บทที่ 6

ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม

6.1 องค์ประกอบของระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำการศึกษา

ระบบบำบัดน้ำเสียที่จะใช้เป็นกรณีศึกษาในการใช้โปรแกรม CHU ช่วยในการออกแบบนี้ คือ ระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง มีพื้นที่โดยรวมประมาณ 700 ไร่ พื้นที่ในนิคมฯส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรม และบางส่วนเป็นพื้นที่พาณิชย์กรรม

เนื่องจากนิคมฯ นี้เป็นนิคมอุตสาหกรรมที่จัดตั้งขึ้นในยุคแรกๆ จึงไม่มีระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง ดังนั้นในปี พ.ศ. 2540 การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยจึงได้มีดำริให้มีการให้สัมปทานแก่บริษัทเอกชน ในการรับบำบัดน้ำเสียจากโรงงานในเขตนิคมฯ โดยแบ่งการก่อสร้างเป็น 2 ระยะ ซึ่งปัจจุบันได้ออกแบบเสร็จสิ้นไปแล้วโดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาแห่งหนึ่ง ในที่นี้จะขอพิจารณาเพียงระยะเดียวคือ ระยะที่ 2 โดยในระยะที่ 2 ระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องมีขีดความสามารถในการบำบัดน้ำเสียในปีเริ่มต้นซึ่งมีประมาณ 6,000 ลบ.ม./วัน และจะต้องสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียสูงสุดในปีสุดท้ายของโครงการในระยะที่ 2 ซึ่งจะมีน้ำเสีย 8,000 ลบ.ม./วัน โดยไม่มีการปรับปรุงขยายโครงสร้างนั่นคือ ไม่มีการแก้ไของค์ประกอบทางชลศาสตร์ใดๆ

จากปริมาณน้ำเสียดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียจะต้องรองรับภาระทางชลศาสตร์เพิ่มขึ้นถึง 33% ในปีสุดท้าย ดังนั้น ถ้ามีการออกแบบทางชลศาสตร์ที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดปัญหาในด้านการเดินระบบตามมาได้ เช่น อาจเกิดน้ำล้นในปีท้ายๆ ของโครงการเป็นต้น ดังนั้นการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์ที่ควรต้องดำเนินการอาจแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ 1 อัตราการไหลที่ปีเริ่มต้น และกรณีที่ 2 อัตราการไหลที่ปีสุดท้ายของโครงการ

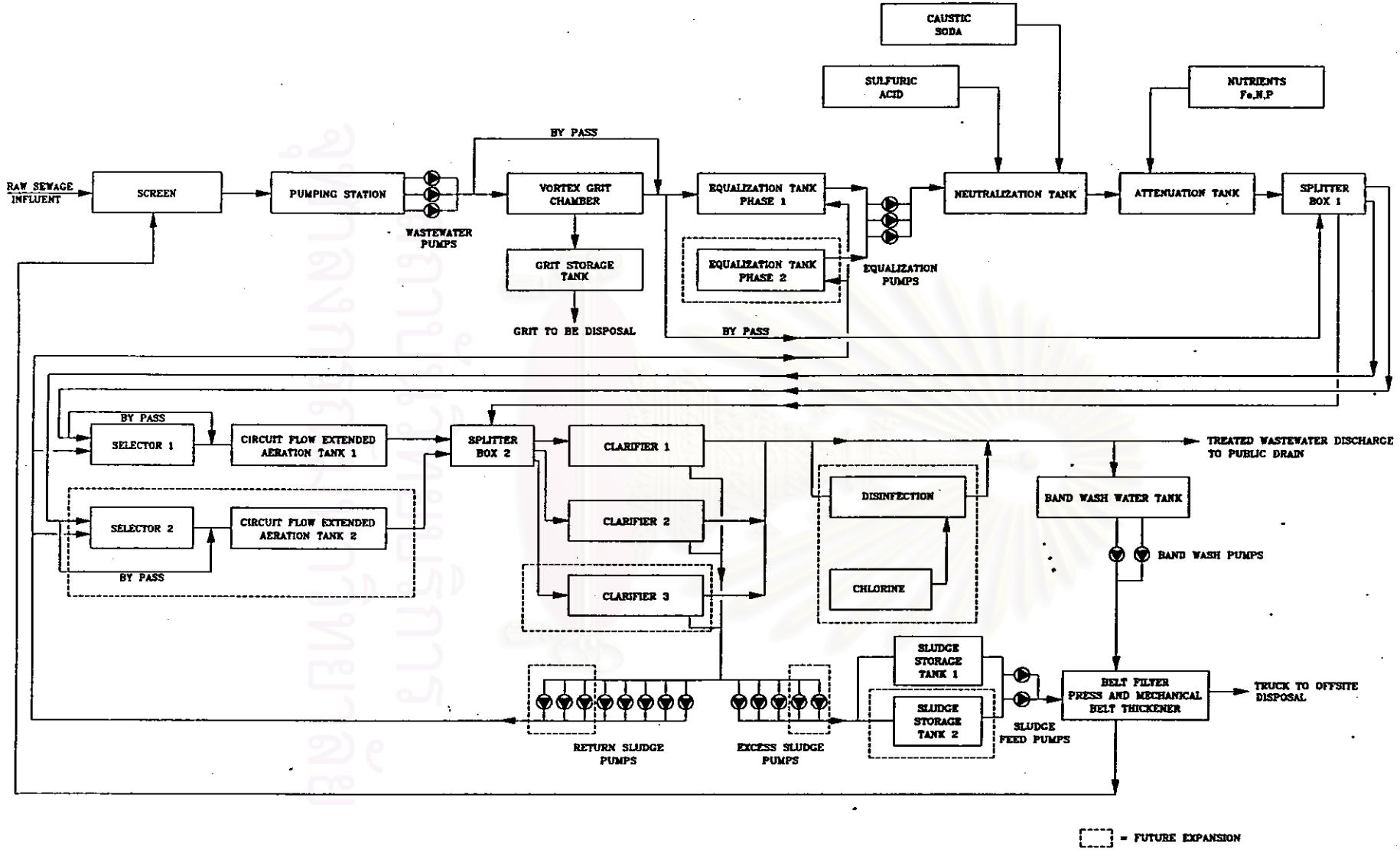
จากข้อมูลที่ได้จากผู้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียนิคมอุตสาหกรรมแห่งนั้น พบว่ากระบวนการบำบัดน้ำเสียที่ใช้เป็นแบบ Activated Sludge มีหน่วยกระบวนการดังที่แสดงในรูปที่ 6.1 ซึ่งประกอบด้วย

