บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 วิเคราะห์ปัญหา

จุดประสงค์ของโครงงานนี้คือ การนำเอาน้ำที่เหลือทิ้งจากการกรองมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกครั้งดังนั้นจึงต้องตรวจสอบ และวิเคราะห์สารประกอบที่มีอยู่ในน้ำทิ้งนั้น จากการพิจารณาถึงคุณสมบัติของน้ำและสารประกอบที่เจือปนอยู่ภายในน้ำที่เหลือทิ้งจากการกรองแล้ว พบว่าน้ำเหลือทิ้งดังกล่าวมีค่าของสารเจือปนที่เกินมาตรฐาน อยู่ 8 ค่า คือ คลอไรด์ (Chloride), สี (Color), ฟลูออไรด์ (Fluoride), แมกนีเซียม (Magnesium), สารแขวนลอย (Total Solid), ซัลเฟต (Sulfate), แบคทีเรียคลอลิฟอร์มรวม (Total Coli form Bacteria), แบคทีเรียรวม (Total Bacteria)

จะเห็นได้ว่าน้ำทิ้งเหล่านี้ มีค่าสิ่งเจือปนที่เกินกว่ามาตรฐานของการอุปโภค และ บริโภค ดังนั้นจึงได้หาแนวทางที่จะนำไปใช้ในทางอื่นซึ่งก็คือการใช้ชำระล้างเครื่องสุขภัณฑ์ และรดน้ำต้นไม้นั่นเอง

เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ที่มีใช้ทั้งหมดในโรงงานนั้นทำจากวัสดุที่เรียกว่า วีเทรียส ไชนา เป็นพอสเลนชนิดหนึ่งที่มีความเรียบและผิวมันทำความสะอาดง่าย น้ำไม่สามารถซึมผ่าน และเกาะติดอยู่ได้ เพราะฉะนั้นจึงไม่เกิดผลเสียเมื่อนำน้ำทิ้งดังกล่าวมาใช้เป็นน้ำชำระล้างเครื่องสุขภัณฑ์ และน้ำดังกล่าวก็ไม่มีผลเสียเมื่อนำไปรดต้นไม้ เนื่องจากไม่มีสารที่ทำให้ดินเค็มหรือเปรี้ยวอยู่เลย

น้ำที่ใช้เป็นน้ำที่มีสารเจือปนสูงและเป็นสารที่สามารถทำให้ท่อเหล็กผุกร่อนได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ท่อพลาสติกชนิด โพลีเอทธิลีน (Polyethylene, PE) ที่มีความหนาแน่นสูงเป็นท่อที่ใช้งานเนื่องจากสามารถต้านทานการกัดกร่อน ทนแรงดันที่สูง มีความยืดหยุ่น และสามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตเมื่อเดินท่อลอยรอบโรงงานได้

3.2 การออกแบบระบบส่งจ่ายน้ำ

การออกแบบระบบส่งจ่ายน้ำนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เพราะจำเป็นต้องคำนวณออกแบบให้ได้น้ำที่ไหลได้เพียงพอกับความต้องการของการใช้ และยังต้องมีความดันที่เหมาะสมไม่ทำให้เกิดเสียงดังขึ้นภายในท่อ ขนาดที่ออกแบบต้องเหมาะสมไม่ใหญ่หรือเล็กเกินไป และทำให้

ความดันสูญเสียในท่อน้อยที่สุด โดยการออกแบบเริ่มจาก การประมาณการการใช้น้ำ เพื่อหาอัตราการไหลของน้ำ จากนั้นคำนวณหาขนาดท่อและคำนวณความสูญเสียภายในท่อต่างๆ เพื่อนำไปเลือกอุปกรณ์ในการส่งจ่ายน้ำต่างๆ

3.2.1 การประมาณการใช้น้ำ

เนื่องจากเป็นการออกแบบระบบส่งจ่ายน้ำไปใช้ในเครื่องสุขภัณฑ์ และรดน้ำต้นไม้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องประมาณการการใช้น้ำ เพราะการใช้เครื่องสุขภัณฑ์ หรือ การรดน้ำต้นไม้นั้นไม่ได้ใช้น้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งมีปัจจัยหลายๆ อย่างที่มีผลต่อการพิจารณาการใช้น้ำ เช่น ระยะเวลาการใช้เครื่องสุขภัณฑ์ จำนวนครั้งการใช้ อัตราการไหลของน้ำจากเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชุด และปริมาณน้ำต่อการใช้แต่ละครั้ง เป็นต้น ซึ่งวิธีการประมาณการมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน แต่ในการออกแบบนี้จะใช้วิธีการประมาณโดยใช้ค่าหน่วยสุขภัณฑ์

