การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ ในโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

โดย

นายวิษณุ กุสุมวิจิตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ ในโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

โดย

นายวิษณุ กุสุมวิจิตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

INTEGRATED ENERGY MANAGEMENT IN SUGAR FACTORY

By

Visanu Kusumvijit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

MASTER OF ENGINEERING

Department of Industrial Engineering and Management

Graduate School

SILPAKORN UNIVERSITY

2008

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง " การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ ในโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง " เสนอโดย นายวิษณุ กุสุมวิจิตร เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ชินะตังกูร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 5 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2551

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สิรางค์ กลั่นคำสอน)

31 / ต.ค. / 51

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์)

31 / ต.ค. / 51

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

31 / ต.ค. / 51

49405312 : สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คำสำคัญ : การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ

วิษณุ กุสุมวิจิตร : การจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ ในโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม. 164 หน้า.

งานวิจัยเรื่องการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการของโรงงานน้ำตาล มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้พลังงานความร้อนในระบบการผลิต กรณีศึกษาเริ่มจากการวิเคราะห์การใช้พลังงานในภาพรวม และถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต จากผลการวิจัยพบว่า สามารถเสนอแนวทางประหยัดพลังงาน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบไม่ต้องมีการลงทุนและมีการลงทุนอุปกรณ์ โดยพิจารณาแนวทางการประหยัดพลังงานแบบไม่ลงทุนอุปกรณ์ก่อน หากมีการลงทุนอุปกรณ์ จะพิจารณาลำดับก่อนหลังจากผลตอบแทนการลงทุนและมูลค่าการลงทุน ซึ่งแผนงานที่ไม่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์ที่เลือกทำก่อน คือ การลดการ Blow down ของหม้อไอน้ำ ส่วนที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์ คือการใช้เทอร์โมสตัทอิเลคทรอนิกส์ ผลตอบแทนการลงทุนภายหลังการปรับปรุงพบว่า แผนงานที่ไม่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์มีค่าระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 0.07 ปี ส่วนที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์มีค่าระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 0.19 ปี และ อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 532.94 ปัจจัยความไวที่สำคัญต่อการลงทุนคือมูลค่าการลงทุน สุดท้ายการวิเคราะห์ความเสี่ยงกรณีการติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อยที่เงินลงทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 41.08 ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบเพิ่มขึ้นร้อยละ 55.93 และรายได้ลดลงร้อยละ 18.18 แล้ว จะมีค่าระยะเวลาในการคืนทุน 10.76 ปี และมีค่าอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับร้อยละ 4.47 ซึ่งยังคงมีความเหมาะสมในการลงทุน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีการศึกษา 2551
ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

49405312 : MAJOR : ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD : Integrated energy management
VISANU KUSUMVIJIT : INTEGRATED ENERGY MANAGEMENT IN SUGAR FACTORY. THESIS ADVISOR : SITTICHAI SAELEM, Ph.D. 164 pp.

The purpose of this research, Integrated Energy Management in Sugar Factory, is to analyze electrical and thermal energy used in the production system. The usage of energy of the case study factory was analyzed in order to compare with the standard value of the same industry. Then, the energy break down analysis of each process unit was conducted. The results showed that the 2 major groups of energy conservation approach could be proposed: non-investment on equipment and investment on equipment. The non-investment on equipment was firstly considered, while the priority of equipment investment was sequentially considered by the return on investment and its investment cost. The first implementation of non-investment plan was the blow down reduction of boilers while the first investment plan was installing electronic thermostats. The return on investment after non-investment plan implementation in term of payback period were 0.07 year and 0.19 year with 532.94% IRR for the investment plan. In this case study, the most sensitive factor affecting on IRR was the investment cost. Finally, the pay back period and IRR on investment risk analysis in which the installation cost of bagasse moisture reduction system increased 41.08%, the system operation expense increased 55.93% and the revenue decreased 18.18%, the pay back period and IRR were 10.76 years and 4.47%, respectively. From these figures, it can be concluded that the investment plan of energy conservation was feasible.

Department of Industrial Engineering and Management, Graduate School, Silpakorn University Academic Year 2008
Student's signature .....
Thesis Advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากท่าน ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนวทางในการวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ และนอกจากนี้ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจสอบและแนะนำข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์

ขอขอบคุณท่านผู้บริหารระดับสูงของโรงงานกรณีศึกษาที่ให้ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ อีกทั้งให้ความร่วมมือต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ยิ่งสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนเรื่องทุนการศึกษาและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ และขอบคุณเพื่อนๆทุกท่านที่ได้สนับสนุนเครื่องมือ ตำราเอกสารที่จำเป็นในการทำวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

กรอบแนวความคิด 2

วัตถุประสงค์ 2

สมมติฐานการวิจัย 2

ขอบเขตของงานจัย 3

นิยามศัพท์ 3

ระยะเวลาการทำวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 แนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

แนวคิดการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ 5

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

3 วิธีดำเนินการวิจัย 12

ประชากร 12

กลุ่มตัวอย่าง 12

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย 12

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดพลังงาน 12

การเก็บรวบรวมข้อมูล 15

การวิเคราะห์ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า 15

การวิเคราะห์ศักยภาพในการประหยัดพลังงานความร้อน 15

ขั้นตอนในการทำวิจัย 17

บทที่		หน้า
4	ผลการวิจัยและอภิปรายผล	18
	การวิเคราะห์สถานะภาพการใช้พลังงาน	18
	การวิเคราะห์เพื่อหามาตรการการประหยัดด้านความร้อน	32
	การวิเคราะห์เพื่อหามาตรการการประหยัดพลังงานไฟฟ้า	41
	การจัดลำดับการลงทุนของมาตรการการประหยัดพลังงานของโรงงาน	48
	การวิเคราะห์ความไวของแนวทางการประหยัดพลังงาน	53
	การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน	60
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	64
	สรุปผลการวิจัย	64
	ข้อเสนอแนะ	65
บรรณานุกรม		66
ภาคผนวก		69
	ภาคผนวก ก รายละเอียดการตรวจวัดอุปกรณ์ด้านความร้อน	69
	ภาคผนวก ข รายละเอียดการตรวจวัดอุปกรณ์ด้านไฟฟ้า	80
	ภาคผนวก ค รายละเอียดการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์	115
	ภาคผนวก ง มูลค่าการปรับปรุงระบบลดความชื้นของกากอ้อย	150
	ภาคผนวก จ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ได้ดำเนินการจริง	156
ประวัติผู้วิจัย		164

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงปริมาณการใช้กากอ้อย	22
2	แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา	24
3	แสดงภาพรวมปริมาณการใช้กากอ้อยเพื่อผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ	25
4	แสดงดัชนีการใช้พลังงานของทางโรงงาน	31
5	แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำ	33
6	แสดงผลการวิเคราะห์การใช้ไอน้ำของฮีตเตอร์	36
7	แสดงผลการวิเคราะห์การใช้ไอน้ำของหม้อต้ม	38
8	แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ	40
9	แสดงผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	43
10	แสดงผลการตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	46
11	สรุปการจัดลำดับการลงทุนมาตรการประหยัดพลังงาน	49
12	แผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้ดำเนินการจริง	51
13	แผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้จากการประมาณการ (estimate)	52
14	ตารางแสดงค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน IRR	61
15	ตารางแสดงค่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน	62

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องวัดอุณหภูมิ	12
2	เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสีอินฟราเรด	13
3	เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ (Flow meter)	13
4	เครื่องบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้า	14
5	เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า (kw)	14
6	เครื่องวัดความเข้มของแสง (Lux meter)	14
7	รายละเอียดในกระบวนการผลิตน้ำตาล	18
8	แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในโรงงาน	22
9	แสดงปริมาณการใช้กากอ้อยในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา	23
10	สัดส่วนการใช้กากอ้อยเพื่อการผลิตไอน้ำและไฟฟ้า	26
11	แสดงดัชนีการใช้พลังงาน (ด้านไฟฟ้า)	31
12	แสดงดัชนีการใช้พลังงาน (ด้านความร้อน)	32
13	แสดงการวิเคราะห์การใช้เทอร์โมสตัทอิเล็กทรอนิคส์	53
14	แสดงการวิเคราะห์การใช้ปรับปรุงขบวนการผลิตและขายไฟให้กับการไฟฟ้าฯ	54
15	แสดงวิเคราะห์การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ	55
16	การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ	56
17	การเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide	57
18	การเปลี่ยนบัลลาสต์เป็นชนิด LOW WATT LOSS BALLAST	58
19	การหุ้มฉนวนท่อ	59
20	การติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย	60

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดการผลิตที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงให้ธุรกิจสามารถอยู่ได้ในสภาวะที่มีการแข่งขันทางด้านการตลาดสูง พลังงานเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการรองรับเทคโนโลยีเหล่านั้น ทั้งทางด้านพลังงานไฟฟ้า , ความร้อนและเชื้อเพลิงเป็นต้น แนวคิดในการนำความรู้ทางด้านการจัดการมาใช้ในการอนุรักษ์พลังงานเป็นแนวคิดหนึ่งที่สถานประกอบการทั้งหลายให้ความสนใจและนำมาใช้ในปัจจุบัน แนวคิดทางด้านการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการเป็นแนวคิดการจัดการเชิงกลยุทธ์ยุคใหม่ที่จะช่วยลดต้นทุนทางงด้านการใช้พลังงาน และตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากวิกฤตการณ์พลังงานที่ผ่านมาได้ส่งผลกระทบต่อความเจริญก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมเป็นอย่างมากจนทำให้โรงงานอุตสาหกรรมและธุรกิจประเภทต่างๆจำเป็นต้องหามาตรการการอนุรักษ์มาใช้เพื่อลดการใช้พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด และมีแนวโน้มราคาจะสูงขึ้นไปเรื่อยๆ

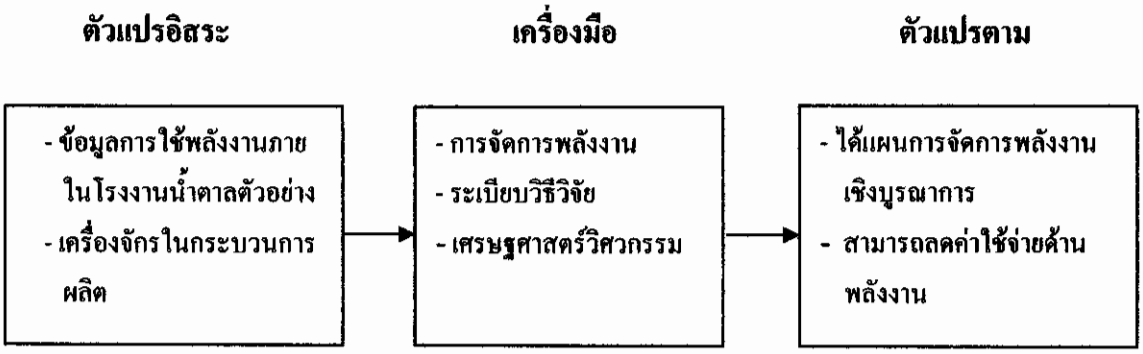
อุตสาหกรรมน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญยิ่งต่อเศรษฐกิจไทย เพราะนอกจากจะใช้วัตถุดิบหลักมาจากภาคเกษตรกรรม ซึ่งก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในประเทศสูงและเป็นแหล่งรายได้สำคัญแก่คนในชนบทแล้ว ยังเป็นอุตสาหกรรมส่งออกที่ประเทศไทยมีขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้ดี และสร้างรายได้เงินตราต่างประเทศจำนวนมากมาอย่างต่อเนื่องทุกปี โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลในประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ประสบปัญหาด้านพลังงานโดยตรง เนื่องจากกระบวนการผลิตต้องการใช้พลังงานอย่างมากในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ด้วยเหตุนี้ ถ้าโรงงานน้ำตาลภายในประเทศไทยสามารถหาแนวทางและวิธีการประหยัดพลังงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้พลังงานก็จะเป็นทางหนึ่งที่จะบรรเทาปัญหาการขาดแคลนพลังงานได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลตัวอย่างมีปัญหาเรื่องไม่ทราบต้นทุนทางด้านพลังงานในการผลิต และไม่มีการประเมินค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานที่เป็นระบบ ทางบริษัทตัวอย่างจึงต้องการหาวิธีการอนุรักษ์พลังงานโดยการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน รวมทั้งกำหนดรูปแบบของการจัดการเชิงบูรณาการทั้งในแนวทางที่ต้องลงทุนและไม่ต้องลงทุน เพื่อการอนุรักษ์พลังงานใน

โรงงานอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาและปรับปรุงศักยภาพในการใช้พลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาล บนการประยุกต์ศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล การจัดการงานวิศวกรรม รวมทั้งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ขั้นตอนทั้งหมดจะถูกออกแบบให้ดำเนินการเชิงบูรณาการและอย่างเป็นระบบ โดยนำเสนอการดำเนินการจัดการด้านพลังงานอย่างเป็นระบบ การคำนวณหาความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานของหน่วยการผลิตที่สำคัญ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์และแนวทางการเงินในแต่ละมาตรการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

2. กรอบแนวความคิด



3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อวิเคราะห์ภาพรวมการใช้พลังงานภายในโรงงาน เช่น พลังงานไฟฟ้า และ ความร้อน

3.2 เพื่อเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานแบบไม่ต้องลงทุนอุปกรณ์

3.3 เพื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนของมาตรการที่ต้องลงทุนอุปกรณ์

4. สมมติฐานงานวิจัย

4.1 การจัดการพลังงานของ โรงงานน้ำตาลตัวอย่างยังไม่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพเพียงพอ

4.2 สามารถนำความรู้ทางด้านการจัดการงานซ่อมบำรุงและเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานแบบไม่ต้องลงทุนได้

4.3 ผลตอบแทนการลงทุนของมาตรการที่ต้องลงทุน มีความเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการลงทุน

5. ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการสำรวจข้อมูลด้านพลังงาน โดยศึกษาและวิเคราะห์ในรายละเอียดของแหล่งการใช้พลังงานต่างๆในโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง ได้แก่ กระบวนการผลิตน้ำตาล ,ระบบทำความร้อน,ระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2549 ถึงเดือน มกราคม 2550 จากนั้นทำการวิเคราะห์เชิง เศรษฐศาสตร์ของแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงานที่เลือก เพื่อเสนอแผนการในการประหยัดพลังงานแบบที่ต้องลงทุนอุปกรณ์และแบบที่ไม่ต้องลงทุนอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ

6. นิยามศัพท์

ค่าที่ดีที่สุด (Benchmark)

ค่าที่ดีที่สุด หมายถึง ค่าการใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วย ผลผลิตเฉลี่ยของโรงงานที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกันที่มีค่าต่ำสุดในรอบปี

ค่าเฉลี่ย (Average)

ค่าเฉลี่ย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตของแต่ละโรงงาน ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกัน

พลังงาน

พลังงาน หมายถึง ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้งานได้แก่ พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลืองและให้หมายความรวมถึงสิ่งที่อาจให้งาน เช่น เชื้อเพลิง ความร้อน และไฟฟ้า เป็นต้น

อนุรักษ์พลังงาน

อนุรักษ์พลังงาน หมายถึง ผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

ตรวจสอบ

ตรวจสอบ หมายถึง สำรวจตรวจวัดและเก็บข้อมูล

7. ระยะเวลาการทำการวิจัย

ลำดับ	รายการ	Dec-05/06	Jan-06/07	Feb-06/07	Mar-06/07	Apr-06/07	May-06/07	Jun-06/07	Jul-06/07	Aug-06/07	Sep-06/07	Oct-06/07	Nov-06/07
1	เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในโรงงาน	←	—										
2	วิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างเป็นระบบและวิเคราะห์ทางสถิติ			←	—	→							
3	เสนอแนวทางและดำเนินการปรับปรุงแก้ไขปัญหา					←	—	—	—	—	—	—	→
4	เก็บรวบรวมข้อมูลหลังการปรับปรุง	←	—										
5	ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์			↔									
6	สรุปผลและวิธีการแก้ไขปัญหา				↔								

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 ได้แผนการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ

8.2 สามารถลดต้นทุนทางด้านการใช้พลังงานได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารทุกประเภท โดยทั่วไปโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะใช้พลังงานจากพลังงาน 2 รูปแบบ คือพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนซึ่งมาจากเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ โดยมีสัดส่วนการใช้งานที่แตกต่างกันตามแต่ละประเภทของกิจกรรมการผลิต ดังนั้นการใช้พลังงานอย่างไม่เหมาะสมจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์สูงตามไปด้วย เพื่อให้ธุรกิจสามารถดำเนินการและแข่งขันอยู่ได้ โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆจึงต้องหาทางลดต้นทุนการผลิตลง และแนวทางหนึ่งที่สามารถทำได้ ก็คือ แนวคิดทางด้านการจัดการพลังงานเชิงบูรณาการ ซึ่งเป็นการจัดการพลังงานทั้งภายในกระบวนการผลิต และภายนอกกระบวนการผลิต ครอบคลุมทั้งมาตรการที่ต้องลงทุนและไม่ต้องลงทุน เป็นแนวคิดที่จะศึกษาและปรับปรุงศักยภาพในการใช้พลังงานอย่างเต็มประสิทธิภาพในโรงงานอุตสาหกรรม บนการประยุกต์ศาสตร์ด้านวิศวกรรมและการจัดการ รวมทั้งการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ขั้นตอนทั้งหมดจะถูกออกแบบให้ดำเนินการเชิงบูรณาการและอย่างเป็นระบบ โดยนำเสนอการดำเนินการจัดการด้านพลังงานอย่างเป็นระบบ การคำนวณหาความเป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานของหน่วยการผลิตที่สำคัญ รวมทั้งการวิเคราะห์ผลการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์และผลตอบแทนทางการเงินในแต่ละมาตรการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจัดการทั่วไป

การจัดการ หมายถึง การดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยอาศัยปัจจัยทั้งหลายได้แก่ คน เงิน วัสดุสิ่งของ เป็นอุปกรณ์ในการจัดการ

2.2 การจัดการพลังงาน

การจัดการพลังงาน (Energy management) ในด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า หมายถึง การออกแบบและวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน มีการพัฒนานโยบายการใช้พลังงานที่ดี การใช้พลังงานอย่างถูกวิธี และผู้ใช้งานมีความรู้ความเข้าใจเพียงพอที่จะบริหารงานการใช้พลังงาน หัวใจของการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม คือ การใช้พลังงานให้น้อยที่สุดแต่บรรลุ

วัตถุประสงค์ตามความต้องการครบทุกประการ และรวมถึงการนำพลังงานส่วนเกินที่เกิดขึ้นในกระบวนการกลับมาใช้ใหม่

2.3 ทฤษฎีการตรวจวัดพลังงาน

การตรวจวัดและการวิเคราะห์การใช้พลังงานเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับโรงงานที่ต้องการให้มีการจัดการด้านพลังงานที่ดี การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานที่เกี่ยวข้อง กับการวัดการใช้พลังงานจริง และเปรียบเทียบกับค่าประเมินของพลังงานต่ำสุดที่ต้องใช้ การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเป็นการชี้ให้เห็นการใช้พลังงานและเป็นการหาปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละระบบ นอกจากนี้ยังสามารถชี้ให้เห็นว่าส่วนใดที่มีศักยภาพการประหยัดพลังงานสูง ซึ่งเป็นการช่วยให้ผู้บริหารสนใจได้ถูกจุด จะเห็นว่าการตรวจวัดและการวิเคราะห์การใช้พลังงาน เป็นเพียงกิจกรรมหนึ่งของการจัดการด้านพลังงาน การตรวจวัดและการวิเคราะห์พลังงาน หมายถึงการศึกษาการใช้พลังงานในโรงงานซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังนี้

2.3.1 เพื่อหาว่ามีการใช้พลังงานเป็นปริมาณเท่าไร อยู่ที่บริเวณหรือพื้นที่ส่วนไหน และเปลี่ยนรูปไปอย่างไร

2.3.2 เพื่อหาความเป็นไปได้ในการลดและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการวางแผนอนุรักษ์พลังงาน

2.3.3 เพื่อประเมินศักยภาพของแผนอนุรักษ์พลังงานในด้านเทคนิคและการลงทุน

2.3.4 เพื่อสร้างข้อเสนอแนะเบื้องต้นของแผนอนุรักษ์พลังงาน

ในการวัดปริมาณใดๆก็ตาม จะใช้วิธีเปรียบเทียบกับปริมาณมาตรฐานแล้วแสดงเป็นค่าตัวเลขปริมาณมาตรฐานหมายถึงปริมาณที่คงที่ค่าหนึ่ง จะเรียกว่า หน่วย เพราะฉะนั้นค่าที่วัดได้ทั่วไปอาจจะเขียนได้ดังนี้คือ

ปริมาณที่วัดได้ = หน่วย x ค่าตัวเลขที่วัดได้

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการวัดได้แก่

ค่าผิดพลาด

ปกติค่าที่วัดได้การการวัดมักจะมีค่าผิดพลาด (Error) รวมอยู่ด้วยเสมอ ค่าผิดพลาดคือค่าที่ผิดไปจากค่าถูกต้องและเกิดจากของที่จะนำมาวัด เครื่องวัดและคนที่ทำการวัด

ค่าจากการวัดที่ถูกต้อง

ค่าที่ได้จากการวัดที่ถูกต้องหรือไม่เพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของความผิดพลาด ถ้าความผิดพลาดน้อยก็จัดว่าเป็นการวัดที่แม่นยำ (Accuracy) ความละเอียด (Precision) สูง

ตัวเลขนัยสำคัญ

เครื่องวัดโดยทั่วไปนั้นจะต้องมีการทดสอบและการสอบเทียบ ซึ่งจะกำหนดตัวเลขหลักต่ำสุดที่เชื่อถือได้ในการวัดที่ได้ค่าอยู่ในช่วงที่เชื่อถือได้ เราเรียกตัวเลขที่ได้นี้ว่าตัวเลขนัยสำคัญ ในการคำนวณและเรียบเรียงข้อมูลจำเป็นจะต้องแสดงตัวเลขนัยสำคัญให้ถูกต้องด้วย

การจัดการกับค่าที่ได้จากการวัดและการบำรุงรักษาเครื่องวัด

ผลที่ได้จากการวัดควรที่จะจัดทำเป็นรูปกราฟ แล้วทำการเปรียบเทียบกันระหว่างสภาพการใช้งานต่างๆ เพื่อช่วยตรวจสอบให้เครื่องจักรทำงานในสภาพที่มีประสิทธิภาพดีอยู่เสมอ สำหรับเครื่องวัดก็ควรทำการตรวจตราและสอบเทียบเป็นประจำ ในกรณีที่มีความจำเป็นควรทำการสอบเทียบค่าอย่างละเอียดและปรับค่าเครื่องวัด (Calibration) ให้ถูกต้องด้วย

2.2.5 แนวคิดเทคโนโลยีสะอาด (CT)

เทคโนโลยีสะอาด หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือผลิตภัณฑ์เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการลดการเสียวัตถุดิบให้น้อยที่สุดเพื่อให้เกิดใช้พลังงานอย่างคุ้มค่าที่สุด รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบการใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ในที่นี้จะหมายถึงการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า การนำพลังงานส่วนเกินกลับมาใช้ใหม่ ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตเพื่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด

2.2.6 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ในที่นี้หมายถึงการวิเคราะห์ทางด้านการเงินซึ่งโดยทั่วไปเป็นการวิเคราะห์การลงทุนและผลตอบแทนของโครงการของภาคเอกชนหรือผลกำไรทางด้านการเงินเป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังรวมถึง การวางแผนทางการเงินที่เหมาะสมให้กับโครงการ เพื่อก่อให้เกิดความมั่นใจว่าถ้ามีโครงการแล้วจะไม่มีปัญหาทางการเงินใดๆ ในทุกขั้นตอนของโครงการ และรวมตลอดถึงการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของผู้ร่วมโครงการ เพื่อให้แน่ใจว่าโครงการมีผลตอบแทนให้กับผู้ร่วมโครงการมากเพียงพอที่จะจูงใจให้เขาเหล่านั้นเข้าร่วมโครงการด้วย และสิ่งที่ควรทราบเป็นสิ่งแรกคือ อะไรคือเกณฑ์ผลตอบแทนด้านการเงินที่องค์กรใช้ เพื่อตัดสินใจลงทุนโครงการ เช่น ระยะเวลาในการคืนทุน หรือมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด ได้แก่ อัตราผลตอบแทนการลงทุน หรือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นต้น

ระยะเวลาคืนทุน (Payback)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลาที่โครงการจะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่ลงไป หาได้โดยการนำต้นทุนโครงการมาหารด้วยมูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้ในแต่ละปี

มีหน่วยเป็นระยะเวลาที่โครงการได้รับเงินลงทุนคืนกลับมาทั้งหมด ซึ่งเป็นวิธีใช้กันแพร่หลายและคำนวณผลตอบแทนด้านการเงินได้ง่ายที่สุด

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าของกระแสเงินจากรายรับและรายจ่ายในแต่ละปีที่ดำเนินโครงการเทียบกลับมาเป็นค่าเงิน ณ วันนี้ คิดมูลค่าปัจจุบันในแต่ละปี ส่วนมูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ เป็นผลรวมของมูลค่ากระแสเงินสดที่เกิดขึ้นทั้งหมดตลอดอายุโครงการ บางองค์กรไม่มีนโยบายที่ชัดเจนเกี่ยวกับการคิดค่าอัตราการลดค่าเงิน เป็นผลให้การคำนวณมูลค่าทางปัจจุบันสุทธิของโครงการยุ่งยาก จึงต้องมีการตั้งสมมติฐานขึ้นมาเพื่อช่วยในการคำนวณ

อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุนของโครงการจะเป็นค่าที่แสดงถึงค่าดอกเบี้ย (r) ที่มีผลทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเป็นศูนย์ตลอดอายุโครงการ ซึ่งหมายถึงการทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันของรายรับและรายจ่าย (รวมถึงเงินเริ่มต้นของโครงการ) มีค่าเท่ากัน ดังนั้น IRR จึงเป็นค่าที่แสดงอัตราผลตอบแทนการลงทุนของโครงการที่สามารถใช้เปรียบเทียบว่ามีการลงทุนอื่นที่ดีกว่าโครงการนี้หรือไม่ โดยการลงทุนในที่อื่นๆนอกองค์กรหรือการลงทุนในโครงการอื่นๆขององค์กรก็ได้ ดังนั้น ค่าIRR จึงเป็นการพยายามให้ค่าเชิงตัวเลขกับโครงการเพื่อใช้เปรียบเทียบผลประโยชน์จากการลงทุน ยิ่งค่า IRR สูงมากเท่าไหร่ โครงการนั้นจะยิ่งเพิ่มความสนใจในการลงทุนมากขึ้นเท่านั้น องค์กรส่วนใหญ่จะใช้วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิในการเลือกโครงการที่น่าสนใจลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ อย่างไรก็ตามอาจจะมีการพิจารณาถึงผลตอบแทนการลงทุนในแต่ละโครงการ ซึ่งจะต้องคำนวณค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(บุตรบำรุง ธรรมโชติ 2541) ทำการศึกษาการประหยัดพลังงานของธนาคารกสิกรไทย ในอาคาร พหลโยธิน ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ ภายในอาคาร เป็นต้น ซึ่งพบว่ามีแนวทางในการประหยัดพลังงานได้ 12 แนวทางคือ

1. การใช้ระบบการบำรุงรักษาแบบป้องกันในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
2. ปรับปรุงการบำรุงรักษาหอผึ่งลมเย็น
3. การติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง
4. การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นประสิทธิภาพสูง
5. การติดตั้งอิเล็กโทรนิกส์เทอร์โมสตัสต์
6. การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังส่งลมเย็นประจำชั้น

7. การใช้โคมไฟฟ้าชนิดสะท้อนแสง
8. การใช้หลอดฟลูออเรสเซ็นต์ชนิดประหยัดพลังงาน
9. การใช้บัลลาสต์ชนิดสูญเสียต่ำ
10. การติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่าง
11. การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
12. การย้ายหม้อแปลง

ซึ่งจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนพบว่ามีเพียง 6 แนวทางที่สามารถดำเนินการได้และคาดว่าสามารถลดพลังงานลงได้

(วัลภา จรูญธรรม 2541) ทำการศึกษาการประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติก โดยเน้นศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ผลงานวิจัยพบว่าแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายของค่าไฟฟ้าทำได้โดยลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 156 kW / ปี การปลดหลอดไฟฟ้าที่เกินความจำเป็น ประหยัดได้ 4,737 kWh / ปี การเปลี่ยนบัลลาสต์จากแบบขดลวดธรรมดาเป็นแบบ Low Watt Loss ประหยัดได้ 746 kWh / ปี และการหุ้มฉนวนผิวถ่ายเทความร้อนของเครื่องรีดพลาสติก ประหยัดได้ kWh / ปี

(จรวย บุญยุบล 2548) การศึกษารายละเอียดเกณฑ์การใช้พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นการศึกษาการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 30 โรงงาน โดยเลือกตัวอย่างอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันเตา ตั้งแต่ 300,000 ลิตรต่อปีขึ้นไป หรือใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 100,000 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปีขึ้นไป โดยคำนึงถึงประเภทโรงงานที่ใช้อุปกรณ์พลังงานหลัก ซึ่งได้แก่ หม้อไอน้ำและเตาอุตสาหกรรมที่สำคัญ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าโรงงานที่ใช้หม้อไอน้ำและโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เตาเผา ใช้หม้อไอน้ำขนาดแตกต่างกันตั้งแต่ น้อยกว่า 5 ตันต่อชั่วโมง ไปจนถึงน้อยกว่า 30 ตันต่อชั่วโมง การใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตมีความแตกต่างกันมากและโรงงานส่วนใหญ่มิได้ให้ความสนใจต่อการอนุรักษ์พลังงานพอสมควร ส่วนด้านการใช้ไฟฟ้าพบว่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโรงงานอยู่ในเกณฑ์ต่ำมีโอกาสปรับปรุงได้อีกมาก จากการศึกษาจึงได้กำหนดเกณฑ์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงเกณฑ์การใช้พลังงานในการป้องกันการสูญเสียพลังงาน การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ การเปลี่ยนแปลงพลังงานประเภทอื่น โดยมุ่งใช้การใช้พลังงานประเภทที่มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุดหรือมีประสิทธิภาพสูงสุด การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง และการใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง

(สถาบันวิจัยพลังงาน 2548) หลักการในการดูแลระบบทำความเย็นให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ เช่น

1. การดูแลและทำความสะอาดคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อระบายความร้อนได้ดี เช่น การจัดช่วงเวลาในการทำความสะอาดตามสภาวะแวดล้อมอย่างเหมาะสม
2. การดูแลทำความสะอาด อีแวปโปเรเตอร์ เพื่อให้รับความร้อนได้ดี
3. การปรับแต่งและตรวจสอบการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ ให้สามารถทำงานได้อยู่ในเกณฑ์ปกติ
4. การตรวจสอบระดับสารทำความเย็นในระบบและการแก้ไขจุดรั่วซึมของสารทำความเย็น การเติมสารทำความเย็นบ่อยนอกจากจะสิ้นเปลืองสารทำความเย็นแล้ว ยังทำให้สารทำความเย็นไม่บริสุทธิ์ ซึ่งจะมีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงาน อันเนื่องมาจาก จุดเดือดที่เปลี่ยนแปลงตามความบริสุทธิ์ของสารทำความเย็นนั้นๆ
5. การออกแบบและใช้งานปั๊มน้ำให้มีขนาดเหมาะสม ปั๊มน้ำเย็นส่วนใหญ่มักมีขนาดใหญ่กว่าความต้องการจริงซึ่งการออกแบบและเลือกใช้ปั๊มน้ำจะเผื่อความดันตกคร่อมแล้วดังนั้น เมื่อใช้งานจริง เฮดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าที่ออกแบบ ดังนั้นเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนใบพัดหรือถ้าปั๊มเก่ามากก็เปลี่ยนใหม่ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 2548) หลักการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมจะมุ่งเน้นการสร้างจิตสำนึกให้บุคลากรภายในโรงงานให้มีความรู้ความเข้าใจวิธีการอนุรักษ์พลังงานทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ รวมถึงการบริหารจัดการการใช้พลังงานได้อย่างถูกวิธี ไม่ว่าจะเป็นด้านพลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานความร้อน เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า รวมถึงการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นมาตรการสนับสนุนอีกทางหนึ่งนอกเหนือไปจากการปรับเปลี่ยน เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ประสิทธิภาพสูงเพียงอย่างเดียว ดังมีตัวอย่างการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น มาตรการบำรุงรักษาเบื้องต้น (Housekeeping) โดยการเอาใจใส่ดูแลการใช้พลังงานให้มีการรั่วไหลและสูญเปล่าน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายและลงทุนน้อย และมีระยะเวลาคืนทุนสั้น สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงงานควบคุมได้ 30 % ของปริมาณการใช้พลังงานปกติ ตัวอย่างมาตรการเช่น มาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในเวลากลางวันโดยการใช้แสงธรรมชาติ โดยการเปลี่ยนกระเบื้องหลังคาเป็นชนิดแผ่นใส , มาตรการซ่อมแซมรอยรั่วในระบบอัดอากาศ , มาตรการลดการสูญเสียความร้อนโดยการหุ้มฉนวน , มาตรการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เช่น มาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่า (Idle time) มาตรการลดของเสียจากกระบวนการผลิต และ อื่นๆ เป็นต้น นอกจากกิจกรรมแบบมีส่วนร่วมเพื่อการประหยัดแล้ว ยังมีเทคนิคอีกหลายอย่างที่สามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินกิจกรรมทางการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีเทคนิคต่างๆดังนี้

1. กลุ่มคุณภาพ (QCC)
2. กิจกรรม 5 ส
3. การควบคุมคุณภาพ (Quality control)
4. การบำรุงรักษาทวีผล (Productive maintenance)
5. การควบคุมคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (Total Quality Management : TQM)

บทที่ 3
วิธีวิจัย

1. ประชากร

โรงงาน อุตสาหกรรมน้ำตาล ตัวอย่าง

2. กลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลด้านปริมาณการใช้พลังงาน ไฟฟ้า , ความร้อนของกระบวนการหีบอ้อย กระบวนการต้มน้ำอ้อย กระบวนการเคี่ยวน้ำตาล และกระบวนการปั่นน้ำตาล

3. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

- ข้อมูลการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต ผลการวัดจากเครื่องมือวัดต่างๆ

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ

- มาตรฐานการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน
- สิ่งตีพิมพ์ , เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำมาอ้างอิงได้

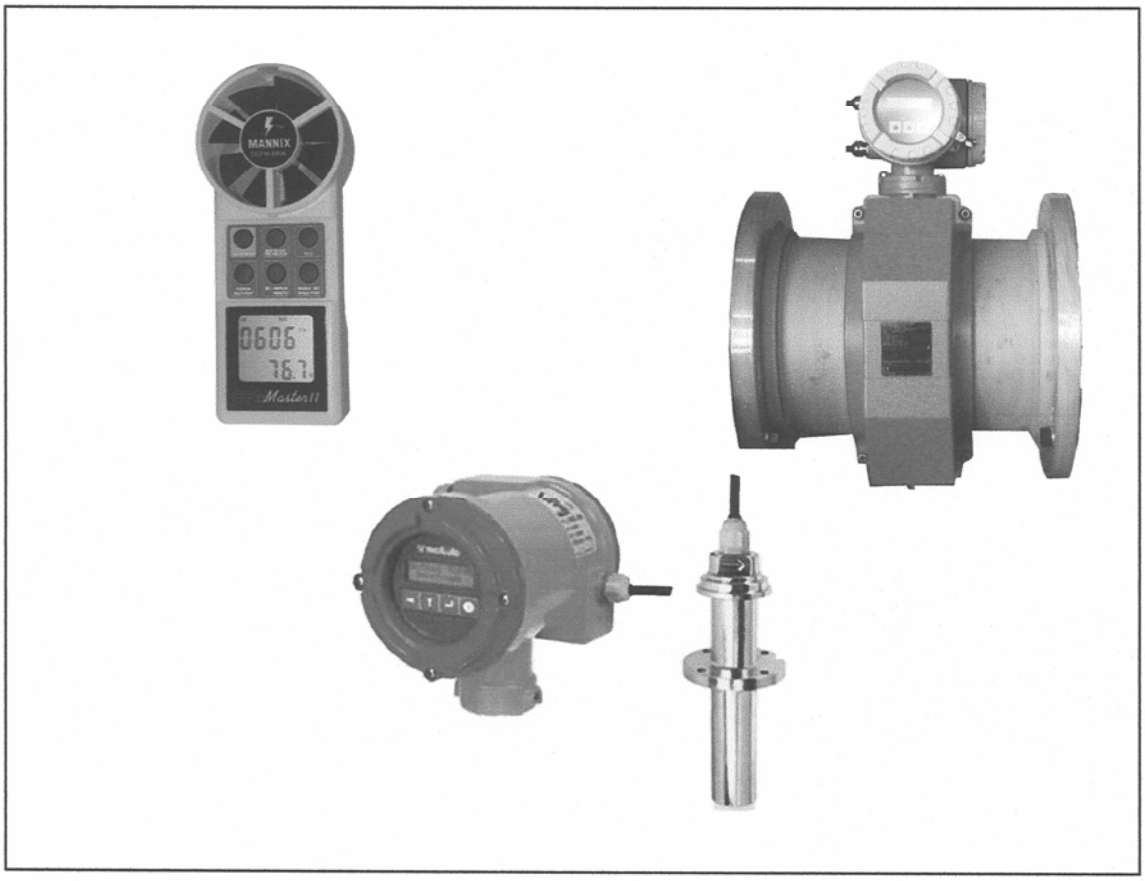
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดพลังงาน

เครื่องมือวัดที่ใช้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ เครื่องมือวัดด้านความร้อนและเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้า

4.1 เครื่องมือวัดด้านความร้อน

ภาพที่ 1 เครื่องวัดอุณหภูมิ

ภาพที่ 2 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสีอินฟราเรด



ภาพที่ 3 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศและน้ำในท่อ(Flow meter)

4.2 เครื่องมือวัดด้านไฟฟ้า

ภาพที่ 4 เครื่องบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้า

ภาพที่ 5 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า (kw)

ภาพที่ 6 เครื่องวัดความเข้มของแสง (Lux meter)

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางการประหยัดพลังงาน ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2549 ถึง มกราคม 2550

