คู่มือแนวทางการปฏิบัติที่ดี
ด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ ในภาคอุตสาหกรรม



โครงการศึกษาการใช้น้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ
ในภาคอุตสาหกรรมเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์น้ำบาดาล
กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมฟอกย้อมและอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

กิตติกรรมประกาศ

สถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ขอขอบคุณกองทุนพัฒนาน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ได้ให้ความไว้วางใจ มอบเงินอุดหนุนช่วยเหลือให้สถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ดำเนิน “โครงการศึกษาการใช้น้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรมเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์น้ำบาดาล กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมฟอกย้อม และอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ”

การดำเนินงานสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ด้วยความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกต่อการดำเนินงานในขั้นตอนตลอดข้อมูลต่างๆ จากคณะผู้บริหาร ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของกรมทรัพยากร น้ำบาดาล และกลุ่มอุตสาหกรรมฟอกย้อม อุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ได้แก่

บริษัท วีนัสเธร็ด จำกัด
บริษัท ยูเนี่ยนซิป จำกัด
บริษัท ชินไฉฮั้ว อุตสาหกรรม จำกัด
บริษัท ยูไนเต็ด แฟบริค จำกัด
บริษัท แอลฟ่าโปรเซสซิ่ง จำกัด
บริษัท คาร์เปทอินเตอร์เนชั่นแนล ไทยแลนด์ จำกัด (มหาชน)
บริษัท ปัญจพล พัลพ์ อินดัสตรี้ จำกัด (มหาชน)
บริษัท ปัญจพลไฟเบอร์ คอนเทนเนอร์ จำกัด
บริษัท พานทอง เปเปอร์ จำกัด
บริษัท กระดาษธนธาร จำกัด
สถาบันน้ำฯ ใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้สถาบันน้ำฯ ใคร่ขอบพระคุณ นายฤทธิไกร ภวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม ประธานคณะกรรมการตรวจสอบการดำเนินงานโครงการ คณะกรรมการตรวจการดำเนินงาน เลขาคณะกรรมการตรวจการดำเนินงาน และผู้ช่วยเลขาคณะกรรมการตรวจการดำเนินงาน รวมทั้งเจ้าหน้าที่ของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล คณะทำงานสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการแสดงข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์การดำเนินโครงการ การตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยของผลงานที่นำเสนอ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานด้านต่างๆ ของโครงการ สถาบันน้ำฯ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงอีกครั้งมา ณ โอกาสนี้ พร้อมทั้งหวังว่าจะได้มีนำผลการศึกษาโครงการนี้ไปใช้ประโยชน์สมดังเจตนารมณ์ของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องต่อไป

สถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน

สารบัญ

หน้า

รายชื่อคณะกรรมการตรวจสอบการดำเนินงานโครงการ I-II
รายชื่อคณะกรรมการอำนวยการ
รายชื่อคณะทำงาน
รายชื่อคณะกรรมการจัดหา
รายชื่อคณะกรรมการตรวจรับงานสถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ 2
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ 2
1.3 ความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 และที่แก้ไขเพิ่มเติม และแผนแม่บทเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555-2559 3
1.4 เป้าหมายโครงการ 3

บทที่ 2 เทคโนโลยีสะอาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในอุตสาหกรรม 5
2.1 หลักการของเทคโนโลยีสะอาด 7
2.2 วิธีการเทคโนโลยีสะอาด 11
2.3 ประโยชน์เทคโนโลยีสะอาด 13
2.4 ขั้นตอนสู่ความสำเร็จในการทำเทคโนโลยีสะอาด 14
2.5 ปัจจัยสำคัญสู่ความสำเร็จในการทำเทคโนโลยีสะอาด 15
2.6 ปัญหา อุปสรรค ของการนำเทคโนโลยีสะอาดไปใช้ 15

บทที่ 3 การพิจารณานำเทคโนโลยีมาใช้งาน 17
3.1 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในอุตสาหกรรมฟอกย้อม 18
3.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ 35

บทที่ 4 กรณีศึกษา 67
4.1 กรณีศึกษา : สำหรับอุตสาหกรรมฟอกย้อม 68
4.2 กรณีศึกษา : สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ 117

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1	ลำดับความสำคัญในการจัดการของเสีย	7
2.2	การควบคุมคุณภาพและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ เป็นพื้นฐานสำคัญที่จะรองรับ 1A และ 3R	8
2-3	การใช้ซ้ำน้ำล้างตามหลักการล้างสวนทาง (Counter Flow)	9
2-4	หลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการป้องกันมลพิษ	11
2-5	วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีที่สะอาด	11
2-6	เงื่อนไขในการปรับปรุงเทคโนโลยี	12
3-1	กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับน้ำจากแหล่งน้ำจากแหล่งต่างๆ	18
3-2	การใช้น้ำซ้ำ	22
3-3	การล้างโดยใช้หลักการทวนกระแส (Countercurrent)	23
3-4	การหมุนเวียนน้ำ	23
3-5	แผนผังอย่างง่ายแสดงการใช้น้ำในอุตสาหกรรมฟอกย้อม	26
3-6	การทำสมดุลน้ำ	27
3-7	มาตรวัดน้ำ	27
3-8	ตัวอย่างสมดุลน้ำ	28
3-9	มาตรวัดอัตราการไหลสะสมแบบ Ultrasonic	29
3-10	การติดตั้งอุปกรณ์วัดเวลาทำงานของเครื่องสูบชั่วคราว	30
3-11	ตัวอย่างการติดตั้งเวียร์เพื่อใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำเสีย	31
3-12	เวียร์สันคมชนิดที่ใช้กันทั่วไป 2 ชนิด	31
3-13	การรั่วไหลของน้ำ	32
4-1	ระบบผลิตน้ำ	68
4-2	ระบบผลิตน้ำ อาร์โอ	68
4-3	ลักษณะน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้ว	70
4-4	ตัวอย่าง Booster Pump	70
4-5	การระบายน้ำ (โบว์ดาวน์) ของหม้อน้ำ	71
4-6	การตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ	71
4-7	การรั่วไหลของไอน้ำ	73
4-8	หลังการปรับปรุงการรั่วของไอน้ำ	73
4-9	ถังคอนเดนเสท	75
4-10	ระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ)	77
4-11	ผังระบบผลิตน้ำ อาร์โอ	77
4-12	บริเวณถังพักเสีย และน้ำหล่อเย็น	79
4-13	การปรับปรุงบ่อพักน้ำหล่อเย็น และน้ำเสีย	79
4-14	ถังน้ำคอนเดนเสทเดิม	80
4-15	ถังน้ำคอนเดนเสท	80

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4-16 การตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ 82
4-17 การตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำ หลังการปรับปรุง 82
4-18 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน 84
4-19 ผังระบบการใช้น้ำของโรงงาน 84
4-20 การติดตั้งชุดอุปกรณ์แยกไขมัน (Dissolve Air Floatation) 85
4-21 ชุดอุปกรณ์แยกไขมัน (Dissolve Air Floatation) 85
4-22 หม้อไอน้ำก่อนการปรับปรุง 90
4-23 หม้อไอน้ำหลังการปรับปรุง 90
4-24 เครื่องจักรที่มีไอน้ำรั่วไหล 92
4-25 บ่อเก็บน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว 94
4-26 รูปแบบของระบบรีไซเคิล 95
4-27 ผังการติดตั้งระบบ รีไซเคิล 95
4-28 ตำแหน่งติดตั้งระบบ รีไซเคิล 96
4-29 แหล่งน้ำ รีไซเคิล 96
4-30 อ่างน้ำสีย้อมแถบสายยางยืด 97
4-31 เครื่องอบแห้ง 103
4-32 ถังกรองที่ใช้ในระบบ รีไซเคิล 105
4-33 Air Blower ที่ใช้ในการล้างกลับถังกรอง 105
4-34 ระบบ รีไซเคิล 107
4-35 ระบบผลิตน้ำ อาร์โอ 108
4-36 ระบบบำบัดน้ำเสีย 111
4-37 ระบบผลิตน้ำ อาร์โอ 112
4-38 ถังกรองภายในระบบ รีไซเคิล 113
4-39 การติดตั้ง Hardness Meter 113
4-40 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน 118
4-41 ตำแหน่งสำหรับการติดตั้งระบบ รีไซเคิล 118
4-42 Belt Press ที่ใช้ในการรีดตะกอน 120
4-43 ถังเก็บน้ำที่เกิดจากการรีดตะกอนมาหมุนเวียนใช้ในการล้าง Belt Press 120
4-44 ถังกวนเร็วในระบบบำบัดน้ำเสีย 122
4-45 การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ในการสเปรย์เพื่อลดฟอง 122
4-46 จุดรั่วไหลของไอน้ำที่ลูกอบกระดาษ 123
4-47 ตำแหน่งของสถานีสูบน้ำผิวดินเพื่อใช้ผลิตน้ำประปา 126
4-48 Conductivity Meter 127
4-49 ตำแหน่งการเดินท่อจากระบบผลิตน้ำประปาไปยังบ่อเก็บน้ำบาดาล 127

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4-50 ตำแหน่งของบ่อบำบัดน้ำ 129
4-51 ตัวอย่างของระบบ รีไซเคิล 130
4-52 บ่อพักน้ำ 133
4-53 ผังระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน 134
4-54 ผังการปรับปรุงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล 134
4-55 การวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำภาพในหม้อน้ำ 136
4-56 Scrubber 138
4-57 การนำน้ำที่พ่นกลับมาใช้ซ้ำ 138
4-58 ระบบบำบัดน้ำเสีย 140
4-59 ผังระบบผลิตน้ำ อาร์โอ 141
4-60 Flash Tank 142
4-61 บริเวณจุดรั่วไหลของไอน้ำ 146
4-62 การตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำ หลังการปรับปรุง 149

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3-1 ตัวอย่างลักษณะของน้ำประปา น้ำบาดาลและน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม 19
3-2 ปริมาณน้ำที่สามารถประหยัดได้จากการล้างโดยใช้หลักการ Countercurrent 34
3-3 ขนาดเส้นใยของวัตถุดิบชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษ 36
3-4 ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตกระดาษในประเทศไทย 36
3-5 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของโรงงานผลิตเยื่อในประเทศไทยที่ได้จากการสำรวจ 38
3-6 ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตเยื่อในประเทศไทยที่ได้ทำการสำรวจ 39
3-7 ประสิทธิภาพการผลิต (Yield) เยื่อกระดาษของกระบวนการผลิตเยื่อแบบต่างๆ 48
3-8 แหล่งกำเนิดของเสียในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ 49-50
3-9 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตกระดาษสา 52
3-10 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิตกระดาษไหว้เจ้า 53
3-11 ปัญหาสิ่งแวดล้อมและแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ 55-56
3-12 สรุปมาตรการและควบคุมมลพิษจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ 61-66
4-1 รายละเอียดปริมาณการใช้น้ำ และไอน้ำของ เครื่องซัก (Washer Extractor) 87
4-2 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำ และไอน้ำของ เครื่องซัก 88

รายชื่อคณะกรรมการตรวจสอบการดำเนินงานโครงการ

1. นายฤทธิไกร	ภาวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม	ประธานกรรมการ
2. นายสุรินทร์	วรกิจธำรง	กรรมการ
3. นายสุชาติ	ชินวรรณโชติ	กรรมการและเลขานุการ
4. นางสาวรักษ์สุดา	ปาปะขัง	ผู้ช่วยเลขานุการ

รายชื่อคณะกรรมการอำนวยการ

1. นายบวร	วงศ์สินอุดม	ประธานคณะทำงาน
2. นายธันยพัฒน์	มั่นนิชนันทน์	คณะทำงาน
3. นายบุญยิ่ง	กู้สุวัสดิ์	คณะทำงาน
4. นายวรวิทย์	จำเริญเลิศ	คณะทำงาน
5. นายทองติก	เถกิงวิทย์	คณะทำงาน
6. นายปองศักดิ์	พงษ์ประยูร	คณะทำงาน
7. นายธีระศักดิ์	ผดุงตันตระกูล	คณะทำงาน
8. นายวีระ	อัครพุทธิพร	คณะทำงาน
9. นายชูชาติ	สายถิ่น	คณะทำงาน
10. นายประวิทย์	ประกฤตศรี	คณะทำงาน
11. นายปรีติ	เจริญศิลป์	คณะทำงาน
12. นายกรีติ์กนิษฐ์	โชคชัยณรงค์	คณะทำงาน
13. นางสาวศิริมา	วัฒนชัยณรงค์	คณะทำงาน
14. นายคมสัน	สัจจสันต์	คณะทำงานและเลขานุการ
15. นายมนต์ชัย	รัตนะ	ผู้ช่วยคณะทำงานและเลขานุการ

รายชื่อคณะทำงาน

1. นายธันยพัฒน์	มั่นนิชนันทน์	ประธานคณะทำงาน
2. นายวีระ	อัครพุทธิพร	คณะทำงาน
3. นายบุญยิ่ง	กู้สุวัสดิ์	คณะทำงาน
4. นายพีระศักดิ์	สนั่นไพเราะ	คณะทำงาน
5. นายประวิทย์	ประกฤตศรี	คณะทำงาน
6. นายปรีติ	เจริญศิลป์	คณะทำงาน
7. นายกรีติ์กนิษฐ์	โชคชัยณรงค์	คณะทำงาน
8. นางสาวศิริมา	วัฒนชัยมงคล	คณะทำงาน
9. นายคมสัน	สัจจสันต์	คณะทำงานและเลขานุการ
10. นายมนต์ชัย	รัตนะ	ผู้ช่วยคณะทำงานและเลขานุการ

รายชื่อคณะกรรมการจัดหา

1.	นายวีระ	อุ้ครพุทธิพร	ประธาน
2.	นายธันยพัฒน์	มันนิชนันทน์	กรรมการ
3.	นายวรวิทย์	จำเริญเลิศ	กรรมการ
4.	นายปองศักดิ์	พงษ์ประยูร	กรรมการ
5.	นางกานต์รวี	งามโพธิ์ทอง	กรรมการ

รายชื่อคณะกรรมการตรวจรับงานสถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน

1.	นายธีระศักดิ์	ผดุงตันตระกูล	ประธาน
2.	นายทองติก	เถกิงวิทย์	กรรมการ
3.	นางสาวศิริมา	วัฒนชัยมงคล	กรรมการ
4.	นายปรีติ	เจริญศิลป์	กรรมการ
5.	นายพงศา	แสนใจงาม	กรรมการ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการฯ

ตามที่สถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้ร่วมกับกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้จัดทำโครงการการใช้น้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรม เพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์น้ำบาดาลในพื้นที่เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มนั้น บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการ ที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี ซึ่งถือว่าเป็นการดำเนินการร่วมกันอย่างแท้จริง ทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษา ดังนั้นเพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรน้ำบาดาล อย่างมีประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรม สถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของกลุ่มอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำบาดาลปริมาณมาก 2 ประเภท ประกอบด้วย อุตสาหกรรมฟอกย้อม และอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ซึ่งอุตสาหกรรมทั้ง 2 ประเภทนี้ ได้ใช้ทรัพยากรน้ำบาดาล เป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิต สถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย จึงได้จัดทำโครงการศึกษาการใช้น้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ ในภาคอุตสาหกรรมเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์น้ำบาดาล กรณีศึกษา : อุตสาหกรรมฟอกย้อมและอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษขึ้น เพื่อให้อุตสาหกรรมประเภทดังกล่าวตระหนักถึงคุณค่าและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำบาดาล ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นตัวอย่างให้แก่ผู้ประกอบการ ภาคอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรน้ำบาดาลอีกทางหนึ่งด้วย

อุตสาหกรรมฟอกย้อม และอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เป็นอุตสาหกรรมดั้งเดิม ซึ่งถือว่า “น้ำ” เป็นองค์ประกอบของปัจจัยการผลิตที่สำคัญยิ่ง นอกจากนี้อุตสาหกรรมทั้ง 2 ประเภทดังกล่าวได้ใช้ทรัพยากรน้ำเป็นจำนวนมากในการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ของสินค้า ซึ่งกลุ่มอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ ใช้น้ำปริมาณมากเป็นอันดับที่หนึ่งโดยใช้น้ำถึง 489,665 ลบ.ม./วัน และกลุ่มอุตสาหกรรมกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ ใช้น้ำปริมาณมากเป็นอันดับที่ห้า โดยใช้น้ำถึง 149,196 ลบ.ม./วัน (สุจริต, 2550) ซึ่ง 2 อุตสาหกรรม ดังกล่าวใช้ปริมาณน้ำรวมเป็นจำนวน ถึง 25.9 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรมทั้งหมด

สถิติการใช้น้ำบาดาลของภาคอุตสาหกรรมปี 2552 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำบาดาลตามใบขออนุญาตในเขตวิกฤติการณ์น้ำบาดาล มีปริมาณ 872,212 ลบ.ม./ วัน โดยมีสถิติการใช้น้ำบาดาลจริง เป็นจำนวนปริมาณ 187,639.85 ลบ.ม./วัน (รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2553) โดยค่าเฉลี่ยการใช้น้ำบาดาลในกลุ่มอุตสาหกรรมฟอกย้อม และอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เป็นจำนวน 86,223 ลบ.ม./วัน (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2556)

สถาบันน้ำเพื่อความยั่งยืน สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักของภาคอุตสาหกรรมไทย ในเรื่องของการพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่างๆ เพื่อให้ผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรม นำไปใช้ประโยชน์ตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศชาติ จึงได้จัดทำโครงการนี้ขึ้นเพื่อหวังจะพัฒนาและ เพื่อสร้างจิตสำนึกให้ผู้ประกอบการภาคอุตสาหกรรมใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำบาดาลให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงการให้ความสำคัญในการพัฒนาศักยภาพ เสริมสร้าง และพัฒนาเครือข่ายผู้ประกอบการเพื่อสังคม (Green Industry) ให้สามารถรองรับการเติบโตและก้าวหน้าสู่การเป็นส่วนหนึ่งของ Eco City / Eco Town ได้ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อรวบรวมข้อมูลสถานการณ์และสภาพปัญหาด้านการใช้ทรัพยากรน้ำบาดาลของภาคอุตสาหกรรม ในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย

1.2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของภาคอุตสาหกรรมในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย โดยนำเอาหลักการเทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology) หลักการ 3 R (Reduce, Reuse, Recycle) รวมถึงเทคโนโลยีอื่นๆ ที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงาน

1.2.3 เพื่อหาแนวปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practices) ในการใช้น้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรมในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย

1.2.4 เพื่อศึกษาความจำเป็นของการใช้น้ำบาดาล และอัตราส่วนการใช้น้ำบาดาลร่วมกับแหล่งน้ำอื่นๆ เช่น น้ำผิวดิน น้ำประปา เป็นต้น ที่เหมาะสมในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย

1.2.5 เพื่อหาปริมาณน้ำใช้ต่อผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด (Benchmark) ในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายที่เข้าร่วมโครงการ

1.2.6 เพื่อศึกษาถึงสภาพบ่อน้ำบาดาล และหาแนวทางการจัดการให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพในกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับคัดเลือกเข้าร่วมโครงการ

1.3 ความสอดคล้องกับพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 และที่แก้ไขเพิ่มเติมและแผนแม่บทเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555-2559

1.3.1 สอดคล้องกับพระราชบัญญัติน้ำบาดาล พ.ศ. 2520 และที่แก้ไขเพิ่มเติมตามมาตรา 7 เบญจ (2) การช่วยเหลือและอุดหนุนกิจการใดๆ ที่เกี่ยวกับการทดแทนและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาล

1.3.2 สอดคล้องกับแผนแม่บทเพื่อการพัฒนาและอนุรักษ์แหล่งน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555-2559 ยุทธศาสตร์ที่ 5 การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม

ยุทธศาสตร์ที่ 5 การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม	กลยุทธ์ที่ 4 ประชาสัมพันธ์เพื่อส่งเสริมความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม กลยุทธ์ที่ 5 ถ่ายทอดความรู้และส่งเสริมภาคประชาชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้มีส่วนร่วมในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล

1.4 เป้าหมายของโครงการ

1.4.1 ได้รับทราบข้อมูลสถานการณ์และปัญหาเกี่ยวกับการใช้และความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำบาดาลของกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย

1.4.2 ส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมมีการใช้น้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนำเทคโนโลยีสะอาด หลักการ 3R รวมถึงเทคโนโลยีอื่นๆ ที่เหมาะสม มาใช้ในการบริหารจัดการน้ำบาดาลของภาคอุตสาหกรรมในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย

1.4.3 เพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถของภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้มีการบริหารจัดการการใช้น้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.4 ได้ทราบถึงสภาพและข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในกลุ่มเป้าหมายที่ได้รับคัดเลือกเข้าร่วมโครงการ เช่น สภาพบ่อ ขนาดบ่อ ความลึก ระดับน้ำ การเฝ้าระวัง และการบำรุงรักษา เป็นต้น

1.4.5 เกิดความรู้ความเข้าใจในความสำคัญของทรัพยากรน้ำบาดาล และสร้างจิตสำนึกในการ อนุรักษ์ทรัพยากรน้ำบาดาล

1.4.6 สร้างต้นแบบการใช้น้ำบาดาลที่มีประสิทธิภาพในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย เพื่อใช้เป็นแนวทางปฏิบัติในการใช้น้ำบาดาลให้กับโรงงานหรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้มีน้ำบาดาลใช้อย่างเพียงพอและยั่งยืนทั้งในปัจจุบันและอนาคต

บทที่ 2 เทคโนโลยีสะอาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การใช้น้ำในอุตสาหกรรม

เทคโนโลยีสะอาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในอุตสาหกรรม

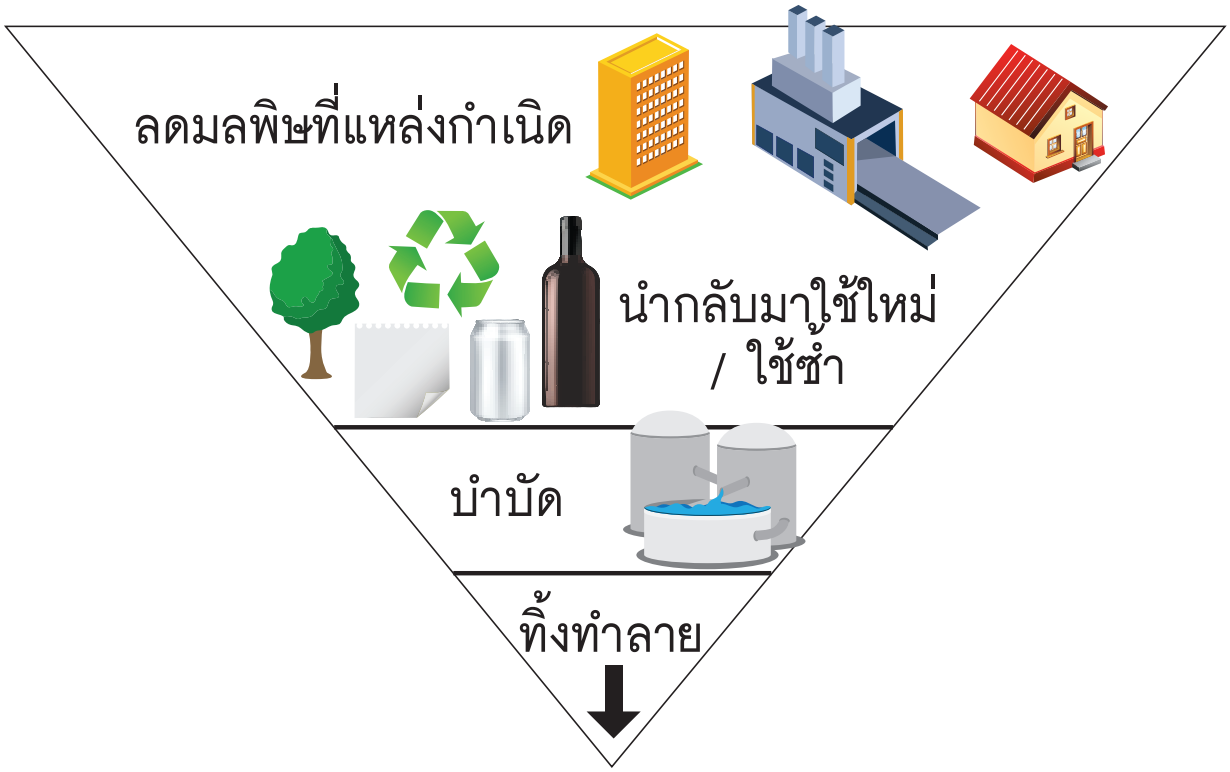
ในปัจจุบัน ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ทวีความรุนแรงมากขึ้นจึงมีการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์บริการ และกระบวนการ และเทคโนโลยีที่สำคัญอีกเทคโนโลยีหนึ่ง ก็คือ เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) หรือมีชื่ออื่นๆ ที่มีความหมายใกล้เคียงกัน หรือเหมือนกันอีกคือการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) หรือ P2 การผลิตที่สะอาด (Cleaner Production หรือ CP) และการลดของเสียให้น้อยที่สุด (Waste Minimization) มาใช้ ซึ่งทั้งหมดเป็นการป้องกันของเสียที่แหล่งกำเนิด แทนการควบคุมบำบัดและจัดของเสียแบบเดิม ที่เมื่อเปรียบเทียบแล้วค่าใช้จ่ายสูงกว่าการใช้เทคโนโลยีสะอาด จะเป็นวิธีการนำไปสู่มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO14000 ซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการค้าของโลกปัจจุบันด้วย

ความหมายโดยสรุปของเทคโนโลยีสะอาด ก็คือ เครื่องมือที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตทุกภาคธุรกิจ เพื่อช่วยลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม โดยใช้วัตถุดิบในการผลิตให้น้อยลง และมีปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิตให้น้อยที่สุด แต่ยังคงปริมาณและคุณภาพของผลผลิตไว้เหมือนเดิม ซึ่งเทคโนโลยีสะอาดเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อม ด้วยการลดมลพิษ ลดของเสียที่แหล่งกำเนิดและประหยัดพลังงาน อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยง และเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตรวมถึงช่วยลดต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการผลิตได้เป็นอย่างดี

เทคโนโลยีสะอาดจึงนับว่าเป็นการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention : P2) ที่ใช้หลักการลดของเสียให้น้อยที่สุด (Waste Minimization) จึงเป็นการป้องกันของเสียที่จะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่แหล่งกำเนิดแทนการควบคุมบำบัดและกำจัดของเสียแบบเดิมซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า ดังนั้น การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดจึงเป็นทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อมและการลดค่าใช้จ่าย ในการผลิตไปพร้อมๆ กัน ยกตัวอย่างเช่น การใช้วัตถุดิบที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง ทดแทนวัตถุดิบที่ใช้อยู่เดิม การออกแบบขั้นตอนการผลิตใหม่ การนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) หรือการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เพื่อลดปริมาณของเสียและมลพิษที่จะถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิตนั้น ดังนั้นเทคโนโลยีสะอาดจึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการสร้างการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) ทำให้สามารถรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ เพื่อเพิ่มผลผลิตคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ประหยัดพลังงานและขีดความสามารถในการแข่งขันได้อีกด้วย

2.1 หลักการของเทคโนโลยีสะอาด

เทคโนโลยีสะอาด จะเน้นการป้องกันและลดมลพิษตั้งแต่ต้น ส่วนถ้ามีมลพิษหรือของเสียก็ดูว่าสามารถ การนำกลับมาใช้ใหม่ ใช้ซ้ำได้หรือไม่ ท้ายที่สุดจึงนำไป บำบัด ทิ้งทำลายอย่างถูกต้องต่อไป ซึ่งลำดับความสำคัญในการจัดการของเสีย แสดงดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ลำดับความสำคัญในการจัดการของเสีย

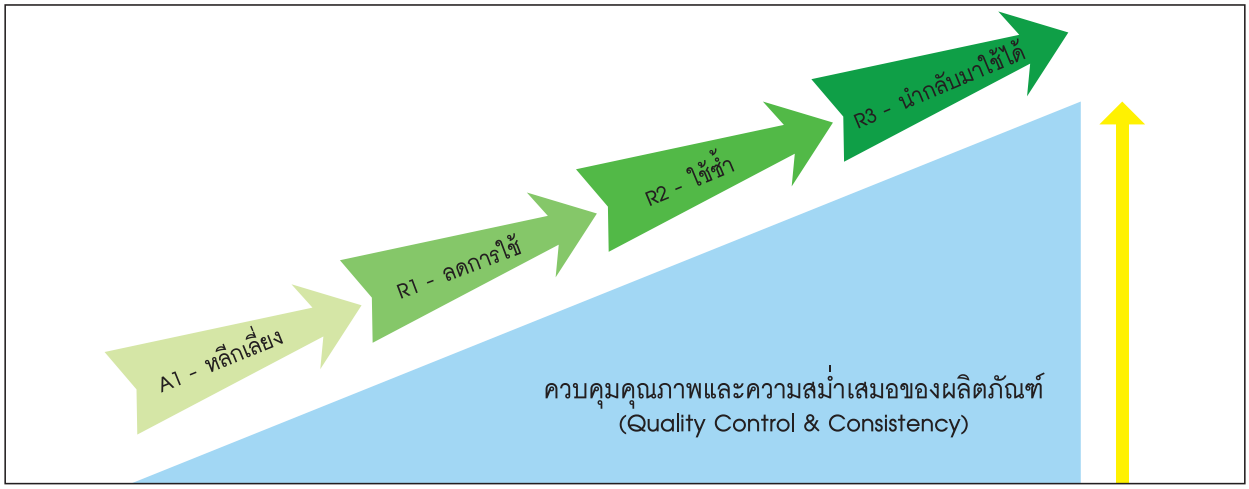
ผู้ผลิตจึงควรให้ความสำคัญกับข้อแนะนำแนวทางการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมนี้ ตามลำดับ คือ

1A (AVOID-หลีกเลี่ยง)

3R (REDUCE-ลดการใช้ที่ไม่จำเป็น REUSE-ใช้ซ้ำ RECYCLE-นำกลับไปใช้ใหม่)

และสุดท้าย 1T (TREAT & DISPOSE-บำบัดและทิ้งทำลาย)

สำหรับข้อแนะนำเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ (Quality Control & Consistency) เป็นข้อแนะนำที่ผู้ผลิตสิ่งทอขนาดเล็กควรนำไปประยุกต์ใช้ให้เข้ากับการผลิตของตนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าผู้ผลิตจะสามารถยกระดับการผลิตให้สูงขึ้นได้มากเพียงใด ดังแสดงในภาพ



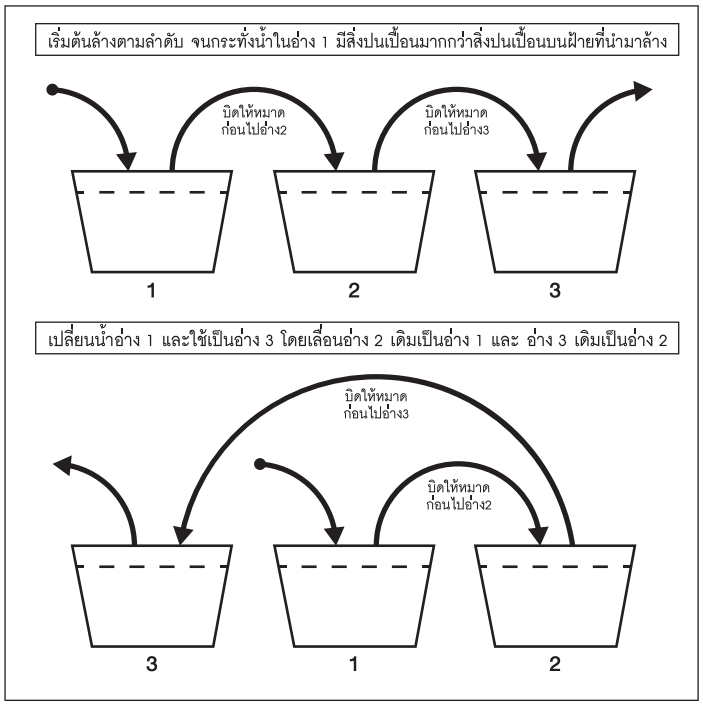
ภาพที่ 2-2 การควบคุมคุณภาพและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์เป็นพื้นฐานสำคัญที่จะรองรับ 1A และ 3R

2.1.1 ลดการใช้ที่ไม่จำเป็น (Reduce)

R1-1	ย่อยวัสดุให้สีให้ละเอียดเพื่อให้สกัดสีได้มากขึ้น และใช้เวลาในการต้มสกัดน้อยลง โดยอาจใส่ในถุงตาข่ายเพื่อช่วยให้แยกกากวัสดุได้สะดวก
R1-2	ใช้เกลือในการย้อมสีไดเร็กท์ที่เหมาะสมกับความเข้มของสีโดยศึกษาจากคู่มือการย้อมสีหรือสอบถามจากผู้ขาย (แต่การใช้น้อยกว่าปริมาณที่จำเป็นต้องใช้จะเป็นการสูญเสียมากกว่าการประหยัด)
R1-3	ลดความถี่ในการถ่ายน้ำล้างทิ้ง โดยเพิ่มจำนวนอ่างล้างให้มากขึ้น เพื่อให้สามารถใช้หลักการล้างแบบสวนทาง (Counter Flow) ดูหัวข้อใช้ซ้ำ (REUSE) ซึ่งสามารถล้างฝ้ายได้สะอาดเช่นเดียวกับการล้างแบบน้ำล้น แต่ใช้น้ำน้อยกว่ากันมาก
R1-4	ลดการรั่วไหลของน้ำโดย ตรวจสอบและซ่อมแซมรอยรั่ว หรือการชำรุดของอุปกรณ์ในระบบน้ำอย่างสม่ำเสมอ
R1-5	ลดการใช้เชื้อเพลิงโดยปรับปรุงเตาให้ลดการสูญเสียความร้อนลง เช่น ทำวัสดุบังเตา เพื่อลดการสูญเสียความร้อนสู่พื้นที่โดยรอบเตา กรณีที่เตาขนาดเล็ก และย้อมปริมาณน้อยๆ ทำความสะอาดหัวเตาอย่างน้อยเดือนละครั้ง (กรณีใช้เตาแก๊ส) และปรับสัดส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม หุ้มฉนวนหม้อที่ใช้ เพื่อลดการสูญเสียความร้อนสู่พื้นที่โดยรอบเตา
R1-6	ลดการนำสิ่งสกปรกหรือสิ่งปนเปื้อน (เช่น ในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดฝ้าย การล้างสี) ข้ามไปยังขั้นตอนการล้างถัดไป โดยการบิดหมาด หรือปั่นหมาดก่อน

2.1.2 ใช้ซ้ำ (Reuse)

R2-1	ใช้การล้างแบบสวนทาง (Counter Flow) และถ่ายน้ำที่สกปรกออกทีละอ่างรวมทั้งบิด/ปั่นหมาด ก่อนย้ายฝ้ายไปล้างยังอ่างถัดไป เพื่อลดปริมาณสิ่งสกปรกที่จะปนเปื้อนในอ่างล้างถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 2-3 R2-1
R2-2	น้ำล้างสุดท้ายสามารถนำไปใช้เป็นน้ำล้างรอบแรกได้ ภายใต้หลักการที่น้ำล้างที่ใช้งานแล้ว หากยังสะอาดกว่าฝ้ายที่จะนำมาล้างยังสามารถใช้ได้ โดยฝ้ายจะสะอาดเหมือนกับน้ำที่สะอาดที่สุดที่ใช้เป็นน้ำล้างสุดท้าย ทำให้สามารถล้างฝ้ายได้สะอาดเท่าเดิมโดยใช้น้ำน้อยลง และเกิดน้ำเสียน้อยลง
R2-3	หากมีการย้อมหลายๆ สีในวันเดียวกัน ควรทำการย้อมจากสีอ่อนไปสีเข้ม เพื่อให้สามารถใช้น้ำล้างซ้ำได้
R2-4	ฝ้ายที่เหลือจากการใช้งานให้แยกเป็นสัดส่วนเพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ได้สะดวก
R2-5	เชือกฟาง ถุงพลาสติก และวัสดุอื่นๆ ที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ให้แยกเป็นสัดส่วนและนำกลับมาใช้ซ้ำเท่าที่จะทำได้



ภาพที่ 2-3 R2-1 การใช้ซ้ำน้ำล้างตามหลักการล้างสวนทาง (Counter Flow)

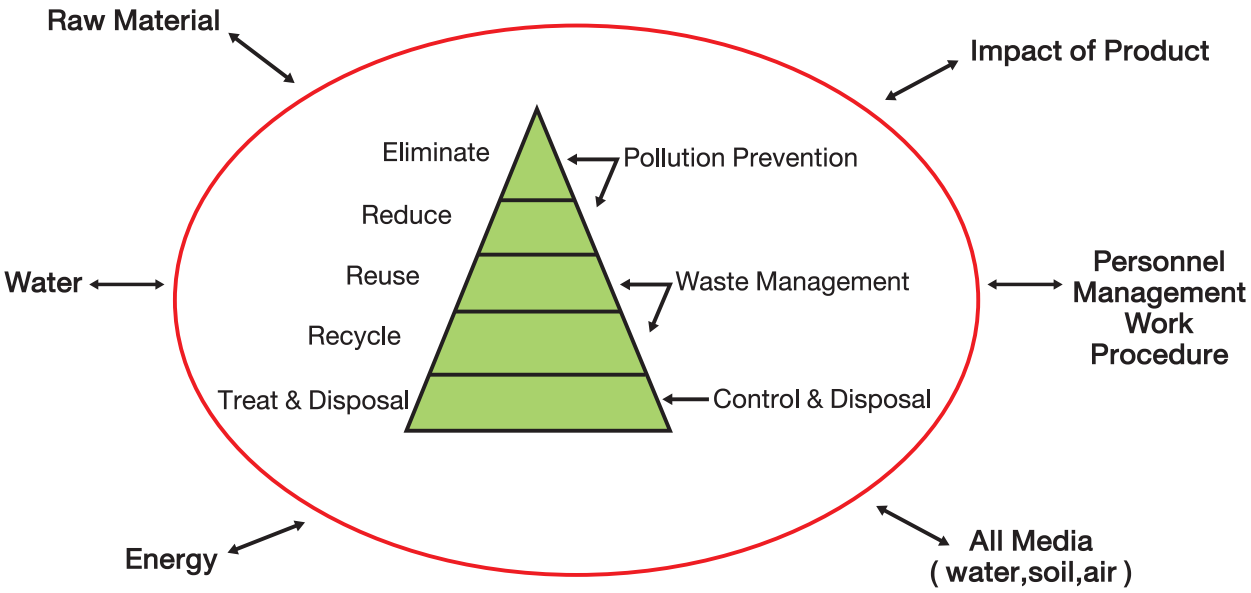
2.1.3 นำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)

R3-1	ใช้ประโยชน์จากวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีอยู่ในท้องถิ่น เป็นวัสดุให้สีในการย้อม เช่น ขี้เลื่อยไม้ประเภทต่างๆ น้ำล้างครั่ง
R3-2	เปลือกไม้ที่สกัดสีออกแล้วตากแห้งแล้วนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง หรือหมักทำปุ๋ย
R3-3	น้ำสีย้อมจากเปลือกไม้/น้ำล้างสีย้อมธรรมชาติที่ไม่มีการใช้สารช่วยติดสีที่เป็นเกลือของโลหะหนัก เช่น จุนสี มีโอกาสนำมาใช้ประโยชน์เป็นน้ำรดต้นไม้ได้แต่ต้องมีพื้นที่มากพอที่จะกระจายน้ำไปได้โดยไม่เกิดน้ำขังหรือดินชุ่มน้ำมากเกินไป
R3-4	น้ำสีที่เหลือจากการย้อมและยังมีสีเข้มสามารถนำไปย้อมเส้นด้ายเป็นการย้อมรองพื้นก่อนจะนำไปย้อมสีที่เข้มขึ้น

2.1.4 **ควบคุมคุณภาพและความสม่ำเสมอ** (Quality Control & Consistency)

Q1-1	ทดสอบเส้นด้ายฝ้ายก่อนย้อมว่าล้างไขมันออกหมดหรือไม่ เส้นด้ายฝ้ายที่ล้างไขมันออกหมดแล้วจะจมน้ำทั้งหมด และเส้นด้ายฝ้ายที่ผึ่งแห้งแล้วควรจมน้ำภายใน 10 วินาที ปัจจัยที่มีผลต่อการล้างไขมันคือ อุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้น (ของสบู่ ผงซักฟอก ด่าง) การเพิ่มปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งสามารถลดปัจจัยอื่นๆ ได้ เช่น การใช้เวลาในการแช่เส้นด้ายฝ้ายนานขึ้น ทำให้สามารถใช้สบู่น้อยลงและใช้อุณหภูมิต่ำลงได้ ทั้งนี้ต้องทำความสะอาดเส้นด้ายฝ้ายทุกครั้งไม่ว่าจะย้อมสีประเภทใดก็ตาม
Q1-2	ผ้าที่จะนำไปให้ลูกค้าควรทดสอบให้แน่ใจว่าสีไม่ตก และสีไม่เปลี่ยนก่อน โดยการตัดผ้าชิ้นเล็กๆ ซักด้วยผงซักฟอก และตากแดด (ควรเก็บตัวอย่างไว้เปรียบเทียบ และทำเป็นตัวอย่างอ้างอิงไว้ด้วย)
Q1-3	แบ่งเส้นด้ายออกเป็นพวงย่อยๆ เพื่อให้สามารถกลับเส้นด้ายในขณะล้างไขมัน หรือในขณะย้อมได้ง่ายขึ้นและทำงานได้สะดวกขึ้น โดยไม่ควรเกิน 200 -350 กรัม/พวง
Q1-4	ในการย้อมสีธรรมชาติ ควรคำนวณปริมาณน้ำสีย้อมที่ต้องใช้สำหรับการย้อมสีเส้นด้ายแต่ละครั้งที่จะทำการผลิต เพื่อให้สีย้อมมีความสม่ำเสมอ และเพียงพอสำหรับการย้อมในครั้งนั้นๆ โดยไม่ต้องเตรียมเพิ่มในภายหลังซึ่งสีจะไม่เหมือนเดิม รวมทั้งไม่เหลือทิ้งมากเกินไป และมีการจดบันทึกปัจจัยการผลิต
Q1-5	การย้อมสี รีแอกทีฟ ไม่จำเป็นต้องย้อมที่อุณหภูมิน้ำเดือด ย้อมที่อุณหภูมิประมาณ 60°C หรือ 80°C ขึ้นอยู่กับสี ต้องศึกษาวิธีการย้อมจากคู่มือหรือผู้ขายสีนั้นๆ แต่การย้อมสีไดเร็กท์ต้องย้อมที่อุณหภูมิน้ำเดือด
Q1-6	การล้างสีซัลเฟอร์ ควรใช้วิธีต้มล้างสีส่วนเกินและโซเดียมซัลไฟด์ออกไป
Q1-7	น้ำที่ใช้ในการฟอกย้อมสี (โดยเฉพาะสีเคมี) ควรเป็นน้ำอ่อน และมีการกำจัดเหล็กออกไปก่อน
Q1-8	ในการย้อมสี สีและสารช่วยย้อมทุกตัวควรละลาย เป็นสารละลายก่อนในภาชนะเล็กๆ จะใส่ลงในอ่างย้อม ส่วนวิธีการย้อมต้องศึกษาจากคู่มือหรือผู้ขายสี
Q1-9	คำนวณเปอร์เซ็นต์สีและสัดส่วนน้ำที่ใช้ต่อเส้นด้ายทุกครั้ง เพื่อให้ได้สีที่สม่ำเสมอ
Q1-10	เส้นด้ายที่ยังไม่ได้ใช้งาน และเส้นด้ายที่ย้อมสีแล้วรอการทอ ควรผึ่งให้แห้งสนิทและจัดเก็บในถุงพลาสติกเก็บไว้ในที่ที่ไม่ถูกแสงแดดระบุวันที่ สีที่ย้อม ให้ชัดเจน
Q1-11	หาอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน มาช่วยให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่น นาฬิกาตั้งเวลา อุปกรณ์วัดความเป็นกรด-ด่าง
Q1-12	ใช้น้ำที่เหมาะสมกับการย้อม (ตรวจสอบคุณภาพน้ำใช้อย่างน้อยปีละสองครั้งหากใช้น้ำใต้ดิน และสังเกตความเปลี่ยนแปลงของน้ำใช้ เช่น ความใส ความขุ่น กลิ่น) เช่น น้ำที่มีสนิมมากจะทำให้สีย้อมธรรมชาติออกไปทางสีเทา ดำ ซึ่งสามารถใช้ได้หากต้องการสีในโทนนี้ แต่หากไม่ต้องการควรกำจัดเหล็กออกก่อน ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปล่อยให้สัมผัสอากาศและกรองสนิมออก
Q1-13	วางแผนการผลิตให้สามารถผลิตได้อย่างต่อเนื่องในปริมาณที่ไม่น้อยเกินไปจนทำให้ต้นทุนการใช้ทรัพยากร (เช่น น้ำ) ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (เส้นด้าย) สูงมากขึ้น

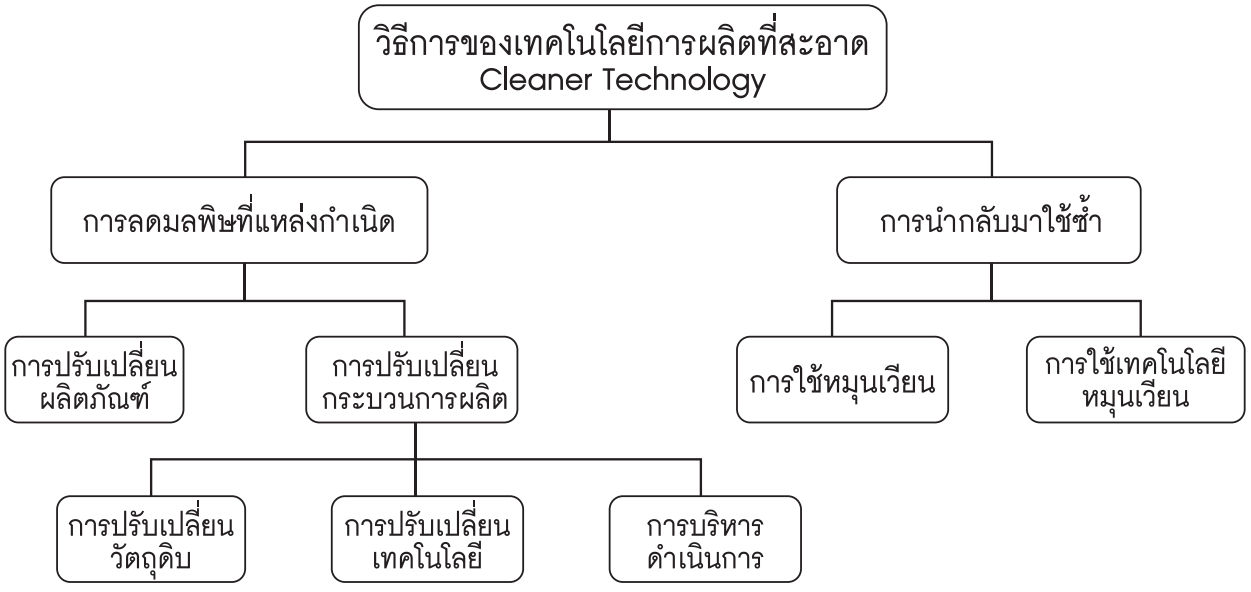
เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเป็นหลักการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) ที่ใช้หลักการลดของเสียเหลือน้อยที่สุด (Waste Minimization) โดยวิธีการแยกสารมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน ซึ่งประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือการเปลี่ยนวัตถุดิบที่ทำให้เกิดผลพลอยได้ที่ไม่เป็นอันตราย รวมทั้งการลดปริมาณและความเข้มข้นขององค์ประกอบในของเสียด้วยการนำไปใช้ซ้ำ (Reuse) หรือการนำกลับไปใช้ใหม่ (Recycle) จนไม่สามารถนำของเสียไปใช้ประโยชน์ได้แล้ว ก็จะนำไปบำบัดให้ถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป โดยมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง นอกจากนี้ในการดำเนินการเพื่อให้บรรลุเป้าหมายได้นั้นยังต้องประกอบด้วยทัศนคติที่ดีและการร่วมมือกันอย่างเต็มที่จากบุคคลากรทุกฝ่ายอีกด้วย



ภาพที่ 2-4 หลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการป้องกันมลพิษ

2.2 วิธีการเทคโนโลยีสะอาด

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มีวิธีดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ



ภาพที่ 2-5 วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีที่สะอาด

2.2.1 การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด แบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

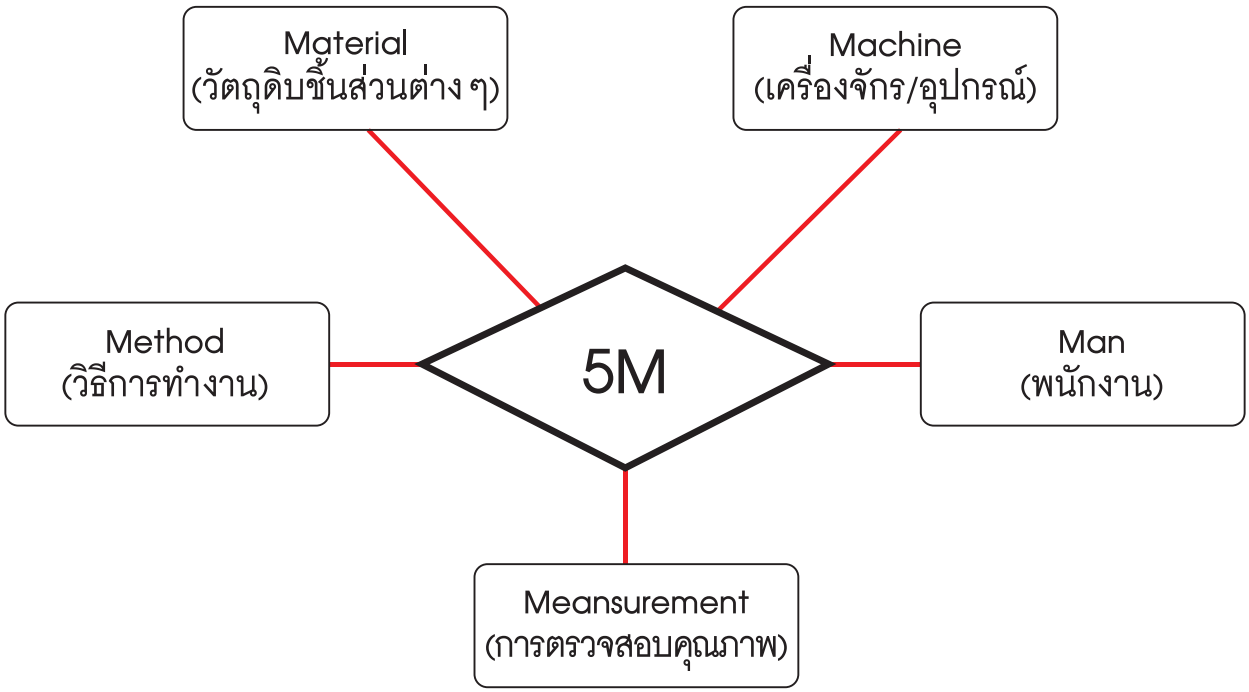
2.2.1.1 การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต (Process Change) แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

- การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Input Material Change)

เป็นการเลือกใช้วัตถุดิบที่สะอาด หมายถึง คุณสมบัติของวัตถุดิบเองหรือสิ่งปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ สิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ หากเป็นไปได้ควรมีการกำจัดออกตั้งแต่ต้น คือแหล่งที่มาก่อนที่จะขนเข้าสู่โรงงาน เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตรวมทั้งคุณภาพต้องให้ได้ตามมาตรฐานการผลิตของโรงงานด้วย

- การปรับปรุงเทคโนโลยี (Technology Improvement)

เป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตหรือการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การปรับปรุงผังโรงงาน การเพิ่มระบบอัตโนมัติ การปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตและการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ เพื่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด และถ้าหากของเสียไม่สามารถลดหรือกำจัดได้แล้วก็ให้หาวิธีนำเทคโนโลยีเพื่อทำการเคลื่อนย้ายตัวกลางทางสิ่งแวดล้อมเดิมไปสู่ตัวกลางใหม่ ซึ่งเงื่อนไขในการนำเทคโนโลยีมาปรับปรุงมีองค์ประกอบ 5 ประการ (5 M) ดังรูป เป็นการบริหารระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพของกระบวนการผลิต ให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิผล ได้แก่ การปฏิบัติที่ดี การจัดการที่ดี การควบคุมรายการวัตถุดิบ การจัดเก็บที่เหมาะสมการวางแผนการผลิต การแยกกำจัดหรือบำบัดของเสียและการฝึกอบรม



ภาพที่ 2-6 เงื่อนไขในการปรับปรุงเทคโนโลยี

การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ (Product Reformulation)

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นอาจมีคุณภาพ รูปลักษณะ ขนาด ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อม สามารถทำการปรับปรุงเพื่อลดปัญหาได้ 4 วิธี

Product Change Factor เป็นการออกแบบใหม่เพื่อปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ โดยมีเงื่อนไขเทคนิคต่างๆ ที่เหมาะสม

Production Change Factor เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิต วิธีการควบคุมสินค้า การเก็บรักษา

Market Change Factor ปรับเปลี่ยนวิธีการตลาด ประมาณความต้องการตลาด

Marketing Change Factor ปรับปรุงการบริการ การตลาด

2.2.2 การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ

โดยปกติควรดำเนินการลดการสูญเสียก่อนที่จะหาวิธีนำกลับมาใช้หมุนเวียนหรือนำไปสกัดของมีค่ากลับคืน การหมุนเวียนการใช้ เช่น เมื่อนำทรัพยากรมาผ่านการใช้งานครั้งหนึ่งแล้วยังมีคุณภาพที่จะนำไปใช้งานในขั้นตอนอื่นได้ ก็ควรหาวิธีที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์หรือถ้าใช้ในกระบวนการอื่นไม่ได้อีกแล้วก็จะใช้วิธีการศึกษาเทคโนโลยีเพื่อออกแบบกระบวนการนำทรัพยากรน้ำ วัตถุดิบ หรือพลังงานกลับมาใช้อีกหรือทำให้เกิดผลพลอยได้เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับของเสีย

โรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป สามารถนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้เป็นการพัฒนาขีดความสามารถด้านการผลิตเพื่อให้เกิดการแข่งขันในภาคอุตสาหกรรมทั้งภายในประเทศและการค้าของตลาดโลกได้อย่างแน่นอนเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ก่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและให้ประโยชน์อย่างมากมาย ซึ่งบางกรณีการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุน แต่ผลที่ได้กลับมาสามารถลดต้นทุนการผลิตได้มาก หรือถ้ามีการลงทุนก็ต้องได้รับผลตอบแทนภายในระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) ที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

2.3 ประโยชน์เทคโนโลยีสะอาด

2.3.1 ประโยชน์ต่อตัวเราเอง

2.3.1.1 มีสุขภาพกายที่แข็งแรง ปลอดภัยจากสารพิษต่างๆ เพราะมีสารพิษที่ปล่อยสู่ธรรมชาติและตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์น้อยลง สุขภาพจิตก็ดีด้วย

2.3.1.2 เทคโนโลยีสะอาดทำให้เราได้ใช้สินค้าอุตสาหกรรมที่มีคุณภาพสูงขึ้น

2.3.1.3 มีสภาพแวดล้อม ความเป็นอยู่ และคุณภาพชีวิตดีขึ้น เช่น แม่น้ำลำคลองจะสะอาดขึ้นและมีขยะลดน้อยลง

2.3.1.4 ประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล

2.3.1.5 มีความภาคภูมิใจในผลงานที่มีส่วนทำให้เกิดสิ่งดีๆ ขึ้นในสังคม

2.3.2 ประโยชน์ต่อชุมชน

2.3.2.1 มีความสมานสามัคคีกันระหว่าง ชุมชนและโรงงานดีขึ้นเพราะเข้าใจปัญหา และร่วมกันหาหนทางแก้ไข

2.3.2.2 ทำให้เกิดสังคมที่น่าอยู่ มีทรัพยากรธรรมชาติเหลือให้ใช้อย่างเพียงพอ เพราะมีการจัดสรรและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และมีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น มีการนำเอาของเสียกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

2.3.3 ประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรม

2.3.3.1 ช่วยทำให้เกิดการประหยัดการใช้น้ำ วัตถุดิบ พลังงาน และลดการเกิดมลพิษ โดยกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่และใช้ซ้ำ

2.3.3.2 การปรับปรุงสภาพการทำงาน เทคโนโลยีสะอาดจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคนงานมีสุขอนามัยดีขึ้น และลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุต่างๆ

2.3.3.3 การปรับปรุงคุณภาพสินค้า คุณภาพของสินค้าเป็นสิ่งสำคัญของผู้ผลิตภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากต้องแข่งขันในระดับสากล การลดมลพิษ ณ แหล่งกำเนิดทำให้คุณภาพสินค้าดีขึ้น

2.3.3.4 การเพิ่มประสิทธิภาพและกำไรการประหยัดวัตถุดิบและพลังงานนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นการเพิ่มกำไร และขีดความสามารถในการแข่งขัน

2.3.3.5 เทคโนโลยีสะอาด ทำให้โรงงานเกิดของเสียน้อยลง ง่ายต่อการจัดการและยังปฏิบัติได้ตามมาตรฐานกฎหมายบ้านเมือง

2.3.3.6 การลดต้นทุนการบำบัดเสีย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดทำให้มลพิษมีปริมาณลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้ต้นทุนการบำบัดของเสียลดลงด้วย

2.3.3.7 การมีภาพพจน์ที่ดีต่อสาธารณชน เทคโนโลยีสะอาดทำให้โรงงานหรือสถานประกอบการสะอาดและทำให้เป็นเพื่อนบ้านที่ดีกับชุมชนรอบข้าง

2.3.3.8 เทคโนโลยีสะอาดจะลดจำนวนมลพิษจากอุตสาหกรรมลง และเป็นการลดการสะสมตัวของความเป็นพิษต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม

2.3.4 **ประโยชน์ต่อภาครัฐ**

2.3.4.1 เทคโนโลยีสะอาดช่วยแบ่งเบาภาระกิจในการติดตามตรวจสอบของภาครัฐบรรลุตามเป้าหมายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

2.3.4.2 ส่งเสริมภาพพจน์ของประเทศไทยในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและเพิ่มศักยภาพในการส่งออก

2.4 ขั้นตอนสู่ความสำเร็จในการทำเทคโนโลยีสะอาด

2.4.1 วางแผนและจัดองค์กร (นโยบาย/วัตถุประสงค์/เป้าหมาย/ตั้งคณะทำงาน)

การวางแผนและจัดองค์กรนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงความมุ่งมั่นของผู้บริหาร โดยการกำหนดนโยบายและ เป้าหมายซึ่งจะเป็นแนวทางในการทำเทคโนโลยีสะอาด (CT) ขององค์กรนั้นๆ นอกจากนั้นผู้บริหารสูงสุดยังต้องให้การสนับสนุนกิจกรรมต่างๆ โดจการจัดตั้งคณะทำงานเทคโนโลยีสะอาด (ทีม CT) และในขั้นตอนนี้อาจมีการพิจารณาถึงอุปสรรคซึ่งอาจมีผลต่อการดำเนินงาน และควรเตรียมการเพื่อการแก้ไขไว้ด้วย