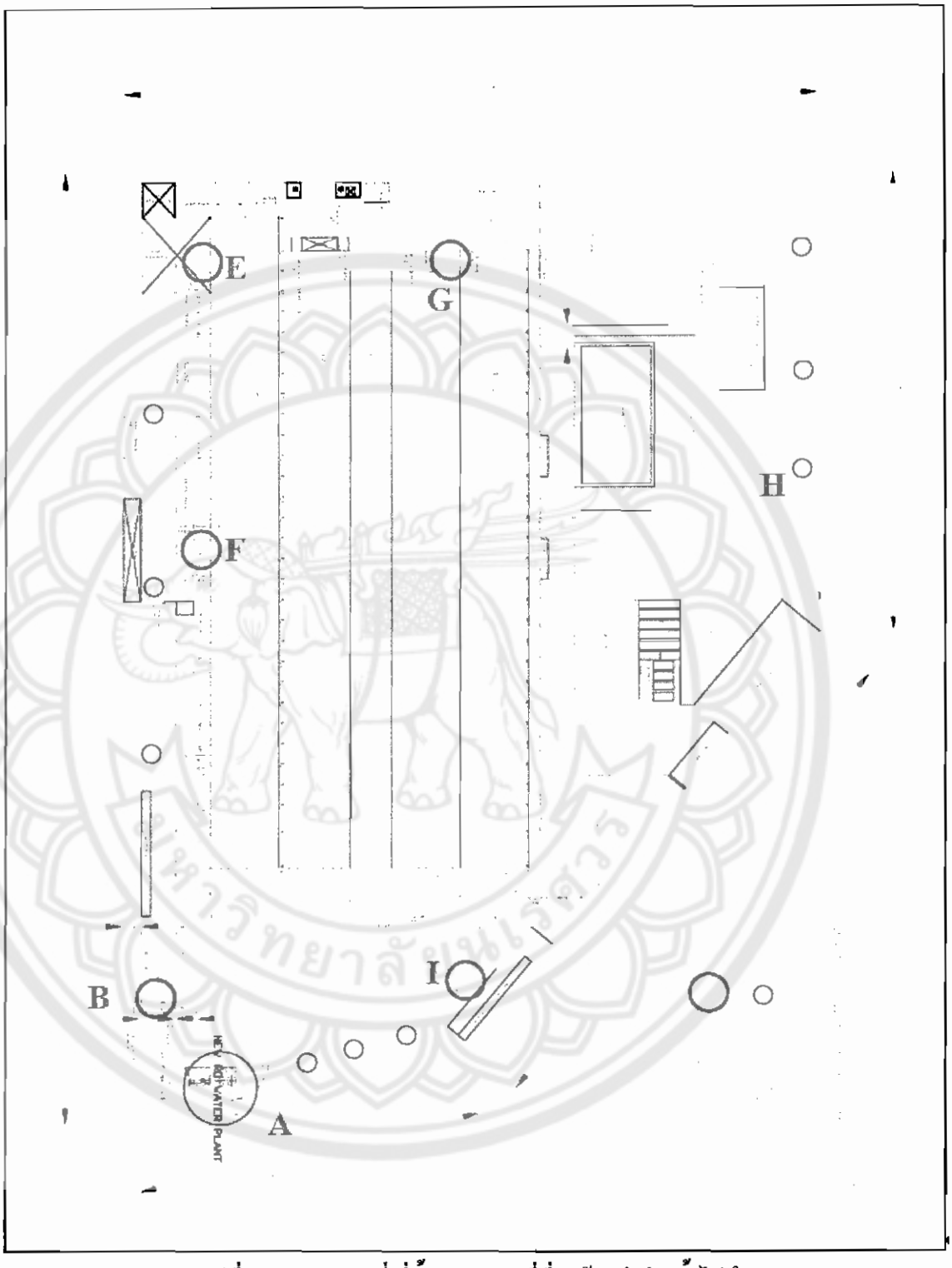
3.2.2 การสำรวจความต้องการน้ำ

เพื่อจะทำการประมาณการการใช้น้ำสูงสุด จะต้องทำการสำรวจสถานที่ ที่จะต้องส่งน้ำไปถึง ระยะทาง และอุปกรณ์ปลายทาง

ตารางที่ 3.1 แสดงสถานที่ที่ต้องส่งน้ำ

	สถานที่
B	ห้องน้ำโรงอาหาร
BC	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ สนามข้างโรงงานฝั่งตะวันตก 3 จุด
E	ห้องน้ำภายในโรงงาน 1
F	ห้องน้ำภายในโรงงาน 2
G	ห้องน้ำภายในโรงงาน 3
H	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ สนามข้างโรงงานฝั่งตะวันออก 3 จุด
I	ห้องน้ำอาคารตู้เก็บของ
AI	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ สนามหน้าโรงงาน 3 จุด

ตารางที่ 3.1 เป็นสถานที่จะต้องส่งน้ำไปถึง โดยแผนที่ที่ตั้งของสถานที่ดังแสดงไว้ในตารางทั้งหมด แสดงไว้ในรูปที่ 3.1



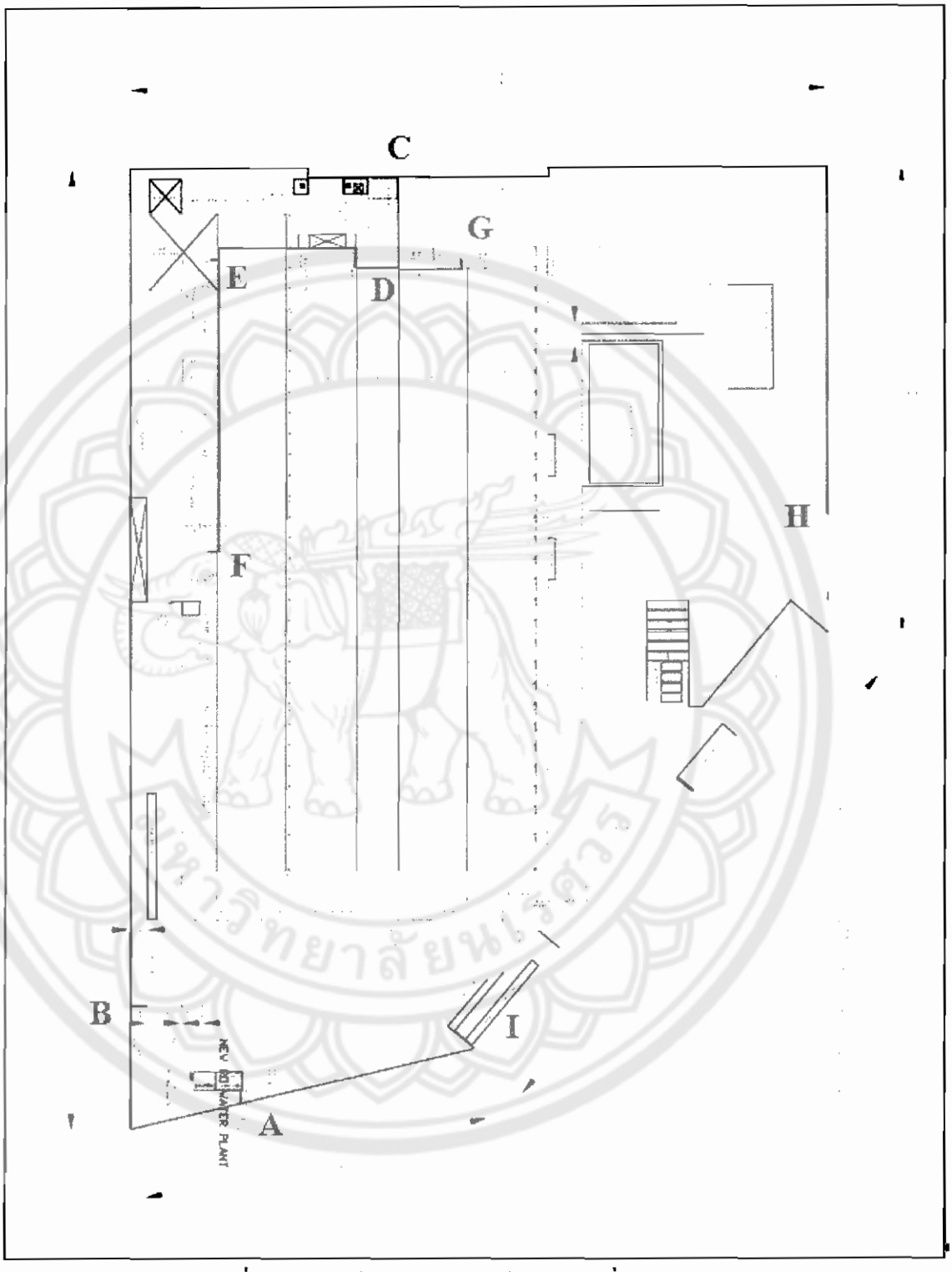
รูปที่ 3.1 แสดงแผนที่ ที่ตั้งของสถานที่ที่จะต้องส่งจ่ายน้ำไปถึง