6. การวิเคราะห์ศักย์ภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ในการวิเคราะห์ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า จะนำข้อมูลที่ได้จากโรงงานทั้งที่เป็นเอกสารและที่ได้จากการตรวจวัด มาทำการวิเคราะห์หาแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในแต่ละระบบโดยจะคำนวณออกมาในรูปของค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงต่อปี และระยะเวลาในการคืนทุนของแต่ละแนวทางที่นำเสนอ โดยข้อมูลที่ต้องการนำมาในการวิเคราะห์ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลจากเครื่องบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อนำมาดูลักษณะพฤติกรรมในการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาพรวมของโรงงาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาหาแนวทางในการปรับปรุการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ดีขึ้น โดยพิจารณาจากค่าตัวประกอบโหลดรายเดือน (Load Factor : LF) ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption : S.E.C)
2. ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ทำการสำรวจจากชนิดหลอดไฟโคมไฟ และบัลลาสต์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนนี้ โดยวิเคราะห์จากค่าพิกัดทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ จากนั้นทำการหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนนี้
3. ข้อมูลการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ทำการจัดค่าพิกัดของเครื่องปรับอากาศเพื่อนำมาสู่การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศจากเครื่องปรับอากาศทั้งหมดในโรงงาน จากนั้นทำการหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานในส่วนนี้
4. ข้อมูลการใช้พลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเกิน 20 kW โดยจะทำการจดพิกัดของมอเตอร์ และตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนนี้ โดยวิเคราะห์จากค่าการตรวจวัดทางไฟฟ้าของมอเตอร์ จากนั้นทำการหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้

7. การวิเคราะห์ศักย์ภาพในการประหยัดพลังงานความร้อน

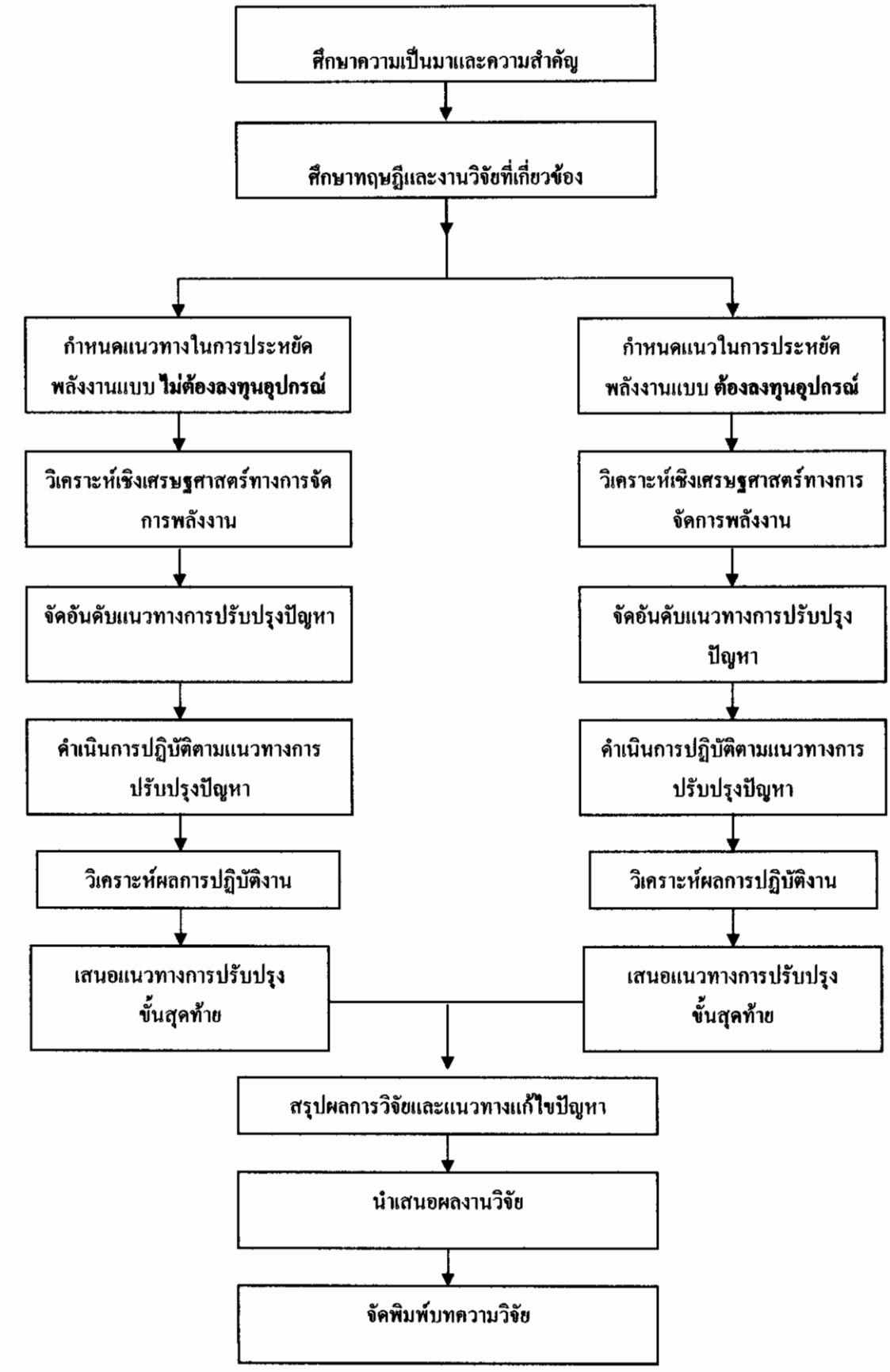
ในการวิเคราะห์ศักยภาพในการประหยัดพลังงานความร้อน จะนำข้อมูลที่ได้จากโรงงานทั้งที่เป็นเอกสารและที่ได้จากการตรวจวัด มาทำการวิเคราะห์หาแนวทางในการประหยัดพลังงานความร้อนในแต่ละระบบ และระยะเวลาในการคืนทุนของแต่ละแนวทางที่นำเสนอ โดย

ข้อมูลที่ต้องการนำมาในการวิเคราะห์ศักยภาพในการประหยัดพลังงานความร้อนประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทางเทคนิคและข้อมูลการตรวจวัดน้ำป้อน ก๊าซเสีย ขนาดหม้อไอน้ำ น้ำ Blow down เพื่อนำมาหาแนวทางประหยัดพลังงานความร้อนในส่วนนี้

2. ข้อมูลทางเทคนิคและราคาหม้อไอน้ำชนิดเชื้อเพลิงที่ทำมาผลิตพลังงานความร้อน เพื่อวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานความร้อน เพื่อหาแนวทางในการลดพลังงานความร้อนส่วนนี้

8. ขั้นตอนในการทำวิจัย

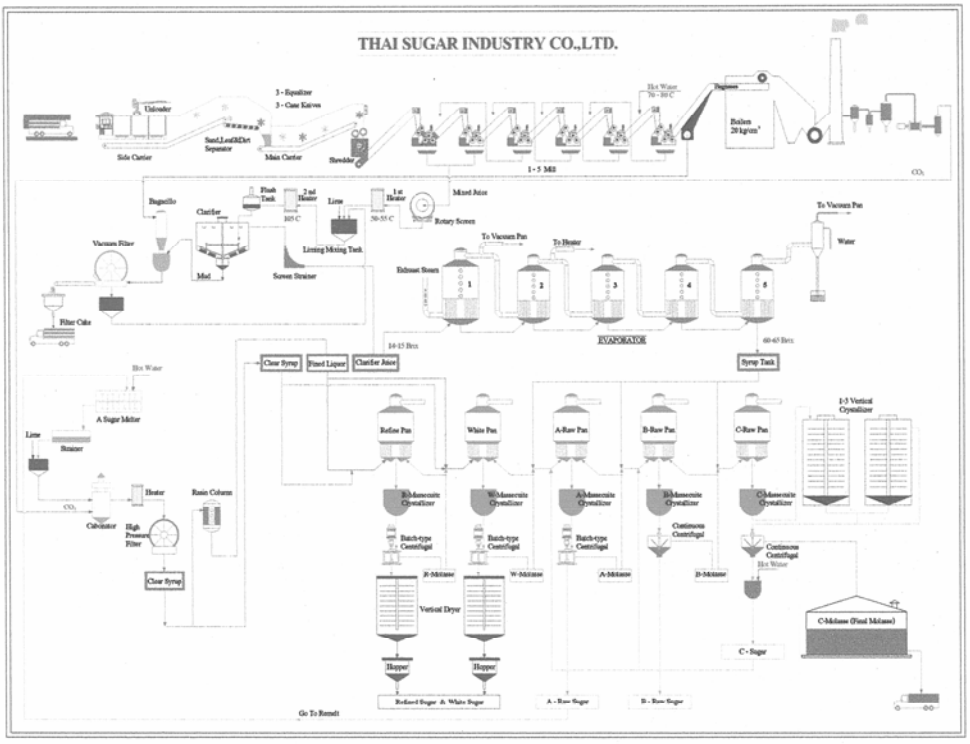


บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการสำรวจและตรวจวัดการใช้พลังงานของบริษัทน้ำตาลตัวอย่าง ทำการศึกษาเป็น 2 ส่วนหลัก โดยส่วนแรกจะทำการศึกษาการใช้พลังงานเบื้องต้นของบริษัทน้ำตาลตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย การใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ และการใช้พลังงานในระบบการผลิต เพื่อวิเคราะห์และเสนอมาตรการในการปรับปรุงการใช้พลังงาน ส่วนที่สองจะทำการศึกษาการใช้พลังงานอย่างละเอียดในแต่ละมาตรการที่สามารถนำไปปรับปรุงการใช้พลังงานภายในโรงงานเพื่อประเมินการประหยัดได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำขึ้น

1. การวิเคราะห์สถานะภาพการใช้พลังงาน

โรงงานน้ำตาลตัวอย่างมีรายละเอียดกระบวนการผลิตน้ำตาลซึ่งแสดงในภาพที่ 7 ดังนี้



ภาพที่ 7 รายละเอียดในกระบวนการผลิตน้ำตาล

จากภาพที่ 7 สามารถอธิบายรายละเอียดของการบวนการผลิตของโรงงานน้ำตาลตัวอย่างได้ดังนี้

กระบวนการผลิต น้ำตาลทรายดิบ – ขาว ขาวบริสุทธิ์

ในกระบวนการผลิต จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. ส่วนสกัดน้ำอ้อย (Milling House)
2. ส่วนเตรียมน้ำอ้อยและน้ำเชื่อมดิบ (Boiling House)
3. ส่วนผลิตน้ำตาลทราบดิบ (Raw House)
4. ส่วนผลิตน้ำตาลทรายขาว – ขาวบริสุทธิ์ (Refinery House)

1. ส่วนสกัดน้ำอ้อย (Milling House)

วัตถุดิบ	(Raw Material)	=	อ้อย	(Cane)
ผลผลิต	(Product)	=	น้ำอ้อยรวม	(Mixed Juice)
ผลพลอยได้	(By-Product)	=	กากอ้อย	(Bagasses)

กระบวนการผลิตเริ่มจากขนถ่ายอ้อยลงสะพานลำเลียง (Coss – Main Carrier) โดยผ่านชุดปรับระดับกองกากอ้อย (Leveler) และย่อยแยกท่อนโดยมีดตัด (Can Cutter) จากนั้นส่งผ่านเปิดเส้นใยโดยใช้ค้อน (Shredder) ก่อนจะสกัดน้ำอ้อยด้วยชุดลูกหีบ (Mill Tender) ซึ่งจะใช้น้ำร้อนพรมย้อนที่ชุดสุดท้าย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด กากอ้อยที่ผ่านลูกหีบชุดสุดท้าย จะนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ (Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำเป็นต้นกำลังโรงงาน ส่วนน้ำอ้อยรวม (Mixed Juice) ที่ได้จากชุดลูกหีบจะถูกส่งไปยังส่วนที่ 2 ต่อไป

2. ส่วนเตรียมน้ำอ้อยและน้ำเชื่อมดิบ (Boiling House)

วัตถุดิบ	(Raw Material)	=	น้ำอ้อยรวม	(Mixed Juice)
ผลผลิต	(Product)	=	น้ำเชื่อมดิบ	(Raw Syrup)
ผลพลอยได้	(By-Product)	=	กากหม้อกรอง	(Filter Cake)

น้ำอ้อยรวมที่สกัดได้จากส่วนที่ 1 จะผ่านสู่กระบวนการทำใสน้ำอ้อย (Purification) โดยใช้วิธีการทางเคมีและทางกล เพื่อขจัดสารแขวนลอย, สารอินทรีย์ และสิ่งสกปรกที่ติดมากับกากอ้อย โดยเริ่มจากการอุ่นน้ำอ้อยด้วยหม้ออุ่นชุดแรก (Primary Heater) ให้ได้อุณหภูมิ 55 ^{o}C จากนั้นจะส่งไปผสมปูนขาวที่ถังผสม (Liming Tank) เพื่อปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง ให้ได้ pH 7.4 แล้วผ่านไปยังหม้ออุ่นชุดที่ 2 (Secondary – Heater) เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 103 ^{o}C แล้วเติม Flocculent เพื่อให้สารแขวนลอยจับตัวกันดีขึ้น จากนั้นนำไปแยกที่ถังพักใส (Dorr Clarifier) สารแขวนลอยที่ตกตะกอนในถังพักใส (Mud) จะนำไปผสมกับฝุ่นกากอ้อย (Bagacillo) แล้วนำไปแยกน้ำอ้อยที่ติดค้างอยู่ โดยใช้หม้อสุญญากาศ (Vacuum Filter) นำอ้อยที่กรองได้(น้ำล้างหม้อกรอง) ส่งกลับไป

หม้อผสม กากจากหม้อกรอง (Filter Cake) ส่งไปเป็นปุ๋ยในไร่อ้อยต่อไป ส่วนน้ำอ้อยใสจากถังพักใส จะนำไปกรองบนตะแกรงผ้าละเอียดอีกครั้งหนึ่ง ก่อนจะผ่านชุดหม้อต้มระเหยน้ำอ้อยแบบ 5 ขั้นตอน (Quintuple Effect Evaporator) เพื่อระเหยน้ำออกประมาณร้อยละ 80 ส่วนที่ได้จากหม้อต้มระเหยน้ำอ้อยใบสุดท้ายคือ น้ำเชื่อมดิบ (Raw Syrup) ซึ่งจะถูกส่งไปยังส่วนที่ 3 ต่อไป

3. ส่วนผลิตน้ำตาลทรายดิบ (Raw House)

วัตถุดิบ	(Raw Material)	=	น้ำเชื่อมดิบ (Raw Syrup)
ผลผลิต	(Product)	=	น้ำตาลทรายดิบ (Raw Sugar)
ผลพลอยได้	(By-Product)	=	กากน้ำตาลสุดท้าย (Final Molasses)

ในการผลิตน้ำตาลทรายดิบจะใช้ระบบการเคี่ยวแบบ 3- Boiling System ซึ่งประกอบด้วยการเคี่ยว 3 ขั้นตอนขั้นตอนที่ 1 การเคี่ยวน้ำตาล เอ จะนำน้ำเชื่อมดิบ (Raw Syrup) จากส่วนที่ 2 มาทำให้เข้มข้นขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัว ที่พร้อมจะสร้างผลึกน้ำตาลในหม้อเคี่ยวสุญญากาศ (Vacuum Pan) จากนั้นจะป้อนเชื้อน้ำตาลเข้าไปในหม้อเคี่ยว และเลี้ยงเชื้อน้ำตาลในหม้อเคี่ยว ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงขนาดที่ต้องการด้วยน้ำเชื่อมดิบ และกากน้ำตาลจากการเคี่ยวน้ำตาลทรายขาวในส่วนที่ 4 จากนั้น ปล่อยลงสู่รางกวนนอน (Crystallizer) ของผสมที่ปล่อยลงมาจะประกอบด้วย ผลึกน้ำตาล (Crystal) และน้ำเลี้ยงผลึกหรือกากน้ำตาล (Molasses) ซึ่งรวมเรียกว่า แมสสิควิท (Massecuit) ซึ่งจะปล่อยลงสู่หม้อปั่น (Centrifugal) เพื่อแยกผลึกน้ำตาลออกจานำเลี้ยงผลึก

ในขั้นตอนที่ 2 การเคี่ยวน้ำตาล บี และขั้นตอนที่ 3 การเคี่ยวน้ำตาล ซี จะมีกระบวนการคล้ายขั้นตอนที่ 1 คือ การเลี้ยงเชื้อ โดยการเคี่ยวน้ำตาลบี จะใช้น้ำเชื่อมดิบและกากน้ำตาลเอ และการเชื่อมน้ำตาลซี จะใช้กากน้ำตาลบี โดยทำเชื้อจากน้ำเชื่อมดิบผสมกับกากน้ำตาลบี และใช้เชื้อบดเป็นตัวตั้งต้น ผลึกน้ำตาลจากขั้นตอนที่ 3 (การเคี่ยวน้ำตาลซี) จะใช้เป็นเชื้อในการเคี่ยวน้ำตาลบี ส่วนผลึกน้ำตาลจากขั้นตอนที่ 2 (การเคี่ยวน้ำตาลบี) จะใช้เป็นเชื้อในการเคี่ยวน้ำตาลเอ โดยที่ผลึกน้ำตาลที่ปั่นแยกจากการแยกจากการเคี่ยวน้ำตาลเอ จะเป็นน้ำตาลทรายดิบ เพื่อใช้ในการผลิตน้ำตาลทรายขาวต่อไป

4. ส่วยผลิตน้ำตาลทรายขาว (Refinery House)

วัตถุดิบ	(Raw Material)	=	น้ำตาลทรายดิบ (Raw Sugar)
ผลผลิต	(Product)	=	น้ำตาลทรายขาว (Refine Sugar)

กระบวนการผลิตเริ่มจากการนำน้ำตาลทรายดิบในส่วนที่ 3 มาละลายให้เป็นน้ำเชื่อมด้วยน้ำร้อน โดยควบคุมความเข้มข้นให้ได้ 55 – 60 Brix แล้วนำไปผสมกับน้ำปูนขาว เพื่อปรับ pH ให้ได้ 10.5 – 11.5 ก่อนที่จะนำไปฟอกสีด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่ง pH จะลดลงเหลือ 7.2 – 7.5 น้ำเชื่อมที่ผ่านการฟอกสีแล้วจะเกิดตะกอน Ca $(HCO_2)_2$ นำไปกรองตะกอนออกด้วยหม้อกรอง

ความดัน(Pressure Filter) น้ำเชื่อมใส (Clear Liquor) ที่กรองได้จะส่งไปลงค่าสีอีกครั้งหนึ่ง ด้วยการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange Resin) น้ำเชื่อมสุดท้ายนี้จะใสและสะอาดมากเป็นน้ำเชื่อมบริสุทธิ์ (Fine Liquor)

ในการผลิตน้ำตาลทรายขาว – ขาวบริสุทธิ์ จะใช้ระบบการเคี่ยวแบบ 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 การเคี่ยวน้ำตาลทราบขาวบริสุทธิ์จะนำน้ำเชื่อมใส (Fine Liquor) มาทำให้เข้มข้นขั้นจนถึงจุดอิ่มตัว ที่พร้อมจะสร้างผลึกน้ำตาลในหม้อเคี่ยวสุญญากาศ (Vacuum Pan) จากนั้นจะป้อนเชื้อน้ำตาลบดเข้าไปในหม้อเคี่ยว และเลี้ยงน้ำตาลในหม้อเคี่ยวให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงขนาดที่ต้องการด้วยน้ำเชื่อมใส จากนั้นปล่อยลงสู่รางกวนนอน (Crystallizer) ของผสมที่ผลึกลงมาจะประกอบด้วยผลึกน้ำตาล (Crystal) และน้ำเลี้ยงผลึกหรือกากน้ำตาล (Molasses) ซึ่งรวมเรียกว่า แมสสิควิท (Massecuit) ซึ่งจะปล่อยลงสู่หม้อปั่น (Centrifugal) เพื่อแยกผลึกน้ำตาลออกจากน้ำเลี้ยงผลึก ผลึกที่ได้จากการเคี่ยวในครั้งแรก จะเป็นน้ำตาลทราบขาวบริสุทธิ์ (Refine Sugar)

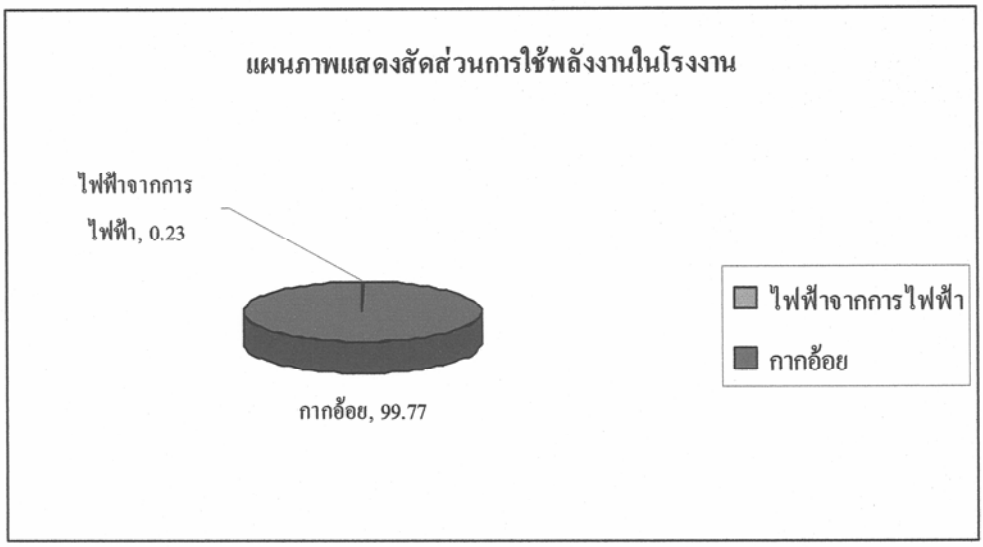
ส่วนในการเคี่ยวครั้งที่ 2 การเคี่ยวน้ำตาลทรายขาว จะใช้นำเลี้ยงผลึก (Molasses) จากขั้นตองแรกผสมกับน้ำเชื่อมใส แล้วใสเชื้อบดเช่นกัน ผลึกที่ได้จากการเคี่ยว จะเป็นน้ำตาลทรายขาว (White Sugar)

น้ำตาลทั้งสองชนิด จะถูกลำเลียงไปยังหม้ออบตั้ง (Vertical Drier) เพื่อควบคุมค่าความชื้นให้ได้มาตรฐาน จากนั้นจะนำไปลดความร้อนด้วยลม (Fluidized Bed Cooler) ก่อนที่จะนำไปบรรจุในลำดับต่อไป

โรงงานมีการใช้พลังงานหลัก 2 ชนิด คือ

1. กากอ้อย (ใช้กรณีที่มีการผลิตเพื่อผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ)
2. พลังงานไฟฟ้า (ใช้ในกรณีที่ไม่มีการผลิตเป็นหลัก เพื่อซ่อมอุปกรณ์และกรณีที่มีการผลิตแต่เกิดเหตุฉุกเฉินกรณีอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากกากอ้อยมีปัญหา โดยใช้ไฟจากไฟฟ้าแทน)

โดยสัดส่วนการใช้พลังงานในช่วงปี พ.ศ. 2549-2550 แสดงดังนี้



ภาพที่ 8 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในโรงงาน

1. กากอ้อย

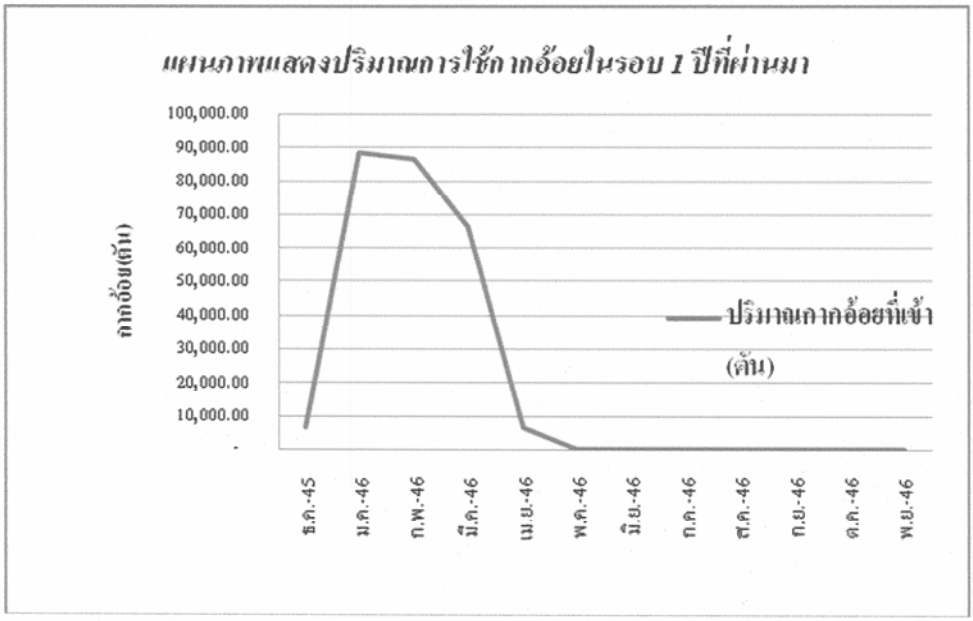
ทางโรงงานมีการใช้กากอ้อยเพื่อผลิตไฟฟ้าและไอน้ำ เพื่อใช้ภายในโรงงานในช่วงที่มีการผลิตสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณการใช้กากอ้อยในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา

เดือน	ปริมาณกากอ้อยที่เข้า(ตัน)	ปริมาณกากอ้อยที่ใช้(ตัน)	ค่าความร้อนกากอ้อย(GJ / ตัน)	คิดเป็นพลังงานความร้อน(GJ)
ธ.ค. 49	6,664.39	6,324.62	9.164	57,959
ม.ค. 50	88,471.38	78,430.78	9.164	718,740
ก.พ. 50	86,722.37	82,379.98	9.164	754,930
มี.ค. 50	66,285.67	64,865.82	9.164	594,430
เม.ย. 50	6,575.67	6,443.24	9.164	59,046
พ.ค. 50	0	0	0	0
มิ.ย. 50	0	0	0	0
ก.ค. 50	0	0	0	0
ส.ค. 50	0	0	0	0
ก.ย. 50	0	0	0	0
ต.ค. 50	0	0	0	0
พ.ย. 50	0	0	0	0
รวม	254,719	238,444		2,185,105

หมายเหตุ : ค่าความร้อนกากอ้อยที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นร้อยละ 50 มีค่าเท่ากับ 9,164 kJ/kg กากอ้อย

: ค่าประสิทธิภาพ Boiler โดยเฉลี่ยทั้ง 6 ชุด มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 53.50



ภาพที่ 9 แสดงปริมาณการใช้กากอ้อยในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา

2. พลังงานไฟฟ้า

ทางโรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในอัตรา TOD เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้แก่อุปกรณ์ในช่วงไม่มีผลผลิต แต่บางช่วงที่มีการผลิต จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าด้วย เนื่องจากอุปกรณ์ที่ผลิตไฟฟ้าของทางโรงงานมีปัญหา โดยปริมาณการใช้ไฟฟ้า แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา

เดือน	จำนวนวันต่อเดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ซื้อจากการไฟฟ้า(PEA)				คิดเป็นพลังงานความร้อน (GJ)	F.T. Charge (บาท/หน่วย)	ปริมาณค่าใช้จ่ายจากการไฟฟ้า (PEA)							
		กำลังไฟฟ้าสูงสุด(kW)			พลังงานไฟฟ้า (kWh)			ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท)	ค่า F.T. Change (บาท)	รวมค่าไฟฟ้า (บาท)	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/kWh)	รวมค่าไฟฟ้า (บาท)รวม Vat 7%	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท)รวม Vat7%	Load Factor (%)
		Peak	Partial Peak	Off Peak											
ธ.ค.49	31	186	1,542	1,698	114,120	410.83	0.2195	132,860.58	194,392.01	25,049.34	352,301.93	3.09	376,963.06	3.30	9.0%
ม.ค.50	31	18	6	480	240	0.86	0.2195	5,130.90	408.82	52.68	5,592.40	23.30	5,983.86	24.93	0.1%
ก.พ.50	28	1,758	1,656	1,806	31,440	113.18	0.2612	501,117.90	53,554.90	8,212.13	562,884.92	17.90	602,286.87	19.16	2.6%
มี.ค.50	31	1,926	1,878	2,226	59,820	215.35	0.2612	549,006.30	101,897.39	15,624.98	666,528.67	11.14	713,185.68	11.92	3.6%
เม.ย.50	30	360	1,488	768	97,920	352.51	0.2612	169,034.64	166,7896.93	25,576.70	361,408.27	3.69	386,706.85	3.95	9.1%
พ.ค.50	31	168	480	252	142,860	514.30	0.2612	66,258.96	243,347.72	37,315.03	346,921.72	2.43	371,206.24	2.60	40.0%
มิ.ย.50	30	192	498	276	159,660	574.78	0.2612	72,746.88	271,964.84	41,703.19	386,414.92	2.43	413,463.96	2.59	44.5%
ก.ค.50	31	162	546	252	162,660	585.58	0.2612	68,788.02	277,075.04	42,486.79	388,349.86	2.39	415,534.35	2.55	40.0%
ส.ค.50	31	168	510	234	153,420	552.31	0.2612	68,025.36	261,335.63	40,073.30	369,434.29	2.41	395,294.69	2.58	40.4%
ก.ย.50	30	156	510	240	144,120	518.83	0.2612	65,311.32	245,494.01	37,644.14	348,449.47	2.42	372,840.94	2.59	39.2%
ต.ค.50	31	210	612	264	161,220	580.39	0.2612	83,530.26	274,622.15	42,110.66	400,263.07	2.48	428,281.49	2.66	35.4%
พ.ย.50	30	186	636	246	154,920	557.71	0.2612	79,515.30	263,890.73	40,465.10	383,871.13	2.48	410,742.11	2.65	33.8%
รวม/สูงสุด** (ช่วงหีบ)		1,926	1,878	2,226	303,540	1,093	0.2612	1,357,150	517,050	74,516	1,948,716	11.83	2,085,126	12.65	4.9%
รวม/สูงสุด** (ทั้งปี)		1,926	1,878	2,226	1,382,400	4,977	0.2612	1,861,326	2,354,780	356,314	4,572,421	6.35	4,892,490	6.79	24.8%

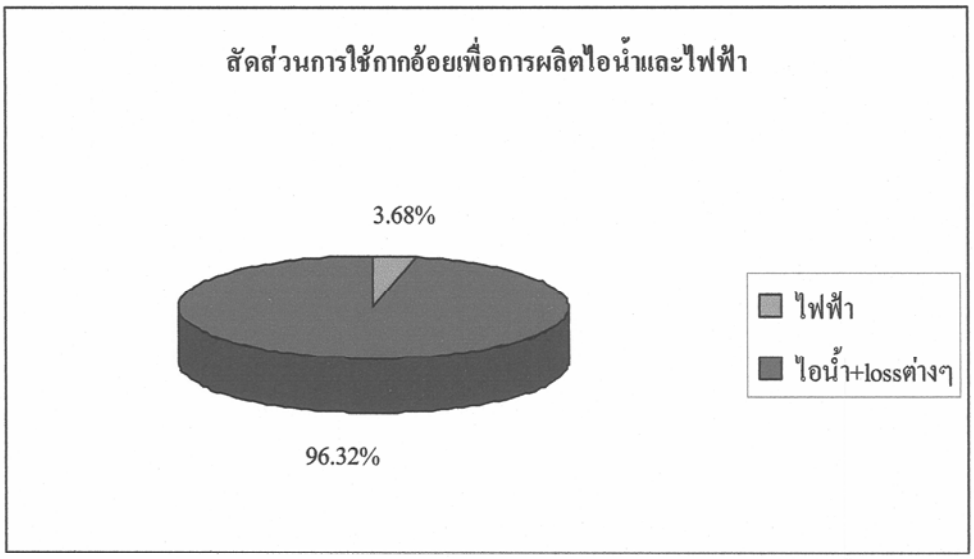
สภาพการใช้พลังงานในโรงงาน

บริษัทน้ำตาลตัวอย่าง มีการใช้พลังงานหลักเพียงอย่างเดียว คือ กากอ้อย ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานถึง ร้อยละ 99.77 ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยพลังงานจากกากอ้อยนี้จะถูกเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าและไอน้ำ เพื่อใช้ภายในกระบวนการผลิต โดยปริมาณการใช้พลังงานแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 แสดงภาพรวมปริมาณการใช้กากอ้อยเพื่อผลิตไฟฟ้าและไอน้ำในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา

เดือน	ปริมาณกากอ้อยที่ใช้(ตัน)	คิดเป็นพลังงานความร้อน GJ	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ช่วงมีการผลิต (ตัน)	คิดเป็นพลังงานความร้อน GJ	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตใช้ภายในช่วงที่มีการผลิต (kWh)	คิดเป็นพลังงานความร้อน GJ
ธ.ค. 49	6,325	57,959	23,530	61,751	24,001	86
ม.ค. 50	78,431	718,740	169,746	445,475	7,702,499	27,729
ก.พ. 50	82,380	754,930	157,438	413,174	7,145,140	25,723
มี.ค. 50	64,866	594,430	140,661	369,145	6,436,450	23,171
เม.ย. 50	6,443	59,046	20,554	53,941	1,012,700	3,646
พ.ค. 50	0	0	0	0	0	0
มิ.ย. 50	0	0	0	0	0	0
ก.ค. 50	0	0	0	0	0	0
ส.ค. 50	0	0	0	0	0	0
ก.ย. 50	0	0	0	0	0	0
พ.ค. 50	0	0	0	0	0	0
พ.ย. 50	0	0	0	0	0	0
รวม/เฉลี่ย (3 เดือน)*	225,677	2,068,100	467,845	1,227,794	21,284,089	76,623
รวม/เฉลี่ย	238,444	2,185,105	511,929	1,343,486	22,320,790	80,355

หมายเหตุ : * คิดค่าเฉลี่ย 3 เดือนเฉพาะเดือน มกราคม 50 ถึง มีนาคม 50 เนื่องจากมีการผลิตปกติ ส่วนเดือนที่เหลือเป็นช่วงเปิดหีบและใกล้ปิดหีบจึงมีค่าไม่แน่นอน



ภาพที่ 10 สัดส่วนการใช้กากอ้อยเพื่อการผลิตไอน้ำและไฟฟ้า

การใช้พลังงานในขบวนการผลิต

ในขบวนการผลิตน้ำตาลดังที่กล่าวมาแล้ว พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้จะเป็นพลังงานความร้อนจากไอน้ำ ซึ่งไอน้ำนี้จะผลิตโดยหม้อไอน้ำ ซึ่งใช้เชื้อเพลิงจากกากอ้อยที่ได้จากขบวนการหีบอ้อย แผนผังการใช้เชื้อเพลิงจะแสดงไว้ดังรูป 1-2-2 และแผนผังการใช้ความร้อนจะแสดงไว้ดังรูป 1-2-3 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ลักษณะการใช้เชื้อเพลิง

ในขบวนการผลิตน้ำตาลนั้น จะมีส่วนของกากอ้อยที่เหลือจากการหีบสกัดน้ำอ้อยเป็นจำนวนมากโรงน้ำตาลจึงใช้กากอ้อยส่วนนี้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานในส่วนอื่นๆ เพื่อใช้ในขบวนการผลิตต่อไป

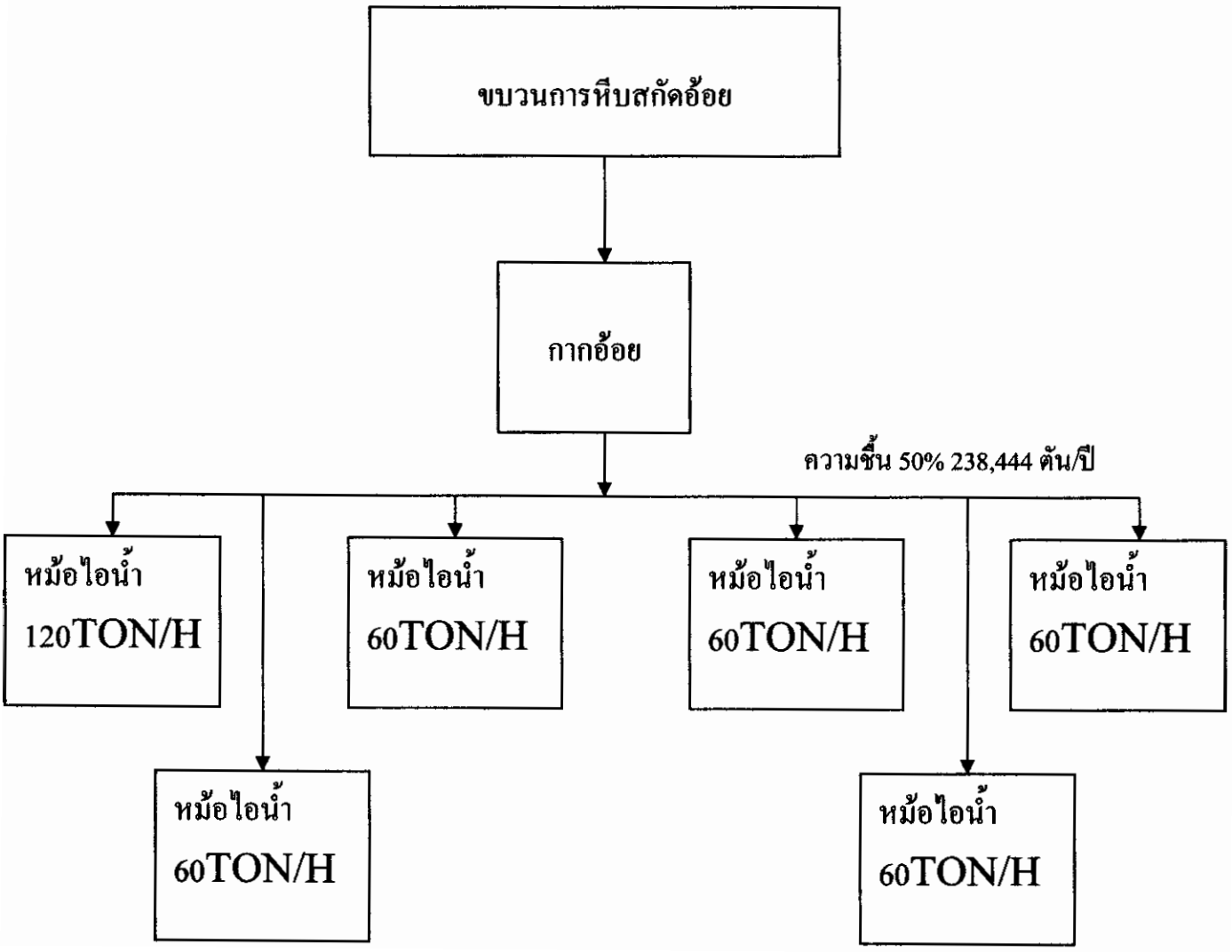
กากอ้อยนี้จะมีความชื้นประมาณ 50 % ซึ่งค่อนข้างสูง เนื่องจากการหีบสกัดอ้อยจะมีการพรมน้ำเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหีบสกัด ทำให้มีความชื้นอยู่ในกากอ้อยสูง และการใช้เชื้อเพลิงกากอ้อยของทางโรงงานจะไม่มีการกำจัดความชื้นออกจากกากอ้อย ทำให้ต้องสูญเสียความร้อนบางส่วนในการเผาไหม้ความชื้นนี้เมื่อนำกากอ้อยไปเป็นเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงกากอ้อยจะถูกส่งให้กับหม้อไอน้ำ ซึ่งทางโรงงานมีหม้อไอน้ำจำนวน 6 ชุด กำลังผลิตรวม 420 ตันต่อชั่วโมง ทั้งหมดเป็นไอน้ำแบบท่อน้ำ ผลิตไอน้ำที่ความดันประมาณ 21 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อุณหภูมิ 360 องศา เพื่อใช้ในขบวนการผลิตและการผลิตไฟฟ้าโดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำต่อไป