1) สถานีสูบน้ำเสีย (Wastewater Pump Station) จำนวน 1 แห่ง
2) ถังแยกทรายชนิดน้ำวน (Vortex Grit Chamber) จำนวน 1 ถัง
3) ถังพักปรับสภาพและอัตราการไหล (Equalization Tank) จำนวน 2 ถัง
4) ถังปรับความเป็นกรดด่าง 1 และ 2 (Neutralization and Attenuation Tank) จำนวนอย่างละ 1 ถัง
5) ถังแบ่งอัตราการไหล 1 (Flow Splitter Box 1) จำนวน 1 ถัง
6) ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) จำนวน 3 ถัง
7) ถังแบ่งอัตราการไหล 2 (Flow Splitter Box 2) จำนวน 1 ถัง
8) ถังตกตะกอน (Clarifier) จำนวน 3 ถัง

6.2 ผลการคำนวณทางชลศาสตร์โดยใช้โปรแกรมส่วนออกแบบ

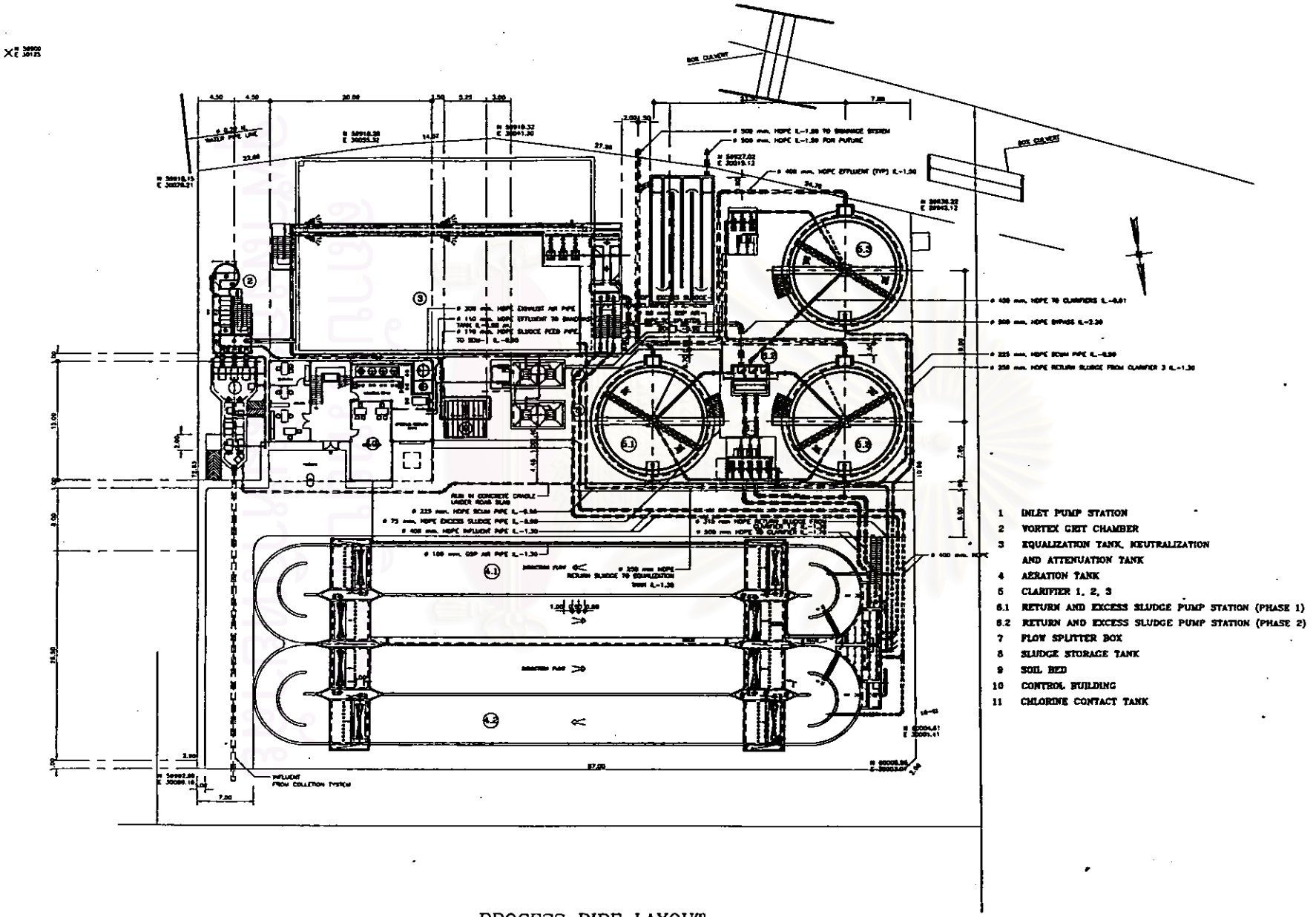
จากข้อมูลที่ได้จากผู้ออกแบบ ลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสียของนิคมฯ จะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 6.2 โดยในรูปดังกล่าวจะแสดงขนาดท่อที่เชื่อมระหว่างแต่ละหน่วยกระบวนการด้วย สำหรับขนาดของหน่วยกระบวนการแต่ละส่วนจะเป็นไปตามที่สรุปไว้ในภาคผนวก ข.