2.4.2 ทำการประเมินเบื้องต้น (เลือกบริเวณที่จะทำการประเมิน)

หลังจากที่ได้โครงสร้างและกรอบในการทำงานแล้ว คณะทำงานต้องทำการประเมินเบื้องต้นว่ามีบริเวณใดบ้างที่เกิดความสูญเสียและสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ และเลือกบริเวณที่จะทำการประเมินโดยละเอียดต่อไป การประเมินเบื้องต้นอาศัยหลักสามัญสำนึกเป็นส่วนใหญ่ และยังไม่ลงลึกในรายละเอียด ผลจากการประเมินนี้จะใช้เป็นแนวทางกำหนดบริเวณหรือทรัพยากรที่จะศึกษาในการประเมินโดยละเอียดต่อไป

2.4.3 ทำการประเมินโดยละเอียด (รายการทางเลือกทั้งหมด)

เมื่อได้พื้นที่หรือบริเวณที่เกิดความสูญเสียสูง และต้องการจะปรับปรุงให้ดีขึ้นแล้ว จึงเริ่มทำการประเมินโดยละเอียดเพื่อจัดทำสมดุลมวลและพลังงาน เข้า ออก เพื่อทำให้ทราบถึงสาเหตุและแหล่งกำเนิดของของเสียหรือมลพิษ การสูญเสียพลังงาน ความเสี่ยง และสภาพแวดล้อม การทำงานที่ไม่ดี จากนั้นจึงทำรายการและจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกเพื่อการปรับปรุงต่อไป

2.4.3.4 ศึกษาความเป็นไปได้ (รายการของทางเลือกที่คุ้มค่าในการลงทุน)

ศึกษาความเป็นไปได้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงระดับความละเอียดที่ต้องทำการศึกษาในแต่ละทางเลือก และความพร้อมของข้อมูล นอกจากนั้นสำหรับโครงการที่ต้องมีการลงทุนสูง ต้องประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน และทำรายการของทางเลือกที่เป็นไปได้

2.4.3 5 ลงมือปฏิบัติ (แผนปฏิบัติงาน/ดำเนินงานตามแผน)

การลงมือปฏิบัติเพื่อให้ทางเลือกที่ได้เลือกไว้ประสบความสำเร็จ ต้องมีการวางแผนการทำงานโดยละเอียด โดยในแผนงานควรประกอบด้วย เรื่องที่จะทำ บริเวณเป้าหมาย ขั้นตอน การปฏิบัติ กำหนดระยะเวลาเสร็จสิ้น และผู้รับผิดชอบในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน

2.4.3.6 ติดตามประเมินผล (ติดตาม ตรวจสอบ อย่างใกล้ชิด)

เมื่อการทำงานดำเนินไประยะหนึ่งควรมีการติดตามประเมินผลเพื่อให้แน่ใจว่า การปฏิบัติเป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้ หรือถ้าหากมีปัญหาประการใด จะได้ทบทวนแก้ไขเพื่อมิให้เป็นอุปสรรคในการทำงานต่อไป การติดตามประเมินผลยังเป็นการทำให้ CT ของบริษัทดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่องและดียิ่งขึ้นอีกด้วย

2.5 ปัจจัยสำคัญสู่ความสำเร็จในการทำเทคโนโลยีสะอาด

2.5.1 ความมุ่งมั่นของผู้บริหาร
2.5.2 ความมั่นคงในนโยบาย
2.5.3 การได้รับการฝึกอบรมในทุกระดับ
2.5.4 มีศรัทธาและเป็นคุณค่าขอเทคโนโลยีสะอาดอย่างแท้จริง
2.5.5 สร้างแรงจูงใจที่เหมาะสม
2.5.6 การมีส่วนร่วมของพนักงานทุกระดับอย่างสม่ำเสมอ
2.5.7 มีแหล่งข้อมูลสารสนเทศที่ทันสมัย
2.5.8 มีทีมงานที่มีประสิทธิภาพ
2.5.9 ทำเทคโนโลยีสะอาดอย่างต่อเนื่อง

2.6 ปัญหา อุปสรรค ของการนำเทคโนโลยีสะอาดไปใช้

2.6.1 ไม่เข้าใจแนวความคิดเทคโนโลยีสะอาด
2.6.2 ไม่มีข้อมูล
2.6.3 การไม่มีส่วนร่วมของบุคคลากรในองค์กร
2.6.4 ขาดเทคโนโลยี ทั้งความรู้ของบุคคลากร และการพัฒนาวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม
2.6.5 ตัวอย่างความสำเร็จ CT ในเชิงรูปธรรมยังมีจำนวนน้อย
2.6.6 การไม่ยอมเปิดเผยข้อมูลความสำเร็จของ CT ในวงกว้าง
2.6.7 บุคคลากรที่มีความรู้ความสามารถด้าน CT ยังมีน้อย

บทที่ 3 การพิจารณานำเทคโนโลยีมาใช้งาน

3.1 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

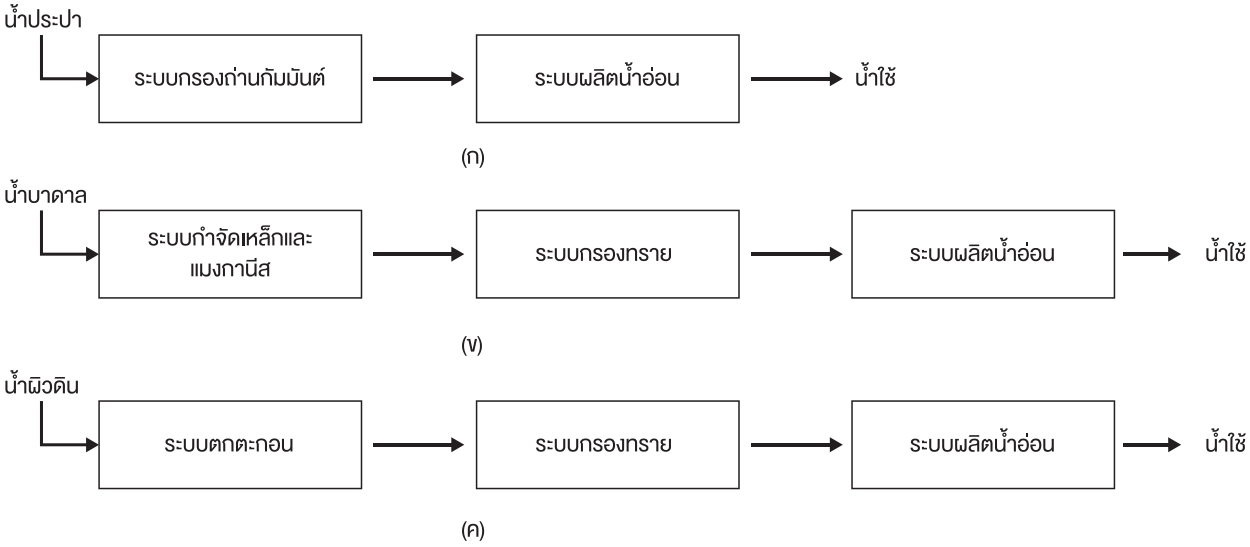
น้ำเป็นปัจจัยหลักของอุตสาหกรรมฟอกย้อม ซึ่งคุณภาพของแหล่งน้ำดิบถือว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยแหล่งน้ำดิบแต่ละแหล่งก็จะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน ผู้ประกอบการจึงควรเรียนรู้ถึงคุณสมบัติของน้ำแต่ละแหล่ง และความสำคัญของพารามิเตอร์ที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพน้ำนั้น

3.1.1 แหล่งน้ำและการผลิตน้ำใช้

น้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมจะต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพที่ดี ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำที่ใช้ในโรงงานจะมาจาก 3 แหล่งหลักๆ ด้วยกัน ได้แก่ น้ำประปา น้ำบาดาล และน้ำผิวดิน

3.1.1.1 น้ำประปา

- โดยทั่วไปน้ำประปาต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำดื่มของประเทศต่างๆ ซึ่งมักจะตั้งขึ้นตามมาตรฐานที่เป็นสากล ดังนั้นน้ำประปาในประเทศที่เจริญแล้วจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน
- เนื่องจากน้ำประปามักจะมีคุณภาพดีพอสมควรอยู่แล้ว จึงมักจะสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมได้โดยตรง โดยเฉพาะในการล้างต่างๆ อย่างไรก็ดี เนื่องจากน้ำประปาบางแหล่งอาจมีความกระด้างอยู่มาก จึงต้องมีการกำจัดความกระด้างก่อน ดังแสดงในภาพที่ 3-1 (ก)



ภาพที่ 3-1 กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำสำหรับน้ำจากแหล่งน้ำจากแหล่งต่างๆ
(ก)น้ำประปา (ข)น้ำบาดาล (ค)น้ำผิวดิน

3.1.1.2 น้ำบาดาล

น้ำบาดาลมักมีความขุ่นต่ำ ปราศจากสีและสารอินทรีย์ ปริมาณค่าของแข็งละลายน้ำ (TDS) อาจสูงหรือต่ำก็ได้ ทั้งนี้แล้วแต่น้ำสัมผัสกับแหล่งเกลือแร่หรือไม่ น้ำบาดาลมักไม่มีออกซิเจนละลาย แต่อาจมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงมาก ทั้งนี้เนื่องจากเกิดออกซิเดชันใต้ดิน ทำให้มีการใช้ออกซิเจนและผลิตคาร์บอนไดออกไซด์ เหล็กและแมงกานีสพบได้ง่ายในน้ำบาดาลซึ่งอิ่มตัวด้วยคาร์บอนไดออกไซด์

คุณภาพน้ำบาดาลอาจมีการแปรปรวนแต่จะไม่มากเท่ากับน้ำผิวดิน แหล่งน้ำบาดาลบางแห่งมีคุณภาพต่ำลงเรื่อยๆ เนื่องจากมีการซึมของน้ำเค็มเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลหรือสาเหตุอื่นๆ ซึ่งเป็นผลจากการสูบน้ำบาดาลไปใช้มากและเร็วเกินไป

น้ำบาดาลเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมได้โดยตรง เพราะน้ำบาดาลมักจะมีเหล็ก แมงกานีส ความขุ่นและความกระด้างสูง ดังนั้น ระบบกำจัดเหล็ก แมงกานีส ระบบกรองทราย และระบบผลิตน้ำอ่อนจึงมีความจำเป็น ดังแสดงในภาพที่ 3-1 (ข)

3.1.1.3 **น้ำผิวดิน**

น้ำผิวดิน หมายถึง น้ำจากแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนองและบึง การไหลนอง บนพื้นดินทำให้น้ำผิวดินได้รับความสกปรกจากสิ่งแวดล้อมในภาพแบบต่างๆ ดังนั้นจึงไม่น่าประหลาดใจว่าน้ำผิวดินอาจมีความขุ่น สารอินทรีย์ และปริมาณเกลือแร่ในน้ำสูงหรือต่ำก็ได้ นอกจากนี้น้ำฝนยังชะล้างสารพิษต่างๆ จากบริเวณเกษตรกรรม อีกทั้งการระบายน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงมีโอกาสที่น้ำผิวดินถูกทำให้ปนเปื้อนไปด้วยมลพิษต่างๆ ที่อยู่ในน้ำเสีย คุณภาพของน้ำผิวดินจะแปรปรวนไปตามฤดูกาล โดยปกติน้ำผิวดินจะมีคุณภาพต่ำในฤดูร้อนเนื่องจากน้ำไหลน้อย แต่ในฤดูฝนในช่วงน้ำหลากจะมีความขุ่นสูงมาก

เนื่องจากน้ำผิวดินมักจะมีคุณภาพต่ำ จึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพเป็นอย่างมากก่อนที่จะสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมได้ โดยกระบวนการที่จำเป็น ได้แก่ การตกตะกอน การกรอง และการกำจัดความกระด้าง (การผลิตน้ำอ่อน) ดังแสดงในภาพที่ 3-1 (ค)

รายการวิเคราะห์	หน่วย	น้ำบาดาล	น้ำประปา	น้ำเพื่อการฟอกย้อม
ความขุ่น	เอ็นทียู	0.01	0.97-1.19	<5(มก./ล.)
พีเอส	.-	7.71	7.26-7.37	7-9
สภาพนำไฟฟ้า	ไมโครโมห์/ซม.	768	273-367	
สภาพด่าง	มก./ล. หินปูน	.-	76-84	
ของแข็งละลายน้ำ	มก./ล.	492	165-224	
ความกระด้างทั้งหมด	มก./ล. หินปูน	.-	97-134	<70
คลอไรด์	มก./ล.	.-	14-28	<250
เหล็ก	มก./ล.	0.07	0.02-0.04	<0.3
คลอรีนอิสระ	มก./ล.	0	0.80-1.30	<0.1
ซิลิก้า	มก./ล.			<10
ซัลไฟต์	มก./ล.			<1
ออกซิเจนละลาย	มก./ล.			ไม่จำกัด
คาร์บอนไดออกไซด์	มก./ล.			<50
น้ำมันและไขมัน	มก./ล.			<1.0

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างลักษณะของน้ำประปา น้ำบาดาลและน้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

3.1.2 พารามิเตอร์

ในการส่งเสริมการและการพัฒนาการใช้ทรัพยากรน้ำ จะต้องมีความเข้าใจถึงลักษณะของน้ำ เพื่อที่จะสามารถพิจารณาความเหมาะสมในการใช้น้ำซ้ำและหมุนเวียนน้ำ และตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ใช้ให้เหมาะกับน้ำแต่ละส่วน โดยพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับน้ำใช้ของอุตสาหกรรมฟอกย้อม มีดังต่อไปนี้

3.1.2.1 พีเอช (PH)

พีเอชเป็นค่าที่บอกถึงความเป็นกรดด่างของน้ำ น้ำที่เป็นกลางจะมีพีเอชเท่ากับ 7 ถ้าน้ำมีพีเอชต่ำกว่า 7 จะถือว่าเป็นกรด ส่วนน้ำที่มีพีเอชสูงกว่า 7 จะถือว่าเป็นด่าง โดยรายละเอียดแล้ว ค่าพีเอชจะคำนวณหามาจากความเข้มของอิออนของไฮโดรเจนอยู่มาก ส่วนน้ำที่เป็นด่างจะมีอิออนของไฮโดรเจนอยู่น้อยนั่นเอง

พีเอชมีความสำคัญเนื่องจาก ปฏิกิริยาทุกชนิดเกิดขึ้นได้ภายในช่วงพีเอชแคบๆ ช่วงหนึ่งเท่านั้น ดังนั้น ในการควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรมจะต้องมีปรับพีเอชของระบบให้ถูกต้องตามคำแนะนำ

3.1.2.2 สภาพด่าง (Alkalinity)

สภาพด่างบอกถึงความสามารถของน้ำที่สามารถจะสะเทินกรดได้ ยกตัวอย่างเช่น น้ำจากสองแหล่งซึ่งมีพีเอชเท่ากัน แต่มีสภาพด่างแตกต่างกัน จะมีความสามารถในการสะเทินกรดไม่เท่ากัน นั่นคือ เมื่อเติมกรดลงไปในน้ำแล้วพีเอชของน้ำที่มีค่าสภาพด่างสูงจะลดลงน้อยกว่าพีเอชของน้ำที่มีค่าสภาพด่างต่ำ โดยสภาพด่างทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ป้องกันการลดลงของพีเอชอันเนื่องจากการเติมกรด สภาพด่างในน้ำสะอาดเกิดจากอิออนไบคาร์บอเนต คาร์บอเนต และ ไฮดรอกไซด์ เป็นหลัก แต่สำหรับน้ำผิวดินและน้ำเสีย ก็อาจจะมีสภาพด่างจากสารอื่นๆอีก

สภาพด่างที่นิยมวัดกันมีอยู่สองอย่าง คือ (1) สภาพด่างฟีนอล์ฟธาลีน (Phenolphthalein Alkalinity) ซึ่งเป็นสภาพด่างที่วัดโดยการสะเทินกรดจนพีเอชลดลงถึง 8.3 ซึ่งเป็นระดับที่ด่างแก่ (ได้แก่ NaOH) ถูกใช้หมดอย่างสมบูรณ์ และ (2) สภาพด่างทั้งหมด (Total Alkalinity หรือ Methyl Orange Alkalinity) เป็นสภาพด่างที่วัดโดยการสะเทินกรดจนพีเอชลดลงเหลือประมาณ 4.5 ซึ่งมักจะเป็นจุดที่ด่างทั้งหมดในน้ำถูกใช้จนสมบูรณ์

3.1.2.3 ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness)

ความกระด้างทั้งหมดของน้ำทั้งหมด ได้แก่ ผลรวมของอิออนประจุบวกที่มีวาเลนต์เท่ากับ 2 ทั้งหมด Ca^{2+}, Mg^{2+} เป็นต้น หน่วยความเข้มข้นนิยมวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตรในเทอมของหินปูน ความกระด้างทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับสภาพด่างทั้งหมด เนื่องจากอิออนบวกของความกระด้างและอิออนลบของสภาพด่างที่ได้มาจากการแตกตัวของแร่คาร์บอเนตชนิดต่างๆ

3.1.2.4 ปริมาณของแข็งในน้ำ

ของแข็ง (Solids) ในน้ำ หมายถึง สารต่างๆ ที่อยู่ในน้ำ ทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็นได้ด้วยตาเปล่า ของแข็งหรือ Solids แบ่งได้หลายชนิด ดังนี้

- Total Dissolved Solids (TDS) หมายถึง ของแข็งละลายน้ำซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ยกตัวอย่างเช่น น้ำทะเลจะมีของแข็งละลายน้ำต่างๆ ที่เกิดจากเกลือแร่นานาชนิดละลายอยู่ในน้ำ เป็นต้น เมื่อระเหยตัวอย่างน้ำจะมีของแข็งเป็นผงหรือผลึก ซึ่งสามารถมองเห็นได้ ของแข็งละลายน้ำอาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ก็ได้
- Suspended Solids (SS) หมายถึง ของแข็งแขวนลอยในน้ำ ความขุ่นในน้ำก็เป็นของแข็งแขวนลอยด้วย แต่ทั้งสองพารามิเตอร์มีวิธีวัดหรือวิธีวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างน้ำเดียวกันจึงมีค่าของแข็งแขวนลอยและความขุ่นไม่เท่ากัน น้ำดีหรือน้ำประปามักวิเคราะห์ความขุ่นซึ่งวัดได้ง่าย ส่วนน้ำเสียมักต้องการวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยมากกว่า อาจเป็นเพราะว่าในน้ำเสียมีน้ำมันหรือสารอื่นๆ ที่รบกวนต่อการวัดความขุ่น ซึ่งของแข็งแขวนลอยอาจเป็นสารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ก็ได้
- Volatile Solids (VS) หมายถึง ของแข็งที่สามารถทำให้ระเหยได้เมื่อถูกนำไปเผาภายใต้อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส โดยทั่วไป VS หรือของแข็งโวลาไทล์หรือของแข็งระเหย ส่วนใหญ่หมายถึง สารอินทรีย์ที่อยู่ในของแข็งนั่นเอง
- Fixed Solids (FS) หมายถึง ของแข็งคงตัว ซึ่งเป็นของแข็งที่เหลืออยู่จากการเผาของแข็งทั้งหมดภายใต้อุณหภูมิ 550-600 องศาเซลเซียส นั่นคือ ถ้านำของแข็งทั้งหมดมาเผาภายใต้อุณหภูมิดังกล่าวข้างต้น จะมีของแข็งที่

ระเหยไป (VS) และของแข็งคงตัว (FS) ที่เหลือจากการเผา ดังนั้น ของแข็งทั้งหมด (TS) = VS+FS โดยทั่วไป ของแข็งคงตัว หมายถึง ของแข็งเฉื่อยที่ไม่ใช่สารอินทรีย์ อาจกล่าวได้ว่าของแข็งคงตัว หมายถึง สานอนินทรีย์ เช่น เกลือต่างๆ เป็นต้น

• Total Solids (TS) หมายถึง ของแข็งทั้งหมด พารามิเตอร์ตัวนี้แสดงถึงสารต่างๆ ทุกชนิดที่มีอยู่ในน้ำ ดังนั้น สิ่งที่อยู่ในน้ำทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็น จะวัดได้ในภาพของแข็งทั้งหมด

TS = TDS + SS = VS + FS

3.1.2.5 **ความขุ่น** (Turbidity)

ความขุ่นของน้ำบ่งถึงสารปนเปื้อนที่ขัดขวางทางเดินของแสงผ่านน้ำทำให้น้ำแลดูไม่ใส ความขุ่นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับของแข็งแขวนลอย ซึ่งหากมีเครื่องมือที่เหมาะสม ก็จะสามารถวัดความขุ่นได้อย่างง่ายดาย ในปัจจุบันนี้เครื่องมือวัดความขุ่นแทบทั้งหมดจะแสดงผลในหน่วย NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

3.1.2.6 **ค่าสภาพนำไฟฟ้า** (Electrical Conductivity – EC)

ค่าสภาพนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าของน้ำ ซึ่งค่าสภาพนำไฟฟ้านี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยสารอินทรีย์ที่แตกตัวเป็นอิออนจะนำไฟฟ้า แต่สารอินทรีย์ละลายจะไม่นำไฟฟ้า ค่าสภาพนำไฟฟ้าซึ่งสามารถวัดได้ง่ายจึงมักจะถูกนำไปใช้ในการประเมินปริมาณของเกลือแร่ที่ละลายอยู่ในน้ำได้ ค่าสภาพนำไฟฟ้ามักจะวัดในภาพของไมโครซีเมนต์/ซม. หรือ ไมโครโมห์/ซม. ซึ่งมีค่าเท่ากัน

3.1.2.7 **ออกซิเจนละลาย** (Dissolved Oxygen-DO)

ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งกับกระบวนการต่างๆ ในน้ำ น้ำผิวดินที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์มักจะมีออกซิเจนละลายน้อย เนื่องจากเกิดการย่อยสลายที่ใช้ออกซิเจน ด้วยเหตุผลเดียวกัน การบำบัดน้ำเสียโดยระบบแบบชีวภาพก็ต้องมีการเติมอากาศให้เพียงพอสำหรับการกำจัดสิ่งสกปรก นอกจากนี้ ออกซิเจนสามารถทำให้โลหะผุกร่อนได้ ปริมาณออกซิเจนละลายจึงมีความสำคัญต่อการควบคุมระบบหม้อน้ำ

3.1.2.8 **คาร์บอนไดออกไซด์** (Carbon Dioxide-CO_2)

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารอีกตัวหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการควบคุมระบบหม้อน้ำ เนื่องจากคาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้เป็นกรดคาร์บอนิก ซึ่งทำปฏิกิริยากัดกร่อนท่อและส่วนประกอบที่เป็นโลหะ จึงต้องมีการควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และสารที่เกี่ยวเนื่อง (เช่นคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนต) ในระบบหม้อน้ำ

3.1.3 หลักการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

หลักสำคัญในการใช้น้ำอุตสหากรรมอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การประหยัดน้ำและลดการสูญเสียที่ไม่จำเป็น การใช้น้ำซ้ำให้คุ้มค่าที่สุดก่อนการปล่อยทิ้ง และการหมุนเวียนน้ำทิ้งกลับมาใช้ใหม่

3.1.3.1 **การประหยัดและลดการสูญเสีย**

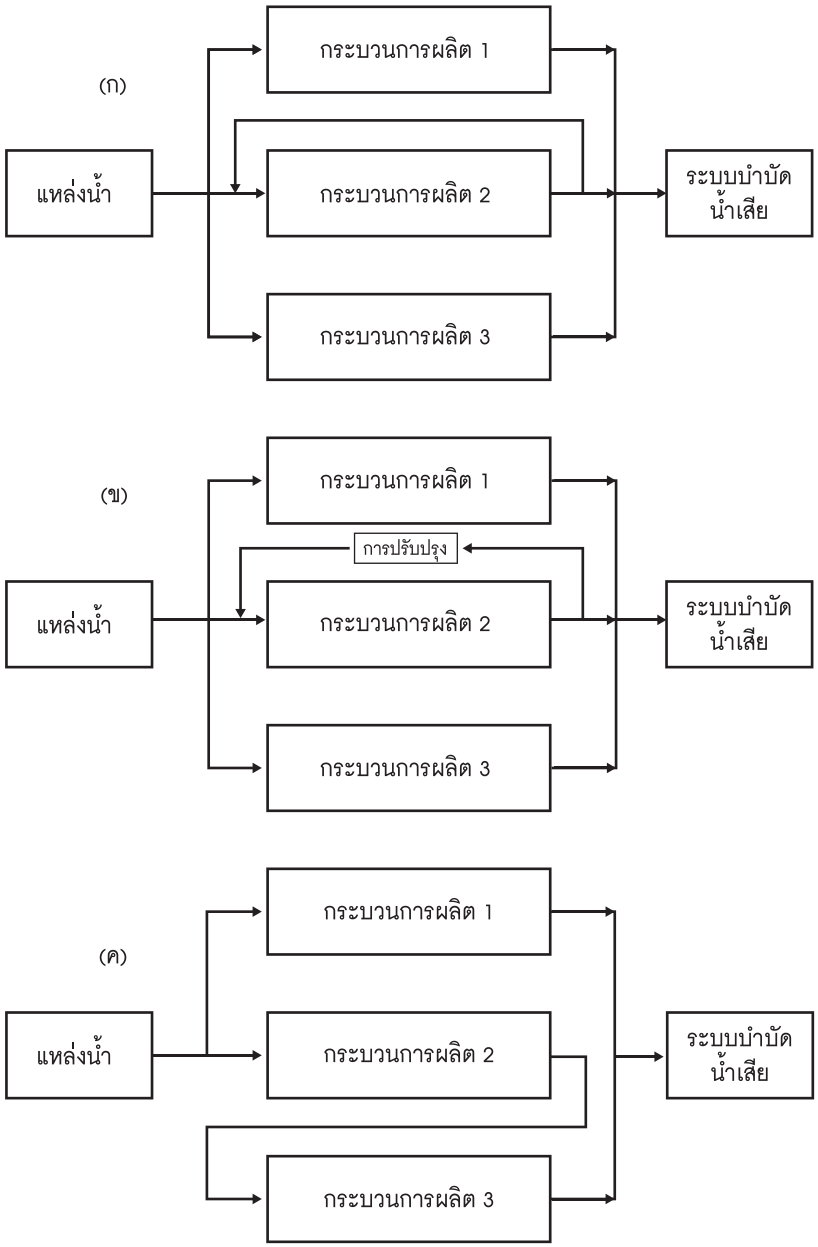
โรงงานอุตสาหกรรมทุกแห่ง มีการสูญเสียน้ำโดยไม่จำเป็นเกิดขึ้นการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพก็คือ การเข้าไปตรวจสอบเพื่อลดการสูญเสียน้ำเหล่านี้ ตัวอย่างของการสูญเสียน้ำที่พบบ่อยและแก้ไขได้ง่าย เช่น

- ก๊อกน้ำที่ปิดไม่สนิทและท่อน้ำที่มีการรั่วซึม โดยเฉพาะจุดที่เชื่อมต่อกับอาคาร
- ถังน้ำใต้ดินที่รั่ว หรือล้น
- สุขภัณฑ์และก๊อกน้ำที่ไม่ประหยัดน้ำ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการใช้งานอย่างต่อเนื่อง
- วาล์วเปิด-ปิดที่ไม่อยู่ในตำแหน่งที่สะดวกต่อผู้ปฏิบัติงาน
- เครื่องจักรที่ไม่ได้รับการปรับตั้งให้ประหยัดน้ำ
- เครื่องจักรที่ไม่ได้รับการดูแลรักษาทำให้ต้องทำความสะอาดบ่อยๆ
- การล้างโดยไม่ระมัดระวัง ใช้วิธีเติมเต็มแล้วเททิ้ง หรือปล่อยให้น้ำล้นแทนที่จะทำการขัดถู
- การใช้น้ำฉีดล้างทำความสะอาด แม้ในกรณีที่ควรใช้การกวาดและตัก
- พนักงานที่ไม่ใส่ใจการปฏิบัติงาน
- หัวหน้างานที่ไม่ให้ความสำคัญกับการประหยัดน้ำ

3.1.3.2 การใช้น้ำซ้ำ

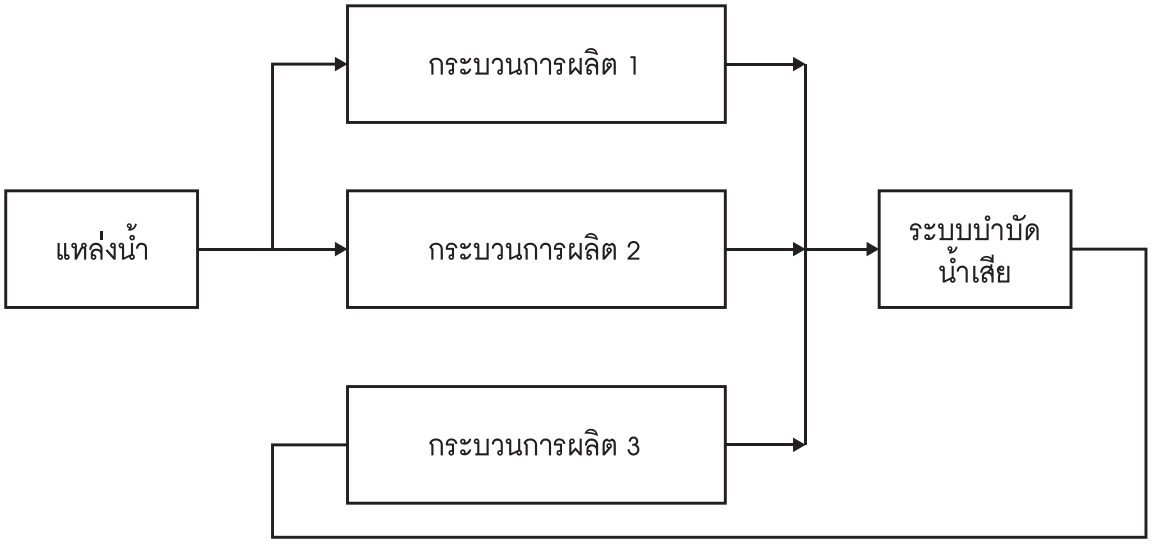
น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมหนึ่งๆ แล้วอาจมีความสะอาดเพียงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์อื่นๆ ได้อีก การใช้น้ำในลักษณะนี้ เรียกว่า การใช้น้ำซ้ำ (Reuse) ซึ่งการใช้น้ำซ้ำสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

- การนำน้ำไปใช้ในกระบวนการเดิมจนกระทั่งมีความสกปรกเพิ่มมากขึ้น จนถึงจุดที่อาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ แล้วจึงทิ้งไป ดังแสดงในภาพที่ 3-2 (ก)
- การนำน้ำใช้ไปปรับปรุงคุณภาพอย่างง่าย ก่อนที่จะนำน้ำไปใช้ซ้ำในกระบวนการเดิม ดังแสดงในภาพที่ 3-2 (ข)
- การนำน้ำทิ้งจากกระบวนการหนึ่งๆ ที่ยังคงมีความสะอาดเพียงพอไปใช้ในกระบวนผลิตอื่นที่ไม่ต้องการน้ำที่มีความสะอาดมาก ดังแสดงในภาพที่ 3-2 (ค)



ภาพที่ 3-2 การใช้น้ำซ้ำ

- การล้างโดยใช้หลักการทวนกระแส (Countercurrent) ซึ่งเป็นหลักการนำน้ำจากการล้างขั้นท้ายซึ่งชิ้นงานมีความสะอาด กลับมาใช้ล้างในขั้นตอนก่อนหน้า (ดูภาพที่ 3-2)

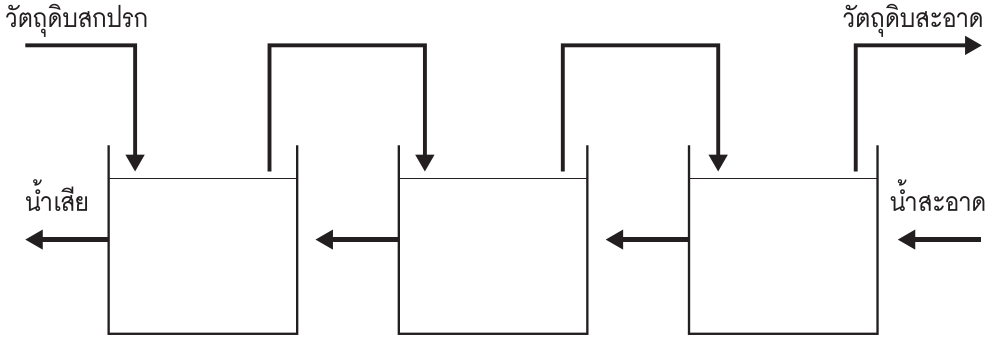


ภาพที่ 3-3 การล้างโดยใช้หลักการทวนกระแส (Countercurrent)

3.1.3.3 การหมุนเวียนน้ำ

การหมุนเวียนน้ำ คือ การนำน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตใหม่ ซึ่งจะเป็นการลดการใช้น้ำจากแหล่งน้ำหมุนเวียนที่มีปริมาณมากและมีคุณภาพดี นิยมนำมาใช้ในการหมุนเวียนในโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน สำหรับในประเทศไทยในขณะนี้แนวทางที่เหมาะสมก็คือ การนำเอาน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมกลับมาใช้ให้มาในโรงงานนั้นๆ

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมหลายๆ แห่งมีประสิทธิภาพดี สามารถผลิตน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงไม่แปรปรวนได้อย่างสม่ำเสมอ น้ำทิ้งเช่นนี้ อาจสามารถนำกลับไปใช้ในบางกระบวนการได้ทันที ยกตัวอย่างเช่น การล้างพื้น และการใช้ในชักโครก ในหลายๆ กรณีเพียงแค่เพิ่มกระบวนการบำบัดเพิ่มเติมเข้าไป น้ำหมุนเวียนนี้ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตโดยตรงได้อีกด้วย



ภาพที่ 3-4 การหมุนเวียนน้ำ

3.1.4 ข้อพิจารณาในการใช้น้ำซ้ำและการหมุนเวียนน้ำ

การใช้น้ำซ้ำและการหมุนเวียนน้ำเป็นการนำน้ำที่ผ่านการใช้งานมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการประหยัดน้ำ โดยจะต้องคำนึงถึงหลักการต่างๆ ดังนี้

3.1.4.1 การพิจารณาความเป็นไปได้ในการหมุนเวียนน้ำ

อาจกล่าวได้ว่าการหมุนเวียนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้งเป็นเป้าหมายหลักของการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นแนวทางที่จะทำให้ลดการดึงน้ำมาใช้และลดการระบายน้ำเสียออกไปจากโรงงานโดยตรงได้เป็นอย่างดี แต่การที่จะบรรลุถึงเป้าหมายนี้นั้นก็ยังคงมีอุปสรรคหลายๆ ประการที่ต้องพิจารณา

การหมุนเวียนน้ำที่อาจสามารถจะจำแนกได้เป็น การหมุนเวียนใช้ภายในโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นต้นกำเนิดและการนำน้ำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอีกแห่งหนึ่งหรือนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น การใช้เพื่อการเกษตรหรือ

ชุมชน อย่างไรก็ดี เนื่องจากในประเทศไทยในขณะนี้ยังไม่มีกฎหมายที่ควบคุมการนำน้ำออกภายนอกโรงงาน เพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้น้ำซ้ำโดยตรงทำให้คุณภาพน้ำที่สามารถนำออกมาจะต้องมีลักษณะเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้ง จึงยังไม่มีแรงจูงใจในการพัฒนาในแนวทางนี้ โดยการหมุนเวียนน้ำทั้งหมดล้วนมีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้ในโรงงานทั้งสิ้น ปัญหาสำคัญในการหมุนเวียนน้ำเพื่อใช้ในโรงงานมีอยู่หลายประการด้วยกัน ดังนี้

• ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เนื่องจากราคาค่าน้ำในประเทศไทยค่อนข้างถูกทำให้ไม่สามารถนำเทคโนโลยีที่ประสบความสำเร็จในต่างประเทศมาใช้อย่างคุ้มค่าได้ในประเทศไทย โดยพื้นที่ที่อาจสามารถนำการหมุนเวียนน้ำมาใช้ได้อย่างได้ผล น่าจะเป็นพื้นที่ที่น้ำมีราคาค่อนข้างสูงหรือมีข้อจำกัดอื่นๆ อย่างไรก็ดีเทคโนโลยีทางด้านการหมุนเวียนน้ำได้มีการก้าวหน้าอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ค่าใช้จ่ายมีราคาต่ำลงเรื่อยๆ

• แหล่งรองรับน้ำทิ้ง

การหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้มักจะทำให้เหลือน้ำทิ้งที่มีปริมาณน้อยลงแต่มีความเข้มข้นของสิ่งปนเปื้อนสูงเกิดขึ้น การบำบัดน้ำทิ้งส่วนนี้เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการพัฒนาการหมุนเวียนน้ำ โดยโรงงานที่ไม่มีปัญหานี้ มักจะเป็นโรงงานที่น้ำทิ้งมีความสกปรกน้อย อยู่ใกล้ทะเลหรือมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียเข้มข้นอย่างคุ้มทุน เช่น มีเตาเผาที่มีขีดความสามารถเหลือ

• ความน่าเชื่อถือของระบบ

การผลิตน้ำสะอาดจากน้ำทิ้งที่มีสารปนเปื้อนมากนั้นต้องอาศัยบุคคลากร ผู้ออกแบบก่อสร้างและควบคุมที่มี ความรู้และ ประสบการณ์ในการทำงาน โดยตรงซึ่งอาจจะยัง มีอยู่น้อยในปัจจุบัน แต่ก็มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สิ่งสำคัญที่สุดก็คือผู้บริหารของโรงงานจะต้องตั้งใจจริง โดยกำหนดบุคลากรที่มีความสามารถมาควบคุมระบบหมุนเวียนน้ำและต้องยินดี ทำงานร่วมกับผู้ออกแบบและก่อสร้างอย่างใกล้ชิดเพื่อแก้ปัญหาทางเทคนิคที่เกิดขึ้น

• เป้าหมายในการใช้งาน

โรงงานส่วนหนึ่งยังมีความเข้าใจว่าการหมุนเวียนน้ำจะต้องกระทำในภาพแบบที่จะได้น้ำที่มีคุณภาพที่ดีที่สุด ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง การกำหนดเป้าหมายในการควบคุมระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อการหมุนเวียนจะต้องสอดคล้องกับความต้องการคุณภาพน้ำของหน่วยการผลิตที่จะนำน้ำไปใช้ เช่น น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นไปตามมาตรฐานมักจะมีคุณภาพดีเพียงพอที่จะนำไปใช้ล้างเพลทแม่พิมพ์ได้โดยตรงโดยไม่ต้องนำไปบำบัดเพิ่มเติม

3.1.4.2 ที่มาของน้ำ

ที่มาของน้ำที่จะนำมาใช้ในการหมุนเวียนจะต้องมีปริมาณเพียงพอและใช้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาที่มีความต้องการโดยคุณภาพน้ำ ต้องคงที่หรือมีความแปรปรวนน้อย ทำให้ง่ายต่อการควบคุมคุณภาพและมีความมั่นใจในการนำไปใช้ นอกจากนี้ที่มาของน้ำที่จะนำมาใช้ต้องไม่มีสารปนเปื้อนที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตที่จะนำไปใช้หรือหากมีสารปนเปื้อนก็จะต้องมีแนวทางในการกำจัดออกซึ่งคุ้มค่าในการลงทุน

ที่มาของน้ำที่มีความเหมาะสมและนิยมนำมาใช้ซ้ำหรือหมุนเวียน ได้แก่

• น้ำเสียหรือน้ำทิ้งของโรงงาน
• น้ำทิ้งจากการฟื้นฟูระบบผลิตน้ำอ่อน
• น้ำทิ้งจากระบบน้ำอาร์โอ
• น้ำทิ้งจากการทำความเย็นจากน้ำใช้ซ้ำและน้ำหมุนเวียน

3.1.4.3 แนวทางการใช้ประโยชน์

• หอหล่อเย็นและหม้อน้ำ

หอหล่อเย็นและหม้อน้ำ มักจะเป็นระบบที่ใช้น้ำมากที่สุดในโรงงานอุตสาหกรรม หอหล่อเย็นควรเป็นระบบที่ใช้น้ำซ้ำ โดยมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อเพิ่มความสามารถในการใช้ซ้ำ น้ำที่เติมหอหล่อเย็นและหม้อน้ำควรเป็นน้ำใช้ซ้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วการดำเนินการกับหอหล่อเย็นและหม้อน้ำมักจะเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าและเห็นผลชัดเจน

• สวนหย่อมและภูมิทัศน์

การใช้น้ำหมุนเวียนจากระบบน้ำเสียกลับมารดน้ำต้นไม้จะช่วยลดความต้องการน้ำลงไปได้เป็นอย่างดี โดยแทบไม่ต้องมีการเพิ่มเติมระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

3.1.5 ปัจจัยคุณภาพในการใช้ซ้ำหรือหมุนเวียน

ก่อนที่จะนำน้ำมาใช้หรือหมุนเวียนจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของน้ำว่ามีความเข้ากันได้กับกระบวนการที่จะนำน้ำนั้นไปใช้ ซึ่งแม้ว่าปัจจัยที่สำคัญจะมีอยู่ด้วยกันหลายประการ แต่จะต้องพึงระลึกอยู่เสมอว่าน้ำนั้นควรมีคุณภาพดีเพียงพอสำหรับเป้าหมายในปัจจัยที่เกี่ยวเนื่อง ส่วนปัจจัยที่ไม่เกี่ยวเนื่องก็อาจไม่ต้องมีการควบคุมก็ได้

3.1.5.1 การกัดกร่อนและการเกิดตะกรัน

การกัดกร่อนและการเกิดตะกรันเป็นปัญหาหลักของหอหล่อเย็นและระบบหม้อน้ำ ปัญหาทั้งสองนี้มาจากความเข้มข้นของเกลือแร่ที่ไม่เหมาะสมได้แก่สารอิออนิก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็กและซิลิกา

3.1.5.2 ของแข็งละลายน้ำ

ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids หรือ TDS) ได้แก่ เกลือแร่และสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งละลายอยู่ในน้ำที่มีผลต่อการนำน้ำไปใช้และหมุนเวียนได้หลายประการด้วยกัน เช่น ในการนำไปใช้เป็นน้ำล้างหรือนำไปใช้เป็นน้ำรดต้นไม้

3.1.5.3 สารอินทรีย์

น้ำที่มีสารอินทรีย์อยู่มาก อาจมีลักษณะอันไม่พึงประสงค์หลายๆ ประการ อาทิเช่น เกิดเมือกและฟอง เกิดฟิล์มจุลชีพในเส้นท่อและภาชนะ เกิดกลิ่นและคราบสกปรกและการติดเชื้อ เป็นต้น

3.1.5.4 สีและความขุ่น

นอกจากจะไม่น่าดูแล้ว สีและความขุ่นอาจทำให้การล้างไม่สะอาดเท่าที่ควร สีที่ไม่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์อาจทำให้เกิดความเสียหายและปัญหาในการควบคุมคุณภาพ ความขุ่นมีมากก็อาจตกตะกอนในเส้นท่อและภาชนะและยังเป็นที่สะสมของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย

3.1.5.5 จุลินทรีย์

จุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรียและเชื้อราต่างๆ อาจทำให้เกิดปัญหาคุณภาพได้จากการติดเชื้อ เกิดเมือกและฟองตลอดจนการเกิดกลิ่นเหม็นไม่พึงประสงค์

3.1.6 กรอบปฏิบัติในการพัฒนาการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

กรอบปฏิบัติ (Guidelines)

จะช่วยให้ผู้ประกอบการทราบถึงแนวทางปฏิบัติที่สามารถลดการใช้น้ำและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้น้ำและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

อุตสาหกรรมสิ่งทอเป็นอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่ ครอบคลุมกลุ่มอุตสาหกรรมย่อยหลายๆ ประเภท แต่กลุ่มที่มีการใช้มากที่สุดก็คือ อุตสาหกรรมฟอกย้อม ซึ่งก็ยังจัดว่าเป็นอุตสาหกรรมที่ซับซ้อนมีกระบวนการผลิตหลายขั้นตอนด้วยกัน อย่างไรก็ดี จากการรวบรวมข้อมูลและเข้าสำรวจโรงงานในกลุ่มนี้ ทำให้สามารถสรุปกระบวน การที่ควรให้ความสำคัญในการพัฒนาการใช้น้ำได้ ดังนี้

- การบริหารจัดการ
- การผลิตน้ำสะอาดและน้ำอ่อน
- ระบบหม้อน้ำและน้ำหล่อเย็น
- กระบวนการผลิต
- การบำบัดน้ำเสีย
- การหมุนเวียนน้ำ

เป็นที่น่าสังเกตว่าสำหรับโรงงานอุตสหากรรมส่วนใหญ่แล้ว ระบบน้ำหล่อเย็นจะเป็นหน่วยการผลิตที่ใช้น้ำมากที่สุด แต่สำหรับอุตสาหกรรมฟอกย้อมแล้ว หน่วยการผลิตที่ใช้น้ำมากมักเป็นกระบวนการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งการย้อม การพิมพ์และการเตรียมผ้า ในขณะที่มีการใช้น้ำหล่อเย็นน้อยหรือไม่มีเลย

เมื่อทราบถึงกระบวนการที่สำคัญนี้แล้ว จึงสามารถกำหนดกรอบปฏิบัติในการดำเนินการได้ดังนี้

- ตรวจสอบข้อมูลพื้นฐาน
- จัดทำสมดุลน้ำ
- พิจารณาการบริหารและการจัดการน้ำในโรงงาน
- พิจารณาระบบกองทราย
- พิจารณาการผลิตน้ำอ่อน
- พิจารณาระบบหม้อน้ำ
- พิจารณาหอหล่อเย็น
- พิจารณากระบวนการผลิต
- พิจารณาการบำบัดน้ำเสีย
- พิจารณาความเป็นไปได้ในการหมุนเวียนน้ำ

3.1.7 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้น้ำ

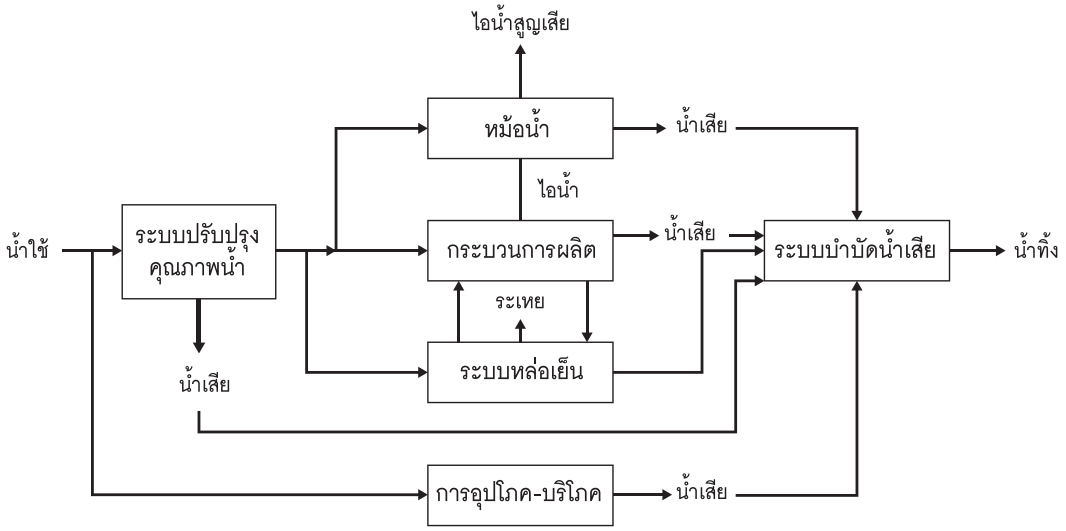
ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช้น้ำเป็นเครื่องมือที่สำคัญซึ่งจำเป็นต้องใช้ เพื่อที่จะได้ทราบถึงสถานภาพการใช้น้ำในปัจจุบันของโรงงาน หรือเพื่อที่จะสามารถตรวจสอบความสำเร็จในการดำเนินโครงการ โดยจะต้องคัดเลือกดัชนีให้เหมาะสมกับความต้องการของโรงงาน

ดัชนีชี้วัดใดๆ จะใช้ประโยชน์จริงได้ก็ต่อเมื่อมีการติดตามเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง จนสามารถจะมองเห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน โดยจะต้องกำหนดความถี่ในการเก็บข้อมูลให้สอดคล้องกับแผนในการดำเนินงาน ตัวอย่างของดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการใช่น้ำ อาทิเช่น

- อัตราการใช้น้ำต่อหน่วยการผลิต
- รายได้หรือกำไรต่อหน่วยการใช้น้ำ
- อัตราการใช้น้ำต่อเดือนของโรงงาน

3.1.8 การทำสมดุลน้ำ

การทำสมดุลน้ำ หมายถึง การตรวจสอบเพื่อให้ทราบถึงปริมาณและอัตราการไหลของน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม โดยเริ่มพิจารณาตั้งแต่น้ำเริ่มเข้าสู่โรงงาน ซึ่งถูกนำไปใช้ประโยชน์ที่หน่วยต่างๆ จนถึงน้ำที่ออกจากโรงงาน ณ จุดต่างๆ โดยปริมาณน้ำที่เข้าและออกต้องมีค่าเท่ากันเสมอ



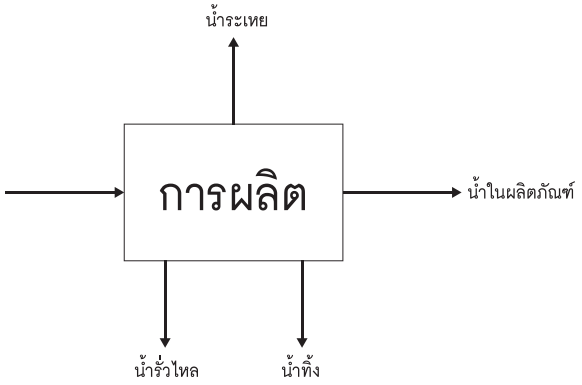
ภาพที่ 3-5 แผนผังอย่างง่ายแสดงการใช้น้ำในอุตสาหกรรมฟอกย้อม

3.1.8.1 หลักการทำสมดุลน้ำ

ในการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพได้นั้นจะต้องทราบอย่างแน่ชัดถึงกิจกรรมที่ใช้น้ำและปริมาณของน้ำที่ใช้ไปในแต่ละกิจกรรม ซึ่งสามารถรู้ได้ด้วยการทำสมดุลน้ำ (Water Balance) ตามปกติแล้ว น้ำที่เข้าสู่โรงงาน จะต้องมีปริมาณเท่ากับน้ำที่ออกจากโรงงาน ดังสมการ

น้ำเข้าสู่โรงงาน = น้ำในผลิตภัณฑ์ + น้ำทิ้ง + น้ำระเหย + น้ำรั่วไหล

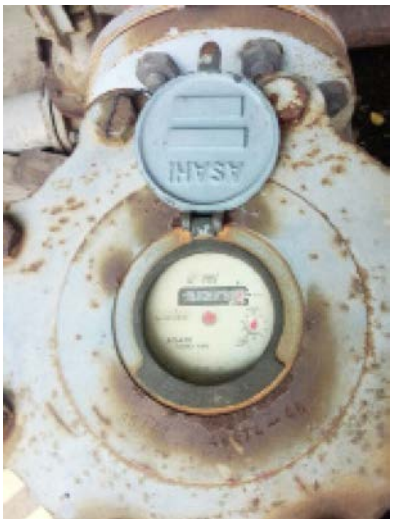
การทำสมดุลน้ำ คือ การตรวจสอบว่า (1) น้ำเข้ามาสู่โรงงาน ถูกนำไปใช้ในกิจกรรมใดบ้าง (2) น้ำที่ออกจากโรงงานออกไปทางช่องทางใดบ้าง และ (3) น้ำที่เข้าและออกจากโรงงานมีปริมาณเท่ากันหรือไม่



ภาพที่ 3-6 การทำสมดุลน้ำ

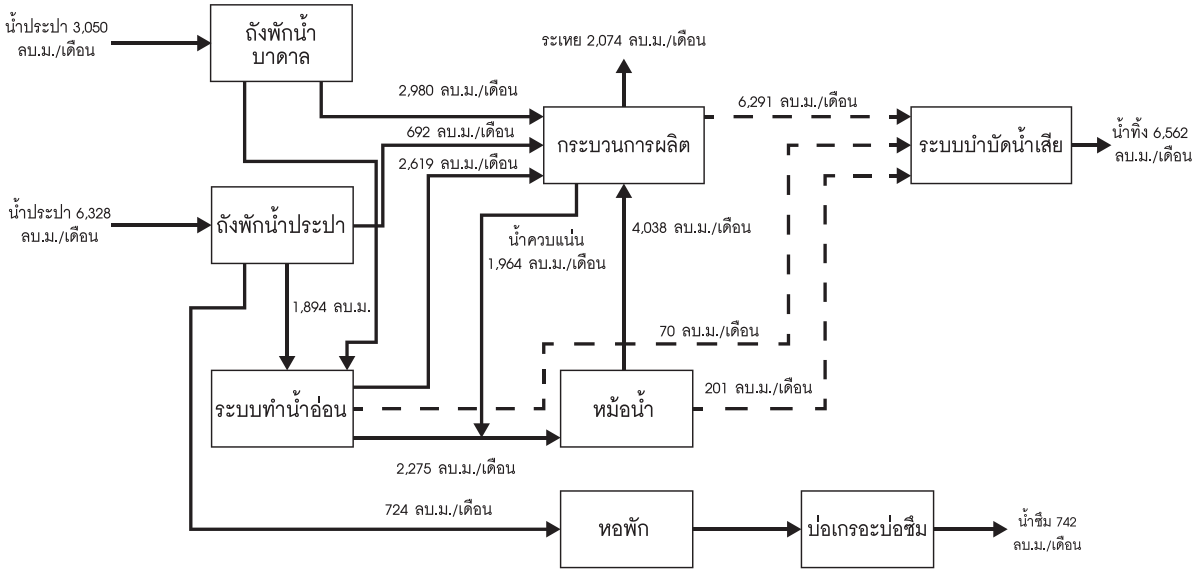
ขั้นตอนการทำสมดุลน้ำมีรายละเอียด ดังนี้

- รวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนผังโรงงาน ผังการไหลของน้ำ ตำแหน่งของท่อ ก๊อกน้ำ มาตรวัด รางระบายน้ำ บ่อสูบ ฯลฯ อย่างคร่าวๆ
- ตรวจสอบอย่างละเอียดถึงจุดที่มีการใช้น้ำและจุดที่ปล่อยน้ำออก เพื่อทำผังการไหลของน้ำที่มีรายละเอียดครบถ้วน พิจารณาผังการไหลที่จัดทำขึ้นว่าสามารถที่จะตรวจสอบการไหลของน้ำ แต่ละเส้นทางได้หรือไม่ ซึ่งอาจจะต้องมีการติดตั้งมาตรวัดน้ำ หรือเครื่องบันทึกเวลาการทำงานของเครื่องสูบเพิ่มเติม สำหรับน้ำเสียอาจต้องวางแผนการวัดอัตราการไหลให้เหมาะสมกับลักษณะท่อหรือลำราง เช่น ใช้มาตรวัดชั่วคราวแบบติดตั้งภายนอกท่อหรือใช้เวียร์วัดการไหลในลำราง เป็นต้น
- วางแผนทำการตรวจวัดให้ครอบคลุมทุกสภาพแบบการผลิต
- ดำเนินการตรวจวัดตามแผนที่วางไว้
- พิจารณาปริมาณของน้ำที่ตรวจสอบได้ น้ำที่เข้าสู่โรงงานจะต้องใกล้เคียงกับน้ำที่ออกไปสู่นอกโรงงาน โดยไม่ควรแตกต่างกันเกินร้อยละ 10 นอกจากนี้ยังพิจารณาสมดุลของน้ำที่จุดอื่นๆ ประกอบกันไปด้วย



ภาพที่ 3-7 มาตรวัดน้ำ

- ความคลาดเคลื่อนที่พบมักจะเกิดจากสาเหตุสองประการ คือตรวจสอบจุดใช้น้ำหรือจุดปล่อยน้ำได้ไม่ครอบคลุมหรือเกิดการรั่วไหลขึ้นในเส้นทางการไหล ซึ่งจะต้องตรวจสอบให้พบ
- นำข้อมูลที่ได้รับไปพิจารณาหาทางใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป



ภาพที่ 3-8 ตัวอย่างสมดุลน้ำ

3.1.8.2 การสำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณน้ำเพื่อจัดทำสมดุลน้ำ

การทำสมดุลน้ำเป็นการศึกษาการใช้น้ำของหน่วยการผลิตและหน่วยบริการต่างๆ เช่น ระบบผลิตน้ำสะอาด ระบบผลิตน้ำอ่อน ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ และระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ซึ่งในที่นี้จะเรียกรวมกันไปว่ากระบวนการทำสมดุลน้ำ จะทำให้สามารถบอกได้ถึงประสิทธิภาพในการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรม อุปสรรคที่สำคัญที่สุดในการศึกษา ก็คือ ความแปรปรวนในการผลิตขั้นตอนต่างๆ ซึ่งมีความต้องการปริมาณน้ำในการผลิตที่แตกต่างกัน

เพื่อลดปัญหาจากความแปรปรวนดังกล่าว การเก็บข้อมูลจึงควรที่จะต้องเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานที่มีการบันทึกข้อมูลการใช้น้ำในจุดต่างๆ ไว้อยู่แล้ว ก็จะทำให้สามารถทำสมดุลน้ำได้อย่างมั่นใจมากยิ่งขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งอาจได้เตรียมการไว้ล่วงหน้าเพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำของแต่ละกระบวนการ โดยอาจจะเป็นส่วนหนึ่งของตัวชี้วัดระบบคุณภาพต่างๆ ในกรณีนี้ก็มักจะมีการติดตั้งมาตรวัดน้ำไว้ตามจุดใช้น้ำต่างๆ ที่เหมาะสมแล้ว และมีการจดบันทึกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะสามารถนำข้อมูลมาใช้ได้ทันที โดยอาจต้องมีการสำรวจเพิ่มแค่เพียงเล็กน้อย แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าโรงงานที่มีการเก็บข้อมูลเช่นนี้มักจะทราบถึงปัญหาการรั่วไหลและการใช้น้ำอย่างไม่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งมักจะดำเนินการแก้ไขไว้แล้ว

สำหรับโรงงานที่ไม่ได้มีการตรวจสอบและบันทึกอัตราการไหลที่จุดใช้น้ำต่างๆ ไว้ผู้ศึกษาก็จะต้องเข้าไปหาแนวทางในการตรวจวัดอัตราการไหลการศึกษาดังกล่าวจะต้องมีการตรวจสอบให้ทราบอย่างชัดเจนถึงแนวทางการไหลของน้ำใช้เข้าสู่กระบวนการผลิต กระบวนการผลิตที่ใช้น้ำ และแนวการไหลของน้ำเสียออกจากกระบวนการผลิตเพื่อที่จะพิจารณาจุดตรวจวัดที่ถูกต้องเหมาะสมได้ อีกทั้งจะต้องทราบถึงภาพแบบและความถี่ในการผลิตสินค้าต่างๆ เพื่อที่สามารถวางแผนการวัดให้ต่อเนื่อง เพียงพอจนทราบอัตราการไหล ซึ่งน่าจะเป็นตัวแทนที่แท้จริงได้

