

- การจำลองการเคลื่อนตัวทางอุทกวิทยาของน้ำท่า (Hydrologic routing model)
  - การจำลองการไหลของน้ำทางชลศาสตร์ (Hydrodynamic model) ที่สามารถจำลองพฤติกรรมการไหลแบบ Unsteady State flow ได้
  - การจำลองอาคารชลศาสตร์ รวมถึงการจำลองการควบคุมการทำงานหรือการไหลผ่านอาคารชลศาสตร์
  - การจำลองทุ่งน้ำท่วม และการจำลองการไหลล้นตลิ่งหลังคันกันน้ำ
  - การจำลองสภาพภูมิประเทศ (DTM)
  - การจำลองการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล
- 4) สามารถประมาณค่าฝนอาณาบริเวณจากข้อมูลที่วัดได้ (ระบบโทรมาตร) หรือข้อมูลฝนคาดการณ์ (เรดาร์, NWP)
  - 5) สามารถจำลองเหตุการณ์โดยรวมของกลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง หรือเพียงส่วนใดส่วนหนึ่งของกลุ่มน้ำได้
  - 6) สามารถทำนายและวิเคราะห์ผลของสถานการณ์ที่เกิดขึ้นกับส่วนย่อยของกลุ่มน้ำทั้งกับเหตุการณ์ฉุกเฉินที่กำลังเกิดขึ้นหรือเหตุการณ์ที่ผ่านมาแล้ว
  - 7) สามารถประมวลผลการทำนายจากเหตุการณ์ทั่วไปโดยอัตโนมัติ
  - 8) มีแฟ้ม (library) ของวิธีการแก้ปัญหาทั่วไปที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์น้ำท่วมได้
  - 9) สามารถปรับแก้ความผิดพลาดของผลการคาดการณ์ได้อย่างอัตโนมัติ โดยอาศัยผลการตรวจวัด
  - 10) สามารถเริ่มต้นประมวลผลระบบคาดการณ์ โดยการเลือกเงื่อนไขเริ่มต้นหรือทำการประมวลผลซ้ำกับการคาดการณ์ครั้งก่อน
  - 11) สามารถเลือกการทำงานโดยเลือกนำข้อมูลจากการประมวลผลครั้งก่อนมาแก้ไขเพื่อการประมวลผลใหม่หรือประมวลผลตามลำดับขั้นตอนทั้งหมด

#### □ คุณลักษณะเฉพาะด้านการติดต่อกับผู้ใช้งาน

ความสามารถในการติดต่อกับผู้ใช้งานของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากของกลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างอย่างน้อยต้องประกอบด้วย

- 1) เป็นระบบ Graphic User Interface (GUI) และใช้ menu system ในการใช้งาน
- 2) แสดงผลในรูปแบบตารางของข้อมูลและตารางสรุปการคาดการณ์
- 3) แสดงผลในรูปแบบหน้าต่าง, หน้าตัดตามยาว และตารางของผลการคาดการณ์และข้อมูลที่วัดได้ตามช่วงเวลาที่กำหนด
- 4) สามารถเลือกที่จะกำหนดมาตรฐานในการแสดงผลของช่วงต่าง ๆ เช่น สภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่ที่แตกต่างกันและสามารถสับเปลี่ยนระหว่างช่วงเหล่านั้นได้อย่างรวดเร็ว
- 5) สามารถแสดงผลและเปรียบเทียบผลการคาดการณ์จากการประมวลผลที่แตกต่างกัน

- 6) สามารถกำหนดโครงสร้างรายงานและเอกสารการประชาสัมพันธ์อย่างเป็นลำดับ โดยผ่านโทรสารหรือจดหมายอิเล็กทรอนิกส์
- 7) สามารถตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ปฏิบัติงานสำหรับวิเคราะห์เหตุการณ์ในภายหลัง
- 8) มีเครื่องมือเปรียบเทียบสำหรับส่วนประกอบต่าง ๆ ของแบบจำลองน้ำท่าและการเคลื่อนตัวของน้ำท่า
- 9) มีเครื่องมือสำหรับสร้างและเปรียบเทียบแบบจำลองพลศาสตร์ของการไหล
- 10) มีเครื่องมือในการแก้ไขเครือข่าย สำหรับสร้างและปรับปรุงเครือข่ายแบบจำลอง คาดการณ์น้ำหลาก
- 11) มีแผนที่แสดงสภาพน้ำท่วมคาดการณ์ และสามารถเลือกดูภาพไปทางซ้าย ทางขวา และย่อ-ขยายได้
- 12) สามารถแก้ไขข้อมูลด้านเข้าได้ เช่น แก้ไขให้ถูกต้องหรือนำข้อมูลที่วัดได้มาใช้ เป็นข้อมูลควบคุมสำหรับอาคารชลศาสตร์ ใส่ข้อมูลที่วัดได้หรือคาดการณ์ได้จาก แหล่งอื่นๆ
- 13) สามารถเลือกทางเลือกต่าง ๆ ในการคาดการณ์ เช่น คาดการณ์เฉพาะจุดที่เลือก เท่านั้น

#### □ คุณลักษณะเฉพาะด้านการเชื่อมต่อ

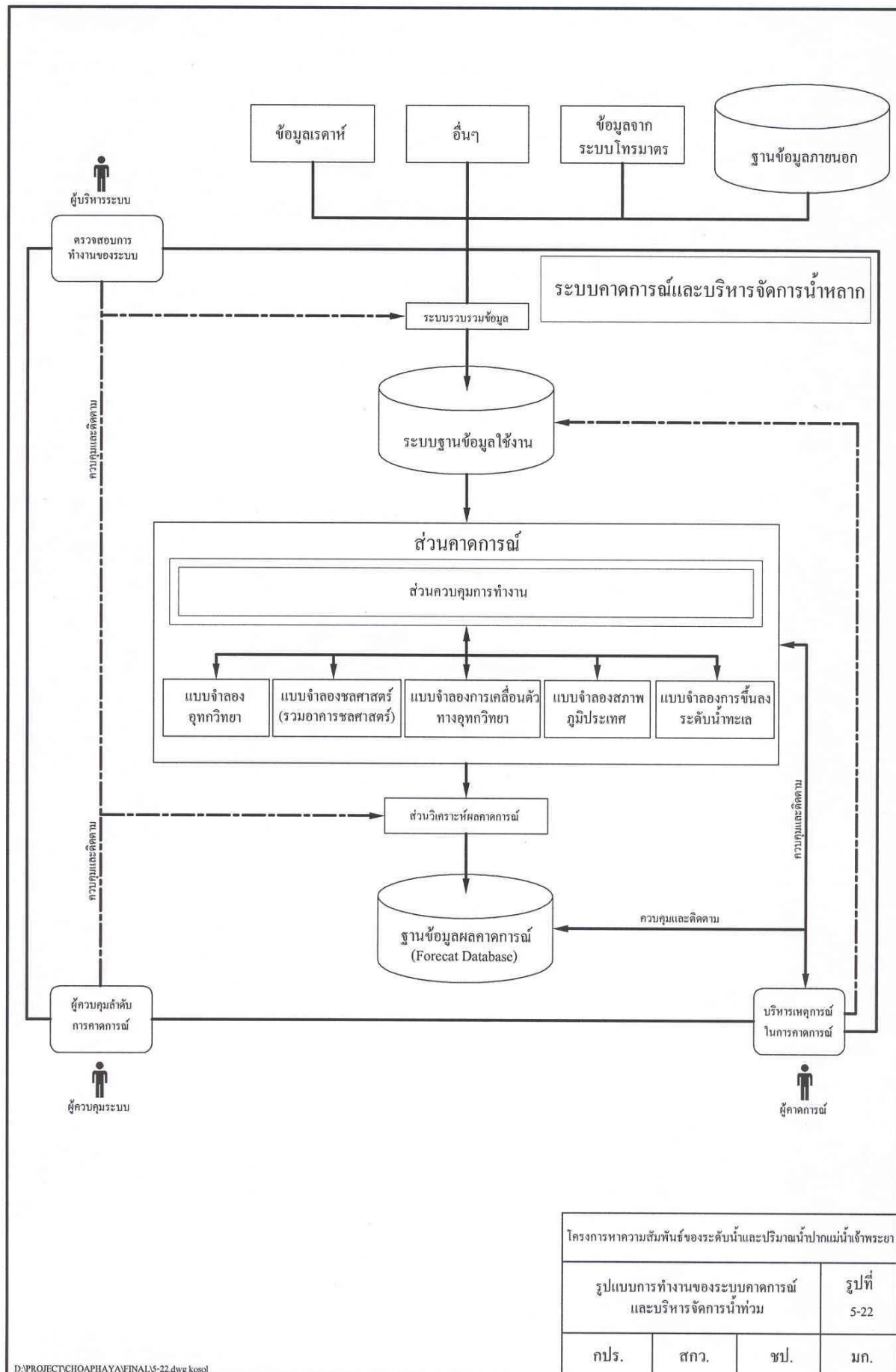
คุณลักษณะเฉพาะด้านการเชื่อมต่อของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำท่วม ต้องประกอบด้วยคุณสมบัติอย่างน้อย ดังต่อไปนี้

- 1) เชื่อมต่อกับระบบโทรมาตรอุทกวิทยาในลักษณะ Real time
- 2) เชื่อมต่อกับระบบคาดการณ์ฝน (เรดาร์, NWP) ได้
- 3) เป็นระบบที่สามารถใช้งานได้หลายผู้ใช้งาน โดยมีโครงสร้างการทำงานแบบ Client/Server โดยการติดต่อกับเครื่อง Client สามารถอยู่ในรูปของ LAN, WAN หรือ Dialup
- 4) สามารถรองรับการต่อขยายระบบเชื่อมต่อได้ในภายหลัง

#### 5.4.2 รูปแบบของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำท่วม

ระบบคาดการณ์น้ำหลากจะใช้เพื่อคาดการณ์ระดับน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่บางไทรถึง อ่าวไทย โดยมีความสามารถในการคาดการณ์ระดับน้ำล่วงหน้าได้ไม่น้อยกว่า 3 วัน มีระบบการทำงานดังแสดงในรูปที่ 5-22 ข้อมูลที่ใช้ในระบบคาดการณ์ จะประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลสำหรับจำลองเหตุการณ์
  - ข้อมูลปริมาณการปล่อยระบายน้ำรายชั่วโมงหรือละเอียดกว่าที่เขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนพระรามหก และ ปตร.ผักไห่ (เงื่อนไขขอบด้านเหนือ)



- ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทุก ๆ 5-60 นาที ที่อ่าวไทย (เงื่อนไขขอบทางท้ายน้ำ)
  - ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้า ณ จุดต่าง ๆ (เงื่อนไขขอบทางข้าง)
  - ข้อมูลการควบคุม ประตูในระบบแม่น้ำ
- 2) ข้อมูลสำหรับการปรับแก้ค่าผลการคำนวณ
- ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่สถานีตรวจวัดต่าง ๆ

ระบบรวบรวมข้อมูลของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากจะรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น ระบบโทรมาตร และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลพร้อมกับเปลี่ยนข้อมูลต่าง ๆ ให้อยู่ในรูปแบบการใช้งานที่สอดคล้องกับแบบจำลองย่อยแล้วส่งไปเก็บยังระบบฐานข้อมูล ทั้งนี้ส่วนควบคุมการทำงานจะนำข้อมูลในฐานข้อมูลกระจายลงในแบบจำลองย่อยแต่ละชนิดแล้วควบคุมการทำงานระหว่างแบบจำลองย่อยโดยอัตโนมัติ เมื่อได้ผลการคำนวณแล้ว จะส่งข้อมูลไปเก็บยังส่วนฐานข้อมูลผลการคาดการณ์เพื่อรอการนำผลการคำนวณออกไปใช้ ซึ่งในการทำงานของระบบผู้ใช้สามารถตรวจสอบได้ทุกขั้นตอนของการทำงาน

ทั้งนี้การทำงานระบบคาดการณ์น้ำหลากจะเป็นแบบ real-time ที่มีการปรับแก้ผลการคาดการณ์อัตโนมัติ โดยอาศัยการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของผลการคาดการณ์และข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดของระบบโทรมาตร เพื่อให้การคาดการณ์ในลำดับถัดไปถูกต้องมากยิ่งขึ้น ผลการคาดการณ์ในรูปแบบของอนุกรมเวลาจากส่วนการคาดการณ์จะผ่านกระบวนการวิเคราะห์ของแบบจำลองคาดการณ์น้ำหลากเพื่อประมวลผลที่ได้และแสดงผลในรูปแบบของแผนที่น้ำท่วม กราฟระดับน้ำ/ปริมาณน้ำ กราฟปริมาณฝน และตำแหน่งของสถานีตรวจวัดที่มีปริมาณฝนหรือระดับน้ำสูงเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้จะทำการสรุปผลการคาดการณ์ ซึ่งผลสรุปในรูปแบบของอนุกรมเวลานี้จะขึ้นอยู่กับความต้องการในการเตือนภัยสำหรับแต่ละตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยตารางสรุปเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต้องแสดงข้อมูลอ้างอิงทางภูมิศาสตร์สำหรับอ้างอิงกับแผนที่น้ำท่วมที่แสดง และข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล พร้อมทั้งสามารถส่ง ข้อมูลดังกล่าวผ่านโทรสาร หรือจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-mail) ได้ ผู้ใช้สามารถที่จะจำลองเหตุการณ์ โดยเลือกเงื่อนไขเริ่มต้นของการจำลองได้ หรือสามารถจำลองบนสภาพเงื่อนไขของการคาดการณ์ที่ผ่านมาหรือทำการคาดการณ์ในบางส่วนของโครงการ หรือเลือกทางเลือกของกรรมวิธีในการคาดการณ์และแก้ไขข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดหรือข้อมูลจากการคาดการณ์

ผลลัพธ์จากการทำงานของระบบคาดการณ์ในแต่ละส่วนจะถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูลที่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งรวมถึงสำเนาของข้อมูลด้านเข้าที่ใช้ในการทำงานนั้นด้วย โดยการเก็บข้อมูลดังกล่าวมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญ 2 ประการ คือ

- สามารถทำการคาดการณ์ซ้ำได้อีกเพื่อตรวจสอบผลกระทบเมื่อข้อมูลด้านเข้าที่ใช้ในการประมวลผลเปลี่ยนไป

- ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบหลังการวิเคราะห์ โดยประมวลผลอีกครั้งเพื่อตรวจสอบสาเหตุของปัญหาหรือการด้อยประสิทธิภาพของการทำงานของระบบ

นอกจากนี้แล้วในการบริหารจัดการน้ำท่วม จะต้องดำเนินการศึกษาในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ศึกษาสภาพทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำของแต่ละปี ทั้งปีน้ำน้อย น้ำปกติและน้ำมาก
- ศึกษาสภาพทางอุทกศาสตร์ของน้ำทะเลหนุนโดยเปรียบเทียบระหว่างค่าที่เกิดขึ้นจริงและค่าที่คาดการณ์
- ศึกษาศักยภาพการระบายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา
- ศึกษารูปแบบการป้องกันน้ำท่วมตามทางเลือกต่าง ๆ เพื่อให้การบริหารและจัดการน้ำท่วมเป็นไปเพื่อให้มีผลกระทบน้อยที่สุด

รูปแบบของการศึกษาในแต่ละประเด็นดังกล่าวในขั้นต้นจะดำเนินการแบบเป็นอิสระต่อกันในแต่ละเรื่องและเมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้วการกำหนดแผนการศึกษาทุกประเด็นจะสามารถกำหนดให้มีความเกี่ยวเนื่องกันได้

#### 5.4.3 การจัดการฐานข้อมูล

การจัดการฐานข้อมูลของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก ประกอบด้วย

##### □ ฐานข้อมูลการคาดการณ์น้ำหลาก

ข้อมูลที่ใช้ในการคาดการณ์ของระบบจะประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลระดับน้ำเริ่มต้น (เริ่มการคาดการณ์)
- 2) ข้อมูลอัตราการไหลเริ่มต้น (เริ่มการคาดการณ์)
- 3) ข้อมูลปริมาณน้ำไหลเข้าตามระยะเวลาที่สถานีบางไทร (C.29)
- 4) ข้อมูลการระบายน้ำจากสถานีสูบน้ำริมแม่น้ำเจ้าพระยา
- 5) ข้อมูลระดับน้ำตามเวลาที่มีการวัดระดับน้ำสถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า

##### □ ฐานข้อมูลการบริหารจัดการน้ำหลาก

ข้อมูลที่ใช้ในระบบประกอบด้วย

- ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยา และเขื่อนพระราม 6
- ข้อมูลปริมาณน้ำที่ผันเข้าทุ่ง (ผ่านประตูระบายปากคลองส่งน้ำที่รับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยา)
- ข้อมูลระดับน้ำตามสถานีวัดน้ำต่าง ๆ ในแม่น้ำเจ้าพระยา

- ข้อมูลการสูบน้ำออกจากพื้นที่กรุงเทพมหานครและบริเวณใกล้เคียงลงสู่มแม่น้ำเจ้าพระยา
- ข้อมูลระดับน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา (สถานีวัดระดับน้ำป้อมพระจุลฯ)
- ข้อมูลประกอบอื่น ๆ เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ผ่านจังหวัดนครสวรรค์ (C.2) ข้อมูลปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ ข้อมูลระดับหลังคันป้องกันน้ำท่วมและแผนประกอบต่าง ๆ ฯลฯ
- ข้อมูลคุณภาพน้ำ

---

การจัดการและติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือของ  
โครงการ Hydrodynamic Flow Measurement

## บทที่ 6 การจัดหาและติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องมือของโครงการ

### Hydrodynamic Flow Measurement

#### 6.1 กล่าวนำ

จากผลการออกแบบองค์ประกอบหลักทั้ง 3 ส่วน ของโครงการ Hydrodynamic Flow Measurement (นำเสนอในบทที่ 5) กรมชลประทานได้นำคุณสมบัติขั้นต่ำขององค์ประกอบที่ออกไปเป็นข้อมูลในการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อดำเนินการจัดหาผู้รับจ้างในการจัดทำระบบตรวจวัดปริมาณน้ำแบบเคลื่อนที่ได้ ระบบโทรมาตรอุทกวิทยา และระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก ซึ่งผลการดำเนินการจัดหาผู้รับจ้างเพื่อจัดหาวัสดุอุปกรณ์พร้อมการติดตั้ง องค์ประกอบหลักทั้ง 3 ส่วน ของโครงการ Hydrodynamic Flow Measurement สรุปได้ดังนี้

#### 6.2 ระบบตรวจวัดปริมาณน้ำแบบเคลื่อนที่ได้

##### 6.2.1 การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์

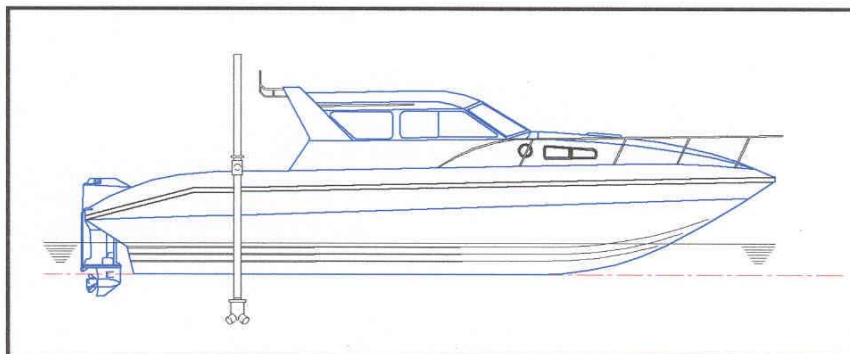
กรมชลประทานได้ดำเนินการจัดหาผู้รับจ้างในการจัดทำระบบตรวจวัดน้ำแบบเคลื่อนที่ได้โดยวิธีจ้างเหมา ดำเนินการประกวดราคาแบบ 2 ชอง ตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการมีพัสดุ พ.ศ.2535 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 4) พ.ศ.2541 ข้อ 54, 55 โดยแบ่งการจ้างเหมา เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของเรือสำรวจปริมาณน้ำและส่วนของอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำและหยั่งความลึก ซึ่งได้มีการรับมอบอุปกรณ์ในทั้ง 2 ส่วน โดยเรือสำรวจปริมาณน้ำได้รับมอบในเดือน กุมภาพันธ์ 2545 และอุปกรณ์ตรวจวัดน้ำและหยั่งความลึกได้รับมอบในเดือนมีนาคม 2546

##### 6.2.2 โครงสร้างของระบบตรวจวัดปริมาณน้ำแบบเคลื่อนที่ได้

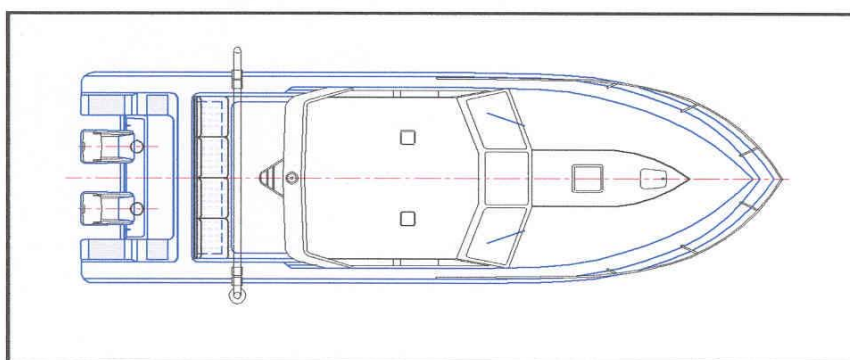
ระบบตรวจวัดปริมาณน้ำแบบเคลื่อนที่ได้ของโครงการ คือ เรือยนต์ขนาดยาว 32 ฟุต กว้าง 9 ฟุต และลึก 5 ฟุต (ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เบนซิน) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็ว กระแสน้ำ พร้อมหยั่งความลึกด้วยระบบ Doppler และระบบหาค่าพิกัด DGPS ดังแสดงในรูปที่ 6-1 โดยมีการเชื่อมโยงสัญญาณของอุปกรณ์ในระบบ ดังแสดงในรูปที่ 6-2 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

- **สถานีบก/อ้างอิง** ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียมและอุปกรณ์ส่งสัญญาณวิทยุ พร้อมทั้งมีการกำหนดค่าพิกัดภูมิศาสตร์อ้างอิงกับตำแหน่งที่ทราบค่าแน่นอน จะเป็นตัวกลางในการรับ-ส่งสัญญาณ ค่าพิกัดและค่าปรับแก้ตำแหน่งภูมิศาสตร์ของสถานีย่อย (เรือตรวจวัดปริมาณน้ำ) ซึ่งเคลื่อนที่ตลอดเวลาจากกลุ่มดาวเทียม GPS





ภาพด้านข้างของเรือสำรวจปริมาณน้ำ

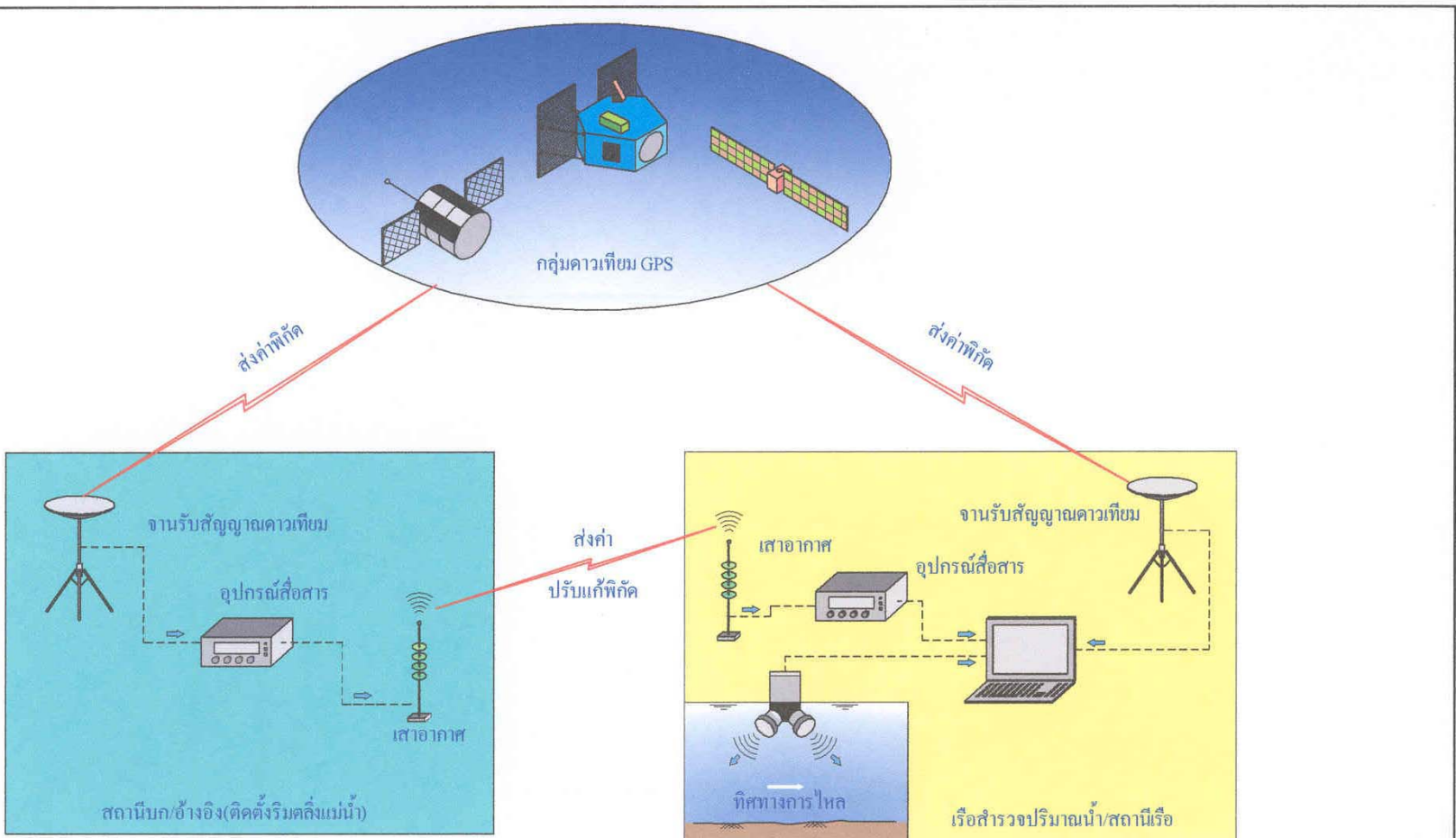


ภาพด้านบนของเรือสำรวจปริมาณน้ำ



เรือสำรวจปริมาณน้ำ

โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
โครงสร้างของเรือสำรวจปริมาณน้ำ			รูปที่ 6-1
กปร.	สกว.	ชล.	มก.



โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำพระยา			
โครงสร้างของระบบตรวจวัดปริมาณน้ำแบบเคลื่อนที่ได้			รูปที่ 6-2
กปร.	สกว.	ขป.	มก.

