



การออกแบบและพัฒนาเตาเผาอิฐที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

Design and Development of Energy-Efficient Brick Kiln

ฐานันดรศักดิ์ เทพญา

Thanansak Theppaya

๐

เลขหมู่	TP842.B5 763 2539 ๑.2
Bib Key:	204740
	1.3.6.๑. 2539

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Engineering Thesis in Mechanical Engineering

Prince of Songkla University

2539

ชื่อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาเตาเผาอิฐที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
ผู้เขียน นาย สุวณันดรศักดิ์ เทพญา
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการที่ปรึกษา

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กำพล ประทีปชัยกูร)

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กำพล ประทีปชัยกูร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ ประเสริฐสุสรพ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ ประเสริฐสุสรพ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ไพโรจน์ คีร์รัตน์)

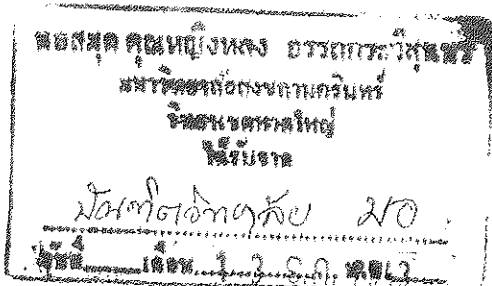
..... กรรมการ
(อาจารย์ไพโรจน์ คีร์รัตน์)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย)

..... กรรมการ
(อาจารย์ปัญญาธิ์เกษ งามศรีตระกูล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย รับเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม
เครื่องกล

.....
(ดร.ไพโรจน์ สงวนไพร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ชื่อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาเตาเผาอิฐที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
ผู้เขียน นาย สุภานันต์ศักดิ์ เทพญา
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมอิฐเป็นอุตสาหกรรมที่มีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่จะต้องแก้ปัญหา
เนื่องมาจากการใช้พลังงาน พลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐในประเทศไทยได้มาจากไม้ฟืนและ
แกลบ ในอดีตเชื้อเพลิงเหล่านี้มีจำนวนมากประกอบกับอุตสาหกรรมอิฐเป็นอุตสาหกรรมใน
ครอบครัวที่อยู่ในชนบท จึงขาดการพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิตอิฐและการเผาอิฐอย่างมี
ประสิทธิภาพ ซึ่งในการเผาอิฐจะใช้พลังงาน 4-5 MJ/kg อิฐ

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการถ่ายเทมวลและความร้อนในเตาเผาอิฐแบบความ
ร้อนไหลลง โดยเริ่มต้นจากการจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐด้วยคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงทำ
การทดลองเพื่อเปรียบเทียบกับผลการจำลองแบบ สมการคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการจำลอง
แบบมี 4 สมการ คือ สมการการถ่ายเทมวล ความชื้นของอากาศ (ก๊าซ) และสมการ
การถ่ายเทมวล ความชื้นของอิฐ โดยใช้แบบจำลองชั้นปริมาตรอยู่กับที่ในกระบวนการ
การอบอิฐ, อุ่นอิฐ, เผาอิฐ และลดอุณหภูมิอิฐ เตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลลงถูกสร้างขึ้น
เพื่อทดสอบสมการคณิตศาสตร์ดังกล่าว ซึ่งพบว่าผลการทดลองในกระบวนการอบอิฐ, อุ่น
อิฐ และเผาอิฐ มีความใกล้เคียงกับผลการทำนายจากสมการคณิตศาสตร์ที่จำนวนอิฐ 2500
ก้อน หรือน้อยกว่า อย่างไรก็ตามที่ระหว่างกระบวนการลดอุณหภูมิอิฐ ในเตาทดสอบถูกทำให้
เย็นอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้เกิดการไหลขวางของอากาศผ่านกองอิฐ เนื่องจากอากาศเย็นจะ
มีแรงลอยตัวน้อยกว่า ผลการจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐถูกใช้เป็นแนวทางสำหรับออกแบบ
แบบเตาเผาอิฐ 4 ห้อง ที่มีการทำงานหมุนเวียนกันคือ ลดอุณหภูมิ, เผา, อุ่น และอบอิฐ ซึ่ง
พบว่าเตาเผาอิฐแบบใหม่ใช้พลังงานในการเผาอิฐต่ำ มีค่าประมาณ 1.4-2.8 MJ/kgอิฐ
กระบวนการทั้ง 4 จะใช้เวลาต่างกัน แต่สามารถปรับเปลี่ยนการทำงานของเตาแต่ละห้องให้
ใช้เวลาในกระบวนการที่สอดคล้องกันได้ ซึ่งจะเป็นรอบการทำงานของเตาที่ใช้เวลาสั้นและ

ยาวสลับกันไป โดยควรเผาอิฐที่อุณหภูมิสูงและใช้อัตราการไหลอากาศสันดาปต่ำ ซึ่งจะทำให้ใช้พลังงานต่ำ แต่ถ้าต้องการให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นก็ควรใช้อากาศสันดาปเพิ่มขึ้น

เตาเผาอิฐขนาดใช้งานจริงแบบ 4 ห้อง ถูกออกแบบสร้างขึ้น และทดลองเผาอิฐ 6 รอบ พบว่ามีการใช้พลังงานอยู่ในช่วง 2.258-3.764 MJ/kg อิฐ ซึ่งการเผาที่มีการใช้พลังงานต่ำทำได้โดยการเผาในเวลาอันสั้นและเพิ่มอุณหภูมิเผาจากการสันดาปไม้ฟืนให้เร็วที่อุณหภูมิอากาศสันดาปสูง ประสิทธิภาพของเตาเผาอิฐที่ทดสอบมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 62.6% ซึ่งค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับเตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลขึ้นที่มีใช้ในอุตสาหกรรมอิฐทั่วไป และทำให้มีต้นทุนในการผลิตลดลง 17% โดยใช้เวลาดำเนินการสำหรับเตาเผาอิฐแบบนี้น้อยกว่า 9 เดือน

Thesis Title Design and Development of Energy-Efficient Brick Kiln
Author Mr.Thanansak Theppaya
Major Program Mechanical Engineering
Academic Year 1996

Abstract

There is an urgent need to rescue brick making industry from the energy crisis. Brick firing in Thailand relies on firewood and rice husk for the firing energy. The plentiful supply of these biomass in the old days together with the nature of family-based rural industry, the brick making technique was never been improved. The present inefficient firing technique consumes 4-5 MJ/kg brick.

In this study, the heat and mass transfer processes in an down draft brick kiln were thoroughly studied firstly by computer simulation and by experiment verification. Four equations for air (or gas) temperature and humidity and brick temperature and humidity were developed for computer simulation. The air (gas) and brick temperatures and humidities were determined by fix bed model in the drying, preheating, firing and cooling processes. A down draft kiln was constructed and experiments were carried out to verify the simulation model. It was found that the drying, preheating and firing processes agreed well with the mathematical model of the kiln loaded by 2500 bricks or less. However, during the cooling process the bricks in the experiment were cooled at a faster rate due to the additional cross draft when the air is cold (less buoyancy force). The computer simulation of the process was used to test the conceptual design of a four-chamber kiln working cooperatively for the four processes, i.e., cooling, firing, preheating and drying. It was found that the new kiln can fire the brick with a low specific energy consumption of about 1.4-2.4 MJ/kg brick. The four processes, although required different processing times, can be operated in the four identical chambers provided time matching technique is applied. The time matching operation resulted in alternately long and short

production cycles. It was suggested that, in terms of energy, the bricks should be fired with high temperature and low combustion air flow rate. However, if the high production rate is required the air flow rate should be high.

A full-scale four-chamber kiln was designed and constructed. Six firings were carried out. It was found that the specific energy consumption was in the range of 2.258-3.764 MJ/kg brick. The low specific energy consumption was achieved by shortening the firing process which was done by high firewood burning rate along with high temperature preheated combustion air. The energy efficiency of the kiln was 62.6% by average which was relatively high compared to that of the traditional updraft kiln. It was envisaged that the production cost of the brick was reduced by 17% and the simple pay back period is less than 9 months.

ผลงานเผยแพร่จากวิทยานิพนธ์

Prasertsan, S., G. Prateepchaikul, T. Theppaya and P. Kirirat, 1995. *A study toward energy saving in brick making: Part 2-Simulation of processes in brick kiln*, RERIC International Energy Journal, Vol.17, No.2, pp.157-172.

Prasertsan, S., T. Theppaya, G. Prateepchaikul and P. Kirirat, *A study toward energy saving in brick making: Part 3-Experiment verification and operation strategy*. RERIC International Energy Journal. (accepted).

Prasertsan, S., T. Theppaya, G. Prateepchaikul and P. Kirirat, *Development of an energy-efficient brick kiln*, Renewable Energy (submitted).

Prateepchaikul, G., S. Prasertsan, T., Theppaya and N. Coovattanachai, 1995. *Energy Used in Brick Making in Thailand*. Proc. 6th ASEAN Conf. Energy Tech., Bangkok, pp. 87-72.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.กำพล ประทีปชัยกูร, รศ.ดร.สุธีระ ประเสริฐสุวรรณ, อาจารย์ ไพโรจน์ ศีร์รัตน, ศ.ดร.นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย, อาจารย์ปัญญาธิกร งามศรีตระกูล และอาจารย์สุภวรรณ ภูระวณิชกุล ที่ช่วยให้การปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอขอบคุณ คุณสุทธิพงศ์ แสนสบาย นักศึกษาปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำ

ขอขอบคุณ ครูปฏิบัติการและนักศึกษาปริญญาตรีภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่านที่ช่วยเหลือในการสร้างเตาเผาอิฐให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ โรงอิฐหัตถ์ธุรกิจ ต.บ้านพรุ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุตสาหกรรมอิฐ

ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่สนับสนุนทุนบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย

ฐานันดรศักดิ์ เทพญา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(5)
กิตติกรรมประกาศ.....	(8)
สารบัญ.....	(9)
รายการตาราง.....	(11)
รายการรูปประกอบ.....	(13)
ตัวย่อและสัญลักษณ์.....	(18)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ปัญหาและความเป็นมาของปัญหา.....	1
การตรวจเอกสาร.....	2
วัตถุประสงค์.....	26
ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำวิจัย.....	26
ขอบเขตของการวิจัย.....	26
2 การศึกษาเบื้องต้นและการจำลองแบบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง.....	27
บทนำ.....	27
การทดลองเพื่อศึกษาการไหลของอากาศในเตาเผาอิฐ.....	28
การออกแบบเตาเผาอิฐ.....	34
การจำลองแบบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง.....	37
3 การพิสูจน์การจำลองแบบโดยการทดลองเผาอิฐจริงในเตาดังตัวอย่าง.....	66
การทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่าง.....	66
ผลการทดสอบเตาเผาอิฐและอภิปรายผล.....	71
ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับ การจำลองแบบ.....	76
สรุปผลการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่าง.....	78

	หน้า
4 การออกแบบและสร้างเตาเผาอิฐ.....	80
การออกแบบปรับปรุงเตาเผาอิฐ.....	81
เตาเผาอิฐที่ปรับปรุง.....	82
การสร้างเตาเผาอิฐ.....	83
5 การทดลองเผาอิฐจริงในเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง.....	93
การทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง.....	94
ผลและอภิปรายผลการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง.....	103
ผลผลิตที่ได้จากเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องและเวลาที่ใช้ในการผลิต.....	121
ข้อบกพร่องของเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องและแนวทางปรับปรุง.....	122
การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เบื้องต้น.....	123
6 สรุปผลการวิจัย.....	126
การพัฒนาแนวความคิด.....	126
การพัฒนาและทดลองเตาเผาอิฐต้นแบบ.....	127
7 บรรณานุกรม.....	131
8 ภาคผนวก.....	134
ผ.1 แผนภูมิขั้นตอนการคำนวณในการจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐ กึ่งต่อเนื่อง.....	134
ผ.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์การจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง.....	137
ผ.3 ผลการจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง.....	165
ผ.4 การสร้างเตาเผาอิฐ.....	233
ผ.5 ค่าความร้อนของไม้พื้น.....	256
ผ.6 ข้อมูลการทดลองในการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง.....	258
9 ประวัติผู้เขียน	312

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 จำนวนโรงงานและการใช้พลังงานจำแนกตามขนาดโรงงาน	4
1.2 พลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐต่อผลผลิตที่ได้	24
1.3 พลังงานในการเปลี่ยนดินเป็นอิฐ	25
2.1 (ก) ผลการวัดความเร็วลมที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อเรียงอิฐตาม รูป 2.3 (ก)	32
2.1 (ข) ผลการวัดความเร็วลมที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อเรียงอิฐตาม รูป 2.3 (ข)	32
2.2 (ก) ผลการจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2200 ก้อน	56
2.2 (ข) ผลการจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2600 ก้อน	57
2.2 (ค) ผลการจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 3500 ก้อน	58
3.1 ผลการทดสอบเตาเผาอิฐเตาเดียว	72
3.2 พลังงานที่ใช้และสูญเสียจากการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่าง ครั้งที่ 1-3	75
5.1 กระบวนการทำงานของแต่ละเตาตลอดระยะเวลาการทดสอบ เตาเผาอิฐ	104
5.2 ผลการวิเคราะห์พลังงานในการทดสอบเตาเผาอิฐกิ่งต่อเนื่อง	116
ผ.5.1 ค่าความร้อนของไม้ฟืนตามสัดส่วนความชื้น	257
ผ.6.1 ผลการหาสัดส่วนความชื้นในไม้ฟืนที่ใช้เผาในการทดสอบ เตาเผาอิฐกิ่งต่อเนื่อง	259
ผ.6.2 เปอร์เซนต์ความชื้นในอิฐดิบ	260
ผ.6.3 ผลการหาเปอร์เซนต์การดูดกลืนน้ำของอิฐสุกที่ได้จากการ ทดสอบเตาเผาอิฐกิ่งต่อเนื่อง	261
ผ.6.4 อุณหภูมิที่วัดกับเตา	262
ผ.6.5 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา A อยู่ในกระบวนการเผา	297

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ผ.6.6 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา B อยู่ในกระบวนการเผา	298
ผ.6.7 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา C อยู่ในกระบวนการเผา	299
ผ.6.8 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา D อยู่ในกระบวนการเผา	300
ผ.6.9 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา A อยู่ในกระบวนการเผา (ครั้งที่ 2)	301
ผ.6.10 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา B อยู่ในกระบวนการเผา (ครั้งที่ 2)	302
ผ.6.11 ความร้อนสะสมในเตาระหว่างการเผาอิฐเตา A และ B (ครั้งที่ 1)	303
ผ.6.12 ความร้อนสะสมในเตาระหว่างการเผาอิฐเตา C และ D	304
ผ.6.13 ความร้อนสะสมในเตาระหว่างการเผาอิฐเตา A และ B (ครั้งที่ 2)	305
ผ.6.14 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างการเผาอิฐเตา A (ครั้งที่ 1)	306
ผ.6.15 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างการเผาอิฐเตา B (ครั้งที่ 1)	307
ผ.6.16 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างการเผาอิฐเตา C	308
ผ.6.17 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างการเผาอิฐเตา D	309
ผ.6.18 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างการเผาอิฐเตา A (ครั้งที่ 2)	310
ผ.6.19 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างการเผาอิฐเตา B (ครั้งที่ 2)	311

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1 เต้าเผาอิฐแบบสุ่มเกลบ	11
1.2 เต้าเผาอิฐแบบมังกร	12
1.3 เต้าเผาอิฐแบบได้หัวหรือทรงเจดีย์	13
1.4 เต้าเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยม	13
1.5 เต้าแบบความร้อนไหลขึ้นหรือแบบแคลมป์	14
1.6 เต้าเผาอิฐแบบสโคป	15
1.7 เต้าเผาอิฐแบบสกัด	16
1.8 เต้าเผาอิฐแบบความร้อนไหลลง	17
1.9 เต้าเผาอิฐแบบบูลเทอร์นซ์	18
1.10 เต้าเผาอิฐแบบฮอฟแมนดั้งเดิม	19
1.11 เต้าเผาอิฐแบบฮอฟแมนใหม่	20
1.12 เต้าเผาอิฐแบบอุโมงค์รถ	21
1.13 เต้าเผาอิฐแบบแนวตั้ง	22
2.1 เต้าจำลองสำหรับดูการไหลของอากาศ	28
2.2 ฐานเรียงอิฐ	29
2.3 แบบการเรียงอิฐ โดยสันอิฐด้านกว้าง (ก) วางแนวนอน (ข) วางแนวตั้ง	30
2.4 ตำแหน่งวัดความเร็วลมบริเวณกองอิฐ	30
2.5 การไหลของอากาศผ่านกองอิฐเมื่อเรียงอิฐดังรูป 2.3 (ก)	31
2.6 การไหลของอากาศผ่านกองอิฐเมื่อเรียงอิฐดังรูป 2.3 (ข)	31
2.7 แบบจำลองเต้าเผาอิฐกิ่งต่อเนื่อง	36
2.8 ชั้นปริมาตรควบคุม	38
2.9 การไหลของอากาศผ่านกองอิฐ	40
2.10 แสดงการสมดุลมวลในเต้าที่มีกระบวนการเผา	44

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.11 แสดงสมดุลมวลที่เตาอบแห้งอิฐ	47
2.12 แผนภูมิการจำลองแบบ (ก) กระบวนการที่แต่ละเตา (ข) การจำลองแบบที่แต่ละเตา	50
2.13 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างสุดและอากาศ ที่เตาแต่ละเตาโดยมีอุณหภูมิเผา 900 °C, อัตราการใช้ อากาศสันดาป 1000 กก./ชม. และจำนวนอิฐ 2600 ก้อน	52
2.14 (ก) พลังงานจำเพาะที่ใช้ที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศ สันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 2200 ก้อน)	54
2.14 (ข) พลังงานจำเพาะที่ใช้ที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศ สันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 2600 ก้อน)	55
2.14 (ค) พลังงานจำเพาะที่ใช้ที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศ สันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 3500 ก้อน)	55
2.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศสันดาปที่เปลี่ยนไป กับอัตราการป้อนไม้ฟืนและสัดส่วนอากาศทางทฤษฎี	59
2.16 (ก) อัตราการป้อนไม้ฟืนที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสันดาป และอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 2200 ก้อน)	60
2.16 (ข) อัตราการป้อนไม้ฟืนที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสันดาป และอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 2600 ก้อน)	60
2.16 (ค) อัตราการป้อนไม้ฟืนที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสันดาป และอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 3500 ก้อน)	61
2.17 (ก) เวลาที่ใช้ในการเผาอิฐแต่ละชุดที่เงื่อนไขอัตราการใช้ อากาศสันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 2200 ก้อน)	62
2.17 (ข) เวลาที่ใช้ในการเผาอิฐแต่ละชุดที่เงื่อนไขอัตราการใช้ อากาศสันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 2600 ก้อน)	63

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.17 (ค) เวลาที่ใช้ในการเผาอิฐแต่ละชุดที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 3500 ก้อน)	64
2.18 ผลผลิตอิฐใน 14 วัน เมื่อเผาที่เงื่อนไขต่างกัน	66
3.1 เตาเผาอิฐตัวอย่างที่ทดสอบ (รูปภายใน ไม่รวมหลังคา)	68
3.2 เตาเผาอิฐตัวอย่างและอุปกรณ์เครื่องมือวัดสำหรับการทดสอบเตา	70
3.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐในการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 1 (3500 ก้อน)	73
3.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐในการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 2 (2500 ก้อน)	74
3.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐในการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 3 (2250 ก้อน)	74
3.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างและอัตราการป้อนไม้ฟืนที่ได้จากการทดสอบเผาอิฐในเตาตัวอย่างครั้งที่ 1 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองแบบ	77
3.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างและอัตราการป้อนไม้ฟืนที่ได้จากการทดสอบเผาอิฐในเตาตัวอย่างครั้งที่ 2 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองแบบ	77
3.8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างและอัตราการป้อนไม้ฟืนที่ได้จากการทดสอบเผาอิฐในเตาตัวอย่างครั้งที่ 3 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองแบบ	78
4.1 ฐานสำหรับเรียงอิฐในเตา (ก) แบบติด (ข) แบบห่าง	82
4.2 เตาเผาอิฐที่ปรับปรุง	83
4.3 เตาเผาอิฐด้านหน้า	84
4.4 โครงเหล็กกรอบเตา	85
4.5 ลักษณะการก่ออิฐผนังเตา	85
4.6 ตำแหน่งประตูเตา, ประตูของฟืน, ประตูของขี้เถ้า, ผนังกันไฟและแดมเปอร์ (เปิดผนังเตา)	87
4.7 ลักษณะหลังคาเตาด้านบน	88

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 แนวการวางท่อก๊าซร้อนบนหลังคาเตา	90
4.9 เตาเผาอิฐที่มีส่วนประกอบของท่อทางเดินก๊าซร้อนและหลังคาเตา	90
5.1 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลในเตา	95
5.2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิในผนังเตาเพื่อหาความร้อนสะสมและ สูญเสียผ่านผนัง	95
5.3 สัญลักษณ์แทนเตาแต่ละเตา	98
5.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐและอุณหภูมิเผาในเตา A	105
5.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐและอุณหภูมิเผาในเตา B	106
5.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐและอุณหภูมิเผาในเตา C	107
5.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐและอุณหภูมิเผาในเตา D	108
5.8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐชั้นล่างในเตา A, B, C และ D	109
5.9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐชั้นล่างและอากาศในแต่ละเตา ระหว่างกระบวนการเผาในเตา B และ C	111
5.10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐชั้นล่างและอากาศในแต่ละเตา ระหว่างกระบวนการเผาในเตา D และ A	113
5.11 อุณหภูมิอากาศที่ออกสู่ปล่องระหว่างกระบวนการเผาในแต่ละเตา	118
5.12 อัตราการป้อนไม้ฟืนระหว่างกระบวนการเผาอิฐในแต่ละเตา	119
ผ.1.1 แผนภูมิขั้นตอนการคำนวณในการจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐ กิ่งต่อเนื่อง	135
ผ.4.1 โครงเหล็กตัวเตา	234
ผ.4.2 ลักษณะอิฐก่อผนังเตา	234
ผ.4.3 ผนังเตาด้านช่องทางออกก๊าซร้อน	235
ผ.4.4 การก่ออิฐบริเวณประตูเตา	236
ผ.4.5 แนวก่ออิฐช่องซี่ไถ้	237
ผ.4.6 ตะแกรงพื้นบริเวณช่องซี่ไถ้	238

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ผ.4.7 ช่องพินและช่องซีเก้า	239
ผ.4.8 แคมเปอร์เปิด-ปิดการไหลของอากาศบริเวณทางเข้าช่องซีเก้า	240
ผ.4.9 พื้นเตา ผนังเตา ผนังกันไฟที่ไม่ได้ฉาบปูนทนไฟ	240
ผ.4.10 พื้นเตาและผนังเตาภายในหลังการฉาบปูนทนไฟ	241
ผ.4.11 ขอบผนังเตาด้านบนสำหรับรองรับน้ำหนักแผ่นหลังคาเตา	241
ผ.4.12 โครงเหล็กสำหรับหล่อแผ่นหลังคาเตา	242
ผ.4.13 แผ่นหลังคาเตาภายหลังการหล่อซีเมนต์ทนไฟ (ขวา)	242
ผ.4.14 แผ่นหลังคาเตาภายหลังการติดตั้ง	243
ผ.4.15 ประตูเตาด้านนอก	244
ผ.4.16 ประตูเตาบุฉนวนเซรามิกสีไฟเบอร์ด้านใน	245
ผ.4.17 แบบหล่อผนังปิดด้านบนท่อทางออกอากาศร้อนจากเตา (ท่อก่ออิฐ)	246
ผ.4.18 ผนังด้านบนท่อทางออกอากาศร้อนจากเตาภายหลังการหล่อซีเมนต์ทนไฟ	247
ผ.4.19 ท่อทางเดินอากาศ (ท่อเหล็ก) แนวตั้งและแนวนอนบนหลังคาเตา	248
ผ.4.20 แคมเปอร์แบบเสียบที่ท่อทางเดินอากาศแนวตั้ง	249
ผ.4.21 ประตูช่องซีเก้าและประตูช่องพิน	250
ผ.4.22 พัดลมดูดอากาศขนาดกำลังขับ 5 แรงม้า	251
ผ.4.23 พัดลมดูดอากาศที่ติดตั้งกับท่อแนวตั้งพร้อมปล่องอากาศทางออก	251
ผ.4.24 เตาเผาอิฐที่เสร็จสมบูรณ์	252
ผ.4.25 ลักษณะอิฐดิบที่เรียงในเตาและท่อดูดอุณหภูมิในกองอิฐ	253
ผ.4.26 ท่อดูดอุณหภูมิเผาเหนือกองอิฐ	254
ผ.4.27 การใส่พินในเตาเผาอิฐขณะทดลอง	254
ผ.4.28 อิฐสุกที่ได้หลังเสร็จสิ้นการเผา	253

ตัวย่อและสัญลักษณ์

- a = พื้นที่ผิวของอิฐต่อปริมาตรของชั้นอิฐ (m^{-1})
 A_c = พื้นที่หน้าตัดของชั้นปริมาตร (m^2)
 B = ความกว้างของผลิตภัณฑ์ดินเหนียวแนวตั้งฉากทิศทางการไหลของอากาศ (cm.)
 C_a = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ ($kJ/kg\ ^\circ C$)
 C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของอิฐ ($kJ/kg\ ^\circ C$)
 C_{pc} = ค่าความร้อนจำเพาะของสารที่ได้จากการเผาไหม้ ($kJ/kg\ ^\circ C$)
 C_w = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ ($kJ/kg\ ^\circ C$)
 C_v = ค่าความร้อนจำเพาะของไอน้ำ ($kJ/kg\ ^\circ C$)
 dx = ความสูงของชั้นปริมาตรอิฐ (m)
 D_p = ความกว้างของวัตถุทิศทางการตั้งฉากการไหล (m)
 G_a = อัตราการไหลเชิงมวลต่อพื้นที่ ($kg/m^2\ s$)
 h' = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($W/m^2\ ^\circ C$)
 h_{a_i}, h_{a_o} = เอนทาลปีของอากาศ (kJ/kg)
 h_b = ค่าเอนทาลปีของอิฐ (kJ/kg)
 h_{fg} = เอนทาลปีของการระเหย (kJ/kg)
 HV = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (kJ/kg)
 k_a = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ ($W/m\ ^\circ C$)
 L = ความยาวตามระนาบของผลิตภัณฑ์ดินเหนียวที่ขนานกับทิศทางการไหลของอากาศ (cm.)
 \dot{m}_a = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)
 m_b = น้ำหนักของอิฐ (g)
 \dot{m}_c = อัตราการไหลของก๊าซเผาไหม้ (kg/h)
 m_{wa} = ปริมาณความชื้นของอากาศ (kg)
 m_{wb} = ปริมาณความชื้นที่ออกจากอิฐ (kg)
 \bar{M} = สัดส่วนความชื้นเฉลี่ยในอิฐ (dry basis)

- M_a = น้ำหนักโมเลกุลของอากาศ
 M_f = น้ำหนักโมเลกุลของไม้พืน
 M_{H_2O} = น้ำหนักโมเลกุลของ
 n_{H_2O} = จำนวนโมลของน้ำ
 Nu = ค่าเลขนุสเซล
 P_s = ความดันอิ่มตัวของอากาศที่อุณหภูมิ T (mm.Hg)
 P_v = ความดันไอน้ำของอากาศที่อุณหภูมิ T (mm.Hg)
 P_t = ความดันสมบูรณ์ของบรรยากาศ (kPa)
 q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W/m^2)
 q_s = ความร้อนสัมผัส (kJ)
 Re = เลขเรย์โนลด์
 RH = ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%)
 S = พื้นที่ตัดขวางของชั้นปริมาตรอิฐ (m^2)
 t = เวลา (sec.)
 T = อุณหภูมิของอากาศ ($^{\circ}C$)
 T_c = อุณหภูมิของสารที่ได้จากการเผาไหม้ ($^{\circ}C$)
 V_a = ความเร็วกระแสอากาศ (m/s)
 W = อัตราการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ดินเหนียว (g/s)
 x = พิกัดชั้นปริมาตร (m)
 Y = สัดส่วนอากาศทางทฤษฎี
 ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)
 ρ'_p = ความหนาแน่นของชั้นอิฐ (kg/m^3)
 ω_a = สัดส่วนความชื้นของอากาศ (kg/kg dry air)
 ω_c = สัดส่วนความชื้นในสารเผาไหม้ที่ได้ (decimal)
 ω_f = สัดส่วนความชื้นในไม้พืน (decimal)

ε = ความพรุนของชั้นปริมาตร (decimal)

θ = อุณหภูมิของอิฐ ($^{\circ}\text{C}$)

μ = ค่าความหนืด (kg/m.s)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมาของปัญหา

เป็นที่ทราบกันดีว่าอิฐเป็นวัสดุก่อสร้างซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของอาคาร โรงเรียนต่างๆ และในปัจจุบันพบว่าปริมาณความต้องการอิฐก่อสร้างภายในประเทศได้เพิ่มสูงขึ้นอันเป็นผลมาจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมก่อสร้าง การผลิตอิฐด้วยเทคโนโลยีที่ใช้กันอยู่ภายในประเทศต้องใช้พลังงานความร้อนเป็นจำนวนมาก โดยพลังงานที่ใช้ได้มาจากชีวมวล เช่น ไม้ฟืนและแกลบ เป็นต้น การใช้พลังงานของเตาเผาอิฐโดยทั่วไปซึ่งมักเป็นเตาสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Scotch kiln) ความร้อนไหลขึ้นบน (updraft) มีการใช้พลังงานความร้อนในการเผาอิฐในช่วง 4.0-5.0 MJ/kgอิฐ โดยต้นทุนของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 30-40% ของต้นทุนการผลิตอิฐและมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากปัจจุบันไม้ฟืนที่ใช้มีราคาสูงขึ้นอันด้วยเหตุปัจจัยหลายประการ สำหรับในภาคใต้พบว่าไม้ยางพาราซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักของอุตสาหกรรมเผาอิฐมีราคาสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับไม่กี่ปีที่ผ่านมา ทั้งนี้เนื่องจากอุตสาหกรรมการแปรรูปไม้ยางพาราเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการรับซื้อไม้ยางพาราเป็นจำนวนมากทำให้อุปทานไม่เพียงพอ แต่การแก้ปัญหาโดยการนำเชื้อเพลิงชนิดอื่นเช่น น้ำมันหรือ ก๊าซ LPG มาใช้เผาอิฐแทน ยังไม่คุ้มในแง่ของต้นทุนเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับราคาของอิฐที่ขายอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากราคาของเชื้อเพลิงเหล่านี้ภายในประเทศต่อค่าพลังงานยังมีราคาสูงกว่าไม้ฟืนอยู่มากแม้ว่าจะให้ค่าความร้อนต่อน้ำหนักสูงกว่าไม้ฟืนก็ตาม อีกทั้งมิใช่การแก้ปัญหาแบบยั่งยืนเนื่องจากเชื้อเพลิงเหล่านี้จัดเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วหมดไปและมีอยู่อย่างจำกัด ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ใหม่ในระยะเวลาอันสั้นเหมือนเชื้อเพลิงประเภทชีวมวล

การผลิตอิฐดินเผาจนถึงแม้จะมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีมาก แต่มีผู้ให้ความสนใจและศึกษาน้อยกว่าการทำเซรามิกส์เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากและราคาถูกเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์จากเซรามิกส์ จึงทำให้อุตสาหกรรมการทำอิฐขาดการพัฒนา เทคนิคการผลิตและเตาเผาที่ใช้ในอุตสาหกรรมอิฐก็ยังคงมีประสิทธิภาพต่ำซึ่งเตาเผาเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์, อัตราการผลิตและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงซึ่งเกี่ยวข้องกับต้นทุนในการผลิต

ดังนั้นหากต้องการให้อุตสาหกรรมอิฐซึ่งเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวที่กระจายอยู่ตามชนบทดำรงอยู่ได้ จำเป็นต้องหาทางลดต้นทุนในการผลิตลง ซึ่งพบว่าการใช้เชื้อเพลิงและรูปแบบของเตาที่ใช้ในการเผา นั้นเป็นปัจจัยหลัก แต่จากข้อมูลเตาเผาอิฐแบบต่างๆที่มีใช้ในประเทศและต่างประเทศ พบว่ามีเตาเผาบางแบบเท่านั้นที่ใช้พลังงานในการเผาต่ำ (เช่น เตาเผาแบบฮอฟแมนน์, เตาเผาแบบอุโมงค์รถ, เตาเผาแบบแนวตั้ง เป็นต้น) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติต่างๆของอิฐแต่ละแบบ, ปริมาณอิฐที่เผา, เชื้อเพลิงที่ใช้ เป็นต้น สำหรับการผลิตอิฐภายในประเทศมีบทบาทสำคัญต่อกิจกรรมก่อสร้างอย่างยิ่งโดยเฉพาะในพื้นที่ต่างจังหวัด ซึ่งพบว่าการใช้พลังงานเป็นอย่างมาก ส่วนใหญ่จะใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพของเตาที่ใช้เผาค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตามการเผาอิฐสามารถประหยัดพลังงานลงได้อีกและมีความจำเป็นมากขึ้น เนื่องจากราคาของเชื้อเพลิงไม่ว่าจะเป็นไม้ฟืนหรือถ่านที่ใช้ในการเผาอิฐภายในประเทศมีแนวโน้มราคาสูงขึ้น สิ่งสำคัญที่จะนำไปสู่การประหยัดพลังงาน คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเตาเผาอิฐหรือนำเตาเผาอิฐที่มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงมาใช้แทนโดยคำนึงถึงปริมาณการผลิตและความเหมาะสมกับท้องถิ่น

1.2 การตรวจเอกสาร

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเตาเผาอิฐทั้งภายในประเทศและต่างประเทศที่สามารถนำมาเป็นข้อมูลอ้างอิงยังมีน้อย ส่วนมากจะอยู่ในรูปแบบของการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยผู้มีความรู้จากประเทศที่พัฒนาแล้วสู่ประเทศกำลังพัฒนา โดยจะมุ่งเน้นในการสำรวจการใช้พลังงานรวมถึงการจัดการในอุตสาหกรรมอิฐของประเทศกำลังพัฒนาและด้อยพัฒนา สำหรับในประเทศไทยจะอยู่ในรูปแบบของเอกสารเผยแพร่ความรู้โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมอุตสาหกรรม ส่วนรายงานการวิจัยยังไม่ปรากฏ ซึ่งทำให้ขาดความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการเผาอิฐและเตาเผาอิฐ

จากการสำรวจโดย Joseph และคณะ (1990) พบว่ามีโรงงานผลิตอิฐในประเทศไทยไม่น้อยกว่า 700 โรง ทำให้มีการจ้างงานทั้งทางตรงและทางอ้อมไม่ต่ำกว่า 120,000 คน และโรงงานเผาอิฐในประเทศไทยมีการใช้ไม้โดยประมาณถึง 1.4 ล้านตันต่อปี ซึ่งอาจเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงมากที่สุดของประเทศ แต่อุตสาหกรรมการทำอิฐกำลังประสบปัญหาเนื่องจากต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น อีกทั้งผลิตภัณฑ์อิฐก่อสร้างเป็นสินค้าราคาถูกเมื่อ

เทียบกับน้ำหนักทำให้ผู้ประกอบการจำนวนมากต้องเลิกกิจการไปต่างๆที่ปริมาณความต้องการอิฐในตลาดยังคงมีอยู่ โดยสรุปแล้วอุปสรรคดังกล่าวได้แก่

- แนวโน้มของราคาเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น
- แรงงานหายากและค่าแรงที่สูงขึ้น
- ผลิตภัณฑ์อิฐมีคุณภาพและราคาต่ำ
- เตาเผาอิฐที่ใช้มีประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำ ทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูง
- ขาดความรู้และเทคโนโลยีที่จะปรับปรุงพัฒนากิจการเผาอิฐ

ปัจจัยหลักซึ่งเป็นอุปสรรคต่อกิจการอิฐดินเผา คือ ต้นทุนของเชื้อเพลิงหรือพลังงานที่ใช้ ในประเทศไทยพบว่าส่วนใหญ่จะใช้ไม้และแกลบเป็นเชื้อเพลิง ส่วนที่ใช้ก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมันมีน้อยและมักจะพบในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ให้ผลตอบแทนต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ที่สูงกว่าอิฐ ในปัจจุบันยังไม่เหมาะที่จะนำก๊าซธรรมชาติมาเป็นเชื้อเพลิงในการเผาอิฐเพราะจะทำให้ต้นทุนแปรผันในการผลิตสูงขึ้น แม้ว่าเชื้อเพลิงชนิดนี้จะให้ค่าพลังงานต่อน้ำหนักที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับไม้ฟืนแต่ราคาของก๊าซธรรมชาติต่อค่าพลังงานยังคงสูงกว่าไม้ฟืนประมาณ 7-8 เท่า สำหรับเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินยังไม่พบรายงานการใช้ในอุตสาหกรรมอิฐในประเทศไทย อีกทั้งการใช้ถ่านหินยังก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ส่วนปัญหาแรงงานในอุตสาหกรรมอิฐ พบว่ายังคงขาดแรงงานเนื่องจากแรงงานในท้องถิ่นสนใจที่จะไปทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ประเภทอื่นซึ่งให้ค่าตอบแทนที่สูงกว่า ทำให้อุตสาหกรรมอิฐต้องปรับค่าแรงให้สูงขึ้นและหาแรงงานจากต่างถิ่นเข้ามาทำแทน โดยต้นทุนแรงงานในอุตสาหกรรมอิฐคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 30% ของต้นทุนการผลิตอิฐและยังพบว่าแรงงานในอุตสาหกรรมอิฐโดยมากจะเป็นแรงงานที่ไม่ต้องการทักษะและเป็นแรงงานหญิงมากกว่าชาย

1.2.1 ประมาณการผลิตอิฐ, พลังงานและเชื้อเพลิงที่ใช้ในประเทศไทย

ข้อมูลการผลิตอิฐโดยการสำรวจอุตสาหกรรมอิฐของกองเศรษฐกิจการพาณิชย์ในปี พ.ศ. 2521 รายงานว่าอุตสาหกรรมอิฐในประเทศไทยใช้พลังงานต่อผลผลิตอิฐเท่ากับ 2.12 MJ/kgอิฐ ใช้แกลบปีละ 53,056 ตัน ใช้ไม้ 158,774 ลบ.ม. (เป็นที่น่าสังเกตว่าตัวเลขพลังงานของการสำรวจปี 2521 ต่ำมาก ซึ่งบางโรงงานต่ำเพียง 0.87 MJ/kgอิฐ ดังตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 แสดง จำนวนโรงงานและการใช้พลังงานจำแนกตามขนาดโรงงาน

(ดัดแปลงจากเอกสารรายงานการสำรวจภาวะการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม
ซึ่งเป็นข้อมูล พ.ศ.2521)

กำลังการผลิต (ตัน/ปี)	จำนวนโรงงาน	ผลผลิตรวม x1000 ตัน	พลังงานที่ใช้ (เมกกะจูล/กิโลกรัมอิฐ)
500	844	54.9	2.12
501-1000	413	97.0	1.06
1001-1500	50	50.4	0.87
1501-2000	34	62.0	0.98
2001 ขึ้นไป	61	511.4	0.96
รวม	1,402	775.7	1.05

จากเอกสารการสำรวจอุตสาหกรรมอิฐของกองเศรษฐกิจการพาณิชย์ในปี พ.ศ. 2521 ใช้การคาดการณ์แบบเชิงเส้นทำนายว่าปี พ.ศ. 2530 จะใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง 72,200 ตัน ใช้น้ำ 147,730 ลบ.ม. ในขณะที่มีรายงานว่าใน พ.ศ.2530 (สำนักงานพลังงานแห่งชาติ, 2530) ประเทศไทยผลิตแกลบ 3,276 พันตัน ใช้น้ำ 38.4 ล้าน ลบ.ม. ในขณะที่มีการใช้จริง 2,313 พันตัน และ 12.5 ล้าน ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุปทานยังคงเพียงพออยู่ ในการสำรวจอิฐ 5 โรงในภาคใต้ และ 2 โรงในเชียงใหม่เมื่อปี พ.ศ. 2537 (Prasertan, et. al., 1995) ซึ่งเป็นโรงอิฐที่ใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิง เผาอิฐในเตาแบบสี่เหลี่ยมพบว่าใช้พลังงานโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.0-5.0 MJ/kgอิฐ โดยเตาเผาอิฐที่ใช้ไม้ฟืนใช้พลังงานเชื้อเพลิง 33.04% ของต้นทุนในกระบวนการผลิต ส่วนเตาเผาอิฐที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง 38.13% ของต้นทุนในกระบวนการผลิต

จากข้อมูลรายงานพลังงานของประเทศไทยปี พ.ศ. 2536 (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2536) รายงานว่ามีผลผลิตไม้ภายในประเทศ 40,107 พันตัน, แกลบ 1,676 พันตัน มีการใช้ไม้ภายในประเทศรวม 9,947 พันตัน โดยมีการใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต 1,885 พันตัน มีการใช้ในครัวเรือนและเชิงพาณิชย์ 8,062 พันตัน ,มีการใช้แกลบภายในประเทศ

รวม 1,564 พันตัน โดยใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต 1,556 พันตัน ใช้ในครัวเรือนและเชิงพาณิชย์ 8 พันตัน จะเห็นว่าปริมาณแกลบภายในประเทศมีแนวโน้มลดลงจากปี 2530 เนื่องจากผลผลิตลดลง (คาดว่าผลผลิตอ้อยลดลงเช่นกัน) แต่ไม่สามารถบ่งชี้ถึงปริมาณที่ใช้จริงในอุตสาหกรรมอ้อยได้

1.2.2 ข้อมูลสำรวจการใช้พลังงานในการเผาอ้อยในประเทศไทย

การสำรวจและรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานในการเผาอ้อยในส่วนของเชื้อเพลิงที่ใช้กับเตารูปแบบต่างๆที่มีอยู่เป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากทำให้ทราบถึงสถานะการณปัจจุบันในอุตสาหกรรมเผาอ้อยและเทคโนโลยีที่ใช้ เช่น เตาเผา อันจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพัฒนาการเผาอ้อยต่อไป

ข้อมูลการสำรวจอุตสาหกรรมทำอ้อยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ปี ค.ศ. 1990 (Joseph et. al., 1990) พบว่ามีการใช้ พลังงานต่อผลผลิตอ้อยเท่ากับ 7.833 MJ/kgอ้อย โดยเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นไม้ยางพารา ซึ่งต้นทุนในส่วนเชื้อเพลิงคิดเป็น 23.9 % ของต้นทุนทั้งหมด จะเห็นว่าพลังงานที่ใช้ในการเผาอ้อยในประเทศไทยยังคงสูงอยู่มาก และมีการกระจายอยู่ในช่วงกว้าง (1.0-8 MJ/kgอ้อย) แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ลักษณะของเตาเผาอ้อยที่ใช้, เชื้อเพลิงที่ใช้, กระบวนการเผา (อุณหภูมิ, เวลา, คนดูแลเตา), การตากแห้ง, ขนาดรูปร่างน้ำหนักของอ้อย, ชนิดของดินทำอ้อย และความเชื่อถือได้ของข้อมูลสำรวจ เป็นต้น การที่จะหาค่าพลังงานที่ใช้ในการเผาอ้อยที่แน่นอนนั้นจึงทำได้ยากแต่สามารถดูแนวโน้มหรือประมาณจากข้อมูลเบื้องต้นได้จากปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อน้ำหนักอ้อยที่เผาของเตาเผาชนิดนั้นๆ สำหรับเตาเผาอ้อยในภาคใต้ซึ่งเป็นเตาแบบสี่เหลี่ยม (ความจุเตา 50,000-100,000 ก้อน) ใช้ไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงเผาอ้อยกลวง 4 รู น้ำหนักเฉลี่ย 1.5 กิโลกรัมต่อก้อน (บางแห่งอ้อยสุกมีน้ำหนัก 1.2-1.3 กิโลกรัม/ก้อน) ใช้พลังงานในการเผาอยู่ในช่วง 4.0-5.0 MJ/kgอ้อย (โรงอ้อยน้ำตาลธุรกิจ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา) ส่วนเตาเผาอ้อยทรงเจดีย์ ความจุเตา 45,000 ก้อน ใช้พลังงานในการเผา 2.8-4.0 MJ/kgอ้อย (โรงอ้อยน้ำตาลนครินทร์ จ.นราธิวาส)

1.2.3 การทำอ้อยดิบ

อ้อยที่ทำกันในประเทศไทยนั้นจะมีขนาดแตกต่างกันไปใหญ่บ้างเล็กบ้างแล้วแต่ความนิยมของแต่ละท้องถิ่นที่ผลิตออกจำหน่าย อ้อยที่เคยมีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักกันทั่วไป คือ 'อ้อยมอญ' ซึ่งชาวไทยรามัญแถบปทุมธานี ปากเกร็ด นนทบุรี ทำขายกันในสมัยก่อน ต่อมาก็มีการตั้งโรงงานทำอ้อยดิบเผาโดยใช้เครื่องจักร ทำให้ได้ขนาดมาตรฐานดีกว่าเดิมและสามารถ

ผลิตได้มากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการปั้นอิฐด้วยมือก็ยังคงทำกันอยู่ อิฐที่ทำขายอาจมีชื่อเรียกต่าง ๆ กัน อาจเรียกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของอิฐ และลักษณะการนำอิฐนั้นๆ ไปใช้งาน เช่น อิฐก่อสร้างสามัญ, อิฐกลวงประดับ, อิฐประดับ, อิฐกลวงก่อแผงรับน้ำหนัก, อิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนัก, อิฐประดับเคลือบสีลิกเกตหรืออิฐปูนทรายขาว เป็นต้น สำหรับอิฐที่ใช้ในวงการค้าก่อสร้างในประเทศไทยส่วนมากจัดอยู่ในประเภทของอิฐกลวงก่อแผงไม่รับน้ำหนักตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 153/2533) ซึ่งไม่ได้กำหนดมาตรฐานการรับแรงกดไว้ แต่กำหนดมาตรฐานการดูดกลืนน้ำสูงสุดไว้ 3 ชั้นคุณภาพ คือ 10, 14 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามชั้นคุณภาพ ก, ข และ ค ตามลำดับ โดยมีช่วงการแปรเปลี่ยนค่าร้อยละของการดูดกลืนน้ำของอิฐที่ส่งไปใช้งานหนึ่งจะต้องไม่เกิน 12 สำหรับการทำให้อิฐดิบมีขั้นตอนการทำและการเตรียมวัตถุดิบดังต่อไปนี้

1.2.3.1. วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำอิฐประกอบด้วย ดินเหนียวหรือดินโคลน และวัสดุอื่นๆ เช่น แกลบ ทราย ขี้เลื่อย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันแล้วแต่ความเหมาะสม (แกลบ ขี้เลื่อย ขี้เถ้าปริมาณมากที่สุดที่ใช้ผสม ไม่ควรเกิน 0.2 ลบ.ม. ต่อดินเหนียว 1 ลบ.ม.)

1.2.3.2 วิธีการขึ้นรูปอิฐดิบ

วิธีการขึ้นรูปอิฐดิบสามารถแยกตามลักษณะของดินที่มีความชื้นต่างกันได้ 3 วิธีใหญ่ๆ ดังนี้ (ศิริชัย โภธิตาปนนะ, 2526)

ก. การผลิตโดยใช้ดินเหลว (soft mud) ดินที่ใช้ทำเป็นดินเหลวเปียก ซึ่งมีน้ำผสมอยู่ประมาณร้อยละ 20-30 วิธีนี้ใช้กับการผลิตอิฐมอญที่เป็นอุตสาหกรรมในครอบครัว ซึ่งใช้ดินเหลวผสมกับแกลบเทวดลงในแบบซึ่งทำด้วยไม้หรือโลหะแล้วปาดหน้าดินให้เรียบ

ข. การผลิตโดยใช้ดินเหนียว (stiff mud) ดินที่ใช้ทำเป็นดินเหนียวเปียก มีน้ำผสมอยู่ร้อยละ 12-15 วัตถุดิบจะผ่านเข้าเครื่องนวด แล้วเข้าเครื่องอัดดินให้เป็นแท่งยาวตัดด้วยลวดเป็นท่อนๆ วิธีนี้กำลังเป็นที่นิยมของโรงงานผลิตอิฐที่สร้างขึ้นใหม่เพราะทำได้เร็วและมีขนาดสม่ำเสมอ

ค. การผลิตโดยใช้ดินชื้น (dry press) ดินที่ใช้ทำเป็นดินเหนียวความชื้นต่ำโดยมีน้ำผสมอยู่ประมาณร้อยละ 5-7 ทำโดยนำดินที่เตรียมไว้ตากให้แห้งตามต้องการ (ถ้าวัตถุดิบมีความชื้นสูง) จากนั้นนำมาย่อยและบดให้ละเอียด ผ่านแรงให้เนื้อดินมีขนาดเดียว

กันแล้วจึงทำการผลิตเป็นก้อนโดยใช้เครื่องอัดมีแรงอัดประมาณ 550-1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

1.2.3.3 การตากอิฐ

อิฐดิบที่ผลิตเป็นก้อนแล้วต้องตากแห้ง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ก่อนที่จะทำการเผา การตากแห้งระยะแรกควรผึ่งในที่อับลมเพื่อให้น้ำในอิฐระเหยไปที่ละน้อยโดยเอาอิฐดิบวางเรียงให้มีช่องโปร่งให้อากาศผ่านได้ พอดินหมาดแล้วเอาไปตั้งเรียงซ้อนเป็นชั้นๆ ในระยะต่อไปจึงผึ่งแดด

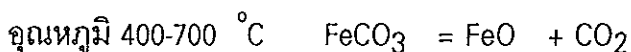
1.2.4 การเผาอิฐ

1.2.4.1 องค์ประกอบของดินเหนียวและผลของความร้อนต่อดินเหนียว

องค์ประกอบหลักในดินเหนียวโดยมากมีซิลิกา, อลูมินาและเหล็กออกไซด์ สูตรทางเคมีของดินเหนียวคือ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ มีน้ำเป็นองค์ประกอบเคมีอยู่ประมาณ 13.96% โดยน้ำหนัก ซึ่งเรียกว่า น้ำประกอบ (combined water) ส่วนน้ำที่ผสมดินเหนียวเพื่อใช้ในกระบวนการขึ้นรูปอิฐดิบซึ่งจะต้องไล่ออกในช่วงการทำให้แห้งหรือการตากอิฐ (drying) เรียกว่าน้ำเชิงกล (mechanical water) สำหรับอุณหภูมิที่ทำให้น้ำเชิงกลออกไปจากอิฐดิบอยู่ในช่วง $100-150^{\circ}C$ ในการเผาอิฐดินเหนียว จะมีการไล่น้ำเชิงกล, น้ำประกอบ, สารคาร์บอนที่เผาไหม้ได้และซัลเฟอร์ (carbonaceous matter and sulfur) ออกจากดินเหนียว

1.2.4.2 การสลายสารคาร์บอนที่มีอยู่ในดินเหนียว

สารคาร์บอนเนตที่มีอยู่ในดินเหนียวเป็นสารปนเปื้อน (impurities) ซึ่งสามารถสลายไปได้ด้วยความร้อนไปอยู่ในรูปของออกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น (Rowden, 1964)



สำหรับเหล็กคาร์บอนเนตเป็นอนุภาคเล็กๆของเหล็กออกไซด์จะรวมตัวอยู่ในดินเหนียวทำให้เกิดสีดำน้ำขึ้นในอิฐดินเหนียวที่มีการเผาในสภาวะขาดออกซิเจน (reducing atmosphere) การเผาไหม้พวกสารคาร์บอน จะเริ่มเผาไหม้ตั้งแต่ช่วง $200-350^{\circ}C$ ซึ่งช่วงนี้จะให้สารระเหยได้ออกมา การที่จะเผาให้สารคาร์บอนที่หลงเหลือในอิฐออกไปเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์หรือคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากขึ้น ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขดังต่อไปนี้

ก. ต้องมีอากาศเกินพอ (excess air) ในการสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อให้ก๊าซเผาไหม้ (combustion gases) มีออกซิเจนเหลือและเกิดการออกซิไดซ์ซึ่งขึ้นภายในเตาเผา

ข. ต้องมีช่องว่างระหว่างอิฐในเตาเพื่อให้อากาศสามารถเข้าไปเผาไหม้สารคาร์บอนได้

ค. ต้องมีช่วงเวลาที่เหมาะสมให้การเผาไหม้ดำเนินไป ซึ่งอัตราการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับอัตราที่ออกซิเจนสามารถเข้าทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ในอิฐ ถ้าอัตราการเผาไหม้หรือการให้ความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงช่วงอุณหภูมิ 450-650 °C (ช่วงที่ไอน้ำประกอบ) จะทำให้อากาศไม่สามารถเข้าไปในเนื้ออิฐได้ทัน ภาวะเช่นนี้จะทำให้บรรยากาศในเตาเผาเกิดออกซิไดซ์ซึ่งแต่จะเกิดสภาวะรีดิวซ์ซึ่งภายในก้อนอิฐ สารคาร์บอนที่อยู่ภายในเนื้ออิฐจะรวมตัวกับไอน้ำเกิดเป็นรีดิวซ์ซึ่งก๊าซ, ไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์ที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้เหล็กในเนื้ออิฐดินเหนียวรวมตัวเป็นจุดเกิดสีของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นที่ต้องการขึ้น ลักษณะของอิฐเนื่องจากสภาวะเช่นนี้สามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มสัดส่วนของอากาศเกินพอและลดอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิหลังจากไอน้ำประกอบออกไป

ง. สารประกอบคาร์บอนในเนื้อดินควรถูกเผาไหม้ไปหมดที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดการเกิดไวทริไฟเคชัน (vitrification) ที่ผิวของอิฐ (ไวทริไฟเคชัน เป็นกระบวนการเกิดสารมันวาวเคลือบผิวคล้ายแก้ว)

1.2.4.3 ขบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาอิฐดินเหนียว

ขบวนการที่เกิดขึ้นอาจพิจารณาได้ตามช่วงอุณหภูมิต่อไปนี้ (Rowden, 1964)

อุณหภูมิโดยประมาณ	ขบวนการที่เกิดขึ้น
20-150 °C	- ไอน้ำเชิงกลออกจากอิฐ
150-900 °C	- ไอน้ำประกอบ โดยการสลายองค์ประกอบแร่ธาตุที่มีอยู่ในดินเหนียว (ปกติอยู่ในช่วง 400-650 °C)
200-900 °C	- เกิดการเผาไหม้สารคาร์บอนในเนื้อดิน โดยอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับชนิดของอิฐ, ปริมาณ, ความหนาแน่น, ปริมาณอากาศเกินพอ และอากาศอิสระที่เข้าสู่อิฐ
400-450 °C	- สลายองค์ประกอบไพไรท์ (iron sulphide, FeS ₂) (ในการเผาอิฐต้องให้ FeS ₂ ออกซิไดซ์ให้หมดก่อน)

อุณหภูมิโดยประมาณ	ขบวนการที่เกิดขึ้น
400-900 °C	อุณหภูมิสูงถึงจุดไวทริไฟเคชัน มิฉะนั้นจะทำให้เกิดการไปงพองที่ผิวของอิฐเนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์หลุดออกมา - สลายองค์ประกอบของคาร์บอนเนต, แคลเซียม, แมกเนเซียมและเหล็ก
570 °C	- เกิดการเปลี่ยนรูปของซิลิกาจากอัลฟาควอตซ์ (α quartz) เป็นเบต้าควอตซ์ (β quartz) โดยมีการขยายปริมาตรเพิ่มขึ้น 2% ในดินเหนียวที่มีควอตซ์อยู่มากควรใช้อัตราการเพิ่มความร้อนช้าลงในช่วงอุณหภูมินี้เพื่อหลีกเลี่ยงการแตกร้าว (cracking) เนื่องจากมีการเปลี่ยนปริมาตรอย่างทันทีทันใด และควรรักษาช่วงอุณหภูมิ 500-700 °C นี้ไว้ระยะหนึ่ง
900 °C ถึงอุณหภูมิสิ้นสุด	- จะเกิดไวทริไฟเคชันที่อุณหภูมิประมาณ 900 °C โดยความแข็งแรงของอิฐจะเพิ่มขึ้นมากในช่วงอุณหภูมินี้

1.2.4.4 ลำดับขั้นการเผาอิฐ

เวลาในการเผาอิฐและอัตราการเผาขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำเชิงกล, น้ำประกอบและสารคาร์บอนในเนื้อดินและยังขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของอิฐกับความหนาแน่นของอิฐ การเผาอิฐในเตาเผาทั้งแบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง พิจารณาได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ

ก. ช่วงไล่น้ำ ในกรณีการเผาแบบไม่ต่อเนื่องนี้ต้องปล่อยให้ช่วงนี้ค่อยเป็นค่อยไป คือ การเผาไฟอ่อนและให้มีอากาศเกินพออย่างน้อย 1000-1500% ช่วงเวลาการไล่น้ำนี้จะขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของน้ำเชิงกลและปริมาณของอิฐที่นำเข้าเผาในเตา โดยอาจใช้เวลา 2-4 วัน จนถึง 2 สัปดาห์ การไล่น้ำเชิงกลไม่ควรทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากจะทำให้เกิดการแตกร้าว (cracking) ขึ้นที่ผิวหน้าอิฐได้

ข. ช่วงไฟกลาง เป็นกระบวนการหลังจากการไล่น้ำเสร็จแล้วซึ่งสามารถเพิ่มอุณหภูมิในเตาในอัตราที่เร็วกว่าเดิมได้โดยเมื่ออุณหภูมิถึงช่วง 400-450 °C ซึ่งเป็นช่วงไล่น้ำประกอบจนถึงอุณหภูมิ 650 °C กระบวนการในช่วงนี้ควรให้เกิดในลักษณะค่อยเป็นค่อยไปอย่างช้าๆ (450-650 °C) เพราะถ้าอุณหภูมิช่วงนี้เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจะทำให้อิฐ

ที่ได้มีสีดำคล้ำและเกิดเป็นตุ่มพองที่ผิวอิฐ สำหรับช่วงอุณหภูมิ 850-900 °C ขบวนการไล่น้ำประกอบจะกลับมาเกิดอีกครั้งหนึ่ง สิ่งที่สำคัญคือสารพวกคาร์บอนในเนื้อดินควรถูกเผาไหม้ไปให้หมดก่อนการเกิดกระบวนการไวทริฟิเคชัน ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยการชั่งตัวอย่างอิฐจากเตามาทดสอบดู และเพื่อให้ได้อิฐที่มีคุณภาพดีควรทำให้มีอากาศผ่านเข้าเตาอย่างเพียงพอสำหรับการเกิดออกซิเดชันตั้งแต่ช่วงอุณหภูมิ 400-800 °C ทั้งด้านบนของเตาและด้านล่างของชั้นเรียงอิฐ (อิฐที่ผลิตในประเทศไทยจะสิ้นสุดกระบวนการเผาในขั้นตอนของการเผาไฟกลาง)

ค. ช่วงไฟแรง (เป็นการเผาที่อุณหภูมิสูงกว่า 900 °C ซึ่งเป็นการผลิตอิฐแกร่งที่ใช้ในประเทศที่พัฒนาแล้ว) เมื่อสารคาร์บอนในเนื้อดินถูกเผาไหม้หมดและธาตุเหล็กในเนื้ออิฐถูกออกซิไดซ์แล้วสามารถเพิ่มอุณหภูมิจาก 900 °C ขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งขบวนการไวทริฟิเคชันจะเริ่มเกิดขึ้นจนถึงอุณหภูมิสุดท้ายของการเผา โดยช่วงนี้อิฐจะไม่เกิดการบิดเบี้ยวหรือหดตัวมากนัก ความแข็งแรงของอิฐจะเพิ่มขึ้นในช่วงนี้ด้วย และจะเกิดการเคลือบผิวหน้าอิฐโดยฟลักซ์ (fluxes) ที่มีอยู่ในดินเหนียว (ferrous, lime, magnesia, soda and potash) สำหรับดินเหนียวที่ใช้ทำอิฐต่างชนิดกันก็จะมีอุณหภูมิสุดท้ายของการเผาต่างกันด้วย ซึ่งจะเป็นอุณหภูมิที่กำหนดคุณสมบัติของอิฐ (เช่น strength, absorption, porosity เป็นต้น) การกำหนดเงื่อนไขเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการเช่น สีของอิฐ สามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการเกิดสภาวะรีดิวซิงและออกซิไดซิงซึ่งภายในเตาในช่วงอุณหภูมิสุดท้ายที่เผา

ง. การลดอุณหภูมิ (cooling) หลังจากสิ้นสุดการเผาอิฐในเตา การปล่อยให้อิฐเย็นลงจะค่อยเป็นค่อยไปโดยใช้เวลา 4-5 วันหรือมากกว่านั้น ซึ่งเมื่อไฟในเตาดับหรือช่องใส่เชื้อเพลิงจะถูกปิดด้วยดินเหนียว โดยทิ้งไว้ 1-2 วัน แล้วจึงค่อยเปิดให้อากาศไหลผ่านเข้าเตาเป็นบางส่วนจนถึงทยอยเปิดช่องต่างๆทั้งหมดในช่วง 2-3 วันหลัง

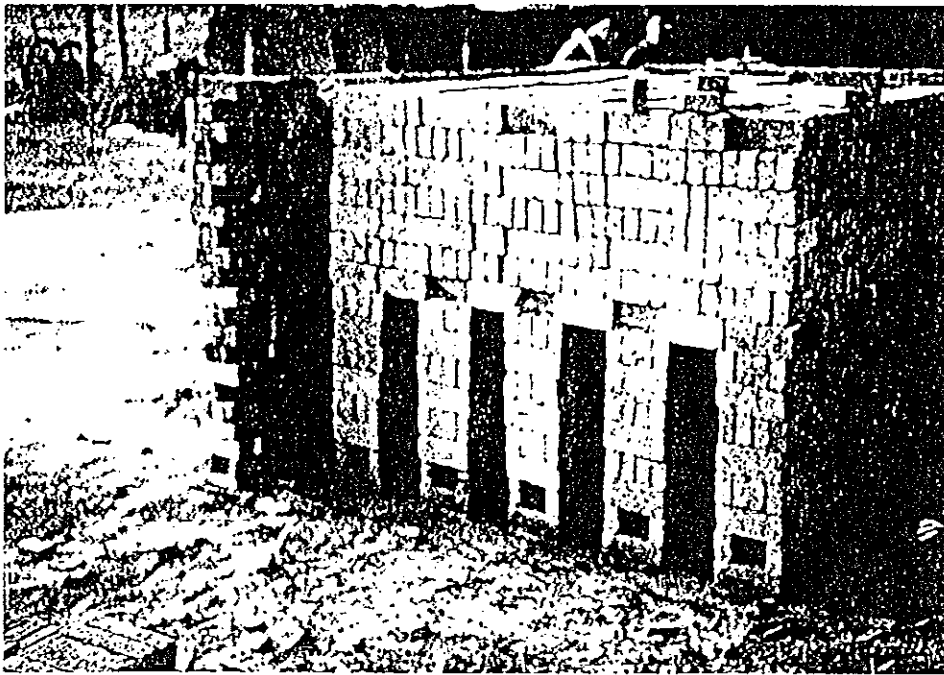
1.2.5 เตาเผาอิฐในประเทศไทย

การเผาอิฐในประเทศไทยมีอยู่ 2 แบบ คือ การเผาด้วยเตาเผาชั่วคราวและการเผาด้วยเตาเผาถาวร สำหรับเตาเผาอิฐในต่างประเทศสามารถแบ่งชนิดของเตาเผาอิฐออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ เตาเผาอิฐแบบไม่ต่อเนื่องและเตาเผาอิฐแบบต่อเนื่อง

1.2.5.1 การเผาอิฐด้วยเตาเผาชั่วคราว

เตาเผาแบบนี้จะเผาครั้งหนึ่งประมาณ 30,000-60,000 ก้อน สำหรับการเผาด้วยกลบมักจะกองอิฐสูงประมาณ 1.0-1.5 เมตร ทั้งนี้เพราะต้องการให้สะดวกเวลาเติมกลบ

เป็นเชื้อเพลิง ส่วนเตาเผาที่เผาด้วยไม้ฟืนนั้นอาจก่อได้สูงถึง 2 เมตร การเรียงอิฐชั้นล่างจะเรียงให้โปร่ง บางแบบจะเว้นช่องสำหรับใส่ไม้ฟืนไว้ด้านล่าง ชั้นบนขึ้นมาจะเรียงซ้อนติดกัน แต่จะเว้นช่องว่างระหว่างก้อนเพื่อให้ความร้อนกระจายได้ทั่ว หลังจากเรียงอิฐดิบแล้วจะก่อผนังเตาโดยรอบโดยใช้อิฐที่ไม่ได้ขนาดมาก่อน จะเว้นระยะห่างจากกองอิฐที่จะเผาประมาณ 10-15 ซม. และเว้นช่องไฟให้ตรงกัน เมื่อก่อเสร็จจะฉาบด้วยดินโคลนป้องกันการสูญเสียความร้อน ด้านบนของเตาเผาแบบชั่วคราวนี้ถ้าเป็นเตาที่เผาด้วยแกลบก็จะปล่อยว่างไว้สำหรับเติมแกลบลงไปเมื่อแกลบในเตามีการยุบตัว ถ้าเป็นเตาแบบใช้ฟืนก็มักจะใช้อิฐวางเรียงเปิดช่องว่างด้านบนด้วย เตาเผาอิฐแบบสุ่มแกลบแสดงดังรูปที่ 1.1

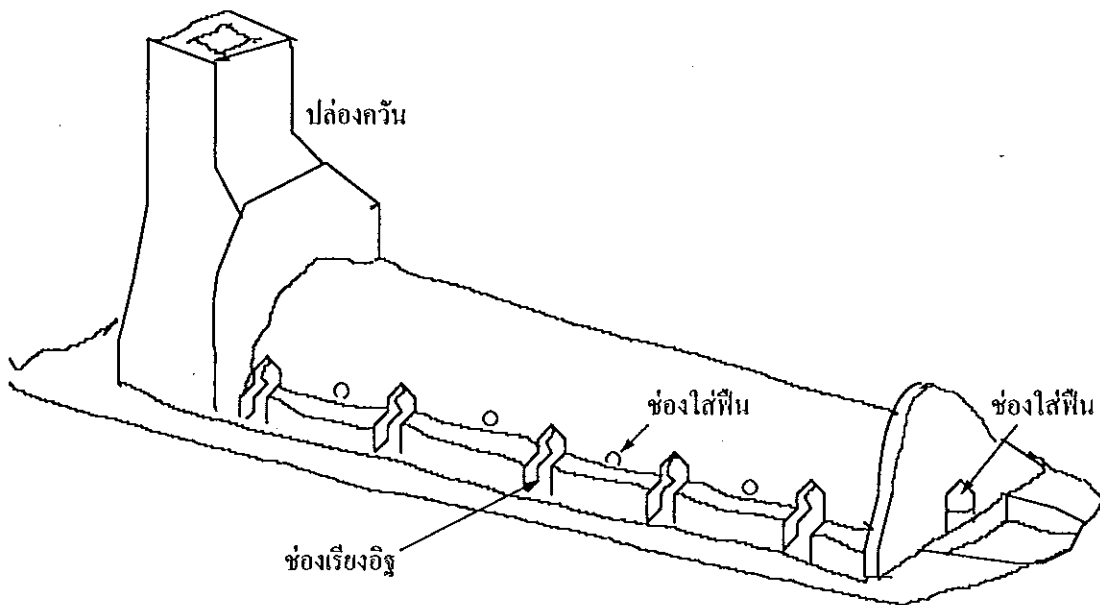


รูปที่ 1.1 เตาเผาอิฐแบบสุ่มแกลบ

1.2.5.2 การเผาอิฐด้วยเตาเผาถาวร

เตาเผาถาวรที่ใช้กันอยู่ตามโรงงานอุตสาหกรรมอิฐเป็นเตาเผาแบบระบายความร้อนขึ้น (updraft) และแบบระบายความร้อนลง (downdraft) มีรูปร่างต่างกัน เช่น กลม, สี่เหลี่ยม หรือเป็นเตายาว เตาเผาถาวรนี้โดยมากใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง เตาที่พบเห็นโดยทั่วไปในประเทศไทยมีด้วยกัน 3 แบบคือ

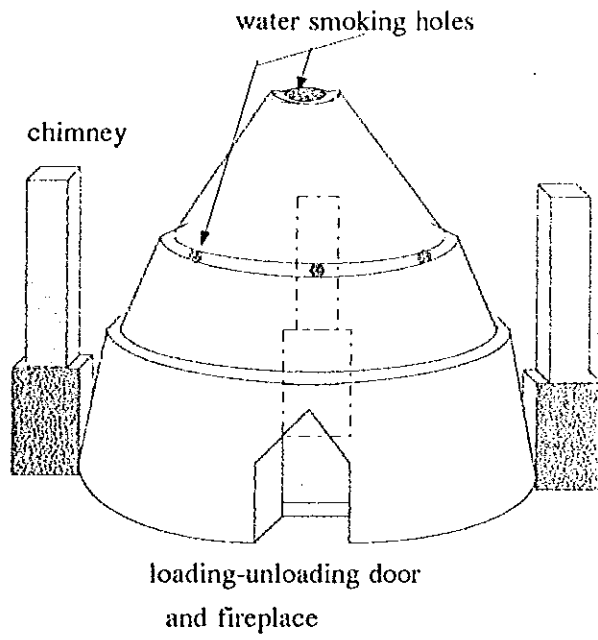
ก. เตามังกร เป็นเตาที่ก่อเป็นรูปอุโมงค์ มีความลาดชันขึ้นไปจากระดับพื้นสู่ห้องเตาอยู่ด้านหลัง และตลอดตัวเตามีช่องใส่ฟืนเป็นระยะๆ ปลายเตาติดต่อกับปล่องไฟ เมื่อเปิดประตูเตาขนอิฐเข้าไปเรียงให้มีช่องไฟพอสมควรจนแน่น แล้วปิดประตูเตาและเริ่มใส่ไฟในเตา ประมาณ 24 ชั่วโมง ก็สิ้นสุดการเผา แต่ต้องปิดช่องใส่ไฟทั้งหมดเพื่ออบเตาไว้ อีกประมาณ 72 ชั่วโมง จนเตาเย็นพอสมควรแล้วจึงเปิดประตูเตาเพื่อนำอิฐสุกออกมา เตาเผาอิฐแบบมังกรแสดงดังรูปที่ 1.2



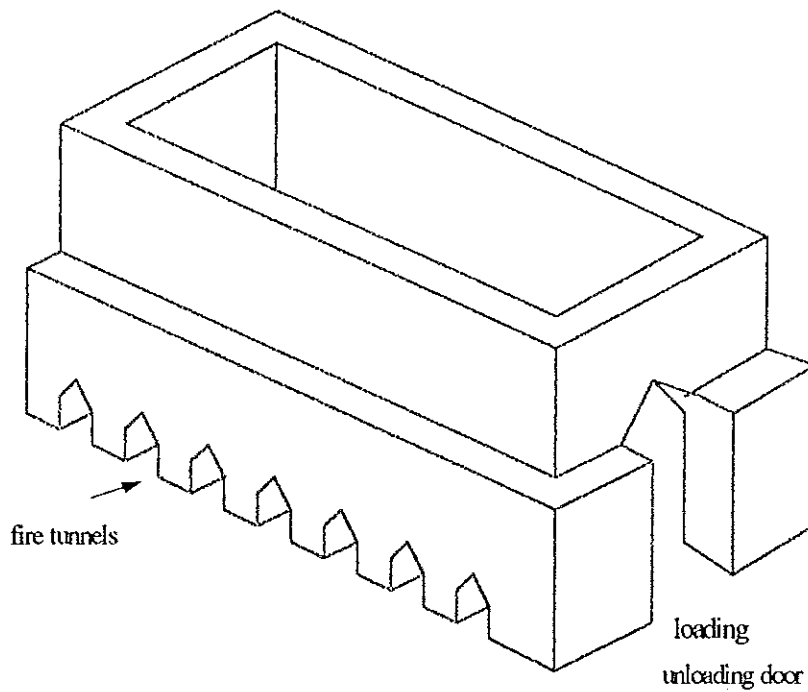
รูปที่ 1.2 เตาเผาอิฐแบบมังกร

ข. เตาไต้หวัน เป็นเตาเผาที่ก่อเป็นทรงกะทะคว่ำลง ปล่องไฟอาจจะอยู่ตรงกลางหรืออาจต่อออกไปทางด้านนอกของเตาก็ได้ ช่องสำหรับใส่ไฟอาจทำไว้หลายช่องนิยมใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง เมื่ออิฐสุกแล้วก็อุดปากเตาใส่ไฟและปิดทิ้งไว้จนเย็น จึงขนอิฐออกจากเตา เตาเผาอิฐแบบไต้หวันหรือทรงเจดีย์แสดงดังรูปที่ 1.3

ค. เตาสี่เหลี่ยม เป็นเตาเผาที่ก่อเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือผืนผ้า มีด้านข้างหนึ่งด้านเป็นประตูเปิดเตาสำหรับขนอิฐเข้าออก ส่วนด้านที่เหลือเป็นช่องสำหรับใส่ฟืน เตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยมแสดงดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.3 เตาเผาอิฐแบบไต้หวันหรือทรงเจดีย์



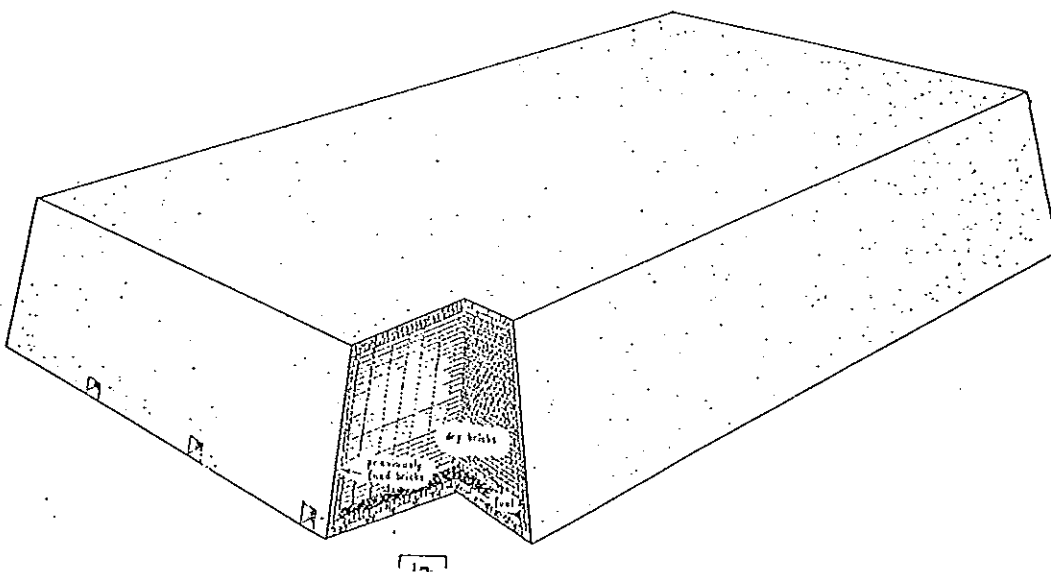
รูปที่ 1.4 เตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยม

1.2.6 เตาเผาอิฐชนิดอื่นๆในต่างประเทศ

1.2.6.1 เตาเผาอิฐแบบไม่ต่อเนื่อง

เตาแบบนี้จะเผาโดยให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิสูงสุดแล้วปล่อยให้เย็นลงก่อนที่จะนำอิฐออกจากเตา โครงสร้างของเตาแบบนี้จะได้รับความร้อนไปด้วยในขณะที่เผา และความร้อนในอิฐและตัวเตาจะสูญเสียสู่บรรยากาศระหว่างการปล่อยให้เย็นลง การเผาอิฐในเตาแบบนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการอิฐของตลาดและการเปลี่ยนแปลงของตลาด เตาแบบนี้มีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงที่ไม่ดี เตาพวกนี้ได้แก่ แคลมปี, สโคป, สก็อต และเตาแบบความร้อนไหลลง

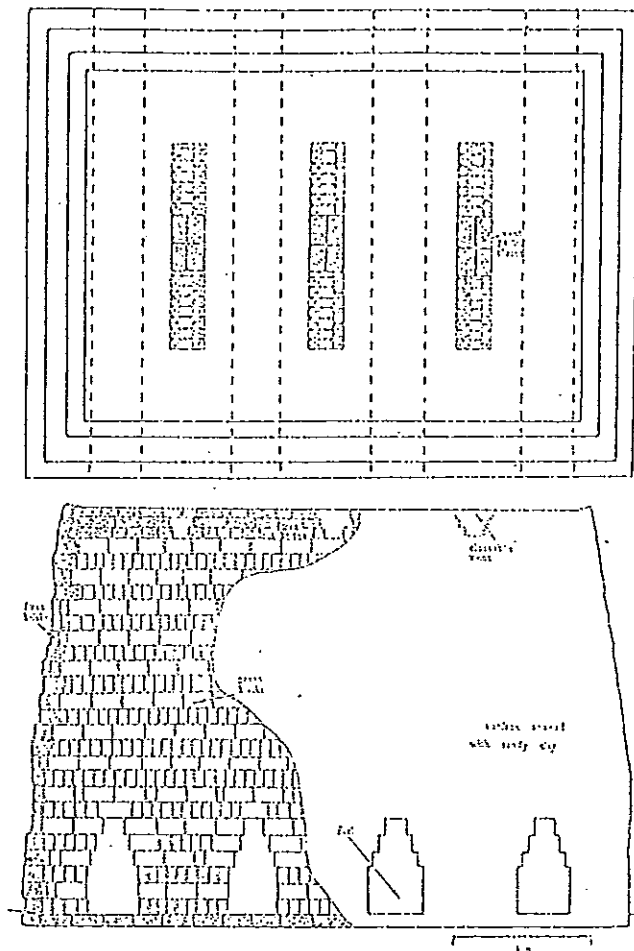
ก. เตาแบบความร้อนไหลขึ้นหรือแบบแคลมปี (small updraft or clamp kiln) เตาแบบนี้ไม่มีขนาดความยาว ความกว้าง และความสูงที่กำหนดตายตัว บ่อยครั้งที่เห็นว่าความยาวและความกว้างเท่ากันแต่ความสูงจะแตกต่างกันไปและไม่มีปล่องควัน เตาแบบนี้ถูกสร้างบนพื้นที่เรียบแห้ง ชั้นล่างหรือพื้นล่างจะปูด้วยอิฐที่สุกแล้ว ถัดขึ้นมาจะเป็นพวกชั้นเชื้อเพลิง เช่น พวกถ่านโค้กหรือถ่านหินขนาดเล็ก ชั้นเชื้อเพลิงจะหนาอย่างน้อยประมาณ 20 ซม. แล้วเรียงอิฐแห้งที่จะเผาทับชั้นเชื้อเพลิงขึ้นมา โดยทั่วไปจะเรียงประมาณ 28 ชั้น เรียงเป็นแนวเฉียงขึ้นไปเพื่อความมั่นคงของชั้นอิฐ ที่ฐานด้านหนึ่งของเตาจะทำเป็นช่อง 2-3 ช่องเพื่อเป็นช่องตีไฟในช่วงเริ่มต้นของการเผา ด้านบนของชั้นอิฐจะนำอิฐที่สุกแล้วมาปิดทับเป็นฉนวนลดการสูญเสียความร้อน ลักษณะเตาแบบนี้แสดงได้ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 เตาเผาอิฐแบบแคลมปี

อัตราการเผาไหม้ของเตาแบบนี้คุมได้ยาก ขึ้นอยู่กับความแรงและทิศทางของลม การถ่ายเทอากาศและอัตราการเผาไหม้บางครั้งควบคุมได้โดยการเอาอิฐสุกชั้นบนออกบ้างเพื่อเพิ่มอัตราการเผาไหม้ อาจใช้ชี้เท้าหรืออิฐปิดเพิ่มเพื่อลดอัตราการเผาไหม้ อิฐที่อยู่ขอบผนังเตาจะไม่ค่อยสุก ดังนั้นจึงใช้เชื้อเพลิงที่ขอบผนังเตาน้อยและใส่เชื้อเพลิงให้กระจายอยู่ในชั้นอิฐให้มาก อิฐที่อยู่บริเวณตรงกลางเตาจะมีความแข็งแรงและคุณภาพดีกว่า แต่ก็ยังมีอิฐที่อยู่ด้านข้างของเตาที่ไม่สามารถขายได้ซึ่งมีประมาณ 20% ของอิฐทั้งหมด จะต้องนำไปเผาใหม่โดยใช้วางทางด้านใต้, ด้านข้างหรือด้านบนของเตา

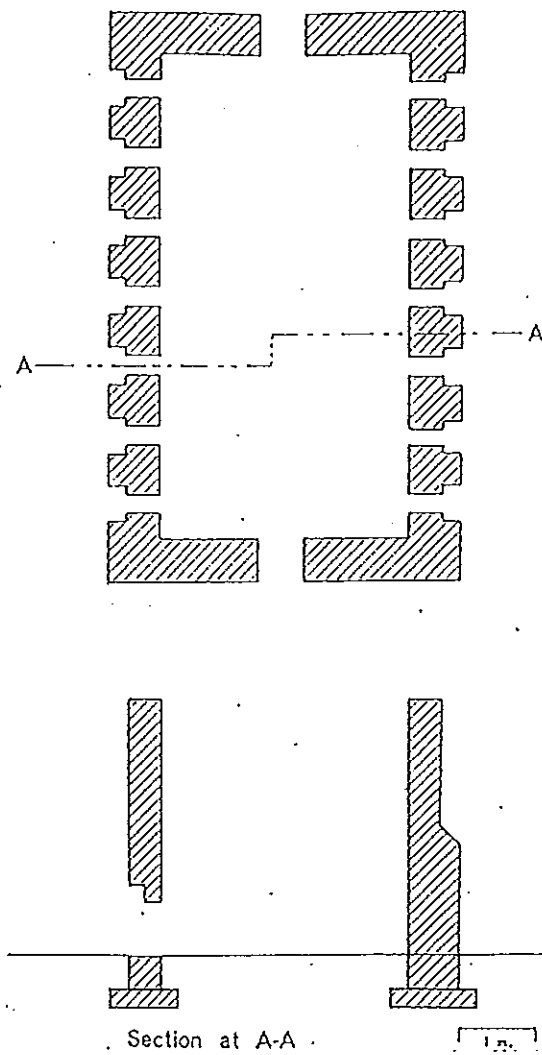
ข. เตาเผาอิฐแบบสโคป (scove kiln) เป็นเตาเผาที่ดัดแปลงมาจากเตาเผาแบบเคลมบซึ่งใช้กับเชื้อเพลิงที่ไม่สามารถวางกระจายอยู่ด้านล่างของเตา โดยทำฐานเตาเป็นช่องใส่ฟืน ผนังด้านนอกเตาจะถูกหาคคลุมด้วยโคลน จึงเรียกเตาแบบนี้ว่าสโคป เตาเผาอิฐแบบสโคปแสดงดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 เตาเผาอิฐแบบสโคป

การสร้างเตาต้องใช้พื้นที่เรียบและแห้งด้านล่างของเตาจะเรียงด้วยอิฐหนา 3-4 ชั้น แล้วทำเป็นช่องบนชั้นอิฐซึ่งความกว้างของช่องมีขนาดประมาณ 2 เท่าของความยาวก้อนอิฐ โดยเรียงสลับกันได้ ช่องใส่พื้นความยาวประมาณ 2 เมตร อาจใช้กับปริมาณอิฐที่เผาไม่มากนักแต่ไม่ควรยาวกว่า 2 เมตร สำหรับการเผาจำนวนมาก เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใส่ในอุโมงค์ จะไม่ถึงกึ่งกลางเตา อิฐที่จะทำการเผาจะเรียงสลับกัน หลังจากการเผาเสร็จแล้วจะทิ้งให้เตาเย็นลงประมาณ 3-4 วัน สำหรับเตาแบบนี้ประสิทธิภาพของเตาจะดีขึ้นเมื่อเพิ่มความสูงของเตาแต่ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณและความเหมาะสม ทั้งนี้อิฐที่ดีส่วนใหญ่จะอยู่ด้านบนของเตา

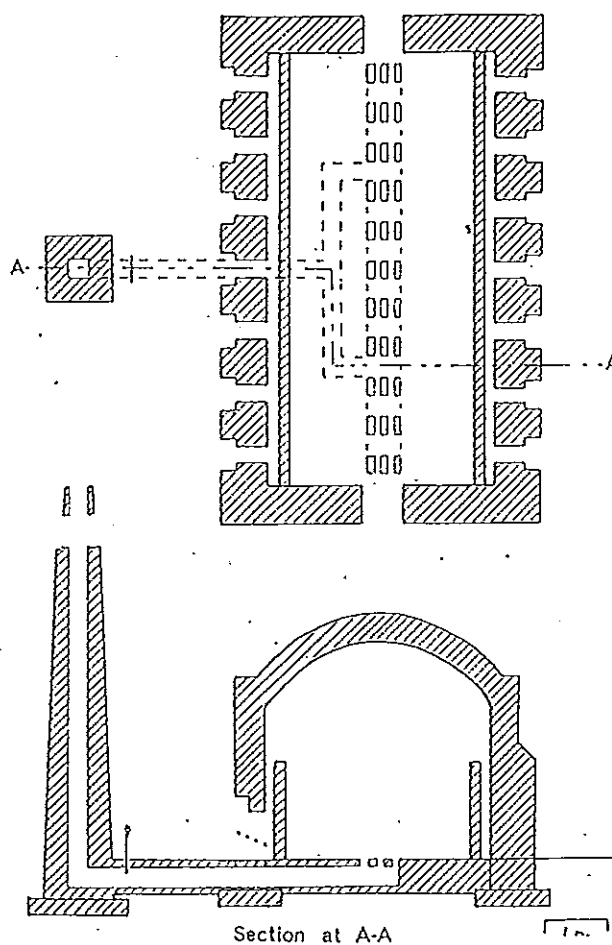
ค. เตาเผาอิฐแบบสก๊อต (scotch kiln) เตาเผาอิฐแบบสก๊อตแสดงดังรูปที่ 1.7 ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับเตาเผาแบบสโคปยกเว้นตัวฐาน ช่องใส่พื้นและผนังด้านนอกเตาซึ่งถูกสร้างขึ้นอย่างถาวรด้วยอิฐโบริกปูนแต่ส่วนบนจะไม่มีการโบริกปูนถาวร



รูปที่ 1.7 เตาเผาอิฐแบบสก๊อต

ด้วยลักษณะโครงสร้างที่ง่ายทำให้ประหยัดในการสร้าง ผนังทั้งสองด้านของเตาจะทำหน้าที่ค้ำยัน และที่มุมทั้ง 4 ด้านจะมีโครงสร้างที่ใหญ่กว่า การเข้าไปในเตาต้องผ่านทางประตูซึ่งจะทำให้ผนังท้ายสุด ช่องประตูจะถูกปิดชั่วคราวโดยก้ออิฐ (ไม่โบกปูน) ข้อดีของเตาแบบสก๊อต นอกจากเป็นเตาที่มีโครงสร้างถาวรแล้วยังง่ายต่อการสร้างและการเรียงอิฐ แต่มีข้อเสียเรื่องความสม่ำเสมอของความร้อน ทำให้สัดส่วนปริมาณอิฐที่ถูกเผามากเกินไปและไม่ถูกเผามีมาก

ง. เตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลลง (downdraft kiln) ในเตาแบบความร้อนไหลลง ก๊าซร้อนจากเชื้อเพลิงจะลอยตัวขึ้นสูงในเตาซึ่งมีหลังคาปิดถาวรแล้วไหลกลับลงมายังอิฐที่จะเผา อิฐจะถูกวางบนพื้นที่รองรับด้วยอิฐสุกหรือพื้นที่มีช่องสำหรับให้ก๊าซร้อนไหลออก ก๊าซร้อนที่ไหลออกทางปล่องควันจะส่งผลให้มีการดึงก๊าซร้อนภายในเตาผ่านชั้นอิฐอย่างต่อเนื่อง เตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลลงแสดงดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 เตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลลง

เตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลลงจะให้ประสิทธิภาพทางความร้อนมากกว่าแบบความร้อนไหลขึ้น จึงมักใช้เผากับผลิตภัณฑ์พวกเซรามิกส์รวมทั้งยังใช้ในการเผาอิฐได้ดี เนื่องจากเตาเผาสามารถเผาที่อุณหภูมิสูงได้ เตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลลงปกติไม่ควรมีความสูงมากนักเพื่อให้การเรียงอิฐในเตาชั้นที่สูงขึ้นไปทำได้สะดวก ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในเตาชนิดนี้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆในเตา เช่น การเรียงอิฐ, การควบคุมการเผาไหม้ (เช่น การติดตั้งแคมเปอร์เพื่อควบคุมการเผาไหม้) เตาที่มีขนาดใหญ่จะใช้เชื้อเพลิงน้อยกว่าเตาที่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับจำนวนอิฐที่ได้ ปริมาณอิฐที่เรียงในเตาก็มีผลต่อการสูญเสียพลังงาน เตาที่บรรจุอิฐน้อยเกินไปจะมีการสูญเสียมากกว่าเตาที่บรรจุอิฐอยู่เต็ม แต่หากบรรจุเต็มเกินไปจะทำให้ก๊าซร้อนไหลวนไม่ดี

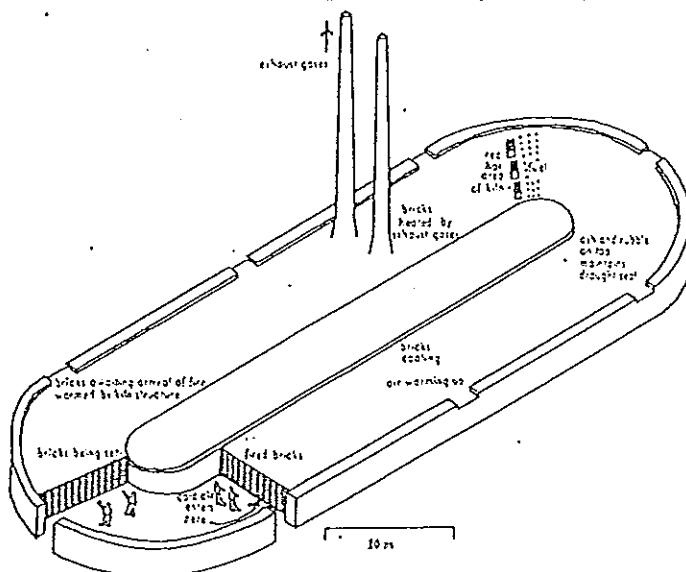
1.2.6.2 เตาเผาอิฐแบบต่อเนื่อง

เตาแบบนี้จะมีการติดไฟในบางส่วนของเตาอยู่ตลอดเวลา อิฐที่ถูกเผาแล้วจะถูกเขี่ยออกและอิฐที่ยังไม่เผาจะถูกนำเข้าเตาเผาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีกำลังการผลิตต่อเนื่อง เตาเผาอิฐแบบต่อเนื่องจะใช้ความร้อนจากอิฐที่เผาเสร็จแล้วมาอุ่นอากาศที่ใช้สันดาป แล้วใช้ก๊าซร้อนหลังการเผาอิฐไปอุ่นอิฐ ด้วยเหตุนี้จึงประหยัดการใช้เชื้อเพลิง เตาพวกนี้ ได้แก่ เตาเผาอิฐแบบบูลเทรนช์, เตาเผาอิฐแบบฮอฟแมนน์, เตาเผาอิฐแบบอุโมงค์และเตาเผาอิฐแบบแนวตั้ง เป็นต้น

ก. เตาเผาอิฐแบบบูลเทรนช์ (Bull's trench kiln)

เตาแบบนี้ประกอบด้วยผนัง 2 ด้านรูปวงรี หรือขุดเป็นหลุมลงไปในพื้นที่ดิน ดังรูปที่

1.9



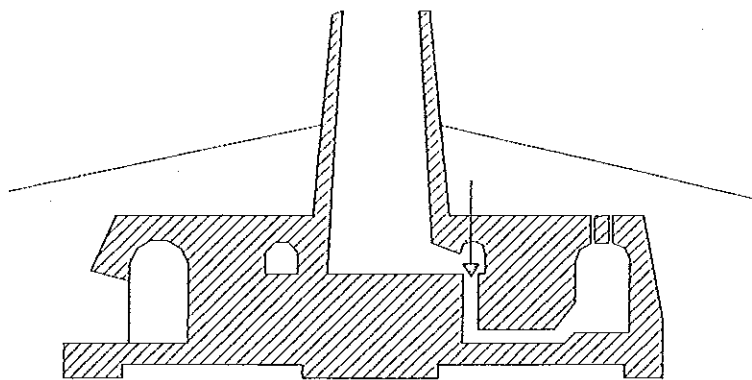
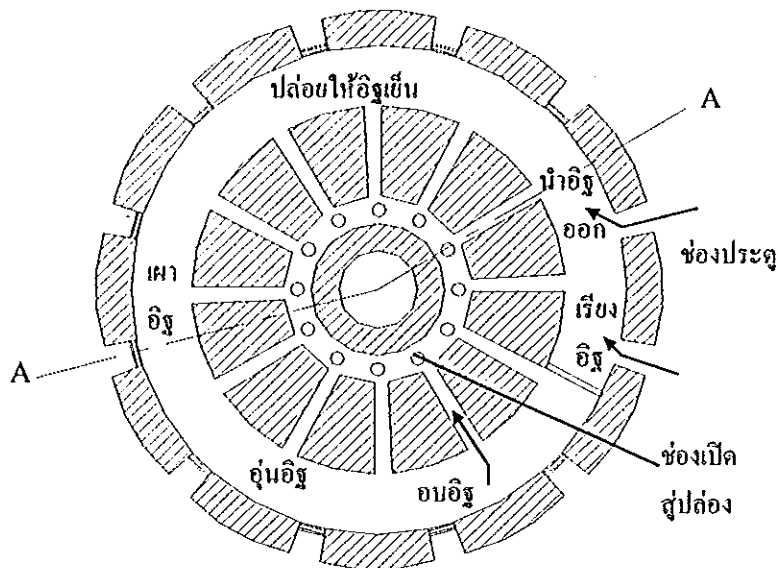
รูปที่ 1.9 เตาเผาอิฐแบบบูลเทรนช์

ขนาดของเตาจะขึ้นอยู่กับปริมาณอิฐที่เผา โดยอิฐที่ตากแห้งแล้วจะถูกเรียงเป็นชั้นในเตา ลักษณะเป็นแนวไป ชั้นความสูงขึ้นอยู่กับความลึกของร่องที่ขุด ข้างใต้ของแต่ละแนวชั้นที่ เรียงอิฐจะเปิดให้ความร้อนและอากาศจากการเผาไหม้ไหลผ่าน การป้อนเชื้อเพลิงจะใส่จาก ด้านบนลงมา กองอิฐทั้งหมดจะถูกปกคลุมด้วยทรายหนาประมาณ 30 ซม. เพื่อลดการ สูญเสียความร้อน เตาแบบนี้จะมีปล่องควัน 2 ปล่อง ช่วยให้เกิดการไหลของอากาศร้อนใน เตาและใช้ระบายควันจากการเผาไหม้

ข. เตาเผาอิฐแบบฮอฟแมนน์ (Hoffmann kiln)

- เตาฮอฟแมนน์แบบดั้งเดิม เป็นเตาเผารูปวงแหวนแบ่งออกเป็นห้องหลายห้อง ดัง

รูปที่ 1.10

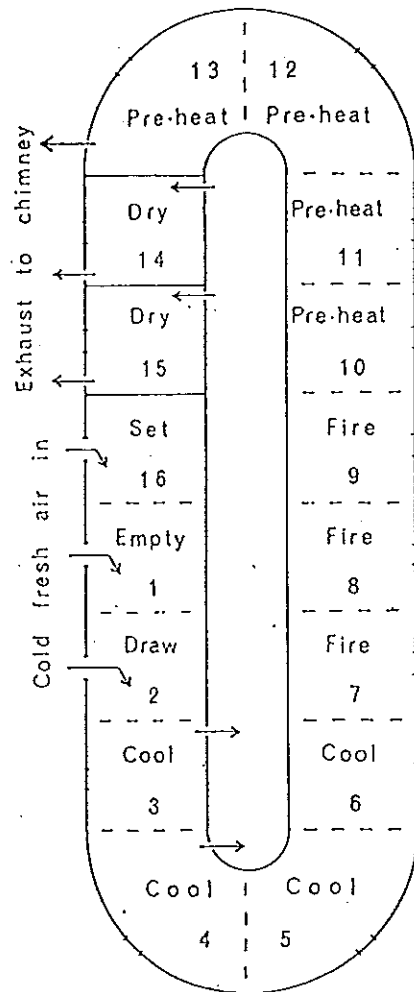


หน้าตัด A-A

รูปที่ 1.10 เตาเผาอิฐแบบฮอฟแมนน์ดั้งเดิม

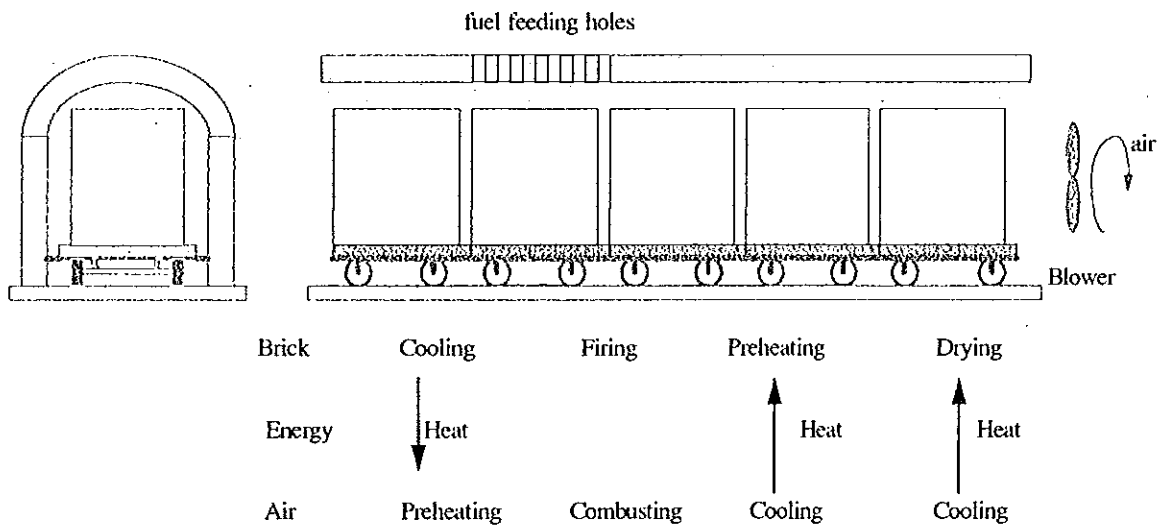
ในเตาแบบฮอฟแมนดั้งเดิม อากาศสันดาปจะถูกอุ่นโดยอิฐที่ผ่านการเผา (รอให้เย็น) ก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ ก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้จะถูกนำไปใช้อุ่นอิฐและอบแห้งอิฐในชุดถัดไป จึงทำให้เตาชนิดนี้จึงมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงต่ำ โดยเตาชนิดนี้จะมีการป้อนเชื้อเพลิงทางรูบนหลังคาเตาซึ่งอยู่ใกล้กับตำแหน่งการเผาไหม้ ช่องประตูที่ตำแหน่งปล่อยให้อิฐเย็นจะถูกทุบเพื่อเอาอิฐออกเมื่ออิฐเย็นแล้ว กระบวนการเผาจะหมุนวนไปเรื่อยๆ