การวัดอัตราการไหลของน้ำในกระบวนการผลิตต่าง ๆ สามารถกระทำได้ 3 ตำแหน่งหลักๆ ดังนี้

- วัดน้ำใช้ที่เข้าสู่กระบวนการผลิต

การวัดน้ำใช้ที่เข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นการตรวจสอบปริมาณน้ำใช้ เช่น น้ำประปา น้ำบาดาล น้ำอ่อน น้ำบริสุทธิ์ที่ไหลผ่านท่อไปยังหน่วยการผลิต

- วัดน้ำใช้และน้ำสูญเสียจากกระบวนการผลิต

การวัดน้ำใช้และน้ำสูบเสียจากกระบวนการผลิต เป็นการตรวจสอบน้ำที่ใช้ไปในกระบวนการผลิต เช่น ปริมาณน้ำที่ต้องเติมใส่หม้อย้อมแต่ละรอบการผลิต เป็นต้น

- วัดน้ำเสียที่ไหลออกจากกระบวนการผลิต

หากเป็นไปได้การทำสมดุลน้ำควรมีการตรวจสอบทั้ง 3 ตำแหน่งโดยผลที่ได้ต้องมีความสอดคล้องกัน นั่นคือ น้ำใช้ที่เข้าสู่กระบวนการผลิตจะต้องมีค่าเท่ากับน้ำที่สูญเสียในกระบวนการผลิต แต่ในทางปฏิบัติแล้ว เป็นการยากที่จะสามารถวัดได้ทั้ง 3 ตำแหน่งพร้อมๆ กัน ยกตัวอย่างเช่น ท่อน้ำใช้หรือท่อน้ำเสีย อาจมีการฝังไว้ใต้ดินทำให้ไม่สามารถตรวจสอบได้ แต่ก็ต้องตรวจสอบอย่างน้อย 1 ตำแหน่ง แล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับอัตราการไหลของน้ำในกระบวนการก่อนหน้าหรือกระบวนการถัดไป

3.1.8.3 วิธีการวัดอัตราการไหล

ในกรณีที่จำเป็นจะต้องมีการดำเนินการเก็บข้อมูลอัตราการไหลก็ต้องเลือกวิธีการตรวจวัดให้ถูกต้อง วิธีที่สามารถใช้ในการวัดการไหลของเหลวมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่เหมาะสมกับการวัดอัตราการไหลของน้ำเพื่อจัดสมดุลน้ำมีดังนี้

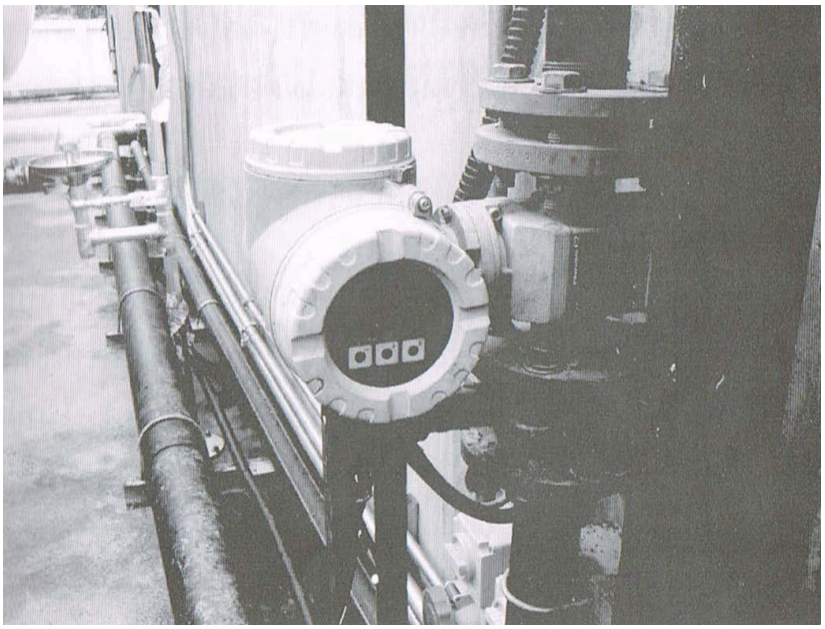
- การวัดโดยใช้มาตรการวัดอัตราการไหลสะสม
- วิธีคำนวณจากความเร็วของการไหลในรางน้ำเสีย
- วิธีจับเวลาและวัดปริมาตรของน้ำเสียที่ไหลเข้าถัง
- วิธีจับเวลาทำงานของเครื่องสูบน้ำ
- การวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยเวียร์ (Weir)
- การประเมินจากข้อกำหนดของอุปกรณ์และเครื่องจักร

การวัดโดยใช้มาตรวัดอัตราการไหลสะสม

มาตรวัดอัตราการไหลสะสม (ดูภาพที่ 3-10) เป็นอุปกรณ์ที่วัดความเร็วของน้ำในเส้นท่อแล้วคำนวณเป็นปริมาณที่ไหลผ่านไป มาตรวัดอัตราการไหลมีทั้งแบบที่เป็นกลไกซึ่งใช้ใบพัดและเฟืองทด และแบบไฟฟ้า ซึ่งอาจใช้หลักการ Ultrasonic (Doppler และ Transit Time), Radar หรือ Electromagnetic การเลือกใช้มาตรการแบบใดก็ต้องขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการนำไปใช้และลักษณะของไหลในท่อ

การวัดอัตราการไหลโดยใช้มาตรเป็นวิธีที่สะดวกสำหรับการวัดอัตราการไหลอย่างต่อเนื่องเป็นประจำเพราะสะดวกและง่ายต่อการเก็บข้อมูลแต่สำหรับการเก็บข้อมูลภาคสนามนั้นการใช้เครื่องวัดอัตราการไหลมีจุดอ่อนหลายประการที่ทำให้ยากต่อการปฏิบัติงาน ดังนี้

- ในการใช้มาตรวัดอัตราการไหลจะต้องมีน้ำอยู่เต็มเส้นท่อตลอดเวลา
- การติดตั้งมาตรวัดอัตราการไหลส่วนใหญ่จะต้องมีการตัดต่อท่อ ซึ่งหากในจุดที่เข้าปฏิบัติงานไม่มีปัญหาดังกล่าวนี้แล้ว ก็สามารถใช้มาตรวัดอัตราการไหลในการสำรวจปริมาณน้ำเสียได้



ภาพที่ 3-9 มาตรวัดอัตราการไหลสะสมแบบ Ultrasonic

• วิธีคำนวณจากความเร็วของการไหลในรางน้ำ

การวัดความเร็วของการไหลในรางน้ำอาจกระทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดกระแสน้ำ อัตราความเร็วที่ได้ถือเป็นความเร็วผิวน้ำ ถ้าคูณความเร็วที่ได้ด้วยแฟคเตอร์ 0.80 ก็จะได้ความเร็วเฉลี่ยของการไหลของน้ำในรางน้ำ อัตราหรือปริมาณการไหลคำนวณได้โดยใช้ผลคูณระหว่างความเร็วของการไหลและพื้นที่หน้าตัดของการไหล ในทางปฏิบัติการวัดความเร็วของน้ำที่ไหลในรางระบายอาจกระทำได้ง่ายๆ โดยการโยนวัตถุเบาๆ ให้ลอยและไหลไปตามน้ำ จากนั้นจับเวลาเพื่อหาอัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ควรเลือกวัดอัตราเร็วในรางที่อยู่ในแนวเส้นตรงและไม่มีสิ่งกีดขวาง การวัดนี้ควรกระทำ 4-5 ครั้ง เป็นอย่างน้อย จากนั้นจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ย ถ้าหากว่าความเร็วที่วัดได้แตกต่างกันมากจะต้องวัดตรวจสอบดูใหม่เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยและใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด อนึ่ง ต้องตระหนักไว้ว่าการวัดความลึกและความเร็วของการไหลจะต้องทำพร้อมกัน วิธีนี้ช่วยให้ผู้สำรวจสามารถคาดคะเนอัตราการไหลของน้ำได้รวดเร็วและไม่ต้องเสี่ยงเวลาติดตั้งอุปกรณ์เลย

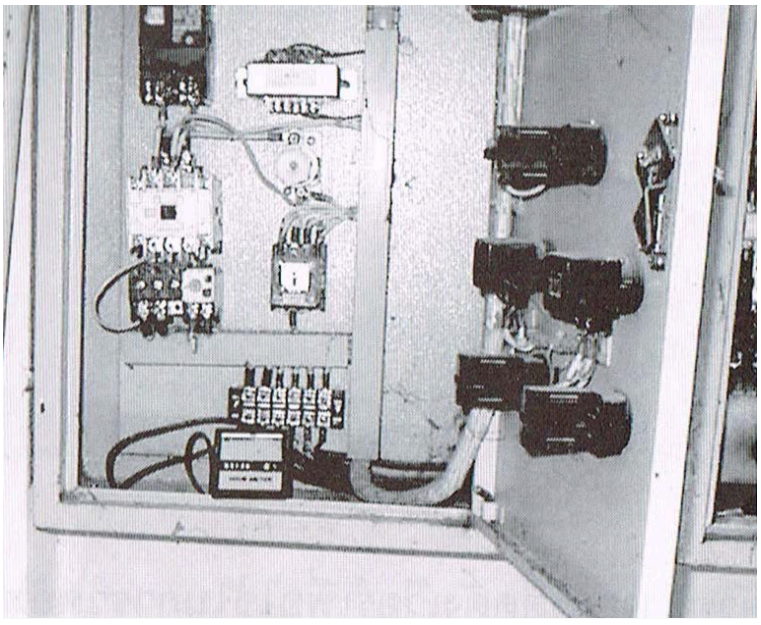
• วิธีจับเวลาและวัดปริมาณของน้ำที่ไหลเข้าถัง

ในกรณีที่น้ำไหลในท่อปิด การวัดอัตราการไหลอาจใช้วิธีจับเวลาและวัดปริมาตรของน้ำที่ไหลเข้าถัง วิธีนี้ต้องการถังรองรับน้ำขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อเพิ่มความถูกต้องของข้อมูล อาจใช้ถังพลาสติกใบใหญ่ที่มีความจุตั้งแต่ 50-100 ลิตรหรือมากกว่า หรืออาจใช้ถังน้ำมันที่มีความจุขนาด 200 ลิตรก็ได้ การเลือกขนาดถังให้เหมาะสมต้องพิจารณาจากเวลาที่ใช้เติมน้ำให้เต็มถังไม่ควรน้อยกว่า 1 นาที

ในระหว่างการสำรวจน้ำมัก พบว่า สามารถใช้ถังรองรับน้ำในภาพแบบต่างๆ เช่น บ่อพักน้ำ ถังบำบัดน้ำเสีย ถังปรับเสมอ (Equalizing Tank) เป็นต้น ถ้าถังมีขนาดใหญ่มากก็ไม่จำเป็นต้องจับเวลาที่น้ำเต็มถังเพราะจะใช้เวลามากเกินไป ในกรณีดังกล่าวการวัดอัตราการไหลของน้ำสามารถทำได้โดยการจับเวลาที่ระดับน้ำสูงขึ้นกว่าระดับเริ่มต้นภายในเวลาพอสมควร เช่น 10 นาที เป็นต้น เมื่อวัดพื้นที่ของถังได้และนำมาคูณกับความสูงของน้ำที่เพิ่มขึ้นก็จะได้ปริมาตรของน้ำที่เพิ่มขึ้นภายในเวลาที่จับไว้

3.1.8.4 วิธีจับเวลาทำงานของเครื่องสูบน้ำ

การวัดอัตราการไหลของน้ำให้ได้ถูกต้องวิธีหนึ่ง คือ จับเวลาทำงานของเครื่องสูบน้ำในแต่ละชั่วโมงและนำมาคูณกับอัตราสูบของเครื่องสูบน้ำนั้นๆ การใช้วิธีนี้จะต้องมีอุปกรณ์วัดเวลาทำงานของเครื่องสูบน้ำ (Counter Hour Meter) (ดูภาพที่ 11) ซึ่งมีราคาไม่แพงมาก ติดตั้งได้ง่ายและต้องมีการตรวจสอบอัตราสูบน้ำให้ได้เสียก่อน สามารถทำได้โดยใช้วิธีจับเวลาและวัดปริมาตรของน้ำที่ถูกสูบออกจากบ่อพัก



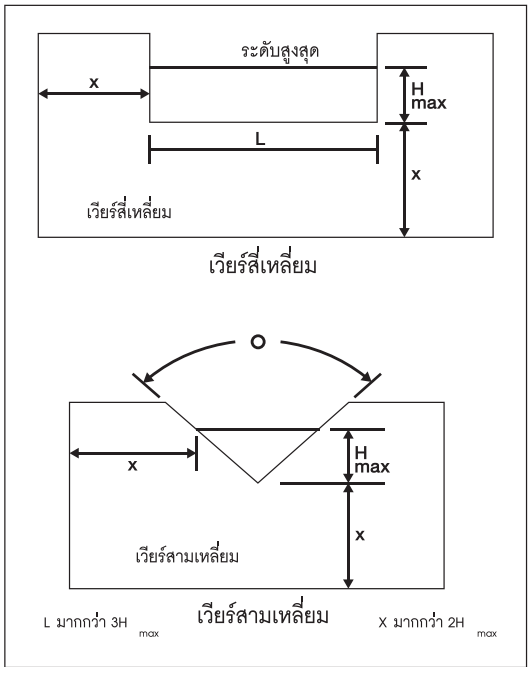
ภาพที่ 3-10 การติดตั้งอุปกรณ์วัดเวลาทำงานของเครื่องสูบชั่วคราว

3.1.8.5 การวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยเวียร์

การวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยเวียร์ (Weir) เป็นวิธีที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเนื่องจากสะดวกในการติดตั้งและราคาถูก สามารถติดตั้งได้ที่ปลายท่อบ่อตรวจระบายและในรางเปิด แผ่นเวียร์อาจสร้างขึ้นมาเองได้โดยอาจใช้วัสดุเป็นแผ่นไม้ หรือแผ่นกระเบื้องชนิดแผ่นเรียบ (ที่ใช้ทำฝ้าหรือผนัง) ที่มีความแข็งแรงและทนต่อแรงกระแทกจากการไหลของน้ำ คนงานทั่วไปสามารถติดตั้งเวียร์ได้ภายในเวลาอันสั้น (ดูภาพที่ 3-12) ด้านบน คือ สัน (Crest) ของเวียร์อาจเป็นเส้นตรงหรือบากเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือภาพตัว V ก็ได้ สันของเวียร์ต้องมีลักษณะคมคล้ายคมมีด อัตราการไหลของน้ำจะเป็นสัดส่วนกับ ความสูงของน้ำเหนือเวียร์ แบบของเวียร์ที่ใช้กันโดยทั่วไป มี 2 ชนิด คือ เวียร์สี่เหลี่ยมและเวียร์สามเหลี่ยม (ดูภาพที่ 3-13)



ภาพที่ 3-11 ตัวอย่างการติดตั้งเวียร์เพื่อใช้ในการวัดอัตราการไหลของน้ำเสีย



ภาพที่ 3-12 เวียร์สันคมชนิดที่ใช้กันทั่วไป 2 ชนิด

- **เวียร์สี่เหลี่ยม**

เวียร์ชนิดนี้อาจจะเป็นชนิดที่มีสันตรงหรือสันบากเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าก็ได้ (ดูภาพที่ 3-13) กรณีเป็นสันบากจะต้องได้มาตรฐาน คือ มีระยะจากด้านข้างเวียร์ถึงช่องบาก (X) และก้นเวียร์ถึงสันไม่น้อยกว่าสองเท่าของความสูงของระดับน้ำสูงสุดเหนือสันเวียร์เสมอ (จากภาพ X ต้องเท่ากับหรือมากกว่า 2Hmax) $Q = 1.84\ LH^{3/2}$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำ,ลูกบาศก์เมตร/วินาที

L = ความยาวของสันเวียร์, เมตร

H = ความสูงของระดับน้ำเหนือสันเวียร์/เมตร

3.8.5.2 เวียร์สามเหลี่ยม

เวียร์ชนิดนี้มีช่องบากเป็นภาพตัว V เหมาะสำหรับการใช้หาอัตราการไหลของน้ำที่มีปริมาณน้อยและสามารถหาอัตราการไหลของน้ำที่น้อยกว่าประมาณ 1.5 ลบ.ม./นาที ได้ แต่ไม่ควรใช้สำหรับอัตราการไหลของน้ำที่เกิน 3-4 ลบ.ม./นาที โดยทั่วไปนิยมใช้เวียร์ชนิด 60 และ 90 เวียร์ชนิด 60 ใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

$Q=0.85\ H^{2.5}$

เวียร์ ชนิด 90 ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$Q = 1.47\ H^{2.5}$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำ,ลูกบาศก์เมตร/วินาที

H = ความสูงของระดับน้ำจากจุดยอดของสามเหลี่ยม, เมตร

3.1.8.6 การประเมินจากข้อกำหนดของอุปกรณ์และเครื่องจักร

อุปกรณ์และเครื่องจักรหลายๆ อย่างๆ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องย้อม หม้อย้อม อินเจคเตอร์มีอัตรา การใช้น้ำที่ระบุไว้ชัดเจนในเอกสารจากผู้ผลิตซึ่งหาก สามารถตรวจสอบได้ว่ามีความถูกต้องแม่นยำก็อาจสามารถนำมาใช้ในการประเมินอัตราการไหลของน้ำเพื่อใช้ในการทำสมดุลน้ำได้เช่นเดียวกับการตรวจวัดโดยตรง

3.1.9 การพิจารณาการบริหารจัดการน้ำในโรงงาน

การใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรมเริ่มต้นที่ฝ่ายบริหาร โดยฝ่ายบริหารจะต้องกำหนดนโยบายอย่างชัดเจนซึ่งนำไปสู่การร่วมพัฒนาโดยบุคลากรทุกส่วน ซึ่งแนวทางด้านการบริหารและการจัดการน้ำที่สำคัญของอุตสาหกรรมฟอกย้อม มีดังนี้

3.1.9.1 ให้ความรู้กับพนักงาน

ความสำเร็จของการพัฒนาระบบการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องได้รับความร่วมมือจากบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งจะต้องตระหนักถึงความสำคัญของการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและเข้าใจถึงแนวทางปฏิบัติเพื่อบรรลุถึงวัตถุประสงค์นั้น ดังนั้น ฝ่ายบริหารจะต้องมีการให้ความรู้และสร้างความมีส่วนร่วมให้กับพนักงานทุกระดับ

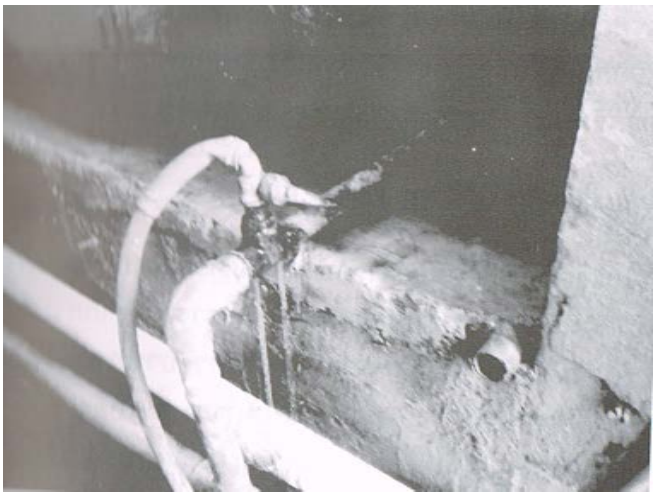
3.1.9.2 ทำสมดุลน้ำ

ก่อนที่จะสามารถประหยัดหรือลดการใช้น้ำได้จำเป็นที่จะต้องทราบเสียก่อนว่าการใช้น้ำในปัจจุบันมีภาพแบบเป็นอย่างไร ซึ่งสามารถที่จะทราบได้จากการทำสมดุลน้ำ การจัดสมดุลน้ำจะต้องทำให้ละเอียดและครอบคลุมแหล่งที่มาของน้ำทุกๆ อย่างและการใช้น้ำทุกประเภท ทั้งที่เกี่ยวเนื่องกับระบบการผลิตและไม่ได้เกี่ยวเนื่องกับระบบการผลิต นอกจากนั้นจะต้องครอบคลุมการใช้น้ำที่ตั้งใจและไม่ได้ตั้งใจด้วย ซึ่งจะต้องอาศัยการสำรวจอย่างรอบคอบโดยบุคลากรที่เข้าใจระบบการใช้น้ำของโรงงาน

น้ำที่ไหลเข้าสู่โรงงานและออกไปจากโรงงานตามช่องทางต่างๆ จะต้องมีปริมาณเท่ากันในการตรวจสอบเบื้องต้นอาจปรากฏความไม่สอดคล้องนั้น และระบุลงไปในผังสมดุลน้ำที่เป็นผลสำเร็จ

3.1.9.3 ตรวจสอบการรั่วไหล

ความไม่สอดคล้องของน้ำที่เข้าและออกจากโรงงานระหว่างการศึกษาสมดุลน้ำอาจมีที่มาจากรั่วไหลของน้ำในจุดต่างๆ (ดูภาพที่ 14) ซึ่งจะต้องค้นหาให้พบ เพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขการรั่วไหลต่างๆ นี้ อาจสามารถพบได้จากการสอบถามผู้ปฏิบัติงานและระหว่างการประเมินการทำงาน



ภาพที่ 3-13 การรั่วไหลของน้ำ

3.1.9.4 การควบคุมอัตราการไหลให้เหมาะสม

โรงงานจะต้องมีการปรับตั้งอัตราการไหลของน้ำที่ใช้ในหน่วยการผลิตและเครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้น้ำให้เหมาะสมกับหน่วยการผลิตนั้นๆ อัตราการไหลของน้ำที่ต่ำเกินไปอาจส่งผลให้ต้องใช้เวลานานหรือมีผลกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ส่วนอัตราการไหลที่สูงเกินไปก็อาจส่งผลให้สิ้นเปลืองน้ำโดยไม่มีความจำเป็น

3.1.9.5 **ออกแบบให้ลดการหกและหยด**

การหยด นอกจากจะทำให้ต้องสูญเสียน้ำที่หยดทิ้งแล้วยังต้องสิ้นเปลืองน้ำที่ต้องใช้ในการล้างเพิ่มขึ้น อีกทั้งสิ้นเปลืองสารเคมีที่ติดไปกับหยดน้ำ ดังนั้น ระบบการทำงานจึงต้องควบคุมให้มีการป้องกันการหยด เช่น เพิ่มเวลาในการรอหยดและมีการบีบน้ำออกจากผลิตภัณฑ์

การหก มักจะเกิดจากไม่ตั้งใจและอุบัติเหตุ ถังและภาชนะที่ออกแบบและเลือกใช้ให้เหมาะสมจะลดการหกได้ หากมีการหกในลักษณะเดียวกันเกิดขึ้นบ่อยครั้ง จะต้องวิเคราะห์หาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขออกแบบระบบใหม่ Wet Pickup น้อย

น้ำและสารเคมีที่ติดกับผ้าจากกระบวนการผลิตหนึ่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไปนั้น นอกจากจะทำให้สูญเสียน้ำและสารเคมีจากกระบวนการผลิตแรกแล้ว ยังส่งผลให้ปริมาณสารปนเปื้อนในกระบวนการผลิตถัดไปสูงขึ้น ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการหลังนี้ต่ำลง สิ้นเปลืองสารเคมีมากขึ้น คุณภาพสินค้าด้อยลงและเสี่ยงต่อการต้องทำการผลิตซ้ำ ดังนั้น จึงต้องให้เวลาน้ำหยดออกจากผ้าอย่างเพียงพอ หมั่นตรวจสอบลูกกลิ้งให้อยู่ในสภาพดีและได้ศูนย์ปริมาณ Wet Pickup ที่เหมาะสมสำหรับผ้าฝ้ายชนิดต่างๆ

3.1.9.6 **ลดกระบวนการ**

กระบวนการผลิตบางขั้นตอนอาจสามารถดำเนินการพร้อมๆ กันไปได้ ทำให้ลดขั้นตอนในการล้างลง ตัวอย่าง เช่น สำหรับผ้าฝ้ายอาจรวมขั้นตอนการลอกแป้ง การทำความสะอาดและการฟอกขาวให้เสร็จสิ้นในขั้นตอนเดียวได้

3.1.9.7 **เช็ดก่อนล้าง**

การฉีดน้ำล้างเป็นวิธีที่สะดวกและง่าย ทำให้ผู้ปฏิบัติงานมักจะเลือกใช้ก่อน ทั้งๆ สามารถที่จะลดการใช้น้ำและการเกิดของเสียได้เป็นอย่างมาก หากมีการปัดกวาดของเสียไปทิ้งก่อนรอบหนึ่งก่อนที่จะเช็ดทำความสะอาดและการล้างเป็นขั้นตอนสุดท้าย ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการทำสีหกผู้ปฏิบัติงานควรใช้ผ้าเช็ดสีก่อนที่จะใช้น้ำล้าง

3.1.9.8 **แยกน้ำเสีย**

น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตต่างๆ มักจะไหลลงสู่ระบบรวบรวมน้ำเสียแล้วส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสีย แต่อันที่จริงแล้วน้ำทิ้งจากแต่ละกระบวนการผลิตมีความแตกต่างกัน โดยน้ำทิ้งจากบางกระบวนการอาจมีคุณภาพดีเพียงพอสำหรับใช้ประโยชน์อย่างอื่นๆ ได้อีก ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบและหาทางนำน้ำเหล่านี้มาจัดเก็บเพื่อใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่า ตัวอย่างเช่น ควรแยกน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงหรือมีไขมันมาก ออกบำบัด ต่างหากและนำน้ำเสียที่ใสไปล้างพื้น

3.1.9.9 **การใช้ซ้ำ**

ในกระบวนการผลิตบางอย่าง เช่น การล้างเบื้องต้น มักจะล้างโดยการปล่อยน้ำไหลผ่านโดยใช้น้ำเพียงครั้งเดียวแล้วระบายทิ้ง ทั้งที่จริงแล้วสามารถหมุนเวียนน้ำเหล่านี้กลับมาใช้ได้ใหม่โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยอาจมีการระบายทิ้งเป็นบางส่วนและเติมน้ำใหม่เป็นช่วงๆ หรืออาจมีการนำเอาเทคนิคปรับปรุงคุณภาพน้ำอย่างง่ายมาใช้เพื่อให้สามารถใช้น้ำซ้ำได้นานขึ้นอีก ตัวอย่างเช่น นำน้ำล้างรอบสุดท้ายไปใช้ใหม่

3.1.9.10 **ลดการสูญเสียของระบบน้ำบริการ**

จุดที่มีการสูญเสียน้ำโดยไม่ตั้งใจมากที่สุดจุดหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อม ก็คือ ระบบ Utility ซึ่งได้แก่ ระบบจ่ายน้ำประปา ระบบถังกรองทราย ระบบแลกเปลี่ยนอิออนสำหรับผลิตน้ำอ่อนและน้ำบริสุทธิ์ ระบบอาร์โอ ระบบน้ำหล่อเย็นและระบบหม้อน้ำเป็นต้น ระบบเหล่านี้มักจะต้องเกี่ยวข้องกับน้ำปริมาณมาก ดังนั้น การควบคุมที่ไม่มีประสิทธิภาพหรือไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ จึงทำให้สูญเสียน้ำโดยไม่สมควรอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น ควรตรวจสอบปริมาณน้ำล้างย้อนของถังกรองทรายและถังเรซินว่าใช้ปริมาณมากเกินไปหรือไม่

3.1.9.11 **ใช้น้ำหล่อเย็นซ้ำ หรือ นำมาใช้ล้าง**

หอหล่อเย็นควรใช้น้ำซ้ำเสมอ ซึ่งหอหล่อเย็นที่ใช้น้ำรอบเดียวอาจพบได้ในโรงงานที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำขนาดใหญ่ หรือพบในหอหล่อเย็นของเครื่องจักรบางอย่าง ซึ่งก็ควรที่จะหาทางนำน้ำหล่อเย็นนี้กลับมาใช้ซ้ำใหม่หลังปรับอุณหภูมิลงแล้ว หากไม่สามารถทำได้ด้วยเหตุผลใดๆ ก็ควรพิจารณานำน้ำหล่อเย็น (ซึ่งยังคงสะอาดมาก) ไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่นๆ อีกครั้ง ตัวอย่างเช่น การนำน้ำหล่อเย็นที่ใช้ลดอุณหภูมิขณะย้อมผ้ากลับมาใช้ซ้ำ

3.1.9.12 นำน้ำควบแน่นกลับมาใช้ใหม่

อุตสาหกรรมฟอกย้อมมีการใช้ไอน้ำมาก ซึ่งน้ำควบแน่นทั้งจากหน่วยการผลิตที่มีอุณหภูมิต่ำหรือจากหน่วยการผลิตที่มีการใช้ไอน้ำมักเป็นน้ำที่สะอาดที่มักจะถูกปล่อยทิ้งไป อันที่จริงแล้วน้ำควบแน่นเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ หรือใช้เสริมในระบบผลิตน้ำสะอาดทำให้ลดการใช้น้ำจากแหล่งภายนอกได้เป็นอย่างดี

3.1.9.13 ใช้การล้างแบบ Countercurrent

หลักการล้างแบบ Countercurrent คือ การล้างวัสดุครั้งแรกโดยใช้น้ำที่ใช้ซ้ำจนมีการปนเปื้อนมาก แล้วจึงล้างน้ำสองด้วยน้ำที่มีความสกปรกกรองลงไปเป็นขั้นๆ จนถึงการล้างสุดท้ายด้วยน้ำใหม่ที่สะอาด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการล้างแบบปกติที่ใช้น้ำสะอาดในทุกขั้นตอนการล้างแล้วจะเป็นได้ว่า ภาพแบบการล้างแบบ Countercurrent นี้ทำให้สามารถใช้น้ำได้อย่างคุ้มค่าที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เลย ตัวอย่างเช่น นำน้ำสุดท้ายจากการซักล้างมาใช้ซ้ำเป็นน้ำแรกของการซักล้าง

ขั้นตอนการล้าง	ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ (ร้อยละ)
2	50
3	67
4	75
5	80

ตารางที่ 3-2 ปริมาณน้ำที่สามารถประหยัดได้จากการล้างโดยใช้หลักการ Countercurrent

3.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเยื่อกระดาษทั้งในด้านวัตถุดิบ กระบวนการผลิต แหล่งกำเนิดมลพิษ รวมถึงวิธีการบำบัดมลพิษ และแนวทางในการจัดการป้องกันและควบคุมมลภาวะในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ มีการใช้วัตถุดิบหลายชนิด ซึ่งแบ่งเป็นประเภทหลักๆ คือ วัตถุดิบประเภทไม้ (Wood) และวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้ คือ ยูคาลิปตัส ส่วนวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้ คือ ชานอ้อย ปอแก้ว ฟางข้าว ไม้ไผ่ เยื่อกระดาษที่ผลิตได้ในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเยื่อใยสั้นถึงเยื่อใยปานกลาง ยกเว้นเฉพาะ เยื่อกระดาษสาที่ผลิตจากต้นปอสาเท่านั้น ที่จัดเป็นเยื่อใยยาว ในด้านปริมาณการใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดพบว่า มีการใช้ยูคาลิปตัสมากที่สุด คือประมาณ 64.58 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณวัตถุดิบทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ ไม้ไผ่ 28.365 เปอร์เซ็นต์ ชานอ้อย 4.40 เปอร์เซ็นต์ ฟางข้าว 0.76 เปอร์เซ็นต์ และปอสา 0.005 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3-15)

อย่างไรก็ตาม จากผลการสำรวจโรงงานผลิตเยื่อกระดาษในประเทศไทยปัจจุบัน พบว่ายูคาลิปตัสยังคงเป็นวัตถุดิบที่มีการใช้งานมากที่สุด แต่วัตถุดิบที่มีการใช้งานรองลงมา คือ ชานอ้อย เนื่องจากไม้ไผ่มีปริมาณไม่คงที่โดยจะเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลสูงมาก อีกทั้งราคายูคาลิปตัสต่ำปริมาณลงและมีปริมาณมาก ในปัจจุบันปอแก้วและฟางข้าวไม่ได้ถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ เนื่องจากไม่มีกลุ่มลูกค้าที่ต้องการเยื่อที่ทำจากปอแก้ว ส่วนเยื่อที่ทำจากฟางข้าวนั้นไม่สามารถควบคุมปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบทำให้ไม่คุ้มทุนในการผลิตนอกจากวัตถุดิบหลักที่กล่าวถึงแล้ว ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษจะต้องใช้น้ำและพลังงานในกระบวนการผลิตอีกด้วย สำหรับรายละเอียดของวัตถุดิบแต่ละชนิด มีดังนี้

3.2.1.1 วัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้ (Non-Wood)

- **ชานอ้อย** (Bagasse)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ปลูกอ้อยมากประเทศหนึ่ง ชานอ้อยเป็นผลพลอยได้จากหีบอ้อย ของโรงงานน้ำตาล ซึ่งจะใช้ชานอ้อยส่วนหนึ่งเป็นเชื่อเพลิงเพื่อผลิตไอน้ำของโรงงาน ดังนั้นปริมาณของชานอ้อยที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบเส้นใยในการผลิตเยื่อกระดาษจึงเป็นส่วนที่เหลือจากการใช้ของโรงงานน้ำตาล และปริมาณชานอ้อยที่เหลือจะขึ้นอยู่กับสัดส่วนการผลิตน้ำตาลทรายขาวกับน้ำตาลทรายดิบ ซึ่งโดยปกติแล้วน้ำตาลทรายขาวจะใช้ไอน้ำมากกว่าน้ำตาลทรายดิบ และขึ้นกับประสิทธิภาพของเครื่องผลิตไอน้ำของโรงงานน้ำตาลและราคาพลังงานอื่นๆ ที่ใช้ทดแทนกันได้ ชานอ้อยจะมีเส้นใยยาวประมาณ 0.8-2.8 มิลลิเมตร เฉลี่ย 1.6 มิลลิเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-34 ไมโครเมตร เฉลี่ย 19-22 เปอร์เซ็นต์ Hot Water Soluble 3-11 เปอร์เซ็นต์ Alcohol Benzene Soluble 3-11 เปอร์เซ็นต์ และ Ash 1-5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลผลิตเยื่อฟอกขาวที่ใช้ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษมีเพียงแห่งเดียว คือ บริษัท เยื่อกระดาษสยาม จำกัด ที่อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี โดยมีความต้องการใช้ชานอ้อยประมาณปีละ 300,000 ตัน

- **ฟางข้าว** (Rich Straw)

ลักษณะเส้นใยของฟางข้าวมีความยาวประมาณ 0.7-3.5 มิลลิเมตร เฉลี่ยประมาณ 1.5 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-15 ไมโครเมตร เฉลี่ย 9 ไมโครเมตร สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของเส้นใยฟางข้าวจะประกอบด้วยเซลลูโลส 28-41 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 10-17 เปอร์เซ็นต์ Hot Water Soluble 13-17เปอร์เซ็นต์ Alcohol Benzene Soluble 1-7 เปอร์เซ็นต์ และ Ash 14-22 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 3-4 และ 3-5) และเมื่อเปรียบเทียบขนาด (Dimension) ของเส้นใยฟางข้าวพบว่าจะมีเส้นใยสั้นกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น ในกรณีที่ใช้ฟางข้าวพบว่าจะมีเส้นใยสั้นกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น ในกรณีที่ใช้ฟางข้าวในกระบวนการผลิตเยื่อแบบเคมี หรือแบบกึ่งเคมี จะให้ผลผลิตเยื่ออยู่ในระหว่าง 30 - 45 เปอร์เซ็นต์

ชนิดของวัตถุดิบ	ความยาว, มม.		เส้นผ่าศูนย์กลาง, ไมโครเมตร	
	ต่ำ - สูง	เฉลี่ย	ต่ำ - สูง	เฉลี่ย
ฟางข้าว	0.7 - 3.5	1.5	5 - 15	9
ปอแก้ว	0.6 - 0.6	1.5	14 - 20	25
ชานอ้อย	0.8 - 2.8	1.6	10 - 34	20
ไม้ไผ่	1.5 - 4.4	2.3	7 - 27	18
ยูคาลิปตัส	0.6 - 1.4	1.0	14 - 20	18

ตารางที่ 3-3 ขนาดเส้นใยของวัตถุดิบชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษ
ที่มา : Environmental Management in The Pulp and Paper Industry, UNEP IE/PAC Mannual 1, Moscow 1981

ชนิดของวัตถุดิบ	เซลลูโลส (เปอร์เซ็นต์)	ลิกนิน (เปอร์เซ็นต์)	Hot water soluble (เปอร์เซ็นต์)	Alcohol benzene soluble (เปอร์เซ็นต์)	เถ้า (เปอร์เซ็นต์)
ฟางข้าว	28 - 41	10 - 17	13 - 17	1 - 7	14 - 22
ปอแก้ว	64	11 - 21	1.1	1.2	0.5
ชานอ้อย	26 - 39	19 - 22	3 - 11	3 - 11	1 - 5
ไม้ไผ่	35 - 47	22 - 30	16 - 21	3 - 6	1 - 5
ยูคาลิปตัส	47	20	2.4	1.5	0.4

ตารางที่ 3-4 ส่วนประกอบทางเคมีของเส้นใยวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตกระดาษในประเทศไทย
ที่มา : Environmental Management in the Pulp and Paper Industry, UNEP 1996

สำหรับประเทศไทย ปริมาณการใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบเยื่อกระดาษนั้นนับว่ายังน้อยมากโดยมีปริมาณเพียงปีละ 20,000 ตันเท่านั้น โรงงานที่ผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวมีพียงแห่งเดียว คือ โรงงานกระดาษบางปะอิน แต่ในปัจจุบันโรงงานได้หยุดการผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวแล้ว ด้วยสาเหตุที่ปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอและโรงงานไม่สามารถควบคุมได้

- **ปอแก้ว** (Kenaf)

ปอเป็นพืชเส้นใยอีกชนิดหนึ่งที่เคยเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตเยื่อกระดาษ แต่ปัญหาหลักได้แก่ ความผันผวนของราคาปอจากตลาดโลก นอกจากนี้ ปอยังเป็นวัตถุดิบที่เป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมอื่น เช่น การทำกระสอบทราย ผู้ผลิตเยื่อกระดาษจากปอจึงมักประสบปัญหาขาดแคลนปอ เนื่องจากเป็นพืชทนต่อความแห้งแล้งและโรคแมลงได้ดี จึงมักปลูกทางแถบภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย บริษัท ฟินิคซ พัลพ แอนด์ เพเพอร์ จำกัด (มหาชน) ตั้งอยู่ที่จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็น บริษัทเดียวที่ใช้ปอแก้ว ผลิตเยื่อกระดาษ แต่ในปัจจุบันไม่ได้ผลิตเยื่อกระดาษจากปอแก้วแล้วด้วยสาเหตุที่ปริมาณวัตถุดิบไม่สม่ำเสมอ

ปอแก้วมีเส้นใยยาวเฉลี่ยประมาณ 1.5 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์เฉลี่ยประมาณ 25 ไมโครเมตร และมีส่วนประกอบของเซลลูโลสประมาณ 64 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 11-21 เปอร์เซ็นต์ Hot Water Soluble 1.1 เปอร์เซ็นต์ Alcohol Benzene Soluble 1.2 เปอร์เซ็นต์ และ Ash 0.5เปอร์เซ็นต์

- **ไม้ไผ่** (Bamboo)

ไม้ไผ่มีมากทางภาคตะวันตก ภาคเหนือ และภาคตะวันออกของประเทศไทย ปัญหาของไม้ไผ่ คือ ปริมาณสำรองของป่าไผ่ในธรรมชาติเทียบกับอัตราการตัด และการขั้นทดแทนไม่สมดุลกัน บริษัทที่นำไม้ไผ่มาผลิตเยื่อกระดาษบางส่วน ได้แก่ บริษัท ฟินิคซ พัลพ แอนด์ เพเพอร์ จำกัด (มหาชน) และบริษัทปัญจพล พัลพ อินดัสตรีย์ จำกัด ลักษณะเส้นใยของไม้ไผ่มีความยาวเฉลี่ยประมาณ 2.3 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเฉลี่ยประมาณ 18 ไมโครเมตร และมีส่วนประกอบของเซลลูโลส 35-47 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน Hot water soluble 16-21 เปอร์เซ็นต์ Alcohol benzene soluble 13-6 เปอร์เซ็นต์ และ Ash 1-5เปอร์เซ็นต์

- **ปอสา** (Mulberry)

เป็นพืชเส้นใยชนิดหนึ่งที่ให้เส้นใยจากเปลือกของลำต้น อยู่ในตระกูล Moraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Broussnetia Papyrifera Vent. จัดเป็นไม้ยืนต้น มักเกิดขึ้นตามพื้นดินที่ชุ่มชื้น สำหรับประเทศไทยจะพบปอสาขึ้นกระจัดกระจายอยู่ทั่วประเทศ ปอสาเป็นพืชพื้นเมืองของไทย เป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดกลาง ลำต้นมีลักษณะกลม สีน้ำตาลคล้ำ พันธุ์ที่พบในประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ ชนิดต้นม่วง จะมีกิ่งและก้านใบเป็นสีม่วงหรือน้ำตาลคล้ำ และชนิดสีเขียว จะมีกิ่งและก้านใบเป็นสีเขียว แต่ที่พบโดยทั่วๆ ไปคือ ชนิดสีม่วง ขนาดของลำต้นปอสาที่พอจะตัดเอาเปลือกมาใช้ทำกระดาษได้จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 7 ซม. ขึ้นไป จนถึง 20 ซม. ต้นสาที่มีอายุอ่อนกว่า 3 ปี จะมีปริมาณเปลือกน้อย เยื่อสาประกอบด้วยเส้นใย 2 ชนิด คือ เส้นใยสั้นเป็นเยื่อที่มาจากเนื้อไม้ และเส้นใยยาวที่มาจากส่วนเปลือก มีความยาวเฉลี่ย ประมาณ 8 มม. แต่มีปริมาณน้อยเพียงร้อยละ 7 ของน้ำหนักทั้งต้น

3.2.1.2 **วัตถุดิบประเภทไม้** (Wood)

- **ยูคาลิปตัส** (Eucalyptus)

ยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยใช้เวลาปลูกเพียง 4-5 ปี และได้ผลผลิตเฉลี่ย 10-15 ตัน/ไร่ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น พาร์ทิเคิลบอร์ด ปาร์เก้ ถ่าน เยื่อกระดาษ และเยื่อเรยอง ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้ทำเยื่อกระดาษได้ดี เพราะให้ผลผลิตสูง เหมาะสำหรับผลิตเป็นเยื่อใยสั้น และยังสามารถส่งออกไปในภาพไม้สับไปต่างประเทศได้อีกด้วย

เส้นใยของยูคาลิปตัสมีความยาวเฉลี่ยประมาณ 1 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 18 ไมโครเมตร ส่วนประกอบทางเคมีจะมีเซลลูโลสประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์ ลิกนินประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 23 เปอร์เซ็นต์ Hot Water Soluble 2.4 เปอร์เซ็นต์ Alcohol Benzene Soluble 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ Ash 0.4 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นส่วนประกอบของสารประกอบอินทรีย์ และสารประกอบอนินทรีย์อื่นๆ ตัวอย่างเช่น โลหะ

3.2.2 น้ำใช้

ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ มีการใช้น้ำในขั้นตอนการผลิตต่างๆ อาทิ เช่น ขั้นตอนการจัดเตรียม วัตถุดิบ ขั้นตอนการทำความสะอาดเยื่อ ขั้นตอนการฟอกเยื่อ เป็นต้น ปริมาณน้ำใช้ในแต่ละโรงงานก็จะมีค่าที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นกับการจัดการในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณน้ำใช้ของแต่ละโรงงาน ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนการปลอกเปลือกไม้แบบเปียก (Wet Debarking) มาเป็นแบบแห้ง (Dry Debarking), การใช้อุปกรณ์การล้างที่มีประสิทธิภาพ, การใช้น้ำคอนเดนเสทจากหน่วยทำระเหยใช้ในหน่วย Screen

แหล่งน้ำใช้ได้มาจากน้ำบาดาล, น้ำประปา และน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ สำหรับข้อมูลปริมาณการใช้น้ำที่ได้จากการสำรวจโรงงานผลิตเยื่อในประเทศไทยแสดงดัง ตารางที่ 4-3 ส่วนข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของโรงงานผลิตเยื่อเคมีของประเทศในแถบยุโรปจะมีปริมาณการใช้น้ำอยู่ในช่วง 10-100 ลบ.ม/ตันเยื่อ

กระบวนการผลิต	วัตถุดิบ	ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม./ตันเยื่อ)
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีฟอกขาวแบบซัลเฟต (Kraft)	ยูคาลิปตัส	50
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีฟอกขาวแบบโซดา (Soda)	ยูคาลิปตัส	40
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีฟอกขาวแบบโซดา (Soda) และเยื่อกึ่งเคมี (CTMP)	ชานอ้อย, ยูคาลิปตัส	22
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีฟอกและผลิตกระดาษพิมพ์เขียน (Integrated Mill)	ยูคาลิปตัส	22
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีแบบไม่ฟอก	ยูคาลิปตัส	50
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีที่ใช้ทำกระดาษสา	ปอสา	225-1000
กระบวนการผลิตเยื่อเชิงกลที่ใช้กระดาษไหว้เจ้า	ไม้ไผ่	30 - 47

ตารางที่ 3-5 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของโรงงานผลิตเยื่อในประเทศไทยที่ได้จากการสำรวจ
ที่มา : การสำรวจโดยบริษัท ซีเอ็มเอส เอ็นจิเนียร์ริ่งแอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2541

3.2.3 พลังงาน

พลังงานที่ใช้ในกระบวนผลิตเยื่อกระดาษได้แก่ พลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตนั้น ผลิตมาจากหม้อไอน้ำ ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้กับหม้อไอน้ำมีหลายชนิด ได้แก่ น้ำมันเตา ถ่านหิน เป็นต้น พลังงานความร้อนส่วนหลักๆ ใช้สำหรับระเหยน้ำ สำหรับพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้เพื่อขนส่งวัตถุดิบ และใช้ในเครื่องจักรผลิตกระดาษ (สำหรับ Integrated Mill) ผลสำรวจปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษในประเทศไทยแสดงดังตารางที่ 3-4 และสำหรับข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับโรงงานผลิตเยื่อเคมีของประเทศในแถบยุโรปจะมีค่าอยู่ในช่วง 600-800 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง/ตันเยื่อ

กระบวนการผลิต	วัตถุดิบ	ปริมาณการใช้พลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง/ตันเยื่อ)
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีฟอกขาวแบบซัลเฟต (Kraft)	ยูคาลิปตัส	600
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีฟอกขาวแบบโซดา (Soda)	ยูคาลิปตัส	-
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีฟอกขาวแบบโซดา (Soda) และเยื่อกึ่งเคมี (CTMP)	ชานอ้อย, ยูคาลิปตัส	410
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีฟอกและผลิตกระดาษพิมพ์เขียน (Integrated Mill)	ยูคาลิปตัส	690
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีแบบไม่ฟอก	ยูคาลิปตัส	690
กระบวนการผลิตเยื่อเคมีที่ใช้ทำกระดาษสา	ปอสา	-
กระบวนการผลิตเยื่อเชิงกลที่ใช้กระดาษไหว้เจ้า	ไม้ไผ่	600

ตารางที่ 3-6 ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตเยื่อในประเทศไทยที่ได้ทำการสำรวจ
หมายเหตุ : หมายถึงไม่มีข้อมูล ที่มา : การสำรวจโดยบริษัท ซีเอ็มเอส เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2541

3.2.4 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

3.2.4.1 การจัดเตรียมวัตถุดิบ (Raw Material Preparation)

การจัดเตรียมวัตถุดิบมีจุดประสงค์ เพื่อที่จะเตรียมวัตถุดิบให้เหมาะสมสำหรับที่จะใช้ในการดำเนินการผลิตเยื่อขั้นต่อไป โดยมีหลักการ คือ การแยกกำจัดสิ่งเจือปนที่ไม่ต้องการออกและ แปรภาพให้มีขนาดพอเหมาะ ขั้นตอนที่สำคัญในการจัดเตรียมวัตถุดิบที่จะกล่าวถึงจะแบ่งตามประเภทวัตถุดิบดังนี้

- **การเตรียมวัตถุดิบที่เป็นไม้** (Wood)
- **การปอกเปลือก** (Deberking)

เป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากเปลือกไม้เป็นส่วนที่ไม่มีประโยชน์ต่อการผลิตเยื่อกระดาษ และยังมีผลเสียอีกด้วยเนื่องจากเปลือกไม่เป็นส่วนที่มีเส้นใยอยู่และมีสิ่งสกปรกปนเปื้อนมาก หากเข้าไปสู่กระบวนการผลิตอื่นๆ เช่นการต้มเยื่อ จึงเป็นการเปลืองสารเคมีและไอน้ำมากขณะที่ได้รับผลตอบแทนไม่คุ่มค่า รวมทั้งเยื่อกระดาษที่ได้ยังมีคุณภาพต่ำอีกด้วย

โรงงานในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้เครื่องปอกเปลือก (Debarking) แบบ Debarking Drum ซึ่งจะอาศัยหลักการหมุน เปลือกไม้จะหลุดออกเนื่องจาก แรงเสียดทาน และการกระแทกกันของไม้ ไม้จะถูกลำเลียงทางสายพานเข้าไปสู่ Drum ประมาณครึ่งหนึ่งของ Drum เมื่อ Drum หมุน เปลือกจะถูกแยกออกมาจากซอง (Slot) ซึ่งอยู่ด้านข้างของ Drum และ จะถูกลำเลียงไปยังเครื่องตีเปลือก (Bark Crusher) แล้วส่งไปยังที่เก็บเปลือก (Bark Storage) ปริมาณเปลือกไม้ที่เกิดขึ้นภายในโรงงานจะมีประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบ ซึ่งส่วนใหญ่โรงงานจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ (Boiler) ส่วนไม้ที่ปอกเปลือกแล้วจะล้างด้วยน้ำก่อนเข้าเครื่องสับ (Chipper)

- **การสับชิ้นไม้** (Chipping)

หลังจากการปอกเปลือก ไม้ท่อนจะถูกสับให้มีขนาดเล็กลงเพื่อความเหมาะสม ในการต้มเยื่อ การสับไม้จะใช้เครื่องสับไม้ (Chipper) ไม้ท่อนเมื่อผ่านเครื่องสับไม้แล้ว จะได้เป็นชิ้นไม้สับ (Chip) ขนาดชิ้นไม้สับที่ได้จะมีความสำคัญต่อการผลิตเยื่อ ขนาดควรจะมีความสม่ำเสมอ ความยาวและความหนาจะสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือความกว้าง โดยควรมีความ ยาว และความกว้างประมาณ 20-30 มม. หนาประมาณ 6-10 มม. ชิ้นไม้สับจะถูกส่งโดยสายพานลำเลียงจาก Chipper มากองไว้บนลานกลางแจ้ง โดยจะกองเป็นวงกลมหรือเป็นภาพสี่เหลี่ยมผืนผ้า

- **การคัดขนาด** (Screening)

ชิ้นไม้สับที่ได้ขนาดจะถูกแยกออกจากพวกเสี้ยนไม้ ฝุ่น (Fines) และชิ้นไม้ที่มีขนาดใหญ (Oversized) ด้วยเครื่องคัดขนาด ชิ้นไม้สับที่มีขนาดใหญ่จะถูกทำใหม่ขนาดเล็กลง ส่วนเสี้ยนไม้ และฝุ่นจะถูกรวมกับเปลือกเพื่อนำไปเผาเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ (Boiler) สำหรับชิ้นไม้สับที่ได้ขนาดจะถูกส่งไปยังหม้อต้มเยื่อต่อไป เครื่องคัดขนาดชิ้นไม้

- **การเตรียมวัตถุดิบจากพืชที่ไม่ใช่ไม้** (Non-Wood)

วัตถุดิบในการผลิตเยื่อจากพืชที่ไม่ใช่ไม้ ได้แก่ ฟางข้าว ชานอ้อย และไม้ไผ่ซึ่งจะมีการเตรียมวัตถุดิบในแต่ละประเภท ดังนี้

- **ชานอ้อย** (Bagasse)

เริ่มด้วยการนำเอากากอ้อยจากกองเก็บกากอ้อยในบริเวณโรงงานมาทำการขจัดขุยอ้อยออกที่เครื่องแยกขุยอ้อย (Depither) ขุยอ้อยจะถูกแยกออกไปประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือจะเป็นส่วนที่เป็นเส้นใยประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า ชานอ้อย จากนั้นจะส่งชานอ้อยเข้าเครื่องล้างชานอ้อย (Float washer) เพื่อล้างเอาสิ่งสกปรกหรือของหนักที่ไม่ต้องการออกจากชานอ้อย เช่น ทราย หิน น้ำเสียที่เกิดจากการล้างชานอ้อยจะมีปริมาณประมาณ 6-10 ลบ.ม./ตันเยื่อ เศษทรายหรือสิ่งสกปรกที่แยกออกจะมีปริมาณน้อยมากคือประมาณ 0.005 กก./ตันเยื่อ

- **ฟางข้าว** (Rice Straw)

ก่อนที่จะนำฟางข้าวผ่านเข้าหม้อต้มเยื่อ (Digester) จะต้องนำฟางข้าวไปเข้าเครื่องตัดให้ได้ความยาวตามขนาดที่เหมาะสม คือประมาณ 4-5 เซนติเมตร และจะต้องมีการกำจัดฝุ่นออกจากฟางข้าวเพื่อให้ได้กระดาษที่มีคุณภาพดี โดยนำฟางข้าวมาผ่านเข้าเครื่องไซโคลน (Cyclone) ฝุ่นที่ถูกกำจัดออกไปมีประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบ

• **ไม้ไผ่** (Bamboo)

ก่อนนำไม้ไผ่มาผ่านเข้าเครื่องสับชิ้นไม้ (Chipper) และเครื่องคัดขนาด (Screening) จะต้องทำการกำจัดฝุ่น เหมือนกับขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบประเภทไม้ยูคาลิปตัส ยกเว้นจะไม่มีขั้นตอนการปอกเปลือก (Debarking)

• **ปอสา** (Mulberry)

ปอสาที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อนั้นจะเป็นส่วนเปลือกของปอสาก่อนที่จะนำมาทำเป็นเยื่อกระดาษ นั้นควรจะคัดเลือกเปลือกที่อ่อน-แก่แยกจากกัน และจะนำเปลือกปอสามาตัดตาที่ติดอยู่ตรงเปลือกออกก่อนโดยใช้คนตัด เศษตาของปอที่ตัดออกจะมีประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุดิบ

3.2.4.2 **การแยกเส้นใย** (Pulp Disintegration)

ในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษนั้น ภายหลังที่จดเตรียมวัตถุดิบเรียบร้อยแล้ว จะนำวัตถุดิบเหล่านั้นมาผ่าน ขั้นตอนการย่อยแยกเส้นใย ซึ่งกระบวนการย่อยแยกเส้นใยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กระบวนการกล (Mechanical Process), กระบวนการกึ่งเคมี (Semichemical Process) และกระบวนการเคมี (Chemical Pulping Process)

• **กระบวนการกล** (Mechanical Process)

เยื่อจากกระบวนการนี้ยังมีลักษณะเป็นไม้แท้ๆ อยู่มากจนบางแห่งเรียกว่า Groundwood หรือเยื่อไม้บด คุณสมบัติด้านความเหนียวของเยื่อที่ผลิตได้ไม่ดีนัก เพราะไม่ใช่เยื่อเซลลูโลสบริสุทธิ์ ยังมีสิ่งเจือปน เช่น ลิกนิน เกลือแร่ และยางไม้ เป็นต้น หลักการที่สำคัญของกระบวนการนี้คือ การบด (Grinding) เพื่อกระจายเส้นใยออกจากกัน วัตถุดิบ ที่ใช้จะผ่านไปบดในลูกโม่หิน จึงเรียกว่า Stone Groundwood ส่วนพวกชิ้นไม้จะผ่านไปบดในเครื่องบด (Refiner) ซึ่งให้ เยื่อที่มีคุณภาพและสม่ำเสมอกว่า Stone Groundwood กระบวนการกลนี้ได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นโดยใช้สารเคมีหรือ ความร้อนเข้าช่วย เรียกว่า กระบวนการเคมิเมแคนิคล (Chemimechanical Process (CMP) หรือกระบวนการ เทอร์โมเมแคนิคล (Thermomechanical Process – TMP) เพื่อผลิตเยื่อที่มีคุณภาพดีขึ้น เยื่อที่ผลิตโดยใช้กระบวน การกลส่วนใหญ่จะใช้ในการทำกระดาษหนังสือพิมพ์ และผสมทำกระดาษพิมพ์เขียนเพราะมีความทึบแสงสูง กระบวน การกลนี้ให้ปริมาณผลผลิตเยื่อสูงตั้งแต่ร้อยละ 85 ของปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ เพราะยังคงมีลิกนินค้างอยู่ในเยื่อ

สำหรับในประเทศไทยมีการผลิตเยื่อจากกระบวนการเคมิเมแคนิคล เพื่อใช้สำหรับผลิตกระดาษไหว้เจ้าเท่านั้น โดยใช้ไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบ เริ่มจากการนำไม้ไผ่มาแช่ด้วยโซดาไฟเพื่อให้ไม้เปื่อย ต่อจากนั้นจึงนำเข้าสู่เครื่องบด และนำ ไปเข้าเครื่องเดินแผ่นกระดาษ

• **กระบวนการกึ่งเคมี** (Semichemical Process)

เป็นการแยกโดยใช้กระบวนการเคมีและกระบวนการกลรวมกัน เยื่อที่ได้จากการเตรียมวิธีนี้มีคุณสมบัติอยู่ ระหว่างเยื่อไม้บดและเยื่อเคมี วิธีการแยกเส้นใยโดยวิธีกระบวนการกึ่งเคมีเป็นการนำชิ้นไม้สับมาต้มกับน้ำยาต้มเยื่อ ในหม้อต้มเยื่อภายใต้เวลา อุณหภูมิ และปริมาณน้ำยาเคมีต่อปริมาณไม้ที่กำหนด เมื่อต้มได้สภาวะหนึ่งแล้วก็นำไป ผ่านกระบวนการกลเพื่อแยกเส้นใยออกมา เรียกเยื่อที่ได้ว่าเยื่อกึ่งเคมี

สำหรับประเทศไทย จะมีการผลิตเยื่อกึ่งเคมีหรือเยื่อ CTMP จากชานอ้อยและยูคาลิปตัส กระบวนการผลิต ประกอบด้วยกระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางกล ซึ่งจะมีขั้นตอนหลักๆ คือ การแช่น้ำยา (Impregnation) การต้มเยื่อ (Cooking) และการบดเยื่อ

• **การแช่น้ำยา** (Impregnation)

