

เทคโนโลยีการพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำไซยะบุรีในสปป.ลาว

Technology for the Development of Xayaburi Hydroelectric Power Project in Lao PDR

ปลิว ตริวิศวะเวทย์ สมควร วัฒนกุล

บริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน)

587 ถนนสุขุมวิทซอย 1 แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

บทคัดย่อ – ในบทความนี้ จะมามีบทนำที่กล่าวถึงโครงการไฟฟ้าพลังน้ำไซยะบุรีโดยย่อว่าเป็นโครงการขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน สำหรับเทคโนโลยีที่ใช้ในการสร้างนั้นจะอ้างถึงเทคโนโลยีด้านงานวิศวกรรม และด้านการบริหารจัดการ ในภาพกว้างเท่านั้น เพราะมีแหล่งอ้างอิงค่อนข้างแพร่หลาย แต่จะลงลึกในรายละเอียดของเทคโนโลยีที่ใช้ในการปรับปรุงแบบ เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ใน 2 ประเด็นหลัก คือ ระบบทางปลาผ่าน และ ระบบระบายตะกอน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีพิเศษ ที่ใช้เฉพาะสำหรับงานที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันเท่านั้น โดยสรุปว่าน่าจะเป็นกรณีศึกษาที่ดีสำหรับโครงการในอนาคต หรือในสถาบันการศึกษาที่เกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีต่างๆ

คำสำคัญ: โครงการไฟฟ้าพลังน้ำไซยะบุรี, เทคโนโลยีการพัฒนาโครงการ, เทคโนโลยีการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

Abstract - Xayaburi Hydroelectric Power Project is large and complex. The technology used for the project development comprises both the engineering and management technology which are well established. The paper covers more details on environmental impacts mitigation which relate to fish passing facilities and sediment discharge system. It is concluded that the context could be an example for future projects of the same characteristics.

Keywords: Xayaburi Hydroelectric Power Project, Technology for Project Development, Technology for Environmental Impact Mitigation

1. บทนำ

โครงการไฟฟ้าพลังน้ำไซยะบุรี (โครงการฯ) เป็นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว) ที่ให้สัมปทานแก่นักลงทุนไทย คือ กลุ่มบริษัท ช. การช่าง ดำเนินการพัฒนาโครงการ ซึ่งจะอำนวยความสะดวกให้สปป.ลาวและประเทศไทยร่วมกันในหลายๆด้านโดยเฉพาะความเป็นอยู่ที่ดีของประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง

โครงการฯมีที่ตั้งอยู่บนแม่น้ำโขง ระหว่างแขวงไซยะบุรี และ แขวงหลวงพระบาง และมีลักษณะโครงการเป็นการปล่อยน้ำผ่าน (Run of the River) ไม่มีการเก็บกักน้ำไว้ จึงแตกต่างจากเขื่อนเก็บน้ำโดยทั่วไป ดังรูปที่ 1.1

กำลังการผลิตไฟฟ้า จะเป็น 1,285 เมกะวัตต์ และผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 7,400 ล้านหน่วยต่อปี โดยจะจัดส่งผ่านสายส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาด 500 กิโลโวลต์ไปยังจังหวัดเลยจำหน่ายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ร้อยละ 95 และใช้ใน สปป.ลาว ร้อยละ 5

การลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม จะมีทางเดินเรือขนาด 500 ตัน มีทางปลาผ่านทั้งการว่ายทวนน้ำ และการว่ายตามน้ำ มีประตูระบายตะกอนขนาดใหญ่ รวมทั้งการควบคุมคุณภาพน้ำ และการดูแลความปลอดภัยด้านแผ่นดินไหวอย่างพอเพียง สำหรับด้านสังคม จะมีการโยกย้ายราษฎรจำนวนประมาณ 600 ครอบครัว ซึ่งถือว่าไม่มาก โดยมีการบริหารจัดการ ตามกฎหมายของ สปป.ลาว และเป็นมาตรฐานสากล แผนการก่อสร้างจะใช้เวลา 8 ปี เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ.2555 และจะแล้วเสร็จในปีพ.ศ. 2562 และใช้เงินลงทุนประมาณ 115,000 ล้านบาท

ไฟฟ้าพลังน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สะอาด เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพราะไม่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิงจึงไม่มีก๊าซพิษปล่อยไปสู่ชั้นบรรยากาศ นอกจากนั้นยังเป็นพลังงานที่ยั่งยืน มีน้ำหมุนเวียนให้ใช้ได้ตลอดไป มีความสะดวกในการปิดและเปิดไฟฟ้า และบำรุงรักษาง่าย



รูปที่ 1.1 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำไซยะบุรี

2. เทคโนโลยีที่ใช้ในการออกแบบและก่อสร้าง

2.1 กิจกรรมของการพัฒนาโครงการ

การพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำไซยะบุรี แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงแรก จะเป็นช่วงก่อนการก่อสร้าง (Pre – construction) ใช้เวลาประมาณ 5 ปี (พ.ศ. 2550-2554) มีกิจกรรมที่สำคัญ คือการสำรวจปริมาณน้ำ สภาพภูมิประเทศ และลักษณะหิน เพื่อพิจารณาความเหมาะสมด้านเทคนิค (Technical Feasibility) สำรวจผลกระทบสิ่งแวดล้อมและสังคม เพื่อพิจารณาแผนปฏิบัติการในการลดผลกระทบ (Mitigation Plan) เมื่อเห็นว่าเหมาะสมก็ดำเนินการต่อการออกแบบส่วนสำคัญ (Outline Design) และการจัดทำข้อกำหนด (Specification) เพื่อการคัดเลือกสรรหาผู้รับเหมา พร้อมกับการทำสัญญาข้อตกลงด้านสัมปทาน (Concession) ด้านการซื้อขายไฟฟ้า (Power Purchase) และด้านการจัดหาเงินทุน (Loan) ให้แล้วเสร็จ

ช่วงที่สอง จะเป็นช่วงก่อสร้าง (Construction) ใช้เวลาประมาณ 8 ปี (พ.ศ. 2555-2562) กิจกรรมที่สำคัญเริ่มตั้งแต่งานเตรียมงาน งานควบคุมน้ำเพื่อให้บริเวณก่อสร้างแห้ง แล้วเร่งงานโยธา งานติดตั้งประตูควบคุมน้ำในอาคารต่างๆ งานติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้า และระบบส่งไฟฟ้า แล้วดำเนินการทดสอบเดินเครื่อง (Commissioning) ให้แล้วเสร็จ

ตลอด 2 ช่วงเวลาดังกล่าวข้างต้น จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยี ใน 2 ด้านหลัก คือ ด้านงานวิศวกรรม และด้านการบริหารจัดการ

2.2 เทคโนโลยีด้านงานวิศวกรรม

เทคโนโลยีด้านงานวิศวกรรมสำหรับไฟฟ้าพลังน้ำ สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ได้แก่ กลุ่มวิศวกรรมโยธา (Civil) กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกลส่วนควบน้ำ (Hydro-mechanical) และกลุ่มวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลส่วนการผลิตและส่งไฟฟ้า (Electro-mechanical)

2.2.1 กลุ่มงานวิศวกรรมโยธา

จะต้องใช้เทคโนโลยีหลายด้าน เริ่มตั้งแต่ อุทกวิทยา (Hydrology) งานธรณีวิทยา (Geology) งานสำรวจหาข้อมูล (Survey) งานโครงสร้าง (Structure) มีทั้งงานดิน งานคอนกรีต งานอัดฉีดน้ำปูน (Grouting) และงานเครื่องมือวัด (Instrumentation) เป็นต้น ทั้งนี้ ต้องใช้ในทุกขั้นตอนของการสำรวจ การออกแบบ การออกข้อกำหนดไปจนถึงการควบคุมงานก่อสร้าง โดยรวมถึงการทำแผนงาน (Schedule) และการทำประมาณราคา (Cost Estimate) ด้วย