ต่อมาได้มีการพัฒนาเตาเผาฮอฟแมนน์แบบใหม่เพื่อเพิ่มปริมาณอิฐในการเผาและง่ายต่อการทำงาน เตาแบบใหม่จะมีลักษณะวงรี ดังรูปที่ 1.11 โดยลักษณะการทำงานของเตาจะเหมือนฮอฟแมนน์แบบดั้งเดิม แต่แตกต่างตรงที่จะใช้ความร้อนจากอิฐที่อยู่ในเขตปล่อยให้อิฐเย็นไปอุ่นอิฐดิบแทนการเอาความร้อนจากก๊าซเผาไหม้ไปใช้ เนื่องจากก๊าซจากการเผาไหม้มีอุณหภูมิสูงและมีสารปนเปื้อนมากอาจทำให้อิฐดิบเกิดการแตกร้าวและสกปรกได้



รูปที่ 1.11 เตาเผาอิฐแบบฮอฟแมนน์ใหม่

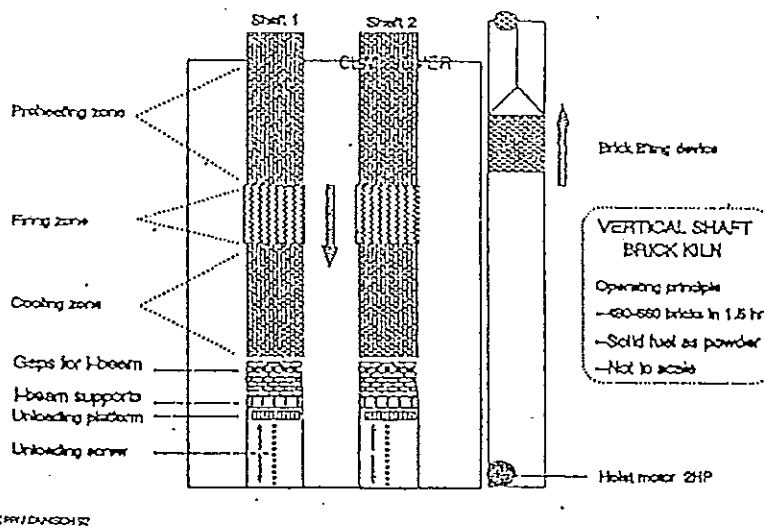
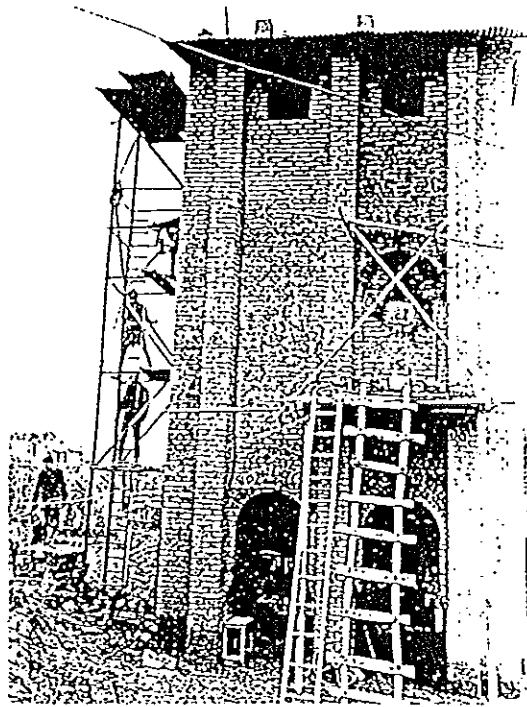
ค. เตาเผาอิฐแบบอุโมงค์รถ (car tunnel kiln) เตาเผาอิฐแบบอุโมงค์รถนี้ประกอบไปด้วยอุโมงค์ยาวซึ่งมีเขตการเผาไหม้ (firing zone) อยู่กับที่ ปกติเขตเผาไหม้จะอยู่ตำแหน่งตรงกลางเตา ช่วงหลังเขตเผาไหม้เป็นเขตอิฐสุกปล่อยให้เย็น (cooling zone) และหน้าเขตเผาไหม้เป็นเขตอุ่นอิฐ (preheating zone) อิฐที่เผาจะถูกเรียงบนรถที่ออกแบบมาเป็นพิเศษซึ่งจะวิ่งอยู่บนรางผ่านอุโมงค์และเคลื่อนที่สวนทางกับก๊าซร้อน ดังรูปที่ 1.12 การลากรถเข้าอุโมงค์จะเป็นไปในลักษณะต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องก็ได้ ขึ้นอยู่กับความเร็วในการเผาและเวลาในการปล่อยให้เย็นซึ่งเพื่อควบคุมอัตราการให้ความร้อนสม่ำเสมอจึงมีการติดตั้งพัดลมเพื่อควบคุมการไหลของอากาศผ่านไปยังปล่องควัน ในเตาเผาอิฐแบบนี้ ทั้งอากาศสันดาปและอิฐจะถูกอุ่นก่อนเผาจึงทำให้ประหยัดพลังงาน เชื้อเพลิงในเตาแบบนี้ใช้ได้ทั้งถ่านหิน, น้ำมันและแก๊ส



รูปที่ 1.12 เตาเผาอิฐแบบอุโมงค์รถ

ง. เตาเผาอิฐแบบแนวตั้ง (vertical shaft brick kiln) เป็นเตาเผาอิฐที่ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศจีนในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 50 เป็นเตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลขึ้นบน โดยแบ่งเขตความร้อนออกเป็น 3 เขต เช่นเดียวกับเตาเผาอิฐแบบต่อเนื่องในแนวนอน อิฐดิบถูกป้อนเข้าเตาจากทางด้านบนเข้าสู่เขตรับความร้อน (preheating zone) แล้วค่อยๆเคลื่อนผ่านเขตเผาไหม้ (firing zone) ที่อยู่ถัดลงมา จากนั้นจะเคลื่อนมาอยู่ในเขตปล่อยให้เย็น (cooling zone) การเคลื่อนที่ของชั้นอิฐในแต่ละเขตจะอาศัยการนำอิฐที่สุกแล้วออกทางด้าน

ล่างสุดของเตาโดยใช้กลไกสกรูรับกับแผ่นรับอิฐ (platform) จากชั้นเขตปล่อยให้เย็น (cooling zone) เคลื่อนลงมาที่ละชั้นโดยมีคานเหล็กรูปตัวไอรองรับชั้นที่อยู่ถัดไป เตาเผาอิฐแบบแนวตั้งแสดงดังรูปที่ 1.13



รูปที่ 1.13 เตาเผาอิฐแบบแนวตั้ง

1.2.7 พลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐในเตาเผาอิฐแบบต่างๆ และอิทธิพลของการเผาต่อคุณสมบัติเชิงกลของอิฐ

โดยทั่วไปแล้วเตาเผาอิฐแบบต่อเนื่องจะใช้พลังงานจำเพาะต่ำกว่าเตาเผาอิฐแบบไม่ต่อเนื่อง (Koopmans, 1993) เช่น เตาเผาอิฐแบบแนวตั้ง (Vertical shaft kiln) ที่พัฒนาในประเทศไทยใช้พลังงานเพียง 0.8-0.9 MJ/kgอิฐ เตาเผาอิฐแบบอุโมงค์รถใช้พลังงานในช่วง 1.2-2.5 MJ/kgอิฐ ส่วนเตาแบบบูลเทรนช์ (Bull's trench) และแบบฮอฟแมนน์ (Hoffmann) ใช้พลังงาน 1.5-2.8 MJ/kgอิฐ ในขณะที่เตาแบบแคลมป์ (Clamp) และสโคป (Scove) ใช้พลังงาน 4.0-8.0 MJ/kgอิฐ สำหรับพลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐต่อผลผลิตที่ได้แสดงดังตารางที่ 1.2 จากการสำรวจ (Koopmans, 1985) พบว่าในประเทศกำลังพัฒนาจะใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงประมาณ 59 %, ใช้น้ำมันหรือถ่านหิน 20% (ในอุตสาหกรรมเผาอิฐขนาดกลางและใหญ่) และประมาณ 21% ใช้ผลผลิตเหลือใช้จากการเกษตรซึ่งส่วนมากจะเป็นแกลบ

สุธีระ ประเสริฐสรรพ (2536) ได้ทดลองหาค่าพลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐ โดยสร้างเตาเผาไฟฟ้าแล้วเผาอิฐจนสุก วัดพลังงานที่ใช้ทั้งหมดและทดลองหาพลังงานสูญเสีย พลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนดินให้เป็นอิฐ ซึ่งพบว่าสามารถเผาอิฐให้สุกได้ที่อุณหภูมิ 600 °C ซึ่งใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย 0.570 MJ/kgอิฐ ในขณะที่การเผาที่ 900 °C ใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย 0.966 MJ/kgอิฐ และอิฐที่ได้มีคุณสมบัติผ่านการทดสอบมาตรฐานการดูดกลืนน้ำประเภทอิฐกลวงก่อผนังไม่รับน้ำหนัก (มอก.153/2533) จากผลการศึกษาของ Fritz (1929) (อ้างโดย Singer F., Singer S.S., 1963) พบว่าการเผาดินเหนียวในสภาวะออกซิไดซ์ซึ่งที่อุณหภูมิ 650 °C จะประหยัดกว่าการเผาที่อุณหภูมิสูง ผลการทดลองหาพลังงานในการเปลี่ยนดินเป็นอิฐแสดงดังตารางที่ 1.3 (สุธีระ ประเสริฐสรรพ, 2536)

สุธีระ ประเสริฐสรรพ (2536) ทดลองเผาอิฐในเตาเผาเซรามิกส์ที่อุณหภูมิ 700, 600, 550 และ 500 °C ชักตัวอย่างอิฐจำนวน 5 ก้อนทุกๆ 1 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าการเผาอิฐต้องใช้อุณหภูมิ 600 °C ขึ้นไป การคงอุณหภูมิเผาไว้เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลของอิฐ (การดูดกลืนน้ำและกำลังอัดของอิฐ) อย่างเด่นชัด

ในการทดลองเผาอิฐกลวง 4 รู ที่มีขนาดรูต่างๆกัน (ก้อนอิฐขนาด 69x86x195 ซม.³) 7 ขนาด คือ 11x18, 12.5x19.5, 14x21, 15.5x22.5, 17x24, 18.5x25.5 และ 20x27 มม.² มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อมวล (area to mass ratio, AM) เท่ากับ 75, 80.3, 86.5, 92.8, 97.3, 105.2 และ 109.8 มม.²/ก. ผลการทดลองพบว่า อิฐที่มีอัตราพื้นที่ผิวต่อมวลสูงจะมีความแข็งแรงกด

ต่ำ อีฐตัวอย่างทั้งหมดมีการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย 20% และอีฐที่มีความแข็งแรงต่ำสุด (AM ratio สูงสุด) สามารถเรียงซ้อนกันได้สูง 140 เมตรก่อนที่อีฐชั้นล่างสุดจะวิบัติและอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อมวลของอีฐไม่ส่งผลต่อโมเมนต์ดัดอย่างเด่นชัด

ตารางที่ 1.2 แสดงพลังงานที่ใช้ในการเผาอีฐต่อผลผลิตอีฐ (Smith and Allal, 1986)

ชนิดของเตา	พลังงานความร้อน (เมกกะจูล/อีฐ 1000 ก้อน)	เชื้อเพลิงที่ใช้ (ตัน/อีฐ 1000 ก้อน)			จำนวนอีฐที่ผลิตได้ เท่าของ 1,000	
		ไม้	ถ่านหิน	น้ำมัน	ต่อครั้งเผา	ต่อวัน
เตาเผาแบบ ไม่ต่อเนื่อง						
-แคลมปี	7,000	0.44	0.26	0.16	10-1,000	
-สโคป	16,000	1.00	0.59	0.36	5-100	
-สก็อต	16,000	1.00	0.59	0.36	15-25	
-ความร้อนไหล ลง	15,000	0.97	0.57	0.35	10-50	
เตาเผาแบบต่อ เนื่อง						
-ฮอฟแมนน์ ดั้งเดิม	2,000	0.13	0.07	0.05		10-15
-ฮอฟแมนน์ ใหม่	5,000	0.31	0.19	0.11		2-24
-บูลเทรนท์	4,500	0.28	0.17	0.10		14-28
-อุโมงค์รถ	4,000	0.25	0.15	0.09		-

ตารางที่ 1.3 แสดงหาค่าพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนดินเป็นอิฐ

อุณหภูมิ (°C)	ค่าพลังงานจำเพาะเฉลี่ย (MJ/kg)
28	0
50	0.0299
100	0.0602
150	0.0981
200	0.1298
250	0.178
300	0.2176
350	0.2736
400	0.318
450	0.3714
500	0.4227
550	0.5161
600	0.5692
650	0.6404
700	0.7062
750	0.7646
800	0.843
850	0.8993
900	0.9661

1.3 วัตถุประสงค์

เพื่อให้ได้เทคโนโลยีเตาเผาอิฐที่มีการใช้พลังงานลดลงจากเตาที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ มีกำลังการผลิตที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมอิฐในชนบท

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำวิจัย

- 1.4.1 เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีเตาเผาอิฐในประเทศไทย
- 1.4.2 ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมเผาอิฐ
- 1.4.3 มีเตาเผาอิฐต้นแบบ เพื่อใช้ศึกษาและพัฒนาต่อไป

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.5.1 การศึกษาเทคโนโลยีเตาเผาอิฐที่ใช้ในปัจจุบัน ทำโดยการสำรวจเอกสาร
- 1.5.2 อิฐที่ใช้ศึกษาเป็นอิฐกลวง 4 รู แบบที่ใช้ในภาคใต้ของประเทศไทย
- 1.5.3 การศึกษาขบวนการในเตาเผาอิฐ โดยใช้การจำลองแบบด้วย คอมพิวเตอร์และพิสูจน์ด้วยการทดลองในเตาเดี่ยว
- 1.5.4 เตาเผาอิฐที่ออกแบบใหม่จะยึดหลักการเผาแบบกะที่มีการนำความร้อน หึ่งกลับมาใช้เพื่อประหยัดพลังงาน
- 1.5.5 การทดลองสุดท้ายทำในเตาเผาอิฐขนาดจริง โดยใช้ไม้ยางพาราเป็น เชื้อเพลิง

บทที่ 2

การศึกษาเบื้องต้นและการจำลองแบบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

2.1 บทนำ

พลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเผาและเวลาที่ให้ อุณหภูมิสูงจะทำให้อิฐสุกเร็วกว่าแต่จะต้องใช้อัตราการเผาไหม้ไม่พินสูง ดังนั้นการที่จะเผาอิฐให้ประหยัดพลังงานจึงต้องพิจารณาทั้งอุณหภูมิและเวลาที่ต้องใช้ การออกแบบเตาเผาอิฐจึงต้องทำให้มีการกระจายอุณหภูมิภายในเตาอิฐอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้อิฐสุกทั่วถึงในเวลาอันรวดเร็ว และสามารถนำความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการเผาไปใช้ประโยชน์ได้ ลักษณะเช่นนี้พบได้ในเตาเผาอิฐแบบอุโมงค์รถซึ่งมีกระบวนการทำงานของเตาอย่างต่อเนื่อง 4 กระบวนการ คือ อบแห้งอิฐ, อุ่นอิฐ, เผา และ ลดอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามเตาเผาอิฐแบบอุโมงค์ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในชนบทของประเทศกำลังพัฒนา เนื่องจากเป็นเตาที่มีต้นทุนและกำลังการผลิตสูงเกินความต้องการของท้องถิ่น อีกทั้งอิฐเป็นสินค้าราคาถูกและค่าขนส่งสูงเนื่องจากมีน้ำหนักมากจึงไม่เหมาะที่จะผลิตอิฐจำนวนมากในท้องถิ่นหนึ่งเพื่อขายในท้องถิ่นห่างไกล

การผลิตอิฐและความต้องการของตลาดขึ้นอยู่กับฤดูกาล ซึ่งในหน้าแล้งการก่อสร้างมีการขยายตัวเนื่องจากภูมิอากาศอำนวยและมีแรงงานจากภาคเกษตรกรรมมารับจ้างงานก่อสร้าง ทำให้ปริมาณความต้องการอิฐสูงขึ้น ดังนั้นเตาเผาอิฐจึงต้องมีการออกแบบให้สามารถรองรับปริมาณความต้องการของตลาดที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างเหมาะสม นั่นคือต้องใช้เตาเผาแบบกะ เตาเผาอิฐแบบกะที่มีใช้ในท้องถิ่นโดยทั่วไป เช่น เตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยมยังมีการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ส่วนเตาเผาอิฐแบบมังกรที่มีการเผาแบบย้ายตำแหน่งจุดเผาขึ้นโดยมากใช้เผาผลิตภัณฑ์ประเภทถ้วยชามและกระถาง แม้ว่าเตาแบบนี้จะมีการนำความร้อนไปใช้ประโยชน์เป็นบางส่วน แต่ถ้าจะใช้เผาอิฐจะไม่สะดวกในการนำอิฐเข้าและออกจากเตาซึ่งจะทำให้รอบการทำงานยาวขึ้น ดังนั้นในการออกแบบเตาเผาอิฐจึงต้องมีข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นการยืนยันการทำงาน of เตาและเพื่อเป็นฐานในการออกแบบเตาเผาอิฐจริงต่อไป

2.2 การทดลองเพื่อศึกษาการไหลของอากาศในเตาเผาอิฐ

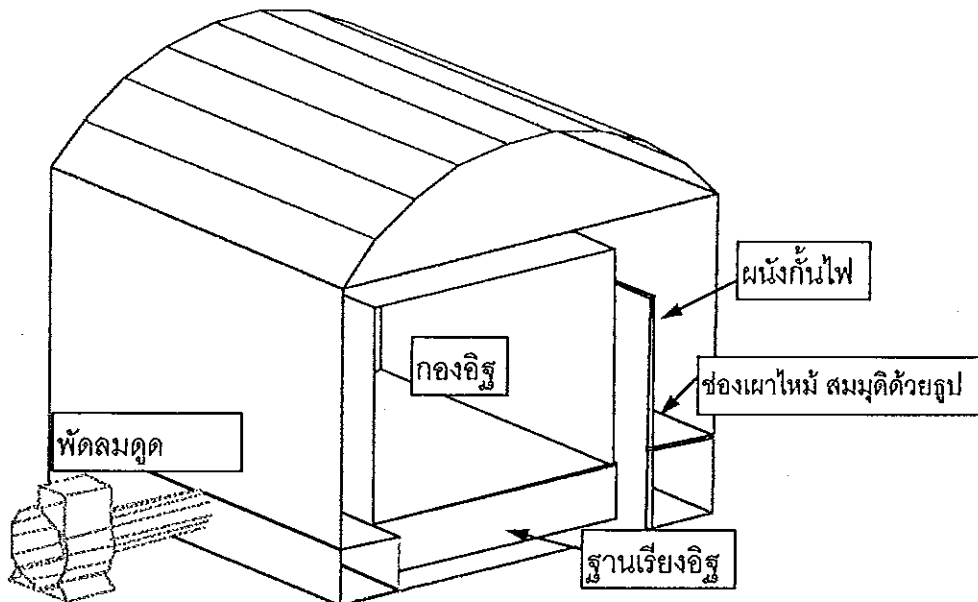
2.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาลักษณะการไหลของอากาศภายในเตาเผาอิฐและหารูปแบบการเรียงอิฐที่เหมาะสมในเตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลลง

2.2.2 อุปกรณ์ทดลอง

1) เตาจำลองขนาด $2.5 \times 2.5 \times 2.2$ ม.³ มีหลังคาโค้ง ทำด้วยโครงเหล็กจากขนาด 1 นิ้ว มีที่ตั้งรูปเพื่อสร้างคว้นด้านข้าง สูงจากพื้น 60 ซม. มีแผ่นไม้ขนาด 1.4×2.4 ตร.ม. เป็นผนังกันไฟ ผนังเตาหุ้มด้วยพลาสติกใสเพื่อให้มองเห็นการไหลของคว้นจากภายนอกได้ และเว้นช่องบริเวณที่ตั้งกระถางรูปสำหรับให้อากาศจากภายนอกไหลเข้าไปในเตาได้ ดังรูปที่ 2.1

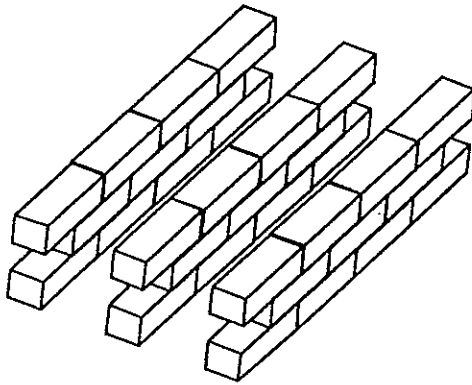
- 2) พัดลมดูดอากาศขนาด 3 แรงม้า
- 3) สเปคตโรไลท์ สำหรับส่องดูการไหลของกระแสอากาศ
- 4) เครื่องวัดความเร็วลมแบบใบพัด (ความละเอียด 0.1 เมตร/วินาที)
- 5) อิฐก่อสร้าง ขนาด $19 \times 8.5 \times 6$ ซม.³ จำนวน 3500 ก้อน



รูปที่ 2.1 เตาจำลองสำหรับดูการไหลของอากาศ

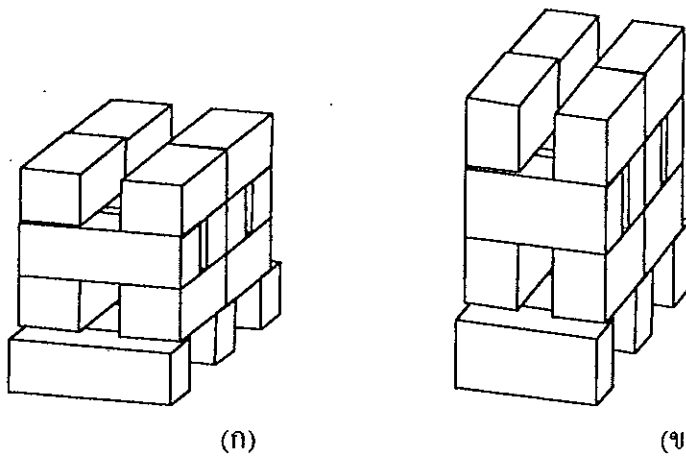
2.2.3 วิธีการทดลอง

1) เรียงอิฐ 3500 ก้อนภายในเตาโดยเรียงฐานอิฐ สูง 30 ซม. (เรียงอิฐแนวนอน, 266 ก้อน ดังรูปที่ 2.2 และเรียงอิฐบนฐานเป็นกองสี่เหลี่ยมชิดผนังกันไฟ, 3234 ก้อน) ดังรูป 2.3 (ก) มีจำนวนก้อนตามความสูงเท่ากับ 21 ก้อน แต่ละชั้นมีอิฐ จำนวน 154 ก้อน (7 ก้อนอิฐด้านยาว x 22 ก้อนด้านหัวอิฐ) ความห่างของกองอิฐจากผนังด้านหน้า, ด้านขวา และด้านซ้ายเท่ากับ 30 ซม.



รูปที่ 2.2 ฐานเรียงอิฐ

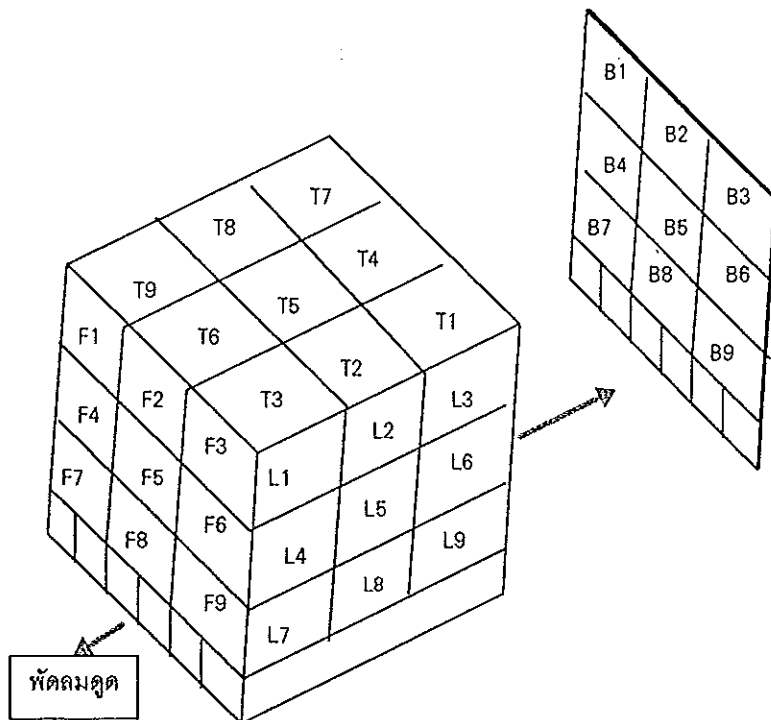
- 2) จุดธูปเพื่อทำให้เกิดควันแล้วเปิดแผ่นพลาสติกด้านช่องควันธูปให้อากาศไหลเข้า จากนั้นจึงเปิดสปอตไลท์ส่องบริเวณด้านบนของกองอิฐแล้วเปิดพัดลมดูดอากาศ
- 3) สังเกตแนวการไหลของควันผ่านกองอิฐ บันทึกภาพการไหลของควัน
- 4) ดับธูปและนำแผ่นผนังกันไฟออกแล้วเปิดพัดลมดูดอากาศผ่านกองอิฐอีกครั้ง วัดความเร็วของอากาศบริเวณกองอิฐด้านบน, ด้านหน้า (ด้านพัดลมดูด), ด้านหลัง, ด้านซ้ายของเตา และด้านล่าง ดังในรูปที่ 2.4 (ด้านล่างวัดความเร็วลมโดยต่อด้ามหัววัดสอดเข้าไปในกองอิฐและวัด 3 จุด คือ กลางกองอิฐตามแนวขนานกับช่องตั้งกระถางธูป คือ แนวเดียวกับตำแหน่ง T2, T5 และ T8 โดยให้สัญลักษณ์เป็น X, Y, Z ตามลำดับ ส่วนตำแหน่งด้านขวาของเตาไม่วัดเนื่องจากไม่สะดวกในวัด)
- 5) เรียงอิฐตามแนวตั้งตามรูป 2.3 (ข) โดยจำนวนก้อนอิฐตามความยาว-กว้าง-สูง ยังคงเดิม (ฐานเรียงอิฐคงเดิม) แล้วทดลองซ้ำเหมือนข้อ 2 ถึง 4



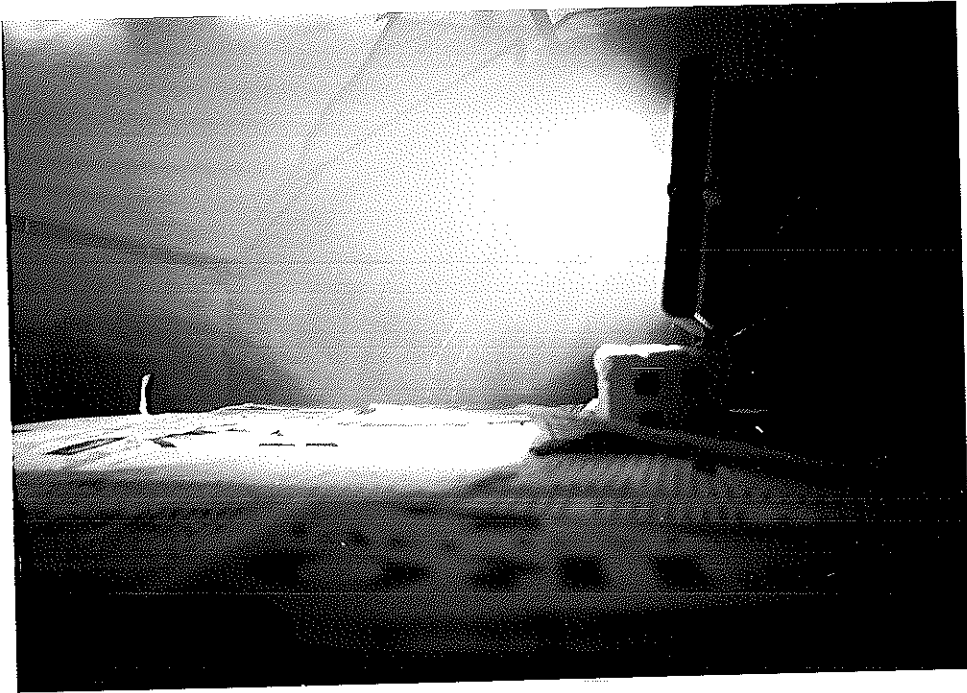
รูปที่ 2.3 แบบการเรียงอิฐโดยสันอิฐด้านกว้าง (ก) วางแนวนอน (ข) วางแนวตั้ง

2.2.4 ผลการทดลอง

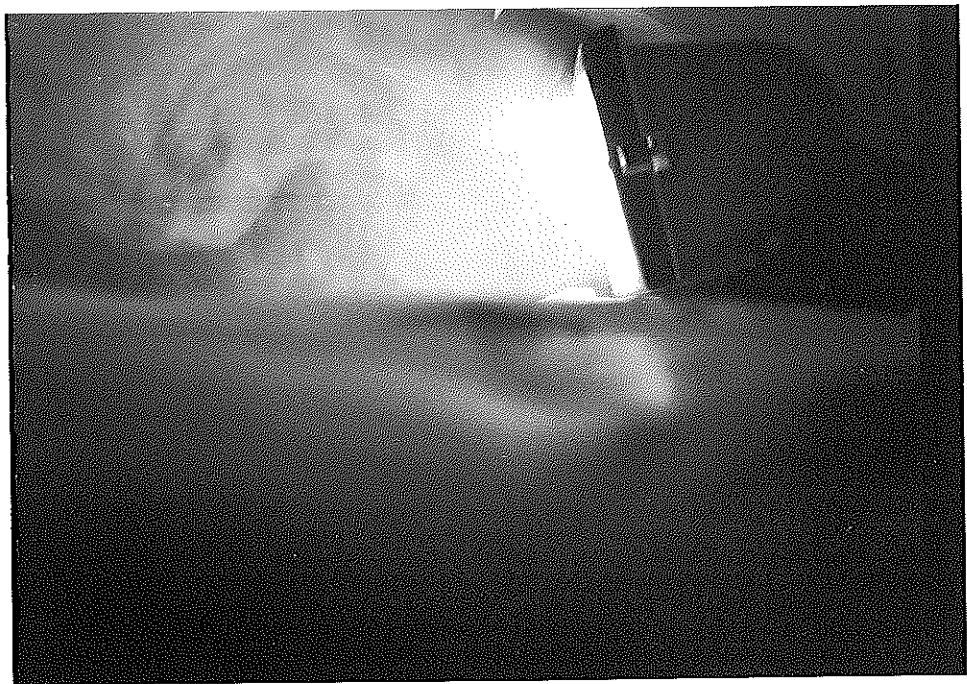
ผลการทดลองเพื่อสังเกตการไหลของอากาศผ่านกองอิฐแสดงดังรูปที่ 2.4 และ 2.5 และผลการวัดความเร็วลมที่ตำแหน่งต่างๆของกองอิฐแสดงได้ดังตารางที่ 2.1 (ก) และ 2.1 (ข) โดยขณะทดลองวัดอัตราการไหลของพัดลมดูดที่ทางออกได้เท่ากับ 600 ลบ.ม./ชม.



รูปที่ 2.4 ตำแหน่งวัดความเร็วลมบริเวณกองอิฐ



รูปที่ 2.5 การไหลของอากาศผ่านกองอิฐเมื่อเรียงอิฐดังรูป 2.3 (ก)



รูปที่ 2.6 การไหลของอากาศผ่านกองอิฐเมื่อเรียงอิฐดังรูป 2.3 (ข)

ตารางที่ 2.1 (ก) ผลการวัดความเร็วลมที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อเรียงอิฐตามรูป 2.3 (ก)

ความเร็วกระแสอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ (m/s)				
ด้านบน	ด้านหลัง	ด้านซ้าย	ด้านหน้า	ด้านล่าง
T1 0.50	B1 0.60	L1 0.72	F1 0.59	X 1.12
T2 0.45	B2 0.54	L2 0.75	F2 0.61	Y 1.49
T3 0.53	B3 0.56	L3 0.70	F3 0.70	Z 0.90
T4 0.43	B4 0.65	L4 0.78	F4 0.70	
T5 0.51	B5 0.61	L5 0.83	F5 0.72	
T6 0.43	B6 0.64	L6 0.64	F6 0.78	
T7 0.56	B7 0.70	F7 0.77	F7 0.82	
T8 0.48	B8 0.66	L8 0.74	F8 0.94	
T9 0.50	B9 0.75	L9 0.72	F9 0.94	

ตารางที่ 2.1 (ข) ผลการวัดความเร็วลมที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อเรียงอิฐตามรูป 2.3 (ข)

ความเร็วกระแสอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ (m/s)				
ด้านบน	ด้านหลัง	ด้านซ้าย	ด้านหน้า	ด้านล่าง
T1 0.43	B1 0.51	L1 0.60	F1 0.55	X 1.09
T2 0.40	B2 0.48	L2 0.61	F2 0.58	Y 1.22
T3 0.50	B3 0.51	L3 0.59	F3 0.50	Z 1.05
T4 0.35	B4 0.55	L4 0.64	F4 0.55	
T5 0.50	B5 0.53	L5 0.66	F5 0.52	
T6 0.33	B6 0.52	L6 0.64	F6 0.60	
T7 0.33	B7 0.59	L7 0.58	F7 0.63	
T8 0.40	B8 0.56	L8 0.60	F8 0.70	
T9 0.40	B9 0.60	L9 0.57	F9 0.66	

2.2.5 อภิปรายผลการทดลอง

จากการสังเกตการไหลของอากาศในเตาเผาอิฐจำลองพบว่าเมื่อปล่อยควันให้ไหลเข้าสู่เตาจำลองทางด้านข้าง ควันจะมีการกระจายการไหลไปทั่วทั้งเตาโดยจะสังเกตเห็นกลุ่มควันส่วนมากลอยอยู่บริเวณด้านบนและด้านข้างของกองอิฐแล้วค่อยๆไหลเข้าสู่กองอิฐสาเหตุที่กลุ่มควันลอยอยู่ด้านบนเนื่องจากกลุ่มควันมีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศเล็กน้อยจึงลอยขึ้นด้านบน เมื่อกระทบกับหลังคาเตาจึงเกาะกลุ่มกันอยู่แล้วค่อยๆตกลงมา ซึ่งกลุ่มควันจะประกอบไปด้วยอนุภาคเล็กๆและก๊าซบางชนิดที่มีน้ำหนักมากกว่าอากาศ

ในการเรียงอิฐทั้ง 2 แบบจะมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตร (surface to volume ratio) เท่ากันคือ 27.7 เมตร⁻¹ และมีสัดส่วนช่องว่าง (void ratio ซึ่งนิยามจากปริมาตรของช่องว่างในกองอิฐต่อปริมาตรของกองอิฐ) เท่ากับ 0.158 และ 0.315 เมื่อเรียงอิฐตามรูปที่ 2.3 (ก) และรูปที่ 2.3 (ข) ตามลำดับ เหตุผลในการเลือกรูปแบบการเรียงอิฐ 2 แบบนี้ในการทดลอง เนื่องจากมีรูปแบบการเรียงที่ง่าย มีความโปร่ง อิฐทุกก้อนภายในกองมีโอกาสสัมผัสกับกระแสอากาศที่ไหลผ่านได้ เหมาะสำหรับการเรียงในเตาเผาแบบความร้อนไหลลง ลักษณะการไหลของควันที่ไหลเข้าสู่กองอิฐไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อการเรียงต่างกัน 2 แบบ และค่าความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆก็มีความแตกต่างกันน้อยมาก (ดังตารางที่ 2.1 (ก) และ (ข)) บริเวณด้านล่างของกองอิฐจะมีความเร็วมากกว่าตำแหน่งอื่นๆเนื่องจากอยู่ใกล้ทางดูดมากกว่าทำให้มีแรงดูดมากกว่า บริเวณด้านบนของกองอิฐจะมีความเร็วต่ำที่สุด ทั้งนี้ถ้านำแผ่นกั้นที่สมมุติให้เป็นผนังกันไฟออก ควันส่วนมากก็จะไหลเข้าสู่บริเวณด้านข้างและด้านล่างของกองอิฐทันที แม้ว่าการเรียงอิฐทั้งสองแบบจะมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรเท่ากันแต่พื้นที่ผิวที่สัมผัสกับกระแสอากาศที่ไหลผ่านของการเรียงอิฐตามรูปที่ 2.3 (ก) จะน้อยกว่าการเรียงอิฐตามรูปที่ 2.3 (ข)

2.2.6 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองสังเกตการไหลของอากาศในเตาเผาอิฐจำลอง พบว่าในเตาแบบความร้อนไหลลงที่มีลักษณะหลังคาโค้งมีผนังกันด้านข้าง จะมีการไหลของอากาศขึ้นบนแล้วกระจายลงสู่ด้านล่าง โดยความเร็วของอากาศบริเวณด้านล่างของกองอิฐจะมากกว่าด้านบนและในการเรียงอิฐ 2 แบบไม่สามารถเห็นความแตกต่างการไหลของอากาศได้ชัดเจน การเรียงอิฐทั้ง 2 แบบเป็นการเรียงที่อากาศสามารถไหลผ่านกองอิฐได้ดี การสังเกตการไหลของอากาศในเตาจำลองพบว่าไม่สามารถจำลองการไหลได้สมบูรณ์ เนื่องจากไม่ได้รวมผลของอุณหภูมิ

อากาศ ซึ่งในความเป็นจริงการเผาอิฐจะมีการถ่ายเทความร้อนและแรงลอยตัวของอากาศร้อนมาเกี่ยวข้องด้วยดังนั้นจึงพิสูจน์ให้ชัดเจนไม่ได้ว่าการเรียงอิฐแบบใดใน 2 แบบนี้ดีกว่ากัน แม้ว่าการเรียงแบบแรกจะเรียงได้จำนวนก่อนมากกว่าในปริมาตรที่เท่ากัน สำหรับการเรียงอิฐในการเผาจริงจะทดลองใช้การเรียงอิฐทั้ง 2 แบบ เพื่อพิสูจน์ว่าการเรียงอิฐแบบใดมีความเหมาะสมกับเตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลลง

2.3 การออกแบบเตาเผาอิฐ

2.3.1 หลักการออกแบบเตาเผาอิฐ

หลักการการออกแบบเตาเผาอิฐโดยคำนึงถึงลักษณะการทำงานของเตาสามารถออกแบบได้ 2 ลักษณะคือ การเคลื่อนย้ายอิฐ (moving ware) กับการเปลี่ยนตำแหน่งการเผา (moving fire) ทั้งสองลักษณะมีการทำงานและข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน

2.3.1.1 แบบการเคลื่อนย้ายอิฐ การทำงานของเตาลักษณะนี้จะมีตำแหน่งการเผาไหม้ในเตาดังที่ อิฐจะเป็นตัวเคลื่อนที่เข้าหาตำแหน่งการเผาไหม้และเคลื่อนออกเมื่ออิฐสุก การลำเลียงอิฐจะอาศัยรถรองรับซึ่งโดยมากเคลื่อนอยู่บนรางโดยมีการปูอิฐทนไฟด้านบนเพื่อป้องกันตัวรถด้านล่าง เตาชนิดนี้เรียกว่า เตาเผาอิฐแบบอุโมงค์รถ หรือเตาเผาอิฐแบบกลไกการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง อาศัยสกรูส่งกำลังเรียกว่า เตาเผาอิฐแนวตั้ง เตาทั้ง 2 ชนิดสามารถนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น นำความร้อนที่เหลือจากการเผาอิฐในตำแหน่งเผาไปใช้อุ่นอิฐในตำแหน่งก่อนเผา (preheating) หรือนำความร้อนจากตำแหน่งอิฐสุก (cooling) ไปใช้ในการอบอิฐ (drying) ทำให้เตาประเภทนี้ใช้พลังงานในการเผาต่ำกว่าเตาชนิดอื่น เชื้อเพลิงที่ใช้สามารถใช้ได้ทั้งเชื้อเพลิงแข็ง ก๊าซหรือน้ำมัน โดยการติดตั้งหัวเผา (burner) ไว้บริเวณตำแหน่งเผาทีเดียว ทิศทางการวางหัวเผานั้นอยู่กับลักษณะของกองอิฐที่เรียงบนรถหรือแผ่นรองรับและการไหลของอากาศภายในเตา การทำงานของเตาชนิดนี้เป็นไปอย่างต่อเนื่องเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิฐผ่านตำแหน่งต่างๆ ทำให้มีอิฐออกจากเตาอย่างต่อเนื่อง การสร้างเตาชนิดนี้ต้องใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูงเหมาะสำหรับทำเป็นอุตสาหกรรมที่มีตลาดใหญ่รองรับ ส่วนข้อจำกัดของเตาประเภทนี้ได้แก่

- ใช้พื้นที่ประกอบการมากในกรณีเตาอุโมงค์ เนื่องจากหากต้องการให้มีผลิตภัณฑ์ออกอย่างต่อเนื่องจำเป็นต้องทำอุโมงค์ยาวขึ้น

- การนำความร้อนจากอิฐสุกไปใช้ในการอบอิฐดิบจำเป็นต้องมีอุโมงค์เพิ่ม

- ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาเตาและอุปกรณ์สูงกว่าเตาทั่วไป
- การป้อนอิฐเข้าเตาทำได้ยากในกรณีเตาเผาแนวตั้งเนื่องจากต้องป้อนอิฐทางด้านบนของเตา

ข้อดีของเตาประเภทนี้ได้แก่

- ใช้แรงงานคนน้อยกรณีมีเครื่องจักรในการนำอิฐเข้า-ออกจากเตา
- มีผลผลิตออกอย่างต่อเนื่อง
- สามารถนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ ทำให้ใช้พลังงานต่ำ
- มีความยืดหยุ่นในการใช้ชนิดของเชื้อเพลิง
- สามารถออกแบบให้โครงสร้างของเตาบริเวณที่ไม่ใช่ตำแหน่งเผาใช้วัสดุที่ทน

อุณหภูมิได้ต่ำกว่า ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุน

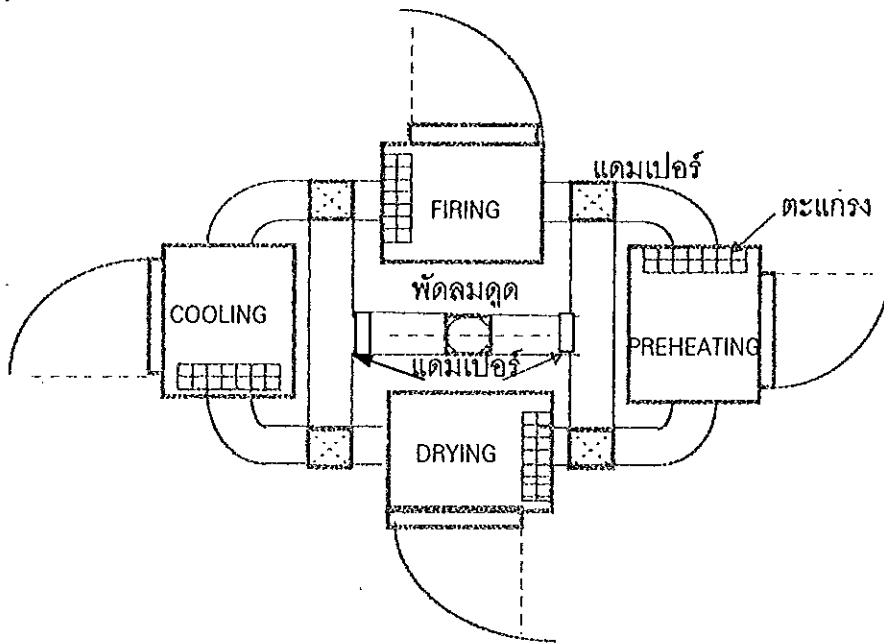
2.3.1.2 แบบการเปลี่ยนตำแหน่งการเผา การทำงานของเตาลักษณะนี้จะทำให้บริเวณเรียงอิฐตำแหน่งต่างๆภายในเตาเป็นตำแหน่งการเผาหมุนเวียนกันทั้งหมด เตาลักษณะนี้มีทั้งแบบที่นำความร้อนไปใช้และไม่นำความร้อนไปใช้ แบบนำความร้อนไปใช้ได้แก่ เตาแบบฮอฟแมนน์ (Hoffmann kiln), เตาเบลเกียน (Belgian kiln), เตาซิกแซก (Zig Zag kiln) และบูลเทรนช์ (Bull's Trench kiln) เป็นต้น แบบไม่นำความร้อนไปใช้ ได้แก่ เตาแบบแคลมป์ (Clamp), สก็อต (Scotch) และสโคป (Scove) เป็นต้น การนำอิฐเข้าออกจากเตาโดยมากใช้แรงงานคน ทำให้การเผาไม่ต่อเนื่องแต่สามารถเผาได้คราวละหลายๆ ใช้เวลาในการเผานาน เตาจะถูกออกแบบให้ใช้กับเชื้อเพลิงแข็งเช่น ไม้ฟืน หรือ ถ่านหิน การควบคุมอุณหภูมิจึงทำได้ยาก การออกแบบเตาแบบเปลี่ยนตำแหน่งการเผาต้องออกแบบให้โครงสร้างเตาทั้งเตาสามารถทนอุณหภูมิเผาสูงสุดได้เหมือนกันและทุกตำแหน่งการเผาจะต้องมีลักษณะการไหลของอากาศสม่ำเสมอเหมือนกัน ซึ่งทำได้ยาก กรณีเตาที่ไม่มีการนำความร้อนไปใช้จะต้องการพลังงานในการเผาอิฐสูงกว่า เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานไปกับก๊าซร้อนที่ออกจากเตา เตาแบบเปลี่ยนตำแหน่งการเผามีข้อดีในกรณีที่บริเวณใดหรือเตาใดเตาหนึ่งชำรุดยังสามารถใช้บริเวณเตาที่เหลือในการเผาได้โดยไม่เกี่ยวข้องกับบริเวณอื่น ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นเตาเผาแบบตำแหน่งเผาคงที่เตาหนึ่ง

2.3.2 เตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

จากคุณลักษณะของเตาเผาอิฐทั้ง 2 แบบ จะเห็นว่าหลักการและข้อจำกัดในการออกแบบเตาเผาอิฐได้แก่

- มีการใช้พลังงานอย่างเต็มที่ โดยมีการนำความร้อนไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถเผาได้อย่างต่อเนื่องหรือกึ่งต่อเนื่อง
- มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ (สามารถปรับปรุงแก้ไขได้)
- มีขนาดและกำลังการผลิตที่เหมาะสม
- ต้นทุนในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ
- ใช้พื้นที่ทำการน้อย

จากหลักการออกแบบเตาเผาอิฐที่คำนึงถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีกระบวนการทำงานต่อเนื่องและนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ จึงได้แนวคิดที่ผสมระหว่างเตาอุโมงค์และเตาเผาแบบกะดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แบบจำลองเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

ในรูปที่ 2.7 เป็นเตาเผาอิฐแบบกึ่งต่อเนื่อง (batch type semi-continuous brick kiln) ประกอบด้วยเตา 4 เตา มีลักษณะเป็นห้องสี่เหลี่ยมหลังคาโค้งปิด มีการไหลวนของกระแสอากาศร้อนขึ้นบนแล้วกระจายลงมายังชั้นอิฐที่เรียงอยู่ภายในห้อง มีช่องใส่ฟืน (firebox) อยู่ด้านข้างกั้นระหว่างกองอิฐกับห้องเผาไหม้ด้วยผนังกันไฟ แต่ละเตาเชื่อมต่อกันด้วยท่อทางเดินอากาศ โดยนำอากาศเข้าสู่เตาที่มีกระบวนการลดอุณหภูมิอิฐเป็นเตาแรกได้อากาศร้อนผ่านมายังเตาเผาเพื่อเป็นอากาศสันดาป ก๊าซร้อนที่ผ่านเตาเผาจะถูกนำไปใช้ต่อในเตาอุณหภูมิต่ำที่มี

อิฐผ่านกระบวนการอบแห้งมาแล้ว ก๊าซร้อนที่ออกจากเตาอุณหภูมิจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการอบแห้งอิฐดิบซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการผสมกับอากาศภายนอกเป็นบางส่วนหากก๊าซร้อนที่ออกยังมีอุณหภูมิที่สูงเกินไป และสุดท้าย ก๊าซที่ผ่านเตาอบแห้งอิฐจะถูกปล่อยทิ้ง เตาเผาอิฐแบบกึ่งต่อเนื่องมีข้อดีที่แต่ละเตาสามารถเผาอิฐได้โดยไม่เกี่ยวข้องกับเตาอื่นและสามารถปรับเปลี่ยนการไหลของอากาศได้โดยแอมเปอร์ จึงมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง จากลักษณะการทำงานดังกล่าวของเตาจำเป็นต้องมีการศึกษาทดลองเพื่อเป็นข้อมูลยืนยันว่าเตาดังกล่าวสามารถทำงานได้ ดังนั้นจำเป็นต้องจำลองแบบคอมพิวเตอร์ของกระบวนการทำงานของเตาดังกล่าว

2.4 การจำลองแบบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

2.4.1 สมมติฐานของแบบจำลอง

ในการจำลองแบบกระบวนการทำงานของเตาเผาอิฐมีสมมติฐานดังต่อไปนี้

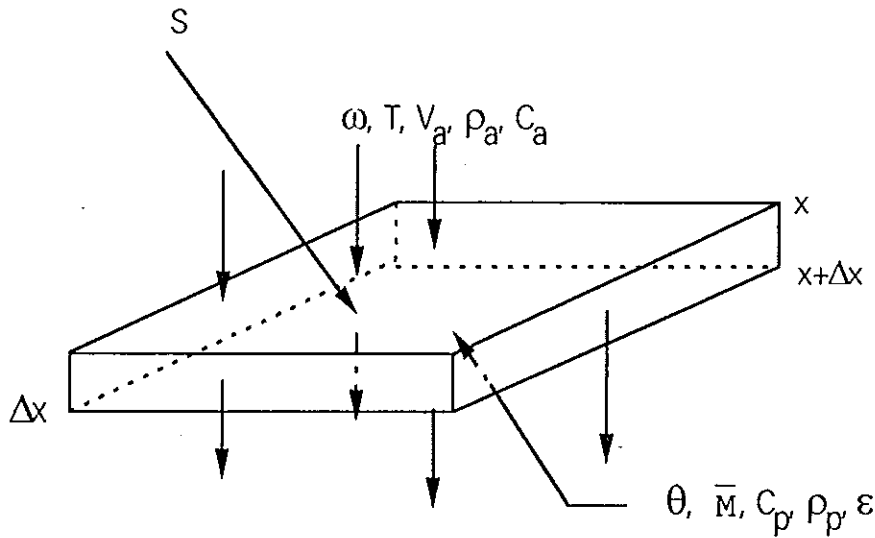
- ไม่คิดผลของการหดตัวของอิฐระหว่างกระบวนการ อบแห้งอิฐ
- ไม่คิดอุณหภูมิแตกต่าง (temperature gradient) ในก้อนอิฐ
- ไม่คิดการนำความร้อนระหว่างก้อนอิฐ
- ไม่คิดสัดส่วนความชื้นของอากาศที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา เนื่องจากมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับสัดส่วนความชื้นของอากาศที่เปลี่ยนแปลงตามชั้นอิฐ
- ไม่คิดการสะสมความร้อนของผนังห้องเผาในแต่ละกระบวนการ
- สมมติให้อากาศที่ไหลผ่านระนาบแต่ละชั้นอิฐมีลักษณะสม่ำเสมอ (uniform) ตลอดพื้นที่หน้าตัดของชั้นอิฐ

2.4.2 สมการแบบจำลอง

ในเตาเผาแบบกึ่งต่อเนื่องที่ออกแบบจะพิจารณากองอิฐอยู่กับที่ มีมวลของก๊าซร้อนหรืออากาศไหลผ่านชั้นอิฐ มีการถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างอิฐกับก๊าซร้อนหรืออากาศเกิดขึ้น การวิเคราะห์ทำโดยแบ่งกองอิฐออกเป็นชั้นๆ การคำนวณการถ่ายเทความร้อนและมวลของแต่ละชั้นของกองอิฐจะใช้แบบจำลองฟิซซ์เบด (fixed bed model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ Brooker และคณะ (1974) ได้นำมาประยุกต์ใช้

แบบจำลองฟิซซ์เบดนี้นำมาประยุกต์ใช้กับการจำลองแบบการเผาอิฐ ทำได้โดยการแบ่งกองอิฐในเตาออกเป็นชั้น ๆ Δx ดังในรูปที่ 2.8 ในแต่ละชั้นจะใช้สมการ 4 สมการที่

เกี่ยวข้องกับการสมดุลมวลและพลังงานในการคำนวณหาค่าอุณหภูมิของอากาศ (T), อุณหภูมิของอิฐ (θ), ความชื้นของอากาศ (ω) และสัดส่วนความชื้นเฉลี่ยในอิฐ (\bar{M})



รูปที่ 2.8 ชั้นปริมาตรควบคุม

2.4.2.1 อุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิอากาศคำนวณจากเอนทาลปีของอากาศที่เปลี่ยนไปเมื่อไหลผ่านอิฐและที่ว่างในชั้นปริมาตร Sdx (ค่าเอนทาลปีของอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลา dt อ้างอิงที่อุณหภูมิ 0°C)

ปริมาณของอากาศที่ไหลผ่านระนาบ x เข้าสู่ปริมาตร (Sdx) ในเวลา dt แสดงในสมการ (2.1)

$$m_a = (\rho_a V_a + \rho_a V_a \omega) S dt \quad (2.1)$$

เมื่อ ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

V_a = ความเร็วของอากาศ (m/s)

เอนทาลปีของอากาศที่ไหลเข้าสู่ปริมาตร (Sdx) ในเวลา dt มีค่า

$$h_{ai} = (\rho_a V_a C_a + \rho_a V_a \omega C_v) S dt \quad (2.2)$$

ในทำนองเดียวกันเอนทาลปีของอากาศที่ออกจากปริมาตร (Sdx) ในเวลา dt มีค่า

$$h_{ao} = (\rho_a V_a C_a + \rho_a V_a \omega C_v) \left(T + \frac{\partial T}{\partial x} dx \right) S dt \quad (2.3)$$

เมื่อ C_a = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ ($\text{kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$)

C_v = ค่าความร้อนจำเพาะของความชื้นในอากาศ ($\text{kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$)

ดังนั้นค่าเอนทาลปีของอากาศที่เปลี่ยนไปเมื่อผ่านชั้นปริมาตร (Sdx) ในช่วงเวลา dt หาได้จากสมการ (2.4)

$$\Delta h_a = (\rho_a V_a C_a + \rho_a V_a \omega C_v) \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) dx S dt \quad (2.4)$$

ความร้อนสัมผัสของอากาศในช่องว่างหาได้จากสมการ (2.5)

$$q_s = (\rho_a C_a + \rho_a \omega C_v) \frac{\partial T}{\partial t} S dx dt \quad (2.5)$$

โดยที่ ϵ คือ สัดส่วนช่องว่างในชั้นปริมาตร (bed porosity)

$$\epsilon = (\text{ปริมาตรชั้นอิฐ} - \text{ปริมาตรอิฐ}) / \text{ปริมาตรชั้นอิฐ} \quad (2.6)$$

ค่าความร้อนสัมผัสทั้งหมดของอากาศที่เปลี่ยนไปในเวลา dt มีค่าเท่ากับ

$$\Delta q_s = (\rho_a C_a + \rho_a \omega C_v) \left(V_a \frac{\partial T}{\partial x} + \epsilon \frac{\partial T}{\partial t} \right) S dx dt \quad (2.7)$$

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาสู่อิฐหาได้จาก

$$q = h'a(T - \theta) S dx dt \quad (2.8)$$

โดย a คือพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area, m^{-1}) คำนวณจากพื้นที่ผิวสัมผัสอากาศซึ่งเป็นพื้นที่ถ่ายเทความร้อนทั้งหมดต่อปริมาตรชั้นอิฐ

จาก (2.7) และ (2.8) จะได้

$$V_a \frac{\partial T}{\partial x} + \epsilon \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{h'a}{\rho_a C_a + \rho_a \omega C_v} (T - \theta) \quad (2.9)$$

โดยที่ h' = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพา ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

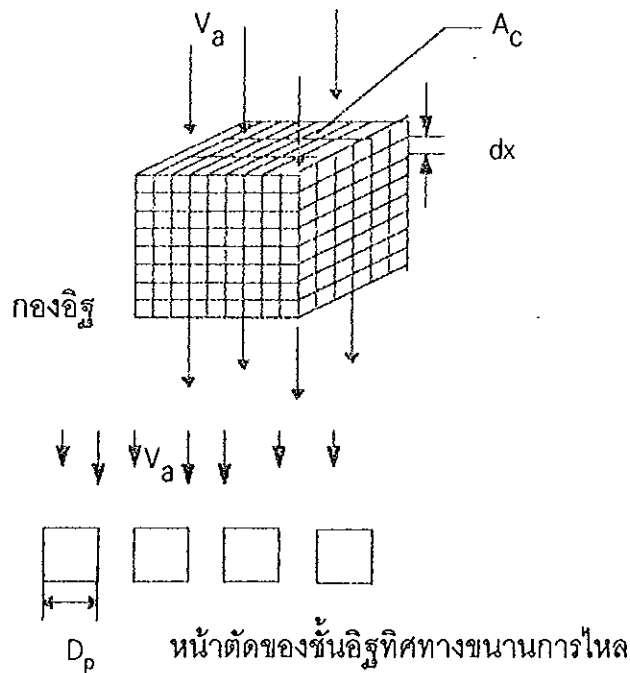
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในสมการ (2.8) หาได้โดยพิจารณาการไหลของอากาศเป็นแบบการไหลบังคับผ่านผิววัตถุด้านนอก (forced convection flow over body) ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งมีสมการเป็น

$$h' = \frac{k_a}{D_p} Nu \quad (2.10)$$

โดยที่ k_a = ค่าการนำความร้อนของอากาศ ($w/m K$)

Nu = ค่าเลขนุสเซล (Nusselt Number) หาได้จากสมการที่ (2.11)

D_p = ความกว้างของวัตถุ (m) (สำหรับอิฐใช้ด้านที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหล)



รูปที่ 2.9 การไหลของอากาศผ่านกองอิฐ

$$Nu = c(Re)^n \quad (2.11)$$

$$2,500 < Re < 8,000 \quad ; \quad C = 0.160, n = 0.699$$

$$8,000 < Re < 100,000 \quad ; \quad C = 0.092, n = 0.675 \quad (\text{Mills, 1992})$$

โดยที่ $Re =$ เลขเรย์โนลด์ (Reynold's Number)

$$Re = V_a \frac{D_p \rho_a}{\mu} \quad (2.12)$$

เมื่อ $\mu =$ ค่าความหนืด (viscosity, kg/m.s)

ความเร็วของอากาศที่ไหลในชั้นอิฐ (superficial velocity, V_a) คำนวณจาก

$$V_a = \frac{\dot{m}_a}{\rho_a \varepsilon A_c} \quad (2.13)$$

เมื่อ $A_c =$ พื้นที่หน้าตัดของชั้นปริมาตร (cross sectional area of the bed, m^2)

$\dot{m}_a =$ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

2.4.2.2 อุณหภูมิของอิฐ ความร้อนที่ถ่ายเทจากการพาของอากาศสู่ชั้นอิฐ เท่ากับผลรวมของเอนทาลปีในการระเหยน้ำออกจากอิฐ และค่าความร้อนสัมผัส

ที่เวลา t ใดๆ ค่าเอนทาลปีของอิฐในชั้นปริมาตร (Sdx) แสดงได้ในสมการ (2.14)

$$h_b = Sdx(\rho_p C_p + \rho_p C_w \bar{M})\theta \quad (2.14)$$

โดยที่ ρ_p = ความหนาแน่นของอิฐ (kg/m³)

C_p = ความจุความร้อนจำเพาะของอิฐ (kJ/kg °C)

ที่เวลา $t+dt$ ค่าเอนทาลปีมีค่า

$$h'_b = Sdx(\rho_p C_p + \rho_p C_w \bar{M})\left(\theta + \frac{\partial\theta}{\partial t} dt\right) \quad (2.15)$$

ดังนั้นในช่วงเวลา dt ค่าเอนทาลปีของอิฐในชั้นปริมาตร (Sdx) มีการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ

$$\Delta h_b = (\rho_p C_p + \rho_p C_w \bar{M}) \frac{\partial\theta}{\partial t} Sdxdt \quad (2.16)$$

โดยที่ C_w = ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg °C)

ปริมาณความชื้นที่ออกจากอิฐหาได้จาก

$$m_{wb} = G_a \frac{\partial\omega}{\partial x} Sdxdt \quad (2.17)$$

สำหรับอากาศจะใช้สัญลักษณ์ G_a แทน เทอม $V_a \rho_a$

ดังนั้นเอนทาลปีสำหรับการทำให้น้ำระเหยออกจากอิฐ คือ

$$h_w = h_{fg} G_a \frac{\partial\omega}{\partial x} Sdxdt + C_v G_a (T - \theta) \frac{\partial\omega}{\partial x} Sdxdt \quad (2.18)$$

โดยที่ h_{fg} = ความร้อนแฝงของน้ำ (kJ/kg)

จากสมการที่ (2.8), (2.16) และ (2.18) สมดุลเอนทาลปีของอิฐจะได้

$$h'_a Sdx(T - \theta)dt = (\rho_p C_p + \rho_p C_w \bar{M}) Sdx \frac{\partial\theta}{\partial t} dt + [h_{fg} + C_v(T - \theta)] G_a \frac{\partial\omega}{\partial x} dx Sdt$$

$$\text{หรือ } \frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{h'_a}{\rho_p C_p + \rho_p C_w \bar{M}} (T - \theta) - \frac{h_{fg} + C_v(T - \theta)}{\rho_p C_p + \rho_p C_w \bar{M}} G_a \frac{\partial\omega}{\partial x} \quad (2.19)$$

2.4.2.3 ความชื้นของอากาศ ความชื้นของอากาศที่เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านชั้นปริมาตรหา

ได้จากมวลของความชื้นที่ออกจากอิฐ

ปริมาณความชื้นที่ไหลผ่านระนาบ x ในเวลา dt หาได้จาก

$$m_{wa} = G_a S\omega dt \quad (2.20)$$

ปริมาณความชื้นที่ไหลผ่านระนาบ $x+dx$ ในเวลา dt แสดงในสมการ (2.21)

$$m'_{wa} = G_a S\left(\omega + \frac{\partial\omega}{\partial x} dx\right)dt \quad (2.21)$$

ดังนั้นปริมาณความชื้นของอากาศที่เปลี่ยนไปในช่วงเวลา dt หาได้จาก (2.21) - (2.20)

$$\Delta m_{wa} = G_a S \frac{\partial \omega}{\partial x} dx dt \quad (2.22)$$

ความชื้นของอากาศภายในปริมาตรควบคุมที่เปลี่ยนแปลงในเวลา dt หาได้จาก

$$m_{wv} = \epsilon S dx \rho_a \frac{\partial \omega}{\partial t} dt \quad (2.23)$$

และความชื้นของอิฐในปริมาตรควบคุมที่เปลี่ยนไปในเวลา dt เท่ากับ

$$m'_{wb} = \rho_p (1 - \epsilon) S dx \frac{\partial \bar{M}}{\partial t} dt \quad (2.24)$$

สมดุลมวลสำหรับความชื้น คือ (2.24)=(2.22)+(2.23)

$$\rho'_p S dx \frac{\partial \bar{M}}{\partial t} dt = G_a \frac{\partial \omega}{\partial x} S dx dt + \epsilon S dx \rho_a \frac{\partial \omega}{\partial t} dt \quad (2.25)$$

$$\text{เมื่อ } \rho'_p = (1 - \epsilon) \rho_b$$

ตัดเทอม $\frac{\partial \omega}{\partial t}$ ทั้ง เนื่องจากมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับเทอม $\frac{\partial \omega}{\partial x}$

จากสมการ (2.25) จะได้

$$\frac{\partial \omega}{\partial x} = \frac{\rho'_p}{G_a} \frac{\partial \bar{M}}{\partial t} \quad (2.26)$$

2.4.2.4 ความชื้นของอิฐ ความชื้นของอิฐที่เปลี่ยนไปหาจากสมการข้างบนสำหรับ

การอบแห้งผลิตภัณฑ์ดินเหนียว

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นดินเหนียว Powell และ Griffiths (1935) (อ้างโดย Singer และ Singer (1963)) ได้ทำการทดลองเพื่อหาสมการเอมพิริคัล สำหรับใช้หาค่าอัตราการระเหยน้ำออกจากดินเหนียว เมื่อได้รับความร้อนและมีกระแสอากาศไหลผ่าน (V_a) โดยรักษาอุณหภูมิ (T) คงที่สม่ำเสมอค่าหนึ่ง สมการดังกล่าวคือ

$$W = 4.3 \times 10^{-7} L^{0.73} B^{0.8} (P_s - P_v) \left(1 + 0.121 V_a^{0.85}\right) ; V_a < 100 \text{ cm/s} \quad (2.27a)$$

$$W = 2.12 \times 10^{-7} L^{0.77} B (P_s - P_v) \left(1 + 0.121 V_a^{0.85}\right) ; 100 \text{ cm/s} < V_a < 300 \text{ cm/s} \quad (2.27b)$$

เมื่อ W = อัตราการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ดินเหนียว (g/s)

L = ความยาวตามระนาบของผลิตภัณฑ์ดินเหนียวที่ขนานกับทิศทางการไหลของอากาศ (cm.)

B = ความกว้างของผลิตภัณฑ์ดินเหนียวแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหลของอากาศ (cm.)

P_s = ความดันอิมิตัวของอากาศที่อุณหภูมิ T (mm.Hg)

P_v = ความดันไอน้ำของอากาศที่อุณหภูมิ T (mm.Hg)

ในการหาความชื้นของอิฐที่เปลี่ยนไปได้นำสมการที่ (2.27a) และสมการที่ (2.27b) มาดัดแปลงโดยการหารด้วยน้ำหนักของอิฐเพื่อให้อัตราการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนความชื้นเฉลี่ยในอิฐ

กรณีค่า V_a มีค่าต่ำกว่า 0.1 เมตร/วินาที

$$\frac{\partial \bar{M}}{\partial t} = \frac{4.3 \times 10^{-10}}{m_b} L^{0.73} B^{0.8} (P_s - P_v) (1 + 0.121 V_a^{0.85}) \quad (2.28a)$$

กรณีค่า V_a มีค่าระหว่าง 0.1 ถึง 0.3 เมตร/วินาที

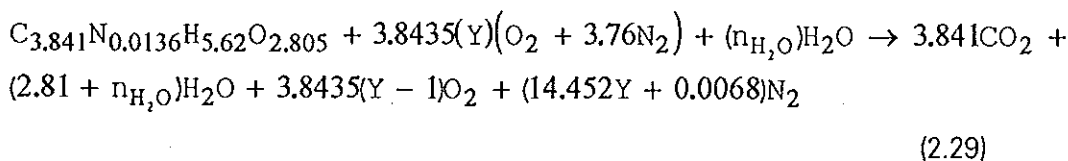
$$\frac{\partial \bar{M}}{\partial t} = \frac{2.12 \times 10^{-10}}{m_b} L^{0.77} B (P_s - P_v) (1 + 0.121 V_a^{0.85}) \quad (2.28b)$$

โดยที่ m_b = น้ำหนักของอิฐ (g)

$\frac{\partial \bar{M}}{\partial t}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนความชื้นเฉลี่ยในอิฐ

2.4.2.5 การสันดาปไม้พีน

ในการจำลองแบบต้องคำนวณการสันดาปของไม้พีน (อัตราการใช้ไม้พีน) เพื่อให้ได้ อุณหภูมิเผาตามต้องการ ในที่นี้ใช้ไม้ยางพาราเป็นไม้พีนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งองค์ประกอบของ ไม้พีนมีสูตรทางเคมีเป็น $C_{3.841}N_{0.0136}H_{5.65}O_{2.805}$ และมีเถ้า 4% (Prasertsan, 1993)



โดยที่ Y = สัดส่วนอากาศทางทฤษฎี

จำนวนโมลของน้ำในอากาศสันดาป, n_{H_2O} , หาได้จาก

$$n_{H_2O} = \left(\frac{\omega_a (3.8435Y(1 + 3.76)) M_a}{M_{H_2O}} \right) \quad (2.30)$$

อัตราการใช้ไม้พีนคำนวณได้จากสมการที่ (2.31)

$$\dot{m}_f = \frac{\dot{m}_a}{\left(3.8435Y(1 + 3.76) \frac{M_a}{M_f} \right)} \quad (2.31)$$

โดยอัตราการใช้อากาศแห้งได้จากการกำหนดค่าอัตราการใช้อากาศทั้งหมด และค่าความชื้นสัมพัทธ์ แล้วคำนวณหาค่า \dot{m}_a จากสมการ (2.32)

$$\dot{m}_a = \dot{m}_{a(\text{total})} / (1 + \omega_a) \quad (2.32)$$

เมื่อ M_a = น้ำหนักโมเลกุล (molecular weight) ของอากาศ (28.97)

M_f = น้ำหนักโมเลกุลของไม้ฟืน (96.78)

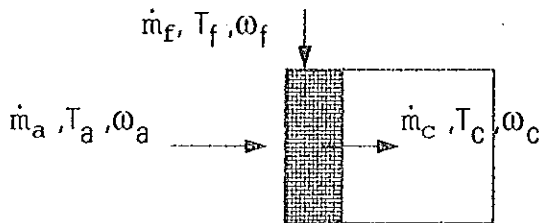
M_{H_2O} = น้ำหนักโมเลกุลของน้ำ (18.02)

$\dot{m}_{a(\text{total})}$ = อัตราการใช้อากาศทั้งหมด (รวมความชื้น) (kg/h)

ω_a = สัดส่วนความชื้นของอากาศ

ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้จะเป็นตัวกำหนดสัดส่วนอากาศทางทฤษฎีหรืออัตราการใช้ไม้ฟืน ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศสันดาปที่ถูกอุ่นให้ร้อน (ในขบวนการลดอุณหภูมิอิฐลงหลังการเผา) สำหรับวิธีการหาสัดส่วนอากาศทางทฤษฎีทำได้โดยการสมดุลมวลและพลังงานในเตาที่มีกระบวนการเผาตามรูปที่ 2.10

2.4.2.6 สมดุลมวลและพลังงานของเตา



รูปที่ 2.10 แสดงการสมดุลมวลในเตาที่มีกระบวนการเผา

สมดุลมวลของอากาศที่ได้จากการเผาไหม้ (ไม้ฟืนมีเถ้า 4%)

$$(1 + \omega_a) \dot{m}_a + (0.96) \dot{m}_f = \dot{m}_c \quad (2.33)$$

สมดุลมวลของความชื้น

$$\dot{m}_a \omega_a + (0.96) \dot{m}_f \omega_f = \dot{m}_c \omega_c$$

$$\omega_c = \left(\frac{\dot{m}_a \omega_a + (0.96) \dot{m}_f \omega_f}{\dot{m}_c} \right) \quad (2.34)$$

$$\omega_a = 0.622 \left(\frac{P_v}{P_t - P_v} \right) \quad (2.35)$$

$$P_v = P_g \left(\frac{RH}{100} \right) \quad (2.36)$$

- เมื่อ \dot{m}_c = อัตราการไหลของก๊าซเผาไหม้ (kg/h)
 ω_c = สัดส่วนความชื้นในสารเผาไหม้ที่ได้ (decimal)
 ω_f = สัดส่วนความชื้นในไม้พื้น (kg/kg wood)
 P_v = ความดันไอของอากาศชื้น (kPa)
 P_t = ความดันสมบูรณ์ของบรรยากาศ (101.03 kPa)
 P_g = ความดันอิมิตัวของไอน้ำ (kPa)
RH = ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%)

สมดุลพลังงานของรูปที่ 2.10 ทำให้ได้ความสัมพันธ์

$$\dot{m}_f \omega_f h_w + \dot{m}_f HV + \dot{m}_a h_a + \dot{m}_a \omega_a h_{ga} = \dot{m}_c h_c$$

$$h_c = \left(\frac{\dot{m}_f \omega_f h_w + \dot{m}_f HV + \dot{m}_a h_a + \dot{m}_a \omega_a h_{ga}}{\dot{m}_c} \right) \quad (2.37)$$

เอนทาลปีของก๊าซเผาไหม้เขียนได้ดังสมการ (2.38)

$$h_c = C_{pc} T_c \quad (2.38)$$

$$h_a = \text{ค่าเอนทาลปีของอากาศ} \quad (\text{kJ/kg})$$

$$h_c = \text{เอนทาลปีของสารที่ได้จากการเผาไหม้} \quad (\text{kJ/kg})$$

$$h_w = \text{เอนทาลปีของน้ำที่มีอยู่ในไม้พื้น} \quad (\text{kJ/kg})$$

$$HV = \text{ค่าความร้อนของไม้พื้น} \quad (16,000 \text{ kJ/kg})$$

$$h_{ga} = \text{เอนทาลปีของไอน้ำในอากาศ} \quad (\text{kJ/kg})$$

$$C_{pc} = \text{ค่าความร้อนจำเพาะของสารที่ได้จากการเผาไหม้} \quad (\text{kJ/kg } ^\circ\text{C})$$

$$T_c = \text{อุณหภูมิของสารที่ได้จากการเผาไหม้} \quad (^\circ\text{C})$$

ในการจำลองแบบการเผาจะมีตัวแปรอิสระ คือ อัตราการไหลของอากาศสดดาป (\dot{m}_a) และอุณหภูมิเผาอิฐ (T_c) อัตราการใช้ไม้พื้นที่อัตราการใช้อากาศสดดาปค่าหนึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (2.31), (2.33), (2.37) และ (2.38) การคำนวณทำได้โดยการแทนค่าสัดส่วนอากาศทางทฤษฎีในสมการ (2.31) เพื่อหา \dot{m}_f จากนั้นหา \dot{m}_c จากสมการ (2.33) แล้วนำค่าที่ได้หาค่าเอนทาลปีในสมการ (2.37) แล้วนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ (2.38) ถ้าหากสมการ (2.38) ไม่เป็นจริง จะคำนวณซ้ำใหม่จนกว่าสมการ (2.38) เป็นจริง จึงจะได้ \dot{m}_f ที่ถูกต้อง (รายละเอียดในส่วนนี้ได้จากแผนภูมิโปรแกรมการจำลองแบบในภาคผนวก)

ในการทำงานของเตา อากาศสันดาปจะเป็นอากาศที่ผ่านการอุ่นจากเตาลดอุณหภูมิ ซึ่งอิฐในเตาดังกล่าวจะค่อยๆมีอุณหภูมิลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ดังนั้นค่า h_g ในสมการที่ (2.37) จะมีค่าลดลงเมื่อมีกระบวนการเผาดำเนินไป ดังนั้นหากต้องการให้อุณหภูมิเผามีค่าคงที่ ปริมาณอากาศสันดาปและอัตราการใช้ไม้พืนต้องเปลี่ยนไป กล่าวคือ ถ้าให้อากาศสันดาป ไหลในปริมาณที่คงที่การใช้ไม้พืนก็ต้องเพิ่มขึ้น ถ้าอัตราการใช้ไม้พืนไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณ อากาศสันดาปที่ใช้ก็ต้องลดลงเพื่อรักษาอุณหภูมิเผา ซึ่งประการหลังนี้ทำให้ใช้ไม้พืนได้อย่าง ประหยัด อย่างไรก็ตามการลดอัตราการใช้อากาศสันดาปจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการ ต่างๆในลำดับถัดไป (preheating และ drying) เนื่องจากมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนระหว่าง อิฐและอากาศที่ผ่านเตาแต่ละเตา

สำหรับค่า $C_{p,c}$ ของสารที่ได้จากการเผาไหม้สามารถใช้ค่าความร้อนจำเพาะของ อากาศแทนได้ หรือคำนวณโดยตรงจากสมการการเผาไหม้โดยคิดจากสัดส่วนโดยโมลของ สารแต่ละชนิด (Wyllen and Sonntag, 1985) ค่าความร้อนจำเพาะของสารดังกล่าวได้แก่

$$N_2 \quad C_p = 39.06 - 512.79T^{-1.5} + 1072T^{-2} - 820.4T^{-3} \quad (\text{kJ/kmol})$$

(จากสมการที่ (2.29) มีจำนวนโมล N_2 เท่ากับ $14.452Y+0.0068$ โมล)

$$O_2 \quad C_p = 37.432 + 0.020102T^{1.5} - 178.57T^{-1.5} + 236.88T^{-2} \quad (\text{kJ/kmol})$$

(จากสมการที่ (2.29) มีจำนวนโมล O_2 เท่ากับ $3.8435(Y-1)$ โมล)

$$CO_2 \quad C_p = -3.7357 + 30.529T^{0.5} - 4.1034T + 0.024198T^2 \quad (\text{kJ/kmol})$$

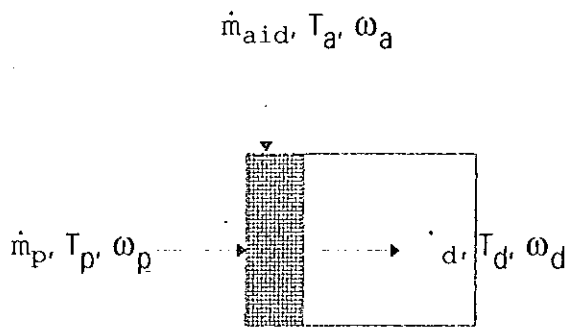
(จากสมการที่ (2.29) มีจำนวนโมล CO_2 เท่ากับ 3.841)

$$H_2O \quad C_p = 143.05 - 183.54T^{0.25} + 82.751T^{0.5} - 3.6989T \quad (\text{kJ/kmol})$$

(จากสมการที่ (2.29) มีจำนวนโมล H_2O เท่ากับ $2.81+n_{H_2O}$)

$$\text{โดยที่} \quad T = \left(\frac{T_c [^{\circ}\text{K}]}{100} \right)$$

สำหรับอากาศที่ออกจากเตาอุ่นอิฐ (preheating) หากยังคงมีอุณหภูมิสูงไม่สามารถ นำไปใช้ในการอบแห้งอิฐ (drying) ได้โดยตรง จึงใช้อากาศจากภายนอกเข้ามาผสมเพื่อให้มี อุณหภูมิต่ำลงตามที่ต้องการ ซึ่งปริมาณอากาศที่ใช้นหาได้โดยวิธีสมดุลมวล และพลังงานตาม รูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงสมดุลมวลที่เตาอบแห้งอิฐ

สมดุลมวลของมวลชื้น

$$\dot{m}_d = \dot{m}_{aid} + \dot{m}_p \quad (2.39)$$

$$\omega_d = \left(\frac{\dot{m}_{aid} \omega_a + \dot{m}_p \omega_p}{\dot{m}_d} \right) \quad (2.40)$$

สมดุลพลังงาน

$$\dot{m}_{aid} = \dot{m}_p \left(\frac{h_p + \omega_p h_{gp} - \omega_d h_{gd} - h_d}{\omega_d h_{gd} + h_d - h_a - \omega_a h_{ga}} \right) \quad (2.41)$$

เมื่อ \dot{m}_{aid} = อัตราการไหลของอากาศที่เข้าผสม (kg/h)

\dot{m}_d = อัตราการไหลของอากาศที่ใช้ในการอบแห้งอิฐ (kg/h)

\dot{m}_p = อัตราการไหลของอากาศที่ออกจากเตาอบแห้งอิฐ (kg/h)

ω_d = สัดส่วนความชื้นของอากาศหลังการผสม (decimal)

ω_p = สัดส่วนความชื้นของอากาศที่ออกจากเตาอบแห้งอิฐ (decimal)

h_{gd} = เอนทาลปีของไอน้ำของอากาศหลังการผสม (kJ/kg)

h_d = ค่าเอนทาลปีของอากาศหลังการผสม (kJ/kg)

T_d = อุณหภูมิของอากาศหลังการผสม ($^{\circ}\text{C}$)

h_{gp} = ค่าเอนทาลปีของไอน้ำของอากาศที่ออกจากเตาอบแห้งอิฐ (kJ/kg)

T_p = อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเตาอบแห้งอิฐ ($^{\circ}\text{C}$)

การคำนวณหาปริมาณอากาศที่ผสมเพื่อให้ได้อุณหภูมิ (T_d) สำหรับการอบแห้งอิฐ

ตามต้องการ จะใช้สมการ (2.39), (2.40), และ (2.41) คำนวณโดยวิธีลองผิดลองถูก

การคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านชั้นอิฐและอุณหภูมิของอิฐในแต่ละชั้น สำหรับเตาเผาที่อยู่ในกระบวนการเผา, ลดอุณหภูมิ และอุ่นอิฐจะใช้สมการ (2.9) ในการทำนายอุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านชั้นอิฐ และใช้สมการที่ดัดแปลงจากสมการ (2.19) โดยการตัดเทอมที่เกี่ยวข้องกับความชื้นออกไปสำหรับการทำนายอุณหภูมิของอิฐในแต่ละชั้น (เนื่องจากถือว่าอิฐผ่านการไล่น้ำจากเตาอบแห้งอิฐมาแล้ว) ซึ่งจะได้สมการเป็น

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{h'a}{\rho_p C_p} (T - \theta) \quad (2.42)$$

ส่วนเตาที่มีกระบวนการอบแห้งอิฐจะใช้สมการ (2.9), (2.19), (2.26) และ (2.27) หรือ (2.28) ในการคำนวณ โดยสัดส่วนความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นของอิฐที่เวลา $t = 0$ มีค่าเท่ากับ \bar{M} เมื่อเวลาผ่านไปเป็น $t+dt$ สัดส่วนความชื้นของอิฐแต่ละชั้นที่เปลี่ยนไป คำนวณได้จาก

$$\bar{M}_{t+dt} = \bar{M}_t - \left(\frac{\partial \bar{M}}{\partial t} \right) dt \quad (2.43)$$

\bar{M}_t = สัดส่วนความชื้นเฉลี่ยในอิฐที่เวลา t ใดๆ (dry basis)

\bar{M}_{t+dt} = สัดส่วนความชื้นเฉลี่ยในอิฐที่เวลา $t+dt$ (dry basis)

dt = ช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป

2.4.3 การจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐ

2.4.3.1 เงื่อนไขค่าขอบเขต

เงื่อนไขค่าขอบเขตที่ใช้ในการหาผลเฉลยของสมการ (2.9), (2.19), (2.26) และ (2.27) หรือ (2.28) ได้จากการกำหนดค่าเริ่มต้นดังต่อไปนี้

1) อุณหภูมิเริ่มต้น และความชื้นของอิฐ

2) อุณหภูมิและค่าความชื้นสัมบูรณ์ของอากาศที่เข้าสู่กระบวนการ

สำหรับกรณีแบบจำลองฟิสิกส์เบด สามารถเขียนเงื่อนไขขอบเขตได้เป็น

$$T(0,t) = T(\text{inlet})$$

$$\theta(x,0) = \theta(\text{initial})$$

$$\omega(0,t) = \omega(\text{inlet})$$

$$\bar{M}(x,0) = \bar{M}(\text{initial})$$

2.4.3.2 วิธีการจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐ

ในกระบวนการ ลดอุณหภูมิ, เผา และ อุ่นอิฐ จะมีเฉพาะการถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศและอิฐเกิดขึ้นซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (2.9) และ (2.19) โดยสมมุติว่าไม่มี

ความชื้นหลงเหลืออยู่ในเตาทั้งสามเลย (ต่ำมากจึงไม่นำมาคิด) สำหรับการถ่ายเทความร้อน และการถ่ายเทมวลในเตาอบแห้งอิฐ จะคำนวณจากสมการที่ (2.9), (2.19), (2.26) และ (2.27) หรือ (2.28) ขั้นตอนการจำลองแบบแสดงได้ดังรูปที่ 2.12 (ก) โดยให้อากาศเข้าเตาลด อุณหภูมิอิฐ ด้วยอัตราการไหลเชิงมวลคงที่ต่าง ๆ กันคือ 800, 900, 1000, 1100 และ 1200 kg/h ที่อุณหภูมิเผา (อุณหภูมิที่ได้จากการสันดาปไม้พืน) 800, 900 และ 1000 °C โดยใช้ ปริมาณอิฐต่างกัน คือ 2200, 2600 และ 3500 ก้อน ซึ่งเป็นอิฐกลวง 4 รูไม่รับน้ำหนักตาม มาตรฐาน มอก.153/2533 ขนาด 19x8x6 ซม.³ ขนาดรู 1.5x1.5 ซม.² น้ำหนักอิฐสุกต่อก้อน เท่ากับ 1.2 กก. เรียงสลับขวางกัน สำหรับเตาอบแห้งอิฐ จะควบคุมอุณหภูมิอากาศที่ใช้ไว้ที่ อุณหภูมิ 150 °C

จำลองแบบการเผาทั้งต่อเนื่อง 2 รอบ เริ่มจากรอบแรกที่สมมุติให้มีอิฐอยู่ในเตาลด อุณหภูมิ, เตาเผา, เตาอุ่นอิฐ และเตาอบแห้งอิฐ ตามลำดับ ในเตาลดอุณหภูมิอิฐ จะสมมุติ ให้มีอิฐสุกที่ผ่านการเผาและรอให้เย็น อิฐชั้นล่างสุดสมมุติให้มีอุณหภูมิ 650 °C (ถือว่าอิฐสุก ที่อุณหภูมิ 650 °C) ชั้นบนสุดมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิเผา ระหว่างชั้นอิฐมีอุณหภูมิลดลง เป็นเชิงเส้นตามจำนวนชั้นจากบนลงล่าง ส่วนในเตาเผาอิฐ สมมุติให้อิฐชั้นบนมีอุณหภูมิ 650 °C และลดลงเป็นเชิงเส้นตามจำนวนชั้นสู่ชั้นล่าง ในเตาอุ่นอิฐ เป็นอิฐที่ผ่านการไล่น้ำที่ อุณหภูมิ 150 °C มาแล้ว สมมุติให้อิฐชั้นบนมีอุณหภูมิ 150 °C และลดลงเป็นเชิงเส้นตามชั้น อิฐสู่ชั้นล่าง สำหรับในเตาอบแห้งอิฐ สมมุติให้อิฐดิบที่ผ่านการผึ่งในที่ร่มมาแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ความชื้นเฉลี่ย 12%) และมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิบรรยากาศเท่ากันทุกชั้น การ คำนวณในการจำลองแบบรอบแรกของการเผาจะคำนวณอุณหภูมิของอิฐแต่ละชั้นในแต่ละ เตาที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา และอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านอิฐแต่ละชั้น, เวลาที่ใช้ในกระบวนการ เผาและพลังงานจำเพาะที่ใช้เมื่อกระบวนการเผาเสร็จสิ้น

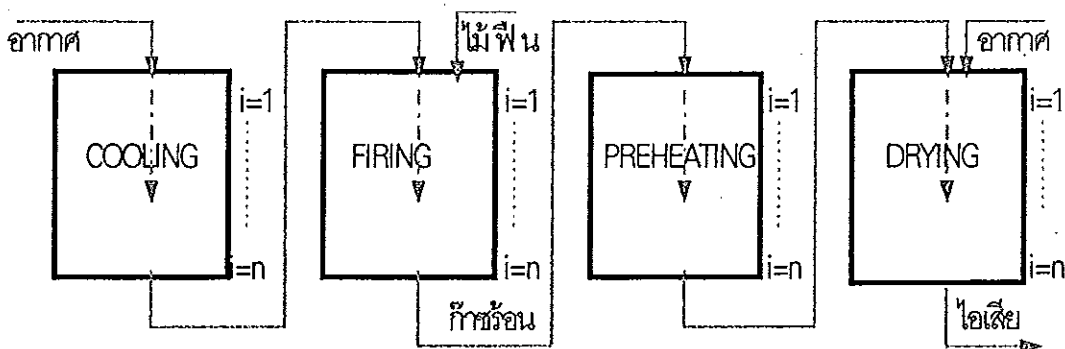
การคำนวณจะเป็นการทำซ้ำ (iteration) จนกระทั่งเกิดการหาค่าที่ลู่ออกของอุณหภูมิ อิฐซึ่งจะเป็นสภาวะคงตัวของการเผา โดยมีความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิอิฐ (steady tolerance) ไม่เกิน 5 °C (ดูแผนภูมิรูปที่ ผ.1.1 ในภาคผนวก ผ.1) หลังจากการเผาอบแรก เสร็จสิ้นหากอุณหภูมิอิฐชั้นบนสุดในเตาลดอุณหภูมิอิฐยังสูงกว่า 60 °C (อุณหภูมิสมมุติที่ สามารถนำอิฐออกจากเตาได้) การคำนวณจะยังไม่เริ่มกระบวนการเผาอิฐในรอบที่ 2 แต่จะ คำนวณการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐและอากาศในเตาลดอุณหภูมิอิฐต่อไป (นับเวลาที่ใช้ ในการลดอุณหภูมิต่อไป) อากาศที่ไหลผ่านเตาลดอุณหภูมิอิฐจะเข้าไปยังเตาเผาที่เพิ่งจะสิ้น

สุดท้ายเพื่อลดอุณหภูมิอิฐด้วย (เป็นเตาลดอุณหภูมิอิฐเตาที่ 2) ในเตาอุ่นอิฐจะไม่ให้อากาศไหลผ่านเพื่อไม่ให้สูญเสียความร้อน (ซึ่งจะเป็นเตาเผาในการเผาอบที่ 2) ส่วนในเตาอบแห้งอิฐนั้นจะอบแห้งต่อโดยใช้อากาศที่ออกจากเตาลดอุณหภูมิเตาที่ 2 หลังจากอุณหภูมิอิฐชั้นบนสุดในเตาลดอุณหภูมิอิฐเตาที่ 1 มีอุณหภูมิต่ำกว่าหรือเท่ากับ 60°C การเผาอิฐในรอบที่ 2 จึงเริ่มขึ้น โดยอุณหภูมิของอิฐรอบแรกที่เวลาสิ้นสุดในแต่ละเตาจะเป็นอุณหภูมิเริ่มต้นในรอบที่ 2 ของกระบวนการที่หมุนเวียนถัดไป

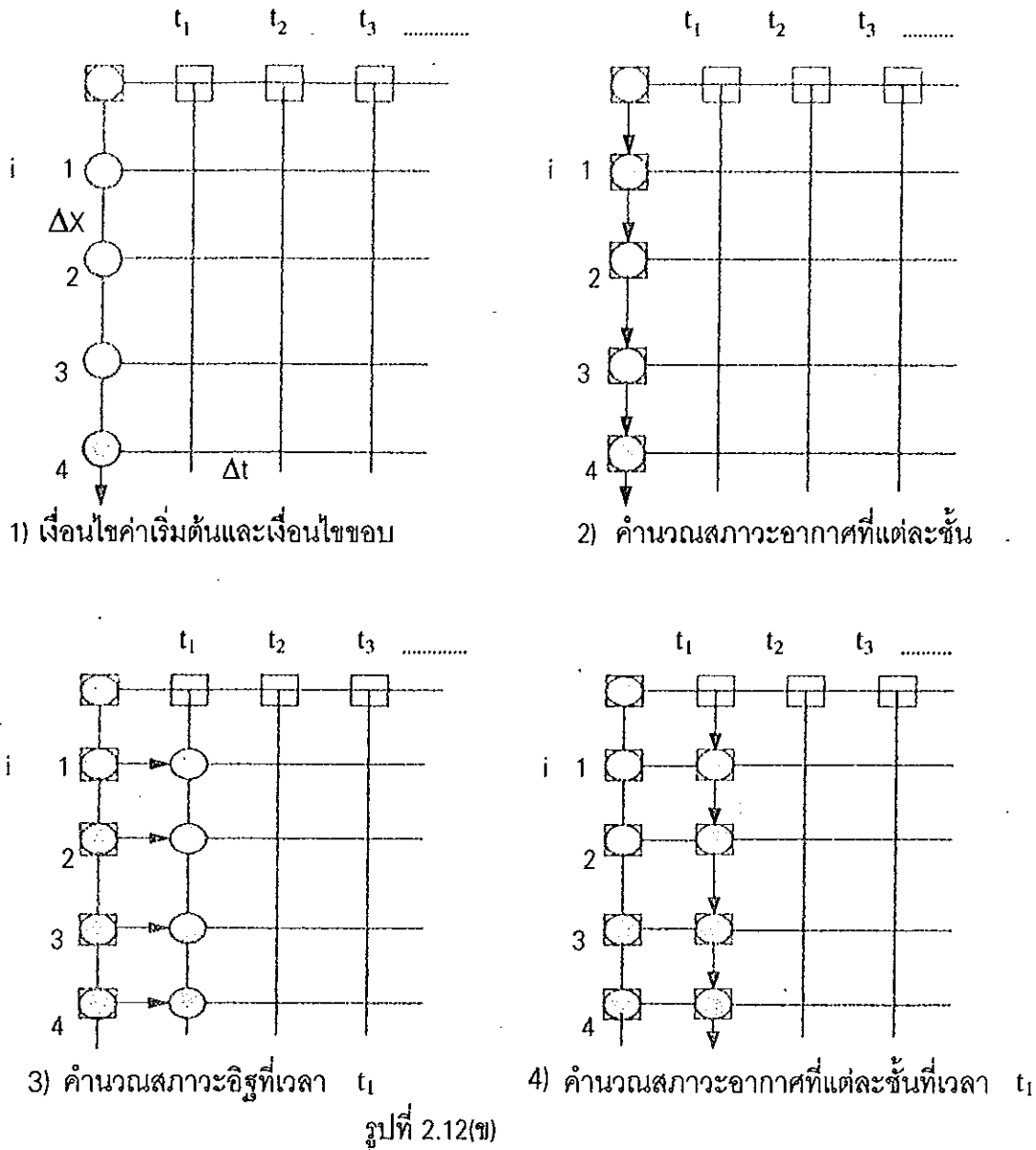
2.4.3.3 ขั้นตอนการคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศและอิฐแต่ละชั้น

การคำนวณจะเริ่มต้นคำนวณอุณหภูมิของอิฐและอุณหภูมิของอากาศที่ผ่านอิฐแต่ละชั้นทั้งหมดในเตาลดอุณหภูมิอิฐ (ดูรูปที่ 2.12(ก)) จากนั้นจะใช้อุณหภูมิของอากาศที่ผ่านอิฐชั้นล่างสุดของเตาแรกเป็นอุณหภูมิเริ่มต้นสำหรับการคำนวณในเตาถัดไป (ในกรณีเตาเผาจะใช้เป็นอากาศสันดาปสำหรับคำนวณอุณหภูมิในการเผา) ส่วนอุณหภูมิของอิฐในแต่ละชั้นที่คำนวณผ่านมาจะเก็บค่าไว้สำหรับเป็นค่าเริ่มต้นอุณหภูมิของอิฐในการคำนวณรอบถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ข) โดยที่ $t_0=0$, $t_1=t_0+dt$, $t_2=t_1+dt$,, $t_j=t_{j-1}+dt$; $j=1$ ถึง n

จากรูปที่ 2.12 i แทนชั้นอิฐ, t แทนเวลา ซึ่งทิศทางการคำนวณเป็นไปตามทิศทางการของลูกศร โดยที่ $i=n$ จะได้อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเตาเผาในแต่ละสภาวะที่เวลา t โดยส่วนอุณหภูมิของอิฐแต่ละชั้นที่เวลา $t-dt$ ที่ผ่านมาจะเป็นอุณหภูมิเริ่มต้นของอิฐแต่ละชั้นที่เวลา t ถัดไป ขั้นตอนการคำนวณในการจำลองแบบคอมพิวเตอร์กระบวนการเผาอิฐในเตาเผาอิฐก็ต่อเนื่องแสดงได้ดังแผนภูมิในรูปที่ ผ.1.1 ของภาคผนวก ผ.1 และโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองแบบกระบวนการเผาอิฐในเตาเผาอิฐก็ต่อเนื่องแสดงได้ในภาคผนวก ผ.2



รูปที่ 2.12(ก)