เมื่อทราบถึงสถานที่จะต้องส่งน้ำไปถึงแล้ว จากการตรวจสอบพบว่าสถานที่ดังกล่าวมีความต้องการน้ำเพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ต่างๆ ดังตาราง 3.2

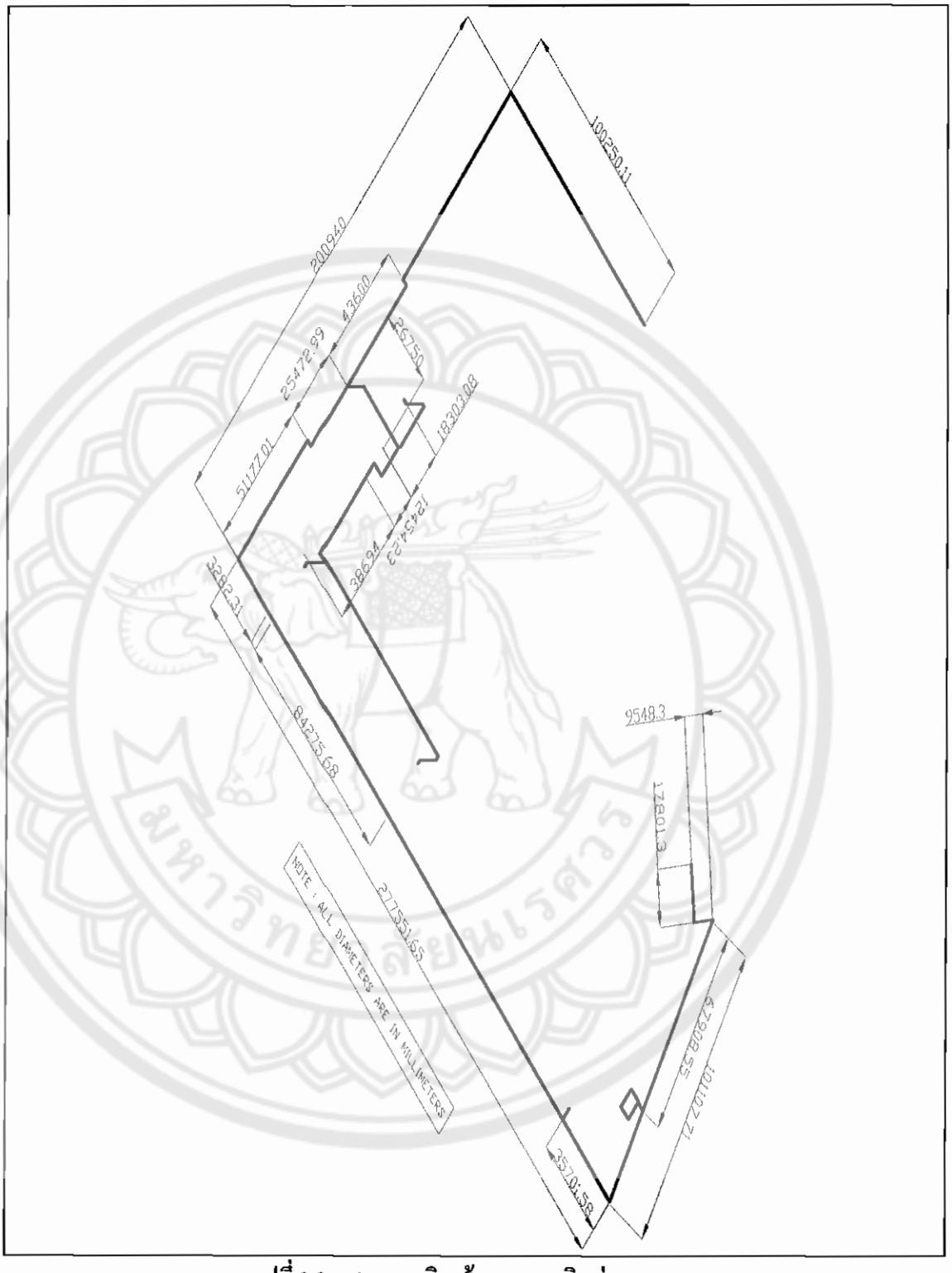
ตารางที่ 3.2 แสดงสถานที่และอุปกรณ์ปลายทาง