D:\PROJECT\CHAOPHAYA\FINAL\6-2.dwg KOSOL

- **สถานีเรือ/เรือสำรวจปริมาณน้ำ** ซึ่งติดตั้งอุปกรณ์สื่อสาร คอมพิวเตอร์ชนิดพกพา (Notebook) และอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วน้ำและหยั่งความลึก (ADCM) จะรับสัญญาณค่าพิกัดภูมิศาสตร์จากสถานีหลักผ่านอุปกรณ์สื่อสารที่ติดตั้งบนเรือสำรวจปริมาณน้ำเข้าสู่คอมพิวเตอร์ชนิดพกพาเพื่อนำไปใช้ในการประมวลผล ในขณะเดียวกันอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วน้ำและหยั่งความลึกจะส่งข้อมูลผลการตรวจวัดความเร็วการไหลและความลึกในแนวตั้ง ณ ตำแหน่งตรวจวัดนั้น ๆ (ตำแหน่งที่เรือเคลื่อนตัวผ่าน) มายังคอมพิวเตอร์ชนิดพกพาเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการประมวลผลเพื่อให้ได้ค่าอัตราการไหลผ่านหน้าตัดทางน้ำนั้นๆ ที่กำลังตรวจวัด

### 6.2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือประจำระบบ

รายละเอียดโดยย่อของอุปกรณ์ประจำระบบตรวจวัดปริมาณน้ำแบบเคลื่อนที่ได้มีดังนี้

- 1) **เรือสำรวจปริมาณน้ำ** : เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญในการบรรทุกอุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดและบุคลากรที่ทำหน้าที่ในการตรวจวัดปริมาณน้ำ โดยเรือสำรวจปริมาณน้ำที่นำมาใช้ในโครงการ ผลิตโดยบริษัท ซีทเอบี จำกัด มีขนาดความยาว 32 ฟุต ความกว้าง 9 ฟุต และความลึกกลางลำ 5 ฟุต ตัวเรือสร้างด้วยไฟเบอร์กลาสแบบ 2 ชั้น (ท้องเรือและฝาเรือ) ประกบกัน ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เบนซินชนิดติดท้าย (OUTBOARD) 2 ชุด ซึ่งแต่ละเครื่องยนต์มีกำลัง 150 แรงม้า ที่รอบเครื่องยนต์ไม่เกิน 6,000 รอบต่อนาที มีความเร็วสูงสุดต่อเนื่อง (Maximum Continuous Speed) ไม่น้อยกว่า 25 น็อต เมื่อน้ำหนักบรรทุกสูงสุด (Full Load) ไม่น้อยกว่า 500 กิโลกรัม พร้อมกันนี้ยังมีที่นั่งสำหรับเจ้าหน้าที่และลูกเรือประมาณ 7 ที่นั่ง ดังแสดงในรูปที่ 6-3
- 2) **อุปกรณ์ตรวจวัดน้ำ หยั่งความลึก และอุปกรณ์ประกอบ** ประกอบด้วย

□ **เครื่องวัดปริมาณน้ำแบบ Acoustic Doppler Current Meter (ADCM)**

อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำของโครงการผลิตโดย บริษัท SONTEX จำกัด ประเทศสหรัฐอเมริกา (รุ่น ADP 0.500 MHZ) โดยมี Transducer Head แบบ 4 Beam ดังแสดงในรูปที่ 6-4 สามารถวัดความเร็วของกระแสน้ำได้  $\pm 10$  ม./วินาที (ทั้งกรณีน้ำขึ้นและน้ำลง) ตรวจวัดความลึกได้ไม่เกิน 120 เมตร และสามารถทำงานได้ภายใต้อุณหภูมิระหว่าง  $-5$  ถึง  $45$  องศาเซลเซียส นอกจากนั้นอุปกรณ์ยังสามารถตรวจวัดทิศทางการเคลื่อนที่ การโยนตัวและเอียงตัวได้ และสามารถใช้ในการตรวจวัดได้ทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม



ลักษณะภายนอกเรือสำรวจ



รูปลักษณะเครื่องยนต์ติดท้าย



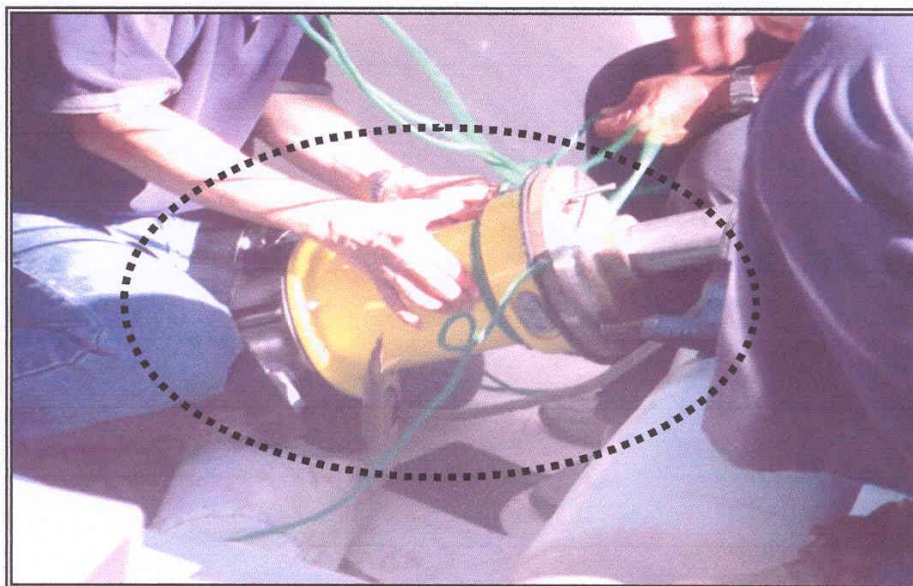
ส่วนควบคุมเรือสำรวจ



ลักษณะภายในเรือสำรวจ

โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
รูปลักษณะภายนอกและภายใน ของเรือสำรวจน้ำ			รูปที่ 6-3
กปร.	สกว.	ขป.	มก.





การติดตั้งเครื่องวัดปริมาณน้ำกับแขนยึด



ส่วนบนของเครื่องวัดที่ใช้  
ประกอบติดกับแขนยึด



หัววัดความเร็วน้ำและความลึกน้ำ  
(Transducer Head)

โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
รูปลักษณะของเครื่องวัดปริมาณน้ำแบบ Acoustic Doppler Current Meter (ADCM) รุ่น ADP 0.5 MHz			รูปที่ 6-4
กปร.	สกว.	ขป.	มก.

#### ❑ Software สำหรับ Acoustic Doppler Current Meter

เป็น Application Software ยี่ห้อ SONTEK รุ่น River Surveyor package for Real-time River Discharge measurement from moving boats โดยโปรแกรมจะนำข้อมูลตรวจวัด (ความเร็วกระแสน้ำ หน้าตัดทางน้ำ การเบี่ยงเบนการเคลื่อนตัว และการเอียงตัวของอุปกรณ์) ที่ได้มาประมวลผลเพื่อคำนวณออกมาเป็นอัตราการไหลของน้ำ ณ ตำแหน่งนั้นๆ ที่ตรวจวัดได้ โดยผลการตรวจวัดจะแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6-5 และบันทึกลงในฮาร์ดดิสก์

#### ❑ ชุดประมวลผลข้อมูลทาง Hardware

เป็นคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook) ยี่ห้อ COMPAQ รุ่น COMPAQ ARMADA – E500 ซึ่งจะต่อเชื่อมกับอุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์ GPS พร้อมทั้งติดตั้ง Application Software ของอุปกรณ์ตรวจวัดและอุปกรณ์ GPS ทั้งนี้ Notebook จะเพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบอุปกรณ์ แสดงผลการตรวจวัดข้อมูลการทำงาน ตลอดจนการบันทึกข้อมูลเพื่อนำกลับมาใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 6-5

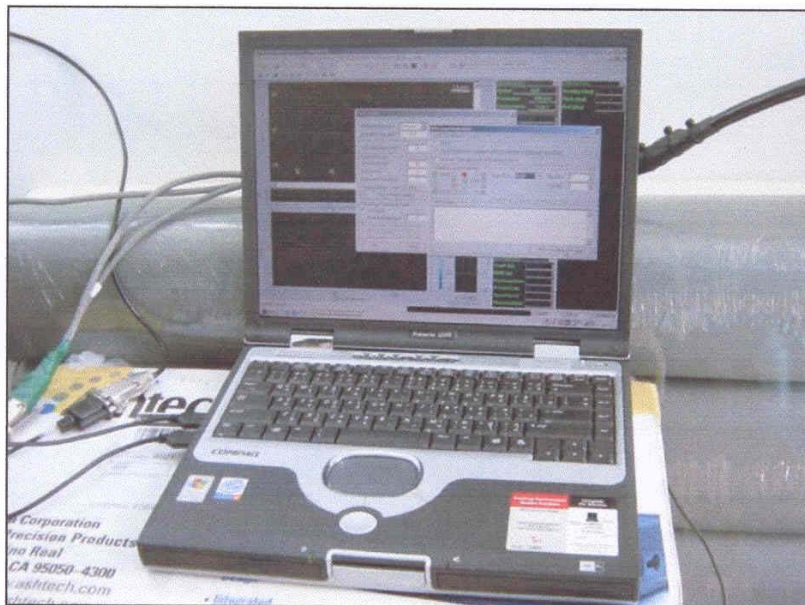
#### ❑ Differential Global Positioning System (DGPS) สำหรับสถานีบก และ สถานีเรือ

เป็นเครื่อง GPS ยี่ห้อ THALES รุ่น ZX-Superstation (Z-XTREME) ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกาสามารถใช้งานได้ทั้งแบบ Base Station และ River Station มีความละเอียดของการบอกพิกัดเป็นเซนติเมตรและทำงานแบบ Real-time Differential สามารถรับช่องสัญญาณดาวเทียมได้ 12 ช่องสัญญาณอุปกรณ์สามารถใช้งานได้ภายใต้อุณหภูมิระหว่าง  $-30^{\circ}\text{C}$  ถึง  $50^{\circ}\text{C}$  และสามารถกันน้ำได้ โครงสร้างและรูปลักษณ์ของอุปกรณ์ GPS ดังแสดงในรูปที่ 6-6

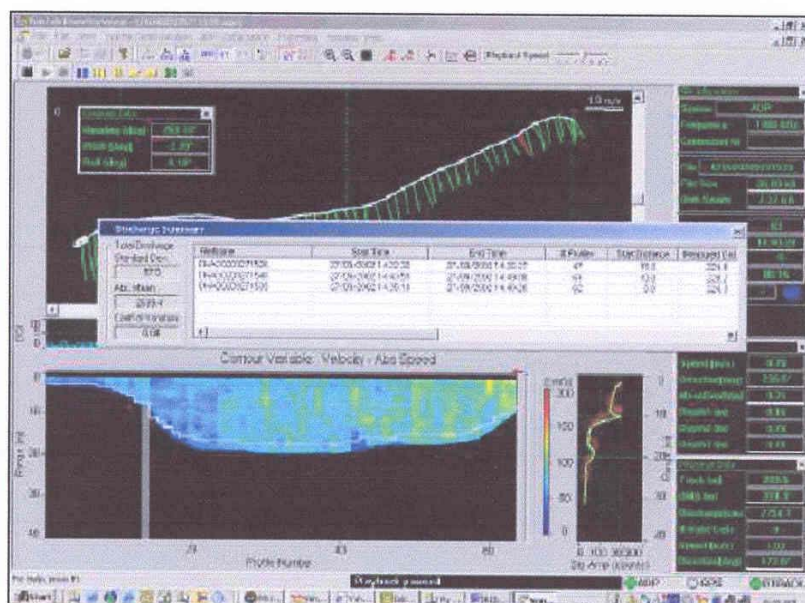
#### ❑ Software สำหรับอุปกรณ์ GPS

เป็น application software ยี่ห้อ THALES รุ่น ASHTECH ซึ่งใช้ในการตรวจสอบการทำงานของระบบ GPS การกำหนดพิกัดอ้างอิงและรวมไปถึงการดำเนินการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง

- 3) ชุดวิทยุประจำสถานีบกและสถานีเรือ : ใช้สำหรับส่งค่าแก่ จากระบบ GPS ที่เป็น Base Station กับ River Station โดยมีขนาดกำลังออกอากาศ 35 วัตต์ ที่ย่านความถี่ 400-470 MHz สามารถทำงานได้ภายใต้อุณหภูมิระหว่าง  $-30^{\circ}\text{C}$  ถึง  $60^{\circ}\text{C}$



เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลการตรวจวัดข้อมูล



ลักษณะหน้าจอแสดงผลการตรวจวัดปริมาณน้ำและหยั่งความลึกลำน้ำ

โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
การแสดงผลการตรวจวัดของโปรแกรม			รูปที่ 6-5
กปร.	สกว.	ขป.	มก.

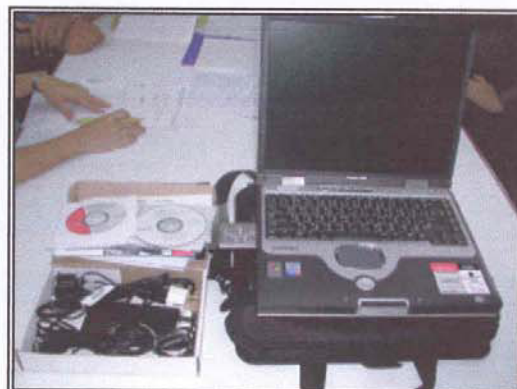




เครื่องวิทยุรับ-ส่ง



จานรับ-ส่งสัญญาณดาวเทียม



อุปกรณ์ประมวลผลของระบบ GPS และ ADCP

โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
รูปลักษณะของอุปกรณ์ GPS			รูปที่ 6-6
กปร.	สกว.	ขป.	มก.



## 6.3 ระบบโทรมาตรอุทกวิทยา

### 6.3.1 การจัดหาและติดตั้งวัสดุและอุปกรณ์

กรมชลประทานได้ดำเนินการจัดหาผู้รับจ้างในการจัดหาและติดตั้งระบบโทรมาตรของโครงการ โดยทำสัญญาว่าจ้าง บริษัท AMR. Asia จำกัด เมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม พ.ศ. 2545 (สัญญาที่ จ.59/2544) โดยบริษัทผู้รับจ้างได้เริ่มดำเนินการเมื่อวันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2545 และดำเนินการจัดหาและติดตั้งระบบโทรมาตรได้แล้วเสร็จ พร้อมส่งมอบงานต่อกรมชลประทานเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2546

### 6.3.2 โครงสร้างของระบบโทรมาตรอุทกวิทยา

ระบบโทรมาตรอุทกวิทยา เป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานการทำงานร่วมกันระหว่างการตรวจวัดข้อมูล การสื่อสารรับ-ส่งข้อมูล การประมวลผลข้อมูลที่ได้ และการนำข้อมูลมาใช้งาน โดยสามารถแยกพิจารณาโครงสร้างของระบบออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

#### 1) องค์ประกอบของระบบโทรมาตรอุทกวิทยา

ระบบโทรมาตรอุทกวิทยาของโครงการประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 5 ส่วน คือ สถานีหลัก (ศูนย์พยากรณ์น้ำท่วมและบริหารจัดการน้ำ) สถานีหลักย่อย (สำนักงาน กปร. และศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วม กรุงเทพมหานคร) สถานีตรวจวัดสนาม ระบบรับ-ส่งข้อมูล และระบบเชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งสรุปได้ดังนี้

##### □ สถานีหลัก (Master Station)

สถานีหลัก จัดตั้งที่ชั้น 2 (ข้างห้องอธิบดีกรมชลประทาน) ตึกบริหาร กรมชลประทานสามเสน ซึ่งขณะนั้นจัดตั้งเป็นศูนย์พยากรณ์น้ำท่วมและบริหารจัดการน้ำ (Flood Forecasting and Water Management Center) มีการจัดวางองค์ประกอบของศูนย์ฯ ดังแสดงในรูปที่ 6-7 ประกอบด้วย

- ห้องควบคุม : สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลของระบบโทรมาตรอุทกวิทยาและระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก
- ห้องอุปกรณ์ : ใช้สำหรับจัดเก็บอุปกรณ์เชื่อมโยงระบบและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในห้องควบคุม ทั้งนี้ยังสามารถใช้จัดเก็บเครื่องแม่ข่ายของระบบประมวลระบบโทรมาตรอุทกวิทยาและระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำท่วมได้



- ห้องประชุม : ใช้สำหรับรองรับผู้มาเยือนศูนย์และจัดประชุม
- ห้องอเนกประสงค์ : ใช้สำหรับเป็นห้องพักผ่อนของผู้ควบคุม/ดูแลระบบ

ภายในสถานีหลักจะติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลของระบบโทรมาตรอุทกวิทยา ระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก และอุปกรณ์ในการต่อเชื่อมระบบ

#### □ สถานีหลักย่อย (Sub-Master Station)

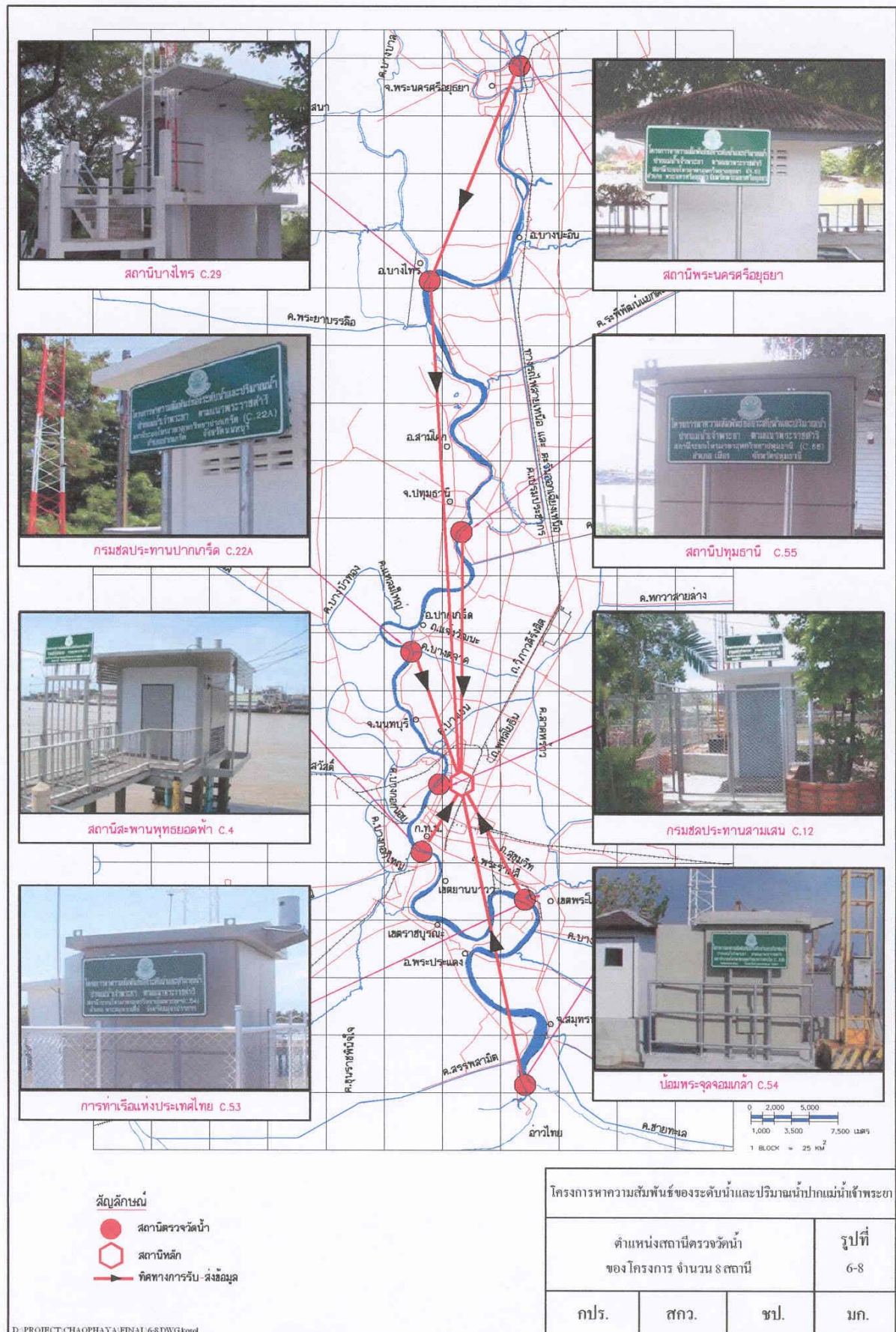
สถานีหลักย่อยจะติดตั้งที่สำนักงานคณะกรรมการพิเศษประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) และศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วม กรุงเทพมหานคร

#### □ สถานีตรวจวัดสนาม (Remote Station)

สถานีตรวจวัดสนามทั้ง 8 สถานี จะทำหน้าที่ตรวจวัดข้อมูลของปริมาณน้ำฝน และระดับน้ำตามแนวแม่น้ำเจ้าพระยา ดังแสดงดังรูปที่ 6-8 ซึ่งประกอบด้วย

- สถานีวัดน้ำอยุธยา (S.5) ติดตั้งที่สาธารณสุข จังหวัดพระนครศรีอยุธยา (ผังการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 6-9(ก))
- สถานีวัดน้ำบางไทร (C.29) ติดตั้งที่อาคารสถานีบางไทรเดิม (ผังการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 6-9(ข))
- สถานีวัดน้ำปทุมธานี (C.55) ติดตั้งที่ปากคลองเชียงรากใหญ่ (ผังการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 6-9(ค))
- สถานีวัดน้ำปากเกร็ด (C.22A) ติดตั้งที่กรมชลประทานปากเกร็ด (ผังการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 6-9(ง))
- สถานีวัดน้ำสามเสน (C.12) ติดตั้งที่กรมชลประทานสามเสน (ผังการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 6-9(จ))
- สถานีวัดน้ำสะพานพุทธยอดฟ้า (C.4) ติดตั้งที่สถานีวัดน้ำสะพานพุทธยอดฟ้าเดิม (ผังการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 6-9(ฉ))
- สถานีวัดน้ำการทำเรือแห่งประเทศไทย (C.53) ติดตั้งที่การทำเรือแห่งประเทศไทย (ผังการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 6-9(ช))
- สถานีวัดน้ำป้อมพระจุลจอมเกล้า (C.54) ติดตั้งที่ป้อมพระจุลจอมเกล้า (ผังการติดตั้งดังแสดงในรูปที่ 6-9(ซ))

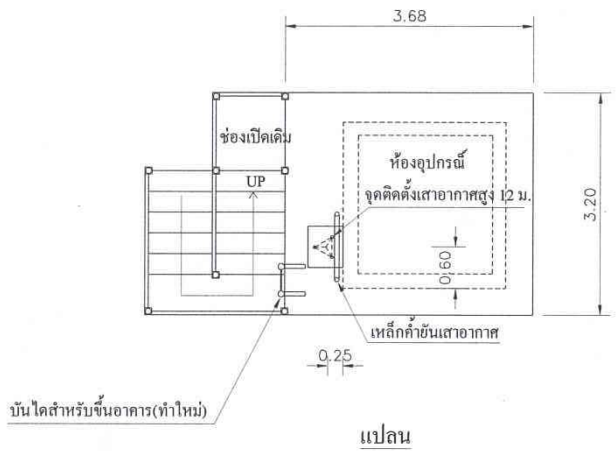
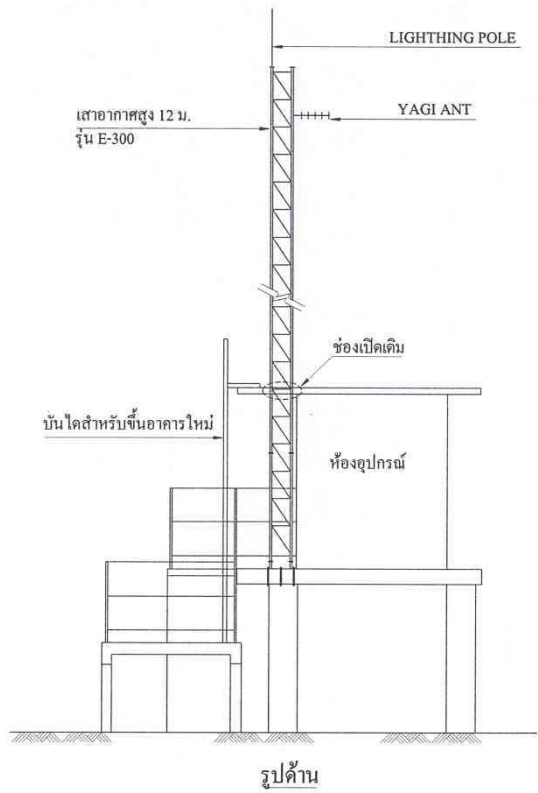




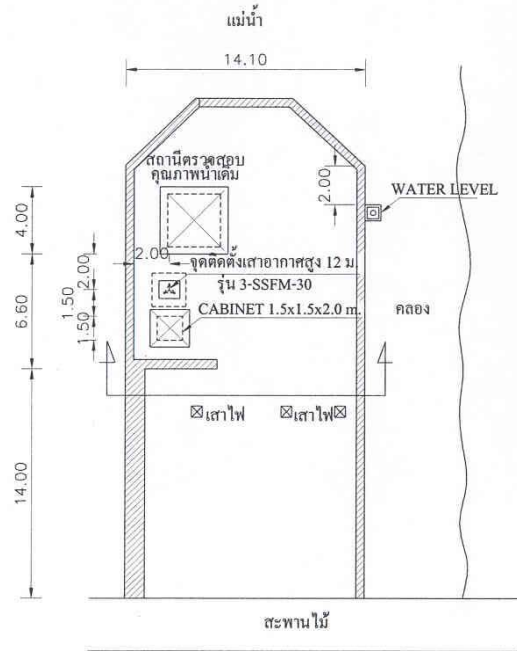
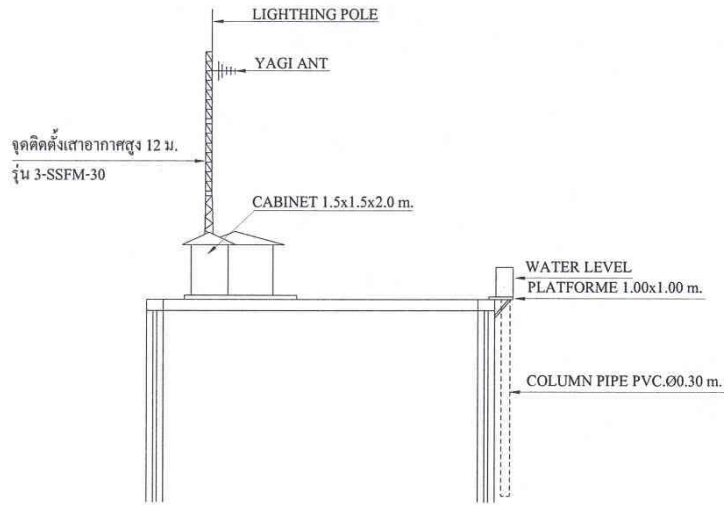
รูปด้าน

แปลน

โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำป่าแก่งน้ำเจ้าพระยา			
<p>ผังการติดตั้งสถานีวัดน้ำ อยุธยา S.5</p>			<p>รูปที่ 6-9 (ก)</p>
กปร.	สกว.	ขป.	มก.



โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำพระยา			
ผังการติดตั้งสถานีวัดน้ำ บางไทร C.29			รูปที่ 6-9 (ข)
กปร.	สกว.	ขป.	มก.



