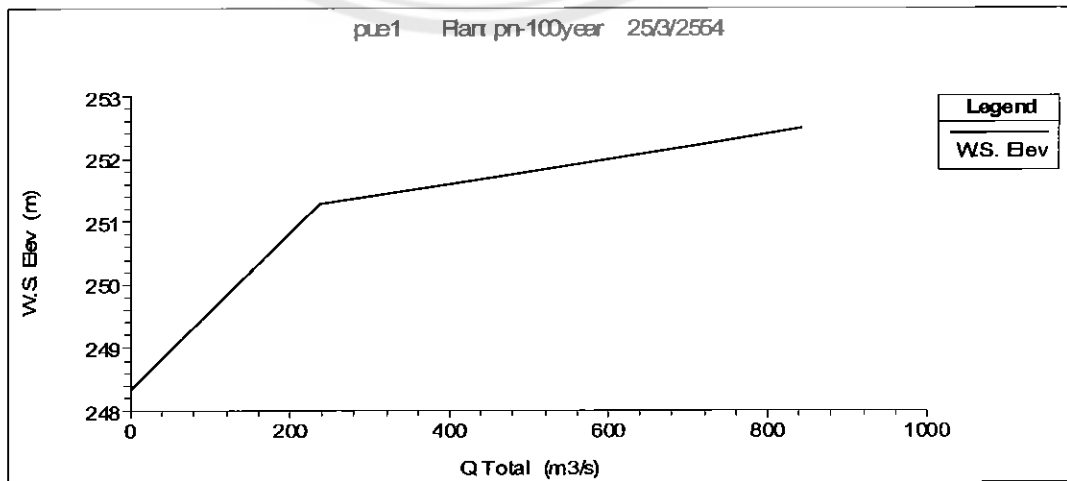
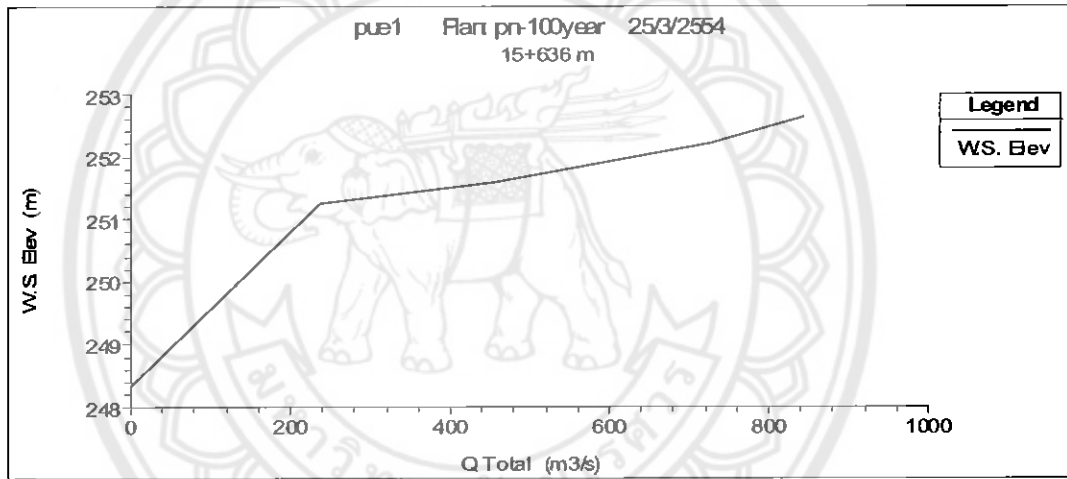
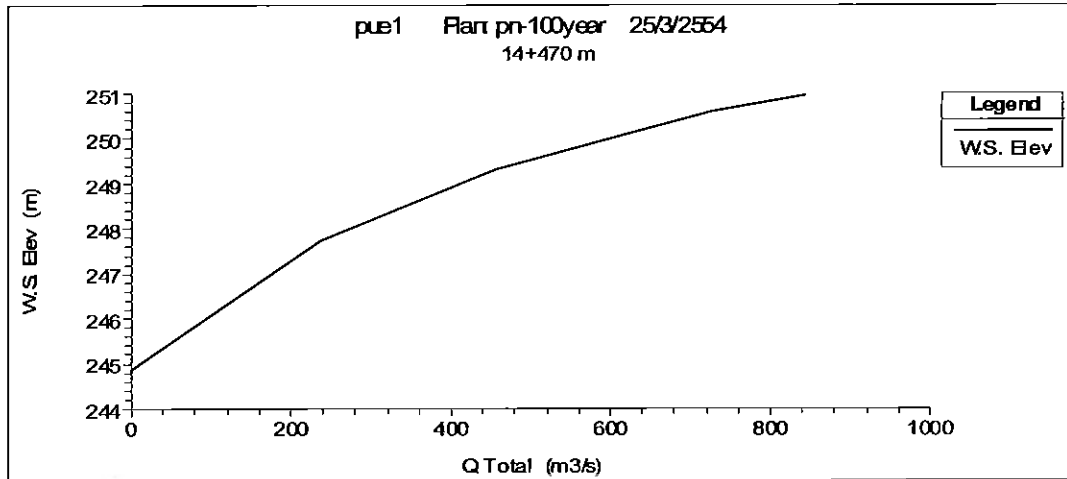


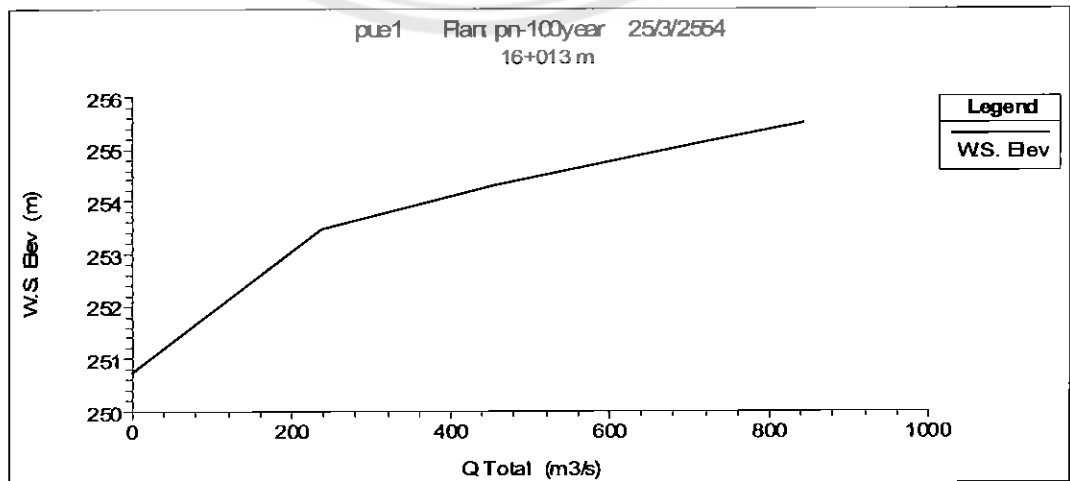
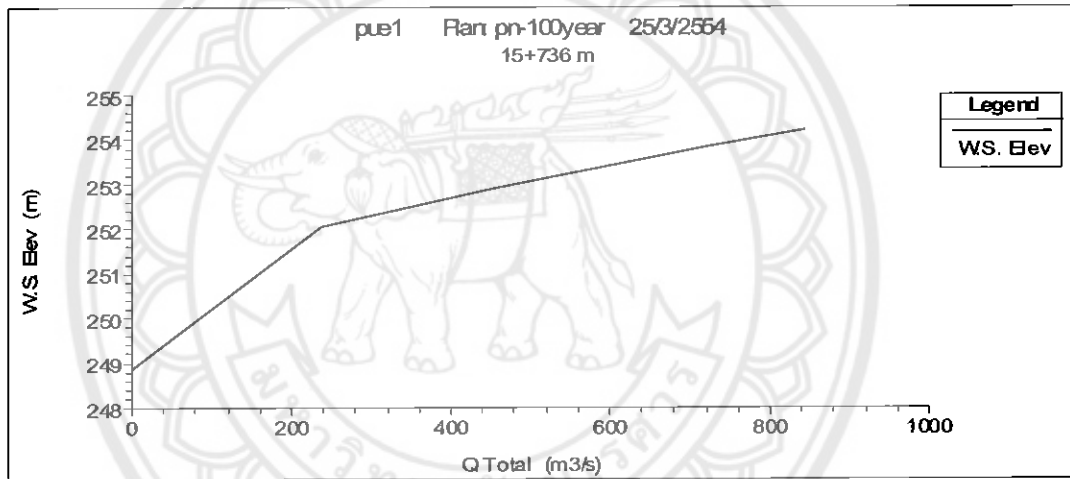
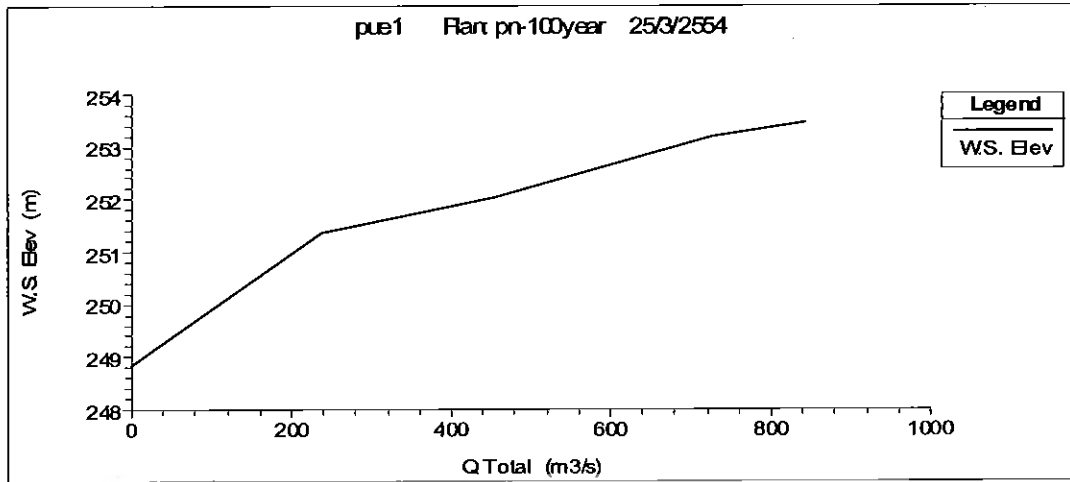