วัตถุดิบจากระบบการจัดเตรียมวัตถุดิบจะถูกทำให้เปลี่ยนสภาพเป็นเยื่อเส้นใย (Fiber) ในวัตถุดิบจะถูกแยก ให้เป็นเส้นใยอิสระ โดยจะเริ่มจากการแช่ให้ชุ่มด้วยโซดาไฟ (NaOH) และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่ใช้ใน การต้มเยื่อ วัตถุดิบที่เป็นไม้จะถูกไล่อากาศที่แทรกอยู่ในเนื้อไม้ออกด้วยความร้อนจากไอน้ำ ก่อนจะนำไปแช่ในน้ำยา ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ซึ่งจะทำให้วัตถุดิบอมน้ำยาได้มากขึ้น สำหรับชานอ้อยนั้นจะทำให้ชุ่มน้ำยาด้วยการพ่นน้ำยาไปที่ ชานอ้อยโดยตรง

• **การบดเยื่อ**

เป็นกระบวนการแยกเส้นใยต่อจากกระบวนการ ทางเคมีเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเยื่อที่ได้ โดยเยื่อจะถูกบดในช่องแคบๆ ระหว่างจานหมุน 2 จานของเครื่องบด ความมากน้อยของการบดจะวัดจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อตันเยื่อ การบดจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

- **การบดแยกเส้นใย** (Defibration), **การบดเยื่อความเข้มข้นสูง** (High Consistency Refining) **และการบดเยื่อที่ความเข้มข้นต่ำ** (Low Consistency Refining) ในขั้นตอนการบดแยกเส้นใย วัตถุดิบที่มาจากกระบวน การต้มจะถูกบดให้ เส้นใยมีขนาดเล็กลง ในขั้นตอนนี้จะใช้ไฟฟ้า 55 กิโลวัตต์ ต่อชั่วโมงต่อตันเยื่อ

- **การบดเยื่อความเข้มข้นสูง** เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของการบดแยกเส้นใย หลังจากขั้นตอนนี้ค่า Freeness ของเยื่อจะลดลงต่ำกว่า 500 มิลลิลิตร CSF ไฟฟ้าที่ใช้ประมาณ 280-330 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อตันเยื่อ

- **การบดเยื่อความเข้มข้นต่ำ** มีจุดประสงค์หลักเพื่อกำจัดเสี้ยน (Shives) ในเยื่อแต่จะมีการบดแยกเส้นใยเกิดขึ้นบ้าง ขั้นตอนนี้จะใช้ไฟฟ้าประมาณ 85 KWh ต่อตันเยื่อจากนั้นเยื่อจะผ่านเข้าสู่กระบวนการล้าง (Washing) ต่อไป

- **กระบวนการทางเคมี** (Chemical Pulping Process) กระบวนการทางเคมีเป็นกรรมวิธีการผลิตเยื่อที่ใช้สารเคมีละลายสารในเนื้อไม้ที่เป็นตัวยึดให้เส้นใยกับเส้นใยที่จับตัวกันไว้ออกมาวิธีการนี้เป็นวิธีการนำวัตถุดิบมาต้มกับสารเคมีความเข้มข้นสูงในหม้อต้มเยื่อ (Digester) เยื่อจากกระบวนการนี้จะมีปริมาณเซลลูโลสสูง มีลิกนินและสารอินทรียอื่นๆ ปนอยู่น้อยมาก มีความเหนียวสูง ใช้ผลิตกระดาษที่มีคุณภาพดี กระบวนการนี้แบ่งออกตามประเภทสารเคมีที่ใช้ได้ดังนี้ คือ

- **กระบวนการโซดา** (Soda Process) เป็นกระบวนการที่ใช้โซดาไฟ (NaOH) เป็นน้ำยาต้มย่อยเยื่อ โซดาไฟฟอกขาวนี้ส่วนใหญ่ใช้ทำกระดาษพิมพ์เขียน นอกจากนั้นการผลิตกระดาษชนิดพิเศษ เช่น กระดาษสาก็จะใช้โซดาไฟในการต้มเยื่อเช่นกัน

- **กระบวนการซัลเฟตหรือคราฟท์** (Sulphate or Kraft Process) สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการนี้ คือ โซเดียมซัลไฟต์ แต่เรียกชื่อ กระบวนการซัลเฟต เพราะใช้สารเคมีโซเดียมซัลเฟต (Sodium Sulphate) เป็น Make up Chemical ในการทำน้ำยาเคมีกลับคืน เยื่อซัลเฟต ส่วนใหญ่ใช้ทำกระดาษห่อของ กระดาษเหนียว (Kraft Paper) กระดาษผิวกลอง (Kraft Linerboard) และเยื่อซัลเฟตฟอกขาวใช้ทำกระดาษได้หลายชนิด ตั้งแต่กระดาษพิมพ์เขียนจนถึงกระดาษอนามัย

โรงงานผลิตเยื่อกระดาษในประเทศไทยที่ใช้กระบวนการผลิตทางเคมีนั้นมีทั้งแบบโซดา (Soda Process) และแบบซัลเฟต (Kraft Process) ซึ่งกระบวนผลิตทั้งสองแบบจะต่างกันเฉพาะสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อดังกล่าวแล้วข้างต้น แต่ในขั้นตอนอื่นๆ จะคล้ายกัน

สำหรับขั้นตอนการผลิตเยื่อโดยใช้กระบวนการทางเคมีโดยทั่วไปจะเริ่มจากการนำวัตถุดิบจากหน่วยเตรียมวัตถุดิบเขาสู่หม้อต้มเยื่อ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกเส้นใยในวัตถุดิบออกจากกันขณะเดียวกันก็ให้เยื่อที่มีคุณภาพตามที่กำหนด สารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อเรียกว่า ของเหลวขาว (White Liquor) หรือน้ำยาต้มเยื่อ ซึ่งก็คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) หม้อต้มเยื่อ มี 2 แบบ คือ

• **หม้อต้มแบบทีละถัง** (Batch Digester)

เป็นถังขนาดใหญ่ที่ควบคุมความดันได้ โดยหลังจากเติมชิ้นไม้สับและน้ำยาต้มเยื่อลงไปในถังแล้วจะให้ความร้อนแก่ถังภายใต้ความดัน โดยควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการต้ม เมื่อต้มเยื่อตามกำหนดแล้วจะหยุดให้ความร้อนและลดความดันเพื่อปล่อยเยื่อออกจากถังก่อนที่จะเริ่มการต้มครั้งใหม่ จึงเรียกว่า การต้มเยื่อแบบทีละถัง การต้มเยื่อแบบทีละถังที่มีจำนวนหม้อต้มเยื่อ 8-10 ถัง และมีขั้นตอนการต้มเยื่อสลับกันในแต่ละถังจะเรียกว่า การต้มเยื่อแบบซุปเปอร์แบตช์ (Super-Batch Cooking) หม้อต้มเยื่อแบบทีละถัง

• **หม้อต้มเยื่อแบบต่อเนื่อง** (Continuous Digester) ชิ้นไม้สับและน้ำยาต้มเยื่อจะถูกผสมกันแล้วส่งเข้าด้านบนของหม้อต้มเยื่อ หม้อต้มเยื่อมีลักษณะเป็นท่อในแนวตั้ง ภายในมีความดัน ขณะที่ชิ้นไม้ (Chip) ไหลลงในถังจะมีการให้ความร้อนด้วย เยื่อที่ผ่านการต้มและล้างแล้วจะถูกส่งออกมาทางด้านล่างของหม้อต้มเยื่อหม้อต้มเยื่อแบบนี้จำนวน 1 ถัง จะมีความสามารถในการผลิตเทียบเท่ากับการต้มเยื่อในหม้อต้มเยื่อแบบทีละเทถังหลายๆ ครั้ง แต่หม้อต้มเยื่อทั้งสองแบบจะมีขบวนการผลิตคล้ายคลึงกัน หม้อต้มเยื่อแบบต่อเนื่อง

กระบวนการต้มเยื่อแบบทีละถังและแบบต่อเนื่องจะไม่มีความแตกต่างกันในด้านประเด็นทางสิ่งแวดล้อม ถ้าหากมีการนำเอา Extended Modified Cooking มาปรับใช้ วิธีการต้มเยื่อแบบ Extended Cooking นี้ได้ถูกนำเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษมาหลายปีแล้ว โดยมีเป้าหมายหลักในการลดปริมาณลิกนินในเยื่อก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการฟอก จึงเป็นการช่วยลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ฟอกเยื่อ และลดปริมาณความสกปรกในน้ำเสียจากขั้นตอนการฟอกเยื่อด้วย ขณะที่ปริมาณลิกนินที่แยกออกมาจากเยื่อไม้จะถูกนำเข้าสู่หม้อไอน้ำนำสารกลับคืน (Recovery Boiler)

• ***การปรับปรุงกระบวนการต้มเยื่อแบบซุปเปอร์แบชซ์*** (Superbatch) สามารถทำได้โดยการแช่วัตถุดิบด้วยของเหลวดำ (Black Liquor) ก่อนจะนำเข้าสู่หม้อต้มเยื่อ วิธีการนี้นอกจากจะช่วยลดปริมาณพลังงานความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ในหม้อต้มเยื่อแล้วยังจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของซัลไฟด์เพื่อนำเข้าสู่การสกัดลิกนิน (Delignification) อีกด้วยอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มเยื่อประมาณ 155-180 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการต้มเยื่อประมาณ 2-3 ชั่วโมง

กระบวนการต้มเยื่อมีจุดประสงค์ เพื่อละลายลิกนินออกมาจากเส้นใยแต่ถ้าลิกนินละลายออกมามากเปอร์เซ็นต์ ผลผลิต (Yield) ที่ได้ยังต่ำ เพราะไม่ใช่ลิกนินเท่านั้นที่ถูกแยกออกมาด้วย ถ้าต้มเยื่อนานเกินไปเปอร์เซ็นต์ผลผลิต (Yield) จะลดลงอย่างรวดเร็ว ความแข็งแรงเยื่อก็จะลดลงตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีการตรวจสอบระดับของการต้มเยื่อ โดยการตรวจวัดปริมาณสารเคมีทำปฏิกริยากับลิกนินที่เหลืออยู่ในเยื่อ ซึ่งเรียกว่าค่า Kappa Number และค่า Kappa Number นี้มีความสัมพันธ์กับ เปอร์เซ็นต์ลิกนินที่เหลืออยู่ในเยื่อ คือ ค่า Kappa Number จะเท่ากับ เปอร์เซ็นต์ ลิกนินคูณ 7 ตัวอย่างเช่น ค่า Kappa Number เท่ากับ 14 จะมีปริมาณลิกนิน 2 เปอร์เซ็นต์เยื่อที่ได้จากการต้มเยื่อควรจะมีค่า Kappa Number = 14 หรือมีลิกนิน 2 เปอร์เซ็นต์ และหากค่า Kappa Number จากการต้มเยื่อลดต่ำลง 1 หน่วย จะเท่ากับค่า COD ของน้ำเสียที่เกิดจากการฟอกเยื่อลดลง 2-3 กก./ตันเยื่อ

โดยทั่วไป ภายหลังจากการต้มเยื่อค่า Kappa Number จะมีค่าประมาณ 12-15 (ในกรณีที่ใช้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ) เยื่อที่ต้มแล้วจะถูกถ่ายออกจากถังต้มอย่างต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้เกิดการระเหยของ Mercaptans ออกจากเยื่อทำให้มีกลิ่น

3.2.4.3 **การคัดขนาด** (Screening)

เส้นใยที่แยกออกจากกันแล้วไม่ว่าจากกระบวนการผลิตเยื่อแบบ CTMP และแบบเคมีจะนำมาผ่านขั้นตอนการคัดขนาดของเยื่อเพื่อแยกเยื่อออกจากสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ต้องการออกไป ซึ่งสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้ได้แก่ ตาไม้ (Knot), ชิ้นไม้สับที่ผ่านการต้มยังไม่สมบูรณ์, เส้นใยที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการคัดขนาด ได้แก่ เครื่องแยกตาไม้ (Disc Knotter), ตะแกรงหยาบ (Vibrating Knotter Screen), เครื่องร่อนแยกเยื่อ (Delta Screen), Pressure Screen และเซนติคลีนเนอร์ (Centricleaner)

สำหรับกระบวนการผลิตเยื่อแบบ CTMP ซึ่งใช้ชานอ้อยเป็นวัตถุดิบนั้น เยื่อที่ไม่สามารถผ่านระบบการแยกเยื่อได้จะถูกทำให้เข้มข้นขึ้นเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ โดยเครื่อง Reject Thickener จากนั้นจะส่งเข้าเครื่องบดเยื่อ (Reject Refiner) อีกครั้งซึ่งจะเป็นการบดเยื่อที่ความดันบรรยากาศ เยื่อที่ผ่านการบดแล้วจะส่งเข้าถังกักเก็บเพื่อผสมกับเยื่อที่ผ่านการบดในครั้งแรก แล้วนำเข้าสู่ขั้นตอนการล้างเยื่อ ต่อไป

3.2.4.4 **การล้างเยื่อ** (Washing)

เยื่อที่ได้จากกระบวนการทั้งแบบกึ่งเคมีและแบบเคมี เมื่อผ่านการคัดขนาดแล้วจะต้องนำไปผ่านขั้นตอนการล้างซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย สำหรับเยื่อกึ่งเคมี (CTMP) ใน ขั้นตอนนี้ของเหลวจากการต้มเยื่อจะถูกล้างแยกออกจากเยื่อ ของเหลวนั้นประกอบด้วย สารเคมี ลิกนิน และส่วนประกอบอื่นของเส้นใย ของเหลวที่ได้นี้เรียกว่าของเหลวดำ (Black Liquor) ซึ่งจุดประสงค์ในการล้างเยื่อ คือ ล้างของเหลวดำออกจากเยื่อ ลดการใช้สารเคมีในขั้นตอนการผลิตถัดไป และนำสารเคมีกลับมาใช้ใหม่ในขั้นตอนการต้มเยื่ออีกครั้งสำหรับการผลิตเยื่อกระดาษในโรงงานขนาดใหญ่ที่มีระบบนำสารเคมีกลับคืน (Chemical Recovery) จำนวนครั้งในการล้างเยื่อขึ้นอยู่กับกระบวนการต้มเยื่อ โดยการต้มเยื่อแบบต่อเนื่องจะมีการล้างเยื่อเป็นขั้นตอนสุดท้าย และการล้างเยื่อที่มีประสิทธิภาพจะทำประมาณ 3-4 ขั้นตอน ส่วนการต้มเยื่อแบบทีละถัง โดยปกติจะมีขั้นตอนการล้างเยื่อประมาณ 4-5 ขั้นตอน การล้างเยื่อจะทำในถังล้าง (Drum Washer) และใช้หลักการล้างเยื่อแบบ Counter Current คือ จะใช้น้ำดีเฉพาะขั้นตอนการล้างขั้นสุดท้ายแล้วนำน้ำนั้นวนกลับมาล้างเยื่อในขั้นตอนแรกๆ การล้างเยื่อแบบ Counter Current แสดงดังภาพที่ 4-2

ข้อดีของการล้างแบบ Counter Current คือ ทำให้มีอัตราการนำสารเคมีกลับไปใช้ใหม่ได้มากขึ้น และใช้สารเคมีในการฟอกน้อยลง นอกจากนั้นยังส่งผลให้ลดส่วนประกอบที่เป็นมลพิษลงด้วย ขณะเดียวกันก็มีข้อเสีย คือ ต้องใช้พลังงานสูงสำหรับการปั้มน้ำเพื่อนำน้ำย้อนกลับไปล้าง

สำหรับการผลิตเยื่อปอสา ในขั้นตอนการล้างนี้มีขั้นตอนการล้าง 2 ครั้ง ซึ่งในการล้าง ครั้งแรกจะนำปอที่ต้มเสร็จแล้วมาล้างโดยแช่ไว้ในบ่อล้างประมาณ 24 ชม. จากนั้นจึงนำมาล้างครั้งที่ 2 เพื่อไล่ฝ่าโดยแช่ไว้ในบ่อ ใช้เวลาประมาณ 24 ชม. เช่นกัน จากนั้นจึงนำปอเข้าสู่ขั้นตอนการฟอก

3.2.4.5 **การสกัดลิกนินด้วยออกซิเจน** (O_2 Delignification)

ในการผลิตเยื่อเคมีซึ่งใช้ยูคาลิปตัส หรือไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบเมื่อเยื่อผ่านขั้นตอนการล้างแล้วจะนำเข้าสู่ขั้นตอนการสกัดลิกนินด้วยออกซิเจน (O–Delignification) ซึ่งจะเป็นการฟอกเยื่อขั้นตอนแรกโดยใช้ออกซิเจน (O) ทำปฏิกิริยากับลิกนินให้ลิกนินหลุดออกจากเยื่อเพิ่มมากขึ้นเป็นผลทำให้ค่า Kappa Number ลดลง ค่า Kappa Number ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการต้มและการสกัดลิกนินด้วยออกซิเจน มีค่าประมาณ 25-28 และหลังจากทำปฏิกริยาในถังปฏิกริยาที่เติมออกซิเจนแล้วจะได้เยื่อที่ออกมามีค่า Kappa Number เพียง 10-12 ซึ่งหมายถึง ปริมาณลิกนินจะเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ใช้ในการต้ม เป็นผลทำให้การใช้สารเคมีในขั้นตอนการฟอกลดน้อยลง รวมทั้งลดปริมาณน้ำเสียจากการฟอกเยื่อด้วยสารเคมี

การสกัดลิกนินด้วยออกซิเจนจะต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ก๊าซออกซิเจนและไอน้ำปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในปฏิกิริยาจับลิกนินนี้ ประมาณ 20 กิโลกรัมออกซิเจนต่อตันเยื่อที่ผลิต (หรือประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเยื่อแห้ง) การฟอกจะเกิดจากการที่โซเดียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนไปสกัดลิกนินในเยื่อโดยมีไอน้ำ เพื่อรักษาอุณหภูมิการเกิดปฏิกิริยาที่ระหว่าง 90-110 องศาเซลเซียส ระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนนี้ประมาณ 20-60 นาที เยื่อที่ผ่านการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วจะส่งเข้าล้างในเครื่องล้างแบบ Wash Press โดยปกติภายหลังจากการสกัดลิกนินด้วยออกซิเจนแล้วจะทำการล้าง 1 ครั้งหรือ 2 ครั้ง แล้วส่งไปเก็บในถังเก็บเยื่อความเข้มข้นปานกลางถึงสูง (High Density Towers) ก่อนส่งเข้าหน่วยฟอกขาวสำหรับการผลิตเยื่อฟอก

3.2.4.6 การฟอกเยื่อ (Bleaching)

ขั้นตอนการฟอกเยื่อเป็นการปรับปรุงคุณภาพเยื่อในด้านความขาว (Brightness) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำเป็นในการผลิตกระดาษบางชนิด เช่น กระดาษพิมพ์เขียน กระดาษทิชชู กระดาษสา ฯลฯ กระบวนการฟอกเยื่อยังแบ่งเป็นแบบหลายขั้นตอน และขั้นตอนเดียวทั้งนี้ขึ้นกับความขาวของเยื่อที่ต้องการ เช่น กระดาษพิมพ์เขียนและกระดาษทิชชู ต้องการความขาวของเยื่อมากจะใช้วิธีการฟอกหลายขั้นตอน ส่วนกระดาษสาความขาวของเยื่อที่ต้องการเพื่อให้สามารถใช้ย้อมสีได้เท่านั้น จึงใช้การฟอกแบบขั้นตอนเดียว สารเคมีที่ใช้ในการฟอกเยื่อมีหลายชนิด ได้แก่ ไฮโปคลอไรท์ คลอรีน โซเดียม-ไฮดรอกไซด์ คลอรีนไดออกไซด์ ออกซิเจน และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น

- **การฟอกเยื่อแบบหลายขั้นตอน**

ระบบการฟอกเยื่อด้วยสารเคมี แบบหลายขั้นตอนสามารถแบ่งได้ 3 แบบ คือ

- ระบบดั้งเดิม (Conventional) เป็นระบบการฟอกที่ใช้ก๊าซคลอรีนในการฟอกเยื่อ ซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อม
- Elementary Chlorine Free (ECF) เป็นระบบการฟอกที่ใช้สารประกอบของ คลอรีน เช่น คลอรีนไดออกไซด์ และมีการฟอกหลายขั้นตอน เช่น CEDED CEHD OCEDED *
- Totally Chlorine Free (TCF) เป็นระบบการฟอกที่ไม่ใช่คลอรีน เช่น ออกซิเจน (O_2), โอโซน (O_3), ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และมีการฟอกหลายขั้นตอน เช่น OQPZP OZQEP *

*** หมายเหตุ**

C = ขั้นคลอริเนชันใช้คลอรีนในการฟอก
E = ขั้นสกัดใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการฟอก
H = ขั้นไฮโปคลอไรท์ใช้แคลเซียมไฮโปรคลอไรท์ในการฟอก
D = ขั้นคลอรีนไดออกไซด์ใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการฟอก
P = ขั้นสกัดใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอก
O = ขั้นออกซิเจนใช้ออกซิเจนในการฟอก
Z = ขั้นโอโซนใช้โอโซนในการฟอก
Q = Chelating Agent Stage

สำหรับการฟอกเยื่อในโรงงานผลิตเยื่อในประเทศไทยนั้นจะมีการฟอกเยื่อทั้งแบบระบบทั่วไป (Conventional) และระบบการฟอกเยื่อแบบ Elementary Chlorine Free (ECF) แต่ส่วนใหญ่ได้ปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบการฟอกเยื่อแบบ Elementary Chlorine Free กันเกือบหมดแล้ว เหลือเพียงบางโรงงานเท่านั้นที่ยังคงใช้ระบบการฟอกเยื่อแบบระบบทั่วไป (Conventional) อยู่ การฟอกเยื่อแบบ Elementary Chlorine Free (ECF) ที่ใช้ในโรงงานผลิตเยื่อในไทยนั้นจะมีขั้นตอนการฟอกเยื่อแบบ D0-EOP-D1-D2, D0-EOP-D1

D = การฟอกด้วยคลอรีนไดออกไซด์
EOP = การฟอกด้วยโซดาไฟผสมออกซิเจน
H = ฟอกด้วยแคลเซียมไฮโปรคลอไรท์ (Calcium Hypochlorite) หรือ โซเดียมไฮโปรคลอไรท์ (Sodium Hypochlorite)

เยื่อที่ฟอกแล้วในแต่ละขั้นตอนจะผ่านการล้างในทุกๆ ขั้นตอนการฟอก แต่สำหรับในกรณีที่ใช้เปอร์ออกไซด์ในการฟอกนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องใช้สารเคมีอีกกลุ่มหนึ่งรวมด้วย ได้แก่ EDTA (Ethylene-Diamino-Tetracetic Acid) หรือ DTPA (Diethylene Triamino-Pentaacetic Acid) สารประกอบเหล่านี้จะเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยสลายทางชีวภาพ และเมื่อสารเหล่านี้ถูกปลดปล่อยลงสู่แหล่งน้ำก็จะไปจับกับโลหะหนัก และสามารถซึมผ่านไปสู่แหล่งน้ำใต้ดินได้ ดังนั้นจึงควรที่จะหลีกเลี่ยงการใช้สารประกอบเหล่านี้

เยื่อที่ผ่านการฟอกแล้วจะมีลิกนินเหลืออยู่ประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ และความขาวสว่างของเยื่อที่ฟอกแล้วจะมีค่า 80-85 เปอร์เซ็นต์ ISO-International Standard Organization เมื่อฟอกเสร็จแล้วเยื่อที่ได้จะเรียกว่า Bleached Pulp ซึ่งจะส่งไปเก็บในถัง (Discharge Tank) เพื่อส่งต่อไปยังขั้นตอนเดินแผ่น(Sheet Forming) หรือส่งไปยังโรงงานผลิตกระดาษในกรณีที่เป็นโรงงานผลิตทั้งเยื่อและกระดาษ (Integrated Mill)

ในส่วนของการฟอกเยื่อแบบระบบทั่วไป (Conventional) ที่ยังคงใช้ในโรงงานผลิตเยื่อกระดาษของประเทศไทย ซึ่งใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบ จะมีขั้นตอนในการฟอกเยื่อ 4 ขั้นตอนโดยขั้นตอนแรกจะใช้ก๊าซคลอรีนในการฟอก จากนั้นจะนำเยื่อไปล้างในเครื่องล้างเยื่อ แล้วนำเยื่อไปผ่านเครื่องเพิ่มอุณหภูมิเยื่อให้มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส แล้วนำไปฟอกต่อในขั้นตอนที่ 2 ซึ่งใช้โซดาไฟในการฟอก ขั้นตอนที่ 3 ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ฟอก และขั้นตอนที่ 4 ใช้โซเดียมไฮโปรคลอไรท์ในการฟอกเมื่อทำการฟอกเยื่อเสร็จในแต่ละขั้นตอนก็จะนำมาผ่านการล้างเยื่อทุกครั้ง ซึ่งจะเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เยื่อที่ผ่านการล้างในขั้นตอนสุดท้ายแล้วจะส่งไปกักเก็บไว้ในถังพักเยื่อเพื่อนำไปใช้ในการผลิตกระดาษต่อไป ซึ่งในโรงงานนี้จะมีหน่วยผลิตกระดาษอยู่ในโรงงาน

การฟอกขั้นตอนเดียวสำหรับการผลิตกระดาษสา เยื่อปอที่ผ่านการล้างแล้วจะนำมาฟอกขาวโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือใช้โซเดียมไฮโปรคลอไรท์ โดยมีอุณหภูมิประมาณ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 3-5 ชั่วโมง จากนั้นจะทำการล้างเยื่อที่ฟอกอีกครั้งหนึ่ง และในกรณีที่ต้องการเยื่อปอสาสีต่างๆ ก็จะนำไปย้อมสี จากนั้นจึงนำเยื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตกระดาษต่อไป

3.2.4.7 **หน่วยทำความสะอาดเยื่อหลังการฟอก** (Bleached Stock Scteening)

เยื่อที่ฟอกแล้วจะผ่านเข้าสู่หน่วยร่อนทำความสะอาดเยื่อขั้นสุดท้ายก่อนทำแผ่นเยื่อเพื่อป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรก (Dirt Material) ปะปนไปกับผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ เซนติคลีนเนอร์

3.2.4.8 **ขั้นตอนการเดินแผ่น** (Sheet Forming) **และอบแห้ง** (Drying)

เยื่อจากหน่วยร่อนทำความสะอาดขั้นสุดท้ายจะเข้าสู่เครื่องเดินแผ่น (Sheet Forming Machines) โรงงานที่ผลิตเยื่อกระดาษส่วนใหญ่จะมีระบบน้ำวงจรปิด (Closed Water System) ซึ่งจะนำน้ำใต้ลวดเดินแผ่นวนกลับเข้าไปเจือจางเยื่อที่เฮดบ็อกซ์ (Head Box) และน้ำล้นส่วนที่เหลือ (Overflow) จะนำกลับเข้าไปในขั้นตอนการล้างเยื่อ และเมื่อเยื่อผ่านกระบวนการเดินแผ่นแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนการอบแห้ง (Drying) เพื่อให้เหลือความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ก่อนส่งขายลูกค้าเวลาที่ใช้ในการผลิตเยื่อทั้งหมดจะใช้เวลาประมาณ 18 ชั่วโมง

3.2.4.9 **ระบบการนำสารเคมีกลับคืน** (Chemical Recovery)

ระบบการนำสารเคมีกลับคืนจะมีเฉพาะสำหรับการผลิตเยื่อเคมี เนื่องจากการผลิตเยื่อเคมีจะใช้สารเคมีในปริมาณมาก ถ้าหากไม่มีการนำสารเคมีกลับมาใช้อีกก็จะทำให้เยื่อกระดาษมีราคาแพงมากขึ้น เนื่องจากสารเคมีมีราคาแพง อีกทั้งยังทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์หลักของกระบวนการนำสารเคมีกลับคืน คือ เพื่อนำสารเคมีจากการต้มเยื่อกลับมาใช้ใหม่ และการนำพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้สารอินทรีย์มาใช้ประโยชน์ ระบบนำสารเคมีกลับคืนประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ หน่วยทำระเหย (Evaporation Plant) หม้อไอน้ำนำสารกลับคืน (Recovery Boiler) และหน่วยทำด่างและเตาเผาปูน (Causticizing Plant & Lime Kiln) วงจรนำสารเคมีกลับคืนแสดงในภาพที่ 3-15

- **หน่วยทำระเหย**

หน่วยทำระเหยมีหน้าที่ระเหยน้ำออกจากของเหลวดำเจือจาง (Weak Black Liquor) ให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น หรือที่เรียกว่า ของเหลวดำเข้มข้นก่อนที่จะส่งไปเป็นเชื้อเพลิงที่หม้อไอน้ำนำสารเคมีกลับคืน ภาพแบบของเครื่องระเหย (Evaporator)

ของเหลวดำเจือจางที่เกิดจากการล้างเยื่อที่ผ่านการต้มแล้ว มีความเข้มข้นประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ จะถูกส่งเข้าเครื่องระเหย (Evaporator) เครื่องทำระเหยนี้จะมีหลายตัวต่อเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของของเหลวดำ และภายในเครื่องจะมีสภาพเป็นสุญญากาศเพื่อให้การระเหยของน้ำเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำกว่าปกติ เครื่องทำระเหยทุกแบบจะใช้ไอน้ำความดันต่ำเป็นตัวให้ความร้อน เมื่อน้ำระเหยออกจากของเหลวดำ จะมีพลังงานความร้อนอยู่ในไอน้ำนั้น ซึ่งสามารถส่งไประเหยน้ำจากของเหลวดำในเครื่องระเหยตัวอื่นๆ ได้อีก เพื่อประหยัดไอน้ำและพลังงาน และของเหลวดำที่ออกมาจากหน่วยทำระเหยจะมีความเข้มข้นประมาณ 65-70 เปอร์เซ็นต์

ในหน่วยทำระเหยนี้บางโรงงานจะมีระบบ Steam Stripper เพื่อบำบัดน้ำคอนเดนเสทสกปรกให้สะอาด แล้วส่งไปใช้ในกระบวนการผลิตต่างๆ ต่อไป

- **หม้อไอน้ำนำสารกลับคืน** (Recovery Boiler) หน้าที่ของหม้อไอน้ำนำสารกลับคืน คือ การเผาของเหลวดำ (Black Liquor) ที่ส่งมาจากหน่วยทำระเหยเพื่อให้สารเคมีในของเหลวดำเปลี่ยนมาอยู่ในภาพที่เหมาะสม สำหรับการทำของเหลวขาว (White Liquor) ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์จะถูกเผาไหม้ให้พลังงานความร้อนและนำความร้อนที่ได้ไปต้มเพื่อให้นำไอน้ำไปใช้ ส่วนสารอินทรีย์ที่อยู่ในภาพของเกลืออินทรีย์โซเดียมก็จะกลายเป็นของแข็งหลอมเหลว (Smelt) ซึ่งประกอบด้วยโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) และโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ของแข็งหลอมเหลวจะถูกระบายออกจากทางด้านล่างของเตาลงมาที่ถังทำละลาย (Dissolving Tank) ภายในถังทำละลายจะมีน้ำที่มาจาก 3 ส่วน คือน้ำเจือจางจากหน่วยทำด่าง น้ำที่ได้จากการล้างโคลนปูน (Lime Mud)และน้ำจากการล้างกากของเหลวเขียว (Dreg) เมื่อของแข็งหลอมเหลวผสมกับของเหลว ในถังทำละลายจะถูกเปลี่ยนเป็นของเหลวเขียว (Green Liquor) และ Green Liquor ที่เกิดขึ้นจะถูกส่งต่อ ไปยังหน่วยทำด่างต่อไป และเนื่องจากในการเผาไหม้จะเกิดอนุภาคฝุ่นและควัน ดังนั้นที่หม้อไอน้ำนำสารกลับคืนจึงต้องติดตั้งอุปกรณ์ดักฝุ่นก่อนระบายออกสู่บรรยากาศ

หม้อไอน้ำนำสารกลับคืนส่วนใหญ่ที่ใช้กันมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบ แบ็บค้อกวิลค้อก (Babcock & Wilecox Co., B&W) และแบบคอมบัสชั่น เอ็นจิเนียริ่ง (Combustion Engineering Inc.,CE) ซึ่งในหม้อไอน้ำนำสารกลับคืนแบบ B&W นั้น อากาศทุติยภูมิจะป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำในบริเวณที่อยู่เหนือจากตำแหน่งที่ป้อนอากาศปฐมภูมิประมาณ 2 เมตร และอากาศปฐมภูมิ (Primaty) ใน Char Bad จะควบคุมความสูงของเบด สำหรับ CE Boiler อากาศที่ป้อนเข้าไปจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของก๊าซภายในเตาเผา สำหรับหลักการของอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิด

- **หน่วยทำด่าง (Causticizing Plant & Lime Kiln)** หน่วยทำด่างมีหน้าที่ผลิตของเหลวขาว (White Liquor) จากของเหลวเขียว (Green Liqour) โดยการเติมปูนขาว และผลิตปูนขาวเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง

ของเหลวเขียวจากเตาเผาของหม้อไอน้ำนำสารกลับคืน (Recovery Boiler) จะถูกนำมาแยกเอาสิ่งเจือปนที่ไม่ละลายน้ำออกที่ถัง Green Liquor Clarfier จากนั้นส่วนที่เป็นของเหลวเขียวจะถูกส่งต่อไปผสมกับปูนขาวที่ Slaker เกิดเป็นของเหลวขาว (White Liquor) แต่ก่อนที่จะส่งของเหลวขาวไปยังหม้อต้ม จะทำการแยก Lime Mud หรือแคลเซียมคาบอเนตออกก่อน ส่วนวิธีการที่ใช้แยก Lime Mud นั้นสามารถทำได้ทั้งแบบการตกตะกอน และการกรอง หลังจากนั้นจึงล้าง Lime Mud และกำจัดน้ำออกก่อนที่จะส่งไปเผาที่เตาเผาปูน (Lime Kiln) เพื่อผลิตปูนขาวกลับมาใช้ที่ Slaker อีกครั้ง อุณหภูมิใน Burning Zone ในเตา Lime Kiln อยู่ในช่วง 1100-1300 องศาเซลเซียส เตาเผาปูนแบบหมุน (Rotary)

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม้ไผ่และชานอ้อยเป็นวัตถุดิบที่มีซิลิกาอยู่ในเนื้อไม้ในปริมาณสูง หากนำ Lime Mud ที่เกิดขึ้นในหน่วยทำด่าง (Caustiszing Plant) ไปเผาต่อในเตาเผาเพื่อผลิตปูนขาวนั้น ซิลิกาจะทำหน้าที่ เป็นฉนวนความร้อนทำให้การเผาไม่สวมบูรณ์ ดังนั้น เมื่อใช้ไม้ไผ่และชานอ้อยเป็นวัตถุผลิตเยื่อกระดาษโรงงานจะนำ Lime Mud ที่เกิดขึ้นไปกำจัดโดยวิธีฝังกลบเลย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับกระกวนการผลิตเยื่อกระดาษ และผลจากการสำรวจโรงงาน พบว่ากระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ และวัตถุดิบที่ต่างกัน จะให้ผลผลิต (Yield) ที่ต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 3-8 และกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษแบบต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4-4 ถึง 4-10

กระบวนการผลิตวัตถุดิบ	ประสิทธิภาพการผลิต (Yield) เปอร์เซนต์
ยูคาลิปตัส	
Unbleached Kraft	50 - 55
Bleached Kraft	43 - 48
CTMP	80 - 90
Bleached Soda	40 - 45
ชานอ้อย (เมื่อแยกขุยอ้อยออกแล้ว)	
CTMP	75 - 85
Bleached Soda	75 - 80
ไม้ไผ่	
Kraft Pulp	38 - 46

ตารางที่ 3-7 ประสิทธิภาพการผลิต (Yield) เยื่อกระดาษของกระบวนการผลิตเยื่อแบบต่างๆ
ที่มา การสำรวจโดยบริษัท ซีเอ็มเอส เอ็นจิเนียริ่ง แอนด์ แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2541
และ Environmental Management in the Pulp and Paper Industry, NIEM,1997

3.2.5 แหล่งกำเนิดมลพิษในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

แหล่งกำเนิดของเสียของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษแสดงไว้ในตารางที่ 3-9 ตามขั้นตอน กระบวนการผลิต ซึ่งของเสียของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษจะอยู่ในภาพของน้ำทิ้ง กากของเสีย และมลพิษอากาศ รวมทั้งกลิ่น นอกจากนั้นยังมีมลพิษที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้คือ มลพิษของเสียงแต่มลพิษนี้ค่อนข้างจะมีปัญหาน้อย แหล่งกำเนิดมลพิษเยื่อกระดาษ แสดงดังภาพ 3-16

แหล่งกำเนิด	ประเภทของมลพิษ/ของเสีย
1. หน่วยจัดเตรียมวัตถุดิบ	
• กรณีที่ใช้ไม้เป็นวัตุดิบ (Wood)	
การปอกเปลือกไม้โดยวิธีเปียก (Wet Debarking)	เปลือกไม้ ฝุ่นไม้ น้ำเสีย เสียงดัง
การปอกเปลือกไม้โดยวิธีแห้ง (Dry Debarking)	เปลือกไม้ ฝุ่นไม้ น้ำเสีย เสียงดัง
การล้างชิ้นไม้ (Chip Wash Water)	ขุยอ้อย น้ำเสีย
• กรณีที่ใช้วัตถุดิบที่ไม่ใช้ไม้ (Non-Wood)	
การแยกขุยอ้อยโดยวิธีเปียก (Wet Depithing Bagasse)	น้ำเสีย
การทำความสะอาดฟางโดยวิธีเปียก (Wet Cleaning of Rice Straw)	เศษดินทราย
การทำความสะอาดฟางข้าวโดยวิธีแห้ง (Dry Cleaning of Rice Straw)	ฝุ่น
การตัดตาปอสา	เศษตาปอสา
2. หน่วยผลิตเยื่อ	
หม้อต้มเยื่อ	• คอนเดนเสทจากการลดความดันไอน้ำ อากาศเสีย ได้แก่ ก๊าซ Malodorous เช่น Hydrogen Sulphide, Methyl Mercaptan, Dimethyl Sulphide และ Dimethyldisulphide สารเหล่านี้รวมกันเรียกว่า Total Reduced Sulphur Groups (TRS)
ส่วนล้างเยื่อ	• การรั่วและล้นของน้ำดำ • น้ำล้างเยื่อไม้ฟอก • อากาศเสียซึ่งมี Malodorous Compounds เป็นองค์ประกอบ

แหล่งกำเนิด	ประเภทของมลพิษ/ของเสีย
ส่วนทำความสะอาดเยื่อ	• เศษหินดินทรายต่างๆ และเยื่อหยาบ • เศษตาไม้ที่ต้มไม่สุก • น้ำเสีย
ส่วนฟอกเยื่อ	• น้ำล้างเยื่อฟอกมี Chlorolignin, Color Toxic Compounds, Fibres • อากาศเสียมี Chorine Compounds เป็นองค์ประกอบ
3. หน่วยเดินแผ่น	• น้ำ White Water จากเครื่องเดินแผ่น • น้ำ Blow Down • อากาศเสียมีอนุภาคฝุ่น, SO_2 และ NOX เป็นองค์ประกอบ
4. หน่วยสาธารณูปโภค	
หม้อไอน้ำ (Boiler)	• เถ้าจากหม้อไอน้ำ • น้ำคอนเดนเสท ไดแก Foul Condensate
5. หน่วยนำสารเคมีกลับคืน	
หน่วยทำระเหย (Evaporator)	• อากาศเสียจากหน่วย Evaporator มี Molodorous Compounds เป็นองค์ประกอบ • Weak Liquor จากเครื่องล้าง Dregs • Weak Liquor จากเครื่องล้าง Lime Mud • Lime Mud • อากาศเสียจาก Lime Kiln มีอนุภาคฝุ่น, SO_2, NOX และ TRS เป็นองค์ประกอบ
หม้อไอน้ำกลับคืน (Recovery Boiler)	• เถ้าจากหม้อไอน้ำ • อากาศเสียมี SO_2, NOX และ TRS เป็นองค์ประกอบ • สลัดจ์จากระบบบำบัดน้ำเสีย • ฝุ่นและตะกอนจากระบบบำบัดมลพิษอากาศ
6. ระบบบำบัดน้ำเสีย	
7. ระบบบำบัดมลพิษอากาศ	

ตารางที่ 3-8 แหล่งกำเนิดของเสียในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

3.2.6 สมดุลมวลสารเข้า-ออก

สมดุลมวลสารเข้า-ออกของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษที่จะเสนอนี้เป็นเพียงสมดุลมวลสารที่เป็นตัวอย่างของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษที่ใช้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ และมีกระบวนการผลิตแบบ Kraft Process ในกรณีที่มีกระบวนการนำสารเคมีกลับมาได้ใหม่ แสดงดังภาพที่ 3-17 ซึ่งข้อมูลสมดุลมวลสารนี้จะพิจารณาเฉพาะส่วนที่สัมพันธ์กับการเกิดน้ำเสีย และส่วนที่เป็นเส้นใย (Fiber) ในขั้นตอนการผลิตเท่านั้น

3.2.7 ลักษณะสมบัติของวัตถุเศษเหลือจากการผลิตเยื่อกระดาษ

3.2.7.1 ลักษณะสมบัติของวัตถุเศษเหลือจากการผลิตเยื่อกระดาษฟอกขาวโดยใช้กระบวนการซัลเฟต

มวลสารที่นำเข้า
- ไม้ไผ่, ยูคาลิปตัส
- สารเคมีต่างๆ เช่นโซเดียมซัลเฟต
- ปูนขาว (Lime), คลอรีนไดออกไซด์, ซัลเฟอร์ Caustic Soda, Oxygen และ Chlorine Gas
- น้ำใช้ในกระบวนการผลิต

มวลสารที่เกิดขึ้น
- เยื่อกระดาษฟอกขาว
- น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต
- เศษเปลือกไม้
- เศษ Rejects (ตาไม้)
- Black Liquor
- เถ้าและตะกรันจากหม้อไอน้ำ
- Lime Mud
- ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

สำหรับลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษฟอกขาวโดยใช้กระบวนการซัลเฟต รวมถึงลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด แสดงดังตารางที่ 3-10 ลักษณะสมบัติของวัสดุเศษเหลือที่นำมาพิจารณาประกอบด้วย

- สารประกอบคาร์บอนในภาพของ บีโอดี5 และ COD
- ฟอสฟอรัสทั้งหมด
- ทีเคเอ็น
- ของแข็งแขวนลอยในภาพของ SS
- ของแข็งที่ละลายได้ในภาพของ DS
- สี

แหล่งกำเนิดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./ตันกระดาษ)	บีโอดี		ซีโอดี		ของแข็งแขวนลอย		ทีเคเอ็น		ฟอสฟอรัส		สี
		มก./ล.	กก./ตัน	มก./ล.	กก./ตัน	มก./ล.	กก./ตัน	มก./ล.	กก./ตัน	มก./ล.	กก./ตัน	(pt-Co Unit)
1. น้ำเสียจากการต้มเยื่อ	20	11.01×10^3	220.2	29.6×10^3	592	1.99×10^3	39.8	0.56×10^3	11.2	-	-	8,310
2. น้ำเสียจากการล้างเยื่อหลังจากต้ม	200	1.125×10^3	225	2.634×10^3	526.8	0.382×10^3	76.4	0.056×10^3	11.2	16	3.2	88
3. น้ำเสียจากการฟอกเยื่อ	120	0.215×10^3	25.8	0.533×10^3	63.96	0.48×10^3	57.6	0.01×10^3	1.2	1.64	0.196	32.04
4. น้ำเสียจากการล้างเยื่อหลังจากฟอก	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5. น้ำเสียจากการเดินแผ่น	80	0.012×10^3	0.96	0.082×10^3	6.56	0.022×10^3	1.76	14	1.12	15	1.2	45.4
6. น้ำเสียรวม	500	0.077×10^3	38.5	0.267×10^3	133.5	0.098×10^3	49	9	4.5	3.7	1.85	64.0
7. น้ำทิ้งหลังจากบำบัด	500	4.8	2.4	0.049×10^3	24.5	0.02×10^3	10	3	1.5	1.4	0.7	27.82

ตารางที่ 3-9 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตกระดาษสา
หมายเหตุ โรงงานได้แยกน้ำเสียจากการต้มเยื่อ (Block Liquor) ไปกักเก็บไว้ในบ่อไม่ได้ผ่านเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย
ที่มา การสำรวจโดยบริษัท ซัเอ็มเอส เอ็นจิเนียริ่ง แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2541

3.2.7.2 ลักษณะสมบัติของวัสดุเศษเหลือจากการผลิตไหว้เจ้า

มวลสารที่นำเข้า
- ไม้ไผ่
- สารเคมีเช่น โซดาไฟ, ไขมันมันปาล์ม, กำมะถัน
- น้ำใช้ในกระบวนการผลิต

มวลสารที่เกิดขึ้น
- กระดาษไหว้เจ้า
- น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต
- เศษเยื่อ
- ตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย

สำหรับลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งรวมจากกระบวนการผลิตกระดาษไหว้เจ้า รวมถึงลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด แสดงดังตารางที่ 3-11 ลักษณะสมบัติของวัสดุเศษเหลือที่นำมาพิจารณาประกอบด้วย

- สารประกอบคาร์บอนในภาพของ บีโอดี5 และ COD
- ฟอสฟอรัสทั้งหมด
- ทีเคเอ็น
- ของแข็งแขวนลอยในภาพของ SS
- ของแข็งที่ละลายในภาพของ DS
- สี

ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย	น้ำเสียรวม		น้ำทิ้งหลังผ่านการบำบัด	
	มก./ล.	กก./ตัน	มก./ล.	กก./ตัน
บีโอดี	302	4.228	64	0.896
ซีโอดี	733	10.262	120	1.68
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	6.54	0.091	2.3	0.032
ทีเคเอ็น	8.4	0.117	1.68	0.0236
ของแข็งแวนลอย	67	0.938	23	0.322
ของแข็งที่ละลายได้	1.863×10^3	25.7	728	10.19
สี (Pt-Co Unit)	687		43.66	

ตารางที่ 3-10 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิตกระดาษไหว้เจ้า
ที่มา การสำรวจโดยบริษัทซีเอ็มเอส เอ็นจิเนียริ่ง แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2541

3.2.8 ปัญหาสิ่งแวดล้อมและแนวทางการแก้ไขปัญหาสำหรับโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมของโรงงานเยื่อกระดาษประเด็นหลักได้แก่น้ำเสีย อากาศเสีย ของเสียซึ่งปัญหาเหล่านี้โรงงานที่มีขนาดต่างๆ กันนั้น จะมีแนวทางแก้ไขปัญหาที่ต่างกัน ซึ่งได้สรุปไว้ในตารางที่ 3-12

3.2.9 มาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

หลักการของมาตรการป้องกัน และควบคุมมลภาวะการผลิต หรือ Process Integrated Pollution Prevention and Control Strategy (IPPCS) คือ เพื่อจัดกระบวนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งมีวัตถุประสงค์หลัก 4 ประการ ดังนี้

- ประหยัดวัตถุดิบในการผลิตได้แก่ พลังงาน น้ำใช้ สารเคมี และวัตถุดิบ เป็นต้น
- ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- ควบคุมผลพลอยได้ (By-Product) และวัสดุเศษเหลือ (Residues) จากการผลิต และนำไปใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด
- ลดปริมาณของวัสดุเศษเหลือที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ และหาทางกำจัดอย่างเหมาะสม

ดังนั้น มาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษต่อไปนี้ เป็นเทคโนโลยีได้มีการนำมาใช้แล้วในต่างประเทศ และในบางส่วนก็มีการนำมาใช้แล้วในประเทศไทยด้วย

3.2.9.1 การเตรียมวัตถุดิบ (Raw Matrial Prepation)

ชิ้นวัตถุดิบที่มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่มากเกินไปที่ปนเปื้อนเข้าสู่กระบวนการต้มเยื่อจะเป็นการสิ้นเปลืองสารเคมี และพลังงานโดยเปล่าประโยชน์เพราะชิ้นส่วนเหล่านี้จะไม่เกิดเป็นเส้นใย (Fiber) ในขณะเดียวกันสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ และผ่านอุปกรณ์ทำความสะอาดเส้นใย เช่น เซนติคลีนเนอร์ นอกจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์กระดาษมีจุดดำ และทำให้อุปกรณ์ต่างๆ เกิดความเสียหาย เช่น เครื่องสูบน้ำ อุปกรณ์ทำความสะอาดเส้นใย เป็นต้นแล้ว สิ่งสกปรกเหล่านี้ยังทำให้ลวดเดินแผ่น (Machine Wire) อุดตันจนเกิดการสูญเสียผลิตภัณฑ์ในที่สุด

ลักษณะปัญหา	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
1.1 น้ำใช้/น้ำทิ้ง 1.2 อากาศเสีย	• น้ำใช้: น้ำบาดาล น้ำประปา ปริมาณน้ำใช้ ต่อตันมาก • น้ำทิ้ง : ไม่มี Chemical Recovery ระบบบำบัดไม่เหมาะสม ไม่มีแหล่งรองรับน้ำทิ้ง การแก้ปัญหา โรงงานควรตั้งให้มีขนาดประมาณ 300 ตัน / วัน จัดให้มีระบบ Chemical Recovery ระบบบำบัดรวมและแหล่งรองรับทิ้ง • แหล่งของอากาศเสียจะมาจากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ฝุ่นจากกองเก็บวัตถุดิบ • การแก้ปัญหา น้ำมันเตาที่ใช้ควรเป็นน้ำมันเตากำมะถันต่ำ	• น้ำใช้: น้ำบาดาล น้ำประปา ปริมาณน้ำใช้ต่อตันค่อนข้างมาก • น้ำทิ้ง : ไม่มีระบบบำบัด แต่บางโรงงาน ไม่มีแหล่งรองรับน้ำทิ้งที่เหมาะสม การแก้ปัญหาโรงงานควรนำ Clean Technology มาใช้ในการลดปริมาณน้ำใช้และนำน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ ประโยชน์ • แหล่งของอากาศเสียจะมาจากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเตาหรือถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ฝุ่นจากการเก็บวัตถุดิบ กลิ่นจากกระบวนการผลิต น้ำมันเตาและถ่านหินที่ใช้ควรเป็นน้ำมันเตากำมะถันต่ำ ต้องมีระบบการกำจัดฝุ่นจากปล่องที่มีประสิทธิภาพ เช่น Eletrostatic Precipitator มีระบบรวบรวมก๊าซมีกลิ่นเพื่อนำไปเผากำจัด	• น้ำใช้: น้ำบาดาล น้ำประปา ปริมาณน้ำใช้ต่อตันต่ำ • น้ำทิ้ง : มีระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพ แต่บางโรงงานไม่มีแหล่งรองรับที่เหมาะสม การแก้ปัญหาโรงงานควรมีแหล่งน้ำใช้ของโรงงานเองและน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์ทั้งหมด • แหล่งของอากาศเสียมาจากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันเตา เปลือกไม้ และของเหลวดำจากการต้มเยื่อเป็นเชื้อเพลิง ฝุ่นจากการเก็บวัตถุดิบ กลิ่นจากกระบวนการผลิต การแก้ปัญหาน้ำมันเตาที่ใช้ควรเป็นน้ำมันเตากำมะถันต่ำ ต้องมีระบบการกำจัดฝุ่นจากปล่องที่มีประสิทธิภาพ เช่น Eletrostatic Pre Cipitator มีระบบรวบรวมก๊าซมีกลิ่นเพื่อนำไปเผากำจัด มีระบบการตรวจติดตามคุณภาพอากาศอย่างต่อเนื่อง
1.3 Solid Waste	• เศษวัสดุที่ไม่ได้ประโยชน์ : เปลือกไม้เศษไม้เศษวัตถุดิบทางการเกษตร การแก้ปัญหาถ้าโรงงานไปตั้งอยู่รวมกันสามารถจัดให้มีเศษวัสดุไปใช้ประโยชน์ เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับ Boiler เป็นต้น	• เศษวัสดุที่ไม่ได้ประโยชน์ : เปลือกไม้ เศษไม้ เศษวัตถุดิบทางการเกษตร กากเยื่อ ตะกอน จากระบบบำบัดน้ำเสีย ขี้เถ้าจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงการแก้ปัญหาโรงงานควรนำ Clean Technology มาใช้ในการนำเศษวัสดุที่ไม่ใช้ประโยชน์กลับมาใช้ใหม่	• เศษวัสดุที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ เปลือกไม้ เศษไม้ เศษวัตถุดิบทางการเกษตร กากเยื่อ ตะกอน จากระบบบำบัดน้ำเสีย ขี้เถ้าจากหม้อไอน้ำที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงกากปูนจากเตาเผาปูน

ลักษณะปัญหา	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่
			การแก้ปัญหา โรงงานจะต้องมีกระบวนการนำเศษวัสดุที่ให้ได้ใช้ประโยชน์นำกลับมาใช้ใหม่ เช่น เผาเป็นเชื้อเพลิง ทำปุ๋ยหมัก หรือใช้ปรับปรุงคุณภาพดิน
1.4 Hazardous Waste	การแก้ปัญหา โรงงานควรไปตั้งอยู่รวมกัน และรวบรวม Hazardous Waste เพื่อส่งไปกำจัดอย่างถูกต้อง	การแก้ปัญหา โรงงานต้องมีที่ ระบบแยกรวบรวม Hazardous Waste เพื่อส่งไปกำจัดอย่างถูกต้อง	การแก้ปัญหา โรงงานต้องมีระบบแยกและรวบรวม Hazardous Waste เพื่อส่งไปกำจัดอย่างถูกต้อง หรือลงทุนระบบกำจัดอย่างถูกต้องโดยโรงงานเอง

ตารางที่ 3-11 ปัญหาสิ่งแวดล้อมและแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ

ในการเตรียมวัตถุดิบก่อนที่จะส่งเข้าสู่การผลิตขั้นตอนต่อไปสิ่งที่ควรคำนึงถึง ได้แก่การเก็บวัตถุดิบไว้ในที่แห้ง (ยกเว้นชานอ้อย) ควรเก็บวัตถุดิบไว้ในที่แห้งหรือเก็บในที่ร่ม และแบ่งส่วนเพื่อสะดวกในการนำเข้าสู่การผลิตตามลำดับเวลาที่วัตถุดิบมาถึงโรงงาน

ผลดี
- ลดปริมาณน้ำใช้
- ลดปริมาณมลพิษ
- ลดการปนเปื้อนที่มาจากทรายและหิน

การกำจัดฝุ่นจากฟางข้าวด้วยวิธีแห้ง

ใช้วิธีแห้งในการกำจัดฝุ่น หรือสิ่งสกปรกที่ติดมากับฟางข้าว เช่น Vibratory/Rotary

ผลดี
- ลดปริมาณไอน้ำและสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อ
- ลดปริมาณของเสียจากการคัดแยกขนาด
- เพิ่มความสามารถในการผลิตเยื่อ
- ขยะและฝุ่นสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง
- ช่วยลดปริมาณซิลิกาในเยื่อลง ทำให้การนำเอาของเหลวดำกลับมาใช้ใหม่ได้ดีขึ้น
- ลดการสึกหรอของปม และอุปกรณ์ทำความสะอาดเส้นใย

เปลี่ยนวิธีการปอกเปลือกไม่เป็นแบบแห้ง

กรณีใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบใช้วิธีการปอกเปลือกแบบแห้ง เช่นใช้ Dry Debarking Drums

ผลดี
- ลดปริมาณน้ำใช้
- ลดปริมาณมลพิษ
- การเก็บรักษาชานอ้อยโดยวิธีเปียก

การเก็บรักษาชานอ้อยโดยวิธีแห้งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนงาน และเสี่ยงต่อการลุกไหม้ของไฟจึงควรเก็บรักษาโดยวิธีสเปรยน้ำต่อเนื่อง และน้ำเสียจากขั้นตอนนี้ต้องรวบรวมนำไปบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสียด้วยส่วนน้ำใช้ควรใช้น้ำทิ้งจากขั้นตอนการล้างเยื่อที่ผ่านการกรองแยกสิ่งสกปรกก่อนแล้ว (Brownstock Washing Filtrate)

การคัดแยกขนาดของชิ้นไม้

คัดแยกขนาดของชิ้นไม้ที่ไม่ได้ขนาด (คือใหญ่หรือเล็กเกินไป) โดยใช้ Vibratory Screen

ผลดี
- ลดปริมาณสารเคมีและไอน้ำที่ใช้ในการต้มเยื่อ

ระบบควบคุม และกำจัดฝุ่นทีเกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

รวบรวมฝุ่นที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการกำจัดฝุ่นในวัตถุดิบด้วยวิธีแห้ง เช่น Bag Filters

ผลดี
- ลดความเข้มข้นฝุ่นละอองในบรรยากาศ

การกำจัดขุยอ้อย

การกำจัดขุยอ้อยออกจากชานออยสามารถทำได้ 2 วิธี คือ โดยวิธีเปียก (Wet Depithing) และวิธีแห้ง (Dry Depithing)

ผลดี
- ช่วยลดปริมาณการใช้ไอน้ำได้ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์
- ช่วยเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการผลิตเยื่อ
- ช่วยให้เครื่องจักรผลิตกระดาษทำงานได้ดีขึ้น

หมายเหตุ - การกำจัดขุยอ้อยอยู่ด้วยวิธีแห้ง (Dry Depithing) จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าการกำจัดขุยอ้อยด้วยวิธีเปียก รวมทั้งยังยากต่อการกักเก็บการกำจัดขุยอ้อยด้วยวิธีเปียก (Wet Depithing) จะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า, สูญเสียผลผลิต (Yield) มากกว่า, น้ำทิ้งต้องนำเข้าบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดขุยอ้อยดีกว่าและง่ายต่อการกักเก็บ

3.2.9.2 **กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ**

- **กระบวนการทางเคมี**

เทคโนโลยีการต้มเยื่อที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ จะมุ่งเน้นการเพิ่มความสามารถในการกำจัดลิกนิน ที่ปนมากับเยื่อ ก่อนที่จะส่งเยื่อเข้าสู่กระบวนการต่างๆ ต่อไป โรงงานหลายแห่งมีขั้นตอนเพิ่มขึ้นหลังจากการต้มเยื่อเรียกขั้นตอนนี้ว่าการ สกัดลิกนินด้วยออกซิเจน (Oxygen Delignification) สำหรับวิธีการที่นำมาใช้ ได้แก่

การต้มแบบต่อเนื่อง
- Modified Continuous Cook (MCC)
- Extended Modified Continuous Cook (EMC)

การต้มแบบทีละถัง
- Super Batch

ผลจากการปรับปรุงวิธีการต้มเยื่อ พบว่า Kappa Number ของเยื่อไม้ที่ผ่านการต้มแลวจะมีค่าลดลง โดยจะมีค่าเท่ากับ 18-22 สำหรับไม้เนื้ออ่อน และ 14-16 สำหรับไม้เนื้อแข็ง ในขณะที่วิธีการต้มเยื่อแบบเดิม Kappa Number จะมีค่าเท่ากับ 30-32 สำหรับไม้เนื้ออ่อน และ 18-20 สำหรับไม้เนื้อแข็ง

อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนการต้มเยื่อมีขอควรคำนึงถึงเพื่อควบคุม และป้องกันมลภาวะจากกระบวนการผลิต ดังนี้

สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการต้มเยื่อ

สำหรับกระบวนการต้มเยื่อแบบคราฟท์ ควรควบคุมให้ปริมาณซัลไฟด์ ปริมาณด่าง ระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ต้มให้เหมาะสม เพื่อใหม่ปริมาณลิกนินในเยื่อที่ผ่านการต้มเหลือน้อยลง