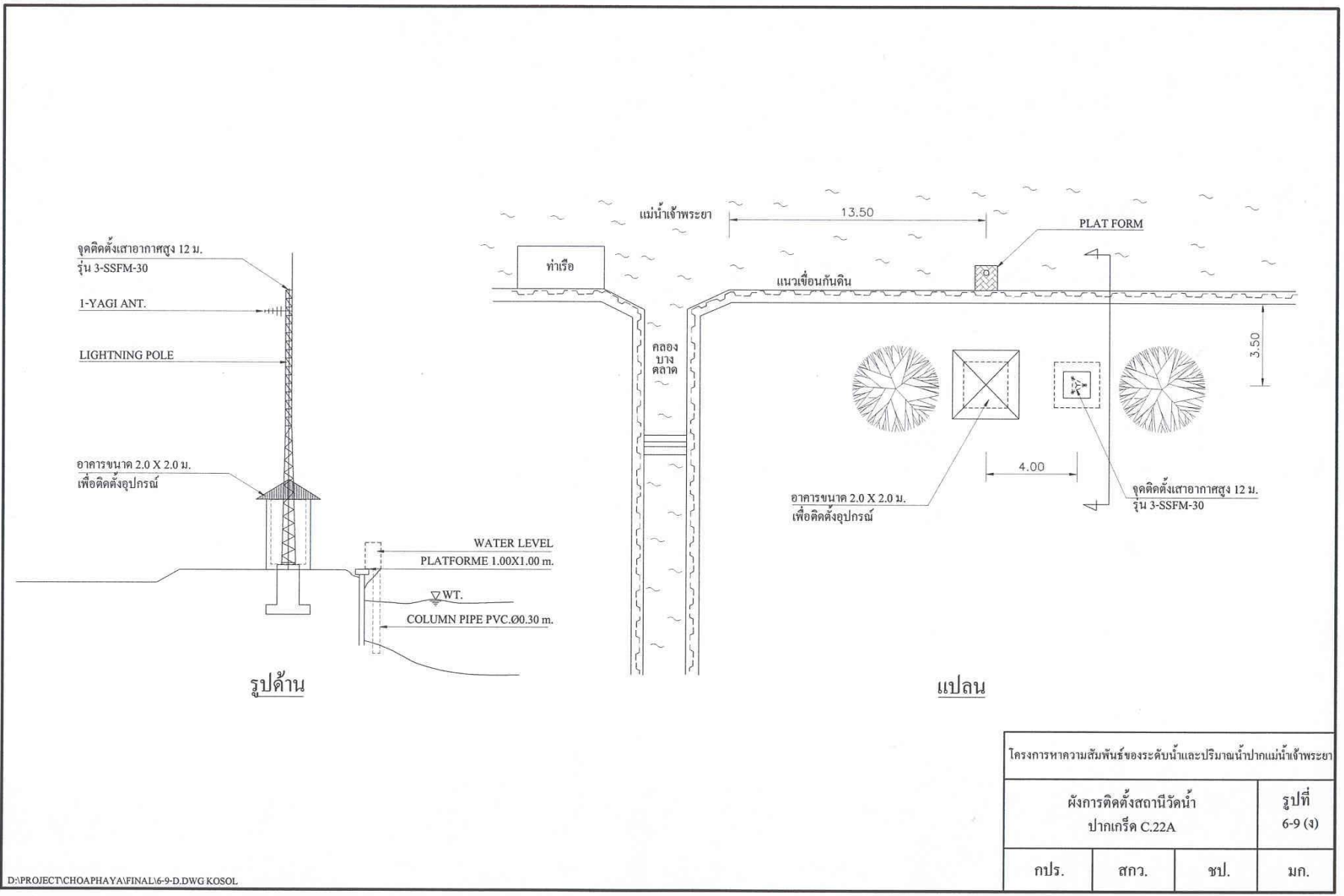
รูปด้าน

แปลน

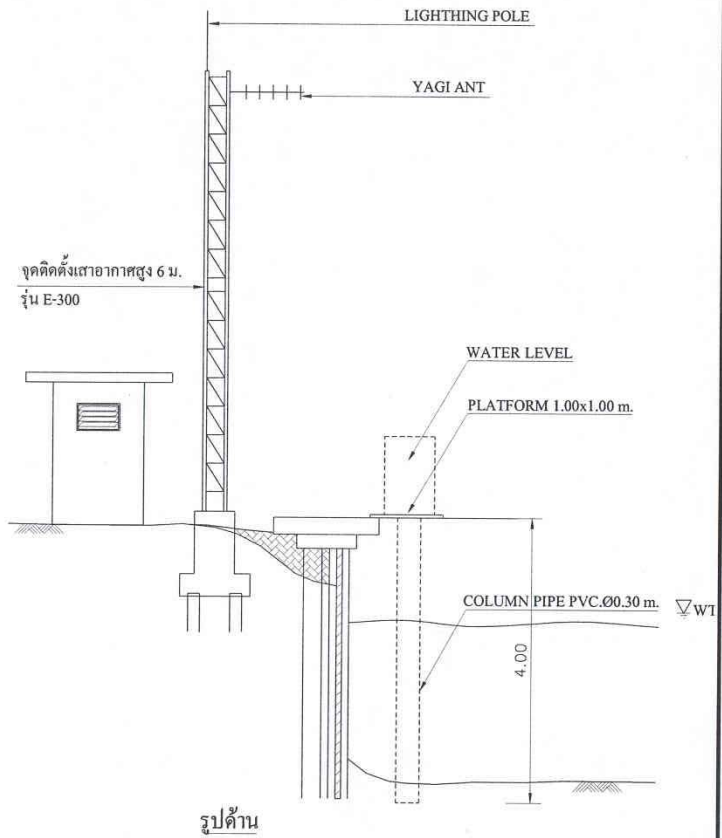
โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
ผังการติดตั้งสถานีวัดน้ำ ปทุมธานี C.55			รูปที่ 6-9 (ค)
กปร.	สกว.	ชล.	มก.

D:\PROJECT\CHOAPHAYA\FINAL\6-9-C.dwg KOSOL

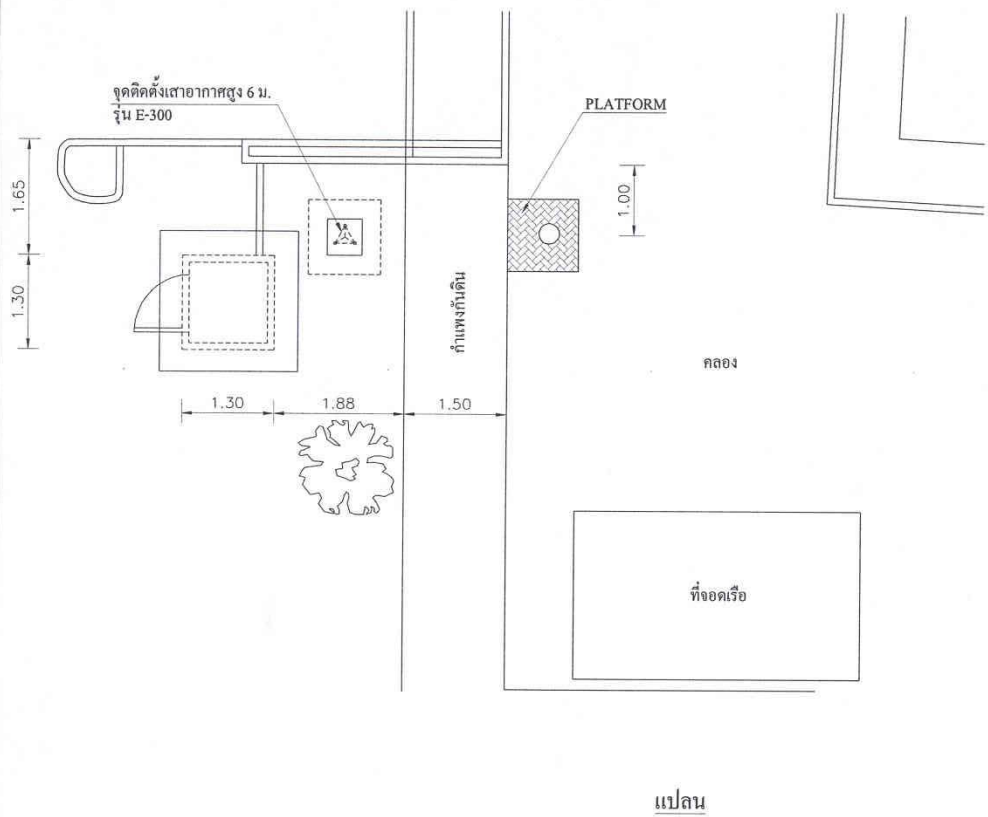








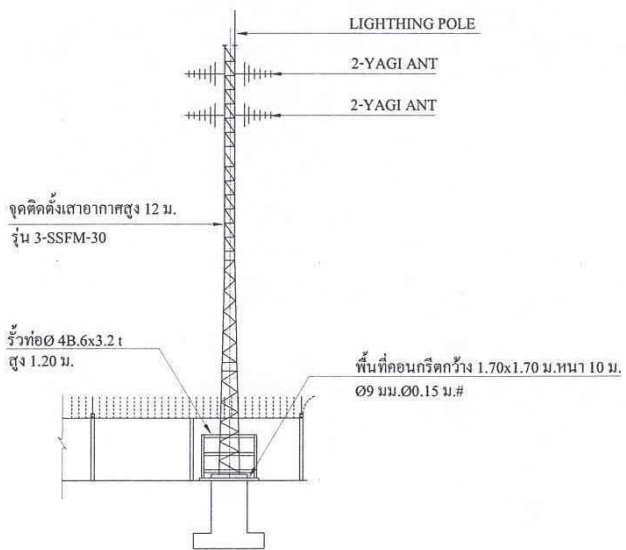
รูปด้าน



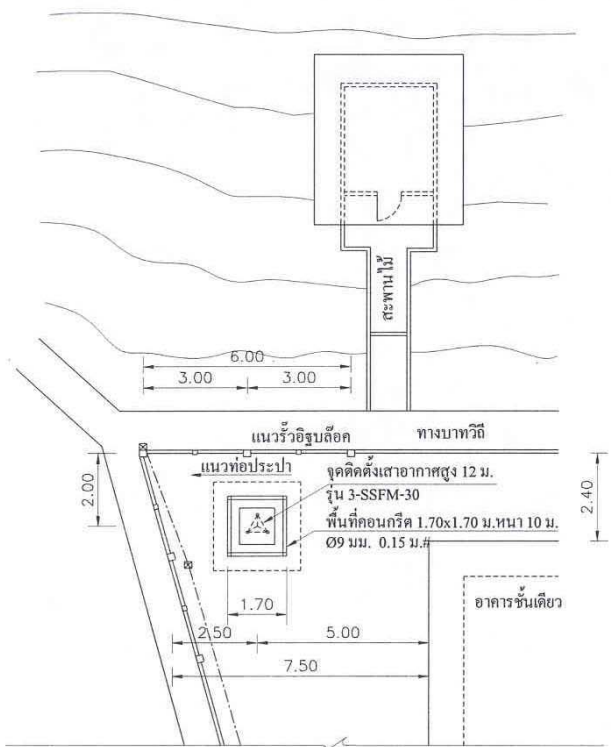
แปลน

โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
ผังการติดตั้งสถานีวัดน้ำ กรมชลประทานสามเสน C.12			รูปที่ 6-9 (จ)
กปร.	สกว.	ขป.	มก.

โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
ผังการติดตั้งสถานีวัดน้ำ สะพานพุทธ C.4			รูปที่ 6-9 (ด)
กปร.	สกว.	ชล.	มก.

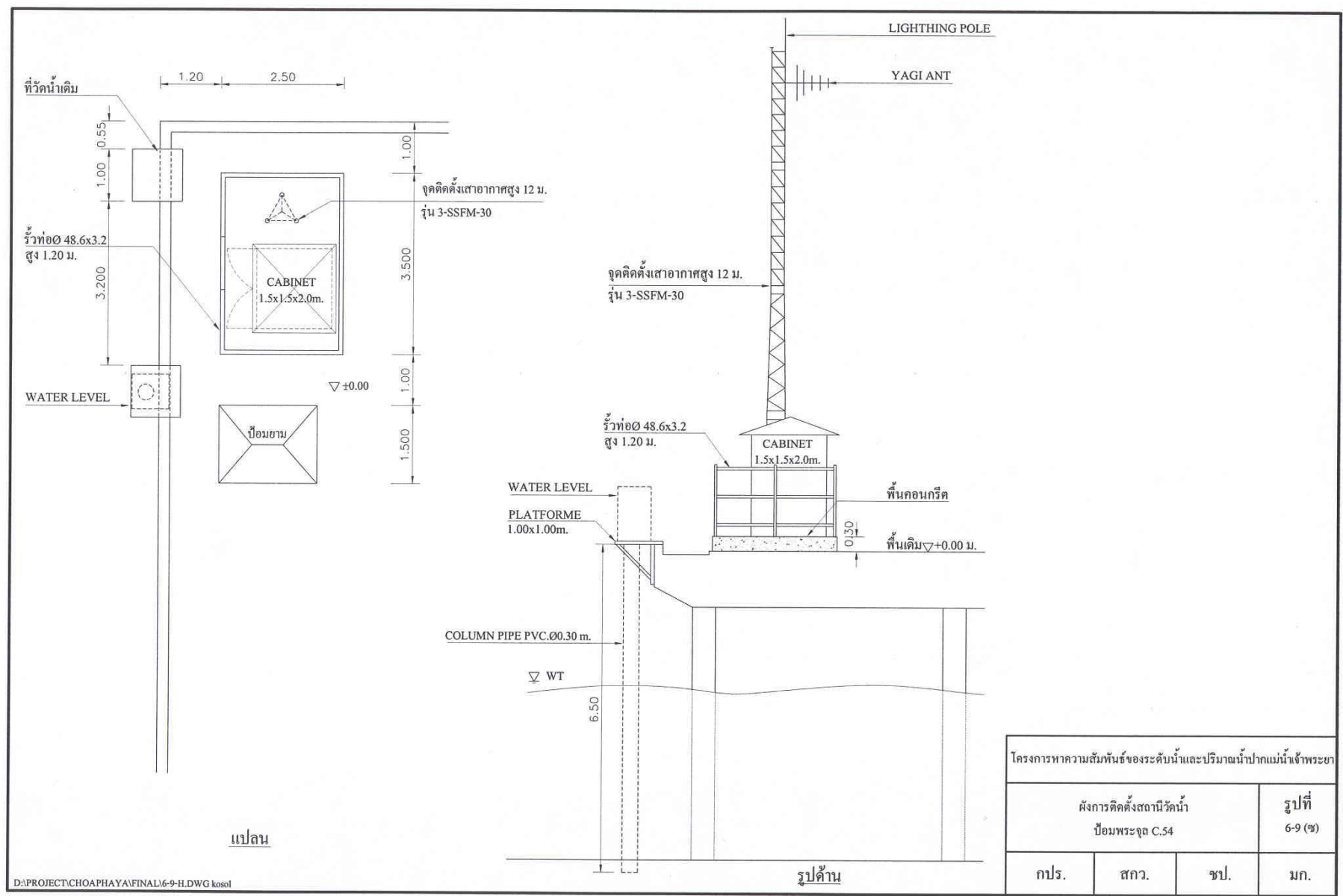


รูปด้าน



แปลน





โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
ผังการติดตั้งสถานีวัดน้ำ ป้อมพระจุล C.54			รูปที่ 6-9 (ข)
กปร.	สกว.	ชล.	มก.

## □ ระบบรับ-ส่งข้อมูล

ระบบรับ-ส่งข้อมูลจะมีหน้าที่นำข้อมูลที่ตรวจวัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดทุกตัวมาเก็บไว้ภายในหน่วยความจำก่อนแล้วจึงส่งต่อไปยังสถานีต่อไป ซึ่งขึ้นอยู่กับโปรแกรมควบคุมการทำงานว่า จะส่งข้อมูลไปยังที่สถานีทวนสัญญาณหรือสถานีหลัก (จากสถานีทวนสัญญาณจะส่งต่อไปยังสถานีหลัก) โครงการข่ายการส่งข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 6-10

## □ ระบบเชื่อมโยงข้อมูล

ระบบเชื่อมโยงข้อมูล จะทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีหลักไปยังสถานีหลักย่อยทั้ง 2 แห่ง และยังเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบโทรมาตรของศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานครมายังสถานีหลัก

## 2) โครงสร้างการเชื่อมโยงของอุปกรณ์

การเชื่อมโยงอุปกรณ์ (Hardware) ของระบบโทรมาตรอุทกวิทยาทั้งหมดของโครงการดังแสดงในรูปที่ 6-11 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

- **สถานีตรวจวัด :** อุปกรณ์ตรวจวัดข้อมูลอุทกวิทยา (ฝนและระดับน้ำ) ข้อมูลคุณภาพน้ำ และข้อมูลองค์ประกอบอื่น ๆ จะเชื่อมสายสัญญาณมายัง RTU เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ประมวลผล และส่งข้อมูลตรวจวัดที่ได้ผ่านระบบวิทยุ ผ่าน UHF มายังสถานีหลัก

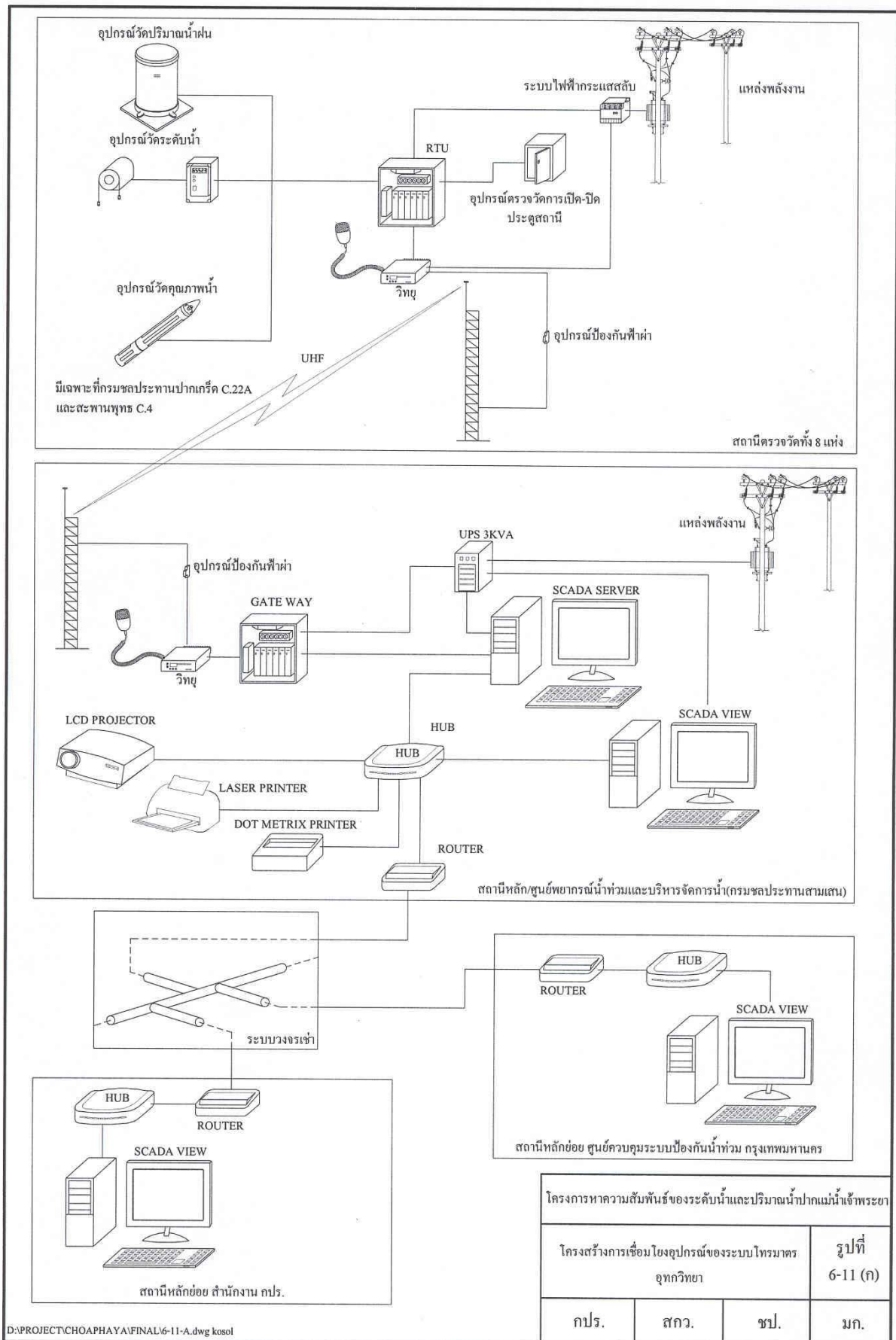
การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าจะติดตั้งใน 2 ตำแหน่ง คือ

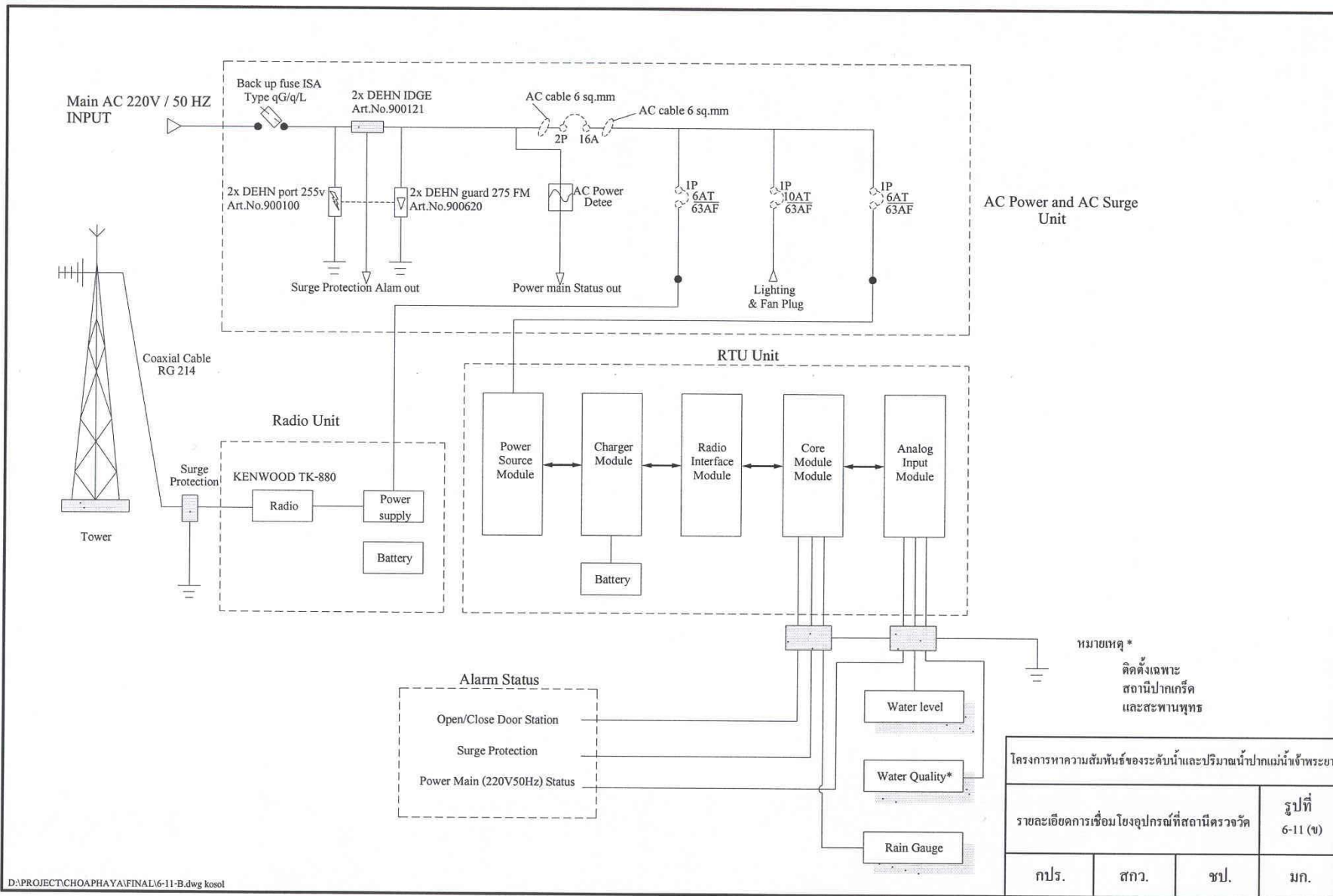
- (1) ติดตั้งในส่วนของการเดินสายไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานมายังวัสดุอุปกรณ์ เพื่อป้องกันไฟกระชอก (Surge) ที่ส่งผลเสียหายต่อวัสดุอุปกรณ์
- (2) ติดตั้งที่สายนำสัญญาณจากเสาวิทยุมายังระบบวิทยุสื่อสารเพื่อป้องกันการเกิดไฟกระชอกจากฟ้าผ่ามายังเสาวิทยุโดยตรง

- **สถานีหลักและสถานีหลักย่อย :** ข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัด ซึ่งส่งผ่านด้วยระบบวิทยุจะผ่านเข้าสู่ GATE WAY เพื่อทำการตรวจสอบข้อมูลก่อนที่จะผ่านข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่ายระบบ SCADA (SCADA Server) เพื่อทำการบันทึกข้อมูล ประมวลผล แสดงผลและนำไปใช้งาน เครื่องแม่ข่ายระบบ SCADA จะเชื่อมโยงเครื่องลูกข่าย (SCADA VIEW) และอุปกรณ์แสดงผลด้วยระบบ LAN (Local Area Network) ซึ่งควบคุมด้วยอุปกรณ์ HUB สถานีหลักจะเชื่อมโยงกับสถานีหลักย่อยด้วยระบบวงจรเช่า (Leased Line) โดยมีอุปกรณ์ Router เป็นตัวควบคุม

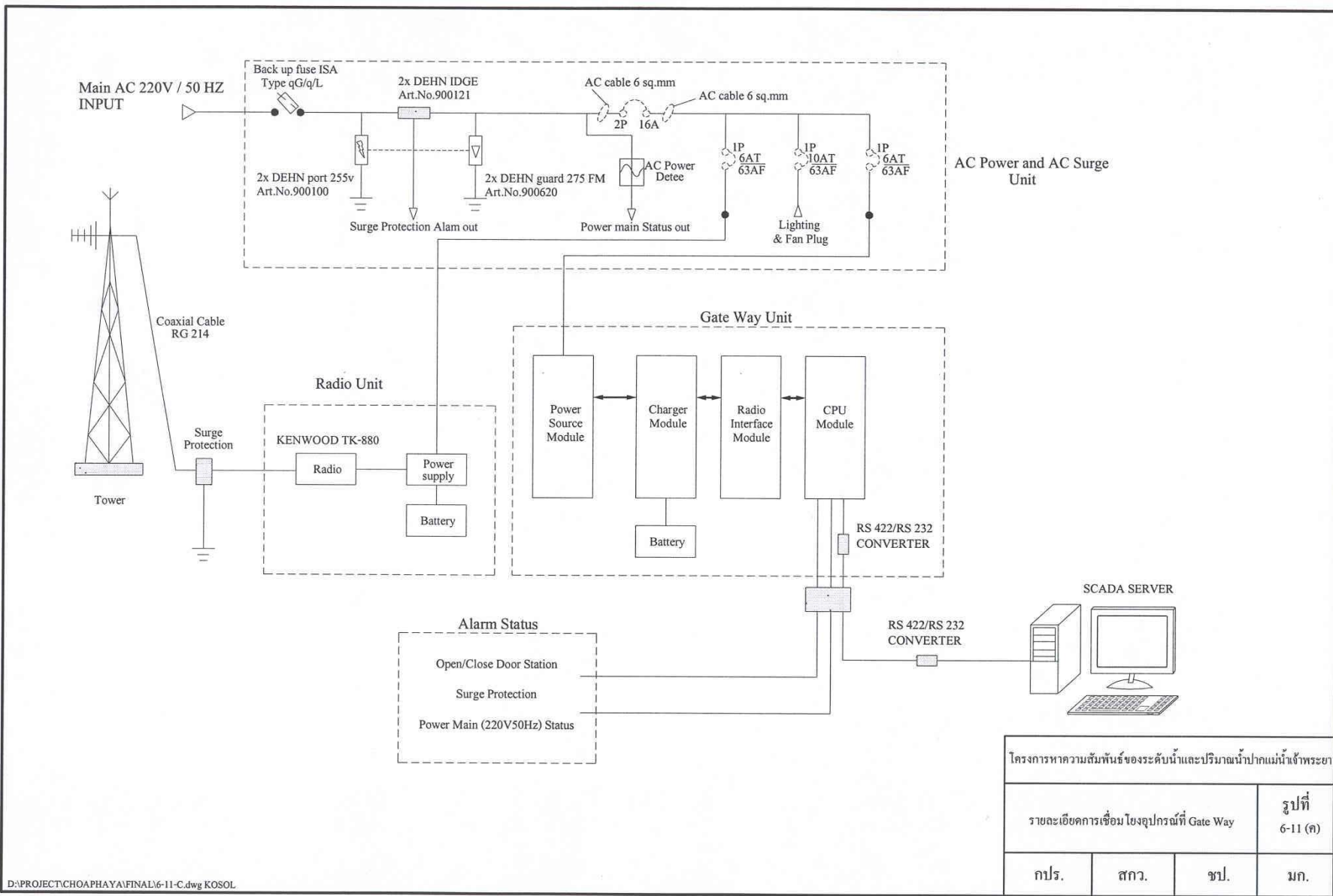


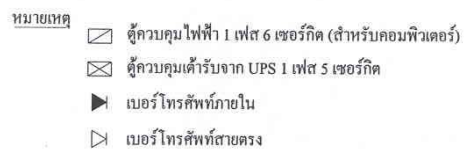












โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
รายละเอียดการเดินระบบเชื่อมโยง ภายในห้องควบคุมอาคารสถานีหลัก			รูปที่ 6-11 (ง)
กปร.	สกว.	ขป.	มก.

การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันฟ้าผ่าจะติดตั้งใน 2 ตำแหน่ง คือ

- (1) ติดตั้งในส่วนของการเดินสายไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานมายังวัสดุอุปกรณ์ เพื่อป้องกันไฟกระชอก (Surge) ที่ส่งผลเสียหายต่อวัสดุอุปกรณ์
- (2) ติดตั้งที่สายนำสัญญาณจากเสาวิทยุมายังระบบวิทยุสื่อสารเพื่อป้องกันการเกิดไฟกระชอกจากฟ้าผ่ามายังเสาวิทยุโดยตรง

### 3) โครงสร้างของการบริหารข้อมูล

ข้อมูลการตรวจวัดจากอุปกรณ์ตรวจวัดที่ติดตั้งยังสถานีตรวจวัดทั้ง 8 แห่ง จะถูกรวบรวมและจัดเก็บด้วย RTU แล้วจึงส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านระบบวิทยุ (UHF) มายัง GATE WAY ที่สถานีหลักในทุก ๆ รอบ 15 นาที (กำหนดเป็นค่ามาตรฐาน / default)

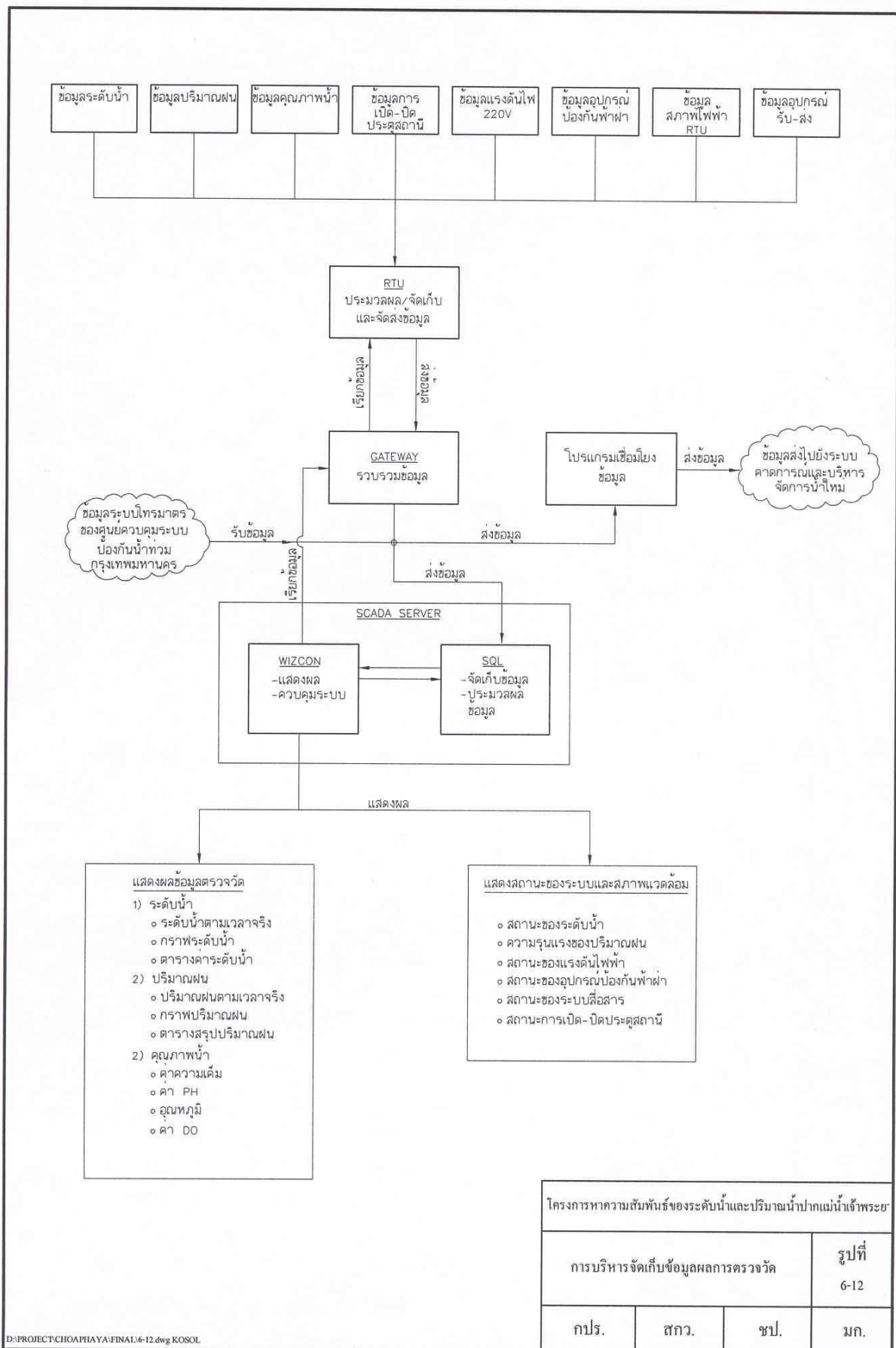
ข้อมูลผลการตรวจวัดจะถูกส่งจาก GATE WAY ไปยังระบบฐานข้อมูล (จัดทำด้วยโปรแกรม SQL) ของ SCADA Server เพื่อทำการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นระเบียบพร้อมทั้งทำการประมวลผลข้อมูลเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในระบบฐานข้อมูลจะถูกโปรแกรม WIZCON เรียกไปใช้ในการแสดงผล และในขณะเดียวกันโปรแกรม WIZCON ยังสามารถทำการเรียกข้อมูลผ่าน GATE WAY ไปยัง RTU ของสถานีตรวจวัดแต่ละแห่งเพื่อให้ส่งข้อมูลตรวจวัดตามที่ต้องการได้

โครงสร้างของการบริหารข้อมูลตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 6-12

### 6.3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือประจำระบบ

- **สถานีหลัก (Master Station)** ซึ่งติดตั้งศูนย์ตรวจสอบและทำนายระดับน้ำทะเล กรมชลประทาน จำนวน 1 สถานี ประกอบด้วย
  - 1) อุปกรณ์ระบบสื่อสารข้อมูลและควบคุมทางไกล (Gate Way) จำนวน 1 ชุด
  - 2) ระบบประมวลผล (Computer Network) ประกอบด้วย
    - เครื่องคอมพิวเตอร์สถานีหลักระบบโทรมาตร (SCADA Server) จำนวน 1 ชุด
    - เครื่องคอมพิวเตอร์แบบ Note book จำนวน 1 ชุด
    - เครื่องพิมพ์แบบ Dot Matrix จำนวน 1 ชุด
    - เครื่องพิมพ์แบบ Laser Printer จำนวน 1 ชุด
    - อุปกรณ์สำรองกระแสไฟฟ้าขนาด 3 KVA จำนวน 1 ชุด
    - อุปกรณ์ HUB จำนวน 1 ชุด
    - อุปกรณ์ Router จำนวน 1 ชุด
  - 3) โต๊ะควบคุมพร้อมเก้าอี้แขน 5 ชุด พร้อมโต๊ะวางเครื่องพิมพ์ 2 ชุด



- 4) การปรับปรุงห้องควบคุม
- 5) ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Surge Protection)
- 6) ระบบ Software (Software Application) ระบบประมวลผลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์  
ประมวลผลและจัดทำรายงาน ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้
  - Software สำหรับการดำเนินงานของระบบ SCADA (ระบบแม่ข่าย)
  - Software สำหรับเชื่อมโยงและแสดงผล
  - Software สำหรับระบบการจัดการฐานข้อมูล
- 7) ระบบจอแสดงผล (Projector)

□ **สถานีหลักย่อย (Sub – Master Station)** ซึ่งติดตั้งที่สำนักงาน กปร. จำนวน 1 สถานี  
ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

- 1) SCADA Software (ระบบลูกข่าย) จำนวน 1 ระบบ
- 2) เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายระบบโทรมาตร (SCADA View) จำนวน 1 ชุด
- 3) เครื่องพิมพ์แบบ Dot Matrix จำนวน 1 ชุด
- 4) เครื่องพิมพ์แบบ Laser Printer จำนวน 1 ชุด
- 5) อุปกรณ์สำรองกระแสไฟฟ้าขนาด 1.5 KVA จำนวน 1 ชุด
- 6) อุปกรณ์ HUB จำนวน 1 ชุด
- 7) อุปกรณ์ Router จำนวน 1 ชุด
- 8) โต๊ะควบคุมพร้อมเก้าอี้เท้าแขน 2 ชุด พร้อมโต๊ะวางเครื่องพิมพ์ 2 ชุด

□ **สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร**

ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับแสดงผลของระบบ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ชุดเดียวกับสถานีหลักย่อย  
(Sub-Master Station ) ดังนี้

- 1) SCADA Software (ระบบลูกข่าย) จำนวน 1 ระบบ
- 2) เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายระบบโทรมาตร ( SCADA View ) จำนวน 1 ชุด
- 3) อุปกรณ์สำรองกระแสไฟฟ้าขนาด 1.5 KVA จำนวน 1 ชุด
- 4) อุปกรณ์ HUB จำนวน 1 ชุด
- 5) อุปกรณ์ Router จำนวน 1 ชุด
- 6) โต๊ะควบคุมพร้อมเก้าอี้เท้าแขน 2 ชุด พร้อมโต๊ะวางเครื่องพิมพ์ 2 ชุด

□ **ศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมสมุทรปราการของกรมโยธาธิการและผังเมือง**

ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเชื่อมโยงข้อมูลไปยังสถานีหลัก ดังนี้

- 1) อุปกรณ์ HUB จำนวน 1 ชุด
- 2) อุปกรณ์ Router จำนวน 1 ชุด

## □ สถานีเครือข่าย ( Remote Station )

สถานีเครือข่ายของระบบโทรมาตรมีจำนวน 8 สถานี ทุกสถานีจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ ต่างๆ ดังนี้

### 1) อุปกรณ์ระบบโทรมาตร ประกอบด้วย

#### 1.1) อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลและควบคุมทางไกล (Remote Terminal Unit : RTU) จำนวน 1 ชุด

- CPU Module and Radio Equipment
- Input/Output Module
- Antenna + Coaxial Cable + Connectors
- Power Supply Module and Battery Backup

#### 1.2) Antenna Tower จำนวน 1 ต้น

#### 1.3) อุปกรณ์ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection) จำนวน 1 ระบบ

### 2) อุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัด ได้แก่

- เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝน (Rain Gauge)
- เครื่องวัดระดับน้ำ (Water Level Gauge)
- เครื่องวัดคุณภาพน้ำแบบหลายตัวแปร (Water Quality Gauge) ซึ่งจะมีเฉพาะสถานีวัดน้ำปากเกร็ด และสถานีวัดน้ำสะพานพุทธ
- เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าก่อนและหลังเมนสวิตช์ของระบบจ่ายไฟฟ้าสถานีเครือข่าย
- ตู้สำหรับใส่อุปกรณ์ต่างๆ ของสถานีเครือข่าย ซึ่งจะเป็น Indoor Cabinet หรือ Outdoor Cabinet ตามความเหมาะสม

## □ อุปกรณ์สำรอง

อุปกรณ์สำรอง ประกอบด้วย

- อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำฝน (Rain Gauge) จำนวน 4 ชุด
- อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำ (Water Level Gauge) จำนวน 4 ชุด
- อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลและควบคุมทางไกลอัตโนมัติ (RTU) จำนวน 4 ชุด

## 6.4 ระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก

### 6.4.1 การจัดหาและติดตั้งวัสดุและอุปกรณ์

กรมชลประทานได้ทำสัญญาว่าจ้างบริษัท AMR. Asia จำกัด ในการจัดหาติดตั้งอุปกรณ์ระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากของโครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตามข้อกำหนดที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบ ซึ่งได้เซ็นสัญญาเมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม พ.ศ.2545 โดยบริษัทผู้รับจ้างได้เริ่มจัดหาและติดตั้งอุปกรณ์ระบบประมวลผลระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากทั้งที่สถานีหลัก (กรมชลประทาน สามเสน) และสถานีหลักย่อย (สำนักงาน กปร. และศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วม กรุงเทพมหานคร) เมื่อวันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2545 และดำเนินการแล้วเสร็จในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2546

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองและการพัฒนาระบบปฏิบัติการของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากให้สอดคล้องกับความต้องการของโครงการนั้น กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้สนับสนุนทุนการวิจัยให้แก่คณะผู้วิจัยของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมี รศ.ชูเกียรติ ทรัพย์ไพศาล ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย ซึ่งได้เริ่มดำเนินการวิจัยเมื่อเดือนมีนาคม พ.ศ. 2544 และได้ดำเนินการติดตั้งแบบจำลองและระบบปฏิบัติการของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก เพื่อใช้ในการคาดการณ์และบริหารน้ำหลากในปี พ.ศ.2546 (ที่สถานีหลักและสถานีหลักย่อยในเดือนสิงหาคม 2546) ซึ่งจะได้นำเสนอรายละเอียดในบทที่ 7 “การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก” และบทที่ 8 “การจัดทำระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก” ต่อไป

### 6.4.2 โครงสร้างของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก

ระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากของโครงการ ประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ระบบประมวลผล (อุปกรณ์คอมพิวเตอร์) และระบบปฏิบัติการ (โปรแกรมและแบบจำลอง) ซึ่งมีโครงสร้างดังต่อไปนี้

#### 1) ระบบประมวลผล

ระบบประมวลผลและแสดงผลของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากของโครงการ ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ประกอบทั้งหมด 5 เครื่อง (ดังแสดงในรูปที่ 6-13) ติดตั้งที่สถานีหลัก (ศูนย์พยากรณ์น้ำท่วมและบริหารจัดการน้ำ) 3 เครื่อง สำนักงาน กปร. 1 เครื่อง และศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วมกรุงเทพมหานคร 1 เครื่อง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้





## □ สถานีหลัก (ศูนย์พยากรณ์น้ำท่วมและบริหารจัดการน้ำ)

ติดตั้งระบบประมวลผล (เครื่องคอมพิวเตอร์) ทั้งหมด 3 เครื่อง ประกอบด้วย

- 1) **FloodWorks Server** : เป็นเครื่องแม่ข่าย ทำหน้าที่ในการสร้างและบริหารจัดการระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก
- 2) **FloodWorks View 1** : เป็นเครื่องลูกข่ายทำหน้าที่ในการแสดงผลการคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก ที่ได้จากการทำงานของ FloodWorks Server
- 3) **FloodWorks View 2 / Flood Management** : เป็นเครื่องลูกข่ายของระบบ FloodWorks Server และใช้สำหรับสร้างแบบจำลองทางชลศาสตร์เพื่อการบริหารจัดการน้ำ หรือทำการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ในลักษณะของ off-line

ระบบประมวลผลทั้ง 3 จะเชื่อมโยงกันด้วยระบบ LAN ที่ติดตั้งในห้องควบคุม

## □ สถานีหลักย่อย (สำนักงาน กปร. และศูนย์ควบคุมระบบป้องกันน้ำท่วม กรุงเทพมหานคร)

ติดตั้งระบบประมวลผลในลักษณะของเครื่องลูกข่าย (FloodWorks View) แห่งละ 1 เครื่อง เพื่อใช้ติดตามผลการพยากรณ์น้ำในลักษณะ on-line จากสถานีหลัก เครื่องลูกข่ายของสถานีหลักย่อยจะเชื่อมโยงข้อมูลไปยังสถานีหลัก โดยอาศัยระบบวงจรเช่า (64 kbps)

## 2) ระบบปฏิบัติการ

โครงสร้างของระบบปฏิบัติการของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากของโครงการ ดังแสดงในรูปที่ 6-13 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

### □ FloodWorks Server

เครื่องแม่ข่ายระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก (FloodWorks Server) จะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการทำงานของระบบ มีหน้าที่ในการจำลองสภาพทางชลศาสตร์/อุทกวิทยา (simulation) ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขและจัดสร้างระบบปฏิบัติการระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก

## ❑ FloodWorks View

เครื่องลูกข่ายระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก (FloodWorks View) ทำหน้าที่ในการแสดงผลการจำลองจาก FloodWorks Server เท่านั้น ทั้งนี้ได้กำหนดให้เฉพาะ FloodWorks View ที่สถานีหลักสามารถที่จะส่งการจำลองไปยัง FloodWorks Server ให้ทำการจำลองสภาพทางชลศาสตร์ในกรณีการบริหารจัดการน้ำต่าง ๆ ได้

## ❑ Flood Management

เป็นเครื่องลูกข่ายของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากที่สถานีหลัก ซึ่งได้บรรจุโปรแกรม InfoWorks RS เพื่อใช้ในการจัดทำแบบจำลองเพื่อการบริหารจัดการน้ำหลาก (แบบจำลองที่จะนำมาใช้กับระบบ FloodWorks) และทำการจำลองสภาพชลศาสตร์ในลักษณะ off-line

### 6.4.3 อุปกรณ์และเครื่องมือประจำระบบ

#### ❑ สถานีหลัก ( Master Station ) ประกอบด้วย

- เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายระบบทำนายระดับน้ำ (Flood Forecasting Server)  
จำนวน 1 ชุด
- เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายระบบทำนายระดับน้ำ (Flood Forecasting View)  
จำนวน 2 ชุด
- Flood Forecasting Software จำนวน 1 ระบบ

#### ❑ สถานีหลักย่อย ( Sub-Master Station ) ที่ กปร. ประกอบด้วย

- เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายระบบทำนายระดับน้ำ (Flood Forecasting View) จำนวน 1 ชุด
- Flood Forecasting View Software จำนวน 1 ชุด

#### ❑ สถานีลูกข่าย กรุงเทพมหานคร ประกอบด้วย

- เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายระบบทำนายระดับน้ำ (Flood Forecasting View)  
จำนวน 1 ชุด
- Flood Forecasting View Software จำนวน 1 ชุด

## บทที่ 7

---

### การพัฒนาแบบจำลอง สำหรับการคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำท่วม

## บทที่ 7 การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำท่วม

### 7.1 กล่าวนำ

แบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบระบายน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาดอนล่างเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างมากต่อความถูกต้องหรือความแม่นยำของระบบคาดการณ์น้ำหลาก โดยความถูกต้องของการคาดการณ์จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของแบบจำลองและความสอดคล้องกับธรรมชาติ (ความเป็นตัวแทนของธรรมชาติ) แต่ทั้งนี้จะต้องพึงระลึกเสมอว่าแบบจำลองยังมีความละเอียดมากเท่าใดก็จะใช้ระยะเวลาในการคำนวณมากยิ่งขึ้นเท่านั้น และใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นแล้วไม่ว่าจะทำการจำลองให้ละเอียดสักเพียงใดแบบจำลองก็ไม่สามารถแทนสภาพทางธรรมชาติได้ทุกกรณี ดังนั้นในการจัดทำแบบจำลองจึงต้องกำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตของแบบจำลองและศึกษาธรรมชาติของพื้นที่ที่จะนำมาจัดทำแบบจำลองให้ละเอียดรอบคอบก่อนการจัดทำแบบจำลอง รายละเอียดในการจัดทำแบบจำลองของคณะผู้วิจัยสรุปได้ดังนี้

### 7.2 วัตถุประสงค์ของแบบจำลองการคาดการณ์น้ำหลากและการบริหารจัดการน้ำหลาก

แบบจำลองที่จัดทำขึ้นมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ประกอบกับระบบคาดการณ์น้ำหลากโดยจะทำหน้าที่ในการคำนวณสภาพทางชลศาสตร์ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาดอนล่าง และการไหลหลากบนพื้นที่น้ำท่วมถึงขณะเกิดเหตุการณ์น้ำหลาก ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวจะยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำเพื่อการชลประทานหรือเพื่อการอุปโภค-บริโภคได้

### 7.3 ขอบเขตของแบบจำลอง

ขอบเขตของแบบจำลองจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ขอบเขตของการคำนวณทางอุทกวิทยา ขอบเขตของการคำนวณทางชลศาสตร์ ขอบเขตของการคำนวณระดับน้ำของแหล่งรับน้ำ และขอบเขตของการเสนอสภาพน้ำหลาก ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 7.3.1 ขอบเขตของโครงข่ายระบบระบายน้ำ

แบบจำลองคณิตศาสตร์จะจัดทำให้ครอบคลุมโครงข่ายแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาขา ตั้งแต่เขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนพระรามหก และ ปตร.ผักไห่ จนถึงปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งจะมีปริมาณการระบายน้ำผ่านอาคารชลศาสตร์ทั้ง 3 แห่ง เป็นเงื่อนไขขอบด้านเหนือน้ำและระดับน้ำที่ปากแม่น้ำเป็นเงื่อนไขขอบด้านท้ายน้ำ

### 7.3.2 ขอบเขตของการคำนวณทางชลศาสตร์

- 1) ในการจัดทำแบบจำลองของระบบระบายน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง คณะผู้วิจัยได้จัดทำทั้งแบบจำลองของแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาขา โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อให้มีการตอบโต้ (action-reaction) ทางชลศาสตร์ระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาขาซึ่งสอดคล้องกับสภาพทางธรรมชาติที่เกิดขึ้น
- 2) การจัดทำแบบจำลองจะจัดทำให้ครอบคลุมถึงขอบเขตพื้นที่น้ำหลากและสอดคล้องกับสภาพน้ำหลากที่เกิดขึ้น

### 7.3.3 ขอบเขตของการคำนวณระดับน้ำของแหล่งรับน้ำ

แบบจำลองจะถูกจัดทำให้มีขอบเขตทางท้ายน้ำ (Lower boundary) ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และมีระดับน้ำป้อมพระจุลฯ (แหล่งรับน้ำของระบบ) เป็นเงื่อนไขขอบทางท้ายน้ำ โดยค่าระดับน้ำดังกล่าวจะได้จากการตรวจวัดหรือการคาดการณ์ที่สถานีป้อมพระจุลจอมเกล้า

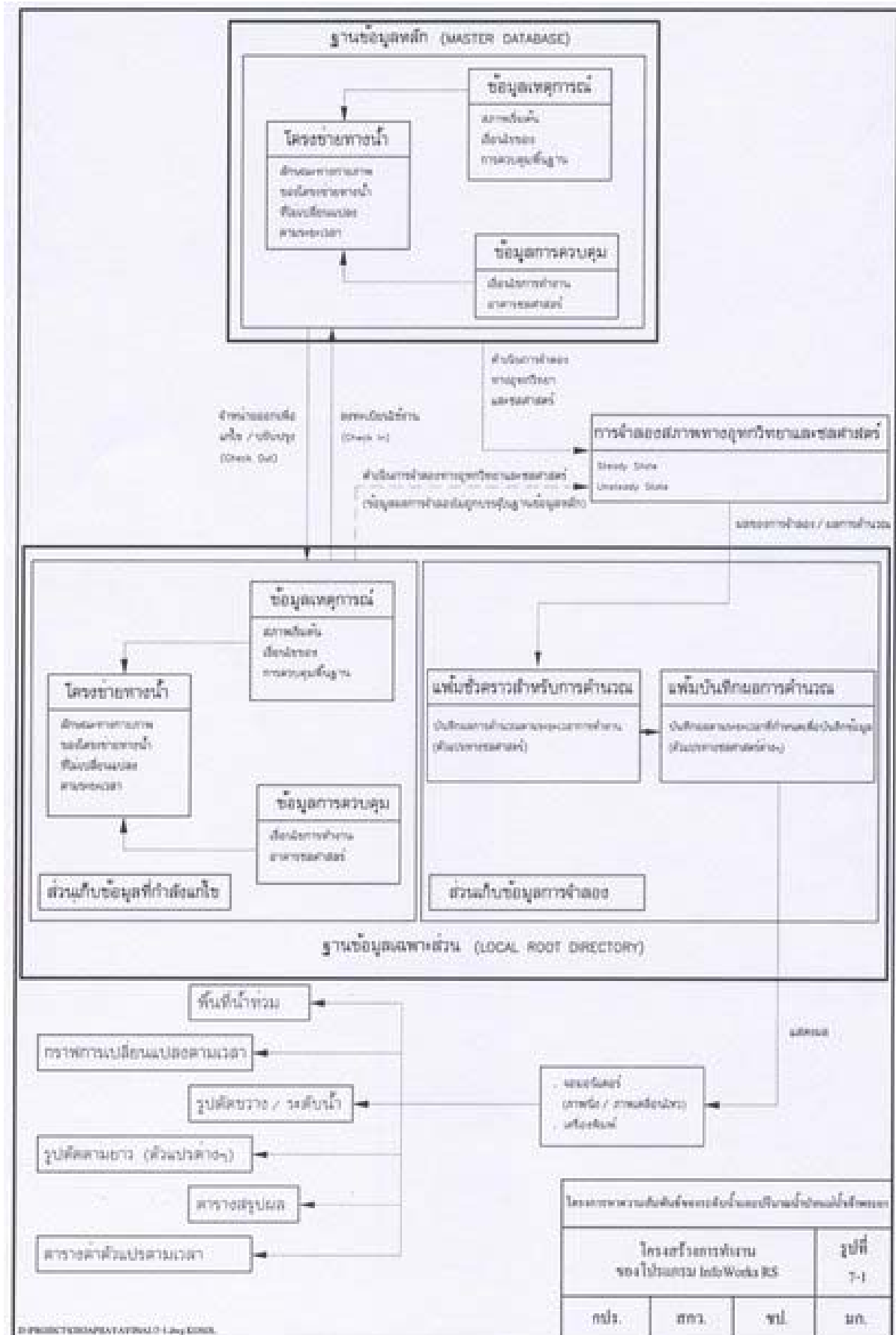
### 7.3.4 ขอบเขตของการแสดงสภาพน้ำหลาก

การแสดงสภาพน้ำหลากเป็นการประยุกต์ผลของการคำนวณทางชลศาสตร์เข้ากับข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งการจัดทำข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สำหรับการแสดงผลจะเป็นการจัดทำสภาพพื้นผิวของลุ่มน้ำในลักษณะ 3 แกน อันได้แก่ แกนพิกัดแนวนอน (X, Y) และค่าระดับพื้นผิว (Z)

## 7.4 โปรแกรมที่ใช้ในการจัดทำแบบจำลอง

โปรแกรม “InfoWorks RS” ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของ HR Wallingford Co., Ltd. โดยเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการจัดสร้าง/เปรียบเทียบแบบจำลองแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อนำมาใช้เป็นส่วนการคำนวณประมวลผลสภาพทางชลศาสตร์ของระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลาก โดยลักษณะการทำงานของโปรแกรม InfoWorks RS ดังแสดงในรูปที่ 7-1 และมีคุณสมบัติดังนี้

- 1) **ด้านขอบเขตของแบบจำลอง (Boundary) :** แบบจำลอง InfoWorks RS สามารถกำหนดรูปแบบของขอบเขต ทั้งขอบเขตด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ (Upstream and Downstream Boundary) ได้หลายรูปแบบตามความเหมาะสม ดังนี้
  - การเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่า ในแบบจำลอง InfoWorks RS จะประกอบด้วย กระบวนการเปลี่ยนน้ำฝนเป็นน้ำท่าหลายวิธี เช่น FSSR16, SCS, FEH และ PDM
  - การคำนวณการขึ้นลงของระดับน้ำทะเลจะใช้วิธี Harmonic Function
  - ข้อมูลอนุกรมเวลาของระดับน้ำและปริมาณการไหล
  - ความสัมพันธ์ของระดับน้ำและอัตราการไหล (Rating Curve)





- 2) **ด้านชลศาสตร์ :** แบบจำลอง InfoWorks RS จะใช้สมการ St. Venant (สมการโมเมนต์ และสมการการต่อเนื่อง) ในการคำนวณการไหลในทางน้ำและพื้นที่น้ำท่วม ทั้งในระบบทางน้ำเดี่ยวและระบบโครงข่ายทางน้ำ ส่วนการคำนวณการไหลผ่านอาคารชลศาสตร์ต่าง ๆ จะใช้สมการเฉพาะแยกในแต่ละชนิดของอาคารชลศาสตร์ โดยยูนิตของอาคารชลศาสตร์สามารถแบ่งได้เป็น 8 กลุ่ม ดังนี้
- กลุ่มของท่อลอด (Conduit/Culvert)
  - กลุ่มของการไหลล้น (Spill)
  - กลุ่มของสะพาน (Bridge)
  - กลุ่มของการไหล Orifice
  - กลุ่มของเครื่องสูบน้ำ (Pump)
  - กลุ่มของฝาย (weir)
  - กลุ่มของประตูน้ำ (Sluice gate)
  - กลุ่มของบึงพักน้ำ / พื้นที่น้ำท่วม หรือพื้นที่เก็บน้ำ (Storage/pond)
- 3) **ด้านการควบคุม :** แบบจำลอง InfoWorks RS มีความยืดหยุ่นในการควบคุมการทำงานของอาคารชลศาสตร์ (ประตูระบายน้ำ และสถานีสูบน้ำ เป็นต้น) ซึ่งสามารถดำเนินการควบคุมตามเวลาที่กำหนดหรือควบคุมตามสภาพระดับน้ำหรือปริมาณน้ำได้ตามต้องการ โดยการกำหนดเงื่อนไขทางตรรกวิทยา
- 4) **ด้านการจัดการฐานข้อมูล :** แบบจำลอง InfoWorks RS จะจัดการฐานข้อมูลโดยอาศัยโปรแกรม Microsoft JET, SQL และ MSDE โดยแบ่งฐานข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน (ดังแสดงในรูปที่ 7-1) คือ
- ฐานข้อมูลหลัก (Master Database) ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลการจัดการโปรแกรมและแบบจำลองที่เกี่ยวข้อง
  - ฐานข้อมูลเฉพาะที่ (Local Root Directory) เป็นส่วนเก็บข้อมูลสำเนาการทำงานที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง ผลของการจำลองและแฟ้มข้อมูลชั่วคราวต่างๆ
- 5) **ด้านการแสดงผล :** การแสดงผลสามารถแสดงผลผ่านจอคอมพิวเตอร์หรือเครื่องพิมพ์โดยผลคำนวณที่ได้จะอยู่ในรูปของกราฟ หรือตารางสรุป ทั้งนี้เมื่อใช้ร่วมกับระบบ GIS จะสามารถแสดงพื้นที่น้ำท่วม (flood map) หน้าตัดของพื้นที่น้ำท่วม (flood plain section) ที่เกิดขึ้นตามสถานที่และเวลาต่าง ๆ ได้ พร้อมทั้งจัดทำรายงานสรุปเหตุการณ์น้ำท่วมตามตำแหน่งสำคัญต่าง ๆ ที่กำหนด โดยระบบ GIS ของโปรแกรม InfoWorks RS จะสามารถรองรับแฟ้มข้อมูลลักษณะภูมิประเทศจากโปรแกรม Arc Info, Arc View, MapInfo หรือ AutoCAD ได้