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปีประมาณ 238,444 ตันกากอ้อย จะผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในโรงงานในช่วงเปิดหีบประมาณ 511,929 ตันไอน้ำ (จากตารางที่ 3) ค่าความจากเชื้อเพลิงที่ใช้ทั้งหมดประมาณ 1,343,486 GJ. ต่อปี

กากอ้อยจากหีบสกัดนั้นจะมีจำนวนมากกว่าปริมาณการใช้เป็นเชื้อเพลิงทางโรงงานจะนำออกขาย และเก็บไว้อีกจำนวนหนึ่งเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในช่วงทดลองหม้อไอน้ำ ในการซ่อมแซมหม้อไอน้ำ และใช้ในการจุดเตาช่วงเริ่มเปิดหีบใหม่ในฤดูหีบอ้อยปีถัดไป

แผนผังการใช้เชื้อเพลิงในโรงงาน



ลักษณะการใช้พลังงานความร้อน

พลังงานความร้อนที่ใช้ในขบวนการผลิตจะได้มาจากไอน้ำ ซึ่งผลิตมาจากหม้อไอน้ำทั้ง 6 ชุด โดยไอน้ำนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานในรูปอื่นต่อไป (การใช้พลังงานความร้อนที่แสดงไว้ในรูป 1-2-3) ไอน้ำที่ใช้ในโรงงานจะมีความดันหลายขนาด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ใช้ โดยแบ่งได้ดังนี้

ความดันขนาด 21 kg/cm2 360 องศา ได้จากหม้อไอน้ำโดยตรงใช้ขับเคลื่อนเครื่องสตีมเทอร์ไบน์ชุดลูกหีบ ชุดเตรียมอ้อย เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น

ความดันขนาด 6 kg/cm2 200 องศา ได้จากวาล์วลดความดันไอจากหม้อไอน้ำ ใช้กับปั๊มแบบลูกสูบ ระบบทำน้ำร้อน และ หม้ออบน้ำตาล

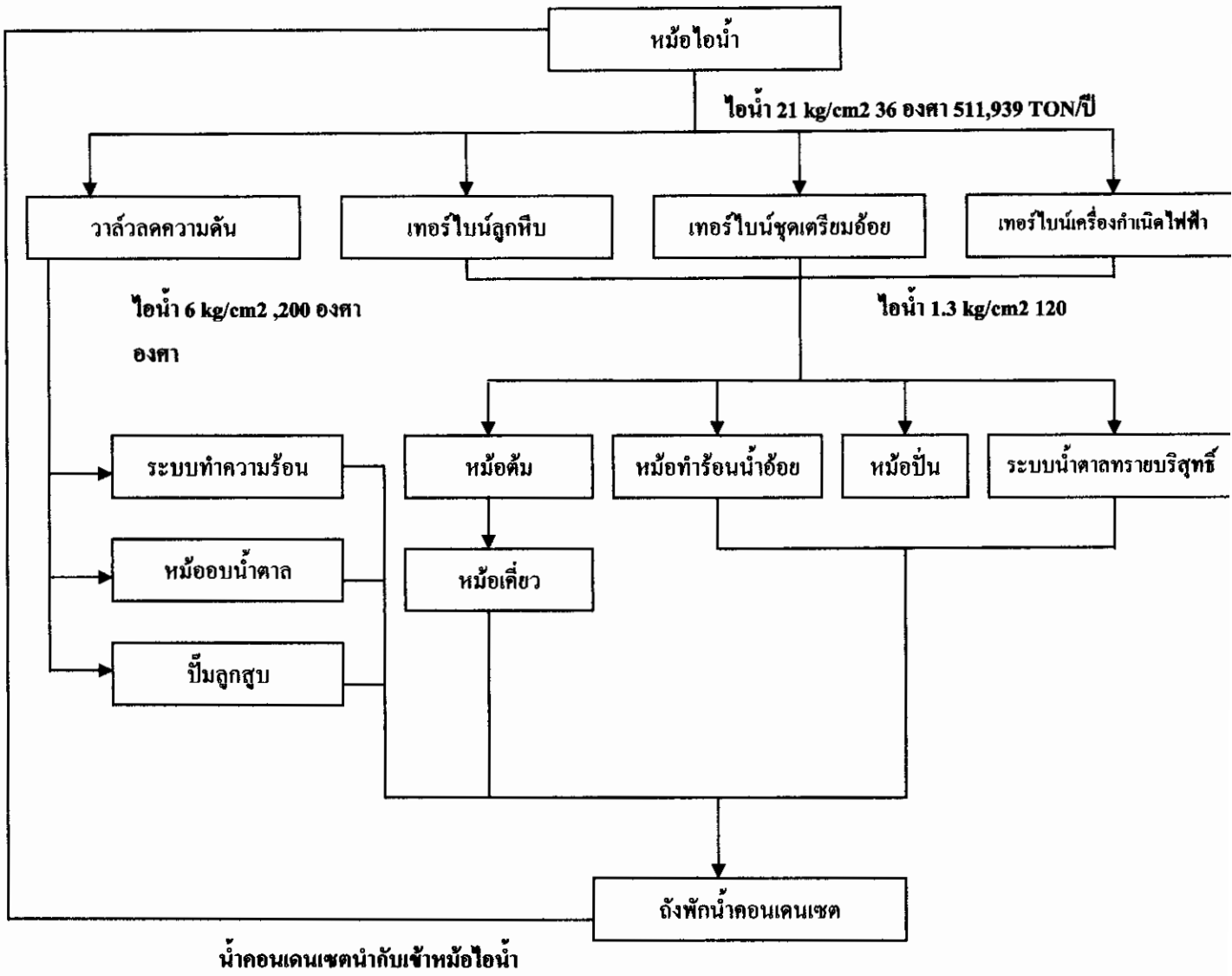
ความดันขนาด 1.3 kg/cm2 120 องศา ได้จากวาล์วลดความดันไอจากหม้อไอน้ำ และจากไอเสียของเครื่องสตีมเทอร์ไบน์ ใช้กับหม้อต้มชุดแรก หม้อทำร้อนน้ำอ้อย ระบบน้ำตาลทรายขาวบริสุทธ์ และหม้อปั่น

ความดันขนาด 0.5 kg/cm2 ได้จากไอระเหยหม้อต้มใช้กับหม้อเคี่ยวน้ำตาล และหม้ออุ่นน้ำอ้อย

น้ำคอนเดนเซตทั้งหมดที่เกิดขึ้น จะนำไปเป็นน้ำป้อนให้กับหม้อไอน้ำ ซึ่งจะเห็นว่ามีคอนเดนเซตส่วนเกินจากไอระเหยของหม้อต้ม โดยไอระเหยนี้เป็นไอน้ำจากน้ำในน้ำเชื่อม ทำให้น้ำป้อนหม้อไอน้ำมีจำนวนมากพอโดยไม่ต้องมีการ MAKE UP โดยน้ำคอนเดนเซตจะมีอุณหภูมิประมาณ 90 องศา

จะเห็นว่าการจัดการการใช้พลังงานความร้อนของโรงงานนั้นค่อนข้างดี มีการใช้พลังงานในทุกส่วนของไอน้ำที่เกิดขึ้น ทุกระบบจะมีความสัมพันธ์กันในการใช้พลังงาน ทำให้มีความสูญเสียน้อยมากในขบวนการผลิต โดยส่วนใหญ่การสูญเสียที่เกิดขึ้นจะมาจากการสูญเสียเนื่องจากการส่งไอน้ำไปตามท่อ และวาล์ว

แผนผังการใช้พลังงานความร้อนในโรงงาน



ลักษณะการใช้ไฟฟ้า

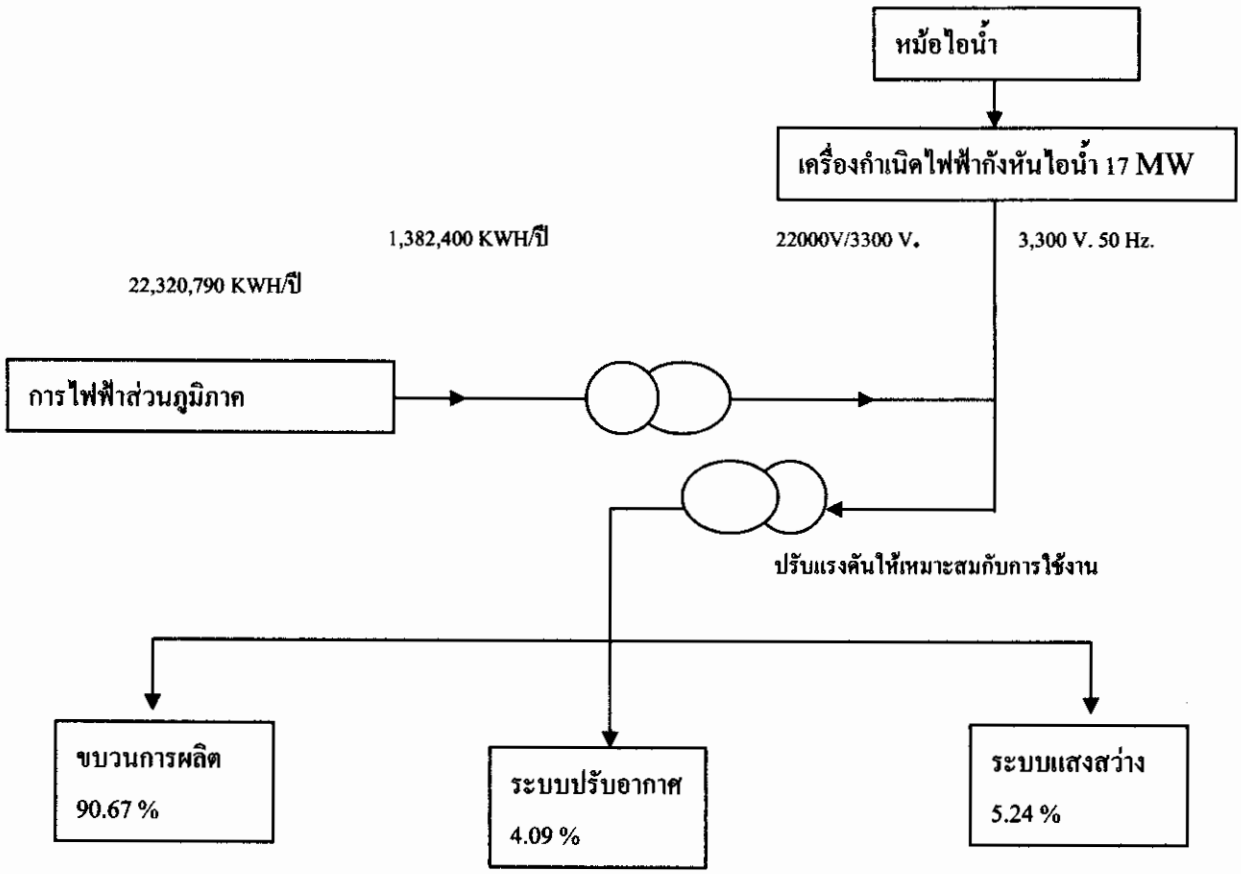
การใช้ไฟฟ้าของโรงงานจะแบ่งเป็นสองส่วน คือ ไฟฟ้าที่รับมาจากไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และ ไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นเองในช่วงเปิดหีบอ้อย

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าโรงงานมีการผลิตไอน้ำ โดยใช้เชื้อเพลิงกากอ้อยที่เหลือจากการหีบสกัดอ้อยไอน้ำส่วนนี้จะนำไปเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปอื่น หนึ่งในนั้น คือ พลังงายไฟฟ้า โดยการใช้ไอน้ำที่ผลิตได้มาขับเคลื่อนเทอร์ไบน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แล้วจ่ายไฟฟ้าที่ผลิตได้ให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ต่อไป (แผนผังการใช้พลังงานไฟฟ้าแสดงไว้ในรูป

ไอน้ำที่ใช้มีความดัน 21 kg/cm2 อุณหภูมิประมาณ 360 องศา ผลิตได้จากหม้อไอน้ำ แล้วส่งให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ พิกัดการผลิตกำลังไฟฟ้ารวม 17 MW. โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้จะผลิตไฟฟ้าขนาดแรงดัน 3,300 V. 3 เฟส 50 Hz. แล้วส่งให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อลดแรงดันตามจุดที่ใช้มา

อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานส่วนใหญ่เป็นมอเตอร์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในเครื่องจักรและระบบปั๊มต่างๆ ของโรงงาน และส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอีกส่วนคือ ระบบสว่าง ระบบปรับอากาศ เป็นต้น

แผนผังการใช้ไฟฟ้าในโรงงาน



ดัชนีการใช้พลังงาน

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงาน ดัชนีตัวหนึ่งที่เป็นตัวบ่งบอกถึงลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานคือ KPI (Key Performance Index) ซึ่งหมายถึง สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าต่อผลผลิตและสัดส่วนการใช้ความร้อน (ไอน้ำ) ต่อผลผลิต สามารถแสดงได้ดังนี้

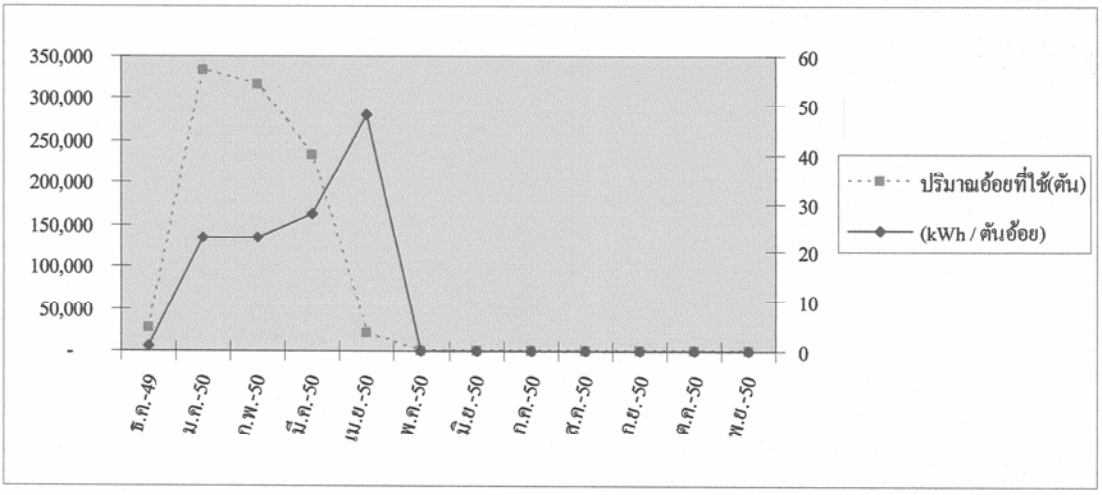
ตารางที่ 4 แสดงดัชนีการใช้พลังงานของทางโรงงานในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา

เดือน	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ช่วงมีการผลิต (ton)	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ช่วงมีการผลิต(kWh)	ปริมาณอ้อยที่ใช้(ตัน)	ดัชนีการใช้พลังงาน (KPI)	
				(kWh / ตันอ้อย)	(kg-steam / ตันอ้อย)
ธ.ค. 49	23,530	24,001	25,651	1	917
ม.ค. 50	169,746	7,702,499	332,422	23	511
ก.พ. 50	157,438	7,145,140	316,728	23	497
มี.ค. 50	140,661	6,436,450	232,310	28	605
เม.ย. 50	20,554	1,012,700	21,023	48	978
พ.ค. 50	0	0	0	-	-
มิ.ย. 50	0	0	0	-	-
ก.ค. 50	0	0	0	-	-
ส.ค. 50	0	0	0	-	-
ก.ย. 50	0	0	0	-	-
ต.ค. 50	0	0	0	-	-
พ.ย. 50	0	0	0	-	-
เฉลี่ย (ม.ค. 50 ถึง มี.ค. 50)				24	538

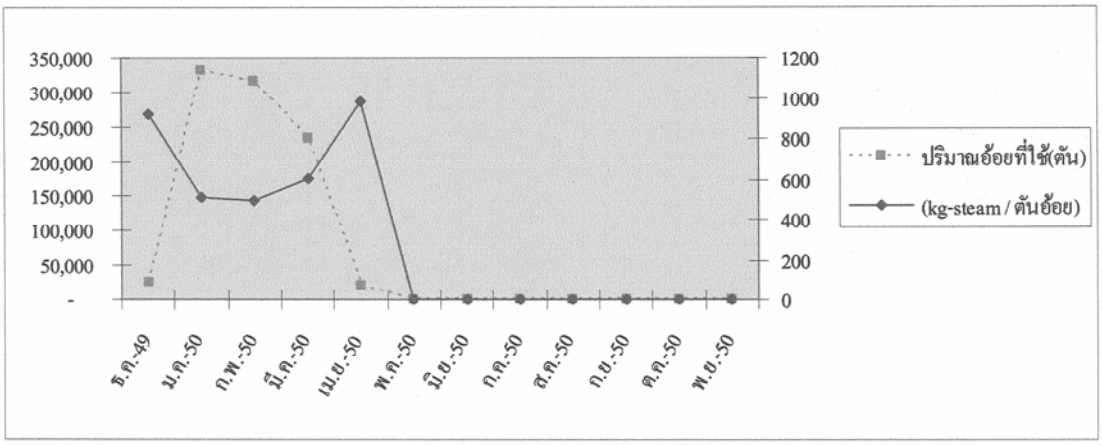
หมายเหตุ : คิดค่าเฉลี่ยเฉพาะเดือน มกราคม 50 ถึง มีนาคม 50 เนื่องจากมีการผลิตปกติ ส่วนเดือนที่เหลือเป็นช่วงเริ่มเปิดหีบและใกล้ปิดหีบจึงมีค่าไม่แน่นอน

: Best Practice สำหรับโรงงานลักษณะเดียวกันคือ 300 Kg (Steam)/$Ton_{อ้อย}$ และ 15 kWh/$Ton_{อ้อย}$

: โรงงานน้ำตาลตัวอย่างใช้เครื่องจักรที่สร้างผลิตขึ้นเอง ส่วนของโรงงานอื่นเป็นเครื่องจักรที่สั่งจากต่างประเทศ



ภาพที่ 11 แสดงดัชนีการใช้พลังงาน (ด้านไฟฟ้า)



ภาพที่ 12 แสดงดัชนีการใช้พลังงาน (ด้านความร้อน)

2. การวิเคราะห์เพื่อหามาตรการประหยัดพลังงานความร้อนและการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

2.1 หม้อไอน้ำ

รายละเอียดการใช้พลังงานและข้อมูลการสำรวจ

อุปกรณ์หลักที่ใช้เชื้อเพลิงในโรงงานคือหม้อไอน้ำ ในโรงงานนั้นจะใช้หม้อไอน้ำแบบท่อน้ำ 6 ชุด กำลังผลิตรวม 420 ตัน/ชม. เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นกากอ้อยที่มีความชื้นประมาณ ร้อยละ 50 ซึ่งได้มาจากกระบวนการหีบสกัดอ้อย ในขบวนการหีบอ้อยนี้จะต้องมีการพรมน้ำเพื่อให้ประสิทธิภาพในการหีบสกัดดีขึ้น แต่กากอ้อยที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงก็จะมีความชื้นสูงตามไปด้วย ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำทั้งหมดประมาณ 235,135 ตัน/ปี ผลิตไอน้ำรวมประมาณ 470,269 ตัน/ปี (1 ปีจะทำการผลิต 3 เดือน)

น้ำที่ป้อนให้แก่หม้อไอน้ำจะเป็นคอนเดนเสทที่ได้จากกระบวนการผลิต ทั้งในส่วนของคอนเดนเซตจาไอน้ำเอง และคอนเดนเซตที่ได้จากไอน้ำที่ระเหยจากหม้อต้ม ทำให้ป้อนหม้อไอน้ำไม่จำเป็นต้องมีน้ำผสมเพิ่มอีก โดยอุณหภูมิของน้ำป้อนที่ได้จากคอนเดนเซตนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 90°C ก่อนเข้าหม้อไอน้ำจะมีการอุ่นน้ำป้อนนี้โดยใช้แก๊สเสีย จนน้ำป้อนมีอุณหภูมิประมาณ 115 °C

อากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะมีการอุ่นโดย Air preheated ซึ่งใช้แก๊สร่อนทิ้ง โดยอากาศที่อุ่นแล้วจะมีอุณหภูมิประมาณ 140 °C

การโบล์วดาวน์เพื่อลดความเข้มข้นของสารละลายในหม้อไอน้ำเป็นการกำจัดสิ่งเจือปนซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดตะกรัน ทางโรงงานจะโบล์วดาวน์ 2 ทาง คือ โบล์วดาวน์ตลอดเวลา และโบล์วดาวน์เพิ่มเมื่อมีค่า TDS (Total Disolved Solid) ของน้ำเกิน 2500 PPM

หม้อไอน้ำจะผลิต SUPERHEAT STEAM ความดันประมาณ 21 kg/cm^2 360 °C ส่งไปรวมกันที่ HEADER รวม แล้วแยกจ่ายไปตามจุดใช้งาน การควบคุมระบบต่างๆจะผ่าน MASTER CONTROL รวม การควบคุมระดับน้ำใน DRUM จะเป็นแบบ AUTOMATIC CONTROL แบบ 3 ELEMENT CONTROL กล่าวคือตรวจจับสัญญาณของ STEAM FLOW , FEED WATER , DRUM LEVEL.

ระบบป้อนเชื้อเพลิงกากอ้อย จะไม่มีการวัดปริมาณกากอ้อยที่ป้อนเข้าเตา ปริมาณกากอ้อยที่ป้อนเข้าเตาจะขึ้นอยู่กับสัญญาณพลังงานจาก MASTER CONTROL โดยดูจาก STEAM HEADER PRESSURE ควบคุมปริมาณกากอ้อยโดยการความเร็วรอบมอเตอร์สายพานลำเลียง

ข้อมูลการตรวจวัด

ในการตรวจวัดจะทำการวัดปริมาณก๊าซ O_2 , CO_2 และอุณหภูมิของก๊าซร้อนทิ้ง แล้วนำมาคำนวณปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิง อัตราความร้อนสูญเสียทางก๊าซร้อนทิ้ง และหาค่าสูญเสียต่างๆของหม้อไอน้ำ เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำ โดยวิธี head loss method

การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำจะหาได้จากสมการ

ประสิทธิภาพเชิงความร้อน = 100% - % Total Loss

ซึ่งผลการคำนวณประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำจะสรุปไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่5 แสดงผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำ

ลำดับ	ขนาด (ตัน/ชม.)	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)
1	60	68.58
2	60	69.00
3	60	68.90
4	60	68.25
5	60	68.76
6	120	69.18
เฉลี่ย		68.78

จากตารางจะเห็นว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนมีค่าค่อนข้างต่ำอันเนื่องมาจาก เชื้อเพลิงที่ใช้มีปริมาณความชื้นสูง ทำให้ต้องเสียความร้อนไปกับความชื้นส่วนนี้ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง และหม้อไอน้ำเองก็มีอายุการใช้งานนาน ในส่วนของฉนวนของหม้อไอน้ำ และสภาพทั่วไปยังอยู่ในสภาพดี มีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่องในช่วงฤดูปิดหีบ

แนวทางในการประหยัดพลังงาน

ระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ มีปริมาณอากาศส่วนเกินมากเกินไปทำให้ต้องสูญเสียความร้อนไปกับ O_2 ส่วนเกินในแก๊สร้อนทิ้ง ควรมีการปรับลดปริมาณ O_2 ลงเหลือร้อยละ 4 ซึ่งเหมาะสมกับการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และไม่ทำให้สูญเสียความร้อนมากเกินไป

การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

สภาพปัจจุบัน

BOILER ขนาด 60 ตัน/ชม. ทั้ง 6 ชุด มีปริมาณร้อยละ O_2 สูงเกินไป โดยที่

- FLUE GAS ที่ปล่อยออกมาจะมีอุณหภูมิประมาณเฉลี่ยประมาณ 182 °C โดยที่มีร้อยละ O_2 ประมาณ ร้อยละ 9 ซึ่งมีค่าสูงเกินไป ทำให้ต้องเสียความร้อนไปกับ O_2 ส่วนเกินนี้ จึงควรปรับปริมาณอากาศที่เข้าเผาไหม้ให้ลดลงเหลือประมาณ ร้อยละ 4 ซึ่งพอเหมาะกับการเผาไหม้ และไม่ทำให้สูญเสียความร้อนมากเกินไป

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

ควรปรับปรุงการเผาไหม้ให้มีปริมาณ O_2 ใน FLUE GAS ลดลงเหลือประมาณร้อยละ 4 โดยการใช้เครื่องมือตรวจสอบการเผาไหม้ตรวจวัด แล้วทำการปรับปริมาณอากาศที่เข้าเผาไหม้อย่างสม่ำเสมอ จะสามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิงได้ดังนี้

- สามารถประหยัดพลังงานได้	1,526	ตัน/ปี
- คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	305,256	บาท/ปี
การลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน		
ลงทุนค่าเครื่องมือตรวจสอบการเผาไหม้	150,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	202.70	ปี
อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ	244.59	

ลดการ Blowdown ของหม้อไอน้ำ

สภาพปัจจุบัน

หม้อไอน้ำลูกที่ 1 – 4 มีการ Blowdown ทุก 15 นาที ครั้งละ 5 วินาที ส่วนหม้อไอน้ำลูกที่ 5 และ 6 ใช้การ Blowdown แบบต่อเนื่องในอัตรา 5 ตัน/ชม.

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

ลดการ Blowdown ของหม้อไอน้ำทั้ง 6 ลูกลง โดยหม้อไอน้ำลูกที่ 1-4 ให้ลดความถี่และระยะเวลาการ Blowdown ลง ส่วนลูกที่ 5 และ 6 ให้ลดอัตราการ Blowdown ลง แล้วทำการตรวจเช็คค่า TDS ของน้ำในหม้อไอน้ำจนได้ค่าที่เหมาะสม

- สามารถประหยัดพลังงานได้	12,486	ตัน/ปี
- คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	4,994,400	บาท/ปี
การลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน		
ลงทุนค่าอบรมพนักงาน	190,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	0.04	ปี
อัตราผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงิน ร้อยละ	2,625.09	

การติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อยเพิ่ม (Bagasse Dryer)

สภาพปัจจุบัน

หม้อไอน้ำทั้ง 6 ลูก ใช้กากอ้อยที่ออกจากกระบวนหีบซึ่งมีความชื้นร้อยละ 50 มาเป็นเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงกากอ้อยมีความชื้นมากเกินไป ทำให้ต้องสูญเสียความร้อนให้กับความชื้นส่วนเกินนี้ควรมีการลดปริมาณความชื้นของกากอ้อยก่อนเข้าเผาไหม้ ซึ่งอาจทำโดยการติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย ก่อนที่จะป้อนให้แก่หม้อไอน้ำ ซึ่งจะช่วยลดความชื้นให้แก่กากอ้อยลงได้

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

ติดตั้ง Bagasse Dryer เพื่อลดความชื้นกากอ้อยที่ออกจากลูกหีบ ให้ความชื้นกากอ้อยจากเดิม ร้อยละ50 ลดลงเหลือร้อยละ 34

- สามารถประหยัดพลังงานได้	28,540	ตัน/ปี
- คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	11,416,000	บาท/ปี
การลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน		
ลงทุนค่าอุปกรณ์ลดความชื้น	28,600,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	2.64	ปี
อัตราผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงิน ร้อยละ	37.54	

2.2 ฮีตเตอร์

รายละเอียดสำรวจฮีตเตอร์ของโรงงานจะแบ่งเป็น 3 ชุด โดยทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับอ้อยก่อนที่จะเข้าหม้อต้ม โดยแบ่งระดับการเพิ่มอุณหภูมิดังต่อไปนี้

- Heater ชุดที่ 1 มีทั้งหมด 4 เครื่อง โดยใช้ไอหัวหม้อ 1 ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 96°C ไอน้ำนี้จะเพิ่มอุณหภูมิน้ำอ้อยให้มีค่าประมาณ 60°C

- Heater ชุดที่ 2 มีทั้งหมด 6 เครื่อง โดยใช้ไอหัวหม้อ Per2 ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 110°C ไอน้ำนี้จะเพิ่มอุณหภูมิน้ำอ้อยให้มีค่าประมาณ 105°C

- Heater ชุดที่ 3 มีทั้งหมด 6 เครื่อง โดยใช้ไอหัวหม้อ Per2 ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 110°C ไอน้ำนี้จะเพิ่มอุณหภูมิน้ำอ้อยให้มีค่าประมาณ 105°C

ในระหว่างการเพิ่มอุณหภูมิน้ำอ้อยนี้จะมีการผสมปูนขาวเพื่อปรับสภาพน้ำอ้อย และมีการกรองเอาโคลนออกจากน้ำอ้อย เมื่อเสร็จสิ้นการเพิ่มอุณหภูมิน้ำอ้อยแล้ว น้ำอ้อยนี้จะถูกส่งไปยังหม้อต้มเพื่อระเหยน้ำต่อไป

ฮีตเตอร์ และท่อ จะถูกหุ้มด้วยฉนวนแคลเซียมซิริเกต ซึ่งจะมีบางส่วนแตกเสียหายบ้าง แต่จะมีการซ่อมแซมในช่วงฤดูปิดหีบ ซึ่งเป็นช่วงการหยุดการผลิตเพื่อซ่อมบำรุงทุกปี

ข้อมูลการตรวจวัด

ในการตรวจวัดการใช้พลังงานของฮีตเตอร์นั้นจะทำการหาปริมาณการใช้ไอน้ำในแต่ละชุด โดยทำการเก็บข้อมูลอัตราการไหลของน้ำอ้อย อุณหภูมิความดันของไอน้ำ และอุณหภูมิเข้าและออกฮีตเตอร์ของน้ำอ้อยเพื่อทำสมดุลพลังงานหาปริมาณใช้ไอน้ำของแต่ละชุด ข้อมูลการตรวจวัดจะแสดงไว้ในภาคผนวก โดยสามารถสรุปการใช้ไอน้ำของฮีตเตอร์ได้ดังตาราง 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์การใช้ไอน้ำของฮีตเตอร์

Brix Mixed – Juice = 13.81

ชุดที่	ปริมาณน้ำอ้อย (kg/hr)	*ปริมาณไอน้ำที่ใช้*	
		(kg/hr)	(kg/kg_{juice})
1	630,000	10,715	0.0170
2	630,000	44,355	0.0704
3	630,000	44,355	0.0704

แนวทางในการประหยัดพลังงาน

1. ฉนวนบางส่วนยังไม่มีการหุ้ม และบางส่วนที่หุ้มแล้วก็มีการเสียหาย ควรมีการซ่อมแซมฉนวนให้อยู่ในสภาพดีเพราะเป็นการลดการสูญเสีย ทำให้การใช้ไอน้ำของระบบลดลงได้

2.3 หม้อต้ม

รายละเอียดการใช้พลังงานและข้อมูลการสำรวจ

เมื่อน้ำอ้อยถูกเพิ่มอุณหภูมิโดยฮีตเตอร์แล้ว จะถูกส่งมายังหม้อต้ม โดยหม้อต้มจะแบ่งเป็น 5 Effect ในแต่ละ Effect จะประกอบด้วยหม้อต้ม 2 ชุด ความดันในหม้อต้มจะลดลงตามลำดับในแต่ละ Effect ทำให้จุดเดือดของน้ำมีอุณหภูมิต่ำลงเรื่อยๆหม้อต้มในชุดท้ายจะเป็น VACUUM ทำให้การไหลของน้ำอ้อยจาก Effect หนึ่งสู่ Effect หนึ่งเป็นโดยความดันจาก VACUUMนี้ ไอระเหยจากน้ำในน้ำอ้อย หรือเรียกว่า ไอหัวหม้อ จะถูกส่งไปให้ความร้อนแก่หม้อต้มใน Effect ถัดไปตามลำดับ และยังมีไอหัวหม้อบางส่วนถูกส่งไปให้ความร้อนแก่ฮีตเตอร์

หม้อต้มของโรงงานจะแบ่งเป็น 5 Effect ดังต่อไปนี้

- หม้อ Pre จะใช้ไอเสียเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำอ้อย และระเหยน้ำออกจากน้ำอ้อยก่อนเข้าหม้อต้ม Effect 1 โดยหม้อ Pre จะมี 2 ชุด โดยจะทำให้น้ำอ้อยมีความเข้มข้นประมาณ 21 Bx.

- หม้อต้ม Effect 1 มีทั้งหมด 2 ชุด ใช้ไอเสียในการให้ความร้อน โดยจะทำให้ความเข้มข้นของน้ำอ้อยมีค่าประมาณ 26 Bx.

- หม้อต้ม Effect 2 มีทั้งหมด 2 ชุด ใช้ไอหัวหม้อ 1ในการให้ความร้อน โดยจะทำให้ความเข้มข้นของน้ำอ้อยมีค่าประมาณ 34 Bx.

- หม้อต้ม Effect 3 มีทั้งหมด 2 ชุด ใช้ไอหัวหม้อ 2ในการให้ความร้อน โดยจะทำให้ความเข้มข้นของน้ำอ้อยมีค่าประมาณ 40 Bx.

- หม้อต้ม Effect 4 มีทั้งหมด 2 ชุด ใช้ไอหัวหม้อ 3ในการให้ความร้อน โดยจะทำให้ความเข้มข้นของน้ำอ้อยมีค่าประมาณ 47 Bx.

- หม้อต้ม Effect 5 มีทั้งหมด 2 ชุด ใช้ไอหัวหม้อ 4ในการให้ความร้อน โดยจะทำให้ความเข้มข้นของน้ำอ้อยมีค่าประมาณ 55 Bx.

เมื่อน้ำอ้อยมีความเข้มข้นตามที่ต้องการแล้วจะถูกส่งไปยังหม้อเคี่ยว ซึ่งการทำสมดุลพลังงานโดยจากการวัดโดยตรงยังไม่สามารถทำได้ในการตรวจวัดเบื้องต้นนี้ เนื่องจากในการเคี่ยวในหนึ่งแบตซ์นั้นมีการเติมทั้งน้ำเชื่อม น้ำเชื้อ และน้ำแย็น ซึ่งไม่สามารถวัดแต่ละส่วนได้ การหาปริมาณไอน้ำรวมของระบบจึงต้องใช้จากการประเมินทางทฤษฎีแทน

ข้อมูลการตรวจวัด

ในการตรวจวัดหม้อต้มจะทำสมดุลพลังงาน เพื่อหาปริมาณการใช้ไอน้ำของหม้อต้มแต่ละ Effect ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ และความดัน ของไอน้ำเข้าหม้อต้ม และในหม้อต้ม วัดอุณหภูมิเข้าและออกของน้ำอ้อย และค่าความเข้มข้นของน้ำอ้อยทั้งเข้าและออก ซึ่งสรุปผลการใช้ไอน้ำของหม้อไอน้ำของหม้อต้มจะแสดงไว้ตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์การใช้ไอน้ำของหม้อต้ม

Filter Cake % Cane = 5.52

Effect	ปริมาณน้ำอ้อยใส		ปริมาณไอหัวหม้อที่ผลิตได้ (kg/hr)	ปริมาณไอน้ำที่ให้ความร้อน (kg/hr)
	เข้า (kg/hr)	ออก (kg/hr)		
Pre 1	625,000	520,833	104,167	107,129
Pre 2	520,000	446,429	74,405	76,393
1	446,429	360,577	85,852	78,944
2	360,000	275,735	84,842	80,299
3	275,735	234,375	41,360	38,023
4	234,375	199,468	34,907	31,554
5	199,468	170,455	29,014	26,767

แนวทางในการประหยัดพลังงาน

1. ฉนวนหุ้มท่อบางจุดในการส่งไอน้ำมีการสูญหาย ควรมีการซ่อมแซมเพื่อเป็นการลดความสูญเสียทำให้การใช้ไอน้ำมีประสิทธิภาพดีขึ้น

การหุ้มฉนวนระบบท่อในโรงงาน

สภาพปัจจุบัน

จากการสำรวจพบว่ามีท่อส่งของไหล ทั้งในส่วนของไอน้ำ น้ำคอนเดนเสต หรือน้ำเชื่อม จำนวนมากที่ยังไม่ได้หุ้มฉนวน และบางส่วนฉนวนก็เสียหาย ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานอีกอย่างหนึ่ง อีกทั้งยังทำให้อุณหภูมิบริเวณนั้นสูงขึ้นด้วย

การหุ้มฉนวนจะช่วยป้องกันการสูญเสียพลังงานได้ ซึ่งเป็นการประหยัดค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตความร้อน ซึ่งในเบื้องต้นจะแสดงผลการหาค่าการประหยัดในส่วนที่มีความสูญเสียมาก เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาดำเนินการในจุดอื่นๆของโรงงานต่อไป

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

ควรปรับปรุงฉนวนในโรงงาน เพื่อประหยัดพลังงานตามเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น โดยจะสามารถประหยัดพลังงานได้ดังนี้

- สามารถประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงได้ 347 ตัน/ปี

- คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	69,444	บาท/ปี
การลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน		
ลงทุนค่าฉนวนประมาณ	304,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	4.37	ปี
อัตราผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงิน ร้อยละ	18.75	

2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ

รายละเอียดการใช้พลังงานและข้อมูลการสำรวจ

จากการสำรวจโรงงานมีการใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ เพื่อผลิตไฟฟ้าแรงดัน 3,300 V. จ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อลดแรงดันให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยโรงงานมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ 3 ชุดกำลังผลิตรวม 15 MW.