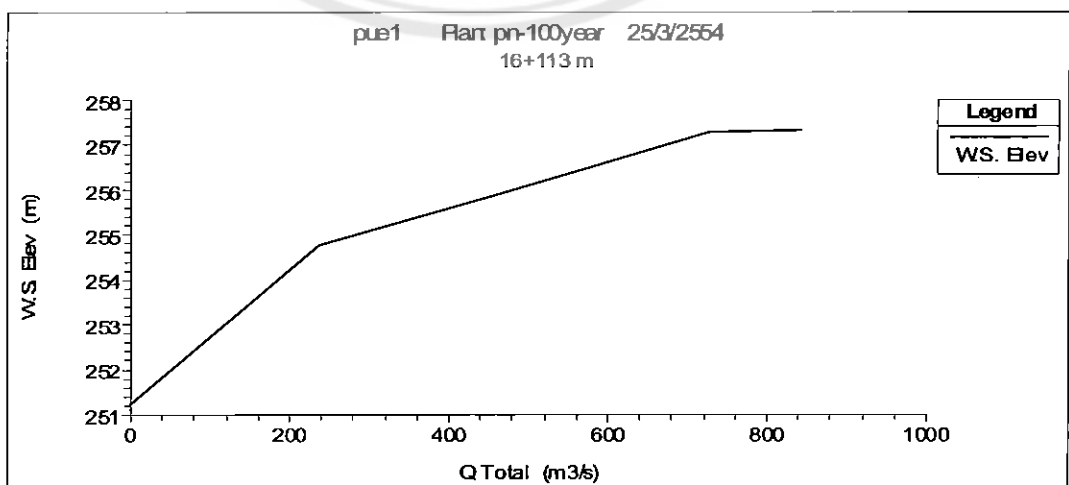
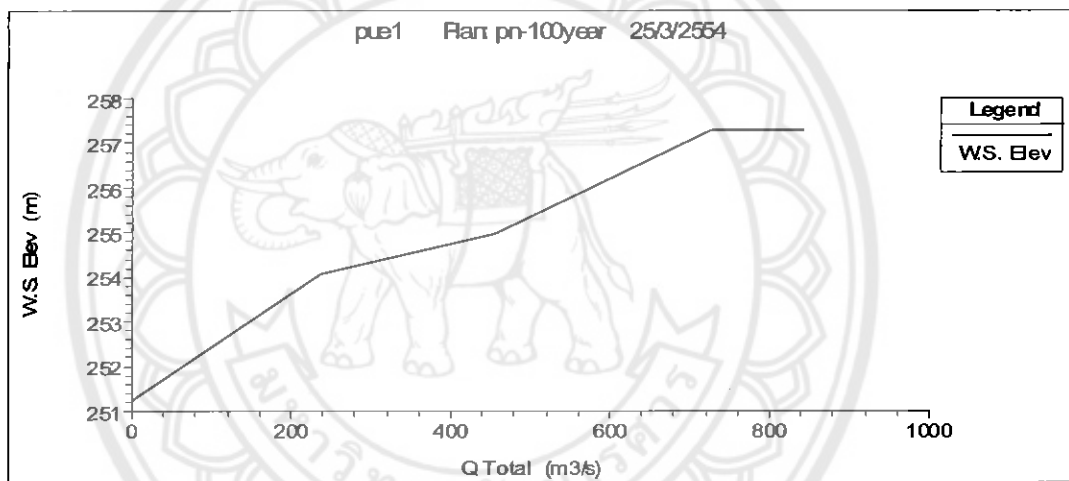
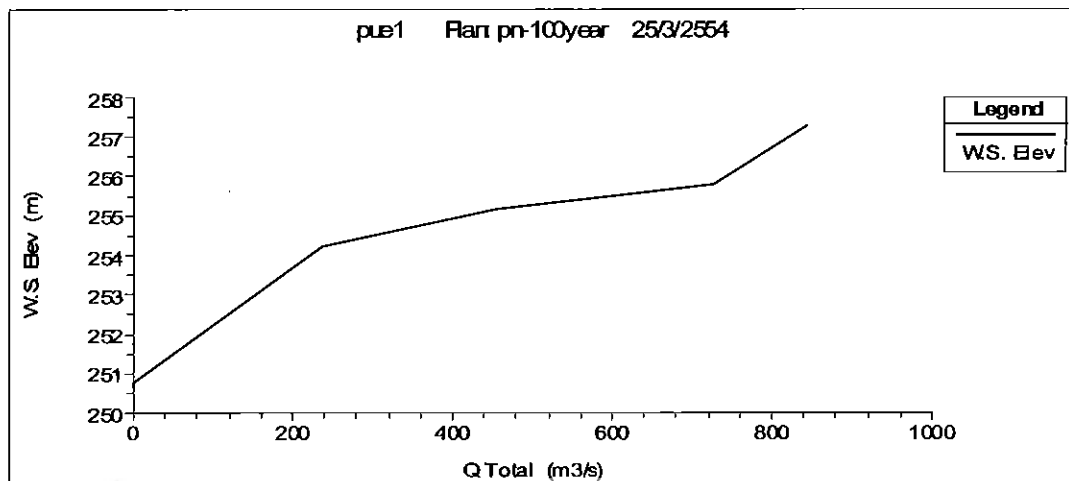




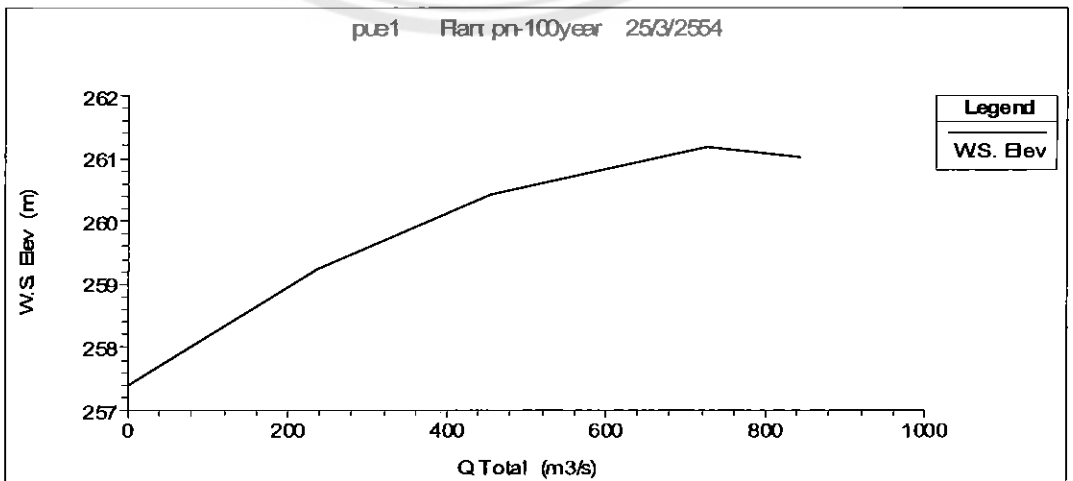
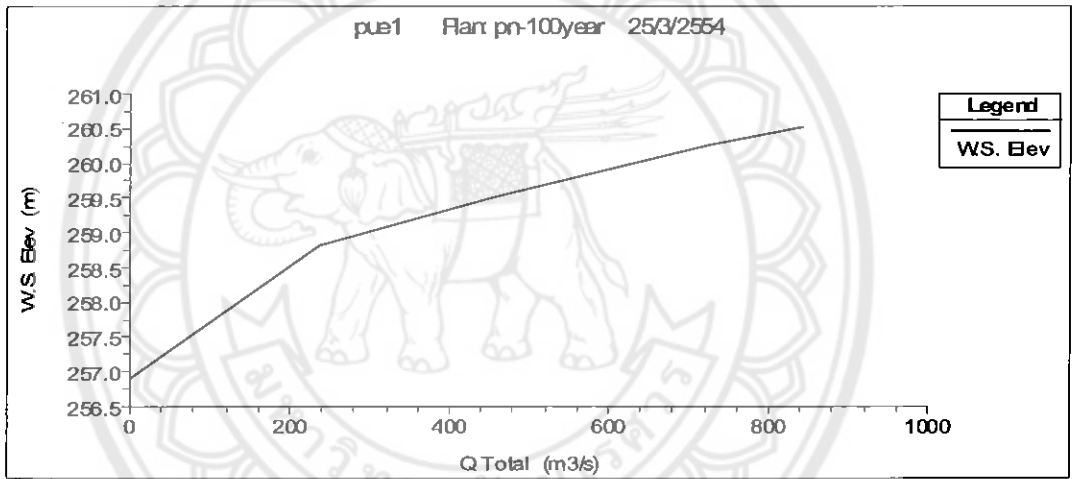
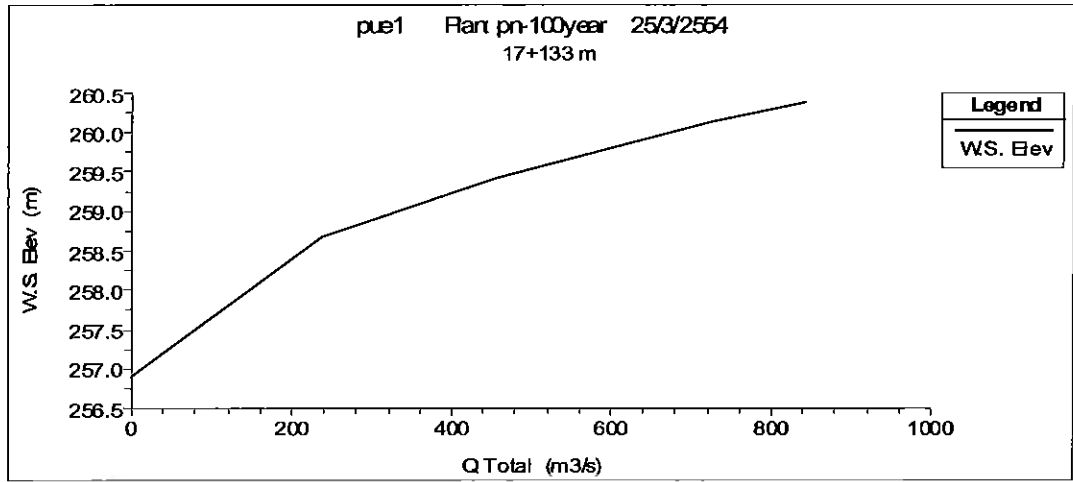