## 7.5 แบบจำลองสำหรับการคาดการณ์น้ำหลาก

เพื่อให้การคำนวณสภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาของโครงการมีความถูกต้องมากที่สุด ดังนั้น ขอบเขตของแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้กับระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากจึงครอบคลุมตั้งแต่เขื่อนเจ้าพระยา จังหวัดชัยนาทถึงสถานีวัดระดับน้ำป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ดังแสดงในรูปที่ 7-2(ก) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 7.5.1 การสร้างแบบจำลองคาดการณ์น้ำหลาก

การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการคาดการณ์น้ำหลากจะแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 1) เงื่อนไขขอบของแบบจำลอง

เงื่อนไขขอบของแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 7-2(ก) ประกอบด้วย

- บริเวณเขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนพระราม 6 และ ปตร.ผักไห่ มีอัตราการระบายน้ำท้ายอาคารเป็นเงื่อนไขขอบด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary)
- บริเวณสถานีวัดระดับน้ำป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ มีการผันแปรของระดับน้ำ บริเวณสถานีเป็นเงื่อนไขขอบทางด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary)
- อัตราการสูบน้ำออกจากพื้นที่ปิดล้อม กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นนทบุรี และปทุมธานี เป็นเงื่อนไขขอบทางข้าง (Side Boundary)

#### 2) ระบบแม่น้ำและอาคารชลศาสตร์

ในปัจจุบันคลองระบายน้ำสายต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกับแม่น้ำเจ้าพระยาจะมีอาคารชลศาสตร์ (ประตูระบายน้ำ) ขวางกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในคลองระบายน้ำต่าง ๆ (พื้นที่เกษตรกรรม/พื้นที่ป้องกันชุมชน) ซึ่งในช่วงฤดูน้ำหลากอาคารชลศาสตร์ทั้งหลายจะปิดบานประตูระบายน้ำทำให้คลองระบายน้ำดังกล่าวแยกเป็นอิสระจากแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นการจัดทำระบบโครงข่ายแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อใช้กับระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากจะประกอบด้วย แม่น้ำเจ้าพระยาจากเขื่อนเจ้าพระยา (จังหวัดชัยนาท) ถึงสถานีวัดระดับน้ำป้อมพระจุลจอมเกล้า (จังหวัดสมุทรปราการ) แม่น้ำป่าสักจากเขื่อนพระราม 6 ถึงจุดบรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำน้อย จาก ปตร.ผักไห่ ถึงจุดบรรจบแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำลพบุรี และคลองเชื่อมต่าง ๆ



สำหรับอาคารชลศาสตร์ที่ติดตั้งในแบบจำลอง ได้แก่ ปตร.ลพบุรี ซึ่งจะมีความสามารถในการระบายน้ำผ่าน (จากแม่น้ำเจ้าพระยาสู่มแม่น้ำลพบุรี) ประมาณ 300 ลบ.ม./วินาที ดังแสดงในรูปที่ 7-2(ก)

### 3) ลักษณะน้ำท่วม

เมื่อพิจารณาลักษณะของการเกิดน้ำท่วมและลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่จะพบว่า เมื่อเกิดสภาวะน้ำไหลล้นตลิ่งแม่น้ำเจ้าพระยาแล้วน้ำจะยังคงไหลตามแนวแม่น้ำเจ้าพระยาอยู่แต่การไหลหลากจะจำกัดอยู่ระหว่างแนวคันกันน้ำ (ถนน/ทางรถไฟ/คันชลประทาน)ริมแม่น้ำเจ้าพระยา และเมื่อปริมาณน้ำหลากมีมากขึ้น น้ำจะไหลล้นคันกันน้ำเข้าท่วมพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนที่อยู่หลังแนวคันกันน้ำและเข้าไปเก็บกักไว้ในพื้นที่ดังกล่าวเกิดเป็นแอ่งน้ำท่วมขนาดใหญ่ และอาจเกิดการไหลหลากจากทิศเหนือสู่ทิศใต้ในพื้นที่ทุ่งน้ำท่วมได้ ดังนั้นในการจัดทำแบบจำลองของพื้นที่น้ำท่วมจะจัดทำเป็น 2 ลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 7-2(ข) โดยสรุปได้ดังนี้

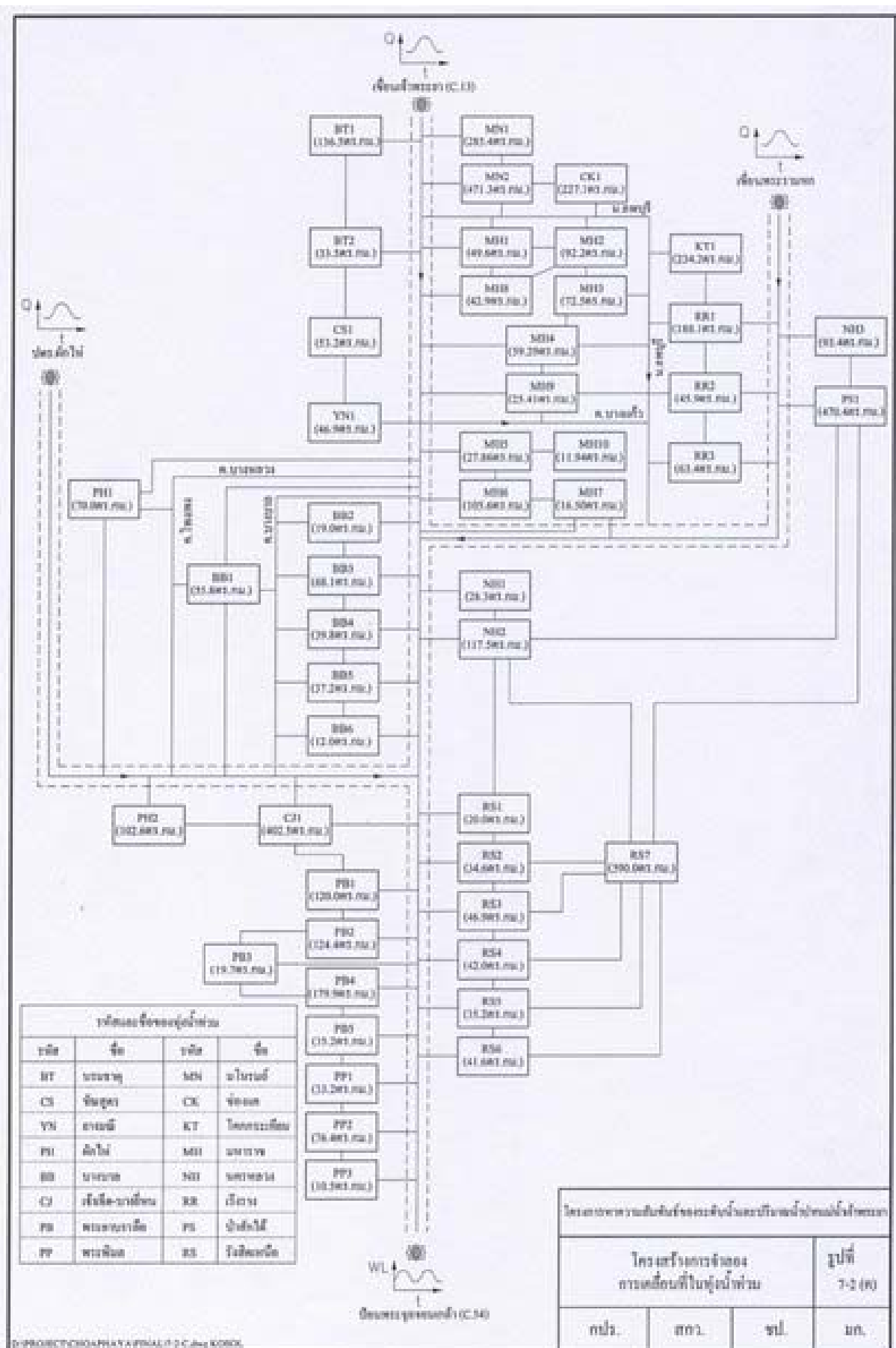
- **พื้นที่น้ำท่วมระหว่างแนวคันกันน้ำ** : จัดทำโดยการต่อขยายหน้าตัดขวางทางน้ำออกไปจนจรดคันป้องกันน้ำท่วมทั้ง 2 ฝั่ง โดยอาศัยผลการสำรวจหน้าตัดขวางทางน้ำของกรมชลประทาน
- **พื้นที่น้ำท่วมหลังคันกันน้ำ** : จัดทำในลักษณะของเซลล์น้ำท่วม (Flood Cell) โดยใช้ยูนิตพื้นที่น้ำท่วม (Flood Plain Storage Area Unit) ที่เป็น Module ในโปรแกรม InfoWorks RS ในการจัดทำ ดังแสดงในรูปที่ 7-2(ค) ทั้งนี้ในการจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำหลากในทุ่งน้ำท่วมจะแบ่งทุ่งน้ำท่วมออกเป็น ส่วน ๆ ตามลักษณะภูมิประเทศและระบบสาธารณูปโภค แล้วต่อเชื่อมทุ่งน้ำท่วมเหล่านี้ด้วยยูนิตการไหลล้น (Spill Unit) ที่เป็น Module ของโปรแกรม InfoWorks RS

สำหรับการจำลองการไหลหลากของทุ่งน้ำท่วมที่ได้จัดทำในลักษณะยูนิตพื้นที่น้ำท่วมจะอาศัยถนน ทางรถไฟ หรือ สันดอนต่าง ๆ ในการจำลองการไหลข้าม (ถ่ายเท) ระหว่างยูนิตน้ำท่วมต่าง ๆ

### 4) การไหลล้นคันกันน้ำ ถนน ทางรถไฟ หรือสันดอน

สภาพการไหลล้นคันกันน้ำ ถนน ทางรถไฟ และสันดอน จะจำลองโดยอาศัยยูนิตการไหลล้น (Spill Unit) ซึ่งเป็น Module ที่มีอยู่ในโปรแกรม InfoWorks RS โดยยูนิตการไหลล้นได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประกอบการคำนวณพฤติกรรมของการไหลล้นสันฝายที่มีหน้าตัดไม่คงที่ (Irregular Weir) โดยค่าระดับหลังคันป้องกันน้ำท่วมถนน ทางรถไฟ และสันดอน จะได้จากข้อมูลสำรวจหน้าตัดขวางทางน้ำ (จากคันกันน้ำฝั่งซ้ายถึงคันกันน้ำฝั่งขวา) ของกรมชลประทาน ข้อมูลสำรวจออกแบบของหน่วยงานอื่น ๆ และข้อมูลสภาพภูมิประเทศ







## 5) การสรุประบายน้ำจากพื้นที่ป้องกันชุมชน

การจำลองการสรุประบายน้ำชุมชนจะจัดทำในลักษณะของแบบจำลองชลศาสตร์ (Hydraulic model) ซึ่งจะประกอบด้วย คลองสายหลักของพื้นที่ระบายน้ำและสถานีสูบน้ำที่ควบคุมการทำงาน โดยอาศัยระดับน้ำในคลองระบายน้ำนั้น ๆ

### 7.5.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองและการทดสอบแบบจำลอง

เพื่อให้แบบจำลองโครงข่ายระบบแม่น้ำเจ้าพระยาที่จัดทำขึ้นสามารถนำมาใช้เป็นตัวแทนทางธรรมชาติได้อย่างเหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากต่อไป ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบและทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญและต้องใช้ผู้ดำเนินการที่มีประสบการณ์ ทั้งนี้การเปรียบเทียบและทดสอบแบบจำลองสามารถสรุปได้ดังนี้

#### 1) การเลือกเหตุการณ์ของการเปรียบเทียบและทดสอบ

เนื่องจากระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากจะต้องทำงานอย่างต่อเนื่อง และเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าสภาพน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาจะมีทั้งปีน้ำน้อย ปีน้ำปานกลาง และปีน้ำมาก ดังนั้นเพื่อให้แบบจำลองที่จัดทำขึ้นสามารถครอบคลุมในทุกสภาวะทางชลศาสตร์ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดกลุ่มของเหตุการณ์และลำดับของการทดสอบดังต่อไปนี้

- **กลุ่มสภาพน้ำปกติ** : ปริมาณน้ำไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยาระหว่าง 1,500 ลบ.ม./วินาที ถึง 3,000 ลบ.ม./วินาที ได้แก่ เหตุการณ์ช่วงระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของปี พ.ศ. 2542, 2543 และ 2544
- **กลุ่มเหตุการณ์น้ำท่วม** : ปริมาณน้ำไหลผ่านเขื่อนเจ้าพระยามากกว่า 3,000 ลบ.ม./วินาที ได้แก่ เหตุการณ์ช่วงระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนในปี พ.ศ. 2545
- **กลุ่มเหตุการณ์น้ำน้อย** : ปริมาณน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาน้อยกว่า 1,500 ลบ.ม./วินาที ได้แก่ เหตุการณ์ช่วงระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนของปี พ.ศ. 2540 และ 2541

อนึ่งเนื่องจากในช่วงฤดูน้ำน้อยมักจะมีการเปิด-ปิด ประตูริมแม่น้ำเจ้าพระยาและคลองเชื่อมต่าง ๆ ซึ่งจะไม่ตรงตามแนวความคิดของแบบจำลองที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองในปีน้ำน้อย จึงควรมีการต่อขยายคลองสาขาริมแม่น้ำเจ้าพระยา

และอาคารควบคุมต่าง ๆ ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลอีกมากมาย สำหรับช่วงเหตุการณ์ของการเกิดน้ำท่วม เนื่องจากตามเหตุการณ์มีการพังทลายของประตูระบายน้ำและคันกันน้ำ รวมทั้งมีการผันน้ำออกจากระบบซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลบันทึกมากมาย และทางคณะทำงานได้ประสานงานกับกรมชลประทานเพื่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ซึ่งอยู่ระหว่างการรวบรวมข้อมูล ทั้งนี้เมื่อได้รับข้อมูลดังกล่าวแล้วคณะทำงานจะทำการทดสอบแบบจำลองสภาวะน้ำทั้ง 2 เหตุการณ์ต่อไป

## 2) การเปรียบเทียบแบบจำลอง

เมื่อพิจารณาจากแบบจำลองที่จัดทำขึ้นจะพบค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องทางศาสตร์ที่ต้องปรับแก้จะประกอบด้วย 3 ตัวแปร อันได้แก่

- $n_r$  = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของการไหลในแม่น้ำ
- $n_f$  = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของการไหลในพื้นที่น้ำท่วมถึง
- $c_d$  = สัมประสิทธิ์ของการไหลล้นคันกันน้ำ

ในการเปรียบเทียบแบบจำลองจะเป็นการปรับแก้ค่าตัวแปรทั้ง 3 ดังกล่าวพร้อมกับการพิจารณาระดับน้ำและอัตราการไหลที่ตรวจวัดได้เทียบกับผลการคำนวณจากแบบจำลองให้สอดคล้องกัน การดำเนินการและผลของการเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ดังนี้

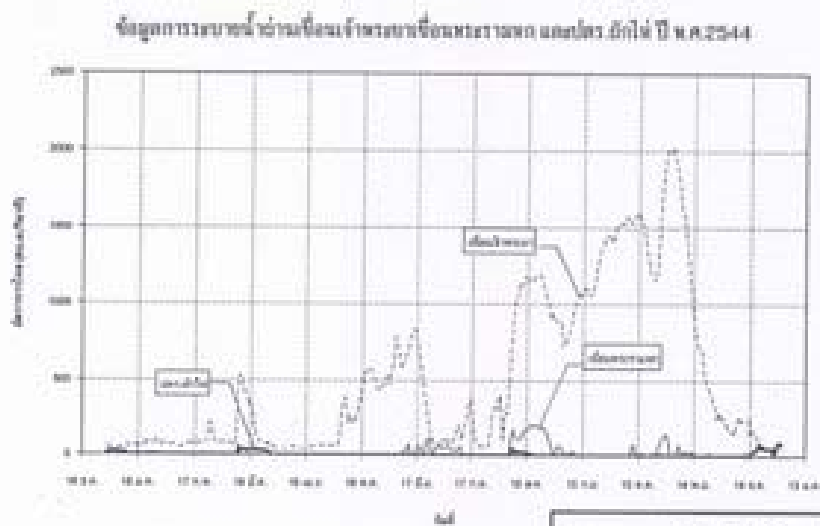
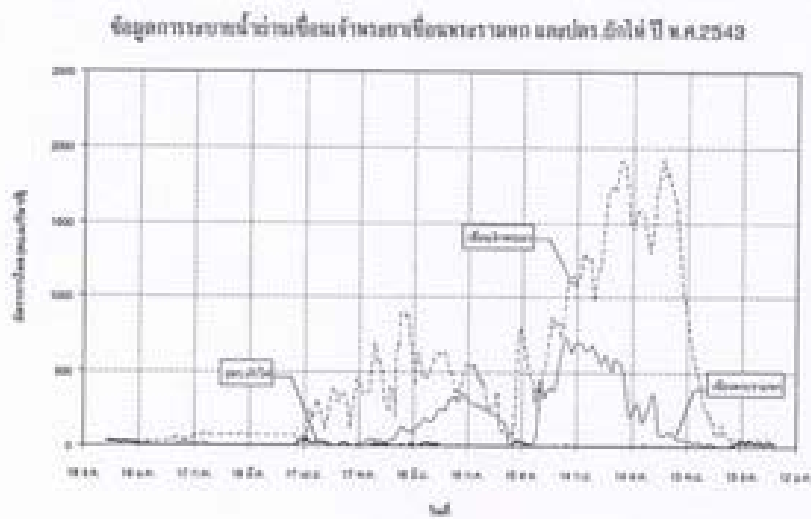
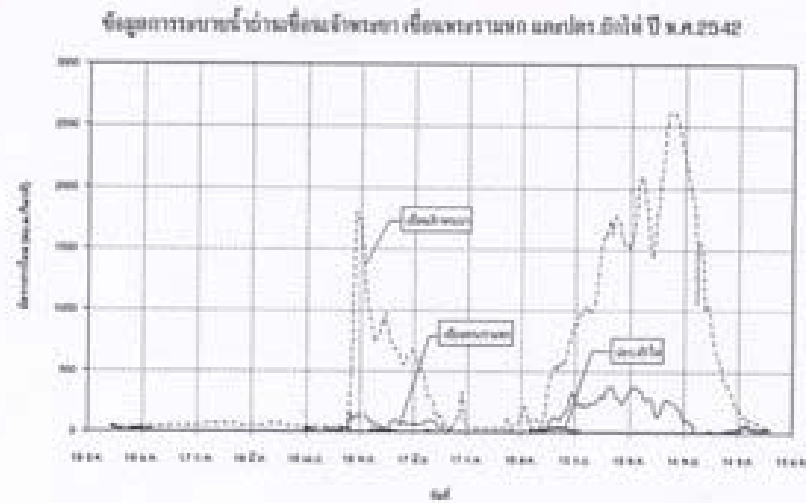
### □ การจัดหาข้อมูลเงื่อนไขขอบ (Boundary Condition)

เงื่อนไขขอบของแบบจำลองจะประกอบด้วย เงื่อนไขขอบ 3 ชนิด อันได้แก่ เงื่อนไขขอบด้านเหนือน้ำ เงื่อนไขขอบด้านท้ายน้ำ และเงื่อนไขขอบด้านข้าง ซึ่งการจัดเตรียมเงื่อนไขขอบทั้ง 3 ชนิด มีดังต่อไปนี้

#### ● เงื่อนไขขอบด้านเหนือน้ำ (Upstream Boundary Condition)

อัตราการระบายน้ำรายชั่วโมงท้ายเขื่อนเจ้าพระยาและเขื่อนพระราม 6 ได้จากการแปลงระดับน้ำเป็นปริมาณน้ำด้วย Rating curve ของสถานี C.13 และ S.26 ตามลำดับ โดยผลของการแปลงคณะทำงานได้ทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลการระบายน้ำจากเขื่อนทั้ง 2 ที่บันทึกเป็นรายวัน ณ เวลา 06.00 น. แล้วพบว่ามีความใกล้เคียงกันมาก ส่วนปริมาณน้ำระบายผ่าน ปตร.ผักไห่ ได้จากการบันทึกการปล่อยน้ำเป็นรายวัน ณ เวลา 06.00 น. ของทุกวัน

โดยข้อมูลการระบายน้ำของอาคารชลศาสตร์ทั้ง 3 ในปี พ.ศ. 2542-2544 ดังแสดงในรูปที่ 7-3



โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำเจ้าพระยา			
ข้อมูลการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนพนาพรหม และปตร.อีกใต้			รูปที่ 7-3
กปร.	อกร.	ชล.	มท.

- **เงื่อนไขขอบด้านท้ายน้ำ (Downstream Boundary Condition)**

ระดับน้ำบริเวณสถานีป้อมพระจุลฯ ซึ่งเป็นเงื่อนไขขอบด้านท้ายน้ำได้มีการตรวจวัดของการท่าเรือแห่งประเทศไทยและได้มีการปรับแก้ตามผลสำรวจค่าศูนย์เสาระดับ ดังแสดงในรูปที่ 7-4

- **เงื่อนไขขอบทางข้าง (Side Boundary Condition)**

ปริมาณการสูญระบายน้ำที่ระบายลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาได้จากข้อมูลบันทึกการทำงานของเครื่องสูบน้ำของหน่วยงานที่รับผิดชอบ

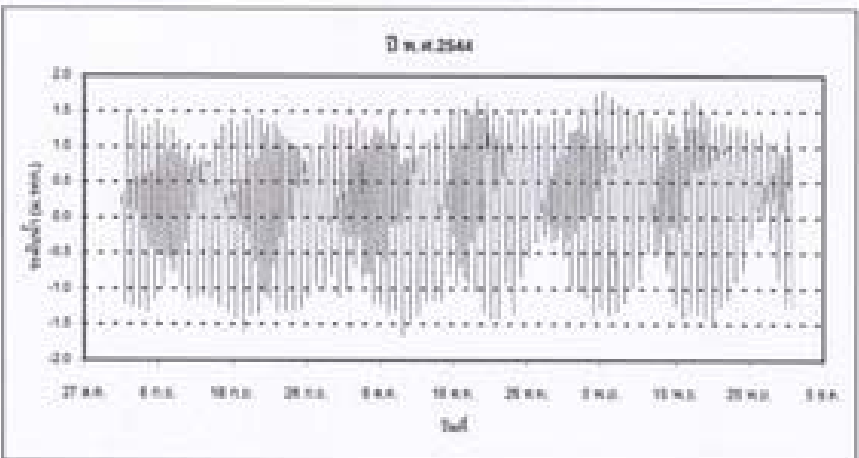
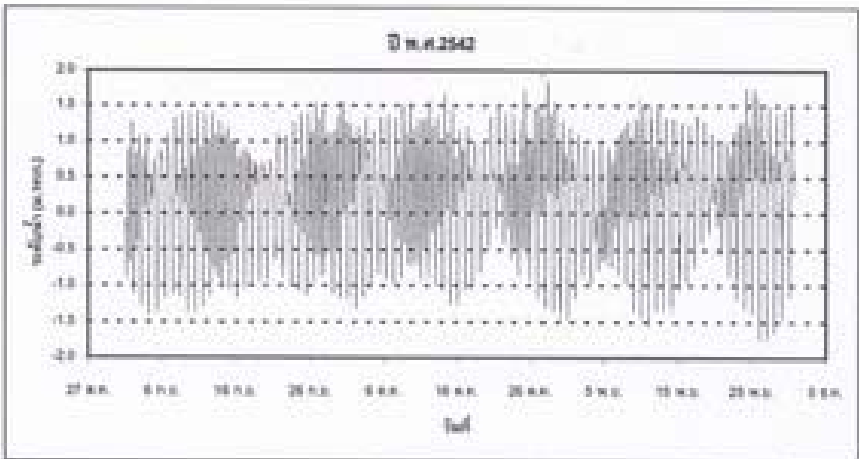
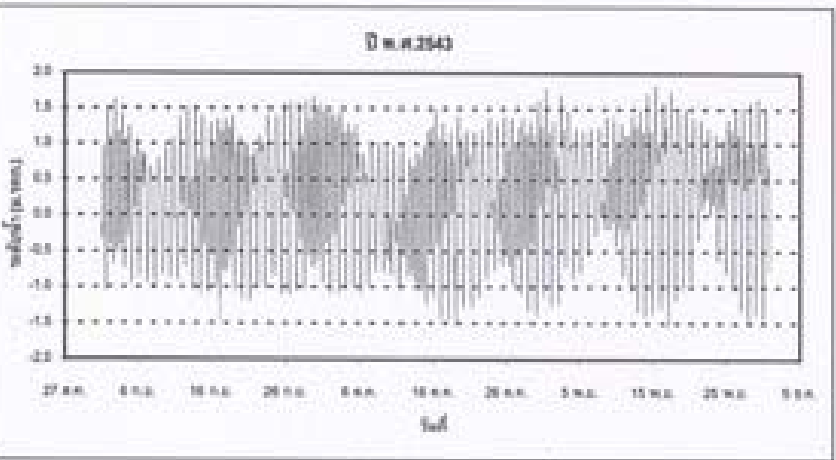
□ **ลำดับการเปรียบเทียบและทดสอบแบบจำลอง**

คณะทำงานจึงเริ่มการเปรียบเทียบแบบจำลองโดยอาศัยเหตุการณ์น้ำในปี พ.ศ. 2544 เป็นเหตุการณ์ในการเปรียบเทียบเพื่อให้ได้ค่าตัวแปร ( $n_r$  และ  $n_f$ ) ที่เหมาะสมเนื่องจากในปี พ.ศ. 2544 เป็นปีที่มีปริมาณน้ำหลากแต่ไม่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมมีการตรวจวัดปริมาณน้ำและเป็นปีที่มีสภาพทางน้ำและโครงสร้างทางชลศาสตร์ต่าง ๆ ใกล้เคียงกับสภาพปัจจุบันมากที่สุด ซึ่งหลังจากที่แบบจำลองได้รับการเปรียบเทียบแล้วจึงได้นำแบบจำลองไปทดสอบกับเหตุการณ์น้ำในปี พ.ศ. 2542 และ 2543 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณน้ำอยู่ในเกณฑ์มาก แต่ไม่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วม