2.2.2 กลุ่มวิศวกรรมเครื่องกลส่วนควบน้ำ

จะเป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง โครงสร้างหลักที่ใช้ในการควบน้ำ (Hydraulic Steel Structure) ซึ่งมีขนาดใหญ่มากชนิดต่างๆ มีท่อเหล็กขนาดใหญ่ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมการปิด-เปิดให้มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ต้องใช้เทคโนโลยีในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การทำแบบจำลอง การออกแบบ การผลิตที่โรงงาน การขนส่ง การติดตั้ง ไปจนถึงการทดสอบการใช้งาน

2.2.3 กลุ่มงานวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกล ส่วนการผลิตและส่งไฟฟ้า

จะเป็นเทคโนโลยีด้านการผลิตไฟฟ้า ที่ต้องใช้กังหันน้ำ (Hydraulic Turbine) ชนิดต่างๆ ต้องมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) โดยต้องมีเครื่องมือมากมายในโรงไฟฟ้าที่สำคัญ คือ อุปกรณ์ควบคุม (Control) อุปกรณ์ป้องกัน (Protection) อุปกรณ์สื่อสาร (Communication) ด้านการส่งไฟฟ้าก็จะเกี่ยวกับหม้อแปลง (Transformer) ลานไกวไฟฟ้า (Switchyard) และสายส่งไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Transmission) ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การออกแบบ ออกข้อกำหนด การสรรหา คัดเลือกผู้ผลิตที่มีความเชี่ยวชาญ การทำแบบจำลอง การผลิตที่โรงงาน การขนส่ง การติดตั้ง ไปจนถึงการทดสอบการใช้งาน (Commissioning) ให้ได้คุณภาพ ประสิทธิภาพตามที่กำหนดไว้

เทคโนโลยีด้านงานวิศวกรรมต่างๆข้างต้น ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันจะเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานได้นาน เป็นที่น่าเชื่อถือ ได้มีการพิสูจน์จากการใช้งานจริงอย่างแพร่หลาย

จึงมีได้กล่าวถึงในรายละเอียด สำหรับอุปกรณ์ในโครงการที่แล้วเสร็จมาแล้วหลายปีก็จะเริ่มล้าสมัย ต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเป็นระยะๆตามความเหมาะสม

2.3 เทคโนโลยีด้านการบริหารจัดการ

เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญและต้องมีความเชี่ยวชาญมาก จะเป็นการเน้นที่การบริหารโครงการ (Project Management) เป็นหลัก สามารถแยกได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงก่อนก่อสร้าง และ ช่วงก่อสร้าง

2.3.1 ช่วงก่อนก่อสร้าง

การบริหารจัดการในช่วงนี้ เริ่มตั้งแต่การเลือกโครงการที่เหมาะสม การจัดหาบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในงานหลักที่เกี่ยวข้อง คือ งานวิศวกรรม งานด้านการเงิน การเศรษฐกิจ งานด้านกฎหมาย และอื่นๆ จัดหาที่ปรึกษาที่มีประสบการณ์เชื่อถือได้ เพื่อศึกษาความเหมาะสมด้านต่างๆ การเจรจาเพื่อทำสัญญาสัมปทาน สัญญาซื้อ-ขายไฟฟ้า สัญญากู้เงิน สัญญาจ้างเหมาก่อสร้าง รวมทั้งสัญญาระหว่างผู้ร่วมทุนด้วย ประเด็นหลักสำหรับการบริหารจัดการ ก็คือ การบริหารความเสี่ยง (Risk Management) และการสร้างพลังร่วม (Synergy) เพื่อป้องกันมิให้โครงการล่าช้า (Delay) หรือ การมีค่าใช้จ่ายเกินประมาณการ (Cost Overrun)

2.3.2 ช่วงก่อสร้าง

การบริหารจัดการในช่วงนี้ จำเป็นต้องติดตามความก้าวหน้า (Progress) อย่างใกล้ชิด มุ่งเน้นที่คุณภาพ ระยะเวลาแล้วเสร็จ ค่าใช้จ่ายโครงการ ความปลอดภัย ผลกระทบสิ่งแวดล้อม แต่เมื่อลักษณะงานมีความซับซ้อน และใช้เวลาหลายปี จึงจะต้องพบกับสิ่งที่ไม่ได้คาดหมายไว้ (Unforeseen) จนจำเป็นต้องให้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง (Variations + Changes) ประเด็นหลักของการบริหารจัดการ ในช่วงนี้คือ การตัดสินใจแก้ปัญหาที่ทันเวลา (Timely Decision) โดยต้องมีความรอบคอบและรวดเร็ว เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้น

3. เทคโนโลยีที่ใช้ในการปรับแบบเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

3.1 เหตุผลในการปรับปรุง

โครงการฯได้ออกแบบ เพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการลุ่มน้ำโขง (MRC's guidelines) อย่างครบถ้วนตั้งแต่แรก รวม 5 ประการ คือ จัดให้มีช่องทางเดินเรือขนาด 500 ตัน ระบบทางปลาผ่าน ทั้งการว่ายทวนน้ำและการว่ายตามน้ำ ระบบระบายตะกอนใต้โรงไฟฟ้า การควบคุมคุณภาพน้ำ และการออกแบบให้มีความปลอดภัย

แต่เมื่อมีข้อสังเกต ของประเทศสมาชิกคณะกรรมการลุ่มแม่น้ำโขง บางประเทศ ว่าน่าจะทบทวนการออกแบบเพิ่มเติมเฉพาะ ใน 2 กรณี คือระบบทางปลาผ่าน และระบบระบายตะกอน ทางสปป.ลาวจึงขอให้ผู้พัฒนาโครงการดำเนินการหาผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการ และปรับปรุงแบบตามความเหมาะสมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ผู้พัฒนาโครงการ จึงได้ว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญระดับโลกมาดำเนินการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม แล้วทำการปรับปรุงแบบเป็นเบื้องต้น โดยดู

ตัวอย่างจากโครงการอื่นๆทั่วโลก แล้วทำแบบจำลองทางศาสตร์ เพื่อทดสอบการทำงานของระบบ โดยได้ทำการระดมความคิดระหว่างกัน อย่างกว้างขวาง จนได้ข้อสรุป และนำไปใช้ในการปรับปรุงแบบ และใช้ในการก่อสร้างจนครบถ้วน

สำหรับการปรับปรุงแบบของระบบทางปลาผ่าน และระบบระบาย ตะกอนมีสาระสำคัญ ดังนี้

3.2 การปรับปรุงระบบทางปลาผ่าน

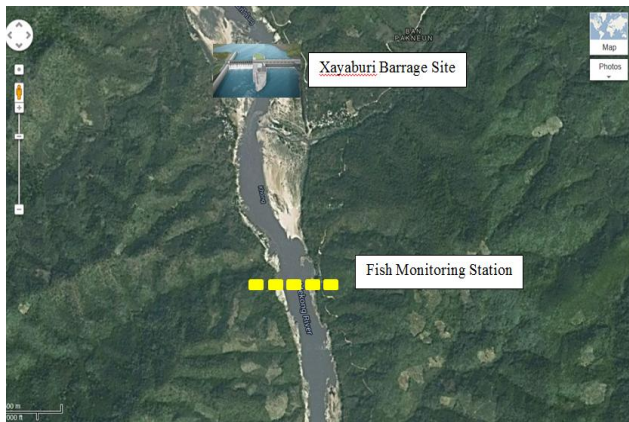
3.2.1 เทคโนโลยีที่ใช้ในการหาข้อมูลก่อนการออกแบบ