	สถานที่	อุปกรณ์ปลายทาง		
		โถส้วม	โถปัสสาวะ	ก๊อกน้ำ
B	ห้องน้ำโรงอาหาร	3	2	0
BC	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ สนามข้างโรงงานฝั่งตะวันตก	0	0	3
E	ห้องน้ำภายในโรงงาน 1	7	3	0
F	ห้องน้ำภายในโรงงาน 2	7	3	0
G	ห้องน้ำภายในโรงงาน 3	7	6	0
H	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ สนามข้างโรงงานฝั่งตะวันออก	0	0	3
I	ห้องน้ำอาคารตู้เก็บของ	7	3	0
AI	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ สนามหน้าโรงงาน	0	0	3

เมื่อทราบสถานที่ที่ต้องส่งน้ำไปถึงแล้ว จากนั้นทำการวางผังทางเดินท่อ ซึ่งเส้นทางเดินท่อจะต้องมีระยะทางเดินให้น้อยที่สุดและเหมาะสมกับสถานที่ที่สุด ซึ่งเส้นทางการเดินท่อแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 แสดงเส้นทางการเดินท่อไปสู่สถานที่ต่างๆ



รูปที่ 3.3 แสดงการเดินเส้นทางการเดินท่อ

3.2.3 การประมาณการการใช้น้ำโดยเทียบเป็นหน่วยสุขภัณฑ์

เมื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์ต่างๆ เป็นหน่วยสุขภัณฑ์จากตารางที่ 2.1 และประมาณอัตราการไหลของน้ำจากตารางที่ 2.2 โดยคิดว่าเครื่องสุขภัณฑ์ที่มีทั้งหมดเป็นสุขภัณฑ์ที่ใช้สาธารณะ และใช้ประตูน้ำล้างจะได้ดังตาราง 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าหน่วยสุขภัณฑ์ในสถานที่ต่างๆ

	สถานที่	จำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ (FU)
B	ห้องน้ำโรงอาหาร	50
BC	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ สนามข้างโรงงานฝั่งตะวันตก	15
E	ห้องน้ำภายในโรงงาน 1	100
F	ห้องน้ำภายในโรงงาน 2	100
G	ห้องน้ำภายในโรงงาน 3	130
H	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ สนามข้างโรงงานฝั่งตะวันออก	15
I	ห้องน้ำอาคารตู้เก็บของ	100
AI	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ สนามหน้าโรงงาน	15

จากการประมาณอัตราความต้องการน้ำสูงสุดดังกล่าว ทำให้ทราบว่าเส้นทางเดินท่อในแต่ละช่วงรองรับอัตราการไหลที่แตกต่างกันดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงอัตราความต้องการน้ำสูงสุดในท่อแต่ละช่วง

ท่อในช่วง	จำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ (FU)	อัตราความต้องการน้ำสูงสุด (LPM)
AB	410	480
BC	360	450
CD	345	442
DG	130	284
DE	200	346
EF	100	256
CH	15	118
AI	115	272

3.2.4 การเลือกขนาดท่อ

จากตารางเมื่อทราบอัตราความต้องการน้ำสูงสุดแล้ว สามารถนำอัตราการใช้น้ำสูงสุดนี้ไปใช้ในการเลือกขนาดท่อได้โดยใช้กราฟของ Hazen-Williams ในกราฟที่ 2.3 โดยที่กำหนดให้น้ำไหลภายในท่อที่ความเร็วในการไหลของน้ำเท่ากับ 1.5 เมตรต่อวินาที เพื่อป้องกันการเกิดเสียงดังและเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับอุปกรณ์ต่างๆภายในระบบท่อและท่อที่ใช้เป็นท่อพลาสติก ชนิดโพลีเอทธิลีน ความหนาแน่นสูง มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 150 (c = 150)

ในการใช้กราฟของ Hazen-Williams ในการเลือกขนาดท่อนั้นต้องทราบค่าสองค่าเพื่อเลือกขนาด โดยในการออกแบบนี้ ทราบค่าความเร็วในการไหล และค่าอัตราการไหลสูงสุด โดยที่ต้องเลือกกราฟที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน เท่ากับค่าของท่อที่จะใช้ด้วย เมื่อทราบค่าทั้งสองแล้ว ลากเส้นกราฟมาตัดกัน เลือกเอาขนาดท่อในขนาดที่ใหญ่ขึ้นไป

ตัวอย่างการเลือกขนาดท่อโดยใช้กราฟของ Hazen-Williams

เลือกท่อโดยใช้ความเร็วของน้ำที่ไหลเท่ากับ 1.5 เมตรต่อนาที อัตราการไหลสูงสุดของน้ำเท่ากับ 480 ลิตรต่อนาที เลือกขนาดท่อจากกราฟ หน่วยที่ใช้เป็นลิตรต่อวินาที ดังนั้นอัตราการไหลที่ใช้คือ 8 ลิตรต่อวินาทีเมื่อใช้กราฟของ Hazen-Williams (กราฟที่ 2.3) ลากเส้นอัตราการไหล 8 ลิตรต่อวินาที ตัดกับความเร็วของน้ำในเส้นเฉียง 1.5 เมตรต่อวินาที กราฟจะตัดกันอยู่ในช่วงระหว่าง 3 และ 4 นิ้ว เพราะฉะนั้นจึงเลือกท่อขนาด 4 นิ้ว

เมื่อใช้กราฟของ Hazen-Williams เพื่อหาขนาดท่อดังที่กล่าวมาแล้วนั้นสามารถเลือกขนาดท่อในช่วงต่างๆ ได้ตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อในท่อแต่ละช่วง

ท่อในช่วง	ขนาดท่อ	
	นิ้ว	เมตร
AB	4	0.1016
BC	3	0.0762
CD	3	0.0762
DG	2.5	0.0635
DE	**2.5**	**0.0635**
EF	**2.5**	**0.0635**
CH	**2**	**0.0508**
AI	**2.5**	**0.0635**