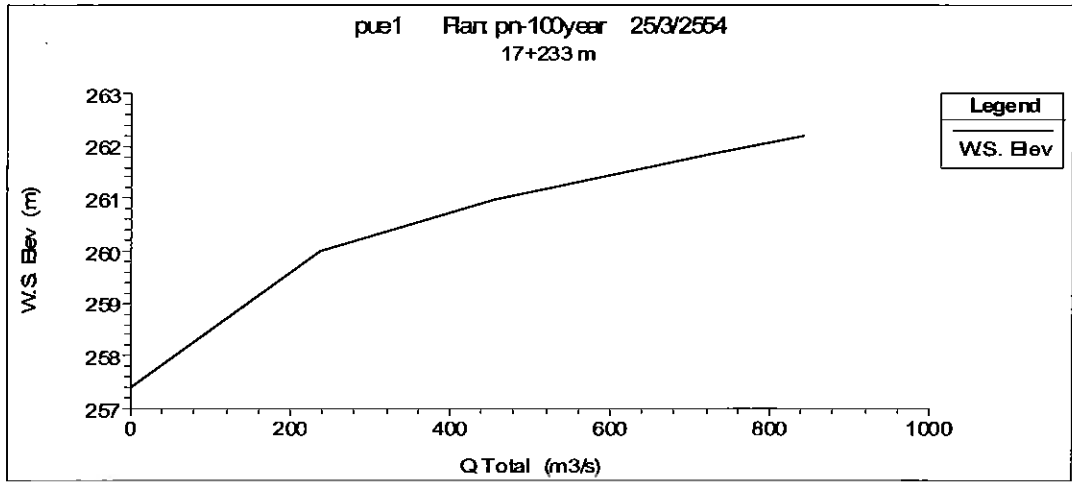




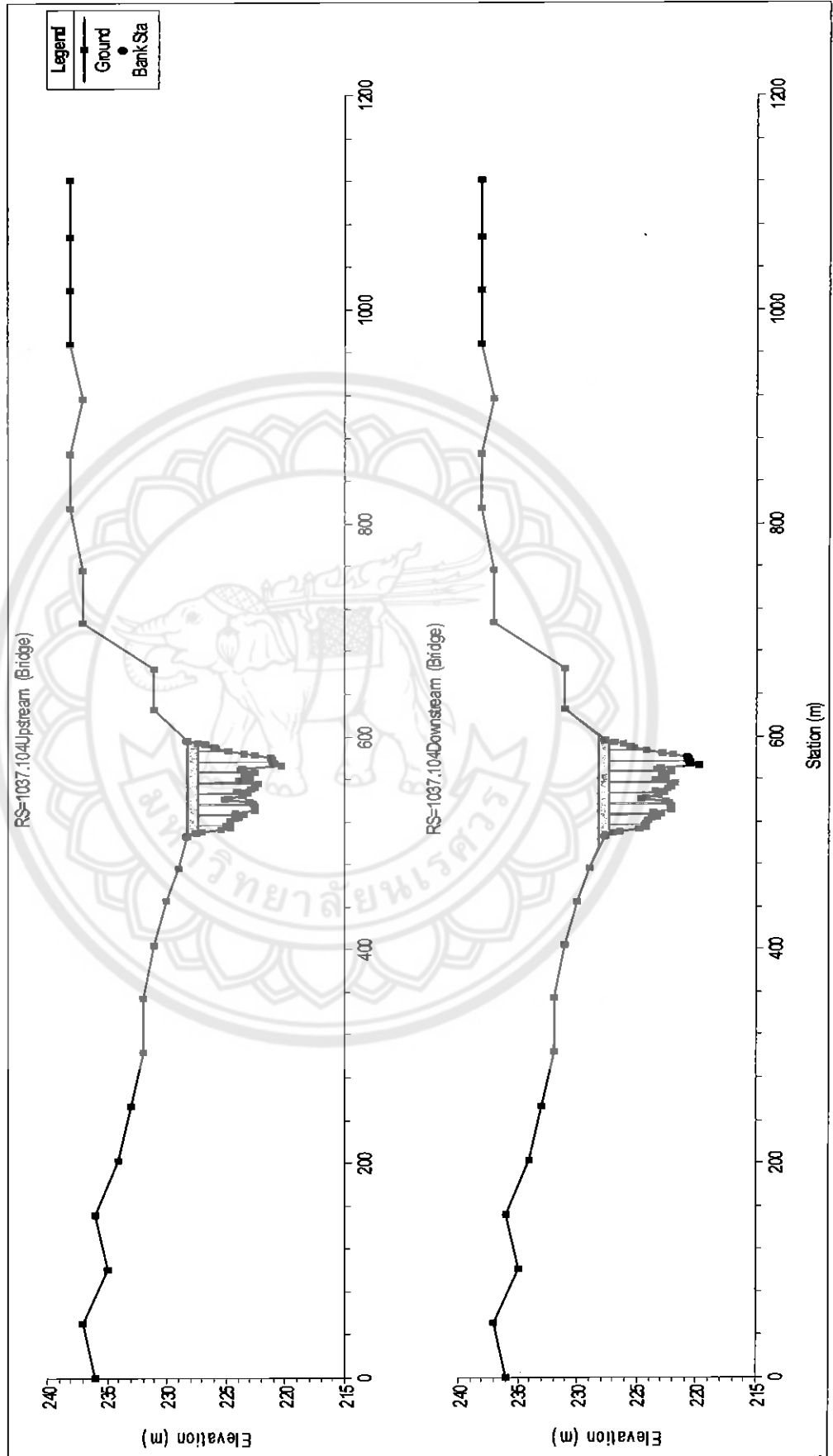


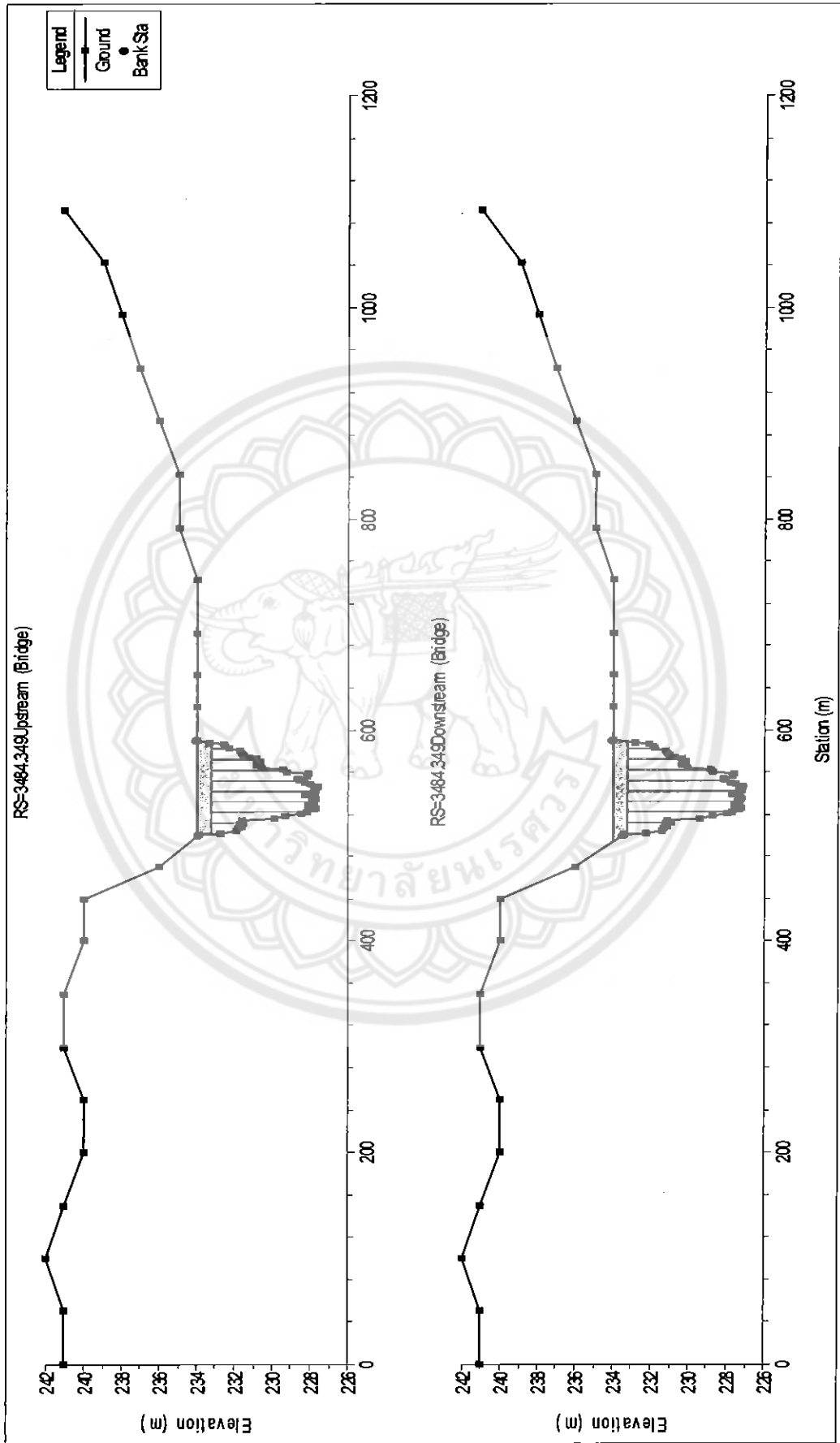


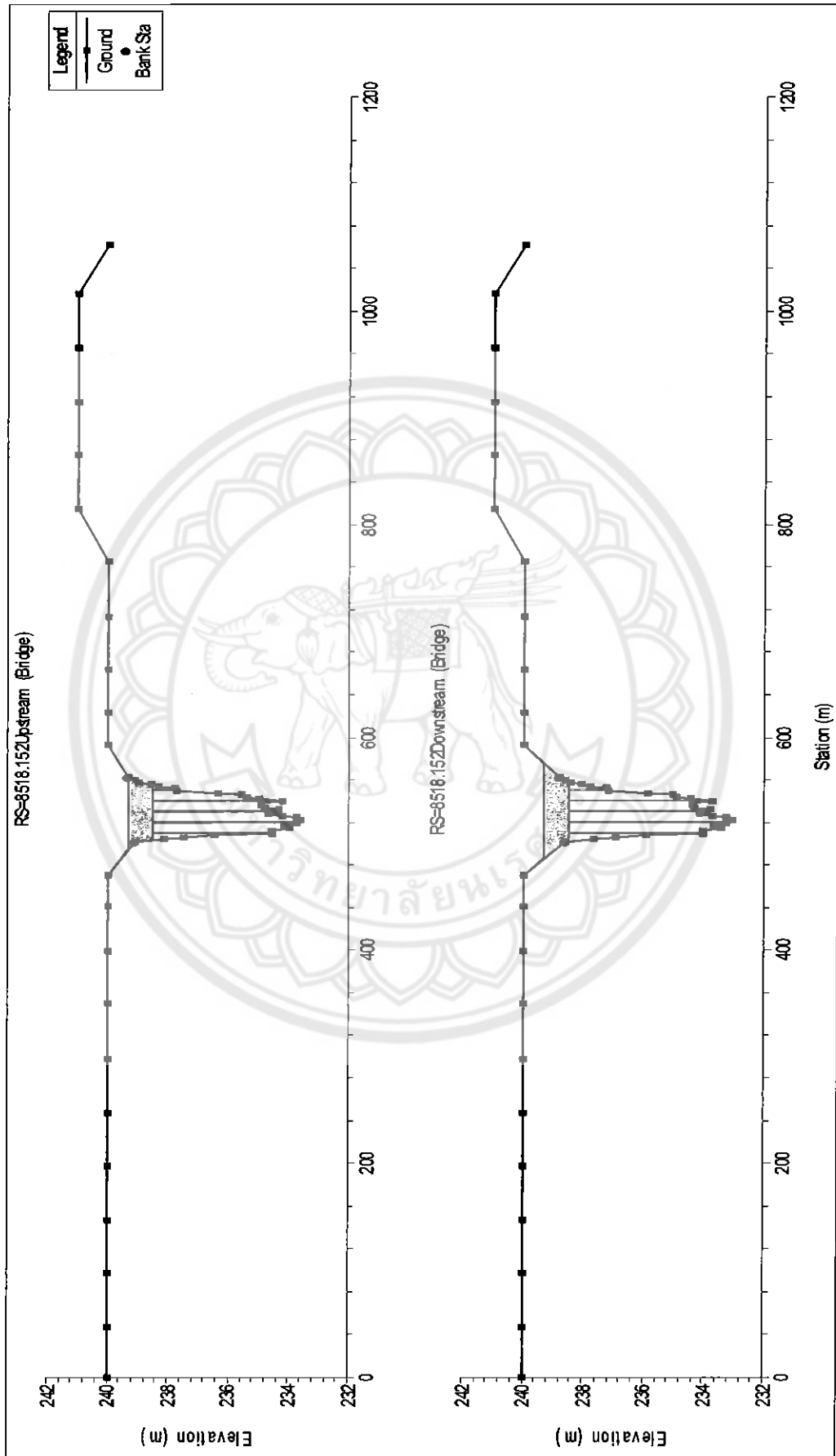