ได้แก่การศึกษาการอพยพของปลา ชนิดและสายพันธุ์ของปลา สมรรถนะในการว่ายน้ำของปลาสำหรับปลาที่จะอพยพทวนน้ำ และการทำแบบจำลองทางศาสตร์สำหรับปลาที่จะอพยพตามน้ำ มีรายละเอียดดังนี้คือ

1. การศึกษาการอพยพของปลา

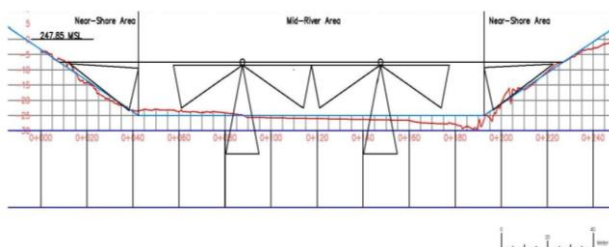
โครงการฯ ได้ว่าจ้างบริษัท Terraplant Ltd., ประเทศ สวิสเซอร์แลนด์ เป็นผู้ดำเนินการศึกษาในระหว่างเดือนมีนาคม 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556

บริษัทได้กำหนดจุดสำรวจที่บริเวณท้ายน้ำ ห่างจากที่ตั้งโครงการ ประมาณ 2 กิโลเมตร เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีท้องน้ำที่ค่อนข้างเรียบ เหมาะสมแก่การสำรวจ ดังรูปที่ 3.1

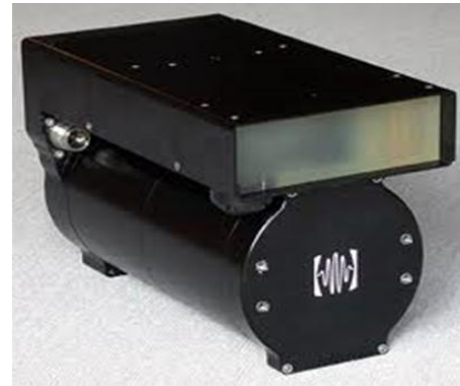


รูปที่ 3.1 ที่ตั้งของจุดสำรวจปลา

การสำรวจ จะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วน คือริมแม่น้ำ 2 ส่วนและ กลางแม่น้ำ 2 ส่วน (รูปที่ 3.2) เพื่อให้สอดคล้องกับสมรรถนะของกล้อง สำรวจ (Hydro-acoustic camera) (รูปที่ 3.3) โดยติดตั้งกล้องไว้ 4 จุด และใช้เวลาตรวจวัดตลอด 24 ชั่วโมง

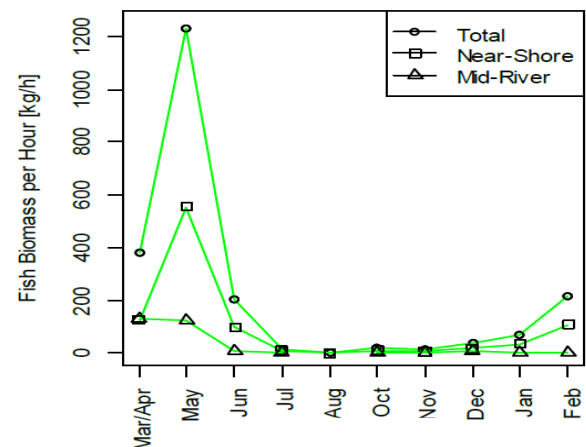


รูปที่ 3.2 จุดสำรวจตามหน้าตัดของแม่น้ำ

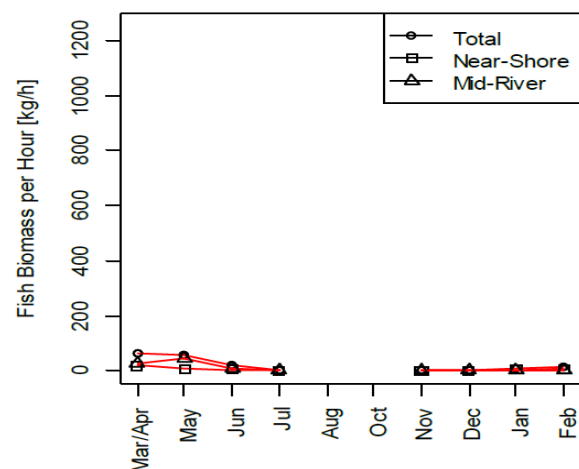


รูปที่ 3.3: เครื่องมือในการสำรวจ Hydro-acoustic Camera

ผลการศึกษา พบว่าน้ำหนักมวลปลาที่อพยพทวนน้ำนั้นมีปริมาณ เฉลี่ยสูงสุดในเดือนพฤษภาคมคือ 1,233 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในเดือน อื่นๆมีปริมาณค่อนข้างน้อยดังรูปที่ 3.4 สำหรับมวลปลาที่อพยพตาม น้ำมีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดที่ 61 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในระหว่างเดือน มีนาคม ถึงเดือนเมษายน ในเดือนอื่นๆมีปริมาณค่อนข้างน้อย เช่นเดียวกัน (รูปที่ 3.5) ทั้งนี้ ปลาที่อพยพส่วนใหญ่ร้อยละ 70 จะเป็น ปลาขนาดเล็กกว่า 30 เซนติเมตร มีปลาขนาดใหญ่กว่า 1 เมตร จำนวนน้อย



รูปที่ 3.4 มวลปลาอพยพทวนน้ำระหว่างปีพ.ศ. 2555-2556



รูป 3.5: มวลปลาอพยพตามน้ำระหว่างปีพ.ศ. 2555-2556

2. การศึกษาชนิดและสายพันธุ์ปลา

โครงการฯ ได้ว่าจ้างบริษัท TEAM Consulting Engineering and Management Co., Ltd. เป็นผู้ดำเนินการศึกษา ระหว่างเดือนมีนาคม 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 โดยทำการสำรวจในจุดใกล้เคียงจุดสำรวจปลา (รูปที่ 3.1) บริษัทได้ทำการสำรวจชนิด และสายพันธุ์ปลา โดยการจับปลา การรับซื้อปลา รวมถึงการสัมภาษณ์จากชาวประมง

การจับปลานั้นได้ใช้เครื่องมือต่างๆกัน อาทิเช่น การวางอวนหรือ ข่ายตักปลา การวางเบ็ดราว การลากแห ทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน โดยใช้ความถี่ของตาข่ายต่างกันระหว่าง 3-16 เซนติเมตร เพื่อจะจับปลาขนาดแตกต่างกัน (รูปที่ 3.6)

ปลาที่จับได้จะถูกวัดขนาด ซึ่งน้ำหนัก ระบุสายพันธุ์ และตรวจสอบภาวะเจริญพันธุ์ ผลการศึกษาพบว่าปลาที่จับได้จริงมี 120 ชนิด และ 45 ชนิดเป็นปลาที่อพยพขึ้นเหนือน้ำ สำหรับสายพันธุ์ปลาที่พบมากเป็นปลาเกล็ด เช่น ปลาสะแกง (*Puntius falcifer*) และปลามาง (*Sikukia gudgeri*) ส่วนปลาหนังที่พบมาก คือปลานางแดง (*Phalacrodon micronemus*) และปลาเค็ง (*Hemibagrus wyckioides*) และมีปลาที่ใกล้จะสูญพันธุ์อีก 2 ชนิด คือปลาฝาย (*Dasyatis laosensis*) และปลาหมากผาง (*Tenualosa thibaudeaui*)



รูป 3.6 การจับปลาเพื่อศึกษาชนิดและสายพันธุ์

3. การศึกษาสมรรถนะในการว่ายทวนน้ำของปลา

โครงการฯ ได้ว่าจ้างบริษัท Fishtek Consulting Ltd., ประเทศอังกฤษ เป็นผู้ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนเมษายน ถึงเดือนมิถุนายน 2557 โดยตั้งสถานที่ทดสอบบริเวณด้านเหนือของโครงการฯ