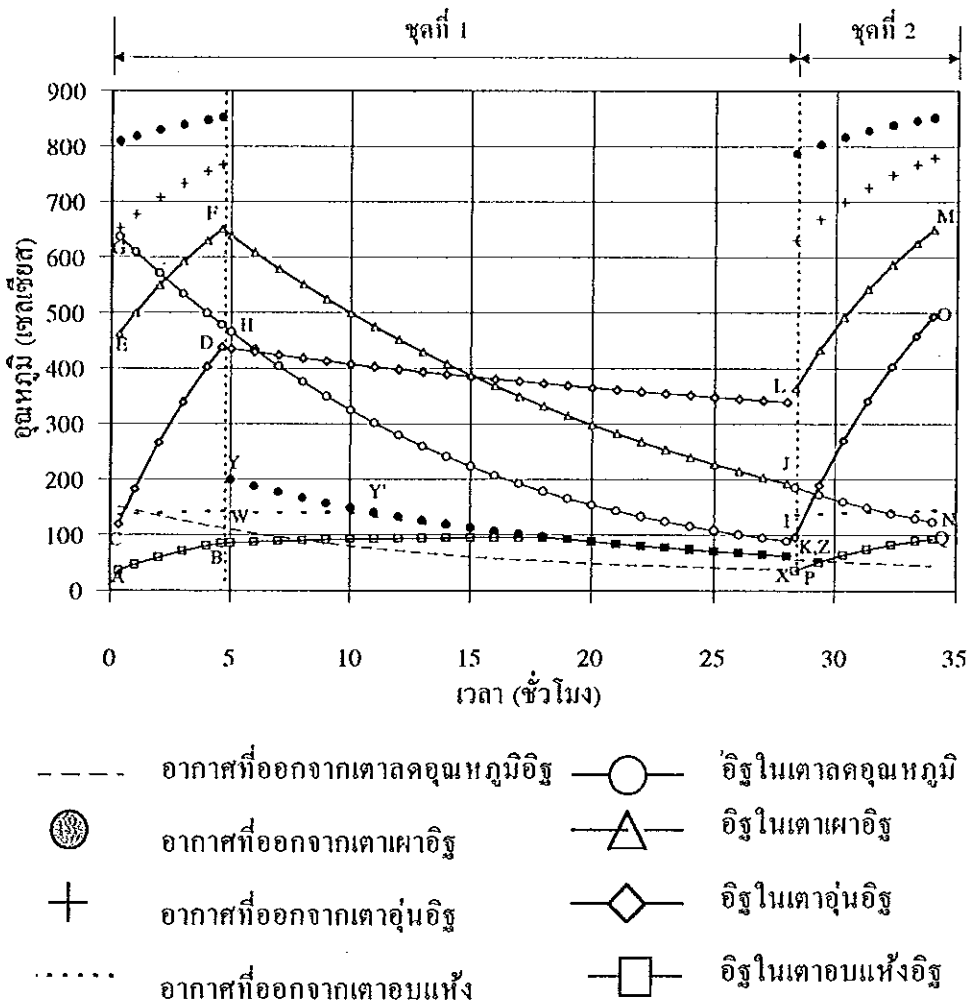


รูปที่ 2.12 แผนภูมิการจำลองแบบ (ก) กระบวนการที่แต่ละเตา (ข) การจำลองแบบที่แต่ละเตา, θ และ \bar{M} แทนด้วย \odot ; T และ ω แทนด้วย \square (ดัดแปลงจาก Theerakulpisut, 1990)

2.4.4 ผลและอภิปรายผลจำลองแบบ

ตัวอย่างผลการจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐในเตาเผาถึงต่อเนื่องที่จำนวนอิฐ 2200 ก้อน, 2600 ก้อน และ 3500 ก้อน ทั้งหมดแสดงได้ดังภาคผนวก ผ.3

รูปที่ 2.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างสุดและอากาศในแต่ละเตาที่อุณหภูมิเผา 900 °C อัตราการใช้อากาศสันดาป 1000 kg/h ปริมาณอิฐ 2600 ก้อน (ซึ่งใช้เป็นตัวอย่างในการอภิปรายผล) จากรูปที่ 2.13 จะเห็นว่าระยะเวลาตลอดกระบวนการของรอบที่ 1 และ 2 จะให้เวลายาวสั้นสลับกัน ความต่อเนื่องในกระบวนการเผาในรอบที่ 2 ถูกจำกัดโดยเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ แต่ในทางปฏิบัติเวลาอิฐรอบแรกสามารถเย็นลงได้อย่างรวดเร็ว ถ้าการไหลของอากาศให้ผ่านเตาลดอุณหภูมิอิฐมากขึ้น และนำอากาศร้อนบางส่วนที่ได้จากเตาลดอุณหภูมิอิฐแบ่งไปใช้ในเตาอบแห้งอิฐ ซึ่งอาจจะแยกสร้างแยกเป็นอีกเตาต่างหากก็จะทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการนำพลังงานเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าที่สุด



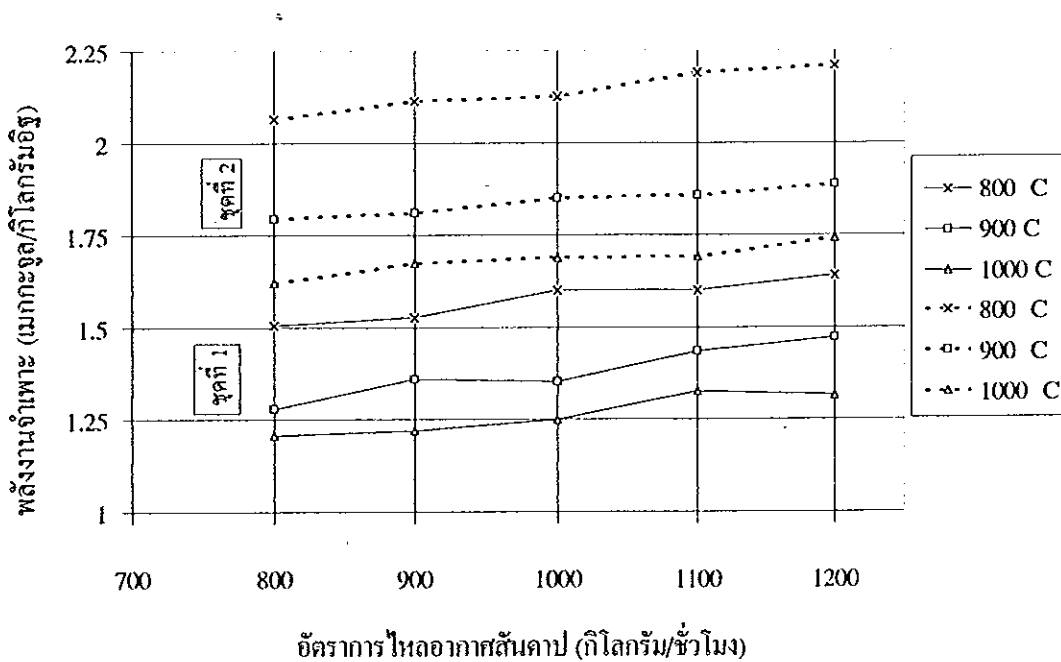
รูปที่ 2.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างสุดและอากาศที่เตาแต่ละเตา โดยมีอุณหภูมิเผา 900 °C, อัตราการใช้อากาศสันดาป 1000 kg/h และ จำนวนอิฐ 2600 ก้อน

ในรูปที่ 2.13 จะเห็นว่ากระบวนการของรอบที่ 1 จะประกอบไปด้วย 2 ช่วงย่อย และใช้เวลาทั้งหมด 28 ชั่วโมงโดยเป็นเวลาที่ใช้ในการเผา 5 ชั่วโมง (18% ของเวลาที่ใช้ในรอบที่ 1) ในระยะเวลา 5 ชั่วโมง อุณหภูมิในเตาอบแห้งอิฐมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 36 °C ไปเป็น 89 °C (AB ในรูปที่ 2.13) ในขณะที่อุณหภูมิในเตาอบแห้งอิฐเพิ่มขึ้นจาก 120 °C ไปเป็น 450 °C (CD) เช่นเดียวกัน อุณหภูมิในเตาเผาซึ่งจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 450 °C ไปเป็น 651 °C (EF) ในเตาลดอุณหภูมิ อากาศสันดาปถูกอุ่นโดยอิฐทำให้อุณหภูมิในเตาลดอุณหภูมิลดลงเท่ากับ 478 °C จากอุณหภูมิ 651 °C (GH) เนื่องจากอุณหภูมิจึงต้องลดอุณหภูมิต่อไปเพื่อให้อุณหภูมิในเตาลดอุณหภูมิต่ำประมาณ 90 °C (ชั้นบนจะมีอุณหภูมิต่ำกว่านี้) ดังนั้นจะปล่อยอากาศไหลผ่านเตาลดอุณหภูมิอิฐและจะไหลผ่านเตาเผาซึ่งเพิ่งเสร็จสิ้นกระบวนการเผา ที่เวลาสิ้นสุดของกระบวนการรอบแรกอุณหภูมิอิฐชั้นล่างสุดของทั้งสองเตาจะลดลงเท่ากับ 89 °C (HI) และ 193 °C (FJ) ตามลำดับ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเตาลดอุณหภูมิและเตาเผา (เตาลดอุณหภูมิเตาที่ 2) แสดงดังเส้น WX และ YZ ในรูปที่ 2.13 ตามลำดับ ประมาณชั่วโมงที่ 10 อุณหภูมิของอากาศที่เข้าเตาอบแห้ง (เส้น YZ) มีอุณหภูมิต่ำกว่า 150 °C (Y') จึงไม่จำเป็นต้องเปิดอากาศเย็นภายนอกเข้าผสมเพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่ 150 °C อีกต่อไป

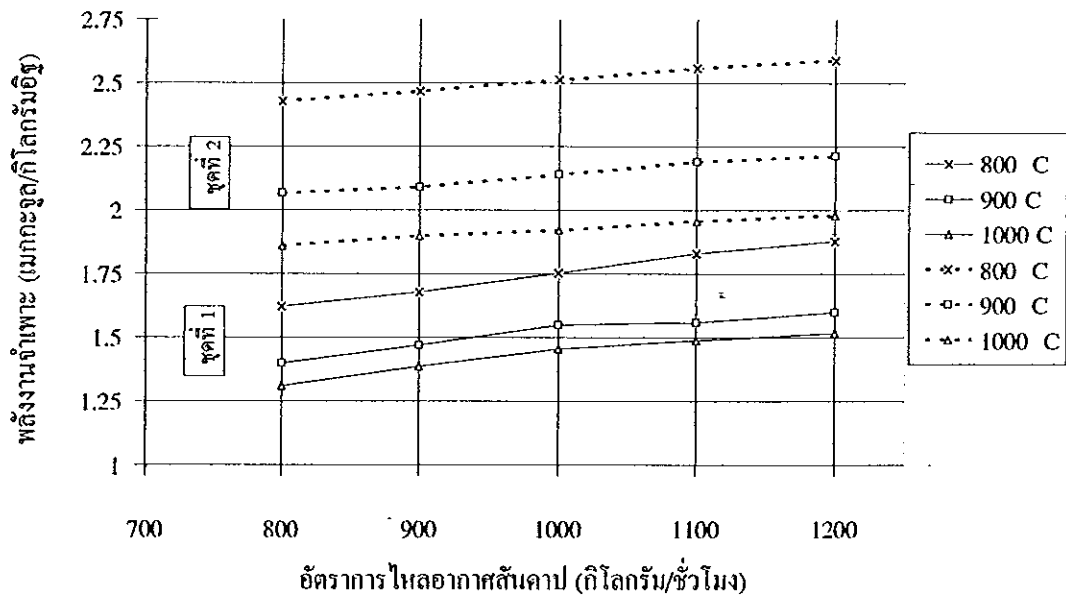
ที่เวลาสิ้นสุดของกระบวนการในรอบที่ 1 (ชั่วโมงที่ 28) อิฐในเตาอบแห้งมีอุณหภูมิเท่ากับอากาศที่ไหลผ่านอิฐ 63 °C (K) สำหรับในเตาอบแห้งอิฐจะมีความร้อนส่วนหนึ่งสูญเสียไปทำให้อุณหภูมิอิฐลดลงจาก 450 °C เหลือ 351 °C (DL) ซึ่งจะเป็นอุณหภูมิเริ่มต้นของอิฐในการเผาในรอบที่ 2

ในการเผาอิฐรอบที่ 2 ใช้เวลา 6 ชั่วโมง (LM) ซึ่งใช้เวลามากกว่ารอบแรก 1 ชั่วโมง เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นของอิฐในเตาเผา มีอุณหภูมิต่ำกว่า (351 °C เทียบกับ 450 °C) ส่งผลให้การเผาอิฐรอบที่ 2 ต้องใช้พลังงานมากกว่า แต่เวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิอิฐของการเผาอิฐรอบที่ 2 (JN) จะสั้นกว่ารอบที่ 1 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการของรอบที่ 1 อุณหภูมิอิฐในเตาลดอุณหภูมิจะเท่ากับ 123 °C (N) (ชั้นบนมีอุณหภูมิต่ำกว่านี้) ซึ่งสามารถนำอิฐออกจากเตาได้ หรือถ้าต้องการให้อุณหภูมิในเตาลดอุณหภูมิต่ำกว่านี้ก็สามารถลดอุณหภูมิอิฐต่อไปอีกประมาณ 2-3 ชั่วโมง ส่วนอิฐในเตาอบแห้งจะถูกเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 93 °C (PO) และที่อุณหภูมินี้จะเป็นอุณหภูมิเริ่มต้นสำหรับการอุ่นอิฐในการเผารอบถัดไป เป็นที่น่าสังเกตว่าอุณหภูมิสุดท้ายของอิฐในเตาอบแห้งอิฐในการเผารอบที่ 2 คือ 494 °C (O) มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอุ่นที่ได้จากการ

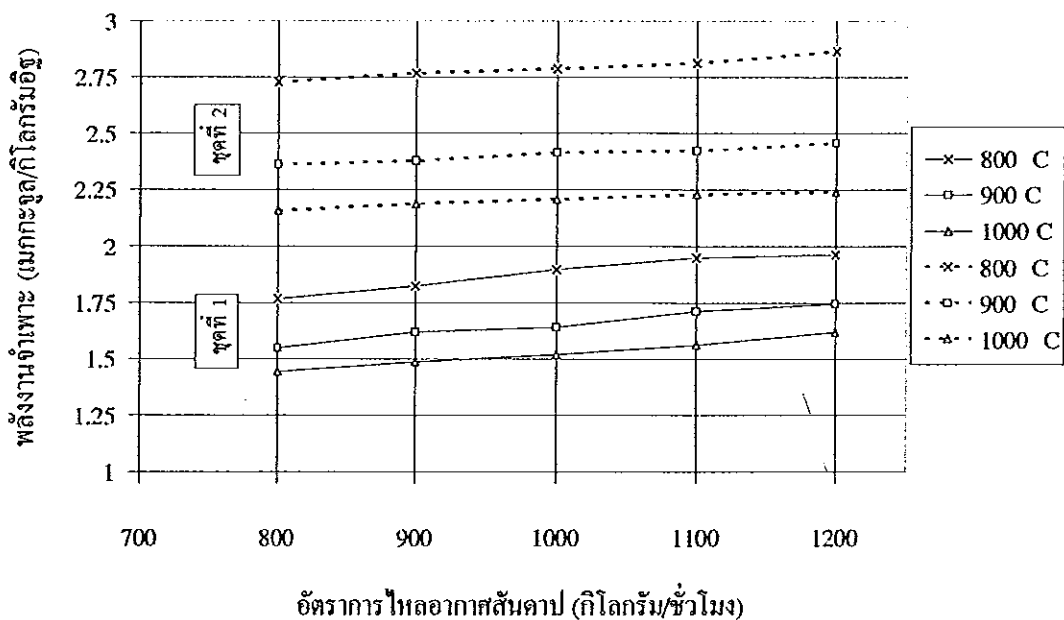
เผาอบแรก (จุด D, 450 °C) ดังนั้นจะทำให้การเผาในรอบที่ 3 ใช้เวลาในการเผาและใช้พลังงานน้อยกว่ารอบที่ 2 แต่เวลาทั้งหมดของกระบวนการจะใกล้เคียงกับการเผารอบที่ 1 สำหรับการเผาในเงื่อนไขอื่นก็เป็นไปในทำนองเดียวกันซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 2.2 และสรุปให้เห็นแนวโน้มของพลังงานจำเพาะในรูปที่ 2.14(ก)-(ค) อัตราการป้อนไม้พืนในรูปที่ 2.15 และ 2.16(ก)-(ค) และเวลาของรอบการเผาในรูปที่ 2.17(ก)-(ค)



รูปที่ 2.14 (ก) แสดงพลังงานจำเพาะที่ใช้ที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 2200 ก้อน)



รูปที่ 2.14 (ข) แสดงพลังงานจำเพาะที่ใช้ที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอัฐ 2600 ก้อน)



รูปที่ 2.14 (ค) แสดงพลังงานจำเพาะที่ใช้ที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอัฐ 3500 ก้อน)

ตารางที่ 2.2 (ก) ตารางผลการจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2200 ก้อน

อุณหภูมิ เผา (°C)	อัตราการ ไหลอากาศ สันดาป (kg/h)	ชุดที่ 1					ชุดที่ 2			เวลาที่ใช้ ในการเผา ทั้ง 2 ชุด (นาที)	พลังงาน จำเพาะ รวม (MJ/kg)
		เวลา (นาที)			พลังงาน จำเพาะ (MJ/kg)	อัตราการใช้ ไม้ฟืน (kg/h)	เวลา (นาที)	พลังงาน จำเพาะ (MJ/kg)	อัตราการใช้ ไม้ฟืน (kg/h)		
		เผาและลด อุณหภูมิ	ลดอุณหภูมิ	รวม							
800	800	332	1068	1400	1.505	45.0	414	2.065	49.6	1814	1.785
	900	298	982	1280	1.526	50.9	376	2.113	55.8	1656	1.820
	1000	280	920	1200	1.599	56.7	340	2.125	62.1	1540	1.862
	1100	254	866	1120	1.599	62.6	318	2.190	68.4	1438	1.894
	1200	238	822	1060	1.640	68.4	294	2.210	74.7	1354	1.925
900	800	238	1182	1420	1.279	53.4	304	1.795	58.7	1724	1.537
	900	224	1076	1300	1.360	60.3	272	1.810	66.1	1572	1.585
	1000	200	1000	1200	1.353	67.2	250	1.851	73.6	1450	1.602
	1100	192	928	1120	1.434	74.2	228	1.858	81.0	1348	1.646
	1200	180	880	1060	1.471	81.2	212	1.887	88.4	1272	1.679
1000	800	192	1228	1420	1.207	62.4	236	1.620	68.2	1656	1.414
	900	172	1128	1300	1.220	70.5	216	1.673	77.0	1516	1.446
	1000	158	1062	1220	1.249	78.6	196	1.689	85.6	1416	1.469
	1100	152	988	1140	1.326	86.7	178	1.690	94.3	1318	1.508
	1200	138	922	1060	1.316	94.8	168	1.742	103.0	1228	1.529

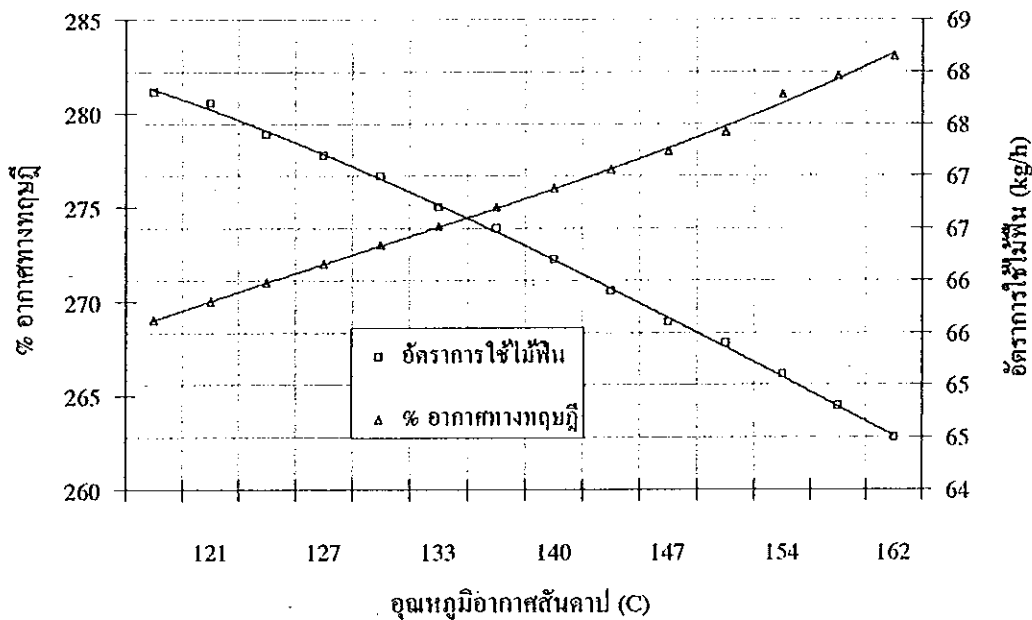
ตารางที่ 2.2 (ข) ตารางผลการจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2600 ก้อน

อุณหภูมิ เผา (°C)	อัตราการ ไหลอากาศ สันดาป (kg/h)	ชุดที่ 1					ชุดที่ 2			เวลาที่ใช้ ในการเผา ทั้ง 2 ชุด (นาที)	พลังงาน จำเพาะ รวม (MJ/kg)	
		เวลา (นาที)			พลังงาน จำเพาะ (MJ/kg)	อัตราการใช้ ไม้ฟืน (kg/h)	เวลา (นาที)		พลังงาน จำเพาะ (MJ/kg)			อัตราการใช้ ไม้ฟืน (kg/h)
		เผาและลด อุณหภูมิ	ลดอุณหภูมิ	รวม			เผาและ ลดอุณหภูมิ					
800	800	430	1390	1820	1.622	44.1	576	2.427	49.3	2396	2.024	
	900	393	1287	1680	1.677	49.9	520	2.467	55.5	2200	2.072	
	1000	368	1192	1560	1.752	55.7	476	2.513	61.8	2036	2.132	
	1100	348	1112	1460	1.830	61.5	440	2.558	68.0	1900	2.194	
	1200	326	1034	1360	1.876	67.3	408	2.590	74.3	1768	2.233	
900	800	312	1528	1840	1.397	52.4	414	2.065	58.4	2254	1.731	
	900	290	1390	1680	1.468	59.2	372	2.090	65.7	2052	1.779	
	1000	274	1306	1580	1.548	66.1	342	2.138	73.1	1922	1.843	
	1100	250	1210	1460	1.559	72.9	318	2.189	80.6	1778	1.874	
	1200	234	1146	1380	1.596	79.8	294	2.210	88.0	1674	1.903	
1000	800	250	1610	1860	1.309	61.3	320	1.859	68.0	2180	1.584	
	900	234	1466	1700	1.387	69.3	290	1.897	76.5	1990	1.642	
	1000	220	1360	1580	1.455	77.4	264	1.921	85.1	1844	1.688	
	1100	204	1276	1480	1.489	85.4	244	1.956	93.8	1724	1.722	
	1200	190	1190	1380	1.517	93.4	226	1.978	102.4	1606	1.748	

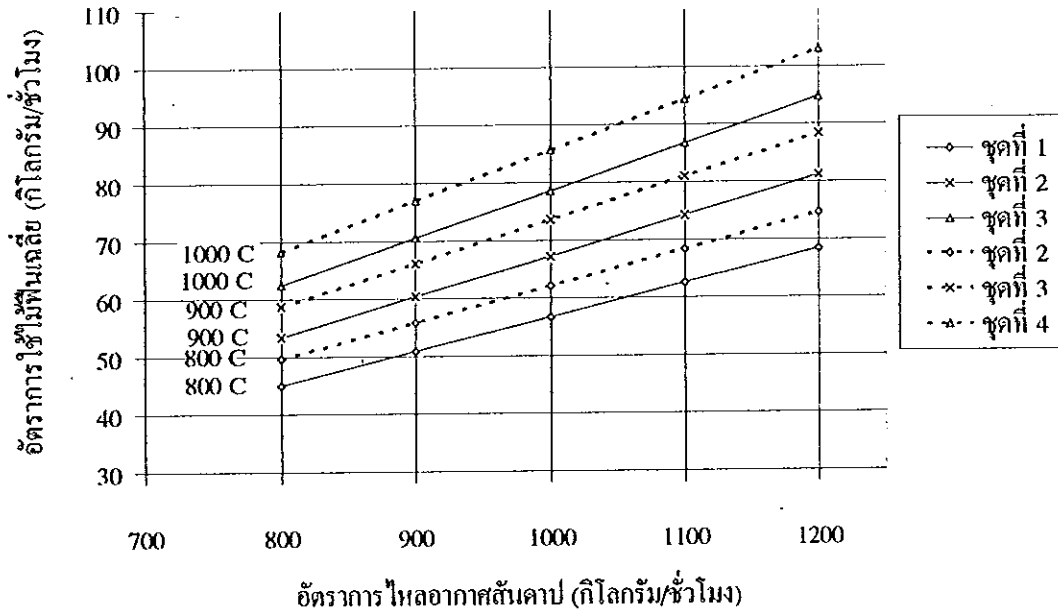
ตารางที่ 2.2 (ค) ตารางผลการจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 3500 ก้อน

อุณหภูมิ เผา (°C)	อัตราการ ไหลอากาศ สันดาป (kg/h)	ชุดที่ 1					ชุดที่ 2			เวลาที่ใช้ ในการเผา ทั้ง 2 ชุด (นาที)	พลังงาน จำเพาะ รวม (MJ/kg)
		เวลา (นาที)			พลังงาน จำเพาะ (MJ/kg)	อัตราการใช้ ไม้ฟืน (kg/h)	เวลา (นาที)	พลังงาน จำเพาะ (MJ/kg)	อัตราการใช้ ไม้ฟืน (kg/h)		
		เผาและลด อุณหภูมิ	ลดอุณหภูมิ	รวม							
800	800	640	2040	2680	1.766	43.5	876	2.729	49.1	3556	2.248
	900	584	1876	2460	1.823	49.2	788	2.766	55.3	3248	2.294
	1000	544	1736	2280	1.896	54.9	714	2.788	61.5	2994	2.342
	1100	506	1634	2140	1.948	60.6	654	2.812	67.7	2794	2.380
	1200	466	1534	2000	1.963	66.4	610	2.865	74.0	2610	2.414
900	800	472	2228	2700	1.548	51.7	640	2.361	58.1	3340	1.954
	900	436	2044	2480	1.618	58.4	572	2.377	65.4	3052	1.998
	1000	396	1904	2300	1.639	65.2	522	2.413	72.8	2822	2.026
	1100	374	1786	2160	1.710	72.0	476	2.423	80.2	2636	2.066
	1200	348	1672	2020	1.742	78.8	442	2.457	87.6	2462	2.100
1000	800	376	2364	2740	1.444	60.5	502	2.156	67.6	3242	1.800
	900	342	2178	2520	1.484	68.4	452	2.187	76.2	2972	1.836
	1000	314	2026	2340	1.520	76.3	410	2.207	84.8	2750	1.864
	1100	292	1888	2180	1.561	84.2	376	2.229	93.4	2556	1.895
	1200	276	1764	2040	1.616	92.2	346	2.239	101.9	2386	1.928

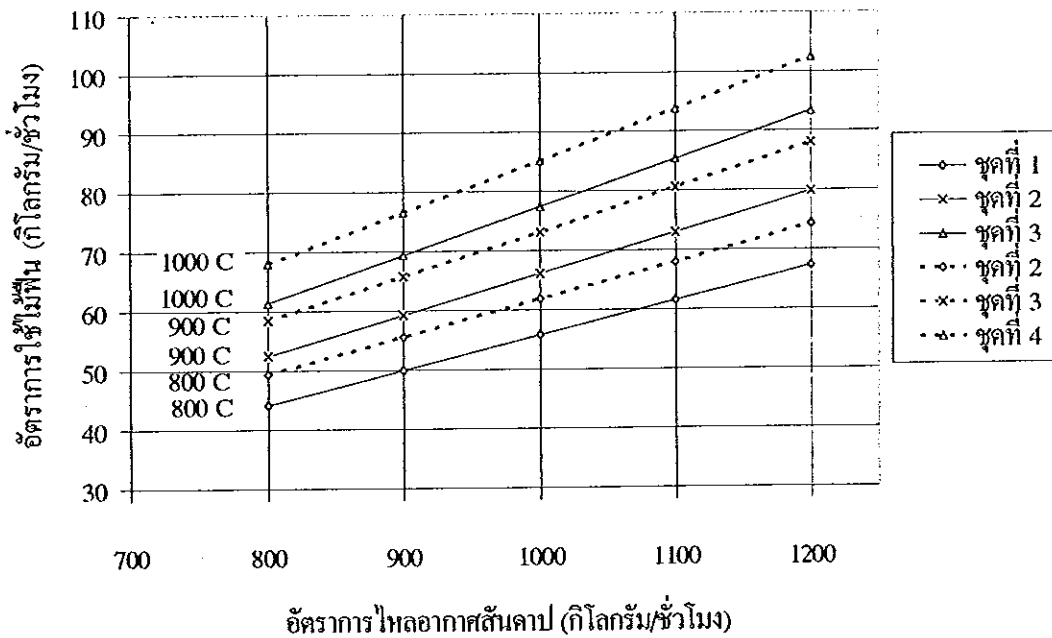
การเผาอิฐที่อุณหภูมิสูงโดยพยายามรักษาอุณหภูมิเผาไว้ให้คงที่ทำได้โดยการปรับสัดส่วนของอากาศสันดาปและ/หรืออัตราการป้อนไม้ฟืน การปรับอัตราการป้อนไม้ฟืนทำได้สะดวกกว่า แต่อุณหภูมิอากาศสันดาปลดลงเมื่อเวลาผ่านไปดังนั้นจำเป็นต้องป้อนไม้ฟืนในอัตราที่เพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิไว้ ในรูปที่ 2.15 และ 2.16(ก)-(ค) แสดงให้เห็นว่าถ้าต้องการคงอุณหภูมิเผาไว้ให้คงที่ อัตราการป้อนไม้ฟืนจะเปลี่ยนไปด้วยเมื่ออุณหภูมิของอากาศที่ใช้สันดาปเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่อัตราการใช้อากาศสันดาปมีค่าคงที่ตลอดกระบวนการ



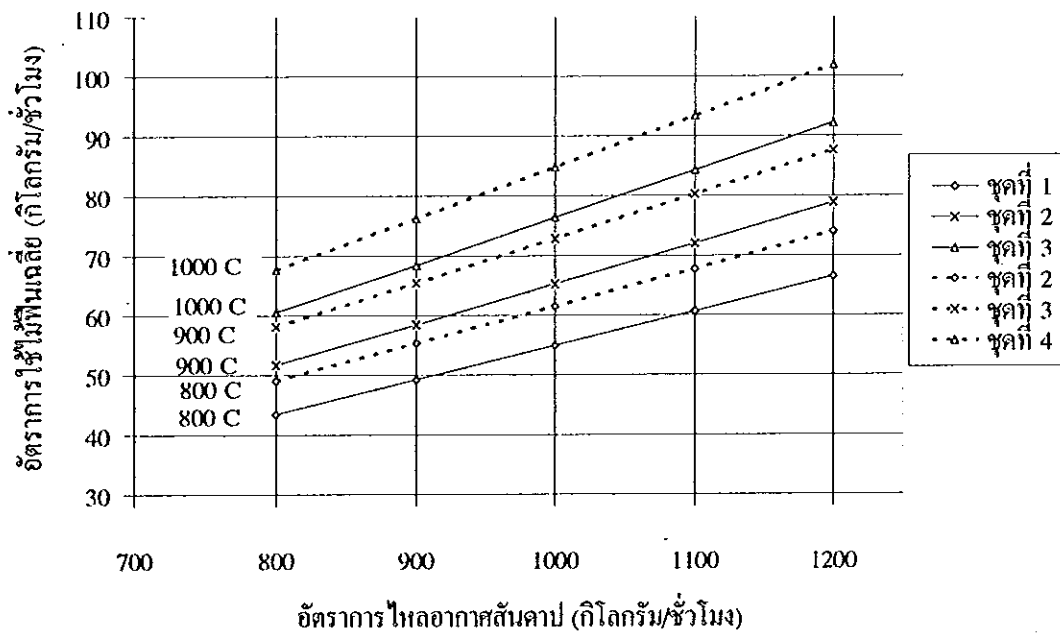
รูปที่ 2.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของอากาศสันดาปที่เปลี่ยนไปกับอัตราการป้อนไม้ฟืนและสัดส่วนอากาศทางทฤษฎี (จำลองแบบที่เงื่อนไขอุณหภูมิเผา 900 °C , อัตราการใช้อากาศสันดาป 1000 kg/h และจำนวนอิฐ 2600 ก้อน)



รูปที่ 2.16 (ก) แสดงอัตราการป้อนไม้พืนที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสันดาปและ
อุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนรอบ 2200 ก่อน)



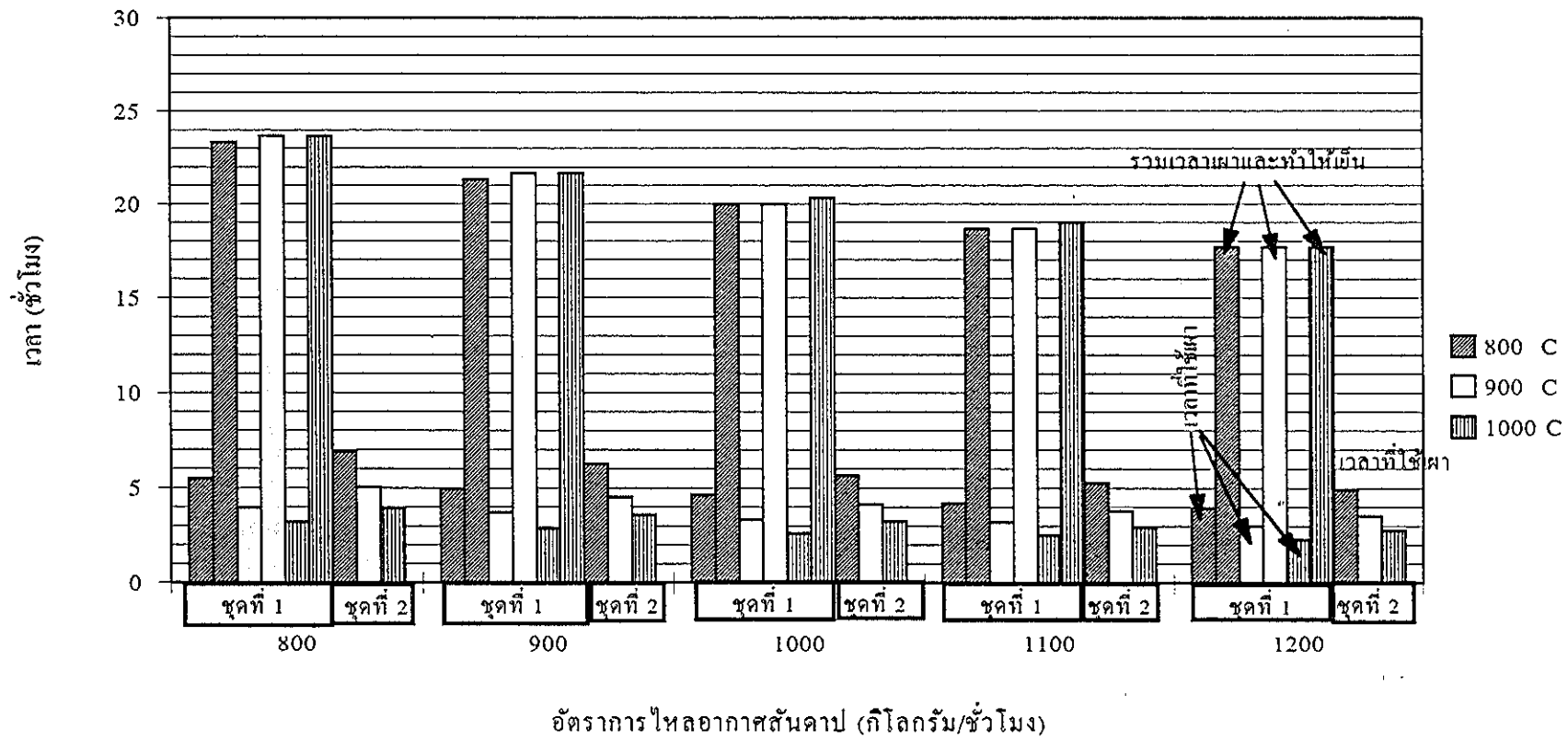
รูปที่ 2.16 (ข) แสดงอัตราการป้อนไม้พืนที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสันดาปและ
อุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนรอบ 2600 ก่อน)



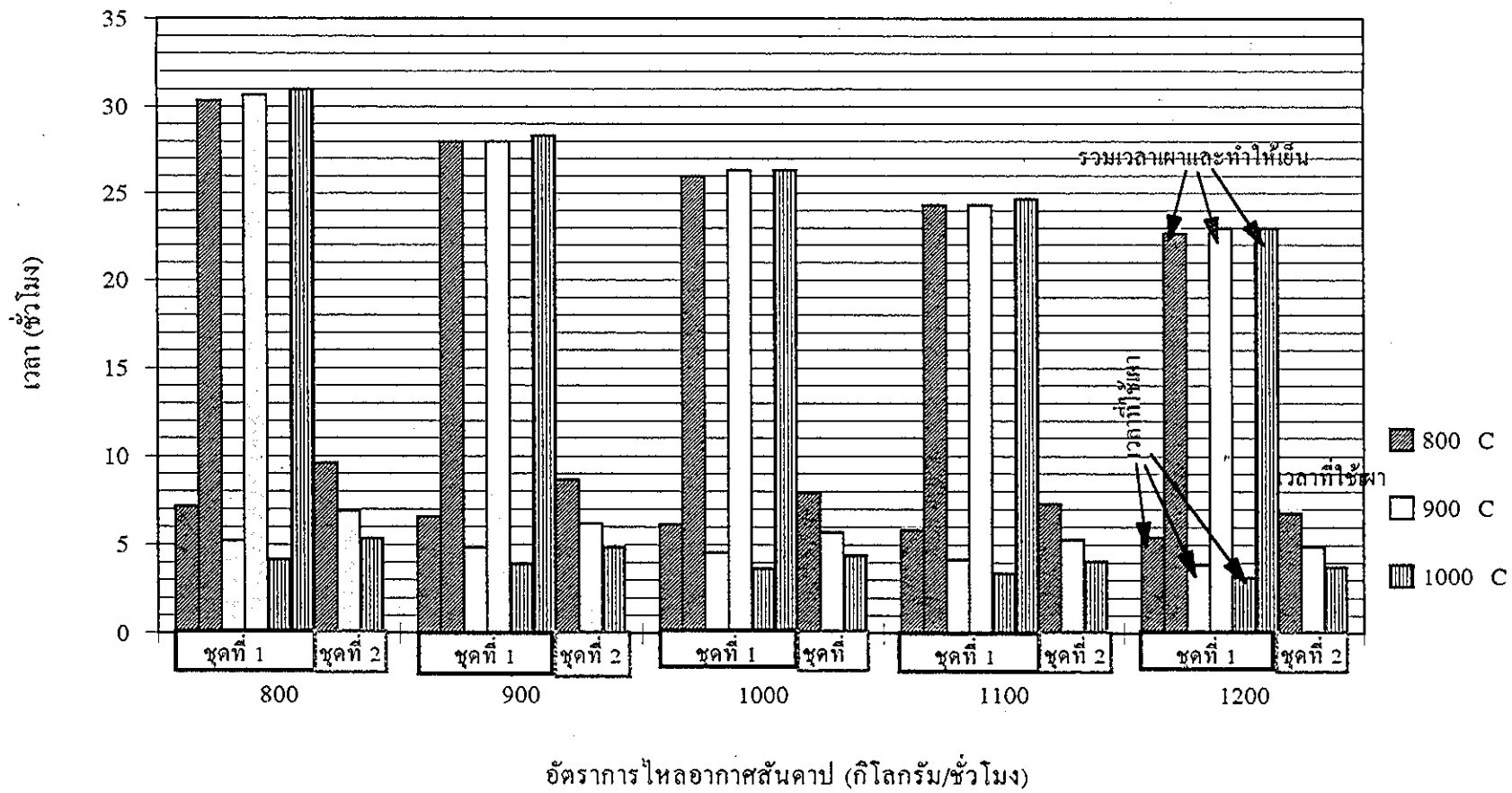
รูปที่ 2.16 (ค) แสดงอัตราการป้อนไอน้ำที่เสียนไขอัตราการใช้อากาศสันดาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 3500 ก้อน)

การเผาอิฐที่จำนวน 3500 ก้อน ทั้ง 2 รอบจะใช้เวลาในการเผามากกว่าการเผาที่ 2200 ก้อน ทั้ง 2 รอบ ประมาณ 2 เท่า ดังนั้นการเผาอิฐ 3500 ก้อน 2 รอบจะได้อิฐ 7000 ก้อน แต่จะให้เวลาเท่ากับการเผาอิฐ 2200 ก้อน จำนวน 4 รอบ (ได้อิฐ 8800 ก้อน) นั่นคือการเผาด้วยเตาขนาด 2200 ก้อน จะได้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 26% โดยต้องการอัตราการใช้อากาศสันดาปและอุณหภูมิเผาเดียวกัน จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแสดงว่าถ้าต้องการเผาอิฐด้วยเตาที่มีความจุมากให้ได้อัตราการผลิตเท่ากับการเผาด้วยเตาที่มีความจุน้อย ต้องปรับเงื่อนไขการเผา คือ ปรับอัตราการใช้อากาศสันดาป และอุณหภูมิที่ใช้เผาให้สูงขึ้น

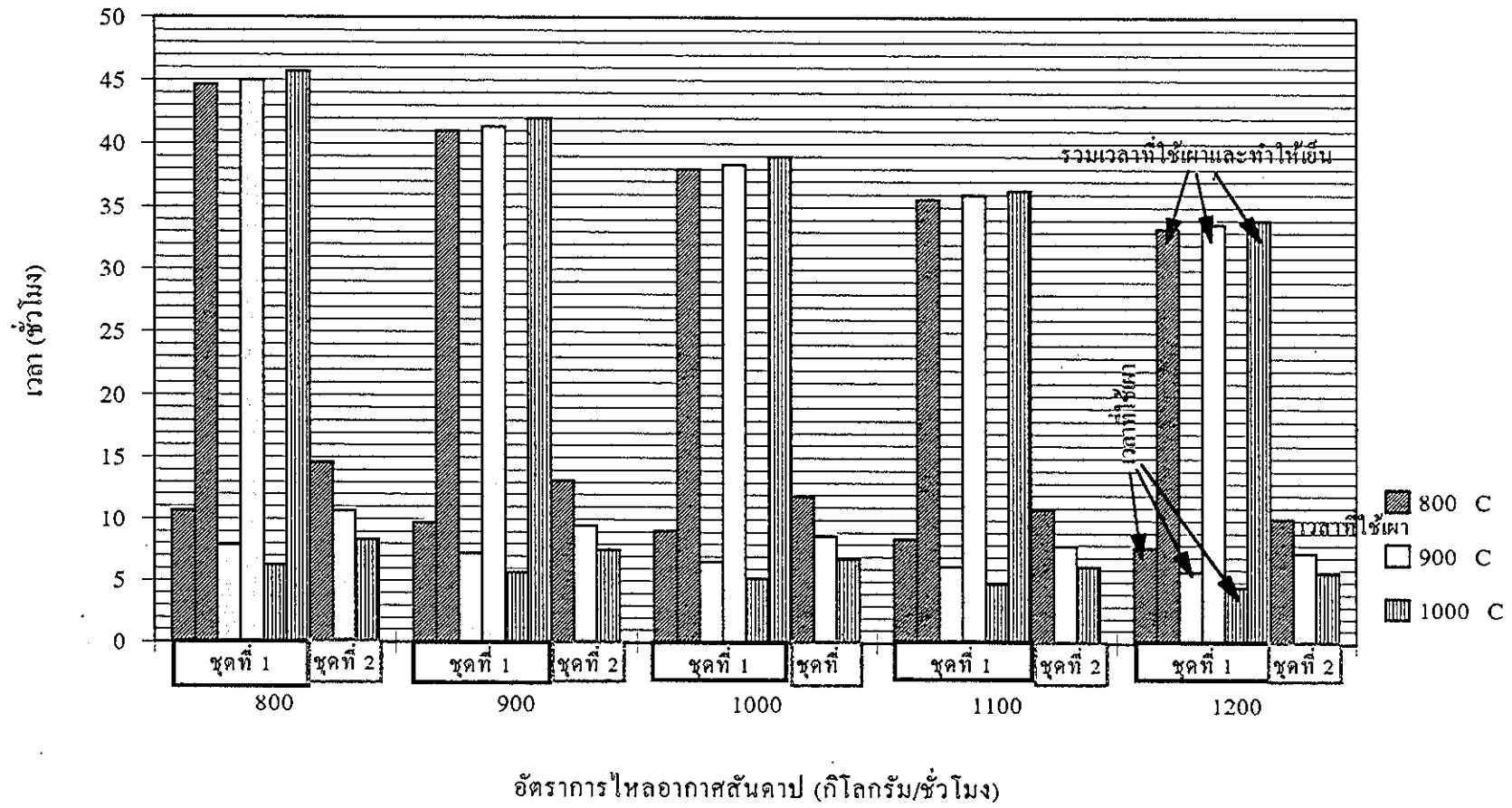
จากตารางที่ 2.2 ซึ่งเป็นผลการจำลองแบบที่ปริมาณอิฐต่างกัน ถ้าเลือกเงื่อนไขที่ทำให้เวลาที่ใช้ในการเผาใกล้เคียงกันที่ปริมาณอิฐเท่ากัน พบว่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ยังคงต่างกันอยู่ เช่น ในตารางที่ 2.2 (ก) (อิฐ 2200 ก้อน) ที่เสียนไขอุณหภูมิเผา 800 °C อัตราการใช้อากาศสันดาป 900 kg/h (ใช้พลังงานจำเพาะรวม 2 รอบ เท่ากับ 1.820 MJ/kgอิฐ) กับอุณหภูมิเผา 1000 °C อัตราการใช้อากาศสันดาป 800 kg/h (ใช้พลังงานจำเพาะรวม 2 รอบ เท่ากับ 1.414 MJ/kgอิฐ) หรือที่เสียนไขอุณหภูมิเผา 800 °C อัตราการใช้อากาศสันดาป 1200



รูปที่ 2.17 (ก) แสดงเวลาที่ใช้ในการเผาอิฐแต่ละจุดที่เงื่อนไขอัตราการใช้พลังงานอากาศสดและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 2200 ก้อน)



รูปที่ 2.17 (ข) แสดงเวลาที่ใช้ในการเผาอู่แต่ละจุดที่เงื่อนไขอัตราการใช้เชื้อเพลิงและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอู่ 2600 ก้อน)

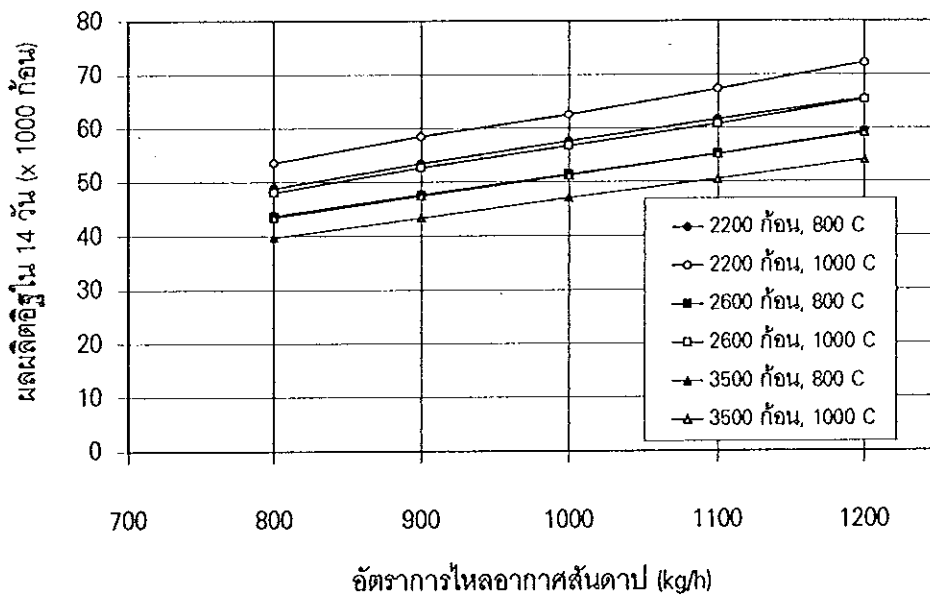


รูปที่ 2.17 (ค) แสดงเวลาที่ใช้ในการเผาอิฐแต่ละชุดที่เงื่อนไขอัตราการใช้อากาศสดนคาปและอุณหภูมิเผาต่างกัน (จำนวนอิฐ 3500 ก้อน)

kg/h (ใช้พลังงานจำเพาะรวม 2 รอบ เท่ากับ 1.925 MJ/kg อีฐ) กับ อุณหภูมิเผา 900 °C อัตราการใช้อากาศสันดาป 1100 kg/h (ใช้พลังงานจำเพาะรวม 2 รอบ เท่ากับ 1.646 MJ/kg อีฐ) เสร็จสิ้นครั้งแรกใช้เวลาในการเผาทั้ง 2 รอบเท่ากันคือ 1656 นาที ส่วนเสร็จสิ้นหลังใช้เวลาในการเผาทั้ง 2 รอบใกล้เคียงกันคือ 1354 นาทีและ 1348 นาที ตามลำดับ จะเห็นว่าแม้จะได้ผลผลิตในปริมาณและเวลาที่เท่ากันแต่ต้นทุนในส่วนของการใช้พลังงานยังคงต่างกัน ซึ่งยืนยันได้ว่าที่อุณหภูมิเผาสูงกว่าโดยอัตราการใช้อากาศสันดาปที่เหมาะสมจะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้

ผลการจำลองแบบแสดงให้เห็นว่าการเผาอีฐที่ปริมาณต่างกัน ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้จะต่างกัน ที่จำนวนอีฐน้อยกว่าพลังงานจำเพาะและเวลาที่ใช้ในการเผาทั้ง 2 รอบจะน้อยกว่าและที่อุณหภูมิเผาเดียวกันการใช้อัตราการใช้อากาศในกระบวนการสันดาปที่น้อยกว่าต้องการพลังงานจำเพาะน้อยกว่าแต่จะใช้เวลาในการเผาทั้ง 2 รอบมากกว่า (ใช้เวลาเผาและลดอุณหภูมิมากกว่า เป็นผลให้อัตราการผลิตต่ำกว่า) ที่อัตราการใช้อากาศสันดาปเดียวกัน การเผาที่อุณหภูมิสูงกว่าจะประหยัดพลังงานและเวลาได้มากกว่าแต่ต้องเพิ่มอัตราการใช้ไม้ฟืน ตัวอย่างเช่น การเผาอีฐ 2200 ก้อน โดยมีอัตราการใช้อากาศสันดาป 1000 kg/h ถ้าเผาที่ 1000 °C จะใช้เวลา 1416 นาที และพลังงานจำเพาะ 1.469 MJ/kg ในขณะที่เผาที่ 800 °C จะใช้เวลานานกว่าเป็น 1540 นาที และพลังงานจำเพาะสูงถึง 1.862 MJ/kg

ผลผลิตในเวลา 14 วัน ที่เสร็จสิ้นอุณหภูมิเผา 800 °C และ 1000 °C แสดงได้ดังรูปที่ 2.18 การเผาอีฐ 2600 ก้อนที่อุณหภูมิ 800 °C จะให้ผลผลิตเท่ากับการเผาที่ 3500 ก้อนที่ 1000 °C แต่เมื่อคำนึงถึงพลังงานที่ใช้พบว่า การเผาอีฐที่เสร็จสิ้นหลังจะประหยัดพลังงานกว่า (ดูได้จากตารางที่ 2.2) สำหรับทางภาคใต้ของประเทศไทยโดยทั่วไปใช้เตาเผาอีฐแบบสี่เหลี่ยมแบบกะมีกำลังการผลิต 50,000-100,000 ก้อน ใช้พลังงานจำเพาะ 4-5 MJ/kg อีฐ และต้องการแรงงานในการนำอีฐเข้าเตามาก โดยใช้เวลาประมาณ 3-4 วัน และจำนวนคนงาน 7-10 คน เตาขนาดปานกลางมีกำลังการผลิต 70,000 ก้อน ในระยะเวลา 14 วัน จะเทียบเท่ากับการเผาอีฐในเตาเผาแก๊สต่อเนื่องแบบใหม่นี้ที่มีความจุอีฐ 2200 ก้อนต่อเตา โดยเผาที่ 1000 °C อัตราการใช้ของอากาศสันดาปเท่ากับ 1200 kg/h (ดูรูปที่ 2.18) ในการเผาโดยใช้เตาเผาแก๊สต่อเนื่องไม่เพียงใช้แรงงานน้อยกว่าแต่ยังประหยัดพื้นที่ทำการ, การลงทุนเบื้องต้นต่ำและประหยัดต้นทุนการผลิต (พลังงาน) อีกด้วย



รูปที่ 2.18 ผลผลิตอึฐใน 14 วัน เมื่อเผาที่เงื่อนไขต่างกัน

2.4.5 สรุปผลการจำลองแบบ

จากผลการจำลองแบบเตาเผาอึฐที่ต่อเนื่องกันที่มี 4 เตาทำงานหมุนเวียนกัน พบว่ารอบการทำงานของเตาเผาอึฐที่มีการเผาอึฐ 2 รอบต่อเนื่องกันจะทำให้เวลายาวสั้นสลับกันซึ่งต้องการพลังงานจำเพาะในการเผาต่ำและสูงสลับกันเช่นกัน ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้อยู่ในช่วง 1.4-2.4 MJ/kg อึฐ ที่จำนวนอึฐ 2200-3500 ก้อน พลังงานที่ใช้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเผา, อัตราการไหลอากาศสดาปและปริมาณอึฐที่เผา สำหรับเตาเผาอึฐที่มีความจุน้อยไม่เพียงใช้พลังงานในการเผาต่ำ แต่ยังใช้เวลาในการเผาสั้นกว่าซึ่งจะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นโดยที่ต้นทุนต่ำ

บทที่ 3

การพิสูจน์การจำลองแบบโดยการทดลองเผาอิฐจริงในเตาดัวอย่าง

การศึกษาขบวนการเผาอิฐโดยวิธีการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์และการใช้คอมพิวเตอร์คำนวณ ผลในบทที่ 2 จำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบว่ามีความถูกต้องเพียงใด ทั้งนี้เพื่อจะได้มีความมั่นใจในการออกแบบและสร้างเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องแบบ 4 ห้องต่อไป ในการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องนี้ทดลองกับเตาเดียว เพื่อลดการลงทุน อีกทั้งการเผาอิฐในเตาเดียวก็จะมีกระบวนการทั้ง 4 (อบแห้ง, อุ่นอิฐ, เผา, ลดอุณหภูมิ) ครบถ้วน เพียงพอต่อการทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์

3.1 การทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่าง (เตาเดียว)

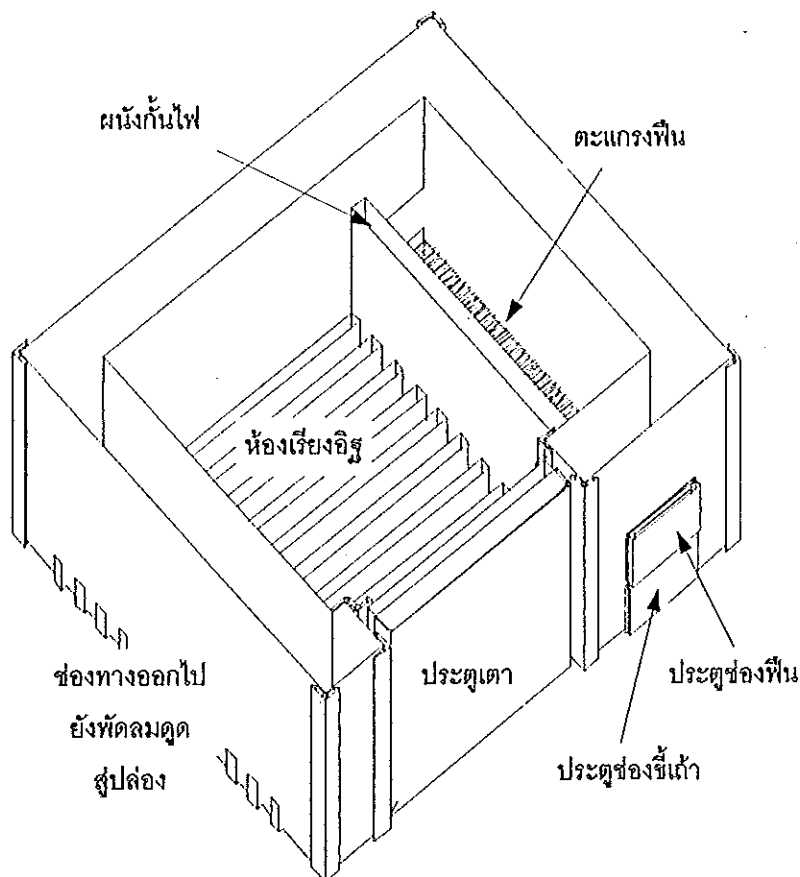
3.1.1 ลักษณะเตาเผาอิฐตัวอย่าง

เพื่อเป็นการทดสอบและพิสูจน์ว่าเตาเผาอิฐที่ได้ออกแบบไว้สามารถใช้ในการเผาอิฐให้สุกได้ และเป็นการหาคุณลักษณะที่เหมาะสมรวมทั้งจุดบกพร่องของเตาเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไขเตาก่อนที่จะสร้างเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง 4 เตา ตามที่ได้ออกแบบไว้ จึงได้สร้างเตาดัวอย่างขนาด 1.6x2.2x1.7 ลบ.ม. (effective volume) มีความจุอิฐประมาณ 2000-4000 ก้อน (ขึ้นอยู่กับความเร็วอิฐในเตา) ดังรูปที่ 3.1 เพื่อทดลองเผาอิฐจริงโดยเตามีหลังคาโค้งหล่อด้วยปูนทนไฟก่อนผนังด้วยอิฐกลวง 4 รู (อิฐสี่รูทางภาคใต้) การก่อผนังจะมีช่องว่างภายใน (air gap) ทั้ง 4 ด้าน และเจาะรูใส่ท่อเหล็กสำหรับติดตั้งสายเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิอิฐในเตา

ตัวเตามีช่องใส่ฟืนอยู่ด้านข้างรองรับฟืนโดยตะแกรงเหล็ก กั้นห้องเผาไหม้ด้วยผนังกันไฟก่ออิฐ (เจาะผนังกันไฟเป็นช่องเพื่อไว้สำหรับใช้กระจายการไหลของก๊าซร้อน ขนาด 5x5 ซม.² 3 ช่องต่อแถว จำนวน 3 แถว) การเรียงอิฐบริเวณพื้นเตาด้านล่างจะเรียงเป็นช่องสำหรับการไหลของก๊าซร้อนออกจากเตา โดยมีพัดลมดูดต่อกับท่อเหล็กที่ทางออกก๊าซร้อนจากเตาและปรับอัตราการไหลของอากาศได้เป็นตัวช่วยระบายก๊าซร้อนออกสู่ปล่อง ประจุเตาทำด้วยปูนทนไฟในการเผาครั้งที่ 1 แล้วปรับปรุงเป็นแผ่นสังกะสีบุฉนวนเซรามิกส์ไฟเบอร์ในการเผาครั้งที่ 2 และ 3

3.1.2 ข้อมูลที่ต้องการทราบจากการทดสอบเตาเผาอิฐ

ข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องการทราบจากการทดสอบเตา ได้แก่ ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้, เวลาที่ใช้ในกระบวนการทั้ง 4 (อบแห้ง, ชุบน้ำ, เผา และลดอุณหภูมิ) พลังงานที่สูญเสียออกจากปล่องและผนัง, ประสิทธิภาพของเตา, สัดส่วนของอิฐสุกที่ได้และสัดส่วนการดูดกลืนน้ำของอิฐสุกเมื่อเทียบกับมาตรฐานอุตสาหกรรม (มอก.153/2533) โดยกระบวนการต่างๆในการเผาควบคุมได้จากการวัดอุณหภูมิของอิฐภายในเตาที่เปลี่ยนแปลงไป และปรับอัตราการป้อนไม้ฟืนเพื่อให้ได้เงื่อนไขการเผา (อุณหภูมิเผาในเตา) ที่ต้องการ



รูปที่ 3.1 เตาเผาอิฐตัวอย่างที่ทดสอบ (รูปภายใน ไม่รวมหลังคา)

ค่าพลังงานจำเพาะคำนวณได้จากพลังงานที่ใช้ในกระบวนการเผาทั้งหมดต่อหน้าหนักอิฐสุกที่เผาทั้งหมด ส่วนพลังงานที่ถ่ายเทให้กับอิฐคำนวณจากพลังงานที่ใช้ทั้งหมด (ที่ได้จาก

ไม้พินที่ป้อนทั้งหมด) ลบออกด้วยพลังงานที่สูญเสียทั้งหมด ซึ่งได้แก่พลังงานที่สูญเสียผ่านผนังเตา, พลังงานที่สูญเสียออกสู่ปล่องและพลังงานที่ถ่ายเทให้กับโครงสร้างของเตา

พลังงานที่ถ่ายเทให้กับอิฐต่อพลังงานที่ใช้ทั้งหมดจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของเตาเผา แต่ทั้งนี้ประสิทธิภาพของเตาในสวนการวิเคราะห์เชิงพลังงานอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะชี้ชัดว่าเตาเผาอิฐที่ออกแบบไว้มีประสิทธิภาพดีสามารถเผาอิฐที่มีคุณภาพสม่ำเสมอได้ แต่ยังคงต้องมองถึงองค์ประกอบที่ช่วยให้เตาเผาสามารถถ่ายเทความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งได้แก่ รูปร่างลักษณะของเตา, ลักษณะห้องเผาไหม้, การไหลของอากาศภายในเตา, การเรียงอิฐภายในเตา และจุดอัดความร้อนภายในเตา เป็นต้น

ข้อมูลจากการทดลองที่ใช้เปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง ได้แก่ เวลาที่ใช้, อุณหภูมิของอิฐที่เปลี่ยนไปและพลังงานจำเพาะที่ใช้ เพื่อให้ทราบว่าคุณสมบัติของเตาเผาอิฐที่ออกแบบขึ้นมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด เมื่อนำมาสร้างเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องแบบ 4 ห้อง

ในการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่างได้ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อวัดค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ได้แก่

- อุณหภูมิของอิฐภายในเตาโดยแยกเป็นชั้นบน ชั้นกลางและชั้นล่างชั้นละ 9 จุดเพื่อเป็นตัวสังเกตในการควบคุมกระบวนการเผาโดยใช้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างเป็นเกณฑ์ และเพื่อพิจารณาว่าจุดบริเวณใดภายในเตาเป็นจุดอัดความร้อน

- อุณหภูมิของก๊าซร้อนที่ออกไปสู่ปล่องและอุณหภูมิบรรยากาศเพื่อคำนวณพลังงานที่สูญเสีย

- อัตราการไหลของก๊าซร้อนที่ออกสู่ปล่อง (ใช้แผ่นอโรมิทซ์และมานอมิเตอร์รูปตัวยู)

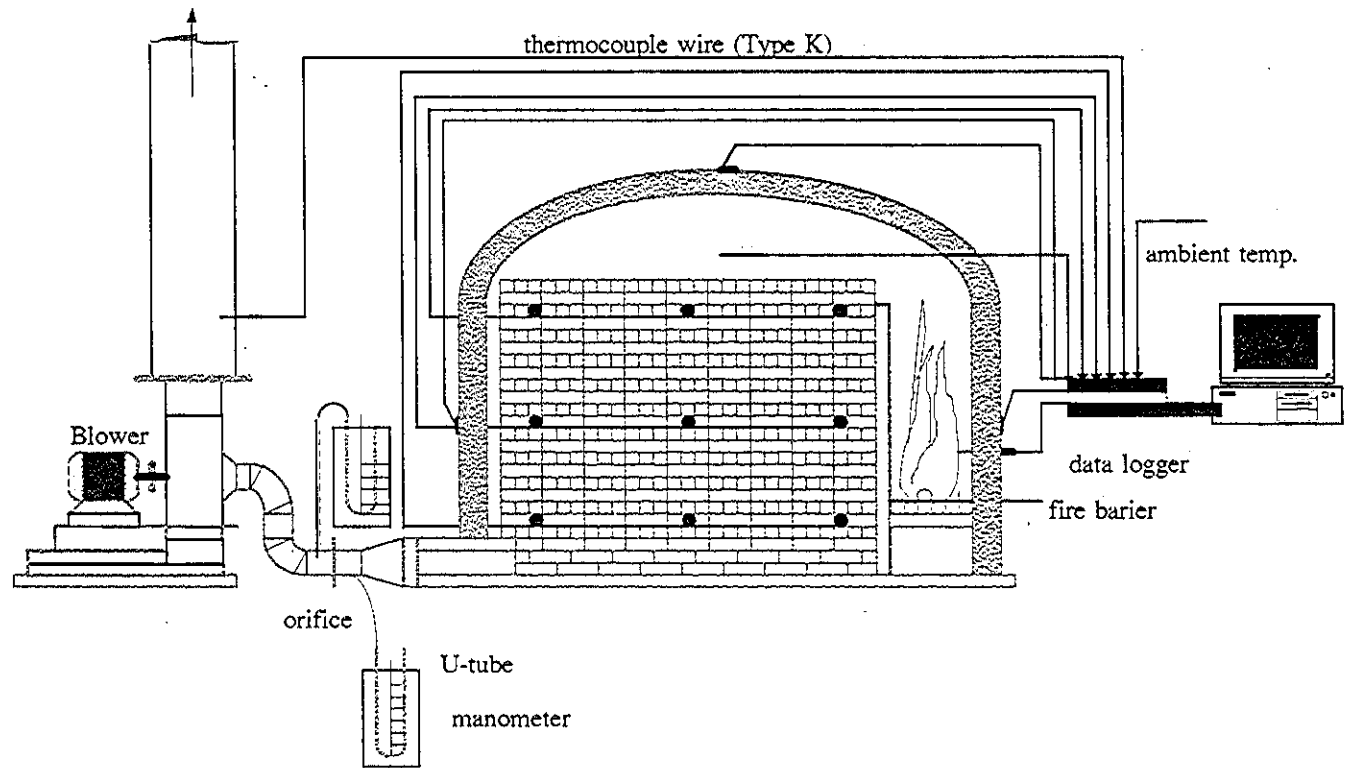
- อุณหภูมิของผนังเตาทุกด้านแต่ละช่วงเวลา เพื่อหาพลังงานที่สูญเสียผ่านผนัง

- ปริมาณไม้พินที่ใช้ (ได้จากการชั่งน้ำหนักไม้พินที่ป้อน) เพื่อนำไปคำนวณการใช้พลังงานตลอดกระบวนการ

- สัดส่วนความชื้นของไม้พินที่ใช้เผา (ได้จากชั่งน้ำหนักไม้พินตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ)

3.1.3 วิธีการเผาอิฐในเตาตัวอย่าง

ก่อนการทดสอบเตาเผาอิฐต้องมีการอุ่นเตาเพื่อให้โครงสร้างของเตาได้รับความร้อนโดยทั่วถึงเพื่อเป็นการป้องกันการแตกร้าวที่จะเกิดกับตัวเตา การอุ่นเตาทำโดยการเพิ่ม



รูปที่ 3.2 เตาเผาอิฐตัวอย่างและอุปกรณ์เครื่องมือวัดสำหรับการทดสอบเตา

อุณหภูมิที่ลดน้อยและคอยสังเกตการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตัวเตา ใช้เวลาในการอุ่นเตา ประมาณ 12-24 ชั่วโมง อุณหภูมิอุ่นสูงสุด 400°C

ในการเผาอิฐเตาเดียวโดยไม่มีการนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ ในช่วงเริ่มต้นของการเผาจะเป็นการไล่น้ำในอิฐโดยการควบคุมอุณหภูมิเผาไว้ที่ $100-150^{\circ}\text{C}$ เมื่ออุณหภูมิอิฐชั้นล่างถึง 110°C และควันขาว (ไอน้ำ) ที่ออกจากปล่องหมดไปจึงค่อยเพิ่มอุณหภูมิเผาขึ้นไปจนถึง 800°C โดยถือเอาอุณหภูมิอิฐชั้นล่างถึง 650°C เป็นตัวชี้ว่าอิฐทั้งเตาสุก

3.2 ผลการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่าง

ในเบื้องต้น เพื่อหาข้อบกพร่องของเตาได้เผาอิฐจำนวน 4,200 ก้อน โดยเรียงอิฐซ้อนสลับกันเต็มเตา (เรียงอิฐตามรูปที่ 2.3 (ก)) ปริมาตร $2.0 \times 1.6 \times 1.6 \text{ m}^3$ ความโปร่งเท่ากับ 0.189, ปิดช่องผนังกันไฟทั้งหมด ใช้เวลาในการเผาทั้งสิ้น 22 ชั่วโมง ใช้เวลาในการปล่อยให้เย็น 16.5 ชั่วโมง พบว่ามีการใช้พลังงานจำเพาะ 3.414 MJ/kg (ไม้ฟืนมีความชื้น 16% ฐานแห้ง) สัดส่วนอิฐสุกที่ได้ 65% มีการดูดกลืนน้ำ 19% (อิฐบริเวณชั้นล่าง, บริเวณติดผนังเตาและมุมเตาไม่สุกเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเผาเร็วเกินไปทำให้ความชื้นในอิฐออกไม่หมด และเนื่องจากการเรียงอิฐชิดกันมากทำให้ได้ข้อพิสูจน์ว่าการเรียงอิฐตามรูปที่ 2.3 (ก) ไม่เหมาะสมกับลักษณะของเตาทดลอง)

ในระหว่างการทดสอบเบื้องต้นพบว่าผนังเตาแตกร้าวในแนวรอยต่อระหว่างหลังคาเตากับผนังเตาด้านขนานกับช่องไฟ เนื่องจากการขยายตัวไม่เท่ากัน ผนังเตาบางส่วนมีรอยแตกร้าวเพราะให้ปูนก่อนหนาเกินไป การขยายตัวของอิฐและปูนไม่สมดุลกัน อิฐบางส่วนโดยเฉพาะใกล้ผนังกันไฟและมุมด้านล่างทั้ง 4 มุม ไม่สุก แสดงถึงจุดดับความร้อน (จึงได้ปรับปรุงตัวเตาโดยใช้ปูนทนไฟอุดรอยร้าวและใช้เหล็กฉากเชื่อมยึดตัวเตาเพื่อให้ทดลองเผาอิฐต่อจำนวน 3 ครั้ง โดยใช้แบบการเรียงอิฐตามรูปที่ 2.3 (ข) ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 3.1)

3.3 ผลการทดสอบเตาเผาอิฐและอภิปรายผล

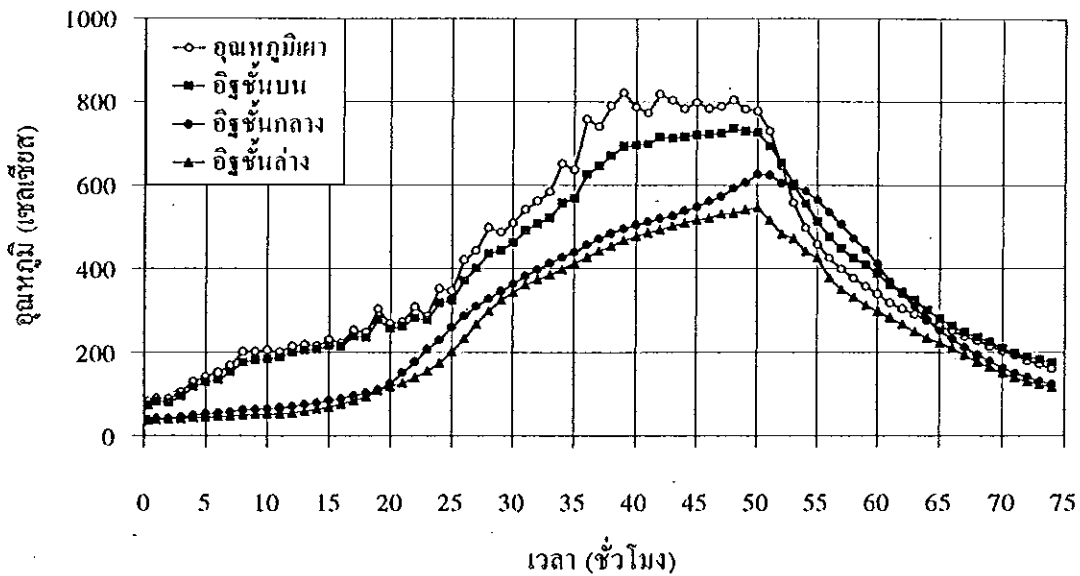
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐและอุณหภูมิเผาในเตาจากการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 1, 2 และ 3 แสดงได้ดังรูปที่ 3.3-3.5 ตามลำดับ ในการเผาครั้งที่ 2 เทอร์โมคัปเปิ้ลที่วัดอุณหภูมิเผา (ก๊าซร้อนเหนือกองอิฐ) เสีย จึงไม่ปรากฏข้อมูลในรูปที่ 3.4 ในรูปที่ 3.3 ซึ่งมีปริมาณอิฐมากที่สุด (3500 ก้อน) ในช่วงการไล่น้ำ (อุณหภูมิต่ำกว่า 150°C) อิฐชั้นล่างและ

ชั้นกลางจะมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับอิฐชั้นบน ช่วงการไล่น้ำในการทดสอบครั้งที่ 1 ใช้เวลาประมาณ 20 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 และ 3 (แม้ว่าจะมีความชื้นในอิฐดิบของการทดสอบครั้งที่ 1 ต่ำกว่า) หลังจากผ่านกระบวนการไล่น้ำอุณหภูมิเผาของการทดสอบทั้ง 3 ครั้งเพิ่มเป็น 600 °C ภายในเวลา 20 ชั่วโมง กระบวนการเผาจะสิ้นสุดเมื่ออุณหภูมิอิฐชั้นล่างมีอุณหภูมิ 600 °C

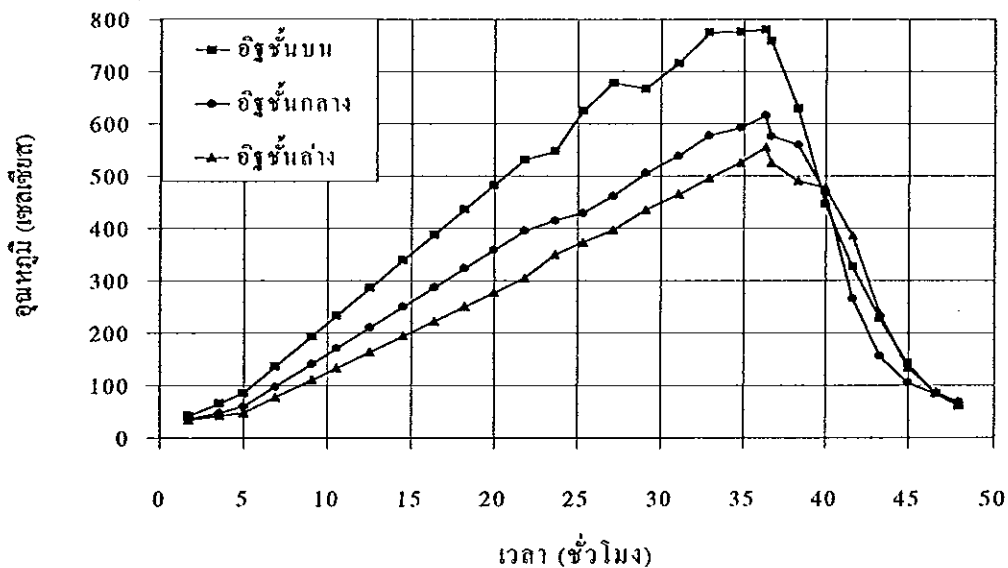
ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบเตาเผาอิฐเตาเดียว

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
จำนวนอิฐ (ก้อน)	3500	2500	2250
ความชื้นอิฐดิบ (% ฐานแห้ง)	9.4	12.1	13.2
อัตราส่วนความโปร่ง	0.357	0.357	0.357
ช่องผนังกันไฟ	ปิด	เปิด	เปิด
ความชื้นไม้ฟืน (% ฐานแห้ง)	16.0	38.0	34.7
เวลาเผา (ชม.)	52.78	36.28	31.0
เวลาเย็น (ชม.)	24.18	16.33	12.0
อัตราการไหลอากาศ (กก./ชม.)	1500	1700	1700
พลังงานจำเพาะ (เมกกะจูล/ กิโลกรัม)	4.07	4.287	4.195
เปอร์เซ็นต์อิฐสุก (%)	85	90	95
เปอร์เซ็นต์ดูดกลืนน้ำ (%)	19	20	19

หมายเหตุ ลักษณะของเตาที่ทดสอบ พื้นที่เรียงอิฐในเตาเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ด้านที่ขนานกับช่องพินยาวกว่าด้านกว้างประมาณ 1.4 เท่า, ความโปร่งคำนวณจากปริมาตรช่องว่างในกองอิฐต่อปริมาตรกองอิฐทั้งหมด ซึ่งลักษณะการเรียงอิฐในเตาของการทดลองทั้ง 3 ครั้งเป็นดังรูปที่ 2.3 (ข)



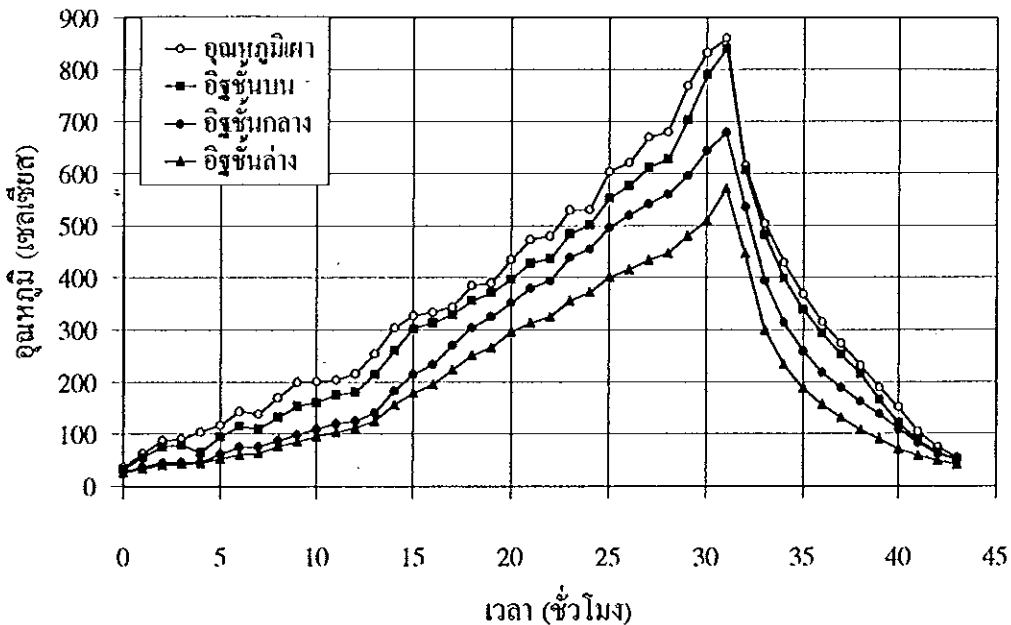
รูปที่ 3.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอริฐในการทดสอบเตาเผาอริฐครั้งที่ 1 (3500 ก้อน)



รูปที่ 3.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอริฐในการทดสอบเตาเผาอริฐครั้งที่ 2 (2500 ก้อน)

อย่างไรก็ตามจากรูปที่ 3.3-3.5 อุณหภูมิอริฐชั้นล่างซึ่งได้จากการหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ 9 จุด ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 600°C ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าความร้อนในเตากระจายไม่

สม่ำเสมอจึงเกิดจุดดับความร้อน จุดดับโดยมากจะอยู่บริเวณมุมของเตาทั้ง 4 ด้านและบริเวณใกล้ผนังกันไฟ



รูปที่ 3.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐในการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 3 (2250 ก่อน)

ช่วงการรักษาอุณหภูมิระหว่างการเผา (ที่ 800°C) ในการทดสอบครั้งที่ 1 ประมาณ 13 ชั่วโมง มากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 ซึ่งใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมงและในการทดสอบครั้งที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณอิฐในการทดสอบเผาครั้งที่ 1 มีมากกว่า (thermal inertia สูง) เช่นเดียวกับการลดอุณหภูมิอิฐ ในการทดสอบครั้งที่ 1 ใช้เวลาประมาณ 25 ชั่วโมง มากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 และ 3 ซึ่งใช้เวลาเพียง 10 ชั่วโมง

จากผลการทดสอบการเผาอิฐในเตาดตัวอย่างพบว่าพลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงกระบวนการอุ่นอิฐ (preheating) และเผาอิฐ (firing) โดยในกระบวนการอบแห้งอิฐ, อุ่นอิฐ และเผาอิฐจะใช้พลังงานระหว่าง 10-26%, 19-30% และ 50-62% ของพลังงานที่ถ่ายเทให้แก่อิฐ ตามลำดับ (อุณหภูมิที่สิ้นสุดในแต่ละกระบวนการคือ 110, 400 และ 600°C ตามลำดับ)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองแสดงในตารางที่ 3.2 สำหรับเตาเผาอิฐเตาเดียวที่ไม่มีมีการนำความร้อนเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์จะมีพลังงานที่สูญเสียไปกับก๊าซร้อนที่ออกสู่

ปล่องสูงสุด คิดเป็นสัดส่วน 42-52% พลังงานสูญเสียโดยการสะสมในเตาคิดเป็นสัดส่วน 18-24% ในการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 3 สัดส่วนของพลังงานที่ถ่ายเทสู่อิฐเท่ากับ 21% ซึ่งต่ำกว่าการเผาครั้งที่ 2 และครั้งที่ 1 ซึ่งเท่ากับ 25% และ 36% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบเผาอิฐครั้งที่ 3 มีปริมาณอิฐในเตาน้อยที่สุด พลังงานที่ให้แก่เตาเผาอิฐส่วนใหญ่จึงสูญเสียไปกับก๊าซไอเสียที่ออกสู่ปล่องและสะสมในโครงสร้างผนังเตา

ตารางที่ 3.2 พลังงานที่ใช้และสูญเสียจากการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่างครั้งที่ 1-3

รายการ	ครั้งที่ทดสอบ		
	1	2	3
จำนวนอิฐ	3500	2500	2250
พลังงานที่ใช้ทั้งหมด (MJ) *	17047	12861	11227
พลังงานจำเพาะ (MJ/kg)	4.06	4.29	4.20
การกระจายพลังงาน			
- สูญเสียผ่านผนัง (MJ,%)	676.3, 4%	580.5, 4.5%	282.2, 3%
- สูญเสียออกสู่ปล่อง (MJ,%)	7231.5, 42%	6465.3, 50%	6001.7, 52%
- สะสมในโครงสร้างเตา (MJ,%)	3076.5, 18%	2554.4, 20%	2709.1, 24%
- ถ่ายเทสู่อิฐ (MJ,%)	6063.5, 36%	3260.0, 25%	2332.2, 21%

* คำนวณโดยใช้ค่าความร้อนของไม้ฟืนเท่ากับ 16 MJ/kg

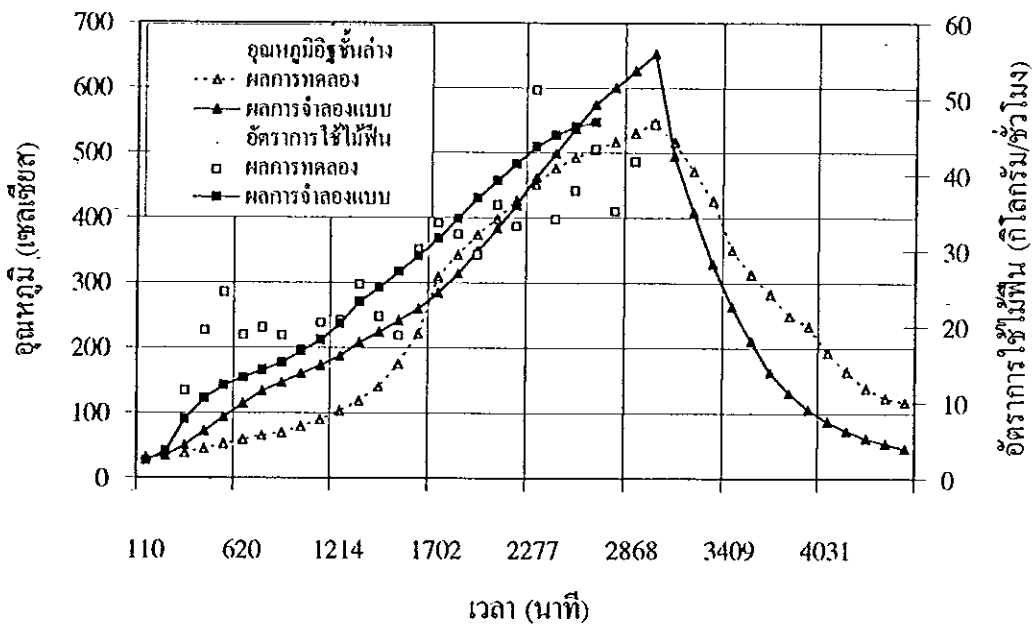
จากการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่างพบว่าการสูญเสียพลังงานความร้อนผ่านผนังเตาเพียง 3-5% ตลอดกระบวนการเผาอิฐ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างผนังเตาถูกออกแบบให้มีช่องอากาศตรงกลางของผนังเตาทุกด้าน (ทำให้ thermal resistance สูง) ดังนั้นความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นบริเวณหลังคาเตาซึ่งเป็นโครงสร้างหล่อปูนทนไฟ แม้ผนังเตาแบบมีช่องอากาศตรงกลางจะมีการสูญเสียความร้อนจากการสะสมภายในผนังเตาและมีการถ่ายเทความร้อนออกสู่ภายนอกเตาดำ แต่การก่อผนังเตาแบบมีช่องอากาศตรงกลางจะทำให้ความแข็งแรงของตัวเตาลดลงจึงต้องให้ความสำคัญในการก่อผนังเตาเป็นพิเศษ

จากผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอิฐและอุณหภูมิเผาในเตาจากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง จะเห็นว่าอุณหภูมิอิฐชั้นล่างซึ่งได้จากการหาค่าเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่า 600 °C ที่เวลาสิ้นสุด

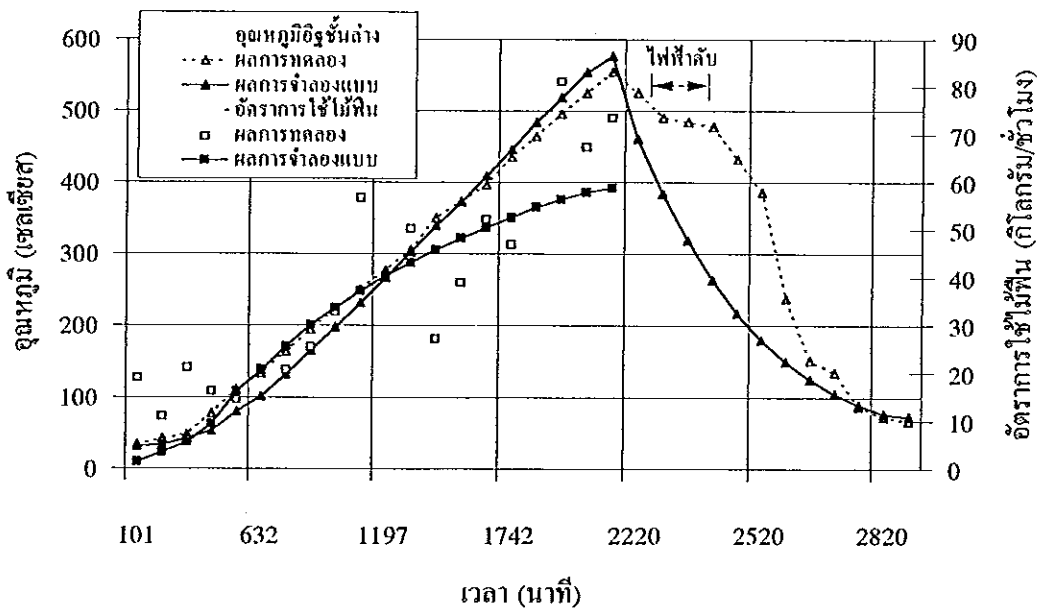
การเผา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ภายในเตามีจุดอุณหภูมิจุดร้อนบริเวณด้านล่าง บริเวณมุมเตา และบริเวณใกล้ผนังกันไฟ (การออกแบบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง 4 ห้อง จะให้ความสำคัญต่อปัญหานี้เป็นพิเศษ) อีกทั้งไม้ฟืนที่ใช้ในการทดสอบมีความชื้นสูง (ช่วงฤดูฝน) ทำให้การควบคุมอุณหภูมิเผาทำได้ยาก

3.4 ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับผลการจำลองแบบ

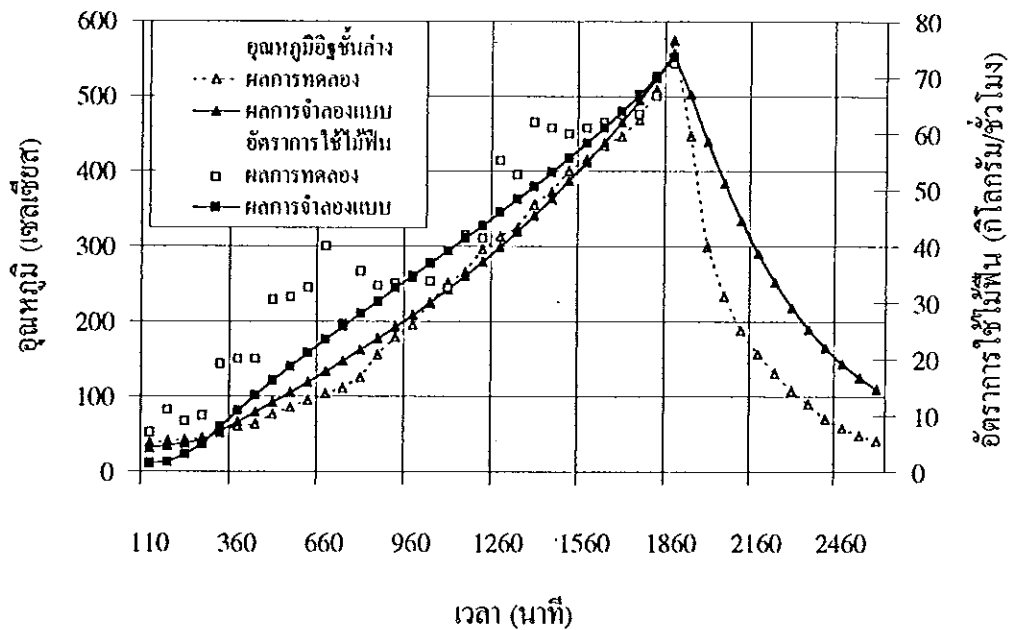
ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐชั้นล่างและอัตราการใช้ไม้ฟืนที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 ครั้ง ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองแบบ แสดงดังรูปที่ 3.6-3.8 ผลจำลองแบบได้จากการกำหนดเงื่อนไขการเผาคือ อุณหภูมิเผาภายในเตาที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา, อุณหภูมิอากาศสันดาป, อัตราการไหลอากาศสันดาปที่ใช้, สัดส่วนความชื้นในอิฐดิบ, สัดส่วนความชื้นในไม้ฟืนและความร้อนที่สูญเสียตลอดระยะเวลาทั้งหมดของกระบวนการ (ในการจำลองแบบไม่ได้รวมการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตา : -คุณสมบัติฐานเบื้องต้นของการจำลองแบบในบทที่ 2 ดังนั้นจึงคำนวณความร้อนสูญเสียจากการทดลองจริงแล้วนำมารวมไว้ในการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์) เนื่องจากการจำลองแบบจะใช้แบบจำลองฟิกซ์เบดในการวิเคราะห์ โดยคำนวณการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐที่มีการแบ่งเป็นชั้นหลายชั้นจากบนลงล่าง ทำให้ความคลาดเคลื่อนสะสมในการคำนวณชั้นล่างสุด ในการทดสอบเตาเผาอิฐครั้งที่ 3 (รูปที่ 3.8) ซึ่งมีจำนวนอิฐ 2250 ก้อน ให้ผลที่ใกล้เคียงกับการจำลองแบบมากที่สุด แต่ยังคงมีความแตกต่างอยู่บ้างในช่วงอบแห้งอิฐและลดอุณหภูมิอิฐ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากอากาศที่ใช้ในช่วงนี้มีอุณหภูมิต่ำ มีแรงลอยตัวน้อยจึงส่งผลให้ลักษณะของการไหลของอากาศในช่วงดังกล่าวมีลักษณะไหลขวาง (cross draft) ผสมกับไหลลง (down draft) และกรณีช่วงแรกของการอบแห้งอิฐ พลังงานความร้อนที่ให้กับเตาเผาอิฐส่วนใหญ่จะถ่ายเทให้กับโครงสร้างของตัวเตา นอกจากนั้นความคลาดเคลื่อนส่วนหนึ่งเกิดจากการกระจายการไหลของอากาศภายในเตาเผาอิฐไม่สม่ำเสมอ (ในการจำลองแบบจะสมมติให้การไหลของอากาศในเตาสม่ำเสมอ) ส่วนอัตราการใช้ไม้ฟืนจากการทดสอบเตาทั้ง 3 ครั้งพบว่าการกระจายค่อนข้างมาก ทั้งนี้เนื่องจากการพยายามควบคุมอุณหภูมิเผาโดยการป้อนไม้ฟืนทำให้สภาวะของเตาถูกรบกวนโดยความชื้นที่มีอยู่ในไม้ฟืนและอากาศเกินพอจากภายนอกเมื่อมีการเปิดช่องใส่ฟืน ดังนั้นการป้อนไม้ฟืนจึงมีลักษณะไม่คงที่ขึ้นกับอุณหภูมิเผาที่ได้ ทำให้ผลการจำลองแบบที่ได้แตกต่างออกไปจากที่ทดลองได้จริง



รูปที่ 3.6 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างและอัตราการป้อนไม้พินที่ได้จากการทดสอบเผาอิฐในเตาดัวอย่างครั้งที่ 1 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองแบบ



รูปที่ 3.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างและอัตราการป้อนไม้พินที่ได้จากการทดสอบเผาอิฐในเตาดัวอย่างครั้งที่ 2 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองแบบ



รูปที่ 3.8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างและอัตราการป้อนไอน้ำที่ได้จากการทดสอบเผาอิฐในเตาดัดตัวอย่างครั้งที่ 3 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองแบบ

3.6 สรุปผลการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่าง

ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้จากผลการทดสอบเผาอิฐทั้ง 3 ครั้ง จะอยู่ในช่วง 4.0-4.3 MJ/kg ซึ่งใกล้เคียงกับค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในเตาเผาอิฐที่ไม่มีการนำความร้อนเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์ในเตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยมโดยทั่วไป (4.0-5.0 MJ/kg) พลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐส่วนใหญ่จะอยู่ในกระบวนการอุ่นอิฐและเผาอิฐเนื่องจากเป็นกระบวนการที่ต้องเพิ่มอุณหภูมิขึ้นสูงมาก อิฐที่ได้จากการเผามีร้อยละการดูดกลืนน้ำเท่ากับ 19 เทียบได้กับชั้นคุณภาพ ค. ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 153/2533) ผลการทดสอบเตาทำให้ทราบข้อบกพร่องในโครงสร้างของตัวเตาซึ่งจะเกิดความเสียหายเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิสูงและสาเหตุที่ไม่สามารถเผาอิฐให้สุกได้ โดยพบว่าจุดอับความร้อนของเตาจะอยู่บริเวณมุมทั้ง 4 และใกล้ผนังกันไฟของเตา, ฐานสำหรับเรียงอิฐดิบแบบชิดทำให้การไหลของอากาศในกองอิฐมีจุดอับ, ผนังเตาที่มีการก่ออิฐแบบห่าง (ใช้ปูนประสานระหว่างอิฐหนา) จะแตกร้าว, ช่องตะแกรงใส่พื้นที่มีการบิดตัวเมื่อรับความร้อน, หลังคาโค้งมีการยกตัวและแตกร้าว เป็นต้น ข้อ

บทพร้อมเหล่านี้จะเป็นข้อมูลสำคัญในการนำไปปรับปรุงออกแบบเตาเผาอิฐแบบกึ่งต่อเนื่อง
4 ห้อง ต่อไป

บทที่ 4

การออกแบบสร้างเตาเผาอิฐ

การออกแบบสร้างเตาเผาอิฐเป็นขั้นตอนหนึ่งของการวิจัยเพื่อให้เตาที่สร้างขึ้นในการทดลองเผาอิฐจริง ซึ่งจะเป็นการพิสูจน์หลักการหรือแนวความคิดในการออกแบบเตาเผาอิฐ ในบทที่ 2 ว่ามีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด ดังนั้นขั้นตอนต่างๆในการสร้างเตาเผาอิฐจึงมีความสำคัญซึ่งจะต้องให้ความเอาใจใส่ เพื่อให้เตาเผาอิฐที่สร้างเป็นไปตามแบบที่ต้องการ

4.1 การออกแบบปรับปรุงเตาเผาอิฐ

จากผลการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่างในบทที่ 3 ทำให้ทราบข้อบกพร่องของเตาที่ต้องปรับปรุงดังนี้

4.1.1 โครงสร้างผนังเตา

การก่ออิฐผนังเตาแบบสลับกันและมีช่องว่างของอากาศตรงกลางทำให้ผนังขาดความแข็งแรงไม่สามารถรับแรงดึงจากการขยายตัวของอิฐได้ (thermal stress) แต่จะช่วยลดการสะสมความร้อนและความร้อนที่สูญเสียจากผนังเตาได้ดี อีกทั้งประหยัดวัสดุในการก่อสร้าง การแก้ปัญหาดังกล่าวทำได้โดยปรับปรุงการก่ออิฐให้มีความแข็งแรงมากขึ้นโดยรูปแบบการก่อยังคงเดิมแต่จะใส่ปูนประสานระหว่างก้อนอิฐบางกว่า ซึ่งจะทำให้อิฐมีการก่อเรียงชิดกันมากขึ้นและมีช่องว่างในการขยายตัวของปูนประสานน้อยลง รวมถึงการเสริมเหล็กมัดโครงสร้างผนังเตาทั้ง 4 ด้าน จะช่วยลดการแตกร้าวของผนังเตาลงได้