3.2.5 การคำนวณการสูญเสียความดัน

เมื่อได้ขนาดท่อในช่วงต่างๆ แล้ว สิ่งที่จะต้องคำนวณหาต่อไปก็คือความดันลด หรือความสูญเสียที่เกิดจากความเสียดทาน และความสูญเสียที่เกิดจากอุปกรณ์ประกอบระบบท่อ เช่น ข้องอ วาล์ว ท่อแยก ท่อลดขนาด เป็นต้น เพื่อจะเลือกเครื่องสูบน้ำให้เหมาะสมกับความดันและอัตราการไหล ซึ่งการคำนวณความความสูญเสียใช้วิธีการคำนวณแบบความสูญเสียรวม โดยเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ของท่อ เป็นขนาดความยาวของท่อ ที่นิยมเรียกว่า ความยาวสมมูลของท่อ (Equivalent length) โดยเทียบจากตาราง เมื่อได้ค่าความยาวสมมูลของท่อแล้ว จึงนำมารวมกันกับความยาวของท่อจริงๆ ในระบบท่อ จากนั้นจึงนำมาแทนค่าในสมการ Hazen-Williams และบวกรวมกับความสูงของท่อที่ยกขึ้นไปทำให้ได้ค่าความสูญเสียรวม (h_f)

ตัวอย่างการคำนวณหาความสูญเสียรวม

คำนวณความดันสูญเสียในท่อช่วง AB ท่อพลาสติกโพลิเอททิลีนความหนาแน่นสูง ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเท่ากับ 150 (c = 150) ขนาดท่อเท่ากับ 4 นิ้ว ความยาวท่อเท่ากับ 68.43 เมตร มีข้องอ 45 องศา 1 ตัว และ เกทวาล์ว 1 ตัว เทียบความยาวสมมูลทั้งหมดจากตารางที่ 2.6 และนำความยาวสมมูลที่ได้รวมกับความยาวท่อจะได้ความยาวท่อรวมทั้งหมดเท่ากับ 71.63 เมตร นำไปแทนค่าในสมการจะได้

$$h_f = 6.82\left(\frac{0.008}{0.7853\times 150}\right)^{1.85}\frac{71.63}{0.1016^{4.867}}$$

$$h_f = 0.64782$$

วิธีการคำนวณข้างต้นสามารถคำนวณในท่อช่วงอื่นๆ ได้ดังตารางที่ 3.6 – 3.9

ตารางที่ 3.6 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อและความยาวท่อในแต่ละช่วง

ท่อช่วง	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ		ความยาวท่อ
	นิ้ว	เมตร	เมตร
AB	4	0.1016	68.43
BC	3	0.0762	320.65
CD	3	0.0762	32.00
DG	2.5	0.0635	24.60
DE	**2.5**	**0.0635**	**65.88**
EF	**2.5**	**0.0635**	**90.27**
CH	**2**	**0.0508**	**226.54**
AI	**2.5**	**0.0635**	**95.89**

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าจากการคำนวณความยาวสมมูล (Equivalent length)

ท่อในช่วงช่วง	ข้องอ 45 องศา		ข้องอ 90 องศา		ท่อลด		ท่อแยกสามทาง		วาล์ว		ความยาวรวมทั้งหมด (เมตร)
	จำนวน	ความยาวสมมูล (เมตร)	จำนวน	ความยาวสมมูล (เมตร)	จำนวน	ความยาวสมมูล (เมตร)	จำนวน	ความยาวสมมูล (เมตร)	จำนวน	ความยาวสมมูล (เมตร)	
AB	1	2.4	-	-	-	-	-	-	1	0.8	71.63
BC	-	-	3	7.8	-	-	1	4.5	-	-	332.95
CD	-	-	1	2.6	-	-	1	4.5	1	0.6	39.7
DG	-	-	3	5.1	1	0.5	-	-	1	0.5	30.7
DE	-	-	4	8.4	1	0.5	1	0.8	1	0.5	76.08
EF	-	-	2	2.1	-	-	-	-	1	0.5	92.87
CH	-	-	3	5.1	1	0.4	-	-	1	0.4	232.44
AI	1	1.5	1	2.1	-	-	-	-	1	0.5	99.99

ตารางที่ 3.8 แสดงผลการคำนวณค่าความสูญเสียรวมโดยใช้สมการ Hazen-Williams

ท่อช่วง	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ		ความยาวรวมทั้งหมด (เมตร)	อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)	ความสูญเสียรวม (เมตรของน้ำ)
	นิ้ว	เมตร			
AB	4	0.1016	71.63	0.008	0.64
BC	3	0.0762	332.95	0.0075	10.83
CD	3	0.0762	39.7	0.007366	1.24
DG	2.5	0.0635	30.7	0.004733	1.03
DE	2.5	0.0635	76.08	0.005766	3.69
EF	2.5	0.0635	92.87	0.004266	2.58
CH	2	0.0508	232.44	0.001966	4.57
AI	**2.5**	**0.0635**	**99.99**	**0.004333**	**2.86**

เมื่อทราบความสูญเสียในท่อช่วงต่างๆ แล้ว ทำให้สามารถคำนวณค่าความสูญเสียความดันทั้งหมดที่เครื่องสูบน้ำต้องส่งน้ำไปถึงที่ปลายทาง โดยการรวมความสูญเสียในแต่ละช่วงไปจนถึงปลายทาง รวมถึงค่าความสูงที่ท่อยกขึ้น และความต้องการความดันที่เครื่องสุขภัณฑ์ 10.54 เมตรของน้ำ และสำหรับก๊อกน้ำ 3.60 เมตรของน้ำ