เนื่องจากเป็นระบบบำบัดที่ออกแบบเสร็จสิ้นไปแล้ว การทดลองใช้โปรแกรมส่วนคำนวณเพื่อเปรียบเทียบกับงานออกแบบจริง จึงทำได้เพียงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมส่วนคำนวณกับขนาดจริงที่ผู้ออกแบบทำไว้ โดยในที่นี้จะทดลองเปรียบเทียบเฉพาะในส่วนของถังเติมอากาศและถังตกตะกอนเท่านั้น



WWTP SCHEMATIC FLOW DIAGRAM

รูปที่ 6.1 แผนผังแสดงหน่วยกระบวนการของระบบบำบัดน้ำเสีย



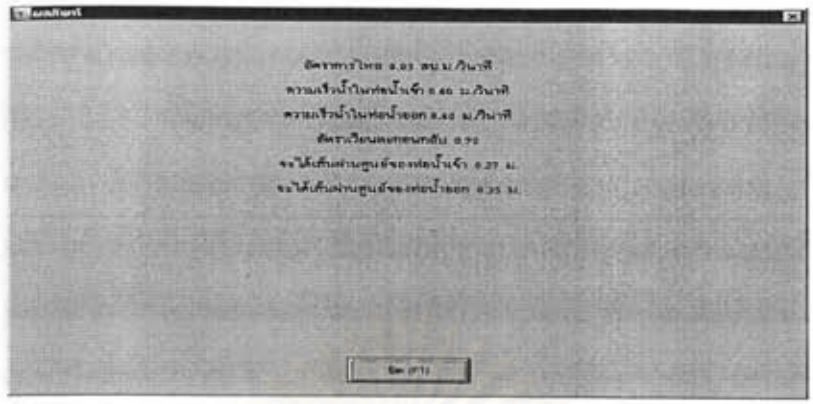
รูปที่ 6.2 ผังบริเวณของระบบบำบัดน้ำเสีย

ในการทดลองใช้โปรแกรมในส่วนออกแบบ จะใช้ข้อมูลอัตราการไหลของน้ำเสียต่ำสุด เท่ากับ 6,000 ลบ.ม./วัน หรือคิดเป็น 0.06944 ลบ.ม./วินาที และ 8,000 ลบ.ม./วัน หรือคิดเป็น 0.0926 ลบ.ม./วินาที โดยคิดเป็นอัตราการไหลต่อถังเติมอากาศ 1 ถัง เท่ากับ 0.03472 ลบ.ม./วินาที และ 0.0463 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ และคิดเป็นอัตราการไหลต่อถังตกตะกอน 1 ถัง เท่ากับ 0.0231 ลบ.ม./ วินาที และ 0.0309 ลบ.ม./วินาที ตามลำดับ

เมื่อทดลองป้อนค่าอัตราการไหล เท่ากับ 0.03472 ลบ.ม./วินาที ให้กับโปรแกรมส่วนออกแบบโดยเลือกองค์ประกอบถังเติมอากาศ และเลือกชนิดผลลัพธ์คือ ขนาดท่อเข้าและท่อออก การทดสอบนี้ใช้ค่าความเร็วท่อน้ำเข้าและท่อน้ำออก เท่ากับ 0.6 ม. ตามที่โปรแกรมได้ตั้งค่าไว้ (default) และใช้อัตราเวียนตะกอนกลับเท่ากับ 0.7 ตามที่ผู้ออกแบบใช้ ผลลัพธ์จากการคำนวณจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 6.3 และเมื่อทดลองเปลี่ยนค่าอัตราการไหลเป็น 0.0463 ลบ.ม./วินาที ผลลัพธ์จากการคำนวณจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 6.4

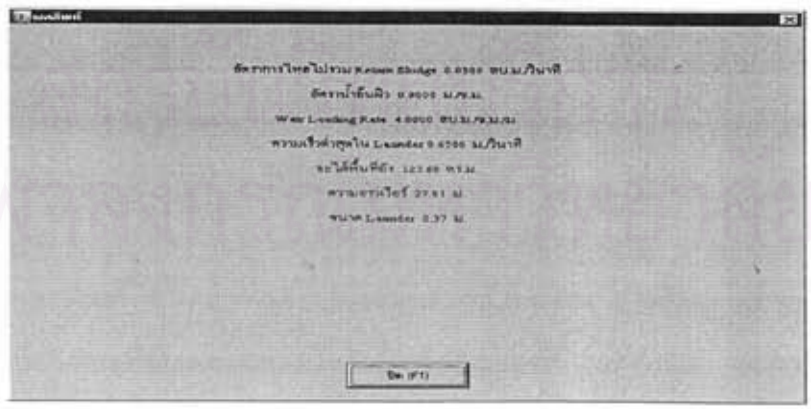
จากผลลัพธ์ดังกล่าวจะพบว่า ขนาดท่อเข้าและท่อออกที่โปรแกรมส่วนออกแบบได้ในกรณีอัตราการไหล 0.03472 ลบ.ม./วินาที จะมีค่า 0.27 ม. และ 0.35 ม. ตามลำดับ สำหรับในกรณีอัตราการไหล 0.0463 ลบ.ม./วินาที จะมีขนาด 0.31 ม. และ 0.41 ม. ตามลำดับ ในที่นี้ท่อที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียตามที่ผู้ออกแบบกำหนดจะเป็นท่อ HDPE PN10 ดังนั้นท่อที่มีขนาดใกล้เคียงที่สุดที่จะใช้เป็นท่อเข้าและออก คือ ท่อขนาด 400 มม. และท่อขนาด 500 มม. ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับ 0.341 และ 0.426 ม. ตามลำดับ ซึ่งจากการเปรียบเทียบกับขนาดท่อที่ผู้ออกแบบเลือกใช้ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 6.2 พบว่า ผู้ออกแบบก็เลือกใช้ขนาดท่อเข้าถังเติมอากาศ (Influent Pipe) เท่ากับ 400 มม. และท่อออกจากถังเติมอากาศ (To Clarifier) มีขนาด 500 มม. เช่นเดียวกับที่คำนวณได้จากโปรแกรม

