วิทยานิพนธ์

Web-based Application สำหรับการจัดการเทคโนโลยีสะอาดและการอนุรักษ์พลังงาน โดยระบบผู้เชี่ยวชาญใช้โปรแกรม PHP และ SQL

Web-based Application for Cleaner Technology and Energy Conservation with Expert System by PHP and SQL

นางสาวณัฐวรรณ ทิพย์เจริญพร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี)

ปริญญา

วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง Web-based Application สำหรับการจัดการเทคโนโลยีสะอาดและการอนุรักษ์พลังงานโดยระบบผู้เชี่ยวชาญใช้โปรแกรม PHP และ SQL

Web-based Application for Cleaner Technology and Energy Conservation with Expert System by PHP and SQL

นามผู้วิจัย นางสาวณัฐวรรณ ทิพย์เจริญพร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ, Ph.D.)

กรรมการ .....

(รองศาสตราจารย์ธงไชย ศรีนพคุณ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์ไพศาล คงคาฉุยฉาย , Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

( )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

Web-based Application สำหรับการจัดการเทคโนโลยีสะอาดและการอนุรักษ์พลังงานโดยระบบผู้เชี่ยวชาญใช้โปรแกรม PHP และ SQL

Web-based Application for Clean Technology and Energy Conservation with Expert System by PHP and SQL

โดย

นางสาวณัฐวรรณ ทิพย์เจริญพร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี)
พ.ศ. 2550

ลายมือชื่อนิสิต	ลายมือชื่อประธานกรรมการ	___/___/___

_____	_____	___	/ ___	/ ___
Student's signature	Thesis Advisor's signature			

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จและความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มิอาจเกิดขึ้นได้ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและการสนับสนุน จากบุคคลหลายๆท่าน ข้าพเจ้าจึงของกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.ดร. ธงไชย ศรีนพคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างสูงที่ได้ให้โอกาสแก่ข้าพเจ้าได้ทำงานวิจัยเรื่องนี้ และคำชี้นำที่เป็นประโยชน์ต่างๆ ในการทำโครงงานวิจัยนี้จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมทั้งตรวจเวลาแก้ไขวิทยานิพนธ์และเสนอแนะในสิ่งที่ขาดตกบกพร่อง ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. จรัญ ฉัตรมานพ ประธานการสอบ และ ผศ.ดร. สิทธินันท์ ท่อแก้ว ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ เพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายที่สุดและสำคัญที่สุดนี้ ข้าพเจ้าของกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างอันประเสริฐแก่ข้าพเจ้า และขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ วิศวกรรมเคมี และบุคคลรอบข้างที่คอยให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังว่างานวิจัยนี้จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพและมีการพัฒนางานวิจัยนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในอนาคต หากงานวิจัยนี้มีข้อบกพร่องประการใด ข้าพเจ้ายินดีรับข้อเสนอแนะและขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ณัฐวรรณ ทิพย์เจริญพร

เมษายน 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ขอบเขตงานวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	31
ผลการทดลอง	64
สรุปและข้อเสนอแนะ	93
สรุป	93
ข้อเสนอแนะ	96
เอกสารอ้างอิง	97
ภาคผนวก	99
ภาคผนวก ก	100
ภาคผนวก ข	106
ภาคผนวก ค	111

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อดีของแนวทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	7
2	แสดงตัวอย่างของค่าปัจจัยหลักในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ	14
3	ค่าการใช้เชื้อเพลิงของโรงงานตัวอย่างผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	66
4	ค่าการใช้น้ำของโรงงานตัวอย่างผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	67
5	ค่าการใช้ไฟฟ้าของโรงงานตัวอย่างผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	67
6	ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading)ของโรงงานตัวอย่างผลิตปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง	68
7	ปริมาณการสูญเสียและมูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต	69
8	แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์	72
9	แสดงปริมาณการใช้นิกเกิลและปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่เป้าหมาย	76
10	ปริมาณการสูญเสียและมูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต	76
11	แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์	80
12	ปริมาณการใช้ทรัพยากรในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น	83
13	ปริมาณการสูญเสียและมูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต	83
14	แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์	86
15	การตรวจวัดและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องของหม้อไอน้ำ	87
16	ข้อมูลจากสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์	87
17	การตรวจวัดและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องของหม้อนึ่งไอน้ำ	88
18	การตรวจวัดและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องของหม้อต้ม(นึ่ง)	88
19	พลังงานที่สูญเสียจากหม้อไอน้ำ	89
20	พลังงานที่สูญเสียจากหม้อนึ่งไอน้ำ	89
21	พลังงานที่สูญเสียจากหม้อต้ม(นึ่ง)	90
22	แสดงปริมาณการลดการสูญเสียเนื่องจากการการติดตั้งระบบการนำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้	90
23	แสดงปริมาณการลดการสูญเสียเนื่องจากการการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
24	แสดงปริมาณการลดการสูญเสียเนื่องจากการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ	91
25	แสดงปริมาณการลดการสูญเสียเนื่องจากการหุ้มฉนวนอุปกรณ์	92
26	แสดงระยะเวลาคืนทุนของการปรังปรุงหน่วยการผลิต	92

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังหลักการสำคัญของเทคโนโลยีสะอาด	7
2	แผนภาพแสดงสาเหตุในการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต	11
3	แผนภาพแสดงแนวทางการหาทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด	12
4	โครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ	16
5	กิจกรรมการจัดการด้านพลังงาน	19
6	วิธีการดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน	22
7	หน้าจอหลัก web-application	32
8	แผนผังแสดงการหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดส่วนของกระบวนการผลิต	33
9	หน้าจอแสดงการเข้าสู่โปรแกรม	34
10	หน้าจอแสดงประเภทอุตสาหกรรม	35
11	หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลพลังงานในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต	35
12	หน้าจอแสดงพลังงานที่สูญเสียในกระบวนการผลิต	36
13	หน้าจอแสดงข้อมูลการคำนวณพลังงาน	37
14	หน้าจอแสดงหน้าจอสำหรับการเข้าสู่การประเมินแนวทางการจัดการ	38
15	หน้าจอแสดงกระบวนการผลิตที่จะดำเนินการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด	38
16	หน้าจอดุลมวลสาร	39
17	มูลค่าการสูญเสียทั้งหมด	40
18	ขั้นตอนการหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม	40
19	ขั้นตอนการหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม	41
20	หน้าจอแสดงคำถาม	41
21	หน้าจอแสดงการเสนอแนวทางการจัดที่ได้จากระบบผู้เชี่ยวชาญ	42
22	หน้าจอแสดงแนวทางที่มีความเหมาะสมกับการปรับปรุงกระบวนการ	43
23	หน้าจอป้อนน้ำหนักความสำคัญและความเร่งด่วนในการแก้ปัญหา	44
24	หน้าจอใส่คะแนนของแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยี	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	หน้าจอแสดงคะแนนแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม	45
26	หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์	46
27	หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลการลงทุนเบื้องต้น	46
28	หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลการลงทุนรายปี	47
29	หน้าจอแสดงการกรอกต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ครบถ้วน	48
30	หน้าจอผลการลดการสูญเสียจากการดำเนินการแนวทาง	48
31	หน้าจอในส่วนของการสรุปข้อมูลที่ในการวิเคราะห์โดยรวม	49
32	หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์	50
33	หน้าจอแสดงกราฟทางเศรษฐศาสตร์	50
34	ขั้นตอนการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดส่วนของหน่วยการผลิต	51
35	หน้าจอสำหรับใส่ข้อจากการตรวจวัดของหม้อไอน้ำ	52
36	หน้าจอสำหรับใส่ข้อจากการตรวจวัดของหม้อนึ่งไอน้ำ	52
37	หน้าจอสำหรับใส่ข้อจากการตรวจวัดของหม้อต้ม(นึ่ง)	53
38	หน้าจอแสดงผลการคำนวณพลังงานที่สูญเสียของหม้อไอน้ำ	54
39	หน้าจอแสดงผลการคำนวณพลังงานที่สูญเสียของหม้อนึ่งไอน้ำ	55
40	หน้าจอแสดงผลการคำนวณพลังงานที่สูญเสียของหม้อต้ม(นึ่ง)	55
41	หน้าจอแสดงการปรับปรุงหม้อไอน้ำโดยการติดตั้งระบบการนำน้ำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้	56
42	หน้าจอแสดงการปรับปรุงหม้อไอน้ำโดยการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน	57
43	หน้าจอแสดงการปรับปรุงหม้อไอน้ำโดยการติดตั้งเครื่องอากาศ	57
44	หน้าจอแสดงการใส่ค่าจากการตรวจวัดหลังการหุ้มฉนวนของหม้อนึ่งไอน้ำ	58
45	หน้าจอแสดงการใส่ค่าจากการตรวจวัดหลังการหุ้มฉนวนของหม้อต้ม(นึ่ง)	59
46	หน้าจอผลของการหุ้มฉนวนหม้อนึ่งไอน้ำ	60
47	หน้าจอผลของการหุ้มฉนวนหม้อต้ม(นึ่ง)	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
48	หน้าจอแสดงข้อมูลของหม้อไอน้ำ	61
49	หน้าจอแสดงข้อมูลของหม้อนึ่งไอน้ำ	61
50	หน้าจอแสดงข้อมูลของหม้อต้ม	62
51	หน้าจอใส่ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์	63
52	หน้าจอผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน	63
53	แผนภาพพื้นที่เป้าหมายในการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในอุตสาหกรรม อาหารกระป๋อง	65
54	หน้าจอแรกแผนผังกระบวนการผลิตลาทูน่ากระป๋อง	66
55	แสดงมูลค่าสูญเสียทั้งหมดของกระบวนการผลิต	69
56	หน้าจอแสดงCT Database	70
57	หน้าจอแสดงแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด	71
58	หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญ	71
59	หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญของแนวทางการจัดการ	72
60	แผนภาพสมดุลมวลสารนิกเกิลในขั้นตอนการชุบ	74
61	แผนภาพสมดุลมวลสารในขั้นตอนการล้างสารเคมีด้วยน้ำ	74
62	หน้าจอแผนผังกระบวนการผลิตชุบโลหะทองแดง-นิกเกิล-โครเมียม	75
63	แสดงมูลค่าสูญเสียทั้งหมดของกระบวนการผลิต	77
64	หน้าจอแสดงCT Database	78
65	หน้าจอแสดงแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด	79
66	หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญ	80
67	น้ำยางข้นและหางยางจากการปั่นแยก	82
68	หน้าจอแรกแผนผังกระบวนการผลิตน้ำยางเข้มข้น	82
69	หน้าจอแสดงCT Database	84
70	หน้าจอแสดงแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด	85
71	หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญ	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค1	แสดงหน้าแรกของ Web-based Application	112
ค2	หน้าจอแสดงการเข้าสู่โปรแกรม	113
ค3	หน้าจอแสดงประเภทอุตสาหกรรม	114
ค4	หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลพลังงานในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต	114
ค5	หน้าจอแสดงพลังงานที่เข้า พลังงานสูญเสีย	115
ค6	หน้าจอแสดงข้อมูลการคำนวณพลังงาน	116
ค7	หน้าจอแสดงหน้าจอสำหรับการเข้าสู่การประเมินแนวทางการจัดการ	116
ค8	หน้าจอแสดงแผนผังกระบวนการผลิต	117
ค9	หน้าจอแสดงกระบวนการผลิตเพื่อเข้าสู่การใส่มวลสารเข้าออก	118
ค10	หน้าจอแสดงการใส่มวลสารเข้าออก	118
ค11	หน้าจอแสดงปริมาณการสูญเสียในขั้นตอนกระบวนการผลิต	119
ค12	หน้าจอแสดงผลการคำนวณมูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต	120
ค13	หน้าจอการเข้าสู่การประเมินแนวทางการจัดการ โดยระบบผู้เชี่ยวชาญ	120
ค14	หน้าจอแสดคำถามของระบบผู้เชี่ยวชาญ	121
ค15	หน้าจอแสดงแนวทางการจัดการที่นำเสนอโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ	121
ค16	หน้าจอการเลือกแนวทางการจัดการ	122
ค17	หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญของการประเมินในแต่ละด้าน	123
ค18	หน้าจอแสดงการใส่คะแนนของการประเมินในแต่ละแนวทางการจัดการ	123
ค19	หน้าจอแสดงผลคะแนนของแนวทางการจัดการ	124
ค20	หน้าจอการเข้าสู่การใส่ค่าทางเศรษฐศาสตร์	124
ค21	หน้าจอการใส่ข้อมูลคงที่ทางเศรษฐศาสตร์	125
ค22	หน้าจอแสดงการเข้าสู่การใส่ค่าต้นทุน	125
ค23	หน้าจอใส่ข้อมูลการลงทุน	126
ค24	หน้าจอแสดงการเข้าสู่การใส่ค่าต้นทุนการดำเนินการ	126
ค25	หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลต้นทุนการดำเนิน	127

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ค26	หน้าจอการเข้าสู่การคำนวณประโยชน์ที่ได้รับหลังการปรับปรุงแนวทางการผลิต	128
ค27	หน้าจอใส่เปอร์เซ็นต์การลดลงของการสูญเสีย	128
ค28	หน้าจอแสดงการคำนวณมูลค่าต้นทุนที่ลดลง	129
ค29	หน้าจอแสดงข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์	129
ค30	หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์	130
ค31	หน้าจอแสดงกราฟทางเศรษฐศาสตร์	130

Web-based Application สำหรับการจัดการเทคโนโลยีสะอาดและการอนุรักษ์พลังงาน โดยระบบผู้เชี่ยวชาญใช้โปรแกรม PHP และ SQL

Web-based Application for Cleaner Technology and Energy Conservation with Expert System by PHP and SQL

คำนำ

ปัจจุบันในขณะที่ประเทศไทยก้าวเข้าสู่การพัฒนาเป็นประเทศอุตสาหกรรม มีการลงทุนในการผลิตสินค้า แต่สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาอันเนื่องมาจากการเป็นผลพวงมาจากการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม คือปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งต้นเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมนั้น คือ โรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนั้นยังพบว่าทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดมีการใช้อย่างสิ้นเปลือง และมีการสูญเสียเกินความจำเป็น ดังนั้นจึงควรมีการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในการดำเนินการทางด้านอุตสาหกรรม

เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology : CT) เป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการในลักษณะของการป้องกันมลพิษ(Pollution prevention) การลดของเสียให้น้อยที่สุด (Waste Minimization) เพื่อให้การดำเนินการด้านกระบวนการผลิตมีการป้องกันหรือลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการพัฒนาศักยภาพในการผลิตของภาคอุตสาหกรรม เนื่องด้วยเทคโนโลยีสะอาดเป็นการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์เพื่อให้เกิดการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนั้นยังรวมถึงการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ การนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นการลดมลพิษจากแหล่งกำเนิด ช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และต้นทุนกระบวนการผลิต ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการบำบัดหรือกำจัดของเสีย

เนื่องจากการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นมีประโยชน์เป็นอย่างมาก โดยประโยชน์ที่ได้จากการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้นั้นมีอยู่มากมาย เช่น ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต เพราะใช้วัตถุดิบน้อยลง แต่ประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น ลดของเสียจากการผลิต และประหยัดค่าใช้จ่าย ในการบำบัดของเสีย จึงช่วยในการลดต้นทุนการผลิต นอกจากนั้นยังเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน และทำให้ภาพพจน์ขององค์กรดีขึ้น โดยในการทำจะต้อง มีการศึกษาถึงกระบวนการผลิต เพื่อหาแนวทางที่จะปรับปรุงกระบวนการ ในการลดการใช้และการนำกลับมาใช้ใหม่ ของ

พลังงาน สารเคมี หรือน้ำ โดยในการแก้ปัญหา จะใช้ความรู้ทางด้านการทำสมดุลมวลสารและสมดุล พลังงานของหน่วยปฏิบัติการเฉพาะอย่างหน่วย (Unit operation) ต่าง ๆ ในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นพื้นฐานความรู้ทางด้านวิศวกรรมเคมี การทำสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานจะทำให้ทราบถึงปริมาณการใช้และการสูญเสียของมวลสาร และพลังงาน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางแก้ไข การสูญเสีย การลดมลพิษหรือของเสียนั้นอาจทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต ซึ่งการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตนั้น อาจมีการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบที่เกี่ยวข้อง เปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี หรืออาจเปลี่ยนแปลงการบริหารจัดการ เช่น การยำกลับมาใช้ใหม่ งานวิจัยนี้จึงมีการพัฒนา Web-based Application สำหรับการประเมินเทคโนโลยีสะอาด โดยใช้ โปรแกรม PHP version 4.3 และระบบฐานข้อมูล MySQL เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจในการเลือกเทคนิคในการจัดการกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ และความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นส่วนช่วยในการตัดสินใจเลือกแนวทางในการจัดการด้านเทคโนโลยีสะอาดให้มีความเหมาะสมกับกระบวนการนั้นๆ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นทางด้านการพัฒนา Web-based Application ทางด้านการประเมินการจัดการเทคโนโลยีสะอาด หลังจากที่มีการตัดสินใจที่จะใช้เทคโนโลยีสะอาด ในอุตสาหกรรม ต้องมีการวางแผนและจัดการ มีการสำรวจข้อมูล ทำการประเมินเบื้องต้น และทำการประเมินในขั้นต่อมา โดยในขั้นตอน การประเมินเบื้องต้นและการประเมิน เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนภาพกระบวนการผลิต (Process Flow Chart) พิจารณาการป้อนเข้า (Input) และการจ่ายออก (Output) ของแต่ละหน่วยปฏิบัติการ และสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงานขึ้น ทำให้สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุและปริมาณของ ของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิต เพื่อหาวิธีแก้ปัญหาต่อไป โดยทางเลือกที่นำเสนอต้องมีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ ไม่มีการลงทุนที่สูงเกิน และสามารถคืนทุนได้ในระยะสั้น เมื่อวิธีการสอดคล้องกับเศรษฐศาสตร์จึงลงมือปฏิบัติการ และดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปสู่การพัฒนา ที่ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนา Web-based Application สำหรับการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดและการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต
2. เพื่อประเมินหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด ที่มีความเหมาะสมกับกระบวนการผลิต
3. เพื่อคำนวณความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

ขอบเขตงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาแนวทางการจัดทางด้านสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้ Web-based Application
2. พัฒนา Web-based Application โดยใช้โปรแกรม PHP และ ระบบฐานข้อมูล MySQL
3. การศึกษาทางด้านการอนุรักษ์พลังงานของหน่วยการผลิต หม้อไอน้ำ หม้อนึ่งไอน้ำ และหม้อต้ม(นึ่ง) โดยใช้ Web-based Application

การตรวจเอกสาร

1. เทคโนโลยีสะอาด

ปัญหามลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางของประเทศไทยมีอยู่อย่างกว้างขวางและมีแนวโน้มที่ภาครัฐจะเข้าไปควบคุมดูแลเข้มงวดมากยิ่งขึ้น การใช้เทคโนโลยีสะอาด ซึ่งใช้หลักการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด (Source reduction) และการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในนานาประเทศ และพิสูจน์แล้วว่าสามารถลดมลพิษและลดต้นทุนการผลิต ซึ่งเป็นการเพิ่มสมรรถนะการแข่งขันให้กับภาคอุตสาหกรรม(ธำรงรัตน์ และคณะ, 2539)

1.1 ความหมาย(กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2548)

เทคโนโลยี การผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology: CT) หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพโดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่ มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบการใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนในการผลิตไปพร้อมๆ กัน

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology Code of Practice) หมายถึงแนวทางการปฏิบัติตามหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในรายสาขาอุตสาหกรรมที่กำหนด ประกอบด้วย (1) ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต และ (2) วิธีการเพิ่มประสิทธิ ภาพการผลิตและการป้องกันกันมลพิษ

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต (Key Factor) หมายถึง ปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากรหรือปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น/ระบายออก โดยเทียบต่อหนึ่งหน่วยวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ ของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพในการผลิตหรือความสูญเสียที่เกิดขึ้น และผลกระบบต่อสิ่งแวดล้อม

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (Cleaner Technology Option: CT Option) หมายถึง แนวทางหรือวิธีการปรับปรุงค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตให้ดีขึ้น

คำว่า เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด(Cleaner Technology) เป็นคำที่มีนัยเดียวกับคำว่า

- การป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention)	คำจำกัดความที่ใช้สำหรับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในสหรัฐอเมริกา
- การผลิตที่สะอาด (Cleaner Production)	เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในกระบวนการผลิต
- การลดของเสีย (Waste Minimization)	เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด
- การผลิตเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green Productivity)	คำจำกัดความที่ใช้สำหรับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดประเทศญี่ปุ่น

คำจำกัดความนี้ เน้นการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เน้นแหล่งกำเนิด โดยคำนึงมวลสารเข้าสู่กระบวนการผลิต (Inputs) มากกว่ามวลออกจากกระบวนการผลิต (Outputs) เพื่อหาวิธีที่จะเพิ่มผลิตผล ให้มีของเสียหรือมีการปล่อยมลพิษน้อยลง การใช้มวลสารเข้า อันได้แก่ วัตถุดิบ พลังงาน ทรัพยากรธรรมชาติ และทรัพยากรมนุษย์ให้ได้ประโยชน์สูงสุด คือวิถีทางของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เทคโนโลยีสะอาดเป็นวิธีการใหม่ในการลดการสูญเสียในการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวิเคราะห์ทุกส่วนของกระบวนการผลิต ต้องมีการเปลี่ยนทัศนคติจากการแก้ไขกำจัดของเสียเป็นการป้องกันมิให้เกิดของเสียแทน โดนใช้วิธีการปรับปรุงการจัดการ และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

1.2 ประโยชน์ที่ได้จากการนำเทคโนโลยีสะอาดไปใช้ในอุตสาหกรรม

เทคโนโลยีสะอาดเป็น ทางออกที่เหมาะสมลงตัวของการแก้ปัญหาทาง สิ่งแวดล้อม และทางเศรษฐกิจสำหรับอุตสาหกรรม ทั้งในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งประโยชน์ที่ได้จาก การใช้เทคโนโลยีสะอาด ได้แก่

การป้องกันสิ่งแวดล้อม : เทคโนโลยีสะอาดจะลดปริมาณมลพิษจากอุตสาหกรรม และหลีกเลี่ยงการสะสมตัวของความเป็นพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยการใช้กระบวนการที่ไม่ซับซ้อน

การปรับปรุงสภาพการทำงาน : เทคโนโลยีสะอาด จะทำให้การทำงานมีคุณภาพเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการมีสุขภาพอนามัยดีขึ้นและก่อให้เกิด อันตรายต่าง ๆ น้อยลง และสามารถขยายผลไปสู่ การควบคุมคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 14000 ได้อีกด้วย

การประหยัดวัตถุดิบและพลังงาน : การจัดการที่ดี ทำให้เกิดการประหยัดวัตถุดิบและลดการเกิดมลพิษ เทคโนโลยีสะอาดจะช่วยทำให้เกิดการประหยัดการ ใช้น้ำและวัตถุดิบ ด้วยกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง โอกาสที่โรงงานจะมี ผลกำไรเพิ่มขึ้นย่อมเป็นไปได้

การปรับปรุงคุณภาพสินค้า : คุณภาพของสินค้า เป็นสิ่งสำคัญของผู้ผลิต เนื่องจากมีการแข่งขันกับต่างประเทศ การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดทำให้คุณภาพกระบวนการ ผลิตดีขึ้นส่งผลให้คุณภาพสินค้าดีขึ้นด้วยความนิยม ในคุณภาพสินค้าที่โรงงานผลิตออกจำหน่าย จะทำให้มีชื่อเสียงเป็นที่ยอมรับต่อไปในอนาคตด้วย

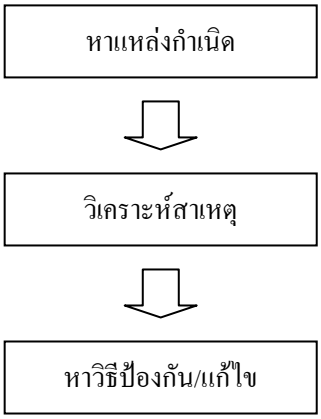
การเพิ่มประสิทธิภาพและกำไร : การประหยัดวัตถุดิบและพลังงาน ส่งผลให้ต้นทุน ในการผลิตสินค้าลดลง ซึ่งเป็นการเพิ่มกำไร และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ของโรงงานได้อีกวิธีหนึ่ง

การลดต้นทุนการบำบัดมลภาวะพิษ : การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดทำให้มลพิษมีปริมาณ ลดลงซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนการบำบัดมลพิษที่โรงงาน ต้องเสียค่าใช้จ่ายลดลง ซึ่งอาจส่งผลให้โรงงาน มีกำไรเพิ่มขึ้น หรือสามารถขยายงานได้ภายหลัง

การมีภาพพจน์ที่ดีต่อสาธารณชน : เทคโนโลยีสะอาดทำให้โรงงานสามารถปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี เป็นการสร้างภาพพจน์ความรับผิดชอบ ต่อสังคมของโรงงานได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

1.3 หลักการสำคัญของเทคโนโลยีสะอาดในการตรวจสอบกระบวนการผลิต

หลักการที่สำคัญของเทคโนโลยีสะอาดคือ การตรวจสอบกระบวนการผลิตซึ่งมีลำดับขั้นตอนดังนี้(Van Berkel, 1995)



ภาพที่ 1 แผนผังหลักการสำคัญของเทคโนโลยีสะอาด

หาแหล่งกำเนิด

- หาแหล่งกำเนิดของเสีย แหล่งที่ใช้น้ำและพลังงานมาก
- ทำโดยการสร้างแผนภาพกระบวนการผลิต
- สาเหตุของการหาแหล่งกำเนิดก็เพื่อที่จะทราบจุดกำเนิดของเสีย หรือแหล่งที่มีการใช้ทรัพยากรหรือวัตถุดิบ

วิเคราะห์สาเหตุ

- สังเกตุจาก 5 แหล่งคือ วัตถุดิบ เทคโนโลยี การจัดการ ผลิตภัณฑ์ และของเสีย
- วัดและบันทึกตัวเลขที่เกี่ยวข้อง เช่น น้ำหนัก ปริมาตร ความเข้มข้น เป็นต้น

วิธีป้องกัน/แก้ไข

- เปลี่ยนหรือปรับปรุงวัตถุดิบ
- เปลี่ยนหรือปรับปรุงเทคโนโลยี
- ใช้วิธีการจัดการและการจัดการที่เหมาะสม
- เปลี่ยนหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์
- การใช้ซ้ำหรือการรีไซเคิล

ข้อดีของแนวทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner technology option) แต่ละแนวทางดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อดีของแนวทางเลือกเทคโนโลยีที่สะอาด(Cleaner technology option)

แนวทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	ข้อดี
การดูแลการผลิตที่ดี	การปรับปรุงการทำงานและการบำรุงรักษาที่เหมาะสมมักจะให้ผลดีอย่างเห็นได้ชัด ทางเลือกเหล่านี้มักจะมีค่าใช้จ่ายต่ำ
การปรับแต่งกระบวนการผลิต	การใช้ทรัพยากรจะสามารถลดลงได้ด้วยการปรับแต่งกระบวนการผลิตที่มีอยู่ให้ได้ผลสูงสุด ทางเลือกเหล่านี้มักจะมีค่าใช้จ่ายต่ำ ถึงปานกลาง
การเปลี่ยนวัตถุดิบ	ปัญหาสิ่งแวดล้อมจะสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการเปลี่ยนวัสดุอันตรายวัสดุที่มีผลกระทบน้อยต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับทางเลือกเหล่านี้แล้ว อาจจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนเครื่องจักรในการผลิต
เทคโนโลยีใหม่	การใช้เทคโนโลยีใหม่สามารถลดการใช้ทรัพยากรและลดปริมาณของเสียโดยการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ทางเลือกเหล่านี้มักจะต้องการการลงทุนสูง หากแต่ต้องคุ้มค่าต่อการลงทุน
การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่	การเปลี่ยนรูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นจะได้ประโยชน์ตลอดทั้งรอบอายุของผลิตภัณฑ์ ซึ่งรวมถึงการลดการใช้วัสดุอันตราย ลดการทิ้งของเสีย ลดการใช้พลังงาน และการใช้กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ การออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นเป็นมาตรการระยะยาวและอาจจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรในการผลิตใหม่ รวมถึงการตลาดใหม่ หากแต่สามารถได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่า

หัวใจหลักของเทคโนโลยีสะอาดคือ การเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงวัตถุดิบ เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ และการจัดการที่เหมาะสม ลำดับต่อไปก็คือ การนำกลับมาใช้ใหม่นั่นเอง และต่อจากนั้นก็หาแนวทางในการนำกากของเสียมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด แล้วหลักจากนั้นก็เป็นการบำบัดของเสียตามปกติทั่วไป

1.4 ขั้นตอนในการใช้เทคโนโลยีสะอาด(Anonymous, 1991)

1.4.1 การวางแผนและการจัดองค์กร

วัตถุประสงค์เพื่อให้ความรู้แก่ผู้บริหารและพนักงานาในองค์กรเกี่ยวกับหลักการของเทคโนโลยีสะอาด พร้อมทั้งสร้างฐานความคิดเกี่ยวกับการอุทิศตนหรือการเล็งเห็นและความห่วงใยทางด้านสิ่งแวดล้อม ต้องมีการเข้าร่วมและตกลงกันภายในองค์กรเกี่ยวกับการปฏิบัติทางเทคโนโลยีสะอาด มีการจัดตั้งงบประมาณและทรัพยากรบุคคลเข้ามาปฏิบัติงาน พร้อมทั้งกำหนดวัตถุประสงค์ในการประเมินผลในการดำเนินการทางเทคโนโลยีสะอาด โดยผู้บริหารและพนักงานในองค์กร

การวางแผนและการจัดองค์กร จะสาสามารถแบ่งได้ 4 ขั้นตอนดังนี้ คือ

1. ผู้บริหารเข้ามามีส่วนร่วมและรับผิดชอบ เพื่อที่จะได้รับการสนับสนุนในเรื่องเทคโนโลยีสะอาดจากคณะของผู้บริหารจากองค์กร พร้อมทั้งให้ข้อมูลแก่พนักงานและจำเป็นต้องกำหนดแหล่งเงินทุนที่จำเป็นต่อการประเมินด้วย
2. จัดตั้งทีมเพื่อทำการตรวจสอบ วัตถุประสงค์เพื่อมีทีมในการประเมินผลของโครงงาน พร้อมทั้งแบ่งหน้าที่รับผิดชอบของแต่ละบุคคลในทีม
3. ตั้งเป้าหมายและวัตถุประสงค์ในการตรวจประเมิน เพื่อให้องค์กรตั้งเป้าหมายโดยรวมขององค์กรก่อน เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินอุปสรรคและการแก้ไขปัญหา เพื่อแจกแจงและแก้ไขอุปสรรคต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจนทำให้การประเมินต้องหยุดชะงักลงได้

1.4.2 การประเมินเบื้องต้น

วัตถุประสงค์เพื่อเลือกจุดที่เน้นในการประเมิน การทำขั้นตอนนี้อาจเป็นการพิจารณาหรือประเมินอย่างคราวๆ ซึ่งอาจจะมาจากบิลค่าใช้จ่าย หรือมาจากการพูดคุยของพนักงานหรือผู้บริหารองค์กร จากนั้นจึงทำแผนภูมิของกระบวนการผลิต โดยกำจัดขอบเขตและการเลือกประเด็นที่ต้องมุ่งเน้นในการประเมิน พร้อมทั้งต้องกำหนดและทำการเปรียบเทียบผลก่อนผลหลังการทำเทคโนโลยีสะอาด และชี้จุดหรือประเด็นที่มีค่าใช้จ่ายต่ำนำมาปฏิบัติได้ทันที

การประเมินเบื้องต้น จะสามารถแบ่งได้ 3 ขั้นตอน คือ

1. การทำแผนภูมิกระบวนการผลิต เพื่อให้เห็นภาพรวมของทั้งระบบไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบ สิ่งที่จำเป็นในการผลิต และการผลิตในแต่ละกระบวนการ

2. การประเมินผลวัตถุดิบที่เข้าและผลผลิตที่ได้ เพื่อที่ประเมินได้ตามแนวความคิดที่ว่าปริมาณที่เข้าต้องเท่ากับปริมาณที่ออก ซึ่งหมายถึงการตรวจประเมินผลที่เหมาะสมหรือไม่มีการสูญหายในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตมากน้อยเพียงใดอย่างคราวๆ อาจจะทำการเปรียบเทียบแหล่งค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งหมดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งอาจจะเป็นช่วง 1 เดือน หรือ 1 ปี มาเปรียบเทียบกันว่าแหล่งค่าใช้จ่ายมีการใช้มากที่สุด มีการใช้ในปริมาณที่เหมาะสมหรือไม่ ซึ่งอาจจะนำไปเป็นประเด็นที่มุ่งในขั้นตอนต่อไปได้
3. เลือกประเด็นที่มุ่งเน้น เพื่อที่จะเลือกประเด็นที่เน้นในการทำเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งจะนำผลจากขั้นตอนขั้นต้น มาเป็นพื้นฐานในการเลือกพิจารณาประเด็นที่มุ่งเน้น ด้วยสาเหตุในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดมีหลายประเด็นมาก แต่จำเป็นต้องเลือกประเด็นที่มีความสำคัญและเห็นผลในการปฏิบัติมากมาทำก่อน ประเด็นที่สำคัญนี้อาจเป็นประเด็นทางด้านสิ่งแวดล้อมหรือประเด็นทางเศรษฐศาสตร์ก็ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการขององค์กร

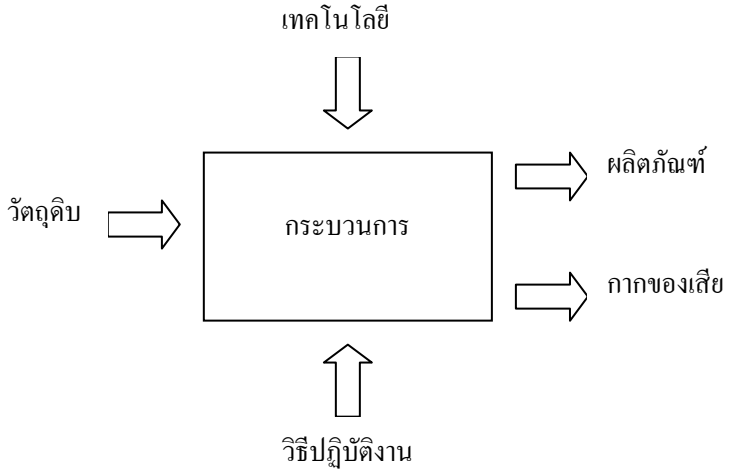
1.4.3 การประเมินโดยละเอียด

วัตถุประสงค์ในขั้นตอนการประเมินคือ ทำการประเมินวิเคราะห์ให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น เพื่อที่จะนำไปหาแนวทางเลือกในการใช้เทคโนโลยีสะอาดโดยผลหรือสิ่งที่ต้องปฏิบัติในการทำขั้นตอนนี้คือ การทำสมดุลมวลสารเพื่อทำการตรวจสอบสารในแต่ละกระบวนการพร้อมทั้งทำความเข้าใจอย่างละเอียดเกี่ยวกับสาเหตุของมลพิษ ณ แหล่งกำเนิด และจัดลำดับความสำคัญก่อหลังของตัวเลือกในเทคโนโลยีสะอาด

การประเมินขั้นต้นที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นที่จะต้องประเมินผลอย่างละเอียด เพื่อจะเป็นการบ่งบอกถึงปริมาณของเสียในแต่ละกระบวนการ จึงจำเป็นต้องใช้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมเคมีในการทำสมดุลมวลสารและพลังงานในแต่ละกระบวนการและจำเป็นอย่างยิ่งในการประเมินผลแต่ละครั้งควรจะประเมินออกมาในรูปของการประเมินทางการเงิน เพื่อที่จะง่ายต่อการพิจารณาและง่ายต่อการแสดงเปรียบเทียบ ในขั้นตอนการประเมินจะสามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนคือ

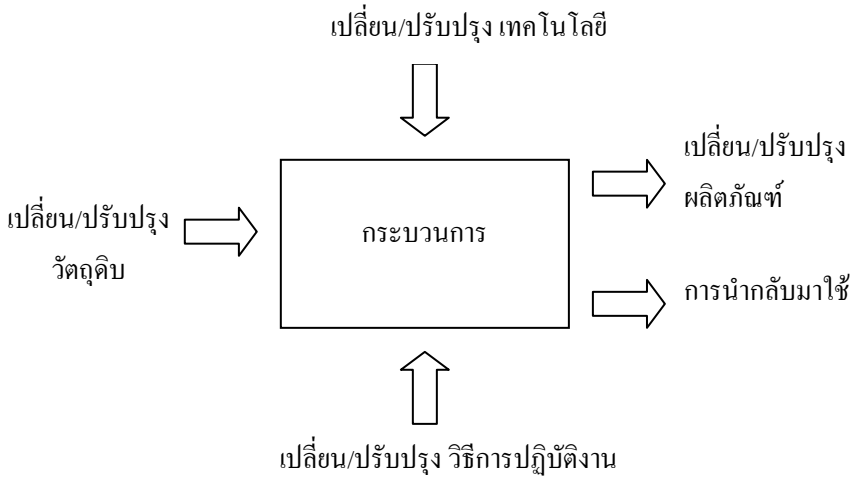
1. การประเมินจาการดุลมวลสารและดุลพลังงาน เพื่อแสดงการใช้วัตถุดิบ สิ่งที่จำเป็นต่อการใช้งาน พลังงาน น้ำ ไฟฟ้า ไอน้ำ และปริมาณของเสียที่ได้รับออกมาในแต่ละกระบวนการ เพื่อเป็นการระบุได้อย่างชัดเจนในการเลือกแนวทางที่น่าสนใจ ในการหาแนวทางการแก้ไขและลดปริมาณของเสีย ในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องทราบค่าใช้จ่ายในด้านวัตถุดิบ การบำบัดของเสีย ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน สิ่งอำนวยความสะดวก การขนส่ง การบำรุงรักษาอุปกรณ์

2. การนำผลจากการประเมินโดยละเอียด เพื่อหาสาเหตุในการสูญเสียไม่ว่าจะเป็นด้านวัตถุมวลสาร พลังงานหรือการเกิดมลพิษในและแหล่งกำเนิด ว่าเพราะเหตุใดจึงเกิดการสูญเสียขึ้น อะไรเป็นสาเหตุ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่จำเป็นต้องมีการพิจารณาในหลายๆด้านมาประกอบกัน จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าวัตถุดิบ เทคโนโลยี วิธีการปฏิบัติงาน ผลิตภัณฑ์ และของเสีย เป็น 5 ทางที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ การมุ่งเน้นใน 5 ทางนี้จะสามารถระบุสาเหตุของการเกิดของเสียได้



ภาพที่ 2 แผนภาพแสดงสาเหตุในการเกิดของเสียในกระบวนการผลิต

3. ตั้งทางเลือกทางเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งในขั้นตอนนี้จำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ในการแก้ไขหาทางเลือก โดยกการหาทางเลือกทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงหรือปปรับปรุงวัตถุดิบ เทคโนโลยี วิธีการปฏิบัติ ลี่สำคัญสุดท้ายคือ การนำกากของเสียกลับมาใช้ใหม่ เพราะกากของเสียที่เสียไปนั้นเป็นต้นทุนหรือวัตถุดิบของการผลิตนั่นเอง โดยสามารถแสดงแนวทางในการหาทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงแนวทางการหาทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

การคัดเลือกทางเลือกทางเทคโนโลยีสะอาดที่มีอยู่ เพื่อทำการคัดเลือกเทคโนโลยีสะอาดสำหรับการทำขั้นตอนต่อไป โดยการคัดเลือกทางเลือกนั้นพิจารณาได้จาก 2 กรณีใหญ่คือ การพิจารณาทางด้านผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และการพิจารณาถึงผลทางด้านการเงินในการปรับปรุงตามแนวทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด เพราะบางทางเลือกอาจไม่คุ้มทุนในการลงทุน แต่ทางเลือกนั้นอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง เพราะฉะนั้นการที่จะเลือกทางเลือกแนวทางเลือกใดโดยจะยึดกับผลกระทบทาใดนั้นจะขึ้นนอยู่กับวิจารณญาณหรือแนวความคิดของผู้บริหารองค์กร โดยส่วนใหญ่จะเลือกในแนวทางด้านการเงินมาปฏิบัติก่อนเพื่อที่จะเห็นผลของการปฏิบัติได้ง่ายและชัดเจนมากกว่า

1.4.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

วัตถุประสงค์เพื่อเลือกแนวทางเทคโนโลยีสะอาดมาประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับการปฏิบัติ ผลที่ได้ก็คือ ความเป็นไปได้ในทางเลือกนั้นๆ และผลที่เป็นลายลักษณ์อักษรที่คาดหวัง ในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์นั้นจะมีอยู่ 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การประเมินเบื้องต้น เพื่อที่จะดูรายละเอียดของทางเลือกพร้อมทั้งดูว่าต้องการข้อมูลรายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติมในการประเมินผลหรือไม่
2. การประเมินทางด้านเทคนิค เพื่อดูความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคเพื่อที่จะเลือกทางเลือกของเทคโนโลยีสะอาด
3. การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อที่จะดูความคุ้มค่าและความคุ้มทุนของทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดด้วยการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นการหามูลค่าปัจจุบัน(Net Present Value: NPV) ระยะเวลาคืนทุน(Payback Period) เป็นต้น
4. การประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะดูผลกระทบของทางเลือกว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งในแง่บวกและลบ

การเลือกทางเลือกทางเทคโนโลยีสะอาด โดยรวบรวมผลของการศึกษาทั้งหมด และแจกแจงรายการทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด พร้อมทั้งนำทางเลือกแบ่งแยกระดับความเป็นไปได้ในระดับสูง กลาง หรือต่ำ การแบ่งแยกทั้ง 3 ระดับขึ้นอยู่กับ 3 ประเด็นหลักคือ ด้านทางเทคนิค ด้านทางเศรษฐศาสตร์ และด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

1.4.5 การลงมือปฏิบัติ

วัตถุประสงค์ของการลงมือปฏิบัติจริงในทางเลือกทางเทคโนโลยีสะอาดที่ผ่านขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้เรียบร้อยแล้ว เพื่อที่จะสามารถแน่ใจว่าผลของการปฏิบัติจริงกับการวิเคราะห์ทางทฤษฎีเป็นจริงมากน้อยตามที่ได้ตั้งข้อกำหนดไอย่างไร โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมแผนงานเทคโนโลยีสะอาด จัดวางแผนงานสำหรับแนวทางเลือกที่จะปฏิบัติได้จริง
2. ลงมือปฏิบัติทางเลือกนั้นจริง
3. ปฏิบัติงานพร้อมทั้งประเมินผล เพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบผลของการประยุกต์ใช้ว่าเป็นไปตามที่ตั้งเป้าหมายไว้หรือไม่ และเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่
4. ปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

1.5 ปัจจัยหลักบ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต (Key Factor)

ปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร โดยเทียบต่อหนึ่งหน่วยวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขาเพื่อเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพในการผลิตของแต่ละโรงงานภายในอุตสาหกรรมรายสาขาเดียวกัน(กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2548)

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างของค่าปัจจัยหลักในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ

ประเภทอุตสาหกรรม	ทรัพยากร	ค่าปัจจัยหลัก
อุตสาหกรรมชุบเคลือบผิวโลหะ	- สารเคมี	กิโลกรัมต่อกิโลกรัมนิกเกิลที่ชุบติด
	- น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัมนิกเกิลที่ชุบติด
	- ไฟฟ้า	กิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อนิกเกิลที่ชุบติด
อุตสาหกรรมน้ำยางขน	- สารเคมี	กิโลกรัมต่อน้ำยางข้น
	- น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อน้ำยางข้น
	- ไฟฟ้า	กิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อน้ำยางข้น
อุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง	- น้ำมันเตา	ลิตรต่อตันปลาสด
	- น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อตันปลาสด
	- ไฟฟ้า	กิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อตันปลาสด
	- ผลได้ของเนื้อปลา	ร้อยละของผลได้ต่อปริมาณปลาสด
	- ภาระความสกปรกของน้ำเสีย	กิโลกรัมต่อตันปลาสด
อุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์	- น้ำมันเตา	ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์
	- น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์
	- ไฟฟ้า	กิโลวัตต์- ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์
	- ภาระความสกปรกของน้ำเสีย	กิโลกรัมต่อตันผลิตภัณฑ์