4.1.2 หลังคาเตา

หลังคาเตาแบบโค้งเหมาะสำหรับการใช้กับเตาเผาอิฐแบบความร้อนไหลลง เนื่องจากช่วยเสริมการไหลของอากาศร้อนภายในเตาให้มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ จากการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่างพบว่าหลังคาโค้งช่วยบังคับการไหลและกระจายความร้อนภายในเตาได้จริงแต่มีความยุ่งยากในการก่อสร้างและการซ่อมแซมทำได้ยาก อีกทั้งมีปัญหาการแตกร้าวเนื่องจากแรงดึงที่ไม่เท่ากันระหว่างผิวหลังคาด้านในเตากับด้านนอกเตา การแก้ปัญหาดังกล่าวทำได้โดยการออกแบบหลังคาเป็นแผ่นแบน (slab) จำนวนหลายแผ่นหล่อด้วยซิเมนต์ทนไฟเสริมเหล็กภายใน แล้วนำไปวางเรียงบนผนังเตาโดยให้โครงสร้างเหล็กเสริมเป็นตัวรับน้ำหนักแผ่นแบนและถ่ายน้ำหนักลงยังผนังเตา

4.1.3 ฉนวนกันไฟ

ปัญหาของฉนวนกันไฟที่เกิดขึ้นกับเตาเผาอิฐตัวอย่างคือ อิฐบริเวณที่ติดกับฉนวนกันไฟ จะไม่ได้รับความร้อนเต็มที่เนื่องจากเป็นบริเวณอับความร้อน การแก้ปัญหของฉนวนกันไฟจะ ช่วยแก้ปัญหของหลังคาเตาแบบที่ปรับปรุงได้ เนื่องจากการกระจายความร้อนและการไหล ของอากาศภายในเตาที่มีหลังคาแบนจะไม่ดีเท่าหลังคาโค้ง ดังนั้นการแก้ไขทำได้โดยการ เพิ่มช่องที่ฉนวนกันไฟเพื่อให้ก๊าซร้อนบางส่วนมีการไหลขวางได้ ซึ่งจะทำให้อิฐบริเวณชิดฉนวน กันไฟไม่เป็นจุดอับ

4.1.4 ตะแกรงรองรับไม้พิน

จากการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่างพบว่าตะแกรงรองรับไม้พินมีการชำรุด เนื่องจาก เหล็กทำตะแกรงมีการขยายตัวและโค้งงอจากการรับน้ำหนักของไม้พินบริเวณตรงกลาง อีกทั้งช่องว่างด้านข้างของตะแกรงพินมีน้อย ทำให้เหล็กขยายตัวได้ไม่เต็มที่ การแก้ปัญหทำได้ โดยใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงและทนความร้อนได้มากขึ้น เพิ่มช่องว่างการขยายตัวของเหล็ก รวมถึงการเพิ่มจุดรับน้ำหนักของตะแกรงรองรับไม้พินตรงกลาง

4.1.5 ช่องรวมทางออกก๊าซร้อน

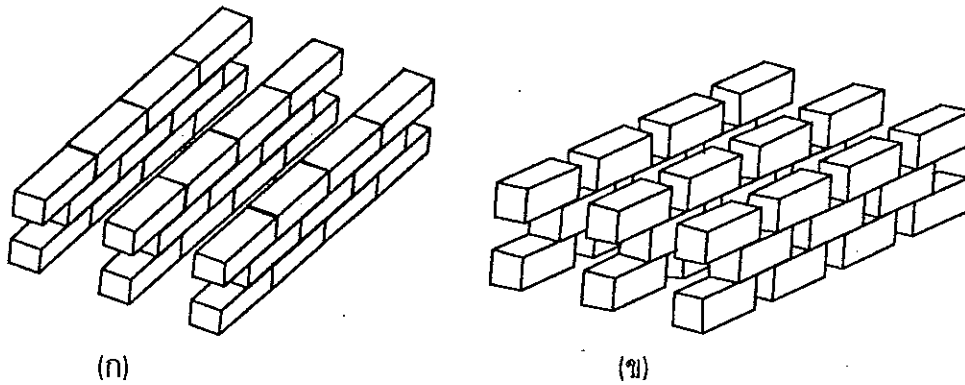
ในเตาเผาอิฐตัวอย่างช่องรวมทางออกก๊าซร้อนวางอยู่ในเตา ทำให้อิฐที่เรียงบนช่อง ดังกล่าวเกิดจุดอับความร้อนและทำให้พื้นที่การเรียงอิฐภายในเตาลดลง ปัญหาดังกล่าวแก้ โดยการออกแบบให้ช่องรวมก๊าซร้อนวางอยู่ด้านนอกเตา

4.1.6 ฐานเรียงอิฐ

ฐานเรียงอิฐที่วางเรียงติดกันเป็นแนวตั้งรูปที่ 4.1 (ก) ไม่สามารถกระจายความร้อน ให้ไหลผ่านอิฐชั้นล่างได้ทั่วถึง การออกแบบปรับปรุงทำโดยการเรียงฐานอิฐแบบห่าง ดังรูปที่ 4.1 (ข)

4.1.7 ประตูเตา

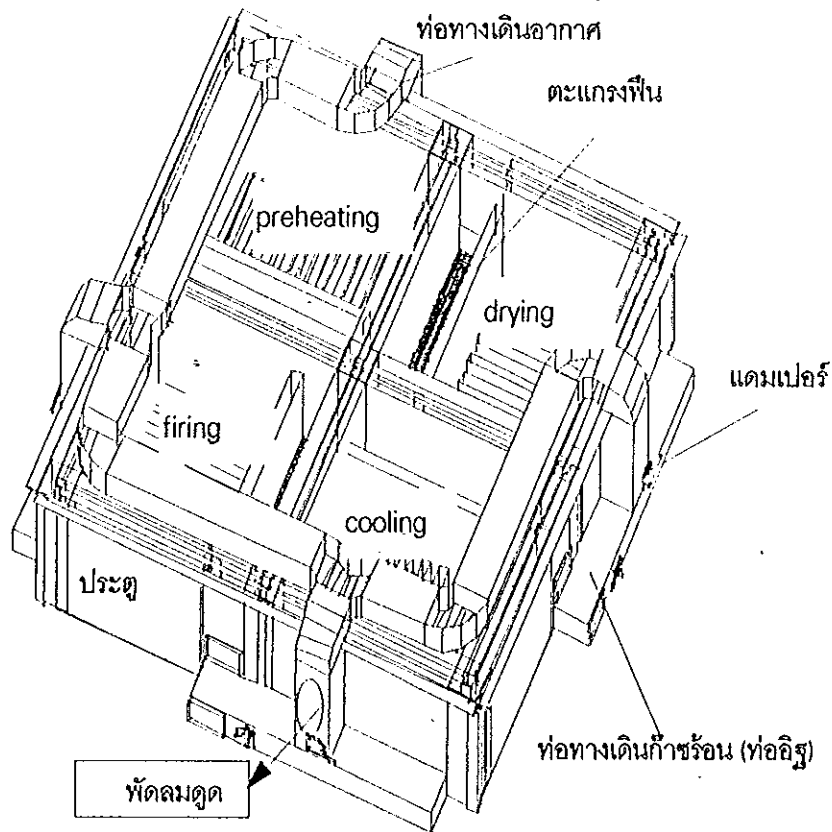
ประตูเตาที่ใช้การหล่อด้วยซิเมนต์ทนไฟยังคงมีการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาสูง และมีน้ำหนักมาก ทำให้ต้องออกแบบกรอบประตูเตาที่มีความแข็งแรงเพื่อรับน้ำหนักประตู เตาเพิ่มขึ้น การป้องกันการรั่วไหลของอากาศจากภายนอกเข้าสู่เตาระหว่างรอยต่อประตูกับ กรอบประตูเตาทำได้ยาก การแก้ไขทำได้โดยการออกแบบประตูเตาให้มีน้ำหนักเบาและใช้ ฉนวนกันความร้อนเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป



รูปที่ 4.1 ฐานสำหรับเรียงอิฐในเตา (ก) แบบติด (ข) แบบห่าง

4.2 เตาเผาอิฐที่ปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงออกแบบเตาเผาอิฐใหม่แสดงดังรูปที่ 4.2 จะเห็นว่ามีลักษณะที่แตกต่างไปจากรูปเตาเผาอิฐจำลอง (รูปที่ 2.1) และเตาเผาอิฐที่ใช้ในการจำลองแบบ 4 ห้อง (รูปที่ 2.7) แต่หลักการทำงานของเตายังคงเดิมคือมี 4 กระบวนการได้แก่ ลดอุณหภูมิอิฐ, เผาอิฐ, อุ่นอิฐ, และอบแห้งอิฐ ในรูปที่ 2.7 เตาทั้ง 4 จะแยกกันและเชื่อมต่อทางเดินก๊าซร้อนด้วยท่อวางบนพื้น ทำให้ต้องใช้พื้นที่มาก เตาที่ออกแบบใหม่จะมีการจัดเรียงตัวเตาเพื่อลดพื้นที่ของเตา เตาแต่ละเตาจะมีผนังร่วมกัน 2 ด้าน ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนผ่านผนังเตาได้ ผนังของเตาทั้ง 4 ก่อด้วยอิฐภายในมีช่องอากาศ (air gap) ในแต่ละเตามีช่องใส่พื้นและช่องซี่ไถ่ด้านเดียวตลอดแนวความยาวตัวเตา ช่องทางออกของก๊าซร้อนที่ออกจากเตาหนึ่งจะต่อเข้าทางช่องซี่ไถ่ของอีกเตาหนึ่งในระยะทางที่สั้นกว่าแบบเดิม และมีแฉกเปอร์เป็นตัวรับหรือเปิด-ปิดทางเดินของก๊าซร้อนที่จะเข้าสู่เตาถัดไป ส่วนระบบท่อที่เป็นทางเดินของก๊าซร้อนที่ออกจากเตาอบแห้งอิฐ (ทุกเตาจะเป็นเตาอบแห้งอิฐ) จะเชื่อมต่อถึงกันหมดทุกเตาและวางอยู่บนหลังคาเตาเพื่อลดพื้นที่การทำงานของเตา หลังคาเตาที่มีลักษณะโค้งถูกออกแบบใหม่เป็นหลังคาแบนเพื่อให้ง่ายในการก่อสร้างและง่ายแก่การจัดวางท่อบนหลังคาเตา ส่วนการระบายก๊าซร้อนออกจากเตายังคงใช้พัดลมดูด ซึ่งจะต่อออกจากท่อร่วมที่ต่อระหว่างเตาแต่ละเตาดำแหน่งหนึ่งดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 เตาเผาอิฐที่ปรับปรุง

4.3 การสร้างเตาเผาอิฐ

ในการสร้างเตาสามารถจำแนกงานออกเป็น 2 กลุ่มคือ

- งานอิฐ-ปูน ได้แก่ โครงสร้างของตัวเตาที่เป็นพื้น, ผนัง และหลังคาเตาทั้งหมด
- งานเหล็ก ได้แก่ โครงสร้างของตัวเตาสำหรับเป็นที่ยึดเกาะของอิฐและปูน, ประตูวงกบ ประตูทุกบาน, ตะแกรงช่องใส่หินและท่อทางเดินก๊าซร้อนออกไปยังปล่องรวมทั้งประตูเปิด-ปิดการไหลของก๊าซร้อน (damper)

ทั้งนี้งานทั้ง 2 อย่างจำเป็นต้องดำเนินไปด้วยกันตามส่วนประกอบต่างๆของเตา

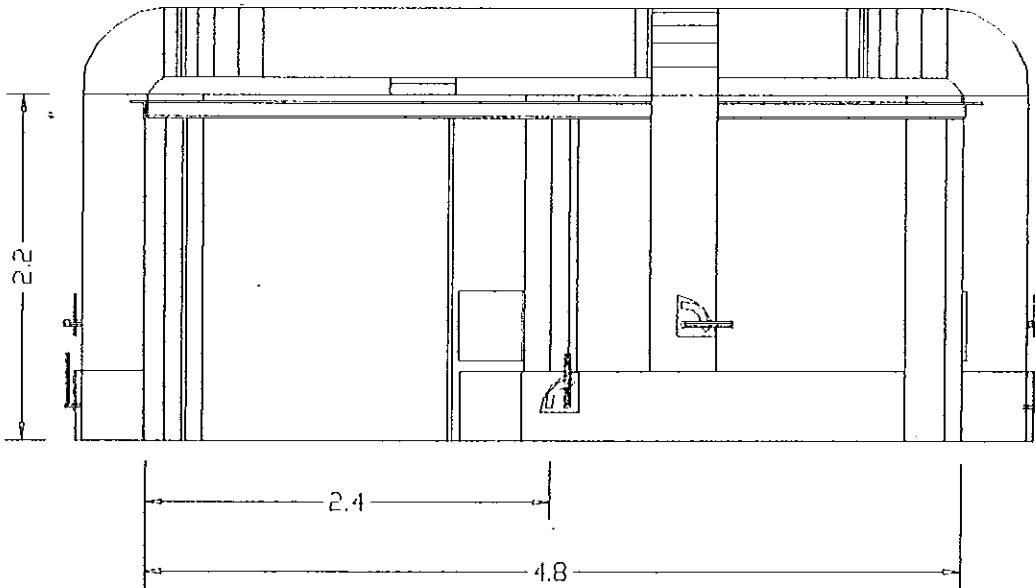
สำหรับการก่อสร้างเตาเผาอิฐจริงแสดงได้ดังรูป ผ.4.1-ผ.4.28 ในภาคผนวก ผ.4

4.3.1 วิธีการสร้างเตาเผาอิฐและวัสดุที่ใช้

4.3.1.1 การกำหนดขนาดพื้นที่เตา

สำหรับเตาที่ออกแบบไว้ทั้งหมดใช้เนื้อที่ประมาณ 5.0x5.0 ตร.ม. มีความหนาของผนังเตา 0.28 ม. เตาแต่ละห้องจะมีขนาดภายนอกเท่ากับ 2.4x2.4x2.2 ลบ.ม. โดยมีพื้นที่ใช้

งานภายในเตา (effective volume) เท่ากับ $2.1 \times 1.6 \times 1.6$ ลบ.ม. สามารถบรรจุอิฐได้ 2,000-2,500 ก้อน/เตา เมื่อมีการเรียงอิฐในเตาสลับกันโดยใช้สันอิฐด้านแคบสุดวางแนวนอน ขนาดเตาภายนอกเมื่อมองจากด้านหน้า แสดงดังรูปที่ 4.3



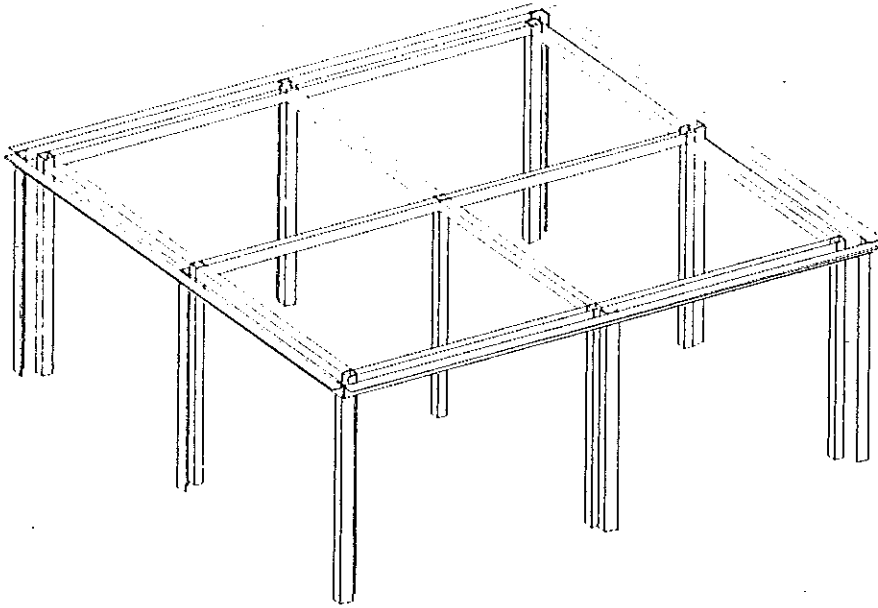
รูปที่ 4.3 เตาเผาอิฐด้านหน้า

4.3.1.2 การทำโครงเหล็กกรอบเตา, วงกบประตูเตา, ช่องพื้น-ช่องซี่เต้า

โครงเหล็กกรอบเตา, วงกบประตูเตา, ช่องพื้น-ช่องซี่เต้า จะเป็นโครงสร้างช่วยยึดให้อิฐที่ก่อผนังเตามีความมั่นคงยิ่งขึ้น โครงเหล็กเหล่านี้จะใช้เหล็กฉากที่มีความแข็งแรงเพียงพอ เช่น เหล็กฉากขนาด $1/4" \times 2"$ ในการทำและเชื่อมโครงต่อกันทั้ง 4 เตา โครงเหล็กที่เป็นเสาหรือวงกบจะถูกยึดติดกับพื้นคอนกรีตโดยการฝังพุก (anchor) กรณีเป็นพื้นดินทำได้โดยการหล่อปูนทับ โครงเหล็กกรอบเตาแสดงได้ดังรูปที่ 4.4

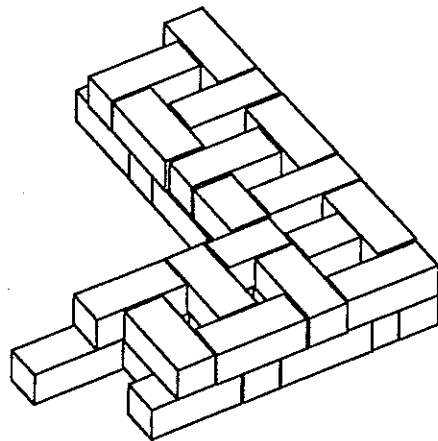
4.3.1.3 การก่ออิฐ

การก่ออิฐจะใช้อิฐกลวง 4 รู ขนาด $19.5 \times 8 \times 6.5$ ซม.³ มีด้าน 19.5×8 ซม.² วางแนวนอน ใช้วิธีการก่อเป็นผนังสองชั้นมีช่องอากาศตรงกลาง (air gap) อิฐก่อมีการสลับกัน (bonding) ซึ่งจะช่วยให้ผนังมีความแข็งแรงและทำให้ความหนาของผนังเตาน้อยกว่าเตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยมทั่วไปดังรูปที่ 4.5 อีกทั้งช่วยลดการสะสมความร้อนในผนังเตาได้ โดยที่ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังเตาจะมีค่าประมาณ 1250 W/m^2 เมื่ออุณหภูมิผนังเตา



รูปที่ 4.4 โครงเหล็กกรอบเตา

ด้านในมีค่าเท่ากับ 900°C ปูนที่ใช้ในการก่อและฉาบจะใช้ปูนทนไฟซึ่งมีลักษณะสีเหลืองอมน้ำตาล เป็นปูนทนไฟผสมเสร็จแบบแห้งบรรจุกระสอบ ในการใช้งานต้องนำมาผสมกับทรายละเอียดในอัตราส่วน 1:1 เพื่อไม่ให้ปูนหลังการผสมน้ำมีการแตกร้าวเมื่อนำไปก่อหรือฉาบ เนื่องจากปูนทนไฟผสมเสร็จที่ไม่ได้มีการผสมทรายละเอียดเพิ่มภายหลังจะมีลักษณะคล้ายดินเหนียว (ผิวฉาบและปูนก่อจะร้อนเมื่อแห้ง) ซึ่งไม่สามารถนำมาก่อหรือฉาบได้ ทางเลือกอื่นนอกจากการใช้ปูนทนไฟ อาจใช้ดินโคลนที่มีส่วนผสมของดินรังกปลวกสำหรับการก่อและฉาบผนังแทนปูนทนไฟได้



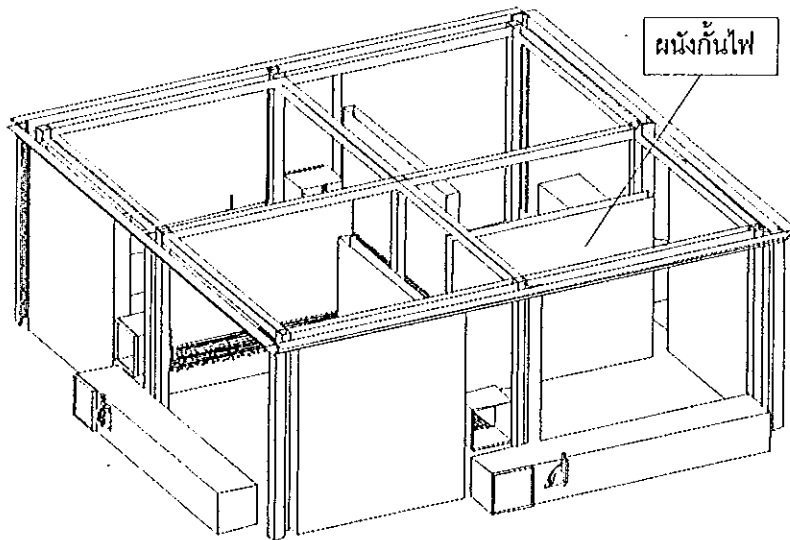
รูปที่ 4.5 ลักษณะการก่ออิฐผนังเตา

ในการก่ออิฐไม่ควรใส่ปูนระหว่างรอยต่อของอิฐมากเกินไปและควรมีความหนาของปูนก่อระหว่างอิฐก่อไม่เกิน 5 มม. เนื่องจากเมื่อผนังเตาได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวซึ่งอิฐและปูนทนไฟจะขยายตัวไม่เท่ากัน เมื่อเย็นลงจะทำให้เกิดช่องหรือรอยร้าวตามแนวก่ออิฐได้ สำหรับการก่ออิฐที่เป็นบริเวณจุดตัดของผนังเตาร่วมกันต้องก่อให้มีการประสานกันเพื่อให้โครงสร้างของผนังเตามีความแข็งแรง การก่ออิฐโดยวิธีนี้ถ้าใช้อิฐสีฐในการก่อจะทำให้ผนังเตาทั้งด้านในและด้านนอกมีรู เนื่องจากการวางไขว้กันของอิฐ ดังนั้นภายหลังจากก่อผนังเสร็จต้องฉาบผิวผนังเตาทั้ง 2 ด้านเพื่อปิดรูดังกล่าวไม่ให้อากาศและความร้อนรั่วผ่านไป การฉาบใช้ปูนทนไฟใช้อัตราส่วนเช่นเดียวกับการก่อผนังเตา โดยฉาบบางประมาณ 2-4 มม. หากฉาบปูนหนาเกินไปจะทำให้ผิวที่ฉาบแตกและไม่เกาะกับผนังเตา

4.3.1.4 การทำตะแกรงรองรับไม้ฟืน ช่องซีเด้า และผนังกันไฟ

ตะแกรงรองรับไม้ฟืนต้องออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมมีช่องห่างระหว่างตะแกรงที่อากาศสามารถเข้าสันดาปกับไม้ฟืนอย่างเพียงพอ และต้องคำนึงถึงอัตราการเผาไหม้จนกระทั่งเป็นซีเด้าเนื่องจากหากระยะระหว่างตะแกรงกว้างเกินไปจะทำให้ไม้ฟืนที่เผาไหม้ไม่หมดตกผ่านช่องตะแกรงไปทำให้สิ้นเปลืองการใช้ไม้ฟืน และยังคงคำนึงถึงปริมาณซีเด้าที่ได้จากการเผาไหม้ด้วย ซึ่งไม้ยางพาราจะมีซีเด้าเป็นองค์ประกอบประมาณ 3-5% โดยน้ำหนัก สำหรับการออกแบบขนาดช่องซีเด้าต้องอาศัยจากประสบการณ์ในการทดสอบเตาเผาอิฐเตาเดียวที่จำนวนอิฐมากกว่าเตาที่ก่อสร้าง จากการประมาณปริมาณการใช้ไม้ฟืนและปริมาตรซีเด้าที่เหลืออยู่ เช่น การทดลองเผาอิฐ 3500 ก้อน ใช้ไม้ฟืนทั้งสิ้น 1439 กก. มีซีเด้าในช่องประมาณ 0.12 ลบ.ม. (มีไม้ฟืนบางส่วนเผาไหม้ไม่หมดเป็นก้อนถ่านลอดผ่านช่องตะแกรง) เตาที่ออกแบบมีช่องซีเด้า 0.315 ลบ.ม. (กว้าง 0.35 ม. ยาว 2.0 ม. สูง 0.45 ม.) ซึ่งเพื่อให้มีช่องทางอากาศไหลผ่านได้มากกว่า 60% เมื่อใช้ปริมาณไม้ฟืนเท่ากับการเผาอิฐในเตาดังตัวอย่างที่ 3500 ก้อน ช่องตะแกรงสำหรับเตาที่ออกแบบไว้มีขนาดของช่องเท่ากับ 2 ซม. x 5 ซม. ความกว้าง-ยาวของตะแกรงเท่ากับ 35 ซม. และ 210 ซม. ตามลำดับ มีระยะห่างด้านข้างผนังเตาประมาณ 1-1.5 ซม. สำหรับการขยายตัวของเหล็ก มีจุดรับน้ำหนักตะแกรง 3 จุด คือด้านปลายทั้งสองด้านและตรงกลาง เพื่อป้องกันการยุบตัวของตะแกรงวัสดุที่ใช้ทำตะแกรงเป็นเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/4" และเหล็กเส้นแบนขนาด 1/2" x 1"

ตามแนวยาวของช่องตะแกรงรองรับไม้พื้นและช่องซี่ไถ่จะก่อด้วยอิฐ (ลักษณะการก่อเหมือนกับการก่อฐานเรียงอิฐแบบติด ในรูปที่ 4.2 (ก)) ก่อสูงจากพื้นเตา 1.5 ม. เป็นผนังกันไฟแยกช่องเผาไหม้กับห้องเรียงอิฐดังรูปที่ 4.6 โดยที่ผนังกันไฟเหนือช่องซี่ไถ่จะก่ออิฐสลับเป็นช่องแถวเว้นแถว แถวละ 20 ช่อง 5 แถว เพื่อให้ความร้อนไหลผ่านมายังห้องเรียงอิฐได้สะดวกยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.6 แสดงตำแหน่งประตูเตา, ประตูช่องพื้น, ประตูช่องซี่ไถ่, ผนังกันไฟและแดมเปอร์ (รูปเปิดผนังเตา)

4.3.1.5 การทำพื้นเตาและช่องทางออกก๊าซร้อนจากเตา

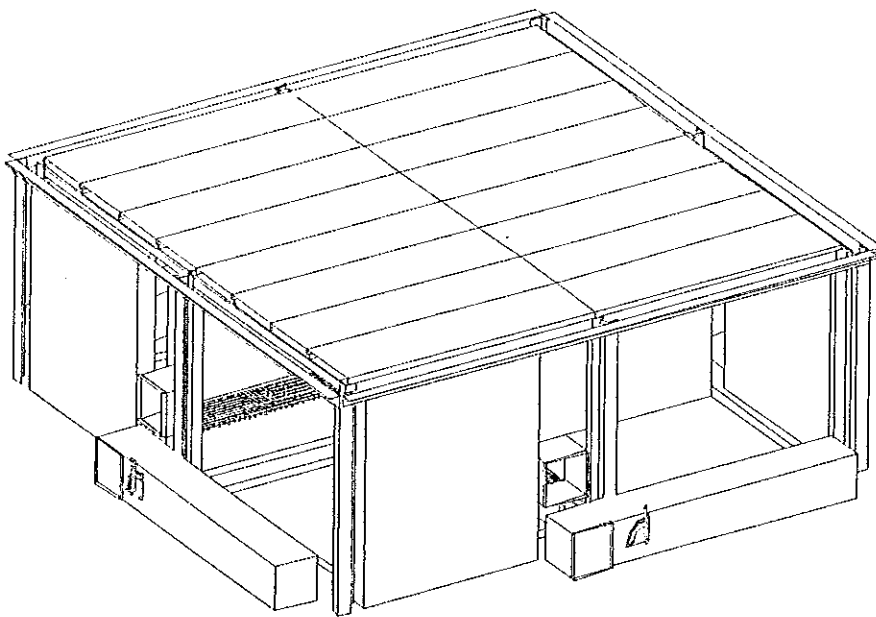
กรณีที่ก่อเตาบนพื้นคอนกรีต พื้นเตาและช่องทางออกก๊าซร้อนควรมีการปูด้วยอิฐประมาณ 1 ชั้นแล้วฉาบด้วยปูนทนไฟ สำหรับช่องทางออกก๊าซร้อนที่อยู่ติดกับเตาด้านหลังควรก่อด้วยอิฐฉาบปูนทนไฟเนื่องจากสามารถทนความร้อนได้ดีกว่าการใช้ท่อเหล็ก ช่องทางออกก๊าซร้อนของเตาหนึ่งจะเชื่อมต่อไปยังเตาที่อยู่ถัดไปบริเวณช่องซี่ไถ่ที่อยู่ใต้ตะแกรงเพื่อนำก๊าซร้อนไปใช้ ดังนั้นในการทำช่องทางออกก๊าซร้อนหลังเตาจึงต้องเตรียมทำประตูเปิด-ปิดอากาศ (damper) และวงกบประตูซี่ไถ่ไว้ด้วย ประตูเปิดปิดอากาศหรือแดมเปอร์อาจทำเป็นลักษณะแผ่นเสียบหรือแผ่นหมุนก็ได้

ผนังเตาบริเวณช่องทางออกก๊าซร้อนจะต้องก่ออิฐเป็นแนวช่องขนาดความกว้างเท่ากับขนาดความยาวของก้อนอิฐ (19 ซม.) ที่จะเรียงภายในเตาและสูงเท่ากับความสูงของช่องทางออกก๊าซร้อนซึ่งมีหน้าตัด 35 x 35 ตร.ซม. ส่วนผนังปิดด้านบนของช่องทางออกก๊าซร้อน

จะใช้วิธีการหล่อด้วยซีเมนต์ทนไฟ (ผนังปิดด้านบนของช่องทางออกก๊าซร้อนของแต่ละเตาจะหล่อซีเมนต์ทนไฟหลังจากติดตั้งท่อเหล็กแล้ว)

4.3.1.6 การทำหลังคาเตา

หลังคาเตาเป็นส่วนที่มีน้ำหนักมากจึงต้องมีความแข็งแรงและสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ เพื่อให้ง่ายแก่การก่อสร้างจึงแบ่งหลังคาเตาแต่ละเตาออกเป็น 4 ส่วนขนาด 2.20 ม. x 0.55 ม. เท่ากัน ใช้เหล็กฉากขนาด $1\frac{1}{2}$ " x $\frac{3}{16}$ " เชื่อมยึดเป็นโครง เสริมเหล็กฉากภายในขนาด 1" x $\frac{1}{8}$ " เป็นตารางสี่เหลี่ยมขนาด 15 ซม. x 15 ซม. โดยวางเป็นรูปตัววีคว่ำ (Λ) เพื่อเป็นป่าให้ซีเมนต์ทนไฟยึดเกาะ แล้วใช้ผ้าเทปติดที่เหล็กฉากเพื่อให้มีช่องว่างสำหรับการขยายตัวของเหล็ก โดยผ้าเทปจะถูกเผาไหม้ไปเมื่อได้รับความร้อนเหลือเป็นช่องว่างระหว่างซีเมนต์ทนไฟกับเหล็ก แล้วหล่อเป็นแผ่นด้วยซีเมนต์ทนไฟ (มอร์ตาร์ทนไฟเบอร์ 16) ในการหล่อแผ่นซีเมนต์ทนไฟไม่ควรให้น้ำในซีเมนต์ทนไฟสูญเสียน้ำเร็วเกินไปเพราะจะทำให้แผ่นหลังคาแตกร้าวได้ จึงควรแต่งผิวหน้าของแผ่นหลังคาเล็กน้อยเมื่อซีเมนต์ทนไฟเริ่มแข็งตัวซึ่งจะช่วยลดการแตกร้าวได้ เมื่อแผ่นซีเมนต์แข็งตัวได้ประมาณ 3 วัน ก็สามารถยกขึ้นวางบนหลังคาเตาได้ โดยรอยต่อระหว่างแผ่นซีเมนต์ทนไฟแต่ละแผ่นจะใช้ปูนทนไฟเป็นตัวเชื่อมต่อ รูปของหลังคาเตาเมื่อติดตั้งบนผนังเตาแสดงได้ดังรูปที่ 4.7

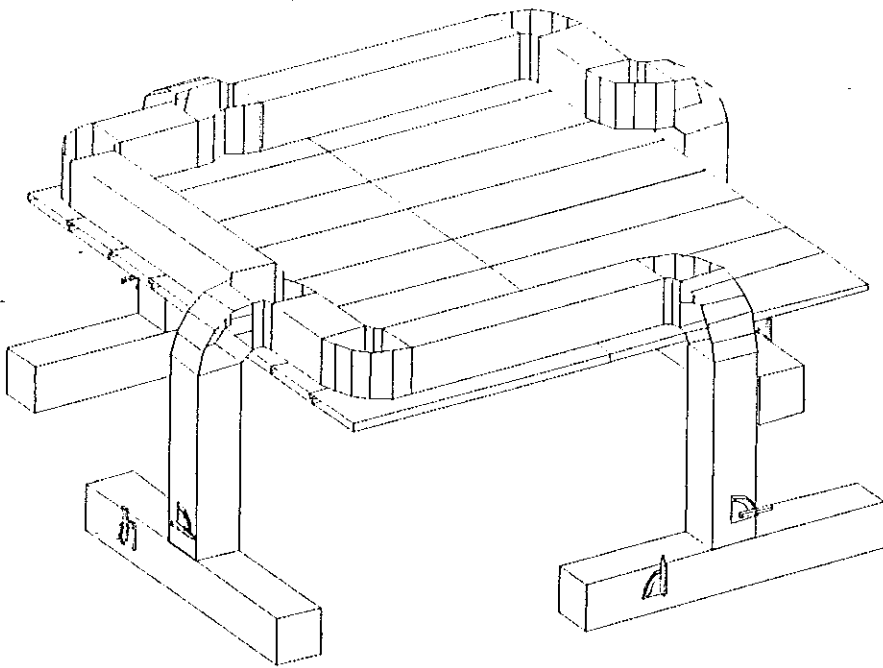


รูปที่ 4.7 ลักษณะหลังคาเตาด้านบน

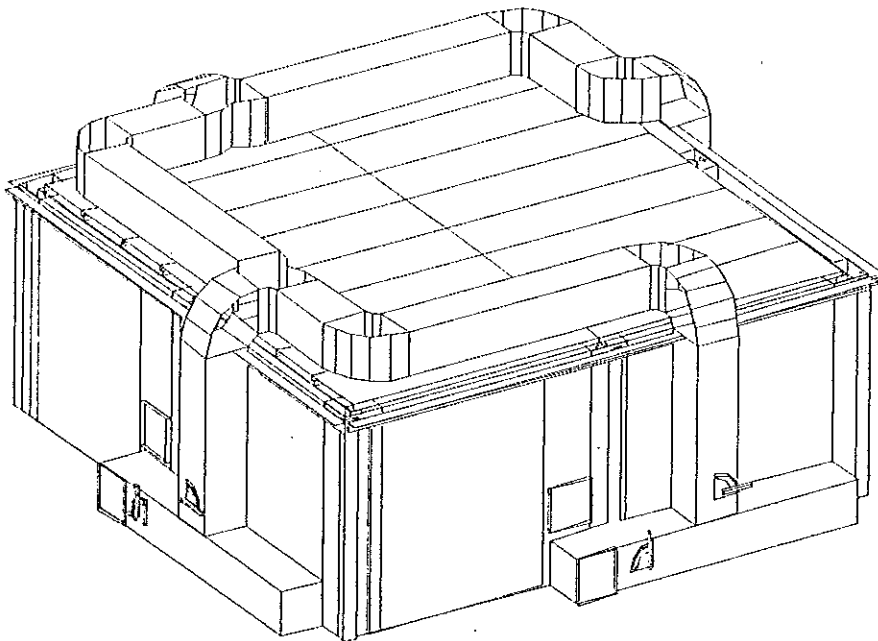
น้ำหนักของแผ่นหลังคาซีเมนต์ทนไฟจะถูกรองรับโดยเหล็กโครงสร้างของเตาที่เป็นคาน, เสาค และจะถ่ายน้ำหนักให้กับผนังเตาส่วนหนึ่ง ในการออกแบบหลังคาเตาโดยใช้ซีเมนต์ทนไฟเป็นวัสดุมีข้อจำกัดที่ความหนาของแผ่นหลังคา ถ้ามีความหนามากจะทำให้มีน้ำหนักมาก ความร้อนสะสมมาก สิ้นเปลืองวัสดุซึ่งมีราคาแพงและการติดตั้งทำได้ลำบาก จึงออกแบบให้แผ่นหลังคาแต่ละแผ่นมีความหนาประมาณ 5 ซม. มีน้ำหนักต่อแผ่นประมาณ 140-160 กก. ซึ่งซีเมนต์ทนไฟมีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.175 W/m-K ที่ 550°C (mean temperature) ความร้อนสูญเสียผ่านหลังคาที่อุณหภูมิใช้งานในเตา 900°C จะมีค่าประมาณ 2100 W/m^2 ภายหลังจากการติดตั้งแผ่นหลังคาเรียบร้อยแล้ว ควรฉาบรอยต่อแผ่นหลังคาด้านในเตาด้วยซีเมนต์ทนไฟอีกครั้งเพื่อป้องกันการรั่วของอากาศเข้าสู่เตา

4.3.1.7 การทำช่องทางเดินก๊าซร้อน (ท่อเหล็ก)

ท่อที่เชื่อมต่อกับท่อก๊าซร้อนที่ออกจากเตา (ท่อก่ออิฐ) จะใช้ท่อเหล็กสี่เหลี่ยมขนาด 35 ซม. x 40 ซม. โดยใช้เหล็กแผ่นขนาดความหนา $1/16''$ ท่อก๊าซร้อนที่ออกจากเตาแต่ละเตา (ท่อเหล็กแนวตั้ง) จะมีแฉกเปอร์ดทำด้วยเหล็กแผ่นกันอยู่และเชื่อมต่อถึงกันโดยท่อก๊าซร้อนแนวนอนที่วางบนหลังคาเตาดังรูปที่ 4.8 ท่อแนวนอนบนหลังคาเตาเชื่อมต่อกันด้วยหน้าแปลนซึ่งเผื่อสำหรับการถอดประกอบ ตำแหน่งของท่อเหล็กแนวตั้งที่ต่อกับช่องทางเดินก๊าซร้อนที่ทางออกของเตาแต่ละเตา (ท่อก่ออิฐ) จะวางในตำแหน่งความยาว 2 ใน 3 ของความกว้างตัวเตาด้านทางออกก๊าซร้อนโดยจะอยู่ใกล้ตำแหน่งช่องพินของเตาถัดไปมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการไหลของก๊าซร้อนที่ออกจากเตาหนึ่งจะไหลเข้าสู่เตาถัดไปในตำแหน่งช่องซี่เก้า ทำให้การสันดาปไม้พินจะเกิดบริเวณใกล้ประตูช่องพินมากกว่าด้านในของตะแกรงช่องพิน หากเป็นเตาอุณหภูมิต่ำหรือเตาอบแห้งอิฐก็จะทำให้การไหลของก๊าซร้อนภายในเตากระจายไม่ทั่วถึงเท่าที่ควร ดังนั้นการวางตำแหน่งท่อแนวตั้งที่ความยาว 2 ใน 3 ของความผนังเตาด้านทางออกก๊าซร้อน จะช่วยกระจายแรงดูด ส่งผลให้การไหลของก๊าซร้อนภายในเตามีการกระจายดีขึ้น และท่อแนวตั้งท่อหนึ่งจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับท่อพัดลมดูดเพื่อระบายก๊าซร้อนออกสู่ปล่องเตาเผาอิฐที่มีช่องทางเดินอากาศและหลังเตาแสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 แนวการวางท่อก๊าซร้อนบนหลังคาเตา



รูปที่ 4.9 เตาเผาอิฐที่มีส่วนประกอบของท่อทางเดินก๊าซร้อนและหลังคาเตา

4.3.1.8 การทำประตูเตา

ประตูเตาเผาอิฐเป็นชิ้นส่วนที่มีการเปิด-ปิด ดังนั้นวัสดุที่นำมาทำจึงต้องมีน้ำหนักน้อยและมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนความร้อน ตัวโครงประตูทำด้วยเหล็กฉากขนาด $2" \times 3/16"$ เชื่อมด้วยเหล็กแบนขนาด $1\frac{1}{2}" \times 3/16"$ พาดตามแนวขวาง 5 แถว โดยเจาะรูขนาด 10 มม. ห่างประมาณ 20 ซม. สำหรับใส่โบลท์ยึดไฟเบอร์ ซึ่งในที่นี้เลือกใช้เซรามิกส์ไฟเบอร์ชนิดฝืน (standard blanket ceramics fiber) มีความหนาต่อฝืนเท่ากับ 25 มม. ความหนาแน่น 128 กก./ลบ.ม. สามารถใช้งานได้ถึงอุณหภูมิ 1260°C โดยมีค่าการนำความร้อน (thermal conductivity, k) เท่ากับ 0.085, 0.130, 0.175 และ 0.225 W/m-K ที่อุณหภูมิ 400, 600, 800 และ 1000°C ตามลำดับ ในการบุฉนวนประตูเตาจะใช้เซรามิกส์ไฟเบอร์ซ้อนกัน 4 ชั้น มีความหนาประมาณ 10 ซม. โดยออกแบบให้มีการถ่ายเทความร้อนผ่านประตูเตาไม่เกิน 1500 W/m^2 ที่อุณหภูมิใช้งานภายในเตา 900°C อุณหภูมิที่ผิวประตูด้านนอกจะมีค่าประมาณ 90°C ผิวประตูด้านนอกปิดด้วยแผ่นสังกะสียึดติดกับโครงประตูโดยการย้ำหมุดการบุฉนวนไฟเบอร์จะมีการซ้อนทับปิดรอยต่อระหว่างชั้นแล้วยึดด้วยโบลท์ขนาด $3/8" \times 4\frac{1}{2}"$ ร้อยผ่านผนังประตูเตาด้านนอกผ่านท่อสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $1/2" \times 3\frac{1}{2}"$ ที่ฝังอยู่ในฉนวนไฟเบอร์ ปิดทับด้วยแหวนรอง แล้วขันหัวนัตด้านในผนังประตู (ด้านบุฉนวน) จนกระทั่งแหวนรองชนท่อสแตนเลสพอดี

4.3.1.9 พัดลมดูดอากาศ

พัดลมดูดอากาศจะต้องมีขนาดและกำลังเพียงพอสำหรับเตาเผาอิฐ 4 เตา ซึ่งมีปริมาตรภายในรวมทั้งทางเดินอากาศทุกเตาเท่ากับ 50 ลบ.ม. การเลือกขนาดพัดลมสามารถประเมินได้ผลการจำลองแบบพลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐ จากผลการจำลองแบบในบทที่ 2 ที่ปริมาณอิฐ 3500 ก้อน (ใช้ปริมาณอิฐมากกว่าขนาดเตาที่ออกแบบไว้) มีอัตราการใช้อากาศสันดาป 1200 กก./ชม. อุณหภูมิเผา 1000°C มีอัตราการใช้ไม้ฟืนเท่ากับ 92.2 กก./ชม. ในการสมดุลมวลจะได้อัตราการไหลของก๊าซร้อนเท่ากับ 1292 กก./ชม. หรือคิดเป็นอัตราการไหลเชิงปริมาตรที่อุณหภูมิ 80°C (อุณหภูมิก๊าซร้อนที่สมมุติให้ออกสู่ปล่อง) ได้เท่ากับ 1300 ลบ.ม./ชม. ดังนั้นการเลือกขนาดพัดลมดูดจำเป็นต้องเลือกพัดลมที่ให้อัตราการไหลเชิงปริมาตรมากกว่าค่าที่คำนวณได้โดยเผื่อการสูญเสียการไหลผ่านท่อและกองอิฐภายในเตาประมาณ 50 % พัดลมที่เลือกใช้จึงควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 2050 ลบ.ม./ชม.

ในการใช้งานกับเตาที่สร้าง ได้เลือกใช้พัดลมขนาด 2800 ลบ.ม./ชม. ใช้กำลังขับ 5 แรงม้า (3.73 kW) ลักษณะใบพัดแบบปิด ซึ่งมีจำหน่ายในท้องตลาด ใบทำด้วยเหล็กแผ่นขึ้นรูปใช้งานที่อุณหภูมิต่ำกว่า 150 °C (อาจใช้ใบพัดลมที่ทำด้วยสแตนเลสแทนหากต้องการใช้งานที่อุณหภูมิสูงและทนการกัดกร่อนได้ดี)

บทที่ 5

การทดลองเผาอิฐจริงในเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

5.1 วัตถุประสงค์

เตาที่ออกแบบและสร้างในบทที่ 4 จะใช้ในการทดลองเผาอิฐจำนวน 6 รอบการเผา โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- เพื่อทดลองเผาอิฐจริงในเตาที่ออกแบบสร้างขึ้น
- เพื่อพิสูจน์การทำงานของเตาเผาอิฐเมื่อมีการเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง
- เพื่อหาค่าพลังงานจำเพาะในการเผาอิฐในเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง
- เพื่อหาเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการในการเผาอิฐสำหรับเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง อันจะนำไปสู่การวางแผนการผลิตและการควบคุมเตา
- เพื่อหาสมรรถนะโดยรวมของเตาเผาอิฐ
- เพื่อหาจุดบกพร่องของเตาเผาอิฐ

5.2 อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง

อุณหภูมิตามจุดต่างๆ วัดโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K ภายในเตาซึ่งมีอุณหภูมิสูงจะใช้ชนิดที่มีฉนวนทนอุณหภูมิได้สูง 1250 °C ค่าของอุณหภูมิอ่านโดยเทอร์โมมิเตอร์ชนิดแสดงผลเป็นตัวเลข (Omega HH81) สภาวะแวดล้อมของบรรยากาศอันได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นวัดโดยสลิ้งไครมิเตอร์ ส่วนความเร็วลมวัดโดยใช้เครื่องวัดชนิดใบพัด (Vane anemometer, Digicon DA-42 ช่วงวัด 0.2-40 m/s ความละเอียด±2%) ข้อมูลอุณหภูมิที่วัดกับเตาจัดเก็บโดยเครื่องเก็บข้อมูลชนิดหลายช่อง (Datataker, DT100F) และถ่ายลงคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล อัตราการใช้ไม้ฟืนวัดโดยตาชั่งสปริงขนาด 0-60 กก. ความละเอียด ±0.5 กก. การหาความชื้นของอิฐดิบและไม้ฟืน ใช้ตู้อบไฟฟ้าและตาชั่งชนิดแสดงผลตัวเลข (Libror EB-3200H) ความละเอียด 0.01 ก.

5.3 การทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

5.3.1 การอุ่นเตาเผาอิฐ

เป็นการทำให้โครงสร้างของเตาที่ยังไม่ได้ผ่านการเผาได้รับความร้อนและมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง (ขยายตัว) เพื่อให้ปูนทนไฟที่ประสานระหว่างอิฐกึ่งมีความแข็งแรงตัวสามารถทนอุณหภูมิสูงในขณะการเผาอิฐจริงได้ การอุ่นเตาทำได้โดยการใส่หินในปริมาณน้อยในทุกเตา (ทั้ง 4 เตา) และควบคุมอุณหภูมิเผาให้อยู่ระหว่าง $100-200^{\circ}\text{C}$ 10 ชั่วโมงแรกของการเผา จากนั้นจึงค่อยเพิ่มอุณหภูมิ (โดยการเพิ่มการป้อนไม้ฟืน) ขึ้นเป็น 300, 400 และ 500°C ในทุก 5 ชั่วโมงถัดไป แล้วคงไว้ที่ 500°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมงจึงหยุดอุ่นเตา

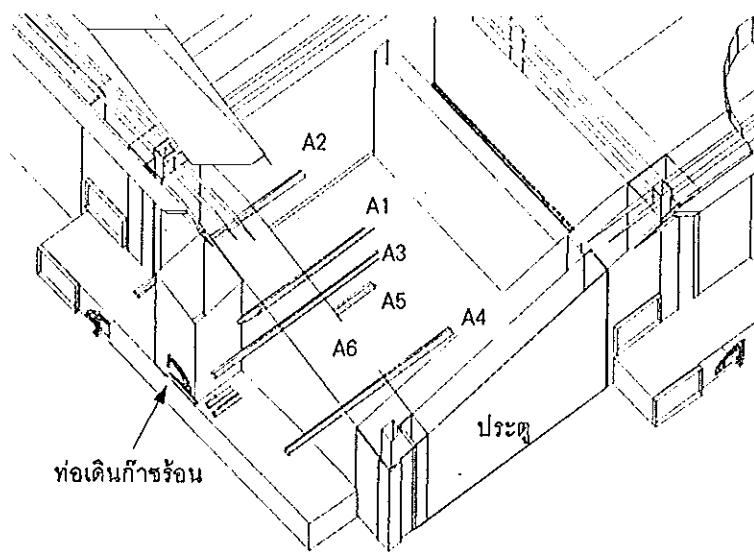
5.3.2 การเก็บข้อมูลการทดสอบเตาเผาอิฐและวิธีการทดลอง

5.3.2.1 ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นอากาศ

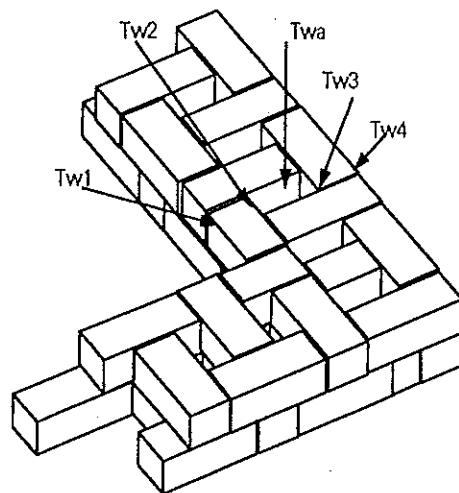
ในการทดลองจะวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเผา, อุณหภูมิอิฐ, อุณหภูมิผนังทุกด้าน, อุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศขณะเผาและอุณหภูมิอากาศที่ออกสู่ปล่อง การวัดอุณหภูมิภายในเตาจะวัดบริเวณเหนือกองอิฐ 1 จุด และภายในกองอิฐ 5 จุด โดยชั้นกลาง 3 จุด เพื่อดูการกระจายอุณหภูมิในตำแหน่งต่างๆ และชั้นล่าง 2 จุด เนื่องจากบรรยากาศภายในเตาเผาอิฐขณะเผาจะมีทั้งสภาวะออกซิเดชันและรีดักชันที่อุณหภูมิสูงซึ่งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ใช้ไม่สามารถทนต่อสภาพดังกล่าวได้นานถึงแม้จะมีการป้องกันเป็นอย่างดี (สายเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ใช้เป็นชนิด K มีลวดสเตนเลสถักหุ้มชั้นนอกและใยแก้วถักหุ้มชั้นใน) จึงทำให้สิ้นเปลืองสายเทอร์โมคัปเปิ้ลซึ่งมีราคาแพงเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงป้องกันอีกชั้นหนึ่งโดยร้อยสายเทอร์โมคัปเปิ้ลเข้ากับท่อสเตนเลสแล้วใส่ทรายแห้งลงในท่อเพื่อเป็นฉนวนความร้อน จากนั้นจึงใช้ฉนวนทนไฟอุดบริเวณปลายท่อทั้ง 2 ด้านเพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนและอากาศเข้าไปได้

ตำแหน่งการติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ลภายในเตาจะเรียงจากบนลงล่างและซ้ายไปขวาเมื่ออยู่ภายในเตาและหันหน้าเข้าหาผนังช่องใส่ฟืน เช่น ในเตา A จะมีสัญลักษณ์เป็น A1 (ก๊าซร้อนเหนือกองอิฐ), A2-A4 อิฐชั้นกลาง, A5-A6 (อิฐชั้นล่าง) เป็นต้น (รูปที่ 5.1) วัดอุณหภูมิผนังเตา (แสดงดังรูปที่ 5.2) และหลังคาเตาเพื่อหาปริมาณความร้อนที่สูญเสีย โดยจุดที่วัดอุณหภูมิได้แก่ อุณหภูมิผนังเตาด้านใน (T_{w1}), อุณหภูมิผนังระหว่างช่องอากาศ (T_{w2} , T_{w3}), อุณหภูมิอากาศในช่องว่างผนังเตา (T_{wa}), อุณหภูมิผนังเตาด้านนอก (T_{w4}), อุณหภูมิด้านในและด้านนอกของหลังคาเตา (อุณหภูมิหลังคาด้านในถือว่ามีความเท่าเท่ากับ

อุณหภูมิอากาศเหนือกองอิฐ) สำหรับอุณหภูมิผนังด้านประตูเตาและช่องทางเดินอากาศร้อน (ท่อก่ออิฐ ดังรูปที่ 5.1) จะวัดโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบสัมผัส ค่าอุณหภูมิอิฐภายในเตาและผนังเตาจะถูกบันทึกโดยเครื่องบันทึกข้อมูลและส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ทุกช่วงเวลา 30 นาที



รูปที่ 5.1 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิ้ลในเตา



รูปที่ 5.2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิในผนังเตาเพื่อหาความร้อนสะสมและสูญเสียผ่านผนัง

5.3.2.2 อัตราการไหลของอากาศ

อัตราการไหลของอากาศที่เข้าแต่ละเตาและที่ออกสู่ปล่องไม่สามารถวัดในขณะที่มีการนำอากาศร้อนจากอีกเตาหนึ่งไปใช้ในระหว่างการเผาได้เนื่องจากเครื่องมือวัดไม่สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่า 60°C ได้ ดังนั้นจึงต้องวัดก่อนการเผาและมีอิฐเรียงอยู่ภายในทุกเตาขณะเปิดพัดลมดูด โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม ส่วนระหว่างการเผาสามารถวัดอัตราการไหลอากาศเข้าสู่เตาได้ในกรณีเตาที่วัดเป็นเตาลดอุณหภูมิ โดยการวัดความเร็วของอากาศที่เข้าทางประตูช่องซีเมนต์

5.3.2.3 ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ในการเผา

การวัดปริมาณไม้ฟืนใช้การชั่งน้ำหนักของไม้ฟืนโดยตาชั่งสปริงและบันทึกค่าที่อ่านได้ทุกครั้งในแต่ละช่วงเวลาที่มีการใส่ไม้ฟืน

5.3.2.4 สัดส่วนความชื้นในไม้ฟืน

การหาสัดส่วนความชื้นในไม้ฟืนทำได้โดยการนำชิ้นไม้ตัวอย่าง 20 ชิ้น ตัดจากกึ่งกลางฟืนเป็นชิ้นยาวประมาณ 5-10 ซม. ทำเครื่องหมายแต่ละชิ้นชั่งน้ำหนักก่อนอบด้วยตาชั่งดิจิตอลแล้วนำไปอบในเตาอบที่ 120°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำออกมาชั่งน้ำหนัก คำนวณหาสัดส่วนความชื้น (ฐานแห้ง)

5.3.2.5 สัดส่วนความชื้นในอิฐดิบ

ทำเช่นเดียวกับการหาสัดส่วนความชื้นในไม้ฟืนโดยนำอิฐดิบ 20 ก้อนมาทำเครื่องหมายแล้วชั่งน้ำหนักก่อนอบ นำไปอบที่ 120°C เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักหลังการอบ คำนวณหาสัดส่วนความชื้น (ฐานแห้ง)

5.3.2.6 สัดส่วนการดูดกลืนน้ำของอิฐสุก ได้ทำตามวิธีการที่กำหนดใน มอก. 153/2533 โดยการนำตัวอย่างอิฐสุก 10 ก้อนมาชั่งน้ำหนักก่อนแช่น้ำ แล้วนำไปแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำขึ้นมาเช็ดให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนักอีมน้ำ คำนวณหาสัดส่วนการดูดกลืนน้ำ (ฐานแห้ง) เพื่อนำไปเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 153/2533)

5.3.2.7 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเตาเผาอิฐ ทำได้โดยการบันทึกค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ชั่วโมงมิเตอร์ที่ต่ออยู่ระหว่างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับมอเตอร์พัดลมดูดในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละกระบวนการ

5.3.3 การเผาอิฐ

ในการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องจะใช้อักษร A, B, C และ D แทนชื่อเตาทั้ง 4 ดังรูปที่ 5.3 สำหรับแدمเปอร์เปิด-ปิดการไหลของอากาศ ใช้สัญลักษณ์ดังนี้

dAi คือ แคมเปอร์เปิดอากาศร้อนเข้าสู่เตา A

dAo คือ แคมเปอร์เปิดอากาศจากเตา A ออกสู่ปล่อง กรณีเตา A เป็นเตาอบแห้งอิฐ

dBi คือ แคมเปอร์เปิดอากาศร้อนเข้าสู่เตา B

dBo คือ แคมเปอร์เปิดอากาศจากเตา B ออกสู่ปล่อง กรณีเตา B เป็นเตาอบแห้งอิฐ

dCi คือ แคมเปอร์เปิดอากาศร้อนเข้าสู่เตา C

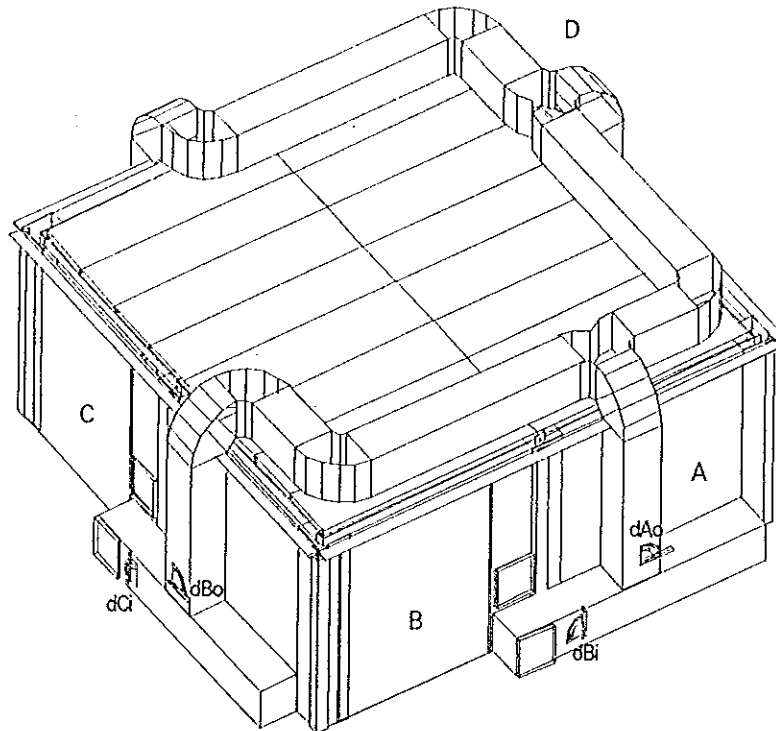
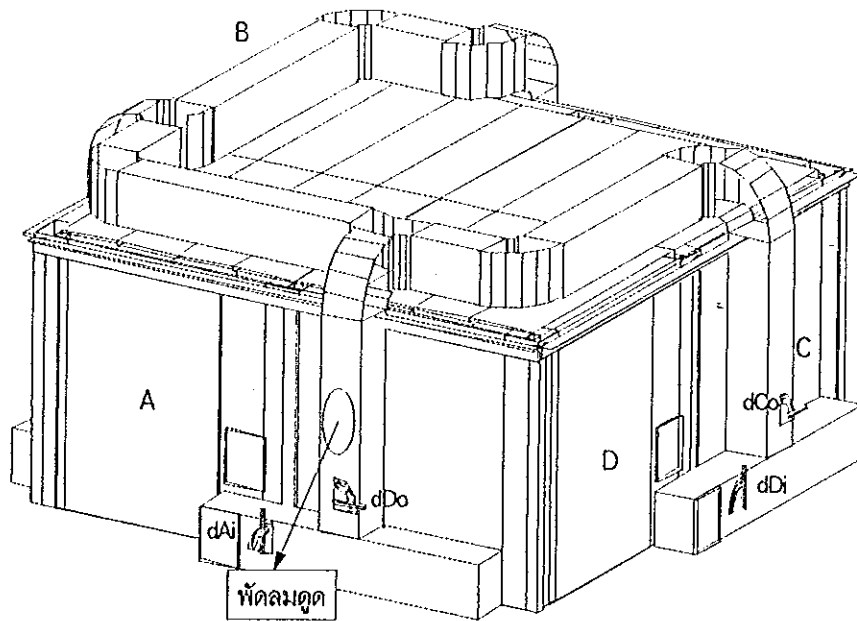
dCo คือ แคมเปอร์เปิดอากาศจากเตา C ออกสู่ปล่อง กรณีเตา C เป็นเตาอบแห้งอิฐ

dDi คือ แคมเปอร์เปิดอากาศร้อนเข้าสู่เตา D

dDo คือ แคมเปอร์เปิดอากาศจากเตา D ออกสู่ปล่อง กรณีเตา D เป็นเตาอบแห้งอิฐ

เริ่มต้นทุกเตามีอิฐดิบเรียงอยู่ภายใน 2237 ก่อนต่อเตา การเผาจะเริ่มใส่ฟืนในเตา A เป็นเตาแรกเพื่อไล่น้ำในอิฐ โดยการปิดแคมเปอร์ dAi, dBi และ dDo เปิดแคมเปอร์ dAo แต่ปล่อยให้อากาศออกสู่ปล่อง การควบคุมอุณหภูมิในเตา A ในช่วงการไล่น้ำจะควบคุมไว้ที่ 100-150 °C (อุณหภูมิอากาศเหนือกองอิฐ) หลังจากอุณหภูมิอิฐชั้นล่างในเตา A มีอุณหภูมิถึง 100 °C และควันขาวที่ออกจากปล่องหมดไป (สิ้นสุดช่วง water smoking) แคมเปอร์ dBi และ dBo จะถูกเปิดเพื่อให้อากาศที่ออกจากเตา A ซึ่งแน่ใจว่าไม่มีความร้อนหลงเหลือเข้าอบแห้งอิฐในเตา B ได้ แคมเปอร์ dAo, dCi และ dDo จะปิด ปล่อยให้อากาศที่ออกจากเตา B ออกสู่ปล่อง โดยเตา C และ D จะไม่มีอากาศไหลผ่าน เมื่อการไล่น้ำในเตา B เสร็จสิ้นก็ให้ไล่น้ำในเตา C และ D ต่อไปตามลำดับ (ในทางปฏิบัติจริงสามารถไล่น้ำโดยพร้อมกันทุกเตาโดยการใส่ฟืนในเตาทุกเตาแล้วควบคุมอุณหภูมิภายในเตา) ในช่วงการไล่น้ำของเตา B การป้อนฟืนในเตา A จะเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิเผาในเตา A สูงขึ้นก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการเผา การที่เตา A จะเข้าสู่กระบวนการเผาและเตา B เข้าสู่กระบวนการอุ่นอิฐขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเหนือกองอิฐในเตา C ว่ามีอุณหภูมิเท่าใด ถ้าอุณหภูมิในเตา C ไม่เกินช่วง 100-150 °C โดยที่อุณหภูมิในเตา A อยู่ในช่วง 400-900 °C เตา A จะอยู่ในกระบวนการเผา

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเผาในเตา A เตา B จะเป็นเตาถัดไปที่เริ่มกระบวนการเผา ส่วนเตา A จะเป็นเตาลดอุณหภูมิ โดยการใช้อากาศภายนอกไหลผ่านโดยการเปิดประตูช่องซี่เต้าของเตา A อากาศที่ผ่านเตา A จะถูกอุ่นเพื่อเป็นอากาศสันดาปในเตา B แล้วก๊าซร้อนที่



รูปที่ 5.3 สัญลักษณ์แทนเตาแต่ละเตา

ได้จะเข้าสู่เตาอุณหภูมิ (โดยการเปิดแฉก dCi ปิดแฉก dBo) แล้วเข้าสู่เตาอบแห้งอุณหภูมิ D (โดยการเปิดแฉก dDi ปิดแฉก dCo) จากนั้นก๊าซร้อนจะออกสู่ปล่อง (โดยการ

เปิดแดมเปอร์ dDo) หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการเผาในเตา B จะดับไฟในเตา B และรอให้อิฐในเตา A เย็น ในขณะเดียวกันอิฐในเตา B จะถูกทำให้เย็นโดยใช้อากาศจากเตา A (หรืออากาศจากภายนอก) ให้ไหลผ่านแล้วปล่อยออกสู่ปล่อง (dAi, dCi และ dDo ปิด, dAo และ dBo เปิด) เมื่ออิฐในเตา A เย็น (อุณหภูมิอิฐชั้นล่าง 60 °C) นำอิฐสุกออกและนำอิฐดิบเข้าเพื่ออบแห้งและเริ่มกระบวนการเผาในเตา C ต่อไป ในการทดสอบเตาเผาอิฐจะเผาไล่ตามลำดับจากเตา A เรียงตามเข็มนาฬิกาจนกระทั่งครบรอบการเผาในเตา B อีกครั้งหนึ่งจึงหยุดทดสอบ การเผาพร้อมทั้งสิ้น 6 รอบ เมื่อสิ้นสุดการเผาในรอบที่ 6 จะปิดเตา B และ C (เตา D และ A จะเป็นเตาลดอุณหภูมิ จึงยังคงให้อากาศไหลผ่าน) แล้วเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐภายในเตาทุกเตา โดยไม่มีอากาศไหลผ่านเตาลดอุณหภูมิอิฐ (B) และเตาอุ่นอิฐ (C) เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนการทำงานของเตา

5.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบเตาเผาอิฐ

5.4.1 การคำนวณหาค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการเผาอิฐ

ในการคำนวณค่าพลังงานจำเพาะจะคิดจากพลังงานของไม้ฟืนที่ป้อนให้เตาทั้งหมดตลอดช่วงระยะเวลาที่เตาเริ่มเข้าสู่กระบวนการเผาจนสิ้นสุดการเผาของเตานั้น

พลังงานจำเพาะคือ ความร้อนที่ใช้เผาอิฐต่อหน่วยน้ำหนักอิฐสุก

$$Q_t = m_f \times HV \quad (5.1)$$

$$E_s = \frac{Q_t}{m_b} \quad (5.2)$$

โดยที่ Q_t = พลังงานจากไม้ฟืนทั้งหมด (kJ)

E_s = พลังงานจำเพาะ (kJ/kg)

m_f = น้ำหนักไม้ฟืนที่ใช้ทั้งหมด (kg)

HV = ค่าความร้อนของไม้ฟืนที่ความชื้นใช้เผา (kJ/kg)

m_b = น้ำหนักอิฐสุก (kg)

สำหรับค่าความร้อนของไม้ฟืนขึ้นอยู่กับสัดส่วนความชื้นในไม้ฟืนแสดงดังตารางที่

ผ.5.1 ในภาคผนวก ผ.5

5.4.2 การคำนวณหาพลังงานที่สูญเสียในแต่ละเตาระหว่างกระบวนการเผา

5.4.2.1 พลังงานที่สูญเสียผ่านผนัง ใช้สมการการนำความร้อนระหว่างผนัง ด้านในและด้านนอก มีสมการเป็น

$$Q_{\text{wall}} = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{t=1}^j (Ak \frac{\Delta T}{\Delta X} dt)_t \right)_i \quad (5.3)$$

โดยที่ Q_{wall} = ปริมาณความร้อนที่สูญเสีย (J)

A = พื้นที่สูญเสียความร้อน (m^2)

k = ค่าการนำความร้อนของผนังสองชั้นมีโพรงอากาศ (W/m K)

ΔT = ความแตกต่างเฉลี่ยของอุณหภูมิของผนังในช่วงเวลา dt ($^{\circ}\text{C}$)

ΔX = ความหนาของผนัง (m)

i = ผนังที่มีการสูญเสียความร้อน

j = เวลาที่สูญเสียความร้อน

dt = ช่วงเวลาที่มีการสูญเสียความร้อน (s)

การหาพลังงานสูญเสียผ่านผนังทั้งหมดให้วิธีการหาผลรวมจากเวลาเริ่มเผาจนถึงเวลาสิ้นสุดการเผาของผนังทุกเตาที่มีการรับความร้อน ผนังที่มีการรับความร้อนและสูญเสียความร้อนผ่านได้แก่ ผนังเตา, หลังคาเตา, พื้นเตา, ประตูเตาและท่อทางเดินอากาศร้อน ค่าอุณหภูมิแต่ละค่าที่ใช้ในการคำนวณจะได้จากการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาที่ติดกัน คือ $\left(\frac{T_j + T_{j+1}}{2} \right)$

5.4.2.2 พลังงานที่สะสมในเตา คือความร้อนที่ทำให้โครงสร้างของเตามีอุณหภูมิสูงขึ้น

$$\text{ใช้สมการ } Q_{\text{kin}} = \sum_{i=1}^n (mC_p \Delta T)_i \quad (5.4)$$

โดยที่ Q_{kin} = ปริมาณความร้อนที่สะสมในเตาในกระบวนการเผา (kJ)

m = มวลของวัสดุที่ใช้ทำเตา (kg)

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุ ($\text{kJ/kg } ^{\circ}\text{C}$)

ΔT = ค่าผลต่างของอุณหภูมิวัสดุที่เวลาเริ่มต้นการเผากับที่อุณหภูมิสูงสุด
ของกระบวนการเผา (°C)

ผนังที่มีการรับความร้อนและสะสมความร้อนได้แก่ ผนังเตา, หลังคาเตา, พื้นเตา, ประตูเตา, ผนังกันไฟและท่อทางเดินอากาศร้อน การคำนวณจะหาผลรวมของปริมาณความร้อนที่วัสดุทำเตาสะสมความร้อนโดยใช้ความแตกต่างของอุณหภูมิวัสดุจากอุณหภูมิเริ่มต้นของกระบวนการเผาจนถึงอุณหภูมิสูงสุดของกระบวนการเผา ซึ่งค่าอุณหภูมิเหล่านี้ได้มาจากการหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิวัสดุโครงสร้างเตาที่รับความร้อน

5.4.2.3 พลังงานที่สูญเสียออกสู่ปล่อง คำนวณได้จากอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศที่ออกจากปล่องตั้งแต่เริ่มกระบวนการเผาจนถึงสิ้นสุดกระบวนการเผาของแต่ละเตา โดยค่าอุณหภูมิแต่ละค่าที่ใช้ในการคำนวณจะได้จากการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาที่ดีักัน

$$\text{ใช้สมการ } Q_{\text{stack}} = \sum_{t=1}^j \dot{m} C_p \Delta T dt \quad (5.5)$$

$$\text{หรือสมการ } Q_{\text{stack}} = \sum_{t=1}^j \dot{m} (h_e - h_i) dt \quad (5.6)$$

โดยที่ Q_{stack} = ปริมาณความร้อนที่สูญเสีย (kJ)

\dot{m} = อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

ΔT = ค่าผลต่างเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศที่เข้าเตาและออกสู่ปล่อง (°C)

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศที่ออกสู่ปล่อง (kJ/kg °C)

h_e = ค่าเอนทาลปีของอากาศที่ออกสู่ปล่อง (kJ/kg)

h_i = ค่าเอนทาลปีของอากาศที่เข้าเตา (kJ/kg)

5.4.3 พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทสู่อิฐ

คำนวณจากผลต่างของพลังงานความร้อนจากไม้พื้นที่ใช้ทั้งหมดระหว่างกระบวนการเผากับพลังงานความร้อนที่สูญเสียทั้งหมดระหว่างกระบวนการเผา

$$Q_{\text{brick}} = Q_i - (Q_{\text{wall}} + Q_{\text{kiln}} + Q_{\text{stack}}) \quad (5.7)$$

Q_{brick} = พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทสู่อิฐ (kJ)

5.4.4 การคำนวณหาสัดส่วนความชื้น

5.4.3.1 สัดส่วนความชื้นในไม้พื้น

สัดส่วนความชื้นในไม้พื้นหาได้จาก

$$\frac{\text{น้ำหนักไม้พื้นหลังการอบ} - \text{น้ำหนักไม้พื้นก่อนการอบ}}{\text{น้ำหนักไม้พื้นหลังการอบ}} \times 100 \% \quad (5.8)$$

5.4.3.2 สัดส่วนความชื้นในอิฐดิบ

สัดส่วนความชื้นในอิฐดิบหาได้จาก

$$\frac{\text{น้ำหนักอิฐดิบหลังการอบ} - \text{น้ำหนักอิฐดิบก่อนการอบ}}{\text{น้ำหนักอิฐดิบหลังการอบ}} \times 100 \% \quad (5.9)$$

5.4.4 การหาสัดส่วนการดูดกลืนน้ำของอิฐสุก

สัดส่วนการดูดกลืนน้ำของอิฐสุกหาได้จาก

$$\frac{\text{น้ำหนักอิฐสุกหลังการแช่น้ำ} - \text{น้ำหนักอิฐสุกก่อนการแช่น้ำ}}{\text{น้ำหนักอิฐสุกก่อนการแช่น้ำ}} \times 100 \% \quad (5.10)$$

5.5 ผลและอภิปรายผลการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

การทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง ทดสอบโดยการเผาอิฐเตาละ 2237 ก้อน ทั้งหมด 6 รอบ เริ่มต้นที่เตา A และสิ้นสุดที่เตา B ของการเผา เป็นครั้งที่ 2 การทดลองใช้เวลาประมาณ 100 ชั่วโมง ได้ข้อมูลการทดลองแสดงในภาคผนวก ผ.6 โดยมีกระบวนการต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.1

5.5.1 กระบวนการในแต่ละเตา

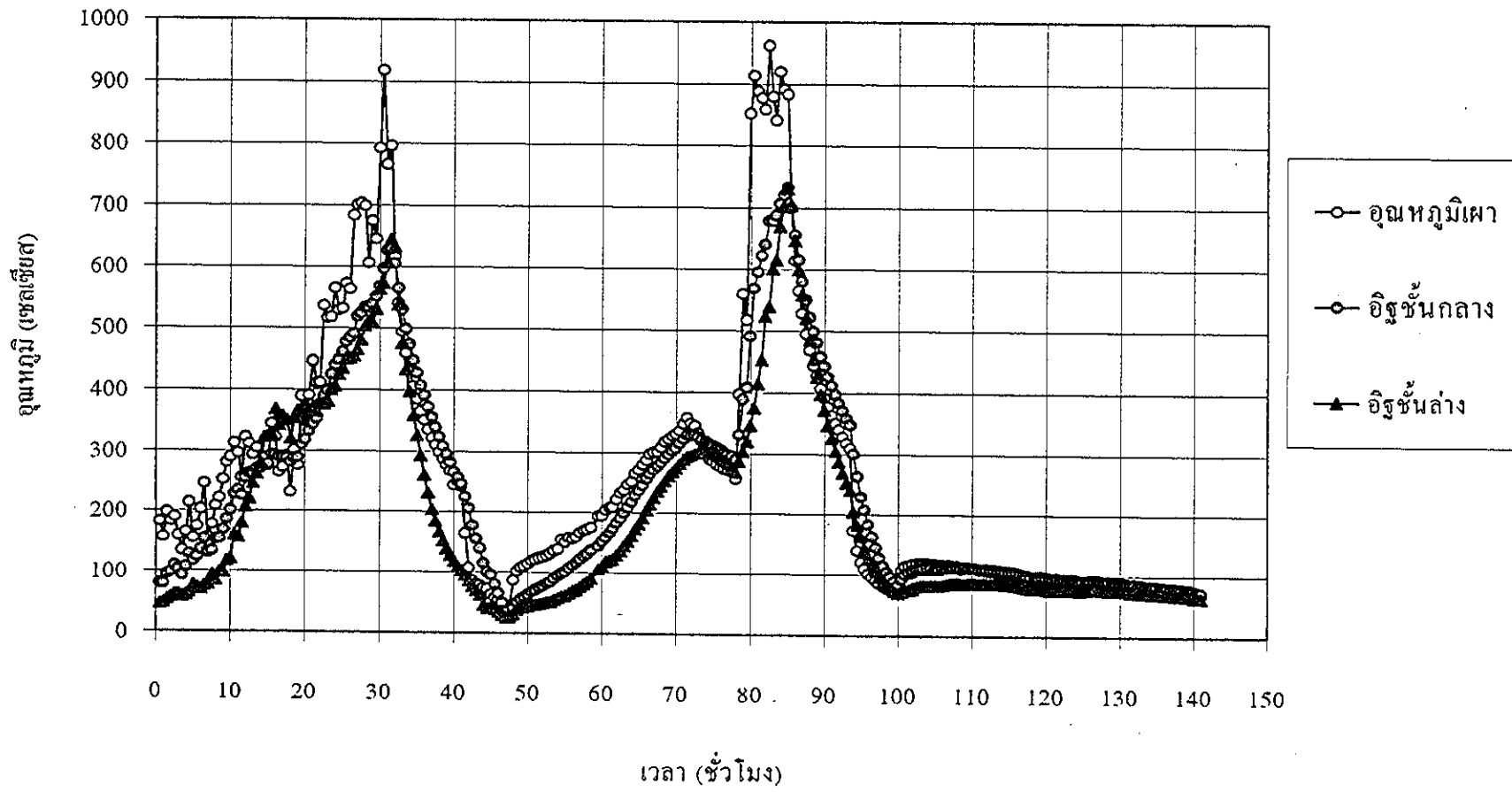
รูปที่ 5.4-5.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐในเตาทั้ง 4 โดยเตา A และ B ปรากฏการเผา 2 รอบ แต่ เตา C เผา 1 รอบ อุณหภูมิ 1 รอบ ในขณะที่เตา D มีการเผาเพียงรอบเดียว อิฐชั้นล่างสุดของเตาทั้ง 4 ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการทดลอง (141 ชม.) แสดงอยู่ในรูปที่ 5.8

จากรูปที่ 5.4 เตา A เสร็จสิ้นกระบวนการอบแห้งชั่วโมงที่ 9.3 โดยช่วงอุณหภูมิก๊าซร้อนที่ใช้ในการอบเท่ากับ $150-250^{\circ}\text{C}$ การอุ่นอิฐในเตา A สิ้นสุดที่ชั่วโมง 20.77 (ใช้เวลา 11.5 ชั่วโมง) ในขณะที่เตา B (รูปที่ 5.5) เป็นช่วงการอบแห้งอิฐจากการเปิดให้อากาศจากเตา A ไหลผ่านเตา B แล้วออกสู่ปล่อง เตา A เริ่มกระบวนการเผาชั่วโมงที่ 20.77 จากอุณหภูมิอิฐชั้นล่าง 350°C ส่วนเตา B จะเข้าสู่กระบวนการอุ่นอิฐ เตา C (รูปที่ 5.6) จะเป็นกระบวนการอบแห้งอิฐโดยในอากาศที่ผ่านจากเตา B มีอุณหภูมิเริ่มต้น 100°C เตา A ใช้เวลาในการเผาทั้งสิ้น 11 ชั่วโมง สิ้นสุดที่ชั่วโมง 31.77 ใช้อุณหภูมิเผาสูงสุด 920°C ได้อิฐชั้นล่างมีอุณหภูมิถึง 650°C

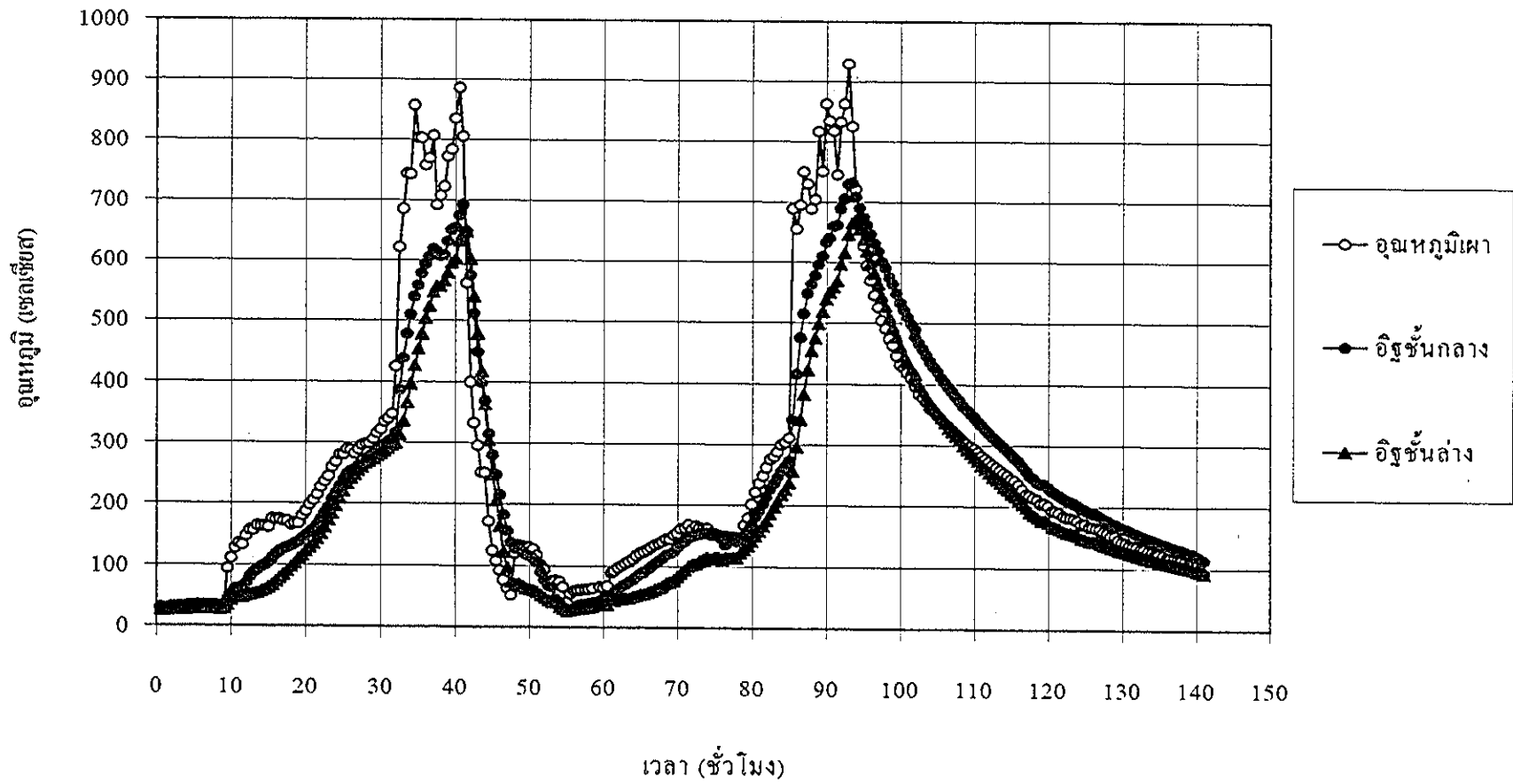
เมื่อเตา A สิ้นสุดการเผาถือได้ว่าเตาทั้ง 4 เข้าสู่สภาวะที่มีกระบวนการครบ 4 กระบวนการ (อบแห้ง, อุ่น, เผา, ลดอุณหภูมิ) ดังในรูปที่ 5.9 เตา B เริ่มการเผาจากชั่วโมงที่ 31.77 เริ่มต้นที่อุณหภูมิอิฐชั้นล่าง 310°C จนถึง 650°C ในชั่วโมงที่ 41.27 (ใช้เวลา 9.5 ชั่วโมง) ใช้อุณหภูมิเผาสูงสุดเท่ากับ 880°C เตา A ซึ่งขณะนี้เปลี่ยนเป็นเตาลดอุณหภูมิโดยอุณหภูมิอิฐชั้นล่างลดลงจาก 650 เหลือ 100°C จากการไหลผ่านของอากาศเพื่อให้อากาศสันดาปในช่วงเวลาที่เตา B อยู่ระหว่างกระบวนการเผา สำหรับในเตา C อิฐชั้นล่างถูกอุ่นจนมีอุณหภูมิ 360°C สำหรับเตา D จะอบแห้งอิฐและเพิ่มอุณหภูมิอิฐจนถึง 160°C ที่ชั่วโมง 41.27 ไม่มีกระบวนการเผาในเตาใดๆแต่จะมีกระบวนการลดอุณหภูมิเกิดขึ้น 2 เตาคือ เตา A และเตา B การไหลของอากาศหลังจากชั่วโมงที่ 41.27 จะไหลผ่านแยกกันเพียง 2 เตานี้เท่านั้น ส่วนหนึ่งไหลผ่านเตา A แล้วออกสู่ปล่อง อีกส่วนหนึ่งไหลผ่านเตา B แล้วออกสู่

ตารางที่ 5.1 กระบวนการทำงานของแต่ละเตาตลอดระยะเวลาการทดสอบเตา

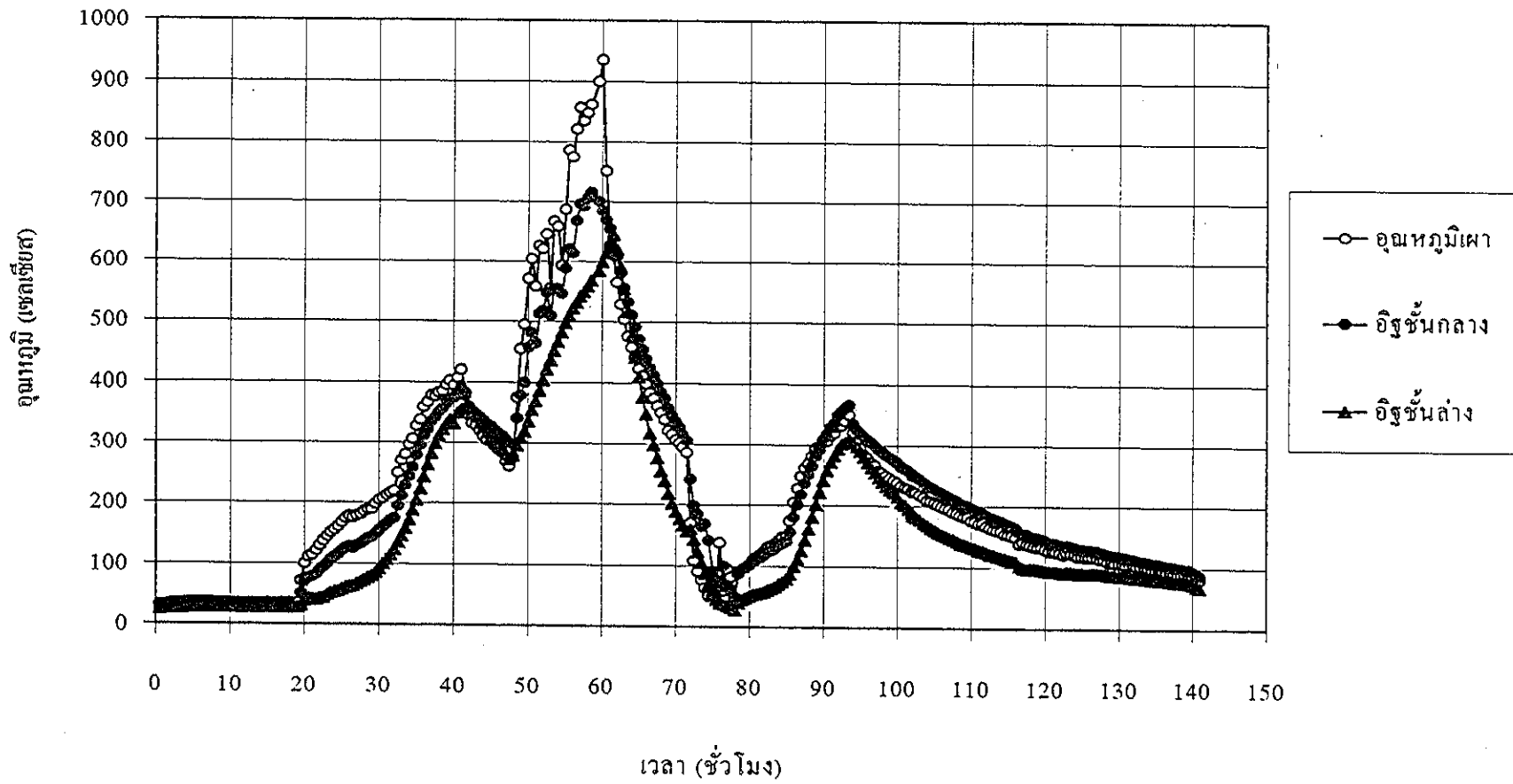
ชั่วโมงที่	กระบวนการในแต่ละเตา				การไหลของอากาศ
	A	B	C	D	
0-9.27	อบแห้งอิฐ	-	-	-	อากาศ->A->ปล่อง
9.27-19.27	อุ่นอิฐ	อบแห้งอิฐ	-	-	อากาศ->A->B-ปล่อง
19.27-20.77	อุ่นอิฐ	อุ่นอิฐ	อบแห้งอิฐ	-	อากาศ->A->B->C->ปล่อง
20.77-25.77	เผาอิฐ	อุ่นอิฐ	อบแห้งอิฐ	-	อากาศ->A->B->C->ปล่อง
25.77-31.77	เผาอิฐ	อุ่นอิฐ	อบแห้งอิฐ	อบแห้งอิฐ	อากาศ->A->B->C->D->ปล่อง
31.77-41.27	ลดอุณหภูมิ	เผาอิฐ	อุ่นอิฐ	อบแห้งอิฐ	อากาศ->A->B->C->D->ปล่อง
41.27-44.27	ลดอุณหภูมิ	ลดอุณหภูมิ	-	-	อากาศ->A->ปล่อง ↳B->ปล่อง, C_D ปิด
44.27-47.27	นำอิฐออก-เข้า	ลดอุณหภูมิ	-	-	อากาศ->B->ปล่อง, C_D ปิด
47.59-53.27	อบแห้งอิฐ	ลดอุณหภูมิ	เผาอิฐ	อุ่นอิฐ	อากาศ->B->C->D->A->ปล่อง
53.27-54.77	อบแห้งอิฐ	นำอิฐออก-เข้า	เผาอิฐ	อุ่นอิฐ	อากาศ->B->C->D->A->ปล่อง
54.77-60.27	อบแห้งอิฐ	-	เผาอิฐ	อุ่นอิฐ	B_ปิด, อากาศ->C->D->A->ปล่อง
60.27-71.34	อุ่นอิฐ	อบแห้งอิฐ	ลดอุณหภูมิ	เผาอิฐ	อากาศ->C->D->A->B->ปล่อง
71.34-73.49	อุ่นอิฐ	อุ่นอิฐ	ลดอุณหภูมิ	ลดอุณหภูมิ	อากาศ->C->ปล่อง ↳D->A->B->ปล่อง
73.49-75.69	-	-	ลดอุณหภูมิ	-	A_B_D ปิด, อากาศ->C->ปล่อง
75.69-77.51	-	-	นำอิฐออก-เข้า	-	อากาศ->C->ปล่อง, D_A_B ปิด
77.69-84.69	เผาอิฐ	อุ่นอิฐ	อบแห้งอิฐ	ลดอุณหภูมิ	อากาศ->D->A->B->C->ปล่อง
84.69-93.19	ลดอุณหภูมิ	เผาอิฐ	อบแห้งอิฐ	ลดอุณหภูมิ	อากาศ->D->A->B->C->ปล่อง
93.19-99.69	ลดอุณหภูมิ	-	-	ลดอุณหภูมิ	B_C ปิด, อากาศ->D->A->ปล่อง
99.69-141.24	-	-	-	-	ไม่มีอากาศผ่านเตาทุกเตา
141.24	หยุดบันทึกข้อมูล				



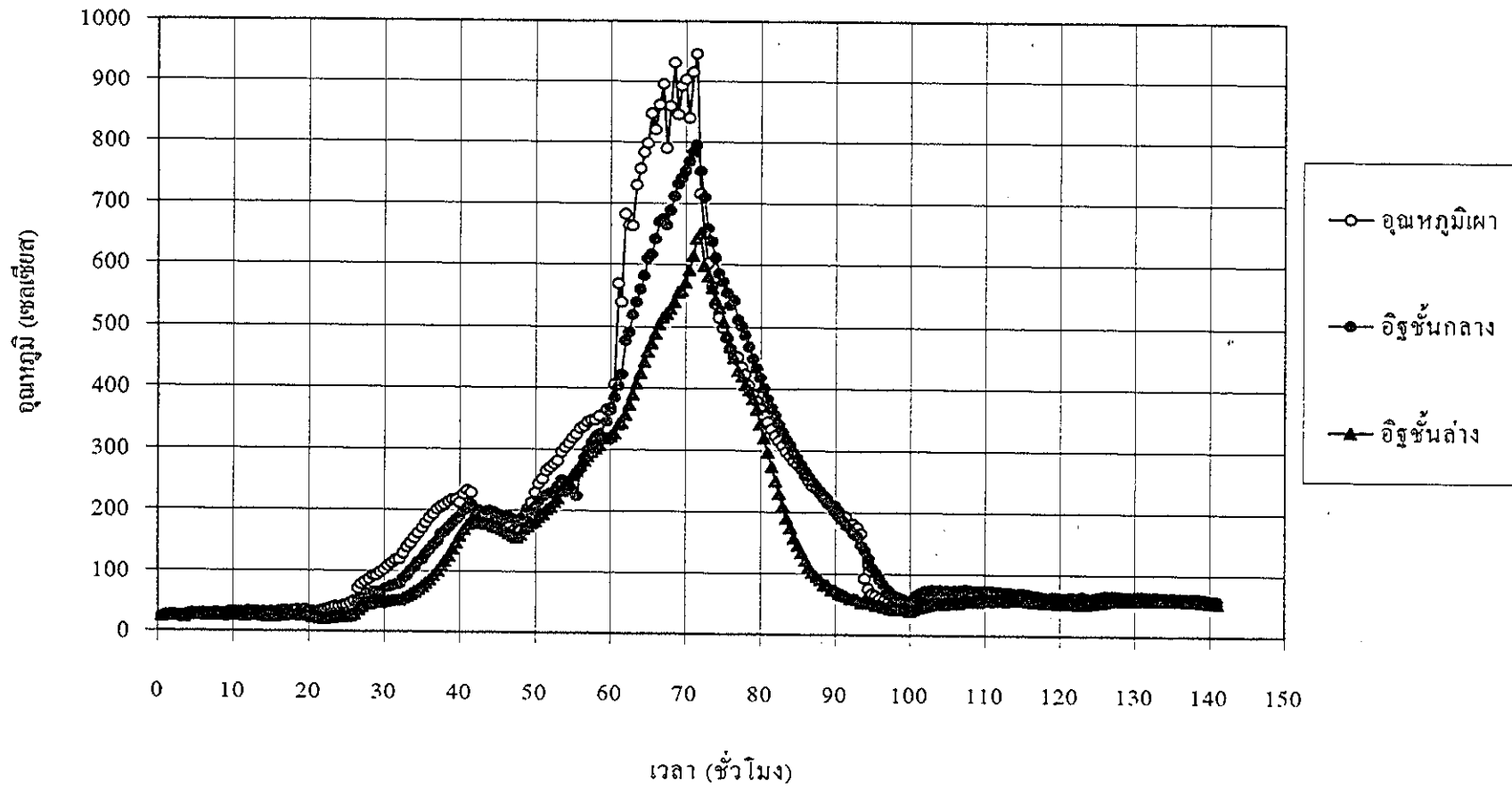
รูปที่ 5.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐและอุณหภูมิผาในเตา A



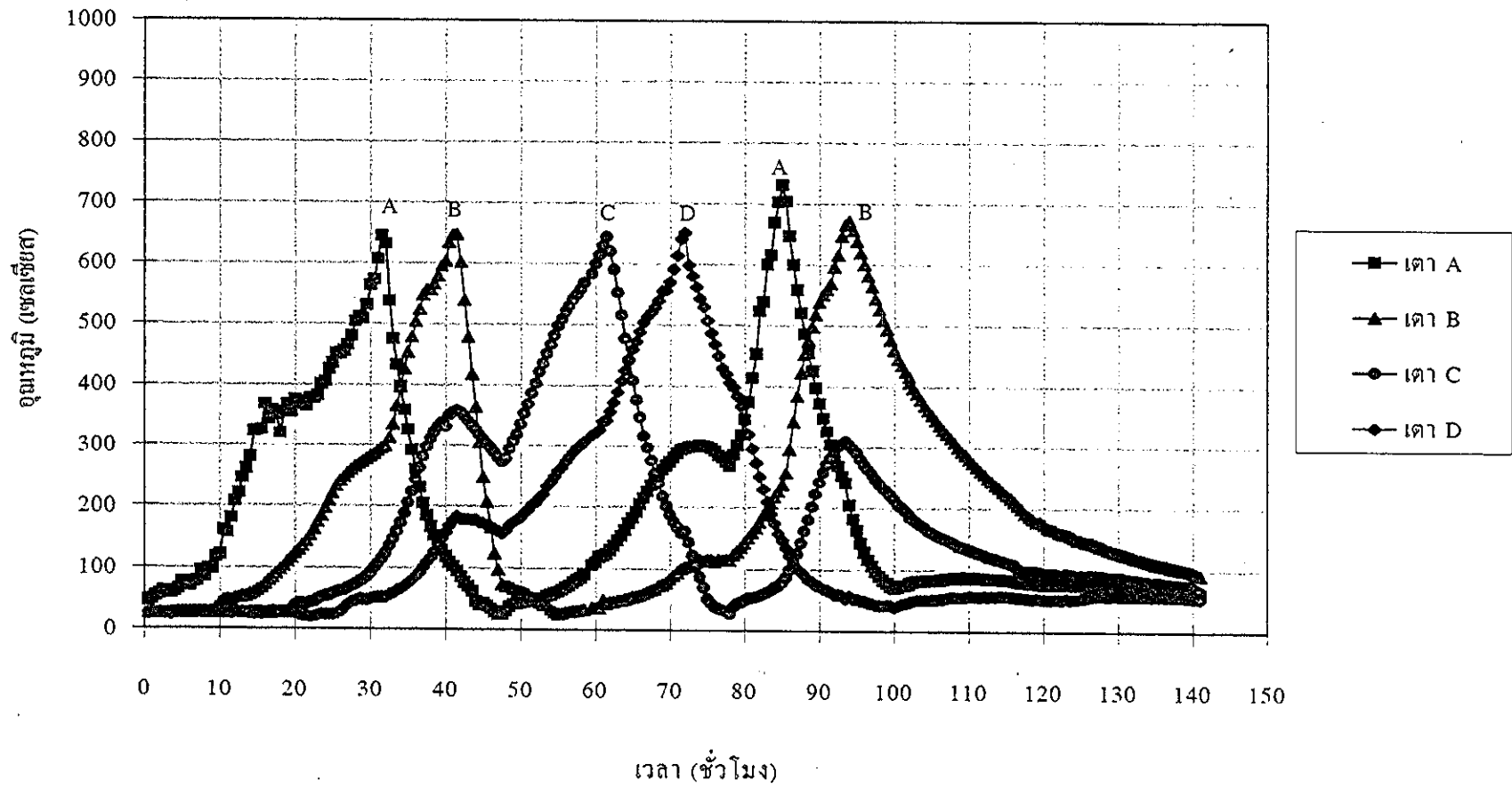
รูปที่ 5.5 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐและอุณหภูมิเฝ้าในเตา B



รูปที่ 5.6 การเปลี่ยนแปลงความทึบอิฐและอุนทมิเฒาในเตา C



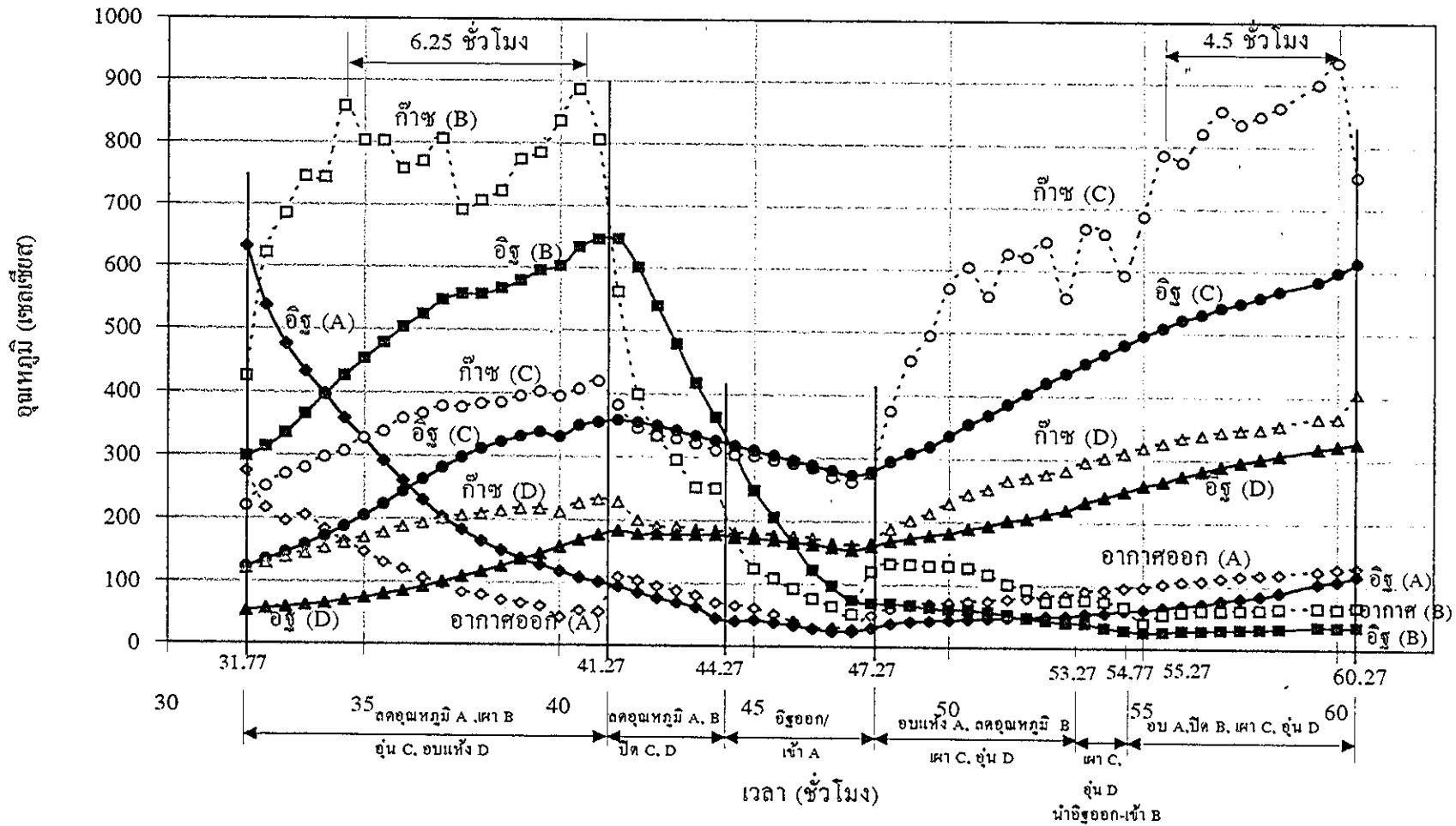
รูปที่ 5.7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงและอุณหภูมิจึงในเตา D



รูปที่ 5.8 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐชั้นล่างในเตา A, B, C และ D

ปล่อง เป็นที่น่าสังเกตว่าแม้อากาศจะแบ่งการไหล แต่เตา B กลับมีอัตราการลดลงของ อุณหภูมิอิฐที่เร็วกว่าเตา A เมื่อเทียบกับช่วงเริ่มต้นของการลดอุณหภูมิในเตาทั้งสอง (รูปที่ 5.9) ทั้งนี้เนื่องจากการลดอุณหภูมิในเตา B อากาศไหลผ่านแบบขนานแยกแต่ละเตาและไม่มีกระบวนการเผาที่เตาใดๆเกิดขึ้น ปกติแล้วในเตาที่มีกระบวนการเผา (มีปฏิกิริยาการสันดาปไม้ฟืน) จะมีความดันบรรยากาศภายในเตาสูงกว่าภายนอกเตา จึงมีการสูญเสียการไหลเนื่องจากความแตกต่างของความดัน สำหรับในเตา A และ B เมื่อมีการปิดแอดมเปอร์ dBi, dCi ปิดแอดมเปอร์ dAo, dBo และเปิดช่องซี่เต้าเตา A, B ที่ชั่วโมง 41.27 เมื่ออากาศสามารถไหลเข้าได้ทั้งทางเตา A และ B ในขณะที่พัดลมดูดอากาศยังทำงานเท่าเดิม ทำให้อากาศไหลผ่านเตา A น้อยลง ดังนั้นที่ชั่วโมง 41.27 นี้ อุณหภูมิของอากาศในเตา A จึงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ที่ชั่วโมง 44.27 เป็นเวลาสิ้นสุดการลดอุณหภูมิในเตา A ได้มีการนำอิฐออก และนำอิฐดิบเข้าเตาเพื่ออบแห้งและเริ่มกระบวนการเผาในเตา C เป็นเตาถัดไป การนำอิฐออกและเข้าเตา A ใช้แรงงาน 4 คนเป็นเวลา 3 ชั่วโมง (2 คนนำอิฐออก, 4 คนนำอิฐเข้า) สำหรับในเตา B อากาศยังคงไหลผ่านแต่ด้วยปริมาณมากขึ้น (เพราะ dAo และ dBi ปิด อากาศจึงเข้าเตา B เตาเดียว) อุณหภูมิอิฐในเตา B จะลดลงมาที่ 70°C (ชั่วโมงที่ 47.59) เตา C และเตา D ซึ่งปิดไม่ให้อากาศไหลผ่านเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน อุณหภูมิอิฐชั้นล่างในเตาจะลดลงจาก 360°C ไปเป็น 270°C และ 180°C ไปเป็น 160°C ที่ชั่วโมง 47.59 ตามลำดับ ในเตา C จะมีอุณหภูมิลดลงมากกว่าในเตา D ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเตากับบรรยากาศภายนอกมีค่ามากกว่าเตา D

เตา C เริ่มกระบวนการเผาที่ชั่วโมง 47.59 ในการเผาอิฐในเตา C ได้อากาศสันดาปจากอากาศที่ไหลผ่านเตา B มีอุณหภูมิไม่สูงมากเนื่องจากอิฐชั้นล่างในเตา B มีอุณหภูมิต่ำ (80°C) และถูกนำออกจากเตาที่ชั่วโมง 53.27 การนำอิฐออกและเข้าเตา B ใช้เวลา 1.5 ชั่วโมง โดยแรงงานคน 5 คน หลังจากชั่วโมงที่ 55.27 เตา C ซึ่งอยู่ในกระบวนการเผาจะใช้ อากาศจากบรรยากาศภายนอกเป็นอากาศสันดาปแทน ดังนั้นการเผาในเตา C จะใช้พลังงานจำเพาะสูงขึ้นดังจะแสดงให้เห็นต่อไป ส่วนเตา B จะปิดไม่มีอากาศไหลผ่านเนื่องจากเตา A ยังอยู่ในกระบวนการอบแห้งอิฐ จนสิ้นสุดการเผาที่ชั่วโมง 60.27 (เผา 12.7 ชั่วโมง) จึงปล่อยให้อากาศที่ออกจากเตา A ซึ่งเริ่มเข้าสู่กระบวนการอุ่นอิฐไหลเข้าเตา B เพื่ออบแห้งอิฐ ในระหว่างนั้นอิฐในเตา D จะถูกอุ่นจาก 160°C เป็น 320°C

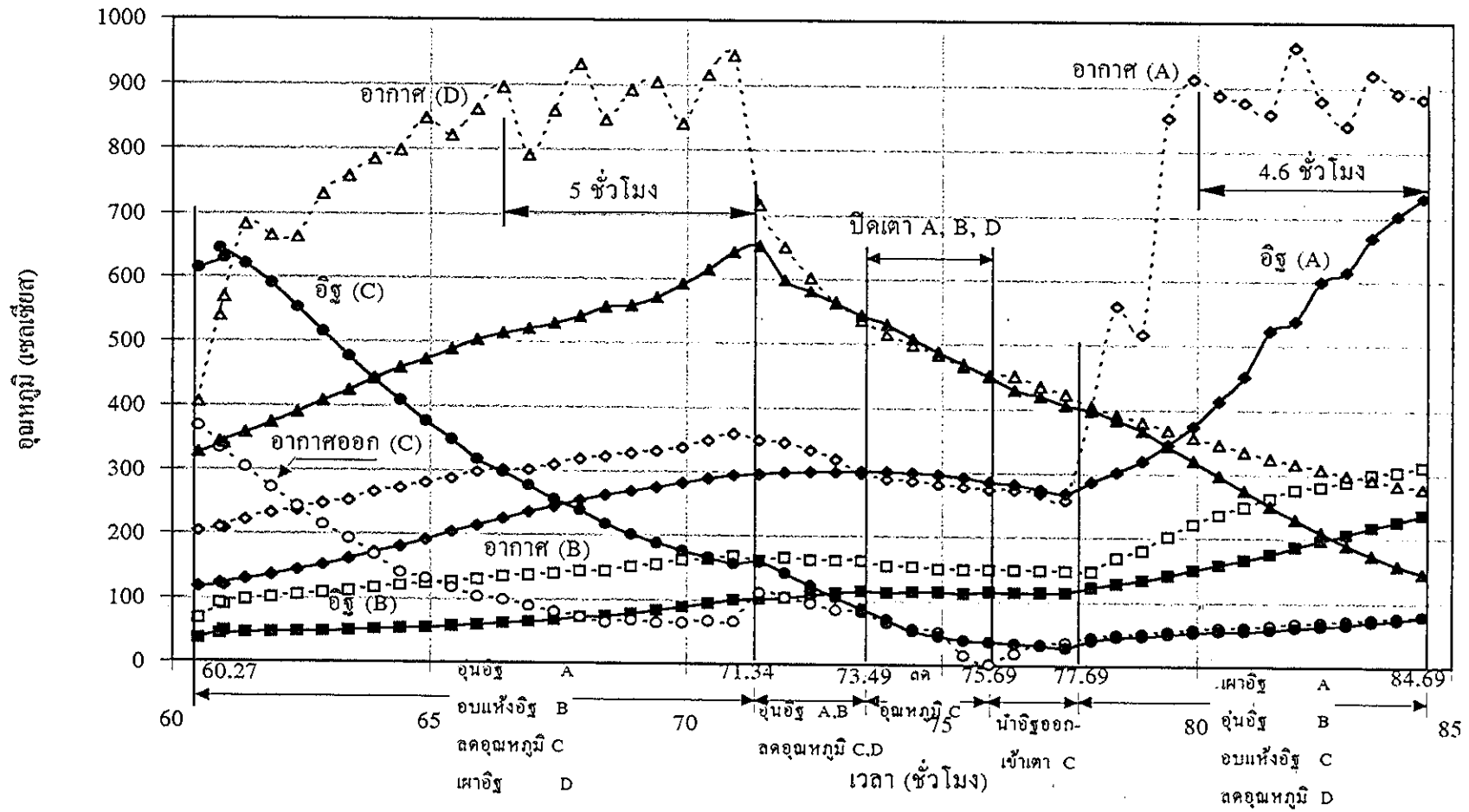


รูปที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิชื้นสัมพัทธ์และอากาศในแต่ละเตาระหว่างกระบวนการเผาในเตา B และ C

จากรูปที่ 5.10 อีฐในเตา D จะเริ่มเผาที่ชั่วโมง 60.27 จากอุณหภูมิอีฐชั้นล่าง 320°C ไปถึงอุณหภูมิ 650°C ในเวลา 11 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 71.34) โดยใช้อากาศสันดาปที่ได้จากการลดอุณหภูมิอีฐของเตา C การเผาใช้อุณหภูมิสูงสุดที่ 950°C อีฐในเตา A ที่จะถูกเผาในรอบถัดไปถูกอุ่นไปถึง 300°C และอีฐในเตา B จะเสร็จสิ้นกระบวนการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100°C ที่ชั่วโมง 71.34 ที่เวลานี้อีฐในเตา C ยังคงมีอุณหภูมิสูง ไม่สามารถนำออกจากเตาได้ (อุณหภูมิอีฐลดลงจาก 630 เหลือ 160°C) ดังนั้นหลังจากที่เผาอีฐในเตา D เสร็จจะมีเตาลดอุณหภูมิ 2 เตาคือ เตา C และเตา D โดยจะให้อากาศไหลผ่านทั้ง 2 เตา ส่วนหนึ่งจะไหลผ่านเตา C ออกสู่ปล่อง อีกส่วนหนึ่งให้ไหลผ่านเตา D ไปยังเตา A ซึ่งมีอีฐที่ผ่านการอุ่นเพื่อรอเผาในรอบถัดไป แล้วอากาศที่ออกจากเตา A จะผ่านไปยังเตา B เพื่ออุ่นอีฐในเตา B (ซึ่งมีอีฐที่เพิ่งผ่านการอบแห้งมา) ทั้งนี้เนื่องจากอากาศร้อนที่ไหลผ่านเตา D ในช่วงแรกมีอุณหภูมิสูงกว่าอีฐในเตา A ดังนั้นจะช่วยรักษาอุณหภูมิอีฐในเตา A และ B ไว้ได้ จะเห็นได้จากรูปที่ 5.10 ในช่วงชั่วโมงที่ 71.34-75.69 อุณหภูมิอีฐชั้นล่างในเตา A และ B ค่อนข้างคงที่ที่ 300°C และ 115°C ตามลำดับ เมื่ออุณหภูมิอากาศที่ออกจากเตา D มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอีฐในเตา A จึงปิดเตา A, B และ D ไม่ให้อากาศไหลผ่าน แต่เตา C ยังคงให้อากาศไหลผ่านเพื่อลดอุณหภูมิอีฐ การที่ไม่ให้อากาศไหลผ่านเตา D เนื่องจากต้องการรักษาอุณหภูมิอีฐในเตา D ไว้เพื่อให้ได้อากาศสันดาปที่ใช้ในการเผาอีฐเตา A รอบถัดไปมีอุณหภูมิสูง

ที่ชั่วโมง 71.34 ในรูปที่ 5.10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเตา C มีลักษณะเช่นเดียวกับที่ชั่วโมง 41.27 ในรูปที่ 5.9 เนื่องจากมีการเปลี่ยนการไหลของอากาศทำให้อัตราการไหลในเตา C ลดลง ซึ่งอธิบายได้ทำนองเดียวกันกับช่วงการลดอุณหภูมิของเตา A และ B ที่ได้อธิบายแล้วในตอนต้น ในชั่วโมงที่ 75.69 อุณหภูมิอีฐชั้นล่างในเตา C เท่ากับ 40°C ซึ่งสามารถนำออกจากเตาและนำอีฐชุดใหม่เข้าเตาได้ การนำอีฐออกและนำอีฐเข้าเตาใช้เวลาทั้งสิ้น 1.82 ชั่วโมง โดยแรงงานคน 4 คน ในช่วงการนำอีฐออกและเข้าเตา C นั้น ในเตา D ซึ่งมีอีฐสุกและปิดเตาไว้ อุณหภูมิอีฐในเตาลดลงเพียง 50°C (450°C เหลือ 400°C)

เมื่อสิ้นสุดการเผาอีฐเตา D รอบถัดไปของการเผาเริ่มต้นที่เตา A ซึ่งเป็นการเผาครั้งที่ 2 ในชั่วโมงที่ 77.69 จากอุณหภูมิอีฐ 275°C เพิ่มขึ้นเป็น 640°C ที่ชั่วโมง 84.69 (ใช้เวลาในการเผา 7 ชั่วโมง) อีฐในเตา B ถูกอุ่นจากอุณหภูมิ 115°C ไปเป็น 240°C ด้วยอุณหภูมิ



รูปที่ 5.10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิฐชั้นล่างและอากาศในแต่ละเตาระหว่างกระบวนการเผาในเตา D และ A

อากาศในเตาสูงสุดที่ 310°C สำหรับอิฐชั้นล่างในเตา C ถูกอบแห้งจากอุณหภูมิ 28°C ไปเป็น 80°C ในเตา D ซึ่งปล่อยให้อากาศไหลผ่านเพื่อใช้เป็นอากาศสันดาปในเตา A มีอุณหภูมิลดลงจาก 400°C เป็น 150°C (ในระยะเวลา 7 ชั่วโมง) ซึ่งยังไม่สามารถนำอิฐออกจากเตาได้ ดังนั้นการเผาอิฐในเตา B ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 84.69 จึงให้อากาศไหลผ่านเตา D และเตา A เพื่อใช้เป็นอากาศสันดาปสำหรับเตา B

การเผาอิฐในเตา B (ไม่ปรากฏในรูปที่ 5.10 แต่ดูได้จากรูป 5.5) เป็นการเพิ่มอุณหภูมิอิฐชั้นล่างจาก 240°C ไปเป็น 670°C ในเวลา 8.5 ชั่วโมง (สิ้นสุดการเผาชั่วโมงที่ 93.19) อิฐชั้นล่างในเตา A, C และ D มีอุณหภูมิ 200, 300 และ 60°C ตามลำดับ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถเริ่มกระบวนการเผาในเตา C และนำอิฐออก-เข้าเตา D ได้ (เตา D สามารถนำอิฐออก-เข้าได้ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 90) ดังนั้นหากมีการเผาอิฐในเตา C เป็นรอบที่ 2 จำเป็นต้องรอให้ต้องรอให้อิฐในเตา A มีอุณหภูมิลดลงจนสามารถนำออกจากเตาได้ ซึ่งประมาณชั่วโมงที่ 100 แต่การเผาอิฐในเตา B ครั้งที่ 2 นี้เป็นการเผาเตาสุดท้ายของการทดสอบเตาเผาอิฐอากาศหลังจากการอุ่นอิฐในเตา C จึงถูกปล่อยทิ้ง

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการเผาในเตา B เตา B และเตา C จะถูกปิดไม่ให้อากาศไหลผ่านเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอิฐภายในเตา ส่วนเตา D และ A จะปล่อยให้อากาศไหลผ่านจนกระทั่งอิฐในเตาทั้ง 2 เย็นลง ซึ่งเตา B และเตา C ที่ปิดไว้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลดลงจาก 670°C ไปเป็น 90°C ในเวลา 48.05 ชั่วโมง (ใช้เวลา 2 วัน, อัตราการลดลงของอุณหภูมิเท่ากับ 12.07°C/h) และอุณหภูมิในเตา C ลดลงจาก 300°C ไปเป็น 70°C ในเวลาที่เท่ากัน (อัตราการลดลงของอุณหภูมิเท่ากับ 4.79°C/h) อุณหภูมิอิฐภายในเตา B ลดลงเร็วกว่าอุณหภูมิอิฐในเตา C เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเตากับบรรยากาศภายนอกเตาของเตา B มีค่ามากกว่าเตา C

5.5.2 เวลาในกระบวนการลดอุณหภูมิอิฐ

จากตารางที่ 5.1 เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการเผาและลดอุณหภูมิจะพบว่าการลดอุณหภูมิอิฐใช้เวลามากกว่าเวลาที่ใช้ในการเผาอิฐ ในรอบแรกของการเผาอิฐในเตา A, B, C และ D ใช้เวลาในการลดอุณหภูมิต่างกับ 12.5, 12, 15.42 และ 21.85 ชั่วโมง ตามลำดับ ในการเผารอบที่ 2 เวลาที่ใช้ในการทำให้เย็นสำหรับเตา A เท่ากับ 15 ชั่วโมง ส่วนเตา B มีการปล่อยให้อิฐเย็นโดยไม่มีอากาศไหลผ่านอิฐในเตาซึ่งใช้เวลาเท่ากับ 48 ชั่วโมง

(อิฐชั้นล่างมีอุณหภูมิประมาณ 80°C) เวลาในการลดอุณหภูมิขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการเผาในแต่ละเตาและปริมาณอากาศที่ไหลผ่านซึ่งควบคุมได้จากการปรับแอมเปอ์ในการเผาครั้งแรกของเตา D. ใช้เวลาในการลดอุณหภูมิมากกว่าการเผาในเตาที่ผ่านมาทั้งนี้เนื่องจากเตา D มีการปิดเตาไม่ให้อากาศไหลผ่านเพื่อรักษาอุณหภูมิอิฐในเตาให้คงสูงเพื่อให้อากาศสันดาปของเตา A มีอุณหภูมิสูงในกระบวนการเผาถัดไป

5.5.3 พลังงานที่ใช้และสูญเสียในการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

ตารางที่ 5.2 แสดงพลังงานที่ใช้และสูญเสียในการเผาอิฐในแต่ละเตา สำหรับเตา A ซึ่งเป็นเตาแรกของการเผาใช้เวลาตั้งแต่เริ่มกระบวนการอบแห้งจนถึงสิ้นสุดกระบวนการเผาเท่ากับ 31.8 ชั่วโมง โดยมีการใช้พลังงานจำเพาะในแต่ละกระบวนการ (drying, preheating, firing) เท่ากับ 1.483, 2.213 และ 3.240 MJ/kg ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนของพลังงานที่ใช้ในแต่ละกระบวนการเท่ากับ 21.4%, 31.9% และ 46.7% ตามลำดับ จะเห็นว่าพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเผาอิฐจะอยู่ในช่วงกระบวนการเผา ทั้งนี้เนื่องจากมีอัตราการใช้ไม้ฟืนสูงกว่ากระบวนการอื่น (กระบวนการเผาใช้ไม้ฟืน 58.7 kg/h, กระบวนการอุ่นอิฐใช้ไม้ฟืน 38.3 kg/h, กระบวนการอบแห้งอิฐใช้ไม้ฟืน 31.1 kg/h) เพื่อให้ได้อุณหภูมิเผาสูงสุดที่ 920°C (เพิ่ม 520°C จากอุณหภูมิอุ่น 400°C) และช่วงกระบวนการเผานั้นพลังงานที่สูญเสียจะมีค่าสูงกว่าช่วงกระบวนการอุ่นอิฐและอบแห้งอิฐ พลังงานที่สูญเสียส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานที่สะสมอยู่ภายในโครงสร้างเตา คิดเป็นสัดส่วน 17.9% พลังงานที่สูญเสียผ่านผนังเตาคิดเป็นสัดส่วน 6.8% โดยมีอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเตาสูงสุดเท่ากับ 1450 W/m^2 ส่วนความร้อนสูญเสียออกสู่ปล่องคิดเป็นสัดส่วน 4.4% ซึ่งมีค่าต่ำเนื่องจากก๊าซไอเสียที่ออกสู่ปล่องมีอุณหภูมิต่ำดังรูปที่ 5.11 (นอกจากเตา C สู่ปล่องในชั่วโมงที่ 20.77-26.5 มีอุณหภูมิ $42-68^{\circ}\text{C}$, นอกจากเตา D สู่ปล่องในชั่วโมงที่ 26.5-31.77 มีอุณหภูมิ $40-67^{\circ}\text{C}$) และพลังงานที่ถ่ายเทสู่อิฐคิดเป็นสัดส่วน 71% ซึ่งมีค่าสูงกว่าในการทดสอบเตาเผาอิฐตัวอย่างเตาเดียวในบทที่ 4 (21-36%) ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องนั้น ลักษณะของเตาถูกออกแบบให้มีการนำพลังงานความร้อนที่ออกจากเตาหนึ่งไปใช้ประโยชน์ในเตาถัดไป (นำไปอุ่นอิฐและอบแห้งอิฐ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเตาเผาอิฐแบบกึ่งต่อเนื่องมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์พลังงานในการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

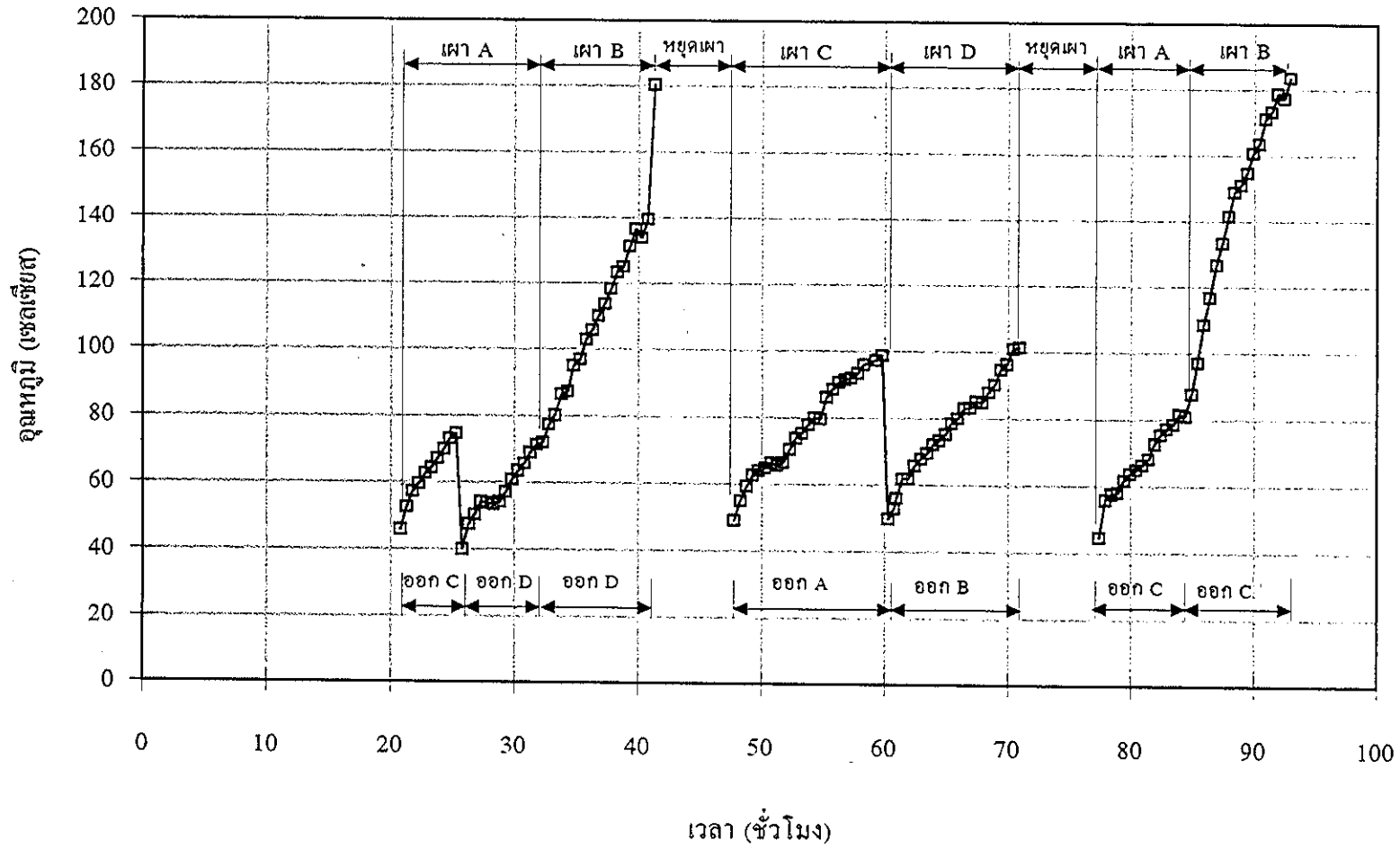
เตา	กระบวนการ	เวลาที่ ใช้ (ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้ ไม้ฟืน (กิโลกรัม)	อัตราการใช้ ไม้ฟืน (กิโลกรัม/ ชั่วโมง)	พลังงาน จำเพาะ (เมกกะจูล/ กิโลกรัมอิฐ)	พลังงานจาก ไม้ฟืนทั้ง หมด (เมกกะจูล)	ความร้อนสะสม		ความร้อนสูญเสีย		ความร้อนสูญเสีย		ความร้อนที่ถ่ายเท		พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	
							ภายในเตา		ผ่านผนังเตา		ออกสู่ปล่อง		สู่อิฐ		(กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	(เมกกะจูล)
							(เมกกะจูล)	(%)	(เมกกะจูล)	(%)	(เมกกะจูล)	(%)	(เมกกะจูล)	(%)		
A	อบ	9.25	295.5	31.1	1.483	4080.560	-	-	-	-	-	-	-	-	19	68.4
	อุ่น	11.5	441.0	38.3	2.213	6089.769	-	-	-	-	-	-	-	-	23	82.8
	เผา	11.0	645.5	58.7	3.240	8913.710	1593.453	17.9	602.888	6.8	391.35	4.4	6326.009	71	24	86.4
B	เผา	9.5	625	65.8	3.137	8630.625	1817.433	21.1	919.108	10.6	1001.91	11.6	3893.840	45.1	22.5	81
	-	6.0	-	-	-	-	-	-	605.368	7.0	392.96	4.6	-	-	15.5	55.8
C	เผา	12.7	749.9	59.0	3.764	10355.369	1743.835	16.8	1098.978	10.6	767.77	7.4	6744.786	65.1	33	118.8
D	เผา	11.0	708.5	64.4	3.556	9783.677	1329.115	13.6	1022.363	10.4	563.11	5.8	5971.250	61.0	27	97.2
	-	6.5	-	-	-	-	-	-	669.673	6.8	228.18	2.3	-	-	15.0	54.0
A	เผา	7.0	450.0	64.3	2.258	6214.050	1368.729	22.0	677.348	10.9	285.33	4.6	3882.643	62.5	17	61.2
B	เผา	8.5	630.0	74.1	3.162	8699.670	845.391	9.7	668.992	7.7	1075.13	12.4	6110.157	70.2	14.5	62.2

หมายเหตุ ค่าพลังงานจำเพาะในตารางคำนวณโดยใช้ค่าความร้อนของไม้ฟืนเท่ากับ 13809 kJ/kg และไม่รวมค่าพลังงานไฟฟ้า

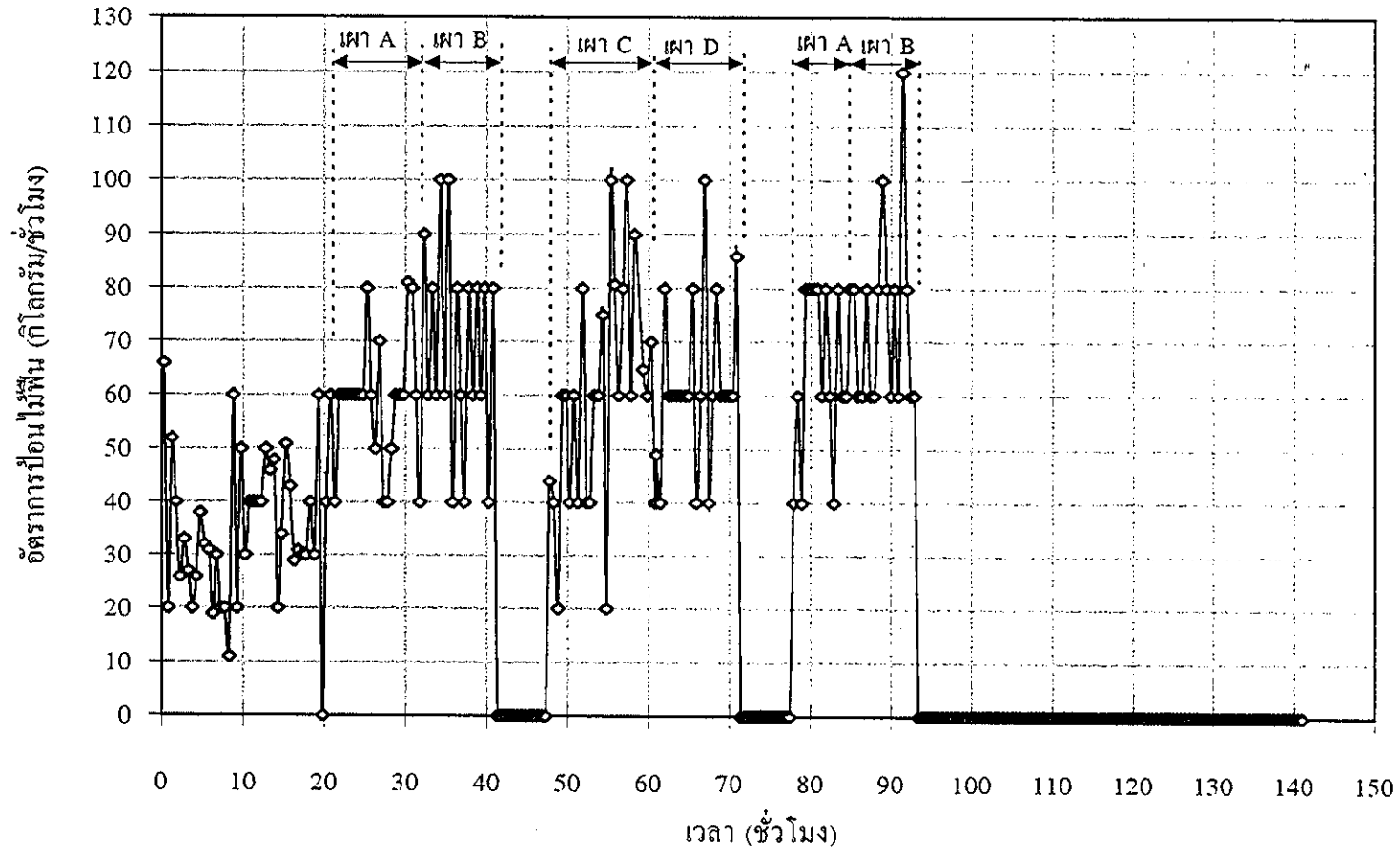
เตา B มีการใช้พลังงานจำเพาะในการเผาเท่ากับ 3.137 MJ/kg ในระยะเวลาการเผา 9.5 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาในการเผาน้อยกว่าเตา A 1.5 ชั่วโมง มีอัตราการใช้ไม้ฟืนเท่ากับ 65.8 kg/h (สูงกว่าเตา A) ซึ่งอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเผาจากอุณหภูมิอุ่นอิฐเข้าสู่กระบวนการเผาไปที่ 800 °C ใช้เวลาเพียง 1.5 ชั่วโมง ในขณะที่กระบวนการเดียวกันนี้ การเผาอิฐในเตา A ใช้เวลา 5 ชั่วโมง ดังในรูปที่ 5.4 และ 5.9 การเผาในเตา B มีการอุ่นอากาศสันดาปจึงทำให้การเพิ่มอุณหภูมิเผาขึ้นได้เร็วกว่า พลังงานที่ถ่ายเทสู่อิฐในการเผาอิฐเตา B คิดเป็นสัดส่วน 45.1% ของพลังงานทั้งหมด มีค่าน้อยกว่าการเผาในเตา A เนื่องจากมีพลังงานสูญเสียระหว่างกระบวนการเผาสูงกว่า ส่วนหนึ่งเกิดจากการรักษาอุณหภูมิเผาที่ 800 °C นานกว่าเตา A (ใช้เวลา 7 ชั่วโมง, ชั่วโมงที่ 34-41) ดังรูปที่ 5.9 และเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศที่ออกสู่ปล่องมีอุณหภูมิสูงกว่าการเผาที่เตา A (อากาศที่ออกจากเตา D สู่ปล่องตั้งแต่ชั่วโมงที่ 31.77-41.27 มีอุณหภูมิ 67-180 °C, รูปที่ 5.11)

เตา C ใช้พลังงานจำเพาะในการเผาเท่ากับ 3.764 MJ/kg ในเวลา 12.7 ชั่วโมง มีพลังงานถ่ายเทสู่อิฐ 65.1% เตา C ใช้พลังงานและเวลาในการเผาอิฐมากที่สุดในการทดสอบเตาเผาอิฐ เนื่องจากอุณหภูมิอิฐในเตา C ที่ผ่านการอุ่นระหว่างช่วงการเผาในเตา B มีอุณหภูมิไม่สูงมาก (270 °C) และใช้เวลาในการยกระดับอุณหภูมิเผาจาก 400 °C ไปเป็น 800 °C มากกว่าการเผาในเตา A และ B คือ 7 ชั่วโมง ส่วนอากาศที่ใช้ในการสันดาปไม้ฟืนมีการอุ่นเพียงช่วงแรกของการเผา (ในชั่วโมงที่ 55.27 เป็นต้นไป เตา C ใช้อากาศโดยตรงจากบรรยากาศแทนเนื่องจากมีการนำอิฐสุกออกจากเตา B) นอกจากนั้นสาเหตุที่ใช้เวลาในการยกระดับอุณหภูมิเผาในเตา C มากกว่าเตาอื่นยังขึ้นอยู่กับการควบคุมอุณหภูมิเผาโดยการใส่ฟืน จะเห็นว่าอัตราการใช้ไม้ฟืนในเตา C เท่ากับ 59 kg/h ซึ่งน้อยกว่าการเผาในเตา B (65.8 kg/h) อย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 5.12 ด้วยเหตุนี้การเผาอิฐเตา C จึงต้องการพลังงานจำเพาะสูงกว่าการเผาเตาในที่ผ่านมา

เตา D ใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 3.556 MJ/kg ในระยะเวลาการเผา 11 ชั่วโมง มีพลังงานถ่ายเทสู่อิฐเท่ากับ 61% ของพลังงานที่ให้ทั้งหมด เตา D ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิเผาจาก 400 °C ถึง 800 °C ในเวลา 4 ชั่วโมงและรักษาอุณหภูมิเผาที่ 880 °C ประมาณ 5 ชั่วโมง ดังรูป 5.10 แต่อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของอิฐชั้นล่างในเตา D ค่อนข้างต่ำ (19.4 °C/h หรือ 0.32 °C/min.) การใช้พลังงานจำเพาะจึงค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับเตา C



รูปที่ 5.11 อุณหภูมิอากาศที่ออกสู่ปล่องระหว่างกระบวนการเผาในแต่ละเตา



รูปที่ 5.12 อัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำขึ้นระหว่างกระบวนการเผาอิฐในแต่ละเตา

เตา A ในการเผาอบที่ 2 ใช้พลังงานจำเพาะ 2.258 MJ/kg ในเวลาเผา 7 ชั่วโมง มีความร้อนถ่ายเทสู่อิฐคิดเป็นสัดส่วน 62.5% ของพลังงานที่ให้ทั้งหมด เตา A ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิเผาจาก 400 °C ไปเป็น 800 °C ในเวลา 1.6 ชั่วโมงและรักษาอุณหภูมิเผาไว้ที่ 880 °C เป็นระยะเวลา 4.6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 5.10 จากตารางที่ 5.2 จะสังเกตเห็นว่าเตา A มีอัตราการป้อนไม้พื้นใกล้เคียงกับเตา D (D=64.4 kg/h, A=64.3 kg/h) แต่เตา A ใช้เวลาในการเผาและใช้พลังงานจำเพาะต่ำกว่าเตา D เนื่องจากเตา A มีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเผาที่สูงกว่า เพราะในช่วงการเผานั้น อากาศสันดาปของเตา A (280-360 °C) สูงกว่าของเตา D มาก (75 °C-100 °C)

เตา B ในการเผาอบที่ 2 ใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 3.162 MJ/kg ใช้เวลาในการเผา 8.5 ชั่วโมง พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทสู่อิฐคิดเป็นสัดส่วน 70.2% ของพลังงานทั้งหมด การเผาในเตา B ซึ่งเป็นเตาสุดท้ายของการทดสอบ อากาศที่ออกจากเตา C (เตาอุณหิฐ) จะถูกปล่อยทิ้งทำให้มีความร้อนสูญเสียออกสู่ปล่องสูงกว่าการเผาในเตาอื่น (12.4%) แต่มีความร้อนที่สะสมในเตาน้อยกว่า (9.7%) เนื่องจากมีโครงสร้างเตาที่รับความร้อนระหว่างกระบวนการเผาเตา B มีเพียง 2 เตา (B และ C) การเผาในเตา B ค่อนข้างใช้พลังงานสูงเมื่อเทียบกับการเผาในเตา A รอบที่ 2 เนื่องจากอิฐที่ผ่านการอุ่นในเตา B มีอุณหภูมิต่ำ (240 °C) และการเพิ่มอุณหภูมิเผาจาก 400-800 °C ต้องการอัตราการใช้ไม้พื้นสูง (74.1 kg/h) โดยใช้เวลา 2 ชั่วโมง และรักษาอุณหภูมิเผาไว้ที่ 860 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเตาเผาอิฐต่อเนื่อง ใช้สำหรับขับพัดลมดูดอากาศให้ไหลผ่านเตาแต่ละเตา จากตารางที่ 5.2 ในการเผาอิฐเตา C ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด มีการใช้พลังงานจากไม้พื้นและจากพลังงานไฟฟ้ารวมเท่ากับ 10474.169 MJ (ใช้พลังงานไฟฟ้า 118.8 MJ) ในระยะเวลาการเผา 12.7 ชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้คิดเป็นสัดส่วน 1.13% ของพลังงานรวมทั้งหมดที่ป้อนให้แก่เตาเผาอิฐ จะเห็นว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับพลังงานรวม

พลังงานจำเพาะที่ใช้ในการเผาอิฐ 2 รอบต่อเนื่องกัน พิจารณาได้ 3 กลุ่มคือ การเผาอิฐเตา A-B (ครั้งที่ 1), การเผาอิฐเตา C-D และการเผาอิฐเตา A-B (ครั้งที่ 2) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการเผาติดต่อกันดังแสดงในรูปที่ 5.8 การเผาทั้ง 3 กลุ่มใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 3.188, 3.665 และ 2.71 MJ/kg ตามลำดับ ในการเผาอิฐ 2 กลุ่มแรก (A-B และ C-D) ค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้มีค่าสูงกว่าการเผาอิฐในเตา A-B (รอบที่ 2) เนื่องจากการเผาอิฐใน 2 กลุ่มแรกเป็นการเผาในช่วงที่เตาทุกเตายังไม่ได้ผ่านการเผาจนถึงอุณหภูมิสูงสุดมาก่อนและ

ยังไม่อยู่ในสภาวะคงตัวของการทำงานของเตา ดังนั้นเฉพาะพลังงานที่ใช้ในการเผาอิฐในเตา A-B (รอบที่ 2) เท่านั้นนำมาเปรียบเทียบกับกาเผาอิฐแบบไม่ต่อเนื่องทั่วไป ซึ่งจะเห็นว่าการเผาอิฐแบบกึ่งต่อเนื่องในเตาทดสอบที่ได้ออกแบบ ใช้พลังงานจำเพาะน้อยกว่าเตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยม (4-5 MJ/kg) อย่างเห็นได้ชัด หรือคิดเป็นสัดส่วนของพลังงานจากไม้ฟืนที่ใช้ลดลงประมาณ 32.25-45.8% จึงทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนของการใช้เชื้อเพลิงลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

5.6 ผลผลิตที่ได้จากเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องและเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ผลผลิตที่ได้และระยะเวลาในกระบวนการผลิตหมายถึงผลตอบแทนหรือผลกำไรที่จะได้รับ ในการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องตั้งแต่เริ่มการเผาในเตา A เป็นเตาแรกจนกระทั่งสิ้นสุดการทดสอบการเผาในเตา B ครั้งที่ 2 เผาอิฐทั้งหมด 6 รอบ ได้อิฐสุกจำนวน 13400 ก้อน ในเวลา 99.69 ชั่วโมง (4 วัน 3.69 ชั่วโมง รวมเวลาในเตา A) สัดส่วนอิฐสุกที่ได้คิดเป็น 98% ของอิฐทั้งหมดที่เผา (เตา A รอบที่ 1 มีอิฐชั้นล่างบางส่วนไม่สุก) คุณภาพอิฐที่ได้อยู่ในชั้นคุณภาพ ค. ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 153/2533) มีสัดส่วนการดูดกลืนน้ำเฉลี่ย 19.8% ดังแสดงในตาราง ผ.6.1 ภาคผนวก ผ.6 เมื่อพิจารณาผลผลิตที่ได้เมื่อเตามีการทำงานในสภาวะคงตัวจะได้ผลผลิตอิฐ 6600 ก้อน ในระยะเวลา 48 ชั่วโมง หรือ 1 วัน 15.42 ชั่วโมง (คิดช่วงการเผาเตา D รอบที่ 1 ถึงเวลาลดอุณหภูมิอิฐในเตา A จากการเผาครั้งที่ 2 ให้เย็นลง และเตา B ซึ่งสิ้นสุดการเผาครั้งที่ 2 อยู่ในช่วงการลดอุณหภูมิอิฐ โดยใช้อุณหภูมิอ้างอิงที่ 320 °C) ดังนั้นในระยะเวลา 1 เดือนจะได้ผลผลิตอิฐจากเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องประมาณ 99,000 ก้อน สำหรับเตาที่มีความจุ 2200 ก้อน/เตา ซึ่งการเผาสามารถเผาได้ตลอดระยะเวลา 30 วัน เนื่องจากใช้แรงงานน้อยกว่าสามารถจัดคนหมุนเวียนการทำงานได้ง่ายกว่า โดยไม่ต้องสูญเสียเวลาในการนำอิฐออกและเข้าเตาครั้งละจำนวนมาก ในขณะที่เตาแบบสี่เหลี่ยมจะต้องสูญเสียระยะเวลาในการรอให้อิฐเย็นและนำอิฐออก-เข้าเตาเป็นเวลานานกว่า เตาเผาอิฐแบบกึ่งต่อเนื่องจึงสามารถแข่งขันกับเตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยมที่มีกำลังการผลิต 70,000-100,000 ก้อน/เตา/เดือนได้ และยังสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลงได้ถึง 32.25-45.8% ระยะเวลาที่ใช้ในการเผาแบบกึ่งต่อเนื่องยังสามารถทำให้ลดลงได้อีกหากมีการควบคุมอุณหภูมิเผาระหว่างกระบวนการเผาในแต่ละเตาได้อย่างสม่ำเสมอ (ควบคุมอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเผา) และหากสามารถลดเวลาที่สูญเสียระหว่างการนำอิฐออกและเข้า

เตาลงได้ (2-3 ชั่วโมง/เตา) โดยการใช้รถเรียงอิฐที่สามารถนำอิฐออกและเข้าเตาได้ทันทีที่อิฐเย็น จะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น

ในการควบคุมเตาช่วงเริ่มต้นของการเผาซึ่งจะเป็นการไล่ไอน้ำจากอิฐในทุกเตาสามารถทำการไล่ไอน้ำพร้อมกันทุกเตาได้โดยการป้อนหินในทุกเตาแล้วควบคุมอุณหภูมิเผาให้มีค่าประมาณ 100-150 °C ในระหว่างกระบวนการรอให้อิฐเย็น (เตาลดอุณหภูมิอิฐเตาที่ 1) หากการไล่ไอน้ำในเตาอบแห้งอิฐยังไม่หมด สามารถใส่หินในเตาอุณหภูมิที่จะเผาถัดไปเพื่อเป็นการยกระดับอุณหภูมิอิฐให้สูงขึ้นซึ่งจะทำให้เวลาที่ใช้ในการเผาเตาถัดไปลดลง ส่วนในเตาลดอุณหภูมิอิฐเตาที่ 2 และเตาอุณหภูมิสามารถปิดเตาทิ้งไว้ได้หากผู้ดูแลเตามีการทำงานเป็นกะ กะละ 8 ชั่วโมง โดยเริ่มการเผาครั้งใหม่ในเตาอุณหภูมิที่ปิดทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง จากอุณหภูมิอิฐที่ 180 °C (ดูรูปที่ 5.8, ชั่วโมงที่ 94-102 เตา C ลดลงจาก 310 °C) ในเตาลดอุณหภูมิอิฐเตาที่ 2 (เตา B) จะมีอุณหภูมิอิฐชั้นล่าง 400 °C (ลดลงจาก 670 °C) ซึ่งอุณหภูมิอิฐดังกล่าวเพียงพอสำหรับถ่ายเทความร้อนให้อากาศเพื่อสันดาปกับไม้ฟืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะเห็นได้ว่าเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องมีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง ทำให้ผู้ประกอบการสามารถวางแผนการผลิตได้ตามความต้องการของตลาดหรือลูกค้าได้อย่างเหมาะสม

5.7 ข้อบกพร่องของเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องและแนวทางปรับปรุง

จากการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องทำให้ทราบข้อบกพร่องของเตาได้แก่

5.7.1 โครงสร้างหลังคาเตา เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 800-900 °C พบว่าหลังคาเตาบิดโค้งงายเนื่องจากการขยายตัวของเหล็กเสริมภายในและเมื่อเย็นตัวจะคืนสภาพเพียงเล็กน้อยเนื่องจากเหล็กมีการขยายตัวมากกว่าซีเมนต์ทนไฟ แต่หลังจากการผ่านการเผาครั้งที่สองในเตาเดิมการโค้งงอของหลังคาจะลดลง แนวทางแก้ไขสำหรับการปรับปรุงหลังคาเตาทำได้โดยการเสริมความแข็งแรงของเหล็กกรอบหลังคาเป็นโครงถัก ซึ่งจะช่วยลดการโค้งงอของหลังคาได้

5.7.2 การติดตั้งแดมเปอร์สำหรับเปิดอากาศออกสู่ปล่องของแต่ละเตา (dAo, dBo, dCo และ dDo ในรูปที่ 5.3) ควรติดตั้งให้ต่ำและอยู่ใกล้ท่อทางเดินอากาศร้อน (ท่อก่ออิฐ) เพื่อเป็นการป้องกันความร้อนไหลเข้าสู่ท่อทางเดินอากาศร่วม (ท่อเหล็ก) ซึ่งทนอุณหภูมิได้ต่ำกว่า และการสูญเสียความร้อนผ่านผนังท่อมากกว่า

5.7.3 ท่อทางเดินอากาศร้อน (ท่อก่ออิฐ) แตกร้าวเนื่องจากการขยายตัว การปรับปรุงสามารถเสริมความแข็งแรงของท่อก่ออิฐได้โดยการใช้เหล็กรัดผนังท่อและก่ออิฐเสริมอีกชั้น หรืออาจจะใช้ปูนทนไฟอุดรอยแตกก็อาจจะเพียงพอ

5.7.4 ผนังกันไฟ ผนังกันไฟของเตาทุกเตามีการโค้ง เนื่องจากอิฐก่อผนังกันไฟมีการก่อยึดติดกับผนังเตาทั้ง 2 ด้าน จึงถูกจำกัดการขยายตัวเนื่องจากความร้อนและเป็นสาเหตุให้ผนังกันไฟโค้งแนวทางปรับปรุงทำได้โดยการก่ออิฐเป็นผนังปลายอิสระทั้งสองด้าน และเสริมความแข็งแรงโดยก่ออิฐสลับให้ผนังหนาขึ้น

5.7.5 การปูพื้นเตาด้วยอิฐสุกเพียงชั้นเดียวไม่เพียงพอสำหรับการป้องกันความร้อน ถ่ายเทสู่พื้นในชั้นถัดไป หากพื้นชั้นถัดไปเป็นพื้นคอนกรีตจะทำให้เกิดการแตกร้าวจากการขยายตัวขึ้นได้ (ดังที่พบในเตาที่ทดลองนี้) การแก้ไขทำได้โดยการเสริมความหนาของชั้นปูพื้น หรือปรับปรุงการเรียงอิฐภายในเตาโดยการนำอิฐมาใช้แทนซึ่งนอกจากจะช่วยป้องกันให้ความร้อนถ่ายเทสู่พื้นเตาได้แล้วยังลดการสูญเสียพลังงานให้แก่พื้นและลดเวลาในการนำอิฐออก-เข้าเตาอีกด้วย

5.7.6 ประตูเตาอบแห้ง มีการยุบตัวเนื่องจากความดันภายในเตาต่ำเพราะเป็นเตาที่มีแรงดูดจากพัดลมดูดอากาศมากที่สุด (อยู่ต้นทางใกล้พัดลม) ผนังประตูเตาจะมีการยุบตัวเล็กน้อย ซึ่งหากการซีลรอยต่อระหว่างประตูเตาไม่ดีเท่าที่ควรจะทำให้มีอากาศจากภายนอกไหลเข้าสู่เตาและทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้น แนวทางปรับปรุงสามารถทำได้โดยการเสริมแผ่นเซรามิกส์ไฟเบอร์บริเวณขอบประตูเตาเมื่อสังเกตเห็นว่ามีการรั่วไหลของอากาศผ่านรอยต่อของประตูและออกแบบให้ประตูมีโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น

5.8 การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์มีข้อมูลพื้นฐานดังนี้

(ก) ข้อมูลเบื้องต้นของเตาเผาอิฐแบบดั้งเดิมในภาคใต้มีดังนี้

ต้นทุนการผลิต (โรงอิฐหัตถกรรม, 2539)	= 1.40	บาท/ก้อน	(1)
ค่าพลังงาน (สุกอิฐ ประเสริฐสรรพ, 2536)	= 30	% ของต้นทุน	(2)
	= 0.42	บาท/ก้อน	(3)
ดังนั้นต้นทุนอิฐดิบและอื่นๆ	= 0.98	บาท/ก้อน	(4)

(ข) ข้อมูลการผลิตของเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องที่ทดลองในสภาวะคงตัว (ใช้ค่าเฉลี่ยของเตา A และ B เผาครั้งที่ 2)

$$\text{กำลังการผลิต} = 2200 \quad \text{ก้อน/เตา} \quad (5)$$

$$\text{ใช้ไม้ฟืน (ซั้ง)} = 540 \quad \text{กก./เตา} \quad (6)$$

$$\text{(เรียงและวัดจริง)} = 2.16 \quad \text{ลบ.ม./เตา} \quad (7)$$

$$\text{(ราคา 150 บาท/ลบ.ม.)} = 324 \quad \text{บาท/เตา} \quad (8)$$

ใช้ไฟฟ้า (เฉลี่ยทั้งหมดโดยรวมเวลาที่สูญเสียระหว่างกระบวนการ)

$$= 28.2 \quad \text{kWh/เตา} \quad (9)$$

$$\text{(2.75 บาท/kWh)} = 77.55 \quad \text{บาท/เตา} \quad (10)$$

$$\text{รวมค่าพลังงาน (8)+(10)} = 401.55 \quad \text{บาท/เตา} \quad (11)$$

$$= 0.182 \quad \text{บาท/ก้อน} \quad (12)$$

$$\text{ต้นทุนรวม (4)+(12)} = 1.162 \quad \text{บาท/ก้อน} \quad (13)$$

$$\text{สัดส่วนของพลังงาน (12)/(13)} = 15.66 \quad \% \quad \text{ของต้นทุน} \quad (14)$$

(ค) เปรียบเทียบเตา 2 ชนิด

$$\text{ต้นทุนลดลง (1)-(13)} = 0.238 \quad \text{บาท/ก้อน} \quad (15)$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายพลังงานลดลง} = 57\% \quad (16)$$

$$\text{เตาแบบดั้งเดิมใช้พลังงาน} = 4-5 \quad \text{MJ/kg อิฐ} \quad (17)$$

$$\text{เตาแบบใหม่ใช้พลังงาน (ตารางที่ 5.2)} = 2.71 \quad \text{MJ/kg อิฐ} \quad (18)$$

$$\text{ดังนั้นพลังงานลดลง} \cong 1.79 \quad \text{MJ/kg อิฐ} \quad (19)$$

$$\cong 40 \quad \% \quad (20)$$

(ง) ระยะเวลาคืนทุน

$$\text{ราคาลงทุนสร้างเตา} = 300,000 \quad \text{บาท} \quad (21)$$

$$\text{ราคาขาย (โรงอิฐหัตถกรรมกิจ, 2539)} = 1.50 \quad \text{บาท} \quad (22)$$

$$\text{กำไร (22)-(13)} = 0.338 \quad \text{บาท/ก้อน} \quad (23)$$

$$\text{กำลังการผลิต (จากหัวข้อ 5.6)} = 99,000 \quad \text{ก้อน/เดือน} \quad (24)$$

$$\text{กำไรรายเดือน} = 33,462 \quad \text{บาท/เดือน} \quad (25)$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 8.96 \quad \text{เดือน} \quad (26)$$

ด้วยระยะเวลาคืนทุน 9 เดือน ทำให้เตาเผาอิฐแบบกึ่งต่อเนื่องนี้ ควรได้รับการเผยแพร่ เพื่อแก้ปัญหาการผลิตอิฐในประเทศต่อไป

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย

ในบทสรุปนี้จะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ สรุปการพัฒนาแนวความคิดที่ได้จากการวิจัยนี้และบทสรุปการพัฒนาและการทดลองเตาดันแบบ

6.1 การพัฒนาแนวความคิด

ด้วยข้อจำกัดเฉพาะของอุตสาหกรรมอิฐที่ต้องเป็นอุตสาหกรรมเฉพาะถิ่น เนื่องจากไม่สามารถแข่งขันได้ถ้าต้องเพิ่มต้นทุนด้านการขนส่ง ทำให้อุตสาหกรรมนี้เป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขาดการพัฒนามาเป็นเวลานาน ในสภาวะปัจจุบันที่เชื้อเพลิงมีราคาแพงและการก่อสร้างมีการขยายตัวอย่างมาก ทำให้เริ่มมีแนวความคิดผลิตอิฐเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในเมืองใหญ่ๆ เช่น อำเภอหาดใหญ่ เป็นต้น อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมอิฐในประเทศส่วนใหญ่ยังเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่จะต้องแข่งขันได้ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าปัญหาหลักของอุตสาหกรรมผลิตอิฐคือต้นทุนพลังงาน โดยเฉพาะในเตาเผาแบบกะ เนื่องจากอุตสาหกรรมอิฐในชนบทจำเป็นต้องมีการผลิตแบบกะ ดังนั้นการพัฒนาแนวความคิดเบื้องต้นจึงอยู่ภายในกรอบของเตาเผาอิฐแบบกะ แต่เพิ่มประสิทธิภาพโดยการนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ในการอุ่นอากาศและอุ่นอิฐ การออกแบบเตาภายในกรอบความคิดนี้ได้เตาลักษณะ 4 ห้อง ซึ่งทำหน้าที่ เผา, อุ่น, อบแห้ง และลดอุณหภูมิอิฐ

การศึกษาเตาในรูปแบบใหม่นี้ทำโดยการจำลองกระบวนการใน 4 เตา โดยใช้หลักการถ่ายเทมวลและความร้อน เพื่อให้เข้าใจการปฏิสัมพันธ์ของการสันดาปไม้ฟืน, อัตราการไหลของอากาศ, ก๊าซร้อนและอิฐในกระบวนการต่างๆ การศึกษาได้เจาะลึกถึงเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการ เพื่อให้เห็นความเป็นไปได้ในการดำเนินการ (operate) การจัดสรรเวลาในแต่ละกระบวนการพบว่า การเผาอิฐประกอบด้วยรอบเผาที่ใช้เวลายาวและสั้นสลับกัน ผลการศึกษาทางทฤษฎีได้รับการยืนยันโดยทดลองเผาในเตาเดียว

6.2 การพัฒนาและทดลองเตาเผาอิฐต้นแบบ

6.2.1 การใช้พลังงาน

จากผลการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องที่ได้ออกแบบสร้างขึ้น สามารถเผาอิฐให้สุกได้ที่อุณหภูมิเผา 800-900 °C พลังงานที่ให้แก่เตาเผาอิฐในการทดสอบเผาอิฐ 2237 ก้อน มีการใช้และสูญเสียพลังงานดังต่อไปนี้ พลังงานที่สะสมภายในเตาคิดเป็นสัดส่วน 13.6-22% พลังงานที่สูญเสียผ่านผนังเตา 7.2-10.9% พลังงานที่สูญเสียออกสู่ปล่องคิดเป็นสัดส่วน 4.4-11.6% และพลังงานที่ถ่ายเทสู่อิฐคิดเป็นสัดส่วน 45.1-71% ของพลังงานจากไม้ฟืนทั้งหมด ส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้คิดเป็นสัดส่วน 0.6-1.13% ของพลังงานรวมทั้งหมด

สำหรับพลังงานจำเพาะที่ใช้ในกระบวนการเผาอิฐซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่อผลผลิตอิฐที่ได้ พบว่าเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 2.258-3.764 MJ/kg (ลดการใช้พลังงานในการเผาอิฐจากเตาสีเหลี่ยมลงได้ 40%) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเตาเผาอิฐแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น เตาเผาอิฐแบบสี่เหลี่ยม (scotch kiln) ที่มีใช้โดยทั่วไปในท้องถิ่น (4-5 MJ/kg) แต่อย่างไรก็ตามค่าพลังงานจำเพาะที่ใช้ในเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องก็ยังคงสูงกว่าเตาเผาอิฐแบบต่อเนื่องเช่น เตาเผาอิฐแบบแนวตั้ง (0.8-0.9 MJ/kg) หรือเตาเผาอิฐแบบบูลทอนซ์และฮอฟแมนน์ (1.5-2.8 MJ/kg) ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าค่าการใช้พลังงานที่คำนวณได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ไม่เพียงแต่วิธีการคำนวณแต่ยังรวมถึงกระบวนการเผาในเตานั้นๆ, ลักษณะรูปร่างของอิฐ, ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้รวมถึงคุณสมบัติของดินเหนียวที่ใช้ทำอิฐ

6.2.2 เวลาที่ใช้

เตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องใช้เวลาในการเผาแต่ละเตาโดยเฉลี่ย 9.95 ชั่วโมง โดยเวลาที่ใช้ในกระบวนการเผาต่ำสุด 7 ชั่วโมงและสูงสุดเท่ากับ 12.7 ชั่วโมง เวลาที่แตกต่างกันในกระบวนการเผาแต่ละเตาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสุดท้ายของอิฐที่ผ่านการอุ่น, อัตราการป้อนไม้ฟืน, อุณหภูมิอากาศสันดาปที่ใช้ และอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเผาในเตา เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่างๆดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันและส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในกระบวนการเผา (ปริมาณอากาศสันดาปจะถูกควบคุมให้คงที่โดยแดมเปอร์ตลอดกระบวนการเผา) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเผาภายในเตาจะส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในกระบวนการเผามากกว่าผลของอุณหภูมิสุดท้ายของอิฐที่ถูกอุ่นก่อนเข้าสู่กระบวนการเผา ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิเผาและอัตราการเพิ่มอุณหภูมิจึงเป็นสิ่งสำคัญและขึ้นอยู่กับผู้ดูแลเตาระหว่างการเผา

ในการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องพบว่าเวลาที่ใช้ทั้งหมดใน 1 รอบการเผา ใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 15.35 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าเวลาที่ใช้ในกระบวนการเผาถึง 5.4 ชั่วโมง และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการเผาที่ต่อเนื่องกันจะมีเตาลดอุณหภูมิ 2 เตา จำเป็นต้องรอให้เตาลดอุณหภูมิอิฐเตาแรกมีอุณหภูมิต่ำพอที่จะนำอิฐออกจากเตาได้ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติสามารถเปิดให้อากาศเข้าสู่เตาลดอุณหภูมิอิฐเตาแรกเพียงเตาเดียวทางช่องใส่ฟืนและช่องประตูชี้เข้าได้ เพื่อเป็นการเร่งเวลาในการลดอุณหภูมิอิฐที่ช่วงอุณหภูมิต่ำได้โดยไม่ทำให้อิฐเสียหาย แล้วจึงนำอิฐออก-เข้าเตาได้ (ใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง) ส่วนเตาลดอุณหภูมิอิฐเตาที่ 2 หากปิดทิ้งไว้ จะทำให้อุณหภูมิอิฐลดลงประมาณ $150-200^{\circ}\text{C}$ ในเวลา 6-7 ชั่วโมง (ช่วงที่ไม่มีกระบวนการเผาในเตาใดๆ) จะส่งผลให้อากาศสันดาปที่ใช้ในการเผาอิฐเตาถัดไปมีอุณหภูมิไม่ต่ำเกินไป จะช่วยให้ประหยัดการใช้ไม้ฟืนและเวลาในการเผา ทำให้เวลาที่สูญเสียระหว่างกระบวนการลดลงและผลผลิตเพิ่มขึ้น

โดยสรุปแล้วเวลาการเผาในเตาชนิดนี้มีความยืดหยุ่นอย่างมาก เพราะท่ออากาศถูกออกแบบให้ปรับการไหลได้หลายรูปแบบ การเผาอิฐในเตาแบบนี้จึงไม่จำเป็นต้องมีรูปแบบที่แน่นอนก็ได้ และการดำเนินการ (operate) จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น (อาจมากกว่าที่ทดลองได้ในงานวิจัยนี้) หากเข้าใจระบบและมีประสบการณ์สักระยะหนึ่ง

6.2.3 โครงสร้างเตา

จากผลการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องพบข้อบกพร่องของเตาที่ควรปรับปรุงได้แก่ หลังคาเตา, ผนังกันไฟ, ท่อทางเดินอากาศ (ก่ออิฐ) และ พื้นเตา ส่วนโครงสร้างส่วนอื่นของเตาเป็นที่พิสูจน์แล้วว่าสามารถใช้งานสำหรับเผาอิฐแบบการเผากึ่งต่อเนื่องที่อุณหภูมิเผา $800-900^{\circ}\text{C}$ ได้ เตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องเป็นเตาเผาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนมีความยืดหยุ่นในการควบคุมการทำงานของเตาโดยอาศัยการปรับแอมเปอร์ อีกทั้งประหยัดวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเนื่องจากเป็นเตาที่มีผนังร่วมกันจึงช่วยลดพื้นที่ในการสร้างเตา ผนังเตาก่ออิฐโดยมีช่องอากาศตรงกลางและประตูเตาบุฉนวนเซรามิกส์ไฟเบอร์ได้พิสูจน์จากการทดสอบเตาเผาอิฐแล้วว่ามี การถ่ายเทความร้อนผ่านประตูเตาน้อยกว่า 600 W/m^2 ,ผ่านผนังเตาน้อยกว่า 1450 W/m^2 โดยที่อุณหภูมิผนังเตาด้านนอกมีค่าน้อยกว่า 10% ของอุณหภูมิเผาสูงสุดภายในเตา และหลังคาเตามีการสูญเสียความร้อนสูงสุดประมาณ 2200 W/m^2

6.2.4 เทคนิคการเผา

คุณลักษณะจำเพาะอย่างหนึ่งของเตาเผาอิฐคือ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเผาภายในเตากับเวลา (firing curve) ซึ่งเตาแต่ละแบบจะมีความสัมพันธ์ดังกล่าวต่างกันและมีคุณลักษณะคงที่โดยขึ้นอยู่กับเตาแต่ละขนาด, รูปแบบ, ปริมาณอิฐในเตา และชนิดของดินทำอิฐที่เผา เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของเตา, การกระจายความร้อนในเตาและการสูญเสียความร้อนของเตาจะเป็นตัวกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเผาในเตากับเวลา ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีรูปแบบที่เหมาะสมและสามารถเผาอิฐได้ดีรูปแบบหนึ่ง (ใช้เวลาในการเผาและพลังงานต่ำโดยอิฐที่ได้มีคุณภาพ) สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเผากับเวลาของเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องในงานวิจัยนี้สามารถดูได้จากกราฟรูปที่ 5.4-5.7 ซึ่งการหารูปแบบการเพิ่มอุณหภูมิเผาที่ดีที่สุดสำหรับการเผาอิฐในเตานั้นๆ ได้จากการทดลองเผาอิฐจริงหลายๆครั้ง แล้วเลือกรูปแบบที่ดีที่สุด เมื่อได้รูปแบบที่เหมาะสม ทุกครั้งที่มีการเผาอิฐในเตาก็สามารถใช้ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นตัวบ่งชี้ขั้นตอนการเผาในแต่ละช่วงเวลา (การเพิ่มอุณหภูมิเผา) จะทำให้การเผาอิฐทำได้ง่ายขึ้น

สำหรับเครื่องมือวัดต่างๆสำหรับช่วยในการ เผาอิฐ จะใช้เทอร์โมคัปเปิลเป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (อุณหภูมิเผาและอุณหภูมิอิฐ) แต่หากผู้ควบคุมเตา (fireman) มีความคุ้นเคยกับเตาก็ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์วัดดังกล่าว อุปกรณ์วัดอุณหภูมิควรติดตั้งเป็นเกจวัดแสดงผลได้ทันทีและควรอยู่บริเวณผนังเตาเพื่อให้ผู้เผาสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในเตาได้อย่างสะดวก อุปกรณ์อีกอย่างหนึ่งที่สามารถช่วยให้การเผาอิฐง่ายขึ้นคือ อุปกรณ์วัดความดันบรรยากาศภายในเตาเผาอิฐ ทำได้โดยใช้หลอดแก้วรูปตัวยูบรรจุน้ำ (U-tube manometer) อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำให้ทราบว่าการบรรยากาศภายในเตามีแรงดูดจากการไหลของอากาศมากน้อยเพียงใด เพื่อที่จะได้ปรับเปลี่ยนการเปิด-ปิดแฉกเปอรให้เพิ่มหรือลดอัตราการไหลของอากาศให้เหมาะสมและเพียงพอกับปริมาณการป้อนไม้ฟืน

6.2.5 ความเหมาะสมในการนำเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องไปใช้

จากผลการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง เมื่อเตามีการทำงานในสภาวะคงตัว การเผาอิฐในเตาเผาจำนวน 2200 ก้อนจะให้ผลผลิตอิฐ 6600 ก้อนในระยะเวลา 48 ชั่วโมง และในเวลา 1 เดือน สามารถผลิตอิฐได้ประมาณ 99,000 ก้อน มีกำลังการผลิตเทียบเท่ากับเตาเผาอิฐแบบสั่นเหลี่ยมขนาด 70,000-100,000 ก้อน/เตา ซึ่งมีการเผา 1 ครั้ง/เดือน (เตาขนาด 50,000 ก้อน จะเผา 2 ครั้ง/เดือน) แต่เตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องมีข้อดีที่สามารถให้ผลผลิตอิฐได้

อย่างต่อเนื่องในเวลาอันสั้น (8-10 ชั่วโมง/1 รอบการเผา) ใช้พลังงานในการเผาต่อผลผลิตต่ำกว่ามาก มีความยืดหยุ่นในการควบคุมการทำงานของเตาในการนำพลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูง สามารถใช้แรงงานคนเพียงคนเดียวในการควบคุมการเผาและมีการใช้แรงงานคนในการนำอิฐออก-เข้าเตาเป็นช่วงเวลา (2-4 คน) ซึ่งสามารถจัดเวลาการทำงานเป็นกะได้ หากมีการปรับปรุงการนำอิฐออก-เข้าเตาให้ใช้แรงงานคนเพียงคนเดียวโดยเครื่องมือทุ่นแรง จะทำให้เตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องมีอัตราการผลิตอิฐเพิ่มขึ้น เนื่องจากจะสูญเสียเวลาระหว่างกระบวนการน้อยลง

เตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่องมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในท้องถิ่นเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ สามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 9 เดือน อีกทั้งใช้พื้นที่ในการก่อสร้างและดำเนินการน้อย

บรรณานุกรม

- กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและพลังงาน. สำนักงานพลังงานแห่งชาติ. 2530.
รายงานเชื้อเพลิงและพลังงานของประเทศไทย 2530. กรุงเทพฯ.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.
 2536. รายงานพลังงานของประเทศไทย 2536. กรุงเทพฯ.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. มอก.153-2533.
อิฐกลวงก่อแฉงไม่รับน้ำหนัก. กรุงเทพฯ.
- กองเศรษฐกิจการพาณิชย์. ฝ่ายสถิติข้อมูล. 2521. รายงานการสำรวจภาวะการใช้พลังงานใน
 โรงงานอุตสาหกรรม เรื่องอุตสาหกรรมอิฐมอญและอิฐก่อสร้าง. กรุงเทพฯ.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. 2536. รายงานวิจัยเสนอต่อสภาวิจัยแห่งชาติ เรื่อง Preliminary Study
 of Brick Making technology in ASEAN Countries.
- ศิริชัย โพธิตาปนะ. 2526. อิฐก่อสร้าง. บริการอุตสาหกรรมสาร. กรุงเทพฯ.
- Mills, A. F., 1992. Heat Transfer. U.S.A. : Richard D.Irwin, Inc.
- Brooker, D.B., F.W. Bakker-Arkema and C.W. Hall. 1974. Drying Cereal Grains. AVI
 publishing Co., Westport, Connecticut.
- Gordon J.V.W. and R.E. Sonntag, 1985. Fundamental of Classical Thermodynamics
 Jonh Wyley & Sons, Inc.

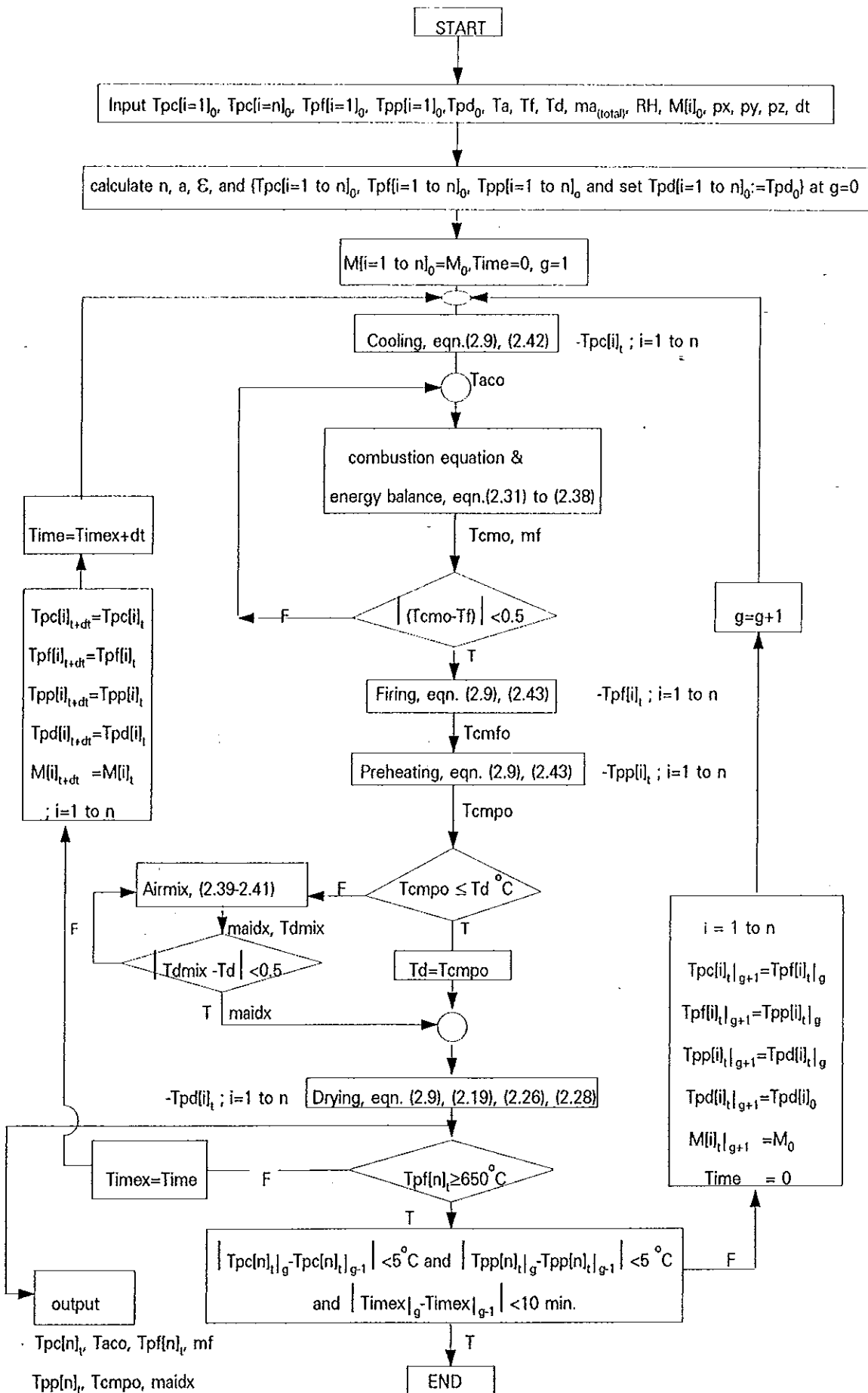
- Joseph, S., B. McGarry, B. Sajjakulnukit and O. Sopchokchai, 1990. A study of brick production in Thailand, TDRI Quarterly Review. pp. 11-15.
- Koopmans, A. and S. Joseph, 1993. Status and Development Issues of the Brick Industry in Asia. Bangkok : FAO
- Koopmans, A., 1985. The Use of Wood as an Energy Source in the Rural Clay Brick and Rooftile Industries in Indonesia. Bangkok : FAO.
- Ozisk, M.N., 1986. Heat Transfer A Basic Approach. McGraw Hill. Singapore.
- Prasertsan, S., 1993. Energy value of rubber plantation residues. R&D. J. Inst. Eng. Thailand, 4 (2), pp. 13-22.
- Prasertsan, S., G. Prateepchaikul and N. Coovatanachai, 1995. Energy crisis in brick making in Thailand. R&D. J. Eng. Inst. Thailand.
- Rowden E., 1964. The Firing of Bricks, British Ceramic Research Association, Brick Development Association Limited, Thomas Forman & Sons Ltd., Nottingham. pp. 3-10.
- Singer F. and S.S. Singer, 1963. Industrial Ceramics, Chapman and hall. London.
- Smith, R.G. and M. Allal, 1986. Small Scale Brickmaking, Technical memorandum No.6, The International Labour Office and The United Nations Industrial Development Organization, Geneva. pp. 106-112.

Theerakulpisut, S. 1990. Modelling Heat Pump Grain Drying Systems. Ph.D. Thesis.
University of Melbourne.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ผ.1

แผนภูมิขั้นตอนการคำนวณในการจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง



- Tpc[n]ₜ, Taco, Tpf[n]ₜ, mf
- Tpp[n]ₜ, Tcmfo, maidx
- Tpd[n]ₜ, Tcmdo, M[n]ₜ, Time

รูปที่ ๘.1.1 แผนภูมิขั้นตอนการคำนวณในการจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

สัญลักษณ์ที่ใช้ประกอบแผนภูมิสำหรับภาคผนวก ผ.1

Ta คือ อุณหภูมิของอากาศ

px, py, pz คือ ความกว้าง ความยาว และความสูงของกองอิฐ

n คือ จำนวนชั้นทั้งหมดของกองอิฐ ; i คือ ตำแหน่งชั้นของกองอิฐจากบนลงล่าง

t คือ เวลาที่ t ใดๆ ; dt คือ ช่วงเวลา

g คือ รอบของการคำนวณจนถึงสุดกระบวนการเผา ($T_{pf}(n)_i \geq 650$ °C)

$M_{0,i}$, \bar{M} คือ ความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นของอิฐ ที่อุณหภูมิเริ่มต้นของอิฐ $T_{pd,0}$

$M(i)_t$ คือ ความชื้นในอิฐชั้นใดๆ ที่เวลา t

$M(i)_{t+dt}$ คือ ความชื้นในอิฐชั้นใดๆ ที่เวลาถัดไป dt

Taco คือ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเตา cooling

Tcmo คือ อุณหภูมิของสารที่ได้จากการเผาไหม้

Tpcn คือ อุณหภูมิของอิฐชั้นล่างสุดในเตา cooling

Tcmfo คือ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเตา firing

Tpfn คือ อุณหภูมิของอิฐชั้นล่างสุดในเตา firing

Tcmpo คือ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเตา preheating

Tppn คือ อุณหภูมิของอิฐชั้นล่างสุดในเตา preheating :

Tcmdo คือ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเตา drying

Tpdn คือ อุณหภูมิของอิฐชั้นล่างสุดในเตา drying

Tp... $(i)_t$ คือ อุณหภูมิของอิฐในชั้นใดๆ ที่เวลา t (... ได้แก่ c : cooling, p : preheating,

f : firing, d : drying)

Tf คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาในเตา firing

Tdmix คือ อุณหภูมิของอากาศหลังการผสมกับอากาศที่ออกจากเตา preheating สำหรับใช้

ใน การ drying

Td คือ ค่าอุณหภูมิของอากาศที่กำหนดไว้สำหรับการอบแห้ง

Timex, Time คือ เวลาที่ใช้ในกระบวนการเผา

$ma_{(total)}$ คือ อัตราการไหลของอากาศสันดาป

mf คือ อัตราการป้อนไม้ฟืน

maidx คือ อัตราการไหลของอากาศที่ใช้ผสมกับอากาศที่ออกจากเตา preheating

Z คือ ระยะตามแนวความสูงของกองอิฐ

T=True, F=False

ภาคผนวก ผ.2

โปรแกรมคอมพิวเตอร์การจำลองแบบกระบวนการเผาอิฐในเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

ภาคผนวก ผ.2

```

Program FB_SCBK_S; {Fixed Bed Semi-Continuous Brick Kiln Simulation}
uses crt;
var fp:text;
    Aexess,a,Tal,E,mai,malv,RH,dt,Td,Mb:real;
    px,py,pz,wp,Tfbed,wai,mf,mp,TbfiO,Tbfln:real;
    TbpIO,Tbpin,TbclO,Tbcin,Tbdl,TlmeF,Tfire:real;
    disp,i,nx,ny,nz,JSL,Tstp,Tsod,Sd:integer;
    filename:string[30];
    Tpc:array [0..50] of real;
    Tpf:array [0..50] of real;
    Tpp:array [0..50] of real;
    Tpd:array [0..50] of real;
    M :array [0..50] of real;
    Tsc:array [1..50,0..50] of real;
    Tsf:array [1..50,0..50] of real;
    Tsp:array [1..50,0..50] of real;
    Tsd:array [1..50,0..50] of real;
const bkw=0.065; gap=0.005;
    bkl=0.08; bkh=0.19;
    Pp=1900; {kg/m^3}
    hv=16000; {kJ/kg dry wood}
function pow(rt,ex:real):real;
begin
    pow:=exp(ex*ln(rt));
end;
{ property of air:Ideal gas}
Procedure Prop(Tp:real;var va,Pa:real);
    var Tf,vc:real;
begin
    Tf:=(Tp+273.15)/100;
{kinetic vlscosity,(m^2/s)}
    vc:=0.0035165*Tf*sqr(Tf)+0.560446*sqr(Tf)+6.9967*(Tf)-11.571704;
    va:=vc/1.0E6;
{air density,(kg/m^2)}
    Pa:=exp(1.19635-0.41723*Tf+0.025423*sqr(Tf)-0.00061*Tf*sqr(Tf));
end;

```

```
Procedure propx(Tx:real;var k,v,Cpa,Cpv,Pr:real);
```

```
    var Prs,xm,Ral,Tf,Al,Rel:real;
```

```
begin
```

```
    Tf:=(Tx+273.15)/100;
```

```
    v:=0.0035165*sqr(Tf)*Tf+0.560466*sqr(Tf)+6.99677*Tf-11.571704;
```

```
    v:=v*1.0E-6;
```

```
    Al:=0.008424*sqr(Tf)+0.10188*Tf-0.16824;
```

```
    Al:=Al*1.0E-4;
```

```
    Pr:=-0.00024774*sqr(Tf)*Tf+0.00675818*sqr(Tf)-0.054267*Tf+0.8159336;
```

```
    k:=0.005681*Tf+0.010934;
```

```
    Cpa:=0.994967-0.00529*Tf+0.00321*sqr(Tf)-0.00012*Tf*sqr(Tf);
```

```
    Cpv:=2.244149-0.26476*(Tx/100)+0.080503*sqr(Tx/100)
```

```
        -0.00633*(Tx/100)*sqr(Tx/100);
```

```
end;
```

```
Procedure Mair(nx,ny:real;var Vcl:real);
```

```
    var Mfuel,As,Aex,Pa,va:real;
```

```
begin
```

```
    Prop(Tal,va,Pa);
```

```
    Mfuel:=96.782;
```

```
    As :=px*py-(bkl*bkh+0.05*bkl)*(nx)*(ny);
```

```
    Vcl:=mal/(3600*Pa*As);    {m/s}
```

```
end;
```

```
    { specific volume of combustion product}
```

```
Procedure spctV(Tp:real;var vb:real);
```

```
    var v,a1,a2,a3,a4,am,b1,b2,b3,b4,bm,
```

```
        Pmole,y1,y2,y3,y4,Aex:real;
```

```
    k:integer;
```

```
const
```

```
{CO2} Tci1=304.2 {K}; Pci1=7390 {kPa};
```

```
{N2} Tci2=126.2; Pci2=3390;
```

```
{O2} Tci3=154.8; Pci3=5080;
```

```
{H2O} Tci4=647.3; Pci4=22090;
```

```
    R=8.3144 {kJ/kmole K};
```

```
    P=101.3; {kPa}
```

```
    Ma=28.97; Mh2o=18.02;
```

```
begin
```

```
    Aex:=Aexess/100;
```

```
Pmole:=3.841+(2.81+wai*3.8435*Aex*Ma/Mh2o)+3.8435*(Aex-1)
```

```
    +(14.452*Aex+0.0068);
```

```

{ mole fraction of combustion product}
{CO2} y1:=3.841/Pmole;
{N2} y2:=(14.452*Aex+0.0068)/Pmole;
{O2} y3:=3.8435*(Aex-1)/Pmole;
{H2O} y4:=(2.81+wai*3.8435*Aex*Ma/Mh2o)/Pmole;
a1:=(27*sqr(R)*sqr(Tci1))/(64*Pci1); {kPa.m^6/kmol^2}
a2:=(27*sqr(R)*sqr(Tci2))/(64*Pci2);
a3:=(27*sqr(R)*sqr(Tci3))/(64*Pci3);
a4:=(27*sqr(R)*sqr(Tci4))/(64*Pci4);
am:=sqr(y1*sqrt(a1)+y2*sqrt(a2)+y3*sqrt(a3)+y4*sqrt(a4));
b1:=(R*Tci1)/(8*Pci1); {m^3/kmol}
b2:=(R*Tci2)/(8*Pci2);
b3:=(R*Tci3)/(8*Pci3);
b4:=(R*Tci4)/(8*Pci4);
bm:=(y1*(b1)+y2*(b2)+y3*(b3)+y4*(b4));
v:=10;
k:=555;
while (k=555) do
begin
vb:= (R*(Tp+273)/(P+(am/sqr(v))))+bm;
If (abs(vb-v)<0.005) then
k:=100;
v:=vb; {m^3/kmol}
end;
end;
Procedure Cpcom(Tp,Aexess:real;var Cpc:real);
var Mwt,Cp,Cpc1,Cpc2,Cpc3,Cpc4,molpc,Aex:real;
const Ma=28.97; Mh2o=18.02;
begin
Tp:=(Tp+273.15)/100;
Aex:=Aexess/100;
{N2} Cpc1:=39.060-512.79*Pow(Tp,-1.5)+1072*Pow(Tp,-2)-820.4*Pow(Tp,-3);
{O2} Cpc2:=37.432+0.020102*Pow(Tp,1.5)-178.57*Pow(Tp,-1.5)+236.88*sqr(1/Tp);
{CO2}Cpc3:=-3.7357+30.527*sqr(Tp)-4.1034*Tp+0.024198*sqr(Tp);
{H2O}Cpc4:=143.05-183.54*Pow(Tp,0.25)+82.751*sqr(Tp)-3.6989*Tp;
molpc:=3.841+(2.81+wai*3.8435*(1+3.76)*Aex*Ma/Mh2o)+3.8435*(Aex-1)
+(14.452*Aex+0.0068);
Cp:=((14.452*Aex+0.0068)/molpc)*Cpc1+(3.8435*(Aex-1)/molpc)*Cpc2
+(3.841/molpc)*Cpc3+((2.81+wai*3.8435*(1+3.76)*Aex*Ma/Mh2o)/molpc)*Cpc4;{kJ/kmol}

```

```

Mwt:=((14.452*Aex+0.0068)/molpc)*28+(3.8435*(Aex-1)/molpc)*32+
      (3.841/molpc)*44+((2.81+wai*3.8435*Aex*Ma/Mh2o)/molpc)*18;
Cpc:=Cp/Mwt; {kJ/kg}
end;
Procedure Vfire(Aexess,nx,ny,Tcmo:real;var mf,Vfl:real);
  var Mfuel,As,Aex,denp,kgmol:real;
      y1,y2,y3,y4,vb,PF:real;
      ya1,ya2,Pmole:real;
  const Ma=28.97; Mh2o=18.02;
begin
  Mfuel:=96.782;
  As :=px*py-(bkh*bkl+0.05*bkl)*(nx)*(ny);
  Aex :=Aexess/100;
  If (Aex<>0) then
    mf :=mal/((3.8435*Aex*(1+3.76))*Ma/Mfuel);
  If (Aex=0) then
    mf:=0;
{ mole of product}
  Pmole:=3.841+(2.81+wai*3.8435*Aex*Ma/Mh2o)+3.8435*(Aex-1)
        +(14.452*Aex+0.0068);
{ mole fraction of combustion product}
{CO2} y1:=3.841/Pmole;
{N2} y2:=(14.452*Aex+0.0068)/Pmole;
{O2} y3:=3.8435*(Aex-1)/Pmole;
{H2O} y4:=(2.81+wai*3.8435*Aex*Ma/Mh2o)/Pmole;
{ mole of air combustion}
{O2} ya1:=3.8435*(Aex);
{N2} ya2:=3.8435*3.76*(Aex);
{ product of combustion: fuel}
  spctV(Tcmo,vb);
  kgmol:=y1*(44)+y2*(28)+y3*(32)+y4*(18); {kg/kmol}
  denp :=kgmol/vb; {kg/m^3}
  PF :=(1+5.4519*Aex)/denp; {m^3 product/kg fuel}
  Vfl :=(mal+mf)/(3600*denp*As); {m/s}
end;
Procedure Rehm(Uo,Tl:real;var hm:real);
  var Re,nr,cr,Num,ka,va,Pa,Cpa,Cv,
      Le,Pr,v:real;
  const De=0.08;

```

```

begin
  Prop(Tl,va,Pa);
  Re :=Uo*De/va;
  If Re<8000 then
    begin
      nr:=0.699; cr:=0.16;
    end;
  If (Re>=8000) and (Re<=100000) then
    begin
      nr:=0.675; cr:=0.092;
    end;
  Num:=cr*Pow(Re,nr);
  propx(Tl,ka,v,Cpa,Cv,Pr);
  hm:=Num*ka/De;
  ( propx(Tl,ka,v,Cpa,Cv,Pr);
    Num:=(0.5*Pow(Re,0.5)+0.2*Pow(Re,2/3))*Pow(Pr,1/3);
    Le :=De*(E/(1-E));
    hm :=Num*ka/Le;)
  end;
Procedure Cpbrick(Tf:real;var Cp:real);
  var Cp1,Cp2,Z1,Z2 :real;
  const y1=0.358; y2=0.642;
  begin
    Tf:=Tf/100;
    Cp:=0.806163+0.024665*Tf+0.000701*sqr(Tf)-0.00006*Tf*sqr(Tf);
    Cp1:=Cp*1000;
  if (Tf<100) then
    Z1:=0.380;Z2:=0.198;
  If (Tf<200) and (Tf>100) then
    Z1:=0.390;Z2:=0.206;
  if (Tf<300) and (Tf>200) then
    Z1:=0.430;Z2:=0.214;
  If (Tf<400) and (Tf>300) then
    Z1:=0.448;Z2:=0.222;
  if (Tf<500) and (Tf>400) then
    Z1:=0.484;Z2:=0.229;
  if (Tf<600) and (Tf>500) then
    Z1:=0.557;Z2:=0.236;
  if (Tf<700) and (Tf>600) then

```

```

    Z1:=0.520;Z2:=0.242;
  If (Tf<800) and (Tf>700) then
    Z1:=0.501;Z2:=0.248;
  If (Tf<900) and (Tf>800) then
    Z1:=0.502;Z2:=0.253;
  If (Tf<1000) and (Tf>900) then
    Z1:=0.497;Z2:=0.259;
  If (Tf<1100) and (Tf>1000) then
    Z1:=0.502;Z2:=0.264;
  Cp2:=(y1*Z1+y2*Z2)*4188;
  Cp :=(Cp1+Cp2)/2;
end;
Procedure Initial(var Tinitial:real);
begin
  TbfIn:=(TbcIn/TbcIO)*TbfIO;
  TbpIn:=(TbcIn/TbcIO)*TbpIO;
  for I:=0 to nz-1 do
    begin
      Tpc[I]:=TbcIO-I*(TbcIO-TbcIn)/nz;
      Tpf[I]:=TbfIO-I*(TbfIO-TbfIn)/nz;
      Tpp[I]:=TbpIO-I*(TbpIO-TbpIn)/nz;
      Tpd[I]:=TbdI;
      M[I]:=Mb;
    end;
end;
Procedure Cool(Tai:real;var Taco,Tpcx:real);
var  va,k,Ca,Cv,Pr,Pa,hm,Uo,Cp,
     Pg,Pv,Vcl,Cpb:real;
const dx=0.07; {m}
     Pt=101.0325;
begin
Pg :=-4.84207+0.519908*Tai-0.01232*sqr(Tai)+0.000175*Tai*sqr(Tai);
Pv :=(RH/100)*Pg;
wai:=0.62198*(Pv/(Pt-Pv));
  Prop(Tai,va,Pa);
  Propx(Tai,k,va,Ca,Cv,Pr);
  Mair(nx,ny,Vcl);
  Rehm(Vcl,Tai,hm);
  for I:=0 to nz-1 do

```

```

begin
  Cpbrick(Tpc[i],Cp);
Taco:=Tai-(dx*dt*hm*a*(Tai-Tpc[i])/(1000*(Pa*Ca+Pa*wai*Cv)*(Vcl*dt+E*dx)));
  Tpc[i]:=Tpc[i]+(hm*a*dt*(Tai-Tpc[i])/(Pp*Cp));
  Tai:=Taco;
  Prop(Taco,va,Pa);
  Propx(Taco,k,va,Ca,Cv,Pr);
  Rehm(Vcl,Taco,hm);
end;
Tpcx:=Tpc[nz-1];
end;
Procedure Tpcomb(Taco:real;var wp,malv,Aexess:real);
  var Pv,Pg,wai,hw,hpc,Cpc:real;
  Cpap,k,Ca,Cv,Pr,Tcmo,Aex,ha:real;
  hp,Tcml,va,Vcl,hpv,A,B,max:real;
  Temp:Integer;
  const Mfuel=96.782;
  wf =0.20; {kg moisture/kg dry wood}
  Pt =101.325; {kPa}
  {assume moisture in wood =20%}
  begin
Pg :=-4.84207+0.519908*Tai-0.01232*sqr(Tai)+0.000175*Tai*sqr(Tai);
Pv :=(RH/100)*Pg;
wai:=0.62198*(Pv/(Pt-Pv));
hw :=2495.763+1.823669*Taco+0.000321*sqr(Taco);
  malv:=mal/(1+wai);
  Tcml:=100;
  Temp:=555;
  Aex:=1;
  while (Temp=555) do
  begin
    Propx(Taco,k,va,Ca,Cv,Pr);
    ha :=Ca*Taco; {ref. 0 C}
{dry wood consump.}mf :=malv/((3.8435*Aex*(1+3.76))*28.97/Mfuel);
    mp :=(1+wai)*malv+(0.96)*(mf+wf*mf); {total product comb.}
    wp :=(malv*wai+(0.96)*mf*wf)/(malv+0.96*mf);
    Cpcom(Tcml,Aexess,Cpc);
    hpv :=2495.763+1.823669*Tcml+0.000321*sqr(Tcml);
    hp :=((mf*hpv)+(mf*wf*125.79)+(malv*wai*hw)+malv*ha)/mp;

```

```

Tcmo:=hp/Cpc;
  if (abs(Tfire-Tcmo)<0.5) and (abs(Tcmo-Tcmi)<0.5) then
    Temp:=1111;
    Tcmi:=Tcmo;
  if (Tfire-Tcmo)<-0.5 then
    Aex:=Aex+0.05;
  if (Tfire-Tcmo)>0.5 then
    Aex:=Aex-0.001
  end;
  Aexess:=Aex*100;
{wood include moisture content} mf:=mf+wf*mf;
end;
Procedure Fireb(Tcmo:real;var Tcmfo,Tpfx:real);
  var k,Uo,va,Pa,hm,Ca,Cv,Pr,Cp,
      Vfi,Taco,Cpb:real;
  const dx=0.07;
  Cw=4.187;
  begin
    Prop(Tcmo,va,Pa);
    propx(Tcmo,k,va,Ca,Cv,Pr);
    Vfire(Aexess,nx,ny,Tcmo,mf,Vfi);
    Rehm(Vfi,(Tcmo+Tpff[1])/2,hm);
    for l:=0 to nz-1 do
      begin
        Cpbrick(Tpff[l],Cp);
Tcmfo:=Tcmo-(dx*dt*hm*a*(Tcmo-Tpff[l])/(1000*(Pa*Ca+Pa*wp*Cv)*(Vfi*dt+E*dx)));
        Tpff[l]:=(hm*a*dt*(Tcmo-Tpff[l])/(Pp*Cp))+Tpff[l];
        Tcmo:=Tcmfo;
        Prop(Tcmfo,va,Pa);
        propx(Tcmfo,k,va,Ca,Cv,Pr);
        Rehm(Vfi,(Tcmfo+Tpff[l])/2,hm);
      end;
    Tpfx:=Tpff[nz-1];
  end;
Procedure Prehb(Tcmfo:real;var Tcmfo,Tppx:real);
  var k,Uo,va,Pa,hm,Ca,Cv,Pr,Cp,
      Vfi,Taco,Tcmo,v,Cpb:real;
  const dx=0.07;
  begin