ในการทดลองใช้โปรแกรมในส่วนออกแบบในการคำนวณถังตะกอนจะใช้อัตราการไหลที่ป้อนให้กับโปรแกรมเท่ากับ 0.0309 ลบ.ม./วินาที ซึ่งเป็นอัตราการไหลสูงสุดต่อถังในปีสุดท้ายของโครงการ โดยเมื่อทดลองป้อนค่าอัตราการไหลดังกล่าวในโปรแกรมส่วนคำนวณ ใช้องค์ประกอบถังตกตะกอน และใช้อัตราน้ำล้นผิว 0.9 ม./ชม. ตามที่ผู้ออกแบบใช้ ใช้ค่า Weir Loading Rate 4 ลบ.ม./ม./ชม. และใช้ความเร็วต่ำสุดในรางรับน้ำ เท่ากับ 0.65 ม./วินาที จะได้ผลการคำนวณดังแสดงในรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.3 ผลลัพธ์ในส่วนออกแบบถังเติมอากาศที่อัตราการไหล 0.03472 ลบ.ม./วินาที

รูปที่ 6.4 ผลลัพธ์ส่วนออกแบบถังเติมอากาศที่อัตราการไหล 0.0463 ลบ.ม./วินาที



รูปที่ 6.5 ผลลัพธ์ส่วนออกแบบถังตกตะกอนที่อัตราการไหล 0.0309 ลบ.ม./วินาที

จากผลลัพธ์ดังกล่าวจะพบว่า พื้นที่ถังที่คำนวณได้จะมีค่า 123.6 ตร.ม. ความยาวเวียร์ต่ำสุดเท่ากับ 27.81 ม. และขนาดรางรับน้ำ 0.37 ม. เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ผู้ออกแบบใช้ตามที่แสดงในภาคผนวก ข. จะพบว่าค่าพื้นที่ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับผู้ออกแบบใช้ ในส่วนความยาวเวียร์นั้นเนื่องจากผู้ออกแบบใช้ถังกลม ซึ่งนิยมทำรางรับน้ำโดยตลอดความยาวเส้นรอบวงอยู่แล้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถังตกตะกอนที่ผู้ออกแบบใช้คือ 13.5 ม. ดังนั้น ดังนั้นความยาวของรางรับน้ำที่ผู้ออกแบบใช้จะเท่ากับ 42.4 ม. ซึ่งยาวกว่าความยาวเวียร์ต่ำสุดที่คำนวณได้ สำหรับขนาดรางรับน้ำ ผู้ออกแบบเลือกใช้ความกว้างรางเท่ากับ 0.40 เมตร ซึ่งมากกว่า 0.37 ม.เล็กน้อย ทั้งนี้น่าจะเป็นการปรับค่าตัวเลขให้ลงตัว เพื่อสะดวกในการก่อสร้าง

จากการทดลองใช้โปรแกรมส่วนออกแบบเปรียบเทียบกับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียจริงดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่า โปรแกรมให้ผลการคำนวณตรงกับผู้ออกแบบ แต่จะใช้เวลาในการคำนวณน้อยมาก ซึ่งน่าจะช่วยให้ผู้ออกแบบมีเวลาในการวิเคราะห์ทางเลือกที่เหมาะสมได้มากขึ้น

6.3 ผลการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์โดยใช้โปรแกรมส่วนวิเคราะห์

ผู้วิจัยได้ทดลองนำโปรแกรม CHU ในส่วนวิเคราะห์ไปใช้ในการวิเคราะห์ระบบทางชลศาสตร์ของโรงบำบัดน้ำเสียสำหรับนิคมอุตสาหกรรมดังกล่าว โดยอาศัยข้อมูลด้านขนาดองค์ประกอบทางชลศาสตร์ และค่าระดับควบคุมต่างๆ เช่น ระดับสันเวียร์จากผู้ออกแบบ จากนั้นได้นำผลการคำนวณซึ่งได้แก่ ระดับน้ำ และอัตราการไหลเข้าสู่องค์ประกอบต่างๆ ไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณของผู้ออกแบบ เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของโปรแกรม

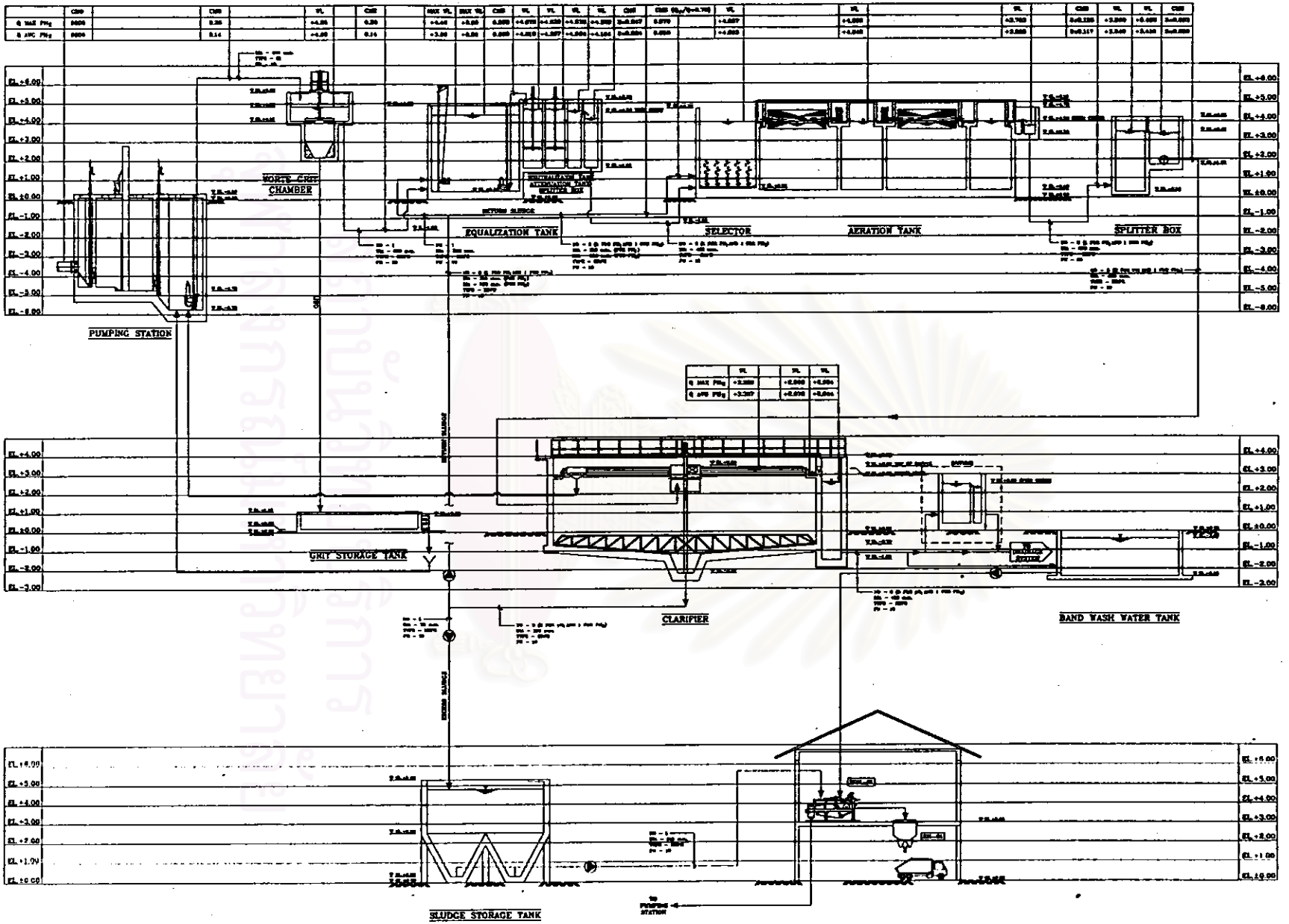
อัตราการไหลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม จะใช้ค่าอัตราการไหลสูงสุดของระบบบำบัดน้ำเสียและอัตราการไหลต่ำสุดของระบบบำบัดน้ำเสียในระยะที่ 2 ซึ่งมีค่า 8,000 และ 6,000 ลบ.ม./วัน ตามลำดับ ระดับน้ำสูงสุดของแหล่งรับน้ำบำบัดแล้ว ซึ่งในกรณีนี้คือ คลองสาธารณประโยชน์ที่อยู่ด้านหลังของระบบบำบัดน้ำเสีย จะถูกสมมติให้มีค่า $\pm$ 0.00 ม. โดยค่าระดับดังกล่าวเป็นระดับเดียวกับระดับดินถมในระบบบำบัดด้วย ในส่วนข้อมูลด้านขนาดขององค์ประกอบทางชลศาสตร์ และระดับควบคุมต่างๆ แสดงไว้ในรูปที่ 6.6 การคำนวณโดยใช้โปรแกรม CHU ส่วนวิเคราะห์จะเลือกวิเคราะห์เฉพาะในส่วนของระบบบำบัดน้ำเสียที่อยู่ถัดจากถังปรับ

สภาพและอัตราการไหล ได้แก่ ส่วนถังปรับความเป็นกรดด่าง จนถึงถังตกตะกอน ซึ่งเป็นส่วนของระบบบำบัดที่เป็นการไหลด้วยแรงโน้มถ่วง โดยไม่มีการยกระดับน้ำโดยใช้เครื่องสูบน้ำ

ผลการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้โปรแกรม CHU ส่วนวิเคราะห์ จะแสดงไว้ในตารางที่ 6.1 และ 6.2 โดยตารางที่ 6.1 จะแสดงผลลัพธ์จากการคำนวณ ได้แก่ อัตราการไหลเข้าแต่ละหน่วยกระบวนการ และระดับน้ำของแต่ละองค์ประกอบทางชลศาสตร์ นอกจากนี้ยังแสดงข้อมูลด้านขนาดและรูปร่างขององค์ประกอบทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณด้วย ส่วนตารางที่ 6.2 จะแสดงเฉพาะค่าผลลัพธ์จากการคำนวณ เท่านั้น

เมื่อนำผลลัพธ์จากตารางทั้ง 2 ไปเปรียบเทียบกับค่าระดับน้ำและอัตราการไหลที่คำนวณโดยผู้ออกแบบ ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 6.6 จะพบว่า ค่าที่คำนวณโดยใช้โปรแกรมมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ผู้ออกแบบคำนวณได้ โดยจะมีค่าแตกต่างกันในหลักมิลลิเมตรเท่านั้น ซึ่งเกิดจากการปัดค่าตัวเลขในการคำนวณ ยกเว้นในส่วนค่าความเสียดทานของท่อ ซึ่งมีความแตกต่างกันในหลักเซนติเมตร ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้ออกแบบใช้สมการ Colebrook White ในการคำนวณ ส่วนในโปรแกรม CHU จะใช้สมการ Hazen William นอกจากนี้ค่าคงที่ที่ใช้ในสมการทั้งสองยังแตกต่างกัน ทำให้ค่าที่คำนวณได้แตกต่างกันอยู่บ้าง แต่ก็อยู่ในช่วง 1 ถึง 2 ซม. เท่านั้น ซึ่งมีผลต่อระบบทางชลศาสตร์ โดยรวมของระบบบำบัดน้ำเสียไม่มากนัก รูปที่ 6.7 เป็นแผนผังแสดงระดับน้ำที่โปรแกรม CHU ได้ สร้างขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้ออกแบบได้เห็นภาพรวมของระบบทางชลศาสตร์ของโรงบำบัดน้ำเสียได้ดีขึ้น