ประโยชน์ของค่าปัจจัยหลัก คือ เพื่อนำตัวเลขนั้นมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานหรือในโรงงานประเภทเดียวกันจึงทำให้ทราบสมรรถนะการผลิตและความได้เปรียบทางการค้าที่เป็นอยู่ในโรงงานได้ ในปัจจุบันค่ามาตรฐานของค่าปัจจัยหลักนั้นยังไม่มีค่าแน่นอน

กล่าวโดยสรุปแล้วเทคโนโลยีสะอาดนั้นเป็นกลยุทธ์ในเชิงรุกที่จะแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เป็นการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิตน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย โดยที่ของเสียจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ด้วยวิธีนี้จึงเป็นการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันด้านการค้า และเทคโนโลยีสะอาดเป็นพื้นฐานสำคัญในการนำองค์กรไปสู่มาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000

ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดนั้นจะต้องมีการวางแผนและจัดตั้งองค์กรขึ้น จากนั้นต้องมีการประเมินกระบวนการผลิตเพื่อหาสาเหตุของของเสียที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งเสนอทางเลือกในการแก้ไขปัญหา ก่อนที่จะนำทางเลือกไปปฏิบัตินั้นจะต้องมีการประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือกนั้นเสียก่อน ทั้งทางด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม

จากขั้นตอนทั้งหมดของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดนั้น ขั้นตอนที่สำคัญของการเสนอทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดเพื่อแก้ไขปัญหา เพราะว่าทางเลือกต่างๆนั้นต้องเกิดจากความรู้ของผู้เชี่ยวชาญโดยตรง ซึ่งเป็นการยากที่จะสามารถนำผู้เชี่ยวชาญมาให้คามเห็นในทุกๆ ปัญหาได้ ดังนั้นด้วยเหตุนี้เองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่าระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นน่าจะเป็นเครื่องมือหนึ่งในการเก็บรวบรวมความรู้จากผู้เชี่ยวชาญโดยตรงและสามารถนำความรู้นั้นมาใช้แก้ปัญหาต่างๆได้เป็นอย่างดี

2. ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System)

ก่อเกียรติ และ บุญเจริญ (2534)ระบบผู้เชี่ยวชาญ เป็นระบบที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาได้หลายๆอย่าง โดยทั่วไปยอมรับแล้วว่าปัญหานั้นแก้ไขได้ยาก ต้องใช้เวลาในการแก้ไขนานและที่สำคัญปัญหานั้นไม่ใครก็แก้ไขได้ต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านนั้นเป็นผู้แก้ปัญหา ซึ่งการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญจะมีลักษณะคล้ายกับการที่เราไปขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ กล่าวคือ กรณีที่เราไปของคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญจะถามข้อมูลเกี่ยวกับปัญหานั้นๆจากเรา และไปประกอบกับความรู้และประสบการณ์ เพื่อพิจารณาให้คำปรึกษาและหาหนทางแก้ไขปัญหาต่างๆเหล่านั้น การทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญก็มีลักษณะคล้ายกัน ก็คือโปรแกรมจะถามข้อมูลบางอย่างที่จำเป็นต่อผู้ใช้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปค้นหาคำตอบที่ได้ออกมา

2.1 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

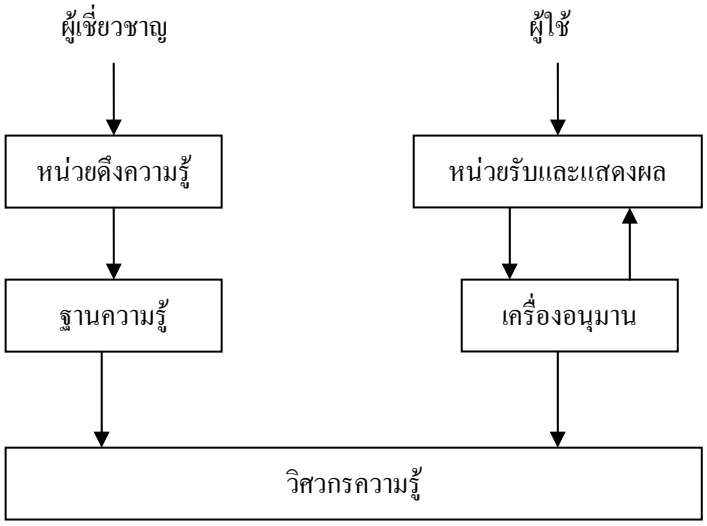
ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. หน่วยรับและแสดงผล (Input and Output Facility) เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งได้แก่ ส่วนการถามข้อมูลจากผู้ใช้และแสดงคำตอบ

2. ฐานความรู้ (Knowledge Base) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บความรู้ ที่อยู่ในรูปของความจริงและกฎ

3. เครื่องอนุมาน (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการหาเหตุผลหรือคำตอบจากฐานความรู้ที่มีอยู่ในระบบ เพื่อที่จะได้สรุปหรือหาข้อวินิจฉัยออกมาเป็นคำตอบให้กับผู้ใช้

4. หน่วยดึงความรู้ (Knowledge Acquisition Facility) เป็นหน่วยระบบสามารถดึงความรู้เพิ่มเติมได้จากวิศวกรความรู้ หรือรับความรู้เข้ามาเก็บในฐานความรู้ได้อย่างอัตโนมัติ



ภาพที่ 4 โครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ

การทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญจะเริ่มจาก ทำการถามข้อมูลที่จะใช้ในการประกอบการพิจารณาหาคำตอบจากผู้ใช้โดยส่วนหน่วยรับและแสดงผล เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วส่วนเครื่องอนุมาน จะนำข้อมูลที่ได้มาค้นหาข้อมูลในฐานความรู้ที่มีอยู่ เมื่อได้ข้อสรุปและคำตอบแล้วก็แสดงออกหน้าจอทางส่วนหน่วยรับและแสดงผล

2.2 ระบบการผลิต(Production System)

ระบบการผลิตเป็นโครงสร้างที่สามารถใช้อธิบายถึงกระบวนการค้นหาคำตอบได้เป็นอย่างดี ซึ่งกระบวนการค้นหาคำตอบนี้จะเป็นแกนกางความฉลาดของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบการผลิตประกอบไปด้วย

2.2.1. เขตของกฎ กฎแต่ละข้อประกอบไปด้วยส่วนที่ใช้กำหนดเงื่อนไข (pattern) และส่วนใช้อธิบายถึงการกระทำหรือผลของการตอบสนอง(action)

2.2.2. ฐานความรู้ ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับปัญหา ซึ่งบางส่วนวจะถูกเก็บไว้อย่างถาวร และบางส่วนจะคงอยู่เฉพาะขณะการค้นหาคำตอบนั้น ข้อมูลที่อยู่ในระบบฐานความรู้นี้จะถูกเก็บอย่างมีโครงสร้างที่เหมาะสมด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง

2.2.3. กลยุทธ์ในการควบคุม(Control Strategy) ใช้กำหนดลำดับขั้นตอนของการนำกฎมาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูล และเป็นการหลีกเลี่ยงความสับสนที่อาจจะเกิดขึ้นได้ด้วย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ กลยุทธ์ในการควบคุม จะเป็นตัวกำหนดแนวทางในการค้นหาคำตอบและการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ

จะเห็นว่านิยามของระบบการผลิต ค่อนข้างที่จะกว้างและครอบคลุมระบบใหญ่ๆ หลายระบบ นอกจากจะอธิบายถึงกระบวนการค้นหาคำตอบแล้วยังแสดงให้เห็นถึงธรรมชาติของความฉลาดที่สามารถนำเอาความรู้ออกมาแสดงโดยความรู้ใหม่ๆ ที่เข้ามานฐานข้อมูล จะทำให้พฤติกรรมของระบบเปลี่ยนไป

ดังนั้นการแก้ปัญหาจะเริ่มต้นจากการนำกฎต่างๆ ไปตรวจสอบกับข้อมูลในฐานความรู้ โดยอาศัยกลยุทธ์ในการควบคุม ให้เคลื่อนที่เป็นเส้นจากสภาวะเริ่มต้น (Initial state) ไปยังเป้าหมาย (Goal state) และกลยุทธ์ในการควบคุมจะต้องมีโครงสร้างที่ดี เพื่อให้การค้นหาคำตอบเป็นไปอย่างมีประสิทธิผล

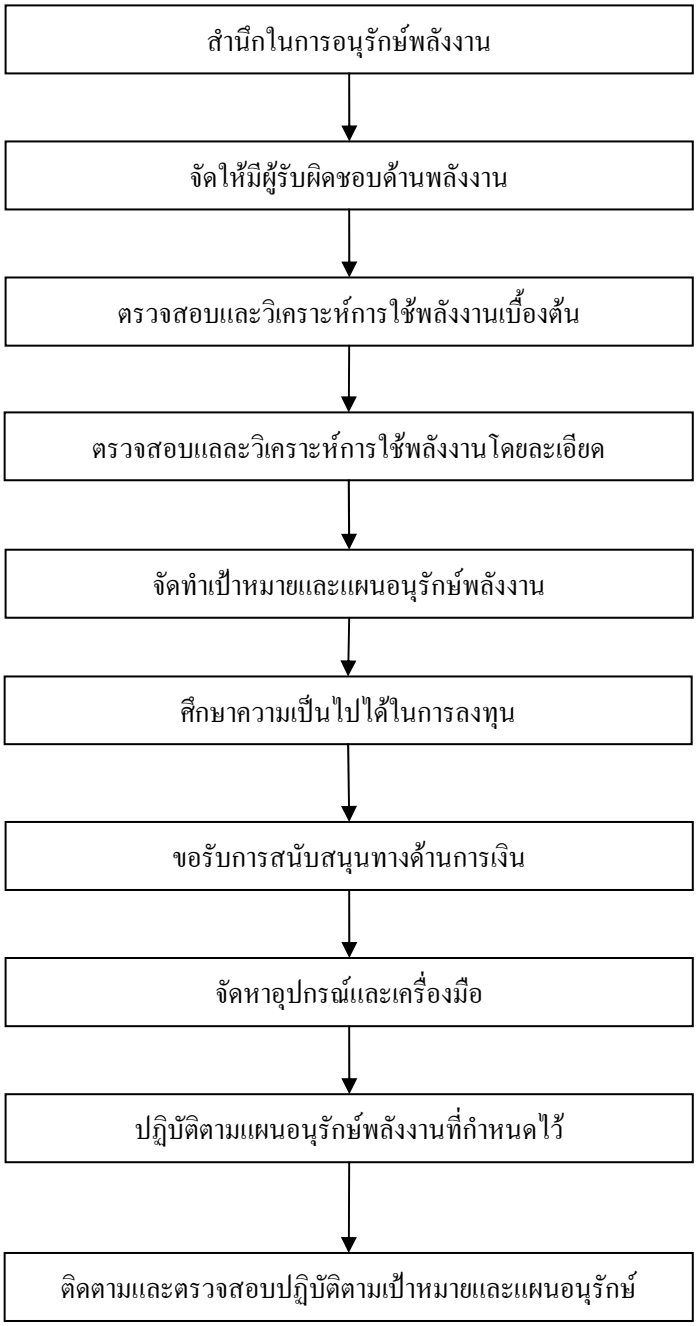
3. การดำเนินการด้านการจัดการพลังงาน

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมจะใช้พลังงานจากพลังงาน 2 รูปแบบคือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ โดยมีสัดส่วนการใช้งานที่แตกต่างกัน ตามแต่ละประเภทของอุตสาหกรรม โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมจะได้รับพลังงานไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายจากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย หรือการผลิตขึ้นใช้เองจากความร้อนทิ้งหรือวัสดุเหลือใช้ เป็นต้น สำหรับพลังงานเชื้อเพลองชนิดต่างๆนั้น ส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปเพื่อกำเนิดความร้อนซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันดีเซล น้ำมันเตาเกรดต่างๆ ถ่านหินลิกไนท์ ก๊าซธรรมชาติ และก๊าซปิโตรเลียมเหลว(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538)

เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญของกระบวนการผลิต การใช้พลังงานอย่างไม่เหมาะสมจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ควรจะเป็น ตั้งแต่เกิดวิกฤตการณ์พลังงานที่ผ่านมาทำให้ราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงรวดเร็วของน้ำมันดิบทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ซึ่งส่งผลโดยตรงกับค่าพลังงานที่โรงงานอุตสาหกรรมจะต้องจ่ายเพิ่ม ทำให้ต้นทุนในการเพิ่มสูงขึ้น เพื่อสามารถดำเนินการแข่งขันอยู่ได้ โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงต้องหาทางลดต้นทุนในกระบวนการผลิตลง และแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้อย่างได้ผลคือ การจัดการด้านพลังงาน

3.1 การจัดการด้านพลังงาน

การจัดการด้านพลังงานหมายถึง การควบคุมและกำหนดมาตรการการใช้พลังงานเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งก็คือ การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเท่าที่เป็นไปได้ กิจกรรมการจัดการทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 5 โดยเริ่มจากความรับผิดชอบของพนักงานในการอนุรักษ์พลังงานไปจนถึงระดับบริหารของโรงงาน และวิธีการดำเนินงานเพื่อปรับรุงกระบวนการผลิต การบำรุงรักษา การควบคุมคุณภาพ การเงิน การติดตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องมือประหยัดพลังงาน การตรวจสอบและติดตามผล (ENCONET (Thailand)LTD., 1998)



ภาพที่ 5 กิจกรรมการจัดการด้านพลังงาน

ที่มา : ENCONET (Thailand) LTD. (1998)

การจัดการด้านพลังงานมีลักษณะเป็นกิจกรรมแบบต่อเนื่อง เมื่อเริ่มดำเนินการแล้วจะหยุดไม่ได้ การจัดการด้านพลังงานและเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำทุกวัน ซึ่งสามารถแปรเปลี่ยนได้ ดังนั้นเพื่อให้กิจกรรมทางด้านการดดำเนินการนี้สามารถดำเนินต่อไปอย่าง

ต่อเนื่อง จำเป็นจะต้องประกอบด้วยการจัดการด้านพลังงานที่มีประสิทธิภาพซึ่งมีแนวทางดังต่อไปนี้

3.1.1. การประหยัดพลังงานควรเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติการตั้งแต่ระดับย่อยขึ้นมา

3.1.2. ฝ่ายบริหารระดับสูงต้องมีส่วนเกี่ยวข้องและให้การสนับสนุนอย่างจริงจัง

3.1.3. การสร้างความสัมพันธ์อันดีกับพนักงานในระดับการผลิต เพื่อร่วมมือกันในการประหยัดพลังงาน

3.1.4. แผนการต้องชัดเจนละเข้าใจง่าย

3.1.5. มีการทบทนแผนการเป็นประจำ งานที่มอบหมายต้องชัดเจนเป็นที่เข้าใจของผู้ที่รับไปดำเนินการ และระบบการบันทึกที่เหมาะสมเพื่อติดตามความก้าวหน้าของงาน

3.1.6. แผนการประหยัดพลังงานต้องำควบคู่ไปกับแผนดูแลและบำรุงรักษาเครื่องจักร

3.1.7. การวิเคราะห์หาพลังงานเข้าและออกของกระบวนการต่างๆ เพื่อสามารถกำหนดค่ามาตรฐานและทบทวนเป็นประจำ ควรทำแบบรายงสนข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อไว้ใช้ในงาน

3.1.8. ข้อมูลที่บันทึกมาต้องทำการวิเคราะห์ ถ้าพบสิ่งผิดปกติต้องหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไข

3.1.9. การควบคุมอย่างเข้มงวดในเรื่องการประหยัดพลังงาน อย่างเช่น การหมั่นตรวจตราโรงงานเพื่อตรวจสอบสภาพและการใช้งานของเครื่องจักร อุปกรณ์ และกระบวนการผลิตต่างๆ การบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสิ้นเปลืองพลังงาน ละทำการตรวจสอบประจำวัน ประจำอาทิตย์ ประจำเดือน ประจำปีไว้ใช้

3.1.10. การสนับสนุนการเสนอข้อคิดเห็นจากพนักงานในเรื่องประหยัดพลังงาน

3.2 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน

3.2.1. วัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการ

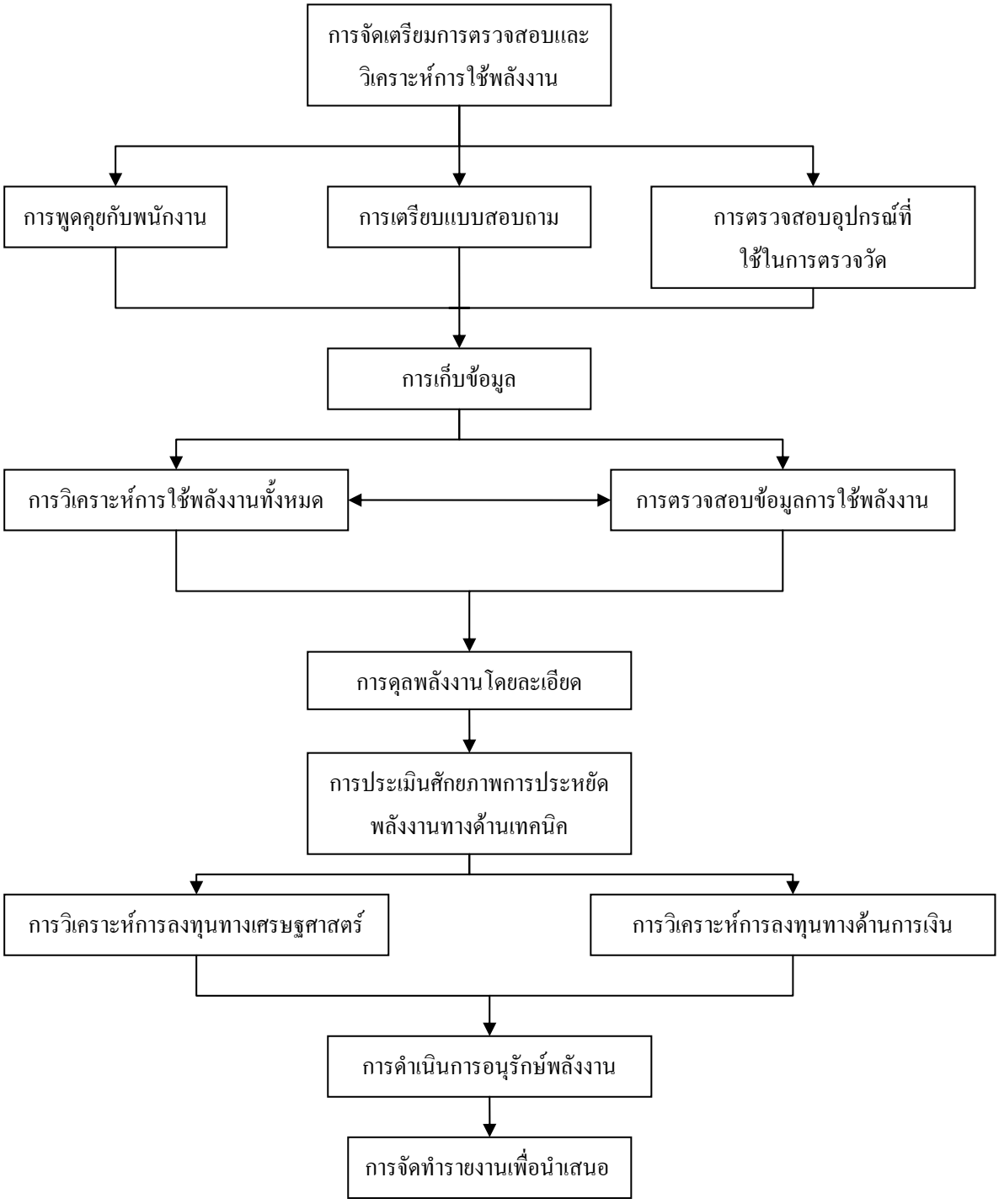
การตรวจสอบและกรวิเคราะห์การใช้พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับโรงงานที่ต้องการให้มีการจัดการทางด้านพลังงานที่ดี การตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องกับดารใช้พลังงานจริง และเปรียบเทียบกับค่าประเมินของพลังงานต่ำสุดที่ต้องใช้ การ

ตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเป็นการชี้ให้เห็นกาใช้พลังงานและเป็นการหาปริมาณการใช้พลังงานที่ใช้ในระบบ นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นว่าส่วนใดที่มีศักยภาพการประหยัดพลังงานสูง ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้บริหารสนใจได้ถูกจุด (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2538) จากภาพที่ จะเห็นได้ว่าการตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานเป็นเพียงกิจกรรมหนึ่งของการวิเคราะห์ด้านพลังงาน

การตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงาน หมายถึง การใช้พลังงานในโรงงาน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อตรวจสอบว่ามีการใช้พลังงานเป็นปริมาณเท่าไร อยู่ที่บริเวณหรือพื้นที่ส่วนไหนและเปลี่ยนรูปเป็นอย่างไร
2. เพื่อหาความเป็นไปได้ในการลดและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการวางแผนการใช้พลังงาน
3. เพื่อประเมินศักยภาพของแผนอนุรักษ์พลังงานในด้านเทคนิคและการลงทุน
4. เพื่อสร้างข้อเสนอแนะเบื้องต้นของแผนอนุรักษ์พลังงาน

ดังนั้นการตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานจึงเป็นกิจกรรมสำหรับกำหนดปริมาณการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพการจัดการด้านการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานโดยรวม และความเป็นในในการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน วิธีดำเนินการสำคัญต่างๆ แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 วิธีการดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน

ที่มา : ENCONET (Thailand) LTD. (1998)

ในการดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์วัดต่างๆ เข้าช่วย ต้องกำหนดผู้รับผิดชอบดำเนินการวัดและวิเคราะห์โดยตรง ข้อมูลดิบที่ได้จะต้องทำ

การวิเคราะห์และแสดงผลในรูปของกราฟ แผนภูมิ หรือภาพที่สื่อความหมายชัดเจนเข้าใจง่าย โดยทั่วไปการตรวจสอบและวิเคราะห์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมจะตรวจสอบเพียงประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยการผลิตที่สำคัญเท่านั้น ได้แก่ หม้อไอน้ำ เครื่องอัดอากาศ และเครื่องทำความเย็น เป็นต้น ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่า วิธีการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานนี้ให้ผลประโยชน์เพียงบางส่วน และไม่สามารถได้รับผลประโยชน์ และไม่สามารถได้รับผลประโยชน์ทั้งหมดจากกิจกรรมการจัดการด้านพลังงานได้ (ENCONET (Thailand) LTD., 1998)

3.2.2. การแสดงผลการใช้พลังงาน

ปัจจุบันการแสดงผลการใช้พลังงานมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน มีทั้งลักษณะที่เป็นกราฟและตาราง วิธีการต่างๆที่นำมามีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. แผนภูมิวงกลม

แผนภูมิวงกลมแสดงการใช้พลังงาน ซึ่งปริมาณการใช้พลังงานแต่ละประเภทจะถูกวาดและแบ่งในแต่ละส่วนของวงกลม พื้นที่ในแต่ละส่วนแสดงถึงปริมาณการใช้พลังงานแต่ละประเภทในหน่วยพลังงานเดียวกันเทียบเท่ากับปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด

2. แผนผังแซงกี้

แผนผังแซงกี้เป็นแผนผังที่นำเสนอพลังงานพื้นฐานทั้งหมดที่เข้าสู่โรงงาน ขนาดความกว้างในแต่ละประเภทของพลังงานจะแปรผันตามการผลิต การใช้และการสูญเสียพลังงาน แล่งพลังงานพื้นฐานทั้งหมดได้แก่ ก๊าซ ไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิง ลูกป้อนเข้าสู่โรงงานทางด้านซ้ายของแผนผัง การสร้างแผนผังแซงกี้เป็นการแสดงผลการใช้พลังงานที่ดีในกิจกรรมการจัดการด้านพลังงาน และมีข้อดี คือ สามารถหาการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นได้ แต่ในการสร้างแผนผังแซงกี้นั้นค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากต้องหาเครื่องวัดปริมาณการใช้พลังงาน ที่จำเป็นต้องใช้การตรวจวัดและเครื่องมือที่ละเอียดอ่อน

3. กราฟการใช้พลังงาน

การใช้พลังงานเปลี่ยนไปตามเวลาและรายละเอียดของพลังงานแต่ละประเภทที่ใช้ วิธีการนี้มีข้อดี คือหลังจากเวลาผ่านปักระยะหนึ่ง จะพบรูปแบบการใช้พลังงานในโรงงาน และสามารถี่จะตรวจสอบได้ว่าบริเวณหรือพื้นที่ส่วนใดมีการใช้พลังงานมากเกินไป

4. แผนผังการใช้พลังงานของกระบวนการผลิต

แผนผังการใช้พลังงานนี้จะถูกนำมาใช้ในการแสดงแผนภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ซึ่งจะนำเสนอการไหลเข้าและออกของปริมาณพลังงานและพลังงานประเภทต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในแต่ละขั้นตอนของการผลิต

ประโยชน์ของแผนผังการใช้พลังงานคือ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดพลังงานสูญเสียและมีการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์หาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงเพื่อการอนุรักษ์และจัดการด้านพลังงานได้

3.2.3. การตรวจสอบการวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น

สิ่งสำคัญในการดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานาอย่างมีประสิทธิภาพก็คือ การตรวจสอบวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบและวิเคราะห์ไว้อย่างดีเพื่อให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ได้รับ สามารถนำไปคำนวณหาศักยภาพการประหยัดพลังงานได้ วัตถุประสงค์ของการดำเนินการตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องงต้น มีดังต่อไปนี้

1. การพิจารณาวัตถุประสงค์ของการดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน รวมไปถึงการจัดการด้านโรงงาน
2. การรบรวมข้อมูลการใช้พลังงานและข้อมูลการผลิตในอดีต
3. การกำหนดวิธีการตรวจสอบและค้นหาส่วนที่มีศักยภาพการประหยัดพลังงาน
4. การหาประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
5. การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน
6. การเตรียมแผนการดำเนินการตรวจสอบการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด

3.2.4. การตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด

การตรวจสอบการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดจะสามารถดำเนินการได้ก็ต่อเมื่อทำการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้นแล้ว ซึ่งหมายความว่างานหลักของการดำเนินการตรวจสอบวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดนั้นถูกกำหนดไว้แล้วและมีการใช้เทคนิคการคำนวณและการตรวจวัดที่ละเอียดอ่อน สำหรับการประเมินความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงาน ผลจากการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียดก็คือ ข้อมูลการใช้พลังงานพื้นฐาน และค่าความแตกต่างระหว่างการใช้พลังงานตามทฤษฎีหรือพลังงานต่ำสุดที่

ต้องใช้กับการใช้พลังงานจริง ซึ่งจะนำไปสู้ความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้นว่าพลังงานใช้ไปอย่างไรในโรงงาน และนำมาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน มาใช้เพื่อการลดค่าความแตกต่างดังกล่าวให้น้อยที่สุด

3.3 ขั้นตอนการประหยัดพลังงาน(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

การประหยัดพลังงานอุตสาหกรรมควรมีการดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน โดยเริ่มจากงานที่ใช้เทคโนโลยีที่ง่ายที่สุดและใช้เงินลงทุนที่น้อยที่สุดไปจนถึงงานที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงและต้องใช้เงินลงทุนมาก

ขั้นตอนของการประหยัดพลังงานอธิบายดังนี้

1. ลดการสูญเสียพลังงาน หรือการดูแลเบื้องต้น(house keeping)
2. ปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต
3. การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

3.3.1. การระบายน้ำในหม้อไอน้ำและการนำพลังงานกลับมาใช้

โดยปกติแล้วน้ำที่เราในชีวิตประจำวันมักมีสารปนเปื้อน (Impurities) เช่น ก๊าซ สารแขวนลอย สารอนินทรีย์ และของแข็งที่ละลายในน้ำต่างๆ เป็นต้น สำหรับของแข็งที่ละลายน้ำหรือที่เราเรียกว่า Total Dissolved Solid (TDS) นั้นก็จะมีตั้งสารกลุ่ม Alkaline earth ที่ทำให้น้ำกระด้าง (Water hardness) เช่นสารประกอบแคลเซียม แมกนีเซียม รวมถึงกลุ่ม Alkalone metal เช่น สารประกอบของโซเดียม โพแทสเซียม เป็นต้น

น้ำกระด้างเป็นสาเหตุการเกิดตระกรันในหม้อไอน้ำและอุปกรณ์ทั้งระบบได้ ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับระบบไอน้ำ การปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยกรรมวิธีต่างๆ การบำบัดด้วยเคมี ตลอดจนการระบายบางส่วนในหม้อไอน้ำหรือการโบลว์ดาวน์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

การระบายน้ำหรือการโบลว์ดาวน์ของหม้อไอน้ำ เป็นการเจือจางความเข้มข้นของสารละลายของแข็ง Total Dissolved Solid (TDS) ของน้ำภายในหม้อไอน้ำ ที่เกิดการสะสมอย่าง

ต่อเนื่องจากการที่น้ำบริสุทธิ์ได้กลายเป็นไอและเหลือทิ้งสารเคมีต่างๆ เช่นสารที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำไว้บริเวณผิวน้ำ

วัตถุประสงค์ของการระบายน้ำหรือน้ำโบลว์ดาวน์

- เพื่อควบคุมค่าสารละลายของแข็ง Total Dissolved Solid (TDS) ให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้(Permissible Limit)
- ป้องกันการเกิดคราบตระกรันบริเวณพื้นผิวของการถ่ายเทความร้อน ขัดขวางการถ่ายเทความร้อน และอาจทำให้พื้นผิวการถ่ายเทความร้อนเกิดการแตกร้าวจากความร้อนที่สูงเกินไปหรือ Overheating เนื่องจากความร้อนไม่สามารถถ่ายเทผ่านไปให้น้ำในหม้อไอน้ำ รวมถึงทำให้หม้อน้ำอุดตันได้
- ป้องกันการเกิดน้ำปะทุ (Priming) น้ำเป็นฟองและการนำพาน้ำและสารปนเปื้อนไปกับไอน้ำ (Foaming and Carry Over) ทำให้ท่อและอุปกรณ์ในระบบไอน้ำถูกกร่อนเกิดความเสียหายได้
- ป้องกันหม้อไอน้ำเสียหายและทำให้ระบบควบคุมต่างๆ ของหม้อไอน้ำมีประสิทธิภาพ

3.3.2. ประเภทของการระบายน้ำหรือการโบลว์ดาวน์

ประเภทของการระบายน้ำหรือการโบลว์ดาวน์บ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

3.3.2.1. การระบายน้ำหรือการโบลว์ดาวน์อย่างต่อเนื่องระดับผิวน้ำของหม้อไอน้ำ(Continuous Blowdown or Surface Blowdown) เนื่องจากสารละลายของแข็งหรือ TDS มีค่าสูงบริเวณระดับผิวน้ำ เพราะน้ำบริสุทธิ์เท่านั้นที่จะกลายเป็นไอ สารเคมีที่ใช้ในการปรับปรุงน้ำหรือสารปนเปื้อนต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำจึงสะสมบริเวณผิวน้ำอย่างต่อเนื่องตามอัตราการเกิดไอน้ำ ดังนั้นวิธีการโบลว์ดาวน์เพื่อรักษาค่า TDS ให้อยู่ในคี่ยอมรับได้เพื่อป้องกันปัญหาต่างๆ วิธีนี้จึงเป็นวิธีที่ดีที่สุด ร้อยละ 90 ของปริมาณการโบลว์ดาวน์น้ำทั้งหมดจะแนะนำให้ทำโดยวิธีนี้ เพื่อประสิทธิภาพและการนำพลังงานกลับไปใช้ใหม่อย่างต่อเนื่อง

ทั้งนี้ปริมาณการโบลว์ดาวน์ของน้ำในหม้อไอน้ำขึ้นกลับปริมาณการใช้งานของไอน้ำในระบบซึ่งมักมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้นการโบลว์ดาวน์น้ำในปริมาณน้อยที่สุดเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและไม่ทำให้ค่า TDS ในหม้อน้ำเกินค่าที่ยอมรับได้นั้น ควร

จะต้องติดตั้งระบบการโบลว์ดาวน์อัตโนมัติ โดยระบบประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตรวจจับโดยใหลักการนำไฟฟ้า Conductivity Sensor/Probe ชุดควบคุม Controller และวาล์ว Continuous Blowdown Valve

3.3.2.2. การระบายน้ำหรือการโบล์ดาวน์เป็นช่วงด้านล่างของหม้อไอน้ำ (Intermittent Blowdown or Bottom Blowdown) การระบายหรือการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อไอน้ำด้วยวิธีนี้ เป็นวิธีที่ใช้กำจัดตะกอนที่สะสมบริเวณด้านล่าง โดยการระบายจะทำเป็นช่วง ช่วงละ 1-3 วินาที เพราะการละบายในช่วยเวลาดังกล่าวนี้ทำให้สามารถระบายตะกอนได้ในอัตราที่สูงเมื่อเทียบกับอัตราการระบายของน้ำหรือที่เราเรียกกันว่าปรากฏการณ์ Suction Effect ไม่ควรระบายถี่เกินทุกครึ่งชั่วโมง เนื่องจากต้องมีช่วงเวลาในการตกตะกอน

3.3.3. การน้ำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่(Waste Heat Recovery)

วิธีการประหยัดพลังงานนี้ ต้องลงทุนสูง ต้องวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ให้แน่ใจเสียก่อน แต่ก่อนจะดำเนินการวิธีนี้ ต้อแน่ใจว่าไดดำเนินการการประหยัดพลังงานในขั้นตอนแรกก่อนแล้ว กล่าวคือ การดูแลเบื้องต้นและการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต เพราะปริมาณความร้อนที่เหลือทิ้งจากกการได้ดำเนินการประหยัดพลังงานในสองขั้นตอนแรกแล้ว อาจจะเหลือน้อยลงจนมาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่ากับการลงทุน การประหยัดพลังงานโยวิธีนี้จะประหยัดพลังงานได้ประมาณ 30% ของพลังงานสูญเสียที่คิดว่าประหยัดได้ทั้งหมด และวิธีการเก็บคืนความร้อนทิ้งในหม้อไอน้ำ และระบบไอน้ำในหม้อไอน้ำมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เก็บความร้อนทิ้งและนำมาใช้ใหม่ดังนี้

3.3.3.1. เครื่องอุ่นอากาศ (Air Preheat)

เป็นอุปกรณ์แรกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งเพิ่มเติมจากท่อก๊าซไอเสียของหม้อไอน้ำ ซึ่งจะใช้พลังงานของก๊าซไอเสียมาอุ่นอากาศก่อนเข้าในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ การอุ่นอากาศก่อนการเผาไหม้ทำให้อุณหภูมิของเปลวไฟเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสามารถลดปริมาณอากาศส่วนเกินที่จำเป็นในการเผาไหม้เชื้อเพลิง และช่วยให้เชื้อเพลิงกับอากาศผสมกันได้เร็วขึ้น เพิ่มโอกาสการเผาไหม้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพทำให้ประหยัดเชื้อเพลิง สำหรับเครื่องอุ่นอากาศ มีอยู่ 2 แบบที่ใช้โดยทั่วไป คือ Recuperative และ Rotary Regenerator

3.3.3.2. เครื่องอุ่นน้ำป้อนหรือเครื่องประหยัดพลังงาน (Economize)

อุปกรณ์นี้เป็นเครื่องถ่ายเทความร้อนจากก๊าซไอเสียร้อนก่อนจะปล่อยทิ้ง นำมาอุ่นน้ำป้อนให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดใกล้จุดเดือดของน้ำที่ความดันใช้งาน สำหรับหม้อไอน้ำที่มีการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน การอุ่นน้ำป้อนช่วยให้หม้อไอน้ำสามารถผลิตไอน้ำได้รวดเร็วขึ้น

3.3.3.3. การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้(Condensate Return)

การนำเอาคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ โดยนำมาผสมกับน้ำป้อนหม้อไอน้ำ(Feed water) จะทำให้น้ำป้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้น บางครั้งพบว่าน้ำป้อนหม้อไอน้ำมีอุณหภูมิต่ำเกินไป เนื่องจากปริมาณคอนเดนเสทนำกลับมาใช้น้อยเกินไป หรือหท่อคอนเดนเสทไม่ได้หุ้มฉนวน

ประโยชน์ที่ได้รับจาการนำเอาคอนเดนเสทมาผสมในน้ำป้อน มีดังนี้

1. ช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ
2. ลดปริมาณการใช้น้ำเติมในหม้อไอน้ำ
3. ลดปริมาณสาราเคมีที่ต้องใช้ในการบำบัดน้ำป้อนเข้าเนื่องจากคอนเดนเสทมีความบริสุทธิ์กว่าน้ำป้อน
4. ลดการสูญเสียความร้อนไปกับการปล่อยน้ำร้อนทิ้ง

3.3.4. การหุ้มฉนวน

นอกจากนี้ เราสามารถลดการสูญเสียพลังงานความร้อนจากหน่วยการผลิตได้โดยการหุ้มฉนวน ซึ่งฉนวนอาจเป็นวัสดุชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดซึ่งใช้ในการต้านทานการส่งผ่านความร้อน เราใช้ฉนวนเพื่อประโยชน์ต่อไปนี้คือ

- ป้องกันเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ
- ควบคุมอุณหภูมิที่ต้องการ
- ลดการสูญเสียพลังงานความร้อน
- ป้องกันการเกิดไอน้ำกลั่นตัวบนผิววัสดุ

คุณสมบัติของฉนวน

ฉนวนต้องมีคุณสมบัติต่อไปนี้คือ

- มีสภาพการนำความร้อนต่ำ
- มีความหนาแน่นน้อยและน้ำหนักเบา
- ทนต่อแรงดึงและแรงอัดได้ดี
- มีช่วงอุณหภูมิใช้งานกว้างขวาง
- การติดตั้งสะดวก
- ความเป็นฉนวนคงที่แม้ใช้ไปเป็นเวลานาน
- ไม่ดูดความชื้นและน้ำ
- ติดไฟได้ยาก
- ป้องกันการกัดกร่อนได้ดี
- ราคาถูกและหาซื้อง่าย

การป้องกันการสูญเสียพลังงานความร้อนด้วยฉนวนกันความร้อนเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ดังนั้นการเลือกชนิด และขนาดของฉนวนให้เหมาะตามลักษณะการใช้งานนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงหลักเศรษฐศาสตร์ควบคู่ไปกับข้อมูลทางด้านเทคนิคด้วย เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานสูงสุด

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดโดยและการอนุรักษ์พลังงานใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ช้างพลาย (2543) ศึกษาบทบาทของระบบผู้เชี่ยวชาญต่อเทคโนโลยีสะอาดของกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basis version 6.0 ในการสร้างโปรแกรมต้นแบบ ซึ่งโปรแกรมต้นแบบนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ การดุลมวลสาร ระบบผู้เชี่ยวชาญและการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ กรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ ผลที่ได้จากโปรแกรมต้นแบบ มีการสูญเสียแป้ง 28.16 กิโลกรัม ซึ่งระบบผู้เชี่ยวชาญได้นำเสนอทางเลือกในการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการใช้ลม

เป่าแทนใบกวนและการหมุนเวียนน้ำล้างในถังล้างข้าว วิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าระยะเวลาคืนทุนเป็น 6 เดือน

กชกร (2544) ศึกษาการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดการด้านพลังงานในอุตสาหกรรมอาหารอย่างเป็นระบบโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basis version 6.0 ในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งในส่วนของโปรแกรมประกอบด้วยกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็งและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง และหน่วยการผลิตที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานของงานวิจัยนี้คือ หม้อไอน้ำ หม้อนึ่งไอน้ำ หอหล่อเย็น และระบบทำความเย็น และส่วนส่วนของการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นส่วนช่วยในการตัดสินใจในการปรับปรุงหน่วยการผลิต

Susangeim (2000) ศึกษาการนำระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ในการหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด โดยสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basis version 6.0 และโปรแกรมที่ใช้สำหรับการสร้างและการเรียกระบบผู้เชี่ยวชาญคือ โปรแกรม CLIPS

Uttamangkabovorn *et al* (2005) มีการศึกษาการอนุรักษ์น้ำของโรงงานปลาทูน่ากระป๋องในประเทศไทย ซึ่งจากการศึกษาพบว่าในขั้นตอนกระบวนการผลิตมีการใช้ในน้ำในปริมาณที่มาก โดยเฉพาะขั้นตอนการลดอุณหภูมิและขั้นตอนการทำความสะอาดพื้น งานวิจัยนี้ได้มีการปรับปรุงกระบวนการผลิตในขั้นตอนการลดอุณหภูมิโดยการติดตั้ง spray nozzle และปั้ม พบว่าเพื่อปรับปรุงหน่วยการผลิตสามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้ 66% เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระบบนี้มีระยะเวลาคืนทุน 1.1 เดือน

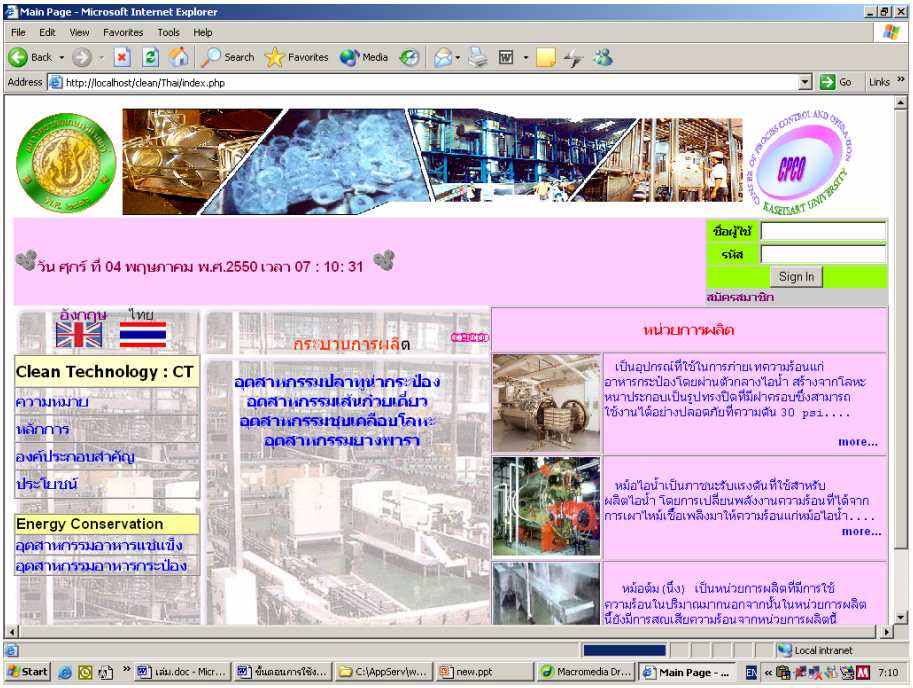
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

โปรแกรมภาษาเพื่อใช้ในการพัฒนา Web-based Application โดยเลือกใช้โปรแกรม PHP version 4.3 และระบบฐานข้อมูล MySQL version 4.0 โดยบราวเซอร์ที่ใช้คือ Microsoft Internet Explorer version 6.0 ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้คือ AMD AthlonTM XP 2200+ CPU 1.80 GHz processor, 1.00 GB of RAM

วิธีการ

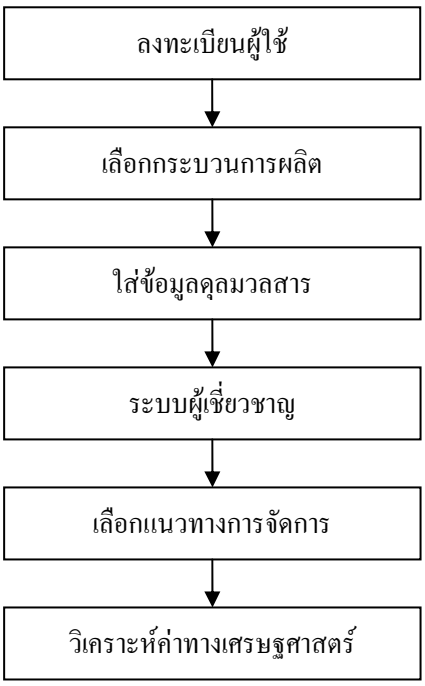
การจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดนั้น สามารถพิจารณาได้จากในส่วนของกระบวนการผลิต หรือพิจารณาเฉพาะหน่วยการผลิต ดังนั้นในส่วนของ Web-based Application จึงมีการแบ่งการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ การจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดส่วนของกระบวนการผลิต และการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดส่วนของหน่วยการผลิต โดยหน้าจอแรกของการทำงานของ Web-based Application แสดงดังภาพที่ 7 ในส่วนของหน้าจอหลักประกอบด้วยส่วนของกระบวนการผลิตสำหรับการหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด ส่วนของหน่วยการผลิตที่นำมาหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด นอกจากนั้นยังประกอบด้วยส่วนของการอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยีสะอาด เช่น ความหมาย หลักการ องค์ประกอบ เป็นต้น ซึ่งในส่วนของการหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดเริ่มต้นต้องทำการลงทะเบียนผู้ใช้ก่อนเข้าสู่การประเมินหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด



ภาพที่ 7 หน้าจอหลัก Web-based Application

1. การจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดส่วนของกระบวนการผลิต

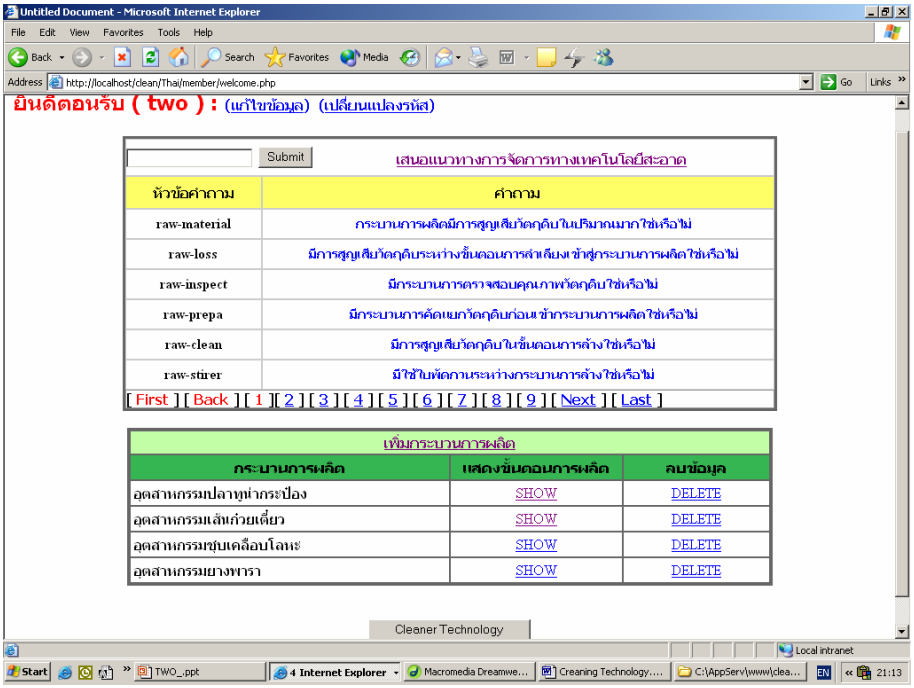
การพิจารณาการจัดการทางเทคโนโลยีสะอาดส่วนของกระบวนการผลิตนั้น จะทำการพิจารณาทั้งแต่ในขั้นตอนการรับวัตถุดิบจนถึงขั้นตอนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ หรือจะพิจารณาเฉพาะพื้นที่หมายที่จะดำเนินการการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้



ภาพที่ 8 แผนผังแสดงการหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดส่วนของกระบวนการผลิต

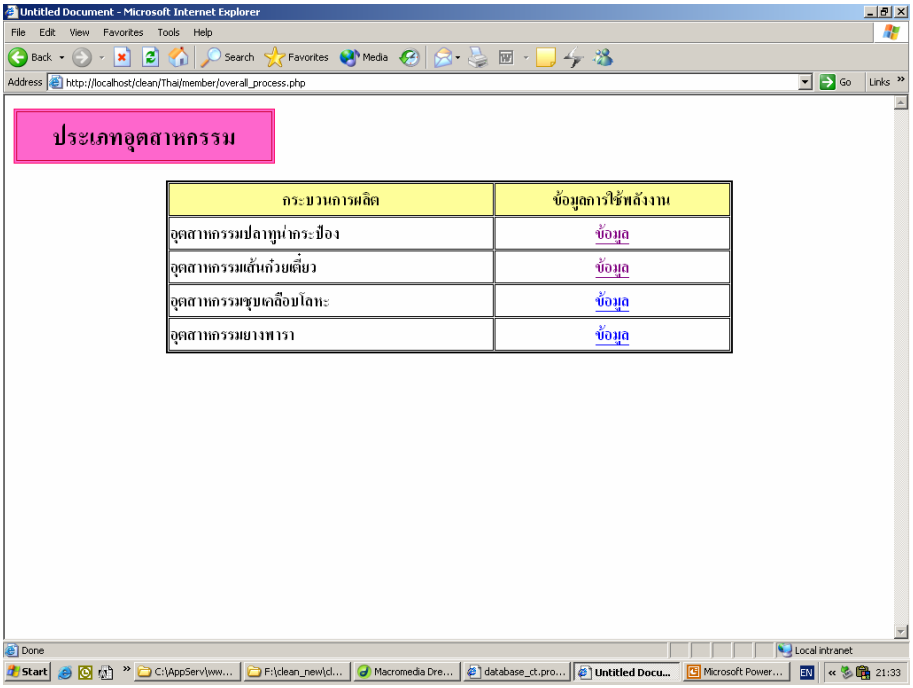
1.1 กระบวนการผลิต

โดยในส่วนนี้ผู้ใช้ต้องทำการเลือกกระบวนการผลิตที่จะดำเนินการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งเมื่อผู้ใช้ได้ลงทะเบียนแล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าจอการเข้าสู่โปรแกรมการประเมินแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด แสดงดังภาพที่ 9 โดยหน้าจอนี้ประกอบไปด้วยตารางคำถามของแนวทางการจัดการและกระบวนการผลิต ซึ่งในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถเสนอแนวทางการจัดการหรือกระบวนการผลิตเพิ่มเติมลงในระบบฐานข้อมูลของโปรแกรมได้

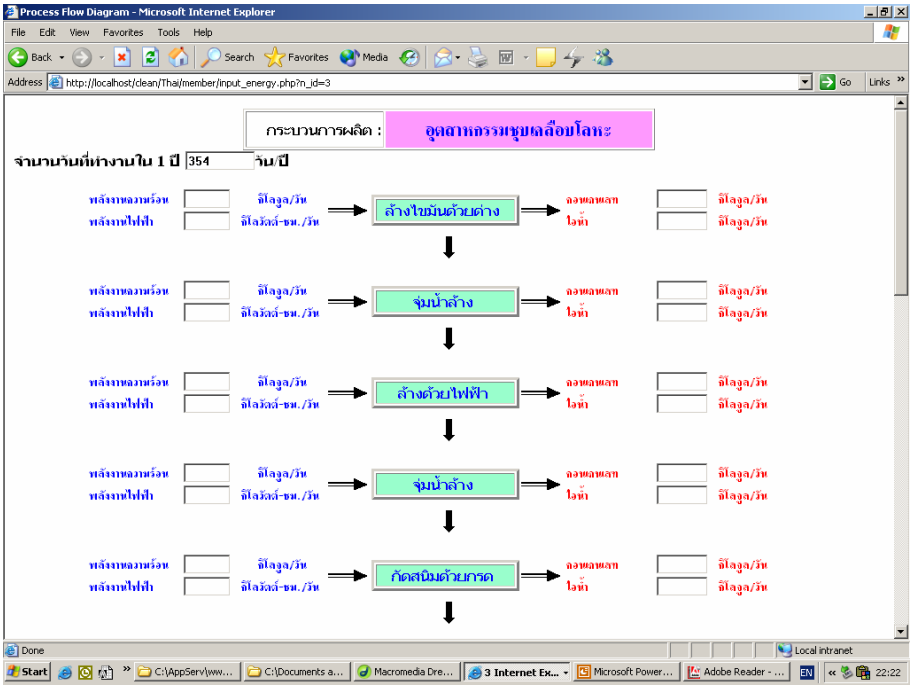


ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงการเข้าสู่โปรแกรม

ภาพที่ 10 แสดงหน้าจอประเภทอุตสาหกรรมที่สามารถประเมินแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด ในส่วนนี้เมื่อคลิกเลือกอุตสาหกรรมที่สนใจในช่องข้อมูลการใช้พลังงาน โปรแกรมแสดงหน้าจอการใส่ข้อมูลพลังงานในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต โดยพลังงานที่ใส่ในส่วนนี้ประกอบด้วยพลังงานความร้อน พลังงานไฟฟ้า และพลังงานสูญเสียในรูปของคอนเดนเสท และไอน้ำ ซึ่งหน้าจอส่วนนี้แสดงดังภาพที่ 11

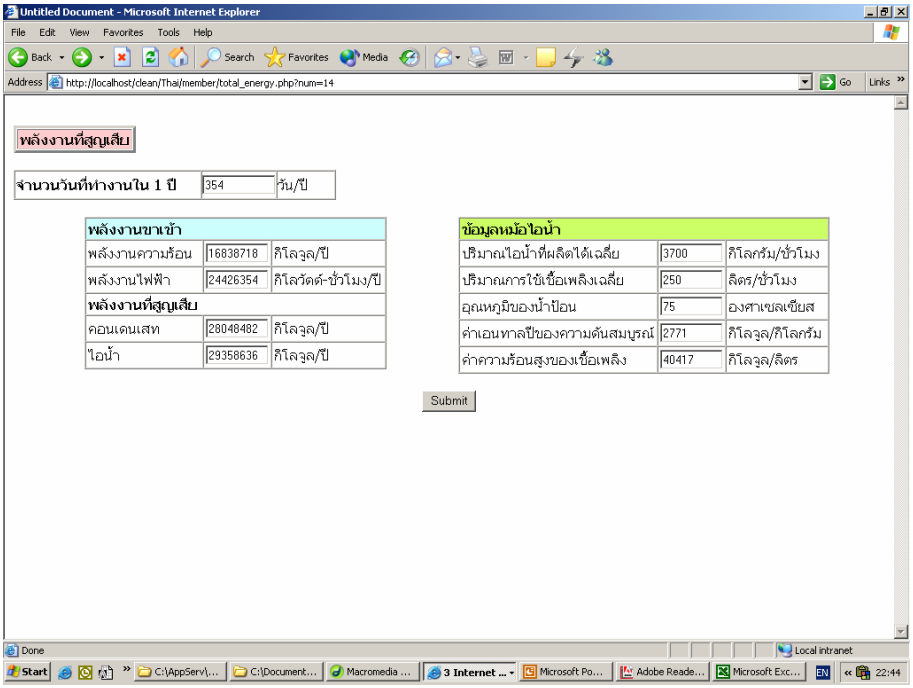


ภาพที่ 10 หน้าจอแสดงประเภทอุตสาหกรรม



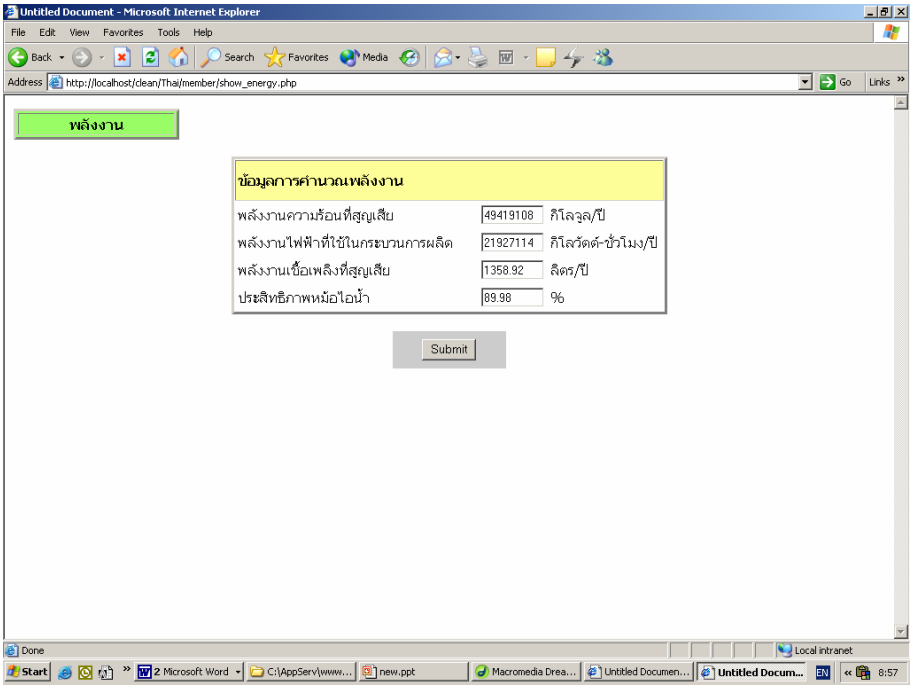
ภาพที่ 11 หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลพลังงานในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต

ภาพที่ 12 แสดงผลการคำนวณพลังงานที่สูญเสียในกระบวนการผลิต และในส่วนของหน้าจอนี้ผู้ใช้ต้องใส่ข้อมูลหม้อไอน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วย ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้เฉลี่ย ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย อุณหภูมิของน้ำป้อน ค่าเอนทาลปีของไอน้ำความดันสมบูรณ์ และค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง เพื่อโปรแกรมจะนำข้อมูลของหม้อไอน้ำมาคำนวณหาปริมาณพลังงานที่สูญเสียในกระบวนการผลิตต่อไป



ภาพที่ 12 หน้าจอแสดงพลังงานที่สูญเสียในกระบวนการผลิต

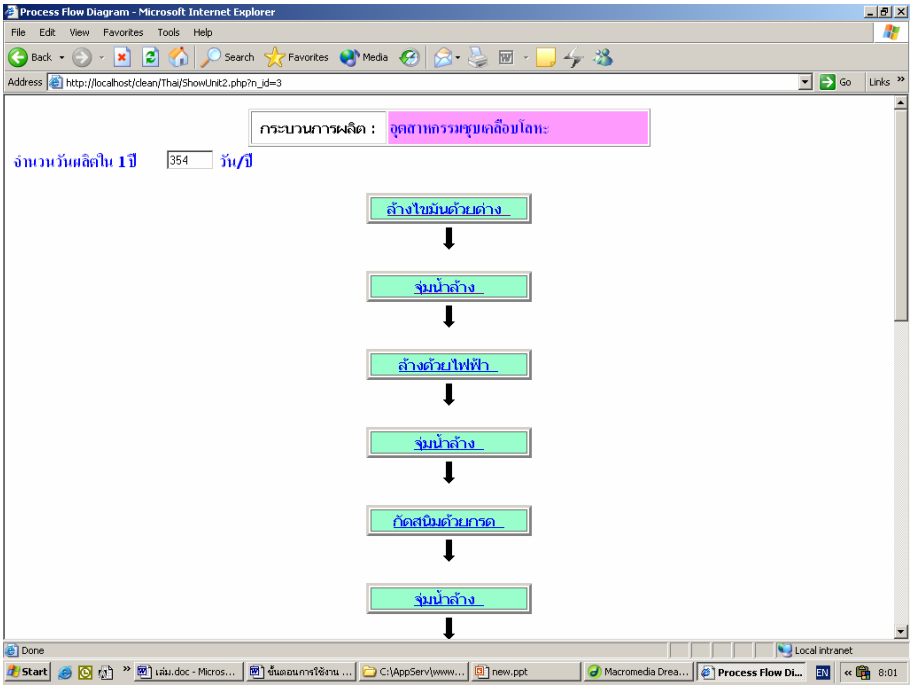
ข้อมูลการคำนวณพลังงานในกระบวนการผลิตนั้น โปรแกรมจะแสดงออกมาในค่าของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ พลังงานความร้อนที่สูญเสีย และปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งผลการคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต และปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียในกระบวนการผลิต โปรแกรมจะนำไปคำนวณมูลค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งหน้าจอแสดงผลการคำนวณค่าพลังงานแสดงดังภาพที่ 13



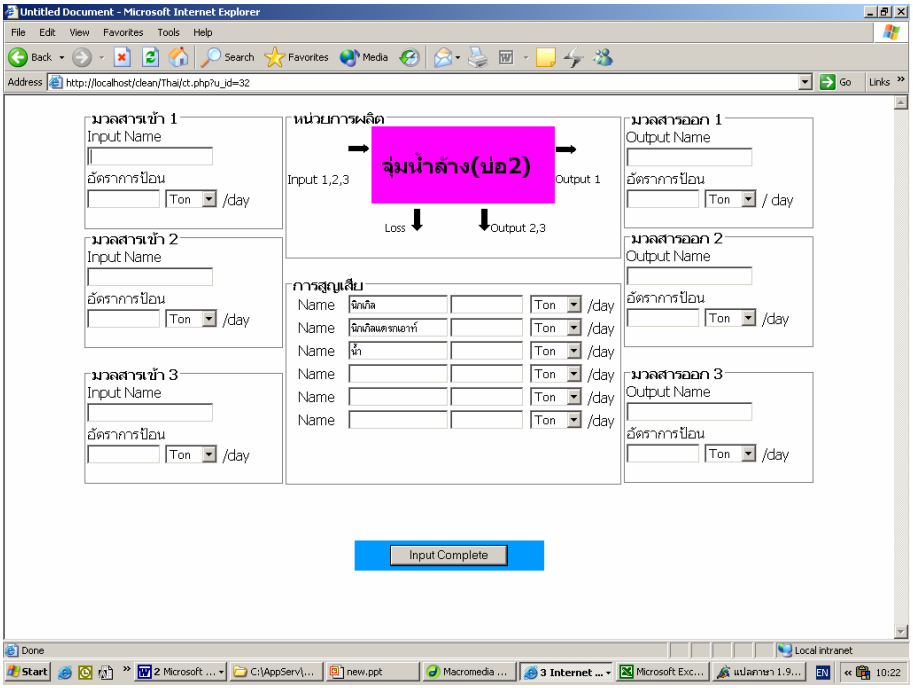
ภาพที่ 13 หน้าจอแสดงข้อมูลการคำนวณพลังงาน

จากนั้น ผู้ใช้คลิก Submit เพื่อโปรแกรมเข้าสู่หน้าจอสำหรับการเข้าสู่การประเมินแนวทางการจัดการ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 14 ในหน้าจอนี้ผู้ใช้ต้องคลิกเลือกกระบวนการผลิต(กระบวนการผลิตที่ประเมินทางด้านพลังงาน) เพื่อเข้าสู่การแสดงแผนผังกระบวนการผลิต หน้าจอแสดงดังภาพที่ 15 โดยผู้ใช้คลิกเลือกขั้นตอนกระบวนการผลิตเพื่อใส่ข้อมูลทางการผลิต เพื่อที่เป็นข้อมูลในการคำนวณหาปริมาณการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งในส่วนของหน้าจอการใส่ข้อมูลการผลิต แสดงดังภาพที่ 16

ภาพที่ 14 หน้าจอแสดงหน้าจอสำหรับการเข้าสู่การประเมินแนวทางการจัดการ



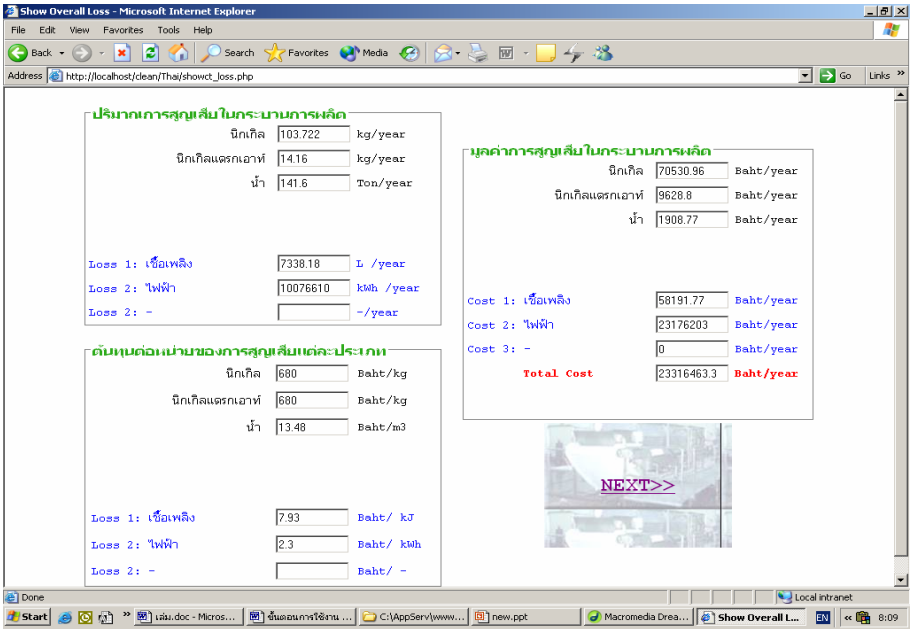
ภาพที่ 15 หน้าจอแสดงกระบวนการผลิตที่จะดำเนินการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด



ภาพที่ 16 หน้าจอดุลมวลสาร

1.2 การประเมินเบื้องต้น

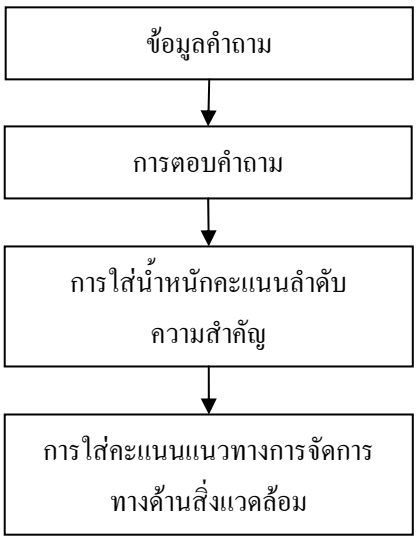
เมื่อป้อนค่ามวลสารเข้า-ออก ในพื้นที่เป้าหมายเรียบร้อยแล้ว คลิก NEXT เพื่อเข้าสู่หน้าจอแสดงส่วนของมูลค่าสูญเสียทั้งหมด ปริมาณการสูญเสียในพื้นที่เป้าหมายการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดนั้นเป็นปริมาณการสูญเสียต่อปี โปรแกรมจะทำการคำนวณหามูลค่าการสูญเสียต่อปีได้โดย ผู้ใช้ทำการใส่ราคาต่อหน่วยของการสูญเสียแต่ละประเภท เมื่อใส่ข้อมูลราคาต่อหน่วยเรียบร้อยแล้ว คลิก Cost Calculation เพื่อให้โปรแกรมคำนวณมูลค่าการสูญเสียที่เกิดในกระบวนการผลิต ซึ่งแสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 มูลค่าการสูญเสียทั้งหมด

1.3 แนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

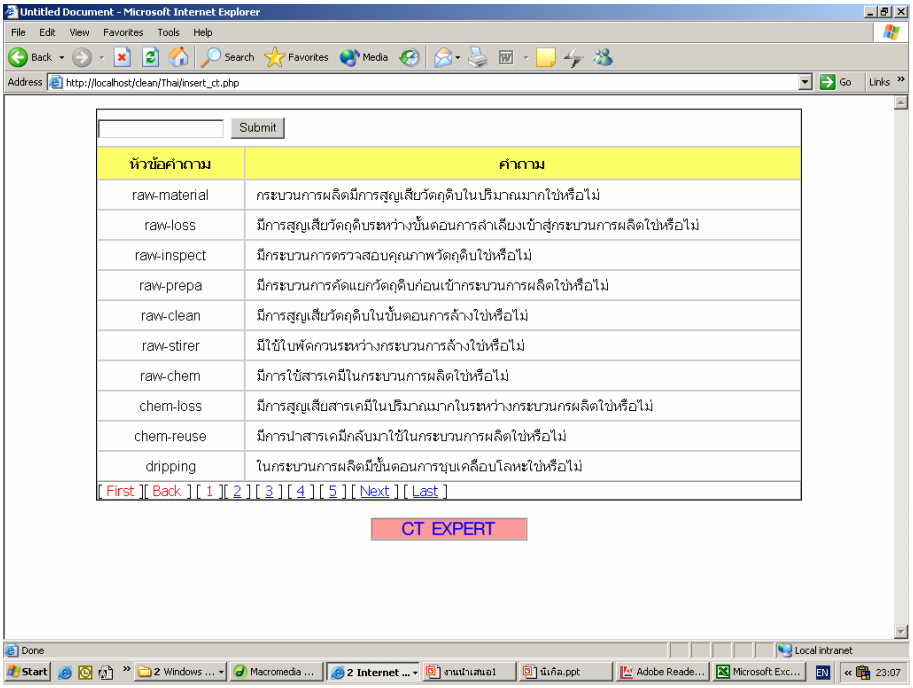
ในส่วนนี้ผู้ใช้ต้องตอบคำถามจากฐานข้อมูล เพื่อนำคำตอบที่ได้ไปประเมินหาแนวทางการจัดการที่มีความเหมาะสมกับปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งหลักการการทำงานในการหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด แสดงดังภาพที่ 18



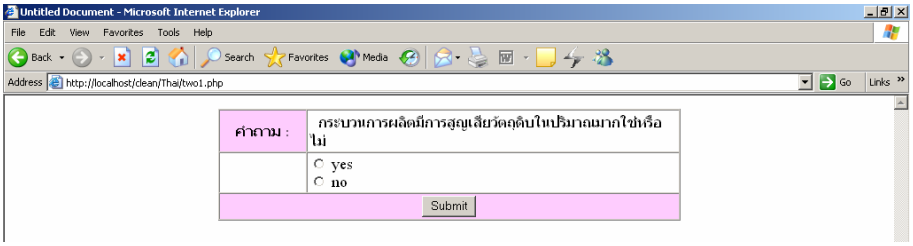
ภาพที่ 18 ขั้นตอนการหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม

1.3.1. การประเมินหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม

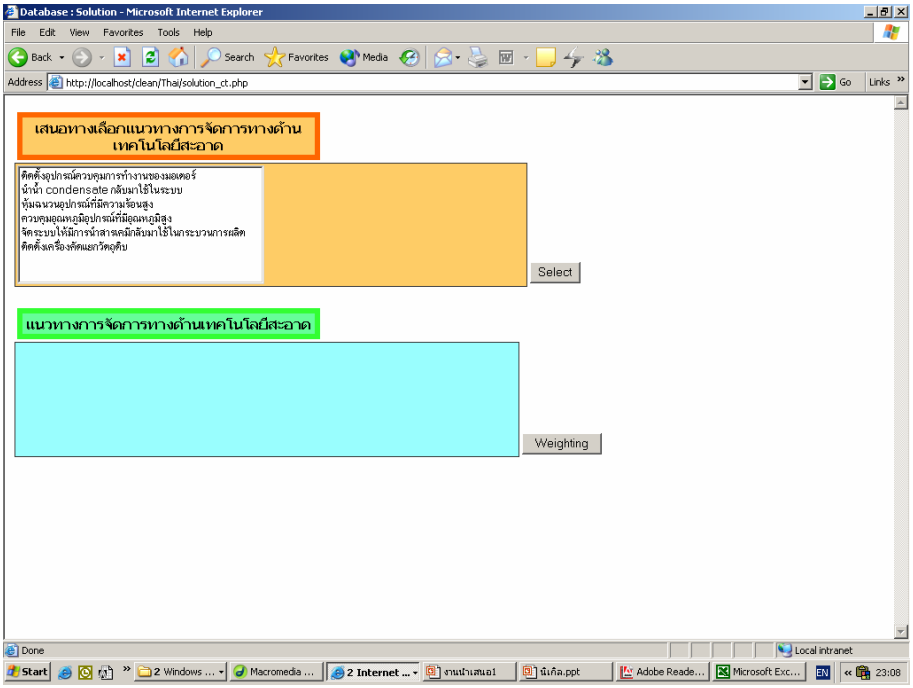
การหาแนวทางการจัดการนั้นทำได้โดยอาศัยระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งทำได้โดยผู้ใช้ตอบคำตอบจากฐานข้อมูล โดยคำตอบที่ได้จากการตอบคำถามนั้นจะมีความสัมพันธ์กับแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม ภาพที่ 19 และ20 แสดงคำตอบในฐานข้อมูลและหน้าจอแสดงคำถามตามลำดับ เมื่อตอบคำถามครบถ้วนแล้วโปรแกรมจะเสนอทางเลือกแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ แสดงดังภาพที่ 21



ภาพที่ 19 หน้าจอแสดงคำถามในฐานข้อมูล



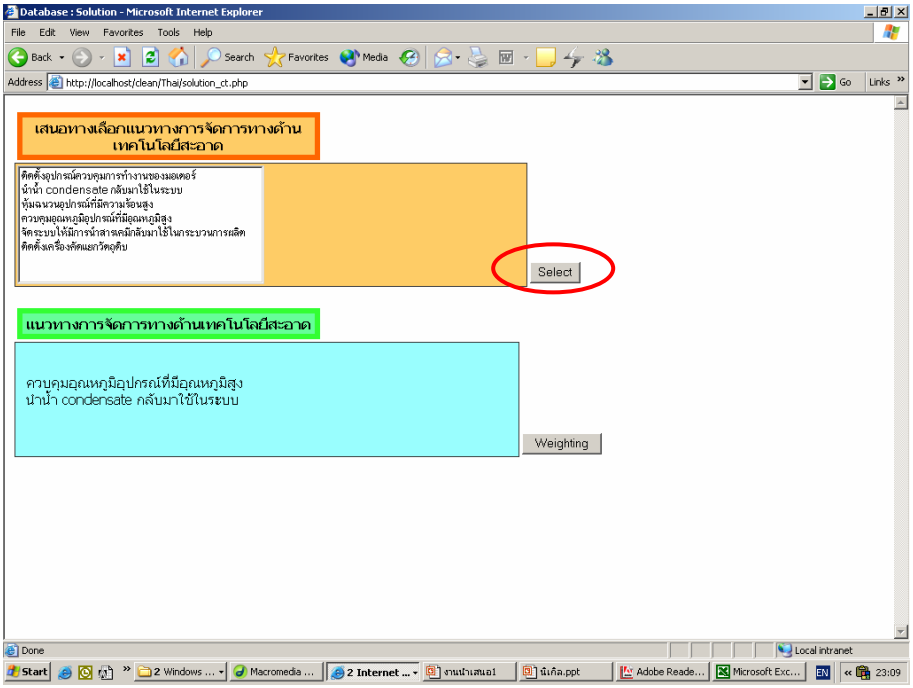
ภาพที่ 20 หน้าจอแสดงคำถาม



ภาพที่ 21 หน้าจอแสดงการเสนอแนวทางการจัดที่ได้จากระบบผู้เชี่ยวชาญ

1.3.2. การเลือกแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

การพิจารณาเลือกแนวทางการจัดนั้นต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ของการดำเนินการ เนื่องจากแนวทางการจัดการบางแนวทางนั้น เมื่อทำการดำเนินการแล้วจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต หรือบางแนวทางการจัดการจะสามารถดำเนินการได้จะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่ยุ่งยากและมีความซับซ้อนมากเกินไป และแนวทางการจัดการที่เลือกต้องสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ ดังนั้นการพิจารณาเลือกแนวทางการจัดการนั้นจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสม ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับโรงงานแต่ละโรงงาน หน้าจอแสดงแนวทางที่เลือกมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 22

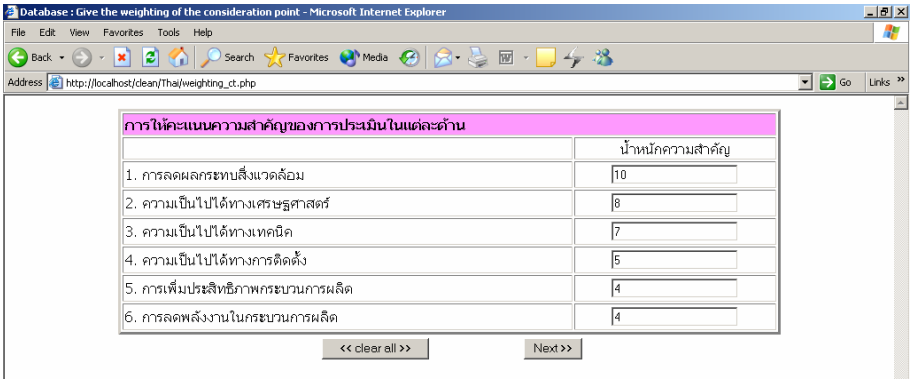


ภาพที่ 22 หน้าจอแสดงแนวทางที่มีความเหมาะสมกับการปรับปรุงกระบวนการผลิต

1.3.3. การป้อนน้ำหนักความสำคัญและความเร่งด่วนในการแก้ปัญหา

ในกระบวนการผลิตแต่ละกระบวนการผลิตนั้นมีเป้าหมายของการแก้ไขปัญหาที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้ได้มีการแบ่งกลุ่มพิจารณาเป็น 6 กลุ่มดังนี้

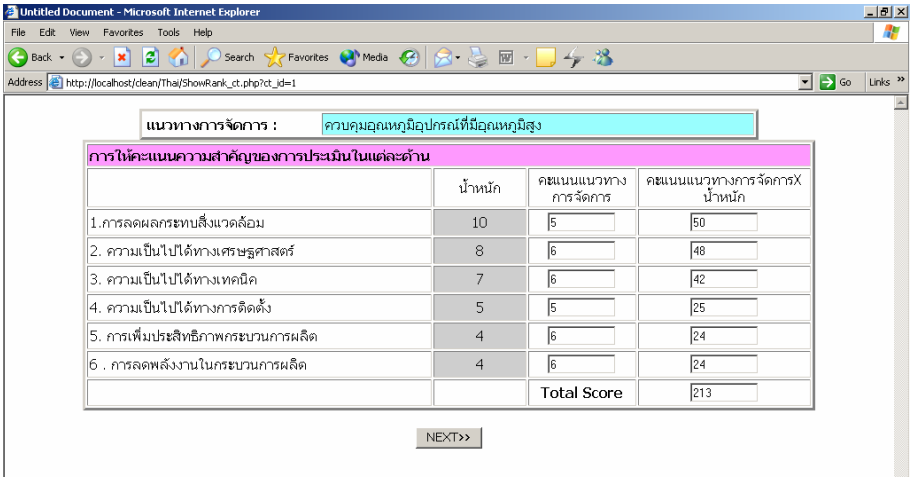
- การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์
- การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค
- การศึกษาความเป็นไปได้ทางการติดตั้ง
- การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต
- การลดพลังงานในกระบวนการผลิต



ภาพที่ 23 หน้าจอป้อนน้ำหนักความสำคัญและความเร่งด่วนในการแก้ปัญหา

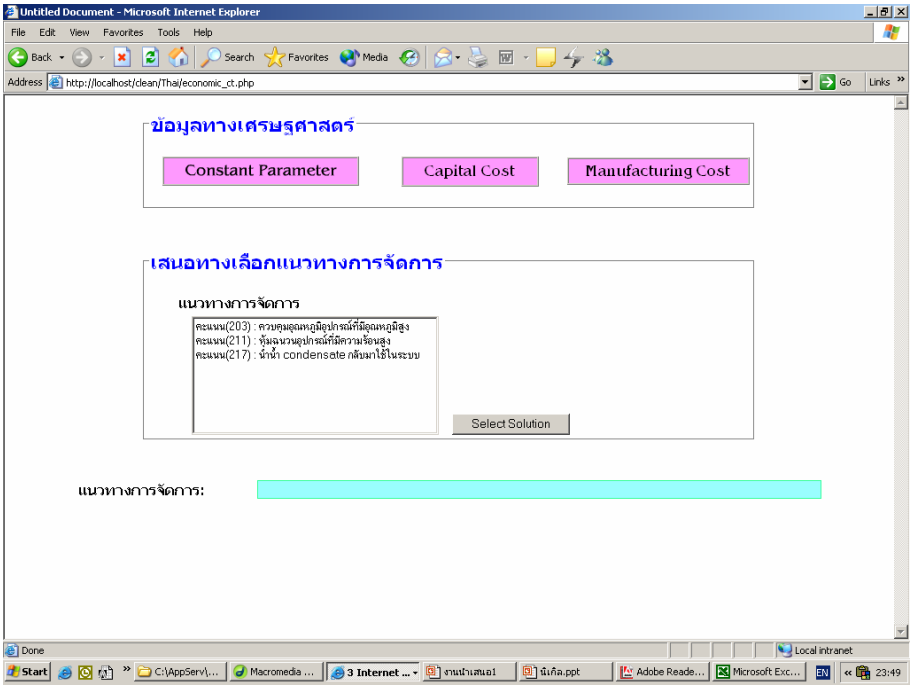
1.3.4. การจัดลำดับแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากแนวทางการจัดการที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้นั้นอาจมีหลายแนวทาง จึงมีการจัดลำดับแนวทางการจัดการให้ตรงกลับปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตซึ่งผู้ใช้ต้องมีการป้อนคะแนนแนวทางการจัดการ แสดงดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 หน้าจอป้อนคะแนนของแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

น้ำหนักคะแนนของแนวทางการจัดการในภาพที่ 24 ได้จากการใส่ค่าน้ำหนักคะแนนในภาพที่ 23



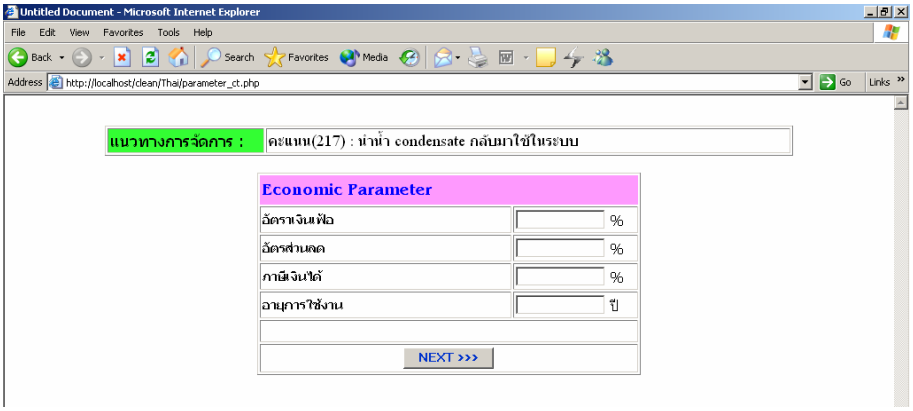
ภาพที่ 25 หน้าจอแสดงคะแนนแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม

1.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์(Economic Feasibility)

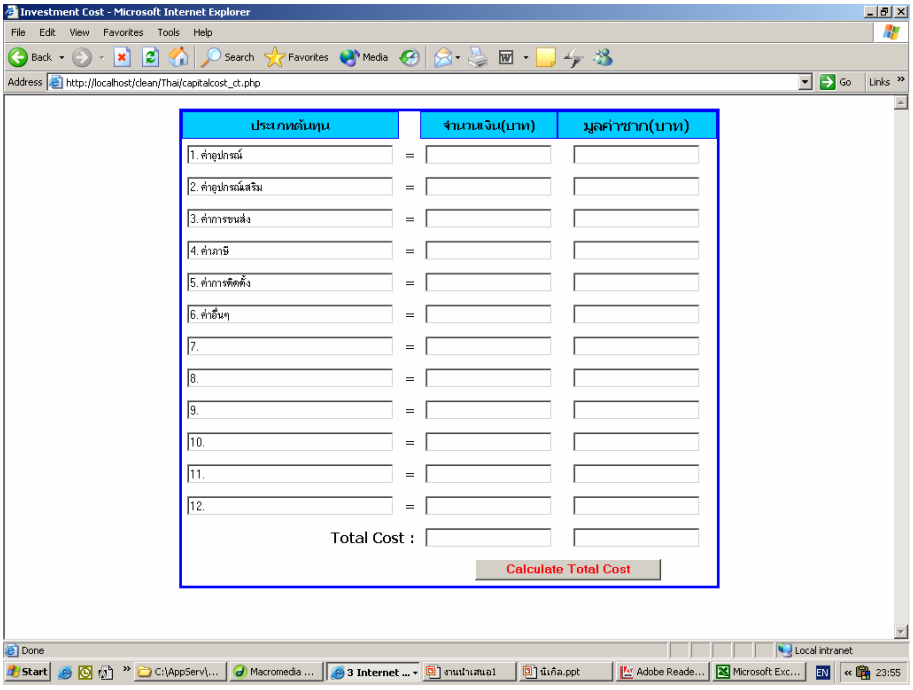
ในการเลือกแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งในที่นี้จะทำการศึกษาตัวแปร 3 ค่า ที่ใช้ในการตัดสินใจ ได้แก่

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)
- อัตราผลตอบแทนการลงทุน(Internal Rate of Return: IRR)
- ระยะเวลาคืนทุน(Pay-back Period)

ในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ผู้ใช้ต้องใส่ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์ อันได้แก่ อัตราเงินเฟ้อ(inflation rate) อัตราดอกเบี้ย(Discount rate) อัตราภาษีเงินได้ (Income tax rate) อายุการใช้งาน (Life time) ดังภาพที่ 26 เมื่อผู้ใช้ใส่ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์ครบเรียบร้อยแล้ว คลิก NEXT เพื่อเข้าสู่การใส่ข้อมูลการลงทุน โดยข้อมูลจากการลงทุนจะแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ข้อมูลการลงทุนเบื้องต้น และข้อมูลการลงทุนรายปี



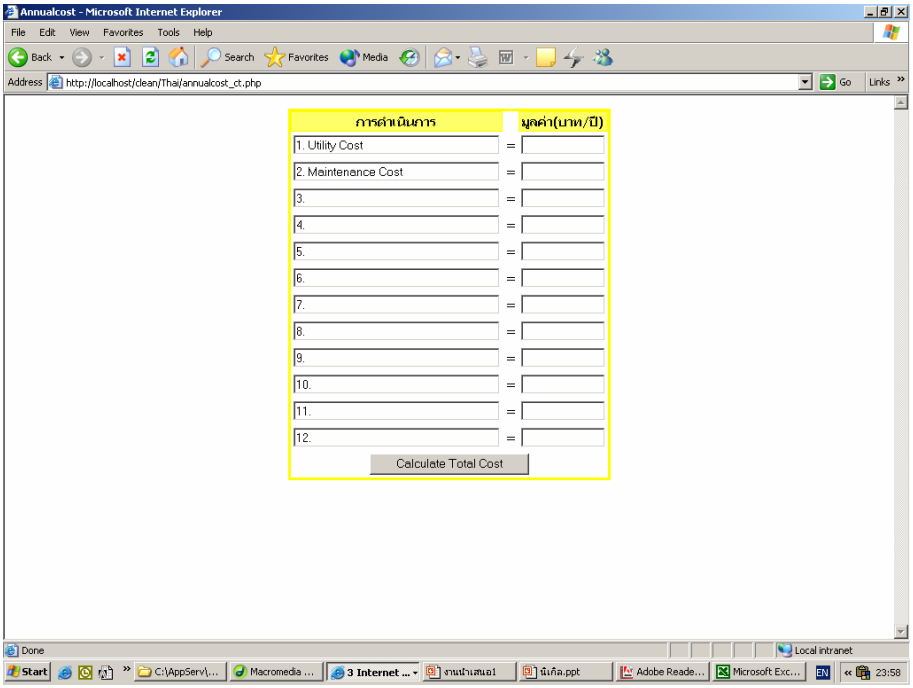
ภาพที่ 26 หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์



ภาพที่ 27 หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลการลงทุนเบื้องต้น

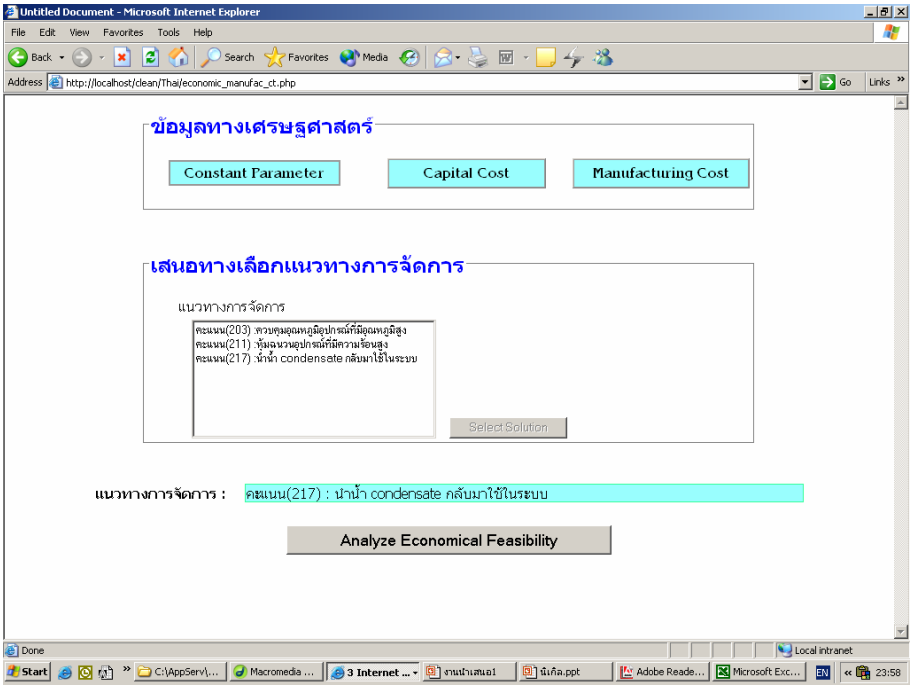
ข้อมูลที่สำคัญในส่วนนี้คือ ข้อมูลของมูลค่าการลงทุนเบื้องต้นในปีแรกและมูลค่าซาก (Salvage Value) ในปีสุดท้ายของช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งข้อมูลการลงทุนเบื้องต้นนั้นรวมถึงค่าภาษี ค่าการขนส่ง และค่าการติดตั้งในการดำเนินการแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