บริษัทได้ใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณ (PIT-Tag) ติดที่ครีบท้องปลา (รูปที่ 3.7) ในปลาหลายประเภท โดยทดสอบในรางน้ำทดสอบ (Flume) (รูปที่ 3.8) ที่ใช้ความเร็วน้ำที่แตกต่างกัน 3 กรณี คือ 0.8, 1.2 และ 1.6 เมตรต่อวินาที ผลการทดลองพบว่าความเร็วน้ำที่เหมาะสมสำหรับปลาส่วนใหญ่ คือ 0.75-1.6 เมตรต่อวินาที

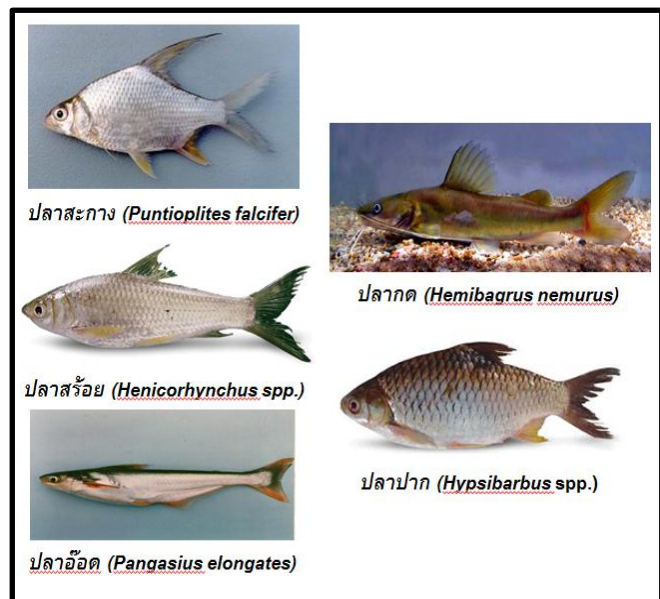


รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ส่งสัญญาณ (PIT-Tag)



รูปที่ 3.8 รางน้ำทดสอบ (Flume)

นอกจากนั้น บริษัทยังได้ทำการทดลองหาค่าความเร่งของปลา (Burst Speed) โดยเลือกปลา 5 ชนิดได้แก่ ปลาปาก (*Hypsibarbus spp.*), ปลาสะแกง (*Puntius falcifer*), ปลาอีตด (*Pangasius elongates*), ปลาสร้อย (*Henicorhynchus spp.*), และปลากด (*Hemibagrus nemurus*) (รูปที่ 3.9) ผลการทดลองพบว่าปลาสามารถเร่งความเร็วได้มากกว่า 9.5 เท่าของความยาวปลาต่อวินาที และสามารถคงความเร็วได้ 20 วินาที



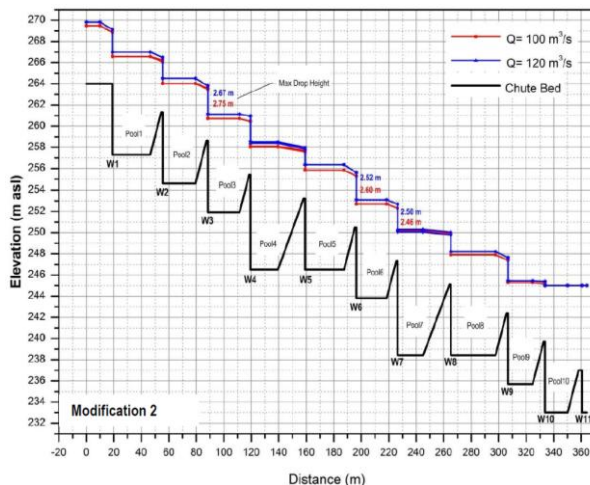
รูปที่ 3.9 ปลาที่ใช้ในการทดสอบ

4. การทำแบบจำลองทางชลศาสตร์

โครงการฯ ได้ว่าจ้างสถาบัน Asian Institute of Technology สาขา Water Engineering and Management เพื่อทำแบบจำลองทางชลศาสตร์ (Physical Hydraulic Model Test) (รูปที่ 3.10) ตามการออกแบบเบื้องต้น แล้วทดลองดูการไหลและความเร็วของน้ำ พบว่ากระแสน้ำไหลเร็วและมีความปั่นป่วนสูง จึงได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบของช่องทางปลาลงท้ายน้ำ (Downstream Terminal Chute) โดยการเพิ่มระยะทางเป็น 350 เมตร เพื่อลดความลาดชันและเพิ่มแอ่งน้ำ (Pool) เป็น 10 แอ่ง (รูปที่ 3.11) ทำให้การไหลของน้ำเหมาะสมต่อปลาที่จะอพยพตามน้ำ



รูปที่ 3.10 แบบจำลองทางชลศาสตร์

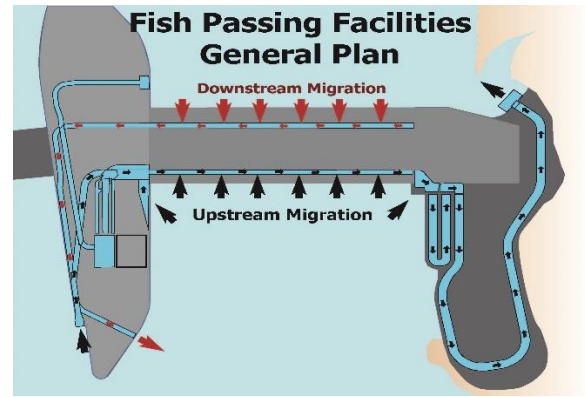


รูปที่ 3.11 ความสูงของน้ำในแอ่งน้ำ

3.2.2 การออกแบบทางปลาผ่านทวนน้ำ (Upstream Migration)

1. แบบทางปลาผ่านเดิม (Outline Design)

ออกแบบโดยบริษัท AF-consult ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เป็นระบบเดี่ยว ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่เกาะกลางผ่านโรงไฟฟ้าไปจนถึงฝั้งซ้ายของแม่น้ำ มีสถานีปั๊มน้ำที่เกาะกลาง ทางปลาเข้าจำนวน 26 ช่อง ช่องทางปลา (Fish Collection Gallery) ผ่านโรงไฟฟ้าไปเชื่อมโยงกับทางปลาผ่านทางฝั้งซ้ายที่มีความยาวประมาณ 800 เมตร กว้าง 10 เมตร และความลาดชัน 5% (รูปที่ 3.12)



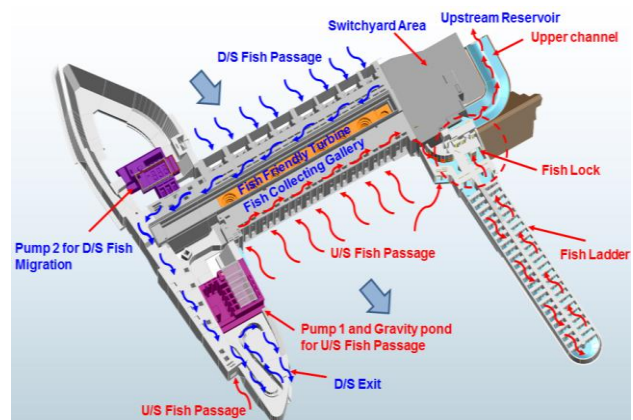
รูปที่ 3.12 ระบบทางปลาผ่าน (เดิม)

2. แบบทางปลาผ่านที่ปรับปรุงใหม่ (Final Design)

ออกแบบโดยบริษัท AF-consult ผ่านการระดมความคิดร่วมกับบริษัท TEAM Consulting Engineering and Management Co., Ltd., Terraplant Ltd., Poyry Energy Ltd., (ที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมของรัฐบาล สปป. ลาว), และ Fishtek Consulting Ltd.