ตัวอย่างการคำนวณค่าความสูญเสียความดันทั้งหมด

คำนวณความดันสูญเสียทั้งหมดที่ห้องน้ำภายในโรงงาน 3 (E)

$$H_t = h_f + h_d + h_m + h_s + h_z$$

= ความดันสูญเสียช่วง AB+BC+ CD + DE + ความสูงที่ยกขึ้น + ความดันเฉพาะจุด + ความดันที่ต้องการของเครื่องสุขภัณฑ์ปลายทาง

= 0.64 + 10.83 + 1.24 + 3.69 + 8 + 0 + 10.54

H_t = 24.43 เมตรของน้ำ

จากตัวอย่างการคำนวณข้างต้น สามารถคำนวณหาความดันสูญเสียได้ด้วยวิธีเดียวกัน ดังแสดงไว้ในตาราง 3.9

ตารางที่ 3.9 แสดงค่าความดันที่สูญเสียเมื่อส่งน้ำไปตามท่อถึงสถานที่ต่างๆ

	สถานที่	ความดันสูญเสียทั้งหมด
B	ห้องน้ำโรงอาหาร	19.18
E	ห้องน้ำภายในโรงงาน 1	34.97
F	ห้องน้ำภายในโรงงาน 2	37.55
G	ห้องน้ำภายในโรงงาน 3	32.31
H	ก๊อกรดน้ำต้นไม้ฝั่งตะวันออก	27.65
I	ห้องน้ำอาคารตู้เก็บของ	21.40

3.2.6 การเลือกขนาดเครื่องสูบน้ำ

จะเห็นว่าความดันที่ต้องการสูงสุดเท่ากับ 37.55973457 เมตรของน้ำ ที่ห้องน้ำภายในโรงงาน 2 (F) เพราะฉะนั้นเครื่องสูบน้ำต้องส่งจ่ายน้ำที่ความดัน 37.55973457 เมตรของน้ำ และที่อัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 0.00975 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จากข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำได้ดังนี้

$$kW = \frac{9.75 \times 37.55973}{102 \times 0.7}$$
$$kW = 5.12895$$

คิดตัวประกอบความปลอดภัย 1.5 จะได้เท่ากับ 5.12895 x 1.5 = 7.69 กิโลวัตต์ เลือกเครื่องสูบน้ำขนาด 7.5 กิโลวัตต์

3.2.7 การเลือกใช้ถังเก็บความดัน

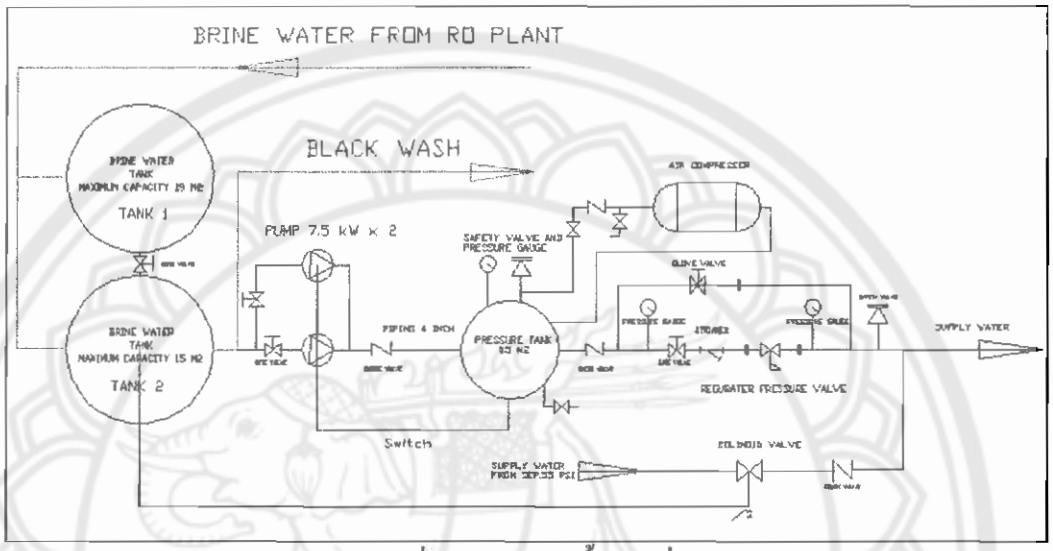
ถังเก็บความดันเป็นอุปกรณ์เพื่อเก็บสำรองความดันเพื่อป้องกันการเดินเครื่องสูบน้ำบ่อยจนเกินไปจนเกิดความเสียหายแก่มอเตอร์เครื่องสูบน้ำได้ โดยมีการคำนวณดังนี้

$$Capacity = 600L/MIN \times \frac{1G}{3.785L} = 158.5GPM \times 2.5 = 396.3$$

เลือกใช้ถังขนาด 500 ลิตร ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข.

3.2.8 การออกแบบระบบสูบจ่ายและเพิ่มความดันของน้ำ

เมื่อได้ข้อมูลต่างๆ แล้ว ทั้งเส้นทางเดินท่อ ขนาดท่อน้ำ ความดันสูญเสีย และวิธีการต่อปั๊ม ถังอัดความดัน วาล์ว และข้อต่อต่างๆ จะทำให้สามารถเขียนแผนภาพระบบสูบจ่าย และเพิ่มความดันของน้ำได้ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ระบบสูบน้ำและเพิ่มแรงดัน

มีรายละเอียดของระบบสูบน้ำและเพิ่มแรงดันดังนี้

1. เครื่องสูบน้ำขนาด 7.5 กิโลวัตต์ 2 เครื่อง สลับกันทำงาน
2. ถังอัดความดันขนาด 0.5 ลูกบาศก์เมตร
3. ระบบควบคุมระดับน้ำภายในถังความดัน จะเดินเครื่องสูบน้ำเมื่อ ระดับน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.166 ลูกบาศก์เมตร
4. ระบบควบคุมน้ำภายในถังเก็บน้ำที่เหลือทิ้ง ตั้งค่าให้ตัดการทำงานของระบบสลับเป็นจ่ายน้ำประปาเมื่อมีปริมาณน้ำที่เหลือภายในถังน้อยกว่าหรือเท่ากับ 8 ลูกบาศก์เมตร สาเหตุเพราะต้องเก็บสำรองน้ำส่วนนี้ไว้เพื่อเป็นน้ำล้างถังกรองแบบหยาบ
5. วาล์วลดความดัน ตั้งค่าไว้ที่ความดัน 45 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อป้องกันการเสียหายของท่อและอุปกรณ์ต่างๆ

การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

ใช้วิธีการคำนวณระยะเวลาคืนทุน เพื่อทราบถึงระยะเวลาที่โครงการที่สร้างใช้ระยะเวลานานเท่าใดถึงจะคุ้มค่ากับเงินลงทุนที่เสียไป

เงินลงทุน

เงินลงทุนส่วนท่อส่งน้ำ รวมค่าวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงในการติดตั้ง ประมาณราคาได้ดังตาราง 3.10

ตารางที่ 3.10 แสดงการประมาณราคาวัสดุอุปกรณ์ และค่าแรงติดตั้งท่อในช่วงต่างๆ

ท่อในช่วง	ขนาดท่อ (นิ้ว)	ระยะทาง (เมตร)	ราคารวม (บาท)
AB	4	70	50,000
BC	3	325	230,000
CD	3	35	30,000
DG	2.5	25	20,000
DE	2.5	70	40,000
EF	2.5	100	60,000
CH	2	230	180,000
AI	2.5	100	60,000

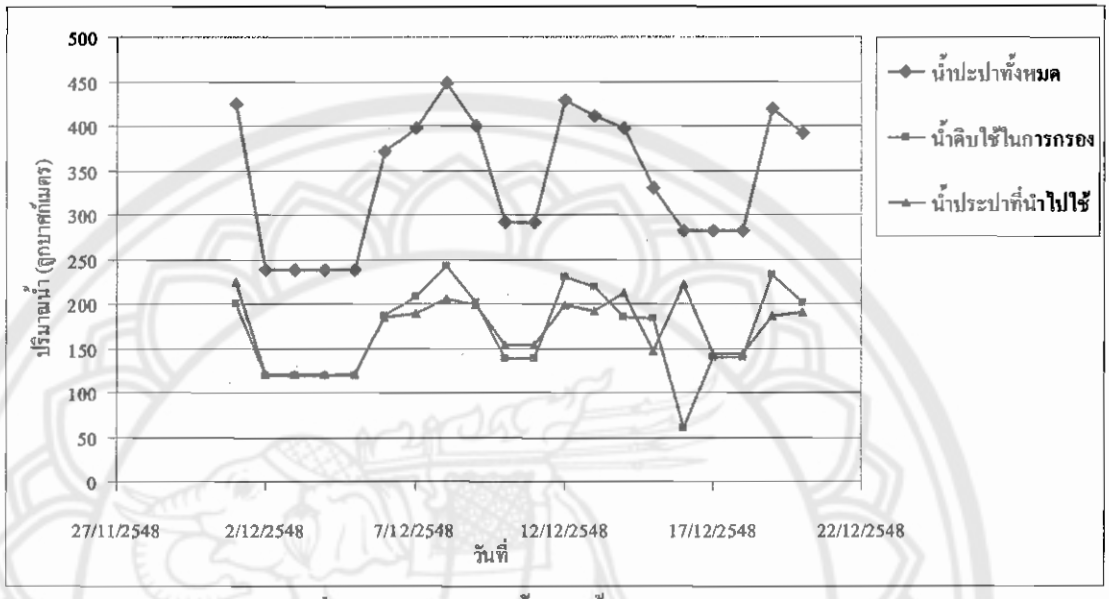
เงินลงทุนส่วนการส่งจ่ายน้ำ จากราคาเครื่องสูบน้ำ 2 เครื่อง ถังอัดความดัน 1 ถัง อุปกรณ์ส่วนควบคุมอัตโนมัติ และส่วนประกอบระบบอื่นๆ รวมเป็นเงินทั้งหมด 152,000 บาท

รวมเงินลงทุนทั้งหมด

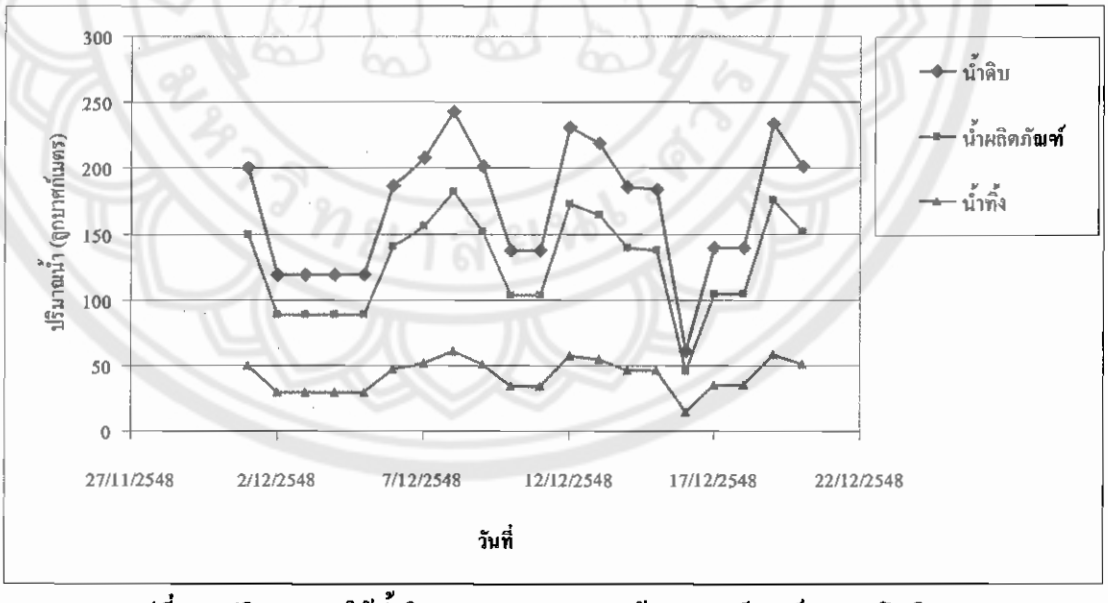
เงินลงทุนทั้งหมด = 50,000 + 230,000 + 30,000 + 20,000 + 40,000 + 60,000
+ 180,000 + 60000 + 152000
= 822,000 บาท