```

```

    Prop(Tcmfo,va,Pa);
    propx(Tcmfo,k,v,Ca,Cv,Pr);
    Vfire(Aexess,nx,ny,Tcmfo,mf,Vfi);
    Rehm(Vfi,(Tcmfo+Tpp[I])/2,hm);
    for I:=0 to nz-1 do
    begin
        Cpbrick(Tpp[I],Cp);
Tcmfo:=Tcmfo-(dx*dt*hm*a*(Tcmfo-Tpp[I])/(1000*(Pa*Ca+Pa*wp*Cv)*(Vfi*dt+E*dx)));
        Tpp[I]:=(hm*a*dt*(Tcmfo-Tpp[I])/(Pp*Cp))+Tpp[I];
        Tcmfo:=Tcmfo;
        Prop(Tcmfo,va,Pa);
        propx(Tcmfo,k,v,Ca,Cv,Pr);
        Rehm(Vfi,(Tcmfo+Tpp[I])/2,hm);
    end;
    Tppx:=Tpp[nz-1];
end;
Procedure Alrmix(Tai,Tcmfo,Td:real;var maidx,waod:real);
    var  maod,hp,hald,haod,wp,wald,maid,
        Cpap,k,va,Ca,Cv,hpv,haldv,haodv:real;
        Pr,Vci,Pg,Pv:real;
        Amx:integer;
    const Pt=101.0325;
        wf=0.20;
    begin
        Propx(Tai,k,va,Ca,Cv,Pr);
        Mair(nx,ny,Vci);
Pg:=-4.84207+0.519908*Tai-0.01232*sqr(Tai)+0.000175*Tai*sqr(Tai);
        Pv:=(RH/100)*Pg;
        wal:=0.62198*(Pv/(Pt-Pv));
        mp:=(1+wal)*maiv+(mf); {moist. air out firing}
{mf: wood include moisture content, from Tcomp procedure}
{maiv:dry air for combustion process, from Tcomp procedure}
        wp:=(maiv*wal+(mf-mf*wf)*wf)/(maiv+(mf-wf*mf)); {per kg dry air}
        wald:=wal;
        hald:=Ca*Tai;
        Propx(Tcmfo,k,va,Ca,Cv,Pr);
        haod:=Ca*Td;
Cpap:=-0.00529*Tcmfo*(Tcmfo+273.15)/100+0.00321*Tcmfo*sqr((Tcmfo+273.15)/100)
        -0.00012*Tcmfo*Pow(((Tcmfo+273.15)/100),3);

```

```

hp:=(Tcmpo+wp*(2495.763+0.000321*sqr(Tcmpo))-Cpap;
  hpv :=2495.763+1.823669*Tcmpo+0.000321*sqr(Tcm
  haldv:=2504.294+1.643526*Tal+0.002457*sqr(Tal)-(1
  haodv:=2504.294+1.643526*Td+0.002457*sqr(Td)-(1
      Amx :=5;
      maid:=20;
      while (Amx=5) do
      begin
waod :=((malv*wai+(mf-wf*mf)*wf)+maid*wald)/(malv+(mf-wf*mf)+m
maidx:=mp*(hp+wp*hpv-waod*haodv-haod)/(waod*haodv+haod-hald-
      If abs(maldx-maid)<0.05 then
          Amx :=6;
          mald:=maldx;
      end;
{moist.air}   maldx:=maldx+waod*maldx;
end;
Procedure Dryb(Tcmpd,maldx,waod:real;var Tcmdo,Tpdx:real);
  var k,va,Pa,hm,Ca,Cv,Pr,Cp,wp,wpd,
      Vfl,Taco,Ga,L,B,Psat,dmdt,Tcmo,v,As,
      Pv,dwdx,Term1,Term2,hfg,Vcl,Cpb:real;
  const dx=0.07;
      Pt=101.325; {kPa}
      Cw=4184;   {J/kg K}
begin
  L:=8;
  B:=6;
      wpd:=waod;
      If (Tcmpd>0) and (Tcmpd<=50) then
Psat:=0.595551+0.056473*Tcmpd+0.000148*sqr(Tcmpd)
      +0.000067*Tcmpd*sqr(Tcmpd);
      If (Tcmpd>50) and (Tcmpd<=100) then
Psat:=-30.5818+1.730149*Tcmpd-0.0307*sqr(Tcmpd)
      +0.000266*Tcmpd*sqr(Tcmpd);
      If (Tcmpd>100) and (Tcmpd<=320) then
Psat:=-2276.96+48.56219*Tcmpd-0.36011*sqr(Tcmpd)
      +0.001063*Tcmpd*sqr(Tcmpd);
      Psat:=Psat*760/100;   {mm.Hg}
      Pv :=wpd*Pt/(0.62198+wpd);
      Pv :=Pv*760/100;   {mm.Hg}

```

```

Prop(Tcmpd,va,Pa);
As :=px*py-(bkh*bkl+0.05*bkl)*nx*ny;
Mair(nx,ny,Vcl);
Vfl:=((maldx)+mp)/(3600*Pa*As);
Ga :=Pa*Vfl;
If (Vfl>1.0) and (Vfl<10.0) then
begin
dmdt:=(2.12E-7)*Pow(L,0.77)*B*(Psat-Pv)*(1+0.121*Pow((Vfl*100),0.85));
end;
If (Vfl<1.0) then
begin
dmdt:=(4.3E-7)*Pow(L,0.73)*Pow(B,0.8)*(Psat-Pv)*(1+0.121*Pow((Vfl*100),0.85));
end;
hfg:=2499.964-2.23293*Tcmpd-0.00204*sqr(Tcmpd);
{
dmdt:=((2*bkw*0.05)*(hm/1000)*(Tcmpd-Tpd[l])/hfg);
dmdt:=dmdt/(1.55E5); {kg water/kg product-sec.}
dwdx:=(Pp/Ga)*dmdt;
Prop(Tcmpd,va,Pa);
propx(Tcmpd,k,v,Ca,Cv,Pr);
Rehm(Vfl,Tcmpd,hm);
hfg:=2499.964-2.23293*Tcmpd-0.00204*sqr(Tcmpd);
for l:=0 to nz-1 do
begin
If abs(Tcmpd-Tpd[l])<0.5 then
Tpd[l]:=Tcmpd;
Cpbrlck(Tpd[l],Cp);
hfg:=2499.964-2.23293*Tcmpd-0.00204*sqr(Tcmpd);
Tcmdo:=Tcmpd-(dx*dt*hm*a*(Tcmpd-Tpd[l])/(1000*(Pa*Ca+Pa*wpd*Cv)*(Vfl*dt+E*dx)));
Term1:=hm*a*(Tcmpd-Tpd[l])/(Pp*Cp+Pp*Cw*M[l]);
If (Tpd[l]=Tcmpd) then
Term2:=0.0
else
Term2 :=(1000*(hfg+Cv*(Tcmpd-Tpd[l]))/(Pp*Cp+Pp*Cw*M[l]))*Ga*dwdx;
Tpd[l]:=(Term1 -Term2)*dt+Tpd[l];
Tcmpd:=Tcmdo;
Propx(Tcmdo,k,v,Ca,Cv,Pr);
Prop(Tcmdo,va,Pa);
Vfl:=((maldx+waod*maldx)+mp)/(3600*Pa*As);
Rehm(Vfl,Tcmpd,hm);

```

```

    If (Tcmdo>0) and (Tcmdo<=50) then
    Psat:=0.595551+0.056473*Tcmdo+0.000148*sqr(Tcmdo)
        +0.000067*Tcmdo*sqr(Tcmdo);
    If (Tcmdo>50) and (Tcmdo<=100) then
    Psat:=-30.5818+1.730149*Tcmdo-0.0307*sqr(Tcmdo)
        +0.000266*Tcmdo*sqr(Tcmdo);
    If (Tcmdo>100) and (Tcmdo<=320) then
    Psat:=-2276.96+48.56219*Tcmdo-0.36011*sqr(Tcmdo)
        +0.001063*Tcmdo*sqr(Tcmdo);
        Psat:=Psat*760/100;    {mm.Hg}
        Pv :=wpd*Pt/(0.62198+wpd); {kPa}
        Pv :=Pv*760/100;    {mm.Hg}
    If (Vfi>1.0) and (Vfi<10.0) then
    begin
    dmdt:=(2.12E-7)*Pow(L,0.77)*B*(Psat-Pv)*(1+0.121*Pow((Vfi*100),0.85));
    end;
        If (Vfi<1.0) then
        begin
    dmdt:=(4.3E-7)*Pow(L,0.73)*Pow(B,0.8)*(Psat-Pv)*(1+0.121*Pow((Vfi*100),0.85));
    end;
        { dmdt:=((2*bkw*0.05)*(hm/1000)*(Tcmdo-Tpd[i])/hfg);}
        dmdt:=dmdt/(1.55E5);    {kg water/kg product-sec.}
        M[i]:=M[i]-dmdt*dt;
        If M[i]<0 then
        begin
            M[i]:=0;
            dmdt:=0
        end;
        Prop(Tcmdo,va,Pa);
        Ga :=Vfi*Pa;
        dwdx:=(Pp/Ga)*dmdt;
        wpx :=dwdx*dx+wpd;
        wpd :=wpx;
    end;
        Tpdx:=Tpd[nz-1];
    end;
Procedure Tprec(var Tppx:real);
    var STpp,Qbpt,Qbptx,Tppav,Tppavx,Tppeq,
        dTpre,Qwl,Cpb:real;

```

```

begin
  STpp:=0;
  Qbpt:=0;
  for l:=0 to nz-1 do
    begin
      STpp:=STpp+Tpp[l];
    end;
    Tppav:=STpp/nz;
    Tppeq:=Tppav/100;
    Cpbrick(Tppav,Cpb);
    Qbpt :=nx*ny*nz*1.2*(Cpb/1000)*(Tppav-Tai);
    {Experiment heat losses through kiln wall
{Test2}
    if (nx*ny*nz>=3500) then
      Qwl:=-289.383+2359.281*(Tppeq)-918.386*sqr(Tppeq)+211.574*Tppeq*sqr(Tppeq)
        -15.2364*sqr(sqr(Tppeq));
{Test3}
    if (nx*ny*nz>=2500) and (nx*ny*nz<3500) then
      Qwl:=-1114.84+3587.593*(Tppeq)-2373.15*sqr(Tppeq)+624.9514*Tppeq*sqr(Tppeq)
        -45.2676*sqr(sqr(Tppeq));
{Test4}
    if (nx*ny*nz<2500) then
      Qwl:=-634.73+1496.269*(Tppeq)-335.338*sqr(Tppeq)+74.51123*Tppeq*sqr(Tppeq)
        -4.98138*sqr(sqr(Tppeq));
      Qbptx:=Qbpt-(Qwl/1.0E3)*dt;
      Tppavx:=(Qbptx/(nx*ny*nz*1.2*(Cpb/1000)))+Tai;
      dTpre :=abs(Tppav-Tppavx);
      for l:=0 to nz-1 do
        begin
          Tpp[l]:=Tpp[l]-dTpre;
        end;
        Tppx:=Tpp[nz-1];
      end;
    Procedure Input(var Inp:real);
      var Dn:char;
          Inx:integer;
          Cor :string[4];
      begin
        clrscr;

```

```

( sound(500);
  Delay(500);
  Nosound;}
sound(800);
Delay(500);
Nosound;
Textcolor(lightgreen);
write (' /-----\');
writeln;
writeln(' PROGRAM : Fixed_Bed Semi-Continuous Brick Kiln ');
writeln('          Brick Kiln Project');
write (' \-----/');
writeln;writeln;
write(' [0] DATA FILENAME RECORD ?___');
read(filename);
assign(fp,filename);
rewrite(fp);
writeln;
write('Do you want to display and record all brick temp.data?(1 or 0)___');
readln(disp);
  if (disp=1) or (dlsp=1) then
    begin
write(' * Input time step for display and record (integer)___');
readln(Sd);
  end;
write(' [1] Input the width of brick stack (m)___');readln(px);
write(' [2] Input the lenght of brick stack (m)___');readln(py);
write(' [3] Input the height of brick stack (m)___');readln(pz);
write(' [4] Input the inlet air temp.at cooling zone(C)___');
readln(Tai);
write(' [5] Input the relative humidity of cooling air(% )___');
readln(RH);
write(' [6] Input brick temperature at cooling zone (Top bed)(C)___');
readln(Tbci0);
write(' [7] Input brick temp. at cooling zone (bottom bed)(C)___');
readln(Tbcin);
write(' [8] Input brick temp. at firing zone (Top bed)(C)___');
readln(Tbfi0);
write(' [9] Input brick temp. at preheating zone (Top bed)(C)___');

```

```

readln(Tbpl0);
write('10] Input brick temp. at drying zone(C)___');
readln(Tbdi);
write('11] Input moisture content of brick at drying zone(%)___');
readln(Mb);
write('12] Input drying temp. in drying zone (C)___');
readln(Td);
write('13] Input firing temperature(C)___');
readln(Tfire);
write('14] Input (constant) flowrate of air combustion (mal,(kg/hr))___');
readln(mal);
write('15] Input step size of each time step (sec.)___');
readln(dt);
write('16] Input time step for output display (Integer)___');
readln(Tsod);
writeln;
      Inx:=9;
      while (Inx=9) do
      begin
write('***[] All input are correct! (T or F)___');
readln(Dn);
if (Dn='F') or (Dn='f') then
      begin
write('>>>[] Type Input number to be corrected___');
readln(Cor);
      if (Cor='0') then
      begin
write('>----> DATA FILENAME RECORD ?___');
read(filename);
assign(fp,filename);
rewrite(fp);
      end;
      if (Cor='1') then
      begin
write('      Input the width of brick stack (m)___');readln(px);
      end;
      if (Cor='2') then
      begin
write('      Input the length of brick stack (m)___');readln(py);

```

```

end;
  if (Cor='3') then
  begin
write('  Input the height of brick stack (m)___');readln(pz);
  end;
  if (Cor='4') then
  begin
write('  Input the Inlet air temp.at cooling zone(C)___');
readln(Tal);
  end;
  if (Cor='5') then
  begin
write('  Input the relative humidity of cooling air(% )___');
readln(RH);
  end;
  if (Cor='6') then

  begin
write('  Input brick temperature in cooling zone (Top bed)(C)___');
readln(Tbcl0);
  end;
  if (Cor='7') then
  begin
write('  Input brick temp. In cooling zone (bottom bed)(C)___');
readln(Tbcin);
  end;
  if (Cor='8') then
  begin
write('  Input brick temp. in firing zone (Top bed)(C)___');
readln(Tbfi0);
  end;
  if (Cor='9') then
  begin
write('  Input brick temp. in preheating zone (Top bed)(C)___');
readln(Tbpi0);
  end;
  if (Cor='10') then
  begin
write('  Input brick temp. In drying zone(C)___');

```

```

readln(Tbdi);
  end;
  If (Cor='11') then
  begin
write('  Input moisture content of brick at drying zone(dry basis %)___');
  readln(Mb);
  end;
  If (Cor='12') then
  begin
write('  Input drying temp. In drying zone (C)___');
  readln(Td);
  end;
  If (Cor='13') then
  begin
write('  Input firing temperature(C)___');
  readln(Tfire);
  end;
  If (Cor='14') then
  begin
write('  Input (constant) flowrate of air combustion (mal,{kg/hr})___');
  readln(mal);
  end;
  If (Cor='15') then
  begin
write('  Input step size of each time step (sec.)___');
  readln(dt);
  end;
  If (Cor='16') then
  begin
write('  Input time step for output display (Integer)___');
  readln(Tsod);
  end;
  end;
  If (Dn='T') or (Dn='t') then
  Inx:=10;
end;
end;
  Procedure Transf(var Tfbed:real);
  var Taco,Tpcx,Tcmo,Tcmfo,maldx,waod:real;

```

```

    Tpfx,Tcmpo,TPpx,Tcmdo,Tpdx,md:real;
    Tcmpd,Mx,maix,Time,lnp,Tinitial,mfx:real;
    k,v,Ca,Cv,Pr,Spe,Eld,Eldx,Elp,Tdt:real;
    Elc,Elcx,Cp,nb,mda,maidxa,mfxa :real;
    maidxa,mdai,mix,mdx:real;
var Tf:array [0..100] of real;
    Tpcv:array [0..100] of real;
    Tpfv:array [0..100] of real;
    Tppv:array [0..100] of real;
    Elcc:array [0..50] of real;
    ws :array [0..100] of real;
    g,j,q,w,r,wait,new:integer;
begin
    Input(lnp);
    nx:=round((px+gap)/(bkh+gap));
    ny:=round((py+0.05)/(0.05+bkl));
    nz:=round(pz/bkw);
    nb:=nx*ny*nz;
    Mb:=Mb/100;
    a :=((2*bkw*0.065)*nx*ny*nz)/(px*py*pz);
    E :=(px*py*pz-(bkh*bkl*bkw*nx*ny*nz))/(px*py*pz);
        r :=0;
        q :=0;
        g :=1;
        wait :=0;
        Time :=0;
        Timef:=0;
        Tstp :=0;
        JSL :=100;
        new :=345;
        mfx :=0;
        Eldx :=0;
        maidxa:=0;
        mda:=0;
        Elcx:=0;
        Initial(Tinitial);

    clrscr;
    writeIn(' Tai = ',Tai:2:0,' (C)', ' RH = ',RH:3:0,' (%)');
    writeIn(' Tfire = ',Tfire:3:0,' (C)', ' mai= ',mai:4:0,' (kg/hr)');

```

```

writeln('    Tdry = ',Td:3:0,' (C)'); Mb = ',Mb:4:3);
writeln('    Total brick In the kiln =',(nx*ny*nz):5,' bricks');
writeln;
writeln('-----');
-----');
writeln('g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpfx Tcmfo maldx Tppx Tcmfo Tpdx (%) md');
writeln('-----');
-----');
writeln(fp,'    Tai = ',Tai:2:0,' (C)'); RH = ',RH:3:0,' (%)');
writeln(fp,'    Tfire = ',Tfire:3:0,' (C)'); mai= ',mai:4:0,' (kg/hr)');
writeln(fp,'    Tdry = ',Td:3:0,' (C)'); Mb = ',Mb:4:3);
writeln(fp,'    Total brick In the kiln =',(nx*ny*nz):5,' bricks');
writeln(fp);
writeln(fp,'-----');
-----');
writeln(fp,'g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpfx Tcmfo maldx Tppx Tcmfo Tpdx (%) md');
writeln(fp,'-----');
-----');
    while (JSL=100) do
begin
    Tstp :=Tstp+1;
    Time :=Time+dt;
    Timef:=Time/60;
Cool(Tai,Taco,Tpcx);
    If (wait<>5) then
    begin
Tpcomb(Taco,wp,maiv,Aexess);
    Tcmo:=Tfire;
    end;
    If (wait=5) then
    Tcmo:=Taco;
    Fireb(Tcmo,Tcmfo,Tpfx);
    If (wait<>5) then
begin
    Prehb(Tcmfo,Tcmfo,Tppx);
    If (Tcmfo>Td) then
    begin
    Airmix(Tai,Tcmfo,Td,maldx,waod);
    Tdt:=Td;

```

```

    end;
    If (Tcmpo<=Td) then
    begin
    Tdt:=Tcmpo;
    waod:=wp;
    end;
end
else
If (walt=5) then
begin
mf:=0;
Tcmpo:=0;
Aexess:=0;
Tprec(Tppx);
If (Tcmfo>Td) then
begin
Airmx(Tal,Tcmfo,Td,maldx,waod);
end
else
If (Tcmfo<=Td) then
begin
Tdt:=Tcmfo;
waod:=wp;
maldx:=0;
end;
end;
Dryb(Tdt,maldx,waod,Tcmdo,Tpdx);
propx(Tcmdo,k,v,Ca,Cv,Pr);
{mass flowrate of drying air}
md :=mal+mf+maldx;
{Sum of wood consumption}
mfx :=mfx+(mf/3600)*dt;
If (disp=1) then
begin
w:= Tstp mod Sd;
If w= 0 then
begin
q:=q+1;
r:=r+1;

```

```

ws[r]:=Timef;
for i:=0 to nz-1 do
begin
  Tsc[r,i]:=Tpc[i];
  Tsf[r,i]:=Tpf[i];
  Tsp[r,i]:=Tpp[i];
  Tsd[r,i]:=Tpd[i];
end;
end;
end;
j:= Tstp mod Tsod;
if j=0 then
begin
Textcolor(yellow);
Textbackground(lightblue);
write(g:1,Timef:6:0,Taco:6:1,Tpcx:6:1,mf:6:1,Tcmfo:6:1,Tpfx:6:1,Tcmpto:6:1,
  maldx:7:1,Tppx:6:1,Tcmdo:6:1,Tpdx:6:1,Aexess:4:0,md:6:0);
writeln;
write(fp,g:1,Timef:6:0,Taco:6:1,Tpcx:6:1,mf:6:1,Tcmfo:6:1,Tpfx:6:1,Tcmpto:6:1,
  maldx:7:1,Tppx:6:1,Tcmdo:6:1,Tpdx:6:1,Aexess:4:0,md:6:0);
writeln(fp);
end;
if ((Tpfx>=650) and (wait<>5)) then
begin
  Tf[g]:=Timef;
  Tpcv[g]:=Tpc[nz-1];
  Tpfv[g]:=Tpf[nz-1];
  Tppv[g]:=Tpp[nz-1];
{specific energy, kJ/kg brick}
  Spe:=mfx*hv/(nx*ny*nz*1.2);
{ave. mixing air flowrate}
  maldxal:=maldxa/(Timef/60);
  mdal:=mda/(Timef/60);
  mfxa:=mfx/(Timef/60);
write(g:1,Timef:6:0,Taco:6:1,Tpcx:6:1,mf:6:1,Tcmfo:6:1,Tpfx:6:1,Tcmpto:6:1,
  maldx:7:1,Tppx:6:1,Tcmdo:6:1,Tpdx:6:1,Aexess:4:0,md:6:0);
writeln;
writeln('-----');
writeln('-----');

```

```

write(fp,g:1,Timef:6:0,Taco:6:1,Tpcx:6:1,mf:6:1,Tcmfo:6:1,Tpfx:6:1,Tcmfo:6:1,
      maldx:7:1,Tppx:6:1,Tcmfo:6:1,Tpdx:6:1,Aexess:4:0,md:6:0);
writeln(fp);
writeln(fp,'-----');
-----');
writeln('---> average wood consumption = ',mfxa:4:1,' kg/hr');
writeln('---> average mixing air flowrate = ',maldxal:5:1,' kg/hr');
writeln('---> average drying air flowrate = ',mdal:5:1,' kg/hr');
writeln('-----');
-----');
writeln(fp,'---> average wood consumption = ',mfxa:4:1,' kg/hr');
writeln(fp,'---> average mixing air flowrate = ',maldxal:5:1,' kg/hr');
writeln(fp,'---> average drying air flowrate = ',mdal:5:1,' kg/hr');
writeln(fp,'-----');
-----');
writeln;
writeln(' [ => Total wood consumption = ',mfx:4:1,' kg. ]');
writeln(' [ => Specific energy      = ',Spe:4:1,' kJ/kg brick ]');
writeln;
writeln(fp);
writeln(fp,' [ => Total wood consumption = ',mfx:4:1,' kg. ]');
writeln(fp,' [ => Specific energy      = ',Spe:4:1,' kJ/kg brick ]');
writeln(fp);
Textcolor(5);
writeln('<[ Final temperature and moisture content of brick in drying chamber ]>');
writeln(fp,'<[ Final temperature and moisture content of brick in drying chamber ]>');
writeln('-----');
-');
writeln('          Temperature (C)          average <after');
writeln(' ----- moisture firing>');
writeln(' bed cooling firing preheating drying content cooling');
writeln(' | Tpc[i] Tpf[i] Tpp[i] Tpd[i] M[i] losses (MJ)');
writeln('-----');
-');
writeln(fp,'-----');
-----');
writeln(fp,'          Temperature (C)          average <after ');
writeln(fp,' ----- moisture firing> ');
writeln(fp,' bed cooling firing preheating drying content cooling');

```

```

writeln(fp,' I Tpc[i] Tpf[i] Tpp[i] Tpd[i] M[i] losses (MJ)');
writeln(fp,'-----
----');
    for i:=0 to nz-1 do
    begin
{energy loss from cooling after finish firing process}
        Cpbrick(Tpc[i],Cp);
        Elc :=(nx*ny)*1.2*Cp*(Tpc[i]-Tai)/(1.OE6);
        Elcc[i]:=Elc;
        Elcx:=Elcx+Elcc[i];
Textcolor(lightgreen);
Textbackground(lightblue);
writeln(i:3,Tpc[i]:10:2,Tpf[i]:11:2,Tpp[i]:11:2,Tpd[i]:10:2,M[i]:9:4,Elcc[i]:12:3);
writeln(fp,i:3,Tpc[i]:10:2,Tpf[i]:11:2,Tpp[i]:11:2,Tpd[i]:10:2,M[i]:9:4,Elcc[i]:12:3);
        end;
writeln('-----
');
writeln('----> Total losses from cooling = ',Elcx:6:3,' MJ/',nb:4:0,' bricks');
writeln('        loss per kg. brick = ',(Elcx/(nb*1.2)):4:3,' MJ/kg brick');
writeln('-----
');
writeln(fp,'-----
--');
writeln(fp,'----> Total losses from cooling = ',Elcx:6:3,' MJ/',nb:4:0,' bricks');
writeln(fp,'        loss per kg. brick = ',(Elcx/(nb*1.2)):4:3,' MJ/kg brick');
writeln(fp,'-----
--');
    if (disp=1) then
    begin
        for r:=1 to q do
        begin
writeln;
writeln('<[]> step',r:3,' Time =',ws[r]:5:1,' min. ');
writeln;
writeln(' bed cooling firing preheating drying');
writeln(' I Tpc[i] Tpf[i] Tpp[i] Tpd[i]');
writeln;
writeln(fp);
writeln(fp,'<[]> step',r:3,' Time =',ws[r]:5:1,' min. ');

```

```

writeln(fp);
writeln(fp,' bed cooling firing preheating drying');
writeln(fp,' i Tpc[l] Tpf[l] Tpp[l] Tpd[l]');
writeln(fp);
  for l:=0 to nz-1 do
    begin
      writeln(i:5,Tsc[r,l]:12:1,Tsf[r,l]:12:1,Tsp[r,l]:12:1,Tsd[r,l]:12:2);
      writeln(fp,i:5,Tsc[r,l]:12:1,Tsf[r,l]:12:1,Tsp[r,l]:12:1,Tsd[r,l]:12:2);
      end;
    end;
  end;
  g:=g+1;
  if (g>1) then
    begin
      if (abs(Tf[g-2]-Tf[g-1])<10.0) and (abs(Tpcv[g-2]-Tpcv[g-1])<10.0) and
        (abs(Tpfv[g-2]-Tpfv[g-1])<10.0) and (abs(Tppv[g-2]-Tppv[g-1])<10.0) then
          begin
            wait:=5;

writeln;
writeln('<+++++ STOP FIRING +++++>');
writeln(' --- CONTINUE COOLING --- ');
{sound(800); delay(1200);sound(400);delay(500);sound(2000);delay(2000);nosound;}
writeln(fp);
writeln(fp,'<+++++ STOP FIRING +++++>');
writeln(fp,' --- CONTINUE COOLING --- ');
writeln(fp);

      Tcmo:=Taco;
    end
  else
    begin
      if (wait<>5) then
        begin
          for i:=0 to nz-1 do
            begin
              Tpc[i]:=Tpf[i];
              Tpf[i]:=Tpp[i];
              Tpp[i]:=Tpd[i];
              Tpd[i]:=Tbdi;
              M[i]:=Mb;
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
end;

```

```

end;
  Tstp:=0;
  Time:=0;
  mfx :=0;
  Eldx:=0;
  maldxa:=0;
  mda :=0;
  Elcx:=0;
  q:=0;
  r:=0;

  clrscr;
  If (new<>555) then
  begin
  rewrite(fp);
  writeln(fp,'* the simulation result of fbedx3.pas file');
  writeln(fp,'  Tai = ',Tai:2:0,' (C)', ' RH = ',RH:3:0,' (%)');
  writeln(fp,'  Tfire = ',Tfire:3:0,' (C)', ' mai= ',mai:4:0,' (kg/hr)');
  writeln(fp,'  Tdry = ',Td:3:0,' (C)', ' Mb = ',Mb:4:3);
  writeln(fp,'  Total brick In the kiln =',(nx*ny*nz):5,' bricks');
  writeln(fp);
  writeln('* the simulation result of fbedx3.pas file');
  writeln('  Tai = ',Tai:2:0,' (C)', ' RH = ',RH:3:0,' (%)');
  writeln('  Tfire = ',Tfire:3:0,' (C)', ' mai= ',mai:4:0,' (kg/hr)');
  writeln('  Tdry = ',Td:3:0,' (C)', ' Mb = ',Mb:4:3);
  writeln('  Total brick In the kiln =',(nx*ny*nz):5,' bricks');
  writeln;
  writeln('  <[ air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump. ]>');
  write('-----');
  -----');
  writeln('g Time Taco Tpcx mf Tomfo Tpfx Tompo maldx Tppx Tomdo Tpdx (%) md');
  write(' (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)');
  write('-----');
  -----');
  writeln(fp,'  <[ air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump. ]>');
  writeln(fp,'-----');
  -----');
  writeln(fp,'g Time Taco Tpcx mf Tomfo Tpfx Tompo maldx Tppx Tomdo Tpdx (%) md');
  writeln(fp,' (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)');

```

```

writeln(fp,'-----
-----');
  end;
  end;
  end;
    end;
  end;
    if Tpc[0]<=60 then
      begin
        wait:=10;
        new:=555;
        g:=g+1;
        writeln('          END OF COOLING -----> TO BE START FIRING');
        writeln('-----
-----');
        writeln('g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpfx Tcmfo maldx Tppx Tcmfo Tpdx (%) md');
        write(' (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)');
        write('-----
-----');
        writeln(fp,'          END OF COOLING -----> TO BE START FIRING');
        writeln(fp,'-----
-----');
        writeln(fp,'g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpfx Tcmfo maldx Tppx Tcmfo Tpdx (%) md');
        writeln(fp,' (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)');
        writeln(fp,'-----
-----');
          for l:=0 to nz-1 do
            begin
              Tpc[l]:=Tpf[l];
              Tpf[l]:=Tpp[l];
              Tpp[l]:=Tpd[l];
              Tpd[l]:=Tbdi;
              M[l]:=Mb;
            end;
            Tstp:=0;
            Time:=0;
            mfx:=0;
            Eldx:=0;
            maldxa:=0;

```

```
        mda :=0;
        Elcx:=0;
        r:=0;
        q:=0;
    end;
    if (Tpfx>=650) and (new=555) then
    begin
        JSL:=111;
    end;
    end;
end;
begin
    Transf(Tfbed);
close(fp);
end.
```

ภาคผนวก ผ.3

ผลการจำลองแบบคอมพิวเตอร์กระบวนการเผาอิฐในเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

ภาคผนวก ผ.3

สัญลักษณ์ที่ใช้ในภาคผนวก ผ.3

- Tai = อุณหภูมิบรรยากาศ
- RH = ความชื้นสัมพัทธ์
- Tfire = อุณหภูมิเผา
- mai = อัตราการใช้อากาศสันดาป
- Tdry = อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งอิฐ
- Mb = ความชื้นเฉลี่ยในอิฐดิบ
- g = รอบที่ของการคำนวณ
- Taco = อุณหภูมิอากาศที่ออกจากเตาทำให้อิฐเย็น
- Tpcx = อุณหภูมิอิฐชั้นล่างสุดของเตาทำให้อิฐเย็น
- mf = อัตราการใช้ไม้ฟืน
- Tcmfo = อุณหภูมิอากาศที่ออกจากเตาเผาอิฐ
- Tpfx = อุณหภูมิอิฐชั้นล่างสุดในเตาเผาอิฐ
- Tcmfo = อุณหภูมิอากาศที่ออกจากเตาอุ่นอิฐ
- maidx = อัตราการไหลอากาศที่ใช้ผสมกับอากาศที่ออกจากเตาอุ่นอิฐเพื่อใช้อบแห้งอิฐ
- Tppx = อุณหภูมิอิฐชั้นล่างสุดในเตาอุ่นอิฐ
- Tcmfo = อุณหภูมิอากาศที่ออกจากเตาอบแห้งอิฐ
- Tpdx = อุณหภูมิอิฐชั้นล่างสุดในเตาอบแห้งอิฐ
- % = เปอร์เซ็นต์อากาศทางทฤษฎี
- md = อัตราการไหลของอากาศที่เข้าอบแห้งอิฐ
- i = ตำแหน่งชั้นที่ของอิฐในเตา
- Tpci(i) = อุณหภูมิอิฐในเตาทำให้อิฐเย็นตำแหน่งชั้นที่ i
- Tpffi(i) = อุณหภูมิอิฐในเตาเผาอิฐตำแหน่งชั้นที่ i
- Tppi(i) = อุณหภูมิอิฐในเตาอุ่นอิฐตำแหน่งชั้นที่ i
- Tpdi(i) = อุณหภูมิอิฐในเตาอบแห้งอิฐตำแหน่งชั้นที่ i
- Mii(i) = สัดส่วนความชื้นในอิฐตำแหน่งชั้นที่ i ในเตาอบแห้งอิฐ

1. การจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2200 ก้อน อุณหภูมิเผาเท่ากับ 800 °C

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfne = 800 (C) mai= 800 (kg/h)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kn = 2208 bricks
 <[air temp outlet, brick temp, air flowrate and wood consump]>

g	Time	Taco	Tpcx	mf	Tcmto	Tpfc	Tempo	maidx	Tppx	Tcmdo	Tpdc (%)	md	
(min)	(C)	(C)	(kg/h)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(kg/h)	
14	20	149.8	634.0	43.5	734.8	475.3	589.1	2637.6	89.9	142.9	31.6	336.3	3481
14	40	145.8	617.9	43.7	738.2	491.4	601.4	2687.5	124.9	143.0	33.5	334.3	3531
14	60	141.8	602.0	44.0	741.8	506.6	612.8	2733.0	157.8	143.4	35.2	332.3	3577
14	80	137.8	586.4	44.2	744.8	521.0	623.4	2774.7	188.8	143.6	36.8	331.3	3619
14	100	134.1	571.1	44.4	747.8	534.8	633.2	2813.1	218.0	143.7	38.4	329.3	3658
14	120	130.6	556.1	44.6	750.7	547.6	642.4	2848.7	245.7	143.8	39.9	327.3	3693
14	140	127.1	541.4	44.8	753.3	559.9	650.9	2881.8	271.8	143.8	41.3	326.3	3726
14	160	123.7	527.0	45.0	756.8	571.5	658.9	2912.2	298.6	143.9	42.8	324.3	3757
14	180	120.5	512.9	45.2	759.2	582.6	666.5	2940.8	320.0	144.0	44.1	323.3	3788
14	200	117.3	499.1	45.4	760.4	593.1	673.5	2967.4	342.3	144.1	45.4	321.3	3813
14	220	114.2	485.6	45.7	762.5	603.1	680.1	2992.6	363.4	144.2	46.7	320.3	3838
14	240	111.3	472.3	45.8	764.5	612.6	688.4	3015.8	383.5	144.3	47.9	319.3	3861
14	260	108.4	459.3	46.0	766.4	621.6	692.2	3037.5	402.8	144.3	49.1	318.3	3883
14	280	105.6	446.7	46.1	768.1	630.2	697.8	3058.1	420.7	144.4	50.3	317.3	3904
14	300	103.0	434.3	46.3	769.8	638.3	703.0	3077.4	438.0	144.5	51.4	316.3	3924
14	320	100.4	422.2	46.5	771.4	646.1	707.9	3095.8	454.4	144.5	52.4	314.3	3942
14	332	98.8	415.0	46.8	772.3	650.5	710.7	3108.0	463.9	144.6	53.1	314.3	3953

→ average wood consumption = 45.0 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 2898.0 kg/hr
 → average drying air flowrate = 3743.1 kg/hr
 [= Total wood consumption = 249.3 kg]
 [= Specific energy = 1505.2 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)					average	after
	cooling	firing	preheating	drying	content	moisture	firing
l	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)	
0	358.09	693.98	516.98	55.58	0.0838	41.202	
1	361.03	689.93	511.24	52.26	0.0841	41.597	
2	384.89	688.09	508.93	52.12	0.0844	42.092	
3	368.50	686.18	506.55	51.99	0.0846	42.566	
4	371.98	684.24	504.09	52.13	0.0849	43.022	
5	375.28	682.30	501.66	52.00	0.0852	43.455	
6	378.43	680.37	499.25	51.87	0.0854	43.869	
7	381.45	678.48	496.86	51.74	0.0857	44.268	
8	384.35	676.56	494.48	51.62	0.0859	44.647	
9	387.14	674.64	492.20	51.74	0.0862	45.015	
10	389.82	672.73	489.93	51.61	0.0864	45.367	
11	392.39	670.86	487.67	51.74	0.0867	45.708	
12	394.86	668.98	485.44	51.67	0.0869	46.032	
13	397.23	667.12	483.21	52.00	0.0872	46.345	
14	399.52	665.25	481.00	52.12	0.0874	46.647	
15	401.72	663.39	478.81	52.24	0.0876	46.938	
16	403.84	661.54	476.63	52.37	0.0879	47.218	
17	405.88	659.69	474.47	52.48	0.0881	47.488	
18	407.85	657.85	472.32	52.60	0.0883	47.748	
19	409.75	656.01	470.19	52.72	0.0886	47.999	
20	411.58	654.18	468.07	52.83	0.0888	48.242	
21	413.34	652.35	465.97	52.94	0.0890	48.475	
22	415.04	650.53	463.88	53.06	0.0892	48.701	

→ Total losses from cooling = 1044.629 MJ/2208 bricks
 loss per kg. brick = 0.384 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING ++++++>
 --- CONTINUE COOLING ---

15	340	97.8	410.3	0.0	168.3	645.3	0.0	494.7	463.1	134.5	54.1	0	1295
15	350	98.1	398.8	0.0	184.0	633.0	0.0	499.5	461.3	134.8	58.4	0	1270
15	380	93.1	347.6	0.0	179.7	620.9	0.0	445.0	459.5	135.1	59.4	0	1245
15	400	90.8	316.5	0.0	175.6	609.9	0.0	421.0	457.8	135.4	60.3	0	1221
15	420	88.6	285.8	0.0	171.8	597.2	0.0	397.7	455.8	135.6	62.1	0	1198
15	440	86.4	255.3	0.0	167.8	585.7	0.0	374.9	454.0	135.8	63.8	0	1175
15	460	84.4	245.1	0.0	164.0	574.3	0.0	352.7	452.2	136.0	65.5	0	1153
15	480	82.4	235.2	0.0	160.3	563.2	0.0	331.0	450.4	136.2	67.0	0	1131
15	500	80.5	225.5	0.0	156.8	552.2	0.0	309.9	448.7	136.3	68.4	0	1110
15	520	78.6	216.0	0.0	153.3	541.4	0.0	289.4	446.9	136.5	69.8	0	1089
15	540	76.8	206.9	0.0	149.9	530.8	0.0	0.0	445.1	136.8	71.1	0	800
15	560	75.1	297.9	0.0	146.7	520.4	0.0	0.0	443.4	136.9	72.2	0	800
15	580	73.4	289.2	0.0	143.5	510.1	0.0	0.0	441.6	136.1	73.2	0	800
15	600	71.8	280.8	0.0	140.4	500.0	0.0	0.0	439.9	136.3	74.1	0	800

2. การจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2200 ก้อน อุณหภูมิเผาเท่ากับ 900 °C

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfne = 900 (C) mai= 800 (kg/h)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kn = 2208 bricks
 <[air temp outlet, brick temp, air flowrate and wood consump]>

g	Time	Taco	Tpcx	mf	Tcmto	Tpfc	Tempo	maidx	Tppx	Tcmdo	Tpdc (%)	md	
(min)	(C)	(C)	(kg/h)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(kg/h)	
5	20	150.9	634.4	52.2	808.8	459.1	645.8	2907.2	91.7	143.3	31.8	280.3	3759
5	40	148.8	618.3	52.5	813.9	482.0	681.0	2965.5	132.0	143.4	33.6	278.3	3818
5	60	142.9	602.5	52.7	819.0	503.6	675.0	3018.3	169.9	143.6	35.3	277.3	3871
5	80	139.0	587.0	53.0	823.8	524.0	688.0	3068.6	205.8	143.7	37.0	276.3	3920
5	100	135.3	571.7	53.2	828.0	543.3	700.1	3111.0	239.2	143.8	38.6	275.3	3964
5	120	131.7	556.8	53.4	832.1	561.5	711.3	3151.9	271.0	143.9	40.1	273.3	4005
5	140	128.2	542.1	53.6	836.0	578.7	721.7	3189.7	301.0	144.0	41.8	272.3	4043
5	160	124.8	527.7	53.9	839.6	594.9	731.5	3224.9	329.5	144.1	43.1	271.3	4079
5	180	121.5	513.7	54.1	843.0	610.4	740.7	3257.5	356.4	144.1	44.5	270.3	4112
5	200	118.3	499.9	54.3	846.1	624.9	749.2	3287.9	381.9	144.2	45.8	269.3	4142
5	220	115.2	486.4	54.4	848.0	633.7	757.3	3316.2	409.2	144.3	47.1	268.3	4171
5	238	112.5	474.5	54.6	851.7	650.6	764.1	3340.2	426.9	144.4	48.3	267.3	4195

→ average wood consumption = 53.4 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 3133.1 kg/hr
 → average drying air flowrate = 3938.5 kg/hr
 [= Total wood consumption = 211.8 kg]
 [= Specific energy = 1279.0 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)					average	after
	cooling	firing	preheating	drying	content	moisture	firing
l	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)	
0	440.73	708.07	481.97	45.80	0.0927	52.118	
1	442.35	703.08	477.28	46.00	0.0929	52.332	
2	445.24	700.53	474.71	46.13	0.0931	52.716	
3	447.88	697.91	472.12	46.25	0.0933	53.071	
4	450.34	695.31	469.58	46.37	0.0935	53.400	
5	452.63	692.72	467.02	46.49	0.0937	53.706	
6	454.78	690.14	464.51	46.61	0.0939	53.991	
7	456.75	687.58	462.01	46.72	0.0941	54.267	
8	458.60	685.02	459.53	46.84	0.0943	54.504	
9	460.33	682.48	457.08	46.95	0.0945	54.738	
10	461.94	679.96	454.65	47.06	0.0947	54.951	
11	463.44	677.44	452.23	47.17	0.0948	55.153	
12	464.84	674.94	449.84	47.28	0.0950	55.340	
13	466.14	672.45	447.46	47.38	0.0952	55.515	
14	467.36	669.97	445.11	47.49	0.0954	55.679	
15	468.49	667.50	442.77	47.59	0.0956	55.831	
16	469.55	665.04	440.46	47.69	0.0957	55.972	
17	470.53	662.60	438.16	47.79	0.0959	56.104	
18	471.44	660.17	435.88	47.89	0.0961	56.226	
19	472.28	657.75	433.62	47.99	0.0963	56.339	
20	473.06	655.34	431.38	48.08	0.0964	56.444	
21	473.78	652.94	429.16	48.18	0.0966	56.541	
22	474.45	650.56	426.95	48.27	0.0968	56.631	

→ Total losses from cooling = 1261.557 MJ/2208 bricks
 loss per kg. brick = 0.476 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING ++++++>
 --- CONTINUE COOLING ---

6	240	112.2	473.1	0.0	190.7	649.1	0.0	543.2	426.8	133.7	48.8	0	1343
6	260	109.3	460.2	0.0	198.2	636.8	0.0	551.9	425.1	134.2	51.4	0	1352
6	280	106.5	447.6	0.0	193.6	624.7	0.0	525.0	423.4	134.6	54.2	0	1325
6	300	103.8	435.2	0.0	189.0	612.8	0.0	498.7	421.8	134.9	56.8	0	1299
6	320	101.2	423.1	0.0	184.6	601.1	0.0	473.1	420.1	135.3	59.1	0	1273
6	340	98.7	411.3	0.0	180.3	589.6	0.0	448.1	418.5	135.5	60.9	0	1248
6	360	96.2	399.7	0.0	176.1								

15	620	70.2	272.5	0.0	137.4	480.1	0.0	0.0	438.2	139.5	75.1	0.0	800	8	600	72.3	281.7	0.0	134.2	456.2	0.0	0.0	397.8	136.9	77.3	0.0	800
15	640	68.7	264.5	0.0	134.5	480.4	0.0	0.0	436.5	138.8	76.0	0.0	800	8	620	70.8	273.5	0.0	131.3	447.2	0.0	0.0	396.3	137.0	78.1	0.0	800
15	660	67.3	256.6	0.0	131.6	470.8	0.0	0.0	434.7	136.8	76.9	0.0	800	8	640	69.2	265.5	0.0	128.5	438.2	0.0	0.0	394.7	137.2	78.9	0.0	800
15	680	65.9	249.2	0.0	128.6	461.4	0.0	0.0	433.0	136.9	77.7	0.0	800	8	660	67.8	257.7	0.0	125.8	429.4	0.0	0.0	393.2	137.3	79.7	0.0	800
15	700	64.5	241.9	0.0	126.1	452.1	0.0	0.0	431.3	137.1	78.6	0.0	800	8	680	66.3	250.1	0.0	123.1	420.8	0.0	0.0	391.7	137.5	80.5	0.0	800
15	720	63.2	234.8	0.0	123.5	443.0	0.0	0.0	429.6	137.2	79.4	0.0	800	8	700	65.0	242.8	0.0	120.6	412.3	0.0	0.0	390.2	137.8	81.2	0.0	800
15	740	62.0	227.9	0.0	121.0	434.1	0.0	0.0	428.0	137.4	80.2	0.0	800	8	720	63.7	235.7	0.0	118.1	404.0	0.0	0.0	388.7	137.7	81.9	0.0	800
15	760	60.8	221.1	0.0	118.5	425.3	0.0	0.0	426.3	137.5	80.9	0.0	800	8	740	62.4	228.7	0.0	115.6	395.8	0.0	0.0	387.2	137.9	82.6	0.0	800
15	780	59.8	214.6	0.0	116.1	416.7	0.0	0.0	424.6	137.7	81.7	0.0	800	8	760	61.2	222.0	0.0	113.2	387.7	0.0	0.0	385.7	138.0	83.3	0.0	800
15	800	58.5	208.3	0.0	113.8	408.2	0.0	0.0	423.0	137.8	82.4	0.0	800	8	780	60.0	215.5	0.0	110.9	379.8	0.0	0.0	384.2	138.1	84.0	0.0	800
15	820	57.4	202.2	0.0	111.5	399.8	0.0	0.0	421.3	137.9	83.1	0.0	800	8	800	58.8	209.2	0.0	108.7	372.1	0.0	0.0	382.7	138.2	84.8	0.0	800
15	840	56.3	196.3	0.0	109.3	391.7	0.0	0.0	419.7	138.0	83.7	0.0	800	8	820	57.7	203.1	0.0	106.5	364.4	0.0	0.0	381.2	138.3	85.2	0.0	800
15	860	55.3	190.5	0.0	107.1	383.6	0.0	0.0	418.0	138.1	84.4	0.0	800	8	840	56.7	197.1	0.0	104.4	357.0	0.0	0.0	379.8	138.4	85.8	0.0	800
15	880	54.4	185.0	0.0	105.0	375.7	0.0	0.0	416.4	138.3	85.0	0.0	800	8	860	55.7	191.3	0.0	102.3	349.6	0.0	0.0	378.3	138.5	86.4	0.0	800
15	900	53.4	179.8	0.0	102.9	367.9	0.0	0.0	414.8	138.4	85.8	0.0	800	8	880	54.7	185.8	0.0	100.3	342.4	0.0	0.0	376.9	138.6	86.9	0.0	800
15	920	52.5	174.3	0.0	101.0	360.3	0.0	0.0	413.2	138.5	86.2	0.0	800	8	900	53.7	180.3	0.0	98.4	335.3	0.0	0.0	375.4	138.7	87.5	0.0	800
15	940	51.7	169.3	0.0	99.0	352.8	0.0	0.0	411.6	138.6	86.8	0.0	800	8	920	52.8	175.1	0.0	96.5	328.3	0.0	0.0	374.0	138.8	88.0	0.0	800
15	960	50.8	164.4	0.0	97.1	345.5	0.0	0.0	410.0	138.7	87.4	0.0	800	8	940	51.9	170.0	0.0	94.6	321.5	0.0	0.0	372.5	138.9	88.5	0.0	800
15	980	50.0	159.8	0.0	95.3	338.3	0.0	0.0	408.4	138.8	87.9	0.0	800	8	960	51.1	165.1	0.0	92.8	314.8	0.0	0.0	371.1	139.0	89.0	0.0	800
15	1000	49.2	155.1	0.0	93.5	331.2	0.0	0.0	406.8	138.9	88.4	0.0	800	8	980	50.3	160.4	0.0	91.1	308.2	0.0	0.0	369.7	139.1	89.5	0.0	800
15	1020	48.5	150.6	0.0	91.8	324.2	0.0	0.0	405.2	139.0	88.9	0.0	800	8	1000	49.5	155.8	0.0	89.4	301.7	0.0	0.0	368.3	139.2	90.0	0.0	800
15	1040	47.8	146.3	0.0	90.1	317.4	0.0	0.0	403.7	139.1	89.4	0.0	800	8	1020	48.7	151.3	0.0	87.7	295.3	0.0	0.0	366.9	139.3	90.4	0.0	800
15	1060	47.1	142.2	0.0	88.4	310.7	0.0	0.0	402.1	139.1	89.9	0.0	800	8	1040	48.0	147.0	0.0	86.1	289.1	0.0	0.0	365.5	139.3	90.8	0.0	800
15	1080	46.4	138.2	0.0	86.8	304.1	0.0	0.0	400.6	139.2	90.4	0.0	800	8	1060	47.3	142.8	0.0	84.5	283.0	0.0	0.0	364.1	139.4	91.3	0.0	800
15	1100	45.8	134.3	0.0	85.3	297.7	0.0	0.0	399.0	139.3	90.8	0.0	800	8	1080	48.0	138.8	0.0	83.0	277.0	0.0	0.0	362.7	139.5	91.7	0.0	800
15	1120	45.2	130.5	0.0	83.8	291.4	0.0	0.0	397.5	139.4	91.2	0.0	800	8	1100	48.0	134.9	0.0	81.5	271.1	0.0	0.0	361.3	139.5	92.1	0.0	800
15	1140	44.6	126.9	0.0	82.3	285.2	0.0	0.0	395.9	139.5	91.7	0.0	800	8	1120	45.4	131.1	0.0	80.1	265.4	0.0	0.0	359.9	139.6	92.5	0.0	800
15	1160	44.0	123.4	0.0	80.8	279.1	0.0	0.0	394.4	139.5	92.1	0.0	800	8	1140	44.8	127.5	0.0	78.7	259.7	0.0	0.0	358.5	139.7	92.8	0.0	800
15	1180	43.4	120.0	0.0	79.4	273.1	0.0	0.0	392.9	139.6	92.5	0.0	800	8	1160	44.2	124.0	0.0	77.3	254.2	0.0	0.0	357.2	139.8	93.2	0.0	800
15	1200	42.9	116.8	0.0	78.1	267.2	0.0	0.0	391.4	139.7	92.8	0.0	800	8	1180	43.6	120.6	0.0	76.0	248.7	0.0	0.0	355.8	139.8	93.5	0.0	800
15	1220	42.4	113.6	0.0	76.7	261.5	0.0	0.0	389.9	139.7	93.2	0.0	800	8	1200	43.1	117.3	0.0	74.7	243.4	0.0	0.0	354.5	139.9	93.9	0.0	800
15	1240	41.9	110.5	0.0	75.4	255.9	0.0	0.0	388.4	139.8	93.6	0.0	800	8	1220	42.8	114.1	0.0	73.4	238.2	0.0	0.0	353.1	139.9	94.2	0.0	800
15	1260	41.5	107.6	0.0	74.2	250.4	0.0	0.0	386.9	139.9	93.9	0.0	800	8	1240	42.1	111.1	0.0	72.2	233.1	0.0	0.0	351.8	140.0	94.5	0.0	800
15	1280	41.0	104.8	0.0	72.9	244.9	0.0	0.0	385.4	139.9	94.2	0.0	800	8	1260	41.6	108.1	0.0	71.0	228.1	0.0	0.0	350.4	140.0	94.8	0.0	800
15	1300	40.6	102.0	0.0	71.7	239.8	0.0	0.0	383.9	140.0	94.8	0.0	800	8	1280	41.2	105.3	0.0	69.8	223.1	0.0	0.0	349.1	140.1	95.1	0.0	800
15	1320	40.2	99.4	0.0	70.6	234.5	0.0	0.0	382.5	140.0	94.9	0.0	800	8	1300	40.7	102.5	0.0	68.7	218.3	0.0	0.0	347.8	140.1	95.4	0.0	800
15	1340	39.7	96.8	0.0	69.4	229.4	0.0	0.0	381.0	140.1	95.2	0.0	800	8	1320	40.3	99.8	0.0	67.6	213.6	0.0	0.0	346.5	140.2	95.7	0.0	800
15	1360	39.4	94.4	0.0	68.3	224.4	0.0	0.0	379.5	140.1	95.5	0.0	800	8	1340	39.9	97.3	0.0	66.5	209.0	0.0	0.0	345.1	140.2	96.0	0.0	800
15	1380	39.0	92.0	0.0	67.2	219.5	0.0	0.0	378.1	140.2	95.8	0.0	800	8	1360	39.5	94.8	0.0	65.5	204.5	0.0	0.0	343.8	140.3	96.2	0.0	800
15	1400	38.8	89.7	0.0	66.2	214.7	0.0	0.0	376.6	140.2	96.0	0.0	800	8	1380	39.1	92.4	0.0	64.4	200.0	0.0	0.0	342.5	140.3	96.5	0.0	800

END OF COOLING -> TO BE START FIRING

g Time Taco Tpxc mf Tcmfo Tpfx Tempo maixc Tppx Tcmdo Tpxc (%) md
(min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

16	20	60.4	205.8	48.8	717.4	397.4	588.5	2658.2	129.5	142.8	31.8	299	3507
16	40	59.2	199.9	48.9	722.1	417.8	598.5	2708.1	160.9	143.3	33.5	299	3555
16	60	58.1	194.2	49.0	726.5	437.1	609.6	2750.0	190.5	143.4	35.2	298	3699
16	80	57.0	188.8	49.0	730.7	455.3	620.0	2790.3	218.6	143.5	36.8	298	3639
16	100	56.0	183.2	49.1	734.5	472.5	629.7	2827.7	245.2	143.6	38.4	297	3677
16	120	55.0	177.9	49.2	738.2	488.8	638.7	2862.4	270.4	143.7	39.9	297	3712
16	140	54.1	172.9	49.2	741.8	504.2	647.2	2894.4	294.4	143.8	41.3	297	3744
16	160	53.1	168.0	49.3	744.8	518.8	655.2	2924.4	317.2	143.9	42.8	296	3774
16	180	52.2	163.2	49.3	747.8	532.6	662.7	2952.5	338.9	144.0	44.1	296	3802
16	200	51.4	158.6	49.4	750.6	545.7	669.8	2978.6	359.6	144.1	45.5	296	3828
16	220	50.6	154.1	49.4	753.3	558.2	676.5	3003.0	379.2	144.2	46.7	295	3852
16	240	49.8	149.8	49.5	755.8	570.0	682.8	3026.2	397.9	144.2	48.0	295	3876
16	260	49.0	145.6	49.5	758.2	581.2	688.7	3047.4	415.8	144.3	49.2	295	3897
16	280	48.3	141.5	49.6	760.4	591.8	694.3	3067.8	432.8	144.4	50.3	295	3917
16	300	47.6	137.6	49.6	7								

6	96.98	681.18	561.38	54.87	0.0782	8.139
7	98.23	679.22	559.22	54.83	0.0765	8.295
8	99.50	677.26	557.08	54.98	0.0768	8.450
9	100.77	675.32	554.94	55.14	0.0771	8.607
10	102.05	673.36	552.81	55.29	0.0774	8.763
11	103.33	671.48	550.71	55.44	0.0777	8.920
12	104.61	669.54	548.61	55.58	0.0780	9.077
13	105.90	667.62	546.53	55.73	0.0783	9.235
14	107.18	665.70	544.45	55.87	0.0786	9.393
15	108.47	663.79	542.39	56.01	0.0789	9.552
16	109.78	661.89	540.34	56.15	0.0792	9.710
17	111.06	659.98	538.30	56.28	0.0795	9.869
18	112.35	658.08	536.28	56.42	0.0798	10.029
19	113.65	656.19	534.24	56.55	0.0800	10.188
20	114.94	654.30	532.23	56.68	0.0803	10.348
21	116.24	652.41	530.24	56.81	0.0805	10.508
22	117.54	650.53	528.25	56.93	0.0809	10.668

→ Total losses from cooling = 205.483 MJ/2208 bricks
 loss per kg. brick = 0.078 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 600 (C) mair = 900 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 2208 bricks

<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpxc mf Tcmfo Tptr Tempo maidx Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

13	20	145.2	831.9	49.2	738.0	482.8	598.8	3002.5	63.2	143.4	31.9	334	3952
13	40	140.9	614.2	49.5	741.7	499.7	609.7	3061.0	131.4	143.5	33.7	332	4011
13	60	136.8	598.9	49.8	754.3	558.8	652.0	3247.2	281.3	144.0	40.3	325	4198
13	80	132.8	579.8	50.1	748.4	531.0	632.5	3162.4	200.4	143.8	37.1	328	4112
13	100	129.0	563.2	50.3	751.5	545.3	642.7	3205.5	231.8	143.9	38.7	327	4157
13	120	125.3	548.9	50.8	754.3	558.8	652.0	3247.2	281.3	144.0	40.3	325	4198
13	140	121.7	531.0	50.8	757.0	571.8	660.8	3284.8	289.0	144.1	41.8	323	4235
13	160	118.2	515.4	51.1	759.5	583.8	668.9	3319.2	315.2	144.2	43.3	322	4270
13	180	114.9	500.2	51.3	761.9	595.8	676.5	3351.3	338.8	144.2	44.7	320	4303
13	200	111.6	485.3	51.5	764.1	605.8	683.3	3381.1	363.1	144.3	46.1	319	4333
13	220	108.5	470.8	51.7	766.1	616.0	690.1	3408.9	385.1	144.4	47.4	318	4361
13	240	105.5	458.8	51.9	768.1	625.8	699.3	3434.8	405.9	144.5	48.0	318	4387
13	260	102.6	442.8	52.1	769.9	634.8	702.1	3459.0	425.8	144.5	49.9	315	4411
13	280	99.8	429.3	52.3	771.6	643.4	707.6	3481.6	444.3	144.6	51.0	314	4434
13	298	97.3	417.5	52.5	773.1	650.8	712.2	3500.7	460.2	144.7	52.0	313	4453

→ average wood consumption = 50.9 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 3278.3 kg/hr
 → average drying air flowrate = 4227.2 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 252.8 kg.]
 [=> Specific energy = 1525.5 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after moisture firing>						
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling
i	Tp[i]	Tp[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	362.94	692.31	510.00	49.10	0.0842	41.837
1	365.93	688.87	505.70	49.32	0.0844	42.229
2	369.59	687.03	503.44	49.48	0.0847	42.708
3	373.05	685.20	501.13	49.61	0.0849	43.162
4	376.35	683.34	499.84	49.75	0.0852	43.596
5	379.51	681.49	499.58	49.89	0.0854	44.011
6	382.53	679.65	494.31	50.03	0.0857	44.408
7	385.43	677.81	492.06	50.17	0.0859	44.789
8	388.20	675.97	489.84	50.31	0.0862	45.154
9	390.86	674.14	487.62	50.44	0.0864	45.505
10	393.41	672.32	485.43	50.57	0.0868	45.841
11	395.87	670.50	483.24	50.70	0.0869	46.165
12	398.22	668.68	481.08	50.83	0.0871	46.478
13	400.49	668.87	478.92	50.95	0.0873	46.775
14	402.67	665.08	476.79	51.08	0.0878	47.064
15	404.77	663.26	474.66	51.20	0.0878	47.341
16	408.79	661.46	472.55	51.32	0.0880	47.609
17	408.74	659.67	470.46	51.44	0.0883	47.867
18	410.62	657.88	468.38	51.56	0.0885	48.115
19	412.43	656.10	466.31	51.67	0.0887	48.355
20	414.18	654.32	464.26	51.79	0.0889	48.588
21	415.86	652.54	462.22	51.90	0.0891	48.810
22	417.49	650.77	460.19	52.01	0.0894	49.025

→ Total losses from cooling = 1055.429 MJ/2208 bricks
 loss per kg. brick = 0.398 MJ/kg brick

9	107.98	683.90	538.44	50.55	0.0688	9.491
10	109.22	681.25	534.04	50.68	0.0671	9.643
11	110.45	678.62	531.68	50.81	0.0673	9.795
12	111.69	675.99	529.29	50.94	0.0675	9.948
13	112.94	673.38	529.94	51.06	0.0678	10.101
14	114.18	670.78	524.61	51.19	0.0680	10.253
15	115.42	668.19	522.29	51.31	0.0682	10.406
16	116.66	665.62	519.98	51.43	0.0684	10.559
17	117.91	663.05	517.69	51.54	0.0687	10.712
18	119.15	660.50	515.42	51.66	0.0689	10.866
19	120.39	657.95	513.16	51.77	0.0691	11.019
20	121.64	655.42	510.91	51.89	0.0693	11.172
21	122.88	652.90	508.69	52.00	0.0695	11.328
22	124.13	650.39	506.47	52.11	0.0698	11.479

→ Total losses from cooling = 225.521 MJ/2208 bricks
 loss per kg. brick = 0.085 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 600 (C) mair = 900 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 2208 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpxc mf Tcmfo Tptr Tempo maidx Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

4	20	148.6	833.1	59.1	809.8	453.2	652.2	3299.6	94.6	143.6	31.9	278	4259
4	40	142.3	615.5	59.4	815.8	478.5	688.4	3368.7	138.4	143.7	33.6	277	4326
4	60	138.1	598.1	59.7	820.9	502.3	683.2	3430.8	179.4	143.8	35.6	275	4390
4	80	134.1	581.2	59.9	825.9	524.6	686.8	3487.2	217.7	143.9	37.3	274	4447
4	100	130.2	564.5	60.2	830.5	545.9	709.3	3538.8	253.7	144.0	39.0	273	4499
4	120	126.5	548.3	60.5	834.9	565.3	720.9	3585.9	287.6	144.1	40.8	272	4548
4	140	122.8	532.4	60.7	838.9	583.8	731.6	3629.4	319.4	144.2	42.2	271	4590
4	160	119.3	516.8	61.0	842.8	601.3	741.6	3669.5	349.4	144.3	43.7	269	4630
4	180	115.9	501.6	61.2	846.1	617.7	751.0	3708.5	377.7	144.4	45.1	268	4668
4	200	112.7	486.7	61.4	849.4	633.2	758.7	3740.9	404.4	144.5	46.5	267	4702
4	220	109.5	472.2	61.6	852.4	647.8	767.8	3772.8	429.7	144.6	47.8	267	4734
4	224	108.9	469.4	61.7	853.0	650.8	769.3	3778.9	434.5	144.6	48.1	268	4741

→ average wood consumption = 60.3 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 3548.4 kg/hr
 → average drying air flowrate = 4508.8 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 225.3 kg.]
 [=> Specific energy = 1360.4 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after moisture firing>						
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling
i	Tp[i]	Tp[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	435.31	708.48	488.29	45.55	0.0918	51.394
1	439.90	701.60	483.65	45.75	0.0918	51.606
2	439.74	699.12	481.17	45.87	0.0920	51.985
3	442.35	696.58	478.66	46.00	0.0922	52.332
4	444.78	694.05	476.17	46.12	0.0924	52.657
5	447.05	691.54	473.69	46.24	0.0928	52.960
6	449.18	689.04	471.24	46.38	0.0928	53.244
7	451.16	686.55	468.81	46.48	0.0930	53.509
8	453.02	684.08	466.39	46.59	0.0932	53.758
9	454.78	681.61	464.00	46.71	0.0934	53.991
10	456.39	679.18	461.62	46.82	0.0936	54.208
11	457.91	676.71	459.26	46.93	0.0938	54.413
12	459.34	674.28	456.93	47.04	0.0940	54.604
13	460.68	671.88	454.61	47.15	0.0941	54.783
14	461.93	669.48	452.30	47.26	0.0943	54.950
15	463.10	667.08	450.02	47.38	0.0945	55.107
16	464.19	664.67	447.76	47.48	0.0947	55.254
17	465.21	662.30	445.51	47.57	0.0949	55.391
18	466.17	659.94	443.28	47.67	0.0950	55.519
19	467.08	657.59	441.06	47.77	0.0952	55.638
20	467.89	655.25	438.87	47.88	0.0954	55.750
21	468.68	652.92	436.69	47.96	0.0956	55.853
22	469.38	650.60	434.53	48.03	0.0957	55.949

→ Total losses from cooling = 1244.854 MJ/2208 bricks
 loss per kg. brick = 0.470 MJ/kg brick

***** STOP FIRING *****
 — CONTINUE COOLING —

5 240 106.5 458.1 0.0 192.8 639.5 0.0 569.0 433.2 134.5 50.5 0 1488
 5 260 103.5 444.3 0.0 187.9 625.2 0.0 553.9 431.5 134.8 53.5 0 1454

***** STOP FIRING *****
-- CONTINUE COOLING --

Table with 13 columns: time, Tair, Tpcr, mF, Tcm10, TpxT, Temp, mair, Tpp, Tcm20, Tpcr, % m, m. Contains data for cooling phase from 14:300 to 14:1280.

Table with 13 columns: g Time, Tair, Tpcr, mF, Tcm10, TpxT, Temp, mair, Tpp, Tcm20, Tpcr, % m, m. Contains data for cooling phase from 15:20 to 15:376.

--> average wood consumption = 55.8 kg/hr
--> average mixing air flowrate = 3344.5 kg/hr
--> average drying air flowrate = 4300.3 kg/hr
[=> Total wood consumption = 349.9 kg.]
[=> Specific energy = 2113.0 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 13 columns: time, Tair, Tpcr, mF, Tcm10, TpxT, Temp, mair, Tpp, Tcm20, Tpcr, % m, m. Contains data for cooling phase from 5:280 to 5:1300.

g Time Tair Tpcr mF Tcm10 TpxT Temp mair Tpp Tcm20 Tpcr (% m) m
(min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

Table with 13 columns: g Time, Tair, Tpcr, mF, Tcm10, TpxT, Temp, mair, Tpp, Tcm20, Tpcr, % m, m. Contains data for cooling phase from 6:20 to 6:272.

--> average wood consumption = 66.1 kg/hr
--> average mixing air flowrate = 3628.0 kg/hr
--> average drying air flowrate = 4592.1 kg/hr
[=> Total wood consumption = 299.6 kg.]
[=> Specific energy = 1809.5 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 2 columns: Temperature (C), average <after moisture firing>. Includes a table for bed cooling firing preheating drying content cooling with columns i, Tpcr, Tpr, Tpp, Tpd, M, losses (MJ).

		Temperature (C)		average <after moisture firing>		
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling
i	Tp(i)	Tp(i)	Tpp(i)	Tpd(i)	M(i)	losses (MJ)
0	90.40	693.14	574.32	52.63	0.0741	7.336
1	90.84	689.53	570.43	52.87	0.0745	7.365
2	91.79	687.68	569.34	53.04	0.0748	7.506
3	93.00	685.78	569.20	53.20	0.0751	7.654
4	94.21	683.88	564.08	53.37	0.0754	7.802
5	95.43	681.99	561.97	53.53	0.0757	7.951
6	96.65	680.09	559.87	53.69	0.0760	8.101
7	97.87	678.21	557.78	53.85	0.0763	8.250
8	99.09	676.32	555.71	54.00	0.0766	8.400
9	100.32	674.44	553.64	54.15	0.0769	8.551
10	101.55	672.57	551.58	54.30	0.0772	8.701
11	102.78	670.70	549.54	54.45	0.0775	8.852
12	104.01	668.83	547.50	54.60	0.0778	9.004
13	105.24	666.97	545.47	54.74	0.0781	9.155
14	106.48	665.11	543.48	54.89	0.0784	9.307
15	107.72	663.25	541.45	55.03	0.0787	9.459
16	108.96	661.40	539.46	55.18	0.0790	9.612
17	110.20	659.55	537.48	55.30	0.0792	9.765
18	111.45	657.71	535.50	55.43	0.0795	9.918
19	112.69	655.87	533.54	55.57	0.0798	10.071
20	113.94	654.04	531.59	55.70	0.0801	10.224
21	115.19	652.20	529.64	55.82	0.0803	10.378
22	116.44	650.38	527.71	55.95	0.0806	10.532

-> Total losses from cooling = 203.894 MJ/2208 bricks
loss per kg brick = 0.077 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)

Tfire = 900 (C) mai = 1000 (kg/hr)

Tdry = 150 (C) Mb = 0.120

Total brick in the kiln = 2208 bricks

<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g	Time	Taco	Tpxc	mf	Toem	Tpdx	Tempo	maix	Tppx	Toem	Tpdx	(%)	md
(min)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(C)	(%)	(kg/hr)
12	20	141.5	631.0	55.0	738.6	478.0	601.4	3360.9	95.5	143.6	32.0	332	4416
12	40	137.1	611.8	55.4	742.6	496.7	615.1	3428.3	138.5	143.8	33.8	330	4485
12	60	132.8	592.9	55.6	748.3	514.3	627.5	3490.2	174.7	143.9	35.7	328	4548
12	80	128.6	574.5	55.9	749.7	530.7	638.9	3545.6	210.3	144.0	37.4	326	4602
12	100	124.7	556.6	56.2	752.9	548.2	649.4	3598.0	243.6	144.1	39.1	325	4652
12	120	120.8	539.0	56.5	755.9	560.8	659.0	3642.1	274.7	144.2	40.7	323	4699
12	140	117.1	521.9	56.8	758.7	574.4	668.0	3684.4	303.9	144.3	42.3	321	4741
12	160	113.6	505.2	57.1	761.2	587.3	676.2	3723.3	331.2	144.4	43.8	320	4780
12	180	110.1	488.9	57.3	763.7	599.4	683.9	3759.1	358.9	144.5	45.3	318	4818
12	200	108.6	473.1	57.6	765.9	610.6	691.0	3792.4	381.1	144.5	46.8	317	4850
12	220	103.6	457.6	57.8	768.0	621.5	697.7	3823.1	403.8	144.6	48.0	316	4881
12	240	100.5	442.6	58.1	770.0	631.6	703.9	3851.8	426.2	144.7	49.2	314	4910
12	260	97.8	428.0	58.3	771.9	641.1	709.6	3878.3	445.4	144.8	50.4	313	4937
12	280	94.8	413.8	58.5	773.6	650.1	715.0	3903.0	464.4	144.8	51.6	312	4962
12	280	94.8	413.8	58.5	773.6	650.1	715.0	3903.0	464.4	144.8	51.6	312	4962

-> average wood consumption = 58.7 kg/hr

-> average mixing air flowrate = 3657.6 kg/hr

-> average drying air flowrate = 4714.3 kg/hr

[=> Total wood consumption = 264.8 kg.]

[=> Specific energy = 1599.0 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

		Temperature (C)		average <after moisture firing>		
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling
i	Tp(i)	Tp(i)	Tpp(i)	Tpd(i)	M(i)	losses (MJ)
0	359.99	690.67	512.91	48.67	0.0832	41.451
1	362.90	687.29	508.70	48.88	0.0835	41.832
2	366.48	685.52	506.50	49.03	0.0837	42.298
3	369.83	683.71	504.26	49.18	0.0840	42.741
4	373.03	681.89	502.04	49.32	0.0842	43.164
5	376.18	680.09	499.83	49.46	0.0845	43.570
6	379.12	678.28	497.63	49.60	0.0847	43.960
7	381.96	676.48	495.45	49.74	0.0850	44.333
8	384.69	674.69	493.29	49.88	0.0852	44.692
9	387.31	672.90	491.13	50.01	0.0855	45.037
10	389.83	671.12	489.00	50.15	0.0857	45.369
11	392.26	669.34	486.87	50.28	0.0859	45.689
12	394.59	667.56	484.76	50.41	0.0862	45.998
13	396.84	665.79	482.67	50.53	0.0864	46.293

1	99.72	704.41	551.10	48.38	0.0853	8.477
2	100.88	701.66	548.70	48.53	0.0855	8.617
3	102.05	699.23	546.27	48.67	0.0858	8.763
4	103.25	696.80	543.85	48.81	0.0860	8.910
5	104.44	693.99	541.45	48.95	0.0862	9.057
6	105.64	691.40	539.08	49.09	0.0865	9.204
7	106.84	688.61	536.70	49.22	0.0867	9.351
8	108.04	685.23	534.34	49.35	0.0869	9.499
9	109.24	683.67	532.00	49.48	0.0872	9.648
10	110.44	681.11	529.68	49.61	0.0874	9.794
11	111.65	678.57	527.37	49.74	0.0876	9.942
12	112.85	676.04	525.07	49.88	0.0878	10.090
13	114.05	673.52	522.79	49.99	0.0881	10.238
14	115.26	671.01	520.53	50.11	0.0883	10.386
15	116.46	668.51	518.28	50.23	0.0885	10.535
16	117.67	666.02	516.04	50.35	0.0887	10.683
17	118.87	663.54	513.82	50.47	0.0889	10.832
18	120.08	661.08	511.62	50.58	0.0891	10.980
19	121.28	658.62	509.42	50.69	0.0894	11.129
20	122.49	656.17	507.24	50.81	0.0896	11.277
21	123.70	653.74	505.08	50.92	0.0898	11.426
22	124.90	651.31	502.93	51.03	0.0900	11.575

-> Total losses from cooling = 228.872 MJ/2208 bricks
loss per kg brick = 0.088 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)

Tfire = 900 (C) mai = 1000 (kg/hr)

Tdry = 150 (C) Mb = 0.120

Total brick in the kiln = 2208 bricks

<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g	Time	Taco	Tpxc	mf	Toem	Tpdx	Tempo	maix	Tppx	Toem	Tpdx	(%)	md
(min)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(C)	(%)	(kg/hr)
5	20	142.7	631.2	65.9	814.7	465.2	661.2	3709.9	99.8	143.8	32.0	277	4776
5	40	136.2	612.0	66.3	820.6	491.8	678.1	3768.6	149.2	143.9	34.0	275	4855
5	60	133.6	593.2	66.6	826.0	518.6	693.3	3859.8	190.2	144.0	35.8	274	4928
5	80	129.7	574.9	66.9	831.0	536.7	707.3	3923.4	231.2	144.2	37.6	273	4900
5	100	125.7	557.0	67.3	835.6	561.4	720.1	3981.4	269.5	144.3	39.4	271	5049
5	120	121.8	539.5	67.6	839.9	581.7	731.9	4034.1	305.3	144.4	41.0	270	5102
5	140	118.0	522.4	67.8	843.9	600.8	742.7	4082.4	338.8	144.5	42.6	269	5150
5	160	114.4	505.8	68.1	847.8	618.4	752.8	4128.7	370.2	144.5	44.2	268	5195
5	180	111.0	489.5	68.4	851.0	635.1	762.1	4187.7	399.6	144.6	45.6	267	5238
5	200	107.6	473.7	68.6	854.2	650.7	770.8	4205.4	427.3	144.7	47.0	266	5274
5	200	107.6	473.7	68.6	854.2	650.7	770.8	4205.4	427.3	144.7	47.0	266	5274

-> average wood consumption = 67.2 kg/hr

-> average mixing air flowrate = 3962.2 kg/hr

-> average drying air flowrate = 5029.4 kg/hr

[=> Total wood consumption = 224.1 kg.]

[=> Specific energy = 1353.2 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

		Temperature (C)		average <after moisture firing>		
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling
i	Tp(i)	Tp(i)	Tpp(i)	Tpd(i)	M(i)	losses (MJ)
0	442.40	705.03	479.16	44.58	0.0923	52.339
1	443.79	700.28	474.69	44.78	0.0925	52.524
2	446.43	697.88	472.30	44.89	0.0927	52.877
3	448.85	695.42	469.88	45.01	0.0929	53.201
4	451.11	692.97	467.48	45.13	0.0931	53.503
5	453.22	690.53	465.09	45.24	0.0933	53.785
6	455.19	688.10	462.73	45.38	0.0935	54.048
7	457.03	685.68	460.39	45.47	0.0936	54.294
8	458.75	683.27	458.06	45.59	0.0938	54.525
9	460.38	680.88	455.75	45.70	0.0940	54.740
10	461.88	678.49	453.48	45.81	0.0942	54.941
11	463.27	676.12	451.19	45.92	0.0944	55.130
12	464.58	673.78	448.94	46.02	0.0945	55.308
13	465.81	671.41	446.70	46.13	0.0947	55.470
14	466.95	669.06	444.48	46.23	0.0949	55.624
15	468.02	666.74	442.28	46.34	0.0950	55.767
16	469.02	664.42	440.09	46.44	0.0952	55.901
17	469.95	662.11	437.83	46.54	0.0954	56.028
18	470.82	659.81	435.78	46.64	0.0956	56.142
19	471.62	657.52	433.84	46.73	0.0957	56.251
20	472.37	655.24	431.52	46.83	0.0959	56.351
21	473.08	652.98	429.42	46.92	0.0961	56.444
22	473.70	650.72	427.33	47.02	0.0962	56.530

→ average wood consumption = 82.1 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 3730.5 kg/hr
 → average drying air flowrate = 4792.8 kg/hr
 [= Total wood consumption = 351.9 kg]
 [= Specific energy = 2125.2 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average <after moisture firing>				
bed cooling	firing	preheating	drying	content cooling	cooling	
i	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	91.84	691.75	569.46	51.53	0.0747	7.512
1	92.03	688.23	565.64	51.75	0.0750	7.539
2	93.18	686.43	563.60	51.92	0.0754	7.676
3	94.36	684.58	561.52	52.03	0.0757	7.821
4	95.55	682.73	559.46	52.25	0.0760	7.968
5	96.74	680.89	557.40	52.41	0.0763	8.112
6	97.93	679.05	555.35	52.57	0.0766	8.258
7	99.12	677.22	553.31	52.72	0.0768	8.404
8	100.31	675.39	551.29	52.87	0.0771	8.550
9	101.51	673.56	549.27	53.03	0.0774	8.697
10	102.71	671.74	547.23	53.18	0.0777	8.844
11	103.91	669.92	545.27	53.32	0.0780	8.991
12	105.11	668.10	543.28	53.47	0.0783	9.139
13	106.31	666.29	541.30	53.61	0.0786	9.287
14	107.52	664.48	539.34	53.75	0.0788	9.435
15	108.73	662.68	537.38	53.89	0.0791	9.583
16	109.94	660.88	535.44	54.03	0.0794	9.732
17	111.15	659.08	533.50	54.18	0.0796	9.881
18	112.36	657.29	531.57	54.30	0.0799	10.030
19	113.57	655.50	529.65	54.43	0.0802	10.179
20	114.79	653.71	527.75	54.58	0.0804	10.328
21	116.00	651.93	525.85	54.69	0.0807	10.478
22	117.22	650.16	523.96	54.81	0.0810	10.628

→ Total losses from cooling = 207.067 MJ/2208 bricks
 loss per kg brick = 0.078 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 900 (C) maif = 1100 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120

Total brick in the kiln = 2208 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Tacc Tpcx mf Tcmfo Tpfk Tempo maide Tppc Tcmfo Tpdz (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

13	20	138.1	829.1	60.7	741.9	487.0	608.0	3734.1	98.8	143.8	32.0	331	4895
13	40	133.5	608.4	61.1	745.9	508.5	622.2	3811.2	142.8	144.0	34.0	329	4972
13	60	129.1	568.2	61.5	749.6	524.7	635.0	3880.0	183.5	144.1	35.9	327	5041
13	80	124.8	568.5	61.9	753.0	541.7	646.7	3941.9	221.3	144.2	37.7	325	5104
13	100	120.7	549.3	62.2	756.2	557.5	657.4	3997.8	258.3	144.3	39.4	323	5160
13	120	118.7	530.5	62.5	759.2	572.4	667.1	4048.8	289.0	144.4	41.1	321	5211
13	140	112.9	512.3	62.8	761.9	588.3	678.1	4095.2	319.5	144.5	42.7	320	5258
13	160	109.3	494.6	63.1	764.5	599.3	684.4	4137.9	347.9	144.6	44.2	318	5301
13	180	105.8	477.4	63.4	766.8	611.5	692.0	4177.0	374.5	144.7	45.7	317	5340
13	200	102.4	460.6	63.8	769.0	623.0	699.1	4213.6	399.4	144.7	47.1	315	5377
13	220	99.2	444.4	64.0	771.1	633.7	705.7	4248.3	422.7	144.8	48.5	314	5410
13	240	96.1	428.6	64.2	773.0	643.8	711.8	4277.1	444.6	144.9	49.7	313	5441
13	254	94.0	417.8	64.4	774.2	650.4	715.8	4297.3	459.1	144.9	50.6	312	5462

→ average wood consumption = 62.6 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4038.2 kg/hr
 → average drying air flowrate = 5200.7 kg/hr
 [= Total wood consumption = 264.9 kg]
 [= Specific energy = 1599.5 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average <after moisture firing>				
bed cooling	firing	preheating	drying	content cooling	cooling	
i	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	368.49	660.01	508.31	47.70	0.0839	42.302
1	369.23	668.71	502.21	47.90	0.0841	42.662
2	372.64	664.98	500.07	48.04	0.0844	43.108
3	375.87	663.21	497.69	48.19	0.0846	43.532
4	378.95	661.45	495.72	48.33	0.0848	43.938
5	381.91	679.69	493.57	48.47	0.0851	44.326
6	384.74	677.93	491.44	48.61	0.0853	44.699
7	387.46	676.18	489.31	48.74	0.0856	45.057
8	390.07	674.43	487.20	48.88	0.0858	45.401

i	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	98.85	706.79	553.83	47.44	0.0849	8.371
1	98.97	701.69	549.52	47.84	0.0851	8.385
2	100.06	699.21	547.19	47.78	0.0854	8.519
3	101.20	696.65	544.83	47.93	0.0856	8.659
4	102.35	694.10	542.49	48.07	0.0858	8.800
5	103.50	691.56	540.18	48.20	0.0861	8.941
6	104.65	689.03	537.84	48.34	0.0863	9.083
7	105.80	686.51	535.54	48.47	0.0865	9.224
8	106.96	684.01	533.26	48.60	0.0867	9.366
9	108.11	681.51	530.99	48.74	0.0870	9.507
10	109.27	679.03	528.73	48.88	0.0872	9.648
11	110.42	676.55	526.49	48.99	0.0874	9.791
12	111.58	674.09	524.26	49.12	0.0876	9.933
13	112.73	671.64	522.04	49.24	0.0878	10.078
14	113.89	669.19	519.84	49.38	0.0881	10.218
15	115.05	666.76	517.66	49.48	0.0883	10.361
16	116.21	664.34	515.48	49.60	0.0885	10.503
17	117.37	661.93	513.32	49.72	0.0887	10.646
18	118.53	659.53	511.18	49.83	0.0889	10.789
19	119.68	657.14	509.05	49.95	0.0891	10.932
20	120.84	654.76	506.93	50.06	0.0893	11.074
21	122.00	652.38	504.82	50.17	0.0895	11.217
22	123.16	650.02	502.73	50.28	0.0897	11.360

→ Total losses from cooling = 225.408 MJ/2208 bricks
 loss per kg brick = 0.085 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 900 (C) maif = 1100 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 2208 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Tacc Tpcx mf Tcmfo Tpfk Tempo maide Tppc Tcmfo Tpdz (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

6	20	139.3	830.1	72.8	815.4	459.1	666.1	4107.4	101.5	144.0	32.1	278	5280
6	40	134.7	609.4	73.2	821.7	488.1	683.7	4188.0	152.1	144.1	34.1	274	5371
6	60	130.2	589.2	73.6	827.4	514.9	699.7	4278.5	193.9	144.2	36.0	273	5452
6	80	125.9	569.6	74.0	832.6	539.9	714.1	4350.6	242.3	144.4	37.9	272	5525
6	100	121.7	550.4	74.3	837.4	563.1	727.3	4415.7	282.6	144.5	39.7	270	5590
6	120	117.7	531.7	74.6	841.9	584.7	739.3	4474.8	320.0	144.6	41.4	269	5649
6	140	113.9	513.5	75.0	846.0	604.8	750.4	4528.6	355.0	144.7	43.0	268	5704
6	160	110.2	495.8	75.3	849.8	623.6	760.6	4577.8	387.8	144.7	44.6	267	5753
6	180	106.6	478.6	75.6	853.3	641.1	770.0	4623.0	418.1	144.8	46.1	266	5799
6	192	104.6	468.5	75.8	855.3	651.1	775.3	4648.7	435.4	144.9	48.9	265	5825

→ average wood consumption = 74.2 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4381.7 kg/hr
 → average drying air flowrate = 5555.9 kg/hr
 [= Total wood consumption = 237.5 kg]
 [= Specific energy = 1434.1 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average <after moisture firing>				
bed cooling	firing	preheating	drying	content cooling	cooling	
i	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	438.41	704.10	486.42	44.42	0.0912	51.541
1	437.81	699.45	481.99	44.60	0.0914	51.727
2	440.45	697.11	479.65	44.73	0.0918	52.078
3	442.86	694.70	477.27	44.85	0.0918	52.401
4	445.13	692.31	474.92	44.97	0.0920	52.703
5	447.26	689.93	472.58	45.09	0.0921	52.988
6	449.24	687.56	470.26	45.21	0.0923	53.262
7	451.10	685.20	467.96	45.32	0.0925	53.601
8	452.85	682.85	465.68	45.44	0.0927	53.735
9	454.49	680.52	463.41	45.55	0.0929	53.954
10	456.03	678.19	461.16	45.67	0.0931	54.160
11	457.47	675.87	458.93	45.78	0.0932	54.353
12	458.83	673.57	456.71	45.89	0.0934	54.535
13	460.10	671.27	454.51	45.99	0.0936	54.705
14	461.29	668.99	452.33	46.10	0.0938	54.865
15	462.41	666.71	450.18	46.21	0.0939	55.015
16	463.48	664.45	448.01	46.31	0.0941	55.156
17	464.44	662.19	445.87	46.41	0.0943	55.287
18	465.38	659.95	443.76	46.51	0.0945	55.411
19	466.22	657.71	441.65	46.61	0.0946	55.526
20	467.03	655.49	439.57	46.71	0.0948	55.634
21	467.78	653.28	437.49	46.81	0.0950	55.735
22	468.48	651.07	435.44	46.91	0.0951	55.829

9 362.57 672.69 485.11 49.01 0.0600 45.731
 10 394.96 670.95 483.03 49.14 0.0692 46.048
 11 367.30 669.22 460.90 49.27 0.0665 46.354
 12 399.52 667.48 478.91 49.40 0.0667 46.648
 13 401.67 663.76 478.87 49.52 0.0699 46.931
 14 403.74 664.04 474.84 49.65 0.0671 47.204
 15 405.73 662.32 472.83 49.77 0.0673 47.467
 16 407.64 660.61 470.83 49.89 0.0676 47.721
 17 409.50 658.90 468.84 50.01 0.0678 47.966
 18 411.28 657.19 466.86 50.13 0.0680 48.203
 19 413.00 655.49 464.90 50.24 0.0682 48.431
 20 414.67 653.80 462.95 50.36 0.0684 48.651
 21 416.27 652.11 461.01 50.47 0.0686 48.864
 22 417.82 650.42 459.09 50.58 0.0688 49.070

--> Total losses from cooling = 1060 315 MJ/2208 bricks
 loss per kg brick = 0.400 MJ/kg brick

***** STOP FIRING *****
 --- CONTINUE COOLING ---

14 280 83.14133 0.0 175.5 845.3 0.0 577.5 458.5 135.1 51.6 0 1678
 14 280 90.33984 0.0 170.4 629.6 0.0 537.1 456.7 135.5 54.8 0 1637
 14 300 87.53841 0.0 165.6 614.3 0.0 497.9 454.9 135.9 57.8 0 1596
 14 320 84.93701 0.0 160.9 599.2 0.0 459.9 453.1 136.2 60.7 0 1556
 14 340 82.43560 0.0 156.4 584.5 0.0 423.2 451.4 136.6 63.3 0 1523
 14 360 80.03436 0.0 152.1 570.1 0.0 387.6 449.6 136.9 65.8 0 1488
 14 380 77.73310 0.0 147.9 556.0 0.0 352.8 447.8 137.3 67.6 0 1450
 14 400 75.53188 0.0 143.8 542.2 0.0 318.8 446.1 137.6 69.0 0 1410
 14 420 73.43070 0.0 139.9 528.7 0.0 285.4 444.3 138.8 70.4 0 1368
 14 440 71.42956 0.0 136.1 515.5 0.0 252.6 442.6 137.0 71.7 0 1324
 14 460 69.42847 0.0 132.5 502.5 0.0 220.3 440.9 137.2 73.0 0 1279
 14 480 67.62741 0.0 129.0 489.9 0.0 188.5 439.1 137.4 74.2 0 1232
 14 500 65.82639 0.0 125.6 477.5 0.0 157.2 437.4 137.6 75.3 0 1183
 14 520 64.12540 0.0 122.3 465.4 0.0 126.4 435.7 137.8 76.5 0 1131
 14 540 62.52445 0.0 119.1 453.5 0.0 96.0 434.0 138.0 77.5 0 1076
 14 560 61.02354 0.0 116.1 441.9 0.0 66.0 432.3 138.1 78.6 0 1018
 14 580 59.52266 0.0 113.1 430.6 0.0 36.4 430.6 138.3 79.6 0 957
 14 600 58.12182 0.0 110.3 419.5 0.0 7.0 429.0 138.5 80.6 0 891
 14 620 56.82101 0.0 107.5 408.6 0.0 0.0 427.3 138.6 81.5 0 820
 14 640 55.52022 0.0 104.9 398.0 0.0 0.0 425.6 138.8 82.4 0 744
 14 660 54.21947 0.0 102.3 387.6 0.0 0.0 424.0 138.9 83.2 0 663
 14 680 53.11875 0.0 99.8 377.5 0.0 0.0 422.3 139.0 84.1 0 577
 14 700 52.01806 0.0 97.4 367.6 0.0 0.0 420.7 139.2 84.9 0 486
 14 720 50.91740 0.0 95.1 357.9 0.0 0.0 419.1 139.3 85.6 0 390
 14 740 49.91676 0.0 92.9 348.5 0.0 0.0 417.4 139.4 86.4 0 289
 14 760 48.91615 0.0 90.7 339.3 0.0 0.0 415.8 139.5 87.1 0 183
 14 780 48.01556 0.0 88.6 330.2 0.0 0.0 414.2 139.7 87.8 0 71
 14 800 47.11500 0.0 86.6 321.4 0.0 0.0 412.6 139.8 88.4 0 0
 14 820 46.31446 0.0 84.7 312.8 0.0 0.0 411.0 139.9 89.0 0 0
 14 840 45.51394 0.0 82.8 304.4 0.0 0.0 409.4 140.0 89.6 0 0
 14 860 44.71345 0.0 80.9 296.2 0.0 0.0 407.9 140.1 90.2 0 0
 14 880 44.01297 0.0 79.2 288.2 0.0 0.0 406.3 140.2 90.8 0 0
 14 900 43.31252 0.0 77.5 280.4 0.0 0.0 404.7 140.2 91.3 0 0
 14 920 42.71208 0.0 75.8 272.8 0.0 0.0 403.2 140.3 91.8 0 0
 14 940 42.11167 0.0 74.2 265.4 0.0 0.0 401.6 140.4 92.3 0 0
 14 960 41.51127 0.0 72.7 258.2 0.0 0.0 400.1 140.5 92.8 0 0
 14 980 40.91089 0.0 71.2 251.1 0.0 0.0 398.6 140.6 93.3 0 0
 14 1000 40.41053 0.0 69.7 244.2 0.0 0.0 397.0 140.6 93.7 0 0
 14 1020 39.81018 0.0 68.3 237.5 0.0 0.0 395.5 140.7 94.1 0 0
 14 1040 39.4985 0.0 67.0 231.0 0.0 0.0 394.0 140.8 94.5 0 0
 14 1060 38.9953 0.0 65.7 224.7 0.0 0.0 392.5 140.8 94.9 0 0
 14 1080 38.4923 0.0 64.4 218.5 0.0 0.0 391.0 140.9 95.3 0 0
 14 1100 38.0894 0.0 63.2 212.4 0.0 0.0 389.5 141.0 95.6 0 0
 14 1120 37.6866 0.0 62.0 206.6 0.0 0.0 388.0 141.0 96.0 0 0
 END OF COOLING -----> TO BE START FIRING

g Time Taco Tpxx mf Temfo Tpx Tempo maix Tpxx Temdo Tpxd (%) md
 (min.) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

15 20 56.5 198.8 67.5 727.0 413.9 606.3 3764.4 138.9 143.9 32.0 298 4932
 15 40 55.3 169.6 67.6 732.2 438.5 620.1 3836.1 178.6 144.0 34.0 297 5006
 15 60 54.1 182.8 67.7 737.0 461.3 632.6 3904.2 215.4 144.1 35.9 297 5072
 15 80 52.9 176.1 67.8 741.4 482.6 644.0 3969.0 249.8 144.2 37.7 298 5132
 15 100 51.8 169.8 67.9 745.4 502.5 654.6 4018.4 281.9 144.3 39.5 298 5186
 15 120 50.8 163.7 68.0 749.2 521.0 664.3 4068.0 311.6 144.4 41.1 298 5238
 15 140 49.8 157.8 68.1 752.7 538.3 673.2 4113.6 340.0 144.5 42.7 295 5282
 15 160 48.8 152.2 68.1 755.9 554.5 681.5 4154.8 368.4 144.6 44.3 295 5323
 15 180 47.9 146.8 68.2 758.9 569.6 689.2 4193.0 391.1 144.7 45.7 295 5361
 15 200 47.0 141.6 68.3 761.8 583.8 696.3 4228.2 414.3 144.8 47.1 294 5396
 15 220 46.2 136.6 68.3 764.2 597.0 702.9 4260.8 436.2 144.8 48.5 294 5429
 15 240 45.4 131.9 68.4 768.6 609.4 709.1 4290.9 456.7 144.9 49.8 294 5459
 15 260 44.6 127.3 68.4 768.8 621.0 714.8 4318.6 476.0 145.0 51.0 293 5487
 15 280 43.9 122.9 68.5 770.9 631.9 720.2 4344.6 494.2 145.0 52.1 293 5513

--> Total losses from cooling = 1244 089 MJ/2208 bricks
 loss per kg brick = 0.470 MJ/kg brick

***** STOP FIRING *****
 --- CONTINUE COOLING ---

7 200 103.34618 0.0 185.4 644.4 0.0 657.2 434.8 134.8 48.3 0 1757
 7 220 100.04456 0.0 180.0 628.8 0.0 613.7 433.0 135.2 51.8 0 1714
 7 240 96.94298 0.0 174.7 613.6 0.0 571.6 431.4 135.6 55.0 0 1672
 7 260 93.94145 0.0 169.7 598.6 0.0 530.9 429.7 136.0 58.0 0 1631
 7 280 91.03997 0.0 164.6 584.0 0.0 491.4 428.0 136.4 60.8 0 1591
 7 300 88.23853 0.0 160.1 569.7 0.0 453.1 426.3 136.7 63.6 0 1553
 7 320 85.63713 0.0 155.5 555.6 0.0 416.1 424.7 137.0 66.9 0 1516
 7 340 83.03578 0.0 151.2 541.9 0.0 380.3 423.0 137.3 68.3 0 1480
 7 360 80.63448 0.0 146.9 528.5 0.0 345.4 421.4 137.6 69.8 0 1446
 7 380 78.33322 0.0 142.9 515.4 0.0 311.7 419.7 137.9 71.1 0 1413
 7 400 76.03200 0.0 138.9 502.5 0.0 279.2 418.1 137.2 72.4 0 1381
 7 420 73.93082 0.0 135.1 489.9 0.0 247.8 416.5 137.4 73.6 0 1350
 7 440 71.92968 0.0 131.5 477.6 0.0 217.4 414.8 137.6 74.8 0 1320
 7 460 69.92858 0.0 127.9 465.5 0.0 188.0 413.2 137.7 75.9 0 1291
 7 480 68.02752 0.0 124.5 453.8 0.0 159.6 411.6 137.9 77.0 0 1263
 7 500 66.32649 0.0 121.2 442.2 0.0 132.1 410.0 138.1 78.0 0 1236
 7 520 64.82551 0.0 118.1 431.0 0.0 105.4 408.4 138.3 79.0 0 1210
 7 540 62.92458 0.0 115.0 419.9 0.0 80.0 406.9 138.4 80.0 0 1185
 7 560 61.42364 0.0 112.0 409.1 0.0 55.8 405.3 138.6 80.9 0 1161
 7 580 59.92278 0.0 109.2 398.6 0.0 32.7 403.7 138.7 81.8 0 1138
 7 600 58.52192 0.0 106.4 388.3 0.0 10.2 402.2 138.9 82.7 0 1116
 7 620 57.12110 0.0 103.8 378.2 0.0 0.0 400.6 139.0 83.5 0 1095
 7 640 55.82032 0.0 101.2 368.4 0.0 0.0 399.1 139.1 84.3 0 1074
 7 660 54.61956 0.0 98.7 358.7 0.0 0.0 397.5 139.3 85.1 0 1053
 7 680 53.41884 0.0 96.3 349.3 0.0 0.0 396.0 139.4 85.8 0 1033
 7 700 52.31815 0.0 94.0 340.1 0.0 0.0 394.5 139.5 86.6 0 1013
 7 720 51.21748 0.0 91.8 331.2 0.0 0.0 393.0 139.6 87.2 0 994
 7 740 50.21684 0.0 89.6 322.4 0.0 0.0 391.4 139.7 87.9 0 975
 7 760 49.21622 0.0 87.4 313.8 0.0 0.0 389.9 139.8 88.5 0 956
 7 780 48.21563 0.0 85.3 305.5 0.0 0.0 389.4 139.9 89.2 0 937
 7 800 47.41507 0.0 83.6 297.3 0.0 0.0 387.0 140.0 89.6 0 918
 7 820 46.51453 0.0 81.7 289.3 0.0 0.0 385.5 140.1 90.3 0 900
 7 840 45.71401 0.0 79.9 281.6 0.0 0.0 384.0 140.2 90.9 0 882
 7 860 44.91351 0.0 78.1 274.0 0.0 0.0 382.5 140.3 91.4 0 864
 7 880 44.21304 0.0 76.4 266.6 0.0 0.0 381.1 140.4 91.9 0 846
 7 900 43.51258 0.0 74.8 259.4 0.0 0.0 379.6 140.5 92.4 0 828
 7 920 42.81214 0.0 73.2 252.3 0.0 0.0 378.2 140.5 92.8 0 810
 7 940 42.21173 0.0 71.7 245.5 0.0 0.0 376.7 140.6 93.3 0 792
 7 960 41.61133 0.0 70.2 238.8 0.0 0.0 375.3 140.7 93.7 0 774
 7 980 41.01094 0.0 68.8 232.3 0.0 0.0 373.8 140.8 94.1 0 756
 7 1000 40.51058 0.0 67.4 225.9 0.0 0.0 372.4 140.8 94.5 0 738
 7 1020 40.01023 0.0 66.1 219.7 0.0 0.0 371.0 140.9 94.9 0 720
 7 1040 39.599.0 0.0 64.8 213.7 0.0 0.0 369.6 140.9 95.3 0 702
 7 1060 39.095.8 0.0 63.5 207.6 0.0 0.0 368.2 141.0 95.6 0 684
 7 1080 38.692.7 0.0 62.3 202.1 0.0 0.0 366.8 141.1 96.0 0 666
 7 1100 38.189.6 0.0 61.1 196.6 0.0 0.0 365.4 141.1 96.3 0 648
 7 1120 37.787.0 0.0 60.0 191.2 0.0 0.0 364.0 141.2 96.6 0 630
 END OF COOLING -----> TO BE START FIRING

g Time Taco Tpxx mf Temfo Tpx Tempo maix Tpxx Temdo Tpxd (%) md
 (min.) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

8 20 53.9 180.2 60.0 803.1 399.3 667.6 4159.3 146.5 144.0 32.1 251 6339
 8 40 52.7 173.7 60.1 810.4 432.8 684.8 4245.3 192.4 144.1 34.1 251 6425
 8 60 51.7 167.4 60.2 817.1 463.8 700.0 4322.1 235.0 144.3 36.1 250 6502
 8 80 50.6 161.4 60.3 823.2 492.6 714.1 4391.1 274.7 144.4 37.9 250 6571
 8 100 49.6 155.7 60.4 828.8 519.2 727.0 4453.7 311.8 144.5 39.7 250 6634
 8 120 48.7 150.2 60.4 834.0 544.0 738.8 4510.4 346.4 144.6 41.4 250 6691
 8 140 47.8 144.9 60.5 838.7 567.0 749.7 4562.3 378.9 144.7 43.1 249 6743
 8 160 46.9 139.8 60.6 843.1 588.5 759.8 4609.6 409.2 144.8 44.6 249 6790
 8 180 46.1 134.9 60.7 847.1 608.4 769.1 4653.1 437.7 144.8 46.1 249 6834
 8 200 45.3 130.2 60.7 850.6 627.0 777.8 4693.0 464.4 144.9 47.5 249 6874
 8 220 44.5 125.7 60.8 854.2 644.4 785.8 4729.8 489.5 145.0 48.8 249 6911
 8 228 44.3 124.0 60.8 855.5 651.0 788.8 4743.8 490.1 145.0 49.4 248 6925

--> average wood consumption = 81.0 kg/hr
 --> average mixing air flowrate = 4471.3 kg/hr
 --> average drying air flowrate = 5652.3 kg/hr
 [=] Total wood consumption = 307.8 kg
 [=] Specific energy = 1858.4 kJ/kg brick
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after
 moisture firing>
 bed cooling firing preheating drying content cooling
 Tpc[] Tpf[] Tpp[] Tpd[] M[] losses (MJ)

15 300 43.2 118.8 68.6 772.8 642.1 725.2 4368.5 511.3 145.1 53.2 293 5537
 15 318 42.7 115.1 68.6 774.4 650.7 720.4 4358.6 525.8 145.1 54.2 293 5557

-> average wood consumption = 68.4 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 4119.6 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 5288.0 kg/hr
 [= Total wood consumption = 362.6 kg]
 [= Specific energy = 2189.5 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average		<after		
		moisture		fining>		
bed cooling	fining	preheating	drying	content	cooling	
i Tpc(i)	Tp(i)	Tpp(i)	Tpd(i)	M(i)	losses (MJ)	
0	90.77	691.28	570.20	50.88	0.0741	7.381
1	90.98	687.84	569.47	51.09	0.0745	7.404
2	92.04	686.09	564.49	51.28	0.0748	7.536
3	93.17	684.28	562.46	51.42	0.0751	7.675
4	94.31	682.48	560.45	51.59	0.0754	7.814
5	95.45	680.69	558.44	51.75	0.0758	7.954
6	96.59	678.89	556.45	51.91	0.0759	8.094
7	97.74	677.11	554.47	52.06	0.0762	8.234
8	98.89	675.32	552.49	52.22	0.0765	8.375
9	100.04	673.54	550.53	52.37	0.0768	8.516
10	101.19	671.78	548.57	52.52	0.0771	8.657
11	102.34	669.99	546.62	52.67	0.0774	8.799
12	103.50	668.22	544.69	52.81	0.0778	8.941
13	104.65	666.45	542.78	52.96	0.0779	9.083
14	105.81	664.69	540.84	53.10	0.0782	9.225
15	106.97	662.93	538.94	53.24	0.0785	9.367
16	108.13	661.18	537.04	53.38	0.0787	9.510
17	109.30	659.43	535.15	53.51	0.0790	9.653
18	110.46	657.68	533.27	53.65	0.0792	9.796
19	111.63	655.94	531.40	53.78	0.0795	9.940
20	112.80	654.20	529.54	53.91	0.0798	10.084
21	113.97	652.46	527.68	54.04	0.0800	10.227
22	115.14	650.73	525.84	54.17	0.0803	10.371

-> Total losses from cooling = 202.638 MJ/2208 bricks
 loss per kg brick = 0.078 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfiro = 800 (C) mai = 1200 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 2208 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Tacc Tpcx ml Tcmfo Tpx Tempo maix Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

13	20	135.2	628.1	66.5	743.5	489.4	613.0	4103.8	101.6	144.0	32.1	329	5370
13	40	130.4	605.9	67.0	747.7	509.9	627.7	4190.3	148.3	144.2	34.1	327	5457
13	60	125.8	584.3	67.4	751.5	529.1	640.9	4267.5	191.4	144.3	36.1	325	5535
13	80	121.4	563.3	67.8	755.0	548.9	652.8	4335.9	231.1	144.4	37.9	323	5604
13	100	117.2	542.9	68.2	758.3	569.3	663.7	4397.8	267.8	144.5	39.7	321	5668
13	120	113.1	523.0	68.5	761.2	578.8	673.8	4453.9	301.9	144.6	41.4	320	5722
13	140	109.3	503.7	68.9	764.0	583.2	682.8	4504.8	333.5	144.7	43.1	318	5774
13	160	105.5	485.0	69.2	766.8	608.6	690.9	4551.1	362.9	144.8	44.8	317	5820
13	180	102.0	466.9	69.6	769.5	619.1	698.6	4593.9	390.3	144.8	46.1	315	5894
13	200	98.6	449.3	69.9	771.1	630.8	705.7	4632.6	415.8	144.9	47.5	314	5902
13	220	95.3	432.3	70.1	773.1	641.7	712.2	4668.4	439.6	145.0	48.9	312	5939
13	238	92.5	417.4	70.4	774.8	650.9	717.8	4698.2	459.7	145.0	50.0	311	5969

-> average wood consumption = 68.4 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 4422.1 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 5690.6 kg/hr
 [= Total wood consumption = 271.5 kg]
 [= Specific energy = 1639.5 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average		<after		
		moisture		fining>		
bed cooling	fining	preheating	drying	content	cooling	
i Tpc(i)	Tp(i)	Tpp(i)	Tpd(i)	M(i)	losses (MJ)	
0	367.20	689.59	505.82	47.13	0.0836	42.390
1	369.85	686.35	501.79	47.32	0.0838	42.743
2	373.16	684.67	499.70	47.47	0.0841	43.177
3	376.31	682.94	497.58	47.61	0.0843	43.590
4	379.31	681.22	495.46	47.75	0.0845	43.985
5	382.20	679.50	493.38	47.89	0.0848	44.364
6	384.96	677.78	491.28	48.03	0.0850	44.728
7	387.62	676.07	489.21	48.17	0.0852	45.077

0	100.25	708.16	548.67	46.57	0.0853	8.542
1	100.35	701.20	544.68	46.76	0.0855	8.554
2	101.42	698.79	542.40	46.90	0.0857	8.685
3	102.54	696.30	540.10	47.04	0.0860	8.823
4	103.68	693.83	537.82	47.17	0.0862	8.961
5	104.78	691.36	535.55	47.31	0.0864	9.099
6	105.91	688.91	533.30	47.44	0.0866	9.237
7	107.03	686.47	531.08	47.58	0.0869	9.375
8	108.16	684.03	528.83	47.71	0.0871	9.514
9	109.29	681.61	526.62	47.83	0.0873	9.652
10	110.42	679.20	524.43	47.96	0.0875	9.791
11	111.55	676.79	522.24	48.09	0.0877	9.930
12	112.68	674.40	520.07	48.21	0.0879	10.069
13	113.81	672.02	517.91	48.33	0.0881	10.208
14	114.94	669.64	515.77	48.45	0.0884	10.347
15	116.07	667.28	513.64	48.57	0.0886	10.486
16	117.20	664.93	511.52	48.69	0.0888	10.625
17	118.33	662.58	509.42	48.81	0.0890	10.765
18	119.46	660.25	507.33	48.92	0.0892	10.904
19	120.59	657.93	505.25	49.03	0.0894	11.043
20	121.72	655.61	503.18	49.14	0.0896	11.183
21	122.86	653.31	501.13	49.25	0.0898	11.323
22	123.99	651.01	499.09	49.36	0.0900	11.462

-> Total losses from cooling = 228.575 MJ/2208 bricks
 loss per kg brick = 0.088 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfiro = 800 (C) mai = 1200 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 2208 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Tacc Tpcx ml Tcmfo Tpx Tempo maix Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

4	20	136.3	628.7	79.7	817.7	481.5	672.0	4514.5	104.8	144.2	32.2	275	5704
4	40	131.5	606.6	80.2	824.1	492.1	690.3	4616.5	158.8	144.3	34.2	273	5897
4	60	126.9	585.0	80.8	830.0	520.4	708.7	4708.4	208.1	144.4	36.2	272	5987
4	80	122.4	564.1	81.0	835.4	546.6	721.5	4786.8	253.7	144.5	38.1	270	6068
4	100	118.1	543.7	81.4	840.3	570.8	734.9	4858.8	295.9	144.6	40.0	269	6140
4	120	114.0	523.9	81.8	844.8	593.3	747.1	4923.7	335.0	144.7	41.7	268	6205
4	140	110.1	504.6	82.1	848.9	614.1	758.3	4982.4	371.3	144.8	43.4	267	6265
4	160	106.4	485.9	82.5	852.7	633.4	768.5	5038.2	405.0	144.9	44.9	266	6319
4	180	102.8	467.6	82.8	856.2	651.4	777.9	5065.0	436.3	145.0	46.4	265	6368
4	180	102.8	467.6	82.8	856.2	651.4	777.9	5065.0	436.3	145.0	46.4	265	6368

-> average wood consumption = 81.2 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 4800.8 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 6082.0 kg/hr
 [= Total wood consumption = 243.5 kg]
 [= Specific energy = 1470.6 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average		<after		
		moisture		fining>		
bed cooling	fining	preheating	drying	content	cooling	
i Tpc(i)	Tp(i)	Tpp(i)	Tpd(i)	M(i)	losses (MJ)	
0	436.57	703.21	488.18	43.94	0.0909	51.562
1	437.89	698.65	481.83	44.11	0.0911	51.738
2	440.44	696.37	479.55	44.24	0.0913	52.078
3	442.78	694.02	477.23	44.38	0.0915	52.390
4	444.98	691.69	474.93	44.48	0.0917	52.684
5	447.04	689.36	472.65	44.60	0.0919	52.959
6	448.97	687.05	470.38	44.72	0.0920	53.217
7	450.79	684.74	468.14	44.83	0.0922	53.459
8	452.49	682.45	465.90	44.95	0.0924	53.687
9	454.09	680.17	463.69	45.06	0.0926	53.901
10	455.59	677.89	461.49	45.18	0.0928	54.102
11	457.01	675.63	459.31	45.29	0.0929	54.291
12	458.33	673.38	457.14	45.40	0.0931	54.469
13	459.58	671.13	454.99	45.50	0.0933	54.635
14	460.75	668.90	452.86	45.61	0.0935	54.792
15	461.85	666.67	450.74	45.72	0.0938	54.939
16	462.88	664.46	448.64	45.82	0.0938	55.078
17	463.85	662.28	446.55	45.92	0.0940	55.207
18	464.75	660.08	444.47	46.02	0.0941	55.329
19	465.60	657.88	442.42	46.13	0.0943	55.442
20	466.39	655.70	440.37	46.22	0.0945	55.549
21	467.13	653.54	438.34	46.32	0.0946	55.648
22	467.83	651.38	436.33	46.42	0.0948	55.741

-> Total losses from cooling = 1242.897 MJ/2208 bricks

Table with 7 columns: Line number, Time (min), T1 (C), T2 (C), T3 (C), T4 (C), Loss (kg/h). Rows 8-22.