จากข้อมูลทดสอบดังกล่าว จะเห็นได้ว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นตามวิทยานิพนธ์นี้มีความสามารถในการวิเคราะห์ค่าชลศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ระบบทางชลศาสตร์ของโรงบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้จากการทดสอบดังกล่าวซึ่งเป็นการทดสอบภายใต้สภาวะที่มีข้อมูลด้านองค์ประกอบทางชลศาสตร์อย่างครบถ้วน ผู้วิจัยได้ใช้เวลาในการกรอกข้อมูลทั้งหมด รวมทั้งเวลาที่โปรแกรมใช้ในการคำนวณ การแสดงผล และการจัดพิมพ์ผลลัพธ์ ประมาณ 1 ชั่วโมง เท่านั้น ซึ่งนับว่ารวดเร็วมากเมื่อเทียบกับการใช้เครื่องคำนวณอิเลคทรอนิคส์ หรือการใช้โปรแกรม Spread sheet ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้โปรแกรม CHU ช่วยในการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์ จะช่วยประหยัดเวลาในการคำนวณของผู้ออกแบบได้อย่างมาก



HYDRAULIC PROFILE

รูปที่ 6.6 แผนผังแสดงระดับน้ำของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยผู้ออกแบบ

ตารางที่ 6.1 ผลการคำนวณระดับน้ำอัตราการไหล และข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจากโปรแกรม CHU

ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ				
1	40	จุดน้ำเข้า	0.093	4.6773	4.6773						
			0.069	4.6182	4.6182						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	ระดับท้องอุปกรณ์	ความกว้าง	ความสูง	Cd
2	21	ประตูน้ำและออริฟิส	0.0932	4.6773	4.6568	1	1	3	0.35	0.7	0.6
			0.0692	4.6182	4.6069						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	ระดับท้องอุปกรณ์	ความกว้าง	ความสูง	Cd
3	21	ประตูน้ำและออริฟิส	0.0932	4.6568	4.6371	1	1	4	0.5	0.5	0.6
			0.0692	4.6069	4.5961						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	ระดับท้องอุปกรณ์	ความกว้าง	ความสูง	Cd
4	21	ประตูน้ำและออริฟิส	0.0932	4.6371	4.6166	1	1	3	0.35	0.7	0.6
			0.0692	4.5961	4.5848						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	ระดับท้องอุปกรณ์	ความกว้าง	ความสูง	Cd
5	21	ประตูน้ำและออริฟิส	0.0932	4.6166	4.5969	1	1	4	0.5	0.5	0.6
			0.0692	4.5848	4.574						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	ระดับท้องอุปกรณ์	ความกว้าง	ความสูง	Cd
6	21	ประตูน้ำและออริฟิส	0.0932	4.5969	4.5764	1	1	3	0.35	0.7	0.6
			0.0692	4.574	4.5627						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	จำนวนสายที่แบ่ง			
7	26	แบ่งอัตราการไหล	0.0932	4.5764	4.5764	0	0	2			
			0.0692	4.5627	4.5627						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	Weir Crest	ความยาวสันเวียร์	ความกว้างราง	
8	12	เวียร์ไม่เต็มหน้าตัด	0.0466	4.5764	4.2152	1.6	1.6	4.5	1.2	1.4	
			0.0346	4.5627	4.1364						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
9	31	ทางเข้าท่อกลม	0.0466	4.2152	4.2019	0	0	0.341	1		
			0.0346	4.1364	4.1291						

ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ Hazen-William	ความยาวท่อ	
10	7	ท่อแรงดันกลม	0.0466	4.2019	4.1205	0	0	0.341	120	83	
			0.0346	4.1291	4.0822						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
11	16	ข้องอท่อ	0.0466	4.1205	4.1072	0	0	0.341	1.25		
			0.0346	4.0822	4.0749						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
12	35	ทางออกท่อกลม	0.0466	4.1072	4.0939	0	0	0.341	1		
			0.0346	4.0749	4.0676						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ				
13	27	รวมอัตราการไหล	0.0466	4.0939	4.0939	0	0	2			
			0.0346	4.0676	4.0676						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	จุดเวียนกลับหมายเลข			
14	39	จุดเวียนน้ำกลับ	0.0931	4.0939	4.0939	0	0	2	32		
			0.0691	4.0676	4.0676						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	จำนวนสายที่แบ่ง			
15	26	แบ่งอัตราการไหล	0.1582	4.0939	4.0939	0	0	2			
			0.1174	4.0676	4.0676						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
16	31	ทางเข้าท่อกลม	0.0791	4.0939	4.0782	0.4	0.4	0.426	1		
			0.0587	4.0676	4.059						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ Hazen-William	ความยาวท่อ	
17	7	ท่อแรงดันกลม	0.0791	4.0782	4.0747	0.4	0.4	0.426	120	4	
			0.0587	4.059	4.057						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
18	35	ทางออกท่อกลม	0.0791	4.0747	4.059	0.4	0.4	0.426	1		
			0.0587	4.057	4.0484						

ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	Weir Crest	ความยาวสันเวียร์		
19	13	เวียร์เต็มหน้าตัด	0.0791	4.059	3.65	0.4	3.3	4	3		
			0.0587	4.0484	3.5903						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
20	31	ทางเข้าท่อกลม	0.0791	3.65	3.6343	0	0	0.426	1		
			0.0587	3.5903	3.5817						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ Hazen-William	ความยาวท่อ	
21	7	ท่อแรงดันกลม	0.0791	3.6343	3.5901	0	0	0.426	120	50	
			0.0587	3.5817	3.5563						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
22	16	ข้องอท่อ	0.0791	3.5901	3.5744	0	0	0.426	2.4		
			0.0587	3.5563	3.5477						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
23	35	ทางออกท่อกลม	0.0791	3.5744	3.5587	0	0	0.426	1		
			0.0587	3.5477	3.5391						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ				
24	27	รวมอัตราการไหล	0.0791	3.5587	3.5587	0	0	2			
			0.0587	3.5391	3.5391						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	จำนวนสายที่แบ่ง			
25	26	แบ่งอัตราการไหล	0.1582	3.5587	3.5587	0	0	2			
			0.1174	3.5391	3.5391						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	Weir Crest	ความยาวสันเวียร์		
26	13	เวียร์เต็มหน้าตัด	0.0791	3.5587	3.4221	0.3	1.7	3.45	1.2		
			0.0587	3.5391	3.3762						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
27	31	ทางเข้าท่อกลม	0.0791	3.4221	3.3981	0	0	0.383	1		
			0.0587	3.3762	3.363						