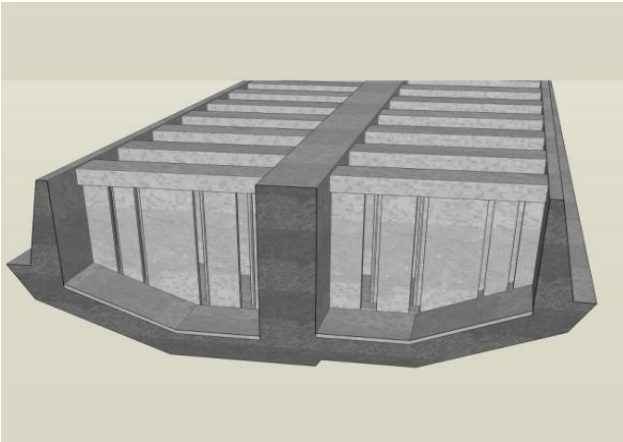
ระบบทางปลาผ่านที่ปรับปรุงใหม่ จะประกอบด้วยระบบทางปลาผ่านหลัก (Main Passage) ซึ่งเป็นระบบผสม (Multi-system) แทนแบบเดิม สำหรับใช้ในชวงดำเนินการผลิตไฟฟ้าในปีพ.ศ. 2562 เป็นต้นไป จะประกอบด้วยทางปลาผ่าน (Fish Ladder) ช่องยกระดับปลา (Fish Locks) และ คลองระดับบน (Upper Channel) นอกจากนี้ได้เพิ่มระบบทางปลาผ่านที่ช่องทางเดินเรือเพื่อให้ปลาสามารถผ่านขึ้นลงในชวงการก่อสร้างระยะที่สอง (พ.ศ. 2558-2562) อีกด้วย

ระบบทางปลาผ่านหลัก (รูปที่ 3.13) จะมีสถานีปั๊มน้ำที่ 1 (Pump station 1) พร้อมแอ่งพักน้ำที่เกาะกลาง ทางปลาเข้าจำนวน 26 ช่อง และช่องทางปลา (Fish Collection Gallery) ผ่านโรงไฟฟ้าเช่นเดียวกับแบบเดิม แต่ทางฝั้งซ้ายจะปรับเปลี่ยนทางปลาผ่านที่ปรับความกว้างจากเดิม 10 เมตร เป็น 18 เมตร และปรับลดความลาดชันเฉลี่ยจาก 5% เป็น 1.2% เพื่อให้ความเร็วน้ำเหมาะสมกับสมรรถนะการว่ายทวนน้ำของปลา และลดความสูงจากประมาณ 36 เมตร เป็น 5.5 เมตร เพื่อเชื่อมต่อกับช่องยกระดับปลาที่มีความสูงประมาณ 30.5 เมตร ปลาจากช่องยกระดับปลาจะว่ายออกสู่เหนือหน้า โดยว่ายผ่านคลองระดับบน (Upper Channel) (รูปที่ 3.13)



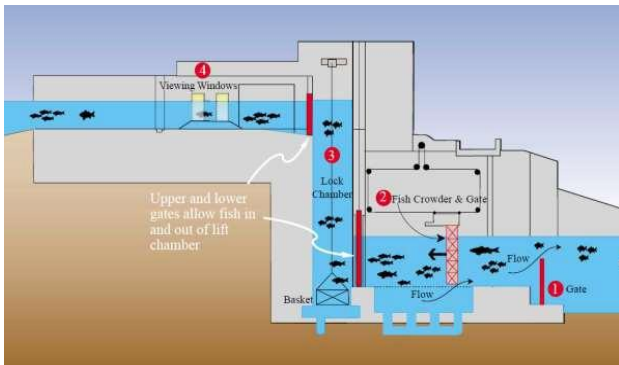
รูปที่ 3.13 ระบบทางปลาผ่าน (ใหม่)

ในทางปลาผ่านซึ่งมีความยาวประมาณ 500 เมตร ประกอบด้วยแอ่งน้ำจำนวน 47 แอ่ง (pool) ในแต่ละแอ่งจะมีช่อง (Slot) 3 ขนาดด้วยกัน คือ ขนาด 0.5 เมตร 2 ช่อง ขนาด 1.0 เมตร และ 1.5 เมตร อย่างละ 1 ช่อง (รูปที่ 3.14) ซึ่งจะควบคุมความเร็วของน้ำให้อยู่ระหว่าง 0.75-0.85 เมตรต่อวินาที 1.1-1.2 เมตรต่อวินาที, และ 1.4-1.6 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ เพื่อให้ปลาที่มีขนาดแตกต่างกันสามารถเลือกใช้ช่องที่มีขนาดแตกต่างกันได้ ขณะเดียวกันได้ออกแบบให้แอ่งน้ำ (Pool) ประกอบด้วยส่วนต้นและลึก เพื่อสร้างที่หลบภัยให้ปลาขนาดเล็ก



รูปที่ 3.14 ทางปลาผ่าน (Fish Ladder)

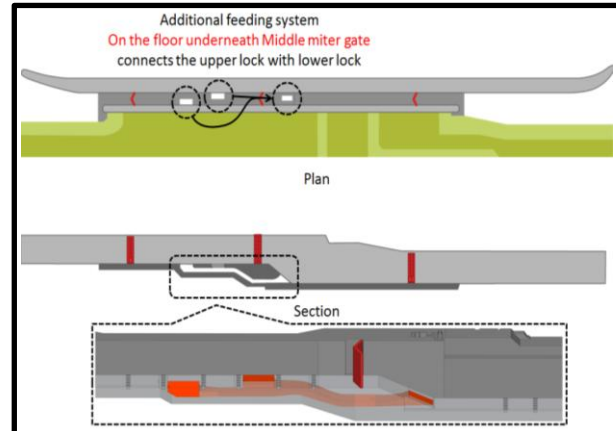
ส่วนประกอบของช่องยกระดับปลา (Fish Locks) จะมีประตูควบคุมน้ำ พร้อมทั้งตะแกรงยกปลาขึ้นสู่คลองระดับบน Upper Channel (รูปที่ 3.15)



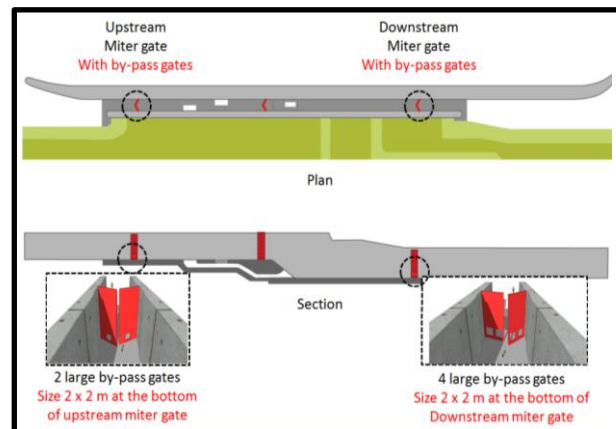
รูปที่ 3.15 ช่องยกระดับปลา (Fish Locks)