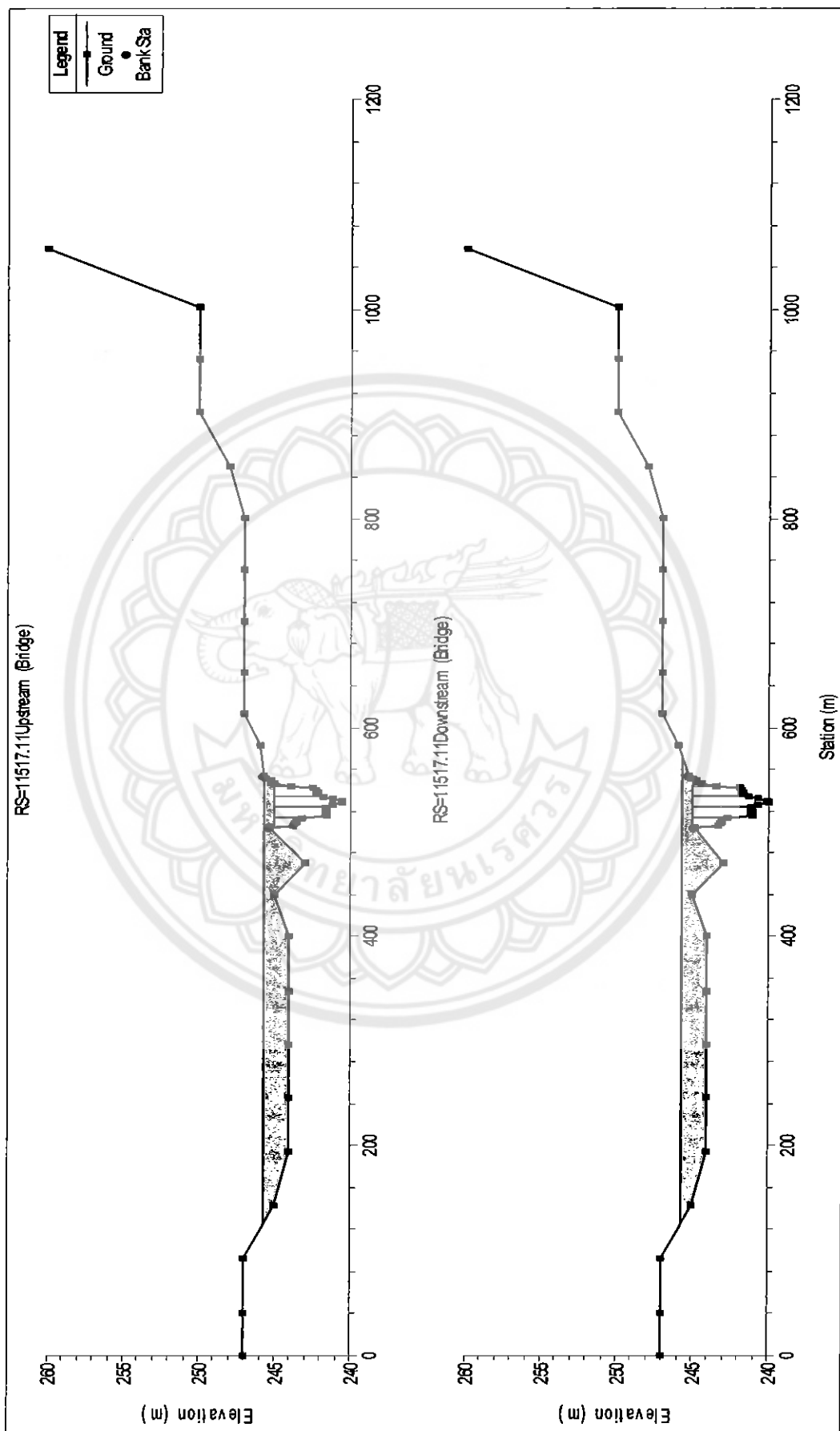


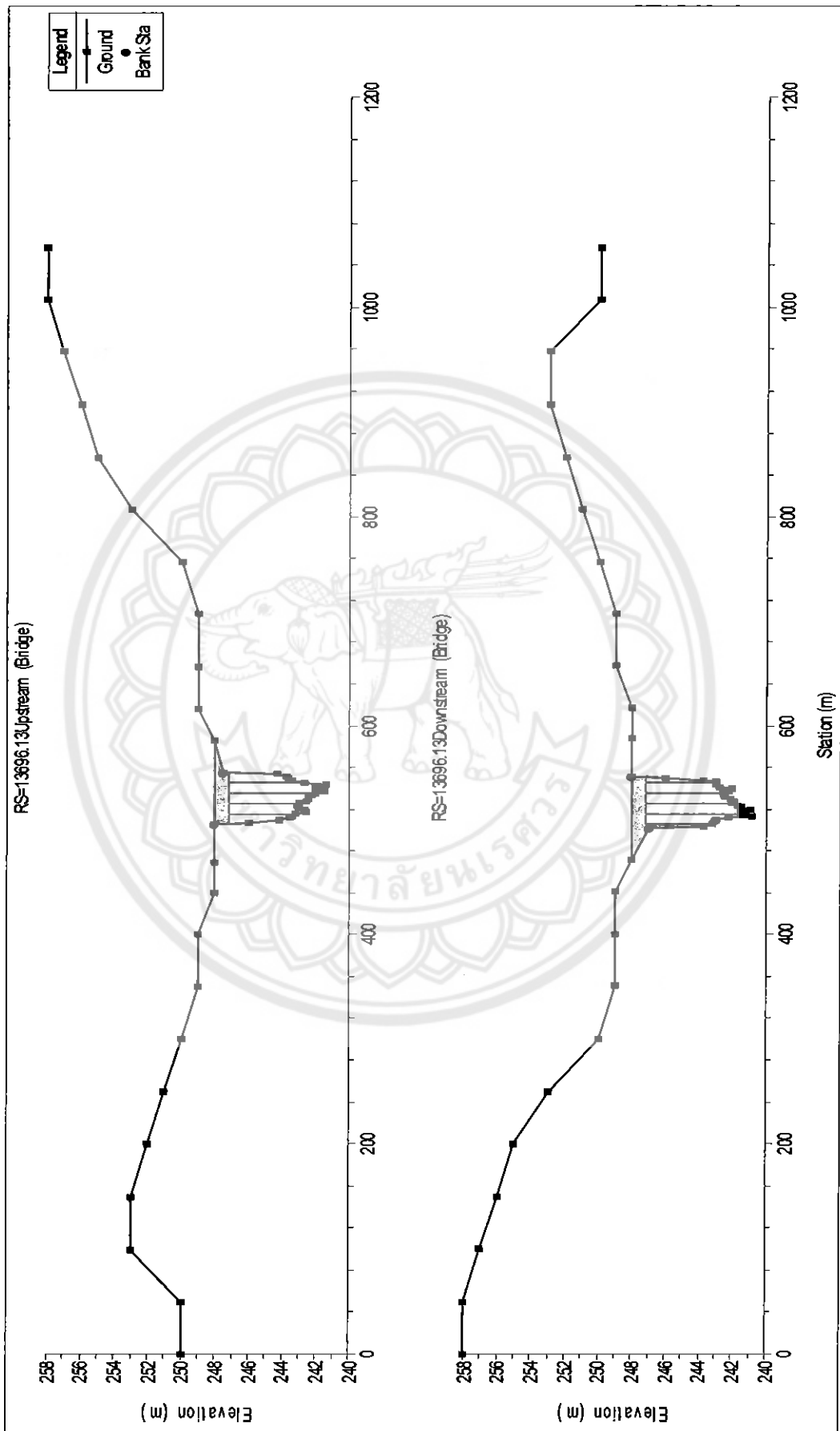
รูปที่ 3 แสดงภาคตัดขวางของสะพาน

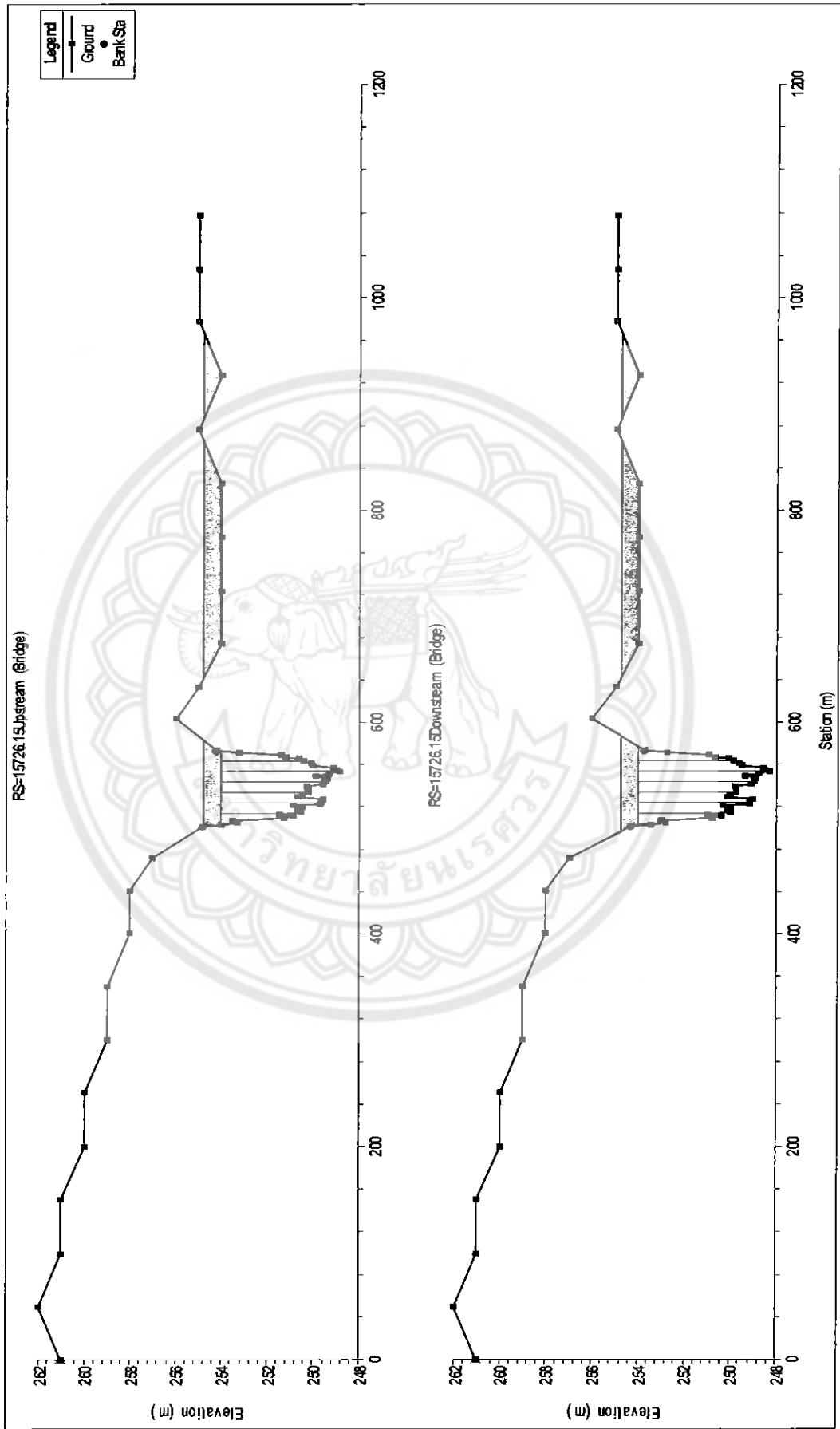




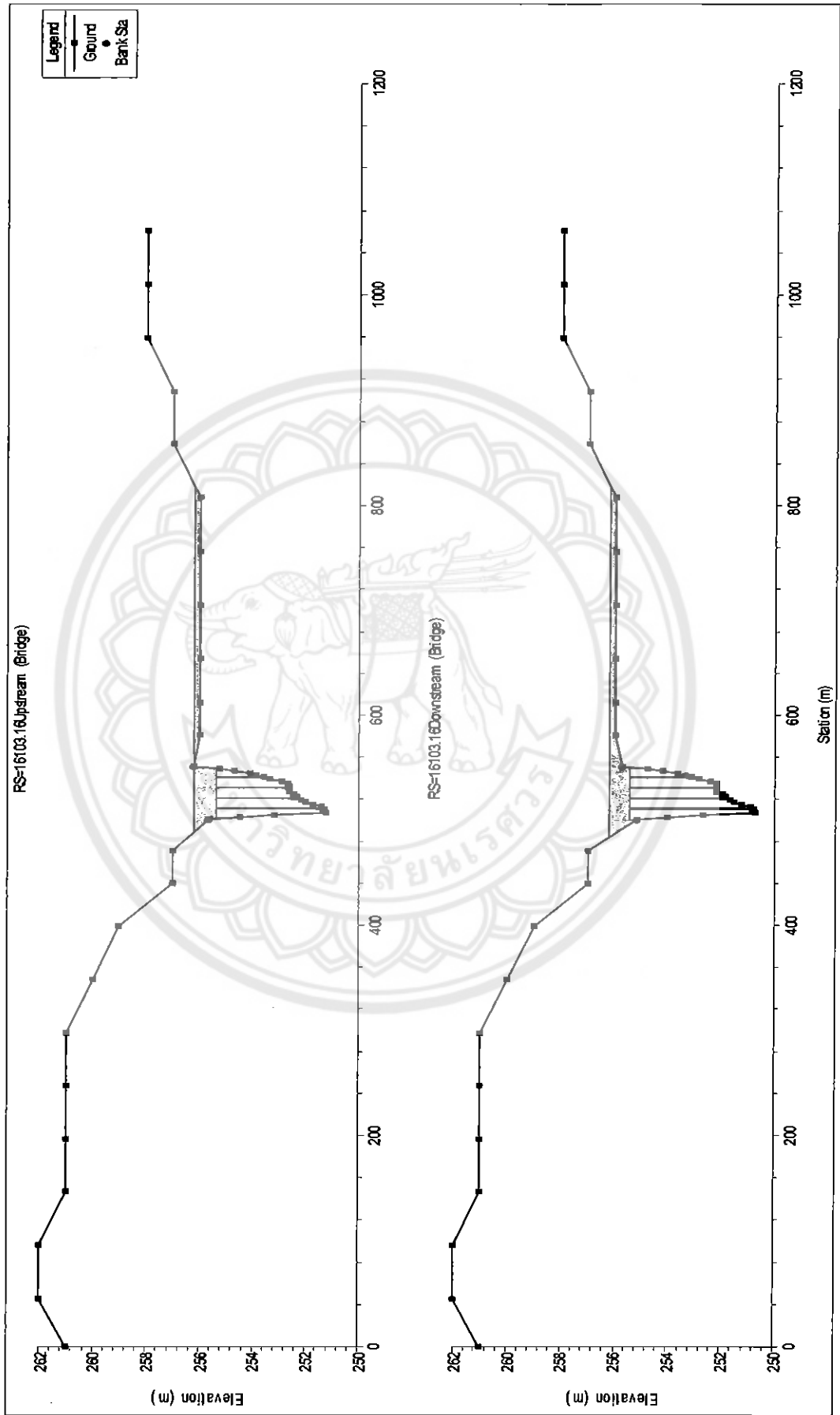