Total losses from cooling = 1000.364 MJ/2008 bricks
loss per kg brick = 0.400 MJ/kg brick

STOP FIRING CONTINUE COOLING

Table with 7 columns: Line number, Time (min), T1 (C), T2 (C), T3 (C), T4 (C), Loss (kg/h). Rows 14-22.

g Time Taco Tpxx mf Tcmfo Tpxx Tempo maixk Tppx Tcmfo Tpxx (%) md (min.) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

Table with 7 columns: Line number, Time (min), T1 (C), T2 (C), T3 (C), T4 (C), Loss (kg/h). Rows 15-22.

loss per kg brick = 0.409 MJ/kg brick

STOP FIRING CONTINUE COOLING

Table with 7 columns: Line number, Time (min), T1 (C), T2 (C), T3 (C), T4 (C), Loss (kg/h). Rows 5-22.

END OF COOLING TO BE START FIRING

g Time Taco Tpxx mf Tcmfo Tpxx Tempo maixk Tppx Tcmfo Tpxx (%) md (min.) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

Table with 7 columns: Line number, Time (min), T1 (C), T2 (C), T3 (C), T4 (C), Loss (kg/h). Rows 6-22.

average wood consumption = 68.4 kg/hr
average mixing air flowrate = 4897.1 kg/hr
average drying air flowrate = 6185.5 kg/hr
[=> Total wood consumption = 312.5 kg]
[=> Specific energy = 1887.1 kJ/kg brick]
[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]

Table with 7 columns: Line number, Time (min), T1 (C), T2 (C), T3 (C), T4 (C), Loss (kg/h). Rows 0-5.

→ average wood consumption = 74.7 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4507.3 kg/hr
 → average drying air flowrate = 5782.0 kg/hr
 [= Total wood consumption = 388.0 kg]
 [= Specific energy = 2210.4 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

i	Temperature (C)				M(i)	average <after moisture firing> losses (MJ)
	bed cooling Tpc(i)	firing Tpf(i)	preheating Tpp(i)	drying Tpd(i)		
0	91.00	689.98	568.98	50.02	0.0744	7.483
1	91.77	688.60	563.29	50.22	0.0747	7.503
2	92.83	684.89	561.35	50.39	0.0750	7.833
3	93.94	683.12	559.37	50.55	0.0753	7.769
4	95.05	681.38	557.40	50.71	0.0758	7.905
5	96.17	679.60	555.44	50.87	0.0759	8.042
6	97.29	677.85	553.49	51.03	0.0761	8.179
7	98.41	676.10	551.54	51.19	0.0764	8.317
8	99.53	674.35	549.61	51.34	0.0767	8.455
9	100.66	672.61	547.69	51.49	0.0770	8.593
10	101.79	670.87	545.77	51.64	0.0773	8.731
11	102.92	669.13	543.87	51.79	0.0775	8.869
12	104.05	667.40	541.97	51.93	0.0778	9.008
13	105.18	665.67	540.09	52.08	0.0781	9.147
14	106.31	663.95	538.21	52.22	0.0783	9.286
15	107.45	662.23	536.34	52.36	0.0786	9.426
16	108.59	660.51	534.48	52.50	0.0789	9.566
17	109.72	658.80	532.63	52.63	0.0791	9.706
18	110.86	657.09	530.79	52.77	0.0794	9.846
19	112.00	655.38	528.96	52.90	0.0798	9.986
20	113.15	653.68	527.13	53.03	0.0799	10.126
21	114.29	651.98	525.32	53.16	0.0801	10.267
22	115.43	650.29	523.51	53.29	0.0804	10.408

→ Total losses from cooling = 204.251 MJ/2208 bricks
 loss per kg brick = 0.077 MJ/kg brick

6	109.03	688.64	631.74	48.77	0.0868	9.252
7	107.13	688.26	529.58	48.90	0.0868	9.368
8	108.22	683.88	527.38	47.03	0.0870	9.521
9	109.32	681.52	525.22	47.18	0.0872	9.658
10	110.42	679.17	523.08	47.29	0.0874	9.791
11	111.52	676.83	520.94	47.41	0.0878	9.926
12	112.62	674.49	518.82	47.54	0.0878	10.062
13	113.72	672.17	516.72	47.66	0.0880	10.197
14	114.82	669.86	514.62	47.78	0.0882	10.332
15	115.92	667.55	512.54	47.90	0.0885	10.468
16	117.02	665.26	510.47	48.02	0.0887	10.604
17	118.12	662.97	508.41	48.13	0.0888	10.739
18	119.22	660.70	506.37	48.25	0.0890	10.875
19	120.33	658.43	504.34	48.36	0.0892	11.011
20	121.43	656.17	502.32	48.47	0.0894	11.146
21	122.53	653.92	500.31	48.58	0.0896	11.282
22	123.63	651.68	498.31	48.69	0.0898	11.418

→ Total losses from cooling = 228.493 MJ/2208 bricks
 loss per kg brick = 0.088 MJ/kg brick

3. การจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2200 ก้อน อุณหภูมิอากาศเท่ากับ 1000 °C

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 1000 (C) mai= 800 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 2200 bricks
<[air temp outlet, brick temp, air flowrate and wood consump.]>

Table with 11 columns: Time (min), Taco (C), Tpcr (C), mf (kg/hr), Tcmfo (C), Tprf (C), Tcmfo (C), maix (C), Tpcr (C), Tcmfo (C), Tprf (%). Rows 7-192.

-> average wood consumption = 62.4 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 3377.4 kg/hr
-> average drying air flowrate = 4239.9 kg/hr
[=> Total wood consumption = 199.8 kg.]
[=> Specific energy = 1206.7 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 11 columns: Temperature (C), average <after> moisture firing>. Sub-headers: bed cooling, firing, preheating, drying, content, cooling. Rows 0-22.

-> Total losses from cooling = 1384.684 MJ/2200 bricks
loss per kg. brick = 0.523 MJ/kg brick

***** STOP FIRING *****
-- CONTINUE COOLING --

Table with 11 columns: Time (min), Taco (C), Tpcr (C), mf (kg/hr), Tcmfo (C), Tprf (C), Tcmfo (C), maix (C), Tpcr (C), Tcmfo (C), Tprf (%). Rows 8-600.

4. การจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2600 ก้อน อุณหภูมิอากาศเท่ากับ 800 °C

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 800 (C) mai= 800 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 2600 bricks
<[air temp outlet, brick temp, air flowrate and wood consump.]>

Table with 11 columns: Time (min), Taco (C), Tpcr (C), mf (kg/hr), Tcmfo (C), Tprf (C), Tcmfo (C), maix (C), Tpcr (C), Tcmfo (C), Tprf (%). Rows 12-430.

-> average wood consumption = 44.1 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 2848.1 kg/hr
-> average drying air flowrate = 3692.2 kg/hr
[=> Total wood consumption = 310.2 kg.]
[=> Specific energy = 1621.7 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 11 columns: Temperature (C), average <after> moisture firing>. Sub-headers: bed cooling, firing, preheating, drying, content, cooling. Rows 0-24.

-> Total losses from cooling = 1256.176 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.403 MJ/kg brick

Table with 11 columns: Time (min), Taco (C), Tpcr (C), mf (kg/hr), Tcmfo (C), Tprf (C), Tcmfo (C), maix (C), Tpcr (C), Tcmfo (C), Tprf (%). Rows 13-1316.

8	620	71.1	273.9	0.0	119.3	391.0	0.0	0.0	378.7	137.1	78.3	230	800
8	640	89.6	265.9	0.0	116.5	381.5	0.0	0.0	377.3	137.3	79.1	230	800
8	660	65.1	258.1	0.0	113.8	372.2	0.0	0.0	375.8	137.4	78.9	230	800
8	680	68.6	250.6	0.0	111.2	363.1	0.0	0.0	374.4	137.5	80.6	230	800
8	700	85.3	243.2	0.0	108.6	354.2	0.0	0.0	372.9	137.7	81.3	230	800
8	720	63.9	238.1	0.0	106.2	345.5	0.0	0.0	371.5	137.8	82.0	230	800
8	740	62.7	229.2	0.0	103.8	337.0	0.0	0.0	370.1	137.9	82.7	230	800
8	760	61.4	222.5	0.0	101.4	328.7	0.0	0.0	368.6	138.0	83.4	230	800
8	780	60.2	215.9	0.0	99.0	320.6	0.0	0.0	367.2	138.1	84.0	230	800
8	800	59.1	209.6	0.0	97.0	312.7	0.0	0.0	365.8	138.3	84.7	230	800
8	820	58.0	203.5	0.0	94.9	304.9	0.0	0.0	364.4	138.4	85.3	230	800
8	840	56.9	197.5	0.0	92.8	297.3	0.0	0.0	363.0	138.5	85.9	230	800
8	860	55.9	191.8	0.0	90.8	289.9	0.0	0.0	361.6	138.6	86.4	230	800
8	880	54.9	186.2	0.0	88.9	282.6	0.0	0.0	360.2	138.7	87.0	230	800
8	900	53.9	180.7	0.0	87.0	275.5	0.0	0.0	358.9	138.8	87.5	230	800
8	920	53.0	175.5	0.0	85.2	268.6	0.0	0.0	357.5	138.9	88.1	230	800
8	940	52.1	170.4	0.0	83.4	261.9	0.0	0.0	356.1	139.0	88.6	230	800
8	960	51.3	165.5	0.0	81.7	255.3	0.0	0.0	354.8	139.0	89.1	230	800
8	980	50.5	160.7	0.0	80.0	248.8	0.0	0.0	353.4	139.1	89.5	230	800
8	1000	49.7	156.1	0.0	78.4	242.5	0.0	0.0	352.1	139.2	90.0	230	800
8	1020	48.9	151.7	0.0	78.8	236.4	0.0	0.0	350.7	139.3	90.4	230	800
8	1040	48.2	147.4	0.0	75.3	230.4	0.0	0.0	349.4	139.4	90.9	230	800
8	1060	47.5	143.2	0.0	73.8	224.5	0.0	0.0	348.1	139.4	91.3	230	800
8	1080	46.8	139.1	0.0	72.4	218.8	0.0	0.0	346.7	139.5	91.7	230	800
8	1100	46.1	135.2	0.0	71.0	213.2	0.0	0.0	345.4	139.6	92.1	230	800
8	1120	45.5	131.6	0.0	69.6	207.8	0.0	0.0	344.1	139.7	92.5	230	800
8	1140	44.9	127.8	0.0	68.3	202.5	0.0	0.0	342.8	139.7	92.8	230	800
8	1160	44.3	124.3	0.0	67.1	197.4	0.0	0.0	341.5	139.8	93.2	230	800
8	1180	43.7	120.9	0.0	65.8	192.3	0.0	0.0	340.2	139.8	93.6	230	800
8	1200	43.2	117.6	0.0	64.6	187.4	0.0	0.0	338.9	139.9	93.9	230	800
8	1220	42.7	114.4	0.0	63.5	182.6	0.0	0.0	337.6	140.0	94.2	230	800
8	1240	42.2	111.4	0.0	62.4	178.0	0.0	0.0	336.3	140.0	94.5	230	800
8	1260	41.7	108.4	0.0	61.3	173.4	0.0	0.0	335.0	140.1	94.8	230	800
8	1280	41.3	105.5	0.0	60.2	169.0	0.0	0.0	333.8	140.1	95.1	230	800
8	1300	40.8	102.8	0.0	59.2	164.7	0.0	0.0	332.5	140.2	95.4	230	800
8	1320	40.4	100.1	0.0	58.2	160.5	0.0	0.0	331.2	140.2	95.7	230	800
8	1340	40.0	97.5	0.0	57.3	156.5	0.0	0.0	330.0	140.3	96.0	230	800
8	1360	39.6	95.0	0.0	56.3	152.5	0.0	0.0	328.7	140.3	96.2	230	800
8	1380	39.2	92.6	0.0	55.4	148.6	0.0	0.0	327.5	140.4	96.5	230	800
8	1400	38.8	90.3	0.0	54.6	144.9	0.0	0.0	326.3	140.4	96.7	230	800
8	1420	38.5	88.1	0.0	53.7	141.2	0.0	0.0	325.0	140.5	97.0	230	800

END OF COOLING -> TO BE START FRING

g Time Taco Tpcx mfi Tcmbo Tpkx Tempo maidx Tppx Tcmbo Tpdz (%) md (min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

9	20	48.0	135.6	68.0	863.2	362.6	700.8	3207.7	140.9	143.5	31.9	215	4076
9	40	47.3	131.9	68.1	872.0	398.3	718.6	3272.0	182.2	143.6	33.7	215	4140
9	60	46.6	128.4	68.1	880.1	431.6	735.1	3330.2	221.2	143.7	35.5	214	4198
9	80	45.9	124.9	68.1	887.6	462.9	750.4	3383.4	258.2	143.8	37.2	214	4252
9	100	45.3	121.5	68.2	894.5	492.2	764.6	3432.2	293.2	143.9	38.9	214	4300
9	120	44.7	118.3	68.2	901.0	519.8	777.8	3477.2	326.4	144.0	40.5	214	4345
9	140	44.2	115.2	68.3	908.9	545.8	790.1	3519.0	357.9	144.1	42.0	214	4387
9	160	43.6	112.1	68.3	912.5	570.0	801.7	3557.5	387.8	144.2	43.5	214	4428
9	180	43.1	109.2	68.3	917.7	592.9	812.5	3593.3	416.2	144.3	44.9	214	4462
9	200	42.6	106.4	68.4	922.6	614.5	822.7	3626.6	443.2	144.4	46.3	214	4495
9	220	42.1	103.6	68.4	927.1	634.8	832.2	3657.8	468.9	144.5	47.6	214	4526
9	228	41.7	101.5	68.4	930.5	650.3	839.4	3681.0	483.5	144.5	48.6	214	4549

-> average wood consumption = 68.2 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 3454.4 kg/hr
-> average drying air flowrate = 4322.6 kg/hr
[=> Total wood consumption = 268.3 kg]
[=> Specific energy = 1619.9 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after
moisture fring>

bed cooling Fring preheating drying content cooling
i Tpc[] Tpf[] Tpp[] Tpd[] M[] losses (M)

0	82.22	722.85	548.32	48.04	0.0911	6.336
1	82.15	718.16	541.49	46.25	0.0913	6.327
2	83.01	712.94	538.82	46.37	0.0915	6.432
3	83.92	709.82	536.12	46.50	0.0917	6.543
4	84.83	708.32	533.44	46.63	0.0919	6.654
5	85.74	703.05	530.78	46.75	0.0921	6.768
6	86.66	699.79	528.14	46.87	0.0923	6.878
7	87.57	696.56	525.52	46.99	0.0925	6.990
8	88.49	693.34	522.92	47.11	0.0927	7.102
9	89.41	690.14	520.34	47.22	0.0929	7.215
10	90.34	686.96	517.78	47.34	0.0931	7.328
11	91.26	683.81	515.24	47.45	0.0933	7.441
12	92.19	680.67	512.72	47.56	0.0935	7.554
13	93.12	677.54	510.22	47.67	0.0937	7.668

13	560	95.4	362.6	0.0	168.6	583.4	0.0	496.5	450.8	140.2	99.2	0	1296
13	600	93.6	354.9	0.0	185.3	575.0	0.0	477.3	448.4	140.2	98.4	0	1277
13	620	91.9	347.3	0.0	182.1	566.7	0.0	458.5	446.2	140.2	96.6	0	1258
13	640	90.1	339.8	0.0	178.9	558.5	0.0	440.0	444.1	140.2	96.8	0	1240
13	660	88.5	332.5	0.0	175.8	550.4	0.0	421.8	441.9	140.2	97.0	0	1222
13	680	86.8	325.3	0.0	172.7	542.4	0.0	404.1	439.8	140.2	97.2	0	1204
13	700	85.3	318.3	0.0	169.8	534.5	0.0	386.6	437.8	140.1	97.3	0	1187
13	720	83.7	311.4	0.0	166.8	526.7	0.0	369.5	435.7	140.1	97.5	0	1169
13	740	82.2	304.6	0.0	184.0	519.0	0.0	352.6	433.7	140.1	97.6	0	1153
13	760	80.7	298.0	0.0	161.2	511.3	0.0	336.2	431.7	140.1	97.8	0	1136
13	780	79.3	291.5	0.0	158.5	503.8	0.0	320.0	429.7	140.1	97.9	0	1120
13	800	77.9	285.1	0.0	155.8	496.4	0.0	304.1	427.8	140.1	98.1	0	1104
13	820	76.5	278.9	0.0	153.2	489.0	0.0	288.5	425.9	140.0	98.2	0	1089
13	840	75.2	272.7	0.0	150.6	481.6	0.0	273.3	424.0	140.0	98.3	0	1073
13	860	73.9	266.7	0.0	148.1	474.8	0.0	0.422.1	422.1	139.4	98.4	0	800
13	880	72.7	260.9	0.0	145.6	467.5	0.0	0.0	420.3	139.4	98.5	0	800
13	900	71.5	255.1	0.0	143.2	460.6	0.0	0.0	418.5	139.4	98.6	0	800
13	920	70.3	249.5	0.0	140.9	453.7	0.0	0.0	416.7	139.4	98.7	0	800
13	940	69.1	244.0	0.0	138.6	446.9	0.0	0.0	414.9	139.4	98.8	0	800
13	960	68.0	238.6	0.0	136.3	440.1	0.0	0.0	413.1	139.4	98.9	0	800
13	980	66.9	233.3	0.0	134.1	433.5	0.0	0.0	411.4	139.5	99.0	0	800
13	1000	65.8	228.2	0.0	131.9	427.0	0.0	0.0	409.7	139.5	99.0	0	800
13	1020	64.8	223.1	0.0	129.8	420.5	0.0	0.0	408.0	139.5	99.1	0	800
13	1040	63.8	218.2	0.0	127.7	414.1	0.0	0.0	406.3	139.5	99.2	0	800
13	1060	62.8	213.3	0.0	125.7	407.8	0.0	0.0	404.7	139.5	99.2	0	800
13	1080	61.9	208.6	0.0	123.7	401.8	0.0	0.0	403.0	139.5	99.3	0	800
13	1100	60.9	204.0	0.0	121.8	395.4	0.0	0.0	401.4	139.5	99.4	0	800
13	1120	60.0	199.5	0.0	119.9	389.4	0.0	0.0	399.8	139.5	99.5	0	800
13	1140	59.2	195.1	0.0	118.0	383.4	0.0	0.0	398.2	139.6	99.5	0	800
13	1160	58.3	190.8	0.0	116.2	377.5	0.0	0.0	396.7	139.6	99.6	0	800
13	1180	57.5	186.6	0.0	114.4	371.7	0.0	0.0	395.1</				

14	94.04	874.44	507.73	47.78	0.0939	7.782
15	94.98	871.38	505.27	47.85	0.0941	7.898
16	95.91	868.29	502.82	47.99	0.0942	8.010
17	96.84	865.25	500.39	48.09	0.0944	8.124
18	97.78	862.22	497.99	48.19	0.0948	8.239
19	98.71	859.21	495.59	48.29	0.0948	8.354
20	99.65	856.21	493.22	48.39	0.0950	8.469
21	100.59	853.23	490.88	48.49	0.0951	8.594
22	101.53	850.28	488.53	48.59	0.0953	8.699

-> Total losses from cooling = 171.390 MJ/2208 bricks
 loss per kg. brick = 0.065 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 1000 (C) maif = 900 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 2208 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpxz mlf Tcmfo Tplx Tempo maixz Tppx Tcmfo Tpdz (%) md
 (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

6	20	147.5	633.6	69.5	888.9	451.2	712.6	3611.4	99.0	143.7	32.0	238	4581
8	40	143.2	618.0	66.8	894.5	483.7	731.8	3699.2	149.0	143.9	33.9	235	4659
6	80	139.0	598.7	70.1	901.5	514.1	749.4	3759.2	195.6	144.0	35.7	234	4729
6	80	135.0	581.8	70.4	908.0	542.5	765.4	3822.6	239.3	144.1	37.5	233	4793
6	100	131.1	565.2	70.7	914.0	569.1	780.3	3880.3	280.2	144.2	39.2	232	4851
6	120	127.3	548.9	71.0	919.5	594.0	793.9	3933.1	318.5	144.3	40.9	232	4904
6	140	123.8	533.0	71.2	924.7	617.3	808.8	3981.5	354.8	144.4	42.5	231	4953
6	160	120.1	517.5	71.5	929.5	639.2	818.3	4028.4	388.6	144.5	44.0	230	4998
6	172	118.0	508.4	71.6	932.2	651.7	825.0	4051.4	408.0	144.5	44.9	229	5023

-> average wood consumption = 70.5 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 3826.3 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 4798.8 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 202.0 kg]
 [=> Specific energy = 1220.0 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after
 moisture firing>
 bed cooling firing preheating drying content cooling
 i Tpc[i] Tpf[i] Tpp[i] Tpd[i] M[i] losses (MJ)

0	494.78	717.94	483.26	42.73	0.0971	59.369
1	494.87	712.03	458.55	42.90	0.0972	59.381
2	496.78	709.08	455.97	43.00	0.0974	59.638
3	498.39	708.02	453.38	43.11	0.0978	59.857
4	499.88	703.00	450.78	43.21	0.0977	60.055
5	501.17	700.00	448.22	43.32	0.0979	60.232
6	502.33	697.02	445.68	43.42	0.0980	60.390
7	503.38	694.05	443.17	43.52	0.0982	60.529
8	504.28	691.11	440.68	43.62	0.0984	60.653
9	505.03	688.18	438.21	43.72	0.0985	60.762
10	505.78	685.27	435.76	43.81	0.0987	60.856
11	506.39	682.38	433.34	43.91	0.0988	60.938
12	506.90	679.51	430.94	44.00	0.0990	61.008
13	507.34	678.65	428.56	44.09	0.0991	61.067
14	507.70	673.81	426.19	44.18	0.0993	61.116
15	507.98	670.99	423.85	44.27	0.0994	61.155
16	508.21	668.19	421.53	44.36	0.0995	61.185
17	508.36	665.40	419.24	44.45	0.0997	61.208
18	508.47	662.63	416.98	44.54	0.0998	61.220
19	508.51	659.88	414.70	44.62	0.1000	61.226
20	508.51	657.14	412.45	44.70	0.1001	61.228
21	508.48	654.42	410.23	44.79	0.1002	61.219
22	508.39	651.72	408.03	44.87	0.1004	61.208

-> Total losses from cooling = 1395.492 MJ/2208 bricks
 loss per kg. brick = 0.527 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING +++++>
 --- CONTINUE COOLING ---

7	180	116.7	502.3	0.0	203.8	648.0	0.0	658.7	407.4	134.0	48.2	0	1557
7	200	113.4	487.5	0.0	198.5	632.7	0.0	622.6	405.8	134.4	49.4	0	1523
7	220	110.2	473.0	0.0	193.4	619.6	0.0	589.3	404.2	134.8	52.5	0	1489
7	240	107.1	458.9	0.0	188.4	608.7	0.0	557.0	402.7	135.2	55.3	0	1457
7	260	104.1	445.0	0.0	183.5	594.1	0.0	526.5	401.1	135.5	58.0	0	1425
7	280	101.3	431.6	0.0	178.9	581.7	0.0	494.8	399.5	135.9	60.5	0	1395
7	300	98.5	418.5	0.0	174.3	569.5	0.0	465.0	398.0	136.2	62.9	0	1365
7	320	95.8	405.7	0.0	169.9	557.5	0.0	436.0	396.5	136.5	65.2	0	1338
7	340	93.3	393.2	0.0	165.7	545.8	0.0	407.8	394.9	136.8	67.3	0	1308
7	360	90.8	381.0	0.0	161.5	534.2	0.0	380.3	393.4	137.0	69.4	0	1280
7	380	88.4	369.2	0.0	157.5	522.9	0.0	353.6	391.9	137.2	70.8	0	1254

14	300	52.0	149.3	49.4	751.8	575.7	678.0	3000.9	419.4	141.8	88.5	298	3650
14	380	51.3	148.1	49.4	753.8	584.0	680.7	3017.9	431.8	142.0	90.3	298	3687
14	400	50.7	143.0	49.4	755.7	591.9	685.2	3034.1	443.8	142.3	92.0	298	3884
14	420	50.1	140.0	49.5	757.5	599.5	689.5	3049.8	455.4	142.5	93.5	296	3899
14	440	49.5	137.1	49.5	759.2	607.9	693.8	3064.8	466.8	142.7	95.0	295	3914
14	460	48.9	134.2	49.5	760.8	614.0	697.5	3078.8	477.4	142.9	96.3	295	3928
14	480	48.3	131.5	49.6	762.4	620.8	701.3	3092.4	487.9	143.0	97.6	295	3942
14	500	47.8	128.7	49.6	763.9	627.3	705.0	3105.4	498.0	143.2	98.8	295	3955
14	520	47.3	126.1	49.6	765.4	633.6	708.5	3117.9	507.8	143.4	99.9	294	3967
14	540	46.8	123.5	49.7	766.8	639.7	711.9	3129.9	517.2	143.5	100.9	294	3980
14	560	46.3	121.0	49.7	768.1	645.5	715.1	3141.3	526.4	143.6	101.9	294	3991
14	576	45.9	119.0	49.7	769.1	650.0	717.6	3150.1	533.5	143.7	102.6	294	4000

-> average wood consumption = 49.3 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 2397.4 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 3748.7 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 473.3 kg]
 [=> Specific energy = 2427.0 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after
 moisture firing>
 bed cooling firing preheating drying content cooling
 i Tpc[i] Tpf[i] Tpp[i] Tpd[i] M[i] losses (MJ)

0	87.49	669.84	687.30	103.81	0.0718	7.582
1	87.75	665.93	583.07	104.01	0.0722	7.596
2	89.02	663.95	580.84	103.97	0.0727	7.784
3	90.34	661.91	578.57	103.92	0.0732	7.939
4	91.67	660.88	576.31	103.87	0.0738	8.118
5	93.01	658.85	574.08	103.82	0.0743	8.293
6	94.35	656.82	571.82	103.77	0.0748	8.471
7	95.69	654.80	569.60	103.72	0.0753	8.649
8	97.04	651.78	567.38	103.67	0.0758	8.828
9	98.39	648.77	565.18	103.61	0.0763	9.007
10	99.75	645.75	562.99	103.56	0.0767	9.187
11	101.10	642.75	560.81	103.50	0.0772	9.368
12	102.47	639.74	558.64	103.44	0.0777	9.549
13	103.83	636.74	556.49	103.38	0.0781	9.730
14	105.20	633.75	554.34	103.32	0.0788	9.912
15	106.57	630.78	552.21	103.25	0.0790	10.094
16	107.94	627.77	550.09	103.19	0.0795	10.277
17	109.31	624.78	547.98	103.12	0.0799	10.460
18	110.69	621.80	545.88	103.06	0.0803	10.643
19	112.07	618.83	543.80	102.99	0.0808	10.827
20	113.46	615.86	541.72	102.92	0.0812	11.012
21	114.84	612.89	539.65	102.85	0.0816	11.199
22	116.23	609.93	537.60	102.78	0.0820	11.381
23	117.62	606.97	535.56	102.71	0.0824	11.567
24	119.01	604.01	533.53	102.64	0.0828	11.752

-> Total losses from cooling = 239.178 MJ/2600 bricks
 loss per kg. brick = 0.077 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 800 (C) maif = 900 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 2600 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpxz mlf Tcmfo Tplx Tempo maixz Tppx Tcmfo Tpdz (%) md
 (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

12	20	184.2	637.2	47.9	729.2	479.4	579.8	2919.0	121.6	134.5	35.4	343	3887
12	40	180.4	624.2	48.2	732.5	492.4	589.9	2968.9	148.3	135.2	40.5	341	3915
12	60	158.8	611.3	48.4	735.5	504.9	599.7	3011.2	173.7	135.9	45.4	339	3960
12	80	153.2	593.7	48.7	738.5	516.8	608.9	3052.8	198.0	136.6	50.0	338	4001
12	100	149.8	586.2	48.9	741.2	528.2	617.5	3091.5	221.2	137.2	54.3	338	4040
12	120	148.4	573.9	49.1	743.9	539.1	625.7	3127.9	243.4	137.8	58.3	334	4077
12	140	143.1	561.8	49.4	746.4	549.6	633.5	3162.1	264.6	138.4	62.2	333	4111
12	160	138.8	549.8	49.6	748.8	559.6	640.8	3194.3	285.0	138.9	65.8	331	4144
12	180	136.7	538.1	49.8	751.1	569.2	647.8	3224.8	304.4	139.3	69.1	330	4175
12	200	133.7	528.5	50.0	753.2	578.4	654.4	3253.3	323.1	139.8	72.3	329	4203
12	220	130.7	515.1	50.2	755.3	587.3	660.7	3280.5	341.0	140.2	75.3	327	4231
12	240	127.8	503.9	50.4	757.3	596.7	666.6	3306.1	358.2	140.6	78.0	326	4256
12	260	124.9	492.9	50.6	759.2	603.9	672.3	3330.4	374.7	141.0	80.6	325	4281
12	280	122.2	482.0	50.8	761.0	611.6	677.8	3353.5	390.5	141.3	83.1	324	4304
12	300	119.5	471.3	51.0	762.7	619.1	682.9	3375.3	405.7	141.6	85.3	322	4326
12	320	116.9	460.9	51.1	764.3	626.3	687.8	3396.2	420.3	141.9	87.4	321	

7	400	88.13577	0.015365118	0.032773904	137.4	72.2	0	1228											
7	420	83.93488	0.014995009	0.0038881398	73.5	0	900												
7	440	81.73357	0.014824901	0.0038731399	74.5	0	900												
7	460	79.73251	0.014274798	0.0038591371	75.4	0	900												
7	480	77.73148	0.013924993	0.0038441373	76.4	0	900												
7	500	75.83049	0.013594592	0.0038291374	77.3	0	900												
7	520	73.92952	0.013274492	0.0038141376	78.2	0	900												
7	540	72.22858	0.012964395	0.0037991377	79.1	0	900												
7	560	70.42787	0.012654299	0.0037851379	79.9	0	900												
7	580	68.82879	0.012384205	0.0037701380	80.7	0	900												
7	600	67.22693	0.012084112	0.0037581381	81.5	0	900												
7	620	65.72510	0.011804022	0.0037411383	82.2	0	900												
7	640	64.22430	0.011533933	0.0037271384	83.0	0	900												
7	660	62.82352	0.011273846	0.0037131385	83.7	0	900												
7	680	61.52277	0.011023761	0.0036991386	84.4	0	900												
7	700	60.22204	0.010783677	0.0036841387	85.0	0	900												
7	720	58.92133	0.010543595	0.0036701389	85.7	0	900												
7	740	57.72065	0.010313514	0.0036561390	86.3	0	900												
7	760	56.61999	0.010093435	0.0036421391	86.9	0	900												
7	780	55.51935	0.009873358	0.0036281392	87.5	0	900												
7	800	54.41874	0.009663282	0.0036151393	88.1	0	900												
7	820	53.41814	0.009463208	0.0036011393	88.6	0	900												
7	840	52.41757	0.009283135	0.0035871394	89.1	0	900												
7	860	51.51701	0.009103063	0.0035731395	89.6	0	900												
7	880	50.61648	0.008922993	0.0035601396	90.1	0	900												
7	900	49.71596	0.008742925	0.0035481397	90.6	0	900												
7	920	48.91546	0.008562858	0.0035331398	91.1	0	900												
7	940	48.11498	0.008382792	0.0035191398	91.5	0	900												
7	960	47.31452	0.008202728	0.0035061399	92.0	0	900												
7	980	46.61407	0.008022665	0.0034931400	92.4	0	900												
7	1000	45.91364	0.007842603	0.0034791401	92.8	0	900												
7	1020	45.21322	0.007662543	0.0034681401	93.2	0	900												
7	1040	44.61282	0.007482483	0.0034531402	93.5	0	900												
7	1060	44.01244	0.007302426	0.0034401402	93.9	0	900												
7	1080	43.41208	0.007122369	0.0034271403	94.3	0	900												
7	1100	42.81171	0.006942314	0.0034141404	94.6	0	900												
7	1120	42.21138	0.006762259	0.0034011404	94.9	0	900												
7	1140	41.71103	0.006582207	0.0033881405	95.2	0	900												
7	1160	41.21071	0.006402155	0.0033751405	95.6	0	900												
7	1180	40.71040	0.006222104	0.0033621406	95.8	0	900												
7	1200	40.31011	0.006042055	0.0033501406	96.1	0	900												
7	1220	39.89833	0.005862008	0.0033371407	96.4	0	900												
7	1240	39.49555	0.005681959	0.0033241407	96.7	0	900												
7	1260	39.09299	0.005501913	0.0033121408	96.9	0	900												
7	1280	38.69044	0.005321868	0.0032991408	97.2	0	900												
7	1300	38.28799	0.005141824	0.0032871408	97.4	0	900												
END OF COOLING ----- TO BE START FIRING																			

g	Time	Taco	Tpxc	mf	Temfo	Temfo	maidx	Tppc	Temdo	Tpdc	(%)	md
	(min)	(C)	(C)	(kg/h)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)		(kg/h)
8	20	54.0	173.4	78.1	868.5	369.2	710.8	3646.7	145.9	143.7	82.0	218 4623
8	40	53.0	168.0	78.2	877.7	407.0	729.0	3722.0	193.0	143.9	33.9	218 4698
8	60	52.0	162.8	78.2	888.1	443.4	748.9	3790.0	231.4	144.0	35.8	218 4766
8	80	51.1	157.8	78.3	893.8	476.6	762.8	3851.7	273.2	144.1	37.8	218 4828
8	100	50.2	153.0	78.4	900.9	507.7	777.4	3908.1	310.8	144.2	39.3	218 4884
8	120	49.4	148.3	78.5	907.4	536.8	791.0	3960.0	348.2	144.3	40.9	218 4938
8	140	48.6	143.6	78.5	913.5	563.7	803.6	4008.9	379.6	144.4	42.5	218 4983
8	160	47.8	139.5	78.5	919.1	589.1	815.4	4050.7	411.2	144.5	44.0	218 5027
8	180	47.0	135.3	78.6	924.3	612.9	826.3	4091.0	441.1	144.6	45.5	218 5068
8	200	46.3	131.3	78.6	929.1	635.1	836.5	4128.3	469.4	144.7	46.9	214 5105
8	216	45.8	128.1	78.7	932.7	652.0	844.2	4158.3	490.9	144.7	47.9	214 5133

---> average wood consumption = 77.0 kg/hr
---> average mixing air flowrate = 3913.4 kg/hr
---> average drying air flowrate = 4890.4 kg/hr
[=> Total wood consumption = 277.1 kg.]
[=> Specific energy = 1873.3 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

		Temperature (C)		average <after		moisture <after>	
						firing>	
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	
i	Tpc[]	Tpf[]	Tpp[]	Tpd[]	M[]	losses (MJ)	
0	103.84	722.01	547.02	45.41	0.0908	8.983	
1	103.84	715.58	542.32	45.61	0.0910	8.995	
2	105.04	712.45	539.73	45.73	0.0912	9.130	
3	103.19	709.26	537.11	45.66	0.0914	9.272	
4	107.34	706.07	534.51	45.98	0.0918	9.413	
5	108.50	702.91	531.93	46.10	0.0918	9.555	
6	109.65	699.77	529.37	46.23	0.0920	9.697	
7	110.80	696.65	526.83	46.34	0.0922	9.838	
8	111.96	693.55	524.30	46.46	0.0924	9.980	
9	113.11	690.47	521.80	46.58	0.0925	10.123	

---> average mixing air flowrate = 3223.3 kg/hr
---> average drying air flowrate = 4173.2 kg/hr
[=> Total wood consumption = 327.1 kg.]
[=> Specific energy = 1877.2 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

		Temperature (C)		average <after		moisture <after>	
						firing>	
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	
i	Tpc[]	Tpf[]	Tpp[]	Tpd[]	M[]	losses (MJ)	
0	381.08	698.59	524.40	95.13	0.0841	45.058	
1	384.45	693.07	520.09	95.41	0.0845	45.538	
2	368.48	691.20	517.75	95.37	0.0849	46.107	
3	372.26	689.28	515.38	95.33	0.0854	46.647	
4	375.88	687.37	513.02	95.28	0.0858	47.182	
5	379.34	685.47	510.69	95.24	0.0862	47.654	
6	382.64	683.57	508.37	95.19	0.0866	48.124	
7	385.80	681.67	506.06	95.14	0.0870	48.575	
8	388.83	679.78	503.77	95.09	0.0874	49.007	
9	391.73	677.89	501.50	95.03	0.0878	49.421	
10	394.51	676.01	499.24	94.98	0.0882	49.818	
11	397.18	674.13	496.99	94.92	0.0885	50.200	
12	399.74	672.26	494.77	94.86	0.0889	50.568	
13	402.21	670.39	492.55	94.80	0.0893	50.919	
14	404.58	668.53	490.35	94.74	0.0896	51.258	
15	406.86	666.67	488.17	94.68	0.0900	51.585	
16	409.05	664.82	486.00	94.62	0.0903	51.900	
17	411.18	662.97	483.85	94.55	0.0907	52.203	
18	413.20	661.13	481.71	94.48	0.0910	52.495	
19	415.18	659.29	479.58	94.42	0.0914	52.777	
20	417.05	657.45	477.47	94.35	0.0917	53.048	
21	418.88	655.62	475.37	94.28	0.0920	53.311	
22	420.64	653.80	473.29	94.20	0.0923	53.584	
23	422.34	651.98	471.21	94.13	0.0927	53.868	
24	423.98	650.18	469.16	94.06	0.0930	54.044	

---> Total losses from cooling = 1254.788 MJ/2600 bricks
loss per kg brick = 0.402 MJ/kg brick
***** STOP FIRING *****
--- CONTINUE COOLING ---

13	400	107.1	420.7	0.02083	648.8	0.06856	468.3	140.4	94.2	0	1588
13	420	104.8	411.2	0.02043	638.6	0.06595	465.9	140.4	94.5	0	1560
13	440	102.6	401.8	0.02003	628.6	0.06340	463.5	140.4	94.8	0	1534
13	460	100.5	392.5	0.01964	618.8	0.06089	461.1	140.4	95.0	0	1509
13	480	98.4	383.5	0.01926	609.2	0.05844	458.8	140.4	95.3	0	148

10	114.27	687.40	519.32	46.89	0.0027	10.265
11	115.43	684.35	518.65	46.81	0.0029	10.407
12	116.58	681.32	514.40	46.92	0.0031	10.549
13	117.74	678.31	511.97	47.03	0.0033	10.692
14	118.89	675.32	509.58	47.13	0.0035	10.834
15	120.05	672.34	507.16	47.24	0.0037	10.977
16	121.21	669.38	504.78	47.35	0.0038	11.119
17	122.36	666.44	502.42	47.45	0.0040	11.262
18	123.52	663.51	500.08	47.55	0.0042	11.404
19	124.67	660.60	497.75	47.65	0.0044	11.547
20	125.83	657.71	495.44	47.75	0.0045	11.689
21	126.98	654.83	493.15	47.85	0.0047	11.832
22	128.14	651.97	490.87	47.95	0.0049	11.974

→ Total losses from cooling = 239.535 MJ/2208 bricks
loss per kg brick = 0.090 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 1000 (C) maif = 1000 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the baln = 2208 bricks
{ air temp, outlet, brick temp., air flowrate and wood consump. }

g Time Taco Tpcx ml Tcmlo Tplx Tempo maidx Tppx Tcmdo Tpdz (%) md (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

6	20	143.5	631.3	77.5	890.4	454.2	720.9	4051.4	103.1	143.9	32.1	235	5129
8	40	139.0	612.1	77.9	898.4	489.2	741.1	4141.4	157.0	144.1	34.1	234	5219
6	60	134.6	593.4	78.2	905.7	521.8	759.3	4221.6	207.1	144.2	36.0	233	5300
6	80	130.4	575.1	78.6	912.3	551.6	778.0	4293.6	253.6	144.3	37.8	232	5372
6	100	126.4	557.2	78.9	918.5	579.8	791.2	4359.3	297.0	144.4	39.6	231	5438
6	120	122.5	539.8	79.2	924.1	603.0	805.2	4418.8	337.6	144.5	41.3	230	5498
6	140	118.7	522.7	79.5	929.3	630.4	818.0	4473.0	375.5	144.6	42.9	230	5553
6	158	115.4	507.7	79.8	933.7	651.0	828.8	4518.2	407.8	144.7	44.3	229	5593

→ average wood consumption = 78.6 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 4275.6 kg/hr
→ average drying air flowrate = 2 kg/hr
[=> Total wood consumption = 206.9 kg]
[=> Specific energy = 1249.2 kJ/kg brick]
{ Final temperature and moisture content of brick in drying chamber }

		Temperature (C)		average <after moisture firing>			
				moisture firing			
bed cooling		firing		preheating		drying content cooling	
i	Tpc(i)	Trp(i)	Tpp(i)	Tpd(i)	M(i)	losses (MJ)	
0	495.02	715.40	461.18	42.19	0.0970	59.401	
1	495.02	709.63	459.59	42.35	0.0971	59.401	
2	496.80	700.75	454.09	42.45	0.0973	59.842	
3	498.34	703.90	451.56	42.56	0.0975	59.851	
4	499.73	700.86	449.06	42.66	0.0978	60.038	
5	500.97	697.94	446.58	42.78	0.0978	60.205	
6	502.07	695.05	444.12	42.86	0.0979	60.354	
7	503.05	692.16	441.69	42.96	0.0981	60.486	
8	503.91	689.30	439.27	43.06	0.0982	60.603	
9	504.07	686.46	436.88	43.18	0.0984	60.706	
10	505.33	683.63	434.50	43.25	0.0985	60.796	
11	505.91	680.82	432.15	43.35	0.0987	60.874	
12	506.40	678.02	429.82	43.44	0.0988	60.940	
13	508.81	675.24	427.51	43.53	0.0990	60.998	
14	507.15	672.48	425.21	43.62	0.0991	61.041	
15	507.42	669.74	422.94	43.71	0.0992	61.078	
16	507.63	667.01	420.69	43.80	0.0994	61.108	
17	507.78	664.30	418.45	43.89	0.0995	61.126	
18	507.87	661.60	416.24	43.98	0.0997	61.139	
19	507.91	658.92	414.04	44.06	0.0998	61.145	
20	507.90	656.26	411.86	44.15	0.0999	61.143	
21	507.85	653.61	409.70	44.23	0.1001	61.136	
22	507.75	650.97	407.56	44.31	0.1002	61.123	

→ Total losses from cooling = 1394.333 MJ/2208 bricks
loss per kg brick = 0.526 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING +++++>
-- CONTINUE COOLING --

7	180	115.1	508.1	0.0	193.9	649.2	0.0	658.7	407.4	134.0	44.7	0	1659
7	180	111.6	489.9	0.0	194.4	634.7	0.0	662.8	405.8	134.6	48.2	0	1663
7	200	108.2	474.1	0.0	189.0	620.4	0.0	623.6	404.2	135.0	51.4	0	1624
7	220	105.0	458.7	0.0	183.8	608.5	0.0	585.7	402.7	135.4	54.5	0	1586
7	240	101.9	443.7	0.0	178.7	592.8	0.0	548.9	401.1	135.8	57.4	0	1549
7	260	98.9	429.2	0.0	173.8	579.3	0.0	513.1	399.6	136.1	60.1	0	1513
7	280	96.0	415.0	0.0	169.1	566.2	0.0	478.4	398.0	136.4	62.7	0	1478

13	1240	50.5	153.0	0.0	98.0	323.3	0.0	0.0	388.8	140.0	100.1	0	900
13	1260	49.8	149.4	0.0	96.4	317.7	0.0	0.0	387.4	140.0	100.2	0	900
13	1280	49.2	145.9	0.0	94.9	312.2	0.0	0.0	385.9	140.0	100.2	0	900
13	1300	48.6	142.5	0.0	93.4	306.8	0.0	0.0	384.5	140.0	100.3	0	900
13	1320	48.0	139.2	0.0	92.0	301.5	0.0	0.0	383.1	140.0	100.3	0	900
13	1340	47.4	135.9	0.0	90.5	296.3	0.0	0.0	381.7	140.0	100.4	0	900
13	1360	46.8	132.8	0.0	89.2	291.1	0.0	0.0	380.4	140.0	100.4	0	900
13	1380	46.3	129.7	0.0	87.8	286.0	0.0	0.0	379.0	140.0	100.5	0	900
13	1400	45.7	126.8	0.0	86.5	281.0	0.0	0.0	377.7	140.0	100.6	0	900
13	1420	45.2	123.9	0.0	85.2	276.1	0.0	0.0	376.4	140.1	100.6	0	900
13	1440	44.7	121.1	0.0	83.9	271.3	0.0	0.0	375.1	140.1	100.6	0	900
13	1460	44.3	118.3	0.0	82.7	266.5	0.0	0.0	373.8	140.1	100.7	0	900
13	1480	43.8	115.7	0.0	81.4	261.8	0.0	0.0	372.5	140.1	100.7	0	900
13	1500	43.3	113.1	0.0	80.3	257.2	0.0	0.0	371.2	140.1	100.8	0	900
13	1520	42.9	110.6	0.0	79.1	252.6	0.0	0.0	370.0	140.1	100.8	0	900
13	1540	42.5	108.1	0.0	78.0	248.2	0.0	0.0	368.7	140.1	100.9	0	900
13	1560	42.1	105.8	0.0	76.8	243.8	0.0	0.0	367.5	140.1	100.9	0	900
13	1580	41.7	103.5	0.0	75.8	239.4	0.0	0.0	366.3	140.1	100.9	0	900
13	1600	41.3	101.2	0.0	74.7	235.2	0.0	0.0	365.1	140.1	101.0	0	900
13	1620	40.9	99.1	0.0	73.6	231.0	0.0	0.0	363.9	140.1	101.0	0	900
13	1640	40.6	97.0	0.0	72.6	226.9	0.0	0.0	362.7	140.1	101.1	0	900
13	1660	40.2	94.9	0.0	71.6	222.8	0.0	0.0	361.5	140.1	101.1	0	900
13	1680	39.9	92.9	0.0	70.7	218.9	0.0	0.0	360.4	140.1	101.1	0	900

END OF COOLING → TO BE START FIRING

g Time Taco Tpcx ml Tcmlo Tplx Tempo maidx Tppx Tcmdo Tpdz (%) md (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

14	20	84.8	212.7	54.7	704.6	378.6	563.4	2883.8	127.6	134.4	35.4	301	3839
14	40	83.6	207.7	54.8	709.2	396.3	574.2	2834.2	152.7	135.2	40.5	300	3889
14	60	82.5	202.8	54.8	713.5	413.1	584.4	2800.4	178.8	135.9	45.3	300	3935
14	80	81.5	198.0	54.9	717.5	429.2	594.0	3023.7	199.9	136.8	49.9	299	3979
14	100	80.5	193.4	54.9	721.4	444.5	603.1	3064.5	222.1	137.2	54.2	299	4019
14	120	79.5	188.8	55.0	725.1	459.2	611.8	3102.6	243.3	137.8	58.3	299	4058
14	140	78.6	184.4	55.1	728.5	473.2	619.9	3138.5	263.7	138.3	62.1	298	4094
14	160	77.7	180.1	55.1	731.8	486.8	627.7	3172.2	283.2	138.8	65.7	298	4127
14	180	76.8	175.8	55.2	734.9	499.4	635.1	3204.0	302.0	139.3	69.0	298	4159
14	200	76.0	171.7	55.2	737.9	511.6	642.1	3234.0	320.1	139.8	72.2	297	4189
14	220	75.1	167.7	55.3	740.7	523.3	648.8	3262.4	337.5	140.2	75.2	297	4218
14	240	74.3	163.8	55.4	743.4	534.6	655.2	3289.2	354.2	140.6	77.9	297	4245
14	260	73.6	160.0	55.4	745.9	545.2	661.2	3314.2	370.2	140.9	80.5	297	4270
14	280	72.8	156.3	55.5	748.4	555.5	667.0	3338.8	385.7	141.3	83.0	296	4294
14	300	72.1	152.6	55.5	750.7	565.4	672.5	3361.6	400.5	141.6	85.2	296	4317
14	320	71.4	149.1	55.6	752.9	574.8	677.8	3383.4	414.9	141.9	87.4	296	4339
14	340	70.7	145.7	55.6	755.0	583.8	682.8	3404.0	428.6	142.2	89.3	296	4360
14	360	70.0	142.3	55.7	757.0	592.5	687.7	3423.7	441.9	142.4	91.2	295	4379
14	380	69.4	139.1	55.7	758.9	600.8	692.3	3442.6	454.7	142.6	92.9	295	4398
14	400	68.8	135.9	55.7	760.7	608.7	698.8	3460.1	467.0	142.9	94.5	295	4416
14	420	68.1	132.8	55.8	762.4	616.4	700.9	3477.0	478.9	143.1	96.0	295	4433
14	440	67.6	129.8	55.8	764.0	623.7	704.9	3493.2	490.3	143.2	97.4	294	4449
14	460	67.0	126.9	55.8	765.6	630.7	708.7	3508.6	501.4	143.4	98.7	294	4464
14	480	66.4	124.1	55.9	767.1	637.4	712.4	3523.3	512.0	143.6	99.9	294	4479
14	500	65.9	121.3	55.9	768.8	643.9	715.9	3537.3	522.2	143.7	101.0	294	4493
14	520	65.4	118.6	56.0	769.9	650.1	719.3						

7 300 93.2 401.2 0.0 164.5 553.3 0.0 444.7 309.5 138.7 65.1 0.0 1445
 7 320 90.5 387.8 0.0 160.1 540.6 0.0 412.1 395.0 137.0 67.3 0.0 1412
 7 340 88.0 374.8 0.0 155.8 528.2 0.0 360.4 363.4 137.3 69.5 0.0 1360
 7 360 85.5 362.2 0.0 151.7 516.1 0.0 349.8 381.9 137.5 71.5 0.0 1350
 7 380 83.1 349.9 0.0 147.7 504.1 0.0 0.390 4 137.0 72.9 0.0 1000
 7 400 80.9 338.0 0.0 143.8 492.5 0.0 0.368 9 137.2 74.0 0.0 1000
 7 420 78.7 326.5 0.0 140.1 481.0 0.0 0.387 4 137.4 75.1 0.0 1000
 7 440 76.6 315.4 0.0 136.5 469.8 0.0 0.385 9 137.6 76.1 0.0 1000
 7 460 74.6 304.6 0.0 133.0 458.8 0.0 0.384 4 137.7 77.1 0.0 1000
 7 480 72.8 294.1 0.0 129.6 448.0 0.0 0.382 9 137.9 78.1 0.0 1000
 7 500 70.8 284.0 0.0 126.3 437.5 0.0 0.381 5 138.0 79.0 0.0 1000
 7 520 69.0 274.2 0.0 123.2 427.2 0.0 0.380 0 138.2 79.9 0.0 1000
 7 540 67.3 264.7 0.0 120.1 417.0 0.0 0.378 6 138.3 80.8 0.0 1000
 7 560 65.6 255.5 0.0 117.1 407.1 0.0 0.377 1 138.5 81.6 0.0 1000
 7 580 64.1 248.7 0.0 114.3 397.4 0.0 0.375 7 138.6 82.4 0.0 1000
 7 600 62.8 238.1 0.0 111.5 387.9 0.0 0.374 2 138.7 83.2 0.0 1000
 7 620 61.1 229.9 0.0 108.8 378.0 0.0 0.372 8 138.9 84.0 0.0 1000
 7 640 59.7 221.9 0.0 106.3 369.4 0.0 0.371 4 139.0 84.7 0.0 1000
 7 660 58.4 214.2 0.0 103.8 360.5 0.0 0.369 9 139.1 85.4 0.0 1000
 7 680 57.1 208.6 0.0 101.3 351.8 0.0 0.368 5 139.2 86.1 0.0 1000
 7 700 55.9 199.7 0.0 98.0 343.2 0.0 0.367 1 139.3 86.7 0.0 1000
 7 720 54.8 192.8 0.0 95.7 334.8 0.0 0.365 7 139.4 87.4 0.0 1000
 7 740 53.7 186.2 0.0 94.5 328.6 0.0 0.364 3 139.5 88.0 0.0 1000
 7 760 52.8 179.8 0.0 92.4 318.8 0.0 0.362 9 139.6 88.8 0.0 1000
 7 780 51.8 173.6 0.0 90.3 310.8 0.0 0.361.8 139.7 89.1 0.0 1000
 7 800 50.8 167.7 0.0 88.3 303.1 0.0 0.360 2 139.8 89.7 0.0 1000
 7 820 49.7 162.0 0.0 86.4 295.8 0.0 0.358 8 139.9 90.2 0.0 1000
 7 840 48.8 156.5 0.0 84.6 288.3 0.0 0.357 4 140.0 90.7 0.0 1000
 7 860 47.9 151.3 0.0 82.8 281.1 0.0 0.356 1 140.1 91.2 0.0 1000
 7 880 47.1 146.2 0.0 81.0 274.1 0.0 0.354 7 140.1 91.7 0.0 1000
 7 900 46.3 141.3 0.0 79.3 267.2 0.0 0.353 4 140.2 92.1 0.0 1000
 7 920 45.8 136.6 0.0 77.7 260.5 0.0 0.352 0 140.3 92.6 0.0 1000
 7 940 44.9 132.1 0.0 76.1 254.0 0.0 0.350 7 140.4 93.0 0.0 1000
 7 960 44.2 127.8 0.0 74.6 247.6 0.0 0.349 4 140.4 93.4 0.0 1000
 7 980 43.5 123.7 0.0 73.1 241.4 0.0 0.348 1 140.5 93.8 0.0 1000
 7 1000 42.9 119.7 0.0 71.6 235.3 0.0 0.346 7 140.6 94.2 0.0 1000
 7 1020 42.3 115.9 0.0 70.2 229.3 0.0 0.345 4 140.6 94.6 0.0 1000
 7 1040 41.8 112.2 0.0 68.9 223.5 0.0 0.344 1 140.7 94.9 0.0 1000
 7 1060 41.2 108.7 0.0 67.6 217.8 0.0 0.342 8 140.7 95.2 0.0 1000
 7 1080 40.7 105.3 0.0 66.3 212.3 0.0 0.341 5 140.8 95.6 0.0 1000
 7 1100 40.2 102.1 0.0 65.1 206.9 0.0 0.340 2 140.8 95.9 0.0 1000
 7 1120 39.7 99.0 0.0 63.9 201.6 0.0 0.338 9 140.9 96.2 0.0 1000
 7 1140 39.3 96.0 0.0 62.7 196.5 0.0 0.337 7 140.9 96.5 0.0 1000
 7 1160 38.8 93.1 0.0 61.6 191.5 0.0 0.336 4 141.0 96.8 0.0 1000
 7 1180 38.4 90.4 0.0 60.6 186.8 0.0 0.335 1 141.0 97.0 0.0 1000
 7 1200 38.0 87.8 0.0 59.5 181.8 0.0 0.333 8 141.1 97.3 0.0 1000
 7 1220 37.7 85.2 0.0 58.5 177.2 0.0 0.332 6 141.1 97.6 0.0 1000
 END OF COOLING —> TO BE START FIRING

17 109.24 683.43 548.16 102.48 0.0600 10.450
 18 110.57 681.51 544.12 102.40 0.0604 10.627
 19 111.90 659.60 542.09 102.33 0.0606 10.805
 20 113.24 657.69 540.06 102.27 0.0612 10.982
 21 114.57 655.78 538.05 102.21 0.0618 11.161
 22 115.91 653.87 536.05 102.14 0.0620 11.339
 23 117.25 651.97 534.06 102.07 0.0624 11.518
 24 118.60 650.08 532.08 102.01 0.0628 11.697

-> Total losses from cooling = 239.879 MJ/2600 bricks
 loss per kg. brick = 0.077 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 60 (%)
 Tfire = 800 (C) mair = 1000 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 2600 bricks
 <-[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time	Taco	Tpox	mf	Tcmfo	Tpfc	Tempo	maird	Tppx	Tcmdo	Tpdx (%)	md
(min)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)
14	20	160.1	635.0	53.5	730.8	478.9	581.3	3263.9	107.4	135.0	35.8 341 4307
14	40	158.1	621.7	53.8	734.1	491.1	592.5	3311.2	137.2	135.8	41.3 339 4365
14	60	152.3	607.8	54.1	737.3	504.7	603.0	3364.1	165.8	136.5	48.5 337 4418
14	80	148.8	594.0	54.4	740.4	517.6	612.9	3413.2	192.5	137.2	51.3 335 4468
14	100	145.0	580.5	54.7	743.3	529.9	622.1	3458.7	218.1	137.8	55.9 334 4513
14	120	141.5	567.2	55.0	746.0	541.7	630.7	3501.3	242.4	138.4	60.1 332 4568
14	140	138.0	554.1	55.2	748.6	552.9	638.9	3541.0	265.8	139.0	64.1 331 4596
14	160	134.7	541.3	55.5	751.1	563.6	646.8	3578.4	287.7	139.5	67.6 329 4634
14	180	131.5	528.8	55.7	753.5	573.8	653.8	3613.3	308.8	139.9	71.3 328 4669
14	200	128.3	516.2	56.0	755.7	583.8	660.7	3648.2	329.0	140.4	74.6 326 4702
14	220	125.3	504.0	56.2	757.8	592.9	667.2	3677.2	348.2	141.3	78.4 325 4733
14	240	122.3	492.0	56.4	759.8	601.9	673.4	3708.3	366.6	143.3	78.5 324 4763
14	260	119.4	480.2	56.6	761.7	610.4	679.2	3733.9	384.2	144.9	78.4 322 4791
14	280	116.6	468.7	56.9	763.5	618.5	684.7	3759.9	401.0	145.6	78.4 321 4817
14	300	113.8	457.3	57.1	765.3	626.3	690.0	3784.7	417.1	145.8	78.3 320 4842
14	320	111.2	446.2	57.3	766.9	633.7	695.0	3807.9	432.5	145.6	78.2 319 4865
14	340	108.6	435.3	57.5	768.4	640.9	699.8	3830.0	447.3	145.6	78.1 318 4887
14	360	106.1	424.6	57.6	769.9	647.7	704.3	3850.9	461.4	145.7	78.0 317 4909
14	368	105.1	420.4	57.7	770.5	650.3	708.0	3859.0	466.9	145.7	78.0 316 4917

-> average wood consumption = 55.7 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 3591.4 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 4647.1 kg/hr
 [= Total wood consumption = 341.6 kg.]
 [= Specific energy = 1751.6 kJ/kg brick]
 <-[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average <after moisture firing>					
bed cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	losses (MJ)	
i	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]		
0	359.78	697.74	526.75	92.22	0.0834	44.878	
1	362.31	692.85	518.57	82.50	0.0838	45.235	
2	386.28	691.15	518.53	82.01	0.0841	45.797	
3	369.94	689.21	514.12	81.77	0.0845	46.317	
4	373.48	687.32	511.74	81.54	0.0849	46.817	
5	378.81	685.44	509.37	81.30	0.0852	47.295	
6	380.03	683.56	506.93	81.06	0.0856	47.752	
7	383.10	681.68	504.60	80.59	0.0860	48.190	
8	386.04	679.77	502.28	80.35	0.0863	48.603	
9	388.66	677.91	499.97	80.12	0.0866	49.012	
10	391.58	676.04	497.68	79.89	0.0870	49.399	
11	394.18	674.18	495.33	79.65	0.0873	49.772	
12	396.69	672.32	493.07	79.19	0.0876	50.130	
13	399.10	670.44	490.82	78.99	0.0879	50.474	
14	401.40	668.59	488.58	78.73	0.0883	50.804	
15	403.63	666.75	486.36	78.50	0.0886	51.123	
16	405.78	664.91	484.08	78.27	0.0889	51.431	
17	407.85	663.07	481.90	77.81	0.0892	51.728	
18	409.85	661.24	479.72	77.58	0.0895	52.014	
19	411.76	659.39	477.55	77.36	0.0897	52.288	
20	413.62	657.57	475.40	77.13	0.0900	52.555	
21	415.41	655.75	473.19	76.91	0.0903	52.812	
22	417.14	653.94	471.03	76.46	0.0906	53.060	
23	418.81	652.10	468.97	76.24	0.0909	53.300	
24	420.40	650.30	466.87	76.01	0.0911	53.530	

-> Total losses from cooling = 1244.320 MJ/2600 bricks
 loss per kg. brick = 0.399 MJ/kg brick

<++++ STOP FIRING +++++>

g Time Taco Tpac mf Tcmfo Tpc Tempo maird Tppx Tcmdo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

8 20 53.0 171.3 84.6 873.6 377.1 719.9 4092.8 150.2 144.0 32.1 216 5177
 8 40 52.0 165.5 84.7 883.1 417.9 739.6 4179.6 198.9 144.1 34.1 216 5284
 8 60 51.0 160.0 84.8 891.7 455.7 757.5 4257.4 244.5 144.2 36.0 215 5342
 8 80 50.1 154.7 84.9 899.8 490.7 773.9 4327.9 287.1 144.3 37.9 215 5412
 8 100 49.1 149.8 85.0 908.8 523.2 789.0 4391.5 327.1 144.4 39.6 215 5476
 8 120 48.3 144.7 85.0 913.4 553.4 802.9 4449.2 364.6 144.5 41.3 215 5534
 8 140 47.5 140.0 85.1 919.4 581.5 815.7 4502.0 399.8 144.6 43.0 215 5597
 8 160 46.7 135.4 85.1 925.0 607.7 827.5 4550.8 432.9 144.7 44.5 214 5636
 8 180 45.9 131.1 85.2 930.2 632.1 838.5 4595.4 464.1 144.8 46.0 214 5681
 8 190 45.3 127.7 85.2 934.0 650.4 846.8 4628.8 487.7 144.8 47.1 214 5714

-> average wood consumption = 85.6 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 4389.5 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 5455.2 kg/hr
 [= Total wood consumption = 279.8 kg.]
 [= Specific energy = 1689.4 kJ/kg brick]
 <-[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average <after moisture firing>					
bed cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	losses (MJ)	
i	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]		
0	104.24	718.40	542.09	44.61	0.0910	9.032	
1	104.32	712.13	537.51	44.79	0.0912	9.042	
2	105.39	709.12	535.01	44.92	0.0914	9.173	
3	108.50	708.02	532.48	45.04	0.0916	9.310	
4	107.61	702.94	529.98	45.17	0.0918	9.446	
5	108.73	699.88	527.47	45.29	0.0920	9.583	
6	109.84	696.83	524.99	45.40	0.0922	9.720	
7	110.96	693.80	522.53	45.52	0.0923	9.857	
8	112.07	690.80	520.09	45.64	0.0925	9.994	
9	113.18	687.81	517.67	45.75	0.0927	10.131	

10	114.30	884.83	515.27	45.87	0.0929	10.269
11	115.42	881.88	512.68	45.98	0.0931	10.409
12	116.53	878.94	510.51	46.09	0.0933	10.543
13	117.65	876.01	508.15	46.20	0.0934	10.681
14	118.76	873.11	505.81	46.30	0.0936	10.818
15	119.88	870.22	503.49	46.41	0.0938	10.956
16	121.00	867.35	501.19	46.51	0.0940	11.093
17	122.11	864.49	498.90	46.62	0.0941	11.231
18	123.23	861.65	496.63	46.72	0.0943	11.368
19	124.34	858.83	494.37	46.82	0.0945	11.506
20	125.46	856.02	492.13	46.92	0.0947	11.643
21	126.57	853.22	489.91	47.01	0.0948	11.781
22	127.68	850.45	487.70	47.11	0.0950	11.918

— CONTINUE COOLING —

15	380	103.7414	0	0	201.5643	0	0	713.0485	4	138.1767	0	0	1713
15	400	101.3403	0	0	197.3832	0	0	682.8463	0	138.2777	0	0	1683
15	420	99.0393	0	0	193.1821	0	0	653.2460	8	138.3787	0	0	1653
15	440	96.8384	0	0	189.1811	0	0	624.3453	3	138.4798	0	0	1624
15	460	94.6374	0	0	185.2800	0	0	596.0455	9	138.5805	0	0	1596
15	480	92.5364	0	0	181.4790	0	0	568.3453	7	138.6814	0	0	1568
15	500	90.5355	0	0	177.7780	0	0	541.2451	4	138.7822	0	0	1541
15	520	88.5346	0	0	174.1770	0	0	514.7449	2	138.8829	0	0	1515
15	540	86.6337	0	0	170.5760	0	0	488.8447	0	138.9837	0	0	1489
15	560	84.8328	0	0	167.1751	0	0	463.5444	8	139.0844	0	0	1464
15	580	83.0320	0	0	163.7741	0	0	438.8442	7	139.1850	0	0	1439
15	600	81.2312	0	0	160.4732	0	0	414.6440	6	139.2857	0	0	1415
15	620	79.5304	0	0	157.2723	0	0	390.9438	5	139.3863	0	0	1391
15	640	77.9295	0	0	154.1713	0	0	367.8434	4	139.4869	0	0	1368
15	660	76.3288	0	0	151.1704	0	0	345.2434	4	139.5874	0	0	1345
15	680	74.8281	0	0	148.1695	0	0	323.2434	3	139.6879	0	0	1323
15	700	73.3274	0	0	145.2685	0	0	301.7434	3	139.7883	0	0	1300
15	720	71.8268	0	0	142.3676	0	0	280.7434	3	139.8887	0	0	1279
15	740	70.4260	0	0	139.4667	0	0	260.2435	3	139.9891	0	0	1259
15	760	69.1253	0	0	137.0658	0	0	240.2436	3	140.0895	0	0	1240
15	780	67.7246	0	0	134.4649	0	0	220.7437	3	140.1899	0	0	1223
15	800	66.5240	0	0	131.8640	0	0	201.7438	3	140.2902	0	0	1208
15	820	65.2233	0	0	129.3631	0	0	183.2439	3	140.3906	0	0	1195
15	840	64.0227	0	0	126.8622	0	0	165.2440	3	140.4909	0	0	1183
15	860	62.9221	0	0	124.4613	0	0	147.7441	3	140.5913	0	0	1173
15	880	61.8216	0	0	122.2604	0	0	130.7442	3	140.6916	0	0	1164
15	900	60.7210	0	0	120.0595	0	0	114.2443	3	140.7919	0	0	1156
15	920	59.6204	0	0	117.8586	0	0	98.2444	3	140.8922	0	0	1149
15	940	58.5198	0	0	115.6577	0	0	82.7445	3	140.9925	0	0	1143
15	960	57.4193	0	0	113.5568	0	0	67.7446	3	141.0928	0	0	1138
15	980	56.3187	0	0	111.5559	0	0	53.2447	3	141.1931	0	0	1134
15	1000	55.2181	0	0	109.5550	0	0	39.2448	3	141.2934	0	0	1131
15	1020	54.0175	0	0	107.5541	0	0	25.7449	3	141.3937	0	0	1129
15	1040	52.8169	0	0	105.5532	0	0	12.7450	3	141.4940	0	0	1128
15	1060	51.7163	0	0	103.5523	0	0	0.2451	3	141.5943	0	0	1128
15	1080	50.6157	0	0	101.5514	0	0	-12.7452	3	141.6946	0	0	1129
15	1100	49.5151	0	0	99.5505	0	0	-26.2453	3	141.7949	0	0	1131
15	1120	48.4145	0	0	97.5496	0	0	-39.2454	3	141.8952	0	0	1134
15	1140	47.3139	0	0	95.5487	0	0	-52.7455	3	141.9955	0	0	1138
15	1160	46.2133	0	0	93.5478	0	0	-65.7456	3	142.0958	0	0	1143
15	1180	45.1127	0	0	91.5469	0	0	-79.2457	3	142.1961	0	0	1149
15	1200	44.0121	0	0	89.5460	0	0	-92.2458	3	142.2964	0	0	1156
15	1220	42.9115	0	0	87.5451	0	0	-105.7459	3	142.3967	0	0	1164
15	1240	41.8109	0	0	85.5442	0	0	-119.7460	3	142.4970	0	0	1173
15	1260	40.7103	0	0	83.5433	0	0	-134.2461	3	142.5973	0	0	1183
15	1280	39.6097	0	0	81.5424	0	0	-149.2462	3	142.6976	0	0	1195
15	1300	38.5091	0	0	79.5415	0	0	-164.7463	3	142.7979	0	0	1208
15	1320	37.4085	0	0	77.5406	0	0	-180.7464	3	142.8982	0	0	1223
15	1340	36.3079	0	0	75.5397	0	0	-197.2465	3	142.9985	0	0	1239
15	1360	35.2073	0	0	73.5388	0	0	-214.2466	3	143.0988	0	0	1257
15	1380	34.1067	0	0	71.5379	0	0	-231.7467	3	143.1991	0	0	1277
15	1400	33.0061	0	0	69.5370	0	0	-250.7468	3	143.2994	0	0	1299
15	1420	31.9055	0	0	67.5361	0	0	-270.2469	3	143.3997	0	0	1323
15	1440	30.8049	0	0	65.5352	0	0	-290.2470	3	143.4999	0	0	1349
15	1460	29.7043	0	0	63.5343	0	0	-310.7471	3	143.5999	0	0	1377
15	1480	28.6037	0	0	61.5334	0	0	-331.7472	3	143.6997	0	0	1407
15	1500	27.5031	0	0	59.5325	0	0	-353.2473	3	143.7992	0	0	1439
15	1520	26.4025	0	0	57.5316	0	0	-375.2474	3	143.8984	0	0	1473
15	1540	25.3019	0	0	55.5307	0	0	-397.7475	3	143.9974	0	0	1509
15	1560	24.2013	0	0	53.5298	0	0	-420.7476	3	144.0963	0	0	1547

END OF COOLING —> TO BE START FIRING

-> Total losses from cooling = 239.501 MJ/2208 bricks
loss per kg. brick = 0.090 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 1000 (C) ma= 1100 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kJn = 2208 bricks
<[air temp, outlet, brick temp, air flowrate and wood consump.]>

g Time	Taco	Tpxr	nfr	Tcmo	Tpx	Tempo	maixr	Tpxr	Tcmo	Tpx	(%)	md
(min)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(%)	(kg/hr)
7	20	140.2	630.5	85.6	891.6	447.9	728.7	448.8	2108.4	144.1	32.2	235.5672
7	40	135.5	609.8	86.0	900.0	485.9	747.8	458.9	3184.1	144.3	34.2	234.5775
7	60	130.9	589.7	86.4	907.7	520.9	768.8	468.0	7217.2	144.4	36.2	232.5867
7	80	126.8	570.0	86.8	914.7	553.3	784.0	476.2	4268.4	144.5	38.1	231.5949
7	100	122.4	550.9	87.1	921.1	583.3	799.7	483.6	312.1	144.6	39.9	230.6023
7	120	118.4	532.2	87.5	926.9	611.0	814.0	490.2	5354.0	144.7	41.8	230.6090
7	140	114.5	514.1	87.8	932.3	638.8	827.1	496.3	1394.1	144.8	43.3	229.6151
7	152	112.3	503.4	88.0	935.3	651.4	834.4	499.6	9416.5	144.8	44.2	228.6185

-> average wood consumption = 88.7 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 4730.0 kg/hr
-> average drying air flowrate = 5918.7 kg/hr
[=> Total wood consumption = 219.6 kg]
[=> Specific energy = 1328.1 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)				average	after
	cooling	firing	preheating	drying	moisture firing	
i	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	N[i]	losses (MJ)
0	489.20	714.30	469.53	42.07	0.0900	58.816
1	489.27	708.68	484.95	42.23	0.0901	58.826
2	491.08	705.85	482.50	42.33	0.0903	58.870
3	492.68	702.97	480.01	42.44	0.0905	59.033
4	494.09	700.11	457.54	42.55	0.0908	59.278
5	495.38	697.27	455.10	42.65	0.0908	59.450
6	496.54	694.44	452.67	42.75	0.0909	59.606
7	497.57	691.63	450.27	42.86	0.0911	59.747
8	498.50	688.84	447.89	42.96	0.0912	59.872
9	499.33	686.06	445.53	43.06	0.0914	59.984
10	500.08	683.31	443.18	43.15	0.0915	60.083
11	500.70	680.56	440.88	43.25	0.0917	60.170
12	501.27	677.84	438.56	43.35	0.0918	60.246
13	501.75	675.13	436.27	43.44	0.0919	60.311
14	502.17	672.43	434.00	43.53	0.0921	60.367
15	502.51	669.75	431.78	43.62	0.0923	60.414
16	502.80	667.09	429.53	43.72	0.0924	60.453
17	503.03	664.44	427.32	43.81	0.0925	60.484
18	503.20	661.81	425.12	43.89	0.0927	60.507
19	503.32	659.19	422.95	43.98	0.0928	60.523
20	503.39	656.59	420.79	44.07	0.0929	60.533
21	503.41	654.00	418.65	44.15	0.0929	60.536
22	503.40	651.43	416.53	44.24	0.0929	60.534

-> Total losses from cooling = 1378.292 MJ/2208 bricks
loss per kg. brick = 0.520 MJ/kg brick

***** STOP FIRING *****

— CONTINUE COOLING —

8	160	110.8	493.4	0	0</
---	-----	-------	-------	---	-----

8 300 88.7 366.0 0.0 156.7 542.6 0.0 425.9 404.7 137.2 66.6 0 1520
8 320 86.0 372.0 0.0 152.3 529.3 0.0 389.5 403.1 137.5 68.9 0 1469
8 340 83.5 358.5 0.0 148.0 516.2 0.0 0.401 8 137.0 70.7 0 1100
8 360 81.0 345.5 0.0 143.8 503.3 0.0 0.400 0 137.2 71.9 0 1100
8 380 78.7 332.8 0.0 139.8 490.8 0.0 0.398 5 137.4 73.1 0 1100
8 400 76.4 320.6 0.0 136.0 478.5 0.0 0.396 9 137.6 74.3 0 1100
8 420 74.3 308.8 0.0 132.2 466.5 0.0 0.395 4 137.7 75.4 0 1100
8 440 72.2 297.4 0.0 128.7 454.8 0.0 0.393 9 137.9 76.5 0 1100
8 460 70.3 286.4 0.0 125.2 443.3 0.0 0.392 4 138.1 77.6 0 1100
8 480 68.4 275.8 0.0 121.9 432.0 0.0 0.390 8 138.3 78.6 0 1100
8 500 66.6 265.6 0.0 118.8 421.0 0.0 0.389 3 138.4 79.6 0 1100
8 520 64.9 255.7 0.0 115.5 410.3 0.0 0.387 8 138.6 80.5 0 1100
8 540 63.2 246.2 0.0 112.5 399.7 0.0 0.386 4 138.7 81.4 0 1100
8 560 61.6 237.0 0.0 109.6 389.5 0.0 0.384 9 138.9 82.3 0 1100
8 580 60.1 228.2 0.0 106.8 379.4 0.0 0.383 4 139.0 83.1 0 1100
8 600 58.7 219.7 0.0 104.1 369.8 0.0 0.381 9 139.1 83.9 0 1100
8 620 57.3 211.8 0.0 101.5 360.0 0.0 0.380 5 139.3 84.7 0 1100
8 640 56.0 203.7 0.0 99.0 350.6 0.0 0.379 0 139.4 85.5 0 1100
8 660 54.8 196.2 0.0 96.6 341.4 0.0 0.377 5 139.5 86.2 0 1100
8 680 53.8 188.9 0.0 94.2 332.4 0.0 0.376 1 139.8 86.9 0 1100
8 700 52.5 182.0 0.0 92.0 323.7 0.0 0.374 7 139.7 87.6 0 1100
8 720 51.4 175.3 0.0 89.8 315.1 0.0 0.373 2 139.8 88.2 0 1100
8 740 50.3 168.9 0.0 87.7 306.8 0.0 0.371 8 139.9 88.8 0 1100
8 760 49.4 162.7 0.0 85.6 298.6 0.0 0.370 4 140.0 89.4 0 1100
8 780 48.4 156.8 0.0 83.7 290.7 0.0 0.369 0 140.1 90.0 0 1100
8 800 47.5 151.2 0.0 81.8 282.9 0.0 0.367 6 140.2 90.6 0 1100
8 820 46.7 145.7 0.0 79.9 275.3 0.0 0.366 2 140.3 91.1 0 1100
8 840 45.8 140.5 0.0 78.2 267.9 0.0 0.364 8 140.4 91.6 0 1100
8 860 45.1 135.5 0.0 76.5 260.7 0.0 0.363 4 140.5 92.1 0 1100
8 880 44.3 130.8 0.0 74.8 253.7 0.0 0.362 0 140.5 92.6 0 1100
8 900 43.6 126.2 0.0 73.2 246.8 0.0 0.360 6 140.6 93.0 0 1100
8 920 43.0 121.8 0.0 71.7 240.1 0.0 0.359 2 140.7 93.5 0 1100
8 940 42.3 117.6 0.0 70.2 233.8 0.0 0.357 8 140.7 93.9 0 1100
8 960 41.7 113.6 0.0 68.7 227.3 0.0 0.356 5 140.8 94.3 0 1100
8 980 41.1 109.8 0.0 67.3 221.1 0.0 0.355 2 140.9 94.7 0 1100
8 1000 40.6 106.1 0.0 66.0 215.0 0.0 0.353 8 140.9 95.0 0 1100
8 1020 40.1 102.6 0.0 64.7 209.2 0.0 0.352 5 141.0 95.4 0 1100
8 1040 39.6 99.3 0.0 63.4 203.4 0.0 0.351 1 141.0 95.7 0 1100
8 1060 39.1 96.1 0.0 62.2 197.9 0.0 0.349 8 141.1 96.1 0 1100
8 1080 38.6 93.0 0.0 61.1 192.5 0.0 0.348 5 141.2 96.4 0 1100
8 1100 38.2 90.1 0.0 59.9 187.2 0.0 0.347 2 141 2 96.7 0 1100
8 1120 37.8 87.3 0.0 58.8 182.1 0.0 0.345 9 141.2 97.0 0 1100
8 1140 37.4 84.6 0.0 57.8 177.1 0.0 0.344 5 141.3 97.3 0 1100
END OF COOLING -> TO BE START FIRING

16 380 47.6 133.2 62.0 763.0 615.0 701.9 3568.0 474.8 145.7 78.2 295 4930
16 400 47.2 129.9 62.0 784.8 623.0 706.2 3887.2 487.4 145.7 78.1 294 4949
16 420 46.6 126.8 62.1 766.4 630.6 710.3 3605.6 499.5 145.7 78.0 294 4968
16 440 46.0 123.7 62.1 768.0 637.9 714.2 3922.9 511.1 145.7 75.9 294 4985
16 460 45.5 120.7 62.2 789.5 644.8 718.0 3939.4 522.3 145.7 75.8 294 5002
16 478 45.0 118.4 62.2 770.7 650.2 720.9 3952.0 530.9 145.7 75.8 294 5014

-> average wood consumption = 61.8 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 3657.5 kg/hr
-> average drying air flowrate = 4719.3 kg/hr
[=> Total wood consumption = 490.1 kg]
[=> Specific energy = 2513.4 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)				average <after moisture firing>		cooling
	firing	preheating	drying	content	losses (MJ)		
i	Tp[i]	Tr[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)	
0	88.99	693.73	582.61	87.80	0.0719	7.760	
1	89.12	693.95	578.21	79.94	0.0724	7.778	
2	90.30	692.19	578.11	79.59	0.0728	7.934	
3	91.55	690.24	573.94	79.44	0.0732	8.099	
4	92.80	688.30	571.79	79.29	0.0737	8.265	
5	94.08	686.37	569.64	79.14	0.0741	8.432	
6	95.32	684.42	567.51	78.99	0.0745	8.599	
7	96.58	682.49	565.38	78.85	0.0749	8.768	
8	97.84	680.58	563.27	78.70	0.0753	8.934	
9	99.11	678.64	561.17	78.56	0.0757	9.102	
10	100.38	676.72	559.08	78.41	0.0761	9.271	
11	101.65	674.79	557.00	78.26	0.0764	9.440	
12	102.93	672.88	554.92	78.11	0.0768	9.610	
13	104.20	670.97	552.85	77.96	0.0772	9.779	
14	105.48	669.08	550.82	77.81	0.0776	9.950	
15	106.76	667.16	548.78	77.66	0.0779	10.120	
16	108.05	665.24	546.75	77.51	0.0783	10.291	
17	109.34	663.35	544.73	77.36	0.0786	10.463	
18	110.62	661.46	542.72	77.21	0.0790	10.634	
19	111.91	659.57	540.72	77.06	0.0793	10.806	
20	113.21	657.69	538.74	76.91	0.0796	10.978	
21	114.50	655.79	536.78	76.76	0.0800	11.151	
22	115.80	653.92	534.79	76.61	0.0803	11.324	
23	117.09	652.04	532.83	76.46	0.0806	11.496	
24	118.39	650.18	530.89	76.31	0.0809	11.670	

-> Total losses from cooling = 240.854 MJ/2600 bricks
loss per kg brick = 0.077 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tire = 800 (C) mai = 1100 (kg/hr)
Tery = 150 (C) Mb = 0.120

Total brick in the kiln = 2600 bricks
<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco TpeX ml Temo TpeX Tempo maix Tpx Temo TpdX (%) md
(min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

12 20 156.3 634.7 59.2 731.4 473.7 579.6 3572.0 87.5 138.6 32.7 339 4731
12 40 152.2 619.4 59.6 735.1 489.2 592.0 3841.2 120.8 142.6 34.3 337 4801
12 60 148.2 604.4 60.0 738.5 503.8 603.4 3705.0 152.3 143.0 35.8 335 4865
12 80 144.3 589.6 60.2 741.7 517.7 614.0 3762.6 182.1 143.4 37.3 334 4923
12 100 140.6 575.1 60.5 744.8 530.9 623.9 3816.5 210.3 143.5 38.7 332 4977
12 120 137.0 560.8 60.9 747.6 543.5 633.2 3866.8 237.0 143.6 40.0 330 5028
12 140 133.4 546.8 61.1 750.4 555.5 641.8 3912.6 262.3 143.6 41.4 329 5074
12 160 130.0 533.1 61.4 752.9 566.8 650.0 3955.9 286.3 143.7 42.6 327 5117
12 180 126.7 519.6 61.7 755.3 577.8 657.6 3996.1 309.1 143.8 43.9 326 5158
12 200 123.5 506.3 62.0 757.6 587.9 664.8 4033.8 330.9 143.9 45.1 324 5198
12 220 120.3 493.4 62.2 759.8 597.7 671.6 4069.2 351.5 144.0 46.3 323 5231
12 240 117.3 480.6 62.5 761.8 607.1 678.0 4102.4 371.2 144.0 47.4 321 5265
12 260 114.3 468.2 62.8 763.8 616.0 684.0 4134.0 389.9 144.1 48.5 320 5297
12 280 111.5 456.0 63.0 765.6 624.4 689.7 4163.0 407.8 144.1 49.5 319 5328
12 300 108.7 444.0 63.2 767.3 632.5 695.1 4190.8 424.8 144.2 50.5 318 5354
12 320 106.0 432.3 63.4 769.0 640.2 700.3 4216.6 441.1 144.3 51.5 317 5380
12 340 103.4 420.9 63.6 770.5 647.5 705.1 4241.3 456.6 144.3 52.4 316 5405
12 348 102.4 416.3 63.8 771.1 650.4 707.0 4251.3 462.6 144.3 52.8 315 5415

-> average wood consumption = 61.5 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 3951.0 kg/hr
-> average drying air flowrate = 5112.5 kg/hr
[=> Total wood consumption = 356.8 kg.]
[=> Specific energy = 1829.9 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after

g Time Taco TpeX ml Temo TpeX Tempo maix Tpx Temo TpdX (%) md
(min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

9 20 52.3 170.2 93.2 679.7 391.1 729.3 4547.8 154.2 144.2 32.2 216 5741
9 40 51.2 164.1 93.3 689.3 433.7 749.7 4645.9 206.7 144.3 34.2 215 5839
9 60 50.2 158.3 93.3 697.9 473.0 768.1 4733.2 255.4 144.4 36.2 215 5927
9 80 49.2 152.7 93.5 695.8 509.2 784.9 4811.8 300.7 144.5 38.1 215 6005
9 100 48.3 147.3 93.5 693.0 542.8 800.2 4882.1 342.9 144.6 39.9 215 6078
9 120 47.4 142.1 93.6 919.5 573.5 814.3 4945.8 382.4 144.7 41.7 215 6139
9 140 46.8 137.1 93.6 925.5 602.1 827.2 5004.2 419.3 144.8 43.3 214 6198
9 160 45.8 132.4 93.7 931.0 628.7 839.0 5057.2 453.8 144.9 44.9 214 6251
9 178 45.1 128.2 93.8 935.6 650.9 848.9 5101.4 482.9 145.0 46.2 214 6295

-> average wood consumption = 64.3 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 4829.4 kg/hr
-> average drying air flowrate = 6023.7 kg/hr
[=> Total wood consumption = 279.8 kg.]
[=> Specific energy = 1689.8 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)				average <after moisture firing>		cooling
	firing	preheating	drying	content	losses (MJ)		
i	Tp[i]	Tr[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)	
0	105.43	718.98	535.69	43.80	0.0914	9.178	
1	105.50	710.88	531.24	43.97	0.0918	9.188	
2	106.54	707.96	528.82	44.09	0.0918	9.314	
3	107.62	704.95	526.37	44.21	0.0920	9.447	
4	108.71	701.96	523.93	44.33	0.0922	9.580	
5	109.79	698.98	521.51	44.45	0.0924	9.714	
6	110.88	696.03	519.11	44.57	0.0926	9.847	
7	111.96	693.09	516.73	44.68	0.0927	9.981	
8	113.05	690.17	514.36	44.80	0.0929	10.114	
9	114.13	687.26	512.01	44.91	0.0931	10.248	
10	115.22	684.37	509.68	45.02	0.0933	10.382	
11	116.31	681.50	507.36	45.13	0.0934	10.515	
12	117.39	678.64	505.06	45.24	0.0936	10.649	
13	118.48	675.80	502.78	45.34	0.0938	10.783	
14	119.56	672.98	500.51	45.45	0.0940	10.917	

Temperature (C) average <after

Table with 11 columns: Time, Tai, Tfire, Tdry, Total brick in the kiln, and various loss metrics.