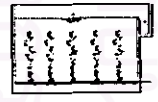
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ Hazen-William	ความยาวท่อ	
28	7	ท่อแรงดันกลม	0.0791	3.3981	3.3729	0	0	0.383	120	17	
			0.0587	3.363	3.3485						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
29	16	ข้องอท่อ	0.0791	3.3729	3.3489	0	0	0.383	1		
			0.0587	3.3485	3.3353						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
30	35	ทางออกท่อกลม	0.0791	3.3489	3.3249	0	0	0.383	1		
			0.0587	3.3353	3.3221						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ				
31	27	รวมอัตราการไหล	0.0791	3.3249	3.3249	0	0	2			
			0.0587	3.3221	3.3221						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	% การแบ่งเทียบกับน้ำเข้า	ไปที่จุดเวียนน้ำกลับหมายเลข		
32	28	แบ่งอัตราการไหลอัตราส่วนคงที่	0.1581	3.3249	3.3249	0	0	70	2		
			0.1173	3.3221	3.3221						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	จำนวนสายที่แบ่ง			
33	26	แบ่งอัตราการไหล	0.093	3.3249	3.3249	0	0	3			
			0.069	3.3221	3.3221						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	Notch Level	Notch Height	จำนวน Notch	Notch Angle
34	11	เวียร์รูปตัววี	0.031	3.3249	3.0199	0	2.9	3.3	0.1	141	90
			0.023	3.3221	2.9979						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	ความสูงของราง	ความกว้างของราง	ความยาวของราง	
35	22	รางรับน้ำ	0.031	3.0199	3.0074	2.9	2.9	0.55	0.8	42.4	
			0.023	2.9979	2.9875						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	ระดับท้องอุปกรณ์	ความกว้าง	ความสูง	Cd
36	21	ประตูน้ำและออริฟิส	0.031	3.0074	0.3528	0	0	2.9	0.5	0.5	0.6
			0.023	2.9875	0.3474						

ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
37	31	ทางเข้าท่อกลม	0.031	0.3528	0.3469	0	0	0.341	1		
			0.023	0.3474	0.3442						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ Hazen-William	ความยาวท่อ	
38	7	ท่อแรงดันกลม	0.031	0.3469	0.1779	0	0	0.341	120	50	
			0.023	0.3442	0.1515						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
39	16	ข้องอท่อ	0.031	0.1779	0.1297	0	0	0.341	0.5		
			0.023	0.1515	0.1111						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ค่าคงที่ k		
40	35	ทางออกท่อกลม	0.031	0.1297	0.1297	0	0	0.341	1		
			0.023	0.1111	0.1111						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ				
41	27	รวมอัตราการไหล	0.031	0	0	0	0	3			
			0.023	0	0						
ลำดับที่	ID Type	คำอธิบาย	อัตราการไหล	ระดับน้ำต้นน้ำ	ระดับน้ำท้ายน้ำ	ระดับท้องต้นน้ำ	ระดับท้องท้ายน้ำ				
42	41	จุดน้ำออก	0.093	0	0						
			0.069	0	0						