ไอน้ำที่ใช้ขับเทอร์ไบน์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาจากหม้อไอน้ำ มีความดันประมาณ 21 kg/cm^2 360^0C โดยไอเสียที่ออกจากเทอร์ไบน์มีความดันประมาณ 1.3 kg/cm^2 120^0C ซึ่งไอเสียนี้จะถูกส่งไปใช้ในขบวนการผลิตต่อไป

การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำนั้น จะทำการผลิตไฟฟ้าเฉพาะช่วงฤดูหีบอ้อยเท่านั้นไฟฟ้าที่ผลิตได้จะใช้ในขบวนการผลิตเท่านั้น ไม่ส่งขายให้การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

การผลิตไฟฟ้าจะทำการผลิตไฟฟ้าแรงดัน 3,300 V. 3 เฟส 50 Hz. ค่าตัวประกอบกำลังประมาณ 0.86 จ่ายให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อลดแรงดันตามความเหมาะสมของการใช้งาน โดยโหลดส่วนใหญ่ที่นำพลังงานไฟฟ้าไปใช้คือมอเตอร์ที่ใช้ในขบวนการผลิต

สภาพโดยทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำยังอยู่ในสภาพดี เนื่องจากมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ส่วนของฉนวนหุ้มท่อไอน้ำ และเทอร์ไบน์ยังอยู่ในสภาพดี แต่ในส่วนของวาล์วยังไม่มีการหุ้มฉนวนทำให้มีการสูญเสียความร้อนไปในส่วนนี้

ข้อมูลการตรวจวัด

ในการตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำนั้น จะคิดรวมทั้ง 2 อุปกรณ์ คือเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และกังหันไอน้ำ จำเป็นต้องมีการตรวจเพื่อหาข้อมูลดังนี้

- อุณหภูมิ และความดันของไอน้ำทั้งขาเข้าและออก
- อัตราการใช้ไอน้ำของกังหันไอน้ำ (m (kg/s))
- กำลังไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (W (kJ/s))

โดยประสิทธิภาพ (η) หาได้โดย

$$\eta = \frac{W}{m(h_i - h_o)}$$

เมื่อ h_i และ h_0 คือเอนทาปีขาเข้าและขาออกจากกังหันไอน้ำ

ซึ่งในกรณีนี้เราสามารถหาค่าต่างๆได้ แต่ค่าอัตราการใช้ไอน้ำนั้นไม่สามารถวัดได้โดยตรง ดังนั้นจึงจะแสดงผลออกมาในรูปของ Efficiency Factot (m η) คือ

$$\text{Efficiency Factor} = m\eta = \frac{W}{(h_i - h_0)}$$

และ

$$\%\ \text{การใช้งาน} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า} \times 100}{\text{กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตาม Spec.}}$$

โดยผลการตรวจวัดจะแสดงไว้ในภาคผนวก ซึ่งจะสรุปผลการตรวจไว้ในตาราง 4.8

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์สมรรถภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ

No.	Efficiency Factor (W-kg/J)	Power by Measure (MW)	Power by Spec. (MW)	% working (%)
1	0.82	3.8	5	76.00
2	0.80	3.7	5	74.00
3	0.82	3.8	5	76.00

แนวทางในการประหยัดพลังงาน

สภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำ ยังอยู่ในสภาพดี แต่ในบางช่วงจะมีการผลิตไฟฟ้าน้อยลงตามความต้องการของขบวนการผลิต ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานได้น้อยกว่า Rated มาก และจากการทำงานปกติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก็ทำงานไม่เต็ม Reted อยู่แล้ว ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องน้อยลงด้วยถ้ามีการเพิ่มการผลิตไฟฟ้าให้มากขึ้น จะเป็นการเพิ่ม

ประสิทธิภาพของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และยังเป็นการเพิ่ม Rated ของหม้อไอน้ำขึ้นด้วยทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเพิ่มมากขึ้น ส่วนไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มอาจจะส่งขายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคก็ได้

การเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำเต็มพิกัดเพื่อลดการสูญเสีย

สภาพปัจจุบัน

การผลิตไฟฟ้าของโรงงาน จะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดรวม 17 MW (สำรอง 2 MW) ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อส่งให้กับขบวนการผลิต ในการทำงานปกติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะผลิตไฟฟ้าประมาณ 12.9 MW เท่านั้น ซึ่งคิดเป็น 76% ของกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งการทำงานที่ไม่เต็มกำลังการผลิตนี้ เป็นการลดประสิทธิภาพการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำลง

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

ควรมีการเพิ่มขนาดของการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็น 100% นอกจากเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำแล้ว ยังเป็นการเพิ่มขนาดการทำงานของหม้อไอน้ำด้วย ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุดหม้อไอน้ำ และประสิทธิภาพโดยรวมของระบบก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

ส่วนไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นอาจนำไปขายแก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งเป็นการเพิ่มรายได้แก่โรงงานอีกทางหนึ่งด้วย ในส่วนของไอน้ำที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นนั้นอาจนำไปใช้แทนไอน้ำที่ต้องลดความดันจากวาล์วลดความดันก็ได้ เป็นการลดความสูญเสียจากวาล์วลดความดันด้วย

- ขายไฟฟ้าให้แก่การไฟฟ้าได้	5,179,743 KWh/ปี
- คิดเป็นเงินจากขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้า	7,212,900 บาท/ปี
การลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน	
ลงทุนค่าอุปกรณ์เครื่องมือในการติดตั้งระบบขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้า	2,000,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	0.27 ปี
อัตราผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงิน ร้อยละ	360.64

3. การวิเคราะห์เพื่อหามาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

3.1 มอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

รายละเอียดการใช้พลังงานและข้อมูลการสำรวจ

ในโรงงานจะมีมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20KW ขึ้นไป อยู่จำนวน 412 เครื่อง ส่วนใหญ่จะเป็น INDUCTION MOTOR ซึ่งจะใช้เป็นกำลังขับหลักของเครื่องจักรในขบวนการผลิต มอเตอร์เครื่องจักรนั้นมีบางส่วนที่ติดตั้งอยู่ในกล่องของตัวเครื่องจักร ทำให้การระบายความร้อนของ

มอเตอร์ไม่ดี มีผลให้มอเตอร์ร้อนกว่าปกติ ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของมอเตอร์สั้นลงด้วย สภาพโดยทั่วไปของมอเตอร์จะเป็นมอเตอร์เก่า แต่มีการบำรุงรักษาและซ่อมแซมเป็นประจำทำให้มอเตอร์ยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี แต่มีมอเตอร์บางส่วนที่มีขนาด KW สูงเกินไปควรมีการปรับเปลี่ยนมอเตอร์ให้เหมาะสมมากกว่านี้ จะเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

ข้อมูลการตรวจวัด

การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานของมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป จะทำการจดข้อมูล NAME PLATE ข้อมูลจากการผลิต และทำการตรวจวัดค่ากระแส แรงดัน และค่ากิโลวัตต์ ที่ทำงานจริงของมอเตอร์ซึ่งในการวิเคราะห์จะคำนวณหาโหลดแฟคเตอร์ของมอเตอร์ ซึ่งจะเป็นตัวบ่งบอกถึงความเหมาะสมในการใช้งานของมอเตอร์แต่ละตัว เพื่อหาแนวทางการประหยัดพลังงานในส่วนนี้ต่อไป

การหาโหลดแฟคเตอร์จะคำนวณได้จากสมการ

$$\text{LOAD FACTOR} = \frac{KW_{(ACTUAL)}}{KW_{(RATED)}} \times 100$$

โดยที่ $KW_{(RATED)}$ คือกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

$KW_{(ACTUAL)}$ คือกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้งานจริง

แนวทางในการประหยัดพลังงาน

มอเตอร์บางชุดมีขนาดกิโลวัตต์ สูงมากเกินความต้องการของการใช้งาน อันเนื่องมาจากไม่ต้องการให้วัตถุดิบติดขัด เมื่อมอเตอร์มีแรงขับไม่พอ ทำให้ขบวนการผลิตต้องหยุด แต่มอเตอร์บางชุดก็มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นในส่วนดังกล่าว ควรมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสม

เปลี่ยนตำแหน่งการใช้งานของมอเตอร์

สภาพปัจจุบัน

มอเตอร์มีขนาดกิโลวัตต์มากเกินความต้องการ จำนวน 50 ตัว

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

สลับตำแหน่งการใช้งานของมอเตอร์ใหม่ ให้เหมาะสมกับตำแหน่งที่ใช้งานตามกิโลวัตต์จริง

มาตราการนี้ไม่มีการลงทุนอุปกรณ์ จึงไม่มีการวิเคราะห์ หาอัตราผลตอบแทนการลงทุน

3.2 ระบบแสงสว่าง

รายละเอียดการใช้พลังงานและข้อมูลการสำรวจ

การใช้พลังงานในระบบแสงสว่างนั้นจะแบ่งเป็นสองส่วน คือในส่วนของสำนักงานและในส่วนของพื้นที่การผลิต โดยในสำนักงานนั้นจะใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์บัลลาสต์แบบธรรมดา ซึ่งจะเป็นแบบเปิดโล่ง 1 หลอดต่อโคม เป็นโคมสีขาวธรรมดาไม่มีตะแกรง ในสำนักงานนั้นจะทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ผนังบางส่วนจะเป็นกระจกติดฟิล์ม ทำให้แสงสว่างในสำนักงานต้องใช้แสงจากไฟฟ้าเพื่อให้มีแสงสว่างเพียงพอกับสภาพการทำงาน ทางโรงงานได้มีการประหยัดพลังงานโดยการปิดหลอดไฟบางส่วนที่ไม่ได้ใช้งาน ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานลงได้บ้าง ส่วนพื้นที่การผลิตนั้นจะเป็นอาคารโปร่งทำให้การทำงานในตอนกลางวันไม่ต้องใช้แสงสว่างจากไฟฟ้ามากนัก ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้หลอดทังสเตนเฮโลเจน ประกอบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์

ผนังทั้งในส่วนสำนักงานทาสีขาว ทำให้สามารถสะท้อนแสงจากหลอดไฟฟ้า จะทำให้พื้นที่สว่างมากขึ้นด้วย

ข้อมูลการตรวจวัด

ในการตรวจสอบการใช้แสงสว่างในโรงงานนั้น จะทำการตรวจนับจำนวนหลอด สภาพพื้นที่การใช้งาน ลักษณะการใช้งานของหลอดไฟ และการตรวจวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่การใช้งาน เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างมาตรฐาน ซึ่งผลการตรวจวัดได้แสดงไว้ในภาพผนวกที่ โดยจะสรุปผลการตรวจวัดไว้ในภาคผนวก โดยจะแสดงชนิด จำนวนหลอด ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดของโรงงาน

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

ลำดับ	ชนิดหลอด	ขนาด (Watt)	จำนวน (หลอด)	รวม (Watt)	การสูญเสียในบัลลาสต์ (Watt)	รวมทั้งหมด (Watt)
1	ฟลูออเรสเซนต์	36	2,468	88,668	24,630	113,298
2	ทังสเตนเฮโลเจน	400	75	30,000	-	30,000
รวม			2,538	118,668	6,930	143,298

ความเห็นเบื้องต้นในการประหยัดพลังงาน

1. จากตารางจะเห็นว่าในพื้นที่บางส่วนค่าความส่องสว่างจะไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่การทำงาน อาจเนื่องมาจากยังขาดการทำความสะอาดหลอดอย่างสม่ำเสมอ และอายุการใช้งานของหลอดก็มากด้วย ทำให้แสงที่ส่องออกมาตกกระทบกับพื้นที่มีน้อยลง ซึ่งการแก้ไขอาจทำได้โดยการทำความสะอาดหลอด และโคมอย่างสม่ำเสมอ เพื่อช่วยในการสะท้อนแสงให้ตกกระทบมากขึ้น หรือบางพื้นที่ต้องการแสงสว่างมากก็ควรใช้โคมที่ REFLEX ที่เหมาะสม ผนัง และฝ้าเป็นสีขาว ทำให้การสะท้อนแสงดียิ่งขึ้น ทำให้การติดตั้งจำนวนหลอดลดลงได้ หรือปิดหลอดบางส่วน เป็นการลดพลังงานได้ทางหนึ่ง

การเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide

สภาพปัจจุบัน

มีหลอด Mercury ขนาด 400 วัตต์จำนวน 238 หลอด

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

เปลี่ยนมาใช้หลอด Metal Halide ขนาด 250 วัตต์ แทนหลอด Mercury ขนาด 400 วัตต์ ซึ่งจะประหยัดพลังงานได้ดังนี้

- สามารถประหยัดพลังงานได้	80,876	KWh/ปี
- คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	111,241	บาท/ปี
การลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน		
ลงทุนค่าหลอด Metal Halide ประมาณ	404,838	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	3.64	ปี
อัตราผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงิน ร้อยละ	3.89	

การใช้ LOW WATT LOSS BALLAST

สภาพปัจจุบัน

ระบบการใช้พลังงานแสงสว่างแยกการใช้งานเป็นอาคารสำนักงานใช้แสงสว่าง 12 ชม./วัน พื้นที่โรงงานในเขตการผลิตใช้แสงสว่างไม่ต่ำกว่า 12ชม./วัน และพื้นที่เฉพาะใช้ตามความจำเป็น

สำหรับพื้นที่ภายในโรงงานเขตการผลิตจะไม่มีผนังทำให้พื้นที่ค่อนข้างสว่าง ทำให้มีการประหยัดพลังงานแสงสว่างอยู่แล้วในช่วงเวลากลางวัน

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

เพื่อลดพลังงานสูญเสียจากการใช้แสงสว่างลงโดยความส่องสว่างยังคงเดิม พิจารณาเปลี่ยน LOW WATT LOSS BALLAST เปลี่ยนใช้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ในทุกพื้นที่ใช้งาน ซึ่งจะประหยัดพลังงานได้ดังนี้

- สามารถประหยัดไฟฟ้าได้	51,723	KWh/ปี
- คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	209,716	บาท/ปี
การลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน		
ลงทุนค่าบัลลาสต์ LOW WATT LOSS ประมาณ	337,286	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	1.6	ปี
อัตราผลตอบแทนการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ ร้อยละ	55.29	

3.3 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (SPLIT TYPE)

รายละเอียดการใช้พลังงานและข้อมูลการสำรวจ

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั้งหมดของโรงงานมีจำนวน 39 ชุด โดยแยกติดตั้งตามออฟฟิตเล็กๆในโรงงาน และในสำนักงานใหญ่ สภาพของเครื่องปรับอากาศยังอยู่ในสภาพดี แต่ยังขาดการดูแลรักษาสังเกตจากมีฝุ่นจากกากอ้อยมาเกาะที่ CONDENSING UNIT เป็นจำนวนมาก ซึ่งถ้ามีการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศเป็นประจำจะช่วยลดพลังงานลง

ข้อมูลการตรวจวัด

ในการพิจารณาสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น จะพิจารณาจากค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (KW/TON) ในกรณีที่เครื่องทำความเย็นเป็นแบบ SPLIT TYPE นั้นจะคำนวณตันความเย็นจากสมการ

$$TON = 0.005707 \times CMM \times \Delta h$$

โดยที่ CMM คือปริมาณลมเย็นที่ไหลผ่านชุดจ่ายลมเย็น โดยใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยของลมเย็นคูณพื้นที่หน้าตัดของช่องจ่ายลมเย็น (Grill)

Δh คือ ค่าผลต่างของเอนทาลปีของอากาศที่ไหลออกจากชุดจ่ายลมเย็นและชุดลมกลับ

ซึ่งค่าเอนทาลปีของอากาศหาได้จากการวัดค่าอุณหภูมิ และ% ความชื้นสัมพัทธ์ แล้วนำมาคำนวณหาค่าโดยสมการ

$$H = T + W \times [2501 + (1.87xT)]$$

โดยที่ h_S, h_R คือ ค่าเอนทาลปี ของอากาศที่ไหลออกและเข้า

T_S, T_R คือ อุณหภูมิของอากาศไหลออกและเข้า

W_S, W_R คือ ความชื้นจำเพาะของอากาศไหลออก และเข้า ซึ่งหาได้จาก

สมการ $$W = \frac{0.622 \times \phi \times P}{(101 - \phi \times P)}$$

โดยที่ ϕ_S, ϕ_R คือ %ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของอากาศไหลออกและเข้า

P_S, P_R คือ แรงดันของอากาศไหลออกและเข้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ % ความชื้นสัมพัทธ์คูณแรงดันอิ่มตัว(P_S)

<u>หมายเหตุ</u> - 12,000 BTU/Hr = 1 TON

- ค่า P_S ได้จากตาราง

จากการตรวจวัดได้แสดงค่าไว้ในภาคผนวกซึ่งจะสรุปผลการตรวจวัดไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงผลการตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

TOTAL CAPACITY (BYU/hr)	ทำความเย็นรวม (TON)	ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (KW)	KW/TON เฉลี่ย (KW/TON)
1,168,000	78	128	1.64

แนวทางในการประหยัดพลังงาน

1. เครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่อยู่ในสภาพที่ดี เพียงแต่ไม่มีการบำรุงรักษาที่ดีเท่านั้น สังเกตได้จากมีฝุ่นจากกากอ้อยมาติดที่ Condensing Unit มาก ควรมีการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศเป็นระยะ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานลงได้

การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

สภาพปัจจุบัน

ทางโรงงานจะมีฝุ่นจากกากอ้อยกระจายอยู่ทั่วไป ทำให้ Condensing unit มีฝุ่นจากกากอ้อยนี้มาเกาะอยู่จำนวนมาก ทางโรงงานจะไม่มีการทำความสะอาดระบบปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานอย่างหนึ่ง

ปกติเครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการบำรุงรักษา และทำความสะอาดชุดคอยล์ระบายความร้อน เมื่อเทียบกับเครื่องที่มีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ จะมีค่าการใช้จ่ายพลังงานต่างกัน

โดยเครื่องที่มีการบำรุงรักษาเป็นประจำจะใช้พลังงานประมาณ 8.17 BTU/W-hr (ข้อมูลในตารางได้จาก Technical data ของ compressor energy efficiency)

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

ควรมีการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศเป็นระยะๆ จะทำให้ประหยัดพลังงานได้ดังนี้

- สามารถประหยัดไฟฟ้าได้	50,079	KWh/ปี
- คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	194,305	บาท/ปี
การลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน		
การทำความสะอาด Air Condition. ลงทุน	58,500	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	0.30	
อัตราผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงินร้อยละ	232.15	

การใช้เทอร์โมสตัทชนิดอิเล็กทรอนิกส์

สภาพปัจจุบัน

จากการสำรวจโรงงาน มีจำนวนเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 39 เครื่อง คิดเป็นความสามารถในการทำความเย็น 78 ตัน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดประมาณ 799,488 KWh/ปี การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศเป็นแบบรับความร้อนจากโลหะคู่ผสม ซึ่งจะตัดการทำงานของ Compressor ที่ค่าอุณหภูมิที่กำหนด

ข้อเสนอแนะการปรับปรุง

การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศของอาคารมีการใช้อุปกรณ์เทอร์โมสตัทอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดรับความร้อนจากโลหะคู่ผสม(bi-metal) ที่ติดตั้งในเครื่องปรับอากาศ และชนิดอิเล็กทรอนิคเทอร์โมสตัท หากดำเนินการเปลี่ยนจากอุปกรณ์เทอร์โมสตัทชนิดรับความร้อนจากโลหะคู่ผสม (bi-metal) ที่ติดตั้งในเครื่องปรับอากาศไปใช้เทอร์โมสตัทชนิดอิเล็กทรอนิคส์ เทอร์โมสตัทเพื่อควบคุมอุณหภูมิการปรับอากาศและการทำงานของเครื่องปรับอากาศทั้งหมดแล้ว จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ (จากการรายงานของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานดังนั้นจะประหยัดพลังงานได้ดังนี้)

- สามารถประหยัดไฟฟ้าได้	62,360	KWh/ปี
- คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	252845	บาท/ปี

การลงทุนและผลตอบแทนการลงทุน

ลงทุนค่าเทอร์โมสตัทอิเล็คทรอนิคส์ประมาณ	45,396	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	0.17	ปี
อัตราผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงินร้อยละ	556.93	

4. การจัดลำดับการลงทุนของมาตรการประหยัดพลังงานของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

จากข้อ 2 และ 3 เป็นการเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานด้านความร้อนและไฟฟ้าซึ่งใช้เงินลงทุนและไม่ลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ซึ่งสามารถสรุปได้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สรุปการจัดลำดับการลงทุนมาตรการประหยัดพลังงาน โรงงานน้ำตาลตัวอย่าง

ลำดับ	รายการ	ชนิดพลังงาน	เงินที่ประหยัด (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	อัตราผลตอบแทน (FIRR %)	เหตุผลในการจัดลำดับการดำเนินการมาตรการประหยัดพลังงาน
	มาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์						
1	ลดการ Blowdown ของหม้อน้ำ	B	4,994,400.00	190,000.00	0.04	2,625.09	ประหยัดเงินที่สุดและมีระยะเวลาในการคืนทุนต่ำที่สุด
	มาตรการที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์						
2	การใช้เทอร์โมสตัทอิเลคทรอนิคส์	A	252,845.00	45,396.00	0.17	556.93	ระยะเวลาคืนทุนสูง , เงินลงทุนน้อย และค่า IRR สูงที่สุด
3	การปรับปรุงกระบวนการผลิตและขายไฟให้การไฟฟ้า	A , B	7,212,900.00	2,000,000.00	0.27	360.64	ระยะเวลาคืนทุนสูง , เงินลงทุนสูง และค่า IRR สูง
4	การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ	A	194,305.00	58,500.00	0.30	232.15	ระยะเวลาคืนสูง , เงินลงทุนน้อย และค่า IRR สูง
5	การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ	B	305,256.00	150,000.00	0.49	202.70	ระยะเวลาคืนสูง , เงินลงทุนน้อย และค่า IRR สูง
6	การเปลี่ยนบัลลาสต์ เป็นชนิด Low Watt Loss	A	209,716.00	337,286.00	1.6	55.29	ระยะเวลาคืนปานกลาง , มีความเสี่ยงด้านการลงทุนน้อย
7	การติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย	B	11,416,000.00	28,600,000.00	2.64	37.54	ระยะเวลาคืนทุนปานกลางและเงินลงทุนสูง
8	การหุ้มฉนวนระบบท่อในโรงงาน	B	69,444.00	304,000.00	4.37	18.75	ระยะเวลาคืนทุนต่ำที่สุด , เงินลงทุนปานกลาง และค่า IRR ต่ำ
9	การเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide	A	111,241.00	404,838.00	3.64	3.89	ระยะเวลาคืนทุนต่ำ , เงินลงทุนปานกลาง และค่า IRR ต่ำที่สุด
รวมทุกมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน		**A , B**	**4,994,400.00**	**190,000.00**	**0.04**	**2,625.09**	-
รวมทุกมาตรการที่ต้องมีการลงทุน		**A , B**	**19,771,707.00**	**31,900,020.00**	**13.48**	**1,467.89**	-
รวมทั้งหมดทุกมาตรการ		A , B	24,766,107.00	32,090,020.00	13.52	4,092.98	-

สัญลักษณ์ชนิดพลังงาน

A หมายถึง พลังงานไฟฟ้า

B หมายถึง พลังงานความร้อน

จากตารางที่ 11 สามารถจัดลำดับการลงทุนของแนวทางต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงิน (IRR) มูลค่าการลงทุนและเงินที่ประหยัดได้

แนวทางที่นำเสนอในตารางเป็นการจัดลำดับแล้วซึ่งจะเห็นว่าแนวทางที่ไม่ลงทุนอุปกรณ์สามารถดำเนินการได้ทันทีและสำหรับแนวทางประหยัดพลังงานที่ต้องลงทุนอุปกรณ์ทุกแนวทางได้รับการอนุมัติจากผู้บริหารของโรงงานตัวอย่างให้ดำเนินการได้ ซึ่งแผนดำเนินงานได้แสดงไว้ในตารางที่ 12 และ 13

ตารางที่ 12 แผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้ดำเนินการจริง

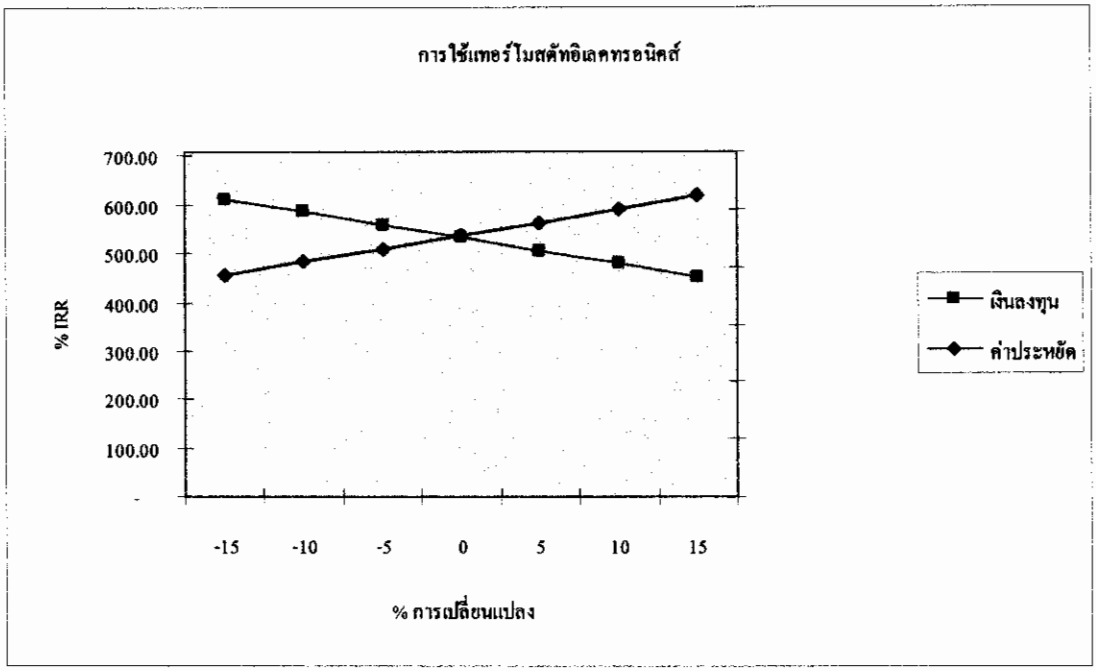
ที่	รายการ	เดือน	ก.ย.50		ต.ค.50		พ.ย.50		ธ.ค.50		ม.ค.51		ก.พ.51		มี.ค.51		เม.ย.51	
		วันที่	1	16	1	16	1	16	1	16	1	16	1	16	1	16	1	16
1.	มาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน																	
1.1	ลดการ Blow Down ของหม้อไอน้ำ - ทดลองและศึกษาโอกาสความเป็นไปได้ของมาตรการ - เสนอมาตรการและดำเนินการจัดทำจริง -เก็บข้อมูลการดำเนินการ - สรุปและวิเคราะห์ผล																	
2	มาตรการที่ต้องมีการลงทุน																	
2.1	การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำและท่อ Condensate -ศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ -งานจัดซื้อจัดจ้าง -ดำเนินการหุ้มฉนวน -เก็บข้อมูลและประเมินผล																	
2.2	การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ -ทดลองและศึกษาโอกาสความเป็นไปได้ของมาตรการ - เสนอมาตรการและดำเนินการจัดทำจริง -เก็บข้อมูลการดำเนินการ - สรุปและวิเคราะห์ผล																	
2.3	การใช้เทอร์โมสตัสอิเลคทรอนิคส์ -ศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ -งานจัดซื้อจัดจ้าง -ดำเนินการเปลี่ยนเทอร์โมสตัสอิเลคทรอนิคส์ -เก็บข้อมูลและประเมินผล																	
2.4	การเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide -ศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ -งานจัดซื้อจัดจ้าง -ดำเนินการเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide -เก็บข้อมูลและประเมินผล																	
2.5	การเปลี่ยนบัลลาสต์ เป็นชนิด Low Watt Loss -ศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ -งานจัดซื้อจัดจ้าง -ดำเนินการเปลี่ยนเทอร์โมสตัสอิเลคทรอนิคส์ -เก็บข้อมูลและประเมินผล																	

ตารางที่ 13 แผนงานจัดทำมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้จากการประมาณการ(estimate)

ที่	รายการ	ปี	(เดือน พ.ค.-ธ.ค.50)								(เดือน ม.ค.-ส.ค.51)							
		เดือน	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1	มาตรการที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์																	
1.1	การลดระดับปริมาณ O2 ในไอเสียของหม้อไอน้ำ -ศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ -งานจัดซื้อจัดจ้างรวมถึงการจัดทำสัญญาซื้อขาย -ดำเนินการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ -งาน Test run และตรวจสอบรับงาน -เก็บข้อมูลและประเมินผลการประหยัดพลังงาน																	
1.2	การติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย -ศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ -งานจัดซื้อจัดจ้างรวมถึงการจัดทำสัญญาซื้อขาย -ดำเนินการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ -งาน Test run และตรวจสอบรับงาน -เก็บข้อมูลและประเมินผลการประหยัดพลังงาน																	
1.3	การปรับปรุงขบวนการผลิตและขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้า -ศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการเสนอเพื่อขออนุมัติโครงการ -งานจัดซื้อจัดจ้างรวมถึงการจัดทำสัญญาซื้อขาย -ดำเนินการก่อสร้างและติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ -งาน Test run และตรวจสอบรับงาน -เก็บข้อมูลและประเมินผลการประหยัดพลังงาน																	

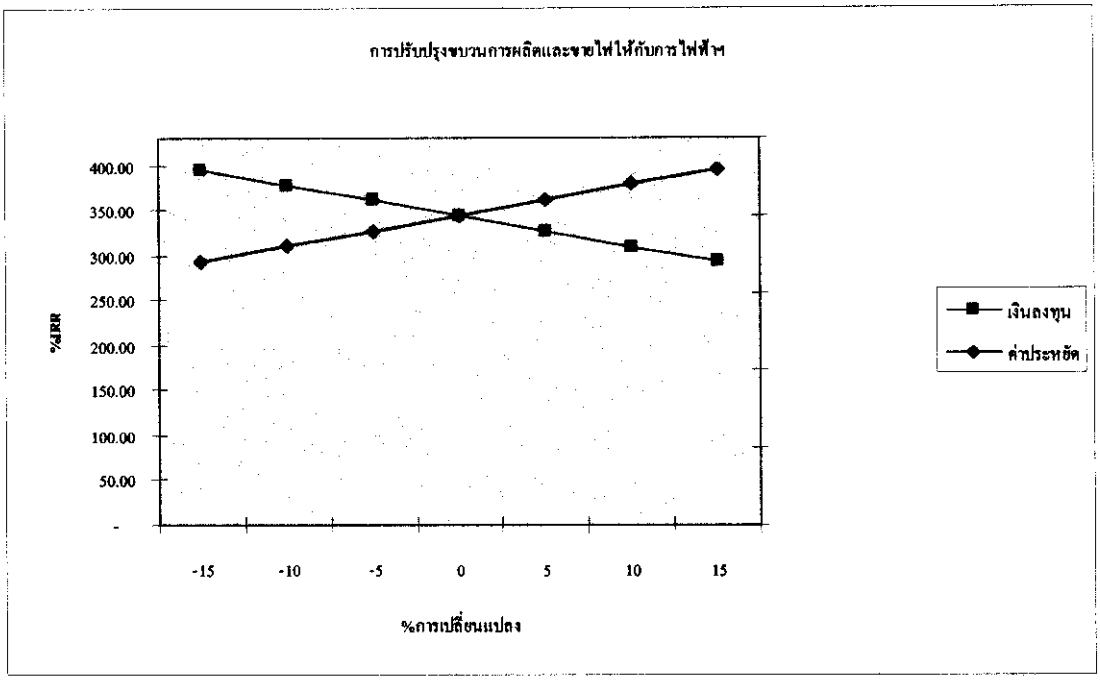
5. การวิเคราะห์ความไวของแนวทางการประหยัดพลังงาน

การวิเคราะห์ความไวมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยความไวที่อาจได้รับผลการทบต่อแนวทางที่นำเสนอ ด้านรายรับและรายจ่าย รายละเอียดการวิเคราะห์แสดงในภาพที่ 7 ถึง 14 ดังนี้



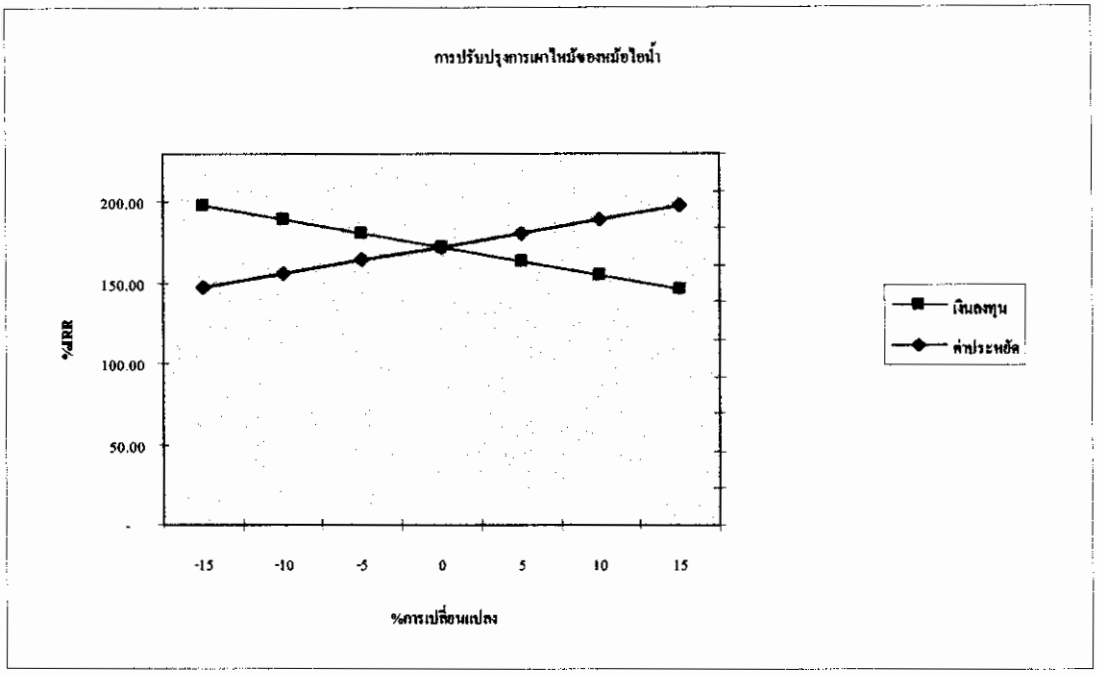
ภาพที่ 13 แสดงการวิเคราะห์การใช้เทอร์โมสตัทอิเล็กทรอนิคส์

จากภาพที่ 13 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดพลังงานเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ -15 ถึง 15 ค่า IRR มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก แต่เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนที่ได้พบว่าปัจจัยดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจ การลงทุน เพราะว่าค่าประหยัดพลังงานลดลงร้อยละ -15 ค่า IRR ก็ยังมีค่าสูงถึงร้อยละ 612.88 ซึ่งสามารถลงทุนได้



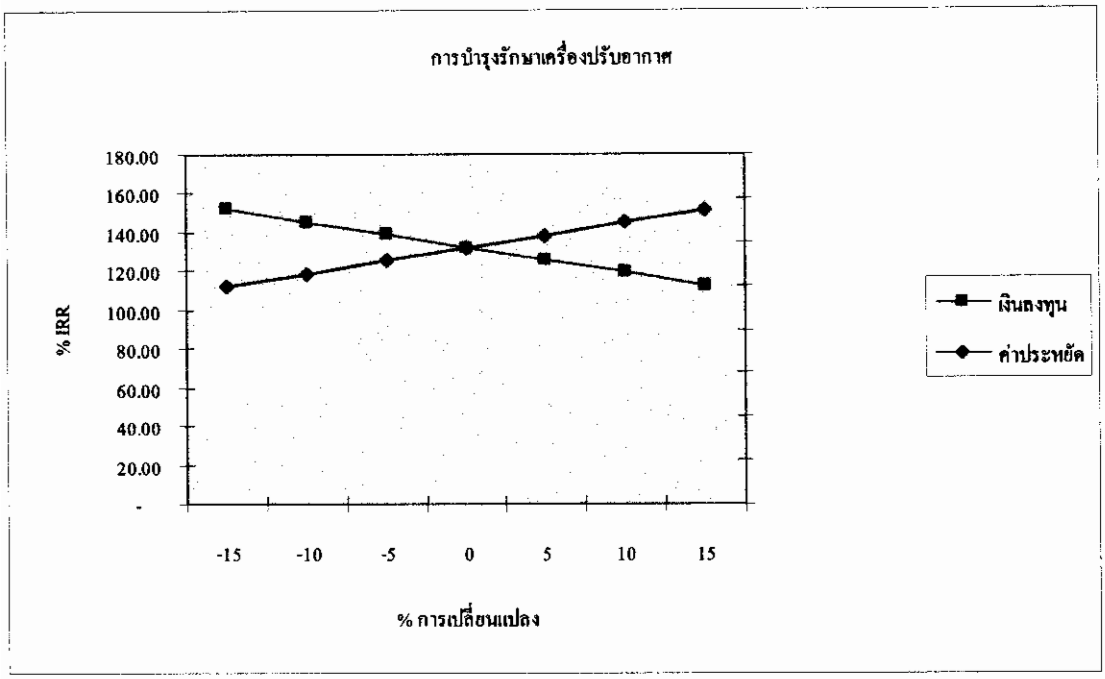
ภาพที่ 14 แสดงการวิเคราะห์การใช้ปรับปรุงขบวนการผลิตและขายไฟให้กับการไฟฟ้าฯ

จากภาพที่ 14 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดพลังงานเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ -15 ถึง 15 ค่า IRR มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก แต่เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนที่ได้พบว่าปัจจัยดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจ การลงทุน เพราะว่าค่าประหยัดพลังงานลดลงร้อยละ -15 ค่า IRR ก็ยังมีค่าสูงถึงร้อยละ 395.06 ซึ่งสามารถลงทุนได้



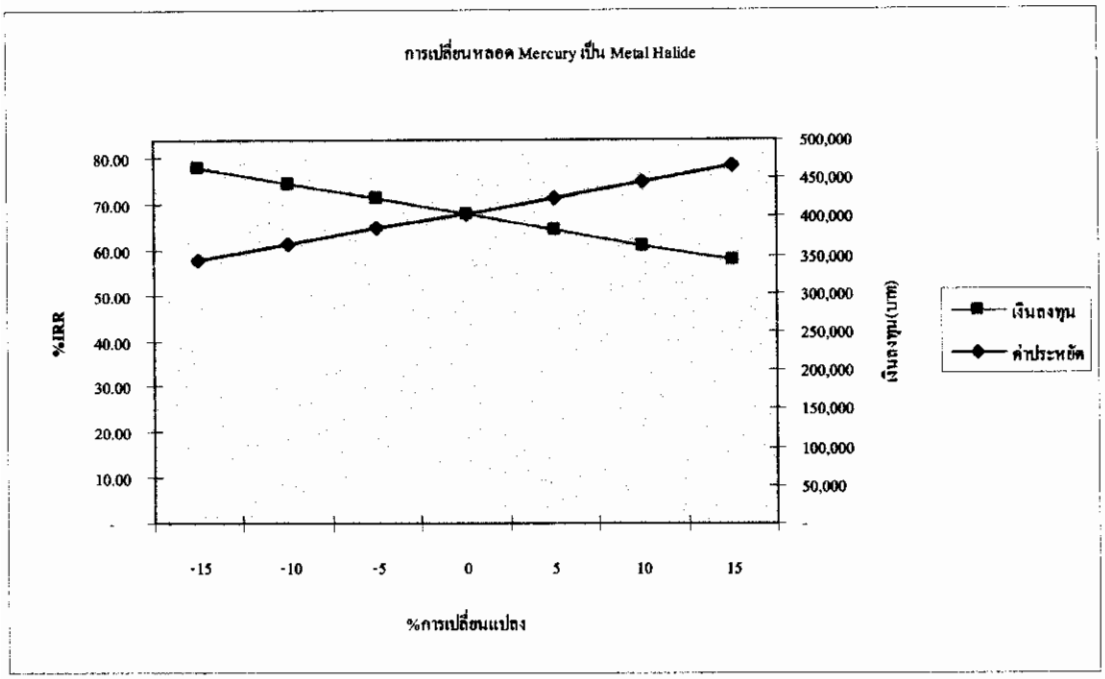
ภาพที่ 15 แสดงวิเคราะห์การปรับปรุงการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