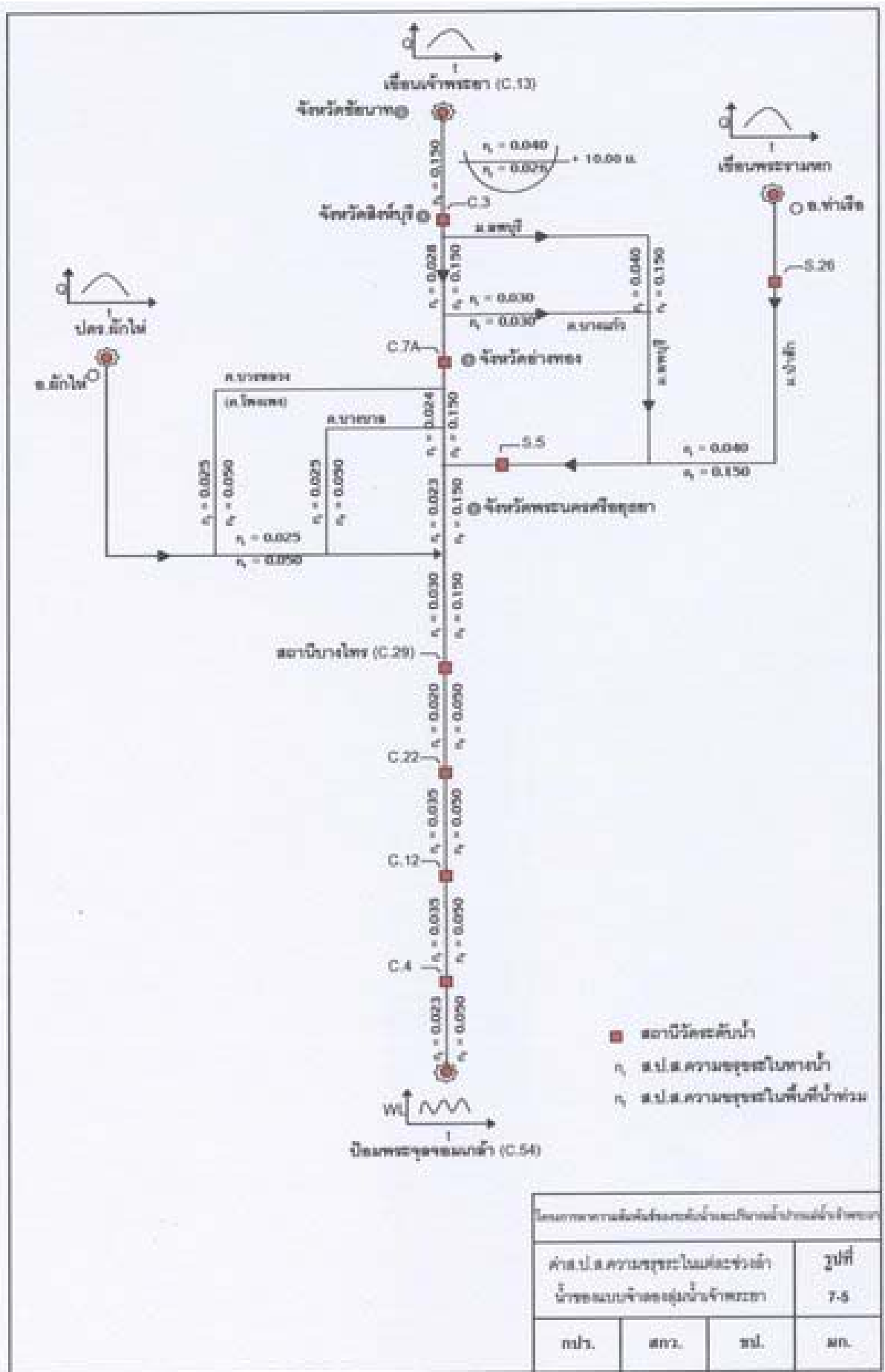
□ **ผลการเปรียบเทียบและทดสอบแบบจำลอง**

- **การเปรียบเทียบแบบจำลอง :** ค่าของตัวแปรทางชลศาสตร์ ( $n_r$  และ  $n_f$ ) ที่ได้จาก การเปรียบเทียบแบบจำลอง ซึ่งจะมีค่าไม่คงที่ตามช่วงของลำน้ำ และจะมีค่าแปรเปลี่ยนตามระดับน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 7-5 ผลของการเปรียบเทียบระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณและระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ที่สถานีวัดระดับน้ำต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 7-6 และตารางที่ 7-1(ก) และ 7-1(ข) โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

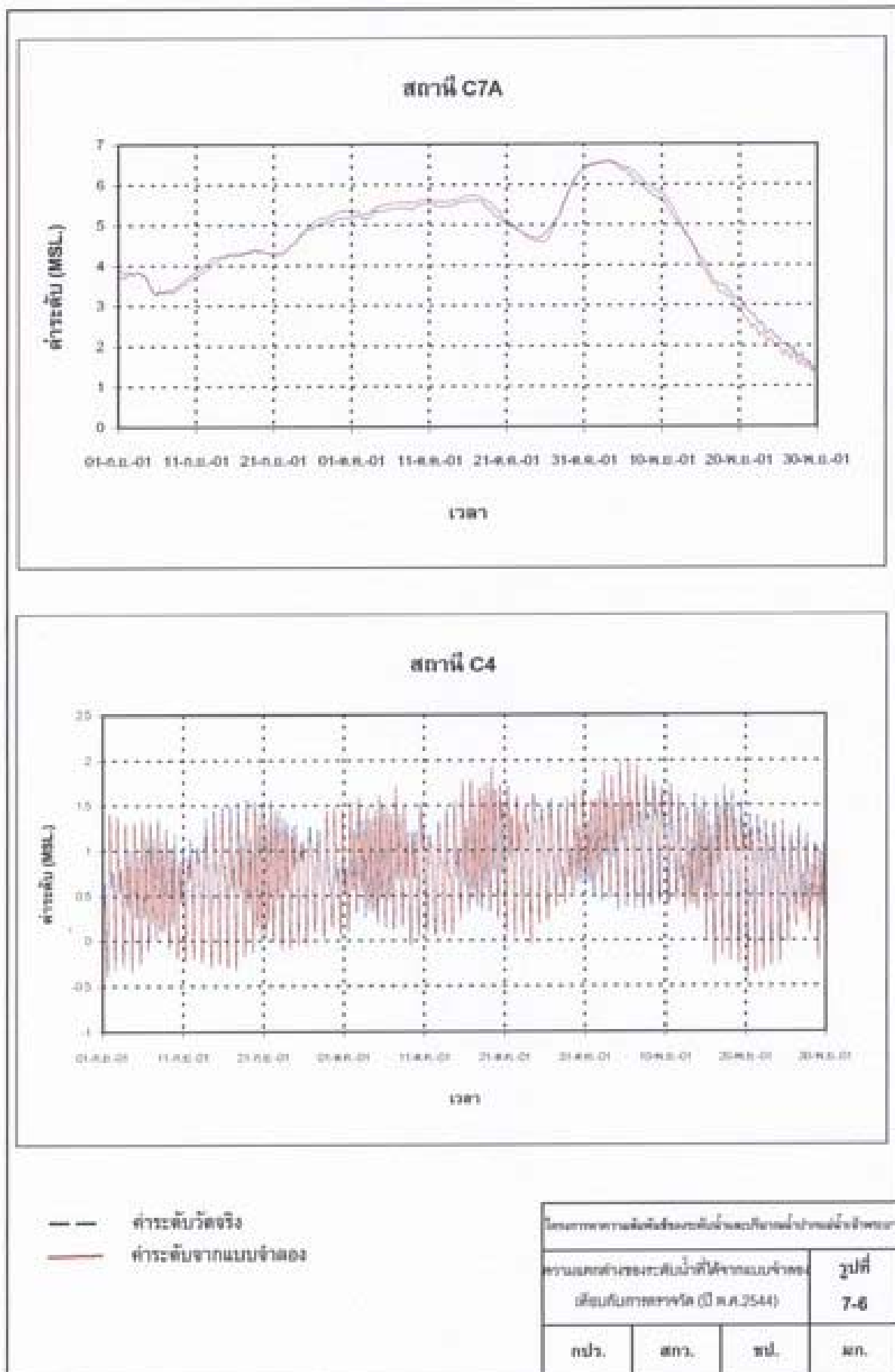
- **สถานีวัดระดับน้ำ C.13 :** ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีลักษณะการปรับตัวสอดคล้องกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ และสามารถเห็นยอดของน้ำหลาก (flood peak) ได้อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาความแตกต่างของระดับน้ำจากการคำนวณกับระดับน้ำตรวจวัด จะพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณประมาณครึ่งหนึ่งมีค่าน้อยกว่าที่ตรวจวัด (58%) เมื่อพิจารณาถึงความแม่นยำในการคำนวณโดยแยกเป็นกรณีของผลการคำนวณระดับน้ำที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริงจะพบว่า



โครงการหาความถี่ของระดับน้ำและปริมาณน้ำปากแม่น้ำพระยา			
การคำนวณการผันน้ำที่สถานีป้อมพระ จุลจอมเกล้า ปี พ.ศ.2542, 2543 และ 2544			รูปที่ 7-4
กปร.	ศกว.	ชล.	มท.







ตารางที่ 7-1(ก) ความแตกต่างของระดับน้ำจากแบบจำลองและจากการตรวจวัด ที่ได้จากการเปรียบเทียบ  
และทดสอบแบบจำลอง

- การเปรียบเทียบแบบจำลองปี พ.ศ.2544 ( กันยายน - พฤศจิกายน 2544)														
การพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. การวัดระดับน้ำค่าพิกัด > ระดับน้ำตรวจวัด														
อัตราส่วนการเกิด (%)	41.30	20.69	6.53	22.22	51.92	33.33	81.40	100.00	63.19	60.00	33.15	24.06	33.90	23.75
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.56	0.23	0.16	0.02	0.21	0.14	0.69	0.65	0.53	0.29	1.08	0.12	0.60	0.12
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.11	0.14	0.04	0.02	0.10	0.11	0.25	0.30	0.13	0.11	0.06	0.06	0.07	0.05
2. การวัดระดับน้ำค่าพิกัด < ระดับน้ำตรวจวัด														
อัตราส่วนการเกิด (%)	58.01	79.31	93.24	77.78	47.94	66.67	18.43	0.00	36.79	40.00	66.85	75.95	66.74	76.25
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	-0.21	-0.12	-0.77	-0.22	-0.33	-0.23	-0.47	0.00	-0.56	-0.21	-0.64	-0.25	-0.63	-0.22
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	-0.06	-0.06	-0.15	-0.12	-0.11	-0.16	-0.16	-	-0.11	-0.06	-0.12	-0.06	-0.11	-0.08
- การทดสอบแบบจำลองปี พ.ศ.2543 ( กันยายน - พฤศจิกายน 2543)														
การพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. การวัดระดับน้ำค่าพิกัด > ระดับน้ำตรวจวัด														
อัตราส่วนการเกิด (%)	51.51	34.48	24.67	37.50	32.01	40.00	67.77	95.18	56.50	64.74	40.71	40.00	32.78	30.67
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	1.17	0.43	0.14	0.06	0.17	0.13	0.62	0.49	0.64	0.32	0.66	0.21	1.02	0.15
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.16	0.14	0.05	0.04	0.07	0.06	0.18	0.20	0.14	0.10	0.08	0.06	0.07	0.06
2. การวัดระดับน้ำค่าพิกัด < ระดับน้ำตรวจวัด														
อัตราส่วนการเกิด (%)	48.17	65.52	74.99	62.50	67.67	60.00	32.07	4.82	43.18	35.26	59.11	60.00	66.90	69.33
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	-0.46	-0.24	-0.33	-0.23	-0.38	-0.21	-0.44	-0.68	-0.90	-0.23	-0.70	-0.32	-0.68	-0.31
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	-0.07	-0.09	-0.13	-0.15	-0.13	-0.09	-0.12	-0.04	-0.11	-0.06	-0.11	-0.07	-0.11	-0.08
- การทดสอบแบบจำลองปี พ.ศ.2542 ( กันยายน - พฤศจิกายน 2542)														
การพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1. การวัดระดับน้ำค่าพิกัด > ระดับน้ำตรวจวัด														
อัตราส่วนการเกิด (%)	97.65	100.00	67.40	64.29	71.34	80.00	96.34	100.00	89.71	89.31	79.17	79.27	75.55	74.23
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.58	0.23	0.28	0.10	0.35	0.27	0.99	0.62	0.96	0.65	0.65	0.58	0.69	0.58
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.22	0.17	0.08	0.05	0.17	0.15	0.43	0.45	0.29	0.24	0.17	0.14	0.15	0.10
2. การวัดระดับน้ำค่าพิกัด < ระดับน้ำตรวจวัด														
อัตราส่วนการเกิด (%)	2.23	0.00	32.60	35.71	28.43	20.00	3.62	0.00	10.16	10.69	20.83	20.73	24.27	25.77
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	-0.10	0.00	-0.33	-0.32	-0.76	-0.75	-1.32	0.00	-1.29	-0.27	-1.03	-0.38	-0.77	-0.42
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	-0.04	-	-0.13	-0.14	-0.30	-0.28	-0.27	-	-0.13	-0.10	-0.13	-0.11	-0.13	-0.12

หมายเหตุ : 1 = ถึงขนาดความสูงของสถานี  
2 = ถึงขนาดความสูงของพื้นที่บริเวณน้ำท่วม-น้ำเซาะ

ตารางที่ 7-1(ข) ความคลาดเคลื่อนทางเวลาของผลการคำนวณจากแบบจำลองเทียบกับผลการตรวจวัด  
ที่ได้จากการเปรียบเทียบและทดสอบแบบจำลอง

- การเปรียบเทียบแบบจำลองปี พ.ศ.2544 ( กันยายน - พฤศจิกายน 2544)														
ความคลาดเคลื่อนทางเวลา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)
กรณีการเกิด														
-แบบจำลองมาเร็วกว่า	0.00	-	0.00	-	16.67	-1.50	49.49	-1.33	38.67	-1.10	26.58	-1.07	13.75	-1.00
-แบบจำลองมาพร้อมค่าวัดจริง	31.03	-	88.89	-	66.67	-	43.43	-	47.33	-	55.06	-	70.00	-
-แบบจำลองมาช้ากว่า	68.97	1.10	11.11	1.00	16.67	1.50	7.07	2.14	14.00	1.14	16.35	1.07	16.25	1.04
- กรณีทดสอบแบบจำลองปี พ.ศ.2543 ( กันยายน - พฤศจิกายน 2543)														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)
กรณีการเกิด														
-แบบจำลองมาเร็วกว่า	0.00	-	0.00	-	60.00	-1.17	44.58	-1.35	58.33	-1.24	16.68	-1.04	14.72	-1.08
-แบบจำลองมาพร้อมค่าวัดจริง	17.24	-	62.50	-	25.00	-	48.19	-	29.49	-	62.50	-	68.71	-
-แบบจำลองมาช้ากว่า	82.76	1.25	37.50	1.33	15.00	1.00	7.23	1.33	12.18	1.00	20.63	1.09	16.56	1.15
- กรณีทดสอบแบบจำลองปี พ.ศ.2542 ( กันยายน - พฤศจิกายน 2542)														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)	1(%)	2(hr)
กรณีการเกิด														
-แบบจำลองมาเร็วกว่า	0.00	-	14.29	-1.00	10.00	-1.00	29.55	-1.18	25.16	-1.15	19.51	-1.13	8.59	-1.07
-แบบจำลองมาพร้อมค่าวัดจริง	82.35	-	14.29	-	60.00	-	47.73	-	64.78	-	56.71	-	68.10	-
-แบบจำลองมาช้ากว่า	17.65	1.00	71.43	1.00	30.00	1.67	22.73	1.33	10.06	1.19	23.78	1.18	23.31	1.05

หมายเหตุ : 1 = สัดส่วนการเกิด (%)

2 = ค่าความคลาดเคลื่อนทางเวลาเฉลี่ย (ชม.)

- 1) กรณีมีค่ามากกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.56 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า 0.23 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.11 เมตร
- 2) กรณีมีค่าต่ำกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.21 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า 0.12 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.06 เมตร

จากการพิจารณาในด้านระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดจะพบว่า ผลการคำนวณระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดโดยส่วนมาก (69%) จะเกิดหลังจากเหตุการณ์จริงและจะมีระยะเวลาห่างไม่เกิน 1.10 ชั่วโมง ในขณะที่อีก 31% จะเกิดตรงกัน

- **สถานีวัดระดับน้ำ C.3** : ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีลักษณะการปรับตัวสอดคล้องกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้และสามารถเห็นยอดของน้ำหลาก (flood peak) ได้ชัดเจน เมื่อพิจารณาความแตกต่างของระดับน้ำจากการคำนวณกับระดับน้ำตรวจวัดจะพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณโดยส่วนใหญ่ (93%) จะมีค่าน้อยกว่าระดับน้ำที่เกิดจริง เมื่อพิจารณาถึงความแม่นยำในการคำนวณโดยแยกเป็นกรณีของผลการคำนวณระดับน้ำที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริงจะพบว่า

- 1) กรณีมีค่ามากกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.16 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า 0.02 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.04 เมตร

2) กรณีมีค่าต่ำกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.77 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงจะมีค่า 0.22 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.15 เมตร

จากการพิจารณาในด้านระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดจะพบว่าผลการคำนวณระดับน้ำสูงสุด-ต่ำสุดโดยมาก (89%) จะมีระยะเวลาตรงกันและอีก 11% ผลจากแบบจำลองจะเกิดช้ากว่าประมาณ 1.00 ชั่วโมง

— **สถานีวัดระดับน้ำ C.7A** : ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีลักษณะการปรับตัวสอดคล้องกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ และสามารถเห็นยอดของน้ำหลาก (flood peak) ได้อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาความแตกต่างของระดับน้ำจากการคำนวณกับระดับน้ำตรวจวัด จะพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณประมาณครึ่งหลังมีค่ามากกว่าที่ตรวจวัด (52%) เมื่อพิจารณาถึงความแม่นยำในการคำนวณโดยแยกเป็นกรณีของผลการคำนวณระดับน้ำที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริงจะพบว่า

1) กรณีมีค่ามากกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.21 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า 0.14 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.10 เมตร

2) กรณีมีค่าต่ำกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.33 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า 0.23 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.11 เมตร

จากการพิจารณาในด้านระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ระดับน้ำสูงสุด และระดับน้ำต่ำสุดจะพบว่า ผลการคำนวณระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดโดยส่วนมาก (67%) จะมีระยะเวลาการเกิดตรงกัน และอีก 33% ผลจากแบบจำลองจะเร็วกว่าและช้ากว่า (อย่างละครึ่ง) ประมาณ 1.5 ชั่วโมง

- **สถานีวัดระดับน้ำ C.29** : ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีลักษณะการปรับตัวสอดคล้องกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของระดับน้ำจากการคำนวณกับระดับน้ำตรวจวัดจะพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณโดยส่วนใหญ่ (81%) จะมีค่ามากกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริง เมื่อพิจารณาถึงความแม่นยำในการคำนวณโดยแยกเป็นกรณีของผลการคำนวณระดับน้ำที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริงจะพบว่า

- 1) กรณีมีค่ามากกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.69 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า 0.65 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.25 เมตร
- 2) กรณีมีค่าต่ำกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.47 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.16 เมตร

จากการพิจารณาในด้านระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ระดับน้ำสูงสุด และระดับน้ำต่ำสุดจะพบว่าผลการคำนวณระดับน้ำสูงสุด-ต่ำสุด ประมาณครึ่งหนึ่ง (50%) จะมีระยะเวลาของการเกิดเร็วกว่าที่เกิดขึ้นจริงประมาณ 1.33 ชั่วโมง ในขณะที่อีกประมาณ 43% จะเกิดพร้อมกัน ส่วนที่เหลือ 7% จะเกิดขึ้นกว่าประมาณ 2.14 ชั่วโมง

- **สถานีวัดระดับน้ำ C.22** : ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีลักษณะการปรับตัวสอดคล้องกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของระดับน้ำจากการคำนวณกับระดับน้ำตรวจวัด จะพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณส่วนมากมีค่ามากกว่าที่ตรวจวัด (63%) เมื่อพิจารณา



ถึงความแม่นยำในการคำนวณโดยแยกเป็นกรณีของผลการคำนวณระดับน้ำที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริงจะพบว่า

- 1) กรณีมีค่ามากกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.53 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า 0.29 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.13 เมตร
- 2) กรณีมีค่าต่ำกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 0.56 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า 0.21 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.11 เมตร

จากการพิจารณาในด้านระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ระดับน้ำสูงสุดและระดับน้ำต่ำสุดจะพบว่า ผลการคำนวณระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดประมาณครึ่งหนึ่ง (47%) จะเกิดพร้อมกับเหตุการณ์จริง โดยมีอีก 39% ผลจากแบบจำลองจะเกิดก่อนเหตุการณ์จริง 1.10 ชั่วโมง และอีก 14% จะเกิดช้ากว่าประมาณ 1.14 ชั่วโมง

- **สถานีวัดระดับน้ำ C.12** : ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีลักษณะการปรับตัวสอดคล้องกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของระดับน้ำจากการคำนวณกับระดับน้ำตรวจวัดจะพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณโดยส่วนมาก (66%) จะมีค่าน้อยกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริง เมื่อพิจารณาถึงความแม่นยำในการคำนวณโดยแยกเป็นกรณีของผลการคำนวณระดับน้ำที่มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริงจะพบว่า

- 1) กรณีมีค่ามากกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมีค่า 1.08 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มีระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่างสูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า 0.12 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อน

เฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่า  
ความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.08 เมตร

- 2) กรณีมีค่าต่ำกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมี  
ค่า 0.64 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มี  
ระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่าง  
สูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า  
0.25 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อน  
ตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่าความ  
คลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.12 เมตร

จากการพิจารณาในด้านระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ระดับน้ำสูงสุด  
และระดับน้ำต่ำสุดจะพบว่าผลการคำนวณระดับน้ำสูงสุด-ต่ำสุดประมาณ  
ครึ่งหนึ่ง (55%) จะมีเวลาการเกิดตรงกับที่เกิดจริง โดยมี 27% ของ  
เหตุการณ์ที่มีระยะเวลาเกิดเร็วกว่าที่เกิดจริงประมาณ 1.07 ชั่วโมง และ  
อีก 18% ของเหตุการณ์มีระยะเวลาการเกิดช้ากว่าที่เกิดจริงประมาณ  
1.07 ชั่วโมง

- **สถานีวัดระดับน้ำ C.4** : ระดับน้ำที่ได้จากการคำนวณจะมีลักษณะการ  
ปรับตัวสอดคล้องกับระดับน้ำที่ตรวจวัดได้ เมื่อพิจารณาความแตกต่าง  
ของระดับน้ำจากการคำนวณกับระดับน้ำตรวจวัด จะพบว่าค่าที่ได้จากการ  
คำนวณโดยส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าที่ตรวจวัด (66%) เมื่อพิจารณาถึง  
ความแม่นยำในการคำนวณโดยแยกเป็นกรณีของผลการคำนวณระดับน้ำที่  
มีค่ามากกว่าและน้อยกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริงจะพบว่า

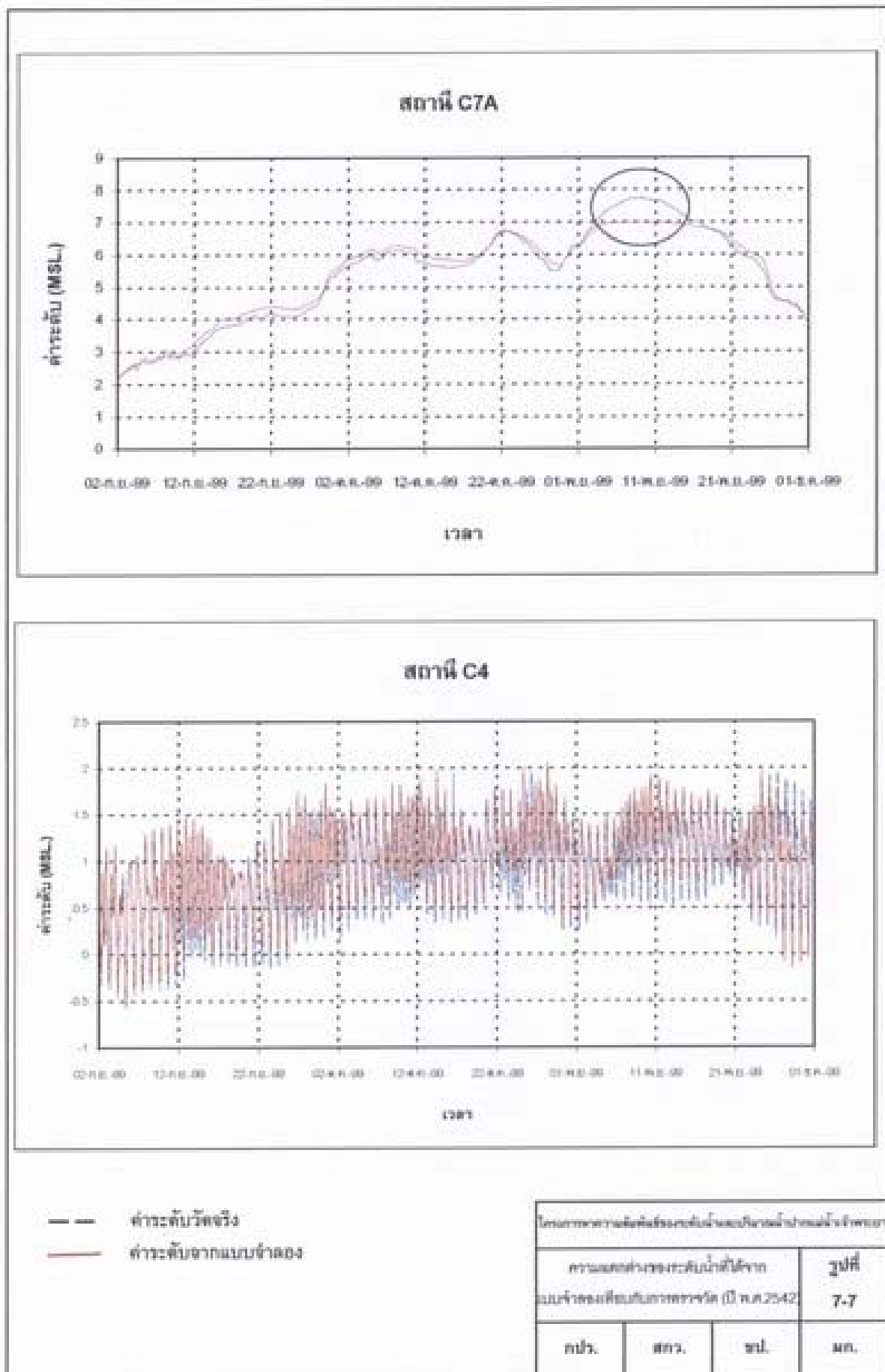
- 1) กรณีมีค่ามากกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมี  
ค่า 0.60 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มี  
ระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่าง  
สูงสุดระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า  
0.12 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อน  
เฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่า  
ความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.07 เมตร

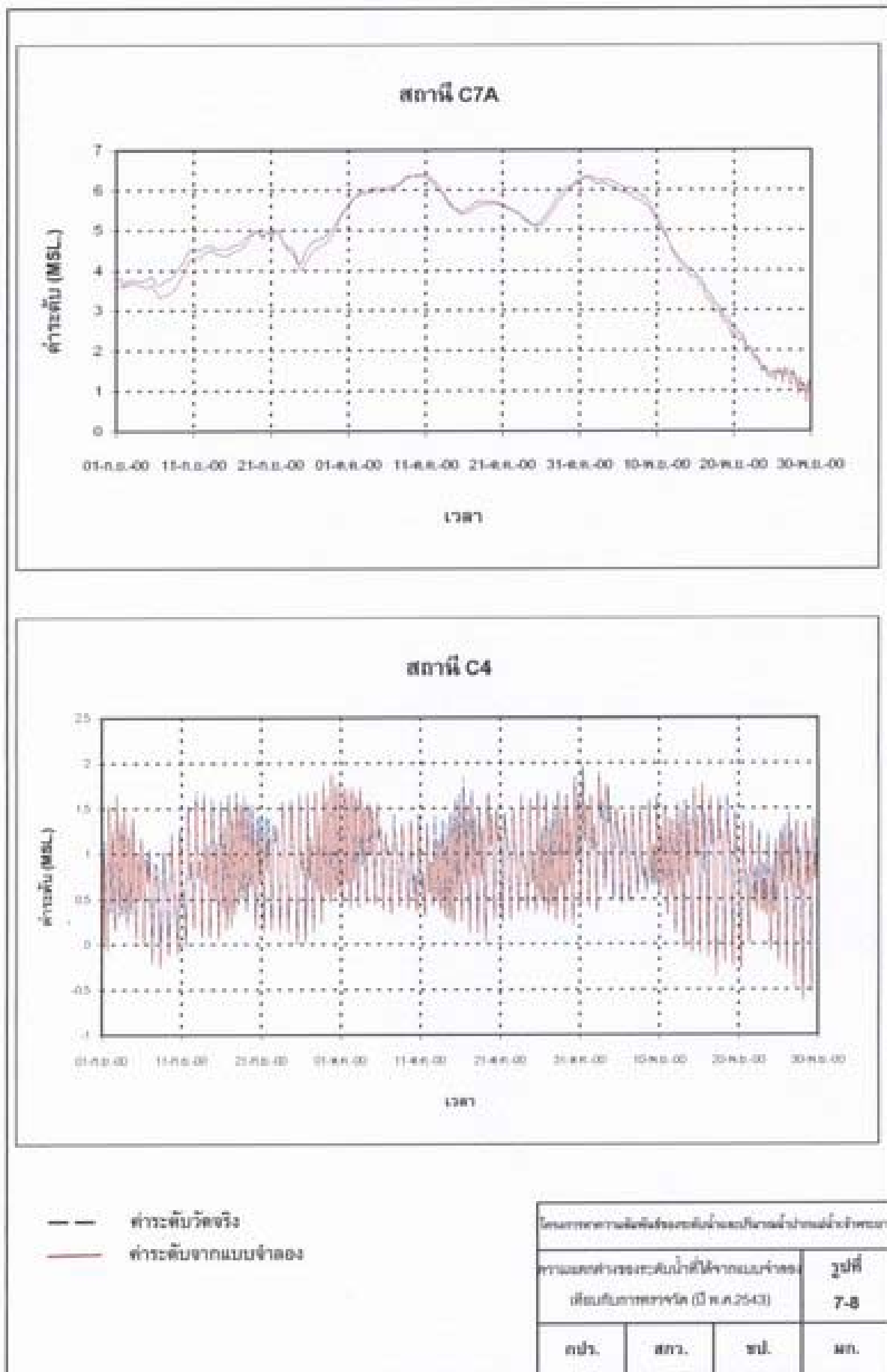
- 2) กรณีมีค่าต่ำกว่า : หากพิจารณาที่เวลาเดียวกันผลต่างสูงสุดจะมี  
ค่า 0.63 เมตร แต่ถ้าพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่มี  
ระดับน้ำสูงสุดหรือต่ำสุดเกิดขึ้นจะพบว่าผลต่าง  
สูงสุดของระดับน้ำคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงมีค่า  
0.22 เมตร ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อน