ตารางที่ 6.2 ผลการคำนวณระดับน้ำและอัตราการไหลจากโปรแกรม CHU

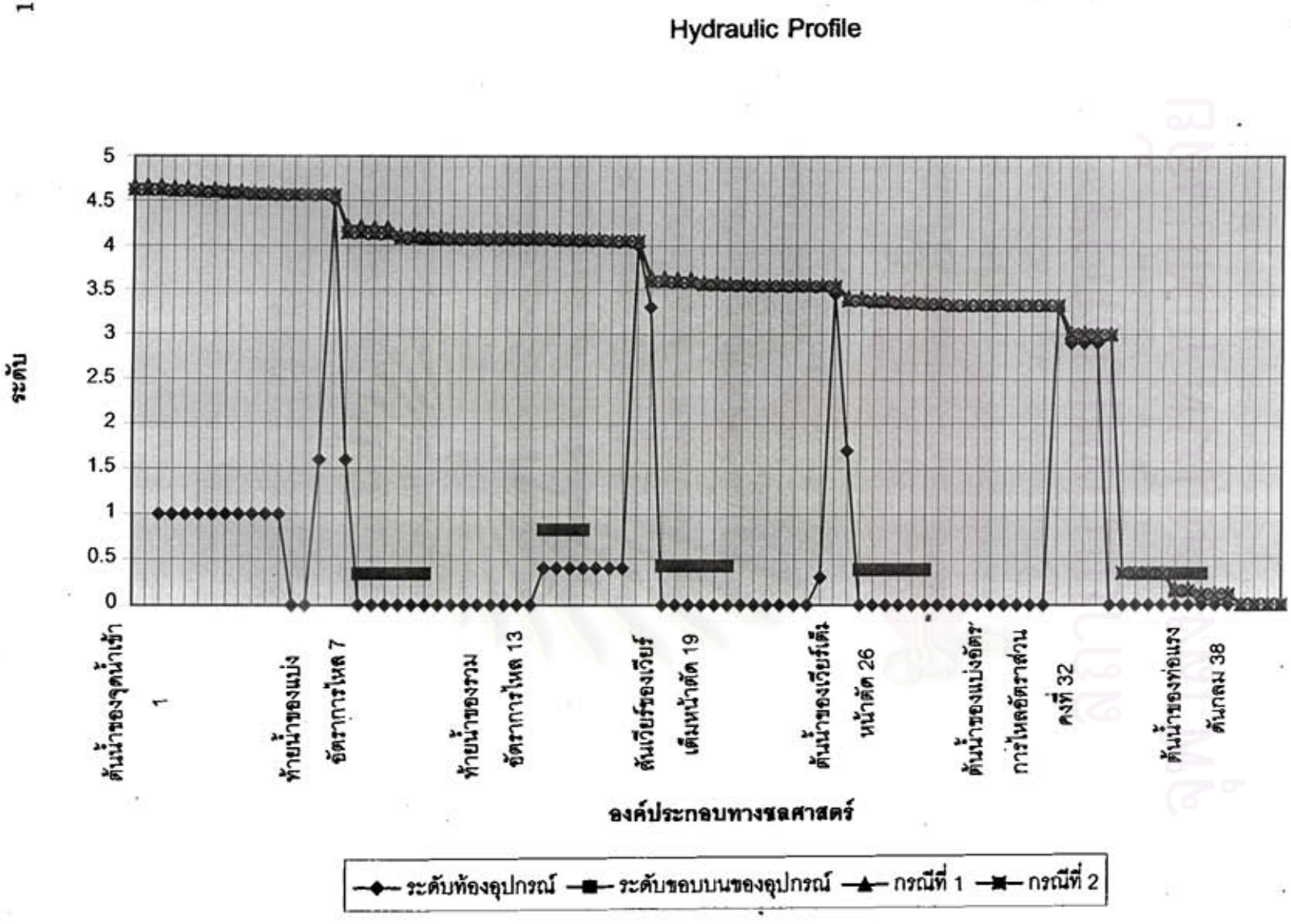
Hydraulic Process Schematic

	จุดน้ำเข้า	ประตูน้ำและอาคาร	ประตูน้ำและอาคาร	ประตูน้ำและอาคาร	ประตูน้ำและอาคาร	ประตูน้ำและอาคาร	แบ่งอัตราการไหล	เรียบไม่เสียดสีน้ำตัด	ทางเข้าท่อลอด	ท่อลอดต้นลอด	ร้องท่อ	ทางออกท่อลอด
อัตราการไหลสาขาที่ 1	0.093	0.0932	0.0932	0.0932	0.0932	0.0932	0.0932	0.0466	0.0466	0.0466	0.0466	0.0466
ระดับน้ำด้านต้นน้ำ	4.6773	4.6773	4.6668	4.6371	4.6166	4.5969	4.5764	4.5764	4.2152	4.2019	4.1205	4.1072
ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ	4.6773	4.6668	4.6371	4.6166	4.5969	4.5764	4.5764	4.2152	4.2019	4.1205	4.1072	4.0939
อัตราการไหลสาขาที่ 2	0.069	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0692	0.0346	0.0346	0.0346	0.0346	0.0346
ระดับน้ำด้านต้นน้ำ	4.6182	4.6182	4.6069	4.5961	4.5848	4.574	4.5627	4.5627	4.1364	4.1291	4.0822	4.0749
ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ	4.6182	4.6069	4.5961	4.5848	4.574	4.5627	4.5627	4.1364	4.1291	4.0822	4.0749	4.0676



	รวมอัตราการไหล	จุดเรียบน้ำตับ	แบ่งอัตราการไหล	ถังสัมผัสอากาศ	ทางเข้าท่อลอด	ท่อลอดต้นลอด	ทางออกท่อลอด	เรียบไม่เสียดสีน้ำตัด	ทางเข้าท่อลอด	ท่อลอดต้นลอด	ร้องท่อ	ทางออกท่อลอด	รวมอัตราการไหล
อัตราการไหลสาขาที่ 1	0.0466	0.0931	0.1582	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791
ระดับน้ำด้านต้นน้ำ	4.0939	4.0939	4.0939	4.0939	4.0939	4.0782	4.0747	4.059	3.65	3.6343	3.5901	3.5744	3.5587
ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ	4.0939	4.0939	4.0939	4.0782	4.0782	4.0747	4.059	3.85	3.6343	3.5901	3.5744	3.5587	3.5587
อัตราการไหลสาขาที่ 2	0.0346	0.0691	0.1174	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587
ระดับน้ำด้านต้นน้ำ	4.0676	4.0676	4.0676	4.0676	4.0676	4.059	4.057	4.0484	3.5903	3.5817	3.5563	3.5477	3.5391
ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ	4.0676	4.0676	4.0676	4.059	4.059	4.057	4.0484	3.5903	3.5817	3.5563	3.5477	3.5391	3.5391

	แบ่งอัตราการไหล	เรียบไม่เสียดสีน้ำตัด	ทางเข้าท่อลอด	ท่อลอดต้นลอด	ร้องท่อ	ทางออกท่อลอด	รวมอัตราการไหล	แบ่งอัตราการไหลอัตราส่วนคงที่	ถังสัมผัสอากาศ	แบ่งอัตราการไหล	เรียบรูปตัวว	รางน้ำน้ำ	ประตูน้ำและอาคาร	ทางเข้าท่อลอด	ท่อลอดต้นลอด	ร้องท่อ	ทางออกท่อลอด	รวมอัตราการไหล	จุดน้ำออก
อัตราการไหลสาขาที่ 1	0.1582	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791	0.0791	0.1581	0.093	0.093	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.031	0.093
ระดับน้ำด้านต้นน้ำ	3.5587	3.5587	3.4221	3.3981	3.3729	3.3489	3.3249	3.3249	3.3249	3.3249	3.3249	3.0199	3.0074	0.3528	0.3469	0.1779	0.1297	0.1297	0	0
ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ	3.5587	3.4221	3.3981	3.3729	3.3489	3.3249	3.3249	3.3249	3.3249	3.3249	3.3249	3.0199	3.0074	0.3528	0.3469	0.1779	0.1297	0.1297	0	0
อัตราการไหลสาขาที่ 2	0.1174	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587	0.0587	0.1173	0.069	0.069	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.023	0.069
ระดับน้ำด้านต้นน้ำ	3.5391	3.5391	3.3762	3.363	3.3485	3.3353	3.3221	3.3221	3.3221	3.3221	3.3221	2.9979	2.9875	0.3474	0.3442	0.1515	0.1111	0.1111	0	0
ระดับน้ำด้านท้ายน้ำ	3.5391	3.3762	3.363	3.3485	3.3353	3.3221	3.3221	3.3221	3.3221	3.3221	3.3221	2.9979	2.9875	0.3474	0.3442	0.1515	0.1111	0.1111	0	0



รูปที่ 6.7 แผนผังแสดงระดับน้ำจากโปรแกรม CHU