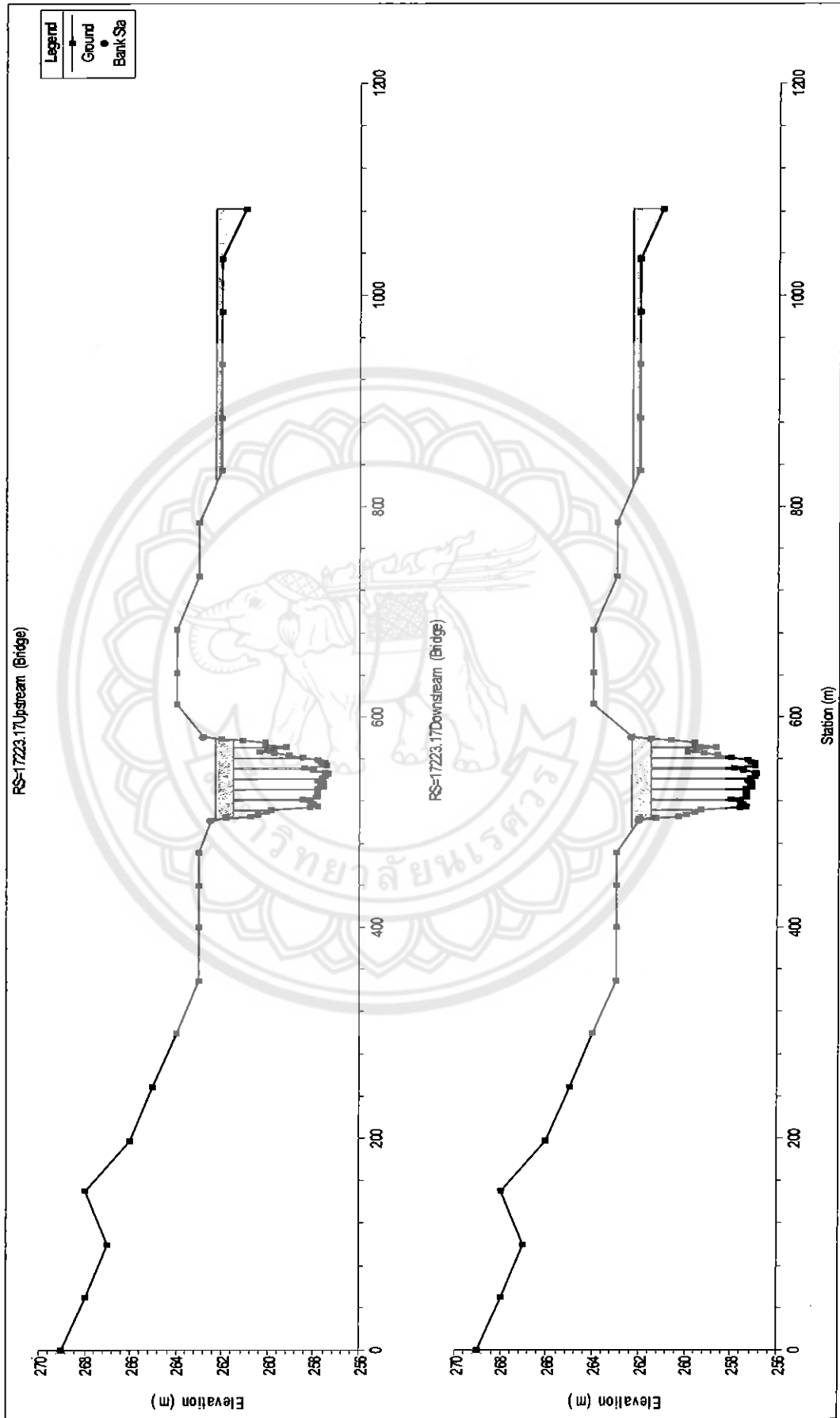


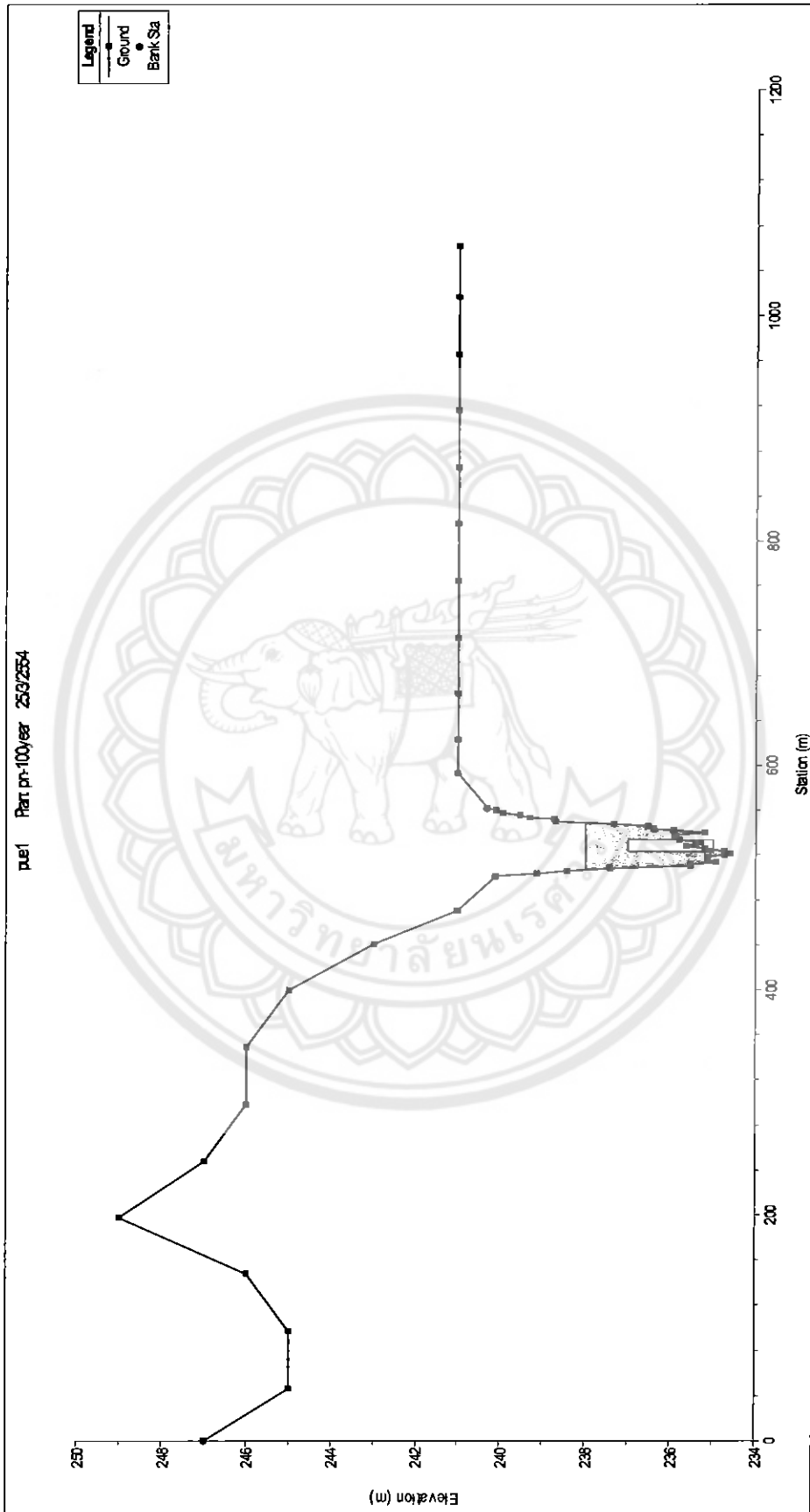




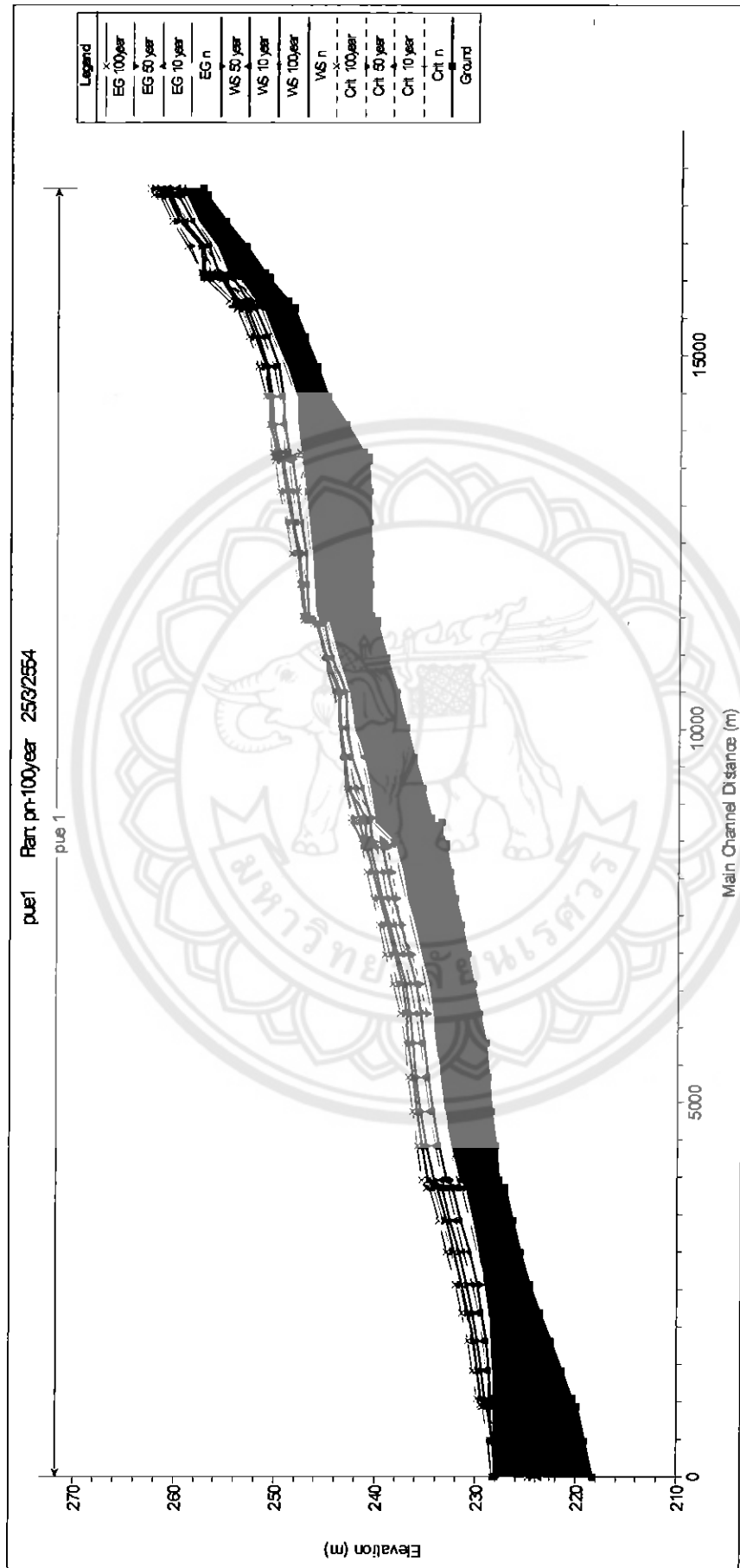




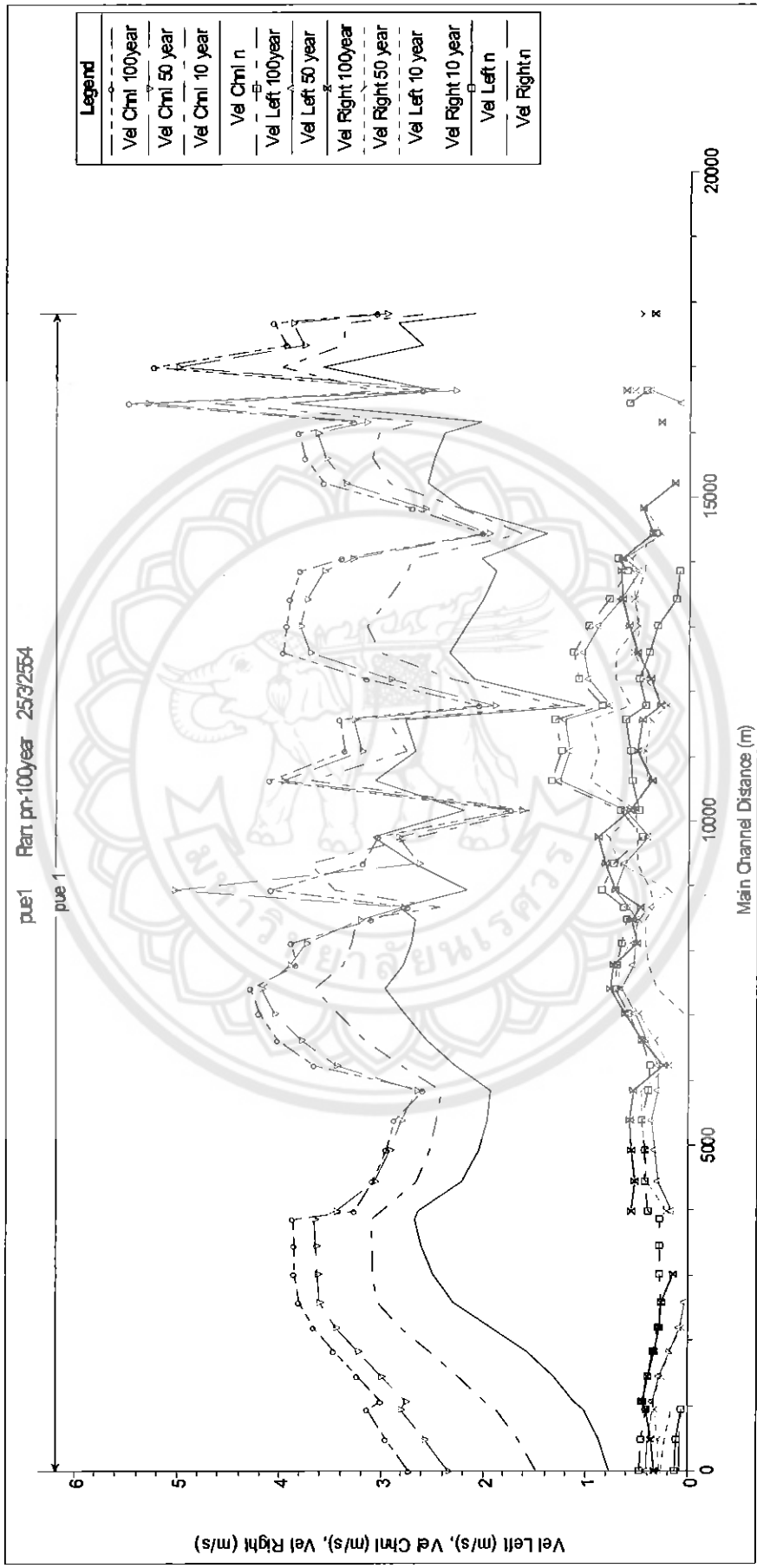