ในช่วงการก่อสร้างระยะที่สอง (พ.ศ. 2558-2562) นั้น การผ่านขึ้นลงของปลาอพยพจะใช้ช่องทางเดินเรือ จึงได้ออกแบบเพิ่มอุโมงค์และประตูควบคุมความเร็วกระแสน้ำล่อปลา (รูปที่ 3.16) และมีการปรับลดความชันภายในช่องทางเดินเรือ เพื่อให้ปลาสามารถว่ายขึ้นเหนือน้ำได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังเพิ่มประตูขนาดเล็ก (By-pass valve for Miter Gate รูปที่ 3.17) ที่ประตูควบคุมน้ำบานเหนือน้ำและประตูควบคุมน้ำบานท้ายน้ำ เพื่อให้เกิดกระแสน้ำไหลลอดผ่านประตูควบคุมน้ำบานเหนือน้ำไปสู่ประตูควบคุมน้ำบานท้ายน้ำ เพื่อดึงดูดความสนใจปลาให้ว่ายขึ้นจากช่องพักเรือด้านล่าง (Lower Lock Chamber) ไปสู่ช่องพักเรือ

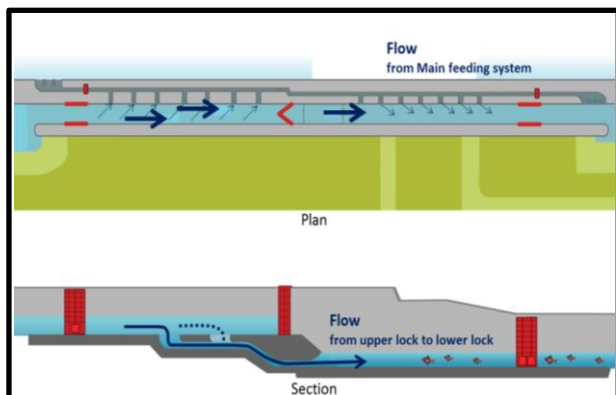
ด้านบน (Upper Lock Chamber) (รูปที่ 3.18) โดยกำหนดค่าความเร็วน้ำเฉลี่ยที่ 1.2 เมตรต่อวินาที



รูปที่ 3.16 อุโมงค์และประตูควบคุมความเร็วกระแสน้ำล่อปลา



รูปที่ 3.17 ประตูขนาดเล็ก (By-pass valve for Miter Gate)



รูปที่ 3.18 ช่องทางเดินเรือ

3.2.3 การออกแบบทางปลาผ่านตามน้ำ (Downstream Migration)

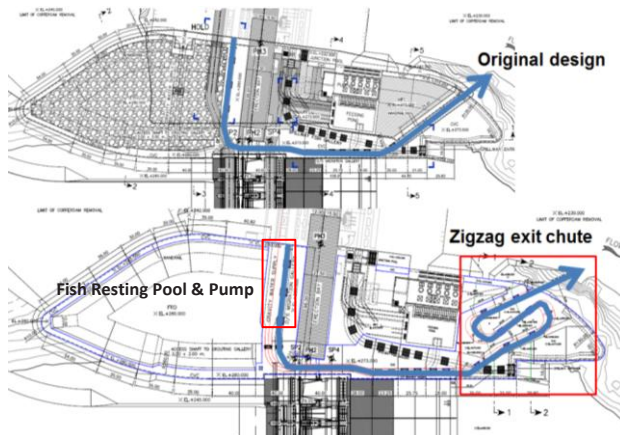
1. แบบทางปลาผ่านเดิม (Outline Design)

ออกแบบโดยบริษัท AF-consult เป็นแบบให้น้ำไหลผ่านโดยธรรมชาติ ใช้ได้เฉพาะฤดูน้ำหลากเท่านั้น โดยมีทางปลาเข้าด้านเหนือน้ำของโรงไฟฟ้าจำนวน 23 ช่อง และเชื่อมต่อกับช่องทางปลาลงท้ายน้ำผ่านเกาะกลาง ให้ปลาหรือสัตว์น้ำว่ายผ่านลงสู่ท้ายน้ำได้ (รูปที่ 3.12)

2. แบบทางปลาผ่านที่ปรับปรุงใหม่ (Final Design)

ออกแบบโดยบริษัท AF-consult โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองผ่านแบบจำลองทางชลศาสตร์ และระดมความคิดร่วมกับบริษัท TEAM Consulting Engineering and Management Co., Ltd., Terraplant Ltd., Poyry Energy Ltd., (ที่ปรึกษาด้านวิศวกรรมของรัฐบาล สปป.ลาว) และ Fishtek Consulting Ltd.

เป็นระบบให้น้ำไหลผ่านโดยการควบคุม ใช้ได้ตลอดทุกฤดูกาล โดยมีช่องทางปลาเข้าด้านเหนือโรงไฟฟ้า 23 ช่องเช่นเดิม มีการปรับปรุงให้มีแอ่งพักปลา (Fish Resting Pool) และเครื่องสูบน้ำขนาด 2 MW จำนวน 3 ชุด ดังรูปที่ 3.19 (รูปล่าง) ที่เกาะกลาง เพื่อสูบน้ำกลับและก่อให้เกิดการไหลของน้ำ เมื่อปลาขนาดเล็กและไข่ปลาสะสมจนมีปริมาณมากพอที่แอ่งพักปลาจึงจะปล่อยลงสู่ช่องทางน้ำที่มีการปรับปรุงให้มีความยาวมากขึ้นและมีความลาดชันลดลง ทำให้การปล่อยปลาขนาดเล็กและไข่ปลาได้รับความบอบช้ำน้อยลง



รูปที่ 3.19 เปรียบเทียบแบบช่องทางปลาลงท้ายน้ำ

3.3 เทคโนโลยีที่ใช้ในการออกแบบระบบระบายตะกอน

3.3.1 เทคโนโลยีที่ใช้ในการหาข้อมูลก่อนการออกแบบ

ได้แก่การสำรวจปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน ศึกษาปริมาณการไหลของตะกอน และการทำแบบจำลองทางชลศาสตร์ มีสาระสำคัญคือ

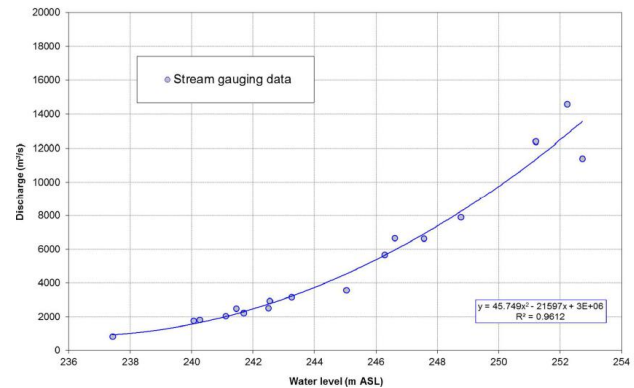
1. การสำรวจปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน-ปริมาณการไหลของตะกอน

โครงการฯได้ว่าจ้าง บริษัท Compagnie Nationale du Rhone Co., Ltd. เป็นผู้ดำเนินการในระหว่าง เดือนเมษายน 2555 ถึง เดือนมีนาคม 2556

การสำรวจ จะทำการวัดความเร็วน้ำ (Velocity) โดยใช้ Valeport ตามรูปที่ 3.20 และระดับน้ำ (Level) ตามตารางที่ 3.1 เพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน โดยใช้วิธี Velocity Area Method แล้ววัดความสัมพันธ์ โดยแสดงเป็น Rating Curve (รูปที่ 3.21) พบว่าระดับน้ำจะปรับขึ้นลงระหว่าง 237.4 masl ถึง 252.7 masl และมีปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน (River Flow) 800 ถึง 14,500 cms



รูปที่ 3.20 เครื่องมือวัดความเร็วน้ำ (Valeport)