จากภาพที่ 15 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดพลังงานเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ -15 ถึง 15 ค่า IRR มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก แต่เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนที่ได้พบว่าปัจจัยดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจ การลงทุน เพราะว่าค่าประหยัดพลังงานลดลงร้อยละ -15 ค่า IRR ก็ยังมีค่าสูงถึงร้อยละ 198.20 ซึ่งสามารถลงทุนได้



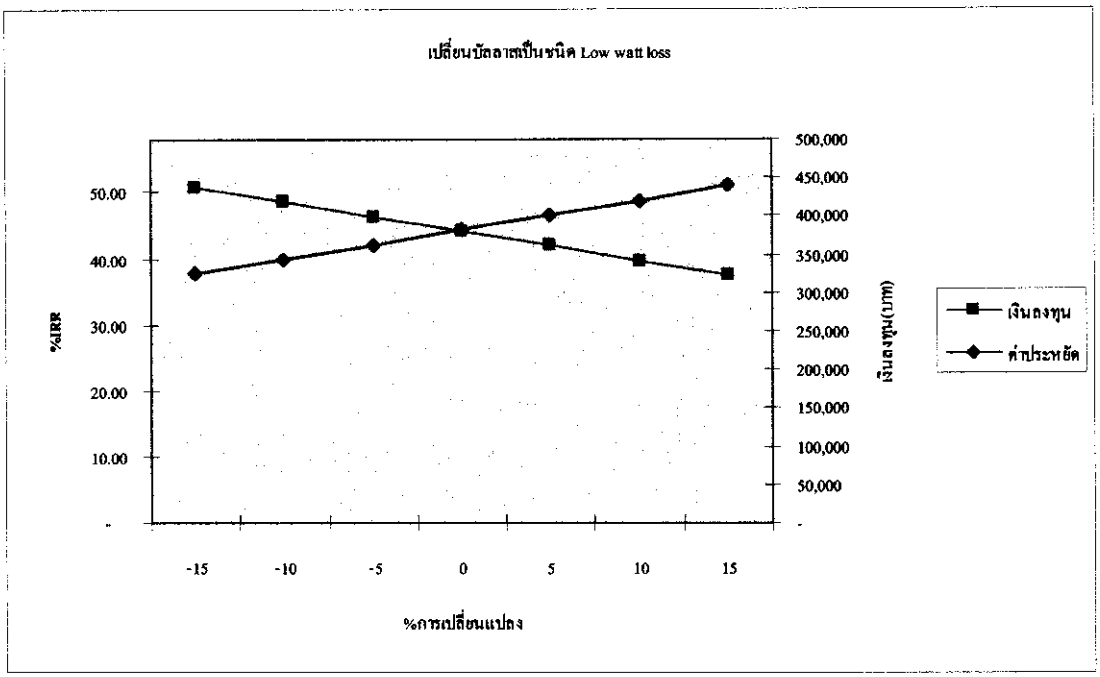
ภาพที่ 16 การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

จากภาพที่ 16 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดพลังงานเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ -15 ถึง 15 ค่า IRR มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนที่ได้พบว่าปัจจัยดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจ การลงทุน เพราะว่าค่าประหยัดพลังงานลดลงร้อยละ -15 ค่า IRR ก็ยังมีค่าสูงถึงร้อยละ 151.97 ซึ่งสามารถลงทุนได้



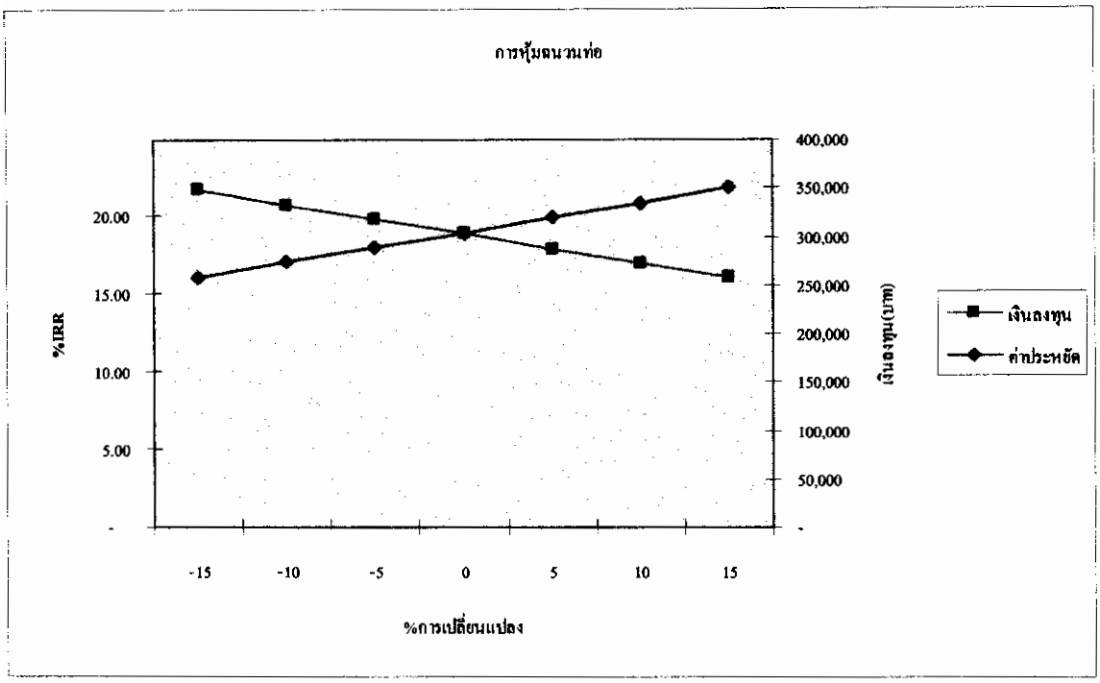
ภาพที่ 17 การเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide

จากภาพที่ 17 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ -15 ถึง 15 พบว่าค่าร้อยละของ IRR มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่หากพิจารณาค่าร้อยละที่ได้ พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นควรเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงเมื่อเทียบกับราคาในการสั่งซื้อ เพื่อให้ค่าประหยัดที่ได้มีค่าสูงที่สุด



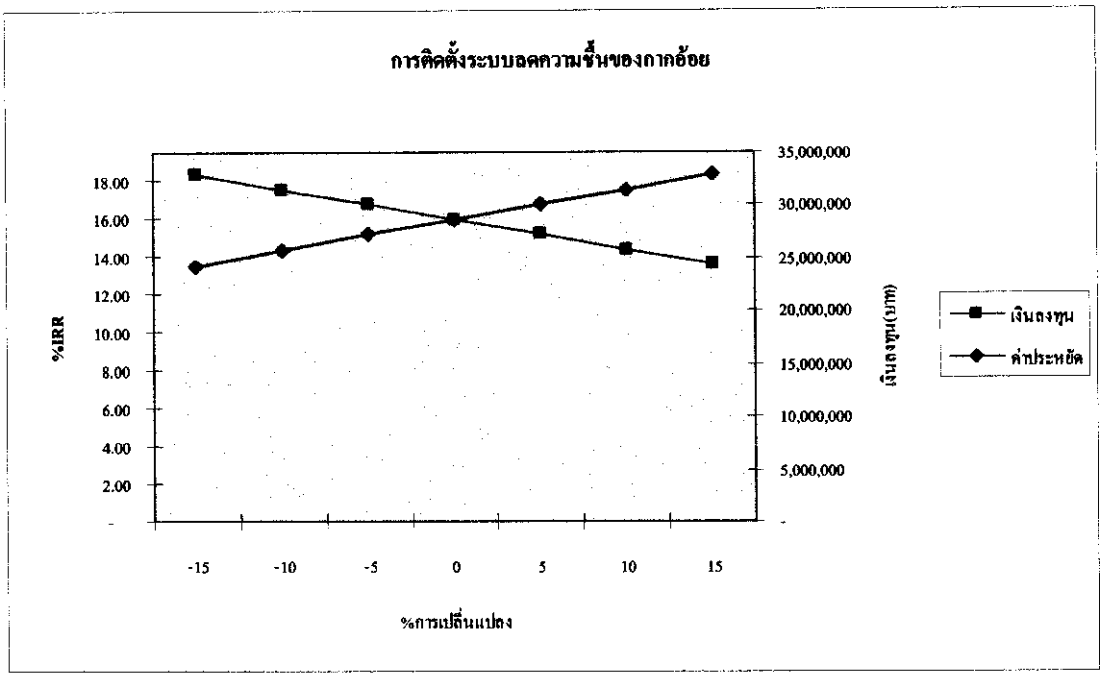
ภาพที่ 18 การเปลี่ยนบัลลาสต์เป็นชนิด LOW WATT LOSS BALLAST

จากภาพที่ 18 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ -15 ถึง 15 พบว่าค่าร้อยละของ IRR มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่หากพิจารณาค่าร้อยละที่ได้ พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นควรเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงเมื่อเทียบกับราคาในการสั่งซื้อ เพื่อให้ค่าประหยัดที่ได้มีค่าสูงที่สุด



ภาพที่ 19 การหุ้มฉนวนท่อ

จากภาพที่ 19 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ -15 ถึง 15 พบว่าค่าร้อยละของ IRR มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่หากพิจารณาค่าร้อยละที่ได้ พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นควรเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงเมื่อเทียบกับราคาในการสั่งซื้อ เพื่อให้ค่าประหยัดที่ได้มีค่าสูงที่สุด

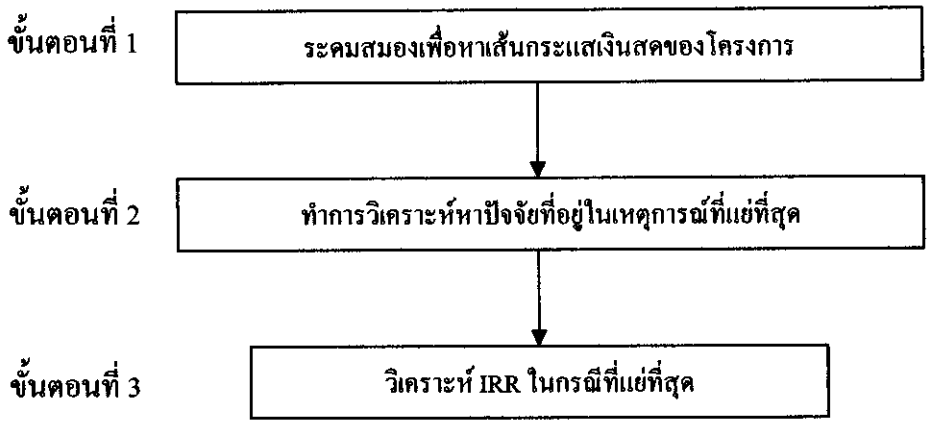


ภาพที่ 20 การติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย

จากภาพที่ 20 พบว่าเมื่อเงินลงทุนและค่าประหยัดเปลี่ยนแปลงไปในช่วงร้อยละ -15 ถึง 15 พบว่าค่าร้อยละของ IRR มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่หากพิจารณาค่าร้อยละที่ได้ พบว่ามีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้นควรเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงเมื่อเทียบกับราคาในการสั่งซื้อ เพื่อให้ค่าประหยัดที่ได้มีค่าสูงที่สุด

6. การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน

จากผลการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานและวิเคราะห์แต่ละมาตรการในเชิงเศรษฐศาสตร์แล้ว จะเห็นได้ว่าแนวทางการประหยัดพลังงานที่ได้จากการประมาณการมีมูลค่าการลงทุนค่อนข้างสูง ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน โดยเลือกกรณีการติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อยเนื่องจากมีมูลค่าการลงทุนสูงและมีอัตราผลตอบแทนภายใน IRR ปานกลาง เพื่อนำผลที่ได้มาพิจารณาในการตัดสินใจลงทุนและจัดลำดับมาตรการที่จะลงทุนต่อไป โดยจะมีขั้นตอนและวิธีการในการวิเคราะห์ความเสี่ยงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุน

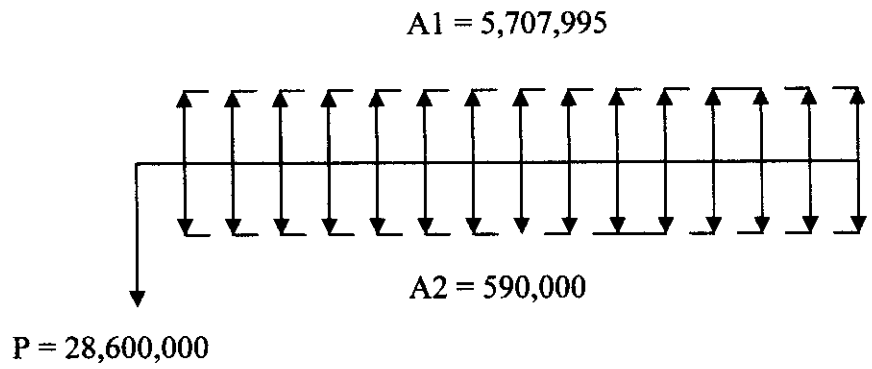
การวิเคราะห์ความเสี่ยงในการลงทุนโครงการการติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย

ขั้นตอนที่ 1 ระดมสมองโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบลดความชื้นของกากอ้อยและผู้บริหารระดับสูงของโรงงานน้ำตาลตัวอย่าง สามารถวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน IRR ได้ตาม ตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ตารางแสดงค่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายในIRR

ตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ IRR	ข้อมูลการประมาณการ	ที่มาของข้อมูล
รายจ่าย		
1. เงินลงทุนครั้งแรก	28,600,000 บาท	ประเมินราคาจริงจากผู้ก่อสร้าง
2 ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ	590,000 บาท/ปี	ดูรายละเอียดภาคผนวก ตาราง ง-5
3. อายุการใช้งานระบบ	15 ปี	จากข้อมูลที่เคยก่อสร้าง
รายรับ		
1. เงินที่สามารถประหยัดได้	5,707,995 บาท/ปี	ดูภาคผนวก ตาราง ง-1

จากตารางที่ 14 สามารถนำข้อมูลมาเขียนเป็นเส้นกระแสเงินสดได้ดังรูปที่ 15 ซึ่งคิดระยะเวลาในการคืนทุนได้ 5.59 ปี และคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน IRR ได้เท่ากับร้อยละ 15.95



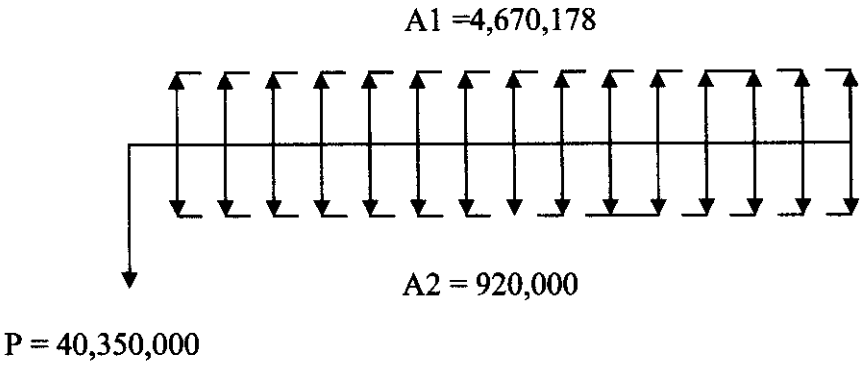
ภาพที่ 16 แสดงเส้นกระแสเงินสดของโครงการ

ขั้นตอนที่ 2 ทารวิเคราะห์ปัญหาปัจจัยที่อยู่ในเหตุการณ์ที่แย่ที่สุด ที่มีผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน IRR

ตารางที่ 15 ตารางแสดงค่าปัจจัยที่มีต่อผลกระทบต่อการคำนวณอัตราผลตอบแทนภายใน IRR โดยวิเคราะห์ในกรณีที่แย่ที่สุด

ตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ IRR	ข้อมูลการประมาณการ	ที่มาของข้อมูล
รายจ่าย		
1. เงินลงทุนครั้งแรก	40,350,000 บาท	การประมาณการจากผู้ก่อสร้าง
2. ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ	920,000 บาท/ปี	ดูรายละเอียดภาคผนวก ตาราง จ-6
3. อายุการใช้งานระบบ	15 ปี	จากการประเมินความเสี่ยง
รายรับ		
1. เงินที่สามารถประหยัดได้	4,670,178 บาท/ปี	ดูภาคผนวก ตาราง ง-2

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวิเคราะห์หาค่า IRR ในกรณีแย่ที่สุด ซึ่งจากตารางที่ 15 สามารถนำข้อมูลมาเขียนเป็นเส้นกระแสเงินสดได้ดังรูปที่ 4.16 ซึ่งคิดระยะเวลาในการคืนทุน 10.76 ปี และ คำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน IRR ได้เท่ากับร้อยละ 4.47



ภาพที่ 17 แสดงกระแสเงินสดของโครงการในกรณีที่แย่ที่สุด

ดังนั้นจากการประเมินความเสี่ยงในการลงทุนโครงการและวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์กรณีที่แย่ที่สุด จะเห็นว่าต้องมีการเฝ้าระวังและควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อ ระยะเวลาในการคืนทุนของโครงการและอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน IRR ดังต่อไปนี้

1. ปริมาณกากอ้อยที่เข้าอบในระบบต้องมีปริมาณคงที่

2. เงินลงทุนครั้งแรกจะต้องมีการควบคุมอย่างรอบคอบและรัดกุมเพื่อไม่ให้เกินงบประมาณที่ได้ประมาณการไว้

3. ต้นทุนในการเดินระบบจะต้องมีการพิจารณา การใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากที่สุด และควรมีการตรวจสอบอัตราค่าจ้างเจ้าหน้าที่ควบคุมระบบขายไฟฟ้าให้เป็นปัจจุบันเสมอ เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรมนุษย์อย่างคุ้มค่า

4. อายุการใช้งานของโครงการ โดยในการคิดและวิเคราะห์โครงการเชิงเศรษฐศาสตร์ควรที่จะมีการเผื่ออายุการใช้งานของโครงการด้วย เนื่องจากใน 1 ปีจะใช้งานได้ประมาณ 3 เดือน

บทที่ 5
สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

จากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานทั้ง 2 ประเภท คือพลังงานไฟฟ้า, พลังงานความร้อน ของโรงงานน้ำตัวอย่างแล้ว พบว่าโรงงานมีศักยภาพทางด้านการจัดการพลังงานต่ำมาก เพราะมีปริมาณการใช้พลังงานเทียบกับผลผลิตเท่ากับ 538 กิโลกรัม-สตีม/ตันอ้อย ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีการใช้พลังงานในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกันร้อยละ 79.33 ดังนั้นในงานวิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด เพื่อค้นหาความสูญเสียของพลังงานที่ไม่จำเป็นและวิเคราะห์หามาตรการในการประหยัดพลังงานพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงการใช้พลังงาน โดยสามารถแบ่งเป็น 2 มาตรการ คือมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์และที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์ โดยในแต่ละมาตรการเมื่อทำการศึกษาผลตอบแทนการลงทุนและจัดลำดับมาตรการในการลงทุนแล้ว สามารถสรุปผลการศึกษาและวิจัยได้ดังนี้

1. เมื่อทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุนของมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์แล้ว พบว่าการลดการ Blowdown มีผลตอบแทนการลงทุนสูงที่สุด โดยมีระยะเวลาคืนทุน 0.07 ปี โรงงานสามารถดำเนินการได้เลย

2. เมื่อทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนในการลงทุนของมาตรการที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์แล้ว พบว่าการใช้เทอร์โมสตัสอิเลคทรอนิคส์ มีผลตอบแทนการลงทุนสูงที่สุดพบว่าเมื่อลงทุนและค่าประหยัดพลังงานเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงร้อยละ15อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากแต่เมื่อพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนที่ได้พบว่าปัจจัยดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อการตัดสินใจการลงทุนเพราะค่าประหยัดพลังงานลดลง ร้อยละ 15 ค่า IRR ไม่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสามารถลงทุนได้

3. ผู้วิจัยเลือกปฏิบัติแนวทางประหยัดพลังงานที่ไม่ต้องมีการลงทุนก่อน เพราะไม่ต้องขออนุมัติงบประมาณ แต่ในกรณีแนวทางที่ต้องลงทุนได้เลือกโครงการที่ให้ค่าผลตอบแทนภายใน (IRR) และมูลค่าการลงทุนเหมาะสมที่สุด ได้แก่การใช้เทอร์โมสตัสอิเลคทรอนิคส์ การปรับปรุงขบวนการผลิตและขายไฟให้การไฟฟ้าฯ การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศมาใช้ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามโครงการที่ยังไม่ได้นำมาทำจริง ได้ทำการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งพบว่าโครงการที่เหลือยังมีความเหมาะสมในการลงทุนซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์แสดงใน ภาคผนวก ง

2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการจัดรณรงค์ให้มีโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ซึ่งจะทำให้พนักงานทุกคนได้มีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานอย่างบูรณาการ

2. ควรมีนโยบายทางด้านการจัดการพลังงานและตั้งเป้าหมายในการประหยัดพลังงานอย่างชัดเจนรวมถึงเสนอรางวัลให้แก่พนักงานแต่ละหน่วยงานที่ให้ความร่วมมือและปฏิบัติตามนโยบายทางด้านการจัดการพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กชกร จันโจนศึก. กรมวิชาการประหยัดพลังงานอย่างเป็นระบบในอุตสาหกรรมอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมเคมีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เกษตรศาสตร์

จันทนา จันทโร และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (2540)

ชาติ ฤทธิ์หิรัญ. วิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารสำนักงาน. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, (2539)

ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงสร้าง. (พิมพ์ครั้งที่3). กรุงเทพมหานคร, (2540)

ชูเวช ชาญสง่าเวช การจัดการทางวิศวกรรม. (พิมพ์ครั้งที่5). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (2543)

ธงชัย สันติวงศ์ องค์การและการบริหาร. พิมพ์ครั้งที่8. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิชย์จำกัด, (2536)

ธนากร พงษ์ธิพันธ์. วิทยานิพนธ์ เรื่อง การบริหารค่าไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์, (2546)

บุตรบำรุง ธรรมโชติ. วิทยานิพนธ์ เรื่อง การประหยัดพลังงานในอาคารพาณิชย์กรณีศึกษาอาคารพหลโยธินธนาคารกสิกรไทย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, (2541)

ปิยรัตน์ ประมวลผล. วิทยานิพนธ์ เรื่อง การประหยัดพลังงานภาคปรับอากาศในอาคารสำนักงาน. วิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, (2539)

พนม ภัยหน่วย. การบริหารงานก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส. เอเชียเพรส, (2540)

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่8. (2543)

ไพบูรณ์ แย้มเพื่อน. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพฯ : ซิเอ็ดยูเคชั่น, 2548. 308 หน้า

มัสตุโอะ,โมโตกิ. เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), (2543)

วันชัย ริจิรวนิชและชอุ่ม พลอยมีค่า. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่5. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (2541)

วัลภา จรูญธรรม. วิทยานิพนธ์ เรื่อง การประเมินศักยภาพ การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, (2541)

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. การบริหารเชิงกลยุทธ์. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ธีระฟิล์มและไซเทกซ์, (2542)

สุวรรณ สุทธิขจรกิจการ. Manufacturing KPI เพื่อมุ่งสู่ TPM. กรุงเทพฯ : ซิเอ็ดยูเคชั่น, 2548. 280 หน้า

ภาคผนวก ก
รายละเอียดการตรวจวัดอุปกรณ์ด้านความร้อน

รายละเอียดการตรวจวัดหม้อไอน้ำ

แสดงผลการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานของหม้อไอน้ำชุดที่ 1

ข้อมูลหม้อไอน้ำ							
1	ชนิด	ท่อน้ำ		3			
2	ขนาด	60	Ton/hr	4			
ข้อมูลการตรวจวัด							
น้ำ			**หน่วย**	**อากาศ**			**หน่วย**
1	อัตราการไหลของน้ำ	54,000	Kg/hr	6	อัตราการไหลของอากาศ	-	Nm^3 /hr
2	อัตราการไหลของน้ำป้อน	56,000	Kg/hr	7	อุณหภูมิก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	141	^0C
3	อุณหภูมิน้ำเข้า	115	^0C	8	อุณหภูมิบรรยากาศ	30	^0C
4	อุณหภูมิไอน้ำ	364	^0C	9	% ความชื้นสัมพัทธ์	62.5	%
5	ความดันไอน้ำ	21.0	BarG				
เชื้อเพลิง			**หน่วย**	**แก๊สเสีย**			**หน่วย**
10	ชนิดของเชื้อเพลิง	กากอ้อย	-	14	% O2	10.6	%
11	อัตราการไหล	-	Kg/hr	15	% CO2	7.8	%
12	% ความชื้น	50	%	16	CO	2085	PPM
13	ค่าความร้อน	1,800	Kcal/kg	17	อุณหภูมิของแก๊สเสีย	182	^0C
BLOW DOWN			**หน่วย**	**ผนังเตา**			**หน่วย**
18	อัตราการไหล	-	Kg/hr	20	อุณหภูมิเฉลี่ย	75	^0C
19	อุณหภูมิ	217	^0C	21	พื้นที่ผิว	-	M^2

ผลการวิเคราะห์		
ความร้อนสูญเสีย		
1 สูญเสียจากผนังเตา	0.80	%
2 สูญเสียจากแก๊สเสีย	2.53	%
3 สูญเสียเพื่อระเหยน้ำในกากอ้อย	27.61	%
4 สูญเสียจาก BLOW DOWN	0.49	%
รวม	31.42	%
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Heat Loss Method)	**68.58**	**%**

แสดงผลการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานของหม้อไอน้ำชุดที่ 2

ข้อมูลหม้อไอน้ำ							
1	ชนิด	ท่อน้ำ		3			
2	ขนาด	60	Ton/hr	4			
ข้อมูลการตรวจวัด							
น้ำ			หน่วย	**อากาศ**			หน่วย
1	อัตราการไหลของน้ำ	52,000	Kg/hr	6	อัตราการไหลของอากาศ	-	Nm^3 /hr
2	อัตราการไหลของน้ำป้อน	54,000	Kg/hr	7	อุณหภูมิก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	142	^0C
3	อุณหภูมิน้ำเข้า	115	^0C	8	อุณหภูมิบรรยากาศ	30	^0C
4	อุณหภูมิไอน้ำ	365	^0C	9	% ความชื้นสัมพัทธ์	63.7	%
5	ความดันไอน้ำ	21.0	BarG				
เชื้อเพลิง			หน่วย	**แก๊สเสีย**			หน่วย
10	ชนิดของเชื้อเพลิง	กากอ้อย	-	14	% O2	7.40	%
11	อัตราการไหล	-	Kg/hr	15	% CO2	10.1	%
12	% ความชื้น	50	%	16	CO	-	PPM
13	ค่าความร้อน	1,800	Kcal/kg	17	อุณหภูมิของแก๊สเสีย	186	^0C
BLOW DOWN			หน่วย	**ผนังเตา**			หน่วย
18	อัตราการไหล	-	Kg/hr	20	อุณหภูมิเฉลี่ย	75	^0C
19	อุณหภูมิ	217	^0C	21	พื้นที่ผิว	-	M^2

ผลการวิเคราะห์		
ความร้อนสูญเสีย		
1 สูญเสียจากผนังเตา	0.80	%
2 สูญเสียจากแก๊สเสีย	2.10	%
3 สูญเสียเพื่อระเหยน้ำในกากอ้อย	27.61	%
4 สูญเสียจาก BLOW DOWN	0.49	%
รวม	31.00	%
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Heat Loss Method)	**69.00**	**%**

แสดงผลการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานของหม้อไอน้ำชุดที่ 3

ข้อมูลหม้อไอน้ำ							
1	ชนิด	ท่อน้ำ		3			
2	ขนาด	60	Ton/hr	4			

ข้อมูลการตรวจวัด							
น้ำ			หน่วย	อากาศ			หน่วย
1	อัตราการไหลของน้ำ	53,000	Kg/hr	6	อัตราการไหลของอากาศ	-	Nm^3 /hr
2	อัตราการไหลของน้ำป้อน	54,000	Kg/hr	7	อุณหภูมิก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	138	^0C
3	อุณหภูมิน้ำเข้า	115	^0C	8	อุณหภูมิบรรยากาศ	30	^0C
4	อุณหภูมิไอน้ำ	365	^0C	9	% ความชื้นสัมพัทธ์	64.7	%
5	ความดันไอน้ำ	21.0	BarG				
เชื้อเพลิง			หน่วย	แก๊สเสีย			หน่วย
10	ชนิดของเชื้อเพลิง	กากอ้อย	-	14	% O2	8.20	%
11	อัตราการไหล	-	Kg/hr	15	% CO2	10.3	%
12	% ความชื้น	50	%	16	CO	-	PPM
13	ค่าความร้อน	1,800	Kcal/kg	17	อุณหภูมิของแก๊สเสีย	175	^0C
BLOW DOWN			หน่วย	ผนังเตา			หน่วย
18	อัตราการไหล	-	Kg/hr	20	อุณหภูมิเฉลี่ย	75	^0C
19	อุณหภูมิ	217	^0C	21	พื้นที่ผิว	-	M^2

ผลการวิเคราะห์		
ความร้อนสูญเสีย		
1 สูญเสียจากผนังเตา	0.80	%
2 สูญเสียจากแก๊สเสีย	1.87	%
3 สูญเสียเพื่อระเหยน้ำในกากอ้อย	27.95	%
4 สูญเสียจาก BLOW DOWN	0.48	%
รวม	31.10	%
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Heat Loss Method)	**68.90**	**%**

แสดงผลการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานของหม้อไอน้ำชุดที่ 4

ข้อมูลหม้อไอน้ำ							
1	ชนิด	ท่อน้ำ		3			
2	ขนาด	60	Ton/hr	4			

ข้อมูลการตรวจวัด							
น้ำ			หน่วย	อากาศ			หน่วย
1	อัตราการไหลของน้ำ	54,000	Kg/hr	6	อัตราการไหลของอากาศ	-	Nm^3 /hr
2	อัตราการไหลของน้ำป้อน	55,000	Kg/hr	7	อุณหภูมิก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	138	^0C
3	อุณหภูมิน้ำเข้า	115	^0C	8	อุณหภูมิบรรยากาศ	30	^0C
4	อุณหภูมิไอน้ำ	362	^0C	9	% ความชื้นสัมพัทธ์	60.4	%
5	ความดันไอน้ำ	21.0	BarG				
เชื้อเพลิง			หน่วย	แก๊สเสีย			หน่วย
10	ชนิดของเชื้อเพลิง	กากอ้อย	-	14	% O2	9.5	%
11	อัตราการไหล	-	Kg/hr	15	% CO2	8.5	%
12	% ความชื้น	50	%	16	CO	-	PPM
13	ค่าความร้อน	1,800	Kcal/kg	17	อุณหภูมิของแก๊สเสีย	183	^0C
BLOW DOWN			หน่วย	ผนังเตา			หน่วย
18	อัตราการไหล	-	Kg/hr	20	อุณหภูมิเฉลี่ย	75	^0C
19	อุณหภูมิ	217	^0C	21	พื้นที่ผิว	-	M^2

ผลการวิเคราะห์		
ความร้อนสูญเสีย		
1 สูญเสียจากผนังเตา	0.80	%
2 สูญเสียจากแก๊สเสีย	2.52	%
3 สูญเสียเพื่อระเหยน้ำในกากอ้อย	27.95	%
4 สูญเสียจาก BLOW DOWN	0.48	%
รวม	31.75	%
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Heat Loss Method)	**68.25**	**%**

แสดงผลการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานของหม้อไอน้ำชุดที่ 5

ข้อมูลหม้อไอน้ำ							
1	ชนิด	ท่อน้ำ		3			
2	ขนาด	60	Ton/hr	4			
ข้อมูลการตรวจวัด							
น้ำ			**หน่วย**	**อากาศ**			**หน่วย**
1	อัตราการไหลของน้ำ	53,000	Kg/hr	6	อัตราการไหลของอากาศ	-	Nm^3 /hr
2	อัตราการไหลของน้ำป้อน	55,000	Kg/hr	7	อุณหภูมิก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	142	^0C
3	อุณหภูมิน้ำเข้า	115	^0C	8	อุณหภูมิบรรยากาศ	30	^0C
4	อุณหภูมิไอน้ำ	367	^0C	9	% ความชื้นสัมพัทธ์	61.8	%
5	ความดันไอน้ำ	21.0	BarG				
เชื้อเพลิง			**หน่วย**	**แก๊สเสีย**			**หน่วย**
10	ชนิดของเชื้อเพลิง	กากอ้อย	-	14	% O2	9.10	%
11	อัตราการไหล	-	Kg/hr	15	% CO2	8.5	%
12	% ความชื้น	50	%	16	CO	-	PPM
13	ค่าความร้อน	1,800	Kcal/kg	17	อุณหภูมิของแก๊สเสีย	182	^0C
BLOW DOWN			**หน่วย**	**ผนังเตา**			**หน่วย**
18	อัตราการไหล	-	Kg/hr	20	อุณหภูมิเฉลี่ย	75	^0C
19	อุณหภูมิ	217	^0C	21	พื้นที่ผิว	-	M^2

ผลการวิเคราะห์		
ความร้อนสูญเสีย		
1 สูญเสียจากผนังเตา	0.80	%
2 สูญเสียจากแก๊สเสีย	2.00	%
3 สูญเสียเพื่อระเหยน้ำในกากอ้อย	27.95	%
4 สูญเสียจาก BLOW DOWN	0.49	%
รวม	31.24	%
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Heat Loss Method)	**68.76**	**%**

แสดงผลการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานของหม้อไอน้ำชุดที่ 6

ข้อมูลหม้อไอน้ำ							
1	ชนิด	ท่อน้ำ		3			
2	ขนาด	120	Ton/hr	4			
ข้อมูลการตรวจวัด							
น้ำ			**หน่วย**	**อากาศ**			**หน่วย**
1	อัตราการไหลของน้ำ	100,000	Kg/hr	6	อัตราการไหลของอากาศ	-	Nm^3 /hr
2	อัตราการไหลของน้ำป้อน	130,000	Kg/hr	7	อุณหภูมิก่อนเข้าหม้อไอน้ำ	143	^0C
3	อุณหภูมิน้ำเข้า	120	^0C	8	อุณหภูมิบรรยากาศ	30	^0C
4	อุณหภูมิไอน้ำ	368	^0C	9	% ความชื้นสัมพัทธ์	60.8	%
5	ความดันไอน้ำ	21.0	BarG				
เชื้อเพลิง			**หน่วย**	**แก๊สเสีย**			**หน่วย**
10	ชนิดของเชื้อเพลิง	กากอ้อย	-	14	% O2	4.60	%
11	อัตราการไหล	-	Kg/hr	15	% CO2	12.2	%
12	% ความชื้น	50	%	16	CO	-	PPM
13	ค่าความร้อน	1,800	Kcal/kg	17	อุณหภูมิของแก๊สเสีย	183	^0C
BLOW DOWN			**หน่วย**	**ผนังเตา**			**หน่วย**
18	อัตราการไหล	-	Kg/hr	20	อุณหภูมิเฉลี่ย	75	^0C
19	อุณหภูมิ	217	^0C	21	พื้นที่ผิว	-	M^2

ผลการวิเคราะห์		
ความร้อนสูญเสีย		
1 สูญเสียจากผนังเตา	0.70	%
2 สูญเสียจากแก๊สเสีย	1.59	%
3 สูญเสียเพื่อระเหยน้ำในกากอ้อย	27.95	%
4 สูญเสียจาก BLOW DOWN	0.58	%
รวม	30.82	%
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ (Heat Loss Method)	**69.18**	**%**

รายละเอียดการตรวจวัดฮีตเตอร์

แสดงข้อมูลการตรวจวัดการใช้ไอน้ำฮีตเตอร์

ชุดที่	จำนวนตัว	อัตราการไหลน้ำอ้อย+น้ำปูนใส (m^3/hr)	ไอน้ำ(เข้า)		อุณหภูมิน้ำอ้อย		หมายเหตุ
			อุณหภูมิ (^oC)	ความดัน (kg/cm^2)	เข้า (^oC)	ออก (^oC)	
1	2/4	600	96	0.42	48	60	ใช้ไอในหัวหม้อ
2	4/6	600	110	0.56	55	105	ใช้ไอในหัวหม้อ Pre 2
3	4/6	600	110	0.56	55	105	ใช้ไอในหัวหม้อ Pre 2

แสดงผลการวิเคราะห์การใช้ไอน้ำของฮีตเตอร์

$$Brix_{Mixed-Juice} = 13.81$$

ชุดที่	ปริมาณน้ำอ้อย (kg/hr)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้	
		(kg/hr)	(kg/kg_{juice})
1	630,000	10,715	0.0170
2	630,000	44,355	0.01704
3	630,000	44,355	0.01704

รายละเอียดการตรวจวัดหม้อต้ม

แสดงข้อมูลการตรวจวัดการใช้ไอน้ำของหม้อต้ม

Effect	จำนวน (ตัว)	ไอน้ำเข้าเตา		สภาวะหม้อต้ม		อุณหภูมิน้ำอ้อย		ความเข้มข้นน้ำอ้อย	
		อุณหภูมิ (^{O}C)	ความดัน (kg/cm^2)	อุณหภูมิ (^{O}C)	ความดัน (kg/cm^2)	เข้า (^{O}C)	ออก (^{O}C)	เข้า (Bx)	ออก (Bx)
PRE1	1	130	1.30	110	0.58	93	98	15	18
PRE2	1	130	1.30	110	0.56	98	102	18	21
1	2	110	0.56	96	0.42	102	90	21	26
2	2	98	0.42	87	0.12	90	83	26	34
3	2	87	0.12	79	-0.02	83	75	34	40
4	2	78	-0.02	63	-0.31	75	64	40	47
5	2	70	-0.31	55	-0.58	64	55	47	55

แสดงผลการวิเคราะห์การใช้ไอน้ำของหม้อต้ม

Filter Cake % Can = 5.42

Effect	ปริมาณน้ำอ้อยใส		ปริมาณไอหัวหม้อที่ผลิตได้ (kg/hr)	ปริมาณไอน้ำที่ให้ความร้อน (kg/hr)
	เข้า (kg/hr)	ออก (kg/hr)		
PRE1	645,000	520,833	104,167	107,129
Pre2	520,833	446,429	74,405	76,393
1	446,429	360,577	85,852	78,944
2	360,577	275,735	84,842	80,299
3	275,735	234,375	41,360	38,023
4	234,375	199,468	34,907	31,554
5	199,468	170,455	29,014	26,767