รูปที่ 4 แสดงภาคตัดขวางของ ฝ่ายปาลาน







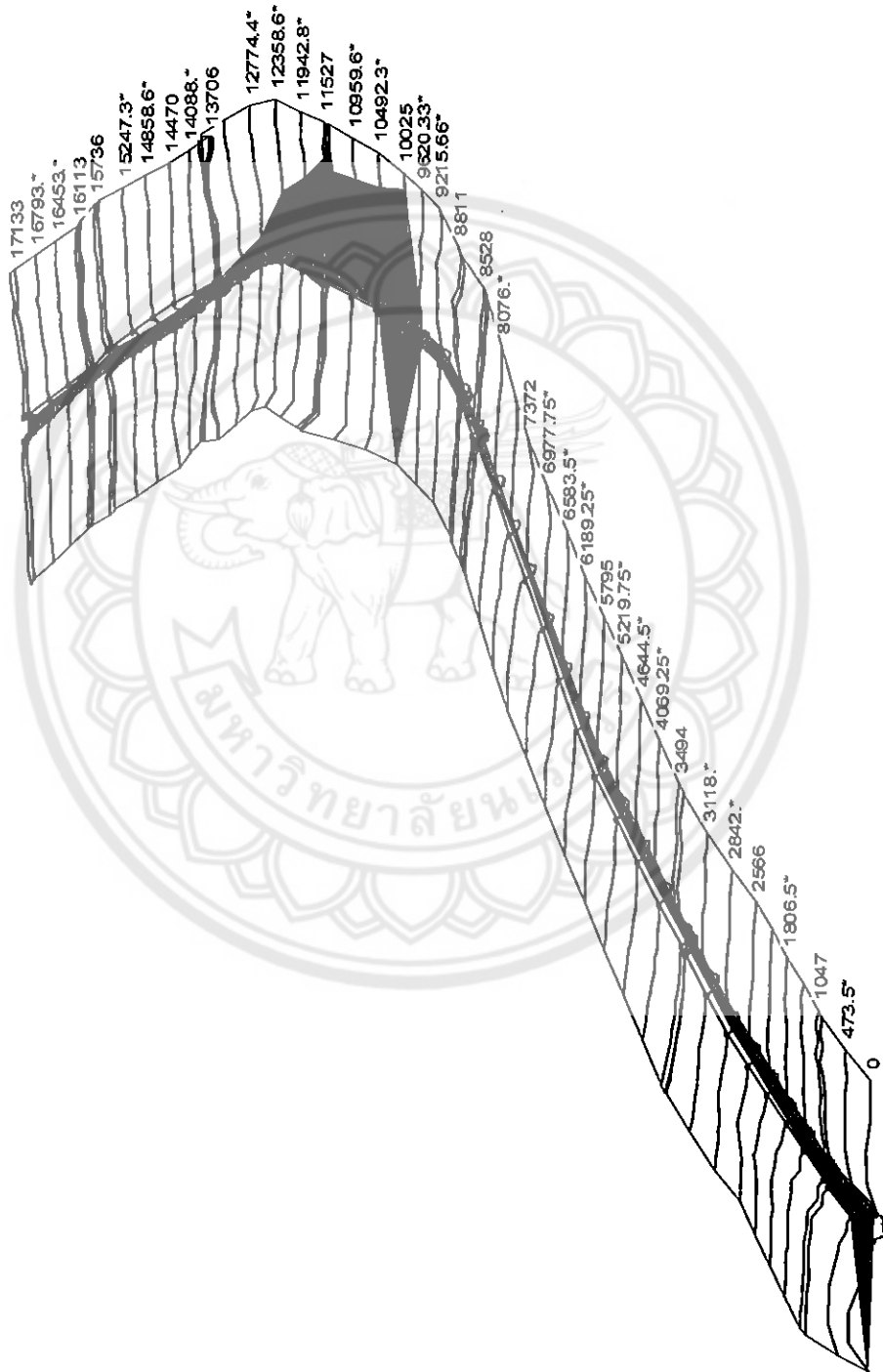
รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบรูปตัดตามยาวของฝื่อน้ำใน ลำนํ้าปัว ในคาบความถี่ 10 , 50 , 100 ปี