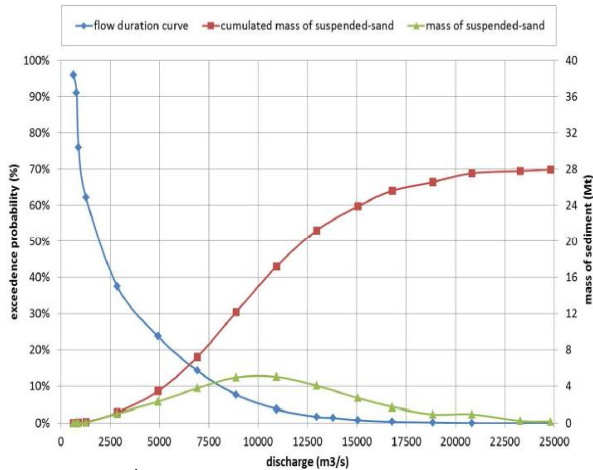


รูปที่ 3.21 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน (Rating Curve)

ตารางที่ 3.1 ระดับน้ำและปริมาณการไหลของน้ำ

ลำดับ	ว/ด/ป	ปริมาณการไหล (cms)	ระดับน้ำ (masl)	พื้นที่หน้าตัด (m²)	ฤดู
1	2/4/55	806	237.4	1,990.5	แล้ง (เม.ย. 55)
2	12/5/55	2,490	242.5	3,357.6	แล้ง (พ.ค. 55)
3	9/6/55	2,222	241.7	3,290.2	ฝน (มิ.ย. 55)
4	25/6/55	2,028	241.1	3,034.5	ฝน (มิ.ย. 55)
5	13/7/55	3,555	245.0	4,203.4	ฝน (ก.ค. 55)
6	5/8/55	12,374	251.2	7,317.7	ฝน (ส.ค. 55)
7	19/8/55	14,588	252.2	7,367.5	ฝน (ส.ค. 55)
8	26/8/55	11,390	252.7	6,289.2	ฝน (ส.ค. 55)
9	9/9/55	7,892	248.8	5,899.9	ฝน (ก.ย. 55)
10	9/10/55	6,631	247.6	5,321.6	ฝน (ต.ค. 55)
11	17/10/55	6,655	246.6	5,372.2	ฝน (ต.ค. 55)
12	1/11/55	5,655	246.3	5,009.5	แล้ง (พ.ย. 55)
13	17/11/55	3,151	243.3	3,795.2	แล้ง (พ.ย. 55)
14	12/12/55	2,931	242.6	3,921.0	แล้ง (ธ.ค. 55)
15	13/1/56	2,465	241.5	3,574.6	แล้ง (ม.ค. 56)
16	15/2/56	1,758	240.1	2,927.7	แล้ง (ก.พ. 56)
17	4/3/56	1,811	240.3	2,950.3	แล้ง (มี.ค. 56)

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการไหลของตะกอนแขวนลอยในฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม) อยู่ระหว่าง $0.069-1.569 \text{ m}^3/\text{day}/\text{m}^2$ และในช่วงฤดูฝน (เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม) อัตราการไหลของตะกอนแขวนลอยอยู่ระหว่าง $1.775-44.236 \text{ m}^3/\text{day}/\text{m}^2$ ดังรูปที่ 3.22 และพบว่าประมาณ 97% ของปริมาณตะกอนทั้งหมดเป็นตะกอนแขวนลอย และ 3% เป็นตะกอนหนัก

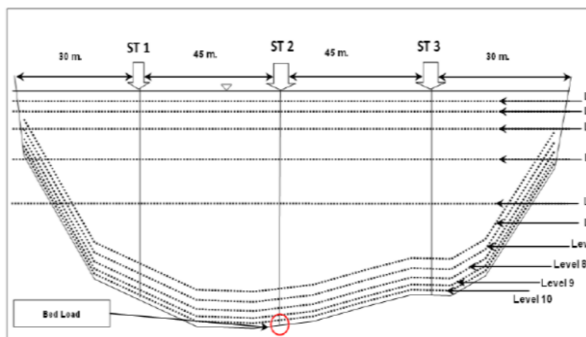


รูปที่ 3.22 อัตราการไหลของตะกอนแขวนลอย

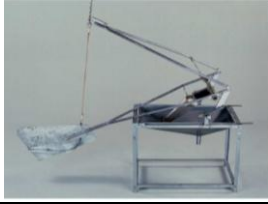
2. การสำรวจลักษณะของตะกอน

โครงการฯ ได้ว่าจ้าง บริษัท STS Green Co., Ltd. เป็นผู้ดำเนินการในระหว่าง เดือนเมษายน 2555 ถึง เดือนมีนาคม 2556 บริษัทฯ ได้กำหนดจุดสำรวจที่บริเวณเหนือน้ำ ห่างจากที่ตั้งโครงการฯ ประมาณ 3 กิโลเมตร เป็นจุดสำรวจปริมาณน้ำที่ไหลผ่านและเก็บตัวอย่างตะกอน

การสำรวจจะแบ่งแม่น้ำเป็น 3 จุด และเก็บตัวอย่างตะกอนแขวนลอย (Suspended Sediment) 30 ตัวอย่าง จาก 10 ระดับความลึกของแม่น้ำ และเก็บตัวอย่างตะกอนหนัก (Bed Load) 1 ตัวอย่าง ที่ท้องน้ำ ดังรูปที่ 3.23 โดยใช้ Bed Load Transport Meter Arnhem Type ในการเก็บตะกอนหนัก และใช้ Suspended Load Sampler Delf Bottle Type ในการเก็บตะกอนแขวนลอย ตามรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.23 จุดเก็บตะกอนตามหน้าตัดของแม่น้ำ

	
จุดสำรวจ (หน้าฝน)	จุดสำรวจ (หน้าแล้ง)
	
เครื่องมือเก็บตะกอนหนัก (Bed Load Transport Meter Arnhem)	เครื่องมือเก็บตะกอนแขวนลอย (Suspended Load Sampler Delf Bottle)
	
วิธีการเก็บตะกอนหนัก	
	
วิธีการเก็บตะกอนแขวนลอย	

รูปที่ 3.24 เครื่องมือเก็บตะกอน

ผลการศึกษาพบว่า ตะกอนแขวนลอยประกอบด้วยควอตซ์ (Quartz) มากกว่า 90% และตะกอนหนักกว่า 88% มีส่วนประกอบเป็นควอตซ์ (Quartz)

3. แบบจำลองทางชลศาสตร์ (Physical Hydraulic Model Test)

ทางโครงการฯ ได้ว่าจ้าง Asian Institute of Technology สาขา Water Engineering and Management เป็นผู้ดำเนินการระหว่าง เมษายน 2555 ถึง มีนาคม 2556

เพื่อทำแบบจำลองทางชลศาสตร์ (Physical Hydraulic Model Test) ตามแบบประตูระบายตะกอน (Low Level Outlet) ที่มีจำนวน 4 บาน ในแต่ละบานมีขนาด กว้าง 12 เมตร สูง 16 เมตร โดยมีฐานประตูที่ระดับต่ำคือ 238 masl ได้จัดทำในอัตราส่วน 1:120 ดังรูปที่ 3.25 และมีประตูระบายตะกอนเป็นแบบประตูบานโค้ง (Radial Gate) อัตราส่วน 1:60 ตามรูปที่ 3.26

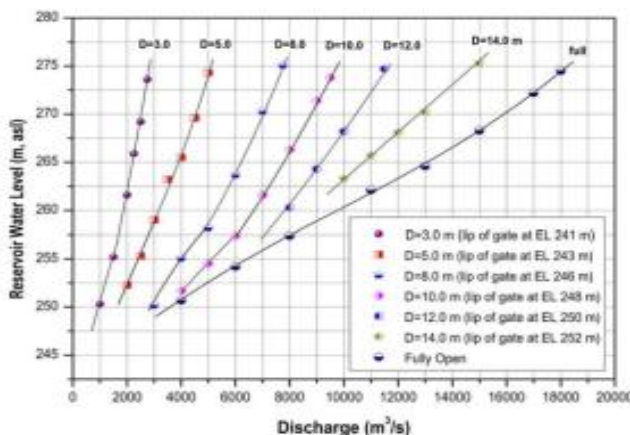


รูปที่ 3.25 แบบจำลองทางชลศาสตร์ 1:120



รูปที่ 3.26 แบบจำลองทางชลศาสตร์ 1:60 (ประทุระบายตะกอน)