รายละเอียดการตรวจวัดกังหันไอน้ำ

แสดงผลการตรวจสอบกังหันไอน้ำขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การผลิตไฟฟ้า					
ขนาด (MW)	AC. VOLT (V)	AC AMP (A)	FREQUENCY (HZ)	POWER FACTOR	POWER (MW)
5	3300	700	50	0.86	3.8
5	3300	700	50	0.85	3.7
5	3300	700	50	0.88	3.8
2	ไม่ใช้งาน				

การใช้ไอน้ำ		
ITEM	PRESSURE	TEMPERATURE
MAIN STEAM	18.0	320
2nd STAGE STEAM	-	-
EXHUAUST STEAM	1.5	-

แสดงผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของกังหันไอน้ำขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

No.	Efficiency Factor (W-kg/j)	Power by Measure (MW)	Power by Spec. (MW)	% working (%)
1	0.82	3.8	5	76.00
2	0.80	3.7	5	74.00
3	0.82	3.8	5	76.00
4	-	-	-	-

แสดงผลการตรวจสอบกังหันไอน้ำที่ใช้ในขบวนการหีบอ้อย

การใช้งาน	รุ่น/แบบ	กำลังผลิต	แรงดัน		อุณหภูมิ	
			เข้า	ออก	เข้า	ออก
		(KW)	(kg-cm2)	(kg/cm2)	(0C)	(0C)
ใบมีด #1	-	2,000	18	1.5	320	120
ใบมีด #2	HO – 182R	1,500	12	1	280	120
เชรดเดอร์	HO – 182R	3,000	18	1.5	320	120
ลูกหีบ #1	HO - 182R	2,000	18	1.5	320	120
รวม		8,500				

ภาคผนวก ข
รายละเอียดการตรวจวัดอุปกรณ์ด้านไฟฟ้า

รายละเอียดการตรวจสอบการใช้พลังงานมอเตอร์ไฟฟ้า (ขนาดตั้งแต่ 20KW ขึ้นไป)

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
	ดูดทึบ (ระบบแช่)													
1	ปั๊มน้ำปูนขาว	AC	20	380/660	30	3	50	10.20	89.80	23.0	382	12.17	60.87	
2	ปั๊มน้ำร้อนออกจากฮีตเตอร์	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	19.0	386	10.16	50.81	
3	ปั๊มน้ำร้อนเข้าฮีตเตอร์	AC	75	380	108	3	50	8.00	92.00	90.0	384	47.89	63.85	
4	ปั๊มน้ำร้อนเข้าฮีตเตอร์	AC	75	380	108	3	50	8.00	92.00	65.0	382	34.40	45.87	
5	ปั๊มน้ำร้อนเข้าฮีตเตอร์	AC	100	380	135	3	50	7.20	92.80	90.0	386	48.14	48.14	
6	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	75	380	108	3	50	8.00	92.00	70.0	387	37.54	50.05	
7	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	75	380	103	3	50	8.00	92.00	70.0	385	37.34	49.79	
8	ปั๊มน้ำมันระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	389	24.25	60.64	
9	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	384	23.94	59.86	
10	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	386	24.07	60.17	
11	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	385	24.01	60.01	
12	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	381	23.76	59.39	
13	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	382	21.17	52.93	
14	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	386	26.74	66.86	
15	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	384	21.28	53.21	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
16	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	381	23.76	59.39	
17	ปั๊มน้ำระบบถังแช่	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	385	24.01	60.01	
18	ปั๊มน้ำอ้อยออกตะแกรงหมุน	AC	60	380	95	3	50	8.00	92.00	60.0	386	32.09	53.48	
19	ปั๊มน้ำอ้อยออกตะแกรงหมุน	AC	60	380	85	3	50	8.00	92.00	55.0	387.0	29.49	49.15	
20	ปั๊มน้ำอ้อนล้นสะพาน 3	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	45.0	385	24.01	60.01	
21	สะพานน้ำขึ้นระบบแช่	AC	100	380	140	3	50	7.20	92.80	70.0	384	37.24	37.24	
22	สะพานน้ำบนระบบแช่	AC	75	380	108	3	50	8.00	92.00	60.0	386	32.09	42.79	
23	สะพานลากอ้อยในระบบแช่	AC	200	380	295	3	50	6.50	93.50	135.0	385	72.02	36.01	
24	ใบมีดเกลี่ย 2	AC	100	380	140	3	50	7.20	92.80	130.0	386	69.53	69.53	
25	สะพานขึ้นลูกหีบ	AC	125	380	168	3	50	7.20	92.80	95.0	387	50.94	40.75	
26	สะพานขึ้นลูกหีบ	AC	100	380	140	3	50	7.20	92.80	110.0	389	59.29	59.29	
27	ปั๊มน้ำสเปรย์ระบายอากาศ	AC	120	380	152	3	50	7.20	92.80	100.0	385	53.35	44.45	
28	ปั๊มน้ำปูนขาว 1	AC	60	380	85	3	50	8.00	92.00	55.0	385	29.34	48.90	
29	ปั๊มน้ำปูนขาว 2	AC	30	380	43.5	3	50	9.60	90.40	35.0	384.0	18.62	62.07	
30	ปั๊มน้ำปูนขาว 3	AC	40	380	59.3	3	50	9.00	91.00	45.0	382.0	23.82	59.55	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
31	ปั๊มน้ำร้อน 1	AC	50	380	-	3	50	8.50	91.50	36	386	19.25	38.51	
32	ปั๊มน้ำร้อน 2	AC	50	380	63.5	3	50	8.50	91.50	57	385	30.41	60.81	
33	ปั๊มน้ำร้อน 3	AC	30	380	42.5	3	50	9.60	90.40	40	382	21.17	70.57	
34	พัดลมดูดกากอ้อยไปหม้อต้ม	AC	75	380	102	3	50	8.00	92.00	70	384	37.24	49.66	
35	มอเตอร์เทอร์ไบน์ลูกหีบ 1	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	33	387	17.70	58.98	
36	มอเตอร์เทอร์ไบน์ลูกหีบ 2	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	35	389	18.86	62.88	
37	มอเตอร์เทอร์ไบน์ลูกหีบ 3	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	30	386	16.05	53.48	
38	มอเตอร์เทอร์ไบน์ลูกหีบ 4	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	35	385	18.67	62.24	
39	มอเตอร์เทอร์ไบน์ลูกหีบ 5	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	35	382	18.53	61.75	
40	มอเตอร์เทอร์ไบน์ลูกหีบ 6	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	27	384	14.37	47.89	
41	ปั๊มน้ำข้างโรงกลึง 1	AC	60	380	85	3	50	8.00	92.00	60	389	32.34	53.90	
42	ปั๊มน้ำข้างโรงกลึง 2	AC	20	380	22.5	3	50	10.20	89.80	20	386	10.70	53.48	
43	ปั๊มน้ำข้างโรงกลึง 3	AC	60	380	85	3	50	8.00	92.00	50	387	26.81	44.69	
44	สะพานข้ามลูกหีบ 2	AC	75	380	104	3	50	8.00	92.00	45	388	24.19	32.26	
45	สะพานข้ามลูกหีบ 3	AC	75	380	104	3	50	8.00	92.00	60	385	32.01	42.68	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
46	สะพานข้ามลูกหีบ 3	AC	75	380	104	3	50	8.00	92.00	60.00	385	32.01	42.68	
47	สะพานข้ามลูกหีบ 4	AC	75	380	104	3	50	8.00	92.00	60.00	382	31.76	42.34	
48	สะพานข้ามลูกหีบ 5	AC	75	380	104	3	50	8.00	92.00	50.00	384	26.60	35.47	
49	สะพานขึ้นเตา	AC	50	380	72	3	50	8.00	92.00	50.00	386	26.74	53.48	
50	ปั๊มน้ำอ้อยในบ่อ 1	AC	100	380	135	3	50	7.20	92.80	100.00	385	53.35	53.35	
51	ปั๊มน้ำอ้อยในบ่อ 2	AC	100	380	135	3	50	7.20	92.80	105.00	385	56.01	56.01	
52	ปั๊มน้ำอ้อยในบ่อ 3	AC	100	380	135	3	50	7.20	92.80	100.00	386	53.48	53.48	
53	ปั๊มน้ำอ้อยในบ่อ 4	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	72.00	385	38.41	51.21	
54	ปั๊มน้ำอ้อยในบ่อ 5	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	70.00	384	37.24	49.66	
55	ปั๊มน้ำอ้อยในบ่อ 6	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	80.00	385	42.68	56.90	
56	ปั๊มน้ำอ้อยในบ่อ 7	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	60.00	386	32.09	42.79	
57	ปั๊มน้ำอ้อยไปหม้อต้ม 1	AC	270	380	352	3	50	6.20	92.80	240.00	386	128.36	47.54	
58	ปั๊มน้ำอ้อยไปหม้อต้ม 2	AC	270	380	374	3	50	6.20	92.80	260.00	385	138.70	51.37	
59	ปั๊มน้ำอ้อยขึ้นตะแกรง	AC	300	380	395	3	50	6.20	92.80	240.00	385	128.03	42.68	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
60	ปั๊มน้ำมันไฮโดรลิคดั้ม 1-2	AC	60	380	87	3	50	8.00	92.00	55.0	385	29.34	48.90	
61	ปั๊มน้ำมันไฮโดรลิคดั้ม 1-2	AC	50	380	72	3	50	8.00	92.00	46.0	386	24.60	49.21	
62	ปั๊มน้ำมันไฮโดรลิคดั้ม 1-2	AC	50	380	72	3	50	8.00	92.00	48.0	384	25.54	51.08	
63	ปั๊มน้ำมันไฮโดรลิคดั้ม 1-2	AC	60	380	83	3	50	8.00	92.00	55.0	386	29.42	49.03	
64	ใบเกลี่ยตัวที่ 1	AC	150	380	195	3	50	6.70	93.30	85.0	382	44.99	29.99	
65	สะพานลากอ้อยตัวที่ 1	AC	200	3300	32.5	3	50	-	-	22.0	3300	100.59	50.30	
66	มีด 1	AC	600	3300	105	3	50	-	-	100.0	3300	457.25	76.21	
67	มีด 1	AC	600	3300	105	3	50	-	-	100.0	3300	457.25	76.21	
68	ใบเกลี่ยตัวที่ 2	AC	50	380	72	3	50	8.00	92.00	45.0	385	24.01	48.01	
69	ใบเกลี่ยตัวที่ 3	AC	50	380	72	3	50	8.00	92.00	40.0	382	21.17	42.34	
70	สะพานลากอ้อยตัวที่ 2	AC	175	3300	28	3	50	-	-	19.0	3300	86.88	49.64	
71	ลูกป้อน	AC	270	380	315	3	50	6.20	93.80	180.0	386	96.27	35.66	
72	มีดบน	AC	700	3300	110	3	50	-	-	110.0	3300	502.97	71.85	
73	สะพานลากอ้อยขึ้นลูกหีบ	AC	150	380	195	3	50	6.70	93.30	110.0	385	58.68	39.12	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
	มอเตอร์ตู้รีไฟน์													
74	ปั๊มน้ำเชื่อมดิบ 1	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	22.0	385	11.74	39.12	
75	ปั๊มน้ำเชื่อมดิบ 2	AC	30	380660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	27.7	386	14.82	49.38	
76	ปั๊มหมุนเวียน 1	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	26.0	384	13.83	46.11	
77	ปั๊มหมุนเวียน 2	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	28.3	382	14.98	49.93	
78	ปั๊มขึ้นกรอง 1	AC	37	380	72	3	50	9.00	91.00	43.0	387	23.06	62.32	
79	ปั๊มขึ้นกรอง 2	AC	37	380	72	3	50	9.00	91.00	47.0	385	25.07	67.76	
80	ปั๊มน้ำหวาน 1	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	24.0	386	12.84	42.79	
81	ปั๊มน้ำหวาน 2	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	22.0	385	11.74	39.12	
82	ปั๊มน้ำขึ้นเรซิน 1	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	28.7	384	15.27	50.90	
83	ปั๊มน้ำขึ้นเรซิน 2	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	24.0	386	12.84	42.79	
84	ปั๊มน้ำเชื่อม 1	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	32.0	385	17.07	56.90	
85	ปั๊มน้ำเชื่อม 2	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	20.0	381	10.56	35.19	
86	ปั๊มเข้าถังพัก	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	32.0	382	16.94	56.46	
87	ปั๊มสารช่วยกรอง	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	22.0	384	11.71	39.02	
88	ปั๊มสารช่วยกรอง	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	20.0	385	10.67	35.56	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
89	ปั๊มขี้โคลน	AC	30	380/660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	28.0	385	14.94	49.79	
90	ปั๊มขี้โคลน	AC	30	380660	44/25.4	3	50	9.60	90.40	19.0	386	10.16	33.87	
91	ปั๊มน้ำร้อนเร็ว 1	AC	30	380	-	3	50	9.60	90.40	16.0	384	8.51	28.38	
92	ปั๊มน้ำร้อนเร็ว 2	AC	30	380	-	3	50	10.20	89.80	11.5	382	6.09	30.43	
93	รางกวนตั้ง 1	AC	37	380	35.9	3	50	10.20	89.80	22.1	386	11.82	47.28	
94	รางกวนตั้ง 2	AC	37	380	35.9	3	50	10.20	89.80	20.4	387	10.94	43.76	
95	รางกวนตั้ง 3	AC	30	380	35.9	3	50	10.20	89.80	18.4	385	9.82	39.26	
96	ปั๊มน้ำเหลือง	AC	30	380	36.5	3	50	10.20	89.80	26.0	385	13.87	55.48	
97	ปั๊มน้ำเหลือง	AC	30	380	36	3	50	10.20	89.80	33.0	386	17.65	70.60	
98	ปั๊มน้ำเหลือง	AC	30	380	36.5	3	50	10.20	89.80	32.0	385	17.07	68.28	
99	ปั๊มน้ำเหลืองใหญ่	AC	30	380	59	3	50	9.00	91.00	23.0	387	12.33	30.83	
100	พัดลมใหญ่	AC	30	380	30.8	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
101	ปั๊มน้ำเหลืองใหญ่	AC	30	380	182.2	3	50	6.70	93.30	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
102	ปั๊มน้ำเหลือง	AC	30	380	36.5	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
103	พัดลมดูด	AC	30	380	29	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
104	ปั๊มน้ำเชื่อม P1	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
105	ปั๊มน้ำเชื่อม P2	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	18.2	385	9.71	32.36	
106	ปั๊มน้ำเชื่อมขึ้นเรซิน	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	20.0	382	10.59	35.29	
107	ปั๊มน้ำเชื่อมขึ้นเรซิน	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	27.4	386	14.65	48.85	
	ปั๊มลม													
108	ปั๊มลม 3	AC	40	380	77.5	3	50	8.50	91.50	73.0	385	38.94	97.36	
109	ปั๊มลม 4	AC	40	380	77.5	3	50	8.50	91.50	58.0	386	31.02	77.55	
110	ปั๊มลม 5	AC	30	380	41.3	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
111	ปั๊มลม 6	AC	30	380	44.2	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
112	ปั๊มลม 7	AC	25	380	35.9	3	50	10.20	89.90	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
113	ปั๊มลม 8	AC	40	380	77.5	3	50	8.50	91.50	68.0		0.00	0.00	
114	ปั๊มพิเศษน้ำตาล	AC	20	380	30.8	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
	ปั๊มน้ำตาลตู้ 6													
115	ตะแกรงโยก BB4 - 8	AC	20	380	29	3	50	10.20	89.80	13.0	386	6.95	34.76	
116	ปั๊มน้ำเชื่อม	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	19.0	385	10.14	33.79	
117	ปั๊มน้ำเชื่อม	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	20.0	382	10.59	35.29	
118	รางกวนใต้ HMA	AC	20	380	30	3	50	10.20	89.80	9.4	389	5.07	25.33	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
119	รางกวนใต้ ASHEA	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	15.2	386	8.13	27.10	
	ปั๊มน้ำดาลตู้ 5													
120	ปั๊มน้ำดาล 7	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	30.0	385	16.00	53.35	
121	ปั๊มน้ำดาล 8	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	40.0	382	21.17	70.57	
122	ปั๊มน้ำดาล 9	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	45.0	384	23.94	79.81	
123	ปั๊มน้ำดาล 10	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	30.0	382	15.88	52.93	
	ปั๊มน้ำเหลืองตู้ 4													
124	ปั๊มน้ำดาล 1	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	42.0	385	22.41	74.68	
125	ปั๊มน้ำดาล 2	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
126	ปั๊มน้ำดาล 3	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	40.0	386	21.39	71.31	
127	ปั๊มน้ำดาล 4	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	26.0	382	13.76	45.87	
128	ปั๊มน้ำดาล 5	AC	20	380	29	3	50	10.20	89.80	14.3	384	7.61	38.04	
129	ปั๊มน้ำดาล 6	AC	20	380	29	3	50	10.20	89.80	16.3	385	8.70	43.48	
130	ปั๊มน้ำดาล 7	AC	20	380	29	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
131	ปั๊มน้ำดาล 9	AC	25	380	36.5	3	50	10.20	89.80	19.4	386	10.38	41.50	
132	ปั๊มน้ำดาล 10	AC	20	380	30	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
133	พัดลม 11	AC	40	380	50	3	50	9.00	91.00	19.2	386	10.24	25.61	
134	ปั๊มน้ำตาล 12	AC	60	380	65	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
135	ปั๊มน้ำตาล 13	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	22.5	385	12.00	40.01	
136	ปั๊มน้ำตาล 14	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
137	ปั๊มน้ำตาล 15	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	28.8	384	15.32	51.08	
138	ปั๊มน้ำตาล 16	AC	40	380	43	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
139	ปั๊มน้ำตาล 17	AC	25	380	59	3	50	9.00	91.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
140	ปั๊มน้ำตาล 12	AC	30	380	37.6	3	50	10.20	89.90	26.0	382	13.76	55.05	
	ปั๊มน้ำเหลืองตู้ 3													
141	ปั๊มน้ำเหลือง 3	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	26.4	381	13.94	46.46	
142	ปั๊มน้ำเหลือง 4	AC	25	380	37.35	3	50	10.20	89.80	19.8	382	10.48	41.92	
143	ปั๊มน้ำเหลือง 5	AC	25	380	37.35	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
144	ปั๊มน้ำเหลือง 6	AC	25	380	37.35	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
145	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว	AC	40	380	59	3	50	9.00	91.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
146	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	20.8	384	11.07	55.34	
147	ปั๊มน้ำร้อนปั่น C	AC	20	380	30.8	3	50	10.20	89.80	17.6	384	9.36	46.82	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
148	ปั๊มน้ำร้อนรางกวนตั้ง	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	22	385	11.95	39.83	
	มอเตอร์ปั๊มน้ำเหลืองตู้ 1													
149	ปั๊มน้ำเหลือง 2	AC	25	380	36.5	3	50	10.20	89.80	14	386	7.54	30.17	
150	ปั๊มน้ำเหลือง 3	AC	25	380	37.6	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
151	ปั๊มน้ำเหลือง 4	AC	25	380	40.5	3	50	10.20	89.80	15	382	7.94	31.76	
152	ปั๊มน้ำเหลือง 5	AC	25	380	36.5	3	50	10.20	89.80	17	385	9.07	36.28	
153	ปั๊มน้ำเหลือง 6	AC	25	380	36.5	3	50	10.20	89.80	15	386	7.81	31.32	
154	ปั๊มน้ำเหลือง 7	AC	25	380	38	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
155	ปั๊มน้ำเหลือง 9	AC	25	380	36.5	3	50	10.20	89.80	17	385	9.23	36.92	
156	ปั๊มน้ำเหลือง 10	AC	25	380	36.5	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
157	ปั๊มน้ำเหลือง 11	AC	25	380	36.5	3	50	10.20	89.80	16	382	8.68	34.72	
158	ปั๊มน้ำร้อน 18	AC	20	380	30.8	3	50	10.20	89.80	14	381	7.39	36.95	
	มอเตอร์ตู้อบใหม่													
159	พัดลมหัวหม้อ	AC	20	380	33	3	50	10.20	89.80	18	386	9.52	47.60	
160	พัดลมดูด	AC	30	380	42	3	50	9.60	90.40	20	384	10.43	34.76	
161	พัดลมเป่า	AC	50	380	72	3	50	8.50	91.50	34	385	18.08	36.17	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
	หม้ออบเก่า													
162	กระพร้อลงยุ้ง	AC	20	380	29.4	3	50	10.20	89.80	11.0	382	5.82	29.11	
163	กระพร้อหม้ออบ	AC	20	380	29.4	3	50	10.20	89.80	12.0	386	6.42	32.09	
164	พัดลมดูด	AC	40	380	59	3	50	9.00	91.00	20.5	382	10.85	27.13	
165	พัดลมเป่า	AC	50	380	70	3	50	8.50	91.50	37.8	384	20.11	40.22	
166	พัดลมหัวหม้อ	AC	30	380	41.3	3	50	9.60	90.40	23.8	385	12.70	42.32	
167	ปั๊มไซโคลน	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	31.6	381	16.68	55.61	
168	ปั๊มไซโคลน	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	33.2	382	17.57	58.58	
	หม้อปั่น C													
169	ปั่น C2	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	33.0	384	17.56	79.81	
170	ปั่น C3	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	35.0	387	18.77	85.31	
171	ปั่น C4	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	35.0	387	18.77	85.31	
172	ปั่น C5	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	33.0	385	17.60	80.02	
173	ปั่น C6	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	32.0	382	16.94	76.99	
174	ปั่น C7	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	35.0	386	18.72	85.09	
175	ปั่น C8	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	45.0	387	24.13	109.68	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
176	ปั่น C9	AC	22	380	58/51	3	50	10.20	89.80	34	389	18.33	83.30	
177	ปั่น C10	AC	50	380/440	72	3	50	8.50	91.50	33	385	17.60	35.21	
178	ปั่น C11	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	30	386	16.05	72.93	
179	ปั่น C12	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	30	384	15.95	72.56	
180	ปั่น C13	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	32	382	16.94	76.99	
181	ปั่น C14	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	33	387	17.70	80.43	
182	ปั่น C15	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	30	381	15.84	71.99	
183	ปั่น C16	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	33	386	17.65	80.23	
184	ปั่น C17	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	34	382	18.00	81.80	
185	ปั่น C18	AC	40	380	60	3	50	9.00	91.00	31	384	16.49	41.24	
186	ปั่น C19	AC	22	380/440	58/51	3	50	10.20	89.80	27	385	14.40	65.47	
187	ปั่น C20	AC	40	380/440	58/51	3	50	9.00	91.00	30	385	16.00	40.01	
	หัวหม้อเดี่ยว													
188	R1	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	29	387	15.28	20.38	
189	R2	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	31	386	16.47	21.96	
190	R3	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	30	381	15.84	21.12	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
191	R4	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	32	385	17.07	22.76	
192	R5	AC	75	380	107	3	50	8.00	92.00	38	382	20.11	26.82	
193	A1	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	29	381	15.47	20.62	
194	A2	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	38	382	20.33	27.10	
195	A3	AC	75	380	104/76	3	50	8.00	92.00	41	383	21.86	29.15	
196	A4	AC	75	380	104/76	3	50	8.00	92.00	32	386	17.17	22.89	
197	A5	AC	75	380	107	3	50	8.00	92.00	41	387	22.04	29.39	
198	A6	AC	60	380	86.3	3	50	8.00	92.00	35	385	18.72	31.21	
199	A7	AC	60	380	86.3	3	50	8.00	92.00	43	382	22.76	37.93	
200	B8	AC	60	380	86.3	3	50	8.00	92.00	45	381	23.81	39.68	
201	B9	AC	60	380	86.3	3	50	8.00	92.00	28	384	14.95	24.92	
202	B10	AC	60	380	86.3	3	50	8.00	92.00	50	385	26.67	44.45	
203	B11	AC	50	380	69	3	50	8.00	92.00	29	386	15.56	31.13	
204	B12	AC	50	380	69	3	50	8.00	92.00	24	389	13.04	26.09	
205	B13	AC	50	380	69	3	50	8.00	92.00	28	387	14.80	29.60	
206	C14	AC	100	380	140	3	50	7.80	92.00	68	382	35.99	35.99	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
207	C15	AC	100	380	140	3	50	7.80	92.00	65	385	38.67	34.67	
208	C16	AC	100	380	146/84	3	50	7.80	92.00	69	382	36.36	36.36	
209	C17	AC	100	380	140	3	50	7.80	92.00	120	384	63.58	63.58	
	หม้อปั่น													
210	ปั่นละลาย	DC	160	440	530	1	-	-	-	352	440	154.88	96.80	
211	ปั่นละลาย	DC	35	480	108	1	-	-	-	74	440	32.56	93.30	
212	ปั่นละลาย	DC	35	480	108	1	-	-	-	68	440	29.92	85.49	
213	ปั่นละลาย	DC	35	480	108	1	-	-	-	74	440	32.74	93.53	
214	ปั่นละลาย	AC	270	380	520	3	50	6.70	92.00	510	380	268.53	99.46	
215	ปั่นละลาย	AC	270	380	520	3	50	6.70	92.00	505	382	267.30	99.00	
216	ปั่นละลาย	AC	270	380	495	3	50	6.70	92.00	500	382	264.65	98.02	
217	ขาว	AC	273	380	520	3	50	6.20	92.00	307	385	163.77	59.99	
218	ขาว	AC	168	380	320	3	50	6.70	92.00	200	384	106.41	63.34	
219	ขาว	AC	130	380	250	3	50	7.20	92.00	245	382	129.68	99.75	
220	พัดลม BW I	DC	35	480	108	1	-	-	-	75	384	28.80	82.29	
221	ปั่นดิบ 1	AC	110	380	210	3	50	7.80	92.00	180	382	95.27	86.61	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
222	ปั่นดิบ 2	AC	110	380	210	3	50	7.20	92.80	180	385	96.02	87.29	
223	ปั่นดิบ 3	AC	110	380	210	3	50	7.20	92.80	180	382	95.27	86.61	
224	ปั่นดิบ 4	AC	110	380	210	3	50	7.20	92.80	180	384	98.43	89.48	
225	ปั่นดิบ 5	AC	110	380	210	3	50	7.20	92.80	180	387	98.13	89.21	
226	ปั่นดิบ 6	AC	110	380	210	3	50	7.20	92.80	180	382	95.27	86.61	
227	ปั่นดิบ 7	AC	110	380	210	3	50	7.20	92.80	180	385	96.02	87.29	
228	ปั่นดิบ 8	AC	65	380	125	3	50	8.00	92.00	108	384	57.46	88.41	
229	ปั่นดิบ 9	AC	272	380	518	3	50	6.20	93.50	240	385	128.03	47.07	
230	ขาว 1	AC	226	380	430	3	50	6.50	93.50	350	386	187.19	82.83	
231	ขาว 1	AC	226	380	430	3	50	6.50	93.50	335	387	179.64	79.49	
232	ขาว 2	AC	226	380	430	3	50	6.50	93.50	330	388	177.41	78.50	
233	ขาว 2	AC	226	380	430	3	50	6.50	93.50	350	389	188.65	83.47	
234	ขาว 2	AC	226	380	430	3	50	6.50	93.50	345	390	186.43	84.49	
235	ขาว 2	AC	226	380	430	3	50	6.50	93.50	335	391	181.49	80.31	
236	ไฮโพล	AC	226	380	430	3	50	6.50	93.50	330	392	179.24	79.31	
237	ไฮโพล	AC	226	380	430	3	50	6.50	93.50	335	393	182.42	80.72	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
238	ไฮโพล	AC	226	380	430	3	50	6.50	93.5	330	377	172.38	76.28	
	หม้อต้ม (ตู้ปั๊มน้ำบ่อปูน)													
239	ปั๊มน้ำบ่อปูน 1	AC	55	380	135	3	50	8.00	92.00	102	379	53.56	97.39	
240	ปั๊มน้ำบ่อปูน 2	AC	55	380	135	3	50	8.00	92.00	85	380	44.75	81.37	
241	ปั๊มน้ำบ่อปูน 3	AC	55	380	141	3	50	8.00	92.00	80	381	42.23	76.79	
	ตู้ปั๊มน้ำบ่อดินสเปรย์พอน													
242	สเปรย์พอนบ่อดิน 1	AC	70	380	152	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
	หม้อต้ม (ตู้ปั๊มน้ำอ้อย HEATER)													
243	ปั๊มน้ำอ้อย HEATER	AC	270	380	370	3	50	6.20	93.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
244	ปั๊มน้ำอ้อย HEATER	AC	75	380	102	3	50	8.00	92.00	70	382	37.05	49.40	
245	ปั๊มน้ำอ้อย HEATER	AC	55	380	102	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
246	ปั๊มน้ำอ้อย HEATER	AC	55	380	102	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
247	ปั๊มน้ำอ้อย HEATER	AC	270	380	370	3	50	6.20	93.80	180	381	95.02	35.19	
	ตู้ปั๊มน้ำอ้อยขึ้นตะแกรง													
248	ปั๊มน้ำอ้อยขึ้นตะแกรง	AC	100	380	140	3	50	7.80	92.20	65	382	34.40	34.40	
249	ปั๊มน้ำอ้อยขึ้นตะแกรง	AC	75	380	103	3	50	8.00	92.00	45	384	23.94	31.92	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
250	ปั๊มน้ำอ้อยขึ้นตะแกรง	AC	75	370	103	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
	ตู้ปั๊มน้ำอ้อยใหญ่													
251	ตู้ปั๊มน้ำอ้อยใหญ่	AC	270	380	360	3	50	6.20	93.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
252	ตู้ปั๊มน้ำอ้อยใหญ่	AC	270	380	360	3	50	6.20	93.80	140	381	73.91	27.37	
253	ตู้ปั๊มน้ำอ้อยใหญ่	AC	270	380	360	3	50	6.20	93.80	150	384	79.81	29.56	
	หม้อต้ม (ตู้หม้อผสม)													
254	หมุนหม้อผสม 1	AC	40	380	61	3	50	9.00	91.00	35	388	18.82	47.04	
255	หมุนหม้อผสม 1	AC	40	380	61	3	50	9.00	91.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
256	หมุนหม้อผสม 1	AC	40	380	61	3	50	9.00	91.00	40	438	17.52	43.80	
257	ปั๊มน้ำร้อน P1 1	AC	60	380	85	3	50	8.00	92.00	35	439	15.37	25.61	
258	ปั๊มน้ำร้อน P1 2	AC	60	380	85	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
259	ปั๊มน้ำเย็นขึ้นถัง 6	AC	30	380	43.5	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
260	ปั๊มน้ำร้อน HEATER 7	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.8	12	442	5.30	26.52	
261	ปั๊มน้ำร้อน HEATER 8	AC	20	380	30.5	3	50	10.20	89.8	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
	หม้อต้ม (ตู้ M –N ชั้นล่าง) ตู้ M													
262	ปั๊มน้ำอ้อยเข้าถัง M 1	AC	20	380	28.5	3	50	10.20	89.8	11	441	4.85	24.26	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	kW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
263	ปั๊มน้ำอ้อยเข้าถัง M 4	AC	30	380	44.3	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
264	ปั๊มน้ำอ้อยเข้าถัง M 5	AC	30	380	44.3	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
265	ปั๊มน้ำอ้อยเข้าถัง M 6	AC	30	380	44.3	3	50	9.60	90.40	18	382	9.53	31.76	
266	ปั๊มน้ำอ้อยเข้าถัง M 8	AC	30	380	44.3	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
267	ปั๊มน้ำอ้อยเข้าถัง M 9	AC	30	380	44.3	3	50	9.60	90.40	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
268	ปั๊มน้ำอ้อยเข้าหม้อผสม	AC	20	380		3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
269	ปั๊มปูนขาว N 8	AC	20	380	30	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
270	ปั๊มปูนขาว N 9	AC	22	380	43	3	50	10.20	89.80	24	387	12.87	28.50	
271	ปั๊มปูนขาว N 11	AC	20	380	30	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
272	ปั๊มปูนขาว N 12	AC	30	380	44	3	50	9.60	90.40	33	389	17.79	59.29	
	ตู้ N													
273	ปั๊มขี้โคลนพักใส N	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	16	391	8.67	43.34	
274	ปั๊มขี้โคลนพักใส N	AC	22	380	46.5	3	50	10.20	89.80	26	392	14.12	64.19	
275	ปั๊มขี้โคลนพักใส N	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
276	ปั๊มขี้โคลนพักใส N	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	25	394	13.65	68.24	
277	ปั๊มขี้โคลนพักใส N	AC	20	380	30.8	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	kW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	kW	LF%	CONTROLLER
	หม้อต้ม (ตู้ไต้หม้อต้ม 1 2 3 4)													
278	ปั๊มน้ำยา 1	AC	75	380	135	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
279	ปั๊มน้ำยา 2	AC	75	380	141	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
280	ปั๊มน้ำยา 3	AC	10	380	138	3	50	7.20	92.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
281	ปั๊มน้ำยา 4	AC	10	380	136	3	50	7.20	92.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
282	ปั๊มน้ำร้อน 1	AC	55	380	103	3	50	8.00	92.00	39	388	20.97	38.12	
283	ปั๊มน้ำร้อน 2	AC	60	380	86	3	50	8.00	92.00	40	389	21.56	38.93	
284	ปั๊มน้ำร้อน 3	AC	55	380	104	3	50	8.00	92.00	65	385	34.67	63.04	
285	ปั๊มน้ำร้อน 4	AC	45	380	86	3	50	8.50	91.50	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
286	ปั๊มน้ำร้อน 5	AC	55	380	103	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
287	ปั๊มน้ำร้อน 6	AC	45	380	86	3	50	8.50	91.50	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
288	ปั๊มน้ำร้อน 7	AC	55	380	103	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
289	ปั๊มน้ำร้อน 8	AC	60	380	86	3	50	8.00	92.00	45	386	24.07	40.11	
290	ปั๊มน้ำร้อน 9	AC	22	380	44	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
291	ปั๊มน้ำร้อน 11	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	22	387	11.80	39.32	
292	ปั๊มน้ำร้อน 12	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	kW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	kW	LF%	CONTROLLER
293	ปั๊มน้ำร้อน 13	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	19	384	10.11	50.55	
294	ปั๊มน้ำร้อน 14	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
295	ปั๊มน้ำร้อน 15	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	12	386	6.42	32.09	
296	ปั๊มน้ำร้อน 16	AC	55	380	103	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
297	ปั๊มน้ำร้อน 17	AC	20	380/660	30/17.3	3	50	10.20	89.80	16	.85	8.54	42.68	
298	ปั๊มน้ำร้อน 18	AC	20	380	30.8	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
299	ปั๊มน้ำร้อน 19	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	13	381	6.86	34.31	
300	ปั๊มน้ำร้อน 20	AC	20	380	30.7	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
301	ปั๊มน้ำร้อน 21	AC	55	380	103	3	50	8.00	92.00	35	382	18.53	33.68	
	ตู้ไต้หม้อต้ม 1 2 3 4													
302	ปั๊มน้ำร้อน 23	AC	20	380	30.8	3	50	10.20	89.80	35	382	18.53	92.63	
303	ปั๊มน้ำร้อน 24	AC	30	380	44	3	50	9.60	90.40	23	381	12.14	40.47	
304	ปั๊มน้ำร้อน 25	AC	20	380	29.8	3	50	10.20	89.80	13	385	6.93	34.67	
305	ปั๊มน้ำร้อน 26	AC	30	380	44	3	50	9.60	90.40	19	382	10.06	33.52	
306	ปั๊มน้ำร้อน 27	AC	33	380	86	3	50	9.60	90.40	30	387	16.09	48.75	
307	ปั๊มน้ำร้อน 28	AC	60	380	86	3	50	8.00	92.00	26	384	13.83	23.03	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
308	วัดกั๊บหม้อต้ม 17	AC	200	380	278	3	50	6.70	93.30	220	385	117.36	58.68	
309	วัดกั๊บหม้อต้ม 18	AC	200	380/660	268/154	3	50	6.70	93.30	218	384	115.99	58.00	
	ตู้ปั๊มน้ำคอนแคนเซอร์หม้อเดี่ยวหม้อต้ม	AC												
310	ปั๊มน้ำเดี่ยวรีไฟน์ 1	AC	170	380	233	3	50	6.50	93.50	175	386	93.60	55.06	
311	ปั๊มน้ำหม้อต้ม 2	AC	170	380	240	3	50	6.50	93.50	168	392	91.25	53.68	
312	ปั๊มน้ำหม้อต้ม 3	AC	93	380	236	3	50	7.80	92.20	160	387	85.80	92.25	
313	ปั๊มน้ำหม้อต้ม 4	AC	170	380	240	3	50	6.50	93.50	180	382	95.27	56.04	
314	ปั๊มน้ำหม้อต้ม 5	AC	170	380	240	3	50	6.50	93.50	182	386	97.34	57.26	
315	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 6	AC	170	380	240	3	50	6.50	93.50	191	385	101.89	59.94	
316	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 7	AC	93	380	235	3	50	7.80	92.20	180	384	95.77	102.98	
317	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 8	AC	93	380	235	3	50	7.80	92.20	170	385	90.69	97.51	
318	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 9	AC	93	380	235	3	50	7.80	92.20	171	387	91.69	98.60	
319	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 10	AC	93	380	235	3	50	7.80	92.20	165	386	88.25	94.89	
320	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 11	AC	93	380	235	3	50	7.80	92.20	170	387	91.16	98.02	
321	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 12	AC	93	380	235	3	50	7.80	92.20	165	385	88.02	94.65	
322	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 13	AC	93	380	235	3	50	7.80	92.20	170	384	90.45	97.26	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
323	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 13	AC	93	380	235	3	50	7.80	92.20	150	386	80.23	86.26	
324	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 13	AC	170	380	233	3	50	6.50	9350	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
325	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 13	AC	200	380	292	3	50	6.50	93.50	239	386	127.83	63.91	
326	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 13	AC	200	380	292	3	50	6.50	93.50	240	382	127.03	63.52	
327	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 13	AC	200	380/660	284/163.5	3	50	6.50	93.50	236	385	125.90	62.95	
328	ปั๊มน้ำหม้อเดี่ยว 13	AC	200	380	295	3	50	7.80	92.20	238	384	126.63	63.32	
329	ปั๊มน้ำ CO_2	AC	40	380	95.3	3	50	9.00	91.00	28	385	14.94	37.34	
330	ปั๊มน้ำร้อน Heater	AC	20	380	29.5	3	50	10.20	89.80	14	386	7.49	37.44	
331	ปั๊มน้ำร้อน Heater	AC	20	380	29	3	50	10.20	89.80	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
332	ปั๊มน้ำร้อน Heater	AC	20	380	29	3	50	10.20	89.80	14	386	7.49	37.44	
	ตู้ปั๊มน้ำร้อน Heater													
333	ปั๊มน้ำเหลืองรีไฟน์ 1	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	20	386	10.70	35.66	
334	ปั๊มน้ำเหลืองรีไฟน์ 1	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	16	385	8.54	28.45	
335	ปั๊มน้ำเหลือง A 2	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	23	384	12.24	40.79	
336	ปั๊มน้ำเหลือง A 5	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	29	386	15.51	51.70	
337	ปั๊มน้ำเหลืองดิบ	AC	30	380	43	3	50	9.60	90.40	42	386	22.46	74.88	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
338	ปั๊มน้ำเหลือง Y - D	AC	37	380	67	3	50	9.00	91.00	21	385	11.20	30.28	
	ตู้วัดกั๊มหม้อกรอง													
339	วัดกั๊มหม้อกรอง 1	AC	37	380	69	3	50	9.00	91.00	58	386	31.02	83.84	
340	วัดกั๊มหม้อกรอง 2	AC	37	380	69	3	50	9.00	91.00	55	385	29.34	79.30	
341	วัดกั๊มหม้อกรอง 3	AC	37	380	69	3	50	9.00	91.00	57	387	30.56	82.61	
342	วัดกั๊มหม้อกรอง 4	AC	37	380	69	3	50	9.00	91.00	59	386	31.56	85.29	
343	วัดกั๊มหม้อกรอง 5	AC	37	380	69	3	50	9.00	91.00	51	385	27.21	73.53	
	ตู้วัดกั๊มหม้อเกี่ยว หม้อต้ม													
344	วัดกั๊มเกี่ยวรีไฟน์ 1	AC	150	380	276	3	50	6.70	93.30	281	386	116.60	77.73	
345	วัดกั๊มหม้อต้ม 2	AC	150	380	270	3	50	6.70	93.30	200	382	105.86	70.57	
346	วัดกั๊มหม้อต้ม 3	AC	150	380	270	3	50	6.70	93.30	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
347	วัดกั๊มหม้อต้ม 4	AC	150	380	276	3	50	6.70	93.30	228	386	121.94	81.30	
348	วัดกั๊มหม้อต้ม 5	AC	150	380	277	3	50	6.70	93.30	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
349	วัดกั๊มหม้อต้ม 6	AC	150	380	270	3	50	6.70	93.30	130	386	69.53	46.35	
350	วัดกั๊มหม้อต้ม 7	AC	100	380	194	3	50	7.20	92.80	77	385	41.08	41.08	
351	วัดกั๊มหม้อต้ม 8	AC	150	380	270	3	50	6.70	93.30	120	387	64.35	42.90	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
352	วัดกั๊มหม้อต้ม 9	AC	150	380	270	3	50	6.70	93.30	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
353	วัดกั๊มหม้อต้ม 10	AC	150	380	276	3	50	6.70	93.30	205	386	109.64	73.10	
354	วัดกั๊มหม้อต้ม 11	AC	93	380	170	3	50	7.80	92.20	120	385	64.01	68.83	
355	วัดกั๊มหม้อต้ม 12	AC	160	380	284	3	50	6.70	93.30	210	389	113.19	70.74	
356	วัดกั๊มหม้อต้ม 13	AC	150	380	270	3	50	6.70	93.30	208	386	111.25	74.16	
357	วัดกั๊มหม้อต้ม 14	AC	100	380	195	3	50	7.80	92.20	138	385	73.62	73.62	
358	วัดกั๊มหม้อต้ม 15	AC	160	380	290	3	50	6.70	93.30	210	387	112.61	70.38	
359	วัดกั๊มหม้อต้ม 16	AC	150	380	270	3	50	6.70	93.30	215	384	114.40	76.26	
	มอเตอร์ใช้งานทั่วไป													
360	วัดกั๊มหม้อต้ม 2	AC	175	380	268	3	50	6.50	93.50	194	384	103.22	58.98	
361	วัดกั๊มหม้อต้ม 3	AC	75	380	105	3	50	8.00	92.00	70	386	37.44	49.92	
362	วัดกั๊มหม้อต้ม 4	AC	37	380	70	3	50	9.00	91.00	30	384	15.96	43.14	
363	วัดกั๊มหม้อต้ม 5	AC	37	380	70	3	50	9.00	91.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
364	วัดกั๊มหม้อต้ม 6	AC	22	380	42	3	50	10.20	89.80	37	384	19.85	90.21	
365	วัดกั๊มหม้อต้ม 7	AC	22	380	42	3	50	10.20	89.80	34	389	18.45	83.79	
366	วัดกั๊มหม้อต้ม 8	AC	22	380	42	3	50	10.20	89.80	34	384	17.93	81.50	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
367	ปั๊มน้ำขึ้นถังนอน 4	AC	22	380	42	3	50	10.20	89.80	35	385	18.67	84.87	
368	ลูกตี 3	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	43	386	22.84	41.52	
369	ลูกตี 4	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	67	385	35.85	65.18	
370	ลูกตี 5	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	59	386	31.34	56.98	
371	ลูกตี 6	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
372	สตอค์เกอร์ขวา	AC	22	380	42	3	50	10.20	89.80	24	382	12.70	57.74	
373	สตอค์เกอร์ซ้าย	AC	22	380	42	3	50	10.20	89.80	33	385	17.76	80.75	
374	ปั๊มน้ำมันเข้าเตา 7	AC	210	380	400	3	50	6.50	93.50	328	387	175.88	83.75	
375	ปั๊มน้ำมันเข้าเตา 7	AC	210	380	400	3	50	6.50	93.50	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
376	ปั๊มน้ำมันเลี้ยงเกียร์	AC	37	380	70	3	50	9.00	91.00	26	385	13.87	37.49	
377	Shoot Blower 1	AC	80	380	152	3	50	8.00	92.00	135	382	71.46	89.32	
378	Shoot Blower 2	AC	80	380	152	3	50	8.00	92.00	140	387	75.07	93.84	
379	Shoot Blower 4	AC	22	380	42	3	50	10.20	89.80	36	384	19.15	87.07	
380	Shoot Blower 5	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	67	385	35.90	65.28	
381	Shoot Blower 7	AC	22	380	42	3	50	10.20	89.80	21	386	11.39	51.78	
382	Shoot Blower 8	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	41	382	21.81	39.65	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
	มอเตอร์เตา 7													
383	พัดลมข้าง	AC	185	3300	40	3	50	-	-	38	3300	173.75	93.92	
384	ปั๊มน้ำเข้าเตา 7	AC	185	3300	40	3	50	-	-	35	3300	160.04	86.51	
385	พัดลมเป่าช่วย	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	70	389	37.68	68.50	
386	พัดลมเป่ากากอ้อย	AC	45	380	86	3	50	8.50	91.50	48	387	25.63	56.96	
387	ปั๊มน้ำมันเข้าเตา 7	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	-	-	-	-	ไม่ทำงาน
	มอเตอร์เตา 5													
388	พัดลมหลัง	AC	300	3300	66	3	50	-	-	52	3300	237.77	79.26	
389	พัดลมข้าง	AC	130	380	28	3	50	-	-	22	3300	100.59	77.38	
390	พัดลมเป่ากากอ้อย	AC	30	380	56	3	50	9.60	90.40	26	382	13.87	46.23	
391	พัดลมเป่าช่วยขวา	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	83	386	44.23	80.42	
392	พัดลมเป่าช่วยซ้าย	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	53	387	28.21	51.28	
	มอเตอร์เตา 4													
393	พัดลมหลัง	AC	300	3300	66	3	50	-	-	55	3300	251.49	83.83	
394	พัดลมข้าง	AC	130	380	28	3	50	-	-	23	3300	105.17	80.90	
395	พัดลมเป่ากากอ้อย	AC	30	380	56	3	50	9.60	90.40	28	382	14.82	49.40	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	KW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	KW	LF%	CONTROLLER
396	พัดลมเป่าช่วยขวา	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	89	386	47.81	86.94	
397	พัดลมเป่าช่วยซ้าย	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	58	385	30.99	56.35	
	มอเตอร์เตา 3													
398	พัดลมหลัง	AC	300	3300	66	3	50	-	-	52	3300	237.77	79.26	
399	พัดลมข้าง	AC	130	380	28	3	50	-	-	23	3300	105.17	80.90	
400	พัดลมเป่ากากอ้อย	AC	30	380	56	3	50	9.60	90.40	27	382	14.50	48.34	
401	พัดลมเป่าช่วยขวา	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	64	386	34.07	61.94	
402	พัดลมเป่าช่วยซ้าย	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	86	387	45.90	83.46	
	มอเตอร์เตา 2													
403	พัดลมหลัง	AC	300	3300	66	3	50	-	-	55	3300	251.49	83.83	
404	พัดลมข้าง	AC	130	380	28	3	50	-	-	24	3300	109.74	84.42	
405	พัดลมเป่ากากอ้อย	AC	30	380	56	3	50	9.60	90.40	30	382	15.77	52.58	
406	พัดลมเป่าช่วยขวา	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	81	386	43.38	78.86	
407	พัดลมเป่าช่วยซ้าย	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	58	387	31.10	56.55	