ผลดี
- เพื่อให้เยื่อมีคุณภาพดีขึ้น และเพิ่มผลผลิต (Yield)
- ลดของเสียจากการต้มไม้สุก และลดของเสียจากการคัดแยกขนาด
- ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้
- ลดปริมาณไอน้ำที่ใช้
- ลดค่า บีโอดี, TSS และ AOX จากน้ำเสียทีเกิดจากขั้นตอนการฟอก
- ใช้สารแอนทราควิโนน เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาการกำจัดลิกนินในการต้มเยื่อจากวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร

ผลดี
- ทำให้ได้ผลผลิต (Yield) สูงขึ้น และทำให้เยื่อมีคุณภาพดีขึ้น
- ลดสารประกอบซัลไฟด์ในของเหลวจากการต้มเยื่อ
- ลดปริมาณของเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการฟอก Extended Cooking

ในกรณีที่เป็นการต้มเยื่อแบบทีละถังนั้นภายหลังจากการต้มครั้งแรก ของเหลวจากการต้มจะถูกแทนที่ด้วยของเหลวจากการล้าง และในกรณีที่เป็นการต้มเยื่อแบบตอเนื่องนั้นสามารถที่จะนำ Counter-Current มาใช้ได้ทั้งในส่วนของการล้าง และส่วนของการต้มเยื่อโดยการเติมของเหลวที่สะอาด (Fresh Liquor) ลงไป จะสามารถลดตัวเลข Kappa ในไม้เนื้ออ่อนได้ 8-10 และ 4-5 ในไม้เนื้อแข็ง ดังนั้น จะลดปริมาณคลอรีนที่ใช้ได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์

ผลดี
- วิธีนี้จะลดปริมาณของเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการฟอก เช่น บีโอดี 5, AOX และ TSS การนำคอนเดนเสทที่ปล่อยออกจากถังต้มเยื่อ (Digester Relief) และ Blow Condensate ไปใช้ใหม่

น้ำคอนเดนเสทโดยทั่วไปจะถูกปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ เช่น เมธานอล, TRS และสารระเหย อื่นๆ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ได้โดยไม่ต้องผ่านการบำบัด ตัวอย่างเช่นนำมาใช้ที่ถังละลาย Salt Cake อย่างไรก็ตาม หากแยกเอาสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในคอนเดนเสทออกแล้ว จะสามารถนำน้ำคอนเดนเสทนั้นกลับมาใช้ในกระบวนการล้างเยื่อที่ผ่านการต้มแล้วได้อีก สวนสารอินทรีย์ที่ถูกแยกออกมาจากคอนเดนเสทจะต้องนำไปกำจัดโดยการเผาใน Lime Kiln

ผลดี
- ลดปริมาณน้ำเสียที่ต้องกำจัด, ค่าบีโอดี ในน้ำเสียจะลดลง 0.9 – 3.0 กิโลกรัม (ในกรณีที่แยกสารอินทรีย์ออกจากคอนเดนเสท) (EPA,1982)

การแยกสารอินทรีย์ออกจากคอนเดนเสท (Stripping) และการนำคอนเดนเสทจากหน่วยทำระเหย (Evaporators) ไปใช้ใหม่

ผลดี • ลด บีโอดี ได้ถึง 7.5 กก./ตัน : ลดปริมาณการระบายออก (Flow)

การจัดให้มีระบบป้องกันสารเคมีหกล้น (Spill Recovery/Prevention) **มาใช้**

การรั่ว การหกล้น และการล้าง ซึ่งมีสาเหตุมาจากอุปกรณ์ขัดข้อง การซ่อมบำรุง การหยุดเดินเครื่องจักร และการเริ่มต้นเดินเครื่องจักรเป็นแหล่งกำเนิดหลักของน้ำเสียที่มีค่าบีโอดี 5 และ TSS สูง (30 – 50เปอร์เซ็นต์ ในกระบวนการต้มเยื่อแบบคราฟท์) ระบบ Spill Recovery หรือระบบ เก็บรวบรวมส่วนที่หกล้นประกอบด้วยอุปกรณ์สำหรับเก็บรวบรวมในหลายๆ พื้นที่ของโรงงาน เช่น พื้นที่ในส่วนหม้อไอน้ำนำสารกลับคืน (Recovery Boiler) ถังต้มเยื่อ ถังเก็บเยื่อ ส่วนเก็บรวบรวมของเหลว (Liquor) เครื่องทำระเหย และหน่วยทำด่าง และกรณีที่มีการหกล้นจากพื้นที่เหล่านี้ควรจะรวบรวมส่วนที่หกล้นส่งเข้าสู่บ่อเก็บรวบรวม (Spill Lagoons) อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ควบคุมที่ทันสมัยจะช่วยป้องกันการเกิดการรั่วไหลได้

ผลดี • ช่วยลดปริมาณ บีโอดี และ TSS ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียได้มาก 30-35 เปอร์เซ็นต์ ในกระบวนการต้มเยื่อแบบคราฟท์ (Springer, 1986)

การนำระบบการคัดแยกขนาดแบบปิด (Closed Screening) มาใช้ควรนำน้ำทิ้งที่เกิดจากการคัดแยกขนาดกลับมาวนใช้อีกครั้ง เพื่อให้เป็นระบบปิด

ผลดี • มีส่วนสำคัญในการช่วยลดค่า บีโอดี ในน้ำเสีย (ประมาณ 3 ส่วนของปริมาณภาระบรรทุกอินทรีย์ทั้งหมดหมดที่เกิดจากกระบวนการผลิตเยื่อแบบคราฟท์)
• มีส่วนสำคัญในการช่วยลด TSS
• ลดปริมาณน้ำเสียที่ต้องบำบัด
• กระบวนการกึ่งเคมี

ควรใช้กระบวนการผลิตที่ไม่ใช่ซัลเฟอร์ของเหลวที่ใช้ในการต้มเยื่อนั้นควรใช้แต่โซเดียมคาร์บอเนต

ผลดี • ลดปริมาณของ TRS ลงได้มาก

ติดตั้งระบบการป้องกันไม่ให้สารเคมีหกล้นและนำสารเคมีที่หกล้นกลับมาใช้ใหม่

ผลดี • มีส่วนสำคัญในการช่วยลดปริมาณ บีโอดี, TSS
• กระบวนการเชิงกล
• ระบบการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่

ไอน้ำที่ได้กลับคืนจากการบดในขั้นแรก และขั้นที่สองนั้น โดยทั่วไปแล้วไอน้ำที่ได้ในขั้นแรกจะใช้สำหรับให้ความร้อนกับชิ้นไม้ และให้ความร้อนแก่น้ำร้อนที่จะเข้าสู่เครื่องจักรผลิตกระดาษ ส่วนไอน้ำที่ได้ในขั้นที่สองนั้นจะถูกส่งไปยังหน่วยนำความร้อนกลับคืน (Heat Recovery Unit)

ผลดี • ลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้มาก

ระบบการนำสวนที่หกล้นกลับมาใช้ใหม่ (Spill Recovery System)

ผลดี • ลดปริมาณ บีโอดี, TSS

3.2.9.3 **การล้างและการคัดแยกขนาด**

• ใช้ระบบปิดในการล้างและคัดแยกขนาด

โรงงานในทวีปยุโรปส่วนใหญ่ใช้ระบบล้างเยื่อเป็นระบบปิด และด้วยความทันสมัยของการจัดการวัตถุดิบ (Wood Handling) และการต้มเยื่อ ทำให้มีปริมาณตาไม้ (Knots) สวนที่ต้มไม่สุกน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ ในเยื่อภายหลังจากการต้มเยื่อ ระบบปิดจะช่วยลดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ในน้ำเสีย

ผลดี • ระบบปิดจะช่วยลดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ในน้ำเสีย

การใช้ Screw Press เพื่อกำจัด Black Liquor ที่มีความเข้มข้นสูงออกจากเยื่อ

ผลดี • เพื่อช่วยให้กระบวนการนำ Black Liquor กลับมาใช้ใหม่มีประสิทธิภาพดีขึ้น
• สามารถนำของเหลวดำ (Black Liquor) กลับมาใช้ได้อีก
• การนำ Hot Black Liquor กลับมาใช้จะช่วยลดปริมาณการใช้ไอน้ำ
• ลดเวลาในขั้นตอนการล้าง และประหยัดน้ำในขั้นตอนการล้าง
• ลดพลังงานที่ใช้ในกระบวนการบำบัดนำเสีย

ปรับปรุงการล้างเยื่อโดยใช้ Vacuum Filter Washers และ Washer Press

ผลดี • ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการนำของเหลวดำ (Black Liquor) กลับมาใช้
• ช่วยลดเวลาและประหยัดน้ำในขันตอนการล้าง
• ชวยเพิ่มความเข้มข้น (Consistency) ให้กับเยื่อ
• ลดปริมาณความสกปรกในน้ำเสีย และลดสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอก

3.2.9.4 **กระบวนการฟอกเยื่อ** (Bleaching)

• กระบวนการฟอกแบบไหลสวนทาง (Counter Current)

น้ำที่ปล่อยออกจากกระบวนการฟอกแต่ละขั้นตอนจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการล้าง กระบวนการล้างชนิดหลักได้แก่ กระบวนการล้างแบบ Counter Current

ผลดี • ลดปริมาณของเสียที่ปล่อยออก ลดภาระ บีโอดี ได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ : การล้างแบบ Counter Current จะทำให้เกิดน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูง

• การใช้น้ำขาว (White Water)

ในโรงงานที่ผลิตทั้งเยื่อและกระดาษ Integrated Mill จะนำน้ำ White Water จากโรงงานกระดาษไปใช้ในการเจือจางเยื่อที่จะเข้าและออกจากกระบวนการฟอก

ผลดี • ลดปริมาณของเสียที่ปล่อยออก

การใช้คลอรีนไดออกไซด์ (40-60เปอร์เซ็นต์) แทนคลอรีนในการฟอก

ผลดี • ลด บีโอดี COD, AOX, คลอโรฟนอล และสี ถ้าใช้แทนในปริมาณที่ตำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่าจะไม่ช่วยลดคลอโรฟนอล

การเติมออกซิเจน และ/หรือ เปอร์ออกไซด์ในขั้น Caustic Stages (EO, EOP)

ในกระบวนการผลิตเยื่อแบบคราฟท์ การใช้ออกซิเจนและเปอร์ออกไซด์ ในการสกัดขั้นแรกจะทำให้ใช้คลอรีนน้อยลงในการฟอกขั้นตอไป นอกจากนั้นเปอร์ออกไซด์จะช่วยลดสีด้วย

ผลดี • ช่วยลด AOX ได้เล็กน้อย ลดปริมาณสี

การฟอกโดยใช้โอโซน

โอโซนเป็นสารที่มีสมรรถภาพสูงมาก และเป็นสาร Non-Selective Oxidizing ซึ่งทำให้ควบคุมกระบวนการได้ยาก ได้มีการศึกษาการใช้โอโซนในการฟอกเป็นเวลาหลายปี แต่การพัฒนาเป็นไปอย่างช้า การใช้โอโซนจะเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้คลอรีน

ผลดี • สามารถนำน้ำทิ้งจากขั้นตอนการฟอกกลับไปใช้ใหม่ ในระบบ Recovery ซึ่งเป็นผลให้ลดมลพิษจากการฟอก

สำหรับข้อสรุปของมาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษในกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษในแต่ละขั้นตอนการผลิต แสดงดังตารางที่ 3-13

ขั้นตอนการผลิต	มาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษ
การเตรียมวัตถุดิบที่เป็นไม้	• การเก็บวัตถุดิบไว้ในที่แห้ง ควรเก็บวัตถุดิบไว้ในบริเวณที่แห้งหรือเก็บในที่ร่มและแบ่งส่วนเพื่อสะดวกในการนำเข้าสู่การผลิตตามลำดับเวลาที่วัตถุดิบมาถึงโรงงาน ผลดี - ลดปริมาณน้ำใช้ - ลดปริมาณมลพิษ - ลดการปนเปื้อนที่มาจากทรายและหิน • การขัดแยกขนาดของชิ้นไม้ คัดแยกขนาดของชิ้นไม้ที่ไม่ได้ขนาดโดยใช้ ผลดี - ลดปริมาณสารเคมีและไอน้ำที่ใช้ในการต้มเยื่อ • เปลี่ยนวิธีการปอกเปลือกไม้เป็นแบบแห้ง กรณีที่ใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบใช้วิธีการปอกเปลือกแบบแห้ง เช่น ใช้ Dry Debarking Drums ผลดี - ลดปริมาณน้ำใช้ - ลดปริมาณมลพิษ
การเตรียมวัตถุดิบที่ไม่ใช่ไม้	• จัดให้มีระบบควบคุมและกำจัดฝุ่นที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ รวบรวมฝุ่นที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการกำจัดฝุ่นในวัตถุดิบด้วยวิธีแห้ง เช่น Bag Filters • การกำจัดฝุ่นจากฟางข้าวด้วยวิธีแห้ง ใช้วิธีแห้งในการกำจัดฝุ่น หรือสิ่งสกปรกที่ติดมากับฟางข้าวเช่น Vibratory/ Rotary Screen ผลดี - ลดปริมาณไอน้ำและสารเคมีที่ใช้ในการต้มเยื่อ - ลดปริมาณของเสียจากการคัดแยกขนาด - เพิ่มความสามารถในการผลิตเยื่อ - ขยะและฝุ่นสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิง - ช่วยลดปริมาณซิลิกาในเยื่อลง ทำให้การนำเอา ของเหลวกลับมาใช้ใหม่ได้ดีขึ้น - ลดการสึกหรอของปั้ม และอุปกรณ์ทำความสะอาดเส้นใย • การเก็บรักษาชานอ้อยโดยวิธีเปียก วิธีนี้จะใช้สเปรย์บนชานอ้อยอย่างต่อเนื่อง และน้ำเสียจากขั้นตอนนี้ต้องรวบรวมนำไปบำบัดน้ำเสีย ส่วนน้ำใช้ควรใช้น้ำทิ้งจากขั้นตอนการล้างเยื่อที่ผ่านการกรองแยกสิ่งสกปรกแล้ว

ขั้นตอนการผลิต	มาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษ
การต้มเยื่อกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ	• การกำจัดขุยอ้อย การกำจัดขุยอ้อยออกจากชานอ้อยสามารถได้ 2 วิธี คือ โดยวิธีเปียก (Wet Depiting) และวิธีแห้ง (Dry Depiting) ผลดี - ช่วยลดปริมาณการใช้ไอน้ำได้ 10-15 เปอร์เซ็นต์ - ช่วยเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการผลิตเยื่อ - ช่วยใช้เครื่องจักรผลิตกระดาษทำงานได้ดีขึ้น หมายเหตุ การกำจัดขุยอ้อยด้วยวิธีแห้งจะมี ประสิทธิภาพน้อยกว่าการกำจัดขุยอ้อยด้วยวิธีเปียก รวมทั้งยังยากต่อการกักเก็บ - การกำจัดขุยอ้อยด้วยวิธีเปียกจะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า สูญเสียผลผลิตมากกว่า น้ำทิ้งต้องนำเข้าบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสีย แต่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดขุยอ้อยดีกว่าและง่ายต่อการกักเก็บ • สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการต้มเยื่อ สำหรับกระบวนการต้มเยื่อแบบคราฟท์ควรควบคุมให้ปริมาณซัลไฟด์ ปริมาณด่างระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ต้มให้เหมาะสม เพื่อให้มีปริมาณลิกนินในเยื่อที่ผ่านการต้มเหลือน้อยลง ผลดี - เพื่อให้เยื่อมีคุณภาพดีขึ้น และเพิ่มผลผลิต (Yield) - ลดของเสียจากการต้มไม่สุก และลดของเสียจากการคัดแยกขนาด - ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ - ลดค่า บีโอดี TSS และ AOX จากน้ำเสียที่เกิดจากขั้นตอนการฟอก • ใช้สารแอนทราควิโนน เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยาการกำจัดลิกนินในการต้มเยื่อจากวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร ผลดี - เพื่อให้ได้ผลผลิต (Yield) สูงขึ้น และทำให้เยื่อมีคุณภาพสูงขึ้น - ช่วยทำการให้การสกัดลิกนินมีประสิทธิภาพดีขึ้น - ลดการประกอบซัลไฟด์ของในเหลวจากการต้มเยื่อ - ลดปริมาณของเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการฟอก
กระบวนการผลิตเยื่อทางเคมี	• Extended Cooking ในกรณีที่เป็นการต้มแบบทีละถังนั้นภายหลังจากการต้มครั้งแรกของเหลวจากการต้มจะถูกแทนที่ด้วยของเหลวจากการล้าง และในกรณีที่เป็นการต้มเยื่อแบบต่อเนื่องนั้น สามารถที่จะใช้การล้างแบบ Counter Current มาใช้และส่วนของการต้มเยื่อโดยการเติมของเหลวที่สะอาด (Fresh Liquor) ลงไปจะสามารถลดตัวเลข Kappa ในไม้เนื้ออ่อนได้ 8-10 และ 4-5 ในไม้เนื้อแข็ง ดังนั้นจะลดปริมาณคลอรีนที่ใช้ได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ผลดี - วิธีนี้จะลดปริมาณของเสียที่ปล่อยออกจากกระบวนการฟอก เช่น บีโอดี5, AOX และ TSS

ขั้นตอนการผลิต	มาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษ
	• การนำคอนเดนเสทที่ปล่อยออกจากถังต้มเยื่อ (Digester Relief) และ Blow Condensate ไปใช้ใหม่น้ำคอนเดนเสทโดยทั่วไปจะถูกปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์ เช่น เมธานอล TRS และสารระเหยอื่นๆ ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ได้โดยไม่ต้องผ่านการบำบัด ตัวอย่างเช่นนำมาใช้ที่ถังละลาย Salt Cake อย่างไรก็ตาม หากแยกเอาสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในคอนเดนเสทออกแล้ว จะสามารถนำน้ำคอนเดนเสทนั้นกลับมาใช้ในกระบวนการล้างเยื่อที่ผ่านการต้มแล้วได้อีก ส่วนสารอินทรีย์ที่ถูกแยกออกมาจากคอนเดนเสทจะต้องนำไปกำจัดโดยการเผาใน Lime Kiln ผลดี - ลดปริมาณน้ำเสียที่ต้องกำจัด ค่าบีโอดี ในน้ำเสียจะลดลง 0.9-3.0 กิโลกรัม (ในกรณีที่แยกสารอินทรีย์ออกจากคอนเดนเสท) (EPA, 1982) • การแยกสารอินทรีย์ออกจากคอนเดนเสท (Stripping) และการนำคอนเดนเสทออกจากหน่วยทำระเหย (Evaporators) ไปใช้ใหม่ ผลดี - ลดบีโอดี ได้ถึง 7.5 กก./ตัน : ลดปริมาณการระบายออก (Flow) • การจัดให้มีระบบป้องกันสารเคมีหกล้น (Spill Recovery/Prevention) มาใช้การรั่ว การหกล้น และการล้าง ซึ่งมีเหตุผลมาจากอุปกรณ์ขัดข้อง การซ่อมบำรุง การหยุดเดินเครื่องจักร และการเริ่มต้นเดินเครื่องจักร เป็นแหล่งกำเนิดหลักของน้ำเสียที่มีค่า บีโอดี5 และ TSS สูง (30-50 เปอร์เซ็นต์ในกระบวนการต้มเยื่อแบบคราฟท์) ระบบ Spill Recovery หรือระบบเก็บรวบรวมส่วนที่หกล้นประกอบด้วย อุปกรณ์สำหรับเก็บรวบรวมในหลายๆ พื้นที่ของโรงงาน เช่น พื้นที่ในส่วนหม้อไอน้ำนำสารกลับคืน (Recovery Boiler), ถังต้มเยื่อ, ส่วนเก็บรวบรวมของเหลว (Liquor), เครื่องทำระเหย และหน่วยทำด่าง และในกรณีที่มีการหกล้นจากพื้นที่เหล่านี้ควรจะรวบรวมส่วนที่หกล้นส่งเข้าสู่บ่อเก็บรวบรวม (Spill Lagoons) อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ควบคุมที่ทันสมัยจะช่วยป้องกันการเกิดการรั่วได้ ผลดี - ช่วยลดปริมาณ บีโอดี และ TSS ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียได้มาก (30-35เปอร์เซ็นต์ ในกระบวนการต้มเยื่อแบบคราฟท์) (Springer, 1986) • การนำระบบการขัดแยกขนาดแบบปิด (Closed Screening) มาใช้ควรนำน้ำทิ้งที่เกิดจากการคัดแยกขนาดกลับมาวนใช้อีกครั้ง เพื่อให้เป็นระบบปิด ผลดี - มีส่วนสำคัญในการช่วยลดปริมาณ บีโอดี ในน้ำเสีย (ประมาณ 3 ส่วนของปริมาณภาระบรรทุกอินทรีย์ทั้งหมดที่เกิดจากกระบวนการผลิตเยื่อแบบคราฟท์) - มีส่วนสำคัญในการช่วยลด TSS - ลดปริมาณน้ำเสียที่ต้องบำบัด

ขั้นตอนการผลิต	มาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษ
กระบวนการกึ่งเคมี	• ควรใช้กระบวนการผลิตที่ไม่ใช่ซัลเฟอร์ ของเหลวที่ใช้ในการต้มเยื่อนั้นควรใช้แต่ โซเดียมคาร์บอเนต ผลดี - ลดปริมาณของ TRS ลงได้มาก • ติดตั้งระบบการป้องกันไม่ให้สารเคมีหกล้นและนำสารเคมีที่หกล้นกลับมาใช้ใหม่ ผลดี - มีส่วนสำคัญในการช่วยลดปริมาณ บีโอดี, TSS • ระบบการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ ไอน้ำที่ได้กลับคืนจากการบดในชั้นแรก และชั้นที่สองนั้น โดยทั่วไปแล้วไอน้ำที่ได้ในขั้นแรกจะใช้สำหรับให้ความร้อนกับชิ้นไม้ และให้ความร้อนแก่น้ำร้อนที่จะเข้าสู่เครื่องจักรผลิตกระดาษ ส่วนไอน้ำที่ได้ในขั้นที่สองนั้นจะถูกส่งไปยังหน่วยนำความร้อนกลับคืน (Heat Recovery Unit) ผลดี - ลดปริมาณการใช้พลังงานลงได้มาก • ระบบการนำส่วนที่หกล้นกลับมาใช้ใหม่ (Spill Recovery System) ผลดี - ลดปริมาณ บีโอดี TSS • ใช้ระบบปิดในการล้างและคัดแยกขนาด โรงงานในทวีปยุโรปส่วนใหญ่ใช้ระบบล้างเยื่อเป็นระบบปิด และด้วยความทันสมัยของการจัดการวัตถุดิบ (Wood Handing) และการต้มเยื่อทำให้มีปริมาณตาไม้ (Knots) ส่วนที่ต้มไม่สุกน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ในเยื่อภายหลังจากการต้ม ระบบปิดจะช่วยลดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ในน้ำเสีย ผลดี - ระบบปิดจะช่วยลดปริมาณสารประกอบอินทรีย์ในน้ำเสีย
กระบวนการเชิงกล	• การใช้ Screw Press เพื่อกำจัด Black Liquor ที่มีความเข้มข้นสูงออกจากเยื่อ ผลดี - เพื่อช่วยให้กระบวนการนำ Black Liquor กลับมาใช้ใหม่มีประสิทธิภาพดีขึ้น - สามารถนำของเหลวดำ (Black Liquor) กลับมาใช้ได้อีก - ลดเวลาในขั้นตอนการล้าง และประหยัดน้ำในขั้นตอนการล้าง • ปรับปรุงการล้างเยื่อโดยใช้ Vacuum Filter Washers และ Washer Press ผลดี - ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการนำของเหลวดำ (Black Liquor) กลับมาใช้ - ช่วยลดเวลาและประหยัดน้ำในขั้นตอนการล้าง - ช่วยเพิ่มความเข้มข้น (Consistency) ให้กับเยื่อ - ลดปริมาณความสกปรกในน้ำเสีย และลดสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอก

ขั้นตอนการผลิต	มาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษ
	- ลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการฟอกครั้งสุดท้าย - ลดปริมาณมลพิษจากกระบวนการฟอก (COD และสารประกอบ Chlorinated Organicnจากกระบวนการฟอกครั้งสุดท้าย ในกรณีที่เป็นการฟอกแบบ ECF)
การล้างและการคัดแยกขนาด	• กระบวนการฟอกแบบไหลสวนทาง (Counter Current) น้ำที่ปล่อยออกจากกระบวนการฟอกแต่ละขั้นตอน จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการล้าง กระบวนการล้างชนิดหลักได้แก่ กระบวนการล้างแบบ Counter Current ผลดี - ลดปริมาณของเสียที่ปล่อยออก ลดการ บีโอดี ได้ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ - การล้างแบบ Counter Current จะทำให้เกิดน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นสูง
การสกัดลิกนินด้วยออกซิเจน	• การใช้น้ำขาว (White Water) ในโรงงานที่ผลิตทั้งเยื่อและกระดาษ Integrated Mill จะนำน้ำ White Water จากโรงงานกระดาษไปใช้ในเจือจาง เยื่อที่จะเข้าและออกจากระบวนการฟอก ผลดี - ลดปริมาณของเสียที่ปล่อยมา
กระบวนการฟอกเยื่อ	• การใช้คลอรีนไดออกไซด์ (40-60 เปอร์เซ็นต์) แทนคลอรีนในการฟอก ผลดี - ลด บีโอดี COD, AOX, คลอโรฟีนอลและสี ถ้าใช้แทนในปริมาณที่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไม่ช่วยลดคลอโรฟีนอล • การเติมออกซิเจน และ/หรือ เปอร์ออกไซด์ในนั้น Caustic Stages (EO, EOP) ในกระบวนการผลิตเยื่อแยยคราฟท์ การใช้ออกซิเจนและเปอร์ออกไซด์ในการสกัดขั้นแรกจะทำให้คลอรีนน้อยลงในการฟอกขั้นต่อไป นอกจากนั้นเปอร์ออกไซด์จะช่วยลดสีด้วย ผลดี - ช่วยลด AOX ได้เล็กน้อย ลดปริมาณสี
หน่วยการนำสารเคมีกลับคืน	• การฟอกโดยใช้โอโซน โอโซนเป็นสารที่มีสมรรถภาพสูงมาก และเป็นสาร Non-Selective Oxidizing ซึ่งทำให้ควบคุมกระบวนการได้ยาก ได้มีการศึกษาการใช้โอโซนในการฟอกเป็นเวลาหลายปี แต่การพัฒนาเป็นไปอย่างช้า การใช้โอโซนจะเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้คลอรีน ผลดี - สามารถนำน้ำทิ้งจากขั้นตอนการฟอกกลับใช้ใหม่ในระบบ Recovery ซึ่งเป็นผลให้ลดมลภาวะจากการฟอก

ขั้นตอนการผลิต	มาตรการป้องกันและควบคุมมลพิษ
	• ควบคุมสภาวะการทำงานของ Recovery Furnance ให้เหมาะสมได้แก่ - การทำงานของเตาเผาต้องไม้เกินค่าที่กำหนด (ระดับวิกฤต) - อากาศที่เข้าใหม่ต้องไม่เกิน 65 เปอร์เซ็นต์ ของอากาศทั้งหมดที่เข้าเตาเผา (คือ อย่างน้อย 35 เปอร์เซ็นต์ ของ Secondary และ Tertiary Air) - ควบคุมปริมาณออกซิเจนให้อยู่ในช่วง 2.0-2.5 เปอร์เซ็นต์ การปล่อย TRS ต่ำกว่า 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถ้ามีมากกว่า 2.5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดปัญหาการเกิด SO3 และเกิดฝุ่นเหนียว (Sticky Particulates) - ต้องมีปริมาณของแข็งใน Liquor สำหรับการจุดไฟอย่างน้อย 62 เปอร์เซ็นต์ - หัวสเปรย์สำหรับฉีกของเหลวดำ (Black Liquor) ต้องมีการกระจายที่ดี - ในส่วนของ Secondary Air ถ้ามีความปั่นป่วนสูงจะมีประโยชน์มาก โดยทั่วไปการเกิด H_2S ใน Fuel Gas มีสาเหตุมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในส่วนบนของเตา นอกจากนี้ที่ด้านบนของเตาเผายังต้องการออกซิเจนที่เพียงพอ สำหรับการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและต้องการสัดส่วนของการผสมที่เหมาะสม • เปลี่ยนกระบวนการในถังต้มเยื่อแบบทีละถัง (Batch Digester) ให้เป็น Cold Blow Process จะช่วยลดการแพร่กระจายของ TRS และประหยัดพลังงาน วิธีนี้ประกอบด้วยการแทนที่ของเหลวดำ (Black Liquor) ที่ส่วนท้ายของถังต้มเยื่อแบบทีละถังด้วย Cooler Liquor ที่มาจากถังกรองจากนั้นทำการเป่าถังต้มเยื่อด้วยอากาศ (Compessed Air) • นำคอนเดนเสท (จากถังต้มเยื่อ และ Multi-Effect-Evaporators) ที่ถูกปนเปื้อนมาทำการ Stripping และนำกลับมาใช้ใหม่ พบว่าจะช่วยลดการปลดปล่อยของ TRS (และ บีโอดี) • ใช้แอนทราวิโนนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสกัดลิกนิน (Delignification) ในกระบวนการต้มเยื่อ ซึ่งจะช่วยลดการปล่อย TRS

ตารางที่ 3-12 สรุปมาตรการและควบคุมมลพิษจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ

บทที่ 4 กรณีศึกษา

4.1 กรณีศึกษา : สำหรับอุตสาหกรรมฟอกย้อม

สถานประกอบการ A มาตรการปรับปรุงการใช้น้ำ
มาตรการที่ 1 ติดตั้งระบบผลิตน้ำ รีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ)

น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตของโรงงานจะถูกรวบรวมและส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอน ซึ่งระบบดังกล่าวเป็นการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนโดยอาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ ในการย่อยสลาย ดูดซับหรือเปลี่ยนภาพของมลสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย ให้มีค่าน้อยลงน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณลักษณะที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานถูกปล่อยทิ้งลงคลองสาธารณะได้โดยไม่กระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สภาพก่อนปรับปรุง

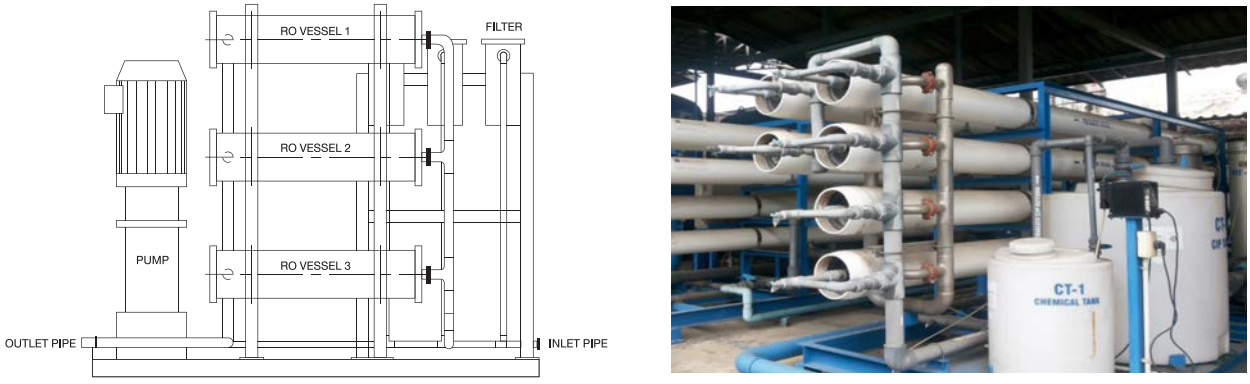
น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้ว มีคุณลักษณะที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา โดยการใช้ระบบ รีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ) ซึ่งเป็นระบบการกรองโดยใช้เยื่อกรองเมนเบรน ที่มีความละเอียด ถึง 0.0001 ไมครอนในการกรองซึ่งทำให้สารละลาย สิ่งปนเปื้อน รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อกรอง เมนเบรน ไม่สามารถแทรกตัวเล็ดลอดผ่านไปได้ มีเพียงโมเลกุลของน้ำบริสุทธิ์เท่านั้นที่สามารถไหลผ่าน โดยสารละลายจะถูกแยกออกจากน้ำดี และกำจัดออกจากระบบเพื่อป้องกันการตกค้างและสะสมภายในเยื่อเมมเบรน ดังนั้นน้ำที่ได้จะมีคุณสมบัติเทียบเท่าน้ำประปา สามารถนำไปใช้ได้



ภาพที่ 4-1 ระบบผลิตน้ำ

สภาพหลังปรับปรุง

น้ำเสียเมื่อผ่านการบำบัดแล้วจะมีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำประปา ซึ่งจะสามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำบาดาลหรือน้ำประปาที่โรงงานใช้อยู่เดิม ซึ่งการนำน้ำ อาร์โอ กลับไปใช้ใหม่นี้สามารถช่วยลดการใช้น้ำบาดาลและน้ำประปาภายในโรงงานได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณน้ำเสียที่จะปล่อยออกนอกโรงงานได้ด้วย



ภาพที่ 4-2 ระบบผลิตน้ำ อาร์โอ

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ติดตั้งระบบผลิตน้ำ อาร์โอ ขนาด	= 5	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
อัตราการผลิตน้ำ อาร์โอ	= 5	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
(ของแข็งละลายน้ำ ขาเข้าไม่เกิน 4,000 ppm)		
ระยะเวลาการทำงาน	= 20	ชั่วโมงต่อวัน
ปริมาณน้ำที่ผลิตได้	= 100	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถผลิตน้ำทดแทนการใชน้ำได้	= 100	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 100 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 30,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำได้	= 30,000 ต่อ 358,480 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 8.37	เปอร์เซ็นต์
เป็นเงินที่ประหยัดได้	= 30,000 x 14.26	บาทต่อปี
	= 427,800	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้งระบบ อาร์โอ ขนาด 100 ลบ.ต่อวัน	= 1,000,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	= 1,000,000 ต่อ 427,800	ปี
	= 2.34	ปี

มาตรการที่ 2 ลดปริมาณน้ำรดต้นไม้โดยใช้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย

โรงงานมีการใชน้ำประปาและน้ำบาดาลในการรดน้ำต้นไม้ ประมาณวันละ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งน้ำทิ้งนี้เมื่อนำมาปรับคุณภาพจะสามารถ นำมาใช้ทดแทนน้ำประปาหรือน้ำบาดาลในการรดน้ำต้นไม้ได้

สภาพก่อนปรับปรุง

เนื่องจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียของโรงงานมีคุณภาพน้ำที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงาน และมีคุณภาพน้ำที่ดีมาก หากนำน้ำเสียแล้วบางส่วน มาผ่านระบบกรองโดยเป็นการกรองแบบ Mechanical Filter ที่มีคามละเอียดประมาณ 25-50 ไมครอน แล้วนำกลับไปรดน้ำต้นไม้และล้างพื้นทั่วไป แทนการใช้น้ำที่ได้มาจากระบบผลิตน้ำประปาหรือน้ำบาดาล



ภาพที่ 4-3 ลักษณะน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้ว

สภาพหลังปรับปรุง

ติดตั้งเครื่องสูบน้ำอัตโนมัติ (Booster Pump) เพื่อควบคุมการใช้น้ำ โดยเมื่อมีการเปิดก๊อกสำหรับใช้น้ำส่วนนี้ เครื่องสูบน้ำอัตโนมัติจะทำการสูบน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วส่งเข้าเครื่องกรองแบบ Mechanical Filter ซึ่งมีความละเอียดในการกรองประมาณ 25-50 ไมครอน เพื่อทำหน้าที่กรองตะกอนที่หลงเหลือจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้วออกก่อน เพื่อให้ได้น้ำที่จะนำกลับไปใช้มีความขุ่นและของแข็งแขวนลอย ไม่เกินค่ามาตรฐาน และเมื่อมีการปิดก๊อกเครื่องสูบน้ำจะหยุดการทำงานซึ่งมาตรการน้ำนำน้ำส่วนนี้ไปใช้ใหม่จะสามารถทดแทนการใช้น้ำบาดาลได้ไม่น้อยกว่า 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-4 ตัวอย่าง Booster Pump

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณน้ำที่ใช้ล้างพื้น และรดน้ำต้นไม้	= 30	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถลดการใช้น้ำ	= 30	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 30 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 9,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำได้	= 9,000 ต่อ 358,480 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 2.51	เปอร์เซ็นต์
เป็นเงินที่ประหยัดได้	= 9,000 x 14.26	บาทต่อปี
	= 128,340	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้ง Booster Pump ขนาด 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	= 185,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	= 185,000 ต่อ 128,340	ปี
	= 1.44	ปี

มาตรการที่ 3 ลดการสูญเสียน้ำจากการระบายน้ำ (Blow Down) ของหม้อน้ำ

สิ่งสกปรกที่ปนอยู่ในน้ำป้อน และสารเคมีต่างๆที่ใส่เข้าไปในหม้อน้ำจะสะสมอยู่ในหม้อน้ำ และทวีความเข้มข้นขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป ทำให้เกิดผลเสียหายต่างๆ ดังนั้นจึงต้องปล่อยน้ำในหม้อน้ำและสารที่ตกตะกอนทิ้งออกไป โดยการปล่อยน้ำในหม้อน้ำบางส่วน จากบริเวณผิวน้ำออกไป หรือโดยการปล่อยน้ำในหม้อน้ำและตะกอนออกทางท่อปล่อยทิ้ง ด้านล่างของหม้อน้ำตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยทิ้งเพื่อควบคุมความเข้มข้นของน้ำในหม้อน้ำสามารถคำนวณหาปริมาณได้

สภาพก่อนปรับปรุง

หม้อน้ำ Cleaver Brooks ขนาด 10 ตันต่อชั่วโมง ใช้น้ำมันเตา “A” เป็นเชื้อเพลิง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 6.8 บาร์เกจ ทำงาน 16 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี ปัจจุบันโบว์ดาวน์ 4 ครั้งต่อวัน จากการตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) ของน้ำป้อนได้ 237 ppm น้ำโบว์ดาวน์ได้ 1630 ppm



ภาพที่ 4-5 การระบายน้ำ (โบว์ดาวน์) ของหม้อน้ำ

สภาพหลังปรับปรุง

การควบคุมค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำป้อนและน้ำโบว์ดาวน์เป็นสิ่งจำเป็น ปกติหม้อน้ำขนาดไม่เกิน 10 ตันต่อชั่วโมง แบบไออิ่มตัวนี้ ค่าของแข็งละลายน้ำ ของน้ำโบว์ดาวน์ไม่ควรเกิน 3500 ppm ซึ่งทางโรงงานสามารถที่จะลดจำนวนครั้งของการโบว์ดาวน์ลงได้อีก เพื่อให้ค่าของแข็งละลายน้ำ ของน้ำในหม้อน้ำสูงขึ้นได้อีก เป็นการช่วยลดการปล่อยความร้อนและน้ำทิ้งเกินความจำเป็น หลังจากที่ได้แนะนำแล้ว ทางโรงงานสามารถ ดำเนินการได้ทันที



ภาพที่ 4-6 การตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

หม้อน้ำผลิตไอน้ำเฉลี่ย (S)	= 2,070	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
น้ำป้อนมีค่า ของแข็งละลายน้ำ (F)	= 237	ppm
น้ำโบว์ดาวน์มีค่า ของแข็งละลายน้ำ (B)	= 1,630	ppm
อัตราโบว์ดาวน์	= (F × S) ต่อ (B - F)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= (237 ×2,070)ต่อ(1,630-237)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 352.2	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
หลังปรับปรุงและควบคุมการโบว์ดาวน์ให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ อยู่ในช่วง 3000 ppm		
การโบว์ดาวน์จะเป็น	= (237 x 2,070) ต่อ (3,000-237)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 177.5	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ประหยัดการโบว์ดาวน์ลงได้	= 352.2 - 177.5	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 174.7	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจากการลดการโบว์ดาวน์ที่เกินความจำเป็น		
ความดันของน้ำอิ่มตัว	= 6.8	บาร์เกจ
ความร้อนแฝง	= 716.8	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
น้ำที่ลดได้จากการโบว์ดาวน์มากไป	= 174.7	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ความร้อนที่เกิดขึ้น	= 174.7 x 716.8	กิโลจูลต่อชั่วโมง
	= 125,224.96	กิโลจูลต่อชั่วโมง
ค่าความร้อนน้ำมันเตา “A”	= 39,000	กิโลจูลต่อลิตร
ราคาน้ำมันเตา	= 13.00	บาทต่อลิตร
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ	= 82	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ลดลงได้	= 125,224.96 ต่อ (39,000 ×0.82)	ลิตรต่อชั่วโมง
	= 3.92	ลิตรต่อชั่วโมง
	= 3.92 x 24 × 300	ลิตรต่อปี
	= 28,224.00	ลิตรต่อปี
เป็นเงินที่ประหยัดได้	= 28,224.00 x 13	บาทต่อปี
	= 366,912	บาทต่อปี
ประหยัดน้ำได้	= 177.5 × 24 × 300 ต่อ 1,000	$ม^3$ต่อปี
	= 1,278	$ม^3$ต่อปี
	= 1,278 ต่อ 358,480 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.36	เปอร์เซ็นต์
เป็นเงินที่ประหยัดได้	= 1,278 x 14.26	บาทต่อปี
	= 18,224.28	บาทต่อปี
รวมเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 366,912 + 18,224.28	บาทต่อปี
	= 385,136.28	บาทต่อปี
การลงทุน	ไม่มีค่าใช้จ่าย	
คืนทุน	ทันที	

มาตรการที่ 4 ลดการสูญเสียน้ำจากลดการรั่วไหลของไอน้ำ

หม้อน้ำ Cleaver Brooks ขนาด 10 ตันต่อชั่วโมง ใช้น้ำมันเตา “A” เป็นเชื้อเพลิง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 6.8 บาร์เกจ ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี มีการใช้น้ำมันเตาปีละ 820,000 ลิตร คิดเป็นเงิน 10,660,000 บาทต่อปี ส่งไอน้ำไปใช้งานกับอุปกรณ์เครื่องย้อม เครื่องล้าง และเครื่องอบแห้ง

สภาพก่อนปรับปรุง

จากการร่วมกันสำรวจระหว่างทีมงานของโรงงานและคณะทำงานของที่ปรึกษาฯ พบว่ามีไอน้ำรั่ว 2 จุด บริเวณข้อต่อและหน้าแปลนวาล์วของท่อส่งไอน้ำของอุปกรณ์เป็นปริมาณมาก ซึ่งไอน้ำรั่วนี้ทำให้สูญเสียพลังงานและอาจก่อให้เกิดอุปสรรคในการปฏิบัติงาน ซึ่งควรจะได้มีการวางแผนและเร่งรีบแก้ไข โดยด่วนต่อไป

ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. เข้าสำรวจจุดรั่วเบื้องต้น
2. ตรวจวัดหรือมีการประเมินการรั่วตามหลักวิชาการ
3. จัดเตรียมอุปกรณ์ ชุดซ่อม อุปกรณ์ที่จะต้องใช้
4. ดำเนินการแก้ไข ซ่อมแซม และทดสอบการใช้งาน
5. ติดตามประเมินผล



ภาพที่ 4-7 การรั่วไหลของไอน้ำ

สภาพหลังปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงจุดรั่วไหลของไอน้ำแล้วซึ่งสามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้



ภาพที่ 4-8 หลังการปรับปรุงการรั่วไหลของน้ำ

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

พบรูรั่วบริเวณข้อต่อขนาด 3 มิลลิเมตร 1 จุด และบริเวณหน้าแปลนขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 1 จุด

ความดันไอน้ำ 6.8 บาร์เกจ ค่า hg	= 2768.1	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
น้ำป้อน 30 องศาเซลเซียส ค่า hf	= 125.58	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ประสิทธิภาพหม้อน้ำเฉลี่ย	= 82	เปอร์เซ็นต์
เวลาที่ปล่อยให้ไอน้ำรั่ว	= 24 x 300	ชั่วโมงต่อปี
	= 7,200	ชั่วโมงต่อปี
ราคาเชื้อเพลิง	= 13.00	บาท
คิดอัตราการสูญเสียไอน้ำ (สูตร)	= $0.4\ d^2\ (P + 1.013)$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
โดย d	= 3	มิลลิเมตร
P	= 6.8	บาร์เกจ
อัตราการสูญเสียไอน้ำ (รู 3 มิลลิเมตร)	= 0.4 x (3x3) x (6.8+1.013)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 28.10	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
อัตราการสูญเสียไอน้ำ (รู 2 มิลลิเมตร)	= 0.4 x (2x2) x (6.8+1.013)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 12.50	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
รวมไอน้ำรั่วไหล	= 28.10 + 12.50	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 40.6	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 40.6 x 7,200	กิโลกรัมต่อปี
	= 292,320	กิโลกรัมต่อปี
คิดเป็นเชื้อเพลิง	= 292,320 ต่อ 12.1	ลิตรต่อปี
(1 ลิตรผลิตไอน้ำได้ 12.1 กิโลกรัม)	= 24,158.68	ลิตรต่อปี
เป็นเงิน (13บาทต่อลิตร)	= 314,062.84	บาทต่อปี
ลดการใช้น้ำในการผลิตไอน้ำได้	= 24.16	$ม^3$ ต่อปี
	= 24.16 ต่อ 358,480 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.01	เปอร์เซ็นต์
เป็นเงิน	= 24.16 x 14.26	บาทต่อปี
	= 344.52	บาทต่อปี
รวมคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 314,062.84 + 344.52	บาทต่อปี
	= 314,407.36	บาทต่อปี
เงินลงทุน	= 3,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 0.01	ปี
คืนทุน	ทันที	

ข้อเสนอแนะ

การสูญเสียพลังงานในระบบจ่ายไอน้ำที่เห็นได้ชัดเจนและร้ายแรงที่สุดคือการรั่วของไอน้ำ เมื่อพบว่ามีการรั่วของไอน้ำควรซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน อย่าปล่อยทิ้งไว้เนื่องจากการสูญเสียพลังงานแล้วอาจเป็นอันตรายต่อผู้กำลังปฏิบัติงานได้ด้วย

มาตรการที่ 5 การนำน้ำคอนเดนเสทมาผสมน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

โรงงานใช้ไอน้ำในการให้ความร้อนในกระบวนการต่างๆ ของการย้อมผ้า ย้อมด้าย การซักล้าง การอบแห้ง ในการใช้งานต่างๆ ของกระบวนการใช้ไอน้ำนี้จะขึ้นอยู่กับคำสั่งการผลิตแต่โดยปกติจะมีการทำงานเฉลี่ย 24 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี โดยมีหม้อน้ำใช้น้ำมันเตา A เป็นเชื้อเพลิง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 6.8 บาร์เกจ ส่งใช้งาน

สภาพก่อนปรับปรุง

ไอน้ำเมื่อให้ความร้อน (Indirect) แล้วจะกลายเป็นน้ำคอนเดนเสท ในอดีตมีการนำคอนเดนเสทกลับไปผสมน้ำป้อนหม้อน้ำแต่ปัจจุบันระบบท่อและปั๊มน้ำคอนเดนเสทชำรุด จึงถูกปล่อยทิ้งไปจากการตรวจวัดและประเมินความสามารถในการพิจารณานำคอนเดนเสทจำนวนหนึ่งประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของไอน้ำที่ผลิตในปัจจุบัน โดยมีแนวทางและขั้นตอนการดำเนินการ

1. สำรวจปริมาณและอุปกรณ์ของน้ำคอนเดนเสท
2. วิเคราะห์ศักยภาพผลประหยัดพลังงานและน้ำ
3. ศึกษาความเป็นไปได้ของการดำเนินการ
4. ดำเนินการ
5. ติดตามและประเมินผล



ภาพที่ 4-9 ถังคอนเดนเสท

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการรวบรวมน้ำคอนเดสเสทลงในถังรวบรวมก่อน จากนั้นติดตั้งท่อน้ำร้อนพร้อมปั๊มน้ำ เพื่อสูบน้ำคอนเดนเสทนี้ส่งไปยังถังน้ำป้อนหม้อน้ำซึ่งจะทำให้น้ำป้อนหม้อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ และยังเป็นการช่วยลดออกซิเจนในน้ำ ซึ่งออกซิเจนที่ปนอยู่ในน้ำ จะเป็นตัวเร่งให้เกิดการกัดกร่อน (Corrosion) ในตัวหม้อน้ำ

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณคอนเดนเสทที่นำกลับใช้	= 50	เปอร์เซ็นต์ของการผลิต
	= 2,070 x 0.5	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 1,035	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำคอนเดนเสทที่รวมในถัง	= 90	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำ Soft ที่นำมาผสม	= 30	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำป้อนหลังผสมกันแล้ว	$= \frac{((\text{น้ำป้อน} \times \text{อุณหภูมิ}) + (\text{น้ำคอนเดนเสท} \times \text{อุณหภูมิ}))}{(\text{น้ำป้อน} + \text{น้ำคอนเดนเสท})}$	
	= ((1,035×30)+(1,035×90)) ต่อ (1,035+1,035)	
อุณหภูมิน้ำป้อน	= 60	องศาเซลเซียส
ผลประหยัด		
ความดันไอน้ำที่ผลิต 6.8 บาร์เกจ ค่า (hg)	= 2,768.1	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
น้ำป้อนเดิม (hf) (30 องศาเซลเซียส x 4.186)	= 125.58	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
Hfg เดิม (2768.1-125.58)	= 2,642.52	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
น้ำป้อนใหม่ (hf) (60 องศาเซลเซียส x 4.186)	= 251.16	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
Hfg ใหม่ (2768.1-251.16)	= 2,516.94	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ลดการใช้พลังงานลงได้	= (2,642.52-2,516.94) x100 ต่อ 2,516.94	
	= 5	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= 141 ลิตรต่อชั่วโมง x 24 x 300 x 0.05 ลิตรต่อปี	
	= 50,760	ลิตรต่อปี
เป็นเงินที่ประหยัด	= 50,760 x 13	บาทต่อปี
	= 659,880	บาทต่อปี
ลดน้ำ Soft	= 1,035 × 24 × 300 ต่อ 1,000	$ม^3$ ต่อปี
	= 7,452	$ม^3$ ต่อปี
	= 7,452 ต่อ 358,480 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 2.08	เปอร์เซ็นต์
ประหยัดค่าน้ำได้	= 7,452 x 14.26	บาทต่อปี
	= 106,265.52	บาทต่อปี
รวมผลประหยัด	= 659,880 + 106,265.52	บาทต่อปี
	= 766,145.52	บาทต่อปี
การลงทุน		
ค่าปั๊มน้ำ ท่อน้ำ อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ พร้อมค่าแรง	= 200,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 200,000 ต่อ 766,145.52	ปี
	= 0.26	ปี

สถานประกอบการ B มาตรการปรับปรุงการใชน้ำ
มาตรการที่ 1 ปรับปรุงและซ่อมแซมระบบผลิตน้ำอาร์โอเดิม

น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากขบวนการผลิตและการใช้งานจากกิจกรรมอื่นๆ ของโรงงานจะถูกรวบรวมและส่งเข้ามาบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสีย จากการสำรวจพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน โดยอาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนภาพของมลสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าน้อยลง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วถูกปล่อยทิ้งลงคลองสาธารณะ จากการพิจารณาคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้วมีคุณลักษณะที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงาน ซึ่งทางโรงงานได้มีการนำกลับมาใช้ใหม่โดยการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา โดยการใช้ระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ)

สภาพก่อนปรับปรุง

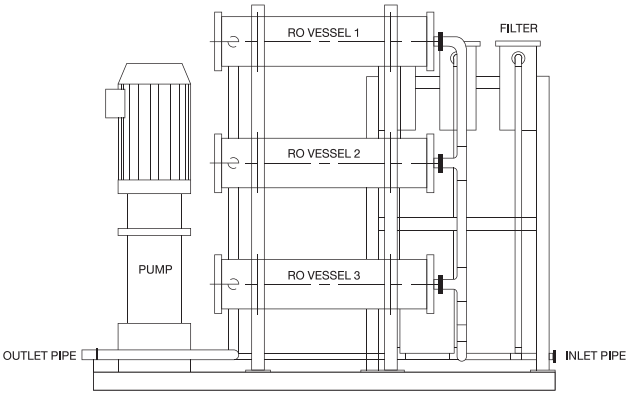
โรงงานมีการติดตั้งระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ) สำหรับผลิตน้ำใช้ในสถานประกอบการ แต่ปัจจุบันอยู่ในสภาพชำรุดไม่สามารถเดินเครื่องเพื่อใช้งานได้ ทำให้ต้องใช้น้ำจากแหล่งอื่นมาทดแทน โดยกำลังผลิตของระบบสามารถผลิตน้ำได้ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง



ภาพที่ 4-10 ระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ)

สภาพหลังปรับปรุง

การปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาโดยการใช้ระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส(อาร์โอ)ซึ่ง รีเวอร์สออสโมซิส(อาร์โอ) เป็นระบบการกรองโดยใช้เยื่อกรองเมนเบรน ที่มีความละเอียด ถึง 0.0001 ไมครอน ในการกรองซึ่งทำให้สารละลาย สิ่งปนเปื้อน รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อกรอง เมนเบรน ไม่สามารถแทรกตัวเล็ดลอดผ่านไปได้ มีเพียงโมเลกุลของน้ำบริสุทธิ์เท่านั้นที่สามารถไหลผ่าน โดยสารละลายจะถูกแยกออกจากน้ำดี และกำจัดออกจากระบบเพื่อป้องกันการตกค้างและสะสมภายในเยื่อเมมเบรน หากซ่อมแซมปรับปรุงหรือจัดหามาติดตั้งใหม่ จะสามารถช่วยลดปริมาณการใช้น้ำบาดาลได้ไม่น้อยกว่า 30 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง



ภาพที่ 4-11 ผังระบบผลิตน้ำ อาร์โอ

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

อัตราการผลิตน้ำ อาร์โอ	= 1.5	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ระยะเวลาการทำงาน	= 20	ชั่วโมงต่อวัน
ปริมาณน้ำที่ผลิตได้	= 30	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถผลิตน้ำทดแทนการใช้น้ำได้	= 30	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 30 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 9,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำบาดาล	= 9,000 ต่อ 72,767 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 12.37	เปอร์เซ็นต์
ประหยัดค่าน้ำได้	= 9,000 x 13.86	บาทต่อปี
	= 124,740.00	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้งระบบ อาร์โอ ขนาด 1.5 ลูกบาศก์เมตร ต่อชั่วโมง พร้อมค่าแรง	= 600,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 600,000 ต่อ 124,740.00	ปี
	= 4.81	ปี

มาตรการที่ 2 ปรับปรุงบ่อน้ำหล่อเย็นและบ่อน้ำล้าง

ในกระบวนการย้อมมีความจำเป็นต้องใช้อุณหภูมิขอน้ำย้อมที่ 140 องศาเซลเซียส เพื่อในการซึมและเกาะติดของสีย้อม และหลังจากการย้อมแล้วจะต้องมีน้ำหล่อเย็นมาช่วยลดอุณหภูมิลงในการดำเนินขั้นตอนต่อไป ซึ่งการหล่อเย็นของกระบวนการก็จะใช้น้ำมาเป็นสื่อในกลางในการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิ

สภาพก่อนปรับปรุง

บริเวณถังพักของน้ำหล่อเย็นมีการรั่วซึมระหว่างน้ำหล่อเย็นกับน้ำทิ้งจากกระบวนการได้แก่น้ำล้าง น้ำสี น้ำปรับสภาพความกระด้างของผ้าย้อม เป็นต้น ทำให้น้ำหล่อเย็นที่ถูกแยกระบบออกจากน้ำดังกล่าว มาปะปนเปื้อนถึงกัน ทำให้การที่จะนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ซ้ำไม่ได้ ก่อให้เกิดความสูญเสียน้ำต่อการย้อมครั้งละ 30 ลูกบากศ์กเมตร ต่อรอบ ซึ่งการย้อมของโรงงานวันละ 4 รอบ

สภาพหลังปรับปรุง

จากการปรับปรุงบ่อพักไม่ให้เกิดการปนเปื้อนระหว่างน้ำหล่อเย็นกับน้ำล้างละน้ำปรับสภาพที่ปะปนเคมีโดยการบุสเตนเลสที่ผนังด้านข้างและด้านล่างบ่อ เพื่อป้องกันการกัดกร่อน ทำให้สามารถนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ซ้ำได้ จากการดำเนินดังกล่าวสามารถลดการใช้น้ำและเคมีบำบัดน้ำได้



ภาพที่ 4-12 บริเวณถังพักเสีย และน้ำหล่อเย็น



ภาพที่ 4-13 การปรับปรุงบ่อพักน้ำหล่อเย็น และน้ำเสีย

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

การใช้น้ำหล่อเย็นรอบละ	= 30	ลูกบาศก์เมตร
การทำงานวันละ	= 4	รอบ
สามารถประหยัดได้วันละ	= 120	ลูกบาศก์เมตร
การทำงานปีละ	= 300	วัน
สามารถประหยัดได้ต่อปี	= 36,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 36,000 ต่อ 72,767 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 49.47	เปอร์เซ็นต์
ค่าน้ำบาดาล	= 13.86	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
	= 36,000 x 13.86	บาทต่อปี
ผลประหยัดค่าน้ำต่อปี	= 498,960	บาทต่อปี
เงินลงทุน	= 860,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 1.72	ปี

มาตรการที่ 3 การขยายถังคอนเดทเสท

โรงงานใช้ไอน้ำในการให้ความร้อนในกระบวนการย้อมผ้าและอบแห้งขอบซิป แบบลูกกลิ้งความร้อนหรือ Cylinder Dryer ชุดใหญ่และชุดเล็กอย่างละ 4 เครื่อง โดยทำงาน 9 ชั่วโมงต่อวัน 312 วันต่อปี ไอน้ำเมื่อให้ความร้อนแล้ว จะเป็นน้ำคอนเดนเสทซึ่งถูกรวบรวมกลับไปที่ถังน้ำคอนเดนเสทที่มีขนาดประมาณ 200 ลิตร ปัจจุบันถูกปล่อยทิ้ง (น้ำที่ล้นออก) ไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์แต่อย่างใด จากการตรวจสอบการทำงานของกับดักไอน้ำ (Steam Trap) ของเครื่องดังกล่าวทั้งหมดอยู่ในสภาพปกติ

สภาพก่อนปรับปรุง

คอนเดนเสทจากลูกกลิ้งให้ความร้อน (Cylinder Dryer) ทั้งหมดและจากเครื่องย้อมอื่นๆ บางชุดรวมประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันถูกรวบรวมและส่งกลับมาสู่ถังน้ำคอนเดนเสท ต้นเหตุที่สำคัญปัจจุบันก็คือ ถังน้ำคอนเดนเสทมีขนาดเล็กเกินไป (ประมาณ 200 ลิตร) หากเปิดวาล์วส่งน้ำคอนเดนเสทจากถังชุดนี้ไปใช้งาน ปริมาณคอนเดนเสทอาจไม่เพียงพอ ต่อการปั๊มเข้าหม้อนำได้อาจทำให้ปั๊มน้ำเดินตัวเปล่าเป็นอันตรายต่อปั๊มน้ำและหม้อน้ำได้ เมื่อไม่มีน้ำอยู่ในระดับใช้งานปกติ ทางโรงงานจึงไม่มีน้ำคอนเดนเสทดังกล่าวมาใช้งาน การใช้น้ำที่ปรับสภาพแล้วจากถังน้ำป้อนภายนอกอาคารมาใช้งานซึ่งเป็นการเสียโอกาสในการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่