จากการทดลองพบว่า การเปิดประตุนระบายตะกอนในช่วงระดับน้ำ 250-275 masl โดยเปิดบางส่วนจนถึงการเปิดประตูเต็มที่ทั้งหมด จะมีปริมาณน้ำไหลผ่านระหว่าง 1,000-18,000 cms และมีความเร็วเฉลี่ย 5.20-21.2 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นปริมาณและความเร็วที่มากพอจะระบายตะกอนออกไปได้ทั้งหมด (รูปที่ 3.27)

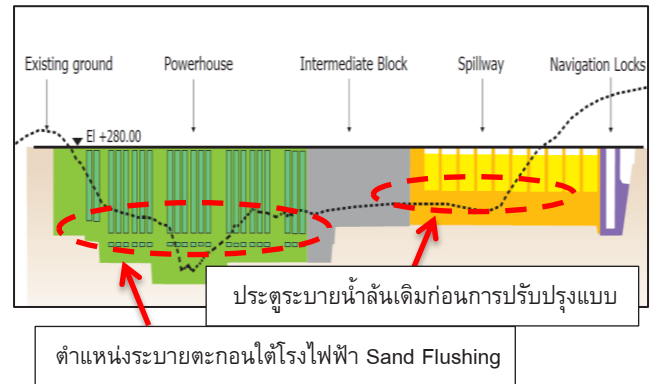


รูปที่ 3.27 อัตราการไหลของน้ำผ่านประตูระบายตะกอน

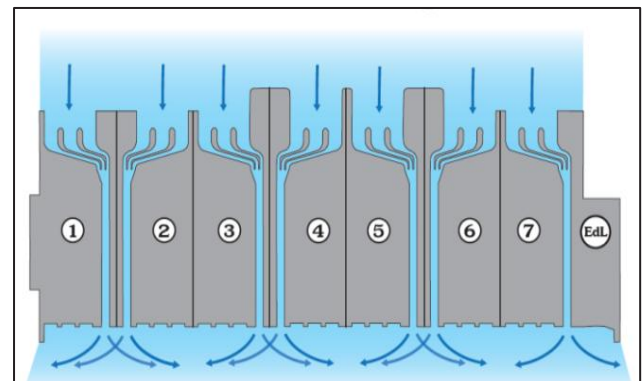
3.3.2 การออกแบบระบบระบายตะกอน

1. ระบบระบายตะกอนแบบเดิม

ได้มีการออกแบบ ให้มีระบบระบายตะกอนใต้โรงไฟฟ้า (Powerhouse Sand Flushing) จำนวน 7 ช่อง รวมพื้นที่หน้าตัด ประมาณ 336 ตารางเมตร ซึ่งมีขนาดเล็ก จึงมีความสามารถระบาย ตะกอนได้ในปริมาณไม่มากนัก ดังรูปที่ 3.28-3.29



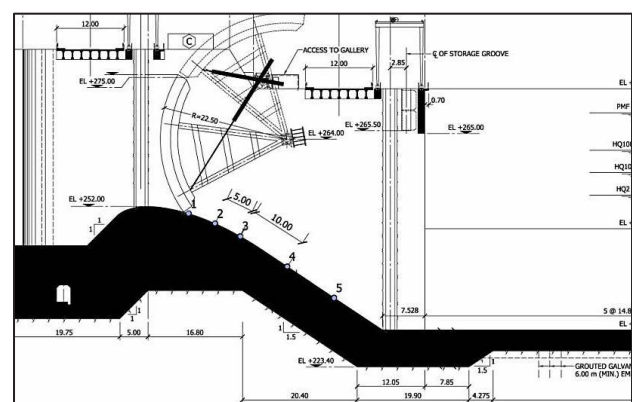
รูปที่ 3.28 ตำแหน่งระบบระบายตะกอนใต้โรงไฟฟ้า



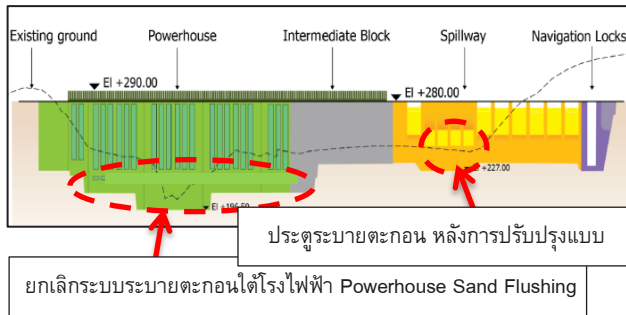
รูปที่ 3.29 รูปตัดขวางระบบระบายตะกอนใต้โรงไฟฟ้า
(Powerhouse Sand Flushing)

2. ระบบระบายตะกอนที่ปรับปรุงใหม่

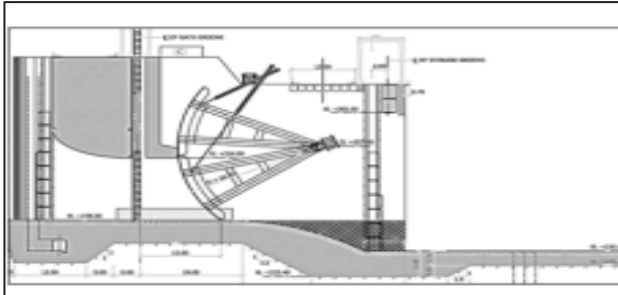
ได้มีการยกเลิกระบบระบายตะกอนใต้โรงไฟฟ้า (Powerhouse Sand Flushing) และได้มีการปรับเปลี่ยนประตูละบายน้ำล้น (Surface Spillway) จำนวน 3 บาน ในแต่ละบาน กว้าง 19 เมตร สูง 21 เมตร ที่ระดับ 252 masl ดังรูปที่ 3.30 ให้เป็น ประตูละบายตะกอนที่มีระดับที่ต่ำ (Low level outlet) จำนวน 4 บาน ในแต่ละบาน มีขนาดกว้าง 12 เมตร สูง 16 เมตร ที่ระดับ 238 masl และเป็นประตูเหล็กบานโค้งซึ่งสามารถระบายน้ำและระบายตะกอนในปริมาณมากได้ทั้งหมด ดังรูป 3.31 และ รูปที่ 3.32



รูปที่ 3.30 รูปตัดประตุนำน้ำ



รูปที่ 3.31 การปรับปรุงประตูระบายตะกอน



รูปที่ 3.32 รูปตัดประตูระบายตะกอน (Low Level Outlet)

4. สรุป

โครงการไฟฟ้าพลังน้ำไซยะบุรี เป็นโครงการระหว่างประเทศขนาดใหญ่ ใช้เงินลงทุนสูง ใช้เวลาในการพัฒนายาวถึง 8 ปี และมีลักษณะที่ซับซ้อน จำเป็นต้องใช้ประสบการณ์ และความเชี่ยวชาญในเกือบทุกสาขาวิชา เรียกได้ว่าเป็นสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ได้อย่างชัดเจน

เทคโนโลยีที่ใช้ในการก่อสร้าง มีลักษณะพิเศษและเฉพาะเจาะจงสำหรับไฟฟ้าพลังน้ำ แต่ก็ใช้เทคโนโลยีพื้นฐาน เช่น เทคโนโลยีด้านดิจิทัลที่นำมาใช้เสริมได้มากมาย ทำให้เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุดสามารถใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับโครงการใหม่ๆ ในอนาคต รวมทั้งใช้ประกอบการศึกษาในสถาบันการศึกษาต่างๆ ได้เป็นอย่างดี