ภาพที่ 28 เป็นข้อมูลการลงทุนที่จะต้องใช้ในแต่ละปีแนวทางการจัดการนั้นๆ เช่น ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงาน ค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน เป็นต้น

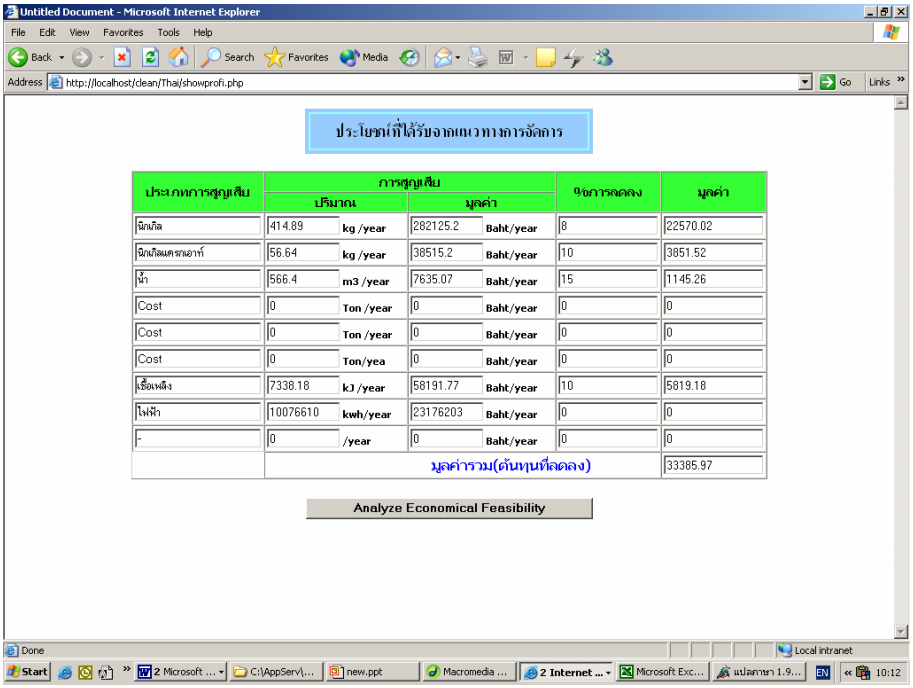


ภาพที่ 28 หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลการลงทุนรายปี

เมื่อใส่ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ครบเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้คลิก Analyze Economic Feasibility ในภาพที่ 29 เพื่อเข้าสู่หน้าจอในส่วนของการใส่ข้อมูลการประเมินผลการการลดการสูญเสียในการผลิตที่เกิดจากการใช้แนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้เป็นการคาดการในการลดการสูญเสียอันเนื่องมาจากการใช้แนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดนั้นๆ โดยในส่วนนี้ผู้ใช้ต้องใส่ค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของต้นทุนที่ได้จากการดำเนินการเพื่อให้คำนวณมูลค่าผลตอบแทน โดยค่าที่ได้จะนำไปคำนวณความเป็นได้ทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 30

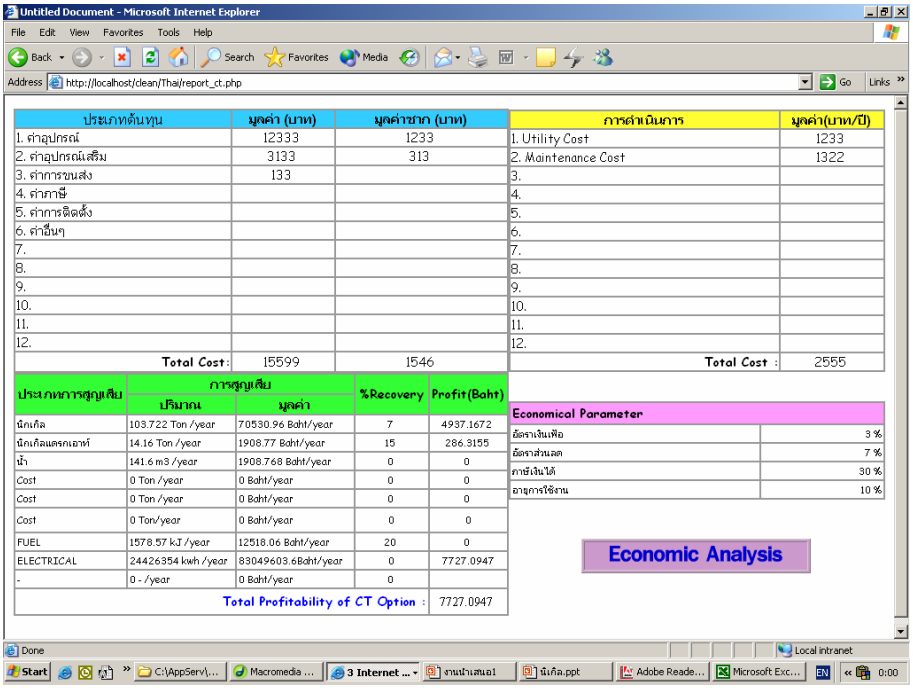


ภาพที่ 29 หน้าจอแสดงการกรอกต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ครบถ้วน



ภาพที่ 30 หน้าจอผลการลดการสูญเสียจากการดำเนินการแนวทางการจัดการ

ภาพที่ 31 เป็นหน้าจอในส่วนของการสรุปข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยรวม ซึ่งหน้าจอในส่วนนี้จะเป็นการสรุปข้อมูลที่ผู้ใช้ได้ป้อนก่อนหน้านี้ได้แก่ ส่วนของค่าคงที่ในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ ข้อมูลการลงทุนเบื้องต้น และข้อมูลการลงทุนรายปี



ประเภทต้นทุน	มูลค่า (บาท)	มูลค่าซาก (บาท)
1. ค่าอุปกรณ์	12333	1233
2. ค่าอุปกรณ์เสริม	3133	313
3. ค่าการขนส่ง	133	
4. ค่าภาษี		
5. ค่าการติดตั้ง		
6. ค่าอื่นๆ		
7.		
8.		
9.		
10.		
11.		
12.		
Total Cost:	15599	1546

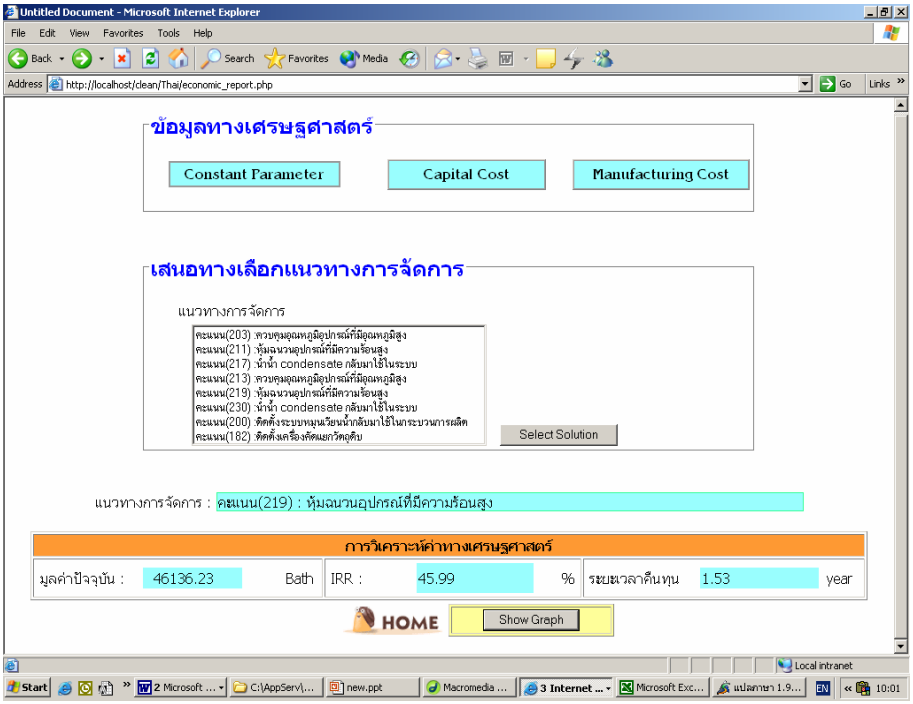
การดำเนินการ	มูลค่า(บาท/ปี)
1. Utility Cost	1233
2. Maintenance Cost	1322
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	
11.	
12.	
Total Cost :	2555

ประเภทการสูญเสีย	การสูญเสีย		%Recovery	Profit(Baht)
	ปริมาณ	มูลค่า		
นิกเกิล	103.722 Ton /year	70530.96 Baht/year	7	4937.1672
นิกเกิลแครกเอาท์	14.16 Ton /year	1908.77 Baht/year	15	286.3155
น้ำ	141.6 m3 /year	1908.768 Baht/year	0	0
Cost	0 Ton /year	0 Baht/year	0	0
Cost	0 Ton /year	0 Baht/year	0	0
Cost	0 Ton/year	0 Baht/year	0	0
FUEL	1578.57 kJ /year	12518.06 Baht/year	20	0
ELECTRICAL	24426354 kwh /year	83049603.6Baht/year	0	7727.0947
-	0 - /year	0 Baht/year	0	
		Total Profitability of CT Option :		7727.0947

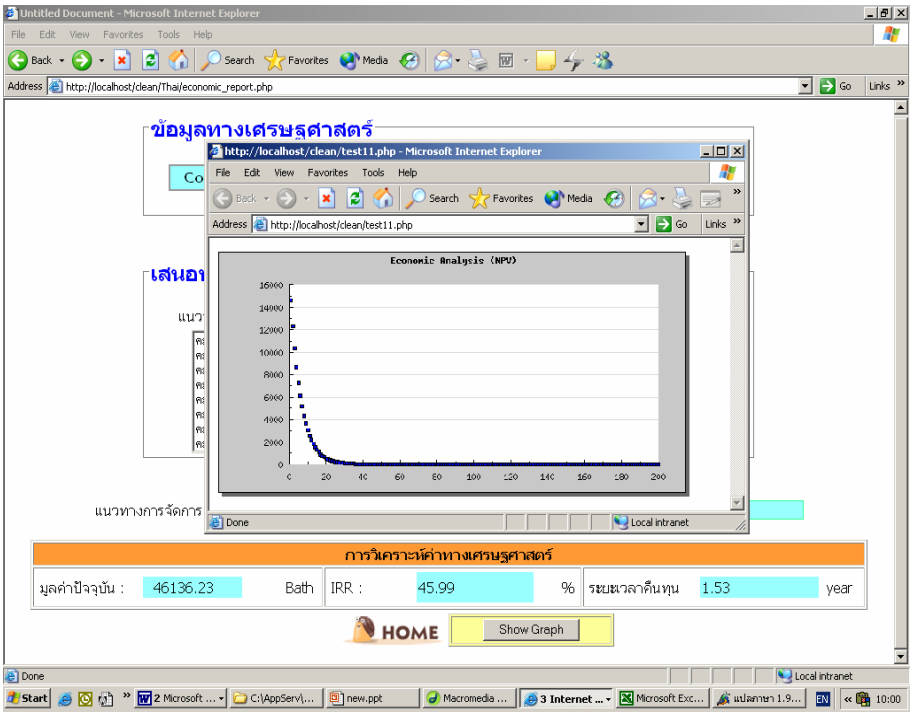
Economical Parameter	
อัตราเงินเฟ้อ	3 %
อัตราส่วนลด	7 %
ภาษีเงินได้	30 %
อายุการใช้งาน	10 %

ภาพที่ 31 หน้าจอในส่วนของการสรุปข้อมูลที่ในการวิเคราะห์โดยรวม

ภาพที่ 32 เป็นหน้าจอในส่วนของผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งในส่วนนี้เป็นผลการคำนวณทั้งหมดของค่าที่จำเป็นต่อการตัดสินใจในการลงทุนใช้แนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด ค่าดังกล่าวได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทนภายใน และระยะเวลาคืนทุน โดยค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกของแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด โปรแกรมสามารถแสดงกราฟทางเศรษฐศาสตร์โดยผู้ใช้ คลิก Show Graph ในหน้าจอภาพที่ 32 ซึ่งหน้าจอการแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่านั้น แสดงดังภาพที่ 33



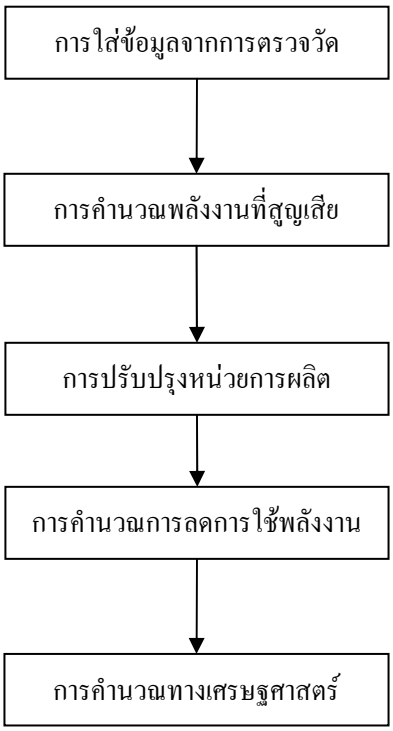
ภาพที่ 32 หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์



ภาพที่ 33 หน้าจอแสดงกราฟทางเศรษฐศาสตร์

2. การจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดส่วนของหน่วยการผลิต

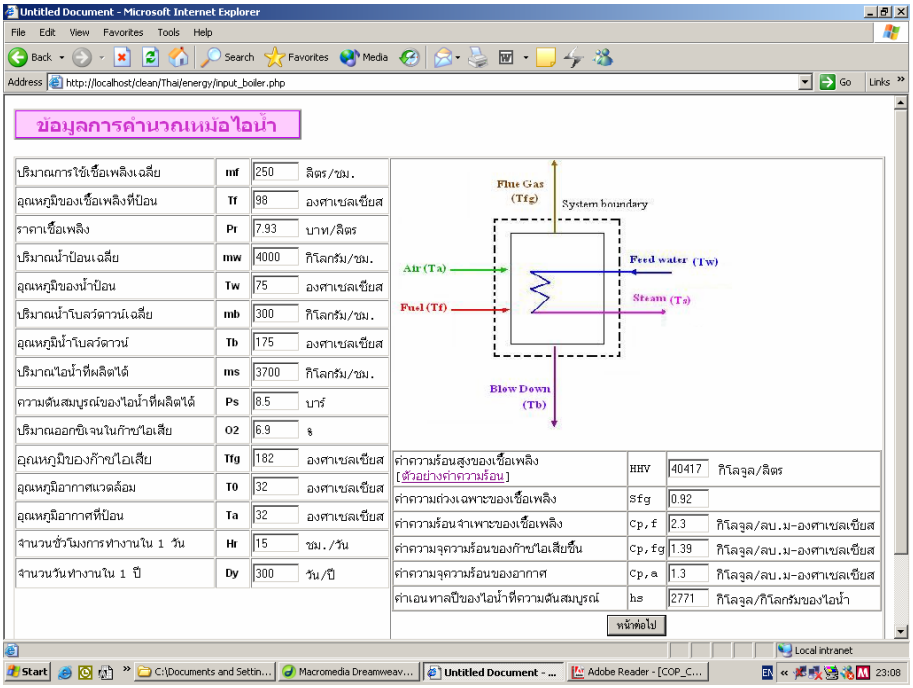
งานวิจัยนี้มีการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดส่วนของหน่วยการผลิต 3 หน่วยการผลิต คือ หม้อไอน้ำ หม้อนึ่งไอน้ำ และหม้อต้ม(นึ่ง) ซึ่งแต่ละหน่วยการผลิตมีขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 34



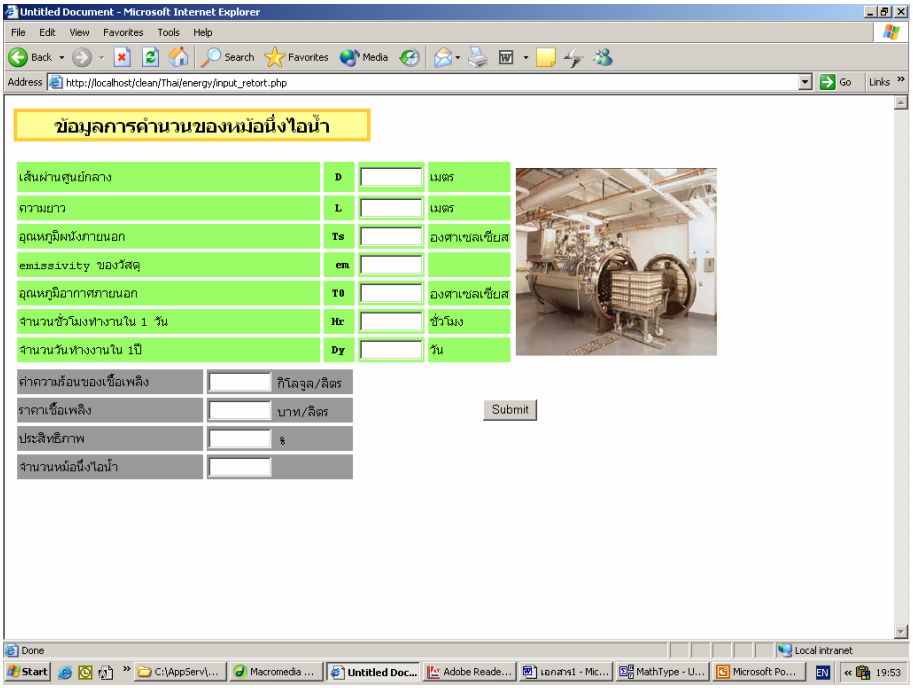
ภาพที่ 34 ขั้นตอนการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดส่วนของหน่วยการผลิต

2.1 ส่วนการใส่ข้อมูลจากการตรวจวัด

เมื่อเลือกหน่วยการผลิตแล้ว ผู้ใช้จะต้องใส่ข้อมูลจากการตรวจวัดและการเก็บข้อมูลสำหรับหน่วยการผลิตเพื่อทำการคำนวณหาพลังงานที่มีการสูญเสียในหน่วยการผลิต โดยผู้ใช้สามารถใส่ข้อมูลต่างๆ ในช่องว่างของหน่วยการผลิตให้ครบ เมื่อผู้ใช้ทำการใส่ข้อมูลต่างๆ ครบเรียบร้อยแล้ว ให้คลิก submit เพื่อเข้าสู่หน้าจอต่อไป ข้อควรระวังในการใส่ข้อมูลเพื่อการคำนวณ ผู้ใช้ต้องพิจารณาหน่วยของข้อมูลที่ใส่ให้ตรงกลับหน่วยที่แสดงในหน้าจอการใส่ข้อมูลจากการตรวจวัด ดังภาพที่ 35, 36 และ 37



ภาพที่ 35 หน้าจอสำหรับใส่ข้อจากการตรวจวัดของหม้อไอน้ำ

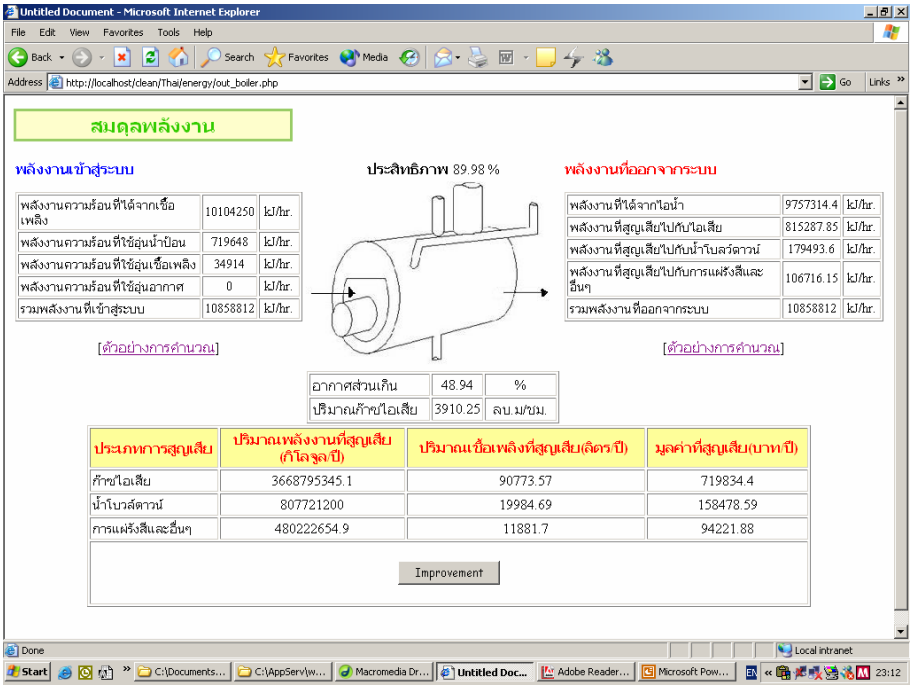


ภาพที่ 36 หน้าจอสำหรับใส่ข้อจากการตรวจวัดของหม้อนึ่งไอน้ำ

ภาพที่ 37 หน้าจอสำหรับใส่ข้อจากการตรวจวัดของหม้อต้ม(นึ่ง)

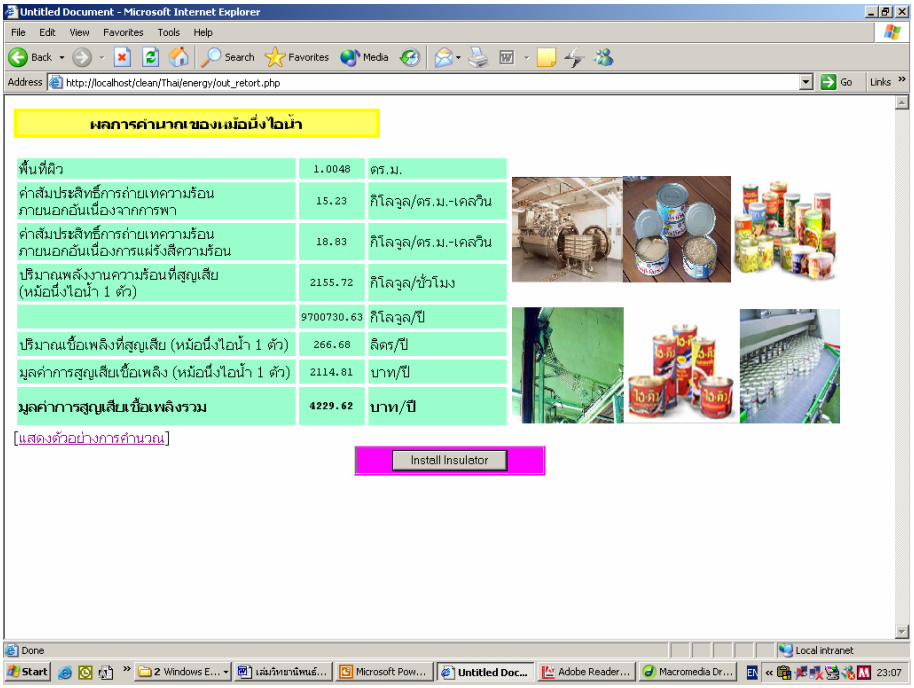
2.2 ผลการคำนวณพลังงานที่สูญเสียจากหน่วยการผลิต

ผลการคำนวณที่ได้จะเป็นการแสดงปริมาณพลังงานที่สูญเสียของหน่วยการผลิต สำหรับหม้อไอน้ำผลการคำนวณที่ได้ของหม้อไอน้ำได้แก่ พลังงานเข้า-ออก รวมถึงพลังงานสูญเสียประเภทต่างๆ ได้แก่ พลังงานที่สูญเสียไปกับไอเสีย พลังงานที่สูญเสียไปกับน้ำโบลว์ดาวน์ และพลังงานที่สูญเสียไปกับการแผ่รังสีและอื่นๆ รวมถึงปริมาณการสูญเสียเชื้อเพลิง และประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ ดังภาพที่ 38 ผลการคำนวณทำให้ทราบถึงสภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นและลดพลังงานสูญเสียต่างๆ โดยการนำพลังงานที่สูญเสียกลับมาใช้ในหน่อยการผลิต นอกจากนั้นโปรแกรมสามารถแสดงสมการและตัวอย่างการคำนวณได้โดยการคลิกที่แสดงตัวอย่างการคำนวณ

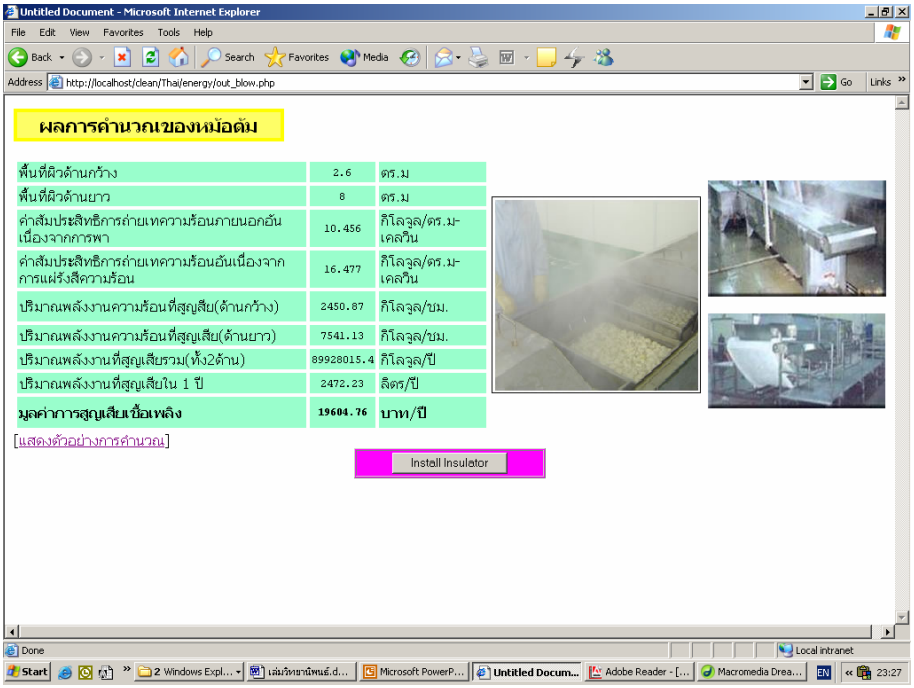


ภาพที่ 38 หน้าจอแสดงผลการคำนวณพลังงานที่สูญเสียของหม้อไอน้ำ

ผลการคำนวณการสูญเสียพลังงานที่ได้ของหม้อนึ่งไอน้ำ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนภายนอกอันเนื่องจากการพา ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนภายนอกอันเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อน พื้นที่ผิวภายนอกอุปกรณ์ รวมถึงพลังงานความร้อนที่สูญเสีย ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียเนื่องมาจากการสูญเสียพลังงานและมูลค่าการสูญเสียเนื่องมาจากการสูญเสียเชื้อเพลิง แสดงดังภาพที่ 39 ส่วนผลการคำนวณการสูญเสียพลังงานที่ได้ของหม้อต้ม(นึ่ง) แสดงดังภาพที่ 40 และโปรแกรมสามารถแสดงสมการและตัวอย่างการคำนวณได้โดยการคลิกที่แสดงตัวอย่างการคำนวณในภาพที่ 39 และ 40



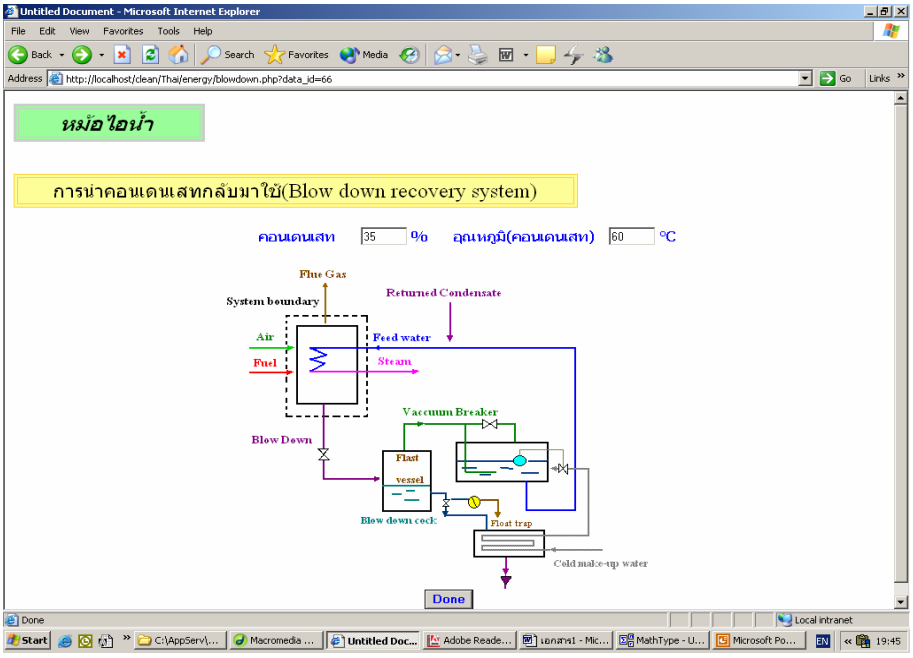
ภาพที่ 39 หน้าจอแสดงผลการคำนวณพลังงานที่สูญเสียของหม้อนึ่งไอน้ำ



ภาพที่ 40 หน้าจอแสดงผลการคำนวณพลังงานที่สูญเสียของหม้อต้ม(นึ่ง)

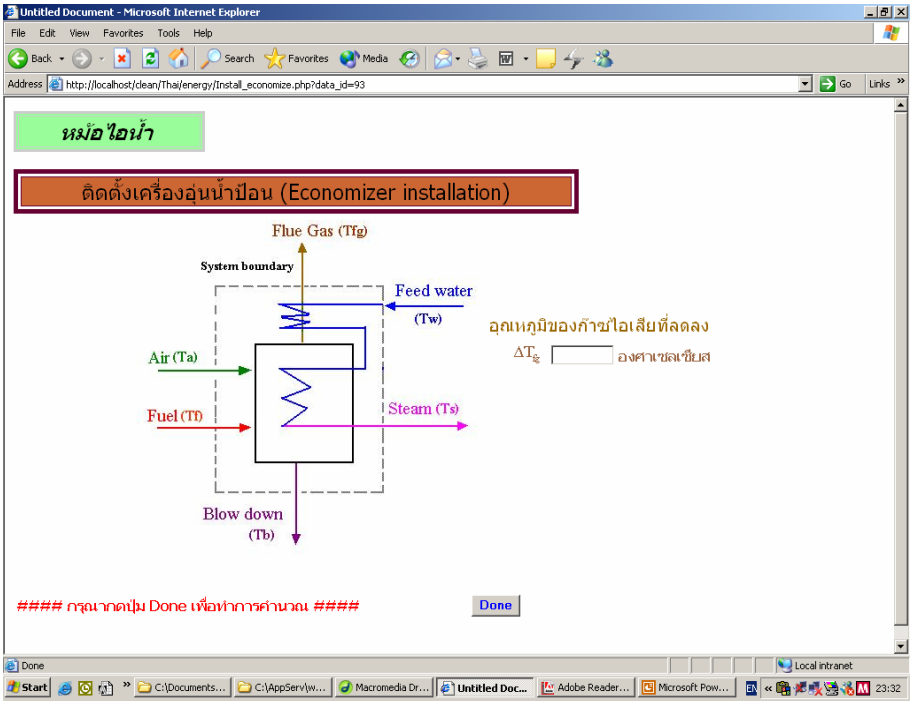
2.3 การปรับปรุงหน่วยการผลิต

เมื่อได้ผลการคำนวณการสูญเสียพลังงานในหน่วยการผลิตแล้ว ผู้ใช้สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยการผลิตต่างๆ ได้ โดยการนำพลังงานที่สูญเสียกลับมาใช้ในหน่วยการผลิต หรือการติดตั้งอุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดพลังงานเพิ่มเติม สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำสามารถทำได้โดยการติดตั้งระบบหรืออุปกรณ์ประหยัดพลังงานเพิ่มเติม ซึ่งมีอยู่ 3 มาตรการด้วยกัน ได้แก่ การติดตั้งระบบการนำน้ำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้ การติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อนและการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ ซึ่งภาพที่ 41 แสดงหน้าจอการปรับปรุงหม้อไอน้ำโดยการติดตั้งระบบการนำน้ำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้

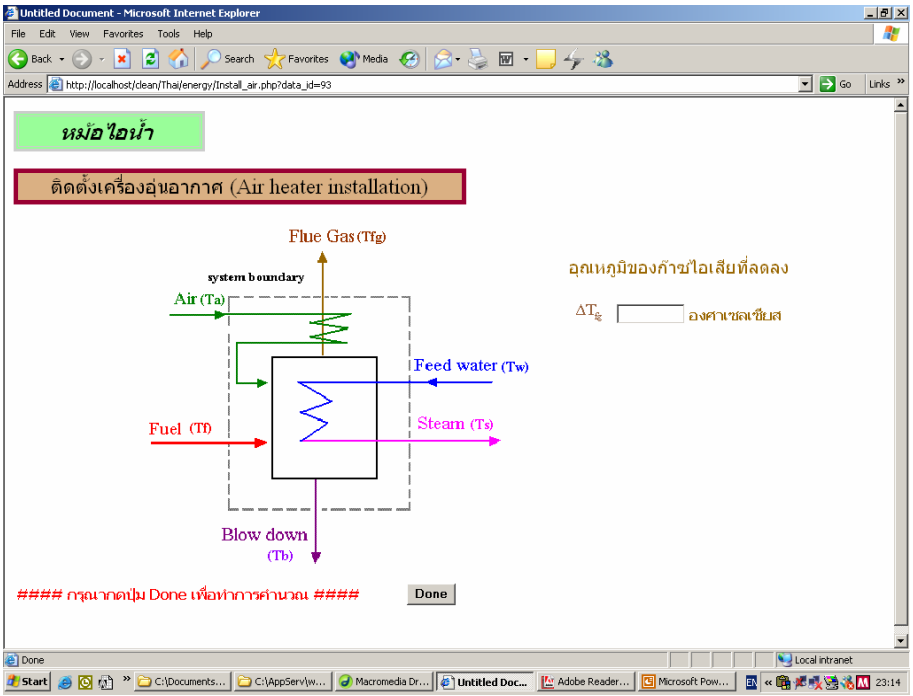


ภาพที่ 41 หน้าจอแสดงการปรับปรุงหม้อไอน้ำโดยการติดตั้งระบบการนำน้ำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้

สำหรับการใส่ข้อมูลการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำโดยการติดตั้งระบบการนำน้ำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้ ข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องใส่ในการปรับปรุงคือ เปอร์เซ็นต์การนำน้ำจากการควบแน่นกลับมาใช้ และอุณหภูมิของน้ำควบแน่น ส่วนการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำโดยการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อนและการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ ข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องใส่ในการปรับปรุงคือ อุณหภูมิของไอเสีย แสดงดังภาพที่ 42 และ 43 ตามลำดับ

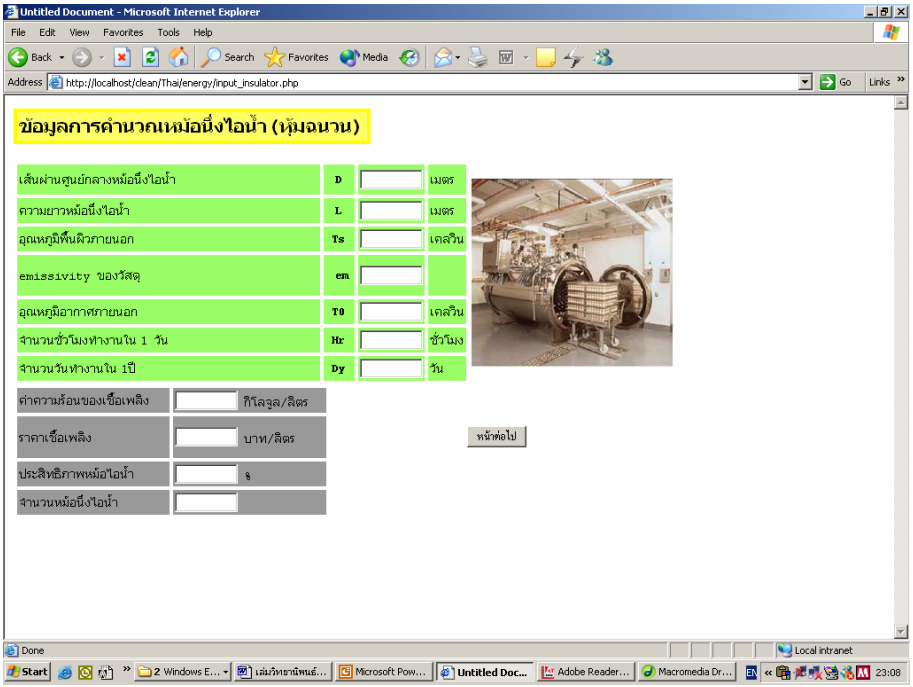


ภาพที่ 42 หน้าจอแสดงการปรับปรุงหม้อไอน้ำโดยการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน

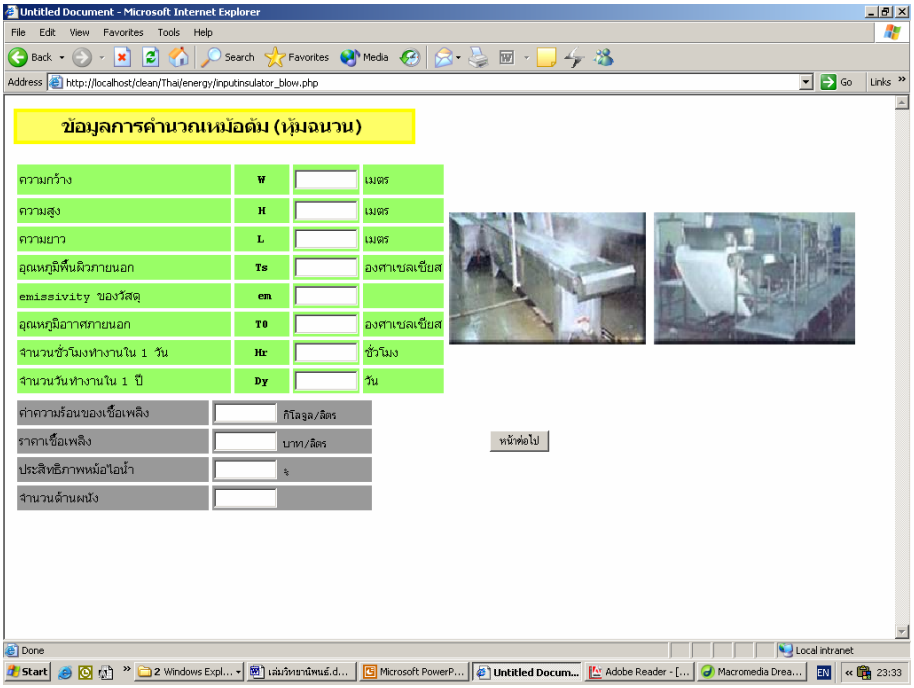


ภาพที่ 43 หน้าจอแสดงการปรับปรุงหม้อไอน้ำโดยการติดตั้งเครื่องอากาศ

สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของหม้อนึ่งไอน้ำและหม้อต้ม(นึ่ง) สามารถทำได้โดยการติดตั้งระบบหรืออุปกรณ์ประหยัดพลังงานเพิ่มเติม ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการลดการสูญเสียพลังงานจากหม้อนึ่งไอน้ำและหม้อต้ม(นึ่ง) โดยใช้มาตรการการหุ้มฉนวน เพื่อลดการสูญเสียพลังงานอันเนื่องจากการพา และการสูญเสียพลังงานอันเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อน สำหรับหน้าจอการใส่ข้อมูลการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของหม้อนึ่งไอน้ำ และหม้อต้ม(นึ่ง) จากการตรวจวัดหลังการหุ้มฉนวนหน่วยการผลิต แสดงดังภาพที่ 44 และ 45 ตามลำดับ



ภาพที่ 44 หน้าจอแสดงการใส่ค่าจากการตรวจวัดหลังการหุ้มฉนวนของหม้อนึ่งไอน้ำ

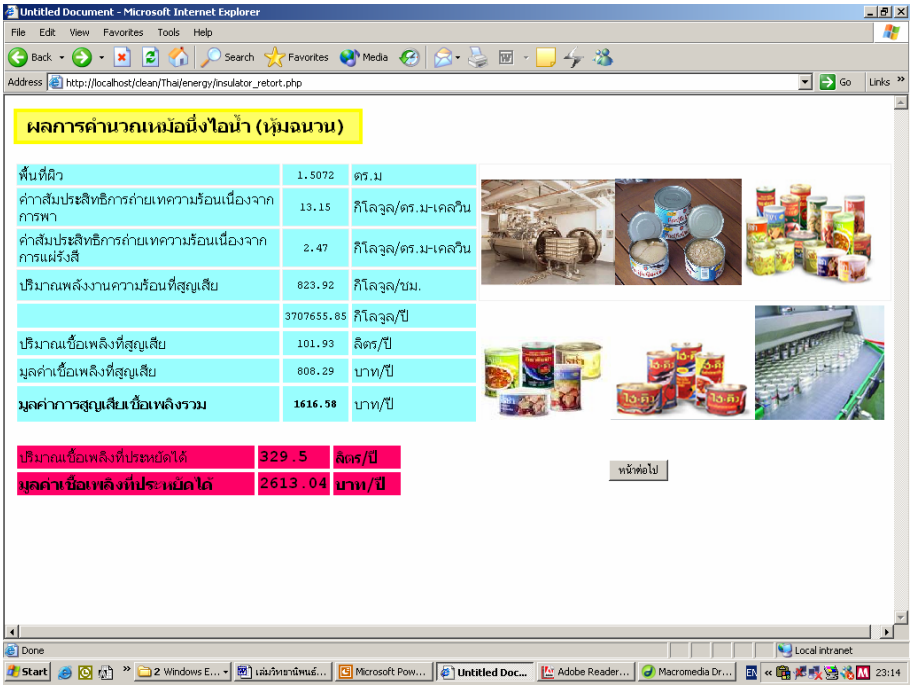


ภาพที่ 45 หน้าจอแสดงการใส่ค่าจากการตรวจวัดหลังการหุ้มฉนวนของหม้อต้ม(นึ่ง)

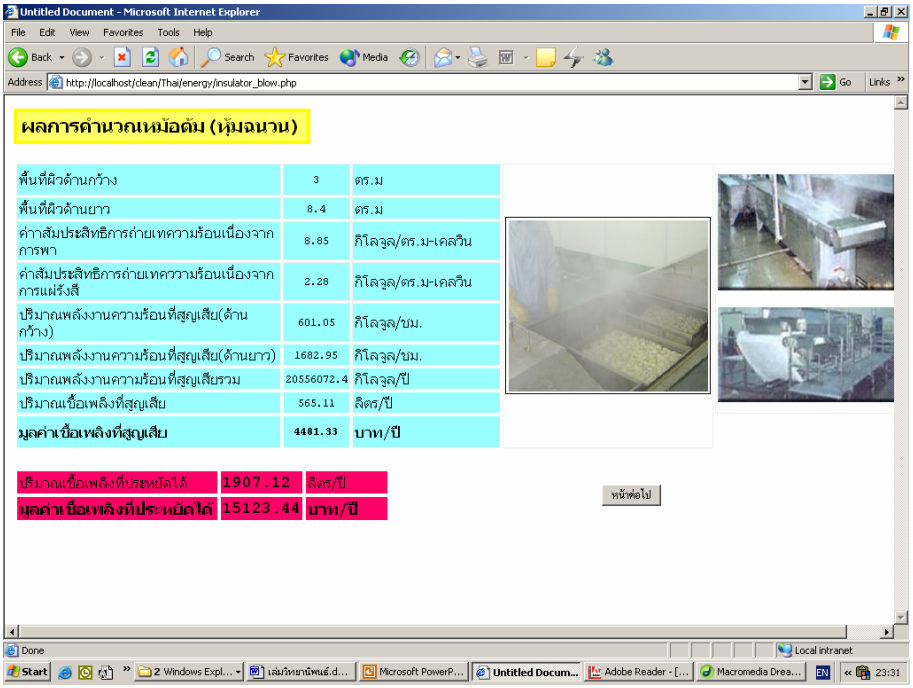
2.4 ผลการคำนวณจากการปรับปรุงหน่วยการผลิต

หลังจากการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิ์ภาพการทำงาน ผลการคำนวณที่ได้สำหรับหม้อไอน้ำหลังการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเพิ่มเติม คือ ปริมาณการลดลงของพลังงานที่สูญเสีย ประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ รวมถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ลดลงและค่าใช้จ่ายที่ลดลง

สำหรับผลการคำนวณที่ได้สำหรับหม้อไอน้ำหลังการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเพิ่มเติม คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนภายนอกอันเนื่องจากการพา ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนภายนอกอันเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อน พื้นที่ผิวภายนอกอุปกรณ์ รวมถึงพลังงานความร้อนที่สูญเสีย ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียเนื่องมาจากการสูญเสียพลังงานและมูลค่าการสูญเสียเนื่องมาจากการสูญเสียเชื้อเพลิง และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ลดลงและค่าใช้จ่ายที่ลดลง แสดงดังภาพที่ 46 ส่วนผลการคำนวณที่ได้สำหรับหม้อต้ม(นึ่ง)หลังการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงานเพิ่มเติม แสดงดังภาพที่ 47

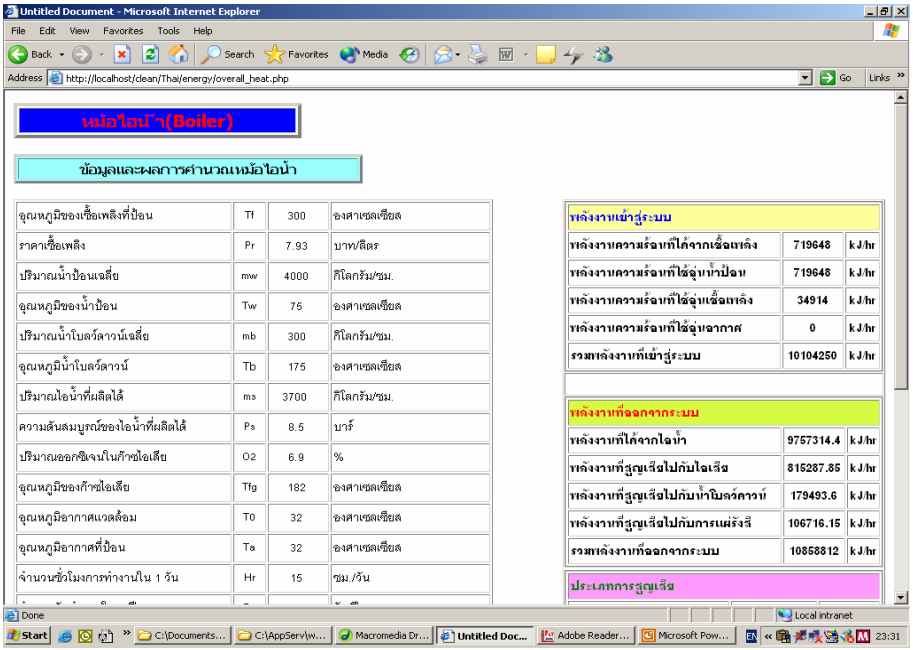


ภาพที่ 46 หน้าจอผลของการหุ้มฉนวนหม้อนึ่งไอน้ำ

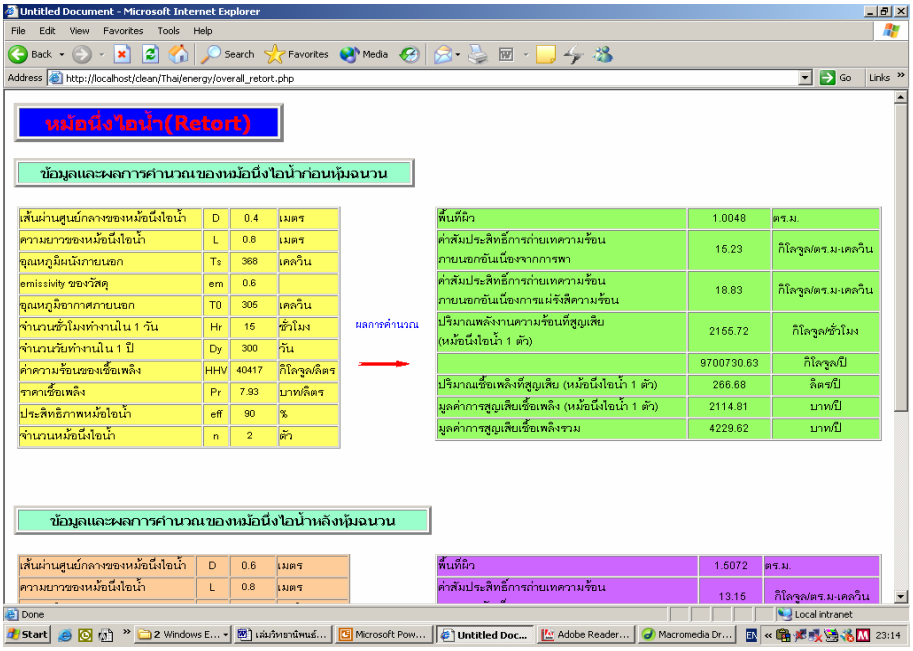


ภาพที่ 47 หน้าจอผลของการหุ้มฉนวนหม้อต้ม(นึ่ง)

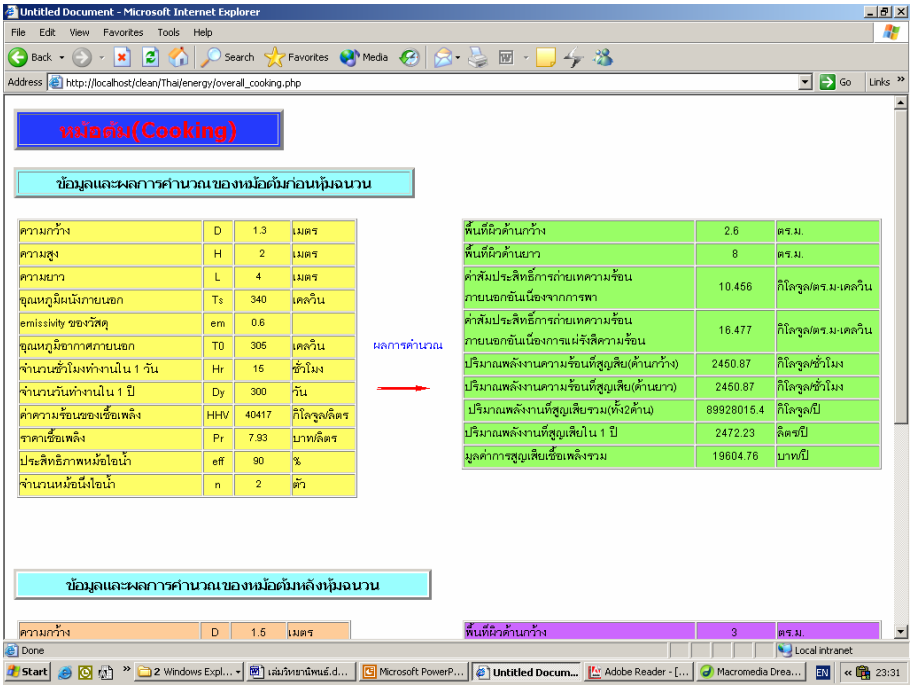
ข้อมูลของหน่วยการผลิตทั้งในส่วนก่อนและหลังการปรับปรุงหน่วยการผลิต ซึ่งแสดงดังภาพที่ 48, 49 และ 50



ภาพที่ 48 หน้าจอแสดงข้อมูลของหม้อไอน้ำ



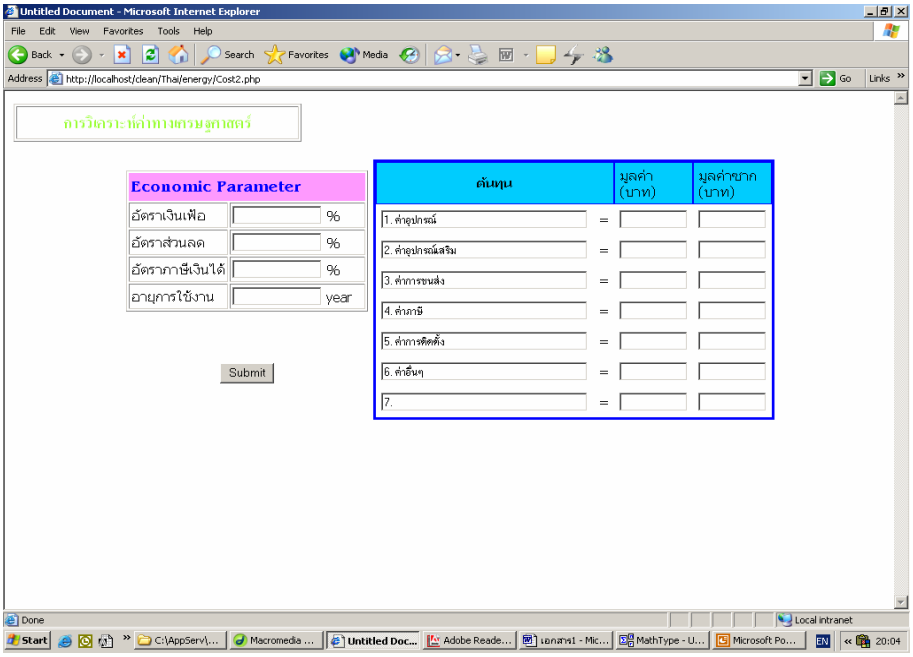
ภาพที่ 49 หน้าจอแสดงข้อมูลของหม้อนึ่งไอน้ำ



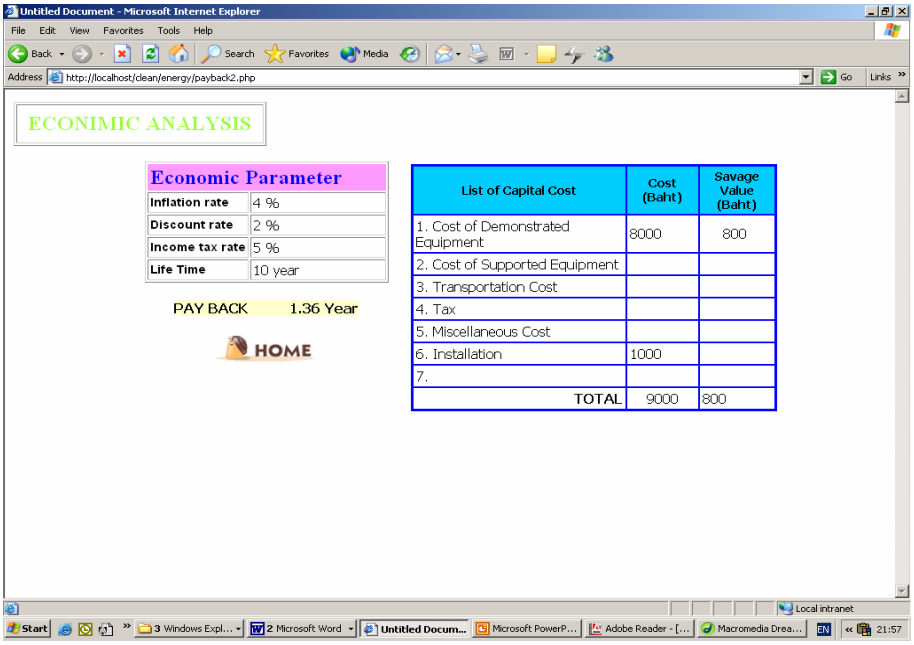
ภาพที่ 50 หน้าจอแสดงข้อมูลของหม้อต้ม

2.5 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

หลังจากได้ผลคำนวณการปรับปรุงหน่วยการผลิต ผู้ใช้ต้องใส่ข้อมูลที่จำเป็นพื้นฐานในการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ได้แก่ อัตราเงินเฟ้อ(Inflation rate) อัตราดอกเบี้ย(Discount rate) อัตราภาษีเงินได้ (Income tax rate) อายุการใช้งาน (Life time) เมื่อผู้ใช้ใส่ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์ ครบเรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้จะต้องใส่ข้อมูลการลง โดยเกี่ยวกับการลงทุนได้แก่ การลงทุนด้านอุปกรณ์หรือเครื่องมือ การลงทุนด้านแรงงานการติดตั้ง รวมทั้งภาษีและค่าการขนส่ง แสดงดังภาพที่ 51 ส่วนภาพที่ 52 แสดงผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์ส่วนหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการตัดสินใจในการนำแนวทางการจัดการมาใช้ในการปรับปรุงหน่วยการผลิต



ภาพที่ 51 หน้าจอใส่ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์



ภาพที่ 52 หน้าจอผลการคำนวณระยะเวลาคืนทุน

กล่าวโดยสรุป วิทยานิพนธ์นี้ได้พัฒนาโปรแกรมต้นแบบ Web-based Application เพื่อกี่จัดการด้านเทคโนโลยีสะอาด โดยมีจำนวนคำสั่ง ประมาณ 12,000 บรรทัด ซึ่งครอบคลุม การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

ผลและวิจารณ์

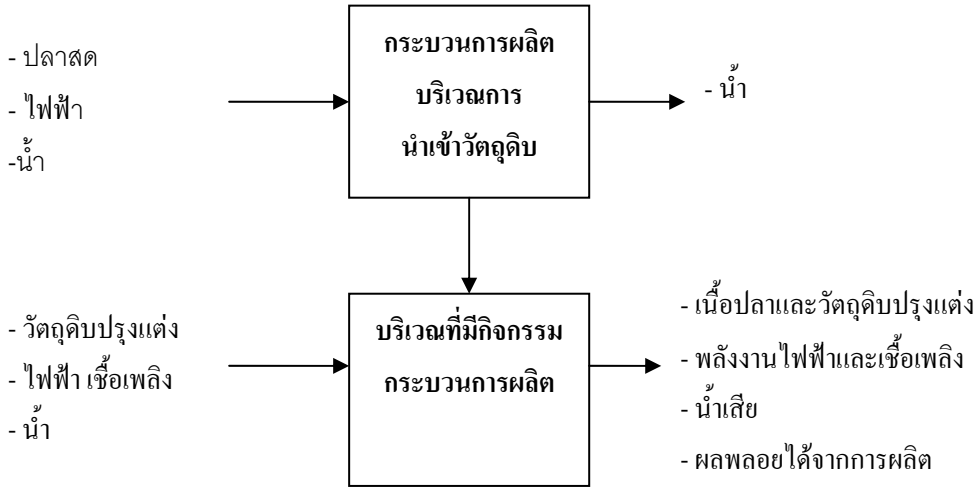
กรณีศึกษาการใช้ Web-based Application สำหรับการประเมินหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม

1. กรณีศึกษาการหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดของกระบวนการผลิต

1.1 โรงงานอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับอุตสาหกรรมจึงเป็นทางเลือกที่สำคัญทางหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้ประกอบการมีความสามารถในการแข่งขันสูงขึ้น เพราะการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดจะส่งผลสำคัญให้มีต้นทุนการผลิตลดลง มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง ช่วยลดความเสียเปรียบทางด้านต้นทุนการผลิตเพื่อให้สามารถแข่งขันระหว่างประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งพื้นที่เป้าหมายของการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีสะอาด)สำหรับอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องนั้นแบ่งออกเป็น 2 พื้นที่หลัก คือ บริเวณการนำเข้าวัตถุดิบ บริเวณที่มีกิจกรรมกระบวนการผลิต ในที่นี้ทำการหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้ Web-based Application เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกแนวทางการจัดการที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิต

พื้นที่เป้าหมายของการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีสะอาด)



ภาพที่ 53 แผนภาพพื้นที่เป้าหมายในการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดใน อุตสาหกรรม อาหารกระป๋อง

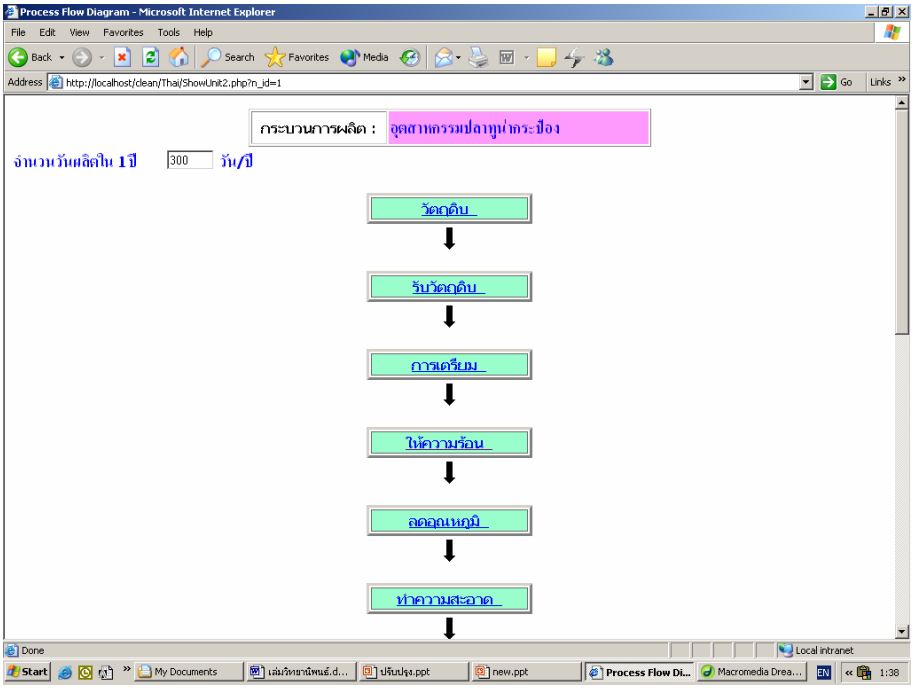
ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

1) ปริมาณการใช้ไฟฟ้า
2) ปริมาณการใช้น้ำมันเตา
3) ปริมาณการใช้น้ำ
4) ผลได้ของเนื้อปลา
5) ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย(BOD Loading)

ข้อมูลโรงงานตัวอย่างที่ศึกษา	โรงงานอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง		
ข้อมูลทั่วไปประกอบการ	ผลิตปลาทูน่ากระป๋อง		
	จำนวนวันทำงาน 300 วันต่อปี		
วัตถุดิบและทรัพยากร	ไฟฟ้า	11,146	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน
	น้ำมันเตา	92	ลิตร/ตันปลาสด
	น้ำ	637.5	ลูกบาศก์เมตร /วัน

1.1.1. กระบวนการผลิต

โดยทำการเลือก อุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋องหลังจากนั้นทำการป้อนมวลสารเข้า-ออก ในแต่ละขั้นตอนการผลิต ซึ่งแสดงดังภาพที่ 54 เพื่อนำค่าที่ไปคำนวณหามูลค่าการสูญเสียทั้งหมดของกระบวนการผลิต



ภาพที่ 54 หน้าจอแรกแผนผังกระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง

ตารางที่ 3 ค่าการใช้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

ขั้นตอน	ดัชนีการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรด B (ลิตร/ตันปลาสด)
กระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง	92

หมายเหตุ ค่าความร้อนจำเพาะเชื้อเพลิงเท่ากับ 40,417 กิโลจูล/ลิตร
ราคาน้ำมันเตาของโรงงานเท่ากับ 7.93 บาท/ลิตร

ตารางที่ 4 ค่าการใช้น้ำของโรงงานอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

ขั้นตอน	ปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร/วัน)	ดัชนีการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร/ตันปลาสด)
การรับปลาทูน่า	3.5	0.09
การลดความเย็นปลาทูน่าแช่แข็ง	275	6.88
การล้างปลาทูน่า และการผ่าท้องควักไส้	12.5	0.31
การทำให้อุณหภูมิปลาทูน่านึ่งเย็นตัวลง	49	1.23
การหักหัว หาง ขูดหนังปลา และการปิดฝากระป๋อง	185	4.63
การล้างกระป๋องที่บรรจุปลาแล้ว	8	0.2
การนึ่งฆ่าเชื้อเชื้อ และกระบวนการอื่นๆ	104.5	2.45
ปริมาณการใช้น้ำรวม	637.5	15.94

หมายเหตุ ราคาน้ำของโรงงานเท่ากับ 13.48 บาท/ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 5 ค่าการใช้ไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

ขั้นตอน	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน)	ดัชนีการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันปลาสด)
กระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง	11,146	279
สำนักงานและระบบบำบัดน้ำเสียและอื่นๆ	841	-
ปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม	11,987	-

หมายเหตุ ราคาค่าไฟฟ้าของโรงงานเท่ากับ 1.70 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ตารางที่ 6 ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย(BOD Loading) ของโรงงานอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

ขั้นตอน	ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/วัน)	ค่า BOD* (มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าภาระความสกปรกในน้ำเสีย (กิโลกรัม/ตันปลาสด)
น้ำจากการลดความเย็นปลาทูน่าแช่แข็ง	275	145	1
น้ำจากการล้างปลาทูน่าและการผ่าท้องควักไส้	12.5	1,100	0.34
น้ำจากการนึ่งปลา	7	43,500	7.61
น้ำจากการทำให้อุณหภูมิปลาทูน่านึ่งเย็นตัวลง	49	5,400	6.62
น้ำที่ใช้ในกิจกรรมอื่น เช่น การนึ่งฆ่าเชื้อ การล้างกระป๋องเปล่า การดักกลิ่น และการล้างพื้น เป็นต้น	239.1	-	-
น้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด	582.6	2,000	29.13

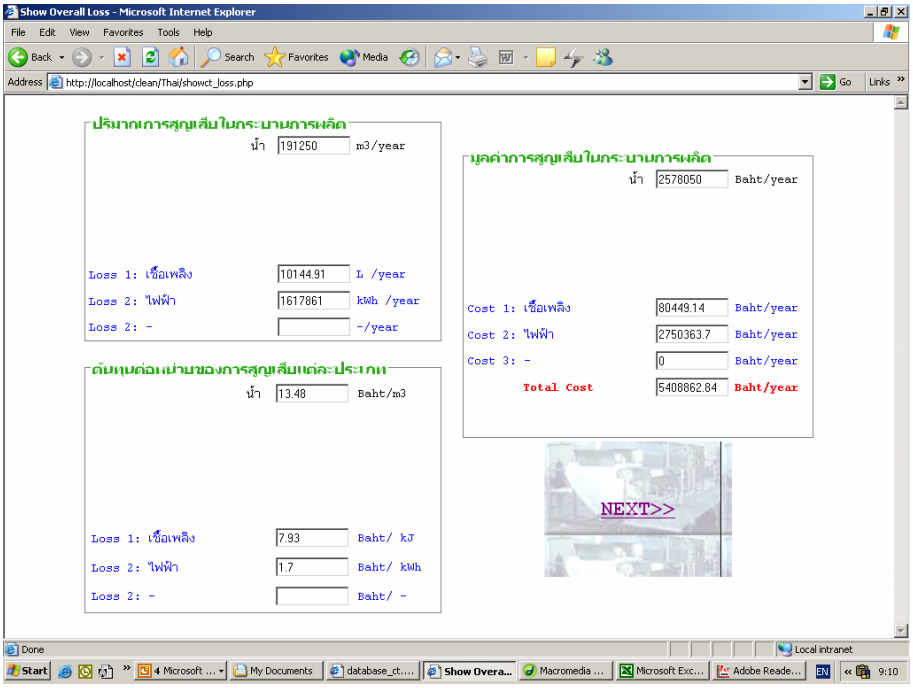
<u>หมายเหตุ</u> ราคาค่าบำบัดน้ำเสียเท่ากับ 5 บาท/กิโลกรัม BOD

1.1.2. มูลค่าสูญเสียในกระบวนการผลิต

ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียในกระบวนการผลิตมีอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน คือ ค่าน้ำ ค่าเชื้อเพลิง และค่าไฟฟ้า โดยแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ปริมาณการสูญเสียและมูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต

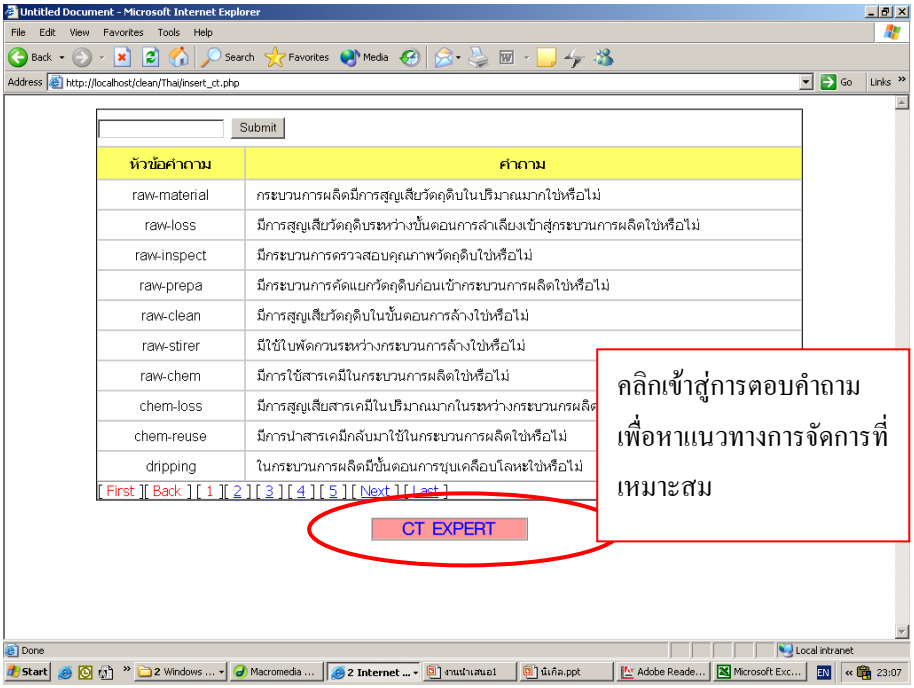
รายการ	ปริมาณ(หน่วย/ปี)	ต้นทุน(บาท/หน่วย)	ต้นทุน(บาท/ปี)
น้ำ	191,250	13.48	2,578,050
ไฟฟ้า	1,617,861	1.7	2,750,363.7
น้ำมันเตา	10,144.91	7.93	80,449.14
		รวม	5,408,863



ภาพที่ 55 แสดงมูลค่าสูญเสียทั้งหมดของกระบวนการผลิต

1.1.3. ส่วนของประเมินหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม

สามารถหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมได้โดยการตอบคำตอบ เพื่อที่โปรแกรมจะประเมินหาแนวทางการจัดการที่มีความเหมาะกับกระบวนการผลิต ซึ่งเข้าสู่ส่วนของคำถามได้โดยการคลิก CT EXPERT แสดงดังภาพที่ 56



ภาพที่ 56 หน้าจอแสดงCT Database

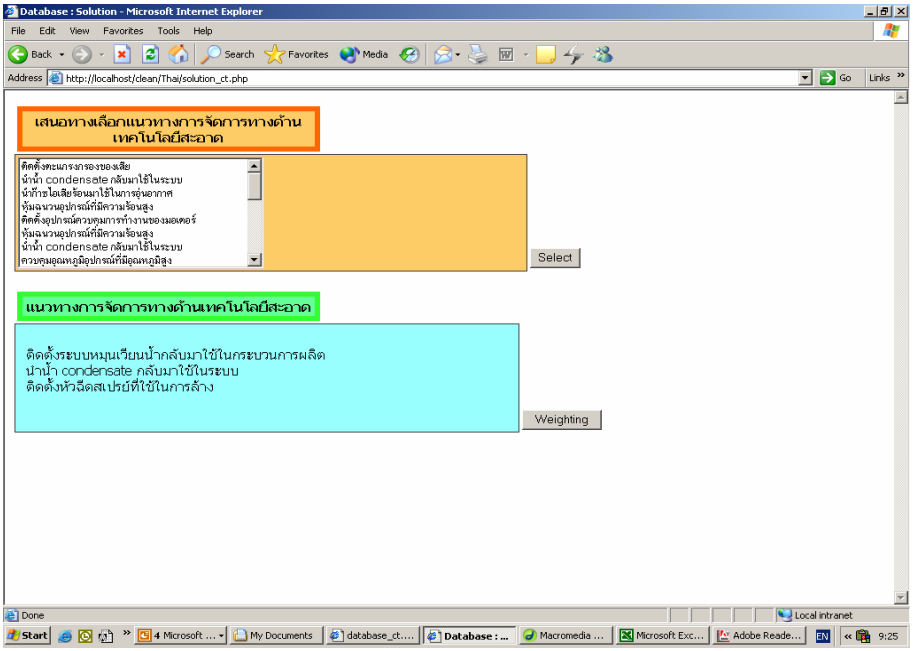
เมื่อตอบคำถามจาก CT Database เรียบร้อยแล้ว แนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดที่ได้จากการตอบคำถาม ซึ่งแนวทางการจัดการที่ประเมินได้ คือ

- ติดตั้ง spray nozzle และปั๊ม
- ติดตั้งระบบการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต
- ติดตั้งระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต
- ติดตั้งตะแกรงกรองของเสีย
- ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิสูง
- การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิสูง เป็นต้น

จากแนวทางทางการจัดการที่ได้จากการประเมินนั้น สามารถเลือกแนวทางการจัดการที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตได้เหมาะสมได้ โดยในการศึกษานี้ได้เลือกแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดทั้งหมด 3 แนวทาง ดังนี้

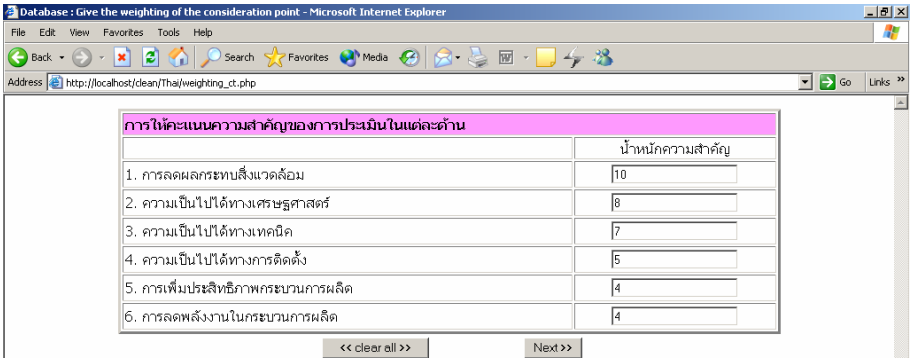
- ติดตั้ง spray nozzle และปั๊ม
- ติดตั้งระบบการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต
- ติดตั้งระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต

ซึ่งจะนำแนวทางการจัดการมาคำนวณหาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกแนวทางที่มีความเป็นไปได้ที่สามารถนำมาใช้ปรับปรุงในส่วนของกระบวนการผลิต

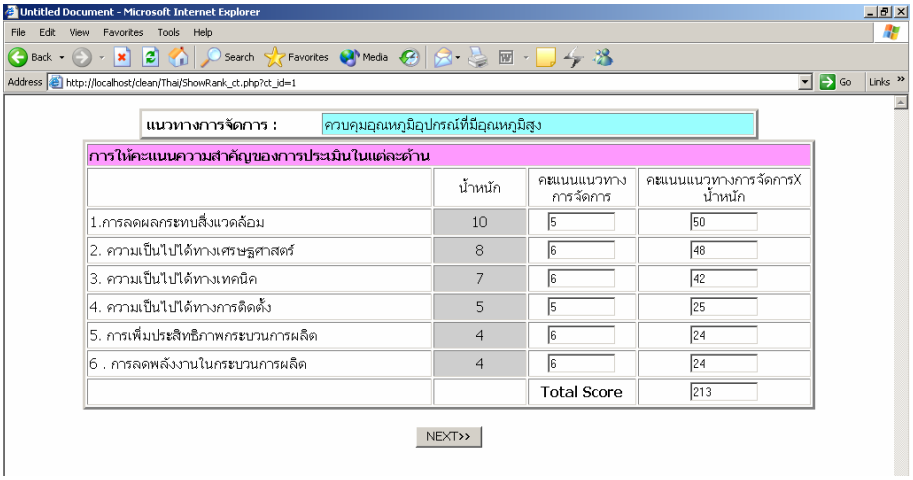


ภาพที่ 57 หน้าจอแสดงแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

ซึ่งปัญหาที่พบในแต่ละกระบวนการผลิตนั้นมีลำดับความสำคัญและความเร่งด่วนในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการให้คะแนนน้ำหนักความสำคัญของปัญหาที่ต้องการแก้ไข โดยต้องมีการป้อนคะแนนของแนวทางการจัดที่สนใจศึกษาเพื่อเลือกแนวทางที่ตรงกับปัญหาที่พบในกระบวนการผลิต



ภาพที่ 58 หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญ



ภาพที่ 59 หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญของแนวทางการจัดการ

1.1.4. ส่วนการคำนวณหาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

ในการเลือกแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งในที่นี้จะทำการศึกษาตัวแปร 3 ค่า ที่ใช้ในการตัดสินใจ ได้แก่

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)
- อัตราผลตอบแทนการลงทุน(Internal Rate of Return: IRR)
- ระยะเวลาคืนทุน(Payback Period)

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

แนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด	มูลค่าปัจจุบัน (บาท)	อัตราผลตอบแทนการลงทุน(%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
ติดตั้ง spray nozzle และปั๊ม	944,107.46	476	0.19
การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต	428,937.45	83.99	1.01
การติดตั้งระบบการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต	867,972.93	136	0.64

1.2. โรงงานอุตสาหกรรมชุบทองแดง-นิกเกิล-โครเมียม

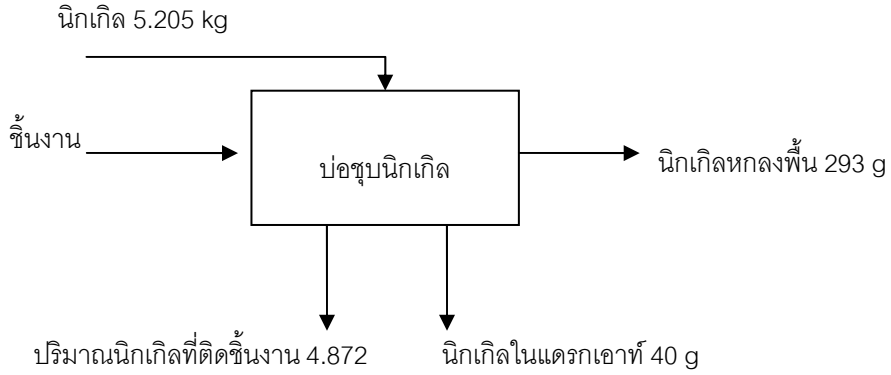
กรณีศึกษาอุตสาหกรรมชุบโลหะทองแดง-นิกเกิล-โครเมียม ซึ่งพื้นที่เป้าหมายของการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีสะอาด)สำหรับอุตสาหกรรมชุบโลหะนั้น จะพิจารณาจากขั้นตอนการล้างไขมันด้วยด่าง การล้างด่างด้วยน้ำ การล้างกรดด้วยน้ำ การชุบนิกเกิล และการล้างสารเคมีด้วยน้ำ ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ เป็นขั้นตอนที่มีการสูญเสียทรัพยากรเป็นปริมาณมาก เช่น การสูญเสียสารเคมีที่ใช้ชุบ การใช้น้ำอย่างไม่มีประสิทธิภาพ และการใช้ไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง อีกทั้งยังก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดน้ำเสียที่มีสารเคมีอันตรายเป็นองค์ประกอบ และกากตะกอนเคมีอันตราย ซึ่งจำเป็นต้องมีการบำบัดจัดการอย่างถูกต้อง ซึ่งในกรณีศึกษานี้พิจารณาขั้นตอนการชุบนิกเกิลและขั้นตอนการล้างสารเคมีด้วยน้ำ เพื่อนำมาพิจารณาหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้ Web-based Application

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มชุบโลหะทองแดง-นิกเกิล-โครเมียม

1. ปริมาณการใช้ไฟฟ้า
2. ปริมาณการใช้น้ำ
3. ปริมาณการใช้โลหะนิกเกิล
4. ปริมาณการใช้นิกเกิลคลอไรด์(Nickel chloride)
5. ปริมาณการใช้นิกเกิลซัลเฟต(Nickel sulfate)
6. ปริมาณการใช้โครเมียม
7. ปริมาณการใช้ทองแดง

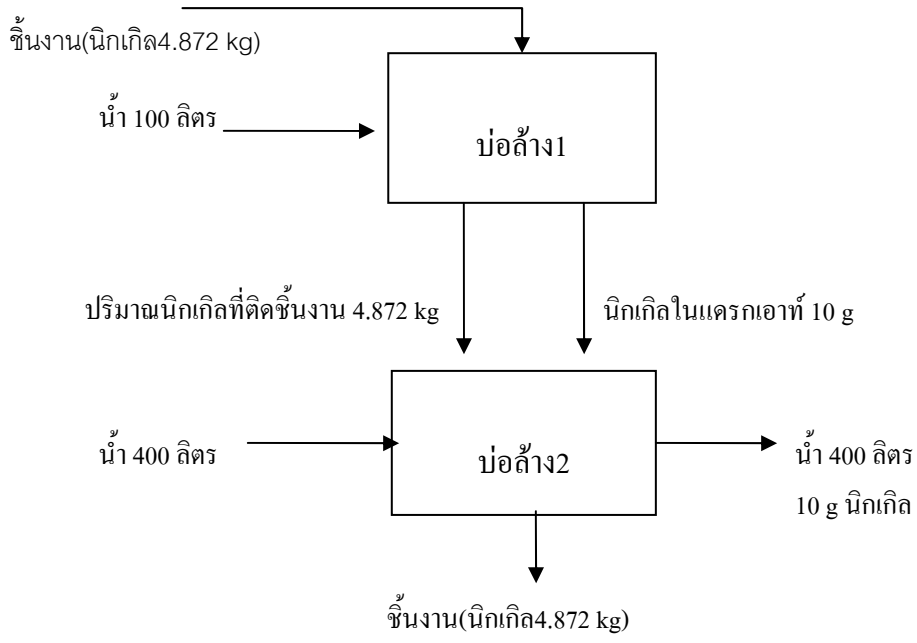
พื้นที่เป้าหมายของการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีสะอาด)

ดุลมวลสารขั้นตอนการชุบนิกเกิล



ภาพที่ 60 แผนภาพดุลมวลสารนิกเกิลในขั้นตอนการชุบ

ดุลมวลสารขั้นตอนการล้างสารเคมีด้วยน้ำ

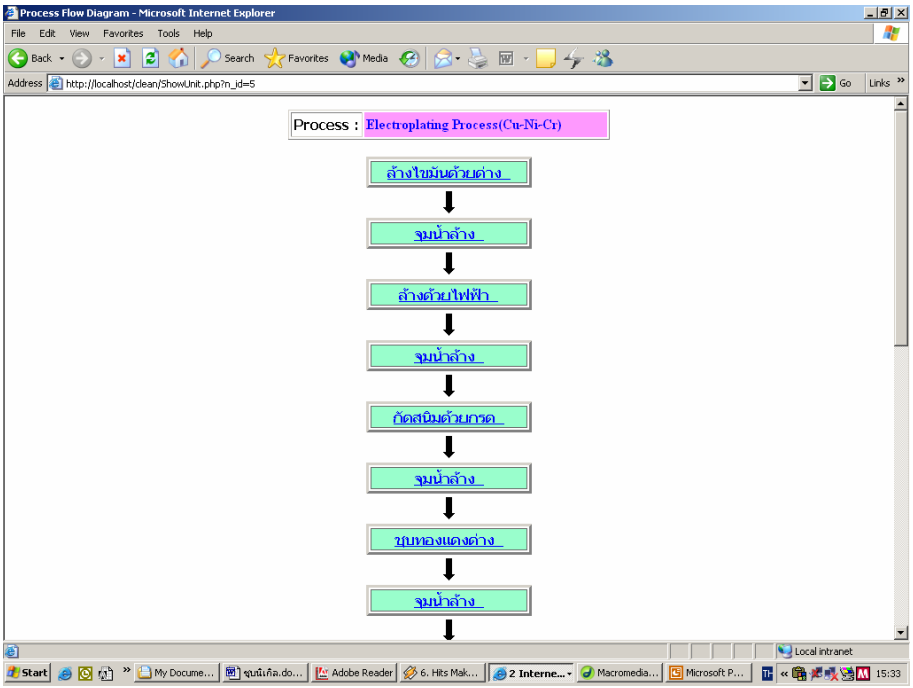


ภาพที่ 61 แผนภาพดุลมวลสารในขั้นตอนการล้างสารเคมีด้วยน้ำ

ข้อมูลโรงงานตัวอย่าง	กลุ่มชุบทองแดง-นิกเกิล-โครเมียม
ข้อมูลทั่วไป	ประกอบการผลิต ชุบโลหะทองแดง-นิกเกิล-โครเมียม
	จำนวนวันทำการ 300 วันต่อปี
	อัตรากำลังการผลิต 4.9 กิโลกรัมนิกเกิลที่ชุบติดต่อวัน
วัตถุดิบ และทรัพยากร	ไฟฟ้า 82.7 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อวัน (ในขั้นตอนการชุบ)
	น้ำ 3.8 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน (กระบวนการผลิต)
	แผ่นนิกเกิล 5.205 กิโลกรัมต่อวัน
	กรดเกลือ (Hydrochloric acid) 10 กิโลกรัมต่อวัน
	โซดาไฟ (Sodium hydroxide) 10 กิโลกรัมต่อวัน
	กรดโครมิก (Chromic acid) 0.6 กิโลกรัมต่อวัน

1.2.1. กระบวนการผลิต

โดยทำการเลือก Electroplating Process(Cu-Ni-Cr) หลังจากนั้นทำการป้อนมวลสารเข้า-ออก ในแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อนำค่าที่ไปคำนวณหามูลค่าการสูญเสียทั้งหมดของกระบวนการผลิต



ภาพที่ 62 หน้าจอแผนผังกระบวนการผลิตชุบโลหะทองแดง-นิกเกิล-โครเมียม

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณการใช้นิกเกิลและปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่เป้าหมาย

โรงงาน	นิกเกิล (กิโลกรัม/วัน)	ปริมาณน้ำบ่อ 1 (ลิตร/วัน)	ปริมาณน้ำบ่อ 2 (ลิตร/วัน)
โรงงานชุบทองแดง-นิกเกิล-โครเมียม	5.205	100	400

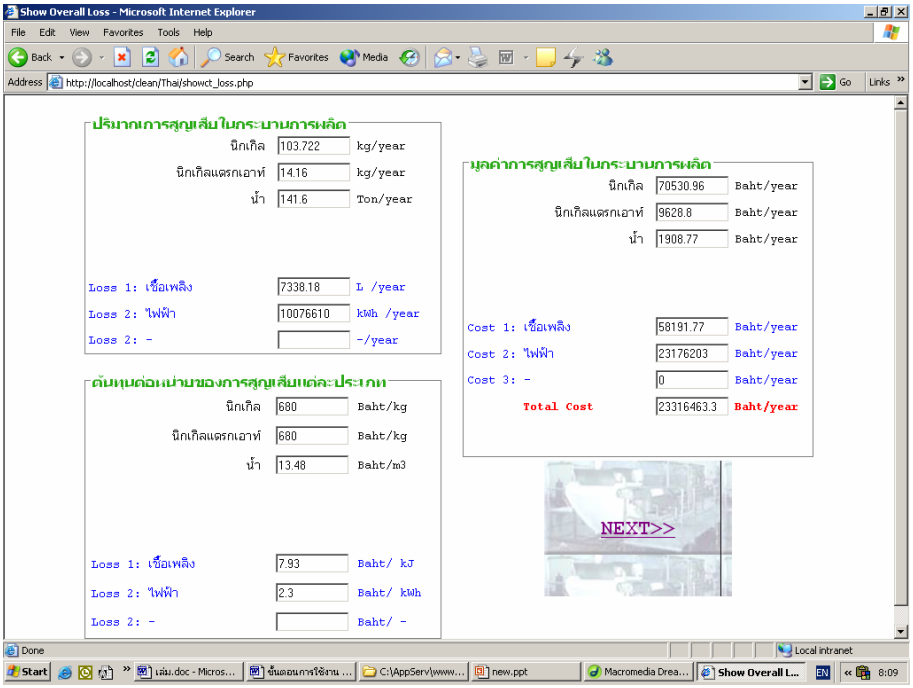
<u>หมายเหตุ</u> ราคานิกเกิล 680 บาท/กิโลกรัม
ราคาน้ำของโรงงานเท่ากับ 13.48 บาท/ลูกบาศก์เมตร

1.2.2. มูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต

ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียในกระบวนการผลิตมีอยู่ด้วยกัน 4 ส่วน คือ ค่านิกเกิล ค่านิกเกิลแดรกเอาท์ ค่าน้ำและค่าการบำบัดน้ำเสีย โดยแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ปริมาณและมูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต

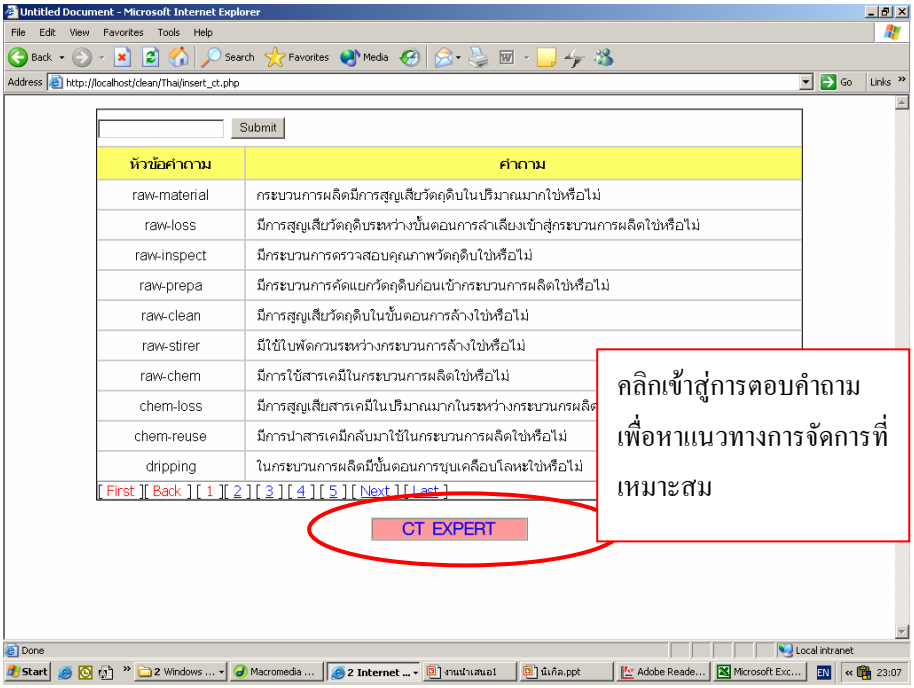
รายการ	ปริมาณ(หน่วย/ปี)	ต้นทุน(บาท/หน่วย)	ต้นทุน(บาท/ปี)
นิกเกิล	103.72	680	70,530.96
นิกเกิลแดรกเอาท์	14.16	680	9,628.8
น้ำ	141.6	13.48	1,908.77
เชื้อเพลิง	7,338.18	7.93	58,191.77
ไฟฟ้า	10,076,610	2.3	23,176,203
		รวม	23,316,463.3



ภาพที่ 63 แสดงมูลค่าสูญเสียทั้งหมดของกระบวนการผลิต

1.2.3. ส่วนของประเมินหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม

สามารถหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมได้โดยการตอบคำตอบ เพื่อที่โปรแกรมจะประเมินหาแนวทางการจัดการที่มีความเหมาะกับกระบวนการผลิต ซึ่งเข้าสู่ส่วนของคำถามได้โดยการคลิก CT EXPERT แสดงดังภาพที่ 64



ภาพที่ 64 หน้าจอแสดงCT Database

เมื่อตอบคำถามจาก CT Database เรียบร้อยแล้ว แนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดที่ได้จากการตอบคำถาม ซึ่งแนวทางการจัดการที่ประเมินได้ คือ

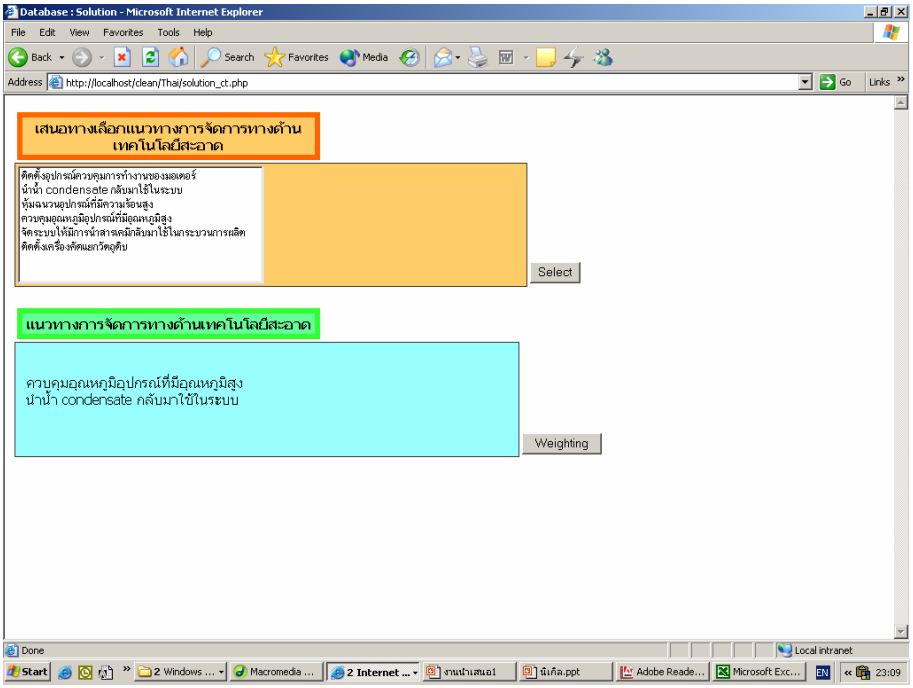
- จัดระบบตรวจสอบวัตถุดิบ
- ติดตั้งหัวสเปรย์ฉีดล้างชิ้นงานและบ่อรองรับน้ำล้าง
- การเพิ่มประสิทธิภาพการล้างชิ้นงานด้วยน้ำโดยการใช้ลมเป่าหรือใช้ปั๊มน้ำร่วมกับใบกวน
- เพิ่มเวลาหยดของน้ำยาชุบเคลือบ
- การติดตั้งแผ่นหรือถังรองหยดระหว่างบ่อชุบกับบ่อล้าง
- การหุ้มฉนวนอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิสูง เป็นต้น

จากแนวทางการจัดการที่ได้จากการประเมินนั้น สามารถเลือกแนวทางการจัดการที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตได้เหมาะสมได้ โดยในการศึกษานี้ได้เลือกแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดทั้งหมด 4 แนวทาง ดังนี้

- การติดตั้งแผ่นหรือถังรองหยดระหว่างบ่อชุบกับบ่อล้าง
- การเพิ่มประสิทธิภาพการล้างชิ้นงานด้วยน้ำโดยการใช้ลมเป่าหรือใช้ปั๊มน้ำร่วมกับใบกวน

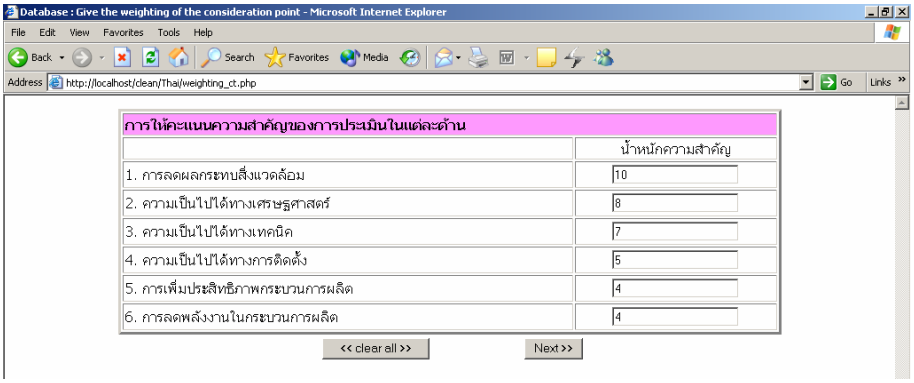
- ติดตั้งหัวสเปรย์ฉีดล้างชิ้นงานและบ่อรองรับน้ำล้าง
- เพิ่มเวลาหยดของน้ำยาชุบเคลือบ

แนวทางการจัดการดังกล่าวจะนำมาคำนวณหาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกแนวทางที่มีความเป็นไปได้ที่สามารถนำมาใช้ปรับปรุงในส่วนของกระบวนการผลิต



ภาพที่ 65 หน้าจอแสดงแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

ปัญหาที่พบในแต่ละกระบวนการผลิตนั้นมีลำดับความสำคัญและความเร่งด่วนในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการให้คะแนนน้ำหนักความสำคัญของปัญหาที่ต้องการแก้ไข โดยต้องมีการป้อนคะแนนของแนวทางการจัดที่สนใจศึกษาเพื่อเลือกแนวทางที่ตรงกับปัญหาที่พบในกระบวนการผลิต



ภาพที่ 66 หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญ

1.2.4.ส่วนการคำนวณหาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

ในการเลือกแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งในที่นี้จะทำการศึกษาตัวแปร 3 ค่า ที่ใช้ในการตัดสินใจ ได้แก่

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)
- อัตราผลตอบแทนการลงทุน(Internal Rate of Return: IRR)
- ระยะเวลาคืนทุน(Pay-back Period)

ตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

แนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนการลงทุน (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
การติดตั้งแผ่นหรือถังรองหยดระหว่างบ่อชุบกับบ่อล้าง	196,073.3	544	0.17
ติดตั้งหัวสเปรย์ฉีดล้างชิ้นงานและบ่อรองรับน้ำล้าง	60,141.41	381	0.24

1.3. กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางเข้มข้น

กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางเข้มข้น จากการศึกษาต้นทุนแปรผันของโรงงานผลิตน้ำยางเข้มข้นพบว่า ต้นทุนค่าวัตถุดิบเป็นต้นทุนที่สูงที่สุดคิดเป็นประมาณ 71-81.4% ของต้นทุนแปรผันทั้งหมด ดังนั้นถ้าผู้ประอบกิจการโรงงานทำให้วัตถุดิบแปรรูปไปเป็นผลิตภัณฑ์ได้มากเท่าไร ก็จะสูญเสียน้อยลง และประหยัดต้นทุนมากขึ้น และประหยัดต้นทุนมากขึ้น
จุดที่สูญเสียเนื้อยาง

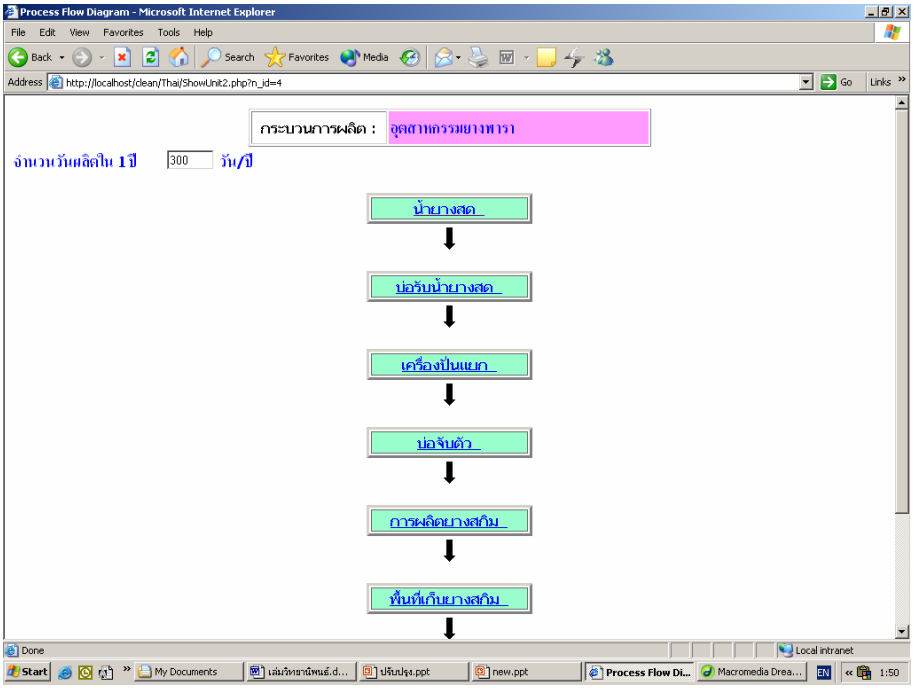
1. บริเวณรับเนื้อยาง
2. บริเวณรับน้ำยางตรงบ่อรับยางสด
3. บริเวณเครื่องปั่นแยก
4. ในการทำยางสกริม

ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น มีขั้นตอนที่ก่อให้เกิดน้ำเสียไม่ว่าจะกระบวนการล้างทำความสะอาด การเติมสารเพื่อให้น้ำยางจับตัว หรือการปั่น ซึ่งนอกจากมีน้ำเสียเกิดขึ้นแล้ว ยังมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้นในจุดต่างๆ ของกระบวนการผลิตอีกด้วย ซึ่งถ้ามีการใช้น้ำเกินความจำเป็นทำให้ต้องจ่ายค่าน้ำหรือค่าใช้จ่ายในการปรับสภาพน้ำจำนวนมากแล้วยังทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมากขึ้นอีกด้วย นั่นหมายความว่าจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย นอกจากนั้นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตก็มีความสำคัญ เนื่องจากการใช้ไฟฟ้ามีการใช้เพื่อเดินเครื่องจักรที่มีส่วนในการทำความสะอาดเนื้อยางในทุกขั้นตอนการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบเช่น เศษยาง ขี้ยาง หรือยางแผ่นดิบ ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ในส่วนหนึ่ง ซึ่งการลดต้นทุนในกระบวนการผลิตนั้นสามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้มากขึ้น ดังนั้นควรมีการเลือกแนวทางการจัดการที่เหมาะสมมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต

ภาพที่ 67 น้ำยางข้นและหางยางจากการปั่นแยก

1.3.1. กระบวนการผลิต

โดยทำการเลือก Rubber Process(conc.Latex ,skim rubber) หลังจากนั้นทำการป้อนมวลสารเข้า-ออก ในแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อนำค่าที่ไปคำนวณหามูลค่าการสูญเสียทั้งหมดของกระบวนการผลิต



ภาพที่ 68 หน้าจอแรกแผนผังกระบวนการผลิตน้ำยางเข้มข้น

ตารางที่ 12 ปริมาณการใช้ทรัพยากรในอุตสาหกรรมน้ำยางข้น

การใช้ทรัพยากร	ปริมาณการใช้
1. การใช้น้ำ (ลบ.ม./ตันน้ำยางข้น)	1.85
2. การใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ตันน้ำยางข้น)	84.67
3. การใช้ DAP (กก./ตันน้ำยางข้น)	0.87
4. การใช้กรดซัลฟูริค (กก./ตันเนื้อยางแห้งในหางน้ำยาง)	120
5. การใช้แอมโมเนีย (กก./ตันน้ำยางข้น)	12.2

หมายเหตุ ราคาน้ำ 13.48 บาท/ลูกบาศก์เมตร
ราคาDRC 19.5 บาท/กิโลกรัม

1.3.2. มูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต

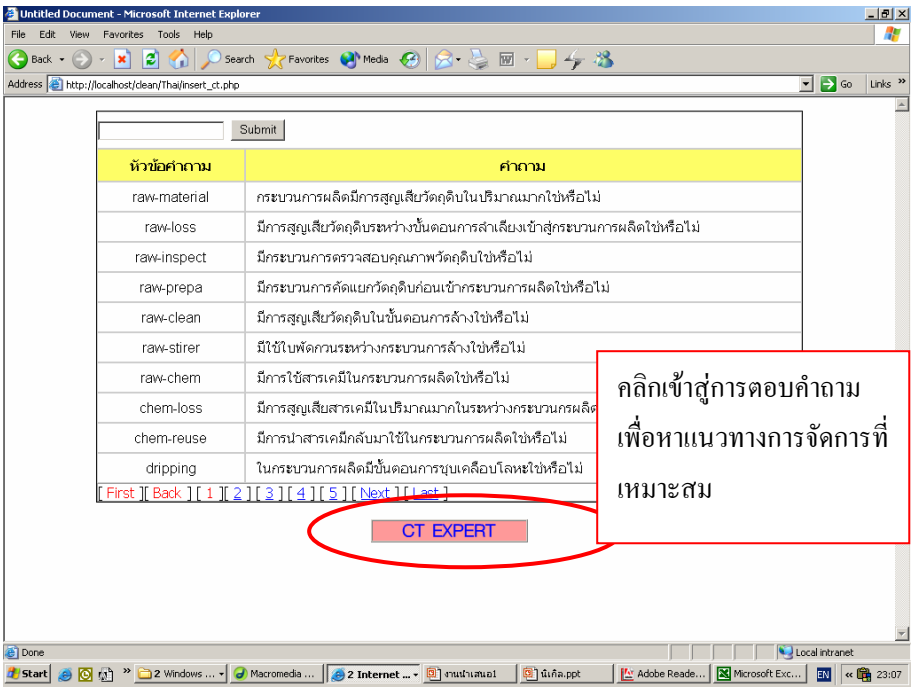
ซึ่งค่าใช้จ่ายที่ต้องสูญเสียในกระบวนการผลิตมีอยู่ด้วยกัน 4 ส่วน คือ ค่าDRC ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำและค่าการบำบัดน้ำเสีย โดยแสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ปริมาณและมูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต

รายการ	ปริมาณ(หน่วย/ปี)	ต้นทุน(บาท/หน่วย)	ต้นทุนรวม(บาท/ปี)
น้ำ	555	13.48	7,481.4
ซีรัม(DRC)	12	680	210,600
น้ำเสีย	555	200	111,000
ไฟฟ้า	26,400	3.4	96,000
		รวม	418,841.4

1.3.3. ส่วนของประเมินหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม

สามารถหาแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมได้โดยการตอบคำตอบ เพื่อที่โปรแกรมจะประเมินหาแนวทางการจัดการที่มีความเหมาะกับกระบวนการผลิต ซึ่งเข้าสู่ส่วนของคำถามได้โดยการคลิก CT EXPERT แสดงดังรูปที่ 69



ภาพที่ 69 หน้าจอแสดง CT Database

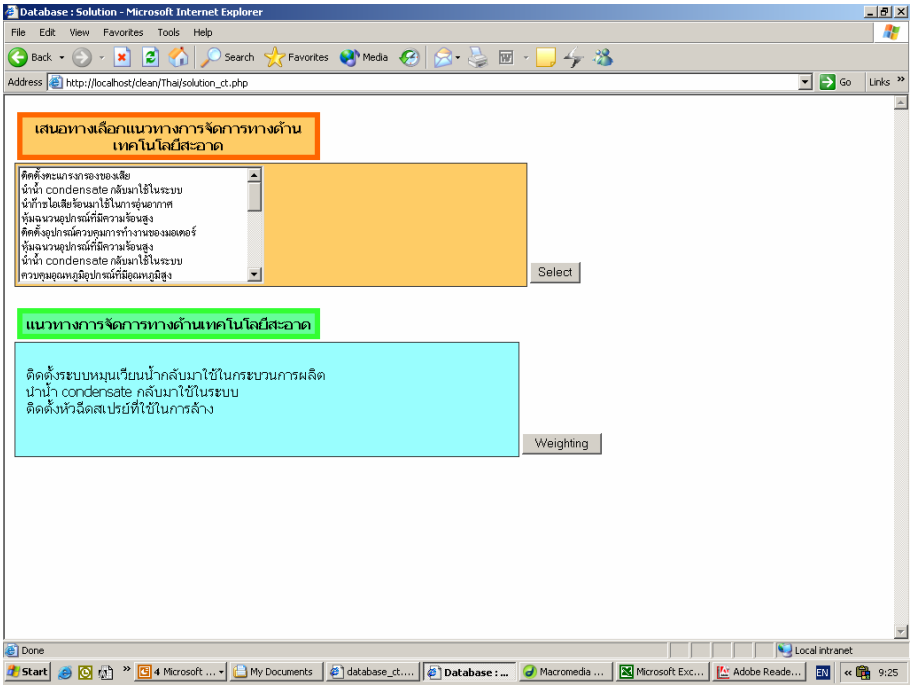
เมื่อตอบคำถามจาก CT Database เรียบร้อยแล้ว แนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดที่ได้จากการตอบคำถาม ซึ่งแนวทางการจัดการที่ประเมินได้ คือ

- จัดระบบตรวจสอบวัตถุดิบ
- ติดตั้งระบบหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต
- ติดตั้งหัวฉีดสเปรย์ที่ใช้ในการล้าง
- ติดตั้งระบบการล้างแบบหลายอ่างต่อเนื่อง
- ติดตั้งตะแกรงกรองของเสีย
- ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

จากแนวทางทางการจัดการที่ได้จากการประเมินนั้น สามารถเลือกแนวทางการจัดการที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตได้เหมาะสมได้ โดยในการศึกษานี้ได้เลือกแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดทั้งหมด 4 แนวทาง ดังนี้

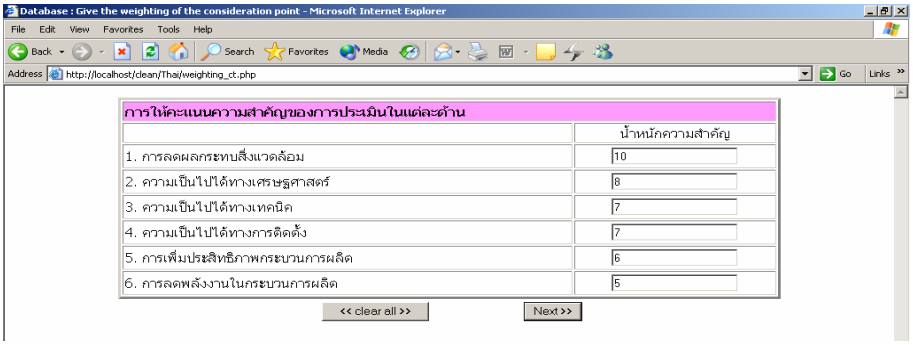
- ติดตั้งระบบหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต
- ติดตั้งหัวฉีดสเปรย์ที่ใช้ในการล้าง
- ติดตั้งระบบการล้างแบบหลายอ่างต่อเนื่อง
- ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

ซึ่งจะนำแนวทางการจัดการมาคำนวณหาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกแนวทางที่มีความเป็นไปได้ที่สามารถนำมาใช้ปรับปรุงในส่วนของกระบวนการผลิต



ภาพที่ 70 หน้าจอแสดงแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

ซึ่งปัญหาที่พบในแต่ละกระบวนการผลิตนั้นมีลำดับความสำคัญและความเร่งด่วนในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน จึงต้องมีการให้คะแนนน้ำหนักความสำคัญของปัญหาที่ต้องการแก้ไข โดยต้องมีการป้อนคะแนนของแนวทางการจัดที่สนใจศึกษาเพื่อเลือกแนวทางที่ตรงกับปัญหาที่พบในกระบวนการผลิต



ภาพที่ 71 หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญ

1.3.4.ส่วนการคำนวณหาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

ในการเลือกแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งในที่นี้จะทำการศึกษาตัวแปร 3 ค่า ที่ใช้ในการตัดสินใจ ได้แก่

- มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)
- อัตราผลตอบแทนการลงทุน(Internal Rate of Return: IRR)
- ระยะเวลาคืนทุน(Pay-back Period)

ตารางที่ 14 แสดงผลการรวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

แนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	อัตราผลตอบแทนการลงทุน (%)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
การติดตั้งอุปกรณ์มอเตอร์ควบคุมการทำงาน	43,149.32	18.98	3.46
การติดตั้งตะแกรงกรองของเสีย	91,064.05	133	0.67

2. กรณีศึกษาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดของหน่วยการผลิต

ในกรณีศึกษานี้ คือ โรงงานปลาทูน่ากระป๋อง เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่ เป็นพลังงานไอน้ำที่ผลิตจากหม้อไอน้ำในโรงงาน นอกจากนั้นยังมีการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากหม้อต้ม(นึ่ง) และหม้อนึ่งไอน้ำ โดยข้อมูลการตรวจวัดแสดงดังตารางที่ 15

2.1 ส่วนการใส่ข้อมูลจากการตรวจวัด

ตารางที่ 15 การตรวจวัดและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องของหม้อไอน้ำ

รายการ	สัญลักษณ์	ข้อมูล	หน่วย
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย	mf	250	ลิตร/ชั่วโมง
อุณหภูมิของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้า	Tf	98	องศาเซลเซียส
ราคาน้ำมันเตา	Pr	7.93	บาท/ลิตร
ปริมาณน้ำป้อนเฉลี่ย	mw	4,000	กก./ชั่วโมง
อุณหภูมิของน้ำป้อน	Tw	75	องศาเซลเซียส
ปริมาณน้ำโบลว์ดาวน์เฉลี่ย	mb	300	กก./ชั่วโมง
อุณหภูมิของน้ำโบลว์ดาวน์	Tb	174.95	องศาเซลเซียส
ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้เฉลี่ย	ms	3,600	กก./ชั่วโมง
ความดันสมบูรณ์ของไอน้ำที่ผลิตได้	Ps	8.5	บาร์
ปริมาณออกซิเจนในก๊าซไอเสีย	O2	6.9	%
อุณหภูมิของก๊าซไอเสีย	Tfg	182	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของอากาศแวดล้อม	T0	32	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิอากาศที่ป้อนเข้า	Ta	32	องศาเซลเซียส
ชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน	Hr	15	ชั่วโมง
จำนวนวันทำงานใน 1 ปี	Dy	300	วัน

ตารางที่ 16 ข้อมูลจากสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์

รายการ	สัญลักษณ์	ข้อมูล	หน่วย
ค่าความร้อนสูงของเชื้อเพลิง	HHV	40,417	กิโลจูล/ลิตร
ค่าความถ่วงจำเพาะของเชื้อเพลิง	Sg	0.92	
ค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง	Cp,f	2.3	กิโลจูล/ลบ.ม.°C
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของก๊าซไอเสียชื้น	Cp,fg	1.39	กิโลจูล/ลบ.ม.°C
ค่าความจุความร้อนของอากาศ	Cp,a	1.3	กิโลจูล/ลบ.ม.°C
ค่าเอนทาลปีของไอน้ำที่ความดันสมบูรณ์	hs	2,771	กิโลจูล/กิโลกรัม

ตารางที่ 17 การตรวจวัดและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องของหม้อนึ่งไอน้ำ

รายการ	สัญลักษณ์	ข้อมูล	หน่วย
อุณหภูมิผนังภายนอก	Ts'	368	เคลวิน
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของผิว	d'	0.4	เมตร
ความยาวของอุปกรณ์	L'	0.8	เมตร
emissivity ของอุปกรณ์	ε'	0.6	
อุณหภูมิของอากาศภายนอก	T0	305	เคลวิน
จำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน	Hr	15	ชั่วโมง
จำนวนวันที่ทำงานใน 1 ปี	Dy	300	วัน
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	HHV	40,417	กิโลจูล/ลิตร
ราคาน้ำมันเตา	Pr	7.93	บาท/ลิตร
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	η	90	%
จำนวนอุปกรณ์	n		ตัว

ตารางที่ 18 การตรวจวัดและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องของหม้อต้ม(นึ่ง)

รายการ	สัญลักษณ์	ข้อมูล	หน่วย
อุณหภูมิผนังภายนอก	Ts'	340	เคลวิน
ความสูงของอุปกรณ์	H'	2	เมตร
ความกว้างของอุปกรณ์	W'	1.3	เมตร
ความยาวของอุปกรณ์	L'	4	เมตร
emissivity ของอุปกรณ์	ε'	0.6	
อุณหภูมิของอากาศภายนอก	T0	323	เคลวิน
จำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 วัน	Hr	15	ชั่วโมง
จำนวนวันที่ทำงานใน 1 ปี	Dy	300	วัน
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	HHV	40,417	กิโลจูล/ลิตร
ราคาน้ำมันเตา	Pr	7.93	บาท/ลิตร
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	η	90	%
จำวนด้านของพื้นผิว	n	2	ด้าน

2.2 ผลการคำนวณพลังงานที่สูญเสียจากหน่วยการผลิต

พลังงานความร้อนที่สูญเสียจากหม้อไอน้ำ มีการสูญเสีย 3 ส่วนด้วยกันคือ พลังงานที่สูญเสียจากก๊าซไอเสีย พลังงานที่สูญเสียไปกลับน้ำโบวล์ดาวน์ พลังงานการสูญเสียไปกับการแผ่รังสีและอื่นๆ ค่าการสูญเสียแสดงดังตาราง 19 โดยประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ คือ 87.54% สำหรับพลังงานที่สูญเสียจากหม้อนึ่งไอน้ำและหม้อต้ม(นึ่ง) มีการสูญเสียเนื่องมาจากการพาความร้อนและการแผ่รังสี แสดงดังตารางที่ 20 และ 21

ตารางที่ 19 พลังงานที่สูญเสียจากหม้อไอน้ำ

รายการ	พลังงาน(กิโลจูล/ปี)	ปริมาณเชื้อเพลิง(ลิตร/ปี)	มูลค่า(บาท/ปี)
พลังงานที่สูญเสียจากก๊าซไอเสีย	3,668,795,345.09	90,773.57	719,834.40
พลังงานที่สูญเสียไปกลับน้ำโบวล์ดาวน์	807,450,076.8	19,977.98	15,425.39
พลังงานการสูญเสียไปกับการแผ่รังสีและอื่นๆ	1,667,194,178.10	41,249.82	327,111.11

ตารางที่ 20 พลังงานที่สูญเสียจากหม้อนึ่งไอน้ำ

รายการ	ข้อมูล
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องมาจากการพา (กิโลจูล/ตารางเมตร-เคลวิน)	15.23
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องมาจากการแผ่รังสี (กิโลจูล/ตารางเมตร-เคลวิน)	18.83
พลังงานที่สูญเสีย(กิโลจูล/ปี)	9,700,730
ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสีย(ลิตร/ปี)	266.68
มูลค่าที่สูญเสีย(บาท/ชิ้น-ปี)	2,114.81
มูลค่าที่สูญเสียทั้งหมด(บาท/ปี)	4,229.62

ตารางที่ 21 พลังงานที่สูญเสียจากหม้อต้ม(นึ่ง)

รายการ	ข้อมูล
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องมาจากการพา (กิโลจูล/ตารางเมตร-เคลวิน)	10.46
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเนื่องมาจากการแผ่รังสี (กิโลจูล/ตารางเมตร-เคลวิน)	16.48
พลังงานที่สูญเสีย(กิโลจูล/ปี)	89,928,015
ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสีย(ลิตร/ปี)	2,472.23
มูลค่าที่สูญเสียทั้งหมด(บาท/ปี)	19,604.76

2.3 การปรับปรุงหน่วยการผลิต

แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ ทำได้โดยการติดตั้งระบบหรืออุปกรณ์ประหยัดพลังเพิ่มเติม ซึ่งมีอยู่ 3 มาตรการด้วยกัน คือ การติดตั้งระบบการน้ำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้ การติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อนหรือหรือเครื่องอุ่นอากาศ สำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพหม้อนึ่งไอน้ำและหม้อต้ม(นึ่ง)

2.3.1. การติดตั้งระบบการนำน้ำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้

ซึ่งเมื่อทำการติดตั้งระบบสามารถนำน้ำ condensate กลับมาใช้ได้ 35% โดยอุณหภูมิของน้ำ condensate ที่นำกลับมาใช้ในระบบ 60°C ค่าที่ได้จากการลดการสูญเสียพลังงานแสดงดังตาราง 22

ตารางที่ 22 แสดงปริมาณการลดการสูญเสียเนื่องจากการติดตั้งระบบการนำน้ำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้

รายการ	ข้อมูล
ปริมาณน้ำ(ลบ.ม./ปี)	472.5
ปริมาณพลังงาน(กิโลจูล/ปี)	55,354,320
ปริมาณเชื้อเพลิง(ลิตร/ปี)	1,522.09
มูลค่า(บาท/ปี)	12,070.2

2.3.2. การติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน

เมื่อทำการติดตั้งการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน อุณหภูมิของก๊าซไอเสียแตกต่างจากเดิม 37 องศาเซลเซียส ค่าที่ได้จากการลดการสูญเสียพลังงานแสดงดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 แสดงปริมาณการลดการสูญเสียเนื่องจากการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน

รายการ	ข้อมูล
อุณหภูมิน้ำป้อน,Tw(องศาเซลเซียส)	87.02
ประสิทธิภาพ	91.55
ปริมาณพลังงาน(กิโลจูล/ปี)	201,104.16
ปริมาณเชื้อเพลิง(ลิตร/ปี)	24,456.97
มูลค่า(บาท/ปี)	193,943.8

2.3.3. การติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ

เมื่อทำการติดตั้งการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ อุณหภูมิของก๊าซไอเสียแตกต่างจากเดิม 35 องศาเซลเซียส ค่าที่ได้จากการลดการสูญเสียพลังงานแสดงดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 แสดงปริมาณการลดลงของการสูญเสียเนื่องจากการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ

รายการ	ข้อมูล
อุณหภูมิอากาศ ,Ta (องศาเซลเซียส)	71.1
ประสิทธิภาพ	91.46
ปริมาณพลังงาน(กิโลจูล/ปี)	190,233.66
ปริมาณเชื้อเพลิง(ลิตร/ปี)	23,158.67
มูลค่า(บาท/ปี)	183,647.47

2.3.4. การหุ้มฉนวนอุปกรณ์

ตารางที่ 25 แสดงปริมาณการลดการสูญเสียเนื่องจากการหุ้มฉนวนอุปกรณ์

หน่วยการผลิต	ปริมาณเชื้อเพลิง(ลิตร/ปี)	ต้นทุน(บาท/ปี)
หม้อนึ่งไอน้ำ	329.5	2,613.04
หม้อต้ม(นึ่ง)	1,907.12	15,123.44

2.4 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

จากการนำแนวทางการปรับปรุงหน่วยการผลิตมาวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าระยะเวลาคืนทุนของแนวทางการปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 แสดงระยะเวลาคืนทุนของการปรับปรุงหน่วยการผลิต

การปรับปรุง	ระยะเวลาคืนทุน(ปี)
1. หม้อไอน้ำ	
- การติดตั้งระบบการนำน้ำร้อนปล่อยทิ้ง	4.43
กลับมาใช้	1.18
- การติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน	1.25
- การติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ	
2. หม้อนึ่งไอน้ำ	
- การหุ้มฉนวนอุปกรณ์	3.52
3. หม้อต้ม(นึ่ง)	
- การหุ้มฉนวนอุปกรณ์	1.19

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้ได้จัดทำ Web-based Application สำหรับการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิตและการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดโดยการลดการสูญเสียพลังงานในหน่วยการผลิต หม้อไอน้ำ หม้อนึ่งไอน้ำ และหม้อต้ม(นึ่ง) ซึ่งในการทดลองนี้ได้นำ Web-based Application มาศึกษาตัวอย่างกรณีศึกษาเพื่อทดสอบการทำงานของ Web-based Application ว่าสามารถนำมาใช้งานกับโรงงานอุตสาหกรรมได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ ซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

1. กรณีศึกษาการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิต

1.1 กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

ผลการคำนวณมูลค่าการสูญเสียโดยรวมของพื้นที่เป้าหมายเท่ากับ 5,408,862.84 บาท เมื่อทำการประเมินหาแนวทางการจัดการได้แนวทางการจัดการที่นำมาวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ดังนี้ ติดตั้งหัวฉีดสเปรย์และปั๊ม ติดตั้งระบบการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต และติดตั้งระบบการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต

สำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการทั้งแนวทางนั้น พบว่าผลการคำนวณที่ได้คือมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 944,107.46 บาท , 867,972.93 บาท และ 428,937.45 บาท อัตราส่วนผลตอบแทน 476%, 136% และ 83.99% ระยะเวลาคืนทุน 0.19 ปี, 0.64 ปี และ 1.01 ปี ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าสามารถนำแนวทางทางการจัดการทั้ง มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้เนื่องจากมีความเป็นได้ทางเศรษฐศาสตร์

1.2 กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมชุบเคลือบโลหะ

ผลการคำนวณมูลค่าการสูญเสียโดยรวมของพื้นที่เป้าหมายเท่ากับ 23,316,463.3 บาท เมื่อทำการประเมินหาแนวทางการจัดการได้แนวทางการจัดการที่นำมาวิเคราะห์ค่าทาง

เศรษฐศาสตร์ดังนี้ การติดตั้งแผ่นหรือถังรองหยดระหว่างบ่อชุบกับบ่อล้าง, ติดตั้งหัวสเปรย์ฉีดล้างชิ้นงานและบ่อรองรับน้ำล้าง

สำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการทั้งแนวทางนั้น พบว่าผลการคำนวณที่ได้คือมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 196,073.3 บาท และ60,141.41บาทอัตราส่วนผลตอบแทน 544 % และ 381% ระยะเวลาคืนทุน0.17 ปี และ 0.24 ปีตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าสามารถนำแนวทางทางการจัดการทั้ง มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้เนื่องจากมีความเป็นได้ทางเศรษฐศาสตร์

1.3 กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางเข้มข้น

ผลการคำนวณมูลค่าการสูญเสียโยรวมของพื้นที่เป้าหมายเท่ากับ 418,841.4 บาท เมื่อทำการประเมินหาแนวทางการจัดการได้แนวทางการจัดการที่นำมาวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ดังนี้ การติดตั้งอุปกรณ์มอเตอร์ควบคุมการทำงาน และการติดตั้งตะแกรงกรองของเสีย

สำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของแนวทางการจัดการทั้ง แนวทางนั้น พบว่าผลการคำนวณที่ได้คือมูลค่าปัจจุบันเท่ากับ 43,149.32 บาท และ 91,064.05บาทอัตราส่วนผลตอบแทน 18.98% และ133% ระยะเวลาคืนทุน 3.46 ปี และ0.67 ปีตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่าสามารถนำแนวทางทางการจัดการทั้ง มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้เนื่องจากมีความเป็นได้ทางเศรษฐศาสตร์

2. กรณีศึกษาการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดโดยการลดการสูญเสียพลังงานในหน่วยการผลิต

2.1 หม้อไอน้ำ

จากการทดลองการลดการสูญเสียพลังงานจากหม้อไอน้ำมี 3 มาตรการคือ

2.3.4. การติดตั้งระบบการนำน้ำร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้

เมื่อระบบหม้อไอน้ำมีการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ในระบบ % และอุณหภูมิของน้ำคอนเดนเสท องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดการสูญเสียพลังงานจากการปล่อยน้ำร้อนทิ้งได้ถึง 55,354,320 กิโลจูล/ปี ลดการใช้เชื้อเพลิงมากถึง 15,644 ลิตร/ปี ประหยัดค่าใช้จ่าย

12,405.72 บาท/ปี สำหรับการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลการคำนวณที่ได้ ระยะเวลาคืนทุน 4.43 ปี

2.3.5. การติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อน

เมื่อมีการติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำป้อนระบบสามารถลดการสูญเสียพลังงานจากการปล่อยน้ำร้อนทิ้งได้ถึง 201,104.16 กิโลจูล/ปี ลดการใช้เชื้อเพลิงมากถึง 25,136.33 ลิตร/ปี ประหยัดค่าใช้จ่าย199,331.1 บาท/ปี สำหรับการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลการคำนวณที่ได้ ระยะเวลาคืนทุน 1.18 ปี

2.3.6. การติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ

เมื่อมีการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ พบว่าระบบสามารถลดการสูญเสียพลังงานจากการปล่อยน้ำร้อนทิ้งได้ถึง 190,233.66 กิโลจูล/ปี ลดการใช้เชื้อเพลิงมากถึง 23,801.86 ลิตร/ปี ประหยัดค่าใช้จ่าย 188,748.77 บาท/ปี สำหรับการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลการคำนวณที่ได้ ระยะเวลาคืนทุน 1.25 ปี

2.2 หม้อนึ่งไอน้ำ

จากการใช้ Web-based Application ในการคำนวณการสูญเสียพลังงานโดยการหุ้มฉนวนอุปกรณ์ พบว่าการหุ้มฉนวนอุปกรณ์สามารถลดการสูญเสียพลังงานโดยสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้ 13,089.73 ลิตร/ปี สำหรับการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลการคำนวณที่ได้ ระยะเวลาคืนทุน 0.37 ปี

2.3 หม้อต้ม(นึ่ง)

ในการคำนวณการสูญเสียพลังงานโดยการหุ้มฉนวนอุปกรณ์ พบว่าการหุ้มฉนวนอุปกรณ์สามารถลดการสูญเสียพลังงานโดยสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้ 1,907.12 ลิตร/ปี สำหรับการศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลการคำนวณที่ได้ ระยะเวลาคืนทุน 1.19 ปี

จากการทดลองใช้ Web-based Application ในกรณีศึกษานั้น จะเห็นว่าสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ในการคำนวณมูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิตและการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทางเทคโนโลยีสะอาด และการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งสามารถช่วยในส่วนของผู้ประเมินเทคโนโลยีสะอาดให้การทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญในการนำแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดให้ได้ผลนั้น จะขึ้นอยู่กับขั้นตอนของการปฏิบัติจริงและการติดตามตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความร่วมมือของบุคลากรในองค์กรนั้นๆ กับการรักสิ่งแวดล้อม เพื่อให้การใช้เทคโนโลยีสะอาดนั้นเป็นการใช้อย่างต่อเนื่องและสามารถที่จะพิสูจน์ได้ว่าเทคโนโลยีสะอาดนั้นเหมาะสำหรับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมนั้นๆและรักษาสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะนี้เป็นข้อเสนอที่จะเป็นแนวทางในการพัฒนา Web-based Application สำหรับการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด เพื่อให้มีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีแนวทางดังต่อไปนี้

1. ในส่วนของการทำงานในการหาแนวทางการจัดการทางงเทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิตหรือในพื้นที่เป้าหมาย ควรมีการสร้างฐานข้อมูลเพื่อรองรับข้อมูลที่ป้อนในส่วนต่างๆก่อนที่จะเข้าสู่การคำนวณหาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเก็บข้อมูลถ้าในกรณีที่ป้อนข้อมูลยังไม่เสร็จ เพื่อที่สามารถจะนำข้อมูลที่ป้อนแล้วมาใช้ต่อได้โดยไม่ต้องมีการป้อนข้อมูลใหม่ตั้งแต่ต้น

2. ในส่วนของฐานข้อมูลแนวทางการจัดการทางเทคโนโลยีสะอาด ควรมีการหาข้อมูลแนวทางการจัดการให้มีความครอบคลุมเพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ได้กับทุกกระบวนการผลิต และได้แนวทางการจัดการที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ กับกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมนั้นๆ

3. ในส่วนการวิเคราะห์หาการสูญเสียพลังงานในหน่วยการผลิต และการลดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการปรับปรุงหน่วยการผลิต ควรมีการเพิ่มหน่วยการผลิตที่มีความสำคัญในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมๆ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นได้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานของหน่วยการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

4. ในส่วนการศึกษาความเป็นได้ทางเศรษฐศาสตร์นั้น ตั้งข้อสมมติในการคำนวณ เช่น การกำหนดให้ต้นทุนการปฏิบัติงานรายได้ต่อปีต้องเท่ากันทุกปีตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาเป็นต้น ควรที่จะเพิ่มเงื่อนไขให้สามารถทำการคำนวณ ในกรณีที่ต้นทุนการปฏิบัติงานรายปีไม่คงที่ด้วย จะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2548ก. **แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมน้ำยางข้น.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพ.

_____. 2548ข. **แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควัน.** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพ.

กชกร จันโจมศึก. 2544. **กรรมวิธีการประหยัดพลังงานอย่างเป็นระบบในอุตสาหกรรมอาหาร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2538. **การลดค่าใช่จ่ายด้วยการประหยัดพลังงาน.** ครั้งที่ 3. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพ.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2544. **หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมยางแท่งมาตรฐาน เอสทีอาร์ 20.**

_____. 2548ก. **หลักปฏิบัติเพื่อป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาชุบโลหะ.**

_____. 2548ข. **หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีผลิตที่สะอาด)สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาปลากระป๋อง.**

ก่อเกียรติ เก่งสกุล และ บุญเจริญ ศิริเนาวกุล. 2534. **ทฤษฎีและประยุกต์ใช้งานปัญญาประดิษฐ์และระบบผู้เชี่ยวชาญ.** บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กรุงเทพ.

ช้างพลาย กุญชร ณ อยุธยา. 2543. **บทบาทของระบบผู้เชี่ยวชาญต่อเทคโนโลยีของกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และ พีรพร พละพลีวัลย์. 2539. เทคโนโลยีสะอาดกับวิศวกรรมเคมี, *ใน* **การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีแห่ประเทศไทย ครั้งที่ 7.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์. 2548. **เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม.** ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

สุรชัย สนิทใจ. 2548. **คู่มือการประหยัดพลังงานในอุตสาหกรรม.** ครั้งที่ 1. ส่วนวารสารวิชาการ ฝ่ายสำนักพิมพ์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพ.