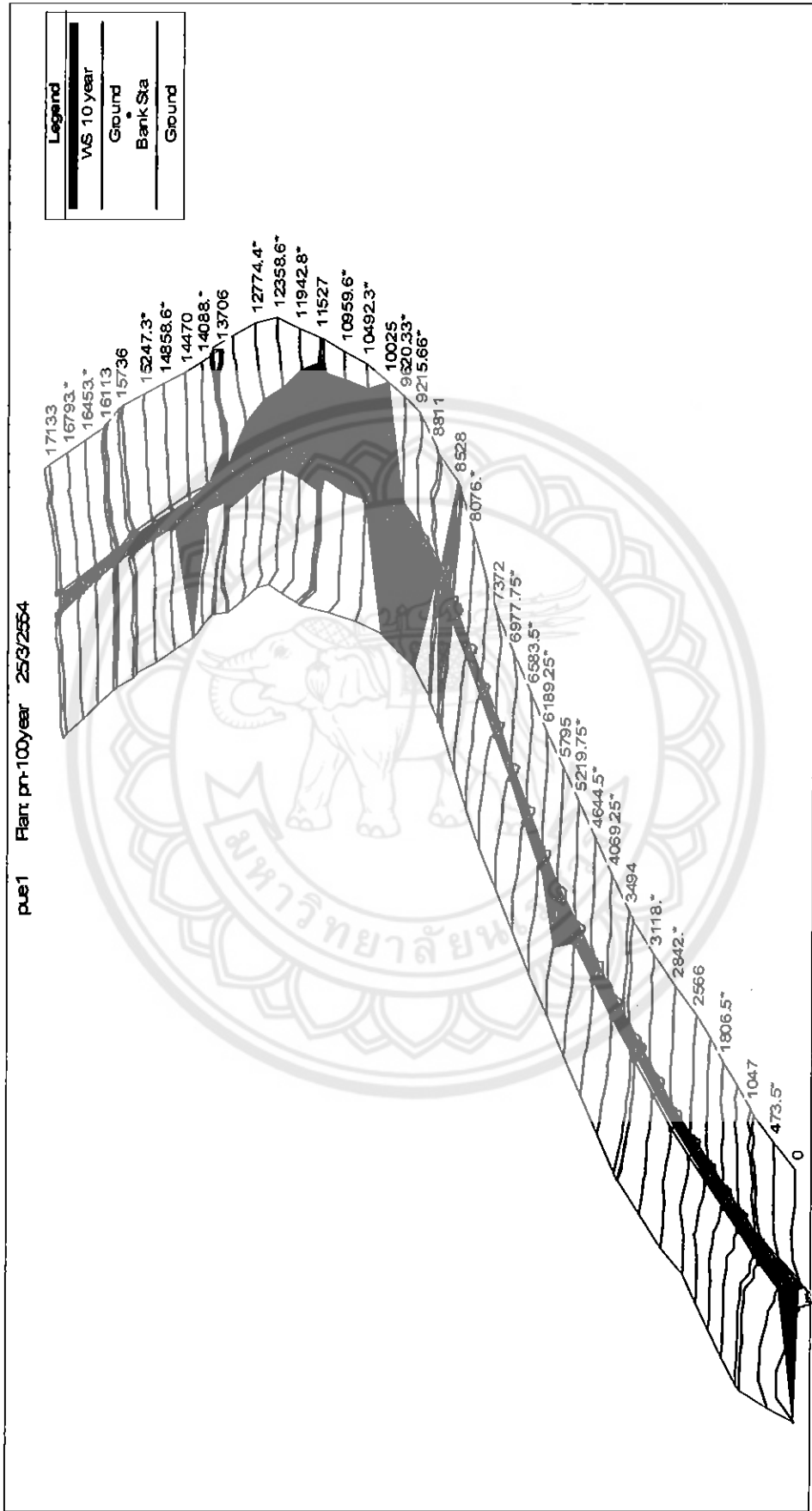
รูปที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความเร็วตามระยะทางใน ลำน้ำปัว ในคาบความถี่ 10, 50, 100 ปี