ตารางแสดงข้อมูลจาก NAME PLATE และจากการสำรวจมอเตอร์ขนาดตั้งแต่ 20 KW ขึ้นไป

NO	NAME	TYPE	SPECIFICATION / RATED							ACTUAL				REMARK
		AC/DC	kW	V	I	Ph	HZ	LOSS%	EFF%	I	V	kW	LF%	CONTROLLER
	มอเตอร์เตา 1													
408	พัดลมหลัง	AC	300	3300	66	3	50	-	-	55	3300	251.49	83.83	
409	พัดลมข้าง	AC	130	380	28	3	50	-	-	26	3300	119.88	91.45	
410	พัดลมเป่ากากอ้อย	AC	30	380	56	3	50	9.60	90.40	32	382	17.15	57.16	
411	พัดลมเป่าช่วยขวา	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	55	386	29.20	53.10	
412	พัดลมเป่าช่วยซ้าย	AC	55	380	105	3	50	8.00	92.00	91	387	48.58	88.33	

รายละเอียดการตรวจวัดระบบแสงสว่าง

ตารางแสดงสรุปการใช้พลังงานแสงสว่างในพื้นที่ต่าง ๆ

No	ห้อง / อาหาร	อาคาร		ชนิดหลอด	ชนิดบัลลาสต์	กำลังไฟ 1 โคม (W)	หลอด/โคม	จำนวนโคม	การติดตั้ง	ลักษณะโคม		ความส่องสว่าง		ชั่วโมงทำงาน	พลังงาน/วัน (kWh/วัน)	หมายเหตุ
		ผนังห้อง	หลังคา/ฝ้า							Reflector	cover	วัด (LUX)	มาตรฐาน (LUX)			
1	ห้องประชุม	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	6	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	478	500	5	1.38	
		ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 20. W.	แกนเหล็ก	30	1	8	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง			5	1.20	
2	น้ำตาลรางกระต่าย	ครีม	ครีม	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	2	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	237	500	12	1.10	
				ฟลูออเรสเซนต์ 20. W.	แกนเหล็ก	30	1	1	โคมแขวน	ใส	พลาสติก			12	0.36	
3	ห้องบัญชี	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 20. W.	แกนเหล็ก	120	4	4	โคมแขวน	ใส	พลาสติก	209	500	12	5.76	
		ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	3	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง			12	1.66	
4	ห้องบัญชีอ้อย	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	6	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	426	150	12	3.31	
		ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 20. W.	แกนเหล็ก	120	4	7	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง			12	10.08	
5	ห้องบัญชีคอมพิวเตอร์	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	5	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	165	500	12	2.76	
6	ที่นั่งรอ	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 20. W.	แกนเหล็ก	30	1	12	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	295	500	12	4.32	
7	ห้องครัว	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	92	2	6	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	85	500	12	6.62	
8	ห้องวิศวกรรม	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	92	2	8	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	168	500	12	8.83	
9	ห้องพัสดุ	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	92	2	20	เปิดโล่ง	-	เปิดโล่ง	292	500	12	22.08	
				ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	22	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง			12	12.14	
10	ห้องชั่ง	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	92	2	2	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	546	500	24	4.42	
				ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	3	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง			24	3.31	
				ฟลูออเรสเซนต์ 40. W.	แกนเหล็ก	50	1	7	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง			24	8.40	
11	ห้องฝ่ายบุคคล	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	8	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	438	500	12	4.42	
				ฟลูออเรสเซนต์ 20. W.	แกนเหล็ก	30	1	1	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง			12	0.36	
12	ห้องควบคุมคุณภาพ	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	16	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	189	500	24	17.66	
13	ห้องเครื่องมือวัด	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	4	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	84	500	12	2.21	
14	ห้องเทอร์ไบน์ไฟฟ้า	ขาว	ขาว	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	18	โคมแขวน	-	เปิดโล่ง	362	500	24	19.87	
15	อื่น ๆ	-	-	ฟลูออเรสเซนต์ 36. W.	แกนเหล็ก	46	1	2146	-	-	-	-	-	24	2369.18	
				ทังสเตนเฮโลเจน 500.W	-	500	1	75	-	-	-	-	-	24	900.00	

รายละเอียดการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ

ตารางแสดงผลการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ

ที่	ตำแหน่งที่ตั้ง	CAPACITY BTU/hr	บริษัทผู้ผลิต	ประเภท	ชั่วโมงทำงาน (h/d)	ลมจ่าย					ลมกลับ		ค่าตรวจวัดความต้านไฟฟ้า			หมายเหตุ
						$T_{S,AV}$ (^{O}C)	$\phi_{S,AV}$ (%)	$V_{S,AV}$ (m/s)	Area (cm^2)	CMM	$T_{R,AV}$ (^{O}C)	$\phi_{R,AV}$ (%)	กำลัง (kW)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	
1	ห้องประชุม	51,173	Uni Air	แยกส่วน	8	18.2	74.4	4.27	2700	69.17	22.3	61.0	3.60	347	6.5	
2	ห้องน้ำตารางกระต่าย	25,000	Uni Air	แยกส่วน	12	19.0	71.1	2.85	1800	30.78	22.3	67.5	2.20	192	11.3	
3	ห้องบัญชี	25,000	Genarator	แยกส่วน	12	18.3	72.20	1.83	1210	13.29	29.00	58.4	3.00	254	14.8	
4	ห้องบัญชีฝ่ายไร่อ้อย	25,000	Ami	แยกส่วน	12	16.2	62.30	3.15	1210	22.87	21.50	59.7	2.50	205	13.1	
5	ห้องครัว	30,000	-	แยกส่วน	8	17.8	56.00	2.97	2200	39.20	20.80	72.0	4.80	348	9.4	
6	ห้องวิศวกรรม	30,000	Sapphire	แยกส่วน	12	18.9	75.1	7.25	4000	174.00	23.2	55.8	5.70	348	10.7	
7	ห้องพัสดุ	20,000	Genarator	แยกส่วน	12	16.3	56.8	2.80	1540	25.87	22.1	68.0	4.20	343	8.5	
8	ห้องชั่งอ้อย	18,000	Carrier	แยกส่วน	24	19.5	53.4	3.25	1210	23.60	22.8	62.3	2.60	207	13.6	
9	ห้องชั่งอ้อย	18,000	Genarator	แยกส่วน	24	17.2	55.7	3.56	880	18.80	22.1	56.2	2.00	200	10.0	
10	ห้องชั่งอ้อย	18,000	-	แยกส่วน	24	16.5	50.6	2.30	1100	15.18	22.8	56.3	2.30	206	11.9	
11	ห้องชั่งอ้อย	18,000	Genarator	แยกส่วน	24	17.5	62.3	4.01	880	21.17	22.3	57.1	1.90	207	10.1	
12	ห้องฝ่ายบุคคล	25,000	Genarator	แยกส่วน	24	17.0	56.3	2.35	1540	21.71	22.4	72.3	3.97	202	21.7	
13	ห้องควบคุมคุณภาพ	30,000	Aeromastor	แยกส่วน	24	16.9	63.2	3.00	1600	28.80	22.3	55.1	2.66	355	5.5	
14	ห้องควบคุมคุณภาพ	20,000	-	แยกส่วน	24	17.4	63.2	4.16	880	21.96	22.3	62.1	2.40	204	12.5	
15	ห้องควบคุมหม้อปั่น	30,000	Central Air	แยกส่วน	24	19.1	56.3	3.35	2400	48.24	22.5	56.2	3.80	354	7.6	
16	ห้องควบคุมหม้อปั่น	100,000	-	แยกส่วน	24	18.5	68.2	4.12	4000	98.88	24.1	56.8	9.00	350	17.3	
17	ห้องหัวหน้าหม้อปั่น	35,000	Aeromastor	แยกส่วน	24	17.4	60.2	3.98	1500	35.82	24.8	53.9	5.07	202	14.9	
18	ห้องบรรจุน้ำตาล	20,000	-	แยกส่วน	24	18.7	65.3	3.08	1100	20.33	24.2	59.8	2.27	209	11.1	

ับ	ค่าตรวจวัดความดันไฟฟ้า			หมายเหตุ
ϕ_{RAV} (%)	กำลัง (kW)	แรงดัน (V)	กระแส (A)	
58.70	2.33	206	11.3	
-	-	-	-	เสีย
-	-	-	-	เสีย
56.2	3.40	351	6.88	
45.7	1.10	204	10.1	
39.5	3.8	360	7.7	
45.9	1.20	209	10.1	
49.7	2.30	221	11.1	
56.2	3.50	351	7.3	
59.8	4.30	355	7.5	
50.7	3.30	194	20.1	
59.1	2.09	194	11.2	
56.2	2.20	216	11.5	
53.2	4.08	368	7.1	
46.3	3.70	376	7.31	
56.2	4.00	375	10	
52.4	5.70	374	10.7	
52.8	3.40	210	16.9	
45.6	4.60	370	9.24	
49.7	4.30	356	8.7	
46.7	4.50	358	9.13	

ตารางแสดงผลการคำนวณจากการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ

ที่	ตำแหน่งที่ตั้ง	CAPACITY BTU/hr	ลมจ่าย			ลมกลับ			ค่าการคำนวณ			กำลังไฟฟ้า (kW)	kW/TON	ค่ามาตรฐาน kW/TON
			$T_{S,AV}$ (^{o}C)	$\phi_{S,AV}$ (%)	h_S (kJ/kg)	$T_{R,AV}$ (^{o}C)	$\phi_{R,AV}$ (%)	h_S (kJ/kg)	Δh (kJ/kg)	CMM	TON			
1	ห้องประชุม	50,000	18.2	74.4	43.10	22.3	61.0	48.72	5.62	69.17	2.22	3.60	1.62	1.61
2	ห้องน้ำตาลรางกระต่าย	25,000	19.0	71.1	43.96	22.3	67.5	51.59	7.63	30.78	1.34	2.20	1.64	1.61
3	ห้องบัญชี	25,000	18.3	72.2	42.60	29.0	58.4	66.92	24.32	13.29	1.84	3.00	16.3	1.61
4	ห้องบัญชีฝ่ายไร่อ้อย	25,000	16.2	62.3	34.44	21.5	59.7	46.05	11.61	22.87	1.52	2.50	1.65	1.61
5	ห้องครัว	30,000	17.8	56.0	36.01	20.8	72.0	49.13	13.12	39.20	2.94	4.80	1.63	1.61
6	ห้องวิศวกรรม	30,000	18.9	75.1	45.13	23.2	55.8	48.70	3.57	174.00	3.54	5.70	1.61	1.61
7	ห้องพัสดุ	20,000	16.3	56.8	33.03	22.1	68.0	51.24	18.21	25.87	2.69	4.20	1.56	1.61
8	ห้องชั่งอ้อย	18,000	19.5	53.4	38.72	22.8	62.3	50.64	11.92	23.60	1.61	2.60	1.62	1.61
9	ห้องชั่งอ้อย	18,000	17.2	55.7	34.63	22.1	56.2	46.11	11.48	18.80	1.23	2.00	1.62	1.61
10	ห้องชั่งอ้อย	18,000	16.5	50.6	31.60	22.8	56.3	47.92	16.32	15.18	1.41	2.30	1.63	1.61
11	ห้องชั่งอ้อย	18,000	17.5	62.3	37.40	22.3	57.1	47.01	9.60	21.17	1.16	1.90	1.64	1.61
12	ห้องฝ่ายบุคคล	25,000	17.0	56.3	34.39	22.4	72.3	54.01	19.62	21.71	2.43	3.97	1.63	1.61
13	ห้องควบคุมคุณภาพ	30,000	16.9	63.2	36.32	22.3	55.1	46.13	9.81	28.80	1.61	2.66	1.65	1.61
14	ห้องควบคุมคุณภาพ	20,000	17.4	63.2	37.47	22.3	62.1	48.21	11.74	21.96	1.47	2.40	1.63	1.61
15	ห้องควบคุมหม้อปั่น	30,000	19.1	56.3	38.91	22.5	56.2	47.11	8.20	48.24	2.26	3.80	1.68	1.61
16	ห้องควบคุมหม้อปั่น	100,000	18.5	68.2	41.72	24.1	56.8	51.45	9.74	98.88	5.49	9.00	1.64	1.61
17	ห้องหัวหน้าหม้อปั่น	35,000	17.4	60.2	36.50	24.8	53.9	51.76	15.26	35.82	3.12	5.07	1.62	1.61
18	ห้องบรรจุน้ำตาล	20,000	18.7	65.3	41.19	24.2	59.8	53.19	12.00	20.33	1.39	2.27	1.63	1.61

ตารางแสดงผลการคำนวณจากการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ

ที่	ตำแหน่งที่ตั้ง	CAPACITY BTU/hr	ลมจ่าย			ลมกลับ			ค่าการคำนวณ			กำลังไฟฟ้า (kW)	kW/TON	ค่ามาตรฐาน kW/TON
			$T_{S,AV}$ (^{O}C)	$\phi_{S,AV}$ (%)	h_S (kJ/kg)	$T_{R,AV}$ (^{O}C)	$\phi_{R,AV}$ (%)	h_S (kJ/kg)	Δh (kJ/kg)	CMM	TON			
19	ห้องบรรจุน้ำตาล	20,000	16.5	63.5	35.49	22.1	58.7	47.19	11.70	21.45	1.43	2.33	1.63	1.61
20	ห้องควบคุมหม้อปั่น	30,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	ห้องควบคุมหม้อปั่น	30,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	ห้องคอนโทรลรีไฟน์	30,000	16.2	58.7	33.38	24.6	56.2	52.43	19.05	18.53	2.01	3.40	1.69	1.61
23	ห้องประชุมฝ่ายผลิตแผนกหม้อเคี่ยว	26,200	17.9	55.8	36.16	22.6	45.7	42.68	6.52	18.30	0.68	1.10	1.62	1.61
24	ห้องคอนโทรลหม้อต้ม	20,000	16.2	0.0	16.20	24.6	39.5	43.85	27.65	15.10	2.38	3.80	1.59	1.61
25	ห้องคอนโทรลหม้อต้ม	10,000	18.1	70.1	41.40	24.7	45.9	47.48	6.08	20.95	0.73	1.20	1.65	1.61
26	ห้องคอนโทรลลูกหีบ	20,000	18.7	61.5	39.86	25.5	49.7	51.48	11.62	21.44	1.42	2.30	1.62	1.61
27	ห้องคอนโทรลระบบแช่	33,000	17.8	58.7	36.90	24.1	56.2	51.16	14.26	26.45	2.15	3.50	1.63	1.61
28	ห้องคอนโทรลระบบแช่	33,000	17.5	53.2	34.46	23.9	59.8	52.40	17.93	25.74	2.63	4.30	1.63	1.61
29	ห้อง CCS	35,300	17.4	56.8	35.41	22.3	50.7	44.20	8.79	39.82	2.00	3.30	1.65	1.61
30	ห้อง CCS	20,000	16.5	59.4	34.25	22.5	59.1	48.41	14.16	15.84	1.28	2.09	1.63	1.61
31	ห้อง CMC	25,000	18.4	69.4	41.89	25.4	56.2	54.64	12.75	18.27	1.33	2.20	1.66	1.61
32	ห้อง CMC	33,000	17.8	59.7	37.23	22.9	53.2	46.76	9.53	45.86	2.49	4.08	1.64	1.61
33	ห้องประสานงาน	30,000	18.5	61.8	39.51	24.4	46.3	47.00	7.49	52.02	2.22	3.70	1.66	1.61
34	ห้องคอนโทรลเตา	22,500	18.5	75.3	44.18	22.9	56.2	48.13	3.95	108.86	2.45	4.00	1.63	1.61
35	ห้องคอนโทรลเตา	33,000	18.4	56.7	37.54	25.0	52.4	51.49	13.95	43.49	3.46	5.70	1.65	1.61
36	ห้องคอนโทรลเตา	30,000	18.2	62.3	39.00	23.5	52.8	48.04	9.04	39.55	2.04	3.40	1.67	1.61
37	ห้อง Terbine	50,000	15.4	62.3	32.63	23.3	45.6	44.20	11.57	41.47	2.74	4.60	1.68	1.61
38	ห้อง Terbine	50,000	16.9	70.5	38.59	24.6	49.7	49.16	10.57	43.49	2.62	4.30	1.64	1.61
39	ห้อง Terbine	50,000	16.5	56.2	33.28	23.8	46.7	45.84	12.56	39.02	2.80	4.50	16.1	1.61

ภาคผนวก ค

รายละเอียดการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

มาตรการลดการ Blowdown ของหม้อไอน้ำ

ทางโรงงานมีหม้อไอน้ำใช้งานทั้งหมดจำนวน 6 ลูก โดยหม้อไอน้ำลูกที่ 1-4 จะสลับการใช้งานครั้งละ 3 ลูก ส่วนหม้อไอน้ำลูกที่ 5 และ 6 จะเป็นหม้อไอน้ำใช้งานหลัก ดังนั้นจึงคิดเปอร์เซ็นต์การใชงานของหม้อไอน้ำลูกที่ 1-4 ที่ 60 % ส่วนลูกที่ 5และ 6 อยู่ที่ 70 % (ที่70 % เป็นเปอร์เซ็นต์การทำงานปกติของทางโรงงาน) จากการตรวจสอบพบว่า TDS ของน้ำใน Boiler มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ค่อนข้างมาก โดยเกณฑ์ค่า TDS ของน้ำในหม้อไอน้ำอยู่ที่ 3,000 ppm ซึ่งสามารถลดการ Blowdown ของหม้อไอน้ำทุกลูกลงมาได้ เพื่อให้ค่า TDS ของน้ำในหม้อไอน้ำอยู่ที่ 3,000 ppm ซึ่งจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานในหม้อไอน้ำลงได้ โดยสาสมารถแสดงผลประหยัดได้ดังนี้

ค่า TDS ของน้ำก่อนปรับปรุง

รายละเอียด	Boiler 1	Boiler 2	Boiler 3	Boiler 4	Boiler 5	Boiler 6
TDS น้ำป้อน (ppm)	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6
TDS น้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)	322.4	264.6	885.2	340.2	187.6	403.2

วิธีการคำนวณหม้อไอน้ำ No.1

สภาพการ Blowdown ก่อนปรับปรุง

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)	
		ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x31,000	
		(302.4-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	14,551	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	7,764,413.6	kJ/h

สภาพการ Blowdown หลังปรับปรุง

ควบคุมค่า TDS ของน้ำใน Steam Drum ให้มีค่าเท่ากับ 3,000 ppm

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)	
		ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x31,000	
		(3000-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	1,031	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	1,031 x (920.3-386.7)	
	=	550,141.6	kJ/h
คิดเป็นความร้อนที่สูญเสียลดลง	=	7,764,413.6-550,141.6	
	=	7,214,272.0	kJ/h

วิธีการคำนวณหม้อไอน้ำ No.2

สภาพการ Blowdown ก่อนปรับปรุง

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)	
		ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x51,480	
		(264.6-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	29,601	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	29,601 x (920.3-386.7)	
	=	15,795,093.6	kJ/h

สภาพการ Blowdown หลังปรับปรุง

ควบคุมค่า TDS ของน้ำใน Steam Drum ให้มีค่าเท่ากับ 3,000 ppm

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)	
		ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x51,480	
		(3000-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	1,713	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	1,713 x (920.3-386.7)	
	=	914,056.8	kJ/h
คิดเป็นความร้อนที่สูญเสียลดลง	=	15,795,093.6-914,056.8	
	=	14,881,036.8	kJ/h

วิธีการคำนวณหม้อไอน้ำ No3

สภาพการ Blowdown ก่อนปรับปรุง

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)	
		ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x48,870	
		(885.2-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	5,956	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	5,986 x (920.3-386.7)	
	=	4,930,668.2	kJ/h

สภาพการ Blowdown หลังปรับปรุง

ควบคุมค่า TDS ของน้ำใน Steam Drum ให้มีค่าเท่ากับ 3,000 ppm

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)	
		ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x48,870	
		(3000-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	1,626	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	1,626 x (920.3-386.7)	
	=	1,339,336.2	kJ/h
คิดเป็นความร้อนที่สูญเสียลดลง	=	4,930,668.2-1,339,336.2	
	=	3,591,332.0	kJ/h

วิธีการคำนวณหม้อไอน้ำ No4

สภาพการ Blowdown ก่อนปรับปรุง

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)	
		ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x49,130	
		(340.2-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	19,483	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื้องจากการ Blowdown	=	19,483 x (920.3-386.7)	
	=	10,396,128.8	kJ/h

สภาพการ Blowdown หลังปรับปรุง

ควบคุมค่า TDS ของน้ำใน Steam Drum ให้มีค่าเท่ากับ 3,000 ppm

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)	
		ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x49,130	
		(3000-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	1,635	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื้องจากการ Blowdown	=	1,635 x (920.3-386.7)	
	=	872,436.0	kJ/h
คิดเป็นความร้อนที่สูญเสียลดลง	=	10,396,128.8-872,436.0	
	=	9,523,692.8	kJ/h

วิธีการคำนวณหม้อไอน้ำ No5

สภาพการ Blowdown ก่อนปรับปรุง

อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	5,000	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	5,000 x (920.3-386.7)	
	=	2,668,000.0	kJ/h

สภาพการ Blowdown หลังปรับปรุง

ควบคุมค่า TDS ของน้ำใน Steam Drum ให้มีค่าเท่ากับ 3,000 ppm

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h)	
		ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x52,560	
		(3000-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	1,749	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	920.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	1,749 x (920.3-386.7)	
	=	933,266.4	kJ/h
คิดเป็นความร้อนที่สูญเสียลดลง	=	2,668,000.0-933,266.4	
	=	1,734,733.6	kJ/h

วิธีการคำนวณหม้อไอน้ำ No6

สภาพการ Blowdown ก่อนปรับปรุง

อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	5,000	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	931.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	5,000 x (931.3-386.7)	
	=	2,723,000.0	kJ/h

สภาพการ Blowdown หลังปรับปรุง

ควบคุมค่า TDS ของน้ำใน Steam Drum ให้มีค่าเท่ากับ 3,000 ppm

ปริมาณน้ำ Blowdown	=	ค่าTDS ของน้ำป้อน (ppm) x ไอน้ำที่ผลิตได้ (kg/h) / ค่าTDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ (ppm)-ค่าTDSของน้ำป้อน	
	=	96.6x83,500 / (3000-96.6)	
อัตราน้ำ Blowdown (mb)	=	2,778	kg/h
เอ็นธาลปีของน้ำBlowdown ที่แรงดัน 20 bar	=	931.3	kJ/kg
เอ็นธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ 92 ^{0}C	=	386.7	kJ/kg
ดังนั้น ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการ Blowdown	=	2,778 x (931.3-386.7)	
	=	1,512,898.8	kJ/h
คิดเป็นความร้อนที่สูญเสียลดลง	=	2,723,000.0-1,512,898.8	
	=	1,210,101.2	kJ/h
พลังงานที่ประหยัดได้รวมของหม้อไอน้ำลูกที่ 1-4	=	7,214,272.0+14,881,036.8+3,591,332.0+9,523,692.8	
	=	35,210,333.6	kJ/h
พลังงานที่ประหยัดได้รวมของหม้อไอน้ำลูกที่ 5-6	=	1,734,733.6+1,210,101.2	
	=	2,944,834.8	kJ/h
ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	=	24	ชม.
วันทำงานต่อปี (ช่วงหีบ)	=	110	วัน
% การใช้งานหม้อไอน้ำลูกที่ 1-4	=	60	%
% การใช้งานหม้อไอน้ำลูกที่ 5-6	=	70	%

พลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี	=	(35,210,333.6x 24x110x0.6)+(2,944,834.8x24x110x0.7)	
	=	61,215,223,132.8	kJ/ปี
	=	61,215.22	GJ/ปี
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเฉลี่ย	=	53.50	%
ค่าความร้อนของกากอ้อย	=	9.164	GJ/ตัน
ดังนั้น ปริมาณกากอ้อยที่ประหยัดได้	=	61,215.22 / (9.164x0.535)	
	=	12,486	ตัน/ปี
ราคากากอ้อย	=	200	บาท/ตัน
คิดเป็นราคากากอ้อยที่ประหยัด	=	2,497,200	บาท/ปี

แสดงค่าใช้จ่ายของมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน

ลำดับ	มาตรการ	ค่าใช้จ่าย
	มาตรการลดการ Blowdown ของหม้อไอน้ำ	
1	ค่าแรงงานหัวหน้าส่วนผลิตในการอบรมและเฝ้าควบคุมอย่างต่อเนื่อง	33,000.00
2	ค่าใช้จ่ายเรื่องงานวิจัยและทดลองก่อนดำเนินการจริง	25,000.00
3	ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากเดิม	132,000.00
	รวมค่าใช้จ่าย	190,000.00

การคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณการลด % O_2 ในแก๊สเสีย ของหม้อไอน้ำชุดที่1

การคำนวณการสูญเสียเนื่องจากแก๊สเสีย

จากคุณสมบัติของกากอ้อย (ความชื้น 50%) มีองค์ประกอบของธาตุดังนี้

C	=	18.28 % โดยน้ำหนัก
H	=	3.48 % โดยน้ำหนัก
O_2	=	25.28 % โดยน้ำหนัก
N_2	=	0.10 % โดยน้ำหนัก
S	=	0.03 % โดยน้ำหนัก
Ash	=	2.83 % โดยน้ำหนัก
H_2O	=	50.00 % โดยน้ำหนัก

มวลของออกซิเจนที่ต้องการสำหรับ Stoichometric combustion (M_0)

$$M_0 = 2.66C + 0.998S + 7.9737H - O_2$$
$$= (2.664 \times 0.1828) + (0.998 \times 0.0003) + (7.937 \times 0.0348) - 0.2528$$
$$= 0.512 \quad \text{kg/kgf}$$

มวลของในโตรเจนในการเผาไหม้ (M_N)

$$M_N = 3.31Mo + N$$
$$= (3.31 \times 0.512) + 0.001$$
$$= 1.695 \quad \text{kg/kgf}$$

มวลของ Dry Stoichometric combustion product (M_{gs})

$$M_{gs} = 3.665C + 0.998S + M_N$$
$$= (3.665 \times 0.1828) + (0.998 \times 0.0003) + 1.695$$
$$= 2.365 \quad \text{kg/kgf}$$

Excess air as fraction (e') (สำหรับเชื้อเพลิงกากอ้อย)

$$e' = \frac{1 \times (O2)}{(21 - 10.6)}$$

$$e' = \frac{10.6}{(21 - 10.6)}$$

$$= 1.019$$

มวลของอากาศสำหรับ Stoichiometrc combustion (M_A)

M_A = 4.31 M_0

≈ 4.31 x 0.512

= 2.206 kg/kgf

มวลของอากาศส่วนเกิน (M_E)

M_E = e' M_A

≈ 1.019 + 2.206

= 2.248 kg/kgf

มวลของอากาศ (M_T)

MT ≈ (1 + e') M_A

= (1 + 1.019) x 2.206

= 4.454 kg/kgf

มวลของอากาศเสียแห้งรวม (Mg)

M_g = M_{gs} + M_E

= 2.365 + 2.248

= 4.613 kg/kgf

การคำนวณหาการสูญเสียเนื่องจากอากาศเสียแห้ง (L_d)

Ld = M_g + Cp_g x $(T_g - T_a)$

โดยที่ M_g คือ มวลของอากาศเสียแห้งรวม (kg/kgf)

Cp_g คือ ความร้อนจำเพาะของแก๊สเสีย = 1.01 kj/kg c

T_g คือ อุณหภูมิแก๊สเสีย (^{0}C)

T_a คือ อุณหภูมิอากาศที่ใช้เผาไหม้ (^{0}C)

L_d = 4.613 x 1.01 x (182 – 141)

= 191.03 kJ/kgf

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย = 191.03/7,560*100

= 2.527 %

เมื่อลดร้อยละ O_2 ในแก๊สเสียลงเหลือร้อยละ 4

M_0 = ค่าเดิม = 0.512 kg/kgf

M_N = ค่าเดิม = 1.695 kg/kgf

M_{gs} = ค่าเดิม = 2.365 kg/kgf

$$e' = \frac{1 \times (O_2)}{(21 - O_2)}$$

$$= \frac{4}{(21 - 4)}$$

$$= 0.235$$

M_A = ค่าเดิม = 2.206 kg/kgf

$M_E = e' M_A$

$= 0.235 \times 2.206$

$= 0.519$ kg/kgf

$M_T = (1 + e') M_A$

$= (1 + 0.235) \times 2.206$

$= 2.725$ kg/kgf

$M_g = M_{gs} + M_E$

$= 2.365 + 0.159$

$= 2.884$ kg/kgf

L_d ใหม่ $= M_g \times cp_g \times (T_g - T_a)$

$= 2.884 \times 1.01 \times (182 - 141)$

$= 119.43$ kJ/kgf

$= 1.580$ %

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้น = 2.527 – 1.580

= 0.947 %

จากตารางการตรวจวัดหม้อไอน้ำชุดที่ 1 มีประสิทธิภาพเดิม 68.58 %

ดังนั้นการลด O_2 ในแก๊สเสียเหลือ 4% หม้อไอน้ำจะมีประสิทธิภาพ 69.53 %

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี					
	0	1	2	3	4	5
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)						
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	305,256.00	305,256.00	305,256.00	305,256.00	305,256.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-150,000.00	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-15,000.00	-15,000.00	-15,000.00	-15,000.00	-15,000.00
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-150,000.00	260,256.00	260,256.00	260,256.00	260,256.00	260,256.00
ระยะเวลาคืนทุน	0.57 ปี					
IRR	172.35%					

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)																
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000	5,708,000
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-28,600,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000	-590,000
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-28,600,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000	5,118,000
ระยะเวลาคืนทุน	5.59 ปี															
IRR	15.95%															

มาตรการใช้เทอร์โมสตัสอิเล็กทรอนิคส์

จากการสำรวจโรงงาน มีจำนวนเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 39 เครื่อง

คิดเป็นความสามารถในการทำความเย็น 78 ตัน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดประมาณ 799,488 kWh/ปี

การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศของอาคารมีการใช้อุปกรณ์เทอร์โมสตัทอยู่ 2 ชนิด คือชนิดรับความร้อนจากโลหะคู่ผสม (bi-metal) ที่ติดตั้งในเครื่องปรับอากาศ และชนิดอิเล็กทรอนิคส์เทอร์โมสตัท หากดำเนินการเปลี่ยนจากอุปกรณ์เทอร์โมสตัทชนิดรับความร้อนจากโลหะคู่ผสม (bi-metal) ที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศไปใช้เทอร์โมสตัทชนิดอิเล็กทรอนิคส์ เทอร์โมสตัท เพื่อควบคุมอุณหภูมิการปรับอากาศและการทำงานของเครื่องปรับอากาศทั้งหมดแล้ว จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ประมาณร้อยละ 13

(จากรายงานของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

ดังนั้นผลที่ประหยัดได้ = 799,488 x 0.13x 0.60

= 62,360.06 kWh/ปี

(COMPRESSOR ทำงานร้อยละ 60 ของเวลาทำงานAIR CONDITION)

ดังนั้นผลที่ประหยัดได้ = 62,360.06 kWh/y x 3.88 Baht/kWh

= 241,957.05 บาท/ปี

การลงทุน

ปรับปรุงโดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ (อิเล็กทรอนิคส์เทอร์โมสตัท)

ราคาอิเล็กทรอนิคส์เทอร์โมสตัท	=	1,089	บาท/ชุด
จำนวน	=	39	ชุด
รวมเป็นเงิน	=	42,471	บาท
ค่าวัสดุอุปกรณ์อื่นๆ	=	2,925	บาท
รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น	=	45,396	บาท

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการใช้เทอร์โมสตัสอิเลคทรอนิคส์

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี					
	0	1	2	3	4	5
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)						
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	241,957.05	241,957.05	241,957.05	241,957.05	241,957.05
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-45,396.00	-	-			
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-	-			
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-			
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-45,396.00	241,957.05	241,957.05	241,957.05	241,957.05	241,957.05
ระยะเวลาคืนทุน	0.19 ปี					
IRR	532.94%					

มาตรการการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

ทางโรงงานจะมีฝุ่นจากกากอ้อยกระจายอยู่ทั่วไป ทำให้ Condensing unit มีฝุ่นจากกากอ้อยนี้มาเกาะอยู่จำนวนมาก ทางโรงงานจะไม่มีการทำความสะอาดระบบปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานอย่างหนึ่ง

จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ไม่ได้ปรับปรุง	จำนวนรวม	39	เครื่อง
คิดเป็นความสามารถในการทำความเย็น	เท่ากับ	78.16	ตัน
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดประมาณ	เท่ากับ	799,488	kWh/ปี
ค่า kW/ตัน เฉลี่ย	เท่ากับ	1.64	kW/ตัน
	เท่ากับ	7.32	BTU/W-hr

ถ้ามีการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยเพิ่มสมรรถนะการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้น โดยเครื่องที่มีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ จะใช้พลังงานประมาณ 8.17 BTU/W-hr (ข้อมูลในตารางได้จาก Technical data ของ compressor energy efficiency)

ผลต่างการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ	=	(8.17-7.32) x 100	
	=	8.17	
	=	10.44	%
หลังจากล้างเครื่องปรับอากาศทั้งหมด คาดว่าจะประหยัดพลังงาน	=	799,488 kWh/y x 0.6 x 0.1044	
(Compressor ทำงาน 60 %)	=	50,079	kWh/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	50,079 x 3.88	บาท/ปี
	=	194,305	บาท/ปี

การลงทุน

การทำความสะอาด Air Condition. ต้องลงทุนค่าแรงงานประมาณ	=	500 บาท/เครื่อง/ครั้ง	
1 ปีทำความสะอาด 3 ครั้ง เป็นเงิน	=	58,500 บาท/ปี	

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี	
	0	1
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)		
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	194,305.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-58,500.00	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-58,500.00
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-58,500.00	135,805.00
ระยะเวลาคืนทุน	0.43 ปี	
IRR	132.15%	

มาตรการการเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide

จากการสำรวจพบว่ามีหลอด Mercury ขนาด 400 วัตต์ ใช้อยู่ในโรงงาน ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นหลอด Metal Halide ขนาด 250 วัตต์ได้ โดยการเปลี่ยนหลอดไฟนี้จะช่วยลดกำลังไฟฟ้าลงได้ และยังให้ความสว่างใกล้เคียงกับของเดิมซึ่งผลของการคำนวณแสดงได้ดังนี้

หมายเหตุ: ตัวอย่างการคำนวณผลประหยัดของการเปลี่ยนหลอด Mercury 400 วัตต์ เป็น Metal Halide 250 วัตต์ ในโรงงานบริเวณโซน A

กำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ ของ Mercury 400 W	=	22	W
จำนวนหลอดใช้งานจริง	=	5	หลอด
จำนวนชั่วโมงทำงาน	=	24	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	=	110	วัน/ปี
% การใช้งาน	=	95	%

ก่อนปรับปรุง

กำลังไฟฟ้าของหลอด Mercury	=	400	W / หลอด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	(400 + 22) / 1,000 x 5	
	=	2.11	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	2.11 x 24 x 110 x 0.95	
	=	5,291.88	kWh/ปี

หลังปรับปรุง

กำลังสูญเสียของบัลลาสต์ของ Metal Halide 250 W	=	19	W
กำลังไฟฟ้าของหลอด Metal Halide	=	250	W / หลอด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	(250 + 19) / 1,000 x 5	
	=	1.345	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	1.345 x 24 x 110 x 0.95	
	=	3,373.26	kWh/ปี

ผลประหยัด

- ช่วงเปิดหีบ

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ก่อนปรับปรุง (kW / เดือน)	หลังปรับปรุง (kW / เดือน)	ผลประหยัด (kW / เดือน)
	100.44	64.02	36.42
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	**(kWh / ปี)**	**(kWh / ปี)**	**(kWh / ปี)**
	123,997	79,041	44,956

ราคาไฟฟ้า = 0.16 บาท / kWh

- ช่วงปิดหีบ

พลังไฟฟ้าที่ใช้	ก่อนปรับปรุง (kWh / เดือน)	หลังปรับปรุง (kWh / เดือน)	ผลประหยัด (kWh / เดือน)
On Peak	11.39	7.26	4.13
Partial Peak	75.54	48.15	27.39
Off Peak	11.39	7.26	4.13
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	**(kWh / ปี)**	**(kWh / ปี)**	**(kWh / ปี)**
On Peak	7,196	4,587	2,609
Partial Peak	69,089	44,040	25,049
Off Peak	22,787	14,525	8,262
ผลประหยัดได้			**35,920**

รวมพลังงานที่ประหยัดได้ = 80,876 kWh / ปี

ผลประหยัดที่ได้ = 80,876 x 3.88 บาท / ปี

= 313,789.9 บาท / ปี

การลงทุน

หลอด Metal Halide 250 W

ลำดับ	อุปกรณ์	จำนวน (ชิ้น)	ราคา / หน่วย (บาท)	ราคารวม (บาท)
1	หลอด Metal Halide	238	950	226,100
2	บัลลาสต์ 250 วัตต์	238	335	79,730
3	อิกไนเตอร์ 250 วัตต์	238	217	51,646
4	ตัวเก็บประจุ	238	49	11,662
รวม			1,551	369,138

ค่าแรงติดตั้ง	=	150 x 238	บาท
	=	35,700	บาท
รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิน	=	404,838	บาท

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี				
	0	1	2	3	4
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)					
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	313,789.90	313,789.90	313,789.90	313,789.90
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-404,838.00	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-	-	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-404,838.00	313,789.90	313,789.90	313,789.90	313,789.90
ระยะเวลาคืนทุน	1.2 ปี				
IRR	67.71%				

มาตรการใช้ LOW WATT LOSS BALLAST

ลักษณะของการใช้แสงสว่าง

- ระบบการใช้งานแสงสว่างแยกการใช้งานเป็นอาคารสำนักงานใช้แสงสว่าง 12 ชม./วัน, พื้นที่โรงงานในเขตผลิตใช้แสงสว่างไม่ต่ำกว่า 12 ชม./วัน และพื้นที่เฉพาะใช้ตามความจำเป็น
- สำหรับพื้นที่ภายในโรงงานเขตผลิตจะไม่มีผนังทำให้พื้นที่ค่อนข้างสว่าง ทำให้มีการประหยัดพลังงานแสงสว่างอยู่แล้วในช่วงกลางวัน

วัตถุประสงค์และเป้าหมาย

- เพื่อลดพลังงานสูญเสียจากการใช้แสงสว่างลงโดยความส่องสว่างยังคงเดิม พิจารณาเปลี่ยน LOW WATT LOSS BALLAST
- LOW WATT LOSS BALLAST พิจารณาเปลี่ยนใช้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ในทุกพื้นที่ใช้งาน

รายละเอียดของมาตรการ

- BALLAST แกนเหล็กขดลวดธรรมดาสูญเสีย		=	10	W/หลอด
- BALLAST LOW WATT LOSS สูญเสีย		=	5	W/หลอด
ผลต่าง		=	5	W/หลอด
- เมื่อเปลี่ยน BALLAST ทั้งหมดแล้ว ลดการสูญเสียได้		=	2,463 หลอด x 5	
		=	12,315	W
- ใช้งานระบบแสงสว่าง		=	12	ชม/วัน
- ประหยัดได้ต่อวัน	= (12,315x12)/1000	=	147.78	kWh/วัน
		=	51,723	kWh/ปี
- ราคาไฟฟ้า		=	3.88	บาท/kWh
- หรือคิดเป็นเงิน	= 51,723x3.88	=	200,685	บาท/ปี

การลงทุน

จำนวน LOW WATT LOSS BALLAST	=	2,463	ตัว
ราคา LOW WATT LOSS BALLAST	=	125	บาท/ตัว
ค่าแรงเปลี่ยน BALLAST	=	30	บาท/ตัว
เงินลงทุน	=	155	บาท/ตัว
เงินลงทุนทั้งหมด = 155x2,463	=	381,765	บาท

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการเปลี่ยนบัลลาส เป็น Low Watt loss

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี					
	0	1	2	3	4	5
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)						
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	200,685.00	200,685.00	200,685.00	200,685.00	200,685.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-381,765.00	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-	-	-	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-381,765.00	200,685.00	200,685.00	200,685.00	200,685.00	200,685.00
ระยะเวลาคืนทุน	1.9 ปี					
IRR	44.11%					

มาตรการหุ้มฉนวนระบบท่อในโรงงาน

จากการสำรวจพบว่าโรงงานมีท่อส่งของไหล ทั้งในส่วนของไอน้ำ น้ำคอนเดนเสต หรือน้ำเชื่อม จำนวน มากที่ยังไม่พบได้หุ้มฉนวน และบางส่วนฉนวนก็เสียหาย ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานอย่างหนึ่ง อีกทั้งยังทำให้อุณหภูมิบริเวณนั้นสูงขึ้นด้วย

การคำนวณ

ในการคำนวณจะช่วยป้องกันการสูญเสียพลังงานได้ ซึ่งเป็นการประหยัดค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตความร้อน ซึ่งในเบื้องต้นจะแสดงผลการหาค่าการประหยัดในส่วนที่มีความสูญเสียมาก เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาดำเนินการในจุดอื่นๆ ของโรงงานต่อไป

การคำนวณ

ในการคำนวณจะแสดงตัวอย่างเฉพาะท่อน้ำร้อน#1 แผนก หม้อต้ม

ตัวอย่างการคำนวณ

ไม่หุ้มฉนวน เส้นผ่านศูนย์กลาง(d) 245 mm. ยาว 600 m. อุณหภูมิที่ผิว (T2) 80 ^{0}C อุณหภูมิบรรยากาศ (Ta)30 ^{0}C

ความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวน

Convective coefficient (h_c) = $7.592x(T2Ta)/d)^{0.25}$

= $7.592x((80-3)/245)^{0.25}$

= 5.10 W/m^2K

Radiation coefficient (h_r) = $5.669x0.5x ((T2/100+2.73)^4$

$-((Ta/100+2.73)4))/(T2-Ta)$

= $5.669x0.5x((80/100+2.73)^4$

= $-((30/100+2.73)4))/80-30)$

= 4.02 W/m^2K

Combined coefficient (h)

= 5.10+4.02

= 9.13 W/m^2K

ความร้อนสูญเสียจากท่อเปลือย (Qs) = a x h x (T2-Ta)

= (22/7x245/1000x600)m^2x9.1 Wm^2 Kx(80-30) ^{0}C

= 210,832 W

ความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่หุ้มฉนวน(ฉนวนใยหิน 25 mm.)

ความร้อนสูญเสียเมื่อหุ้มฉนวน Q_{ins} = $\frac{KAav\ (T2-T1)}{(r2-r1)}$

Aav = $\frac{A2-A1}{2.302\ \log (A2/A1)}$

โดยที่ K = thermal conductivity of insulation

R1 = outer radius of bar pipe

R2 = radius of outside insulation surface

Aav = logarithmic average area through which heat Is conducted

A2 = 22/7(0.025+0.025+0.245) m x 600 m

= 556.29 m^2

A1 = 22/7(0.245) m x 600 m

= 462 m^2

Aav = (556.29-462)/(2.302 log (556.29/462))

507.81 m^2

Q_{ins} = $\frac{0.045\ K/mk \times 507.81\ m2 \times (80-30)\ oC}{0.025\ m}$

= 45,703 W

ดังนั้นค่าความร้อนสูญเสียที่ลดลงจากการหุ้มฉนวนเท่ากับ 165,129 W

ตารางแสดงผลการประหยัดพลังงานจากการหุ้มฉนวนท่อ

ลำดับ	รายการ	ϕ ท่อ mm	ความยาว m	Tผิว ^0C	ความร้อนสูญเสียจากท่อเปลือย				ความร้อนสูญเสียเมื่อหุ้มฉนวน			Qที่ลดลง W	ประหยัดได้ KJ/ปี
					h_c W/m^{2}K	h_r W/m^{2}K	h W/m^{2}K	Q_s W	K W/mK	$T_{ผิวท่อ}$ ^0C	Q_{ins} W		
	แผนกหม้อต้ม												
1	ท่อน้ำร้อน	245	600	80	5.10	4.02	9.13	210,832	0.045	30	45703	165,129	846,516,555
2	ท่อน้ำร้อน	196	80	80	5.40	4.02	9.42	23,210	0.045	30	4981	18,229	93,450,801
3	ท่อน้ำอ้อย	245	500	60	4.49	3.65	8.15	94,076	0.045	30	22852	71,225	365,126,720
	แผนกลูกหีบ												
3	ท่อไอน้ำ	294	80	110	5.48	4.64	10.12	59,850	0.045	50	8647	51,204	262,491,105
4	ท่อน้ำร้อน	196	200	80	5.40	4.02	9.42	58,025	0.045	30	12452	45,573	233,627,004
	แผนกหม้อเคี่ยว												
5	ท่อน้ำร้อน	196	60	60	4.75	3.65	8.40	9,317	0.045	30	2241	7,076	36,272,731
												รวม	1,837,484,916

จากตาราง สามารถประหยัดพลังงานรวมได้ = 1,837,484,916 kJ/ปี

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำเฉลี่ยประมาณ 70 %

ดังนั้นประหยัดเชื้อเพลิงกากอ้อยได้ = 1,837,484,916/0.70

= 2,624,978,451 kJ/ปี

คิดเป็นปริมาณกากอ้อย(ค่าความร้อน 7,560 KJ/kg) = $\frac{2,624,978,451 \text{ KJ/ปี}}{7,560 \text{ KJ/kg}}$

= 347,219 kg/ปี

= 347.22 ตัน/ปี

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ = 347.22 ตัน/ปี x 200 บาท /ตัน

(กากอ้อยราคาตันละ 200 บาท) = 69,444 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าฉนวนใยหิน ค่าแรง และค่าติดตั้ง ประมาณ	=	200	บาท/ m^2
พื้นที่ผิวท่อที่หุ้มฉนวน	=	1520	m^2
รวมเป็นเงินลงทุน	=	304,000	บาท

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตราการหุ้มฉนวนระบบท่อในโรงงาน

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)											
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-304,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-304,000.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00	69,444.00
ระยะเวลาคืนทุน	4.38 ปี										
IRR	18.75%										

มาตรการการปรับปรุงขบวนการผลิตและขายไฟให้กับการไฟฟ้าฯ

การผลิตไฟฟ้าของโรงงาน จะใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดรวม 17 MW. (สำรอง 2 MW) โดยใช้ไอน้ำในการขับกังหันไอน้ำ ในการทำงานปกติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะผลิตไฟฟ้าประมาณ 12.9 MW. เท่านั้นซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76 ของกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งการทำงานที่ไม่เต็มกำลังการผลิตนี้ เป็นการลดประสิทธิภาพการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำลง

ถ้ามีการเพิ่มขนาดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นร้อยละ 100 นอกจากเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันไอน้ำแล้ว ยังเป็นการเพิ่มขนาดการทำงานของหม้อไอน้ำด้วย ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุดหม้อไอน้ำ และประสิทธิภาพโดยรวมของระบบก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

ส่วนไฟฟ้าที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นอาจนำไปขายแก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งจะเป็นการเพิ่มรายได้แก่โรงงานอีกทางหนึ่งด้วย ในส่วนของไอน้ำที่ผลิตได้เพิ่มนั้นอาจนำไปใช้แทนการลดความดันจากวาล์วลดความดันได้ ซึ่งเป็นการลดความสูญเสียในส่วนของพลังงานความร้อนจากการลดความดันนี้ด้วย

การคำนวณ

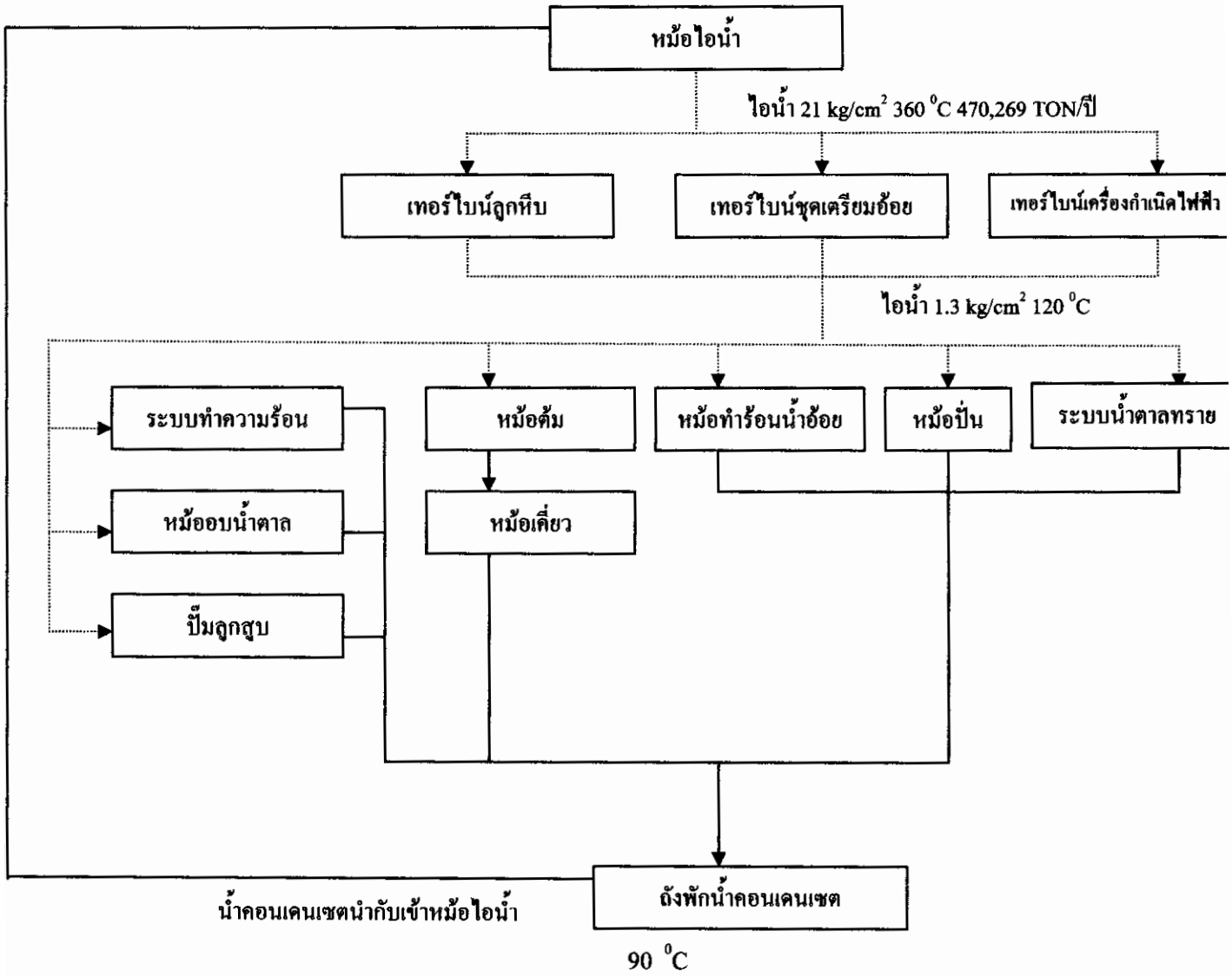
ถ้ามีการเพิ่ม Capacity Factor ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็น100%

จะสามารถผลิตไฟฟ้าเพิ่มได้	=	17-12.9	MW.
	=	4.1	MW.
ผลิตตลอดช่วงเปิดหีบ 3 เดือน คิดเป็นพลังงานไฟฟ้า	=	4,100 kW x 1,424 ชม/ปี	
	=	5,838,400	kWh/ปี
ราคาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ขายให้การไฟฟ้าประมาณ	=	1.34	Baht/kWh
ดังนั้นรายได้จากการขายไฟฟ้า	=	5,838,400 kWh/y x 1.34 Baht/kWh	
	=	7,823,456	Baht/ปี
ไฟฟ้าที่ผลิตได้คิดเป็นงานจากไอน้ำ	=	5,838,400 kWh/ปี / 0.9	
(คิดที่ประสิทธิภาพชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 90%)	=	6,487,111	kWh/y
	=	6,487,111 kJh/s-y x 3600 s/h	
	=	23,353,600,000	kJ/ปี
คิดเป็นงานจากเชื้อเพลิงที่ผลิตไอน้ำ	=	23,353,600,000 kJ/y /0.70	
(คิดที่ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ 70%)	=	33,362,285,714	kJ/ปี
คิดเป็นเชื้อเพลิงที่ผลิตไอน้ำ	=	33,362,285,714 kJ/ปี / 7560 kJ/kg	
(ค่าความร้อนของกากอ้อย 7560 kj/kg)	=	4,413,001	kg/ปี
	=	4,413	ตัน/ปี
ราคาเชื้อเพลิงกากอ้อย	=	200	Baht/ตัน

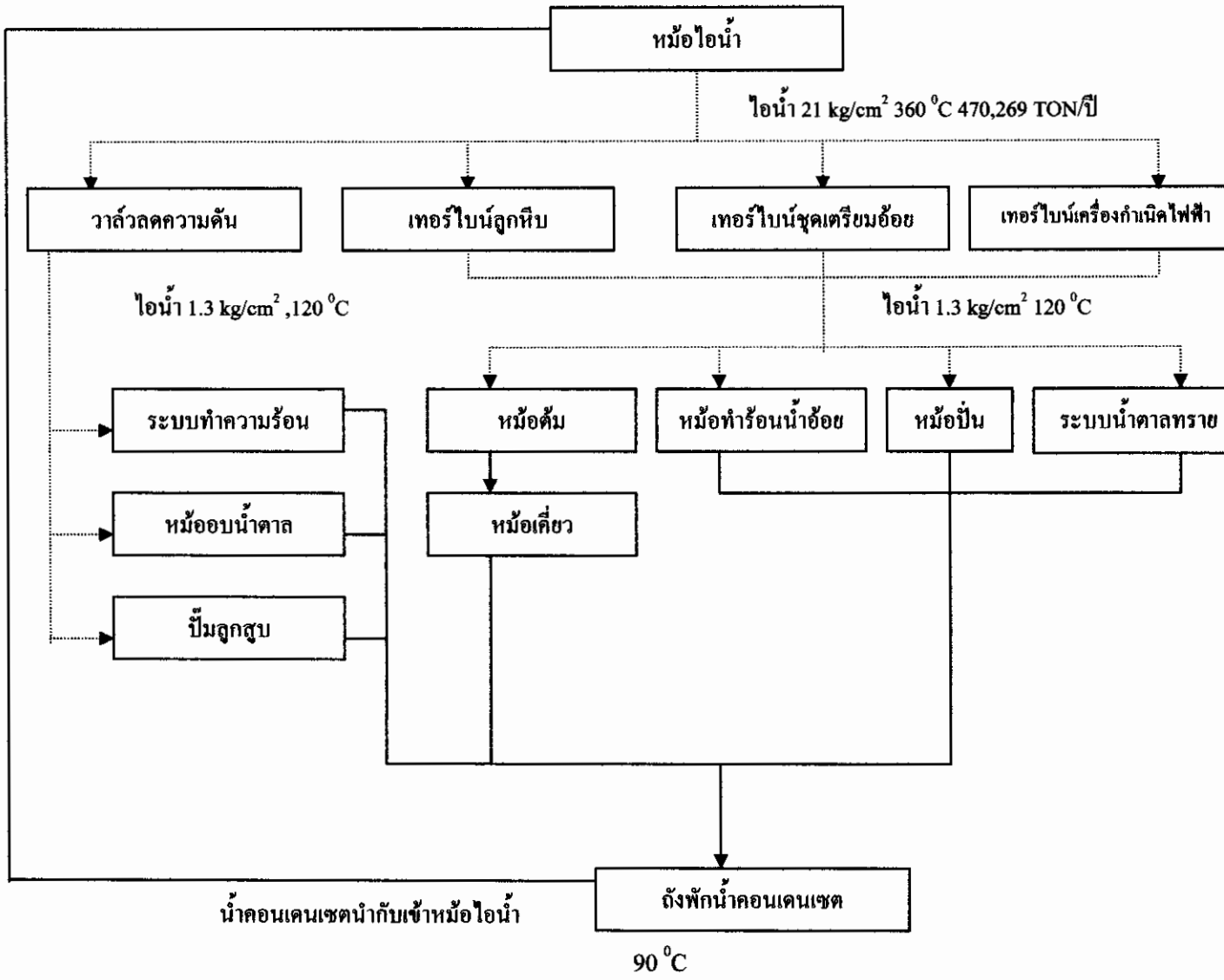
คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าเพิ่ม	=	4,413 ตัน/ปี x 200 Baht/ตัน	
	=	882,600	Baht/ปี
ดังนั้นจะมีรายได้จากการขายไฟฟ้า	=	7,823,456 - 882,600	
	=	6,940,856	บาท/ปี

การลงทุน

ลงทุนอุปกรณ์เครื่องมือในการติดตั้งระบบขายไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฯประมาณ	2,000,000	บาท



สภาพหลังปรับปรุง



สภาพก่อนปรับปรุง

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการปรับปรุงกระบวนการผลิตและขายไฟฟ้า

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)											
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	6,940,856.00	6,940,856.00	6,940,856.00	6,940,856.00	6,940,856.00	6,940,856.00	6,940,856.00	6,940,856.00	6,940,856.00	6,940,856.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-2,000,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-40,295.00	-40,295.00	-40,295.00	-40,295.00	-40,295.00	-40,295.00	-40,295.00	-40,295.00	-40,295.00	-40,295.00
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00	-30,000.00
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-2,000,000.00	6,870,561.00	6,870,561.00	6,870,561.00	6,870,561.00	6,870,561.00	6,870,561.00	6,870,561.00	6,870,561.00	6,870,561.00	6,870,561.00
ระยะเวลาคืนทุน	0.29 ปี										
IRR	343.53%										

ภาคผนวก ง
มูลค่าการปรับปรุงระบบลดความชื้นของกากอ้อย

แสดงข้อมูลการติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย

รายการข้อมูล	จำนวน	หน่วย
ข้อมูลพลังงานที่ประหยัดได้		
1.1 พลังงานที่ประหยัดได้	165,113,852.06	kJ/h
1.2 ชั่วโมงการทำงาน	24	ชั่วโมง
1.3 วันทำการใน 1 ปี	110	วัน/ปี
1.4 เปอร์เซนต์การใช้งาน	60	%
1.5 พลังงานที่ประหยัดได้	261,540	GJ/ปี
1.6 ค่าความร้อนของกากอ้อย (ที่ความชื้น 50 %)	9.1640	GJ/ตัน
1.7 กากอ้อยที่ประหยัดได้	28,540	ตัน/ปี
1.8 ราคากากอ้อย	200.00	Baht/Ton
1.9 มูลค่ากากอ้อยที่ประหยัดได้	**5,707,995**	**Baht/y**
เงินลงทุนในการปรับปรุงระบบ	**28,600,000.00**	**บาท**
ต้นทุนการเดินระบบ (ตามข้อมูลในภาคผนวก)	**590,000.00**	**บาท/ปี**
ค่าเสื่อมของระบบ		
6.1 อายุของระบบ	**15**	**ปี**
6.2 ค่าเสื่อม (มูลค่าเงินลงทุน / อายุของระบบ)	**1,906,666.67**	**บาท/ปี**
ระยะเวลาคืนทุน(ปี)		
7.1 ระยะเวลาในการคืนทุน	**5.59**	**ปี**
ค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงิน		
8.1 FIRR (Financial Internal rate of return)	**15.95%**	**เปอร์เซ็นต์**

แสดงข้อมูลการติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย กรณีที่แย่ที่สุด

ลำดับ	รายการข้อมูล	จำนวน	หน่วย
1	**ข้อมูลพลังงานที่ประหยัดได้**		
	1.1 พลังงานที่ประหยัดได้	165,113,852.06	kJ/h
	1.2 ชั่วโมงการทำงาน	24	ชั่วโมง
	1.3 วันทำการใน 1 ปี	90	วัน/ปี
	1.4 เปอร์เซนต์การใช้งาน	60	%
	1.5 พลังงานที่ประหยัดได้	213,988	GJ/ปี
	1.6 ค่าความร้อนของกากอ้อย (ที่ความชื้น 50 %)	9.1640	GJ/ตัน
	1.7 กากอ้อยที่ประหยัดได้	23,351	ตัน/ปี
	1.8 ราคากากอ้อย	200.00	Baht/Ton
	1.9 มูลค่ากากอ้อยที่ประหยัดได้	**4,670,178**	**Baht/y**
2	**เงินลงทุนในการปรับปรุงระบบ**	**40,350,000.00**	**บาท**
3	**ต้นทุนการเดินระบบ (ตามข้อมูลในภาคผนวก)**	**920,000.00**	**บาท/ปี**
4	**ค่าเสื่อมของระบบ**		
	6.1 อายุของระบบ	**15**	**ปี**
	6.2 ค่าเสื่อม (มูลค่าเงินลงทุน / อายุของระบบ)	**2,690,000.00**	**บาท/ปี**
5	**ระยะเวลาคืนทุน(ปี)**		
	7.1 ระยะเวลาในการคืนทุน	**10.76**	**ปี**
6	**ค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนด้านการเงิน**		
	8.1 FIRR (Financial Internal rate of return)	**4.47%**	**เปอร์เซ็นต์**

แสดงรายละเอียดงบประมาณโครงการติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ผู้รับเหมา	
				ราคา/หน่วย	ราคารวม
1	ระบบลดความชื้นของกากอ้อย	6	Set		
	1.1 Dryer			1,500,000.00	9,000,000.00
	1.2 Bagasse Dryer Fan			2,000,000.00	12,000,000.00
	1.3 Motor + สะพานยาง			1,100,000.00	6,600,000.00
	1.6 ค่าออกแบบทางวิศวกรรม			155,000.00	930,000.00
2	ค่าตรวจสอบระบบ	1	Set	70,000.00	70,000.00
รวม					**28,600,000.00**

แสดงรายละเอียดงบประมาณโครงการติดตั้งระบบลดความชื้นของกากอ้อย (กรณีแย่ที่สุด)

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	หน่วย	ผู้รับเหมา	
				ราคา/หน่วย	ราคารวม
1	ระบบลดความชื้นของกากอ้อย	6	Set		
	1.1 Dryer			2,500,000.00	15,000,000.00
	1.2 Bagasse Dryer Fan			2,500,000.00	15,000,000.00
	1.3 Motor + สะพานยาง			1,500,000.00	9,000,000.00
	1.6 ค่าออกแบบทางวิศวกรรม			200,000.00	1,200,000.00
2	ค่าตรวจสอบระบบ	1	Set	150,000.00	150,000.00
รวม					**40,350,000.00**

แสดงค่าใช้จ่ายในการเดินระบบลดความชื้นของกากก้อย

ลำดับที่	รายการ	ค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท/ปี)			
		จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย	รวม
4	ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร	1	ปี	500,000.00	500,000.00
5	ค่าใช้จ่ายแรงงานในการควบคุมระบบ				
	- ผู้เชี่ยวชาญดูแลและควบคุมระบบ	1	คน	20,000.00	20,000.00
	- ช่างเทคนิคควบคุมระบบ (ระดับปฏิบัติการ)	3	คน	10,000.00	30,000.00
	- คนงาน	5	คน	8,000.00	40,000.00
รวม					**590,000.00**

แสดงค่าใช้จ่ายในการเดินระบบลดความชื้นของกากอ้อย (กรณีแย่ที่สุด)

ลำดับที่	รายการ	ค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท/ปี)			
		จำนวน	หน่วย	ราคา/หน่วย	รวม
4	ค่าซ่อมบำรุงเครื่องจักร	1	ปี	800,000.00	800,000.00
5	ค่าใช้จ่ายแรงงานในการควบคุมระบบ				
	- ผู้เชี่ยวชาญดูแลและควบคุมระบบ	2	คน	25,000.00	50,000.00
	- ช่างเทคนิคควบคุมระบบ (ระดับปฏิบัติการ)	3	คน	10,000.00	30,000.00
	- คนงาน	5	คน	8,000.00	40,000.00
รวม					**920,000.00**

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ได้ดำเนินการจริง

แสดงค่าใช้จ่ายของมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน

ลำดับ	มาตรการ	ค่าใช้จ่าย
	มาตรการลดการ Blowdown ของหม้อไอน้ำ	
1	ค่าแรงงานหัวหน้าส่วนผลิตในการอบรมและเฝ้าควบคุมอย่างต่อเนื่อง	33,000.00
2	ค่าใช้จ่ายเรื่องงานวิจัยและทดลองก่อนดำเนินการจริง	15,000.00
3	ค่าแรงงานที่เพิ่มขึ้นจากเดิม	80,000.00
	รวมค่าใช้จ่าย	128,000.00

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการใช้เทอร์โมสตัสอิเลคทรอนิคส์

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี					
	0	1	2	3	4	5
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)						
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	270,000.00	270,000.00	270,000.00	270,000.00	270,000.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-43,000.00	-	-			
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-	-			
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-			
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-43,000.00	270,000.00	270,000.00	270,000.00	270,000.00	270,000.00
ระยะเวลาคืนทุน	0.15 ปี					
IRR	627.88%					

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี	
	0	1
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)		
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	120,000.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-45,000.00	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-12,000.00
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-45,000.00	120,000.00
ระยะเวลาคืนทุน	0.37 ปี	
IRR	166.67%	

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี				
	0	1	2	3	4
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)					
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-380,000.00	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-	-	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-380,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00	290,000.00
ระยะเวลาคืนทุน	1.31 ปี				
IRR	66.35%				

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตรการเปลี่ยนบัลลาส เป็น Low Watt loss

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี					
	0	1	2	3	4	5
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)						
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	195,000.00	195,000.00	195,000.00	195,000.00	195,000.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-350,000.00	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	.	-	-	-	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-350,000.00	195,000.00	195,000.00	195,000.00	195,000.00	195,000.00
ระยะเวลาคืนทุน	1.79 ปี					
IRR	47.82%					

แสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ณ ปีที่ 0 (Economic Value at Year 0 Price) ของมาตราการหุ้มฉนวนระบบท่อในโรงงาน

ประเภทค่าใช้จ่าย	ปี										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
มูลค่าเงินที่ประหยัดได้(+) / จ่ายเพิ่มขึ้น(-)											
- ค่าพลังงานที่ประหยัดได้	-	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00
- ค่าเงินลงทุนครั้งแรก	-290,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าดำเนินการเดินระบบ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ในมาตรการ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- รวมมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	-290,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00	73,000.00
ระยะเวลาคืนทุน	3.9 ปี										
IRR	21.62%										

แสดงการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ได้ดำเนินการจัดทำจริง

ลำดับ	รายการ	ชนิดพลังงาน	เงินที่ประหยัด (บาท/ปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	อัตราผลตอบแทน (IRR %)	เหตุผลในการจัดลำดับการดำเนินการมาตรการประหยัดพลังงาน
	มาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์						
1	ลดการ Blowdown ของหม้อน้ำ	B	2,497,200.00	128,000.00	0.051		หลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงในทุกมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุนแล้ว พบว่าระยะเวลาในการคืนทุนเร็วขึ้น
	มาตรการที่ต้องมีการลงทุนอุปกรณ์						
2	การใช้เทอร์โมสตัทอิเลคทรอนิคส์	A	270,000.00	43,000.00	0.15	627.88	หลังจากได้ดำเนินการปรับปรุงในทุกมาตรการที่ต้องมีการลงทุนแล้ว พบว่าระยะเวลาในการคืนทุนมากขึ้น และผลตอบแทนภายใน (IRR) ลดลง กว่าการประมาณการแต่ผลตอบแทนที่ได้ยังคงเหมาะสมต่อการลงทุน
3	การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ	A	120,000.00	45,000.00	0.370	166.67	
4	การเปลี่ยนหลอด Mercury เป็น Metal Halide	A	290,000.00	380,000.00	1.31	66.35	
5	การเปลี่ยนบัลลาสต์ เป็นชนิด Low Watt Loss	A	195,000.00	350,000.00	1.79	47.82	
6	การหุ้มฉนวนระบบท่อในโรงงาน	B	73,000.00	290,000.00	3.9	21.62	
รวมทุกมาตรการที่ไม่ต้องมีการลงทุน		**A , B**	**2,497,200.00**	**128,000.00**	**0.05**	-	-
รวมทุกมาตรการที่ต้องมีการลงทุน		**A , B**	**948,000.00**	**1,108,000.00**	**7.52**	**930.34**	-
รวมทั้งหมดทุกมาตรการ		A , B	3,445,200.00	1,236,000.00	7.57	930.34	-

สัญลักษณ์ชนิดพลังงาน

A หมายถึง พลังงานไฟฟ้า

B หมายถึง พลังงานความร้อน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายวิษณุ กุสุมวิจิตร
ที่อยู่	123/4 หมู่ 4 ตำบลท่ามะกา อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี 71120
ที่ทำงาน	บริษัท ไทยอุตสาหกรรมน้ำตาล จำกัด เลขที่ 99 หมู่ 9 ถนนท่าเรือ-พระแท่น ตำบลตะคร้ำเอน อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี 73000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2539	สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรม ไฟฟ้า-ไฟฟ้ากำลัง จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศน์
พ.ศ. 2549	ศึกษาต่อระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม
ประวัติการทำงาน	
บริษัท	ไทยอุตสาหกรรมน้ำตาล จำกัด เลขที่ 99 หมู่9 ถนนท่าเรือ-พระแท่น ตำบลตะคร้ำเอน อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี 71130
ตำแหน่ง	วิศวกรประจำส่วนไฟฟ้า