แนวทางและขั้นตอนการปรับปรุง

1. สำรวจปริมาณของน้ำคอนเดนเสท และอุณหภูมิของน้ำคอนเดนเสท
2. วิเคราะห์ศักยภาพการประหยัดพลังงานและน้ำ
3. ศึกษาความเป็นไปได้ของการดำเนินการฯ
4. ดำเนินการ
5. ติดตามและประเมินผล



ภาพที่ 4-14 ถังน้ำคอนเดนเสทเดิม

สภาพหลังปรับปรุง

เพิ่มถังน้ำขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร พร้อมดำเนินการต่อท่อน้ำจากเดิมเพื่อรับน้ำคอนเดนเสทให้มากขึ้น พร้อมต่อท่อจากถังน้ำคอนเดนเสทนี้ไปยังปั๊มน้ำเข้าหม้อน้ำ สามารถนำน้ำคอนเดนเสทที่อุณหภูมิเฉลี่ย 93 องศาเซลเซียส เป็นน้ำป้อนหม้อน้ำได้



ภาพที่ 4-15 ถังน้ำคอนเดนเสท

การคำนวณผลการประหยัดจากการขยายถัง คอนเดทเสท

ปริมาณคอนเดนเสทที่นำกลับใช้	= 60	เปอร์เซ็นต์ ของการผลิต
	= 1,086 x 0.6	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 652.20	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
อุณหภูมิเฉลี่ยน้ำคอนเดนเสทที่รวมในถัง	= 93	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำ Soft ที่นำมาผสม	= 30	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำป้อนหลังผสมกันแล้ว	$= \frac{((\text{น้ำป้อน} \times \text{อุณหภูมิ}) + (\text{น้ำคอนเดนเสท} \times \text{อุณหภูมิ}))}{(\text{น้ำป้อน} + \text{น้ำคอนเดนเสท})}$	
	= ((434.8 × 30) + (652.2 × 93)) ต่อ (434.2 + 652.2)	
อุณหภูมน้ำป้อน	= 67.80	องศาเซลเซียส
ผลประหยัด		
ความดันไอน้ำที่ผลิต 6.0 บาร์เกจ ค่า (hg)	= 2763.5	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
น้ำป้อนเดิม (hf) (30 องศาเซลเซียส x 4.186)	= 125.58	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
Hfg เดิม (2763.5-125.58)	= 2637.92	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
น้ำป้อนใหม่ (hf) (67.80 องศาเซลเซียส x 4.186)	= 283.81	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
Hfgใหม่ (2763.5-283.81)	= 2479.69	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ลดการใช้พลังงานลงได้	= (2637.92-2479.69×100) ต่อ 2479.69	
	= 6.3	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= 89.6 ลิตรต่อชั่วโมง x 9 x 312 x 0.063 ลิตรต่อปี	
	= 15,850.60	ลิตรต่อปี
เป็นเงินที่ประหยัด	= 15,850.60 x 14	บาทต่อปี
	= 221,908.40	บาทต่อปี
ลดน้ำ Soft	= 652.20 × 9 × 312 ต่อ 1,000	$ม^3$ ต่อปี
	= 1,831.38	$ม^3$ ต่อปี
	= 1,831.38 ต่อ 72,767 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 2.52	เปอร์เซ็นต์
ประหยัดค่าน้ำได้	= 1,831.38 x 13.86	บาทต่อปี
	= 25,382.93	บาทต่อปี
รวมผลประหยัด	= 221,908.40 + 25,382.93	บาทต่อปี
	= 247,291.33	บาทต่อปี
การลงทุน		
ค่าปั๊มน้ำ ท่อน้ำ อุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ พร้อมค่าแรง	= 200,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 200,000 ต่อ 245,716.34	ปี
	= 0.81	ปี

มาตรการที่ 4 ลดการสูญเสียน้ำจากการระบายน้ำ (โบว์ดาวน์) ของหม้อน้ำ

สิ่งสกปรกที่ปนอยู่ในน้ำป้อน และสารเคมีต่างๆ ที่ใส่เข้าไปในหม้อน้ำจะสะสมอยู่ในหม้อน้ำและทวีความเข้มข้นขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป ทำให้เกิดผลเสียหายต่างๆ ดังนั้นจึงต้องมีการปล่อยน้ำในหม้อน้ำและสารที่ตกตะกอนออกทางท่อปล่อยทิ้งด้านล่างของหม้อน้ำตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยทิ้งเพื่อควบคุมความเข้มข้นของน้ำในหม้อน้ำสามารถคำนวณได้

สภาพก่อนปรับปรุง

หม้อน้ำ Cleaver Brooks ขนาด 2.5 ตันต่อชั่วโมง ใช้น้ำมันเตา “A” เป็นเชื้อเพลิง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 6 บาร์เกจ ใช้งานทำงาน 9 ชั่วโมงต่อวัน 312 วันต่อปี ปกติจะดำเนินการโบว์ดาวน์ วันละ 2 ครั้งๆละ 5 วินาที จากการตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) ของน้ำป้อนได้ 352 ppm และน้ำโบว์ดาวน์ 1720 ppm

สภาพหลังปรับปรุง

การควบคุมค่าของแข็งละลายน้ำ ของน้ำในหม้อน้ำเป็นสิ่งที่จำเป็น ปกติหม้อน้ำขนาดไม่เกิน 10 ตันต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำแบบไออิ่มตัว (Saturated Steam) ค่าของแข็งละลายน้ำ ของน้ำโบว์ดาวน์ไม่ควรเกิน 3500 ppm ซึ่งทางโรงงานสามารถลดจำนวนครั้งของการโบว์ดาวน์ลงได้อีก เพื่อให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ สูงขึ้นอีกได้เป็นการช่วยลดการปล่อยความร้อนทิ้งของน้ำโบว์ดาวน์เป็นการประหยัดเชื้อเพลิงน้ำมันเตา และน้ำ (โบว์ดาวน์) ทิ้งได้อีกส่วนหนึ่ง



ภาพที่ 4-16 การตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ



ภาพที่ 4-17 การตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ
หลังการปรับปรุง

การคำนวณผลการประหยัดจากการลดการโบว์ดาวน์

หม้อน้ำผลิตไอน้ำเฉลี่ย (S)	= 1087	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
น้ำป้อนมีค่า ของแข็งละลายน้ำ (F)	= 352	ppm
น้ำโบว์ดาวน์มีค่า ของแข็งละลายน้ำ (B)	= 1720	ppm
อัตราโบว์ดาวน์	= (F × S) ต่อ (B - F)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= (352 ×1087)ต่อ(1720 - 352)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 279.7	กิโลกรัมต่อชั่วโมง

หลังปรับปรุงและควบคุมการโบว์ดาวน์ให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ อยู่ในช่วง 3000 ppm

การโบว์ดาวน์จะเป็น	= (352 x 1087)ต่อ(3000-352)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 144.5	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ประหยัดการโบว์ดาวน์ลงได้	= 297.7 - 144.5	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 135.2	กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจากการลดการโบว์ดาวน์ที่เกินความจำเป็น

ความดันของน้ำอิ่มตัว	= 6.0	บาร์เกจ
ความร้อนแฝง	= 697.5	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
น้ำที่ลดได้จากการโบว์ดาวน์มากไป	= 135.2	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ความร้อนที่เกิดขึ้น	= 174.7 x 716.8	กิโลจูลต่อชั่วโมง
	= 94,302	กิโลจูลต่อชั่วโมง
ค่าความร้อนน้ำมันเตา “A”	= 39,000	กิโลจูลต่อลิตร
ราคาน้ำมันเตา	= 13.00	บาทต่อลิตร
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ	= 84	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ลดลงได้	= 94,302 ต่อ (39,000 ×0.84)	ลิตรต่อชั่วโมง
	= 2.88	ลิตรต่อชั่วโมง
	= 2.88 x 9 × 312	ลิตรต่อปี
	= 8,087.04	ลิตรต่อปี
เป็นเงินที่ประหยัดได้	= 8,087.04 x 13	บาทต่อปี
	= 105,131.52	บาทต่อปี
ประหยัดน้ำได้	= 135.2 ×9 × 312 ต่อ1000	$ม^3$ ต่อปี
	= 379.64	$ม^3$ ต่อปี
	= 379.64 ต่อ 72,767 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.52	เปอร์เซ็นต์
เป็นเงินที่ประหยัดได้	= 379.64 x 13.86	บาทต่อปี
	= 5,261.81	บาทต่อปี
รวมเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 105,131.52 + 5,261.81	บาทต่อปี
	= 110,393.33	บาทต่อปี
การลงทุน	ไม่มีค่าใช้จ่าย	
คืนทุน	ทันที	

สถานประกอบการ C มาตรการปรับปรุงการใช้น้ำ
มาตรการที่ 1 ส่งเสริมให้ใช้น้ำผิวดินเพิ่มขึ้น เพื่อลดการใช้น้ำบาดาล

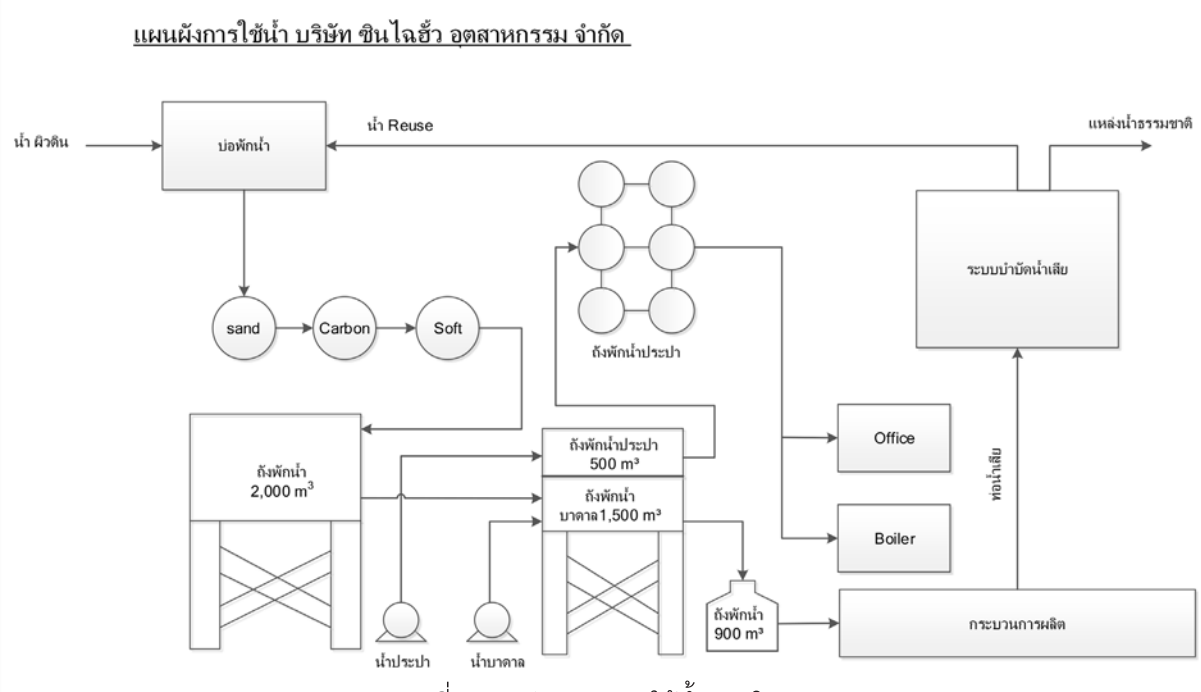
น้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานมีปริมาณเฉลี่ย 28,884 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน โดยจากการสำรวจปริมาณน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานมีปริมาณมาก และคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงพิจารณาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และสามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมกับการนำกลับมาใช้ใหม

สภาพก่อนปรับปรุง

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตทั้งหมดจะส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานที่เป็นแบบ ACTIVATED SLUDGE ซึ่งแบคทีเรียในระบบนี้จะมีประสิทธิภาพการทำงานลดลงเมื่อมีไขมันเข้าสู่ระบบมากเกินไป และเนื่องจากน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดมีปริมาณไขมันหลงเหลืออยู่ในปริมาณมาก ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียสามารถทำได้โดยปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ป้อนเข้าสู่ระบบบำบัดให้มีปริมาณไขมันลดลง โดยติดตั้งระบบเพื่อกำจัดไขมันออกจากน้ำเสียก่อนเข้าระบบเติมอากาศจะส่งผลให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น



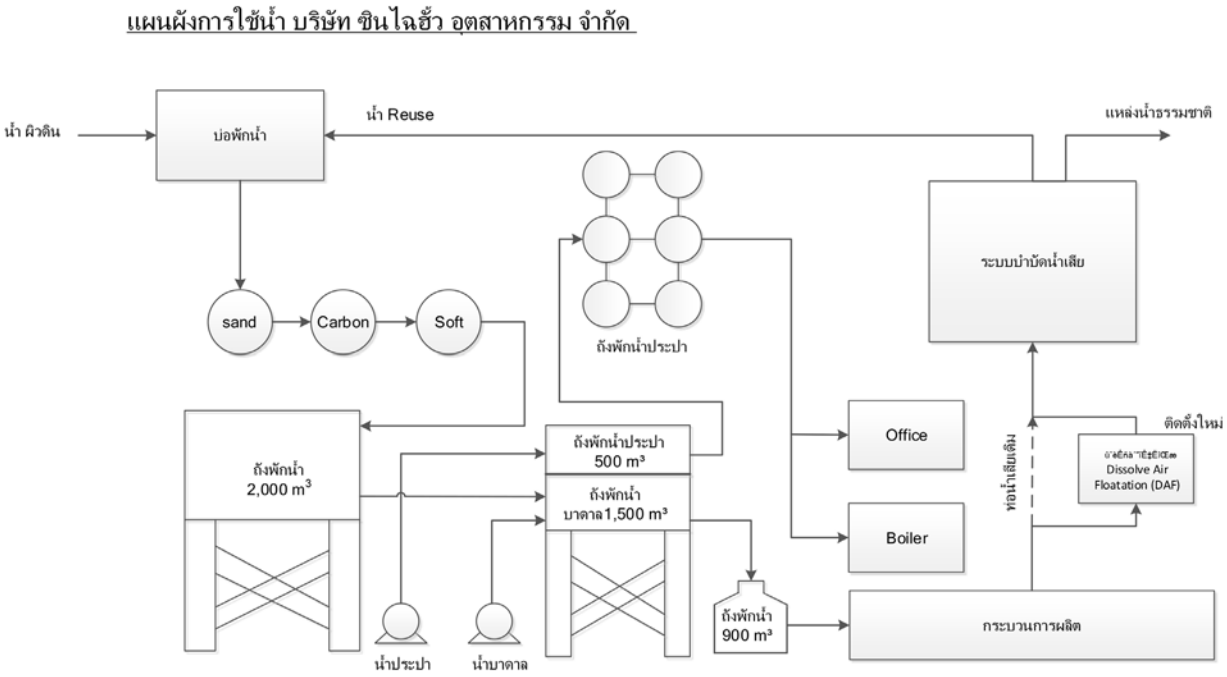
ภาพที่ 4-18 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน



ภาพที่ 4-19 ผังระบบการใช้น้ำของโรงงาน

สภาพหลังปรับปรุง

เมื่อติดตั้งชุดอุปกรณ์แยกไขมัน Dissolve Air Floatation (DAF) เพื่อแยกไขมันจากน้ำเสียไม่ให้เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ซึ่งแบคทีเรียในระบบนี้จะทำงาน ได้ลดลงเมื่อไขมันเข้าสู่ระบบมากเกินไป เมื่อติดตั้งแล้ว น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียมีไขมันลดลง แบคทีเรียในระบบ ทำงานได้ดีขึ้น มีผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำสูงขึ้น หลังจากนั้นน้ำที่ผ่านการบำบัด จะถูกส่งไปรวมกับกับน้ำผิวดินในบ่อเก็บน้ำดิบ จากการที่คุณภาพน้ำดีขึ้น จะส่งผลให้สามารถนำน้ำกลับไปรีไซเคิล ได้มากขึ้น ซึ่งปัจจุบันโรงงานมีระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน อยู่แล้ว หลักการทำงานของระบบเดิมคือ ระบบสร้างตะกอน รวมตะกอน ตกตะกอน แล้วกรองด้วยถังกรองทราย การนำน้ำที่ผ่านระบบบำบัดที่ได้คุณภาพดี แล้วนำไปรวมกับน้ำดิบของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน จะเป็นผลให้สามารถใช้น้ำผิวดินได้เพิ่มขึ้นไม่น้อยกว่า 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-20 การติดตั้งชุดอุปกรณ์แยกไขมัน (Dissolve Air Floatation)



ภาพที่ 4-21 ชุดอุปกรณ์แยกไขมัน (Dissolve Air Floatation)

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย	= 434,042	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ระยะเวลาทำงาน	= 12	ชั่วโมงต่อวัน
อัตราการดักไขมันของเครื่อง DAF (2)	= 100	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
	= 100 x 12	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 1,200	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
จาการทดสอบเดินเครื่องมีประสิทธิภาพการดักจับไขมัน		
สามารถเพิ่มการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้	= 42	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นปริมาณน้ำ	= 1,200 x 0.42	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 504	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถลดการใช้น้ำได้	= 504 x 365	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 183,960	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 183,960 ต่อ 434,042 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 42.38	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 183,960 x 5.33	บาทต่อปี
	= 980,506.80	บาทต่อปี
ลงทุนติดตั้ง เครื่อง DAF	= 3,000,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 3.06	ปี

หมายเหตุ (2) รายละเอียดการออกแบบดูภาคผนวก ก

มาตรการที่ 2 ลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการซักน้ำ

โรงงานมีการซักผ้าผืนด้วยเครื่องซักน้ำ (Washer Extractor) มีปริมาณผ้าป้อนเข้าสู่กระบวนการซักน้ำเฉลี่ย 841 ตันต่อเดือนโดยกระบวนการนี้มีการใช้น้ำ และไอน้ำเพื่อซักล้างและทำความสะอาด ในปริมาณมาก รวมถึงมีปริมาณน้ำเสียออกจากกระบวนการดังกล่าวในปริมาณมากเช่นกัน ดังนั้นการนำเครื่องจักรระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงมาใช้จะทำให้โรงงานสามารถลดการใช้น้ำ และไอน้ำในกระบวนการซักน้ำลงได้

สภาพก่อนปรับปรุง

จากข้อมูลความต้องการการใช้น้ำ และไอน้ำของกระบวนการซักน้ำ มีการใช้น้ำปริมาณ 21,024.86 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน คิดเป็นร้อนละ 61.80 ของปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการซักทั้งหมด และมีการใช้ไอน้ำ 2,152.95 ตันความร้อนต่อเดือน เครื่องซักน้ำเดิม (Washer Extractor) มีการใช้น้ำ และไอน้ำในกระบวนการทำงานเป็นปริมาณมากตามรายละเอียดในตารางที่ 1

ลำดับ	รายละเอียด	จำนวน	หน่วย
1	อัตราการใช้น้ำ	25.00	ลิตรต่อกิโลกรัม
2	อัตราการใช้ไอน้ำ	2.56	กิโลกรัมต่อกิโลกรัม
3	ปริมาณผ้าผืนป้อนเข้าเครื่อง	10,091,934.02	กิโลกรัมต่อปี
4	ปริมาณน้ำที่ใช้	252,298.35	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
5	ปริมาณไอน้ำที่ใช้	25,835.35	ลูกบาศก์เมตรต่อปี

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดปริมาณการใช้น้ำ และไอน้ำของ เครื่องซัก (Washer Extractor)

สภาพหลังปรับปรุง

เครื่องซักน้ำ ใหม่แบบ Tunnel System ได้ออกแบบมาให้สามารถทำความสะอาดผ้า โดยมีการใช้น้ำ และไอน้ำ ในปริมาณที่น้อยกว่าแบบเดิม ดังนั้นเมื่อติดตั้งเครื่องซักน้ำแล้ว ทำให้กระบวนการซักน้ำ ใช้น้ำ และไอน้ำ ลดลงตามรายละเอียดดังตารางที่ 2

ลำดับ	รายละเอียด	Washer Extractor	Tunnel System	ประหยัด	หน่วย
1	อัตราการใช้น้ำ	25.00	6.50	18.50	ลิตรต่อกิโลกรัม
2	อัตราการใช้ไอน้ำ	2.56	0.40	2.16	กิโลกรัมต่อกิโลกรัม
3	ปริมาณผ้าผืนป้อนเข้าเครื่อง	10,091,934.02	10,091,934.02	10,091,934.02	กิโลกรัมต่อปี
4	ปริมาณน้ำที่ใช้	252,298.35	65,597.57	186,700.78	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
5	ปริมาณไอน้ำที่ใช้	25,835.35	4,036.77	21,798.58	กิโลกรัมต่อปี

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำ และไอน้ำของเครื่องซัก

การซักน้ำด้วยเครื่องซัก Tunnel System สามารถลดปริมาณการใช้น้ำ และไอน้ำลงได้ โดยประหยัดน้ำป้อนเข้ากระบวนการซักได้ร้อยละ 74.00 คิดเป็นปริมาณน้ำ 186,700.78 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และประหยัดไอน้ำได้ร้อยละ 84.38 คิดเป็นปริมาณไอน้ำ 21,798.58 ตันต่อปี

การคำนวณผลการประหยัด ทรัพยากรน้ำ

ปริมาณผ้าผืนป้อนเข้าเครื่อง	= 10,091,934.02	กิโลกรัมต่อปี
เครื่องซักน้ำเดิม (Washer Extractor)		
ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย	= 252,298.35	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณการใช้ไอน้ำเฉลี่ย	= 25,835.35	กิโลกรัมต่อปี
เครื่องซักน้ำใหม่ (Tunnel System)		
ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย	= 65,597.57	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณการใช้ไอน้ำเฉลี่ย	= 4,036.77	กิโลกรัมต่อปี
สามารถลดการใช้น้ำได้	= 252,298.35 - 65,597.57	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 186,700.78	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 186,700.78 ต่อ 434,042 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 43.01	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 186,700.78 x 5.33	บาทต่อปี
	= 955,155.16	บาทต่อปี
สามารถลดการใช้ไอน้ำได้	= 25,835.35 - 4,036.77	กิโลกรัมต่อปี
	= 21,798.58	กิโลกรัมต่อปี
คิดเป็นปริมาณน้ำที่ลดลง	= 21.80	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 21.80 ต่อ 434,042 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.005	เปอร์เซ็นต์

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 21.80 x 5.33	บาทต่อปี
	= 116.20	บาทต่อปี
สามารถลดการใช้น้ำได้รวม	= 186,700.78 + 21.80	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 186,722.58	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้รวม	= 995,155.16 + 116.20	บาทต่อปี
	= 995,271.36	บาทต่อปี
ลงทุนติดตั้ง เครื่องซัก Tunnel	= 5,894,400	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 5.92	ปี

มาตรการที่ 3 การลดการสูญเสียจากน้ำระบาย (Blow Down) ของหม้อน้ำ

สิ่งสกปรกที่ปนอยู่ในน้ำป้อน และสารเคมีต่างๆ ที่ใส่เข้าไปในหม้อน้ำจะสะสมอยู่ในหม้อน้ำ และทวีความเข้มข้นขึ้นตามเวลาที่ผ่านไปทำให้เกิดผลเสียหายต่างๆ ดังนั้นจึงต้องปล่อยน้ำในหม้อน้ำบางส่วนออกจากบริเวณผิวน้ำออกไป หรือโดยการปล่อยน้ำในหม้อน้ำและตะกอนออกทางท่อน้ำปล่อยทิ้งด้านล่างของหม้อน้ำ ตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยทิ้งเพื่อควบคุมความเข้มข้นของน้ำในหม้อน้ำ สามารถคำนวณหาปริมาณได้

สภาพก่อนปรับปรุง

หม้อน้ำที่ดัดแปลงใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิงขนาด 15 ตันต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 7 บาร์ ทำงาน 13 ชั่วโมงต่อวัน 350 วันต่อปี จากการตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) ของน้ำป้อนได้ 169 ppm ส่วนน้ำโบวดาว์น 1140 ppm

สภาพหลังปรับปรุง

การควบคุมค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำป้อนและน้ำโบวดาว์นเป็นสิ่งที่จำเป็น ปกติหม้อน้ำแบบท่อไฟนี้ ค่าของแข็งละลายน้ำ ของน้ำโบวดาว์นไม่ควรเกิน 3500 ppm ซึ่งทางโรงงานสามารถที่จะลดจำนวนครั้งของการโบว์ดาวน์ลงได้อีกเพื่อให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำในหม้อน้ำสูงขึ้นได้อีก เป็นการช่วยลดการปล่อยความร้อนและน้ำทิ้งเกินความจำเป็น หลังจากที่ได้แนะนำแล้ว ทางโรงงานสามารถดำเนินการได้ทันที



ภาพที่ 4-22 หม้อไอน้ำก่อนการปรับปรุง



ภาพที่ 4-23 ถังน้ำคอนเดนเสทหลังการปรับปรุง

การคำนวณผลการประหยัด จากการลดการสูญเสียจากน้ำระบาย (Blow Down) ของหม้อน้ำ

หม้อน้ำผลิตไอน้ำเฉลี่ย (S)	= 5,560	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
น้ำป้อนมีค่า ของแข็งละลายน้ำ (F)	= 169	ppm
น้ำโบว์ดาวน์มีค่า ของแข็งละลายน้ำ (B)	= 1140	ppm
หาโบว์ดาวน์ปัจจุบันจากสูตร	$= \frac{FxS}{B-F}$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	$= \frac{169x5560}{1140-169}$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 967.7	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
หลังปรับปรุงและควบคุมการ Blow Down ให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ อยู่ในช่วง 3000 ppm		
อัตราโบว์ดาวน์จะเป็น	$= \frac{169x5560}{3000-169}$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 331.9	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
จะประหยัดการโบดาวน์ลงได้	= 967.7 - 331.9	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 635.80	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจากการลดการ Blow Down ที่เกินความจำเป็น		
ความร้อนแฝงของน้ำอิ่มตัวที่ความดัน 7 บาร์เกจ	= 721.40	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ความร้อนที่เกิดขึ้น	= 635.80 x 721.40	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
	= 458,666.12	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ค่าความร้อนกะลาปาล์ม	= 18,418	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ	= 66.80	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ลดลงได้	$= \frac{458,666.12x13x350}{18,418.4x0.668}$	กิโลกรัมต่อปี
	= 169,621.03	กิโลกรัมต่อปี
คิดเป็นเงินที่ลดลงได้	= 169,621.03 x 3.25	บาทต่อปี
	= 551,268.35	บาทต่อปี
ประหยัดน้ำได้	$= \frac{635.80x13x350}{1000}$	$ม^3$ ต่อปี
	= 2,892.89	$ม^3$ ต่อปี
	= 2,892.89 ต่อ 434,042 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.67	เปอร์เซ็นต์
ค่าน้ำ	= 5.33	บาทต่อม
คิดเป็นเงินที่ลดลงได้	= 2,892.89 x 5.33	บาทต่อปี
	= 15,419.10	บาทต่อปี
รวมมูลค่าที่ประหยัดได้จากเชื้อเพลิงและน้ำ	= 551,268.35 + 15,419.10	บาทต่อปี
	= 566,687.45	บาทต่อปี
การลงทุน	ไม่มีค่าใช้จ่าย	
คืนทุน	ทันที	

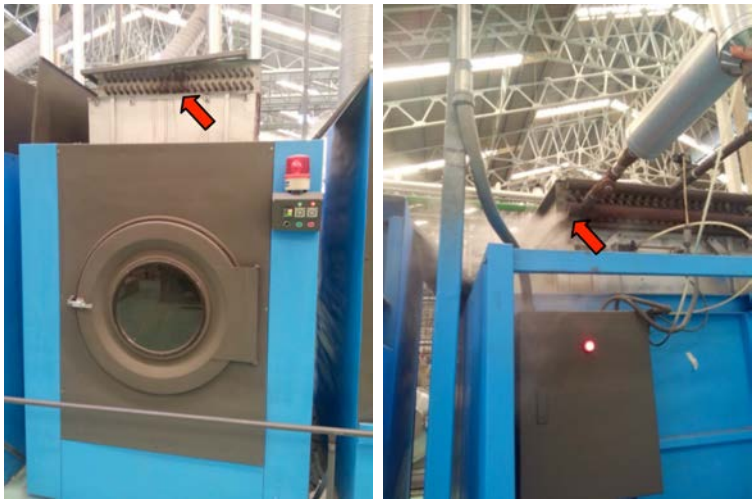
มาตรการที่ 4 ลดการสูญเสียน้ำจากการลดไอน้ำรั่วไหล

หม้อน้ำเดิมใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ได้มีการดัดแปลงให้ใช้กะลาปาล์มเป็นเชื้อเพลิง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 7 บาร์ ทำงาน 13 ชั่วโมงต่อวัน 350 วันต่อปี

สภาพก่อนปรับปรุง

จากการร่วมกันสำรวจระหว่างทีมงานของโรงงาน และคณะทำงานของที่ปรึกษาฯ พบว่ามีไอน้ำรั่วหลายจุด ทั้งที่รั่วรุนแรงและรั่วเล็กน้อย เช่นปริมาณหน้าแปลนท่อ รั่วก้านวาล์ว Coil Steam แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งไอน้ำรั่วนี้ทำให้สูญเสียพลังงานและอาจก่อให้เกิดอุปสรรคในภาคปฏิบัติงาน ซึ่งควรจะได้เร่งรีบดำเนินการแก้ไขทันทีโดยมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. เข้าสำรวจจุดรั่วทั้งหมด
2. ตรวจวัดหรือมีการประเมินการรั่วตามหลักวิธีการ
3. จัดเตรียมอุปกรณ์ ชุดซ่อม อุปกรณ์ที่ต้องใช้
4. ดำเนินการแก้ไข ซ่อมแซม และทดสอบการใช้งาน
5. ติดตามประเมินผล



ภาพที่ 4-24 เครื่องจักรที่มีไอน้ำรั่วไหล

สภาพหลังปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง จุดรั่วไหลของไอน้ำแล้วซึ่งสามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงและน้ำลงได้ โดยมีผลการประเมินดังนี้

ลำดับ	บริเวณจุดรั่วไหล	ขนาด (มิลลิเมตร)	จำนวน	ความดัน
1	Coil Steam เครื่องอบเอ็มสัน	3	2	7
2	ก้านวาล์วท่อเมน	2	1	7
3	หน้าแปลนท่อแยกใช้งาน	2	1	7
4	ปลายท่อแยกรั่วจากวาล์วไม่สนิท	1	1	7

ค่า hg ไอน้ำ (7 บาร์เกจ)	= 2769.1	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ค่า hf น้ำป้อน 80° ซ	= 334.88	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ประสิทธิภาพหม้อน้ำเฉลี่ย	= 66.8	เปอร์เซ็นต์
เวลาที่ไอน้ำรั่ว	= 12	ชั่วโมงต่อวัน
จำนวนวัน	= 365	วันต่อปี
รวมเวลาที่รั่วไหล	= 4,380	ชั่วโมงต่อปี
ราคาเชื้อเพลิง	= 3.25	บาท
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	= 18,418.4	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ให้ d = ขนาดรูรั่ว (มิลลิเมตร), P	= ความดันไอน้ำ	(บาร์เกจ)
อัตราการสูญเสียไอน้ำ (สูตร)	= 0.4 d2 (P + 1.013)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 0.4 x [(32)x(22)x(22)x(12)] x (7+1.013)	
	= 461.55	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 461.55 x 12 x 365	กิโลกรัมต่อปี
	= 2,021,589	กิโลกรัมต่อปี
คิดเป็นน้ำที่ประหยัดได้	= 2,021,589 ต่อ 1,000	$ม^3$ ต่อปี
	= 2,021.60	$ม^3$ ต่อปี
	= 2,021.60 ต่อ 434,042 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.47	เปอร์เซ็นต์
ราคาน้ำเฉลี่ยของโรงงาน	= 5.33	บาทต่อ$ม^3$
คิดเป็นเงินค่าน้ำ	= 10,775.13	บาทต่อปี
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิง		
	= 400,314.65	กิโลกรัมต่อปี
ราคาเชื้อเพลิง	= 3.25	บาทต่อกิโลกรัม
คิดเป็นเงิน	= 400,314.65 x 3.25	บาทต่อปี
	= 1,240,940.12	บาทต่อปี
รวมเป็นเงินที่ประหยัดได้จากค่าเชื้อเพลิงและน้ำ	= 10,775.13 + 1,240,940.12	บาทต่อปี
	= 1,251,715.25	บาทต่อปี
การลงทุน	= 10,000	บาท
การคืนทุน	= 10,000 ต่อ 1,301,022.61	ปี
	= 0.01	ปี

สถานประกอบการ D มาตรการปรับปรุงการใช้น้ำ
มาตรการที่ 1 จัดทำระบบรีไซเคิล น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย

น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่มาจากน้ำบาดาล เมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้วจะเกิดน้ำเสียขึ้น น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตและกิจกรรมต่างๆ ในโรงงานจะถูกรวบรวมและส่งเข้ามาบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบเคมี โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในโรงงานจะถูกรวบรวมมาเก็บยังบ่อปรับสมดุลย์ จากนั้นจะส่งต่อไปยังถังกวนเร็ว ที่ถังกวนเร็วจะมีการเติมสารส้มเพื่อสร้างตะกอน และส่งต่อไปยังกวนช้า ถังตกตะกอน และบ่อเก็บน้ำทิ้ง ก่อนปล่อยออกนอกโรงงานต่อไป

สภาพก่อนปรับปรุง

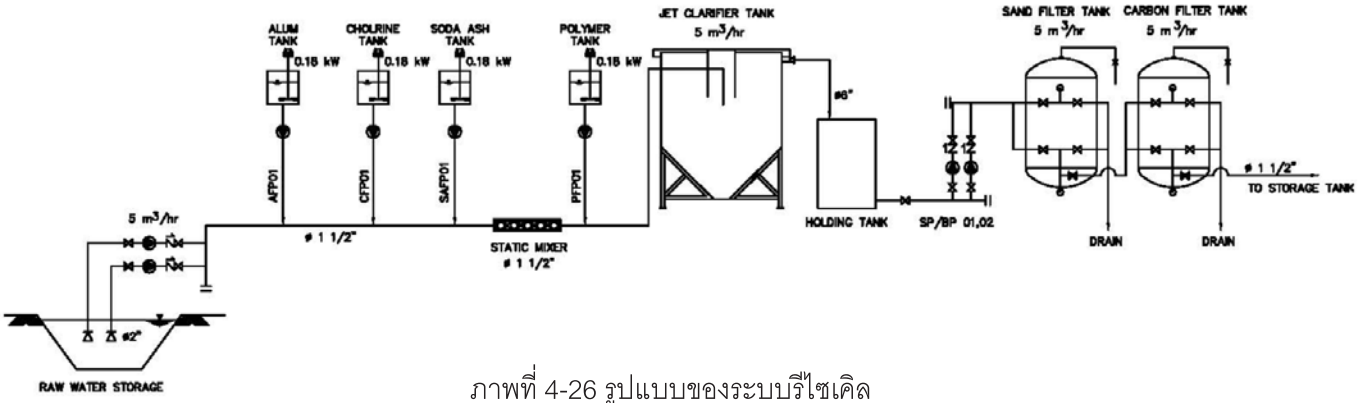
น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกรวบรวมและเก็บไว้ภายในบ่อเก็บน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว เมื่อมีการติดตั้งระบบรีไซเคิล จึงใช้น้ำบ่อดังกล่าวเป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำ รีไซเคิล ซึ่งกำลังการผลิตน้ำ รีไซเคิล ออกแบบไว้ที่ 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นสามารถผลิตน้ำรีไซเคิลได้ 120 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หากเดินระบบรีไซเคิล 100 เปอร์เซ็นต์ ในระยะยาวจะส่งให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำเสียทั้งระบบสูงขึ้น ดังนั้นการผลิตน้ำของระบบรีไซเคิล ควรให้อยู่ในสัดส่วน 40 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมีน้ำเสียเข้า 178 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำรีไซเคิล ที่ใช้งานได้ 71 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งจะเป็นผลให้ระบบรีไซเคิล ทำงานประมาณ 14-15 ชั่วโมงต่อวัน



ภาพที่ 4-25 บ่อเก็บน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

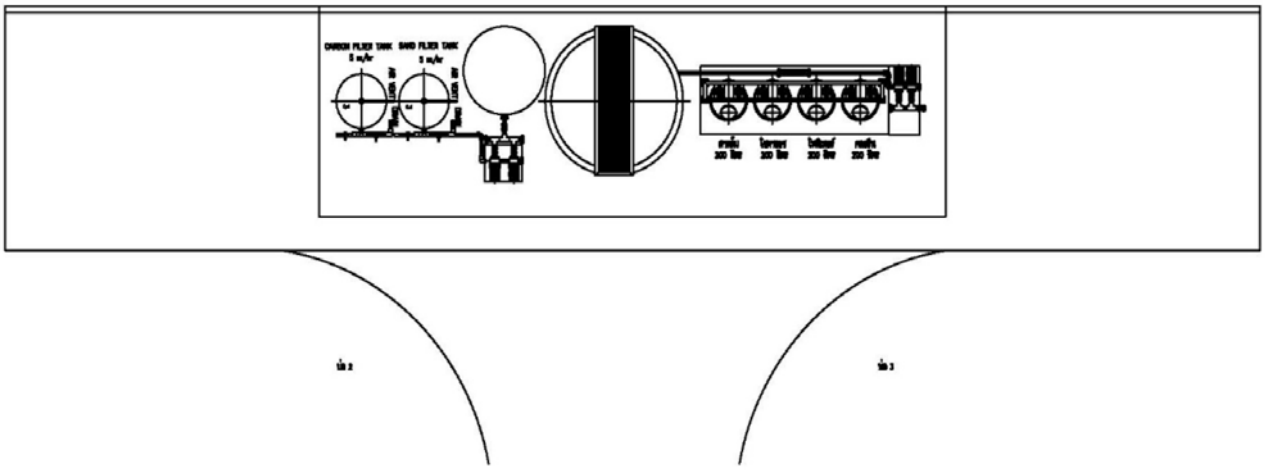
สภาพหลังการปรับปรุง

น้ำที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้วหากมีการปรับปรุงโดยผ่านระบบ รีไซเคิล จะสามารถนำกลับมาใช้กับกิจกรรมบางกิจกรรมของโรงงานใหม่ได้ โดยระบบ รีไซเคิล มีรายละเอียดของระบบ ดังนี้



ภาพที่ 4-26 รูปแบบของระบบรีไซเคิล

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกส่งเข้ามายังบ่อพักน้ำดิบ และถูกส่งเข้าระบบรีไซเคิล โดยปั๊มสูบน้ำดิบ ซึ่งจะมีการเติมสารเคมีเข้าในเส้นท่อ โดยใช้ปั๊มสูบสารเคมีจ่ายสารละลายสารส้ม โซดาแอช และคลอรีนก่อนที่จะไหลเข้าสู่อุปกรณ์กวนผสมในเส้นท่อ (Inline Static Mixer) เพื่อให้น้ำดิบและสารเคมีผสมกันอย่างทั่วถึง ซึ่งสารส้มที่เติมลงไปในน้ำดิบนั้นจะทำหน้าที่ทำปฏิกิริยากับความขุ่นในน้ำดิบเกิดเป็นตะกอนขนาดเล็กแยกตัวออกจากน้ำ ในขณะที่โซดาแอชจะทำหน้าที่ปรับสภาพความเป็น กรด – ด่าง ของน้ำให้มีค่าเป็นกลาง ในขณะเดียวกันคลอรีนจะทำหน้าที่ในการฆ่าเชื้อโรคที่มีอยู่ในน้ำดิบ จากนั้นจะมีการเติมสารเคมีอีกหนึ่งตัว คือ โพลีเมอร์ ซึ่งจะเป็นสารเคมีที่ช่วยให้การตกตะกอนดียิ่งขึ้น โดยจะมีการเติม โพลีเมอร์ ก่อนที่จะเข้าถังตกตะกอน ซึ่งจะมีระบบการกวนช้าอยู่ในตัว โดยถังตกตะกอนชนิดนี้เรียกว่า Jet Clarifier ซึ่งการกวนช้าจะทำให้ตะกอนเม็ดเล็กๆ ที่เกิดจากการรวมตัวของความขุ่นในน้ำดิบกับสารส้ม จับตัวกันเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นแล้วไปตกตะกอนที่ถังตกตะกอน (Clarifier) ซึ่งทำหน้าที่แยกตะกอนและน้ำใสออกจากกัน โดยตะกอนที่เกิดขึ้นจะตกลงสู่ก้นถัง ส่วนน้ำใสส่วนบนจะไหลล้นเวียร์ (Weir) ออกไปยังถังเก็บน้ำ (Holding Tank) จากนั้น เครื่องสูบน้ำเข้าถังกรองทรายจะสูบน้ำจาก Holding Tank ส่งต่อไปยังถังกรองทรายเพื่อกรองตะกอนส่วนที่ยังตกค้างออก น้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองทรายแล้วจะไหลต่อไปยังถังกรองคาร์บอน เพื่อกรองสี กลิ่น ออกจากน้ำและจะส่งต่อไปยังถังเก็บน้ำ รีไซเคิล เพื่อที่จะส่งไปยังจุดใช้งาน ต่อไป



ภาพที่ 4-27 ผังการติดตั้งระบบ รีไซเคิล



ภาพที่ 4-28 ตำแหน่งติดตั้งระบบ รีไซเคิล



ภาพที่ 4-29 แหล่งน้ำ รีไซเคิล

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำรวม	= 69,339	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
สามารถผลิตน้ำทดแทนการใช้น้ำได้	= 5 x 24 x 312	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 37,440	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 37,440 ต่อ 69,339 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 54.00	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 37,440 x 13.51	บาทต่อปี
	= 505,814.40	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้งระบบ รีไซเคิล	= 750,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 1.48	ปี

มาตรการที่ 2 ลดปริมาณน้ำในบ่อย้อมให้เหมาะสมกับการผลิต

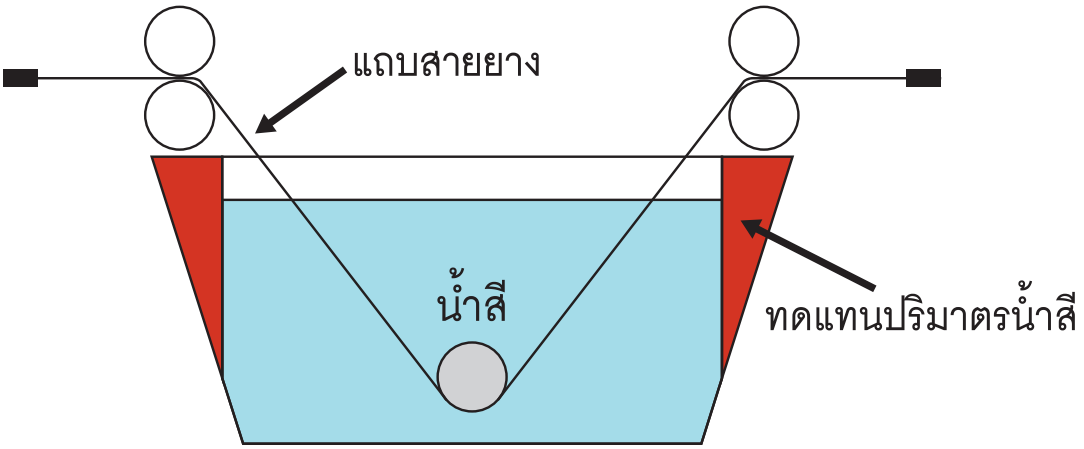
จากรายงานการผลิตและได้ดำเนินการทำสมดุลย์มวลของกระบวนการย้อมจะมีการทิ้งน้ำสีจากกระบวนการย้อมอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการประชุมหารือระหว่างที่ปรึกษาร่วมกับคณะทำงานของสถานประกอบการ สำรวจเข้าดูกระบวนการย้อมสี เพื่อพิจารณาถึงการลดการใช้น้ำสีในการย้อมเพื่อลดการสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำ และเคมีภัณฑ์ ในการฟอกย้อม

สภาพก่อนการปรับปรุง

จากการทำงานของการย้อมแถบสายรัด และยางยืด จะทำการย้อมในลักษณะต่อเนื่องจนสิ้นสุดของการผลิตผลิตภัณฑ์ตามคำสั่งซื้อครั้งนั้นๆ ซึ่งการย้อมจะใช้การซึมของสีตามเวลา โดยใช้ระดับความสูงของน้ำสีย้อมกับความเร็วของแถบสายรัด และยางยืดที่จุ่มลงในน้ำสีที่อ่างนั้น เป็นตัวกำหนด โดยแต่ละครั้งของการย้อมจะเหลือน้ำสีครั้งละ 35 ลิตร

สภาพหลังการปรับปรุง

จากการย้อมที่กำหนดด้วยระดับความสูงของน้ำสีและความเร็วของการผ่านแถบสายยางยืด ดังนั้น จึงทดแทนปริมาตรน้ำสีด้วยวัสดุที่มีความคงทนกรด-ด่าง และลดภาระบ่อบำบัดน้ำทิ้ง โดยสามารถลดน้ำสีได้ประมาณ 20 ลิตรต่อครั้งการย้อม





ภาพที่ 4-30 อ่างน้ำสีย้อมแถบสายยางยืด

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำรวม	= 69,339	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณการย้อมเฉลี่ย	= 50	ครั้งต่อวัน
ปริมาณน้ำย้อมเฉลี่ย	= 300	ลิตรต่อครั้ง
ปริมาณน้ำที่ใช้ย้อม	= 50 x 300	ลิตรต่อวัน
	= 15,000	ลิตรต่อวัน
	= 15	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ก่อนปรับปรุง		
ปริมาณน้ำสีที่ทิ้งเฉลี่ยหลังกระบวนการ	= 35	ลิตรต่อครั้ง
	= 35 x 50	ลิตรต่อวัน
	= 1,750	ลิตรต่อวัน
	= 1.75	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
หลังปรับปรุง		
ปริมาณน้ำสีที่ทิ้งเฉลี่ยหลังกระบวนการ	= 20	ลิตรต่อครั้ง
	= 20 x 50	ลิตรต่อวัน
	= 1,000	ลิตรต่อวัน
	= 1.00	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ผลประหยัดน้ำสี	= 1.75 – 1.00	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 0.75	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
จำนวนวันทำงาน	= 312	วันต่อปี
ผลประหยัดน้ำสี	= 0.75 x 312	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 234	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถลดการใช้น้ำลง	= 234 ต่อ 69,339 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.34	เปอร์เซ็นต์
มูลค่าน้ำสีเฉลี่ย	= 600	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
ประหยัดเงินได้	= 234 x 600	บาทต่อปี
	= 140,400	บาทต่อปี
การลงทุน		
วัสดุทดแทนปริมตรน้ำสี	= 80,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 80,000 ต่อ 140,400	ปี
	= 0.57	ปี

มาตรการที่ 3 ลดปริมาณน้ำสีในห้องทดสอบ (Lab Test)

ในการเตรียมตัวอย่างให้กับทางลูกค้าของบริษัท ซึ่งปัจจุบันวันหนึ่งจะมีการเตรียมตัวอย่างน้ำสี เพื่อใช้ในการทำตัวอย่างสีของผลิตภัณฑ์ให้แก้ลูกค้า เฉลี่ยวันละ 130 ตัวอย่าง ในขั้นตอนการทำตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว น้ำสีที่เหลือจากการเตรียมตัวอย่างจะถูกนำไปบำบัดที่บ่อน้ำเสีย ซึ่งน้ำสีนี้จะมีปริมาณของเกลือและโซดาไฟในปริมาณสูง ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปริมาณน้ำสีจะถูกนำทิ้งที่บ่อบำบัด และลดต้นทุนน้ำสีตัวอย่าง ตามหลักคิดเทคโนโลยีสะอาดที่ลดของเสียที่ถูกกำจัดให้น้อยลง

สภาพก่อนการปรับปรุง

การเตรียมตัวอย่างน้ำสีทางแผนกทดสอบจะทำการเตรียมตัวอย่างละ 1 ลิตร หรือประมาณ 1 กิโลกรัมตามน้ำหนักน้ำสี และมีการใช้น้ำสำหรับล้างภาชนะให้สะอาดเฉลี่ยที่ 10 ลิตรต่อตัวอย่าง

สภาพหลังการปรับปรุง

การเตรียมตัวอย่างน้ำสีลดปริมาณลงเหลือตัวอย่างละ 0.5 ลิตร และใช้น้ำสำหรับล้างภาชนะลดลงโดยเฉลี่ยเหลือ 8 ลิตรต่อตัวอย่าง ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำใช้และน้ำเสียส่งเข้าระบบบำบัดลงได้

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำรวม	= 69,339	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
จำนวนตัวอย่างน้ำสี	= 130	ตัวอย่าง
ปริมาณการใช้น้ำสีตัวอย่าง	= 130	ลิตรต่อวัน
ปริมาณการใช้น้ำล้างภาชนะเฉลี่ย	= 10	ลิตรต่อตัวอย่าง
	= 130 x 10	ลิตรต่อวัน
	= 1,300	ลิตรต่อวัน
รวมการใช้น้ำในการเตรียมตัวอย่างน้ำสี	= 1,300 + 130	ลิตรต่อวัน
	= 1,430	ลิตรต่อวัน
	= 1,430 x 312	ลิตรต่อปี
	= 446,160	ลิตรต่อปี
ปริมาณการใช้น้ำสี	= 0.5	ลิตรต่อตัวอย่าง
ปริมาณการใช้น้ำสีตัวอย่าง	= 65	ลิตรต่อวัน
ปริมาณการใช้น้ำล้างภาชนะเฉลี่ย	= 8	ลิตรต่อตัวอย่าง
	= 130 x 8	ลิตรต่อวัน
	= 1,040	ลิตรต่อวัน
รวมการใช้น้ำในการเตรียมตัวอย่างน้ำสี	= 1,040 + 65	ลิตรต่อวัน
	= 1,105	ลิตรต่อวัน
	= 1,105 x 312	ลิตรต่อปี
	= 344,760	ลิตรต่อปี
ลดการใช้น้ำได้	= 446,160 - 344,760	ลิตรต่อปี
	= 101,400	ลิตรต่อปี
	= 101.40	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 101.40 ต่อ 69,339 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.15	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 101.40 x 13.51	บาทต่อปี
	= 1,369.91	บาทต่อปี
การลงทุน	ไม่มีการลงทุน	

มาตรการที่ 4 ลดการสูญเสียน้ำจากการระบายน้ำ (Blow Down) ของหม้อน้ำ

คุณภาพของน้ำที่ใช้กับหม้อน้ำมีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงาน คือ เมื่อปริมาณหินปูน และของเข็งที่สะสมอยู่ในน้ำซึ่งไม่ระเหยเป็นไอไปมีความเข้มข้นสูงขึ้น เมื่อใช้งานไปและสะสมเป็นตะกรันเกาะอยู่ที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน จะทำให้การถ่ายเทความร้อนได้น้อยลง ส่งผลให้อุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงขั้นแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดการแตกของท่อโลหะที่ได้รับความร้อนสะสมได้

ผลอีกแง่หนึ่งของคุณภาพน้ำก็คือ การใช้งานหม้อน้ำจำเป็นต้องมีการระบายน้ำทิ้ง เพื่อลดความเข้มข้นของสารที่ปนมาในน้ำไม่ให้มีค่าสูงเกินขนาดที่จะส่งผลกับหม้อน้ำ

สภาพก่อนปรับปรุง

ปัจจุบันโรงงานเดินหม้อน้ำใช้งานเฉลี่ยวันละ 24 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 312 วันต่อปี ที่ความดันไอน้ำที่ผลิต 6.5 บาร์เกจ และน้ำป้อนมีการปรับสภาพน้ำก่อนผสมกับคอนเดนเสท ซึ่งการสำรวจและสอบถามผู้ดูแลหม้อน้ำ เกี่ยวกับควบคุมค่าสารละลายรวมทั้งหมด (Total Dissolved Solid : ของแข็งละลายน้ำ) ที่อยู่ในน้ำป้อนได้ 200 ppm และน้ำโบวล์ดาวน์ของหม้อน้ำมีค่า ของแข็งละลายน้ำ 1000 ppm

สภาพหลังปรับปรุง

การควบคุมค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำป้อนและน้ำโบวดาว์นเป็นสิ่งที่จำเป็น ปกติหม้อน้ำแบบท่อไฟนี้ค่าของแข็งละลายน้ำ ของน้ำโบวดาว์นไม่ควรเกิน 3500 ppm ซึ่งทางโรงงานสามารถที่จะลดจำนวนครั้งของการโบว์ดาวน์ลงได้อีกเพื่อให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำในหม้อน้ำสูงขึ้นได้อีก เป็นการช่วยลดการปล่อยความร้อนและน้ำทิ้งเกินความจำเป็น หลังจากที่ได้แนะนำแล้ว ทางโรงงานสามารถดำเนินการได้ทันที

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ความดันของหม้อน้ำผลิตที่	= 6.5	บาร์เกจ
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เฉลี่ย	= 295.3	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ราคาเชื่อเพลิงเฉลี่ย	= 2.5	บาทต่อกิโลกรัม
เวลาทำงาน	= 24	ชั่วโมงต่อวัน
	= 312	วันต่อปี
ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำป้อน	= 200	ppm
ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำโบว์ดาวน์	= 1000	ppm
อัตราโบว์ดาวน์	= 2	ชั่วโมงต่อครั้ง
ค่า ของแข็งละลายน้ำ ต่ำสุดของน้ำที่ควบคุม	= 3,000	ppm
ค่า ของแข็งละลายน้ำ สูงสุดของน้ำที่ควบคุม	= 3,500	ppm
ก่อนปรับปรุง		
การระบายน้ำทิ้งต่อชั่วโมง	= [(200 x 100 ต่อ ((1,000 - 200))) ต่อ 2] เปอร์เซ็นต์	
	= 12.5	เปอร์เซ็นต์
ปริมาณเพิ่มค่า ของแข็งละลายน้ำ	= (1,000 – 2,000) ต่อ 2	ppm ต่อชั่วโมง
	= 400	ppm ต่อชั่วโมง
จากกราฟน้ำระบายที่ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ความดันไอน้ำ 6.5 บาร์เกจ		
มีการสูญเสียเชื้อเพลิง	= 2.8	เปอร์เซ็นต์
หลังปรับปรุง		
ขยายเวลาในการระบายน้ำทิ้งเป็น	= 3,000 ต่อ 400	ชั่วโมงต่อครั้ง
	= 8	ชั่วโมงต่อครั้ง
การระบายน้ำทิ้งต่อชั่วโมง	= [(200 x 100 ต่อ ((3,000 – 400))) ต่อ 8] เปอร์เซ็นต์	
	= 3.6	เปอร์เซ็นต์

จากกราฟน้ำระบายที่ 3.6 เปอร์เซ็นต์ ความดันไอน้ำ 6.5 บาร์เกจ

มีการสูญเสียเชื้อเพลิง	= 0.7	เปอร์เซ็นต์
ผลประหยัด		
การสูญเสียเชื้อเพลิงลดลง	= 2.8 - 0.7	เปอร์เซ็นต์
	= 2.1	เปอร์เซ็นต์
คิดเทียบเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ลดลง	= 295.3 x 24 x 312 x (2.1ต่อ100)	กิโลกรัมต่อปี
	= 46,435.33	กิโลกรัมต่อปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัด	= 46,435.33 x 2.5	บาทต่อปี
	= 116,088.33	บาทต่อปี
ลดการปล่อยน้ำทิ้งลงได้	= 2,188 กิโลกรัมต่อชั่วโมง x 24 x 312	กิโลกรัมต่อปี
	= 16,383,744	กิโลกรัมต่อปี
	= 16,383,744 x 2.1 ต่อ 100	กิโลกรัมต่อปี
	= 344,058.62 ต่อ 1,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 344.06	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 344.06 ต่อ 69,339 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.50	เปอร์เซ็นต์
เป็นเงิน	= 344.06 x 13.51	บาทต่อปี
	= 5,267.56	บาทต่อปี
รวมประหยัด (น้ำ+พลังงาน)	= 116,088.33 + 5,267.56	บาทต่อปี
	= 121,355.89	บาทต่อปี
การลงทุน	ไม่มีการลงทุน	

มาตรการที่ 5 การเปลี่ยนอุปกรณ์ดักไอน้ำที่เครื่องจักร

กระบวนการย้อมผ้าและอบแห้งผ้าแบบ Cylinder Dryer มีการใช้ไอน้ำในกระบวนการดังกล่าว เมื่อไอน้ำให้ความร้อนแล้วจะกลายเป็นคอนเดทเสท และถูกควบคุมการปล่อย ออกจากท่อคอนเดทเสทด้วยกับดักไอน้ำ หรือ Steam Trap ซึ่งทำหน้าที่ดักไอน้ำไม่ให้ออกมาก่อนคายความร้อนให้กับลูกอบแห้ง โดยเครื่องย้อมและอบแห้งทั้งหมด 10 เครื่อง ติดตั้ง Steam Trap จำนวน 10 ตัว ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 312 วันต่อปี

หลักการและทฤษฎี

ต้นเหตุสำคัญอันหนึ่งของการสูญเสียไอน้ำ คือการรั่วผ่านกับดักไอน้ำที่ขาดการตรวจสอบ บำรุงรักษา

1. หน้าที่ของกับดักไอน้ำคือยอมให้คอนเดนเสทและก๊าซต่างๆ ที่ไม่กลั่นตัว เช่น อากาศ ออกไปจากท่อส่งไอน้ำ หรืออุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ แต่จะไม่ยอมให้น้ำหนีออกไปได้
2. คอนเดนเสทจะเกิดขึ้นเมื่อไอน้ำกลั่นตัว
3. ส่วนมากแล้วจะดักเอาคอนเดนเสทออกไปอย่างรวมเร็ว และหมดเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อใช้ประโยชน์สูงสุดจากพื้นผิวทั้งหมดของเครื่องอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ
4. กับดักไอน้ำมีรูเล็กๆ และมีส่วนเคลื่อนไหวหลายชิ้น ถ้าไม่มีการดูแลบำรุงรักษาเป็นประจำจะเกิดการอุดตันบางส่วนหรือทั้งหมดได้อย่างรวดเร็วด้วยตะกรัน สนิม และอื่นๆ เป็นผลให้การปล่อยคอนเดนเสทออกได้ช้า ออกน้อย หรือไม่ออกเลย แต่ถ้าตะกรัน สนิม ไปขัดส่วนเคลื่อนไหว ทำให้เปิดค้างตลอดเวลา จะเกิดไอน้ำรั่ว สิ้นเปลืองไอน้ำมาก ดังนั้นกับดักไอน้ำทุกตัวในโรงงานจึงควรได้รับการตรวจสอบ และบำรุงรักษาแก้ไขให้ทำงานเป็นปกติอย่างน้อย 3 เดือนต่อครั้ง

สภาพก่อนปรับปรุง

Steam Trap และ Valve by Pass ที่ติดตั้ง อาจมีบางตัวที่มีการปล่อยให้ไอน้ำรั่วไหล ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้จากจำนวนไอน้ำเฟรชที่บริเวณถังน้ำคอนเดนเสทมีปริมาณไอน้ำที่พ่นออกมาจำนวนมาก ถือว่าเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก

แนวทาง และขั้นตอนการปรับปรุง

1. สำรวจ Steam Trap รวมทั้ง Valve by Pass ที่ชำรุด
2. วิเคราะห์ศักยภาพประหยัดพลังงาน
3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินการ
4. ดำเนินการ
5. ติดตาม และประเมินผล



ภาพที่ 4-31 เครื่องอบแห้ง

สภาพหลังปรับปรุง

เปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดเพื่อลดไอน้ำรั่วไหล และทำให้ได้คอนเดนเสทที่ต่อเนื่อง

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (η)	= 77	เปอร์เซ็นต์
ชั่วโมงทำงาน (h)	= 24	ชั่วโมงต่อวัน
วันทำงาน (D)	= 312	วันต่อปี
ราคาเฉลี่ยของน้ำที่ใช้	= 13.51	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
ขนาดอุปกรณ์ดักไอน้ำ	= 0.50	นิ้ว
รู Orifice ขนาด (d)	= 2.00	มิลลิเมตร
ความดันไอน้ำใช้งาน (p)	= 6.5	บาร์เกจ
จำนวน Steam Trap ที่รั่ว (n)	= 4	จุด
อัตราการสูญเสียไอน้ำรวม (mS)	= $n \times [0.4\ d^2\ (P + 1.013)]$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 48.0	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
เมื่อป้องกันไอน้ำรั่ว จะรักษาน้ำไม่กลายเป็นไอน้ำเฟรชได้		
ประหยัดน้ำได้	= (48 x 24 x 312) ต่อ 1,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 359.42	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 359.42 ต่อ 69,339 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.52	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 359.42 x 13.51	บาทต่อปี
	= 4,855.76	บาทต่อปี
พลังงานที่ได้จากไอน้ำความดัน 6.5 bars (hg)	= 2,766.50	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
พลังงานที่ได้จากน้ำป้อน 60 องศาเซลเซียส (hf)	= 251.16	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ (η)	= 77	เปอร์เซ็นต์
ชั่วโมงทำงาน (h)	= 24	ชั่วโมงต่อวัน
วันทำงาน (D)	= 312	วันต่อปี
คิดเป็นพลังงานสูญเสีย	$= \frac{m_S \times (hg-hf) \times h \times D}{\eta}$	กิโลจูลต่อปี
	$= \frac{48 \times (2{,}766.50-251.16) \times 24 \times 312}{0.77}$	
	= 1,174,121,512	กิโลจูลต่อปี
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง (HHV)	= 24,278.80	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
คิดเป็นเชื่อเพลิงที่สูญเสีย	= 48,359.95	กิโลกรัมต่อปี
ราคาเชื้อเพลิง	= 2.50	บาทต่อกิโลกรัม
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 48,359.95 x 2.50	บาทต่อปี
	= 120,899.88	บาทต่อปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้รวม	= 4,855.76 + 120,899.88	บาทต่อปี
	= 125,755.64	บาทต่อปี
ค่าใช้จ่ายการตรวจสอบ และบำรุงรักษาแก้ไข	= 30,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 30,000 ต่อ 125,755.64	ปี
	= 0.2	ปี

สถานประกอบการ E มาตราการปรับปรุงการใช้น้ำ
มาตรการที่ 1 ลดการใช้น้ำล้างถังกรอง โดยการเพิ่ม Air Blower

น้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในโรงงานจะถูกรวบรวมและส่งเข้ามาบำบัดยังระบบบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะส่งต่อไปยังระบบ รีไซเคิล เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำและนำกลับไปใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตของโรงงาน ระบบรีไซเคิลประกอบด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี โดยเติมสารส้ม และโซดาแอชที่ถังกวนเร็ว เพื่อให้น้ำดิบและสารเคมีผสมกันอย่างทั่วถึง ซึ่งสารส้มที่เติมลงไปนั้นจะทำหน้าที่ทำปฏิกิริยากับความขุ่นในน้ำเกิดเป็นตะกอนขนาดเล็กแยกตัวออกจากน้ำ ในขณะที่โซดาแอชจะทำหน้าที่ปรับสภาพความเป็น กรด – ด่าง ของน้ำให้มีค่าเป็นกลาง น้ำที่ผ่านการเติมและกวนผสมกับสารเคมีแล้วจะไหลต่อไปยังถังกวนช้าซึ่งจะมีการเติมสารเคมีอีกหนึ่งตัว คือ โพลีเมอร์ ซึ่งจะเป็นสารเคมีที่ช่วยให้ตะกอนที่เกิดขึ้นจากถังกวนเร็วจับตัวกันเป็นเม็ดตะกอนที่ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ตกตะกอนได้เร็วและดีขึ้น น้ำจากถังกวนช้าจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอน ซึ่งทำหน้าที่แยกตะกอนและน้ำใสออกจากกัน โดยตะกอนที่เกิดขึ้นจะตกลงสู่ก้นถัง ส่วนน้ำใสส่วนบนจะไหลล้นเวียร์ (Weir) ออกไปยังถังกรองทรายเพื่อกรองตะกอนส่วนที่ยังตกค้างออก น้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองทรายแล้วจะไหลต่อไปยังถังกรองคาร์บอน เพื่อกรองสี กลิ่น ออกจากน้ำและจะส่งต่อไปยังถังเก็บน้ำรีไซเคิล เพื่อที่จะส่งไปยังจุดใช้งาน ต่อไป

สภาพก่อนปรับปรุง

ในระบบ รีไซเคิล มีการใช้ถังกรองทรายและถังกรองคาร์บอนทำหน้าที่กรองตะกอน ความขุ่น และสีออกจากน้ำที่ผ่านการตกตะกอนเคมี ซึ่งถังกรองดังกล่าวอาศัยหลักการกรองโดยที่น้ำที่มีอนุภาคเล็กๆ จะไหลผ่านชั้นสารกรองในระดับผิวหน้า อนุภาคที่มีอยู่ในน้ำจะอุดตันอยู่ในช่องว่างของสารกรอง จะมีเฉพาะน้ำใสเท่านั้นที่สามารถไหลผ่านไปได้ ทำให้น้ำที่ผ่านการกรองแล้วใส เมื่อใช้งานถังกรองไปสักระยะหนึ่งจะเกิดการอุดตันของตะกอนที่ด้านหน้าสารกรองทำให้การกรองกรองได้ช้า หรือบางกรณีที่เกิดการอุดตันมากจะไม่สารมารถกรองได้เลย ดังนั้นจึงต้องทำการล้างถังกรองโดยอาศัยหลักการของการใช้น้ำย้อนทางเพื่อดันให้ชั้นสารกรองขยับตัว ทำให้อนุภาคที่อุดตันที่ชั้นสารกรองหลุดออกจากสารกรองและไหลทิ้งไป ซึ่งการล้างกลับถังกรองนี้ปกติทางโรงงานใช้น้ำในการล้างกลับถังกรองอยู่ที่ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

สภาพหลังปรับปรุง

จากสภาพก่อนการปรับปรุงเพื่อให้เกิดการประหยัดน้ำจึงได้มีแนวคิดเพิ่ม Air Blower เพื่อเป่าลมเข้าถังกรองก่อนมีการล้างกลับถังกรอง โดยอาศัยหลักการที่ว่าใช้ลมที่ได้จาก Air Blower เป่าเข้าด้านล่างของถังกรองเพื่อให้ลมเป็นตัวยกชั้นสารกรองให้ขยับตัว เพื่อให้อนุภาคเล็กๆ ที่อุดตันอยู่ในชั้นสารกรองขยับตัว เมื่ออนุภาคขยับตัวแล้วจึงใช้น้ำเพียงส่วนน้อยเป็นตัวพาให้อนุภาคเกล่านั้นหลุดออกจากถังกรอง ซึ่งแนวคิดดังกล่าวจะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำในการล้างกลับถังกรองได้ โดยแนวทางนี้จะสามารถประหยัดน้ำได้ไม่น้อยกว่า 15 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-32 ถังกรองที่ใช้ในระบบ รีไซเคิล



ภาพที่ 4-33 Air Blower ที่ใช้ในการล้างกลับถังกรอง

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างกลับปัจจุบัน	= 30	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
หลังการเพิ่ม Air Blower		
ถังกรองทราย No.1		
เส้นผ่านศูนย์กลาง	= 3.0	เมตร
อัตราการใช้น้ำล้างกลับ	= 250	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
เพิ่ม Air Blower ขนาด	= 2.83	ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
เวลาในการล้างกลับ	= 3	นาที
ใช้น้ำในการล้างกลับ	= 12.5	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ถังกรองทราย No.2		
เส้นผ่านศูนย์กลาง	= 2.1	เมตร
อัตราการใช้น้ำล้างกลับ	= 50	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
เพิ่ม Air Blower ขนาด	= 1.38	ลูกบาศก์เมตรต่อนาที
เวลาในการล้างกลับ	= 3	นาที
ใช้น้ำในการล้างกลับ	= 2.5	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
รวมปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างกลับ	= 12.5 + 2.5	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 15	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถประหยัดน้ำได้	= 30 - 15	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 15	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 15 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 4,500	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 4,500 ต่อ 109,383 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 4.11	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 4,500 x 16.98	บาทต่อปี
	= 76,410	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้ง Air Blower	= 180,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 180,000 ต่อ 76,410	ปี
	= 2.36	ปี

มาตรการที่ 2 ติดตั้งระบบผลิตน้ำรีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ)

เพิ่มระบบผลิตน้ำ อาร์โอ ขนาด 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ชั่วโมงการทำงานของระบบ อาร์โอ 20 ชั่วโมงต่อวัน สำหรับใช้ผสมกับน้ำรีไซเคิล เพื่อลดปริมาณน้ำประปาในการ Mark Up โดยการควบคุมการผลิตน้ำอาร์โอ ด้วยระบบอัตโนมัติ ผลิตน้ำลงถังเก็บ

สภาพก่อนปรับปรุง

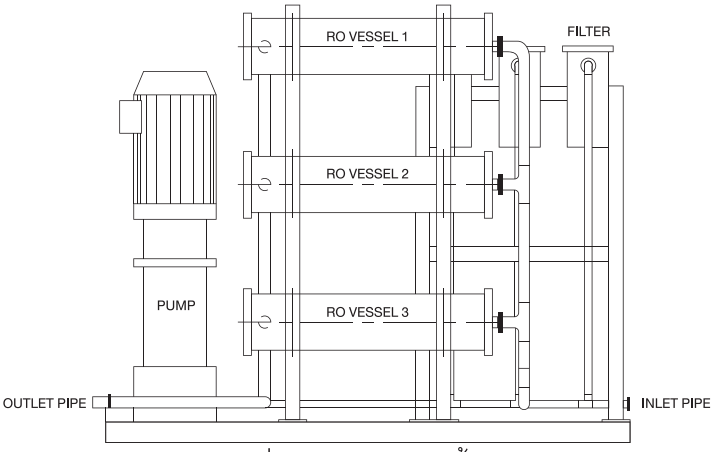
ที่ใช้ในโรงงานจะมีแหล่งที่มี 2 แหล่ง นั้นคือ น้ำรีไซเคิล จำนวน 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีค่า ของแข็งละลายน้ำ 4000 มิลลิกรัมต่อลิตรและน้ำประปา จำนวน 363 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีค่า ของแข็งละลายน้ำ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งน้ำประปาจะใช้เพื่อนำมาผสมกับน้ำ รีไซเคิล เพื่อลดค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำ รีไซเคิล รวมปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมด 863 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และควบคุมค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำไม่เกิน 2900 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อป้องกันการเกิดผลกระทบต่อกระบวนการผลิตของโรงงาน



ภาพที่ 4-34 ระบบ รีไซเคิล

สภาพหลังปรับปรุง

การใช้น้ำประปาในการผสมกับน้ำ รีไซเคิล เพื่อลดค่า ของแข็งละลายน้ำ ให้มีค่าไม่เกิน 2900 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้น ต้องใช้น้ำประปาในปริมาณที่ค่อนข้างเยอะทั้งนี้เนื่องจากค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำประปามีค่าที่ค่อนข้างสูงคือประมาณ 300 มิลลิกรัมต่อลิตรเมื่อน้ำมาผสมกับน้ำ รีไซเคิล ซึ่งมีค่า ของแข็งละลายน้ำ ประมาณ 4000 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้น ต้องใช้สัดส่วนการใช้น้ำประปาในปริมาณมาก ดังนั้นหากสามารถหาน้ำที่มีค่า ของแข็งละลายน้ำ ค่อนข้างต่ำนำมาผสมกับน้ำประปาและน้ำ รีไซเคิล ได้ก็จะช่วยลดปริมาณการใช้น้ำประปาลงได้ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะติดตั้งระบบผลิตน้ำรีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ) ขนาด 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มาใช้ผสมกับน้ำกับน้ำดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เนื่องจากระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ) ซึ่งเป็นระบบการกรองโดยใช้เยื่อกรอง เมนเบรน ที่มีความละเอียดถึง 0.0001 ไมครอนในการกรองซึ่งทำให้สารละลาย สิ่งปนเปื้อน รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อกรอง เมนเบรน ไม่สามารถแทรกตัวเล็ดลอดผ่าน ไปได้ มีเพียงโมเลกุลของน้ำบริสุทธิ์เท่านั้นที่สามารถไหลผ่านโดยสารละลายจะถูกแยกออกจากน้ำดี และกำจัดออกจากระบบ เพื่อป้องกันการตกค้างและสะสมภายในเยื่อเมมเบรน ทำให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำ อาร์โอ มีค่าค่อนข้างต่ำซึ่งจะมีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตรดังนั้นเมื่อใช้น้ำ อาร์โอ มาผสมจึงสามารถลดปริมาณการใช้น้ำประปาลงได้ไม่น้อยกว่า 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-35 ระบบผลิตน้ำ อาร์โอ

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

เพิ่มระบบผลิตน้ำ อาร์โอ ขนาด 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง		
ขนาดกำลังการผลิต	= 1.5	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ระยะเวลาการทำงาน	= 20	ชั่วโมงต่อวัน
ปริมาณน้ำ อาร์โอ ที่ผลิตได้	= 30	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำ อาร์โอ	= 20	มิลลิกรัมต่อลิตร
ความต้องการใช้น้ำของโรงงาน	= 800	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ค่า ของแข็งละลายน้ำ ที่โรงงานยอมรับได้	= 3500	มิลลิกรัมต่อลิตร
ค่า ของแข็งละลายน้ำ ที่โรงงานควบคุม ณ ปัจจุบัน	= 2800 -2900	มิลลิกรัมต่อลิตร
ปริมาณน้ำ รีไซเคิล ใช้	= 500	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำ รีไซเคิล	= 4000	มิลลิกรัมต่อลิตร
ดังนั้น ต้องใช้น้ำประปาในการ Make Up	= 270	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำประปา	= 300	มิลลิกรัมต่อลิตร
หลังจากการผสมน้ำทั้ง 3 แหล่งแล้วได้ค่า ของแข็งละลายน้ำ 2,602 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งโรงงานยอมรับได้		
ปริมาณการใช้น้ำรวมของโรงงาน	= 109,383	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปริมาณน้ำประปาเดิมที่ใช้	= 300	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
หลังการเพิ่มระบบ อาร์โอ น้ำประปาใช้	= 270	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถลดการใช้น้ำ ประปาได้	= 30	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 30 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 9,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำ	= 9,000 ต่อ 109,383 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 8.23	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 9,000 x 16.98	บาทต่อปี
	= 152,820	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้งระบบ อาร์โอ ขนาด 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	= 600,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 600,000 ต่อ 152,820	ปี
	= 3.93	ปี

**ของแข็งละลายน้ำเข้าไม่เกิน 4000 ppm

มาตรการที่ 3 การนำน้ำร้อนจาก Economizer มาใช้เป็นน้ำย้อมผ้า

เครื่องย้อมผ้า FUJI เป็นเครื่องย้อมแบบ Jicker ซึ่งจะใช้น้ำประมาณ 3-4 เท่าของน้ำหนักผ้าที่จะย้อม โดยปกติจะใช้น้ำเย็นที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นน้ำย้อม และใช้ความร้อนจากไอน้ำ ในการให้ความร้อนกับน้ำย้อมผ้าที่อุณหภูมิประมาณ 95-98 องศาเซลเซียส โดยการย้อมผ้าจะใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) ในการ เปิด-ปิดไอน้ำ เพื่อรักษาอุณหภูมิน้ำย้อม ซึ่งการย้อมผ้านี้จะใช้น้ำประมาณ 100 ม^{3}ต่อวัน

สภาพก่อนปรับปรุง

การย้อมผ้าในปัจจุบันจะเริ่มตั้งแต่ปล่อยน้ำเย็น 30 องศาเซลเซียส ลงอ่างย้อมผ้า และเปิดไอน้ำ (Indirect Steam) เพื่อทำความร้อน จากนั้นจะปล่อยสีย้อมลงในอ่าง (ซึ่งผสมไว้ก่อนแล้ว) จนน้ำร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิใช้งาน จึงเริ่มย้อมผ้า ซึ่งต้องใช้เวลานานพอสมควรในการเตรียมการย้อม เป็นเหตุให้ทีมงานของโรงงานและทีมงานที่ปรึกษา มีแนวความคิดที่จะนำน้ำร้อนจากชุด Economizer ซึ่งปัจจุบันมีมากพอ ในการใช้เป็นน้ำป้อนหม้อน้ำแล้วเหลือมาใช้เป็นน้ำย้อมแทนน้ำเย็นของการย้อมผ้าของเครื่อง FUJI ดังกล่าว จึงได้มีการวางแผนในการปฏิบัติงานดังนี้

1. เข้าสำรวจปริมาณน้ำที่ป้อนเข้าชุด Economizer และถังน้ำร้อน
2. อุณหภูมิน้ำที่ออกจาก Economizer
3. วิเคราะห์ศักยภาพการประหยัดพลังงานและเวลา
4. ศึกษาความเป็นไปได้ของการดำเนินการ
5. ดำเนินการ
6. ติดตามและประเมินผล

สภาพหลังปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการเดินระบบน้ำร้อนจากถังพักน้ำร้อนที่ผลิตได้จาก Economizer ไปยังจุดใช้งาน ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำลงได้ส่วนหนึ่ง สามารถประเมินผลประหยัดได้ดังนี้

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณน้ำ 100 ม^{3}ต่อวันหรือ	4,166	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
อุณหภูมิน้ำเดิม	30	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำร้อน (ใหม่)	50	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิน้ำร้อนเฉลี่ย	98	องศาเซลเซียส
ที่ความดัน 6.5 บาร์เกจ น้ำมีค่า Enthaphy (จากตารางไอน้ำ)	2,056	กิโลจูลต่อกิโลกรัม

หาไอน้ำที่ใช้จากสูตร $Q = Mcp\Delta T$

เมื่อ
- Q = ปริมาณไอน้ำที่ใช้ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
- M = มวลของน้ำ หรือ น้ำย้อม (ลิตรต่อกิโลกรัม)
- cp = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ 4.2 กิโลจูลต่อลิตร องศาเซลเซียส
- ΔT = อุณหภูมิน้ำเริ่มต้นถึงอุณหภูมิสุดท้าย องศาเซลเซียส
- t = เวลาที่ใช้ (วินาที)

กรณีที่ใช้น้ำ 30 องศาเซลเซียส

Q =	4,166 x 4.2 x (98-30) ต่อ (60 x 60)	กิโลวัตต์
=	330.50	กิโลวัตต์
คิดเป็นการใช้ไอน้ำ =	330.50 ต่อ 2,056.8	กิโลกรัมต่อวินาที
=	0.160	กิโลกรัมต่อวินาที

	= 0.160 x 3600	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 578.47	กิโลกรัมต่อชั่วโมง

กรณีที่ใช้น้ำร้อน 50 องศาเซลเซียส

Q	= 4,166 x 4.2 x (98-50) ต่อ (60 x 60)	กิโลวัตต์
	= 233.29	กิโลวัตต์
คิดเป็นการใช้ไอน้ำ	= 233.29 ต่อ 2,056.8	กิโลกรัมต่อวินาที
	= 0.1134	กิโลกรัมต่อวินาที
	= 0.1134 x 3600	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 408.3	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ลดการใช้ไอน้ำลงได้	= 578.47 - 408.3	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 170	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 170 x 24 x 300	กิโลกรัมต่อปี
	= 1,224,000	กิโลกรัมต่อปี
เปอร์เซ็นต์การทำงาน	= 80	เปอร์เซ็นต์
	= 1,224,000 x 0.80	กิโลกรัมต่อปี
	= 979,200	กิโลกรัมต่อปี
ต้นทุนไอน้ำ	= 525	บาทต่อตัน
คิดเป็นเงิน	= 979,200 ต่อ 1,000 x 525	บาทต่อปี
	= 514,080	บาทต่อปี
สามารถลดการใช้น้ำได้	= 979.20	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำ	= 979.20 ต่อ 109,383 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.90	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดน้ำได้	= 979.20 x 16.98	บาทต่อปี
	= 16,626.82	บาทต่อปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้รวม	= 514,080 + 16,626.82	บาทต่อปี
	= 530,706.82	บาทต่อปี

การลงทุน ค่าอุปกรณ์ค่าท่อน้ำ-ถังน้ำ-ปั๊มน้ำ-ค่าแรงดำเนินการ

	= 100,000	บาท
คืนทุน	= 0.19	ปี

สถานประกอบการ F มาตรการปรับปรุงการใช้น้ำ
มาตรการที่ 1 ติดตั้งระบบผลิตน้ำ อาร์โอ

เนื่องจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบตกตะกอนด้วยเคมีโดยการเติมสารเคมีเพื่อให้เกิดการสร้างและรวมตะกอนจากนั้นจะผ่านการตกตะกอนและกรองก่อนส่งเข้าระบบบำบัดแบบชีวภาพโดยใช้ระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน โดยอาศัยสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย ดูดซับหรือเปลี่ยนภาพของมลสารต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าน้อยลง ทำให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งหากน้ำเสียส่วนนี้มาปรับปรุงคุณภาพจะสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ภายในโรงงานได้

สภาพก่อนปรับปรุง

น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้ว มีคุณลักษณะที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยการปรับปรุงคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา โดยการใช้ระบบ รีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ) ซึ่ง เป็นระบบการกรองโดยใช้เยื่อกรอง เมนเบรน ที่มีความละเอียด ถึง 0.0001 ไมครอนในการกรองซึ่งทำให้สารละลายสิ่งปนเปื้อน รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อกรอง เมนเบรนไม่สามารถแทรกตัวเล็ดลอดผ่านไปได้มีเพียงโมเลกุลของน้ำบริสุทธิ์เท่านั้นที่สามารถไหลผ่าน โดยสารละลายจะถูกแยกออกจากน้ำดี และกำจัดออกจากระบบ เพื่อป้องกันการตกค้างและสะสมภายในเยื่อเมมเบรน ดังนั้นน้ำที่ได้จะมีคุณสมบัติเทียบเท่าน้ำประปา สามารถนำไปใช้ได้

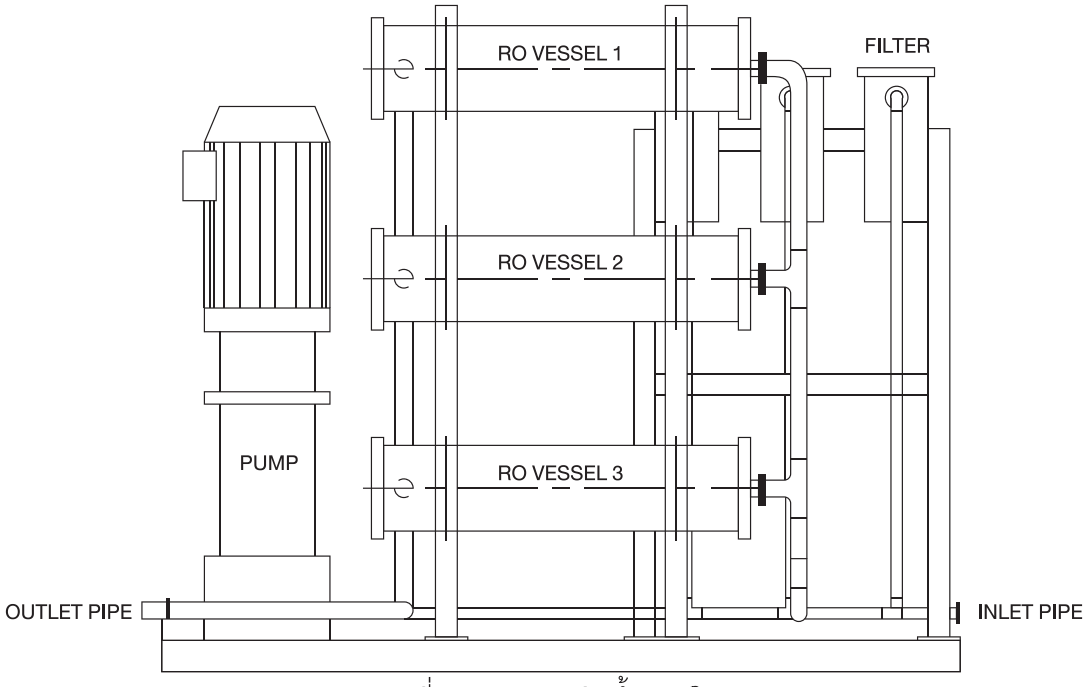


ภาพที่ 4-36 ระบบบำบัดน้ำเสีย

สภาพหลังปรับปรุง

ปัจจุบันทางโรงงานได้ดำเนินการติดตั้งระบบ รีไซเคิล เพื่อนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่โดยระบบรีไซเคิลของทางโรงงานประกอบไปด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี เพื่อแยกตะกอน สี และกลิ่นบางส่วนออกจากน้ำ หลังจากนั้นจะมีการกรองเพื่อกำจัดตะกอน สี และ กลิ่น ส่วนที่หลงเหลืออยู่ออกไประบบกรองประกอบด้วย ถังกรองทราย ซึ่งจะทำหน้าที่กรองของแข็งแขวนลอยหรือตะกอนออกจากน้ำ ถังกรองคาร์บอนจะทำหน้าที่กรองสีและกลิ่น และถังกรองซอฟเทนเนอร์จะทำหน้าที่กรองความกระด้างออกจากน้ำคุณภาพน้ำที่ผ่านระบบรีไซเคิลจะสามารถนำน้ำกลับไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตได้บางส่วน และมีการนำระบบ รีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ) ซึ่งเป็นระบบการกรองโดยใช้เยื่อกรอง เมนเบรน ที่มีความละเอียด ถึง 0.0001 ไมครอน ในการกรองซึ่งทำให้สารละลายสิ่งปนเปื้อน รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อกรองเมนเบรน ไม่สามารถแทรกตัวเล็ดลอดผ่าน ไปได้ มีเพียงโมเลกุลของน้ำบริสุทธิ์เท่านั้นที่สามารถไหลผ่าน โดยสารละลายจะถูกแยกออกจากน้ำดี และกำจัดออกจากระบบ คุณภาพน้ำหลังการปรับปรุงแล้วจะมีคุณภาพเทียบเท่าน้ำประปา ซึ่งสามารถนำไปทดแทนการใช้น้ำบาดาลของโรงงานได้ การดำเนินโครงการดังกล่าวเป็นการลดปริมาณการใช้น้ำบาดาลได้ไม่น้อยกว่า 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ในการติดตั้งระบบ รีไซเคิล ด้วย อาร์โอ ในส่วนของโรงงานคาร์เปทอินเตอร์เนชั่นแนลไทยแลนด์จำกัด (มหาชน) เป็นการติดตั้งด้วยข้อตกลงระหว่างโรงงานกับผู้ผลิตระบบ อาร์โอ โดยผู้ผลิตระบบ อาร์โอ เป็นผู้ลงทุนติดตั้งให้กับทางโรงงาน ส่วนโรงงานส่งน้ำที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียให้ผู้ผลิตน้ำ อาร์โอ น้ำที่ผลิตได้ ผู้ลงทุนขายน้ำ อาร์โอ ให้กับทางโรงงาน ซึ่งเงื่อนไขข้อตกลงทางโรงงานขอสงวนสิทธิ์ไม่เปิดเผยข้อมูล แต่หากโรงงานลงทุนติดตั้งระบบ อาร์โอ เองจะมีงบประมาณในการลงทุนและการคืนทุนดังรายการคำนวณถัดไป



ภาพที่ 4-37 ระบบผลิตน้ำ อาร์โอ

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

อัตราการผลิตน้ำ อาร์โอ	= 10	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ระยะเวลาการทำงาน	= 20	ชั่วโมงต่อวัน
ปริมาณน้ำที่ผลิตได้	= 200	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถผลิตน้ำทดแทนการใช้น้ำได้	= 200	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 200 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 60,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 60,000 ต่อ 152,971 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 39.22	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 60,000 x 14.53	บาทต่อปี
	= 871,800	บาทต่อปี

การลงทุน

• ติดตั้งระบบอาร์โอ (ของแข็งละลายน้ำ น้ำเข้าไม่เกิน 4000 ppm)	= 4,000,000	บาท
• ระยะเวลาคืนทุน	= 4,000,000 ต่อ 871,800	ปี
	= 4.59	ปี

มาตรการที่ 2 การติดติดตั้ง Harness Meter เพื่อควบคุมการ Regenerate ถังกรองซอฟเทนเนอร์

สภาพก่อนปรับปรุง

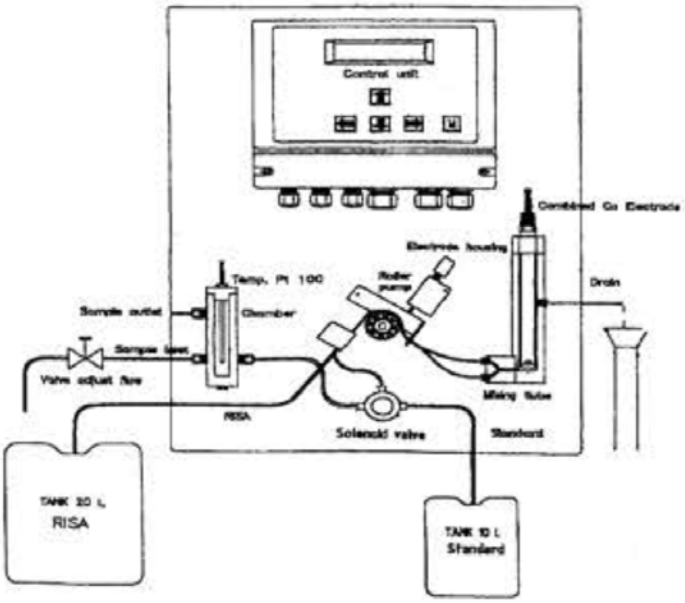
ระบบ รีไซเคิล เพื่อนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ โดยระบบ รีไซเคิล ของทางโรงงานประกอบไปด้วยระบบตกตะกอนทางเคมี เพื่อแยกตะกอน สี และกลิ่น บางส่วนออกจากน้ำ หลังจากนั้นจะมีการกรองเพื่อกำจัดตะกอน สี และ กลิ่น ส่วนที่หลงเหลืออยู่ออกไป ระบบกรองประกอบด้วย ถังกรองทราย ซึ่งจะทำหน้าที่กรองของแข็งแขวนลอยหรือตะกอนออกจากน้ำ ถังกรองคาร์บอนจะทำหน้าที่กรองสีและกลิ่น และถังกรองซอฟเทนเนอร์ จะทำหน้าที่กรองความกระด้างออกจากน้ำ การทำงานของถังกรองจะมีระยะเวลาในการกรองซึ่งเมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดแล้วจะต้องมีการล้างกลับเพื่อทำความสะอาดถังกรอง โดยปกติการล้างกลับถังกรองทรายและคาร์บอนจะกำหนดระยะเวลาในการล้างกลับเพื่อทำความสะอาดถังกรองทุกวัน หรือเมื่อแรงดันของน้ำขาเข้าและขาออกมีความแตกต่างกันมากกว่า 0.3 Bar ซึ่งจะสังเกตจาก Pressure Gauge ที่ติดไว้หน้าถังกรอง ส่วนการ Regenerate ถังกรองซอฟเทนเนอร์นั้นจะทำการ Regenerate เมื่อครบระยะเวลาการกรองซึ่งจะกำหนดไว้ในการออกแบบถังกรอง โดยปกติประมาณ 10 หรือ 22 ชั่วโมง หรืออาจดูจากค่าความกระด้างของน้ำขาออกว่ามีค่าเกินค่าที่ควบคุมหรือไม่ บางกรณีถังกรองซอฟเทนเนอร์อาจครบระยะเวลาการล้างกลับแต่ค่าความกระด้างของน้ำขาออกมีค่าที่ยังยอมรับได้ ซึ่งหากไม่มีผู้ควบคุมดูแลถังกรองจะทำการ Regenerate ตัวเองซึ่งมีผลให้เปลืองน้ำล้างและเกลือที่ใช้ในการฟื้นฟูเรซิน



ภาพที่ 4-38 ถังกรองภายในระบบ รีไซเคิล

สภาพหลังปรับปรุง

จากกรณีที่ถังกรองซอฟเทนเนอร์ ทำการ Regenerate ตัวเองทั้งที่ค่าความกระด้างไม่เกินค่าที่ควบคุมไว้ ซึ่งมีผลให้เปลืองน้ำล้างและเกลือที่ใช้ในการฟื้นฟูเรซิน ดังนั้นจึงมีแนวคิดติดตั้ง Hardness Meter เพื่อควบคุมค่าความกระด้างของน้ำขาออกจากถังกรองเรซิน ซึ่งจะช่วยให้การ Regenerate ถังกรองมีประสิทธิภาพในการกรองและการล้างกลับมากขึ้น



ภาพที่ 4-39 การติดตั้ง Hardness Meter

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณเรซินในถังกรอง	= 2,000	ลิตรต่อถัง
ความสูงของเรซินในถังกรอง	= 1,000	มิลลิเมตร
ดังนั้น ขนาดถังกรองซอฟเทนเนอร์	= 1.6	เมตร
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างกลับ	= 50	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
การล้างกลับใช้เวลา	= 10	นาที
ดังนั้นใช้น้ำในการล้างกลับ	= 8.3	ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการไล่น้ำเกลือ	= 4.5	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
การไล่น้ำเกลือใช้เวลา	= 30	นาที
ดังนั้นใช้น้ำในการล้างกลับ	= 2.25	ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการกรองทิ้ง	= 50	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
การไล่น้ำเกลือใช้เวลา	= 30	นาที
ใช้น้ำในการล้างกลับ	= 25	ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง
รวมใช้น้ำสำหรับการ Regenerate ทั้งหมด	= 35.55	ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง
ก่อนปรับปรุง		
ล้างกลับ 1 ครั้ง ทุกวันใช้น้ำ	= 35.55	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 35.55 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 10,665	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
หลังการปรับปรุง		
ล้างกลับ 1 ครั้งต่อ 2 วันใช้น้ำ	= 35.55	ลูกบาศก์เมตรต่อครั้ง
น้ำที่ใช้ในการล้างกลับ	= 35.55 x 300 ต่อ 2	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 5,332.50	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดน้ำได้	= 5,332.50	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 5,332.50 ต่อ 152,971 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 3.49	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 5,332.50 x 14.53	บาทต่อปี
	= 77,481	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้ง Hardness Meter	= 145,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 145,000 ต่อ 77,481	ปี
	= 1.87	ปี

มาตรการที่ 3 ลดการสูญเสียน้ำจากการระบายน้ำ (Blow Down) ของหม้อน้ำ

สิ่งที่สกปรกที่ปนอยู่ในน้ำป้อนและสารเคมีต่างๆ ที่ใส่เข้าไปในหม้อน้ำจะสะสมอยู่ในหม้อน้ำ และทวีความเข้มข้นตามเวลาที่ผ่านไป ทำให้เกิดผลเสียหายต่างๆ ดังนั้นจึงต้องปล่อยน้ำในหม้อน้ำ และสารที่ตกตะกอนทิ้งออกไป โดยการปล่อยน้ำในหม้อน้ำบางส่วนจากบริเวณผิวน้ำ ออกไป โรงงานดำเนินการอยู่แล้ว และได้นำความร้อนทั้งส่วนนี้แลกเปลี่ยนกับน้ำป้อนหม้อน้ำ หรือโดยการปล่อยน้ำในหม้อน้ำตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยทิ้งเพื่อควบคุมความเข้มข้นของน้ำในหม้อน้ำ สามารถคำนวนหาปริมาณได้

สภาพก่อนปรับปรุง

หม้อน้ำขนาด 15 ต่อตันต่อชั่วโมง ใช้ LPG เป็นเชื้อเพลิง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 7.5 บาร์เกจ ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 350 วันต่อปี ปัจจุบันกำหนดโบว์ดาวน์ผิวน้ำ (Surface โบว์ดาวน์) ทุกๆ 8 นาที โบว์ดาวน์หนึ่งครั้งๆ ละ 10 วินาที และความร้อนจากน้ำทิ้งนี้นำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำป้อนหม้อน้ำ ส่วนน้ำส่วนล่างหรือ Buttom โบว์ดาวน์ จะกำหนดค่าความเข้มข้นหรือค่า ของแข็งละลายน้ำ ไว้ ซึ่งปัจจุบันวัดได้ 2,674 ppm น้ำป้อน 200 ppm

สภาพหลังปรับปรุง

การควบคุมค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำป้อนและน้ำโบว์ดาวน์เป็นสิ่งจำเป็น ค่าของแข็งละลายน้ำ ของน้ำในหม้อน้ำไม่ควรเกิน 3500 ppm กอร์ปกับปัจจุบันทางโรงงานได้ติดตั้งระบบน้ำ อาร์โอ (Reverse Osmosis) ทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งทางโรงงานสามารถที่จะลดจำนวนครั้งของการโบว์ดาวน์ลงได้อีกเพื่อให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำในหม้อน้ำสูงขึ้นได้อีก เป็นการช่วยลดการปล่อยความร้อนและน้ำทิ้งเกินความจำเป็น หลังจากที่ได้มีการปรึกษาแนะนำแล้ว ทางโรงงานสามารถดำเนินการได้ทันที

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

หม้อน้ำผลิตไอน้ำเฉลี่ย (S)	= 2,224.6	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
น้ำป้อนค่า ของแข็งละลายน้ำ (F)	= 200	ppm
น้ำโบว์ดาวน์มีค่า ของแข็งละลายน้ำ (B)	= 2674	ppm
คำนวนโบว์ดาวน์ rate จากสูตร	$= \frac{FxS}{B-F}$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	$= \frac{200x2,224.6}{2,674-200}$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 179.8	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
หลังปรับปรุงและควบคุมการโบว์ดาวน์ให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ อยู่ในช่วง 3000 ppm		
การโบว์ดาวน์จะเป็น	$= \frac{200x2,224.6}{3000-200}$	
	= 158.9	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ประหยัดการโบว์ดาวน์ลงได้(179.8-158.9)	= 20.9	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการลดการโบว์ดาวน์ที่เกินความจำเป็น		
ความร้อนแฝงของน้ำอิ่มตัวที่ความดัน 7.5 บาร์เกจ	= 732.5	กิโลจูลต่อชั่วโมง
น้ำที่ลดได้จากการโบว์ดาวน์มากไป	= 20.9	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
∴ ความร้อนที่เกิดขึ้น (732.5x20.9)	= 15,309.25	กิโลจูลต่อชั่วโมง
ค่าความร้อน LPG	= 50,220	กิโลจูลต่อชั่วโมง
ราคา LPG	= 24.5	บาทต่อกิโลกรัม
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ	= 87.5	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเชื้อเพลิง LPG ที่ลดลงได้	$= \frac{15,309.25x24x350x0.8}{50,220x0.875}$	
(คิด factor ทำงาน 80 เปอร์เซ็นต์)	= 2,341.2	กิโลกรัมต่อปี
เป็นเงิน	= 57,359	บาทต่อปี
คิดเป็นน้ำที่ประหยัดได้	$= \frac{20.9x24x350x0.8}{1000}$	$ม^3$ต่อปี
	= 140.5	$ม^3$ต่อปี
	= 140.5 ต่อ 152,971 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.09	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 140.5 x 14.53	บาทต่อปี
	= 2,041.47	บาทต่อปี
รวมเป็นเงินค่าเชื้อเพลิงและน้ำที่ประหยัดได้	= 57,359 + 2,041.47	บาทต่อปี
	= 59,400.47	บาทต่อปี
การลงทุน	ไม่มีการลงทุน	

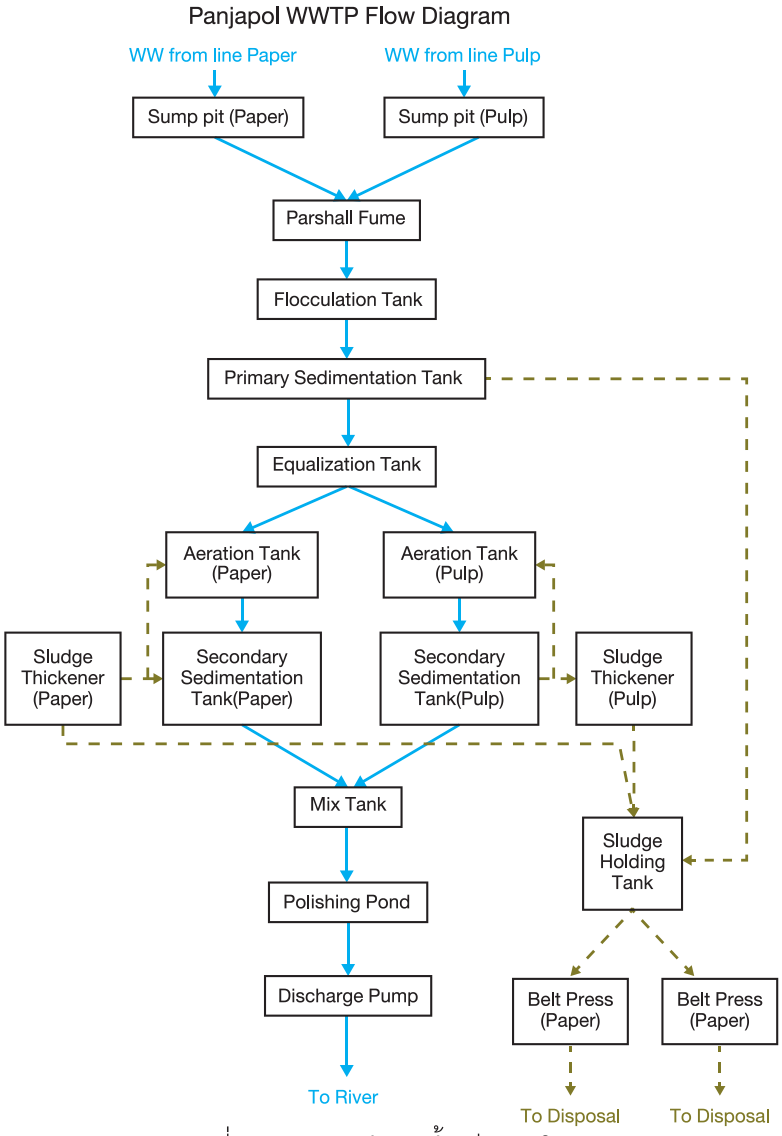
4.2 กรณีศึกษา : สำหรับอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ
สถานประกอบการ G มาตรการปรับปรุงการใช้น้ำ
มาตรการที่ 1 จัดทำระบบ รีไซเคิล น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตและการใช้น้ำจากกิจกรรมอื่นๆ ของโรงงานเกิดขึ้นประมาณ 15,590 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำเสียดังกล่าวจะถูกส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อบำบัดให้น้ำเสียมีคุณภาพน้ำที่ทิ้งออกจากระบบบำบัดผ่านมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อนปล่อยทิ้งออกนอกโรงงาน ระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ปัญจพล พัลพ์ อินดัสตรี้ จำกัด (มหาชน) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียดังนี้น้ำเสียที่เกิดขึ้นจะถูกส่งเข้ามารบรวมยังบ่อสูบ จากนั้นจะมีการสูบน้ำเสียเข้าถังกวนผสมซึ่งจะมีการเติมสารเคมีเพื่อให้เกิดการจับตัวของสิ่งสกปรกในน้ำเสียกับเคมีที่เติมเพื่อให้เกิดเป็นเม็ดตะกอน น้ำเสียที่ผ่านการเติมสารเคมีแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเบื้องต้นเพื่อทำการแยกตะกอนและน้ำออกจากกันโดยตะกอนจะตกลงสู่ก้นถังส่วนน้ำจะไหลล้นเวียร์ออกไปยังถังปรับสมดุลย์ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับสมดุลย์ของน้ำเสียก่อนส่งต่อไปยังถังเติมอากาศ ภายในถังเติมอากาศจะมีการเติมอากาศให้กับน้ำเสียเพื่อทำหน้าที่ในการกวนผสมน้ำเสียส่วนหนึ่ง และเพื่อเป็นการเติมออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์ อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งจุลลินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนที่เลี้ยงไว้ภายในถังเติมอากาศนี้จะทำหน้าที่กำจัดสิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียออกจากน้ำเสียด้วยการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ชนิดที่ใช้ออกซิเจน สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายจะส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตมีจำนวนมากขึ้นกลายเป็นตะกอนจุลินทรีย์ น้ำเสียทีผ่านการเติมอากาศแล้วจะมีตะกอนจุลินทรีย์ผสมกับน้ำ แล้วจะส่งต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอนและน้ำใสออกจากกัน ตะกอนจะตกลงก้นถังและสูบต่อไปยังถังเก็บตะกอน ส่วนน้ำใสจะไหลล้นออกไปยังถังผสมและไหลต่อไปยังบ่อ Polishing Pond เพื่อเป็นการบำบัดขั้นสุดท้ายก่อนปล่อยออกนอกโรงงาน น้ำเสียที่ปล่อยทิ้งออกนอกโรงงานนี้จะมีคุณภาพที่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งหากนำมาปรับปรุงคุณภาพเพิ่มเติมอีกครั้งจะสามารถน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตในบางหน่วยการผลิตได้ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดการใช้น้ำได้อีกทาง

สภาพก่อนปรับปรุง

จากคุณภาพน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากระบบบำบัดน้ำเสียซึ่งมีคุณภาพผ่านมาตรฐานน้ำทิ้ง หากมีการนำกลับมาใช้ใหม่จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพซึ่งต้องมีการบำบัดค่าความสกปรกและค่าของแข็งของน้ำทิ้งเสียก่อน เพื่อให้มีคุณลักษณะของน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้ จึงสามารนำมาใช้ในกระบวนการผลิตบางกระบวนการของโรงงานแทนการใช้น้ำประปาและน้ำบาดาล

การปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนการนำกลับมาใช้ใหม่จะใช้การติดตั้งระบบ รีไซเคิล ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะมีการปรับปรุงถังกรองทรายเดิมให้สามารถใช้งานได้เพื่อใช้ในการกรองความสกปรกและของแข็งออกจากน้ำทิ้งให้คุณภาพน้ำที่ผ่านระบบ รีไซเคิล มีคุณสมบัติที่เหมาะสมและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้



ภาพที่ 4-40 ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน



ภาพที่ 4-41 ตำแหน่งสำหรับการติดตั้งระบบ รีไซเคิล

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินการการติดตั้งระบบ รีไซเคิล อยู่ระหว่างการดำเนินการวางแผนติดตั้ง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นโครงการระยะยาว จะดำเนินการภายหลัง ซึ่งหากดำเนินการแล้วเสร็จจะสามารถลดการใช้น้ำผิวดินลงได้ไม่น้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำรวม	= 6,177,642	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
กำลังการผลิตน้ำ รีไซเคิล	= 100	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ระยะเวลาการทำงาน	= 20	ชั่วโมงต่อวัน
ปริมาณน้ำรีไซเคิลที่ผลิตได้	= 2,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถประหยัดน้ำได้	= 2,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 673,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 673,000 ต่อ 6,177,642 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 10.89	เปอร์เซ็นต์
ราคาน้ำเฉลี่ยของโรงงาน	= 2.52	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 673,000 x 2.52	บาทต่อปี
	= 1,695,960	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้งระบบ รีไซเคิล	= 10,000,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 10,000,000 ต่อ 1,695,960	ปี
	= 5.90	ปี

หมายเหตุ :

ระบบผลิตน้ำ รีไซเคิล จะทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน แต่จะสามารถผลิตน้ำได้วันละ 20 ชั่วโมงต่อวัน และใช้เวลาในการล้างกลับทำความสะอาดถังกรอง 2-4 ชั่วโมงต่อวัน

มาตรการที่ 2 ใช้น้ำจากการบีบตะกอนมาล้าง Belt Press แทนน้ำผิวดิน

ภายในระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัท ปัญจพล พัลพ์ อินดัสตรี้ จำกัด (มหาชน) จะมีระบบการจัดการตะกอนซึ่งใช้ระบบ Belt Press เป็นตัวรีดตะกอน การทำงานของ Belt Press จะทำงานโดยการบีบน้ำที่มีในน้ำตะกอนออกจากตะกอน ทำให้ตะกอนที่ผ่านการรีดน้ำแล้วมีสภาพที่แห้งขึ้น ทั้งนี้เพื่อง่ายต่อการขนส่งและการขนย้ายไปกำจัดต่อไป

สภาพก่อนปรับปรุง

ภายในระบบรีดตะกอนจะมีการใช้น้ำบาดาลและน้ำผิวดินที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำแล้วบางส่วน มาใช้ในการฉีดล้างทำความสะอาดสายพานของตัว Belt Press ซึ่งน้ำที่เกิดขึ้นจากการล้าง Belt Press ต้องนำกลับไปบำบัดก่อนมีการทิ้งออกนอกโรงงาน ดังนั้นจึงมีแนวความคิดว่าน้ำที่ใช้ในการล้าง Belt Press ไม่จำเป็นต้องเป็นน้ำใหม่ทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากการล้างเป็นการล้างเพื่อเอาเศษตะกอนที่ติดกับตัวสายพานออกเท่านั้น ดังนั้นจึงสามารถนำน้ำที่ออกจากการบีบตะกอนของตัว Belt Press มาหมุนเวียนล้างสายพานดังกล่าวได้

สภาพหลังปรับปรุง

น้ำประปาที่ใช้ในการล้าง Belt Press มีปริมาณที่ใช้ประมาณ 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยน้ำที่เกิดจากการรีดเพื่อแยกตะกอนและน้ำออกจากกันโดย Belt Press จะมีปริมาณที่ใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ใช้ล้าง ดังนั้นการใช้น้ำที่ได้จากการรีดตะกอนมาหมุนเวียนใช้ในการล้าง Belt Press จะสามารถลดการใช้น้ำประปาไม่น้อยกว่า 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-42 Belt Press ที่ใช้ในการรีดตะกอน



ภาพที่ 4-43 ถังเก็บน้ำที่เกิดจากการรีดตะกอนมาหมุนเวียนใช้ในการล้าง Belt Press

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำรวม	= 6,177,642	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ปัจจุบันใช้น้ำประปาในการล้าง Belt Press	= 500	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
โดยใช้น้ำบาดาล	= 32.43	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
และน้ำผิวดินที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว	= 467.57	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
น้ำที่ได้จากการบีบอัดตะกอน	= 500	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถประหยัดน้ำบาดาลได้	= 32.43	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 10,912.70	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 10,912.70 ต่อ 6,177,642 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.18	เปอร์เซ็นต์
ราคาน้ำเฉลี่ยของโรงงาน	= 2.52	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 10,912.70 x 2.52	บาทต่อปี
	= 27,500	บาทต่อปี

การลงทุน

ติดตั้งระบบ	= 60,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 60,000 ต่อ 27,500	ปี
	= 2.18	ปี

มาตรการที่ 3 ใช้น้ำเสียสเปรย์ไล่ฟองในถังกวน แทนน้ำผิวดิน

ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียจะมีหน่วยการบำบัดที่มีการเติมสารเคมีและมีการกวนผสมให้สารเคมีมีการสัมผัสและผสมกันอย่างทั่วถึงกับน้ำเสียซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นในถังกวนเร็ว ซึ่งการกวนและการเติมสามารเคมีนี้จะก่อให้เกิดฟองขึ้นหากควบคุมไม่ดีฟองอาจจะล้นถังและถูกกระแสลมพัดออกไปนอกพื้นที่ก่อให้เกิดความสกปรก รำคาญและบางกรณีอาจก่อให้เกิดอันตรายได้เช่น กระแสลมพัดพาไปให้สัมผัสกับสายส่งไฟฟ้าอาจเกิดการลัดวงจรของระบบไฟฟ้าได้

สภาพก่อนปรับปรุง

การควบคุมฟองที่เกิดจากการเติมสารเคมีและกวนผสมในถังกวนเร็วมีการใช้น้ำประปามาสเปรย์เพื่อลดและควบคุมการเกิดฟอง ซึ่งน้ำที่ใช้ในการสเปรย์เพื่อลดฟองนี้ ไม่จำเป็นต้องเป็นน้ำสะอาดที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าน้ำประปา ดังนั้นจึงสามารถใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้วมาใช้ในการสเปรย์ได้

สภาพหลังปรับปรุง

ปริมาณน้ำประปาที่ใช้ในการสเปรย์เพื่อลดการเกิดฟองปัจจุบันใช้ประมาณ 6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เมื่อมีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ทดแทนการใช้น้ำประปาสามารถลดปริมาณการใช้น้ำประปาได้ไม่น้อยกว่า 6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-44 ถังกวนเร็วในระบบบำบัดน้ำเสีย



ภาพที่ 4-45 การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ในการสเปรย์เพื่อลดฟอง

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปัจจุบันใช้น้ำประปาในการฉีดสเปรย์ไล่ฟอง	= 6	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
นำน้ำเสียมาใช้สามารถประหยัดน้ำได้	= 6	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 6 x 336.5	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 2,019	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 2,019 ต่อ 6,177,642 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.033	เปอร์เซ็นต์
ราคาน้ำเฉลี่ยของโรงงาน	= 2.52	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 2,019 x 2.52	บาทต่อปี
	= 5,087.88	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้งระบบ	= 45,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 45,000 ต่อ 5,087.88	ปี
	= 8.84	ปี

มาตรการที่ 4 ลดการสูญเสียน้ำจากการลดไอน้ำรั่วไหล

ไอน้ำที่แบ่งออกจาก Existing Turbine ที่ความดัน 13 บาร์เกจ ถูกส่งมาใช้งานที่เครื่องผลิตกระดาษคราฟ ซึ่งมีการทำงานที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 336.5 วันต่อปี โดยที่มีต้นทุนไอน้ำ ที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ราคา 442 บาทต่อตัน

สภาพก่อนปรับปรุง

พบไอน้ำรั่วบริเวณท่อเมนไอน้ำก่อนเข้าลูกอบกระดาษ จำนวน 2 จุด ประเมินรูรั่วขนาด 3 มิลลิเมตร ที่ความดัน 13 บาร์เกจ



ภาพที่ 4-46 จุดรั่วไหลของไอน้ำที่ลูกอบกระดาษ

สภาพหลังปรับปรุง

ได้มีการร่วมกันสำรวจระหว่างทีมงานของโรงงานและคณะทำงานของที่ปรึกษาได้ทำการประเมินการสูญเสียและวางแผนในการจัดเตรียมอุปกรณ์ เพื่อเข้าดำเนินงานทันทีเมื่อมีแผนการหยุดซ่อมเครื่องจักร และจะมีการติดตามประเมินผลหลังแก้ไขแล้ว อย่างไรก็ตามได้มีการประเมินผลประหยัดได้

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ขนาดรูรั่วประมาณ	3	มิลลิเมตร
จำนวน	2	จุด
ความดันไอน้ำ ณ จุดรั่ว	13	บาร์เกจ
เวลาที่ปล่อยให้รั่วก่อนซ่อมบำรุง	24 ชั่วโมงต่อวัน x 30 วัน	
ราคาต้นทุนไอน้ำ	442	บาทต่อตัน
สูตรหาอัตราการสูญเสียไอน้ำ	= 0.4d2(P+1.013) x จำนวนจุด	
	= 0.4 x (32) x (13.0+1.013) x 2	
	= 100.89	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
คิดเป็นการสูญเสียใน 1 เดือน	= 100.89 x 24 x 365	กิโลกรัมต่อปี
	= 883,796.40	กิโลกรัมต่อปี
หรือ	= 883.80	ตันต่อปี
คิดเป็นเงินที่สูญเสีย	= 883.80 x 442	บาทต่อปี
	= 390,639.60	บาทต่อปี
คิดเป็นน้ำที่ลดลงได้	= 883.80	$ม^3$ต่อปี
	= 883.80 ต่อ 6,177,642 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.014	เปอร์เซ็นต์
ราคาน้ำเฉลี่ยของโรงงาน	= 2.52	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
คิดเป็นเงิน	= 3,630	บาทต่อปี
คิดเป็นเงินรวมที่ประหยัดได้	= 390,639.60 + 3,630	บาทต่อปี
	= 394,269.60	บาทต่อปี
เงินลงทุน	= 5,000	บาท
คืนทุน	$= \frac{5,000}{35,737}$	ปี
	= 0.13	ปี

มาตรการที่ 5 ลดการใช้ไอน้ำในการ Soot Blower เขม่าภายในหม้อน้ำ

การทำความสะอาดเพื่อขจัดเขม่าที่พื้นผิวส่วนที่เป็นโลหะที่ช่องทางเดินของแก๊สเผาไหม้ ที่เกิดจากเชื้อเพลิงแข็ง ควรทำเป็นประจำ เครื่องขจัดเขม่า (Soot Blowers) มีหลายชนิดที่ใช้เพื่อกำจัดเขม่าและฝุ่นละอองภายในห้องเผาไหม้และสามารถทำงานได้ในขณะเดินหม้อน้ำใช้งานอยู่ ส่วนจำนวนเครื่องและตำแหน่งที่ติดตั้งใช้งานนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของเชื้อเพลิงที่ใช้และภาพแบบของห้องเผาไหม้ การทำความสะอาดท่อในเตาหม้อน้ำเป็นผลทำให้ลดการกัดกร่อนของโลหะ ทำให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา และเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงลงได้

สภาพก่อนปรับปรุง

ทางโรงงานมีการทำความสะอาดเขม่าภายในหม้อน้ำทั้ง 3 ชุด ด้วยไอน้ำที่ผลิตได้ของโรงงานเองประมาณ 100 ตันต่อวัน

สภาพหลังปรับปรุง

ควรมีการประชุมและหารือในการที่จะพิจารณาลดจำนวนการใช้ไอน้ำจากวันละ 100 ตันลง โดยการตั้งเป้าหมายพร้อมทั้งติดตามผล เช่น ต้องการลดการใช้ลง 5 เปอร์เซ็นต์ (เหลือวันละ 95 ตัน) และติดตามผลทั้งผลกระทบและผลการเปลี่ยนแปลง หากไม่มีผลกระทบทางด้านใดๆ แล้วก็อาจตั้งเป้าหมายลดการใช้ไอน้ำลงได้อีก เช่น เพิ่มเป้าหมายลดการใช้ลงเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ หรือ 20 เปอร์เซ็นต์ ได้