Anonymous. 1991. **Audit and reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes.** UNEP/UNIDO, Paris.

ENCONET (Thailand) LTD. 1998. **Systematic Approach to Energy Conservation in Food Processing Industry. Guidebook in Energy Traning Program.** Kasetsart University, Bangkok.

Uttamangkabovorn M., P. Prasertsan and A.H. Kittikun. Water conservation in canned tuna (pet food) plant in Thaiand. **Journal of Cleaner Production** 2005 (13): 547-555.

Van Berkel, R. 1995. Introduction to clean Production assessment with Application in the Food Processing Industry. **UNEP Industry and Environment** (18): 8-15.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แนวทางการจัดการเทคโนโลยีสะอาด

ชุดคำถาม

1. มีการสูญเสียวัตถุดิบในปริมาณมากใช่หรือไม่
2. มีการสูญเสียวัตถุดิบระหว่างขั้นตอนการลำเลียงเข้าสู่กระบวนการผลิตใช่หรือไม่
3. มีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบใช่หรือไม่
4. มีกระบวนการคัดแยกวัตถุดิบก่อนเข้ากระบวนการผลิตใช่หรือไม่
5. มีการสูญเสียวัตถุดิบในขั้นตอนการล้างใช่หรือไม่
6. มีใช้ใบพัดกวนระหว่างกระบวนการล้างใช่หรือไม่
7. มีการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิตใช่หรือไม่
8. มีการสูญเสียสารเคมีในปริมาณมากในระหว่างกระบวนกรผลิตใช่หรือไม่
9. มีการนำสารเคมีกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตใช่หรือไม่
10. ในกระบวนการผลิตมีขั้นตอนการชุบเคลือบโลหะใช่หรือไม่
11. ขั้นตอนการล้างเป็นแบบบ่อน้ำนิ่งใช่หรือไม่
12. มีการล้างชิ้นงานด้วยวิธีตักราดใช่หรือไม่
13. มีการสูญเสียสารเคมีในปริมาณมากในขั้นตอนการย้ายชิ้นงานระหว่างบ่อชุบและบ่อล้างใช่หรือไม่
14. มีการสูญเสียสารเคมีและเกิดน้ำเสียในปริมาณมากในขั้นตอนการล้างใช่หรือไม่
15. ในกระบวนการผลิตมีขั้นตอนการบรรจุภาชนะใช่หรือไม่
16. มีการสูญเสียในขั้นตอนการบรรจุภาชนะใช่หรือไม่
17. มีการสูญเสียในขั้นตอนการปิดฝาใช่หรือไม่
18. มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตในปริมาณมากใช่หรือไม่
19. มีการสูญเสียน้ำในปริมาณมากในระหว่างกระบวนการผลิตใช่หรือไม่
20. มีระบบหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตใช่หรือไม่
21. มีการสูญเสียน้ำในปริมาณมากในขั้นตอนการล้างใช่หรือไม่
22. ระบบมีการล้างแบบอ่างเดียวใช่หรือไม่
23. ระบบการล้างแบบน้ำไหลสวนทิศทางใช่หรือไม่
24. กระบวนการผลิตมีกรลดอุณหภูมิวัตถุดิบใช่หรือไม่
25. มีการสูญเสียพลังงานในขั้นตอนการลดความเย็นใช่หรือไม่
26. ในกระบวนการผลิตมีการใช้พลังงานสูงใช่หรือไม่
27. มีการสูญเสียพลังงานระหว่างกระบวนการผลิตในปริมาณมากใช่หรือไม่
28. มีการควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่กระบวนการไหม้เผาใช่หรือไม่

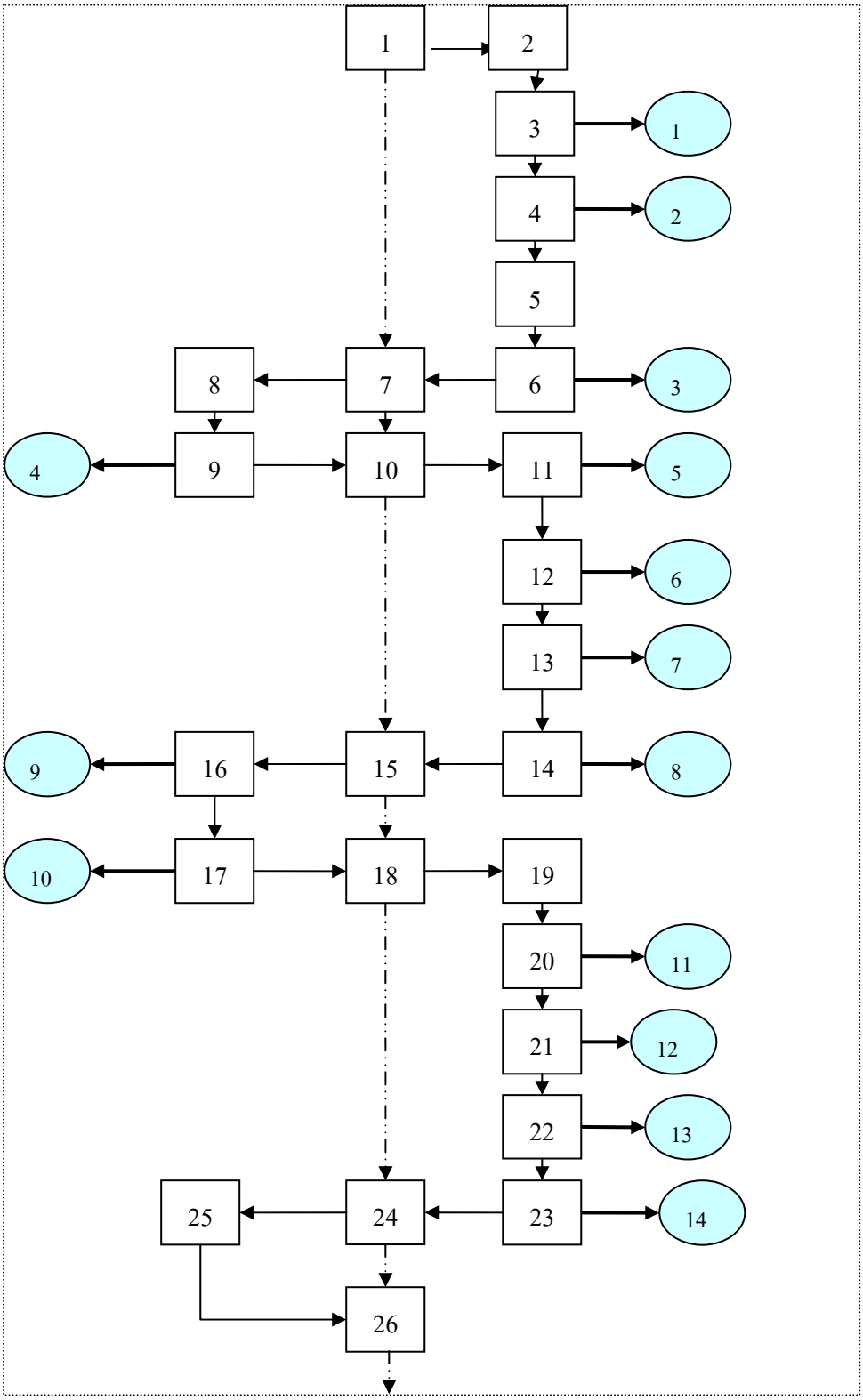
29. มีการควบคุมอุณหภูมิอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิสูงใช่หรือไม่
30. มีการหุ้มฉนวนอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูงใช่หรือไม่
31. มีการสูญเสียพลังงานจากก๊าซไอเสียร้อนใช่หรือไม่
32. มีการนำก๊าซไอเสียร้อนมาใช้ในการอุ่นอากาศใช่หรือไม่
33. มีการนำก๊าซไอเสียร้อนมาใช้ในการอุ่นน้ำใช่หรือไม่
34. มีการนำ condensate กลับมาใช้ในระบบใช่หรือไม่
35. มีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากตะกรันใช่หรือไม่
36. มีการลดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตใช่หรือไม่
37. มีการควบคุมอุณหภูมิในห้องเย็นใช่หรือไม่
38. มีฉนวนกันความร้อนบริเวณรอบห้องเย็นใช่หรือไม่
39. มีระบบป้องกันอากาศไหลเข้าสู่ห้องเย็นใช่หรือไม่
40. น้ำเสียมีปริมาณสิ่งปนเปื้อนสูงใช่หรือไม่
41. มีระบบการลำเลียงโดยใช่สายพานใช่หรือไม่
42. มีระบบการควบคุมอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงใช่หรือไม่
43. มีการสูญเสียในขั้นตอนการบรรจุใช่หรือไม่
44. ระบบมีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมากใช่หรือไม่
45. ระบบมีอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่มอเตอร์ใช่หรือไม่

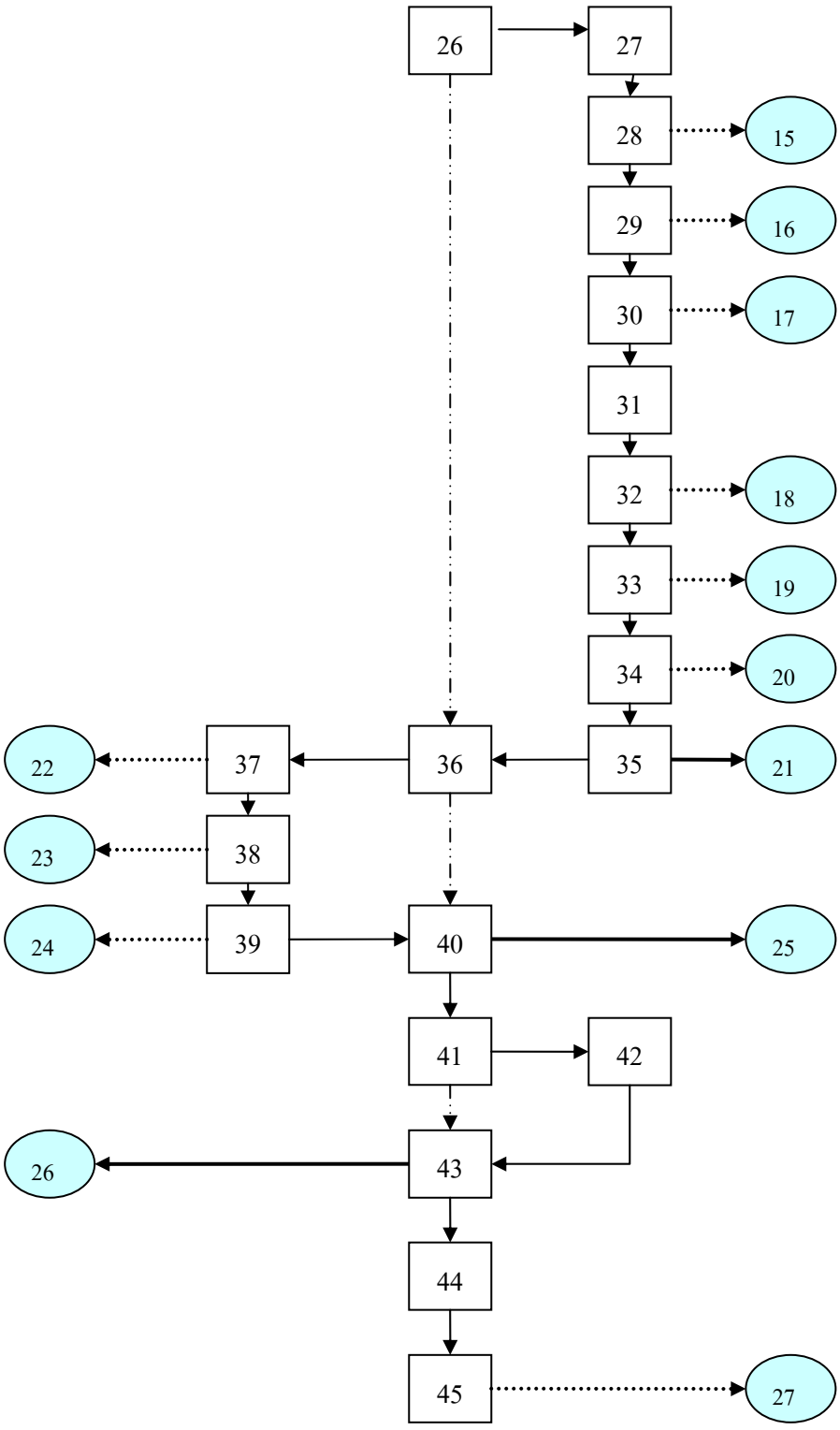
แนวทางการจัดการทางเทคโนโลยีสะอาด

1. จัดระบบการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ
2. ติดตั้งเครื่องคัดแยกวัตถุดิบ
3. ติดตั้งระบบการล้างแบบลมกวน
4. จัดระบบให้มีการนำสารเคมีกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต
5. ติดตั้งหัวสเปรย์ฉีดล้างชิ้นงานและถังรองรับน้ำล้าง
6. การใช้น้ำล้างวนกลับหรือบ่อแดรกเอาท์
7. ติดตั้งแผ่นหรือถังรองหยดระหว่างบ่อชุบและบ่อล้าง
8. เพิ่มเวลาหยดของสารเคมีกลับสู่บ่อชุบ
9. ติดตั้งภาชนะรองรับบริเวณที่มีการสูญเสียวัตถุดิบ
10. ติดตั้งเครื่องมือวัดแรงดันเครื่องที่ใช้ในการปิดฝา
11. ติดตั้งระบบหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต

12. ติดตั้งหัวฉีดสเปรย์ที่ใช้ในการล้าง
13. ติดตั้งระบบการล้างแบบหลายอ่างต่อเนื่อง
14. ติดตั้งระบบการล้างแบบน้ำไหลสวนทิศทาง
15. ควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้
16. ควบคุมอุณหภูมิอุปกรณ์ที่มีอุณหภูมิสูง
17. หุ้มฉนวนอุปกรณ์ที่มีความร้อนสูง
18. นำก๊าซไอเสียร้อนมาใช้ในการอุ่นอากาศ
19. นำก๊าซไอเสียร้อนมาใช้ในการอุ่นน้ำ
20. นำ condensate กลับมาใช้ในระบบ
21. ติดตั้งระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ
22. ควบคุมอุณหภูมิในห้องเย็น
23. ติดตั้งฉนวนกันความร้อนบริเวณรอบห้องเย็น
24. ติดตั้งระบบป้องกันอากาศไหลเข้าสู่ห้องเย็น
25. ติดตั้งตะแกรงกรองของเสีย
26. ติดตั้งเครื่องบรรจุอัตโนมัติ
27. ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

แผนผังแสดงแนวทางการจัดการทางเทคโนโลยีสะอาด





หมายเหตุ: No. = แนวทางการจัดการ

No. = แนวทางการจัดการ

= ใช่

= ไม่ใช่

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

ภาคผนวก ข

การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

1. การคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value; NPV)

สำหรับการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นจะเป็นการคำนวณผลการความแตกต่างของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดกับหน่วยปฏิบัติการเดิม ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดนั้นจะได้รับการพิจารณาต่อเมื่อค่า NPV > 0

สมการทั่วไปของการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ คือ

$$NPV = -P + A \times \left[\frac{\left(1+u^*\right)^N - 1}{u \times \left(1+u^*\right)^N} \right] + V_s \times \left[\frac{1}{\left(1+u^*\right)^N} \right] = 0$$

โดยที่

P = มูลค่าการลงทุนเบื้องต้นที่คิดในปีเริ่มต้นการลงทุนโครงการ

A = เงินหมุนเวียนสุทธิต่อปีของโครงการ

Vs = ราคาซากของมูลค่าการลงทุนเบื้องต้นที่คิดในปีสุดท้ายของช่วงเวลาในการวิเคราะห์โครงการ

N = ระยะเวลาที่ทำการวิเคราะห์

$u = i + f + \left(i \times f\right)$

โดยที่

i = อัตราส่วนลด มักคิดเท่ากับอัตราดอกเบี้ยในขณะนั้น

f = อัตราเงินเฟ้อ

1.1 การคำนวณมูลค่าการลงทุนเบื้องต้น

จากสมการทั่วไปของมูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นมูลค่าการลงทุนเบื้องต้นนั้นสามารถเขียนแยกส่วนสมการออกมาได้ดังนี้

P = มูลค่าการลงทุนเบื้องต้นที่คิดในปีที่เริ่มต้นลงทุนโครงการ

$= (P_2-P_1)$

โดยที่

P_1 = มูลค่าการลงทุนเบื้องต้นของหน่วยปฏิบัติการเดิมที่คิดในปีที่เริ่มต้นลงทุน

P_2 = มูลค่าการลงทุนเบื้องต้นของหน่วยปฏิบัติการทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดคิดในปีที่เริ่มต้นลงทุนโครงการ

ในส่วนของข้อมูลการลงทุนเบื้องต้นนี้นั้นโดยส่วนมากมักจะมีเฉพาะมูลค่าการลงทุนเบื้องต้นของหน่วยปฏิบัติการเลือกเทคโนโลยีสะอาดเท่านั้น แต่ในบางกรณีอาจมีการใส่ข้อมูลของหน่วยปฏิบัติการเดิมด้วยยกตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบระหว่างการเปลี่ยนชุดเครื่องจักรชุดใหม่(หน่วยปฏิบัติเดิม) กับการเปลี่ยนไปใช้หน่วยปฏิบัติการทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด เป็นต้น

1.2 การคำนวณเงินหมุนเวียนสุทธิต่อปี

จากสมการทั่วไปของมูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นเงินหมุนเวียนสุทธินั้นได้กำหนดให้คงที่เท่ากันตลอดช่วงเวลาที่วิเคราะห์ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

A = เงินหมุนเวียนสุทธิต่อปีของโครงการ

$= \{ B_2 - (C_2-C_1) \} - \{ [(B_2 - (C_2-C_1) - (d_2-d_1) \times tax] \}$

โดยที่

B_2 = รายได้ต่อปีของการเลือกใช้ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

C_1 = รายจ่ายสำหรับการปฏิบัติงานต่อปีของหน่วยปฏิบัติการเดิม

C_2 = รายจ่ายสำหรับการปฏิบัติงานต่อปีของหน่วยปฏิบัติการทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

d_1 = ค่าเสื่อมราคาที่คิดจากมูลค่าของหน่วยปฏิบัติการเดิม

$= \frac{\text{(มูลค่าหน่วยปฏิบัติการเดิมในปีเริ่มต้นการวิเคราะห์ – ราคาซาก)}}{\text{จำนวนปีที่ทำการวิเคราะห์}}$

d_2 = ค่าเสื่อมราคาที่คิดจากมูลค่าของทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

$= \frac{\text{(มูลค่าทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด – ราคาซาก)}}{\text{จำนวนปีที่ทำการวิเคราะห์}}$

tax = อัตราภาษีเงินได้

1.3 การคำนวณราคาซาก

จากสมการทั่วไปของมูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นราคามูลค่าซากนั้นสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

Vs = ราคาซากของมูลค่าการลงทุนเบื้องต้นที่คิดในปีสุดท้ายขิงช่วงเวลาในการวิเคราะห์โครงการ

$= (Vs_2 - Vs_1)$

โดยที่

Vs_1 = ราคาซากของหน่วยปฏิบัติการเดิม

Vs_1 = ราคาซากของหน่วยปฏิบัติทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

ในส่วนของการคำนวณราคาซากนี้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับมูลค่าการลงทุนเบื้องต้นคือ มักจะมีเฉพาะในส่วนของหน่วยปฏิบัติการทางเลือกทางเทคโนโลยีสะอาดเท่านั้น

2. การคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทน (Internal Rate of Return; IRR)

จากสมการทั่วไปของการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิเปรียบเทียบกับข้อ 1

$$NPV = -P + A \times \left[\frac{(1+u)^N - 1}{u \times (1+u)^N} \right] + V_s \times \left[\frac{1}{(1+u)^N} \right]$$

โดยที่การคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนนั้นจะหาค่า u ที่ทำให้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิเปรียบเทียบ (NPV) เท่ากับศูนย์ดังสมการ

$$NPV = -P + A \times \left[\frac{(1+u^*)^N - 1}{u \times (1+u^*)^N} \right] + V_s \times \left[\frac{1}{(1+u^*)^N} \right] = 0$$

จากสมการนั้น u* จึงเป็นคำตอบของอัตราส่วนผลตอบแทน

3. ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน = <u>มูลค่าการลงทุนเบื้องต้นของทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด</u>

รายได้สุทธิต่อปีที่เกิดจากการใช้ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

$$= \frac{P_2}{(B_2 - C_2) - \left[(B_2 - C_2 - d_2) \times tax\right]}$$

โดยที่

B_2 = รายรับต่อปีของการใช้ทางเลือกทางเทคโนโลยีสะอาด

C_2 = รายจ่ายสำหรับการปฏิบัติงานต่อปีของหน่วยปฏิบัติการทางเลือกทางเทคโนโลยีสะอาด

d_2 = ค่าเสื่อมราคาที่คิดจากมูลค่าของทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

$$= \frac{\text{(มูลค่าทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด – ราคาซาก)}}{\text{จำนวนปีที่ทำการวิเคราะห์}}$$

tax = อัตราภาษีเงินได้

ภาคผนวก ค

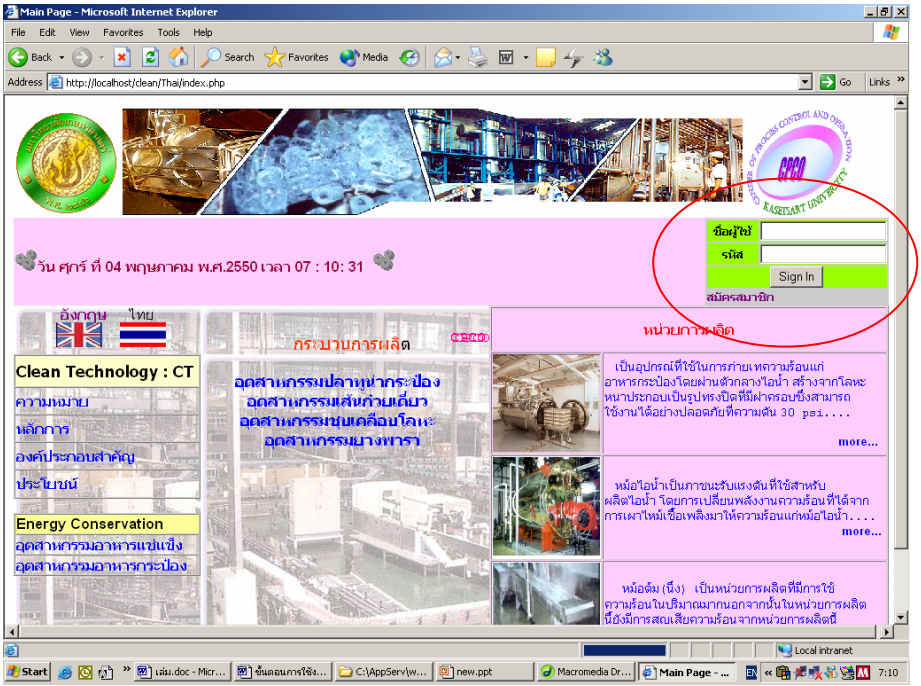
คู่มือการใช้งาน Web-Application สำหรับการประเมินแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

ภาคผนวก ค

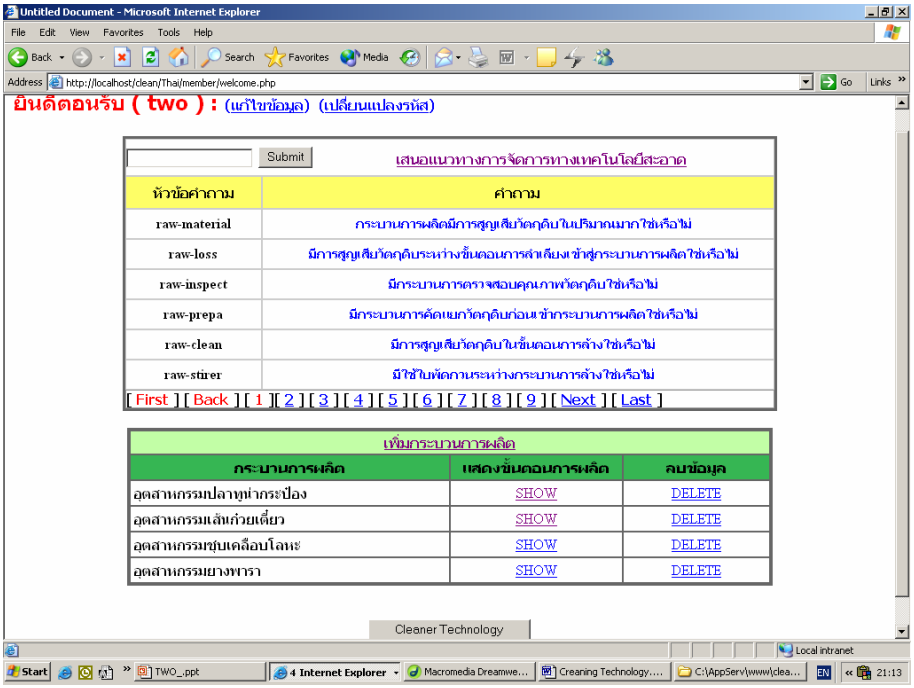
คู่มือการใช้งาน Web-Application สำหรับการประเมินแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

ขั้นตอนการใช้งาน Web-Application สำหรับการประเมินแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด

1. หน้าแรกของ Web-Application ก่อนที่ต้องเข้าสู่การใช้งานการประเมินแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด ผู้ใช้ต้องทำการใส่ชื่อผู้ใช้ และรหัสสมาชิก เพื่อเข้าสู่การดำเนินการประเมินแนวทางการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งในส่วนนี้ถ้าหากผู้ใช้ไม่ได้เป็นสมาชิกสามารถสมัครสมาชิกได้โดยการคลิกสมัครสมาชิก หลังจากผู้ใช้ลงทะเบียนแล้วโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าจอแสดงคำถามของแนวทางการจัดการ และส่วนของกระบวนการผลิต โดยในส่วนของหน้าจอนี้ผู้ใช้สามารถเสนอแนวทางการจัดการ และเพิ่มกระบวนการผลิต นอกจากนั้นในส่วนนี้สามารถเปลี่ยนแปลงขั้นตอนกระบวนการผลิตและลบกระบวนการผลิตได้ แสดงดังภาพผนวกที่ 2

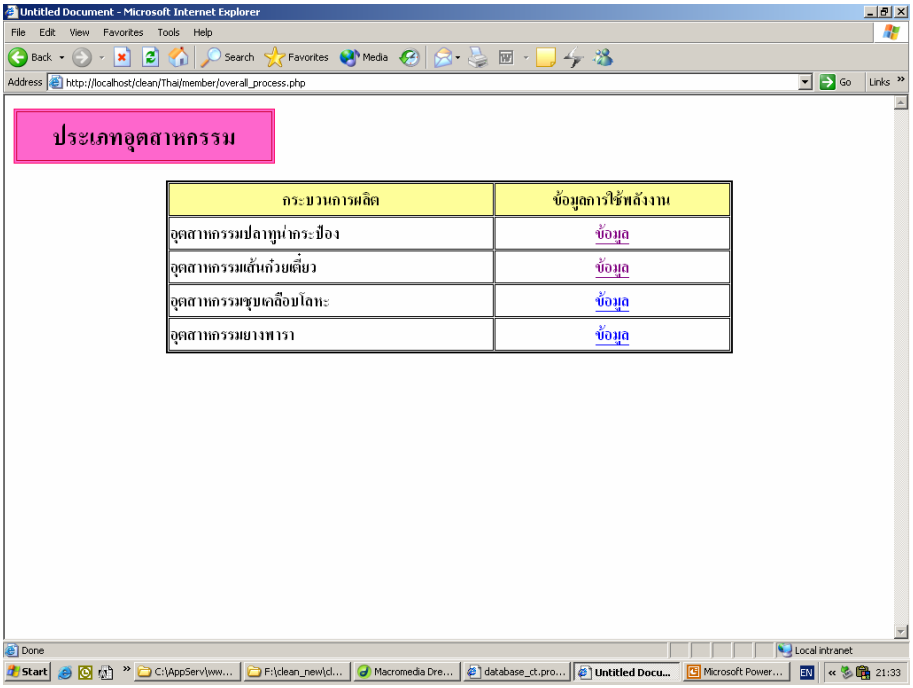


ภาพผนวกที่ ค1. แสดงหน้าแรกของ Web-based Application

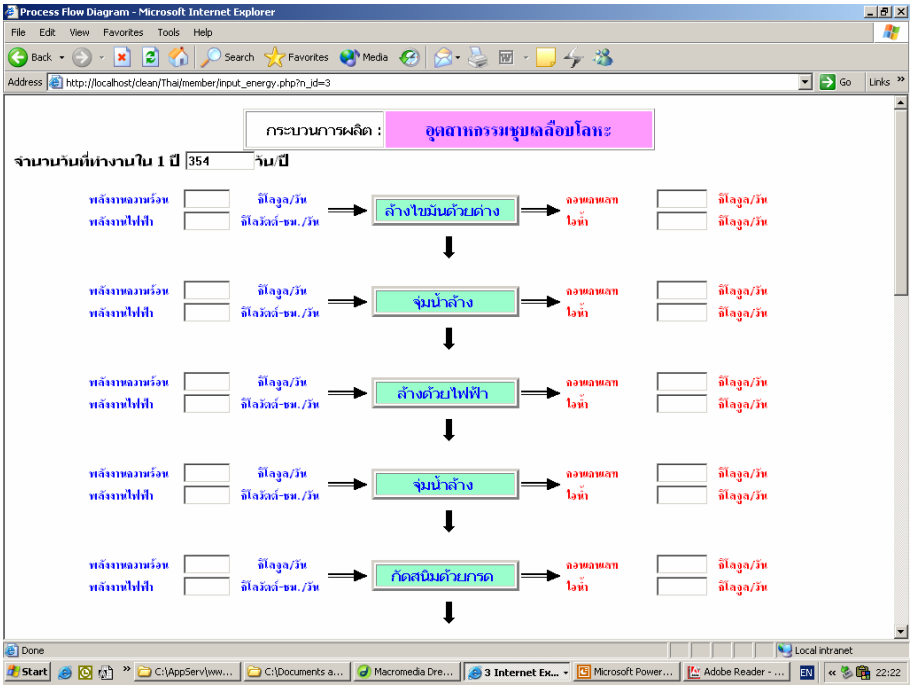


ภาพผนวกที่ ค2 หน้าจอแสดงการเข้าสู่โปรแกรม

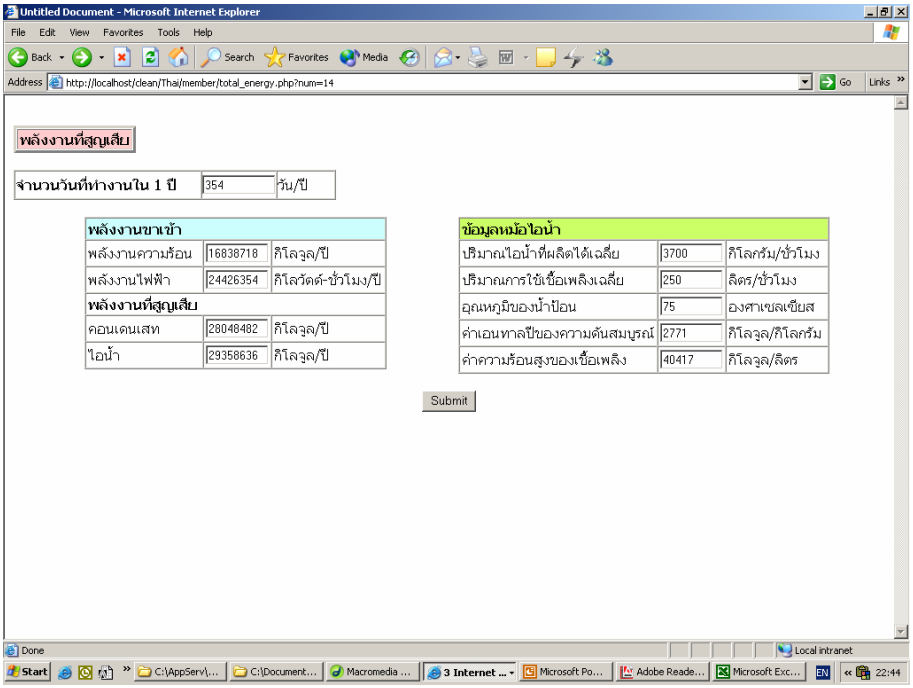
2. ทำการคลิก Cleaner Technology เพื่อเข้าสู่การแสดงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท ซึ่งแสดงดังภาพผนวกที่ ค3 หลังจากนั้นผู้ใช้คลิกเลือกกระบวนการผลิตที่สนใจประเมินหาแนวทางการจัดการ โดยการคลิกที่ข้อมูล ในช่องข้อมูลการใช้พลังงาน เพื่อป้อนพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต (เฉพาะขั้นตอนที่มีการใช้พลังงาน) ในส่วนนี้ผู้ใช้ต้องป้อนจำนวนวันที่ทำงานใน 1 ปี เพื่อให้โปรแกรมคำนวณปริมาณการใช้พลังงานใน 1 ปี แสดงดังภาพผนวกที่ ค4 หลังจากผู้ใช้ป้อนข้อมูลปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตเรียบร้อยแล้วคลิก NEXT เพื่อเข้าสู่การคำนวณปริมาณพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต และการสูญเสียพลังงานความร้อนในรูปของคอนเดนเสท และไอน้ำ ใน 1 ปี แสดงดังภาพผนวกที่ ค5 ซึ่งในส่วนนี้ผู้ใช้ต้องทำการป้อนข้อมูลของหม้อไอน้ำเพื่อนำข้อมูลส่วนนี้คำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียในกระบวนการผลิต



ภาพผนวกที่ ค3 หน้าจอแสดงประเภทอุตสาหกรรม

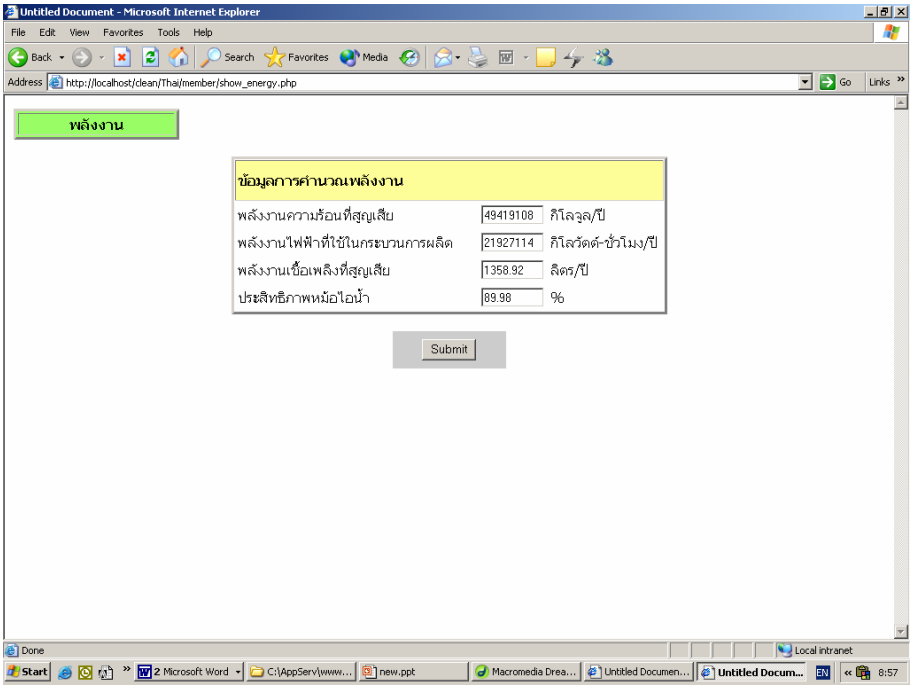


ภาพผนวกที่ ค4 หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลพลังงานในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต



ภาพผนวกที่ ค5 หน้าจอแสดงพลังงานที่เข้า พลังงานสูญเสีย

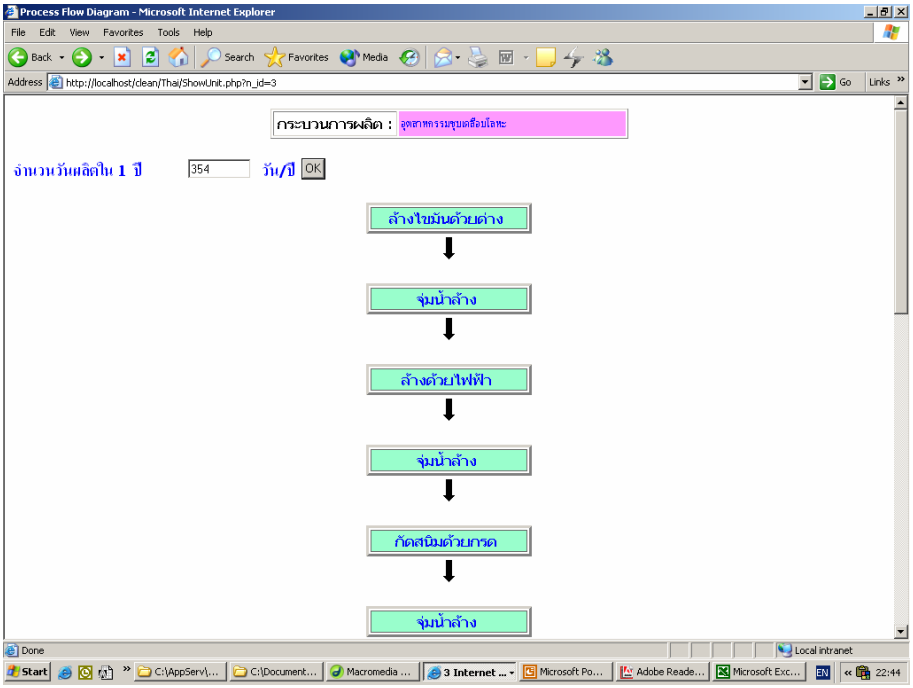
3. เมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลหม้อไอน้ำเรียบร้อยแล้ว คลิก Submit เพื่อเข้าสู่หน้าจอแสดงข้อมูลการคำนวณพลังงาน แสดงดังภาพผนวกที่ ค6 ข้อมูลแสดงประกอบด้วย พลังงานความร้อนที่สูญเสีย พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต ปริมาณเชื้อเพลิงที่สูญเสียในกระบวนการผลิต และประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ ซึ่งผู้ใช้เข้าสู่ขั้นตอนต่อไปของกระบวนการผลิตโดยคลิก Submit หลังจากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าจอแสดงการเข้าสู่การประเมินแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด แสดงดังภาพผนวกที่ ค7 ซึ่งผู้ใช้ต้องทำการเลือกกระบวนการผลิต (กระบวนการผลิตที่ทำการประเมินทางด้านพลังงาน)



ภาพผนวกที่ ค6 หน้าจอแสดงข้อมูลการคำนวณพลังงาน

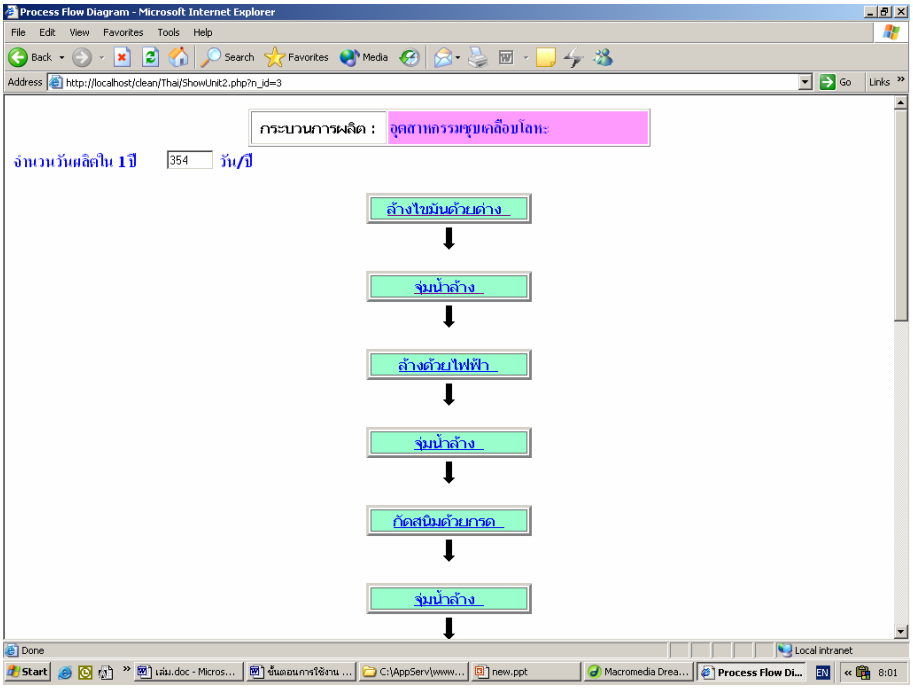
ภาพผนวกที่ ค7 หน้าจอแสดงหน้าจอสำหรับการเข้าสู่การประเมินแนวทางการจัดการ

4. เมื่อคลิกเลือกกระบวนการผลิตแล้ว โปรแกรมแสดงจำนวนวันผลิตใน 1 ปี ผู้ใช้คลิก OK เพื่อยืนยันจำนวนที่การผลิต แสดงดังภาพผนวกที่ ค8

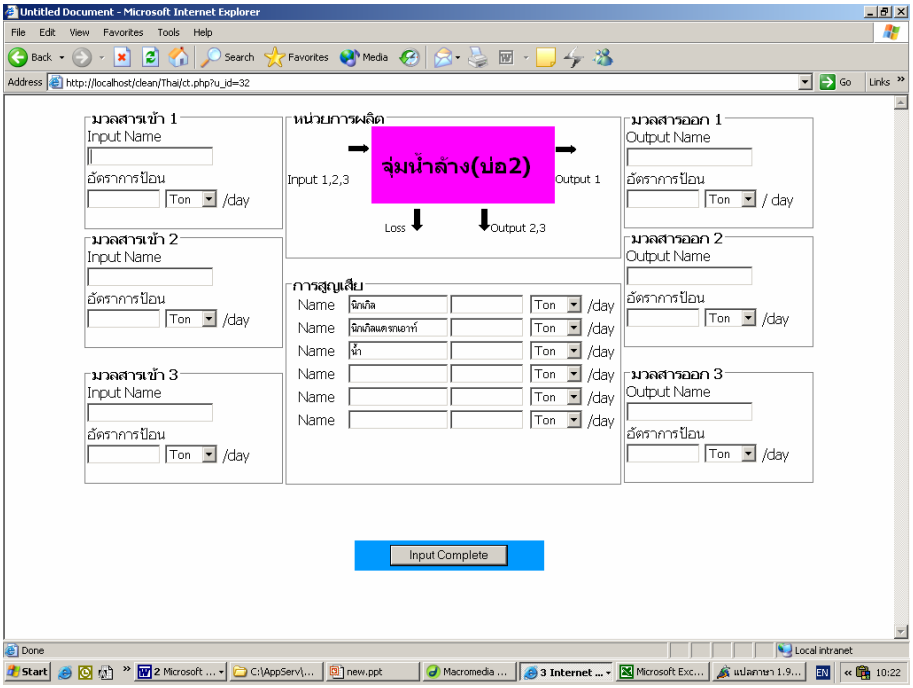


ภาพผนวกที่ ค8 หน้าจอแสดงแผนผังกระบวนการผลิต

เมื่อผู้ใช้ยืนยันจำนวนวันผลิตใน 1 ปี แล้ว โปรแกรมแสดงหน้าจอแผนผังกระบวนการผลิต เพื่อเข้าสู่หน้าจอการใส่ค่ามวลสารเข้าออกในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิต แสดงดังภาพผนวกที่ ค9 และหน้าจอการใส่ค่ามวลสารเข้าออก แสดงดังภาพผนวกที่ ค10