pue1 Plan on 100year 253/2554

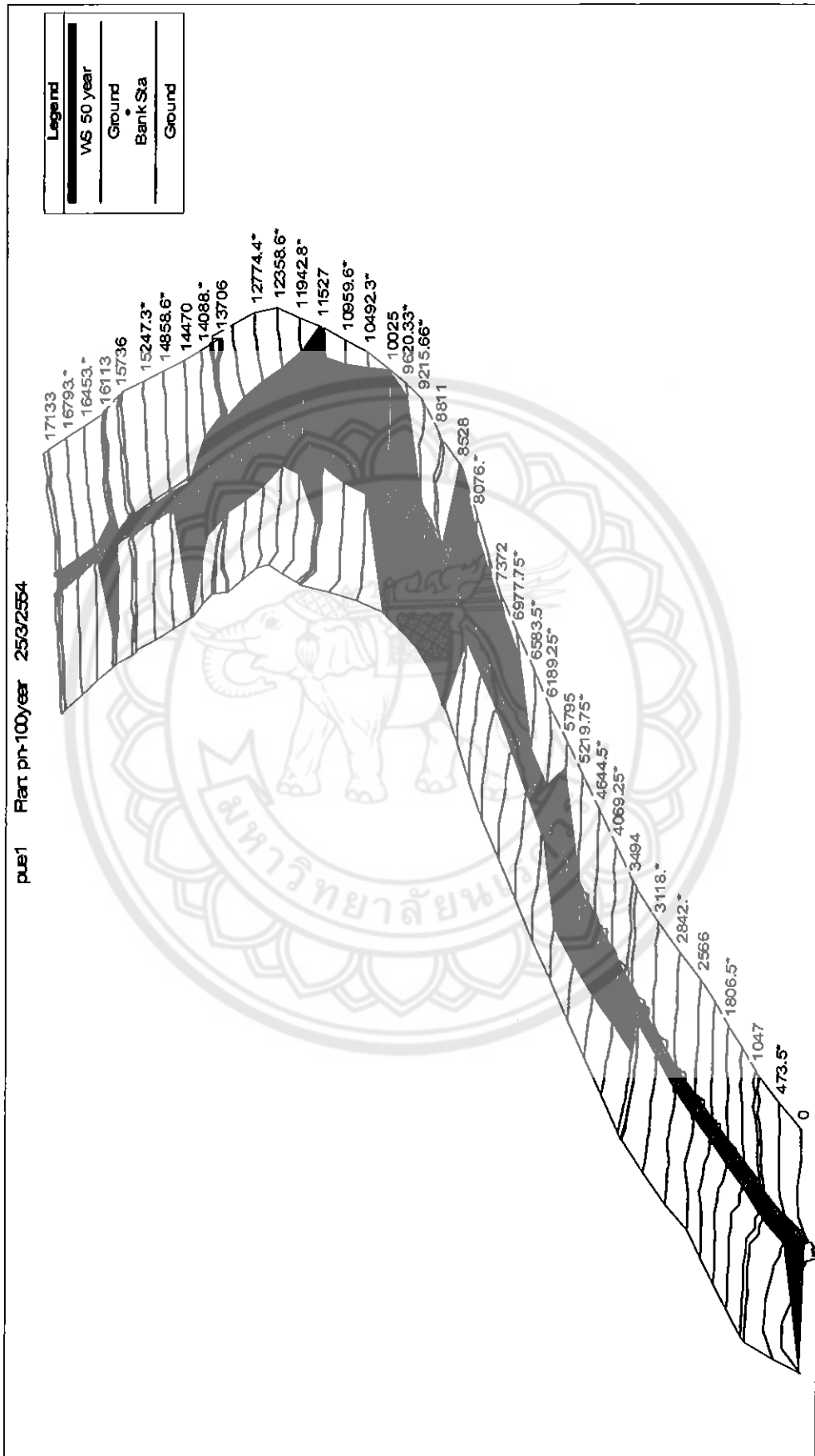
Legend	
	VS n
	Ground
	Bank Sta
	Ground



รูปที่ 7 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ปี พ.ศ. 2553 เพื่อการสอบเทียบค่า

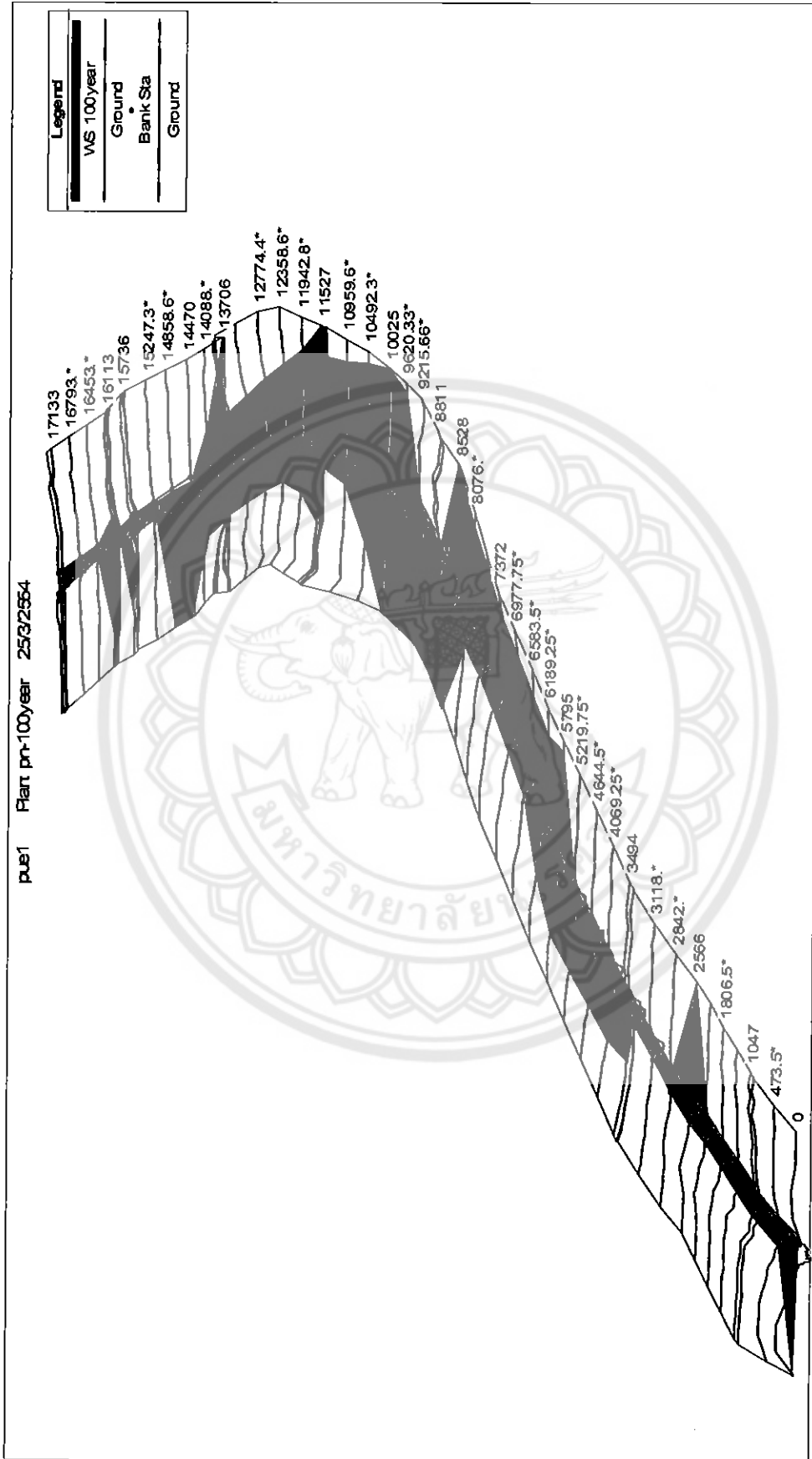


รูปที่ 8 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 10 ปี



รูปที่ 9 ภาพตามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 50 ปี





รูปที่ 10 ภาพสามมิติ แสดงพื้นที่น้ำหลาก ในคาบความถี่ 100 ปี

## ประวัติผู้จัดทำโครงการ

1. นาย เจริญฤทธิ์ สุขสำราญ

เกิดวันที่ 12 กันยายน 2551 สถานที่เกิด จังหวัด กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา :

2539 - 2544 ระดับประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนอนุบาลกำแพงเพชร

2544 - 2546 ระดับมัธยมศึกษา ม.1 - ม.3 โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม

2547 -2549 วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร (ปวช.) ช่างก่อสร้าง

ปัจจุบัน ระดับปริญญาตรี กำลังศึกษาในระดับชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา  
วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

2. นาย ณรงค์ฤทธิ์ เจริญคอย

เกิดวันที่ 27 เมษายน 2531 สถานที่เกิด จังหวัด เชียงราย

ประวัติการศึกษา :

2539 - 2544 ระดับประถมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนบ้านร่องแซ่

2544 - 2549 ระดับมัธยมศึกษา ม.1 - ม.6 โรงเรียนเทิงพิทยาคม

ปัจจุบัน ระดับปริญญาตรี กำลังศึกษาในระดับชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา  
วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

## 3. นาย สุวิทย์ พลสร

เกิดวันที่ 4 กันยายน 2530 สถานที่เกิด จังหวัด กำแพงเพชร

ประวัติการศึกษา :

2539 - 2544	ระดับประถมศึกษาปีที่ 1- 6	โรงเรียนบ้านพรานกระต่าย
2544 - 2546	ระดับมัธยมศึกษา ม.1 - ม.3	โรงเรียนพรานกระต่ายพิทยาคม
2547 - 2549	วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร (ปวช.)	ช่างก่อสร้าง
ปัจจุบัน	ระดับปริญญาตรี	กำลังศึกษาในระดับชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