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ไอน้ำที่ใช้ทำความสะอาดเขม่า	= 100	ตันต่อวัน
กรณีลดการใช้ไอน้ำลง	= 5	เปอร์เซ็นต์
สามารถประหยัดไอน้ำได้	= 100 x 5 ต่อ100	ตันต่อวัน
	= 5	ตันต่อวัน
	= 5 x 336.5	ตันต่อปี
	= 1,682.5	ตันต่อปี
คิดเป็นน้ำที่ลดลงได้	= 1,682.5	$ม^3$ต่อปี
	= 1,682.5 ต่อ 6,177,642 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.03	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	= 1,682.5 x 442	บาทต่อปี
	= 743,665	บาทต่อปี
คิดเป็นเงินค่าน้ำที่ประหยัดได้	= 1,682.5 x 2.52	บาทต่อปี
	= 4,239.90	บาทต่อปี
สามารถประหยัดได้รวม	= 743,665 + 4,239.90	บาทต่อปี
	= 747,904.90	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้งอุปกรณ์	= ไม่มี	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= -	ปี

สถานประกอบการ H มาตรการปรับปรุงการใช้น้ำ
มาตรการที่ 1 การเพิ่มกำลังการผลิตน้ำประปาจากน้ำผิวดิน

เนื่องจากระบบผลิตน้ำใสจากน้ำผิวดิน สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ถึง 19,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะเพิ่มกำลังผลิตน้ำใสจากน้ำผิวดินจากเดิม 16,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันเป็น 18,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพื่อเข้าระบบผลิตน้ำ Demineralization แทนน้ำบาดาล 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

สภาพก่อนปรับปรุง

น้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของบริษัทฯ เป็นน้ำผิวดินจากคลองสี่วา ซึ่งคลองดังกล่าวเชื่อมกับแม่น้ำท่าจีน ซึ่งเมื่อเกิดสภาวะน้ำทะเลหนุนจะทำให้น้ำดิบมีค่าความเค็มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ไม่สามารถนำน้ำจากคลองดังกล่าวมาผลิตน้ำประปาได้ ซึ่งมีผลให้เกิดปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งหากควบคุมค่าความเค็มของน้ำดิบได้ ระบบผลิตน้ำใสจากน้ำผิวดินของทางโรงงานสามารถรองรับกำลังการผลิตได้ถึง 19,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน จากเดิมผลิตได้แค่ 16,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-47 ตำแหน่งของสถานีสูบน้ำผิวดินเพื่อใช้ผลิตน้ำประปา

สภาพหลังปรับปรุง

จากปัญหาน้ำทะเลหนุน ส่งผลให้น้ำในแม่น้ำท่าจีนและคลองสี่วา มีความเค็มเพิ่มขึ้น จนไม่สามารถน้ำมาผลิตน้ำประปาได้ ดังนั้นเพื่อควบคุมการผลิตน้ำประปาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นจึงมีติดตั้ง Conductivity Meter เพื่อตรวจจับค่า Electrical Conductivity หรือความเค็มของน้ำดิบที่จะส่งเข้าระบบผลิตน้ำประปา เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวจะสามารถทราบค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเค็มของน้ำดิบ ซึ่งค่า การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) บอกถึงความสามารถของน้ำที่กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่าน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอิออนโดยรวมในน้ำและอุณหภูมิขณะทำการวัดค่าการนำไฟฟ้า ส่วนค่าความเค็มของน้ำ หมายถึง ปริมาณของแข็ง (Solid) หรือเกลือแร่ต่างๆ โดยเฉพาะโซเดียมคลอไรค์ (NaCl) ที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยมีหน่วยเรียกว่า (Parts per Thousand) ppt ค่าความเค็มของน้ำจะสัมพันธ์กับค่า Chlorinity ประกอบด้วยปริมาณ คลอไรค์, โบรไมค์และไอโอไดด์ และความนำไฟฟ้า (Conductivity) ที่มีอยู่ในน้ำหนักหนึ่งกิโลกรัมความเค็มของน้ำจะแตกต่างตามสถานที่และประเภทของดิน มีผู้แบ่งประเภทน้ำตามระดับความเค็มดังนี้

- น้ำจืด (Fresh Water) ความเค็มระหว่าง 0-0.5 ppt
- น้ำกร่อย (Brackish Water) ความเค็มระหว่าง 0.5-30 ppt
- น้ำเค็ม (Sea Water) ความเค็มมากกว่า 30 ppt ขึ้นไป

การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งจะกำหนดไว้ว่าถ้าน้ำดิบในคลองสี่วามีค่าการนำไฟฟ้าเกิน 400 ไมโครซีเมน จะตัดระบบไม่ให้เครื่องสูบน้ำดิบทำงาน โดยหยุดการส่งน้ำดิบจากคอลงสี่วาเข้าระบบผลิตน้ำประปา หากค่าการนำไฟฟ้าต่ำว่า 400 ไมโครซีเมน จะสั่งการให้ระบบผลิตน้ำประปาทำงานได้ตามปกติ ซึ่งหากติดตั้งระบบดังกล่าวแล้วจะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตน้ำประปา เดิม 16,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันเป็น 18,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพื่อเข้าระบบผลิตน้ำ Demineralization แทนน้ำบาดาล 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-48 Conductivity Meter

ในการปรับปรุงตามมาตรการดังกล่าวจะทำการปรับปรุงโดยการเดินท่อส่งน้ำจากระบบผลิตน้ำประปาของโรงงานไปยังบ่อเก็บน้ำบาดาล ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ใช้น้ำประปาที่ผลิตได้แทนน้ำบาดาล มาตรการดังกล่าวจะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำบาดาลลงได้ไม่น้อยกว่า 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-49 ตำแหน่งการเดินท่อจากระบบผลิตน้ำประปาไปยังบ่อเก็บน้ำบาดาล

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

เดิม		
ใช้น้ำผิวดินสำหรับผลิตน้ำประปา	= 16,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ใช้น้ำบาดาลในโรงงาน	= 2,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
เพิ่มกำลังการผลิตประปาจากน้ำผิวดิน	= 18,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ทดแทนการใช้น้ำบาดาล	= 2,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ระยะเวลาที่เพิ่มการผลิตน้ำประปา	= 150	วันต่อปี
	= 2,000 x 150	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 300,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำได้	= 300,000 ต่อ 5,929,198 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 5.06	เปอร์เซ็นต์
สามารถประหยัดค่าน้ำได้	= 300,000 x 2.51	
	= 753,000	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้งท่อ	= 500,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	= 500,000 ต่อ 753,000	ปี
	= 0.66	ปี

มาตรการที่ 2 จัดทำระบบ รีไซเคิลน้ำ จากน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย ทดแทนน้ำบาดาล

นำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่ โดยติดตั้งระบบผลิตน้ำ รีไซเคิล ขนาด 100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำงาน 20 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตบางส่วนแทนการใช้น้ำประปา

สภาพก่อนปรับปรุง

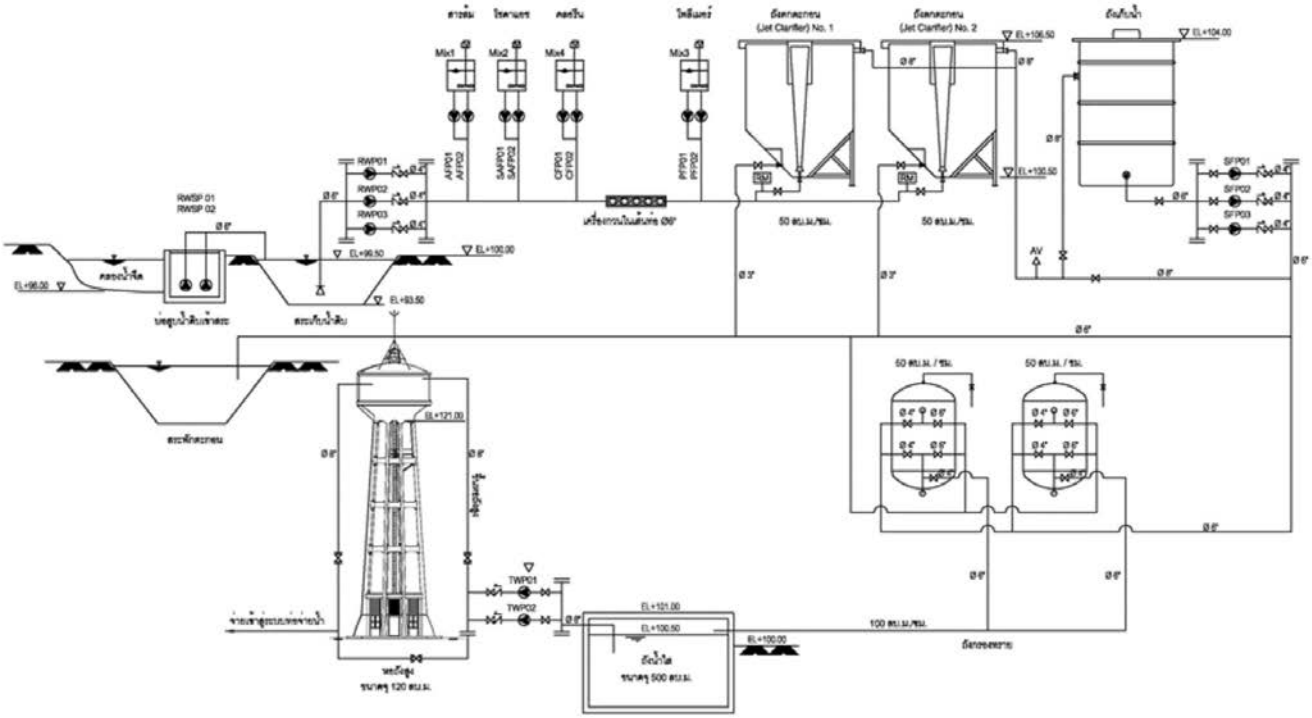
ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน ซึ่งเป็น น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วหากนำกลับมาผ่านกระบวนการ รีไซเคิล จะสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตบางส่วนทดแทนการใช้น้ำประปาและน้ำบาดาลได้ แต่ทั้งนี้เนื่องจากบ่อเก็บน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีตำแหน่งไกลจากระบบ รีไซเคิล มากจึงยังไม่มีการดำเนินการนำกลับมา รีไซเคิล



ภาพที่ 4-50 ตำแหน่งของบ่อบำบัดน้ำ

สภาพหลังปรับปรุง

จากคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วหากนำกลับมาปรับปรุงคุณภาพจะสามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตแทนน้ำประปาและน้ำบาดาลได้ ดังนั้นจึงมีมาตราการการเดินท่อส่งน้ำเสียจากบ่อเก็บน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมายังระบบ Recycle ของโรงงานเพื่อนำน้ำดังกล่าวกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง หากดำเนินโครงการดังกล่าวจะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำประปาและน้ำบาดาลได้ไม่น้อยกว่า 2,000 ลบ.ม./วัน



ภาพที่ 4-51 ตัวอย่างของระบบ รีไซเคิล

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

กำลังการผลิตน้ำ รีไซเคิล	= 100	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ระยะเวลาการทำงาน	= 20	ชั่วโมงต่อวัน
ปริมาณน้ำรีไซเคิลที่ผลิตได้	= 2,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
ปริมาณน้ำที่ใช้ปัจจุบัน	= 18,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถประหยัดน้ำได้	= 2,000	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 2,000 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 600,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำ	= 600,000 ต่อ 5,929,198 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 10.12	เปอร์เซ็นต์
ราคาน้ำเฉลี่ยของโรงงาน	= 2.51	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 600,000 x 2.51	บาทต่อปี
	= 1,506,000	บาทต่อปี
การลงทุน		
ติดตั้งระบบ รีไซเคิล	= 800,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 800,000 ต่อ 1,506,000	ปี
	= 0.53	ปี

สถานประกอบการ I มาตรการปรับปรุงการใช้น้ำ

มาตรการที่ 1 จัดทำระบบ รีไซเคิล น้ำ จากน้ำทิ้งของระบบบำบัดน้ำเสีย ทดแทนน้ำบาดาล

เนื่องจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งหากนำน้ำเสียดังกล่าวมาปรับปรุงคุณภาพจะสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งแนวคิดนี้จะทำการออกแบบติดตั้งระบบน้ำ รีไซเคิล ขนาด 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยออกแบบให้มีการเติมสารเคมีเพื่อตกตะกอนสิ่งเจือปนในน้ำออกแล้วกรองซ้ำด้วยถังกรองทราย

สภาพก่อนปรับปรุง

น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต และจาก หม้อไอน้ำ จะถูกรวบรวมและส่งเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย โดยระบบบำบัดน้ำเสียประกอบไปด้วย บ่อ Facultative และบ่อ Polishing Pond ซึ่งเป็นบ่อ Facultative เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียที่อาศัยการบำบัดโดยใช้แบคทีเรีย ชั้นน้ำตอนบนเป็นชั้นที่มีสภาพมีอากาศหรือออกซิเจน ชั้นล่างมีออกซิเจนต่ำหรือไม่มีออกซิเจนเลย ของแข็งหรือตะกอนจะตกอยู่ก้นบ่อ กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นภายในบ่อ Facultative เรียกว่า การทำความสะอาดตัวเอง (Self-Purification) สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภทที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เพื่อเป็นอาหารและสำหรับการสร้างเซลล์ใหม่และเป็นพลังงานโดยใช้ออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายที่อยู่ในบ่อส่วนบน สำหรับบ่อส่วนล่าง จนถึงก้นบ่อซึ่งแสงแดดส่องไม่ถึง จะมีปริมาณออกซิเจนต่ำจนเกิดสภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic Condition) และมีจุลินทรีย์ประเภทไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์และแปรสภาพเป็นก๊าซเช่นเดียวกับบ่อแอนแอโรบิค แต่ก๊าซที่ลอยขึ้นมาจะถูกออกซิไดซ์โดยออกซิเจนที่อยู่ช่วงบนของบ่อทำให้ไม่เกิดกลิ่นเหม็น ส่วนบ่อ Polishing Pond ใช้เป็นบ่อพักน้ำจากการบำบัดขั้นที่ 2 ซึ่งมีจำนวน 8 บ่อ น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดเสียแล้วจะมีคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานและสามารถปล่อยทิ้งออกนอนโรงงานได้ เนื่องจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมีคุณภาพน้ำที่ดีสามารถนำมาเป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำรีไซเคิลเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำน้ำทิ้งดังกล่าวมาผ่านการปรับปรุงคุณภาพและนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิต

สภาพหลังปรับปรุง

สำหรับการปรับปรุงเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำมีแนวคิดในการติดตั้งระบบรีไซเคิลขนาด 1500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เพื่อทดแทนการใช้น้ำบาดาลและน้ำผิวดิน ซึ่งการติดตั้งระบบรีไซเคิล นี้ระบบดังกล่าวมีหลักการการทำงาน ดังนี้ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกส่งเข้ามายังบ่อพักน้ำดิบ และถูกส่งเข้าระบบ รีไซเคิล โดยปั๊มสูบน้ำดิบซึ่งจะมีการเติมสารเคมีเข้าในเส้นท่อ โดยใช้ปั๊มสูบสารเคมีจ่ายสารละลายสารส้ม โซดาแอช และคลอรีนก่อนที่จะไหลเข้าสู่อุปกรณ์กวนผสมในเส้นท่อ (Inline Static Mixer) เพื่อให้น้ำดิบและสารเคมีผสมกันอย่างทั่วถึง ซึ่งสารส้มที่เติมลงไปในน้ำดิบนั้นจะทำหน้าที่ทำปฏิกิริยากับความขุ่นในน้ำดิบเกิดเป็นตะกอนขนาดเล็กแยกตัวออกจากน้ำ ในขณะที่โซดาแอชจะทำหน้าที่ปรับสภาพความเป็นกรด – ด่าง ของน้ำให้มีค่าเป็นกลาง ในขณะเดียวกันคลอรีนจะทำหน้าที่ในการฆ่าเชื้อโรคที่มีอยู่ในน้ำดิบ จากนั้นจะมีการเติมสารเคมีอีกหนึ่งตัว คือ โพลีเมอร์ ซึ่งจะเป็นสารเคมีที่ช่วยให้การตกตะกอนดียิ่งขึ้น โดยจะมีการเติม โพลีเมอร์ ก่อนที่จะเข้าถังตกตะกอนซึ่งจะมีระบบการกวนช้าอยู่ในตัว โดยถังตกตะกอนชนิดนี้เรียกว่า Jet Clarifier ซึ่งการกวนช้าจะทำให้ตะกอนเม็ดเล็กๆ ที่เกิดจากการรวมตัวของความขุ่นในน้ำดิบกับสารส้ม จับตัวกันเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นแล้วไปตกตะกอนที่ถังตกตะกอน (Clarifier) ซึ่งทำหน้าที่แยกตะกอนและน้ำใสออกจากกัน โดยตะกอนที่เกิดขึ้นจะตกลงสู่ก้นถัง ส่วนน้ำใสส่วนบนจะไหลล้นเวียร์ (Weir) ออกไปยังถังเก็บน้ำ (Holding Tank) จากนั้น เครื่องสูบน้ำเข้าถังกรองทรายจะสูบน้ำจาก Holding Tank ส่งต่อไปยังถังกรองทรายเพื่อกรองตะกอนส่วนที่ยังตกค้างออก น้ำที่ผ่านการกรองโดยถังกรองทรายแล้วจะไหลต่อไปยังถังกรองคาร์บอน เพื่อกรองสี กลิ่น ออกจากน้ำและจะส่งต่อไปยังถังเก็บน้ำ รีไซเคิล เพื่อที่จะส่งไปยังจุดใช้งานต่อไป เมื่อติดตั้งระบบ รีไซเคิล แล้วจะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำผิวดินและน้ำบาดาลได้ไม่น้อยกว่า 1,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำรวมของโรงงาน	= 600,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
อัตราการผลิตน้ำ รีไซเคิล	= 1,500	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถผลิตน้ำทดแทนการใช้น้ำได้	= 1,500	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 1,500 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 450,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำ	= 450,000 ต่อ 600,000 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 75	เปอร์เซ็นต์
ราคาน้ำเฉลี่ยของโรงงาน	= 3.38	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 450,000 x 3.38	บาทต่อปี
	= 1,521,000	บาทต่อปี

การลงทุน

ติดตั้งระบบ รีไซเคิล	= 1,200,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 1,200,000 ต่อ 1,521,000	ปี
	= 0.79	ปี

มาตรการที่ 2 เพิ่มประสิทธิภาพระบบผลิตน้ำประปาจากน้ำผิวดิน

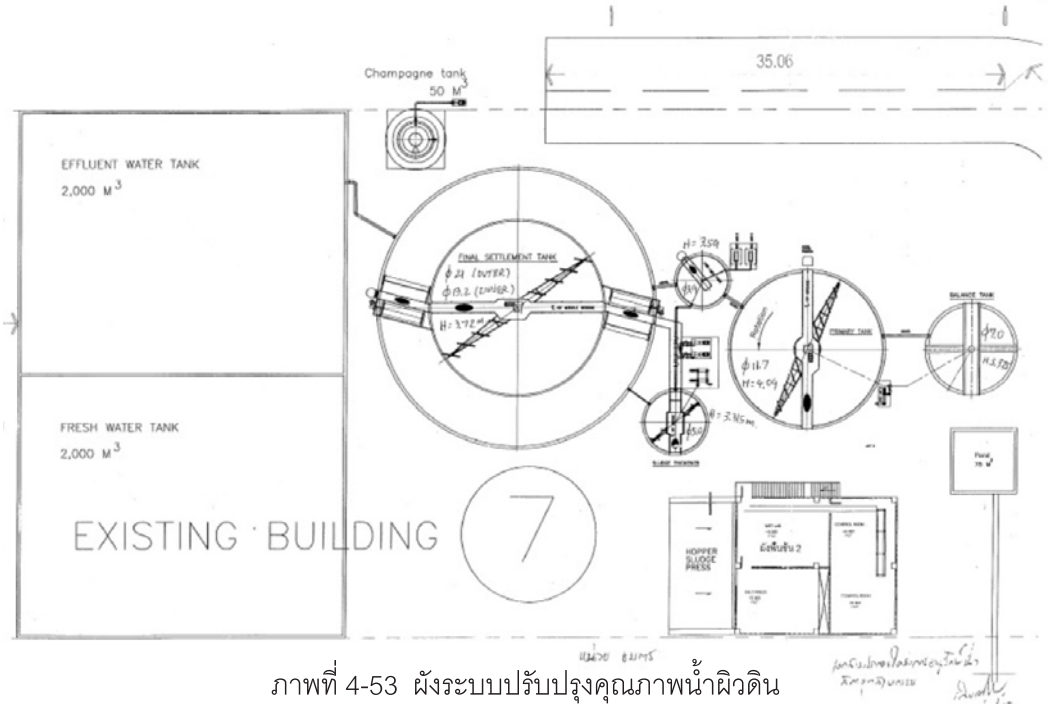
เนื่องจากน้ำประปาที่ใช้ในโรงงานในปัจจุบัน ได้มาจากการนำน้ำผิวดินมาผ่านระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของทางโรงงานก่อน แล้วจึงส่งต่อไปยังจุดใช้งานต่างๆ ภายในโรงงาน ปัจจุบันระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงงานทำงานยังไม่เต็มประสิทธิภาพส่งผลให้คุณภาพน้ำที่ออกมามีคุณภาพที่ไม่ดีนัก



ภาพที่ 4-52 บ่อพักน้ำ

สภาพก่อนปรับปรุง

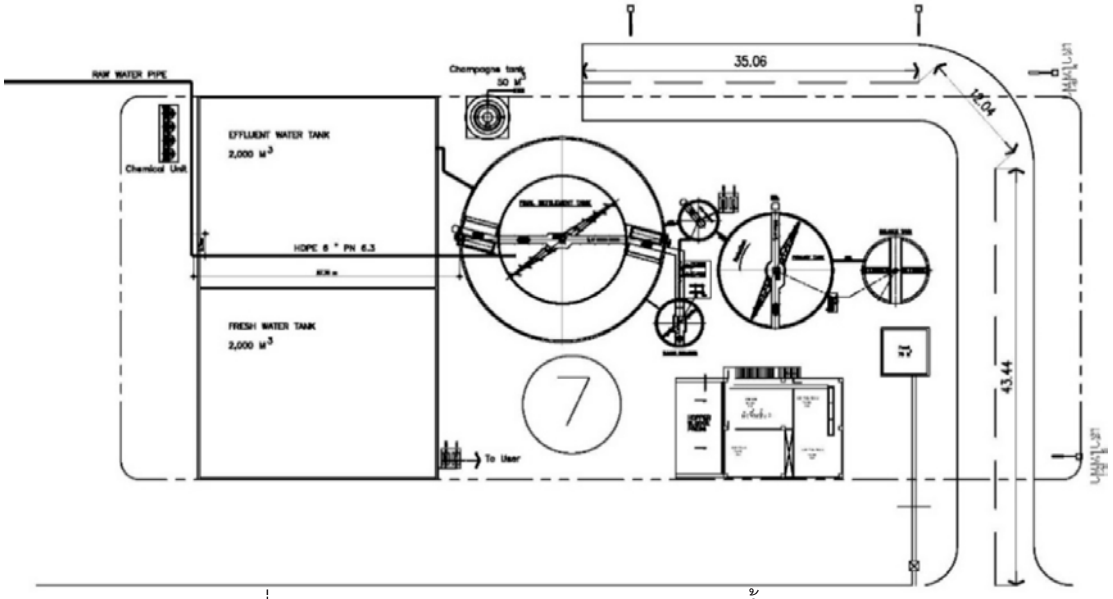
ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดินของบริษัท พานทอง เปเปอร์ จำกัด เป็นระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดินที่อาศัยการตกตะกอนทางเคมี โดยน้ำผิวดินที่สูบขึ้นมาใช้จะผ่านการเติมสารส้มและส่งไปยังถังพักน้ำ จากถังพักน้ำจะถูกสูบไปใช้ยังจุดใช้งาน ซึ่งระบบดังกล่าวไม่มีระบบตกตะกอน ดังนั้นคุณภาพน้ำที่ผ่านการปรับปรุงแล้วจึงมีคุณภาพที่ไม่ดีนัก



ภาพที่ 4-53 ผังระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดิน

สภาพหลังปรับปรุง

การปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำผิวดินมีแนวคิดในการปรับปรุงโดยการเพิ่มชุดสูบจ่ายสารเคมีเพื่อให้การเติมเคมีมีประสิทธิภาพและสามารถควบคุมการจ่ายเคมีให้มีปริมาณที่เหมาะสมกับการเกิดตะกอนได้ง่าย เพื่อให้ประหยัดเคมี และเพิ่มถังตะกอนในระบบเพื่อให้น้ำผ่านการเติมเคมีจนเกิดเป็นเม็ดตะกอนแล้วตกตะกอนแยกตะกอนและน้ำใสออกจากกัน จากนั้นจึงส่งต่อไปยังถังพักและสูบจ่ายไปยังจุดใช้งานต่อไป เมื่อปรับปรุงระบบดังกล่าวแล้วจะทำให้น้ำที่ได้มีคุณภาพดีขึ้นและสามารถผลิตน้ำผิวดินได้เพิ่มขึ้นจนสามารถใช้แทนน้ำบาดาลได้ ซึ่งมาตรการนี้จะสามารถลดการใช้น้ำบาดาลไม่น้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-54 ผังการปรับปรุงระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำรวมของโรงงาน	= 600,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
สามารถทดแทนการใช้น้ำบาดาล	= 100	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 100 x 300	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 30,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำ	= 30,000 ต่อ 600,000 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 5	เปอร์เซ็นต์
ค่าน้ำบาดาล	= 3.38	บาทต่อหน่วย
สามารถประหยัดค่าน้ำบาดาลได้	= 30,000 x 3.38	บาทต่อปี
สามารถประหยัดได้	= 101,400	บาทต่อปี
ค่าลงทุนในการปรับปรุงระบบ	= 230,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	= 230,000 ต่อ 101,400	ปี
	= 2.27	ปี

มาตรการที่ 3 การลดการสูญเสียจากน้ำระบาย (Blow Down) ของหม้อน้ำ

สิ่งสกปรกที่ปนอยู่ในน้ำป้อน และสารเคมีต่างๆ ที่ใส่เข้าไปในหม้อน้ำจะสะสมอยู่ในหม้อน้ำ และทวีความเข้มข้นขึ้นตามเวลาที่ผ่านไปทำให้เกิดผลเสียหายต่างๆ ดังนั้นจึงต้องมีการปล่อยน้ำในหม้อน้ำและสารที่ตกตะกอนทิ้งออกไป หรือโดยการปล่อยน้ำในหม้อน้ำบางส่วนจากบริเวณผิวน้ำออกไป หรือโดยการปล่อยน้ำในหม้อน้ำและตะกอนออกทางท่อด้านล่างของหม้อน้ำ ตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยทิ้ง เพื่อควบคุมความเข้มข้นของน้ำในหม้อน้ำ สามารถคำนวณได้

สภาพก่อนปรับปรุง

โรงงานมีหม้อน้ำขนาด 7 ตันต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 7.5 บาร์เกจ ใช้งาน ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง เฉลี่ยใช้งาน 11 ชั่วโมงต่อวัน 330 วันต่อปี จากการตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) ของน้ำป้อนและน้ำโบว์ดาวน์ได้ 197 ppm และ 2590 ppm ตามลำดับ



ภาพที่ 4-55 การวัดค่า ของแข็งละลายน้ำของน้ำภาพในหม้อน้ำ

สภาพหลังปรับปรุง

การควบคุมค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำในหม้อน้ำเป็นสิ่งจำเป็นปกติหม้อน้ำขนาดไม่เกิน 10 ตันต่อชั่วโมง ค่าของแข็งละลายน้ำ ของโบว์ดาวน์ ตามปกติลงได้อีกเพื่อให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ สูงขึ้นเข้าใกล้ 3,500 ppm เป็นการช่วยลดการปล่อยความร้อน ทั้งของน้ำ โบว์ดาวน์ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงและน้ำที่โบว์ดาวน์ลงได้

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

หม้อน้ำผลิตไอน้ำเฉลี่ย (S)	= 4,572	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
น้ำป้อนมีค่า ของแข็งละลายน้ำ (F)	= 197	ppm
น้ำโบว์ดาวน์มีค่า ของแข็งละลายน้ำ (B)	= 2590	ppm
โบว์ดาวน์ rate	$= \frac{FxS}{B-F}$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	$= \frac{4,572x197}{2,590-197}$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 376.4	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
หลังปรับปรุงและควบคุมการโบว์ดาวน์ให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ อยู่ในช่วง 3200 ppm		
การโบว์ดาวน์จะเป็น	$= \frac{4,572x197}{3,200-197}$	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 300	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ประหยัดการโบว์ดาวน์ลงได้	= 376.4 - 300	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 76.4	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ความดันไอน้ำใช้งาน	= 7	บาร์เกจ
ค่าความร้อนแฝงของน้ำอิ่มตัว	= 721.4	กิโลจูลต่อลิตร
ความร้อนที่เกิดขึ้น	= 76.4 x 721.4	กิโลจูลต่อชั่วโมง
	= 55,115	กิโลจูลต่อชั่วโมง
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	= 41,100	กิโลจูลต่อลิตร
ประสิทธิภาพหม้อน้ำเฉลี่ย	= 81.52	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ลดลงได้	$= \frac{55,115x11x3303}{41,100x0.8152}$	ลิตรต่อปี
	= 5,971	ลิตรต่อปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 5,971 x 14.50	บาทต่อปี
	= 86,579	บาทต่อปี
ลดการใช้น้ำลงได้	$= \frac{76.4x24x300}{1,000}$	$ม^3$ต่อปี
	= 550.08	$ม^3$ต่อปี
ประหยัดทรัพยากรน้ำ	= 550.08 ต่อ 600,000 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.09	เปอร์เซ็นต์
ราคาน้ำเฉลี่ยของโรงงาน	= 3.38	บาทต่อ$ม^3$
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 550.08 x 3.38	บาทต่อปี
	= 1,859.27	บาทต่อปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้รวม	= 86,579 + 1,859.27	บาทต่อปี
	= 88,438.27	บาทต่อปี
การลงทุน	ไม่มีการลงทุน	
คืนทุน	ทันที	

สถานประกอบการ J มาตรการปรับปรุงการใช้น้ำ

มาตรการที่ 1 ลดการใช้น้ำสเปรย์เพื่อดักจับฝุ่นของ Scrubber

โรงงานมีการติดตั้งชุด Scrubber เพื่อทำหน้าที่ในการบำบัดกลิ่น และฝุ่นภายในโรงงาน ซึ่ง Scrubber นี้ต้องมีการใช้น้ำเพื่อเป็นน้ำสเปรย์สำหรับดักจับฝุ่น มีการใช้น้ำเพื่อสเปรย์ดักจับฝุ่นของ Scrubber จำนวน 65 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

สภาพก่อนปรับปรุง

น้ำเพื่อสเปรย์ดักจับฝุ่นของ Scrubber นี้ทางโรงงานมีการใช้สเปรย์เพียงครั้งเดียวแล้วปล่อยทิ้งลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ในการสเปรย์น้ำเพื่อใช้ในการดักจับฝุ่นไม่จำเป็นต้องใช้น้ำใหม่ทุกครั้ง หากมีการวนกลับมาให้ใหม่จะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้



ภาพที่ 4-56 Scrubber

สภาพหลังปรับปรุง

ปัจจุบันมีการใช้น้ำเพื่อสเปรย์ดักจับฝุ่นของ Scrubber จำนวน 65 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน เป็นการสเปรย์เพียงครั้งเดียวแล้วปล่อยทิ้งลงระบบบำบัดน้ำเสีย จึงมีการปรับปรุงโดยเพิ่มถังพักน้ำเพื่อใช้สำหรับสเปรย์ซ้ำจนถึงความเข้มข้นที่กำหนด แล้วจึงปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งลดการใช้น้ำดังกล่าวจาก 65 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือ 2.7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เหลือปริมาณ 2.0 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำให้ลดใช้น้ำได้ 0.7 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือ ลดได้ 16.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-57 การนำน้ำที่พ่นกลับมาใช้ซ้ำ

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

ปริมาณการใช้น้ำสเปรย์ Scrubber	= 65	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถลดการใช้น้ำได้	= 16.8	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 16.8 x 365	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 6,132	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 6,132 ต่อ 83,272 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 7.36	เปอร์เซ็นต์
ราคาน้ำเฉลี่ยของโรงงาน	= 13.32	บาทต่อม^3
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 6,132 x 13.32	บาทต่อปี
	= 81,678.24	บาทต่อปี
การลงทุน	= 12,000	บาท
คืนทุน	= 12,000 ต่อ 81,678.24	ปี
	= 0.15	ปี

มาตรการที่ 2 ติดตั้งระบบผลิตน้ำ อาร์โอ เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

เนื่องจากกระบวนการใช้น้ำในโรงงานมีการใช้น้ำบาดาลในกระบวนการผลิตกระดาษและเมื่อหลังจากกระบวนการจะมีการทิ้งน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำทิ้ง แล้วก็มีการปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะหลังกระบวนการบำบัดเป็นตามข้อกำหนดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

สภาพก่อนปรับปรุง

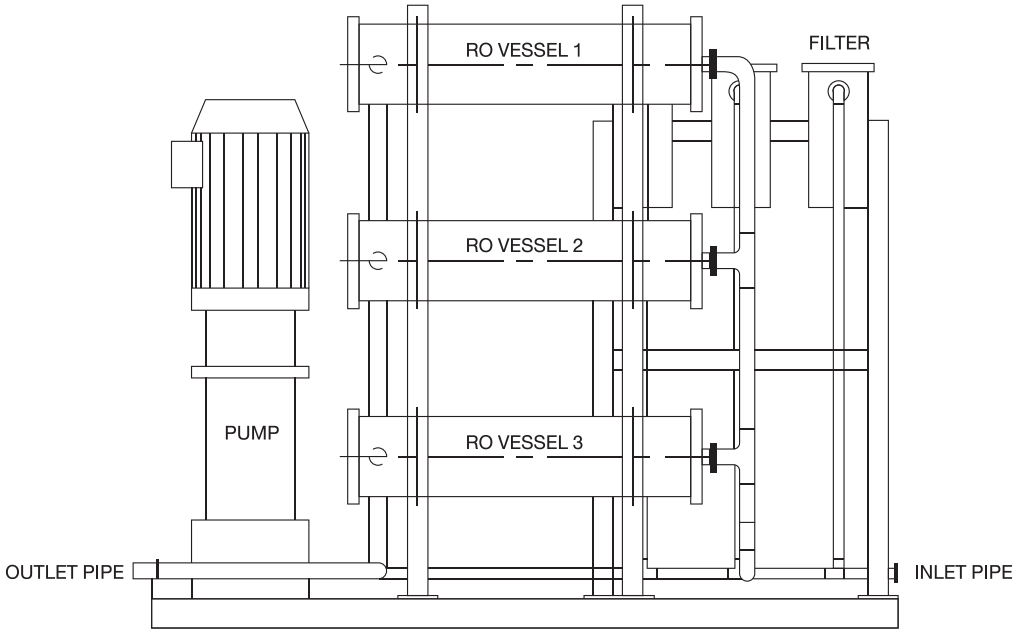
น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วหากน้ำกลับมาปรับปรุงคุณภาพแล้วนำกลับไปใช้ใหม่ก็จะช่วยลดปริมาณการใช้น้ำจากน้ำประปาและน้ำบาดาลลงได้ แต่ทั้งนี้เนื่องจากค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำเสียมีค่าค่อนข้างสูงดังนั้นระบบที่จะนำมาใช้ในการ รีไซเคิล น้ำ ต้องมีความสามารถในการกำจัด ของแข็งละลายน้ำ ซึ่งเมื่อกำจัดค่า ของแข็งละลายน้ำแล้วคุณภาพน้ำที่ได้จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงน้ำประปาซึ่งจะสามารถนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตของโรงงานได้



ภาพที่ 4-58 ระบบบำบัดน้ำเสีย

สภาพหลังปรับปรุง

ระบบที่มีความสามารถในการกำจัด ของแข็งละลายน้ำได้ จะเป็นระบบรีเวอร์ส ออสโมซิส (อาร์โอ) ซึ่งเป็นระบบการกรองโดยใช้เยื่อกรอง เมนเบรน ที่มีความละเอียด ถึง 0.0001 ไมครอนในการกรองซึ่งทำให้สารละลาย สิ่งปนเปื้อน รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่ารูพรุนของเยื่อกรอง เมนเบรน ไม่สามารถแทรกตัวเล็ดลอดผ่านไปได้ มีเพียงโมเลกุลของน้ำบริสุทธิ์เท่านั้นที่สามารถไหลผ่าน โดยสารละลายจะถูกแยกออกจากน้ำดี และกำจัดออกจากระบบ หากมีการติดตั้งระบบดังกล่าวในอัตราการผลิตที่ 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และทำงาน 20 ชั่วโมงต่อวัน จะสามารถลดปริมาณการใช้น้ำบาดาลได้ไม่น้อยกว่า 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน



ภาพที่ 4-59 ผังระบบผลิตน้ำ อาร์โอ

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

อัตราการผลิตน้ำ อาร์โอ	= 1.5	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ระยะเวลาการทำงาน	= 20	ชั่วโมงต่อวัน
ปริมาณน้ำที่ผลิตได้	= 30	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
สามารถผลิตน้ำทดแทนการใช้น้ำได้	= 30	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
	= 30 x 365	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 10,950	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 10,950 ต่อ 83,272 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 13.15	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 10,950 x 13.32	บาทต่อปี
	= 145,854	บาทต่อปี

การลงทุน

ติดตั้งระบบ อาร์โอ ขนาด 1.5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

	= 450,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 450,000 ต่อ 145,854	ปี
	= 3.09	ปี

**ของแข็งละลายน้ำ น้ำเข้า 2000 ppm

มาตรการที่ 3 การนำน้ำคอนเดนเสทจาก Flash Tank เครื่องอบ 4 มาใช้เพิ่ม

อุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลางเป็นอุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องจากอุตสาหกรรมกระดาษประเภทต่างๆ โดยนำมาผสมกับเยื่อที่ได้จากกระดาษรีไซเคิล และเยื่อใยยาวที่สั่งนำเข้ามาจากต่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเยื่อใยยาวได้ อุตสาหกรรมกระดาษขั้นกลางจะประกอบด้วยการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ เช่น กระดาษแข็งเป็นต้น โดยทั่วไปขั้นตอนที่สำคัญซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ ขั้นตอนการเตรียมเยื่อ และขั้นตอนการผลิต

สำหรับพลังงานหลักที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตกระดาษ คือ พลังงานความร้อน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภาพของไอน้ำเพื่อใช้สำหรับอบกระดาษให้แห้ง และพลังงานไฟฟ้าซึ่งใช้ขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ปั๊ม สายพานลำเลียง เป็นต้น

การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานกระดาษธนธารนี้มีการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยมีหม้อน้ำที่ผลิตในประเทศขนาด 4 ตันต่อชั่วโมง ใช้เชื้อเพลิงแข็ง (ขี้เลื่อย+ใยปาล์ม) เป็นเชื้อเพลิงผลิตไอน้ำที่ความดันประมาณ 8-9 บาร์ ส่งไปใช้งานกับเครื่องผลิตกระดาษ 2 เครื่อง (#3 และ#4)



ภาพที่ 4-60 Flash Tank

สภาพก่อนปรับปรุง

การตรวจวัดพลังงาน หรือการสำรวจ เป็นสิ่งที่จำเป็นในการที่จะทราบถึงปริมาณการใช้พลังงาน และประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ซึ่งจำเป็นในการประเมินแนวทางประหยัดพลังงานการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน ตลอดจนการตรวจสอบติดตามผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริงหลังจากที่ได้ดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน เนื่องจากพลังงานเป็นต้นทุนอย่างหนึ่งของสินค้า การลดหรือการบริหารจัดการการใช้พลังงานที่เหมาะสมจะช่วยปรับปรุงด้านต่างๆ ของโรงงาน อาทิ ราคาของสินค้า ตลอดจนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ภายในโรงงานนั่นเอง

การสำรวจหรือการตรวจวัดการใช้พลังงานโดยทั่วไปจะมีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษารวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเช่นบันทึกปริมาณการผลิต ใบเสร็จค่าไฟฟ้า ใบเสร็จค่าเชื้อเพลิงรายละเอียดของเครื่องจักรที่ใช้พลังงาน ฯลฯ
2. จำแนกเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ใช้พลังงานตามประเภทของพลังงานที่ใช้
3. ศึกษาการใช้พลังงานของเครื่องจักรและจุดต่างๆ ในกระบวนการผลิต
4. กำหนดแผนการตรวจวัด ได้แก่ เครื่องจักรหรือการบวนการผลิตที่ต้องการตรวจวัด ตัวแปรที่จำเป็นต้องวัดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ช่วงเวลาในการตรวจวัดที่สอดคล้องกับสภาพการใช้พลังงาน ผู้รับผิดชอบในแต่ละขั้นตอน
5. จัดเตรียมเครื่องมือที่จำเป็นเพื่องานดังกล่าว
6. ดำเนินการวัดจริง เก็บข้อมูลประกอบอื่นๆ

สภาพหลังปรับปรุง

ภายหลังการสำรวจและตรวจวัดระบบหรืออุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานแล้ว ลำดับต่อไปคือการนำข้อมูลมาคำนวณค่าตัวกำหนดประสิทธิภาพการใช้งาน (Parameters) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานหรือการสูญเสียพลังงานเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด (ถ้ามี) แต่ถ้าค่าตัวกำหนดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่คำนวณได้ของอุปกรณ์ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แสดงว่าอุปกรณ์นั้นมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำ มีการสิ้นเปลืองพลังงานในการใช้งานมาก จึงต้องหามาตรการในการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมมาดำเนินการเพื่อให้อุปกรณ์มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานลง

การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษนั้น สามารถดำเนินการได้หลายแนวทาง ทั้งในกระบวนการผลิตและระบบ Utility ที่ช่วยสนับสนุนการทำงานของกระบวนการผลิตต่างๆ แต่ในที่นี้จะเน้นเฉพาะอุปกรณ์หรือระบบที่มีการใช้พลังงานและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำเป็นหลัก อาทิ ระบบผลิตไอน้ำของหม้อน้ำ การเตรียมน้ำป้อนหม้อน้ำ การลดความเข้มข้นของสารละลายของหม้อน้ำ หรือการควบคุมการโบว์ดาวน์ การส่งไอน้ำใช้งาน การตรวจสอบการทำงานของกับดักไอน้ำ (Steam Trap) รวมถึงการพิจารณานำเอาน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ การนำเอาน้ำใช้แล้วหรือความร้อนทิ้งที่มีอยู่ในน้ำกลับมาใช้ เป็นต้น

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

1. **ประสิทธิภาพหม้อน้ำ** คืออัตราส่วนของปริมาณความร้อน ที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ และปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ป้อนให้กับหม้อน้ำ

ข้อมูลเบื้องต้น

จากมิเตอร์น้ำป้อนหม้อน้ำวันละ	= 71.5	ม^{3}ต่อวัน
เชื้อเพลิง (ฝุ่นโรงไม้เฟอร์นิเจอร์)	= 79	ม^{3}ต่อวัน
คิดเป็นน้ำหนัก (ม^3 = 180กิโลกรัม)	= 14,220	กิโลกรัมต่อวัน
ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ย	= 2.57	บาทต่อกิโลกรัม
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง (3800Kcalต่อกิโลกรัม) หรือ	= 15,906.8	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ความดันที่หม้อน้ำผลิตใช้งาน	= 8.6	บาร์เกจ
น้ำป้อนปัจจุบัน (มี Condenste ผสม)	= 70	องศาเซลเซียส
ค่าเอ็นทราปี้ของไอน้ำ (hg) ที่ 8.6 บาร์เกจ	= 2776.6	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ค่าเอ็นทราปี้ของน้ำป้อนที่ 70 องศาเซลเซียส (hf)	= 293	กิโลจูลต่อกิโลกรัม

หาประสิทธิภาพหม้อน้ำ (η)

$$= \frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่ผลิตต่อชั่วโมง x ปริมาณความร้อนในไอน้ำ x100}}{\text{ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อชั่วโมงxค่าความร้อนเชื้อเพลิง}}$$

$$= \frac{2{,}976\text{x}(2776.6\text{-}293)\text{x}100}{592.5\text{x}15{,}906.8}$$

= 78.5 เปอร์เซ็นต์

2. อัตราส่วนการผลิตไอน้ำ (Evaporation) และราคาไอน้ำ

เอ็นทราปี้ของไอน้ำที่ความดัน 8.6 บาร์เกจ (hg)	= 2,776.6	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
น้ำป้อน 70 องศาเซลเซียส ค่าความร้อน (hf)	= 293	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง (HL)	= 15,906.8	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ประสิทธิภาพหม้อน้ำ ()	= 78.5	เปอร์เซ็นต์
อัตราส่วนการผลิตไอน้ำ	$= \frac{15,906.8 \times 0.785}{(2776.6-293)}$	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
	= 5	กิโลกรัมต่อกิโลกรัม
ดังนั้นไอน้ำ 1 ตัน (1,000กิโลกรัม) จะใช้เชื้อเพลิง	$= \frac{1,000}{5}$	กิโลกรัมต่อตันไอน้ำ
	= 200	กิโลกรัมต่อตันไอน้ำ
คิดเป็นต้นทุนไอน้ำจากเชื้อเพลิง	= 200 x 2.57	บาทต่อตัน
	= 514	บาทต่อตันไอน้ำ

3. การเพิ่มปริมาณน้ำ คอนเดทเสท กลับจาก Flash Tank เครื่อง 4

ข้อมูลเบื้องต้น

• ปริมาณไอน้ำที่ผลิตเฉลี่ย	= 2,980	กิโลจูลต่อชั่วโมง
• อุณหภูมิน้ำป้อนเดิม	$= \frac{(\text{น้ำป้อน} \times \text{อุณหภูมิ}) + (\text{น้ำคอนเดนเสท} \times \text{อุณหภูมิน้ำคอนเดนเสท})}{\text{น้ำป้อน} + \text{น้ำคอนเดนเสท}}$	
	$= \frac{(1,146 \times 30) + (1,834 \times 95)}{2980}$	
	= 70	องศาเซลเซียส
คิดเป็นการนำน้ำคอนเดนเสทกลับ	$= \frac{1,834 \times 100}{2,980}$	เปอร์เซ็นต์
	= 61.5	เปอร์เซ็นต์

ต่อมามีการแก้ไขปั๊มน้ำคอนเดนเสทที่ได้จาก Flash Tank ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณน้ำคอนเดนเสทเพิ่มขึ้นได้อีกประมาณ 412 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ทำให้ได้น้ำคอนเดนเสทเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิของน้ำป้อนเพิ่มจาก 70 องศาเซลเซียส เป็น 78.9 องศาเซลเซียส การคำนวณได้ดังนี้

อุณหภูมิน้ำป้อนใหม่	$= \frac{(\text{น้ำป้อน} \times \text{อุณหภูมิน้ำป้อนใหม่}) + (\text{น้ำคอนเดนเสทใหม่} \times \text{อุณหภูมิ})}{\text{น้ำป้อนใหม่} + \text{น้ำคอนเดนเสทใหม่}}$	
	$= \frac{(734 \times 30) + (2246 \times 95)}{2980}$	
	= 78.9	องศาเซลเซียส
คิดเป็นการนำคอนเดนเสทกลับเพิ่มขึ้นเป็น	$= \frac{2,246 \times 100}{2,980}$	เปอร์เซ็นต์
	= 75.30	เปอร์เซ็นต์

การประหยัดพลังงานจากการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนจาก 70 องศาเซลเซียส เป็น 78.9 องศาเซลเซียส

- ความดันไอน้ำที่ 8.6 บาร์เกจ ค่าเอ็นทราปี้ของไอน้ำ (hg) = 2776.6 กิโลจูลต่อกิโลกรัม
- ค่าความร้อนของน้ำป้อนที่ 70 องศาเซลเซียส (hf) = 293.02 กิโลจูลต่อกิโลกรัม
- ค่าความร้อนของน้ำที่ 78.9 องศาเซลเซียส (hf) = 330.27 กิโลจูลต่อกิโลกรัม

ผลประหยัด	= (2,776.6-293.02) - (2,776.6-330.27)	
	$= \frac{2,483.58-2446.33x100}{2,483.58}$	
	= 1.49	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลงได้	$= 79 \times 365 \times \frac{1.49}{100}$	$ม^3$ต่อปี
	= 429.64	$ม^3$ต่อปี
เชื้อเพลิง 1 $ม^3$ = 167 กิโลกรัม	= 429.64 x 167	กิโลกรัมต่อปี
	= 71,749.88	กิโลกรัมต่อปี
เป็นเงิน (2.57 บาทต่อกิโลกรัม)	= 71,749.88 x 2.57	บาทต่อปี
	= 184,397.19	บาทต่อปี
ลดการใช้น้ำ Soft ลงได้อีก	= 1,146 – 734	ลิตรต่อชั่วโมง
	= 412	ลิตรต่อชั่วโมง
	$= \frac{412x24x365}{1,000}$	$ม^3$ต่อปี
	= 3,609.12	$ม^3$ต่อปี
	= 3,609.12 ต่อ 83,272 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 13.15	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินค่าน้ำที่ประหยัดได้	= 3,609.12 x 13.32	บาทต่อปี
	= 48,073.48	บาทต่อปี
รวมผลประหยัดเชื้อเพลิงและน้ำ	= 184,397.19 + 48,073.48	บาทต่อปี
	= 232,470.67	บาทต่อปี
การลงทุน		
ปั๊มน้ำคอนเดนเสท 1 ชุด ราคา	= 200,000	บาท
คืนทุน	= 200,000 ต่อ 232,470.67	ปี
	= 0.86	ปี

อนึ่งได้แนะนำให้ผู้ดูแลระบบหม้อน้ำเพิ่มความยาวของท่อน้ำคอนเดนเสทให้ลงภายในก้นถัง เพื่อให้น้ำคอนเดนเสทที่กลับเข้าใหม่ๆ มีอุณหภูมิสูงได้ ส่งน้ำที่มีอุณหภูมิสูงใกล้กับท่อทางดูดของปั๊มน้ำของหม้อน้ำ อันเป็นการใช้ประโยชน์จากความร้อนก่อน

มาตรการที่ 4 ลดการสูญเสียน้ำจากไอน้ำรั่วไหล (เครื่อง 3 และหน้าแปลน)

หม้อน้ำใช้ขี้เลื่อยและใยปาล์มผสมกันเป็นเชื้อเพลิง มีการใช้ประมาณปีละ 26,000 $ม^3$ หรือ 4,353 ตัน คิดเป็นเงินประมาณ 11,158,940 บาทต่อปี ผลิตไอน้ำที่ความดัน 8.6 บาร์ ส่งไปใช้งานกับลูกอบกระดาษ 2 เครื่อง ปกติโรงงานจะทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 330 วันต่อปี

สภาพก่อนปรับปรุง

จากการร่วมกันสำรวจระหว่างทีมงานของโรงงานและคณะทำงานของที่ปรึกษา พบว่ามีไอน้ำรั่ว 2 จุดคือ บริเวณข้อต่อทางเข้าของลูกอบกระดาษ Joint ของเครื่องชุดที่ 3 เป็นจำนวนมากและบริเวณหน้าแปลนของ Pressuse Reducing Valve ทำให้สูญเสียพลังงานและอาจก่อให้เกิดอุปสรรคในการปฏิบัติงาน ซึ่งเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบได้ประสานกับฝ่ายผลิต (เตรียมเยื่อ) และฝ่ายซ่อมบำรุงในการบริหารจัดเวลาในการหยุดเครื่องอบฯ ดำเนินการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยวางแนวทางปฏิบัติดังต่อไปนี้

1.เข้าสำรวจจุดรั่วเบื้องต้น
2.ตรวจวัด หรือ มีการประเมินการรั่วตามหลักวิชาการ
3.จัดเตรียมอุปกรณ์ ชุดซ่อม อะไหล่ที่จะต้องใช้และเครื่องมือต่างๆ
4.ดำเนินการแก้ไข ซ่อมแซมและทดสอบการใช้งาน
5.ติดตามประเมินผล



ภาพที่ 4-61 บริเวณจุดรั่วไหลของไอน้ำ

สภาพหลังปรับปรุง

ทางโรงงานได้ดำเนินการแก้ไข และปรับปรุงจุดรั่วไหลของไอน้ำต่างๆ ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ ซึ่งสามารถประเมินผลประหยัดได้ดังนี้

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

รูรั่วประมาณ	3 มิลลิเมตร (ข้อต่อ) และ 2 มิลลิเมตร (หน้าแปลน)	
ความดันไอน้ำ	8.6	บาร์เกจ (hg)
	= 2776.6	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
น้ำป้อน	70 องศาเซลเซียส (hf)	
	= 293.02	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
หม้อน้ำประสิทธิภาพเฉลี่ย	= 76.58เปอร์เซ็นต์	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
เวลาการทำงาน	= 24	ชั่วโมงต่อวัน
	= 300	วันต่อปี
ราคาเชื้อเพลิง	= 2.57	บาทต่อกิโลกรัม
อัตราการสูญเสียไอน้ำ(สูตร)	= $0.4d^2$ (P+1.013)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
เมื่อ d	= 3	มิลลิเมตร
P	= 8.6	บาร์เกจ
อัตราการสูญเสียไอน้ำ	= 0.4 x $(3)^2$x (8.6+1.013)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 34.6	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
และรูรั่ว 2 มิลลิเมตร		
อัตราการสูญเสียไอน้ำ	= 0.4 x (2)2x(8.6+1.013)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 15.4	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
รวมไอน้ำสูญเสีย	= 34.6 + 15.4	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 50	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 50 x 24,365	กิโลกรัมต่อปี
	= 438,000	กิโลกรัมต่อปี
คิดเป็นเชื้อเพลิง	= $\frac{438,000}{5.42}$	กิโลกรัมต่อปี
	= 80,811.81	กิโลกรัมต่อปี
เป็นเงิน	= 80,811.81 x 2.57	บาทต่อปี
	= 7,964	บาทต่อปี
ลดการใช้น้ำในการผลิตไอน้ำได้	= 438,000 ต่อ 1,000	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 438.00	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 438 ต่อ 83,272 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 0.53	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินค่าน้ำที่ประหยัดได้	= 438 x 13.32	บาทต่อปี
	= 5,834.16	บาทต่อปี
เป็นเงินรวม	= 7,964 + 5,834.16	
	= 13,798.16	บาทต่อปี

การลงทุน		
ซ่อมจุดรั่ว	= 2,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 2,000 ต่อ 13,798.16	ปี
	= 0.14	ปี

ข้อเสนอแนะ

การสูญเสียพลังงานในระบบจ่ายไอน้ำที่เห็นได้ชัดเจนและร้ายแรงที่สุดคือการรั่วของไอน้ำ เมื่อพบว่ามีการรั่วของไอน้ำควรซ่อมแซมอย่างเร่งด่วน อย่าปล่อยทิ้งไว้เนื่องจากการสูญเสียพลังงานแล้วอาจเป็นอันตรายต่อผู้กำลังปฏิบัติงานได้ด้วย

มาตรการที่ 5 การลดการสูญเสียจากน้ำระบาย (Blow Down) ของหม้อน้ำ

สิ่งสกปรกที่ปนอยู่ในน้ำป้อน และสารเคมีต่างๆ ที่ใส่เข้าไปในหม้อน้ำจะสะสมอยู่ในหม้อน้ำจะสะสมอยู่ในหม้อน้ำและทวีความเข้มข้นขึ้นตามเวลาที่ผ่านไปทำให้เกิดผลเสียหายต่างๆ ดังนั้นจึงต้องมีการปล่อยน้ำในหม้อน้ำและสารที่ตกตะกอนทิ้งออกไป โดยการปล่อยน้ำในหม้อน้ำบางส่วนจากบริเวณผิวน้ำออกไปอย่างต่อเนื่อง หรือโดยการปล่อยน้ำในหม้อน้ำและตะกอนออกทางท่อด้านล่างของหม้อน้ำ ตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยทิ้ง เพื่อควบคุมความเข้มข้นของน้ำในหม้อน้ำ สามารถคำนวนได้

สภาพก่อนปรับปรุง

หม้อน้ำใช้เชื้อเพลิงแข็งขนาด 4 ตันต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 9 บาร์เกจ ใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 330 วันต่อปี จากการตรวจวัดค่า ของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids) ของน้ำป้อนได้ 209 ppm และน้ำโบว์ดาวน์ 1510 ppm



ภาพที่ 4-62 การตรวจวัดค่าของแข็งละลายน้ำ หลังปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การควบคุมค่า ของแข็งละลายน้ำ ของน้ำในหม้อน้ำเป็นสื่อที่จำเป็น ปกติหม้อน้ำขนาดไม่เกิน 10 ตันต่อชั่วโมง ผลิตไอน้ำแบบไออิ่มตัว (Saturated Steam) ค่าของแข็งละลายน้ำ ของน้ำโบว์ดาวน์ไม่ควรเกิน 3500 ppm ซึ่งทางโรงงานสามารถที่ลดจำนวนครั้งของการโบว์ดาวน์ตามปกติลงได้อีกเพื่อให้ค่าของแข็งละลายน้ำ สูงขึ้นอีกได้ เป็นการช่วยลดการปล่อยความร้อนทิ้งของน้ำโบว์ดาวน์ ซึ่งเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงและน้ำ (โบว์ดาวน์) ได้

การคำนวณผลการประหยัดทรัพยากรน้ำ

หม้อน้ำผลิตไอน้ำเฉลี่ย (S)	= 2,980	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
น้ำป้อนมีค่าของแข็งละลายน้ำ (F)	= 209	ppm
น้ำโบว์ดาวน์มีค่าของแข็งละลายน้ำ (B)	= 1,510	ppm
โบว์ดาวน์ rate	= (F×S) ต่อ (B-F)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= (2980×209) ต่อ (1510-209)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 478.7	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
หลังปรับปรุงและควบคุมการโบว์ดาวน์ให้ค่า ของแข็งละลายน้ำ อยู่ในช่วง 3,000 ppm		
การโบว์ดาวน์จะเป็น	= (209×2980) ต่อ (3000-209)	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ประหยัดการโบว์ดาวน์ลงได้	= 478.7 - 223.1	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
	= 255.6	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
ผลประหยัดที่จะเกิดขึ้นจากการโบว์ดาวน์ที่เกินความจำเป็น		
ค่าความร้อนแฝงของน้ำอิ่มตัวที่ความดัน 8.6 บาร์เกจ	= 755.3	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ความร้อนที่เกิดขึ้น (255.6x755.3)	= 193054.7	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ค่าความร้อนเชื้อเพลิง	= 17,581.2	กิโลจูลต่อกิโลกรัม
ประสิทธิภาพหม้อน้ำเฉลี่ย	= 78.5	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ลดลงได้	= (193,054.7×24×330)/(17581.2×0.785)	
	= 110,786.6	กิโลกรัมต่อปี
เป็นเงิน (2.57 บาทต่อกิโลกรัม)	= 284,721	บาทต่อปี
คิดเป็นน้ำที่ประหยัดได้	= (255.6×24×330)/100	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
	= 2,024	ลูกบาก์ศเมตรต่อปี
	= 2,024 ต่อ 83,272 x 100	เปอร์เซ็นต์
	= 2.43	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 2,024 x 13.32	บาทต่อปี
	= 26,595.68	บาทต่อปี
รวมเป็นเงินค่าเชื้อเพลิงและน้ำที่ประหยัดได้	= 284,721 + 26,595.68	บาทต่อปี
	= 311,316.68	บาทต่อปี
การลงทุน	ไม่มีการลงทุน	



REDUCE • REUSE • RECYCLE • RESERVE • REVISUALIZE