เฉลี่ยตลอดระยะเวลาของการจำลองจะพบว่า  
ความคลาดเคลื่อนจะมีค่าประมาณ 0.11 เมตร

จากการพิจารณาในด้านระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ระดับน้ำสูงสุด  
และระดับน้ำต่ำสุดจะพบว่า ผลการคำนวณระดับน้ำสูงสุดต่ำสุดโดย  
ส่วนมาก (70%) จะเกิดตรงกับเหตุการณ์จริงโดยจะมี 14% ของ  
เหตุการณ์ที่ผลการคำนวณเกิดก่อนเหตุการณ์จริงประมาณ 1.00 ชั่วโมง  
และอีก 16% ที่เหลือจะเกิดช้ากว่าเหตุการณ์จริงประมาณ 1.04 ชั่วโมง

- **การทดสอบแบบจำลอง :** ผลของการทดสอบแบบจำลองหลังจากที่ได้รับ การ  
ปรับเทียบแบบจำลองแล้วดังแสดงในรูปที่ 7-7 และ 7-8 และตารางที่ 7-1(ก)  
และ 7-1(ข) สำหรับปี พ.ศ. 2542 และ 2543 ตามลำดับโดยผลของการทดสอบ  
สามารถสรุปได้ดังนี้
  - **สถานีวัดระดับน้ำ C.13 :** ผลจากการคำนวณด้วยแบบจำลองจะมีการ  
แปรเปลี่ยนของระดับน้ำตามผลการตรวจวัด โดยความแตกต่างของระดับน้ำ  
ที่ได้จากการคำนวณกับที่ตรวจวัดจริงจะมีค่ามากขึ้นเมื่อระดับน้ำต่ำกว่า  
ระดับ +10.00 ม.รทก. โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 0.14 เมตร –  
0.22 เมตร
  - **สถานีวัดระดับน้ำ C.3 :** ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองจะมีการแปร  
เปลี่ยนของระดับน้ำตามผลการตรวจวัดโดยความแตกต่างจะเริ่มเห็นชัดเจน  
เมื่อระดับน้ำสูงกว่าระดับ +11.00 ม.รทก. โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย  
ประมาณ 0.04 เมตร ถึง 0.15 เมตร
  - **สถานีวัดระดับน้ำ C.7A :** ผลจากการคำนวณด้วยแบบจำลองจะมีการ  
แปรเปลี่ยนของระดับน้ำสอดคล้องกับผลการตรวจวัด แต่จะเห็นความ  
แตกต่างได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้เมื่อระดับน้ำสูงเกินกว่าระดับ +7.00 ม.รทก.  
ผลการคำนวณจะไม่สอดคล้องกับผลการตรวจวัด ความคลาดเคลื่อนโดย  
เฉลี่ยประมาณ 0.06 เมตร ถึง 0.38 เมตร
  - **สถานีวัดระดับน้ำ C.29 :** ผลการคำนวณด้วยแบบจำลองจะให้ค่าที่สูงกว่า  
ระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริง แต่เมื่อพิจารณาลักษณะการผันแปรของระดับน้ำแล้ว  
จะพบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.04 เมตร  
ถึง 0.45 เมตร





- **สถานีวัดระดับน้ำ C.22** : ผลจากการคำนวณด้วยแบบจำลองมีการแปรเปลี่ยนของระดับน้ำสอดคล้องกับผลการตรวจวัดแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.06 เมตร ถึง 0.29 เมตร
- **สถานีวัดระดับน้ำ C.12** : ผลจากการคำนวณด้วยแบบจำลองมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริงแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.06 เมตร ถึง 0.17 เมตร
- **สถานีวัดระดับน้ำ C.4** : ผลจากการคำนวณด้วยแบบจำลองมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.06 เมตร ถึง 0.15 เมตร

จากผลการทดสอบและเปรียบเทียบแบบจำลองเมื่อพิจารณาในภาพรวมจะเห็นได้ชัดเจนกว่าแบบจำลองที่ได้จัดทำขึ้นสามารถใช้เป็นตัวแทนโครงข่ายระบบระบายน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาได้ สำหรับความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยของช่วงการจำลอง ซึ่งจะมีการควบคุมอาคารชลศาสตร์ริมแม่น้ำเจ้าพระยาเข้ามาเกี่ยวข้องแต่ไม่ได้มีการบันทึกไว้

### 3) การทดสอบความไวของแบบจำลอง

การทดสอบความไวของแบบจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการคำนวณเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงหรือความคลาดเคลื่อนของสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกแบบจำลอง โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบความไวในส่วน of ตัวแปร ( $n_r$  และ  $n_f$ ) และการทดสอบความไวของเงื่อนไขขอบ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

#### □ การทดสอบความไวของตัวแปร

คณะทำงานได้ทดสอบความไวของแบบจำลองต่อค่า  $n_r$ ,  $n_f$  และ  $c_d$  โดยการปรับค่าตัวแปรให้สูงขึ้นและต่ำลง 10% และ 20% โดยยึดถือผลการจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ. 2544 เป็นเกณฑ์ของการเทียบ ซึ่งผลของการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 7-2 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 7-2 ผลการทดสอบความไวของแบบจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2544

กรณี เปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำตลอดลำน้ำ $\pm 10\%$														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%
1. กรณีระดับน้ำคำนวณ > model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	97.94	4.35	98.58	3.57	98.40	3.85	98.31	3.98
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.58	0.00	0.42	0.00	0.36	0.00	0.25	0.08	0.33	0.29	0.23	0.22	0.27	0.24
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.36	-	0.33	-	0.25	-	0.11	0.01	0.10	0.02	0.07	0.01	0.05	0.01
2. กรณีระดับน้ำคำนวณ < model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	1.83	95.19	1.28	96.11	1.33	95.88	1.24	95.83
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	-0.53	0.00	-0.48	0.00	-0.34	-0.02	-0.32	-0.01	-0.20	-0.01	-0.17	-0.02	-0.13
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	-	-0.38	-	-0.37	-	-0.24	-0.01	-0.13	0.00	-0.07	0.00	-0.06	0.00	-0.05
กรณี เปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระในลำน้ำตลอดลำน้ำ $\pm 20\%$														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%
1. กรณีระดับน้ำคำนวณ > model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	98.40	6.00	99.08	4.17	98.67	3.98	98.63	4.26
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	1.10	0.00	0.64	0.00	0.81	0.00	0.61	0.09	0.49	0.26	0.39	0.26	0.35	0.22
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.62	-	0.66	-	0.55	-	0.23	0.03	0.20	0.02	0.16	0.02	0.13	0.02
2. กรณีระดับน้ำคำนวณ < model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	1.42	93.96	0.73	95.74	1.24	95.88	1.28	95.70
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	-0.96	0.00	-1.01	0.00	-0.85	-0.04	-0.76	-0.02	-0.56	-0.02	-0.47	-0.02	-0.42
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	-	-0.66	-	-0.78	-	-0.63	-0.01	-0.27	-0.01	-0.19	-0.01	-0.15	-0.01	-0.13

หมายเหตุ : model 2544 = แบบจำลองปีเกิดปี พ.ศ.2544

ความคลาดเคลื่อนที่คำนวณในสถานีค่าเท่ากับ - หมายถึงค่าต่ำกว่าจริง - หมายถึงค่าสูงกว่าจริง



การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระทางน้ำ  $\pm 10\%$  จะส่งผลต่อการคำนวณของระดับน้ำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสูงสุดอยู่ในช่วง  $\pm 0.60$  เมตร ในขณะที่ถ้าสัมประสิทธิ์ความขรุขระทางน้ำเปลี่ยนแปลง  $\pm 20\%$  จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผลการคำนวณสูงสุดในช่วง  $\pm 1.10$  เมตร โดยสถานี C.13 จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระมากที่สุด เมื่อพิจารณาในภาพของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจะพบว่าที่สถานี C.13 C.3 และ C.7A ซึ่งอยู่เหนือสถานี C.29 และไม่ได้รับผลกระทบจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเลจะมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเฉลี่ยมากกว่า 0.25 เมตร และ 0.55 เมตร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ความขรุขระ  $\pm 10\%$  และ  $\pm 20\%$  ตามลำดับ ในขณะที่สถานีที่อยู่ในเขตอิทธิพลของระดับน้ำทะเล (C.20 C.22 C.12 และ C.4) จะมีการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยไม่เกิน 0.13 เมตร และ 0.27 เมตร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ความขรุขระ  $\pm 10\%$  และ  $\pm 20\%$  ตามลำดับ

ผลจากการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าในบริเวณสถานีที่สภาพชลศาสตร์ไม่อยู่ภายใต้อิทธิพลของระดับน้ำทะเลจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระมาก ในขณะที่สถานีที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของระดับน้ำทะเลจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระน้อย

#### □ การทดสอบความไวเงื่อนไขขอบ

คณะทำงานได้ทำการทดสอบความไวของแบบจำลองต่อการเปลี่ยนแปลงของเงื่อนไขขอบด้านเหนือน้ำและด้านท้ายน้ำ โดยใช้เหตุการณ์น้ำปี พ.ศ. 2544 เป็นเกณฑ์ของการเปรียบเทียบประกอบด้วย กรณีศึกษาดังต่อไปนี้

- |                  |  |
|------------------|--|
| <b>กรณีที่ 1</b> | เมื่อปริมาณน้ำระบายผ่านเขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนพระราม 6 และ ปตร.ผักไห่ เปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$                            |
| <b>กรณีที่ 2</b> | เมื่อปริมาณน้ำระบายผ่านเขื่อนเจ้าพระยา เขื่อนพระราม 6 และ ปตร.ผักไห่ เปลี่ยนแปลง $\pm 20\%$                            |
| <b>กรณีที่ 3</b> | เมื่อปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อนเจ้าพระยา เปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$ และ $\pm 20\%$   |
| <b>กรณีที่ 4</b> | เมื่อปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อนพระราม 6 เปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$ และ $\pm 20\%$  |
| <b>กรณีที่ 5</b> | เมื่อใช้ผลการทำนายระดับของกรมอุทกศาสตร์ การทำเรือ และ ข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์ที่ได้รับการปรับปรุงจากระบบ Neural Network |

เมื่อพิจารณากรณีศึกษาที่ 1 และกรณีศึกษาที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 7-3(ก) จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำระบายท้ายอาคารชลศาสตร์ทั้งในทางเพิ่มขึ้นและลดลง จะส่งผลกระทบต่อการคำนวณระดับน้ำตลอดทั้งแม่น้ำเจ้าพระยา โดยผลกระทบมากที่สุดจะอยู่ที่สถานีวัดระดับน้ำ C.13 ในขณะที่ผลกระทบที่เกิดขึ้นที่สถานี C.12 และ C.4 จะมีค่าน้อยที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำจาก  $\pm 10\%$  เป็น  $\pm 20\%$  จะพบว่าสถานี C.13 C.3 C.7A และ C.29 ผลต่างของความคลาดเคลื่อนในการคำนวณจะเปลี่ยนแปลงไปประมาณ 2 เท่า ในขณะที่สถานี C.22 C.12 และ C.4 ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเลอย่างมากจะมีการเปลี่ยนแปลงของผลต่างความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อย

เมื่อพิจารณาจากกรณีศึกษาที่ 3 ดังแสดงในตารางที่ 7-3(ข) จะพบว่าการผันแปรของปริมาณน้ำระบายท้ายเขื่อนเจ้าพระยาจะส่งผลกระทบต่อการคำนวณระดับน้ำตลอดทั้งแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีลักษณะของผลกระทบที่เกิดขึ้นเหมือนกับกรณีศึกษาที่ 1 และกรณีศึกษาที่ 2

เมื่อพิจารณากรณีศึกษาที่ 4 ดังแสดงในตารางที่ 7-3(ค) จะพบว่าการผันแปรของปริมาณน้ำระบายผ่านเขื่อนพระราม 6 จะส่งผลกระทบต่อการคำนวณระดับน้ำที่สถานี C.29 C.22 C.12 และ C.4 เท่านั้น และการเปลี่ยนแปลงปริมาณการระบายจาก  $\pm 10\%$  เป็น  $\pm 20\%$  จะไม่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณระดับน้ำ

เมื่อพิจารณาจากกรณีศึกษาที่ 5 ดังแสดงในตารางที่ 7-3(ง) จะพบว่าผลกระทบของความคลาดเคลื่อนจากระดับน้ำควบคุมด้านท้ายน้ำ (การคาดการณ์ระดับน้ำที่ป้อมพระจุลฯ) จะส่งผลกระทบต่อการคำนวณระดับน้ำที่สถานี C.29 C.22 C.12 และ C.4 เมื่อพิจารณาผลการคำนวณโดยอาศัยผลการคาดการณ์ระดับน้ำที่ป้อมพระจุลฯของการท่าเรือแห่งประเทศไทยและกรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ จะพบว่าโดยส่วนใหญ่ผลคำนวณจะมีค่าต่ำกว่าที่เกิดขึ้นจริง 63% และ 96% ตามลำดับ ในขณะที่ถ้าใช้ผลการปรับปรุงการคาดการณ์ของกรมอุทกศาสตร์ด้วย Neural Network จะทำให้ผลคาดการณ์ประมาณครึ่งหนึ่งต่ำกว่าระดับน้ำที่เกิดขึ้นจริง และมีความคลาดเคลื่อนลดลง

จากผลการทดสอบความไวของเงื่อนไขขอบดังกล่าวจะพบว่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำระบายผ่านอาคารชลศาสตร์และการคาดการณ์ระดับน้ำจะส่งผลต่อการคาดการณ์สภาพน้ำในระบบโดยความคลาดเคลื่อนจะอยู่ในช่วง  $\pm 0.50$  เมตร (ปริมาณน้ำระบายคลาดเคลื่อน 20% ไม่น่ามาคิด เพราะเป็นความคลาดเคลื่อนที่ไม่ควรจะเกิดขึ้น)

ตารางที่ 7-3(ก) ผลการทดสอบความไวเงื่อนไขขอบของแบบจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2544  
กรณีศึกษาที่ 1 และ 2

กรณีศึกษาที่ 1 เมื่อปริมาณน้ำด้านเข้าที่เขื่อนเจ้าพระยา,เขื่อนพระรามหก และปตร.ผักไห่ เปลี่ยนแปลง $\pm$ 10%														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%
1. กรณีระดับน้ำด้านเข้า > model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.32	100.00	0.37	99.63	0.64	99.59	0.55
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.54	0.00	0.41	0.00	0.38	0.00	0.24	0.09	0.33	0.29	0.23	0.20	0.27	0.25
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.33	-	0.33	-	0.29	-	0.11	0.02	0.07	0.07	0.05	0.02	0.04	0.03
2. กรณีระดับน้ำด้านเข้า < model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	99.68	0.00	99.54	0.27	99.27	0.32	99.40
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	-0.48	0.00	-0.44	0.00	-0.40	0.00	-0.24	0.00	-0.17	-0.03	-0.14	-0.03	-0.11
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	-	-0.34	-	-0.35	-	-0.31	-	-0.10	-	-0.07	-0.01	-0.05	-0.01	-0.04

กรณีศึกษาที่ 2 เมื่อปริมาณน้ำด้านเข้าที่เขื่อนเจ้าพระยา,เขื่อนพระรามหก และปตร.ผักไห่ เปลี่ยนแปลง $\pm$ 20%														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%
1. กรณีระดับน้ำด้านเข้า > model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.05	100.00	0.14	99.95	0.46	99.77	0.64
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	1.13	0.00	0.79	0.00	0.76	0.00	0.53	0.07	0.38	0.27	0.28	0.20	0.28	0.24
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.65	-	0.64	-	0.55	-	0.22	0.07	0.15	0.15	0.11	0.03	0.09	0.03
2. กรณีระดับน้ำด้านเข้า < model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	99.95	0.00	99.86	0.05	99.54	0.18	99.36
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	-0.99	0.00	-0.92	0.00	-0.80	0.00	-0.51	0.00	-0.37	-0.01	-0.28	-0.01	-0.24
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	-	-0.69	-	-0.72	-	-0.64	-	-0.20	-	-0.14	-0.01	-0.10	-0.01	-0.08

หมายเหตุ : model 2544 = แบบจำลองปีเกิดปี พ.ศ.2544

ความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้จากการใช้ค่าปริมาณน้ำจากผลการคำนวณ - ระดับน้ำจากแบบจำลองปีเกิดปี พ.ศ.2544

ตารางที่ 7-3(ข) ผลการทดสอบความไวเงื่อนไขขอบของแบบจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2544  
กรณีศึกษาที่ 3

กรณีศึกษาที่ 3 เมื่อปริมาณน้ำด้านเข้าที่เขื่อนเจ้าพระยาเปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%
1. กรณีระดับน้ำคำนวณ > model 2544														
อัตราส่วนการเกิด (%)	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.32	100.00	0.41	99.63	0.64	99.59	0.60
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.54	0.00	0.41	0.00	0.38	0.00	0.23	0.09	0.33	0.29	0.23	0.20	0.27	0.25
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.33	-	0.33	-	0.29	-	0.10	0.03	0.07	0.06	0.05	0.03	0.04	0.03
2. กรณีระดับน้ำคำนวณ < model 2544														
อัตราส่วนการเกิด (%)	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	99.63	0.00	99.50	0.27	99.27	0.37	99.36
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	-0.48	0.00	-0.44	0.00	-0.39	0.00	-0.23	0.00	-0.16	-0.03	-0.14	-0.03	-0.10
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	-	-0.34	-	-0.35	-	-0.31	-	-0.10	-	-0.07	-0.01	-0.05	-0.01	-0.04

กรณีศึกษาที่ 3 เมื่อปริมาณน้ำด้านเข้าที่เขื่อนเจ้าพระยาเปลี่ยนแปลง $\pm 20\%$														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%
1. กรณีระดับน้ำคำนวณ > model 2544														
อัตราส่วนการเกิด (%)	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.05	100.00	0.14	99.91	0.46	99.73	0.64
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	1.13	0.00	0.79	0.00	0.76	0.00	0.52	0.07	0.37	0.27	0.27	0.20	0.28	0.24
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.65	-	0.64	-	0.55	-	0.21	0.07	0.14	0.15	0.10	0.03	0.08	0.03
2. กรณีระดับน้ำคำนวณ < model 2544														
อัตราส่วนการเกิด (%)	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	99.95	0.00	99.77	0.09	99.45	0.23	99.36
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	-0.99	0.00	-0.92	0.00	-0.80	0.00	-0.49	0.00	-0.35	-0.01	-0.27	-0.01	-0.23
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	-	-0.69	-	-0.72	-	-0.64	-	-0.19	-	-0.13	-0.01	-0.09	-0.01	-0.08

หมายเหตุ : model 2544 = แบบจำลองปีพ.ศ.2544

ความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้จากวิธีคำนวณ ระดับน้ำจากกราฟคำนวณ - ระดับน้ำจากแบบจำลองปีพ.ศ.2544



ตารางที่ 7-3(ค) ผลการทดสอบความไวเงื่อนไขขอบของแบบจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2544  
กรณีศึกษาที่ 4

กรณีศึกษาที่ 4 เมื่อปริมาณน้ำที่เขื่อนพระรามหกเปลี่ยนแปลง $\pm 10\%$														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%
1. กรณีระดับน้ำคำนวณ > model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	0.09	0.09	1.24	0.14	9.57	0.32	98.95	1.28	98.03	0.87	92.90	0.46	89.38	0.27
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.12	0.12	0.31	0.31	0.21	0.20	0.26	0.26
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.04	0.00	0.05	0.00	0.08
2. กรณีระดับน้ำคำนวณ < model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	5.77	8.24	41.90	60.16	72.48	95.51	0.41	97.66	0.18	96.15	0.27	92.12	0.09	88.55
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.03	-0.03	-0.06	-0.06	-0.08	-0.08	-0.06	-0.06
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.03	0.00	-0.04	0.00	-0.04	0.00
กรณีศึกษาที่ 4 เมื่อปริมาณน้ำที่เขื่อนพระรามหกเปลี่ยนแปลง $\pm 20\%$														
กรณีพิจารณา	สถานี													
	C13		C3		C7A		C29		C22		C12		C4	
	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%	+20%	-20%
1. กรณีระดับน้ำคำนวณ > model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	0.18	0.09	3.25	0.09	20.47	0.18	99.68	1.01	99.73	0.87	98.67	0.46	97.39	0.23
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.12	0.12	0.31	0.31	0.21	0.20	0.26	0.26
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.01	0.04	0.01	0.05	0.00	0.09
2. กรณีระดับน้ำคำนวณ < model 2544														
สัดส่วนการเกิด (%)	4.85	9.52	32.01	65.80	58.52	99.59	0.32	98.90	0.18	98.67	0.27	98.12	0.09	97.39
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05	-0.07	-0.08	-0.09	-0.05	-0.06
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.03	-0.01	-0.04	-0.01	-0.04	0.00

หมายเหตุ : model 2544 = แบบจำลองปีพ.ศ.2544

ความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้สำหรับกรณีศึกษาที่ 4 - ระดับน้ำจากสถานีวัดน้ำ - ระดับน้ำจากแบบจำลองปีพ.ศ.2544

ตารางที่ 7-3(ง) ผลการทดสอบความไวเงื่อนไขของแบบจำลองเหตุการณ์น้ำท่วมปี พ.ศ.2544

กรณีศึกษาที่ 5

กรณีศึกษาที่ 5 เมื่อกำหนดค่าระดับท้ายน้ำที่ป้อมพระจุลฑา เป็นค่าระดับคาดการณ์ล่วงหน้าโดยกรมอุทกศาสตร์							
กรณีพิจารณา	สถานี						
	C13	C3	C7A	C29	C22	C12	C4
1. การเพิ่มระดับน้ำค่าพาราม > model 2544							
สัดส่วนการเกิด (%)	3.25	0.00	0.00	0.92	1.60	2.64	3.43
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.05	0.06	0.18	0.20
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.04	0.05
2. การเพิ่มระดับน้ำค่าพาราม < model 2544							
สัดส่วนการเกิด (%)	30.40	98.67	100.00	98.95	98.31	97.07	96.47
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	-0.01	-0.18	-0.61	-0.64	-0.67	-0.74
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	-0.03	-0.20	-0.21	-0.21	-0.22
กรณีศึกษาที่ 5 เมื่อกำหนดค่าระดับท้ายน้ำที่ป้อมพระจุลฑา เป็นค่าระดับคาดการณ์ล่วงหน้าโดยการท่าเรือ							
กรณีพิจารณา	สถานี						
	C13	C3	C7A	C29	C22	C12	C4
1. การเพิ่มระดับน้ำค่าพาราม > model 2544							
สัดส่วนการเกิด (%)	6.41	14.10	27.75	31.64	32.88	34.98	36.22
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	0.00	0.02	0.21	0.36	0.37	0.43
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	0.00	0.06	0.07	0.08	0.09
2. การเพิ่มระดับน้ำค่าพาราม < model 2544							
สัดส่วนการเกิด (%)	15.11	98.75	67.08	98.27	95.60	94.79	63.32
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	-0.01	-0.11	-0.43	-0.48	-0.57	-0.61
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	-0.02	-0.12	-0.13	-0.14	-0.14
กรณีศึกษาที่ 5 เมื่อกำหนดค่าระดับท้ายน้ำที่ป้อมพระจุลฑา เป็นค่าระดับคาดการณ์ล่วงหน้าโดย Neural Network							
กรณีพิจารณา	สถานี						
	C13	C3	C7A	C29	C22	C12	C4
1. การเพิ่มระดับน้ำค่าพาราม > model 2544							
สัดส่วนการเกิด (%)	6.23	25.60	41.25	45.33	46.34	47.62	45.12
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	0.00	0.04	0.25	0.33	0.51	0.55
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	0.01	0.06	0.07	0.08	0.08
2. การเพิ่มระดับน้ำค่าพาราม < model 2544							
สัดส่วนการเกิด (%)	9.16	37.77	52.93	54.12	53.16	52.01	51.51
ความคลาดเคลื่อนสูงสุด (ม.)	0.00	-0.01	-0.06	-0.39	-0.41	-0.44	-0.52
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ม.)	0.00	0.00	-0.01	-0.07	-0.07	-0.08	-0.08

หมายเหตุ : model 2544 = แบบจำลองปีงบประมาณ พ.ศ.2544

ความคลาดเคลื่อนที่คำนวณได้จากการใช้ค่าภายใน ระดับน้ำจากค่าพาราม - ระดับน้ำจากแบบจำลองปีงบประมาณ พ.ศ.2544

## 7.6 แบบจำลองการบริหารจัดการน้ำหลาก

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการน้ำหลาก และได้นำแบบจำลองที่เป็นผลจากการศึกษาดังกล่าวมาติดตั้งในระบบคาดการณ์และบริหารจัดการน้ำหลากของโครงการ ทั้งนี้ในการบริหารจัดการน้ำหลากของระบบจะประกอบด้วย

- ☐ กรณีมีการเสริมคันกันน้ำทั้งหมด : เพื่อใช้ในการตรวจสอบผลกระทบของระดับน้ำที่เกิดขึ้นจากการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยา โดยไม่มีการกักเก็บในพื้นที่ชลน้ำ
- ☐ กรณีมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยา 3,500 ลบ.ม./วินาที : ใช้ตรวจสอบพื้นที่น้ำท่วมในกรณีที่มีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาตั้งแต่ 3,000-4,000 ลบ.ม./วินาที
- ☐ กรณีมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยา 4,000 ลบ.ม./วินาที : ใช้ตรวจสอบพื้นที่น้ำท่วมในกรณีที่มีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาตั้งแต่ 3,500-4,500 ลบ.ม./วินาที
- ☐ กรณีมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยา 4,500 ลบ.ม./วินาที : ใช้ตรวจสอบพื้นที่น้ำท่วมในกรณีที่มีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาตั้งแต่ 4,000-5,000 ลบ.ม./วินาที
- ☐ กรณีมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยา 5,000 ลบ.ม./วินาที : ใช้ตรวจสอบพื้นที่น้ำท่วมในกรณีที่มีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยามากกว่า 4,500 ลบ.ม./วินาที

อนึ่งในการกำหนดแบบจำลองการบริหารจัดการน้ำดังกล่าวจะเป็นการกำหนดเกณฑ์ทางด้านวิศวกรรม โดยยังมิได้พิจารณาถึงเกณฑ์ทางด้านเศรษฐกิจ-สังคม ดังนั้นในการบริหารจัดการน้ำหลากจึงควรจะมีการพิจารณาเลือกใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นสำหรับใช้ประกอบการตัดสินใจ

### ผลการศึกษาแนวทางการดำเนินการบริหารจัดการน้ำหลากในกรณีต่าง ๆ

#### ☐ กรณีมีการเสริมคันกันน้ำทั้งหมด

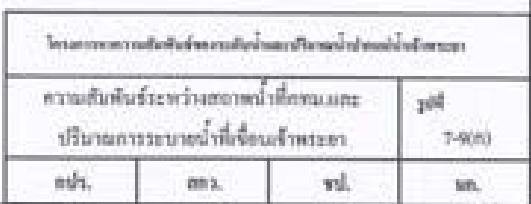
จากการศึกษาจะพบว่า เมื่อมีการป้องกันการไหลล้นคันกันน้ำในทุกบริเวณเหนือกรุงเทพมหานครไปจนถึงเขื่อนเจ้าพระยา โดยไม่มีน้ำท่วมในบริเวณใดๆ เลยนั้น จะส่งผลให้อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่บริเวณกรุงเทพมหานครมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณการระบายน้ำจากเขื่อนเจ้าพระยาในรูปแบบของการแปรผันตรง ดังแสดงในตารางที่ 7-4 และรูปที่ 7-9(ก)