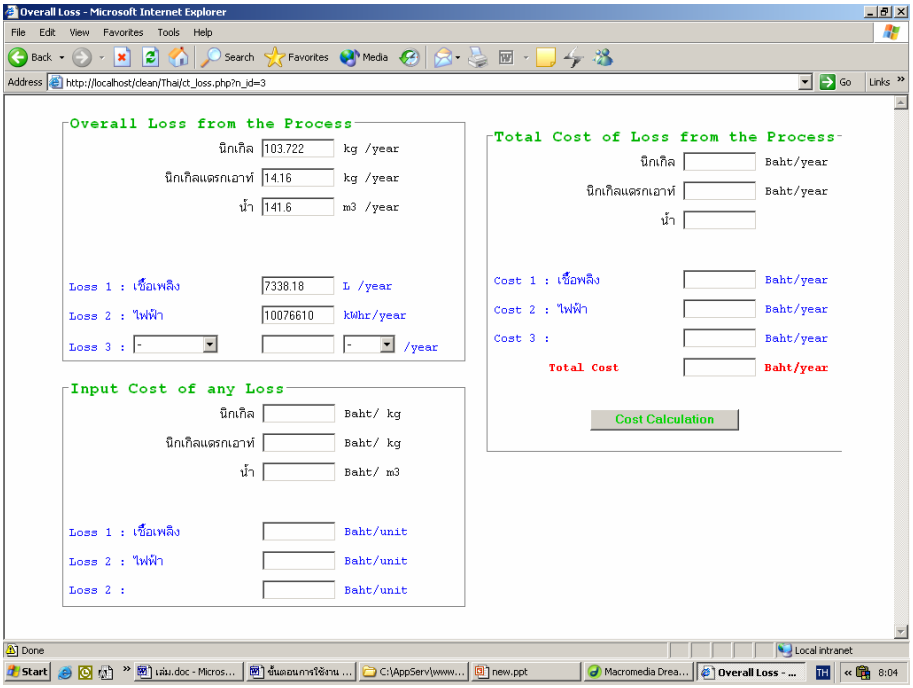


ภาพผนวกที่ ค9 หน้าจอแสดงกระบวนการผลิตเพื่อเข้าสู่การใส่มวลสารเข้าออก



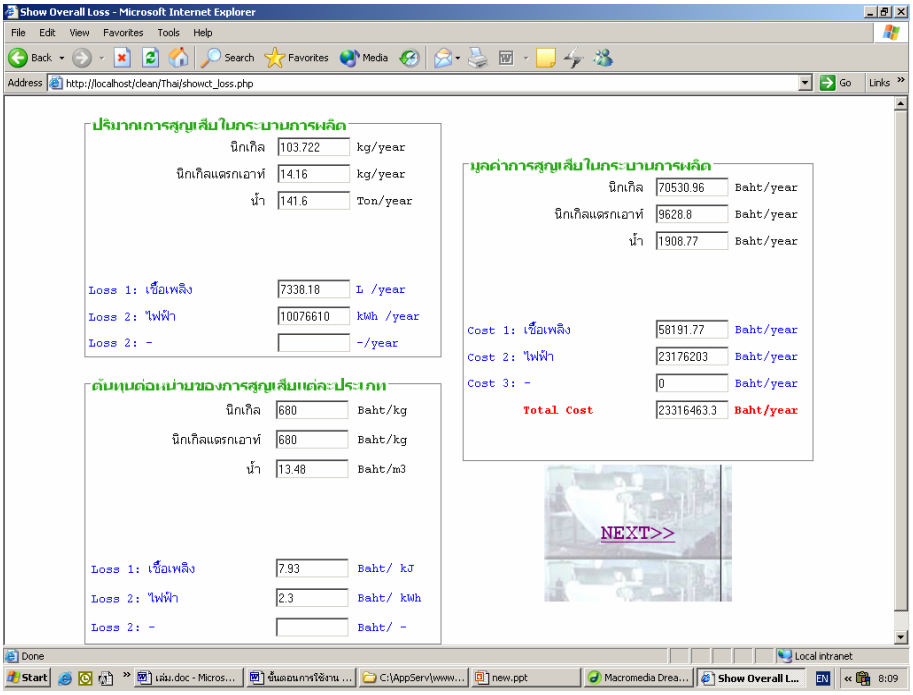
ภาพผนวกที่ ค10 หน้าจอแสดงการใส่มวลสารเข้าออก

5. เมื่อใส่ค่ามวลสารเข้าออกในขั้นตอนกระบวนการผลิตครบตามพื้นที่เป้าหมายที่สนใจแล้ว คลิก NEXT ในหน้าจอภาพผนวกที่ ค9 หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณปริมาณการสูญเสียแต่ละประเภทในการบวนการผลิต ซึ่งในส่วนนี้ผู้ใช้ต้องใส่ค่าต้นทุนต่อหน่วยของการสูญเสียแต่ละประเภท โดยหน้าจอแสดงปริมาณการสูญเสียในขั้นตอนกระบวนการผลิตแสดงดังภาพผนวกที่ ค11 หลังป้อนค่าต้นทุนต่อหน่วยเรียบร้อยแล้วคลิก Cost Calculation เพื่อคำนวณหามูลค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งหน้าจอการแสดงผลการคำนวณมูลค่าการสูญเสียแสดงดังภาพผนวกที่ ค12

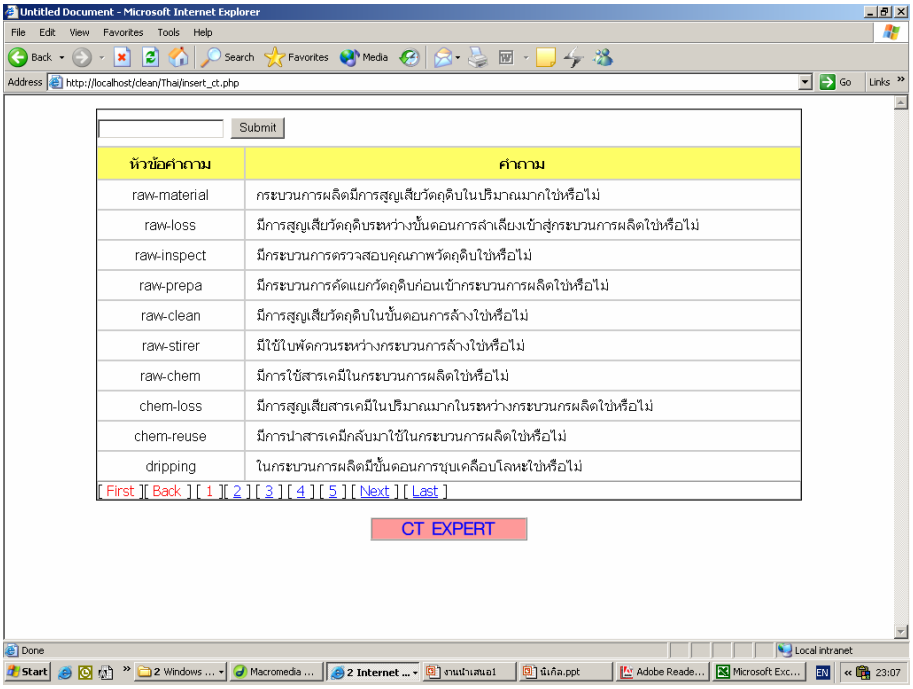


ภาพผนวกที่ ค11 หน้าจอแสดงปริมาณการสูญเสียในขั้นตอนกระบวนการผลิต

เมื่อโปรแกรมแสดงหน้าจอผลการคำนวณมูลค่าการสูญเสีย ผู้ใช้จะเข้าสู่หน้าจอหลักของการเข้าสู่การประเมินหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งแสดงดังภาพผนวกที่ ค13

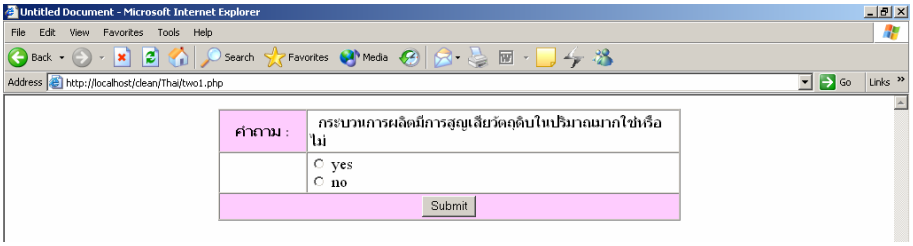


ภาพผนวกที่ ค12 หน้าจอแสดงผลการคำนวณมูลค่าการสูญเสียในกระบวนการผลิต

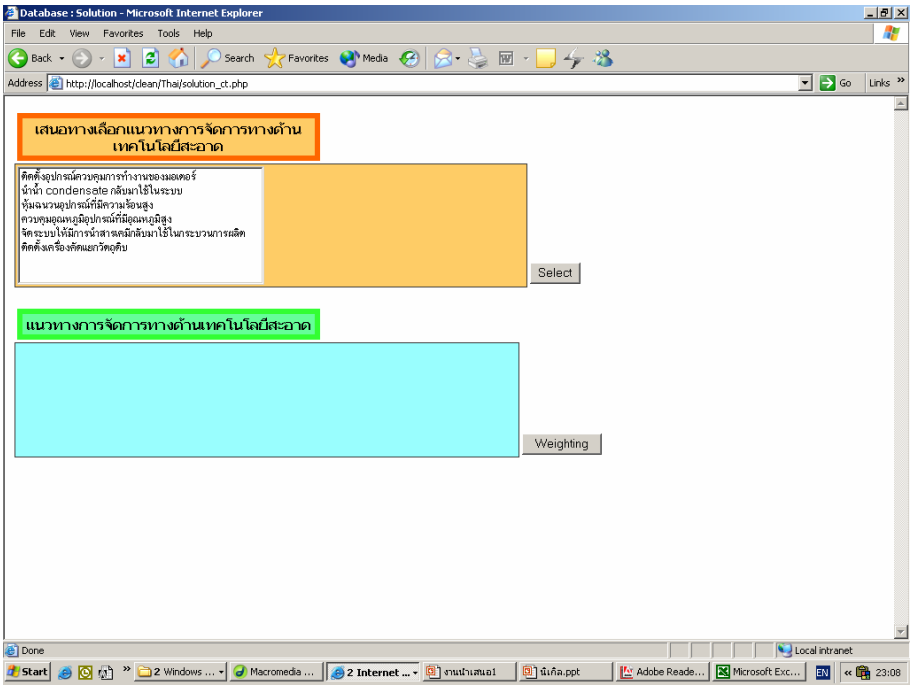


ภาพผนวกที่ ค13 หน้าจอการเข้าสู่การประเมินแนวทางการจัดการโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

6. คลิก CT EXPERT เพื่อเข้าสู่การประเมินหาแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด โดยโปรแกรมจะทำการถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับการประเมินหาแนวทางการจัดการ แสดงดังภาพผนวกที่ ค14 ซึ่งเมื่อผู้ใช้ตอบคำถามจนครบเรียบร้อยแล้ว ระบบผู้เชี่ยวชาญจะเสนอแนวทางการจัดการ แสดงดังภาพผนวกที่ ค15

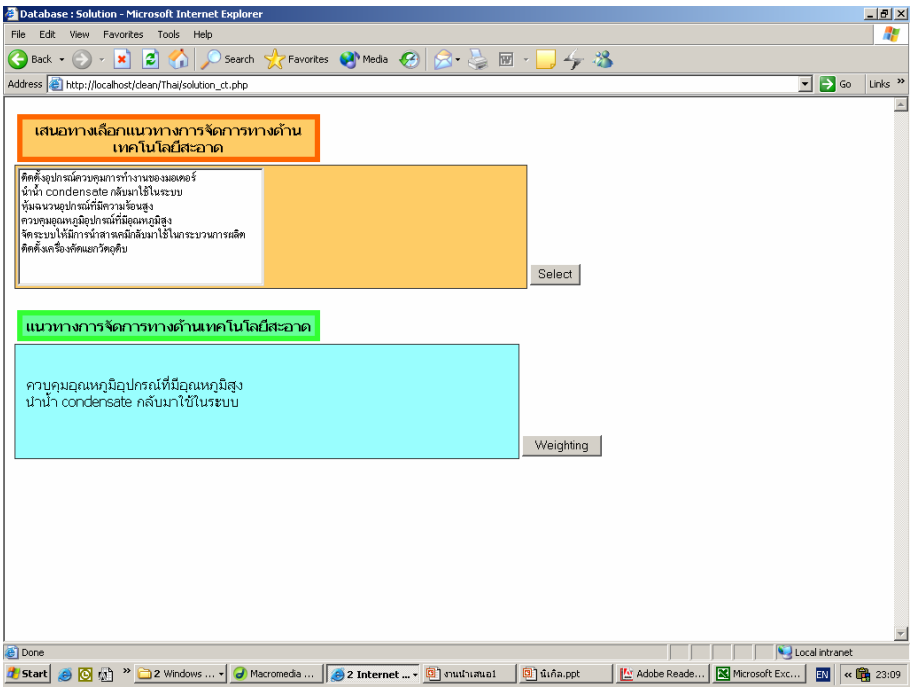


ภาพผนวกที่ ค14 หน้าจอแสดงคำถามของระบบผู้เชี่ยวชาญ



ภาพผนวกที่ ค15 หน้าจอแสดงแนวทางการจัดการที่นำเสนอโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

7. หลังจากระบบผู้เชี่ยวชาญได้เสนอทางเลือกแนวทางการจัดการแล้ว ผู้ใช้ต้องพิจารณาเลือกแนวทางการจัดการที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิต และมีความเหมาะสมกับกระบวนการผลิต โดยการเลือกแนวทางการจัดการในส่วนของการเสนอแนวทางเลือกแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาด แล้วคลิก Select เพื่อเลือกแนวทางการจัดกาที่นำมาใช้ในการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ แสดงดังภาพผนวกที่ ค16

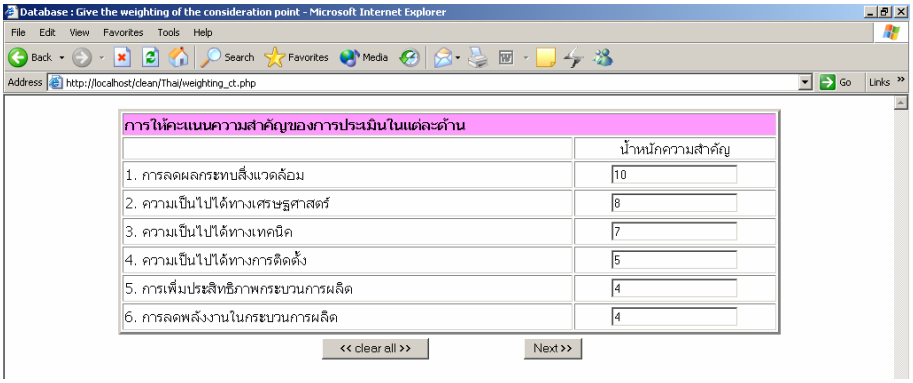


ภาพผนวกที่ ค16 หน้าจอการเลือกแนวทางการจัดการ

8. คลิก Weighting เพื่อใส่ค่าคะแนนน้ำหนักความสำคัญของการประเมินในแต่ละด้าน เมื่อกรอกค่าลำดับความสำคัญครบถ้วนแล้ว คลิก NEXT เพื่อป้อนค่าคะแนนของแนวทางการจัดการเทคโนโลยีสะอาด โดยให้ค่าคะแนนสำหรับแนวทางการจัดการทางด้านเทคโนโลยีสะอาดมีค่า 1-10 ตามลำดับความสำคัญ ซึ่งลำดับการให้คะแนนแบ่งพิจารณาเป็น 6 กลุ่ม ดังภาพผนวกที่ ค 17

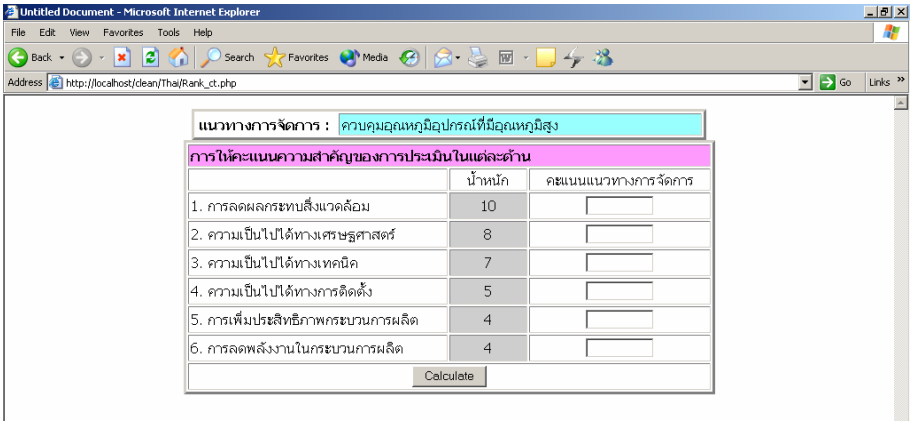
- การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม
- การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์
- การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค
- การศึกษาความเป็นไปได้ทางการติดตั้ง
- การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

- การลดพลังงานในกระบวนการผลิต

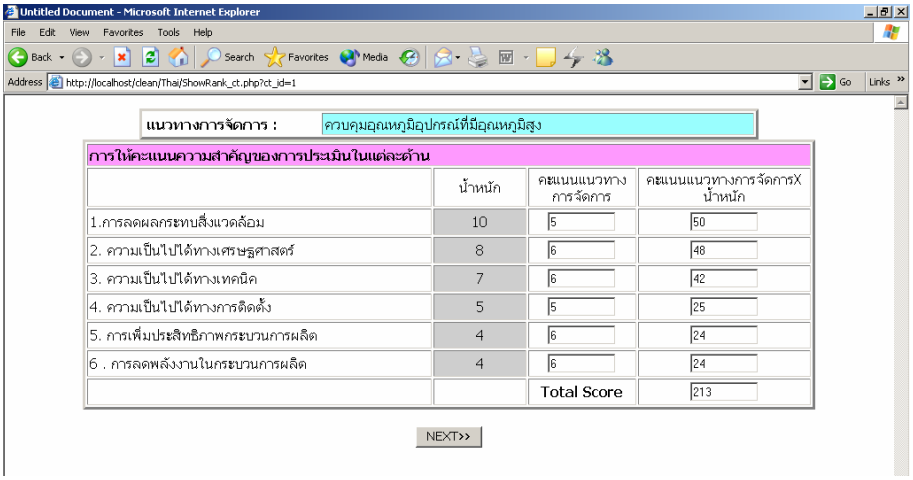


ภาพผนวกที่ ค17 หน้าจอแสดงการใส่คะแนนน้ำหนักความสำคัญของการประเมินในแต่ละด้าน

เมื่อใส่ค่าน้ำหนักครบแล้ว คลิก NEXT เพื่อเข้าสู่หน้าจอกการใส่คะแนนของแนวทางการจัดการแต่ละแนวทาง แสดงดังภาพผนวกที่ ค18 หลังจากนั้น คลิก Calculate เพื่อคำนวณคะแนนของแนวทางการจัดการ แสดงดังภาพผนวกที่ ค19

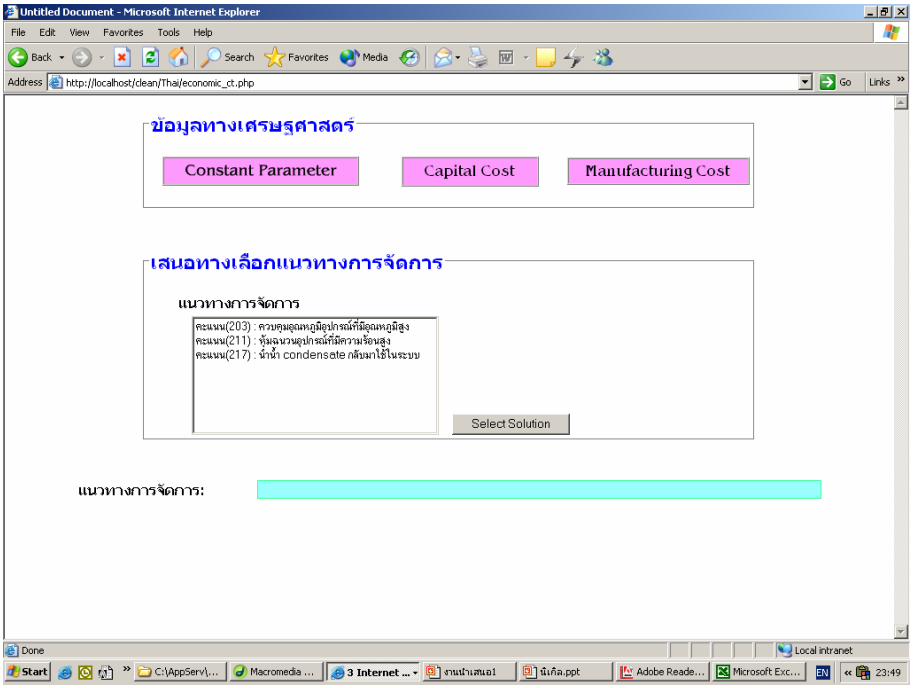


ภาพผนวกที่ ค18 หน้าจอแสดงการใส่คะแนนของการประเมินในแต่ละแนวทางการจัดการ



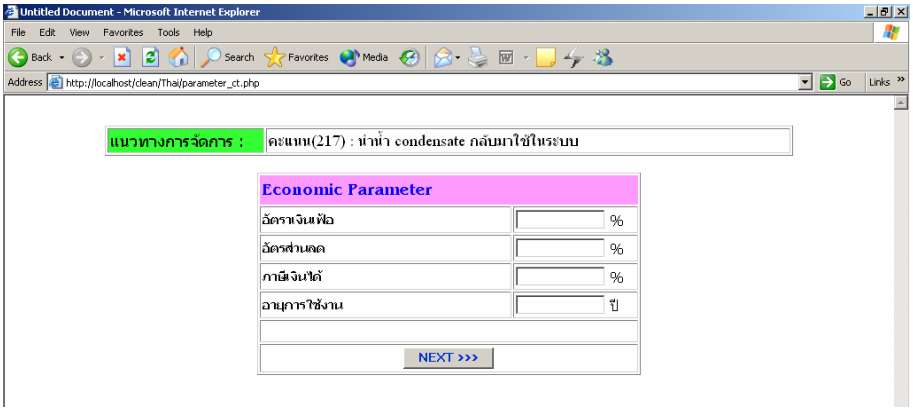
ภาพผนวกที่ ค19 หน้าจอแสดงผลคะแนนของแนวทางการจัดการ

9. เมื่อใส่ค่าคะแนนครบทุกแนวทางการจัดการแล้วโปรแกรมจะเข้าสู่หาจอการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ แสดงดังภาพผนวกที่ ค20 แล้วคลิกเลือกแนวทางการจัดการ

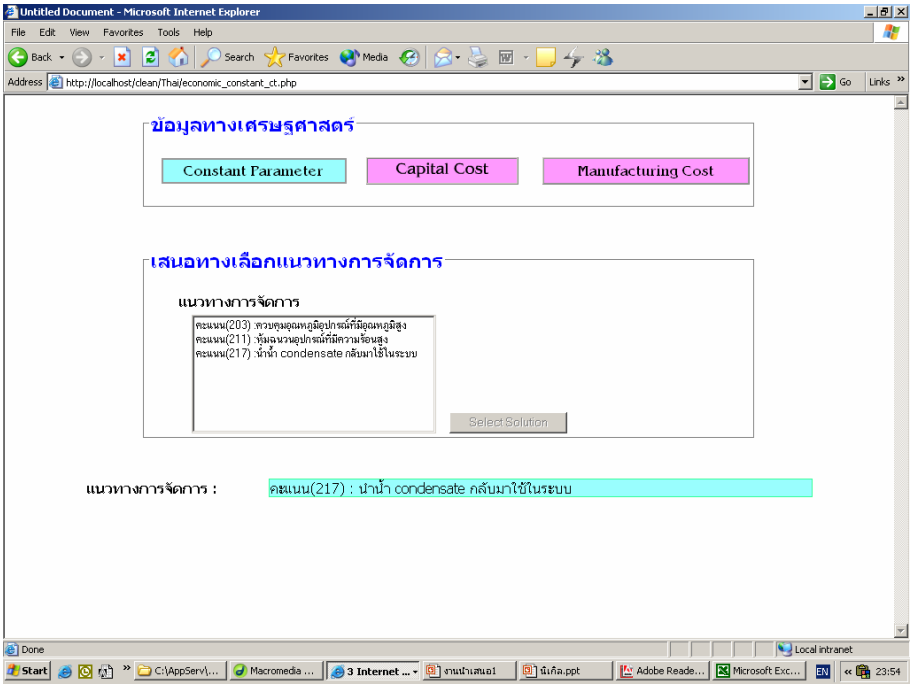


ภาพผนวกที่ ค20 หน้าจอการเข้าสู่การใส่ค่าทางเศรษฐศาสตร์

คลิกเลือก Constant Parameter เมื่อเข้าสู่หน้าจอการใส่ค่าคงที่ทางเศรษฐศาสตร์ แสดงดังภาพผนวกที่ ค21 เมื่อใส่ค่าคงที่ทางเศรษฐศาสตร์เรียบร้อยแล้ว คลิก NEXT เมื่อเข้าสู่หน้าจอแสดงการเข้าสู่การใส่ค่าต้นทุน แสดงดังภาพผนวกที่ ค22

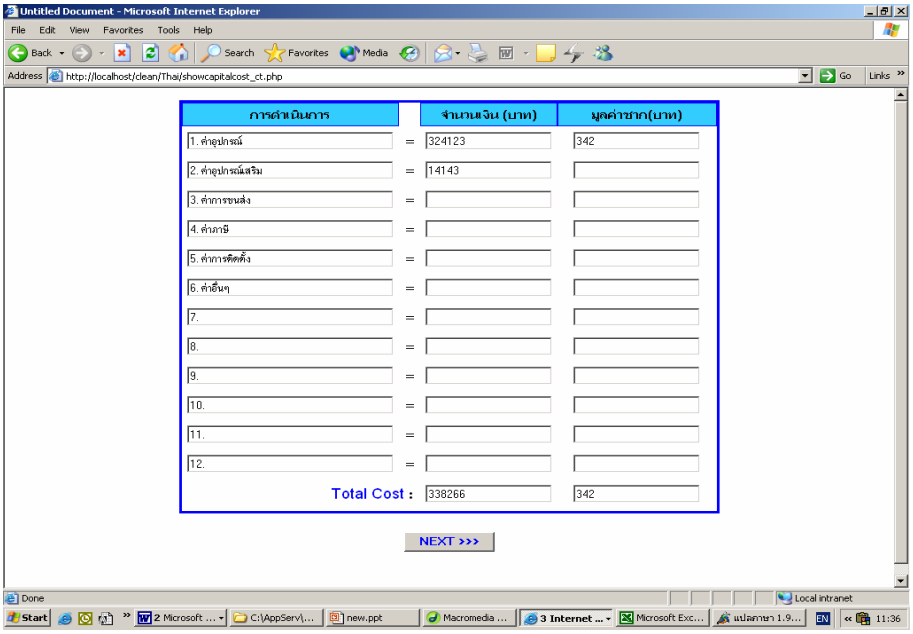


ภาพผนวกที่ ค21 หน้าจอการใส่ข้อมูลคงที่ทางเศรษฐศาสตร์

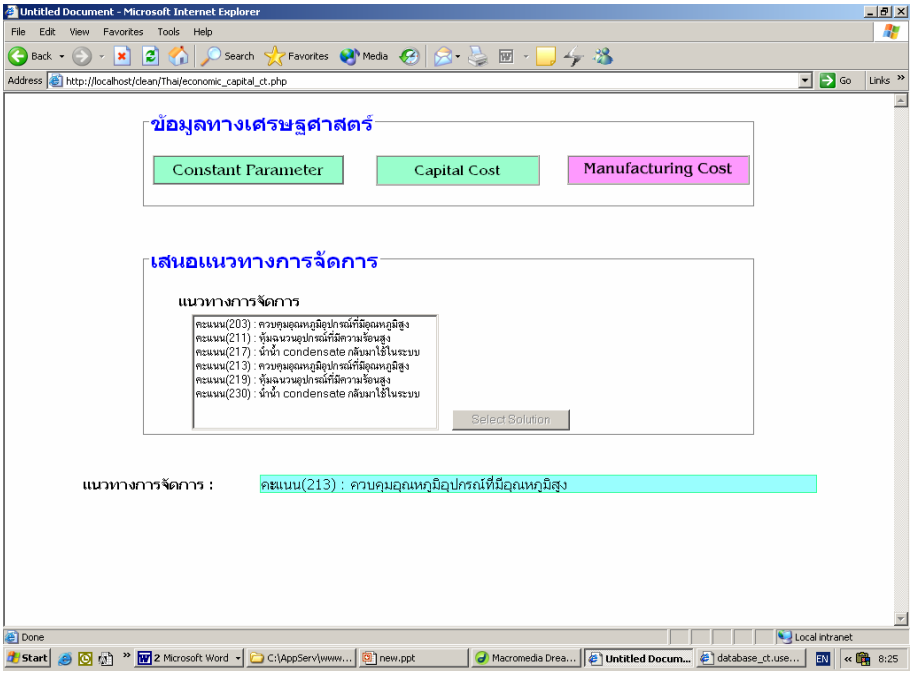


ภาพผนวกที่ ค22 หน้าจอแสดงการเข้าสู่การใส่ค่าต้นทุน

10. คลิก Capital Cost เพื่อเข้าสู่หน้าจอการใส่ค่าการลงทุนแนวทางการจัดการ แสดงดังภาพผนวกที่ ค23 เมื่อใส่ค่าทางการลงทุนเรียบร้อยแล้ว คลิก NEXT เพื่อเข้าสู่การใส่ค่าต้นทุนการดำเนินการ แสดงดังภาพผนวกที่ ค24 หลังจากนั้น คลิก

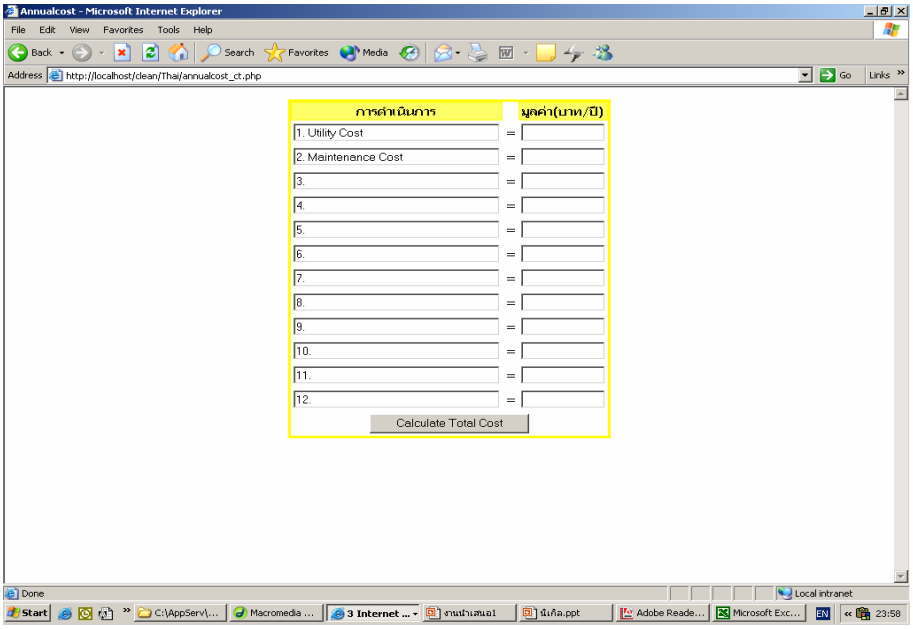


ภาพผนวกที่ ค23 หน้าจอใส่ข้อมูลการลงทุน



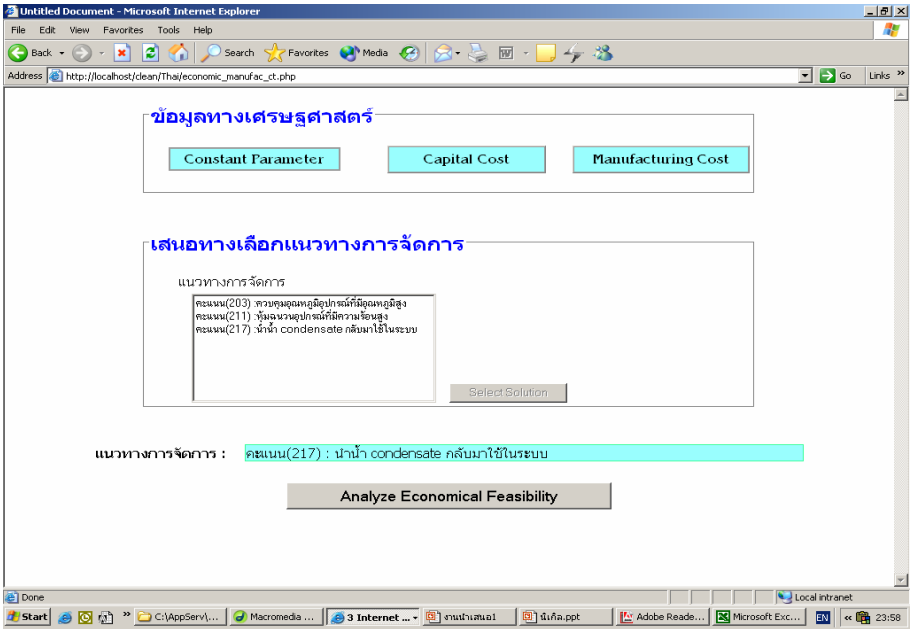
ภาพผนวกที่ ค24 หน้าจอแสดงการเข้าสู่การใส่ค่าต้นทุนการดำเนินการ

11. คลิก Manufacturing Cost เพื่อเข้าสู่หน้าจอการใส่ค่าการดำเนินการ แสดงดังภาพผนวกที่ ค25



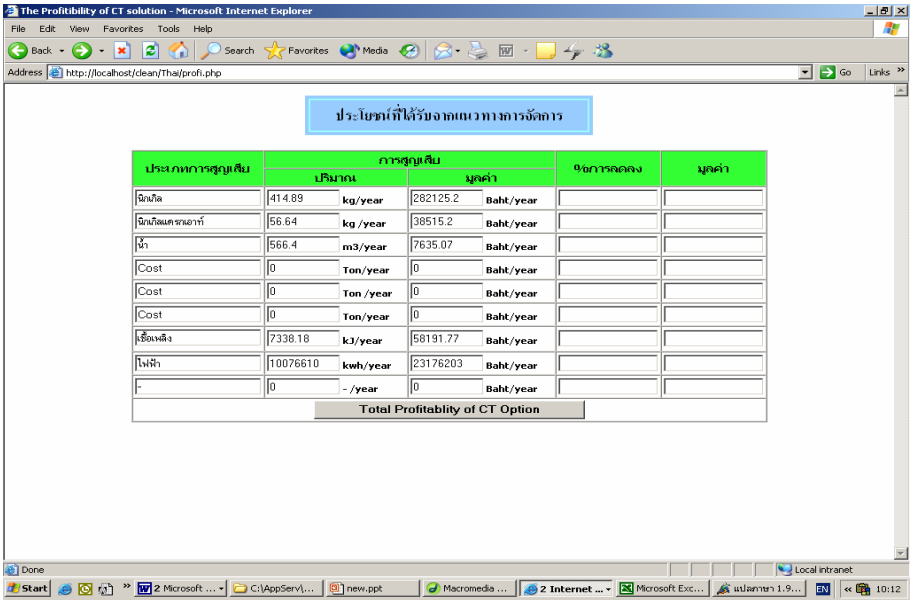
ภาพผนวกที่ ค25 หน้าจอแสดงการใส่ข้อมูลต้นทุนการดำเนิน

เมื่อป้อนค่าต้นทุนดำเนินการครบถ้วน คลิก Analyze Economic Feasibility หน้าจอการเข้าสู่การคำนวณมูลค่าต้นทุนที่ลดลงหลังการปรับปรุงแนวทางการผลิต แสดงดังภาพผนวกที่ ค26 เพื่อที่จะนำไปสู่ขั้นตอนการใส่ค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของการสูญเสียจากกระบวนการผลิต

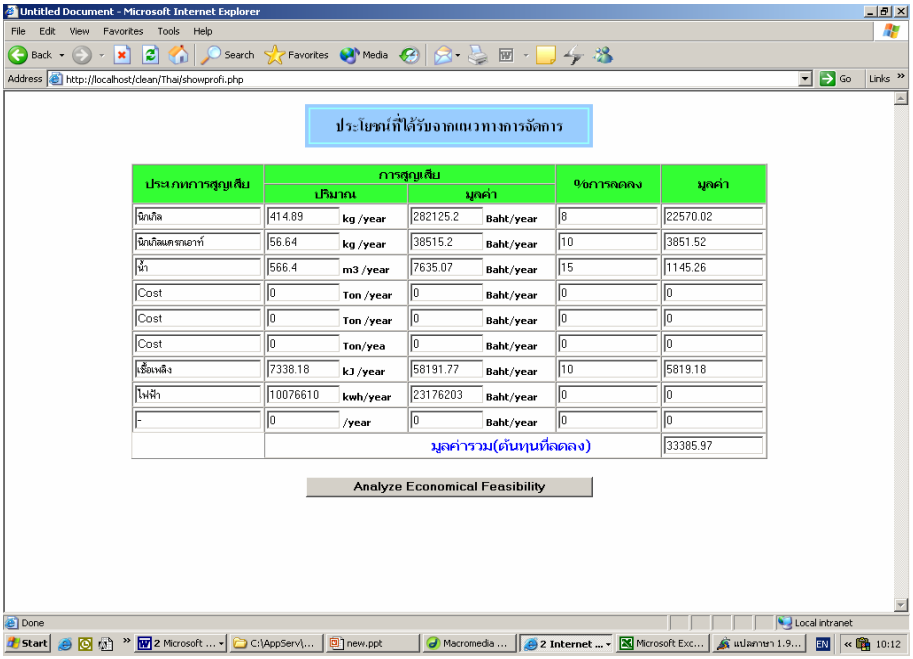


ภาพผนวกที่ ค26 หน้าจอการเข้าสู่การคำนวณประโยชน์ที่ได้รับหลังการปรับปรุงแนวทางการผลิต

12. เมื่อคลิก Analyze Economical Feasibility แล้วโปรแกรมจะเข้าเข้าสู่หน้าจอการใส่ค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของการสูญเสียแต่ละประเภท แสดงดังภาพผนวกที่ ค27 เมื่อใส่ค่าแล้ว คลิก Total Profitability CT Optionโปรแกรมแสดงการคำนวณมูลค่าต้นทุนที่ลดลง ดังภาพผนวกที่ ค28

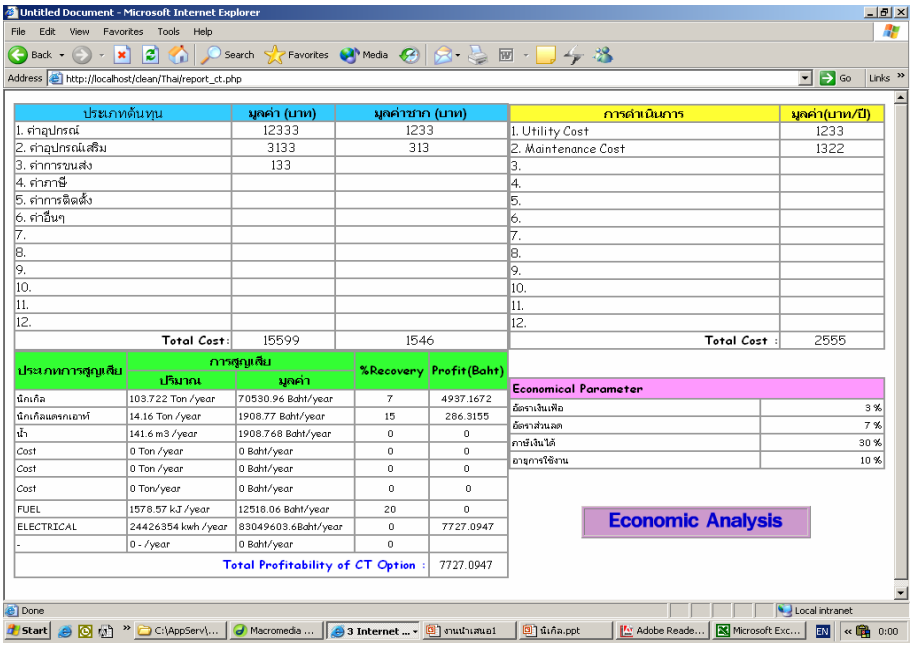


ภาพผนวกที่ ค27 หน้าจอใส่เปอร์เซ็นต์การลดลงของการสูญเสีย



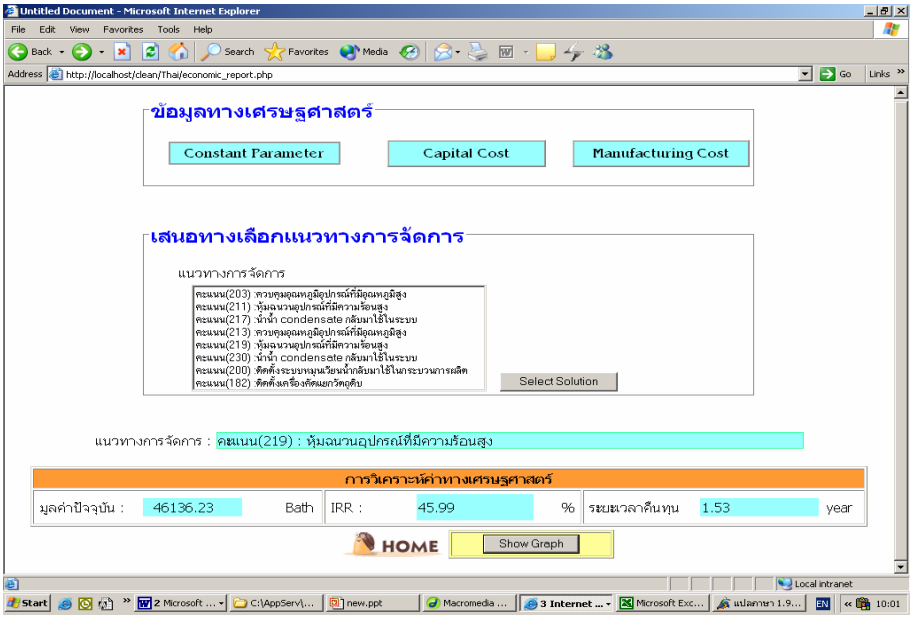
ภาพผนวกที่ ค28 หน้าจอแสดงการคำนวณมูลค่าต้นทุนที่ลดลง

13. คลิก Analyze Economical Feasibility ในหน้าจอแสดงการคำนวณมูลค่าต้นทุนที่ลดลง โปรแกรมจะแสดงข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ดังภาพผนวกที่ ค29

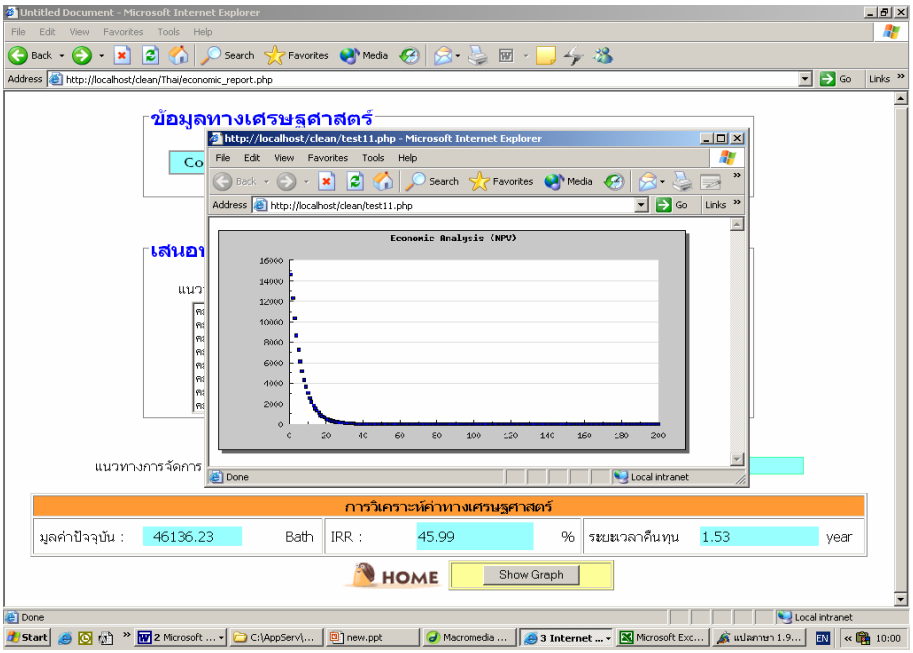


ภาพผนวกที่ ค29 หน้าจอแสดงข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

14. คลิก Economic Analysis เมื่อคลิกแล้วโปรแกรมจะวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์ แสดงดังภาพผนวกที่ ค30 ผู้ใช้สามารถดูกราฟที่ plot ระหว่างค่าNPV กับ ค่าDiscount Rate โดยการคลิก Show Graph แสดงดังภาพผนวกที่ ค31



ภาพผนวกที่ ค30 หน้าจอแสดงผลการวิเคราะห์ค่าทางเศรษฐศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค31 หน้าจอแสดงกราฟทางเศรษฐศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวณัฐวรรณ ทิพย์จริญพร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	15 กรกฎาคม 2526
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	จบปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมกระบวนการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-