รายรับต่อเดือน

จากการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้น้ำประปาที่การนิคมอุตสาหกรรมส่งจ่ายมายังโรงงาน เป็นระยะเวลา 20 วัน ได้ผลการใช้น้ำของทั้งโรงงานดังนี้



กราฟที่ 3.1 แสดงการใช้น้ำรวมทั้งหมดของโรงงาน



กราฟที่ 3.2 ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการกรองด้วยระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส

จำนวนเงินจากการประหยัดน้ำประปา

น้ำที่เหลือทิ้งทั้งหมดจะถูกใช้ไปประมาณ 42 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คิดเป็นเงินในราคาลูกบาศก์เมตรละ 16 บาท (อัตราค่าน้ำกำหนดจากการนิคมอุตสาหกรรม) จะเท่ากับ 42 x 16 = 672 บาทต่อวัน

ใน 1 เดือนประหยัดไปได้ 672 x 30 = 20,160 บาท

จำนวนเงินจากการลดปริมาณน้ำที่ส่งไปบำบัด

เนื่องจากน้ำที่เหลือทิ้งทั้งหมดประมาณ 42 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถูกใช้ไปจนหมด เพราะฉะนั้นจึงลดปริมาณน้ำทิ้งรวมทั้งโรงงานลง การคำนวณค่าบำบัดน้ำจากการนิคมอุตสาหกรรมคิดค่าบำบัดน้ำจากสมการ

$$C = 4.0\ Vx + 8.0\ Bx$$

โดยที่ Vx = 80 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำที่ส่งจ่ายเข้าสู่โรงงาน

$Bx = (BOD \times Vx)/1000$

คำนวณค่าบำบัดน้ำเมื่อไม่ได้หักลบจำนวนน้ำเหลือทิ้ง โดยที่ค่า BOD ตรวจสอบโดยการนิคมอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยประมาณ 40

$$C = (4.0 \times (0.8 \times 10209)) + \left(8.0 \times \left(\frac{40 \times (0.8 \times 10209)}{1000}\right)\right)$$

$$C = 35282.31$$

เมื่อหักลบน้ำเหลือทิ้งออกแล้ว จะคำนวณค่าบำบัดน้ำได้ดังนี้

$$C = (4.0 \times (0.8 \times 8940.0278)) + \left(8.0 \times \left(\frac{40 \times (0.8 \times 8940.0278)}{1000}\right)\right)$$

$$C = 30896.74$$

เพราะฉะนั้นค่าบำบัดน้ำที่ลดลงได้เท่ากับ

= 35,282.31 – 30,896.74

= 4,385.57 บาท

รวมเงินที่ประหยัดได้ทั้งหมด

= 20,160 + 4,385.57

= 24,545.57 บาท

รายจ่ายต่อเดือน

ค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะเป็นค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องเครื่องสูบน้ำ โดยปริมาณน้ำที่เครื่องสูบน้ำ จะต้องสูบจ่ายเท่ากับ ปริมาณน้ำเหลือทิ้งทั้งหมดในแต่ละวัน 42 ลูกบาศก์เมตร คำนวณเวลาที่เครื่องสูบน้ำสูบได้หมดเท่ากับในแต่ละวัน

เครื่องสูบน้ำสูบน้ำที่อัตราการไหลสูงสุด 0.00975 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เพราะฉะนั้น ปริมาณน้ำเหลือทิ้งทั้งหมด 24 ลูกบาศก์เมตร จะใช้เวลาในการสูบน้ำ 0.68376 ชั่วโมง ดังนั้น เครื่องสูบน้ำขนาด 7.5 กิโลวัตต์ จะเดินเครื่อง 0.68376 ชั่วโมง คิดเป็น 5.1282 กิโลวัตต์ชั่วโมง ใน 1 วัน และจะเท่ากับ 153.846 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน เมื่อคิดเป็นจำนวนเงินในหน่วยละ 2.98 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (ค่าไฟฟ้าคิดเฉลี่ยจากอัตราที่การนิคมอุตสาหกรรมเรียกเก็บจากโรงงาน)

ค่าไฟฟ้าจากการเดินเครื่องเครื่องสูบน้ำเท่ากับ = 2.89 x 153.846

= 458.461 บาท

รวมเงินที่ประหยัดได้ต่อเดือน

เงินที่ประหยัดได้แต่ละเดือน = รายรับต่อเดือน – รายจ่ายต่อเดือน

= 24,545.57 – 458.461

= 24,087.009 บาท

คำนวณระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่จ่ายเพื่อการลงทุน / เงินที่ประหยัดได้ต่อเดือน

= 822,000 / 24,087.009

= 34.1262 เดือน

ระยะเวลาคืนทุน เท่ากับ 34.1262 เดือน หรือเท่ากับ 2 ปี 10 เดือน

คำนวณเป็นร้อยละที่ประหยัดได้ของค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการจัดซื้อและการบำบัดของน้ำทั้งหมด

ค่าใช้จ่ายก่อนติดตั้งระบบเท่ากับ ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ทั้งเดือนเท่ากับ 9,840.833 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นเงิน 8,940.833 x 16 = 143,053.33 บาท รวมกับค่าบำบัดน้ำ 35,282.31 บาท เท่ากับ 178,335.64 บาท

ค่าใช้จ่ายที่ลดลงได้เมื่อติดตั้งระบบเท่ากับ 24,087.00

ร้อยละของจำนวนเงินที่ประหยัดได้ = (24,087.00 / 178,335.64) x 100

= 13.50