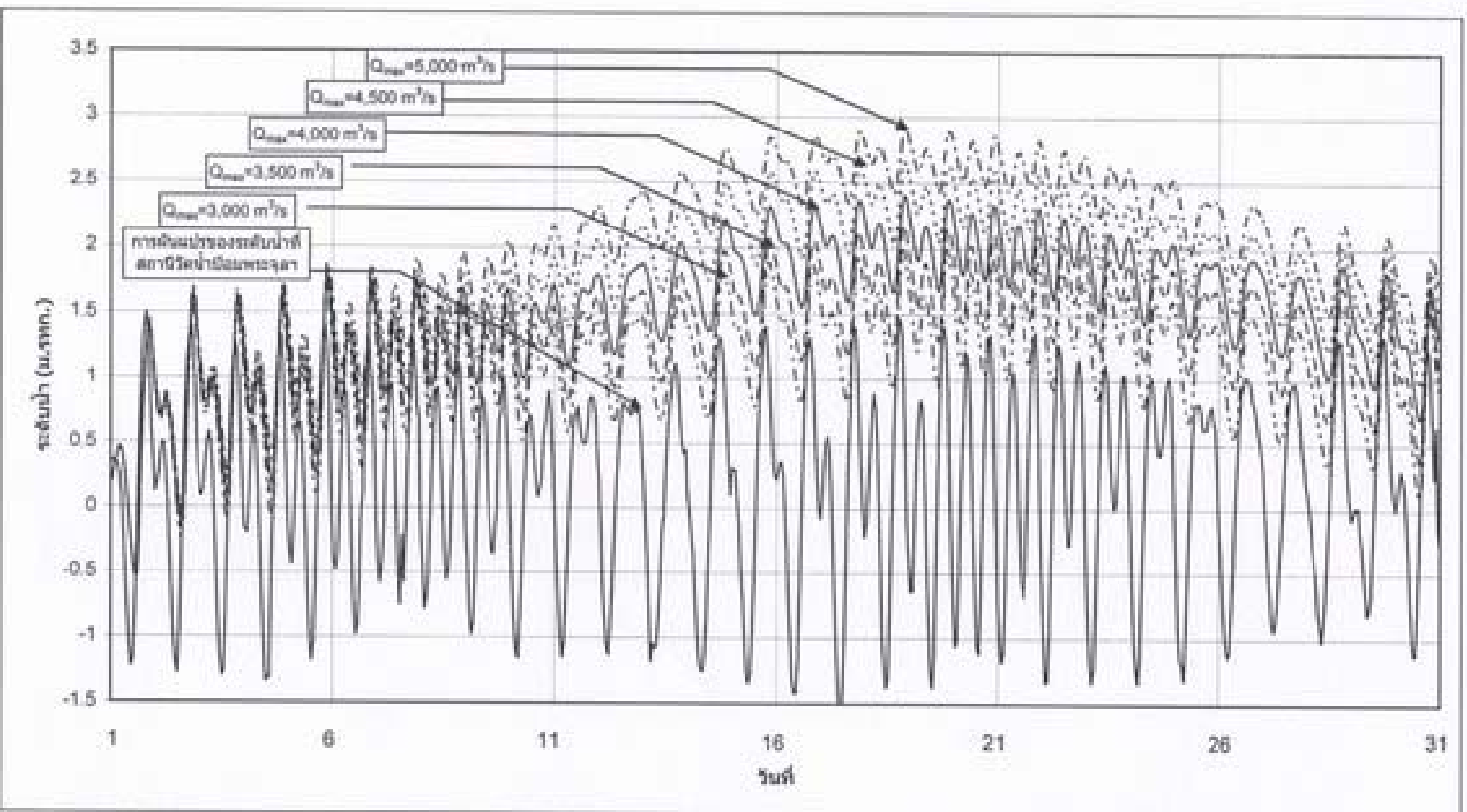
เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของระดับน้ำบริเวณกรุงเทพมหานครจะพบว่าที่อัตราการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาประมาณ 3,000 ถึง 3,500 ลบ.ม./วินาที พฤติกรรมของระดับน้ำจะได้รับอิทธิพลของระดับน้ำบริเวณอ่าวไทยเป็นหลักในขณะที่เมื่อปริมาณน้ำระบายผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงกว่า 3,500 ลบ.ม./วินาที ขึ้นไป พฤติกรรมของระดับน้ำบริเวณกรุงเทพมหานครจะได้รับผลกระทบจากทั้งระดับน้ำทะเลบริเวณปากอ่าวไทยและอัตราการระบายผ่านเขื่อนเจ้าพระยาดังแสดงในรูปที่ 7-9 (ข)



**ตารางที่ 7-4 สภาพน้ำบริเวณกรุงเทพมหานครและบางไทรที่เกิดจากปริมาณการระบายน้ำผ่านเขื่อน  
เจ้าพระยาตั้งแต่ 3,000-5,000 ลบ.ม./วินาที เมื่อไม่มีการกักเก็บน้ำในแก้มลิงธรรมชาติ**

ปริมาณการปล่อยน้ำจาก เขื่อนเจ้าพระยา (ลบ.ม./วินาที)	สภาพน้ำบริเวณกรุงเทพมหานคร		บางไทร	
	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)	อัตราการไหล (ลบ.ม./วินาที)	ระดับน้ำ (ม.รทก.)
3,000	3,401	2.00	3,061	3.23
3,500	3,810	2.20	3,510	3.78
4,000	4,260	2.43	3,986	4.35
4,500	4,620	2.64	4,378	4.72
5,000	4,927	2.83	4,711	5.06





โครงการหาความสัมพันธ์ของระดับน้ำและปริมาณน้ำท่าแม่น้ำเจ้าพระยา			
ชุดการรวมระดับน้ำบริเวณ กรุงเทพมหานคร			วันที่ 7-9/3
ตป.ร.	ตป.ร.	ตป.ร.	ตป.ร.

- กรณีที่ระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุด 3,000 ลบ.ม./วินาที

จากผลการศึกษาจะพบว่า เมื่อมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุดเท่ากับ 3000 ลบ.ม./วินาที ซึ่งไม่มีการไหลล้นคันกันน้ำเข้าสู่พื้นที่ริมแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในทุกบริเวณ จะทำให้อัตราการไหลสูงสุดที่บริเวณสถานีวัดน้ำบางไทร (C29) มีค่าเท่ากับ 3,061 ลบ.ม./วินาที ในขณะที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่บริเวณกรุงเทพมหานคร (สถานีวัดระดับน้ำ C4) มีค่าเท่ากับ 3,401 ลบ.ม./วินาที และ 2.00 ม.รทก. ตามลำดับ โดยมีอัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่ตำแหน่งต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 7-10

ซึ่งในการป้องกันไม่ให้เกิดการไหลล้นคันกันน้ำในทุกบริเวณเหนือกรุงเทพมหานครไปจนถึงเขื่อนเจ้าพระยานั้น ต้องมีการเสริมคันกันน้ำ (ถนนเรียบแม่น้ำ) ในบริเวณต่างๆ 0.50 - 1.50 ม. ดังแสดงในรูป 7-10

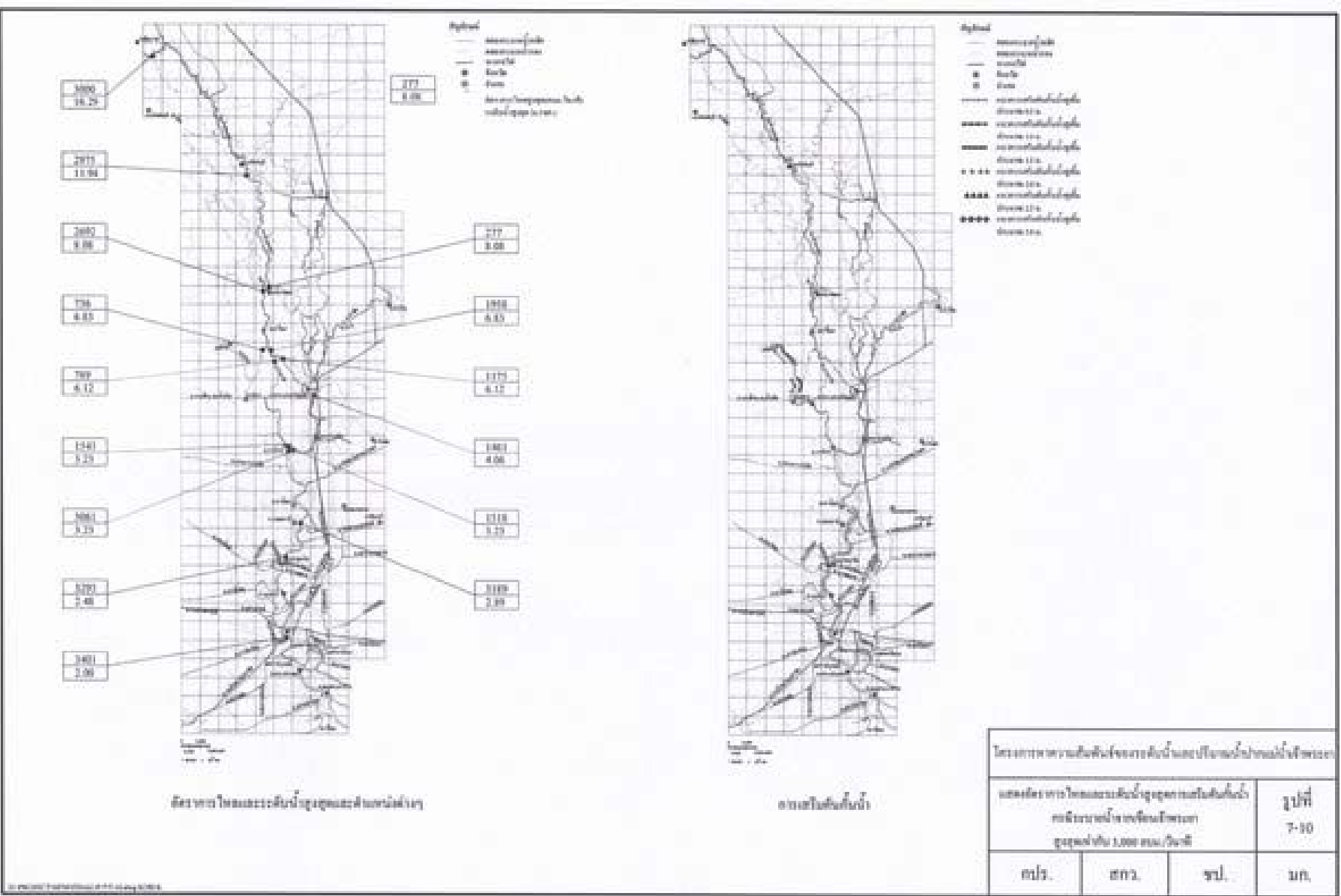
- กรณีที่ระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุด 3,500 ลบ.ม./วินาที

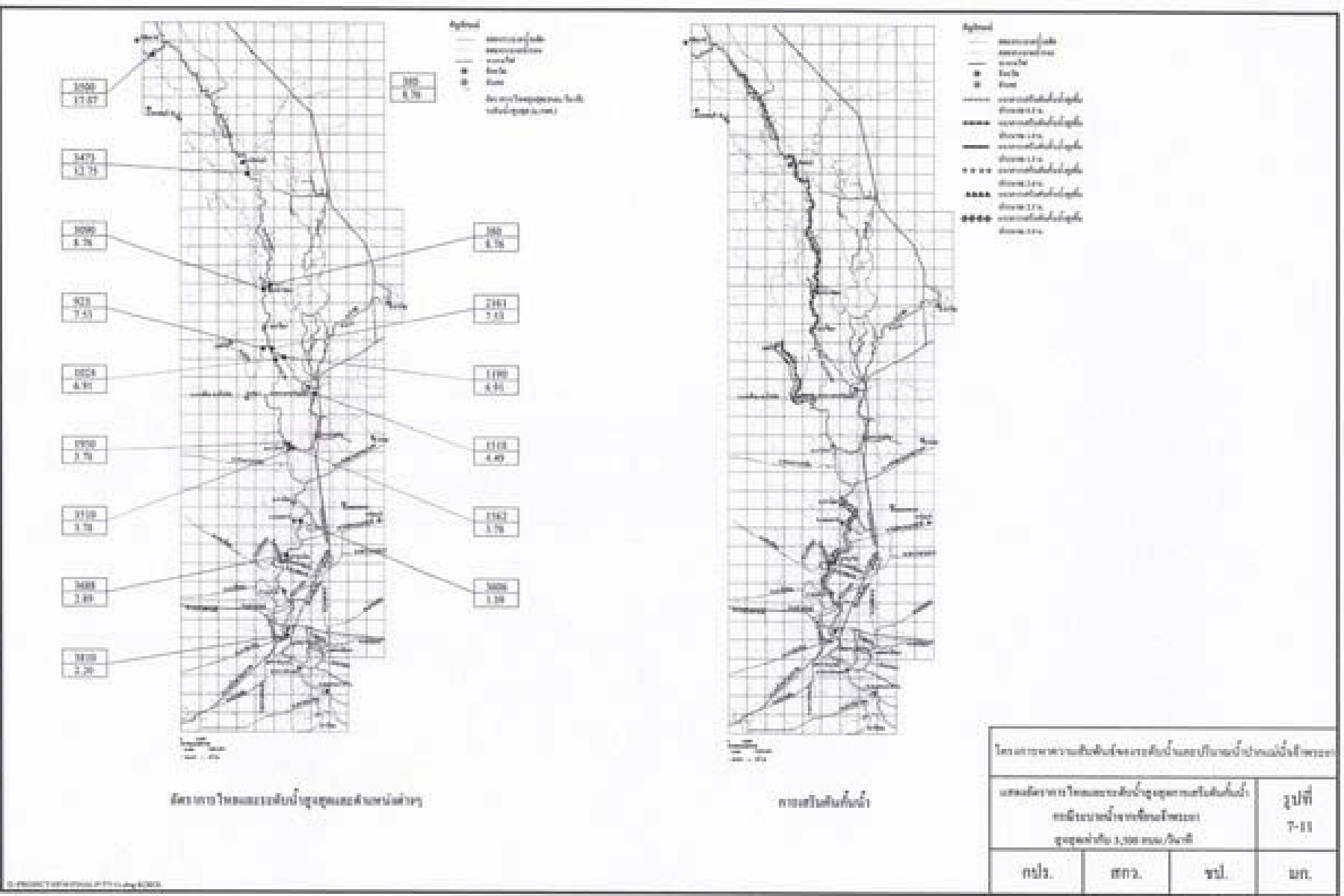
เมื่อมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุดเท่ากับ 3,500 ลบ.ม./วินาที ซึ่งไม่มีการไหลล้นคันกันน้ำเข้าสู่พื้นที่ริมแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในทุกบริเวณ จะทำให้อัตราการไหลสูงสุดที่บริเวณสถานีวัดน้ำบางไทร (C29) มีค่าเท่ากับ 3,510 ลบ.ม./วินาที ในขณะที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่บริเวณกรุงเทพมหานคร (สถานีวัดระดับน้ำ C4) มีค่าเท่ากับ 3,810 ลบ.ม./วินาที และ 2.20 ม.รทก. ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่ตำแหน่งต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 7-11

ซึ่งในการป้องกันไม่ให้เกิดการไหลล้นคันกันน้ำในทุกบริเวณเหนือกรุงเทพมหานครไปจนถึงเขื่อนเจ้าพระยานั้น ต้องมีการเสริมคันกันน้ำในบริเวณต่างๆ 0.50 – 2.00 ม. ดังแสดงในรูป 7-11

- กรณีที่ระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุด 4,000 ลบ.ม./วินาที

เมื่อมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุดเท่ากับ 4,000 ลบ.ม./วินาที ซึ่งไม่มีการไหลล้นคันกันน้ำเข้าสู่พื้นที่ริมแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในทุกบริเวณ จะทำให้อัตราการไหลสูงสุดที่บริเวณสถานีวัดน้ำบางไทร (C29) มีค่าเท่ากับ 3,986 ลบ.ม./วินาที ในขณะที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่บริเวณกรุงเทพมหานคร (สถานีวัดระดับน้ำ C4) มีค่าเท่ากับ 4,259 ลบ.ม./วินาที และ 2.43 ม.รทก. ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่ตำแหน่งต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 7-12









ซึ่งในการป้องกันไม่ให้เกิดการไหลล้นคันกันน้ำในทุกบริเวณเหนือกรุงเทพมหานครไปจนถึงเขื่อนเจ้าพระยานั้น ต้องมีการเสริมคันกันน้ำในบริเวณต่างๆ 0.50 – 2.50 ม. ดังแสดงในรูป 7-12

- กรณีที่ระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุด 4,500 ลบ.ม./วินาที

เมื่อมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุดเท่ากับ 4,500 ลบ.ม./วินาที ซึ่งไม่เกิดการไหลล้นคันกันน้ำเข้าสู่พื้นที่ริมแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในทุกบริเวณ จะทำให้อัตราการไหลสูงสุดที่บริเวณสถานีวัดน้ำบางไทร (C29) มีค่าเท่ากับ 4,378 ลบ.ม./วินาที ในขณะที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่บริเวณกรุงเทพมหานคร (สถานีวัดระดับน้ำ C4) มีค่าเท่ากับ 4,620 ลบ.ม./วินาที และ 2.64 ม.รทก. ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่ตำแหน่งต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 7-13

ซึ่งในการป้องกันไม่ให้เกิดการไหลล้นคันกันน้ำในทุกบริเวณเหนือกรุงเทพมหานครไปจนถึงเขื่อนเจ้าพระยานั้น ต้องมีการเสริมคันกันน้ำในบริเวณต่างๆ 0.50 – 2.50 ม. ดังแสดงในรูป 7-13

- กรณีที่ระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุด 5,000 ลบ.ม./วินาที

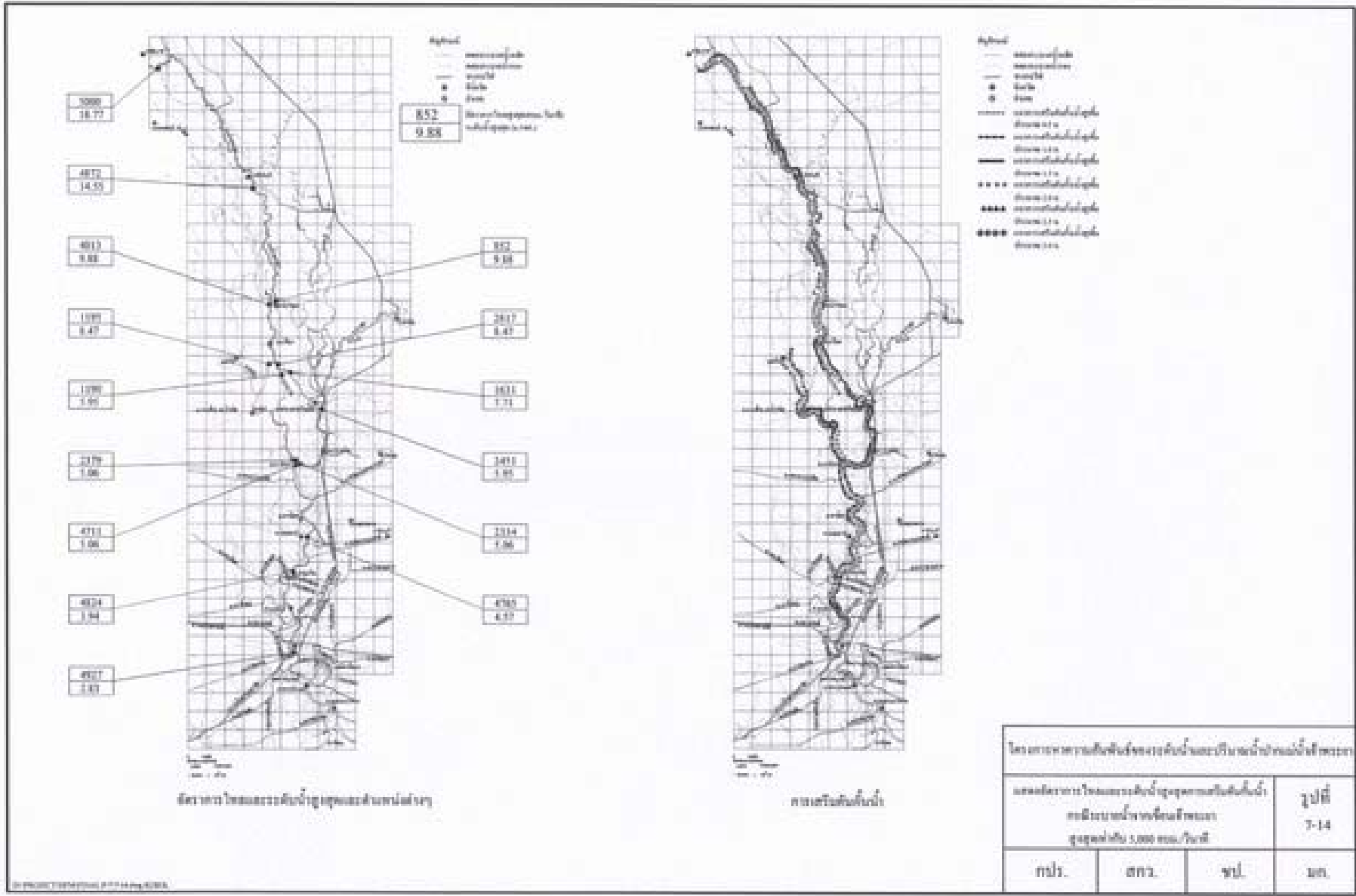
เมื่อมีการระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาสูงสุดเท่ากับ 5,000 ลบ.ม./วินาที ซึ่งไม่เกิดการไหลล้นคันกันน้ำเข้าสู่พื้นที่ริมแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในทุกบริเวณ จะทำให้อัตราการไหลสูงสุดที่บริเวณสถานีวัดน้ำบางไทร (C29) มีค่าเท่ากับ 4,711 ลบ.ม./วินาที ในขณะที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่บริเวณกรุงเทพมหานคร (สถานีวัดระดับน้ำ C4) มีค่าเท่ากับ 4,927 ลบ.ม./วินาที และ 2.83 ม.รทก. ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลและระดับน้ำสูงสุดที่ตำแหน่งต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 7-14

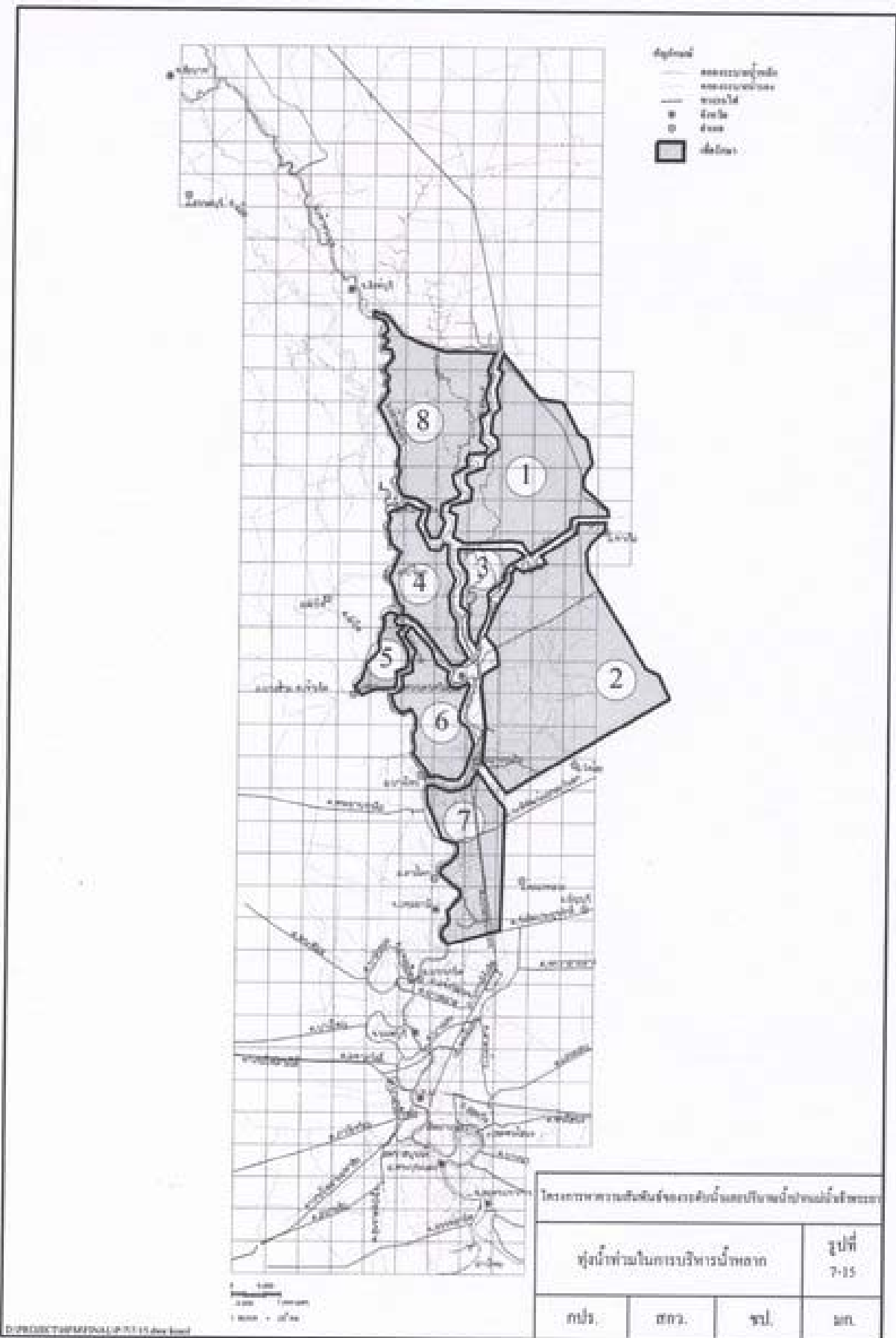
ซึ่งในการป้องกันไม่ให้เกิดการไหลล้นคันกันน้ำในทุกบริเวณเหนือกรุงเทพมหานครไปจนถึงเขื่อนเจ้าพระยานั้น ต้องมีการเสริมคันกันน้ำในบริเวณต่างๆ 0.50 – 3.00 ม. ดังแสดงในรูป 7-14

#### □ กรณีมีการกักเก็บน้ำในทุ่งน้ำท่วมที่กำหนด

จากสภาพการใช้ที่ดินตั้งแต่ จ.สิงห์บุรี ถึง จ.อยุธยา จะได้พื้นที่ทุ่งน้ำท่วมที่ใช้ในการบริหารจัดการน้ำหลาก ดังแสดงในรูปที่ 7-15 และจากผลการศึกษาพบว่า การบริหารน้ำหลากเข้าสู่ทุ่งน้ำท่วมที่กำหนดตามปริมาณการระบายน้ำจากเขื่อนเจ้าพระยาในกรณีต่างๆ (แสดงดังตารางที่ 7-5) จะทำให้อัตราการไหลและระดับน้ำที่บริเวณสถานีวัดน้ำบางไทร (C29) และบริเวณกรุงเทพมหานคร (สถานีวัดระดับน้ำ C4) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดซึ่งไม่ก่อให้เกิดการไหลล้นคันกันน้ำเข้าสู่พื้นที่กรุงเทพมหานคร (แสดงดังตารางที่ 7-6) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมจากการบริหารน้ำเข้าสู่ทุ่งน้ำท่วมและพื้นที่น้ำท่วมกรณีไม่มีการบริหารน้ำหลาก(สภาพปัจจุบัน) จะพบว่ามีค่าพื้นที่น้ำท่วมลดลงดังแสดงตามตารางที่ 7-7 และรูปที่ 7-16







ตารางที่ 7-5 รูปแบบการบริหารจัดการน้ำเข้าสู่ทุ่งน้ำท่วมที่กำหนด

การบริหารจัดการน้ำท่วม	ปริมาณการปล่อยน้ำจากเขื่อนเจ้าพระยา (ลบ.ม./วินาที)																				
	3500		4000					4500						5000							
ปริมาณน้ำเข้าทุ่ง (ล้าน ลบ.ม.)	300		898					1570						2250							
ทุ่งที่ดำเนินการ	4	6	4	5	6	7	8	2	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
ปริมาณการรับน้ำ (ล้าน ลบ.ม.)	124	176	124	84	229	263	198	505	124	84	229	430	198	352	697	136	124	84	229	430	198
รวม (ล้าน ลบ.ม.)	300		898					1570						2250							
พื้นที่น้ำท่วม (ตร.กม.)	117.4	156.1	117.4	55.8	174.0	219.5	232.3	478.7	117.4	55.8	174	220.3	232.3	286.3	532.6	91.6	117.4	55.8	174.0	220.3	232.3
รวม (ตร.กม.)	273.5		799					1278.5						1710.3							