--> Total losses from cooling = 242.011 MJ/2208 bricks
loss per kg brick = 0.091 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 1000 (C) maif = 1200 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 2208 bricks

<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

Table with 11 columns: g Time, Taco, Tprox, mif, Tcmfo, Tpkf, Tempo, maifx, Tppf, Tcmfo, Tpkf, and mif.

Table with 11 columns: Time, Taco, Tprox, mif, Tcmfo, Tpkf, Tempo, maifx, Tppf, Tcmfo, Tpkf, and mif.

--> average wood consumption = 94.8 kg/hr

--> average mixing air flowrate = 5182.2 kg/hr

--> average drying air flowrate = 8477.0 kg/hr

[=> Total wood consumption = 218.0 kg]

[=> Specific energy = 1318.3 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 11 columns: Temperature (C), average, <after, moisture firing>, bed cooling, firing, preheating, drying, content, cooling, and losses (MJ).

--> Total losses from cooling = 1389.615 MJ/2208 bricks
loss per kg brick = 0.524 MJ/kg brick

----- STOP FIRING -----
--- CONTINUE COOLING ---

Table with 11 columns: Time, Taco, Tprox, mif, Tcmfo, Tpkf, Tempo, maifx, Tppf, Tcmfo, Tpkf, and mif.

----- moisture firing>

bed cooling firing preheating drying content cooling

Table with 11 columns: l, Tpc, Tpf, Tpp, Tpd, M, losses (MJ).

--> Total losses from cooling = 1230.754 MJ/2600 bricks
loss per kg brick = 0.394 MJ/kg brick

----- STOP FIRING -----
--- CONTINUE COOLING ---

Table with 11 columns: Time, Taco, Tprox, mif, Tcmfo, Tpkf, Tempo, maifx, Tppf, Tcmfo, Tpkf, and mif.

```

9 380 74.6 318.0 0.0 131.9 472.0 0.0 0.391.0 137.7 73.7 0 1200
9 400 72.4 303.6 0.0 128.1 459.4 0.0 0.389.5 137.9 75.0 0 1200
9 420 70.3 291.6 0.0 124.4 447.0 0.0 0.388.0 138.1 76.1 0 1200
9 440 68.3 280.1 0.0 120.9 434.9 0.0 0.386.5 138.3 77.3 0 1200
9 460 66.4 269.0 0.0 117.5 423.1 0.0 0.385.0 138.5 78.4 0 1200
9 480 64.6 258.3 0.0 114.2 411.6 0.0 0.383.5 138.6 79.4 0 1200
9 500 62.9 248.1 0.0 111.1 400.3 0.0 0.382.1 138.8 80.4 0 1200
9 520 61.2 238.2 0.0 108.0 389.3 0.0 0.380.6 139.0 81.4 0 1200
9 540 59.8 228.8 0.0 105.1 378.6 0.0 0.379.1 139.1 82.3 0 1200
9 560 58.1 219.7 0.0 102.3 368.1 0.0 0.377.7 139.3 83.2 0 1200
9 580 56.7 211.0 0.0 99.8 357.9 0.0 0.376.3 139.4 84.0 0 1200
9 600 55.3 202.7 0.0 97.0 347.9 0.0 0.374.8 139.5 84.9 0 1200
9 620 54.0 194.7 0.0 94.5 338.2 0.0 0.373.4 139.6 85.7 0 1200
9 640 52.8 187.0 0.0 92.1 328.7 0.0 0.372.0 139.8 86.4 0 1200
9 660 51.6 179.7 0.0 89.7 319.5 0.0 0.370.6 139.9 87.1 0 1200
9 680 50.5 172.6 0.0 87.5 310.4 0.0 0.369.1 140.0 87.8 0 1200
9 700 49.5 165.9 0.0 85.3 301.6 0.0 0.367.7 140.1 88.5 0 1200
9 720 48.5 159.5 0.0 83.2 293.1 0.0 0.366.3 140.2 89.2 0 1200
9 740 47.5 153.3 0.0 81.2 284.7 0.0 0.364.9 140.3 89.8 0 1200
9 760 46.6 147.4 0.0 79.3 276.6 0.0 0.363.6 140.4 90.4 0 1200
9 780 45.7 141.8 0.0 77.4 268.7 0.0 0.362.2 140.5 90.9 0 1200
9 800 44.9 136.5 0.0 75.6 261.0 0.0 0.360.8 140.6 91.5 0 1200
9 820 44.2 131.3 0.0 73.9 253.4 0.0 0.359.4 140.7 92.0 0 1200
9 840 43.4 126.4 0.0 72.2 244.1 0.0 0.358.1 140.7 92.5 0 1200
9 860 42.7 121.8 0.0 70.6 236.0 0.0 0.356.7 140.8 93.0 0 1200
9 880 42.0 117.3 0.0 69.1 228.1 0.0 0.355.4 140.9 93.5 0 1200
9 900 41.4 113.1 0.0 67.6 225.4 0.0 0.354.0 141.0 93.9 0 1200
9 920 40.8 109.0 0.0 66.2 218.8 0.0 0.352.7 141.0 94.3 0 1200
9 940 40.2 105.1 0.0 64.8 212.4 0.0 0.351.3 141.1 94.7 0 1200
9 960 39.7 101.4 0.0 63.4 206.2 0.0 0.350.0 141.2 95.1 0 1200
9 980 39.2 97.9 0.0 62.1 200.2 0.0 0.348.7 141.2 95.5 0 1200
9 1000 38.7 94.6 0.0 60.9 194.4 0.0 0.347.4 141.3 95.9 0 1200
9 1020 38.3 91.4 0.0 59.7 188.7 0.0 0.346.1 141.3 96.2 0 1200
9 1040 37.8 88.3 0.0 58.5 183.2 0.0 0.344.8 141.4 96.5 0 1200
9 1060 37.4 85.4 0.0 57.4 177.8 0.0 0.343.5 141.4 96.8 0 1200
    
```

```

g Time Taco Tpxx mf Temfo Tpr Tempo maixt Tppx Temdo Tpdx (%) md
(min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (kg/h)
10 20 51.5 168.0 101.7 882.5 302.5 735.6 4995.0 157.9 144.3 32.2 215 6297
10 40 50.4 161.6 101.8 892.4 437.8 758.8 5105.5 213.1 144.5 34.4 215 8407
10 60 49.3 155.5 102.0 901.4 479.3 775.9 5203.9 285.2 144.8 36.4 215 8506
10 80 48.3 149.6 102.0 909.5 517.3 793.1 5290.7 313.0 144.7 38.4 215 6593
10 100 47.4 144.0 102.1 918.8 552.2 808.8 5369.5 357.2 144.8 40.2 215 6871
10 120 46.5 138.6 102.2 923.4 584.4 823.0 5439.1 398.4 144.9 42.0 214 8741
10 140 45.6 133.5 102.3 929.5 614.0 838.1 5503.0 436.7 145.0 43.8 214 8805
10 160 44.8 128.5 102.3 935.0 641.4 848.0 5560.9 472.3 145.1 45.2 214 8883
10 180 44.5 126.6 102.3 937.1 651.7 852.5 5582.8 485.9 145.1 45.8 214 8885
-> average wood consumption = 103.0 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 5201.7 kg/hr
-> average drying air flowrate = 6594.7 kg/hr
[=> Total wood consumption = 288.4 kg ]
[=> Specific energy = 1741.8 kJ/kg brick ]
<[ Final temperature and moisture content of brick in drying chamber ]>
    
```

	Temperature (C)	average	<after
----- moisture firing-----			
bed cooling	firing	preheating	drying content cooling
l	Tpc[]	Tp[]	Tpp[]
	Tpd[]	M[]	losses (MJ)
0	104.57	716.10	537.63 43.39 0.0910 9.073
1	104.63	710.14	533.25 43.55 0.0912 9.080
2	105.63	707.30	530.88 43.67 0.0914 9.203
3	106.68	704.37	528.48 43.79 0.0915 9.332
4	107.73	701.48	526.10 43.91 0.0917 9.461
5	108.78	698.56	523.74 44.03 0.0919 9.589
6	109.83	695.66	521.39 44.15 0.0921 9.719
7	110.88	692.82	519.08 44.28 0.0923 9.848
8	111.93	689.97	516.74 44.38 0.0924 9.977
9	112.98	687.14	514.44 44.49 0.0926 10.106
10	114.03	684.33	512.15 44.60 0.0928 10.235
11	115.08	681.53	509.88 44.71 0.0930 10.365
12	116.13	678.74	507.63 44.82 0.0931 10.494
13	117.19	675.97	505.39 44.93 0.0933 10.624
14	118.24	673.22	503.17 45.03 0.0935 10.753
15	119.29	670.48	500.98 45.14 0.0936 10.883
16	120.34	667.78	498.77 45.24 0.0938 11.012
17	121.39	665.05	496.59 45.35 0.0940 11.142
18	122.44	662.36	494.43 45.45 0.0941 11.272
19	123.49	659.68	492.28 45.55 0.0943 11.401
20	124.54	657.01	490.15 45.64 0.0944 11.531
21	125.59	654.36	488.03 45.74 0.0946 11.660
22	126.64	651.72	485.92 45.84 0.0948 11.790

-> Total losses from cooling = 238.550 MJ/2208 bricks
loss per kg. brick = 0.090 MJ/kg brick

```

13 1320 42.0 108.0 0.0 78.2 260.7 0.0 0.378.4 139.3 93.6 0 1100
13 1340 41.5 105.2 0.0 75.0 245.6 0.0 0.375.0 139.4 93.9 0 1100
13 1360 41.1 102.6 0.0 73.8 240.5 0.0 0.373.8 139.4 94.2 0 1100
13 1380 40.6 100.0 0.0 72.6 235.5 0.0 0.372.5 139.5 94.5 0 1100
13 1400 40.2 97.8 0.0 71.5 230.6 0.0 0.371.2 139.5 94.7 0 1100
13 1420 39.9 95.2 0.0 70.3 225.9 0.0 0.369.9 139.6 95.0 0 1100
13 1440 39.5 92.9 0.0 69.2 221.2 0.0 0.368.7 139.6 95.3 0 1100
13 1460 39.1 90.6 0.0 68.2 216.6 0.0 0.367.5 139.7 95.5 0 1100
END OF COOLING -----> TO BE START FIRING
    
```

```

g Time Taco Tpxx mf Temfo Tpr Tempo maixt Tppx Temdo Tpdx (%) md
(min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (kg/h)
14 20 62.5 209.7 67.0 711.6 388.4 575.4 3593.1 127.1 140.1 31.8 300 4760
14 40 61.3 204.0 67.1 716.5 408.4 587.4 3659.8 158.8 142.7 33.4 299 4827
14 60 60.2 198.4 67.2 721.1 427.3 598.6 3721.2 185.0 142.9 34.9 299 4888
14 80 59.1 193.0 67.3 725.3 445.2 609.1 3778.0 211.8 143.3 36.4 299 4945
14 100 58.0 187.7 67.4 729.3 462.2 618.9 3830.6 237.3 143.4 37.9 298 4998
14 120 57.0 182.5 67.4 733.1 478.3 628.1 3879.8 261.8 143.5 39.3 298 5047
14 140 56.0 177.8 67.5 736.7 493.6 638.8 3925.1 284.7 143.5 40.6 297 5093
14 160 55.0 172.7 67.6 740.0 508.1 644.9 3967.7 306.8 143.8 41.9 297 5135
14 180 54.1 168.0 67.7 743.2 521.9 652.6 4007.4 327.8 143.7 43.2 297 5175
14 200 53.2 163.5 67.7 746.1 534.9 659.9 4044.6 347.9 143.8 44.5 296 5212
14 220 52.4 159.0 67.8 748.9 547.4 668.7 4079.5 367.0 143.9 45.7 296 5247
14 240 51.5 154.8 67.9 751.8 559.2 673.2 4112.4 385.3 143.9 46.8 296 5280
14 260 50.7 150.8 68.0 754.1 570.5 679.4 4143.3 402.8 144.0 47.9 296 5311
14 280 50.0 146.6 68.0 756.4 581.1 685.2 4172.4 419.5 144.1 49.0 295 5340
14 300 49.2 142.7 68.1 758.7 591.3 690.7 4200.0 435.5 144.1 50.0 295 5368
14 320 48.5 138.9 68.1 760.8 601.0 696.9 4225.6 450.8 144.2 51.0 295 5394
14 340 47.8 135.2 68.2 762.8 610.2 700.9 4249.9 465.4 144.2 52.0 295 5418
14 360 47.2 131.6 68.3 764.7 619.0 705.6 4273.0 479.4 144.3 52.9 294 5441
14 380 46.5 128.2 68.3 766.5 627.4 710.0 4294.8 492.7 144.4 53.8 294 5463
14 400 45.9 124.8 68.3 768.2 635.3 714.3 4315.4 505.5 144.4 54.7 294 5484
14 420 45.3 121.6 68.4 769.8 642.9 718.3 4334.8 517.8 144.5 55.5 294 5503
14 440 44.7 118.5 68.4 771.3 650.2 722.1 4353.3 529.5 144.5 56.3 293 5522
14 460 44.7 118.5 68.4 771.3 650.2 722.1 4353.3 529.5 144.5 56.3 293 5522
    
```

```

-> average wood consumption = 68.0 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 4037.5 kg/hr
-> average drying air flowrate = 5205.5 kg/hr
[=> Total wood consumption = 498.8 kg ]
[=> Specific energy = 2558.0 kJ/kg brick ]
<[ Final temperature and moisture content of brick in drying chamber ]>
    
```

	Temperature (C)	average	<after
----- moisture firing-----			
bed cooling	firing	preheating	drying content cooling
l	Tpc[]	Tp[]	Tpp[]
	Tpd[]	M[]	losses (MJ)
0	89.74	697.17	580.07 58.99 0.0719 7.860
1	89.92	693.04	575.95 55.78 0.0722 7.883
2	91.08	691.24	573.88 55.94 0.0726 8.037
3	92.29	689.33	571.75 55.89 0.0729 8.198
4	93.52	687.43	569.64 55.84 0.0732 8.360
5	94.74	685.53	567.54 55.78 0.0736 8.523
6	95.97	683.65	565.45 55.73 0.0739 8.686
7	97.20	681.75	563.37 55.89 0.0742 8.850
8	98.44	679.86	561.29 55.83 0.0746 9.013
9	99.68	677.98	559.24 55.78 0.0749 9.178
10	100.92	678.11	557.18 55.72 0.0752 9.343
11	102.16	674.23	555.15 55.67 0.0755 9.508
12	103.40	672.35	553.12 55.62 0.0758 9.673
13	104.65	670.48	551.10 55.78 0.0761 9.839
14	105.90	668.61	549.08 55.71 0.0764 10.005
15	107.15	666.77	547.09 55.65 0.0767 10.171
16	108.40	664.90	545.10 55.40 0.0770 10.338
17	109.65	663.04	543.12 55.34 0.0773 10.505
18	110.91	661.19	541.15 55.48 0.0776 10.672
19	112.17	659.34	539.18 55.62 0.0779 10.840
20	113.43	657.51	537.24 55.78 0.0782 11.008
21	114.69	655.66	535.30 55.80 0.0785 11.176
22	115.95	653.82	533.38 56.03 0.0788 11.344
23	117.22	651.99	531.44 56.17 0.0791 11.513
24	118.48	650.16	529.53 56.30 0.0793 11.682

-> Total losses from cooling = 242.205 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.078 MJ/kg brick

```

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 800 (C) ma = 1200 (kg/h)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kn = 2600 bricks
<[ air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump. ]>
    
```

g Time Taco Tpcx mf Tcmto Tpk Tempo maixt Tppx Tcmto Tpdz (%) md
(min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

14	20	152.9	633.6	64.0	732.9	474.7	583.9	3924.2	89.3	142.0	31.7	338	5189
14	40	148.6	617.2	65.3	736.7	491.1	596.8	4002.8	124.9	143.1	33.3	336	5268
14	60	144.5	601.1	65.7	740.3	506.6	603.7	4074.2	158.3	143.2	34.9	334	5340
14	80	140.5	585.4	66.0	743.6	521.3	619.7	4139.6	189.7	143.3	36.5	332	5406
14	100	136.6	569.9	66.4	746.7	535.2	629.9	4199.9	219.4	143.4	38.0	330	5468
14	120	132.9	554.7	66.7	749.7	548.3	639.4	4255.3	247.4	143.5	39.5	328	5522
14	140	129.3	539.8	67.1	752.4	560.8	648.3	4306.7	273.0	143.6	40.9	327	5574
14	160	125.8	525.2	67.4	755.1	572.7	656.6	4354.7	298.9	143.7	42.2	325	5622
14	180	122.4	510.9	67.7	757.5	583.9	664.4	4398.7	322.7	143.8	43.5	324	5668
14	200	119.1	496.9	68.0	759.8	594.5	671.8	4440.1	345.2	143.9	44.8	322	5708
14	220	115.9	483.2	68.3	762.0	604.7	678.5	4478.8	366.5	143.9	46.0	321	5747
14	240	112.8	469.8	68.6	764.1	614.3	684.9	4514.9	386.7	144.0	47.2	320	5784
14	260	109.8	458.7	68.8	766.0	623.4	691.0	4548.9	406.0	144.1	48.3	318	5818
14	280	106.9	443.9	69.1	767.8	632.0	696.7	4580.7	424.3	144.1	49.4	317	5850
14	300	104.1	431.4	69.3	769.5	640.2	702.0	4610.5	441.7	144.2	50.5	316	5880
14	320	101.4	419.1	69.6	771.2	648.0	707.1	4638.6	458.2	144.3	51.5	315	5908
14	328	100.6	415.5	69.7	771.6	650.3	708.6	4646.6	463.0	144.3	51.8	315	5918

-> average wood consumption = 87.3 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 4325.5 kg/hr
-> average drying air flowrate = 5592.9 kg/hr
[=> Total wood consumption = 365.9 kg]
[=> Specific energy = 1876.3 kJ/kg brick]
<{ Final temperature and moisture content of brick in drying chamber }>

	Temperature (C)		average <after moisture firing>			
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling
i	Tpc[i]	Tp[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	356.47	694.31	515.93	48.47	0.0822	44.407
1	359.47	690.85	511.57	48.69	0.0825	44.831
2	363.14	689.09	509.36	48.85	0.0827	45.352
3	368.63	687.29	507.10	49.00	0.0830	45.847
4	369.97	685.48	504.86	49.15	0.0833	46.321
5	373.17	683.68	502.63	49.30	0.0835	46.776
6	378.23	681.89	500.42	49.45	0.0838	47.212
7	379.18	680.09	498.22	49.60	0.0840	47.631
8	382.00	678.31	496.04	49.74	0.0843	48.033
9	384.72	676.53	493.87	49.88	0.0845	48.421
10	387.33	674.75	491.72	50.02	0.0848	48.793
11	389.65	672.97	489.57	50.16	0.0850	49.152
12	392.27	671.20	487.45	50.30	0.0853	49.498
13	394.60	669.44	485.34	50.43	0.0855	49.831
14	396.65	667.68	483.24	50.56	0.0858	50.153
15	399.02	665.92	481.15	50.69	0.0860	50.463
16	401.11	664.17	479.08	50.82	0.0862	50.763
17	403.14	662.42	477.02	50.95	0.0865	51.052
18	405.09	660.68	474.93	51.07	0.0867	51.332
19	406.97	658.94	472.86	51.19	0.0869	51.602
20	408.79	657.20	470.83	51.32	0.0872	51.863
21	410.56	655.47	468.92	51.44	0.0874	52.116
22	412.26	653.75	468.93	51.55	0.0876	52.360
23	413.91	652.03	464.95	51.67	0.0878	52.596
24	415.50	650.31	462.98	51.78	0.0880	52.825

-> Total losses from cooling = 1229.230 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.394 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING
- - CONTINUE COOLING - -

15	340	98.8	407.2	0.0	191.3	641.2	0.0	767.5	461.3	133.9	53.7	0	1968
15	360	96.3	395.5	0.0	186.7	628.7	0.0	728.3	459.0	134.3	56.4	0	1928
15	380	93.9	384.1	0.0	182.3	616.5	0.0	690.1	456.7	134.7	58.9	0	1890
15	400	91.5	373.0	0.0	178.1	604.4	0.0	652.8	454.4	135.0	61.3	0	1853
15	420	89.2	362.2	0.0	173.9	592.5	0.0	616.4	452.2	135.3	63.6	0	1816
15	440	87.0	351.6	0.0	169.9	580.9	0.0	581.0	450.0	135.7	65.7	0	1781
15	460	84.9	341.3	0.0	166.0	569.4	0.0	546.5	447.8	135.9	67.4	0	1747
15	480	82.8	331.3	0.0	162.2	558.1	0.0	512.9	445.6	136.1	68.8	0	1713
15	500	80.9	321.5	0.0	158.5	547.0	0.0	480.1	443.5	136.3	70.2	0	1680
15	520	78.9	312.0	0.0	154.9	536.1	0.0	448.1	441.4	136.5	71.5	0	1648
15	540	77.1	302.8	0.0	151.4	525.4	0.0	417.0	439.4	136.6	72.8	0	1617
15	560	75.3	293.8	0.0	148.0	514.9	0.0	0.0	437.3	135.9	73.8	0	1200
15	580	73.6	285.1	0.0	144.7	504.5	0.0	0.0	435.3	136.0	74.8	0	1200
15	600	71.9	276.6	0.0	141.5	494.4	0.0	0.0	433.3	136.2	75.7	0	1200
15	620	70.3	268.3	0.0	138.4	484.4	0.0	0.0	431.3	136.4	76.6	0	1200
15	640	68.8	260.3	0.0	135.4	474.5	0.0	0.0	429.4	136.5	77.4	0	1200
15	660	67.3	252.5	0.0	132.5	464.9	0.0	0.0	427.5	136.7	78.2	0	1200
15	680	65.9	244.8	0.0	129.6	455.4	0.0	0.0	425.6	136.8	79.0	0	1200
15	700	64.5	237.6	0.0	126.8	446.1	0.0	0.0	423.7	137.0	79.8	0	1200

15	720	63.2	2230.4	0.0	124.1	4369.00	0.0	421.9	137.1	80.6	0	1200
15	740	81.9	2235.5	0.0	121.5	4279.00	0.0	420.1	137.2	81.3	0	1200
15	760	60.6	218.8	0.0	119.0	419.100	0.0	418.3	137.4	82.0	0	1200
15	780	59.5	210.3	0.0	116.5	410.400	0.0	416.5	137.5	82.7	0	1200
15	800	58.3	204.0	0.0	114.1	401.800	0.0	414.8	137.6	83.4	0	1200
15	820	57.2	197.9	0.0	111.7	393.500	0.0	413.0	137.7	84.0	0	1200
15	840	56.1	192.0	0.0	109.5	385.200	0.0	411.3	137.9	84.7	0	1200
15	860	55.1	188.3	0.0	107.3	377.100	0.0	409.6	138.0	85.3	0	1200
15	880	54.1	180.7	0.0	105.1	369.200	0.0	408.0	138.1	85.8	0	1200
15	900	53.2	175.4	0.0	103.0	361.400	0.0	406.3	138.2	86.4	0	1200
15	920	52.3	170.2	0.0	101.0	353.800	0.0	404.7	138.3	87.0	0	1200
15	940	51.4	165.1	0.0	99.0	346.300	0.0	403.1	138.4	87.5	0	1200
15	960	50.5	160.3	0.0	97.1	338.900	0.0	401.5	138.5	88.0	0	1200
15	980	49.7	155.6	0.0	95.2	331.700	0.0	399.9	138.6	88.5	0	1200
15	1000	48.9	151.0	0.0	93.4	324.600	0.0	398.4	138.7	89.0	0	1200
15	1020	48.2	146.8	0.0	91.6	317.600	0.0	396.8	138.7	89.4	0	1200
15	1040	47.5	142.4	0.0	89.9	310.800	0.0	395.3	138.8	89.9	0	1200
15	1060	46.8	138.3	0.0	88.2	304.100	0.0	393.8	138.9	90.3	0	1200
15	1080	46.1	134.3	0.0	86.5	297.500	0.0	392.3	139.0	90.8	0	1200
15	1100	45.5	130.5	0.0	84.9	291.100	0.0	390.8	139.1	91.2	0	1200
15	1120	44.8	126.8	0.0	83.4	284.700	0.0	389.4	139.1	91.6	0	1200
15	1140	44.2	123.2	0.0	81.9	278.500	0.0	388.0	139.2	91.9	0	1200
15	1160	43.7	119.8	0.0	80.4	272.500	0.0	386.5	139.3	92.3	0	1200
15	1180	43.1	116.4	0.0	79.0	266.500	0.0	385.1	139.3	92.7	0	1200
15	1200	42.6	113.2	0.0	77.6	260.700	0.0	383.7	139.4	93.0	0	1200
15	1220	42.1	110.1	0.0	76.3	254.900	0.0	382.4	139.5	93.4	0	1200
15	1240	41.6	107.1	0.0	74.9	249.300	0.0	381.0	139.5	93.7	0	1200
15	1260	41.1	104.3	0.0	73.7	243.800	0.0	379.7	139.6	94.0	0	1200
15	1280	40.7	101.5	0.0	72.4	238.500	0.0	378.3	139.6	94.3	0	1200
15	1300	40.3	98.8	0.0	71.2	233.200	0.0	377.0	139.7	94.6	0	1200
15	1320	39.8	96.2	0.0	70.0	228.000	0.0	375.7	139.7	94.9	0	1200
15	1340	39.4	93.7	0.0	68.9	223.000	0.0	374.4	139.8	95.1	0	1200
15	1360	39.1	91.3	0.0	67.7	218.000	0.0	373.1	139.8	95.4	0	1200

END OF COOLING → TO BE START FIRING

g Time Taco Tpcx ml Tcmbo Tpfx Tcmpl maix Tppx Tcmbo Tpdx (%) md
(min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

18	20	61.4	207.9	73.2	714.7	394.4	581.2	3655.3	129.4	143.0	31.7	299	5228
18	40	60.2	201.8	73.3	719.7	415.4	593.7	4030.5	181.2	143.1	33.4	299	5304
18	60	59.1	195.9	73.4	724.4	435.1	605.3	4099.4	181.2	143.2	35.0	299	5373
18	80	57.9	190.2	73.5	728.7	453.8	616.1	4162.7	219.6	143.3	36.5	298	5438
18	100	56.8	184.8	73.6	732.8	471.4	626.2	4221.1	248.6	143.4	38.0	298	5495
18	120	55.8	179.2	73.7	736.6	488.1	635.6	4275.3	272.1	143.5	39.5	297	5549
18	140	54.8	174.0	73.8	740.2	503.8	644.4	4325.5	296.4	143.6	40.9	297	5599
18	160	53.8	169.0	73.9	743.5	518.7	652.7	4372.1	319.4	143.7	42.3	297	5648
18	180	52.9	164.1	73.9	746.7	532.9	660.4	4415.8	341.3	143.8	43.6	296	5689
18	200	52.0	159.3	74.0	749.6	546.2	667.8	4456.3	362.2	143.9	44.8	296	5730
18	220	51.1	154.7	74.1	752.4	558.9	674.6	4494.2	382.0	143.9	46.1	296	5768
18	240	50.3	150.3	74.2	755.0	570.9	681.1	4529.8	400.9	144.0	47.2	295	5804
18	260	49.5	146.0	74.3	757.5	582.3	687.2	4563.4	418.8	144.1	48.4	295	5838
18	280	48.7	141.9	74.3	759.8	593.0	693.0	4594.2	436.0	144.2	49.5	295	5869
18	300	48.0	137.8	74.4	762.0	603.3	698.5	4623.7	452.3	144.2	50.5	295	5898
18	320	47.3	134.0	74.4	764.0	613.0	703.6	4651.2	467.9	144.3	51.5	294	5926
18	340	46.6	130.2	74.5	766.0	622.2	708.5	4677.3	482.7	144.3	52.5	294	5952
18	360	45.9	126.6	74.6	767.8	630.9	713.1	4701.7	499.9	144.4	53.4	294	5976
18	380	45.3	123.1	74.6	769.5	639.2	717.5	4724.8	510.4	144.5	54.3	294	5999
18	400	44.7	119.7	74.7	771.2	647.1	721.6	4746.5	523.3	144.5	55.2	293	6021
18	408	44.4	118.4	74.7	771.8	650.2	723.2	4754.9	528.3	144.5	55.5	293	6030

→ average wood consumption = 74.3 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4420.1 kg/hr
 → average drying air flowrate = 5694.3 kg/hr
 [= Total wood consumption = 505.1 kg.]
 [= Specific energy = 2590.1 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

	Temperature (C)		average <after			
			moisture firing>			
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling
l	Tp[C]	Tp[C]	Tpp[C]	Tpd[C]	M[%]	losses (MJ)
0	90.27	695.50	577.64	51.73	0.0720	7.929
1	90.45	691.86	573.64	51.96	0.0723	7.954
2	91.59	690.07	571.60	52.14	0.0727	8.104
3	92.78	688.21	569.53	52.32	0.0730	8.262
4	93.97	686.37	567.47	52.49	0.0733	8.421
5	95.17	684.52	565.41	52.66	0.0736	8.580
6	96.37	682.68	563.37	52.83	0.0739	8.739
7	97.58	680.85	561.34	53.00	0.0743	8.899
8	98.78	679.02	559.31	53.16	0.0746	9.059
9	99.99	677.19	557.30	53.32	0.0749	9.220
10	101.20	675.36	555.30	53.48	0.0752	9.381
11	102.41	673.54	553.30	53.64	0.0755	9.542
12	103.63	671.72	551.32	53.79	0.0758	9.703

13	104.85	669.90	549.34	53.95	0.0781	9.865
14	106.07	668.09	547.38	54.10	0.0784	10.028
15	107.29	666.28	545.42	54.25	0.0787	10.190
16	108.51	664.48	543.48	54.39	0.0770	10.353
17	109.74	662.68	541.54	54.54	0.0773	10.516
18	110.96	660.88	539.62	54.68	0.0778	10.680
19	112.19	659.09	537.70	54.82	0.0778	10.843
20	113.42	657.30	535.79	54.98	0.0781	11.007
21	114.65	655.51	533.90	55.09	0.0784	11.171
22	115.89	653.73	532.01	55.23	0.0787	11.338
23	117.12	651.95	530.13	55.38	0.0790	11.500
24	118.36	650.18	528.28	55.49	0.0792	11.665

→ Total losses from cooling = 242.947 MJ/2600 bricks
loss per kg brick = 0.078 MJ/kg brick

5. การจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2600 ก้อน อุณหภูมิเผาเท่ากับ 900 °C

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 900 (C) mai = 800 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 2600 bricks

<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump]>

g Time Taco Tpcx mfi Tcmfo Tpfk Tempfo maide Tppx Tcmdo Tpdz (%) md
(m.n.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

Table with 13 columns: Time, Taco, Tpcx, mfi, Tcmfo, Tpfk, Tempfo, maide, Tppx, Tcmdo, Tpdz, md. Rows 7-312.

--> average wood consumption = 52.4 kg/hr

--> average mixing air flowrate = 3038.2 kg/hr

--> average drying air flowrate = 3918.8 kg/hr

[=> Total wood consumption = 272.4 kg]

[=> Specific energy = 1397.0 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 13 columns: Temperature (C), average, moisture, firing, drying, content, cooling. Rows 0-24.

--> Total losses from cooling = 1503.344 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.482 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING ++++++
--- CONTINUE COOLING ---

Table with 13 columns: Time, Taco, Tpcx, mfi, Tcmfo, Tpfk, Tempfo, maide, Tppx, Tcmdo, Tpdz, md. Rows 8-560.

6. การจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 2600 ก้อน อุณหภูมิเผาเท่ากับ 1000 °C

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 1000 (C) mai = 800 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 2600 bricks

<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump]>

g Time Taco Tpcx mfi Tcmfo Tpfk Tempfo maide Tppx Tcmdo Tpdz (%) md
(min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

Table with 13 columns: Time, Taco, Tpcx, mfi, Tcmfo, Tpfk, Tempfo, maide, Tppx, Tcmdo, Tpdz, md. Rows 3-260.

--> average wood consumption = 61.3 kg/hr

--> average mixing air flowrate = 3293.7 kg/hr

--> average drying air flowrate = 4155.0 kg/hr

[=> Total wood consumption = 255.3 kg]

[=> Specific energy = 1309.4 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 13 columns: Temperature (C), average, moisture, firing, drying, content, cooling. Rows 0-24.

--> Total losses from cooling = 1671.746 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.538 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING ++++++
--- CONTINUE COOLING ---

Table with 13 columns: Time, Taco, Tpcx, mfi, Tcmfo, Tpfk, Tempfo, maide, Tppx, Tcmdo, Tpdz, md. Rows 4-560.

8	580	98.3	363.5	0.0	180.7	538.8	0.0	450.8	409.5	139.3	91.9	0	1251	4	560	99.5	373.4	0.0	181.1	521.8	0.0	452.7	391.1	138.8	89.4	0	1253
8	600	94.5	355.8	0.0	177.6	528.8	0.0	432.3	407.8	139.3	92.3	0	1232	4	580	97.8	365.6	0.0	177.9	514.2	0.0	434.0	389.5	138.8	89.8	0	1234
8	620	92.7	348.2	0.0	174.4	521.2	0.0	414.0	406.1	139.3	92.8	0	1214	4	600	95.8	357.9	0.0	174.7	508.8	0.0	415.6	388.1	138.8	90.2	0	1218
8	640	90.9	340.8	0.0	171.4	513.6	0.0	396.2	404.4	139.3	92.9	0	1196	4	620	93.9	350.3	0.0	171.6	499.5	0.0	397.6	388.6	138.9	90.6	0	1198
8	660	89.3	333.5	0.0	168.4	508.1	0.0	378.6	402.8	139.3	93.2	0	1179	4	640	92.2	342.8	0.0	168.8	492.2	0.0	379.9	385.1	138.9	91.0	0	1180
8	680	87.6	326.3	0.0	165.5	498.8	0.0	361.4	401.1	139.3	93.5	0	1161	4	660	90.5	335.5	0.0	165.7	485.1	0.0	362.5	383.7	138.9	91.3	0	1183
8	700	86.0	319.3	0.0	162.6	491.5	0.0	344.5	399.5	139.3	93.8	0	1145	4	680	88.8	328.3	0.0	162.8	478.0	0.0	345.5	382.2	138.9	91.7	0	1148
8	720	84.4	312.4	0.0	159.8	484.2	0.0	328.0	397.9	139.3	94.0	0	1128	4	700	87.1	321.3	0.0	160.0	471.0	0.0	328.8	380.8	138.9	92.0	0	1129
8	740	82.9	305.6	0.0	157.1	477.1	0.0	311.7	396.3	139.3	94.3	0	1112	4	720	85.5	314.4	0.0	157.2	464.1	0.0	312.4	379.4	139.0	92.3	0	1112
8	760	81.4	299.0	0.0	154.4	470.1	0.0	295.8	394.8	139.3	94.5	0	1098	4	740	84.0	307.6	0.0	154.5	457.3	0.0	299.4	378.0	139.0	92.6	0	1098
8	780	80.0	292.4	0.0	151.8	463.2	0.0	280.2	393.2	139.3	94.8	0	1080	4	760	82.5	301.0	0.0	151.8	450.5	0.0	280.8	376.7	139.0	92.9	0	1081
8	800	78.6	286.1	0.0	149.2	456.3	0.0	265.7	391.7	138.7	95.0	0	800	4	780	81.0	294.4	0.0	149.3	443.9	0.0	265.7	375.3	138.3	93.2	0	800
8	820	77.2	279.8	0.0	146.7	449.5	0.0	251.3	390.2	138.7	95.2	0	800	4	800	79.8	288.0	0.0	146.7	437.3	0.0	251.3	374.0	138.4	93.4	0	800
8	840	75.8	273.7	0.0	144.2	442.9	0.0	237.8	388.7	138.7	95.3	0	800	4	820	78.2	281.8	0.0	144.2	430.8	0.0	237.8	372.7	138.4	93.6	0	800
8	860	74.5	267.7	0.0	141.8	436.3	0.0	224.3	387.2	138.8	95.5	0	800	4	840	76.8	275.6	0.0	141.8	424.4	0.0	224.3	371.3	138.5	93.8	0	800
8	880	73.3	261.8	0.0	139.5	429.7	0.0	211.8	385.8	138.8	95.7	0	800	4	860	75.5	269.6	0.0	139.4	418.1	0.0	211.8	370.0	138.6	94.0	0	800
8	900	72.0	256.1	0.0	137.1	423.3	0.0	200.3	384.4	138.8	95.8	0	800	4	880	74.2	263.7	0.0	137.1	411.9	0.0	200.3	368.8	138.5	94.2	0	800
8	920	70.8	250.4	0.0	134.9	416.9	0.0	189.8	382.9	138.9	96.0	0	800	4	900	72.9	258.0	0.0	134.8	405.7	0.0	189.8	367.5	138.8	94.4	0	800
8	940	69.7	244.9	0.0	132.7	410.7	0.0	179.3	381.5	138.9	96.1	0	800	4	920	71.7	252.3	0.0	132.6	399.6	0.0	179.3	366.2	138.6	94.6	0	800
8	960	68.5	239.5	0.0	130.5	404.5	0.0	169.8	380.1	138.9	96.3	0	800	4	940	70.5	246.8	0.0	130.4	393.6	0.0	169.8	365.0	138.6	94.8	0	800
8	980	67.4	234.2	0.0	128.4	398.4	0.0	160.3	378.7	139.0	96.4	0	800	4	960	69.3	241.4	0.0	128.3	387.7	0.0	160.3	363.8	138.7	95.0	0	800
8	1000	66.3	229.1	0.0	126.3	392.3	0.0	151.8	377.4	139.0	96.6	0	800	4	980	68.2	236.0	0.0	126.2	381.8	0.0	151.8	362.5	138.7	95.2	0	800
8	1020	65.3	224.0	0.0	124.3	386.4	0.0	143.3	376.1	139.0	96.7	0	800	4	1000	67.1	230.9	0.0	124.1	376.1	0.0	143.3	361.3	138.7	95.4	0	800
8	1040	64.3	219.1	0.0	122.3	380.5	0.0	134.8	374.7	139.0	96.9	0	800	4	1020	66.0	225.8	0.0	122.1	370.4	0.0	134.8	360.1	138.8	95.5	0	800
8	1060	63.3	214.2	0.0	120.3	374.7	0.0	126.3	373.4	139.1	97.0	0	800	4	1040	65.0	220.8	0.0	120.2	364.7	0.0	126.3	359.0	138.8	95.7	0	800
8	1080	62.3	209.5	0.0	118.4	369.0	0.0	117.8	372.1	139.1	97.1	0	800	4	1060	64.0	216.0	0.0	118.3	359.2	0.0	117.8	357.8	138.8	95.9	0	800
8	1100	61.4	204.9	0.0	116.6	363.3	0.0	109.3	370.8	139.1	97.2	0	800	4	1080	63.0	211.2	0.0	116.4	353.7	0.0	109.3	356.6	138.9	96.0	0	800
8	1120	60.5	200.4	0.0	114.7	357.7	0.0	100.8	369.5	139.1	97.4	0	800	4	1100	62.1	206.6	0.0	114.6	348.3	0.0	100.8	355.5	138.9	96.2	0	800
8	1140	59.6	195.9	0.0	112.9	352.2	0.0	92.3	368.2	139.1	97.5	0	800	4	1120	61.1	202.0	0.0	112.7	342.9	0.0	92.3	354.3	138.9	96.3	0	800
8	1160	58.7	191.6	0.0	111.2	346.8	0.0	83.8	367.0	139.2	97.6	0	800	4	1140	60.2	197.6	0.0	111.0	337.7	0.0	83.8	353.2	139.0	96.5	0	800
8	1180	57.9	187.4	0.0	109.5	341.4	0.0	75.3	365.7	139.2	97.7	0	800	4	1160	59.3	193.2	0.0	109.3	332.5	0.0	75.3	352.1	139.0	96.6	0	800
8	1200	57.1	183.3	0.0	107.8	336.2	0.0	66.8	364.5	139.2	97.8	0	800	4	1180	58.5	189.0	0.0	107.8	327.3	0.0	66.8	351.0	139.0	96.7	0	800
8	1220	56.3	179.3	0.0	106.1	330.9	0.0	58.3	363.3	139.2	97.9	0	800	4	1200	57.7	184.8	0.0	105.9	322.3	0.0	58.3	349.9	139.0	96.9	0	800
8	1240	55.5	175.3	0.0	104.5	325.8	0.0	49.8	362.1	139.3	98.0	0	800	4	1220	56.8	180.8	0.0	104.3	317.3	0.0	49.8	348.8	139.1	97.0	0	800
8	1260	54.8	171.5	0.0	103.0	320.7	0.0	41.3	360.9	139.3	98.1	0	800	4	1240	56.1	176.8	0.0	102.7	312.3	0.0	41.3	347.7	139.1	97.1	0	800
8	1280	54.0	167.8	0.0	101.4	315.7	0.0	32.8	359.7	139.3	98.2	0	800	4	1260	55.3	173.0	0.0	101.2	307.5	0.0	32.8	346.7	139.1	97.3	0	800
8	1300	53.3	164.1	0.0	99.9	310.8	0.0	24.3	358.6	139.3	98.3	0	800	4	1280	54.5	169.2	0.0	99.6	302.7	0.0	24.3	345.6	139.1	97.4	0	800
8	1320	52.6	160.5	0.0	98.4	305.9	0.0	15.8	357.4	139.3	98.4	0	800	4	1300	53.8	165.5	0.0	98.1	298.0	0.0	15.8	344.5	139.2	97.5	0	800
8	1340	52.0	157.1	0.0	97.0	301.1	0.0	7.3	356.3	139.3	98.5	0	800	4	1320	53.1	161.9	0.0	96.7	293.3	0.0	7.3	343.5	139.2	97.6	0	800
8	1360	51.3	153.7	0.0	95.5	296.3	0.0	0.0	355.1	139.4	98.6	0	800	4	1340	52.4	158.4	0.0	95.3	288.7	0.0	0.0	342.5	139.2	97.7	0	800
8	1380	50.7	150.3	0.0	94.1	291.7	0.0	0.0	354.0	139.4	98.7	0	800	4	1360	51.8	155.0	0.0	93.9	284.2	0.0	0.0	341.5	139.2	97.9	0	800
8	1400	50.1	147.1	0.0	92.8	287.1	0.0	0.0	352.9	139.4	98.8	0	800	4	1380	51.1	151.7	0.0	92.5	279.7	0.0	0.0	340.5	139.3	98.0	0	800
8	1420	49.5	144.0	0.0	91.4	282.5	0.0	0.0	351.8	139.4	98.9	0	800	4	1400	50.5	148.4	0.0	91.2	275.3	0.0	0.0	339.4	139.3	98.1	0	800
8	1440	48.9	140.9	0.0	90.1	278.0	0.0	0.0	350.7	139.4	99.0	0	800	4	1420	49.9	145.2	0.0	89.8	270.9	0.0	0.0	338.5	139.3	98.2	0	800
8	1460	48.3	137.9	0.0	88.9	273.6	0.0	0.0	349.6	139.4	99.1	0	800	4	1440	49.3	142.1	0.0	88.6	266.6	0.0	0.0	337.5	139.3	98.3	0	800
8	1480	47.8	134.8	0.0	87.6	269.3	0.0	0.0	348.5	139.5	99.1	0	800	4	1460	48.7	139.1	0.0	87.3	262.4	0.0	0.0	336.5	139.3	98.4	0	800
8	1500	47.3	132.1	0.0	86.4	265.0	0.0	0.0	347.5	139.5	99.2	0	800	4	1480	48.2	136.2	0.0	86.1	258.2	0.0	0.0	335.5	139.4	98.5	0	800
8	1520	46.7	129.3	0.0	85.2	260.8	0.0	0.0	346.4	139.5	99.3	0	800	4	1500	47.6	133.3	0.0	84.8	254.1	0.0	0.0	334.6	139.4	98.6	0	800
8	1540	46.2	126.6	0.0	84.0	256.6	0.0	0.0	345.4	139.5	99.4	0	800	4	1520	47.1	130.5	0.0	83.7	250.1	0.0	0.0	333.6	139.4	98.7	0	800
8	1560	45.7	124.0	0.0	82.8	252.5	0.0	0.0	344.3	139.5	99.4	0	800</														

9 340 50 1 138 9 58 5 837 0 812 1 748 8 3314 2 453 7 141 9 83 4 250 4173
 9 300 49 5 136 0 58 5 839 7 823 1 754 7 3334 0 468 5 142 2 90 3 250 4192
 9 360 48 9 133 1 58 5 842 2 633 8 760 3 3353 3 482 8 142 4 92 0 250 4212
 9 400 48 4 130 4 58 5 844 7 643 8 765 7 3371 5 498 6 142 7 93 6 250 4230
 9 414 48 0 128 5 58 8 848 3 650 7 789 3 3383 8 508 0 142 8 94 7 249 4242

-> average wood consumption = 58.4 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 3125.2 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 3083.8 kg/hr
 [= Total wood consumption = 402.7 kg.]
 [= Specific energy = 2085.3 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

i	Temperature (C)			average <after moisture firing>		cooling losses (MJ)
	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	
0	97.48	719.10	587.52	95.81	0.0835	8.886
1	97.59	713.38	582.63	98.10	0.0840	8.901
2	98.08	710.81	580.03	98.08	0.0844	9.070
3	100.19	707.75	557.39	98.01	0.0849	9.248
4	101.53	704.91	554.77	95.97	0.0853	9.424
5	102.88	702.08	552.17	95.92	0.0857	9.601
6	104.20	699.27	549.58	95.87	0.0861	9.779
7	105.54	696.47	547.01	95.82	0.0865	9.958
8	106.88	693.67	544.48	95.77	0.0869	10.139
9	108.23	690.90	541.93	95.71	0.0873	10.315
10	109.57	688.13	539.42	95.65	0.0877	10.494
11	110.92	685.38	536.92	95.59	0.0881	10.674
12	112.27	682.63	534.44	95.53	0.0885	10.853
13	113.62	679.90	531.98	95.47	0.0888	11.033
14	114.97	677.18	529.54	95.41	0.0892	11.213
15	116.32	674.48	527.11	95.34	0.0896	11.394
16	117.67	671.78	524.70	95.28	0.0899	11.574
17	119.03	669.10	522.30	95.21	0.0903	11.755
18	120.38	666.43	519.93	95.14	0.0906	11.935
19	121.73	663.77	517.57	95.07	0.0910	12.116
20	123.09	661.12	515.22	95.00	0.0913	12.297
21	124.44	658.49	512.89	94.93	0.0916	12.478
22	125.80	655.88	510.58	94.85	0.0920	12.660
23	127.15	653.28	508.28	94.78	0.0923	12.841
24	128.51	650.65	506.00	94.70	0.0928	13.022

-> Total losses from cooling = 271.657 MJ/2600 bricks
 loss per kg brick = 0.087 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 900 (C) mair = 900 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mh = 0.120
 Total brick in the kiln = 2600 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpfx Tcmfo maidx Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

8	20	168.0	637.8	57.7	798.5	455.1	629.8	3195.8	117.8	134.8	35.7	285	4154
8	40	162.2	624.9	58.0	803.5	474.1	642.7	3252.9	148.9	135.6	41.1	283	4211
8	60	158.5	612.1	58.2	808.1	492.2	654.9	3305.8	178.5	136.3	46.1	282	4264
8	80	154.9	599.5	58.5	812.6	509.6	668.4	3355.0	208.7	137.0	50.9	281	4313
8	100	151.4	587.0	58.7	818.8	528.1	677.2	3400.9	233.7	137.6	55.4	280	4360
8	120	147.9	574.8	59.0	820.7	541.8	687.4	3443.7	259.5	138.2	59.6	279	4403
8	140	144.8	562.7	59.2	824.5	556.9	697.1	3483.9	284.2	138.8	63.5	278	4443
8	160	141.3	550.8	59.4	828.0	571.2	708.2	3521.7	307.8	139.3	67.2	278	4481
8	180	138.2	539.1	59.7	831.4	585.0	714.9	3557.1	330.4	139.8	70.6	275	4517
8	200	135.1	527.5	59.9	834.6	598.1	723.1	3590.6	352.1	140.2	73.9	274	4550
8	220	132.1	516.2	60.1	837.6	610.7	730.9	3622.3	372.9	140.6	76.9	273	4582
8	240	129.1	505.0	60.3	840.5	622.7	738.3	3652.1	392.8	141.0	79.7	273	4612
8	260	126.3	494.0	60.5	843.3	634.1	745.3	3680.3	411.9	141.4	82.3	272	4641
8	280	123.5	483.2	60.7	845.9	645.1	752.0	3707.1	430.3	141.7	84.7	271	4668
8	290	122.1	477.8	60.8	847.1	650.4	755.3	3719.9	439.2	141.8	85.9	270	4681

-> average wood consumption = 59.2 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 3474.0 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 4433.2 kg/hr
 [= Total wood consumption = 288.3 kg.]
 [= Specific energy = 1468.1 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

i	Temperature (C)			average <after moisture firing>		cooling losses (MJ)
	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	
0	439.27	713.07	499.01	88.79	0.0922	58.249

5 300 49 9 139 9 67 9 918 6 836 4 813 8 3593 8 489 0 141 7 85 9 215 4482
 5 320 49 3 134 1 88 0 922 2 650 8 821 1 3818 7 488 1 142 0 88 0 215 4487
 5 320 49 3 134 1 88 0 922 2 650 8 821 1 3818 7 488 1 142 0 88 0 215 4487

-> average wood consumption = 66.0 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 3360.8 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 4228.8 kg/hr
 [= Total wood consumption = 382.4 kg.]
 [= Specific energy = 1858.8 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

i	Temperature (C)			average <after moisture firing>		cooling losses (MJ)
	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	
0	103.91	733.20	551.74	88.99	0.0905	9.741
1	103.98	728.11	548.55	89.32	0.0908	9.747
2	105.21	722.72	543.74	89.29	0.0912	9.913
3	106.51	719.23	540.89	89.25	0.0918	10.087
4	107.82	715.77	538.08	89.21	0.0919	10.261
5	109.13	712.33	535.28	89.18	0.0923	10.435
6	110.44	708.91	532.48	89.12	0.0927	10.610
7	111.75	705.51	529.73	89.07	0.0930	10.784
8	113.08	702.14	526.99	89.02	0.0933	10.959
9	114.37	698.78	524.28	88.97	0.0937	11.134
10	115.69	695.44	521.59	88.92	0.0940	11.309
11	117.00	692.13	518.92	88.88	0.0943	11.484
12	118.31	688.83	516.28	88.80	0.0947	11.660
13	119.63	685.56	513.65	88.75	0.0950	11.835
14	120.94	682.30	511.04	88.69	0.0953	12.011
15	122.28	679.07	508.48	88.62	0.0958	12.188
16	123.57	675.85	505.90	88.56	0.0969	12.362
17	124.89	672.65	503.35	88.50	0.0982	12.537
18	126.20	669.48	500.83	88.43	0.0985	12.713
19	127.51	666.32	498.32	88.38	0.0988	12.889
20	128.83	663.18	495.84	88.29	0.0971	13.064
21	130.14	660.00	493.37	88.22	0.0973	13.240
22	131.45	656.95	490.93	88.15	0.0978	13.418
23	132.78	653.87	488.50	88.08	0.0979	13.591
24	134.07	650.80	486.09	88.01	0.0982	13.767

-> Total losses from cooling = 291.738 MJ/2600 bricks
 loss per kg brick = 0.094 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 1000 (C) mair = 900 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 2600 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpfx Tcmfo maidx Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

5	20	187.3	637.7	68.1	888.1	434.1	878.8	3457.6	100.1	135.1	35.9	241	4426
5	40	183.5	624.8	68.4	874.9	459.5	893.0	3525.3	138.6	135.9	41.5	240	4494
5	60	159.7	612.1	68.8	881.3	483.7	709.0	3587.6	171.4	136.7	48.8	239	4556
5	80	158.1	599.5	68.9	887.3	508.6	722.2	3645.2	204.5	137.3	51.7	239	4614
5	100	152.6	587.1	69.1	893.0	528.5	735.4	3698.8	238.2	138.0	56.3	238	4668
5	120	149.1	574.9	69.4	898.3	549.2	747.9	3748.9	268.3	139.7	59.3	237	4718
5	140	145.7	562.9	69.6	903.3	569.0	759.7	3795.5	295.2	142.6	59.9	238	4765
5	160	142.5	551.0	69.9	908.1	587.8	770.8	3839.2	322.8	144.6	60.5	235	4809
5	180	139.3	539.4	70.1	912.6	605.7	781.3	3880.3	349.2	144.6	61.0	234	4850
5	200	136.1	527.9	70.3	916.8	622.8	791.2	3918.8	374.4	144.7	61.6	234	4889
5	220	133.1	518.5	70.5	920.9	639.1	800.7	3955.1	398.6	144.9	62.0	233	4926
5	234	131.0	508.7	70.7	923.5	650.1	807.0	3979.3	415.0	144.9	62.4	232	4950

-> average wood consumption = 69.3 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 3724.5 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 4693.9 kg/hr
 [= Total wood consumption = 270.4 kg.]
 [= Specific energy = 1386.7 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

i	Temperature (C)			average <after moisture firing>		cooling losses (MJ)
	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	
0	493.22	728.87	484.80	75.89	0.0965	64.069
1	492.09	720.21	475.84	88.50	0.0968	63.924
2	494.48	717.23	473.08	88.20	0.0971	64.273
3	498.42	713.98	470.14	87.90	0.0973	64.557
4	498.17	710.72	467.26	87.60	0.0978	64.812
5	499.78	707.50	464.41	87.30	0.0978	65.049

Table with 3 columns of numerical data, rows 1 to 24. Values range from 441.16 to 477.81 in the first column.

Table with 3 columns of numerical data, rows 8 to 24. Values range from 501.17 to 508.72 in the first column.

--> Total losses from cooling = 1842.655 MJ/2600 bricks
loss per kg brick = 0.526 MJ/kg brick

<----- STOP FIRING ----->
----- CONTINUE COOLING -----

--> Total losses from cooling = 1492.133 MJ/2600 bricks
loss per kg brick = 0.478 MJ/kg brick

<----- STOP FIRING ----->
----- CONTINUE COOLING -----

Table with 3 columns of numerical data, rows 9 to 1360. Values range from 300.120 to 1360.47.1 in the first column.

Table with 3 columns of numerical data, rows 8 to 1360. Values range from 240.130 to 1360.46.7 in the first column.

9 1380 46.5 130.5 0.0 84.3 263.5 0.0 0.0355 139.8 99.3 0.0 900
9 1400 46.0 127.5 0.0 83.1 258.9 0.0 0.0354 139.8 99.4 0.0 900
9 1420 45.5 124.6 0.0 81.8 254.4 0.0 0.0353 139.8 99.5 0.0 900
9 1440 45.0 121.7 0.0 80.6 249.9 0.0 0.0352 139.9 99.5 0.0 900
9 1460 44.5 119.0 0.0 79.4 245.5 0.0 0.0351 139.9 99.6 0.0 900
9 1480 44.0 116.3 0.0 78.3 241.2 0.0 0.0350 139.9 99.7 0.0 900
9 1500 43.6 113.7 0.0 77.1 237.0 0.0 0.0349 139.9 99.8 0.0 900
9 1520 43.1 111.2 0.0 76.0 232.8 0.0 0.0347 139.9 99.8 0.0 900
9 1540 42.7 108.8 0.0 75.0 228.7 0.0 0.0346 139.9 99.9 0.0 900
9 1560 42.3 106.4 0.0 73.9 224.6 0.0 0.0345 139.9 100.0 0.0 900
9 1580 41.9 104.1 0.0 72.9 220.6 0.0 0.0344 140.0 100.1 0.0 900
9 1600 41.5 101.8 0.0 71.8 216.7 0.0 0.0343 140.0 100.1 0.0 900
9 1620 41.1 99.6 0.0 70.8 212.9 0.0 0.0342 140.0 100.2 0.0 900
9 1640 40.7 97.5 0.0 69.9 209.1 0.0 0.0341 140.0 100.2 0.0 900
9 1660 40.4 95.5 0.0 68.9 205.4 0.0 0.0340 140.0 100.3 0.0 900
9 1680 40.0 93.5 0.0 68.0 201.8 0.0 0.0339 140.0 100.4 0.0 900
END OF COOLING → TO BE START FIRING

8 1400 46.2 128.0 0.0 81.5 248.0 0.0 0.0337 139.3 95.9 0.0 900
8 1420 45.7 125.1 0.0 80.3 243.8 0.0 0.0336 139.3 96.0 0.0 900
8 1440 45.2 122.2 0.0 79.1 239.4 0.0 0.0335 139.3 96.2 0.0 900
8 1460 44.7 119.5 0.0 77.9 235.2 0.0 0.0334 139.4 96.4 0.0 900
8 1480 44.2 116.8 0.0 76.8 231.0 0.0 0.0333 139.4 96.6 0.0 900
8 1500 43.7 114.2 0.0 75.7 227.0 0.0 0.0332 139.4 96.7 0.0 900
8 1520 43.3 111.7 0.0 74.6 223.0 0.0 0.0331 139.4 96.9 0.0 900
8 1540 42.8 109.2 0.0 73.6 219.1 0.0 0.0330 139.5 97.1 0.0 900
8 1560 42.4 106.8 0.0 72.5 215.2 0.0 0.0329 139.5 97.2 0.0 900
8 1580 42.0 104.5 0.0 71.5 211.4 0.0 0.0328 139.5 97.4 0.0 900
8 1600 41.6 102.2 0.0 70.5 207.7 0.0 0.0327 139.6 97.5 0.0 900
8 1620 41.2 100.0 0.0 69.5 204.0 0.0 0.0326 139.6 97.6 0.0 900
8 1640 40.9 97.9 0.0 68.6 200.4 0.0 0.0325 139.6 97.8 0.0 900
8 1660 40.5 95.8 0.0 67.7 196.9 0.0 0.0324 139.6 97.9 0.0 900
8 1680 40.2 93.8 0.0 66.8 193.4 0.0 0.0324 139.6 98.0 0.0 900
8 1700 39.8 91.9 0.0 65.9 190.0 0.0 0.0323 139.7 98.2 0.0 900
END OF COOLING → TO BE START FIRING

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo TpxTcempo maixT TppxTcmfo Tpdx (%) md
(min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

10	20	61.0	193.9	65.0	77.5	9393	617.0	3184.4	131.1	134.8	35.7	253	4149
10	40	60.1	189.3	65.0	78.2	387.5	630.4	3242.9	100.3	135.8	41.1	253	4208
10	60	59.1	184.9	65.1	78.8	1410.0	642.9	3297.5	183.2	136.3	46.1	252	4262
10	80	58.2	180.8	65.2	79.3	743.1	654.8	3347.7	215.0	137.0	50.9	252	4313
10	100	57.3	178.3	65.2	798.9	451.7	665.9	3394.8	240.8	137.6	55.4	252	4360
10	120	56.4	172.2	65.3	803.9	471.0	678.5	3438.8	265.2	138.2	59.6	252	4404
10	140	55.6	168.2	65.3	808.5	489.4	688.5	3480.0	288.8	138.8	63.5	251	4445
10	160	54.8	164.3	65.4	813.0	507.0	698.0	3518.6	311.4	139.3	67.2	251	4484
10	180	54.0	160.5	65.4	817.1	523.8	705.0	3555.0	333.2	139.8	70.7	251	4520
10	200	53.2	156.8	65.5	821.1	539.7	713.5	3589.2	354.1	140.2	73.9	251	4555
10	220	52.5	153.1	65.6	824.8	555.0	721.6	3621.5	374.2	140.8	76.8	251	4587
10	240	51.8	149.6	65.6	828.4	569.5	729.3	3652.0	393.5	141.0	79.7	250	4618
10	260	51.1	146.2	65.7	831.7	583.4	736.8	3680.9	412.0	141.4	82.3	250	4647
10	280	50.4	142.8	65.8	834.9	598.7	743.6	3708.8	429.9	141.7	84.7	250	4674
10	300	49.7	139.6	65.8	838.0	609.4	750.3	3734.1	447.1	142.0	87.0	250	4700
10	320	49.1	136.4	65.8	840.8	621.5	758.7	3758.5	463.6	142.3	89.1	250	4724
10	340	48.5	133.3	65.8	843.6	633.1	762.7	3781.8	479.5	143.3	89.6	250	4748
10	360	47.9	130.3	65.9	846.2	644.2	768.5	3803.8	494.8	144.7	89.1	249	4770
10	372	47.5	128.5	65.9	847.7	650.6	771.8	3818.5	503.7	145.3	88.8	249	4782

→ average wood consumption = 65.7 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 3538.0 kg/hr
→ average drying air flowrate = 4503.8 kg/hr
[=> Total wood consumption = 407.6 kg]
[=> Specific energy = 2000.4 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

i	Temperature (C)		average <after moisture firing>			losses (MJ)
	bed cooling	firing	preheating	drying	content cooling	
i	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	
0	98.53	718.91	563.38	94.88	0.0039	9.026
1	96.63	711.38	558.64	95.17	0.0043	9.039
2	99.66	708.70	556.12	95.14	0.0047	9.202
3	101.15	705.93	553.57	95.10	0.0052	9.374
4	102.44	703.19	551.03	95.06	0.0056	9.545
5	103.74	700.45	548.51	95.02	0.0060	9.718
6	105.03	697.73	546.00	94.97	0.0064	9.890
7	106.33	695.01	543.51	94.92	0.0068	10.063
8	107.63	692.31	541.04	94.87	0.0072	10.236
9	108.93	689.62	538.59	94.82	0.0075	10.409
10	110.23	688.95	538.15	93.78	0.0079	10.582
11	111.54	684.28	533.73	93.48	0.0083	10.756
12	112.84	681.62	531.33	92.94	0.0086	10.930
13	114.15	678.98	528.94	92.65	0.0090	11.104
14	115.45	678.36	528.57	92.35	0.0093	11.278
15	116.78	673.73	524.21	91.82	0.0097	11.452
16	118.07	671.12	521.87	91.53	0.0090	11.627
17	119.38	668.52	519.55	91.24	0.0094	11.801
18	120.68	665.93	517.24	90.96	0.0097	11.976
19	121.99	663.36	514.95	90.64	0.0091	12.151
20	123.30	660.79	512.67	90.15	0.0093	12.326
21	124.61	658.24	510.41	89.87	0.0091	12.501
22	125.92	655.70	508.16	89.59	0.0091	12.676
23	127.23	653.16	505.93	89.08	0.0092	12.851
24	128.54	650.64	503.71	88.80	0.0092	13.027

→ Total losses from cooling = 273.537 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.088 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 900 (C) mai= 1000 (kg/hr)

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo TpxTcempo maixT TppxTcmfo Tpdx (%) md
(min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

7	20	59.1	183.5	75.7	848.1	354.4	671.3	3482.1	133.5	135.1	35.5	217	4458
7	40	58.2	179.3	75.8	858.2	384.2	687.3	3549.1	167.0	135.9	41.2	217	4525
7	60	57.3	175.1	75.9	863.8	412.4	702.3	3611.0	199.1	136.7	46.5	217	4587
7	80	56.5	171.0	75.9	870.9	439.2	716.5	3688.0	229.8	137.3	51.5	216	4644
7	100	55.6	167.0	76.0	877.5	464.6	729.8	3721.3	259.2	138.2	55.8	216	4697
7	120	54.8	163.2	76.1	883.8	488.6	742.3	3771.0	287.3	141.3	58.8	216	4747
7	140	54.0	159.4	76.1	889.7	511.5	754.1	3817.2	314.3	144.1	61.3	216	4793
7	160	53.2	155.7	76.2	895.2	533.2	765.3	3860.7	340.3	144.4	64.0	216	4837
7	180	52.5	152.1	76.2	900.5	553.9	776.0	3901.3	365.1	144.5	66.6	216	4877
7	200	51.8	148.8	76.3	905.4	573.6	786.0	3939.7	389.0	144.7	69.2	215	4918
7	220	51.1	145.2	76.3	910.1	592.3	795.6	3975.7	411.9	144.8	71.8	215	4952
7	240	50.4	141.9	76.3	914.5	610.1	804.8	4009.6	434.0	144.8	74.4	215	4988
7	260	49.8	138.7	76.4	918.6	627.1	813.2	4041.9	455.1	144.8	76.9	215	5018
7	280	49.1	135.6	76.5	922.6	643.3	821.4	4072.4	475.5	144.9	79.4	215	5049
7	300	48.8	134.0	76.5	924.5	651.1	825.4	4088.8	485.4	144.9	81.9	215	5063

→ average wood consumption = 76.5 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 3607.6 kg/hr
→ average drying air flowrate = 4784.1 kg/hr
[=> Total wood consumption = 370.0 kg]
[=> Specific energy = 1897.2 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

i	Temperature (C)		average <after moisture firing>			losses (MJ)
	bed cooling	firing	preheating	drying	content cooling	
i	Tpc[i]	Tpf[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	
0	105.21	733.95	549.69	73.33	0.0904	9.914
1	105.14	725.12	544.31	68.48	0.0907	9.904
2	108.32	722.01	541.60	66.22	0.0910	10.062
3	107.58	718.58	538.82	65.99	0.0913	10.229
4	108.84	715.15	536.07	65.75	0.0916	10.396
5	110.09	711.78	533.35	65.51	0.0918	10.564
6	111.35	708.40	530.64	65.56	0.0921	10.731
7	112.62	705.11	527.85	65.32	0.0924	10.900
8	113.88	701.78	525.29	65.09	0.0926	11.068
9	115.14	698.47	522.64	64.85	0.0929	11.236
10	116.40	695.18	520.02	64.62	0.0931	11.404
11	117.66	691.91	517.43	64.38	0.0934	11.572
12	118.92	688.68	514.85	64.15	0.0936	11.741
13	120.18	685.43	512.29	63.92	0.0939	11.909
14	121.44	682.21	509.74	63.68	0.0941	12.077
15	122.70	679.02	507.22	63.45	0.0943	12.245
16	123.96	675.84	504.72	63.22	0.0946	12.414
17	125.22	672.68	502.23	62.99	0.0948	12.582
18	126.48	669.54	499.77	62.75	0.0950	12.750
19	127.74	666.48	497.32	62.50	0.0952	12.920
20	129.00	663.38	494.89	62.27	0.0955	13.088
21	130.26	660.28	492.48	62.03	0.0957	13.256
22	131.51	657.21	490.09	61.78	0.0959	13.424
23	132.77	654.18	487.72	61.50	0.0961	13.592
24	134.02	651.12	485.37	61.23	0.0963	13.760

→ Total losses from cooling = 293.739 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.094 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 1000 (C) mai= 1000 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the bin = 2600 bricks
<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 2600 bricks

<[air temp outlet, back temp, air flowrate and wood consump]>

g Time TACO TPCX mf Tcmfo Tptr Tcmfo maxdx Tpx Tcmfo Tpxr (%) md
(min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

Table with 11 columns: Time, TACO, TPCX, mf, Tcmfo, Tptr, Tcmfo, maxdx, Tpx, Tcmfo, Tpxr (%), md. It contains 27 rows of numerical data representing process parameters over time.

-> average wood consumption = 66.1 kg/hr

-> average mixing air flowrate = 3862.8 kg/hr

-> average drying air flowrate = 4928.7 kg/hr

[=> Total wood consumption = 301.9 kg]

[=> Specific energy = 1548.1 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after

moisture firing>

bed cooling firing preheating drying content cooling

i Tpc[] Tpf[] Tpp[] Tpd[] M[] losses (MJ)

Table with 6 columns: i, Tpc[], Tpf[], Tpp[], Tpd[], M[], losses (MJ). It contains 24 rows of numerical data for the first process stage.

-> Total losses from cooling = 1478.784 MJ/2600 bricks

loss per kg. brick = 0.473 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING ++++++>

--- CONTINUE COOLING ---

Table with 6 columns: i, Tpc[], Tpf[], Tpp[], Tpd[], M[], losses (MJ). It contains 18 rows of numerical data for the second process stage.

g Time TACO TPCX mf Tcmfo Tptr Tcmfo maxdx Tpx Tcmfo Tpxr (%) md
(min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

Table with 11 columns: Time, TACO, TPCX, mf, Tcmfo, Tptr, Tcmfo, maxdx, Tpx, Tcmfo, Tpxr (%), md. It contains 12 rows of numerical data for the second process stage.

-> average wood consumption = 77.4 kg/hr

-> average mixing air flowrate = 4152.4 kg/hr

-> average drying air flowrate = 5229.8 kg/hr

[=> Total wood consumption = 283.7 kg]

[=> Specific energy = 1454.7 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after

moisture firing>

bed cooling firing preheating drying content cooling

i Tpc[] Tpf[] Tpp[] Tpd[] M[] losses (MJ)

Table with 6 columns: i, Tpc[], Tpf[], Tpp[], Tpd[], M[], losses (MJ). It contains 24 rows of numerical data for the second process stage.

-> Total losses from cooling = 1627.910 MJ/2600 bricks

loss per kg. brick = 0.522 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING ++++++>

--- CONTINUE COOLING ---

Table with 6 columns: i, Tpc[], Tpf[], Tpp[], Tpd[], M[], losses (MJ). It contains 18 rows of numerical data for the third process stage.

5	600	77.0	290.2	0.0	145.2	465.7	0.0	0.0	397.2	138.5	79.6	0	1000
5	680	75.4	282.7	0.0	142.4	457.6	0.0	0.0	395.6	138.7	80.2	0	1000
5	700	73.9	275.3	0.0	139.8	449.5	0.0	0.0	394.1	138.8	80.9	0	1000
5	720	72.4	269.2	0.0	139.9	441.5	0.0	0.0	392.5	138.9	81.5	0	1000
5	740	71.0	261.2	0.0	134.2	433.7	0.0	0.0	391.0	137.0	82.1	0	1000
5	760	69.6	254.4	0.0	131.7	426.0	0.0	0.0	389.5	137.1	82.7	0	1000
5	780	68.3	247.8	0.0	129.1	418.4	0.0	0.0	388.0	137.2	83.3	0	1000
5	800	67.0	241.3	0.0	126.7	410.9	0.0	0.0	386.6	137.3	83.8	0	1000
5	820	65.8	235.0	0.0	124.3	403.6	0.0	0.0	385.1	137.4	84.4	0	1000
5	840	64.6	228.9	0.0	121.9	396.3	0.0	0.0	383.7	137.5	84.9	0	1000
5	860	63.4	222.9	0.0	119.7	389.2	0.0	0.0	382.3	137.6	85.4	0	1000
5	880	62.2	217.1	0.0	117.4	382.2	0.0	0.0	380.9	137.7	85.9	0	1000
5	900	61.1	211.4	0.0	115.3	375.2	0.0	0.0	379.5	137.8	86.4	0	1000
5	920	60.1	205.9	0.0	113.2	368.4	0.0	0.0	378.1	137.9	86.9	0	1000
5	940	59.1	200.6	0.0	111.1	361.7	0.0	0.0	376.8	138.0	87.3	0	1000
5	960	58.1	195.3	0.0	109.1	355.1	0.0	0.0	375.4	138.0	87.8	0	1000
5	980	57.1	190.2	0.0	107.1	348.6	0.0	0.0	374.1	138.1	88.2	0	1000
5	1000	56.2	185.3	0.0	105.2	342.2	0.0	0.0	372.8	138.2	88.6	0	1000
5	1020	55.3	180.5	0.0	103.3	335.9	0.0	0.0	371.5	138.3	89.0	0	1000
5	1040	54.4	175.8	0.0	101.5	329.8	0.0	0.0	370.2	138.3	89.4	0	1000
5	1060	53.6	171.3	0.0	99.7	323.7	0.0	0.0	368.9	138.4	89.8	0	1000
5	1080	52.7	166.9	0.0	98.0	317.7	0.0	0.0	367.6	138.5	90.2	0	1000
5	1100	52.0	162.6	0.0	96.3	311.8	0.0	0.0	366.4	138.5	90.6	0	1000
5	1120	51.2	158.4	0.0	94.7	306.0	0.0	0.0	365.1	138.6	90.9	0	1000
5	1140	50.5	154.4	0.0	93.0	300.3	0.0	0.0	363.9	138.7	91.3	0	1000
5	1160	49.7	150.4	0.0	91.5	294.7	0.0	0.0	362.7	138.7	91.8	0	1000
5	1180	49.1	146.6	0.0	89.9	289.2	0.0	0.0	361.5	138.8	91.9	0	1000
5	1200	48.4	142.9	0.0	88.4	283.7	0.0	0.0	360.3	138.9	92.3	0	1000
5	1220	47.7	139.3	0.0	87.0	278.4	0.0	0.0	359.1	138.9	92.6	0	1000
5	1240	47.1	135.6	0.0	85.5	273.2	0.0	0.0	358.0	139.0	92.9	0	1000
5	1260	46.5	132.4	0.0	84.1	268.0	0.0	0.0	356.8	139.0	93.2	0	1000
5	1280	45.9	129.1	0.0	82.8	262.9	0.0	0.0	355.7	139.1	93.4	0	1000
5	1300	45.4	125.9	0.0	81.5	258.0	0.0	0.0	354.6	139.1	93.7	0	1000
5	1320	44.8	122.9	0.0	80.2	253.1	0.0	0.0	353.4	139.2	94.0	0	1000
5	1340	44.3	119.9	0.0	78.9	248.3	0.0	0.0	352.3	139.2	94.2	0	1000
5	1360	43.8	116.9	0.0	77.7	243.5	0.0	0.0	351.2	139.3	94.5	0	1000
5	1380	43.3	114.1	0.0	76.5	238.9	0.0	0.0	350.1	139.3	94.7	0	1000
5	1400	42.9	111.4	0.0	75.3	234.3	0.0	0.0	349.1	139.3	95.0	0	1000
5	1420	42.4	108.7	0.0	74.1	229.9	0.0	0.0	348.0	139.4	95.2	0	1000
5	1440	42.0	106.2	0.0	73.0	225.5	0.0	0.0	346.9	139.4	95.4	0	1000
5	1460	41.5	103.7	0.0	71.9	221.1	0.0	0.0	345.9	139.5	95.6	0	1000
5	1480	41.1	101.3	0.0	70.8	216.9	0.0	0.0	344.8	139.5	95.9	0	1000
5	1500	40.7	98.9	0.0	69.8	212.7	0.0	0.0	343.8	139.5	96.1	0	1000
5	1520	40.4	96.6	0.0	68.8	208.6	0.0	0.0	342.8	139.6	96.3	0	1000
5	1540	40.0	94.4	0.0	67.8	204.6	0.0	0.0	341.8	139.6	96.5	0	1000
5	1560	39.6	92.3	0.0	66.8	200.7	0.0	0.0	340.8	139.6	96.8	0	1000
5	1580	39.3	90.3	0.0	65.9	196.8	0.0	0.0	339.8	139.7	96.8	0	1000

END OF COOLING → TO BE START FIRING

g	Time (min)	Taco (C)	Tpcx (C)	m1 (C)	Tcmfo (C)	Tpfx (C)	Tempo (kg/h)	maidx (C)	Tppx (C)	Tcmdo (C)	Tpdx (%)	md (kg/h)
6	20	59.9	191.8	72.3	780.1	366.8	624.2	3573.6	130.5	135.3	35.7	253.4
6	40	58.9	187.0	72.4	788.6	392.2	638.3	3841.9	162.4	138.0	39.0	252.4
6	60	57.9	182.2	72.4	792.8	418.3	651.5	3704.6	192.7	141.8	40.4	252.4
6	80	56.9	177.6	72.5	798.5	439.1	663.9	3762.9	221.7	143.4	41.7	252.4
6	100	56.0	173.1	72.6	803.9	460.8	675.6	3816.7	249.4	143.5	42.9	252.4
6	120	55.1	168.8	72.6	809.0	481.1	686.5	3866.8	275.8	143.8	44.1	251.9
6	140	54.3	164.5	72.7	813.7	500.5	698.8	3913.7	301.0	143.9	45.3	251.9
6	160	53.4	160.4	72.8	818.2	519.0	706.5	3957.4	325.2	144.0	46.4	251.9
6	180	52.6	156.4	72.8	822.4	536.5	715.7	3998.3	348.3	144.0	47.5	251.9
6	200	51.8	152.5	72.9	826.4	553.2	724.4	4038.7	370.4	144.1	48.5	251.9
6	220	51.1	148.7	73.0	830.1	569.0	732.7	4072.8	391.5	144.2	49.5	250.5
6	240	50.4	145.0	73.1	833.7	584.1	740.5	4107.1	411.8	144.2	50.5	250.5
6	260	49.7	141.4	73.1	837.0	598.4	747.9	4138.7	431.3	144.3	51.5	250.5
6	280	49.0	137.9	73.1	840.2	612.0	754.9	4168.9	449.9	144.3	52.4	250.5
6	300	48.3	134.5	73.2	843.2	625.0	761.6	4197.2	467.7	144.4	53.3	250.5
6	320	47.7	131.2	73.2	846.0	637.4	767.9	4224.2	484.9	144.4	54.1	249.5
6	340	47.1	128.0	73.2	848.7	649.2	773.9	4249.5	501.3	144.5	55.0	249.5
6	342	47.0	127.7	73.3	849.0	650.4	774.5	4252.1	502.9	144.5	55.0	249.5

→ average wood consumption = 73.1 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 3950.9 kg/hr
→ average drying air flowrate = 5024.1 kg/hr
[⇒ Total wood consumption = 418.9 kg.]
[⇒ Specific energy = 2137.9 kJ/kg brick]
<{ Final temperature and moisture content of brick in drying chamber }>

	Temperature (C)	average	<after			
			moisture firing>			
bed cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	
i	Tpc[i]	Top[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (M)
0	88.94	716.86	561.63	61.87	0.0836	9.060
1	98.96	710.36	556.75	57.38	0.0839	9.063

6	720	72.8	268.7	0.0	134.1	422.6	0.0	0.0	374.3	136.5	80.5	0	1000
6	740	71.4	261.8	0.0	131.5	415.1	0.0	0.0	373.0	136.6	81.2	0	1000
6	760	70.0	255.0	0.0	128.9	407.7	0.0	0.0	371.7	136.8	81.8	0	1000
6	780	68.6	248.3	0.0	126.5	400.4	0.0	0.0	370.4	136.9	82.4	0	1000
6	800	67.3	241.9	0.0	124.0	393.3	0.0	0.0	369.1	137.0	82.9	0	1000
6	820	66.1	235.6	0.0	121.7	386.2	0.0	0.0	367.8	137.1	83.5	0	1000
6	840	64.9	229.4	0.0	119.4	379.3	0.0	0.0	366.6	137.2	84.1	0	1000
6	860	63.7	223.5	0.0	117.2	372.5	0.0	0.0	365.3	137.3	84.6	0	1000
6	880	62.5	217.6	0.0	115.0	365.7	0.0	0.0	364.1	137.4	85.1	0	1000
6	900	61.4	212.0	0.0	112.9	359.1	0.0	0.0	362.9	137.5	85.6	0	1000
6	920	60.4	206.4	0.0	110.8	352.6	0.0	0.0	361.7	137.6	86.1	0	1000
6	940	59.3	201.1	0.0	108.8	346.2	0.0	0.0	360.5	137.7	86.6	0	1000
6	960	58.3	195.8	0.0	106.8	339.8	0.0	0.0	359.3	137.8	87.1	0	1000
6	980	57.3	190.7	0.0	104.9	333.6	0.0	0.0	358.2	137.9	87.5	0	1000
6	1000	56.4	185.8	0.0	103.0	327.5	0.0	0.0	357.0	138.0	88.0	0	1000
6	1020	55.5	181.0	0.0	101.2	321.5	0.0	0.0	355.9	138.0	88.4	0	1000
6	1040	54.6	176.3	0.0	99.4	315.6	0.0	0.0	354.7	138.1	88.8	0	1000
6	1060	53.8	171.8	0.0	97.7	309.7	0.0	0.0	353.6	138.2	89.2	0	1000
6	1080	52.9	167.3	0.0	96.0	304.0	0.0	0.0	352.5	138.3	89.6	0	1000
6	1100	52.2	163.0	0.0	94.3	298.4	0.0	0.0	351.4	138.3	90.0	0	1000
6	1120	51.4	158.9	0.0	92.7	292.8	0.0	0.0	350.3	138.4	90.4	0	1000
6	1140	50.6	154.8	0.0	91.1	287.4	0.0	0.0	349.2	138.5	90.7	0	1000
6	1160	49.9	150.9	0.0	89.6	282.0	0.0	0.0	348.1	138.6	91.1	0	1000
6	1180	49.2	147.0	0.0	88.1	276.7	0.0	0.0	347.1	138.6	91.4	0	1000
6	1200	48.6	143.3	0.0	86.6	271.5	0.0	0.0	346.0	138.7	91.8	0	1000
6	1220	47.9	139.7	0.0	85.2	266.4	0.0	0.0	345.0	138.7	92.1	0	1000
6	1240	47.3</											

Table with 10 columns: brick number, and 9 pairs of temperature and humidity values.

--> Total losses from cooling = 272.838 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.087 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfiro = 900 (C) mai= 1100 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 2600 bricks

<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

Table with 10 columns: g Time, Taco, Tpcx ml, Tcmfo, Tph, Tempo, maidx, Tppx, Tcmdo, Tpcx (%), md (min), (C), (C), (kg/h), (C), (C), (C), (kg/h), (C), (C), (C), (kg/h)

--> average wood consumption = 72.9 kg/hr

--> average mixing air flowrate = 4283.1 kg/hr

--> average drying air flowrate = 5436.0 kg/hr

[=> Total wood consumption = 304.0 kg.]

[=> Specific energy = 1558.8 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 10 columns: Temperature (C), average <after moisture firing>, bed cooling, firing, preheating, drying, content, cooling, i, Tpc[i], Tpf[i], Tpp[i], Tpd[i], M[i], losses (MJ)

Table with 10 columns: brick number, and 9 pairs of temperature and humidity values.

--> Total losses from cooling = 295.815 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.095 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)

Tfiro = 1000 (C) mai= 1100 (kg/hr)

Tdry = 150 (C) Mb = 0.120

Total brick in the kiln = 2600 bricks

<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpcx ml Tcmfo Tph Tempo maidx Tppx Tcmdo Tpcx (%) md (min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

Table with 10 columns: g Time, Taco, Tpcx ml, Tcmfo, Tph, Tempo, maidx, Tppx, Tcmdo, Tpcx (%), md (min), (C), (C), (kg/h), (C), (C), (C), (kg/h)

--> average wood consumption = 85.4 kg/hr

--> average mixing air flowrate = 4593.6 kg/hr

--> average drying air flowrate = 5778.9 kg/hr

[=> Total wood consumption = 290.3 kg.]

[=> Specific energy = 1488.6 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 10 columns: Temperature (C), average <after moisture firing>, bed cooling, firing, preheating, drying, content, cooling, i, Tpc[i], Tpf[i], Tpp[i], Tpd[i], M[i], losses (MJ)

--> Total losses from cooling = 1625.573 MJ/2600 bricks
loss per kg. brick = 0.621 MJ/kg brick

22 473.82 654.83 429.68 47.52 0.0058 81.258
 23 474.49 652.33 427.54 47.82 0.0090 81.356
 24 475.11 650.03 425.42 47.72 0.0062 81.446

→ Total losses from cooling = 1435.810 MJ/2600 bricks
 loss per kg back = 0.476 MJ/kg brick

←----- STOP FIRING -----
 --- CONTINUE COOLING ---

8 260 115.3 488.9 0.0 210.3 843.9 0.0 853.4 424.5 133.2 49.2 0 1053
 8 280 112.5 456.7 0.0 205.5 832.3 0.0 815.7 422.6 133.6 52.0 0 1916
 8 300 109.7 444.8 0.0 200.8 820.9 0.0 778.9 420.7 134.0 54.6 0 1879
 8 320 108.9 433.1 0.0 198.2 809.6 0.0 749.0 418.9 134.3 57.1 0 1843
 8 340 104.3 421.7 0.0 191.8 598.5 0.0 707.9 417.1 134.7 59.5 0 1808
 8 360 101.8 410.5 0.0 187.5 587.6 0.0 673.8 415.3 135.0 61.7 0 1774
 8 380 99.3 399.6 0.0 183.3 576.9 0.0 640.1 413.5 135.3 63.4 0 1740
 8 400 98.9 388.9 0.0 179.2 566.3 0.0 607.4 411.8 135.5 65.0 0 1707
 8 420 94.6 378.4 0.0 175.2 555.9 0.0 575.4 410.1 135.7 66.5 0 1675
 8 440 92.4 368.2 0.0 171.3 545.7 0.0 544.3 408.4 135.8 67.9 0 1644
 8 460 90.2 358.2 0.0 167.6 535.6 0.0 513.8 406.7 136.0 69.3 0 1614
 8 480 88.1 348.4 0.0 163.9 525.7 0.0 484.1 405.0 136.2 70.5 0 1584
 8 500 86.1 338.9 0.0 160.3 515.9 0.0 455.2 403.4 136.3 71.8 0 1555
 8 520 84.1 329.6 0.0 156.9 506.3 0.0 426.9 401.8 136.4 72.9 0 1527
 8 540 82.2 320.6 0.0 153.5 496.8 0.0 399.3 400.2 136.6 74.1 0 1499
 8 560 80.4 311.7 0.0 150.2 487.5 0.0 372.4 398.6 136.7 75.1 0 1472
 8 580 78.6 303.1 0.0 147.0 478.4 0.0 347.0 397.0 136.8 76.0 0 1446
 8 600 76.8 294.7 0.0 143.9 469.3 0.0 322.9 395.4 136.9 76.8 0 1421
 8 620 75.2 286.5 0.0 140.9 460.5 0.0 300.0 393.8 137.0 77.6 0 1400
 8 640 73.6 278.5 0.0 137.9 451.7 0.0 278.4 392.4 137.0 78.3 0 1380
 8 660 72.0 270.6 0.0 135.0 443.2 0.0 258.0 391.0 137.1 78.9 0 1361
 8 680 70.5 263.2 0.0 132.2 434.7 0.0 238.6 389.5 137.2 79.8 0 1344
 8 700 69.0 256.8 0.0 129.5 426.4 0.0 220.0 388.0 137.3 80.5 0 1328
 8 720 67.6 249.7 0.0 126.9 418.2 0.0 202.1 386.4 137.0 81.2 0 1313
 8 740 66.3 241.7 0.0 124.3 410.2 0.0 185.1 384.8 137.1 81.8 0 1300
 8 760 65.0 234.9 0.0 121.8 402.3 0.0 169.0 383.2 137.2 82.5 0 1288
 8 780 63.7 228.3 0.0 119.4 394.5 0.0 153.9 381.6 137.3 83.1 0 1277
 8 800 62.5 221.9 0.0 117.0 386.9 0.0 139.6 380.0 137.4 83.7 0 1267
 8 820 61.3 215.7 0.0 114.7 379.3 0.0 126.1 378.4 137.5 84.3 0 1258
 8 840 60.2 209.7 0.0 112.4 371.9 0.0 113.4 376.8 137.6 84.9 0 1250
 8 860 59.1 203.8 0.0 110.2 364.7 0.0 101.5 375.2 137.6 85.4 0 1243
 8 880 58.0 198.1 0.0 108.1 357.5 0.0 90.4 373.5 137.9 85.9 0 1237
 8 900 57.0 192.6 0.0 106.0 350.5 0.0 80.1 371.8 138.0 86.5 0 1232
 8 920 56.0 187.2 0.0 104.0 343.6 0.0 70.6 370.1 138.0 87.0 0 1228
 8 940 55.0 182.0 0.0 102.0 336.8 0.0 61.9 368.4 138.1 87.5 0 1224
 8 960 54.1 176.9 0.0 100.1 330.1 0.0 54.0 366.7 138.2 87.9 0 1221
 8 980 53.2 172.0 0.0 98.2 323.6 0.0 46.7 365.0 138.3 88.4 0 1218
 8 1000 52.3 167.2 0.0 96.4 317.1 0.0 40.1 363.3 138.4 88.8 0 1216
 8 1020 51.5 162.8 0.0 94.6 310.8 0.0 34.2 361.6 138.5 89.3 0 1214
 8 1040 50.7 158.2 0.0 92.9 304.6 0.0 28.9 360.0 138.6 89.7 0 1213
 8 1060 49.9 153.8 0.0 91.2 298.5 0.0 24.2 358.4 138.6 90.1 0 1213
 8 1080 49.2 149.6 0.0 89.6 292.5 0.0 20.0 356.8 138.7 90.5 0 1213
 8 1100 48.5 145.5 0.0 88.0 286.6 0.0 16.2 355.2 138.8 90.9 0 1213
 8 1120 47.8 141.6 0.0 86.4 280.8 0.0 12.8 353.7 138.9 91.3 0 1213
 8 1140 47.1 137.8 0.0 84.9 275.1 0.0 9.8 352.1 138.9 91.6 0 1213
 8 1160 46.5 134.1 0.0 83.4 269.6 0.0 7.1 350.5 139.0 92.0 0 1213
 8 1180 45.9 130.5 0.0 82.0 264.1 0.0 4.6 350.0 139.0 92.3 0 1213
 8 1200 45.3 127.0 0.0 80.6 258.7 0.0 2.3 350.0 139.1 92.7 0 1213
 8 1220 44.7 123.7 0.0 79.2 253.5 0.0 0.3 350.0 139.2 93.0 0 1213
 8 1240 44.1 120.4 0.0 77.9 248.3 0.0 0.0 353.9 139.2 93.3 0 1213
 8 1260 43.6 117.3 0.0 76.6 243.2 0.0 0.0 352.8 139.3 93.6 0 1213
 8 1280 43.1 114.3 0.0 75.3 238.2 0.0 0.0 351.7 139.3 93.9 0 1213
 8 1300 42.6 111.3 0.0 74.1 233.3 0.0 0.0 350.6 139.4 94.2 0 1213
 8 1320 42.1 108.5 0.0 72.9 228.5 0.0 0.0 349.5 139.4 94.4 0 1213
 8 1340 41.7 105.7 0.0 71.7 223.8 0.0 0.0 348.5 139.5 94.7 0 1213
 8 1360 41.2 103.1 0.0 70.6 219.2 0.0 0.0 347.4 139.5 95.0 0 1213
 8 1380 40.8 100.5 0.0 69.5 214.7 0.0 0.0 346.4 139.6 95.2 0 1213
 8 1400 40.4 98.0 0.0 68.4 210.3 0.0 0.0 345.4 139.6 95.5 0 1213
 8 1420 40.0 95.6 0.0 67.3 205.9 0.0 0.0 344.3 139.7 95.7 0 1213
 8 1440 39.6 93.3 0.0 66.3 201.7 0.0 0.0 343.3 139.7 95.9 0 1213
 8 1460 39.2 91.1 0.0 65.3 197.5 0.0 0.0 342.3 139.8 96.1 0 1213
 END OF COOLING → TO BE START FIRING

g Time Taco Tpxc mf Tcm0 Tpfx Tcm0c maixc Tpxx Tcm0c Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

7 20 58.7 189.3 79.6 783.4 370.5 630.9 3967.0 132.7 142.9 31.7 252 5147
 7 40 57.7 184.2 79.7 790.2 397.6 645.7 4045.1 187.0 143.1 33.3 252 5225
 7 60 56.7 179.2 79.8 796.6 423.1 659.5 4118.5 199.5 143.2 34.9 252 5296
 7 80 55.7 174.3 79.9 802.5 447.1 672.4 4182.5 230.4 143.3 36.5 251 5362
 7 100 54.7 169.8 79.9 808.1 469.8 684.4 4243.1 259.8 143.4 38.0 251 5423
 7 120 53.8 165.0 80.0 813.2 491.3 696.6 4299.5 287.8 143.5 39.4 251 5480
 7 140 53.0 160.5 80.1 818.1 511.5 708.2 4351.7 314.5 143.6 40.9 251 5532
 7 160 52.1 156.2 80.2 822.6 530.7 718.2 4400.3 339.9 143.7 42.2 251 5580
 7 180 51.3 152.0 80.2 828.9 548.9 725.5 4445.7 364.1 143.8 43.5 250 5626

←----- STOP FIRING -----
 ----- CONTINUE COOLING -----

8 220 122.1 494.3 0.0 216.5 641.0 0.0 901.4 411.2 133.1 47.7 0 2001
 8 240 119.0 481.7 0.0 211.5 629.5 0.0 862.5 409.5 133.5 50.6 0 1962
 8 260 116.0 469.2 0.0 208.6 618.1 0.0 824.4 407.8 133.9 53.3 0 1924
 8 280 113.1 457.1 0.0 201.9 607.0 0.0 787.2 406.1 134.3 55.9 0 1887
 8 300 110.3 445.2 0.0 197.2 596.0 0.0 750.9 404.4 134.6 58.3 0 1851
 8 320 107.6 433.5 0.0 192.7 585.2 0.0 715.4 402.8 134.9 60.7 0 1815
 8 340 104.9 422.1 0.0 188.4 574.6 0.0 680.7 401.1 135.2 62.8 0 1781
 8 360 102.4 410.9 0.0 184.1 564.1 0.0 648.9 399.5 135.5 64.6 0 1747
 8 380 99.9 400.0 0.0 180.0 553.8 0.0 618.8 397.9 135.7 66.1 0 1714
 8 400 97.5 389.3 0.0 176.0 543.6 0.0 581.5 396.4 135.9 67.5 0 1682
 8 420 95.2 378.9 0.0 172.0 533.8 0.0 550.0 394.8 136.1 68.9 0 1650
 8 440 92.9 368.7 0.0 168.2 523.8 0.0 519.3 393.3 136.2 70.2 0 1619
 8 460 90.7 358.7 0.0 164.5 514.1 0.0 489.3 391.8 136.4 71.5 0 1589
 8 480 88.6 348.9 0.0 160.9 504.6 0.0 460.0 390.3 136.5 72.7 0 1560
 8 500 86.5 339.4 0.0 157.4 495.2 0.0 431.4 388.8 136.6 73.8 0 1531
 8 520 84.6 330.2 0.0 154.0 485.9 0.0 403.5 387.3 136.7 74.9 0 1504
 8 540 82.6 321.1 0.0 150.7 476.9 0.0 376.3 385.9 136.9 75.9 0 1478
 8 560 80.8 312.3 0.0 147.4 467.9 0.0 350.4 384.4 136.9 76.7 0 1454
 8 580 79.0 303.6 0.0 144.3 459.1 0.0 325.3 383.0 136.9 77.5 0 1431
 8 600 77.3 295.2 0.0 141.2 450.5 0.0 301.1 381.6 136.5 78.3 0 1410
 8 620 75.6 287.1 0.0 138.3 441.9 0.0 277.8 380.2 136.8 79.0 0 1390
 8 640 74.0 279.1 0.0 135.4 433.6 0.0 255.3 378.8 136.8 79.7 0 1371
 8 660 72.4 271.3 0.0 132.5 425.3 0.0 233.7 377.5 136.9 80.4 0 1354
 8 680 70.9 263.8 0.0 129.8 417.2 0.0 213.0 376.1 137.0 81.1 0 1338
 8 700 69.4 256.4 0.0 127.1 409.2 0.0 193.4 374.8 137.1 81.8 0 1324
 8 720 68.0 249.2 0.0 124.5 401.4 0.0 174.8 373.5 137.2 82.4 0 1311
 8 740 66.6 242.3 0.0 122.0 393.6 0.0 157.2 372.2 137.4 83.0 0 1300
 8 760 65.3 235.5 0.0 119.5 386.1 0.0 140.6 370.9 137.5 83.6 0 1290
 8 780 64.0 228.9 0.0 117.1 378.6 0.0 125.0 369.6 137.6 84.2 0 1281
 8 800 62.8 222.5 0.0 114.8 371.2 0.0 110.4 368.4 137.7 84.8 0 1273
 8 820 61.6 216.2 0.0 112.5 364.0 0.0 96.7 367.1 137.8 85.3 0 1266
 8 840 60.4 210.2 0.0 110.3 356.9 0.0 83.9 365.9 137.9 85.9 0 1260
 8 860 59.3 204.3 0.0 108.2 350.0 0.0 72.1 364.7 138.0 86.4 0 1255
 8 880 58.2 198.6 0.0 106.1 343.1 0.0 61.2 363.4 138.1 86.9 0 1251
 8 900 57.2 193.1 0.0 104.0 336.4 0.0 51.3 362.2 138.2 87.4 0 1248
 8 920 56.2 187.7 0.0 102.0 329.7 0.0 42.4 361.1 138.3 87.8 0 1245
 8 940 55.2 182.5 0.0 100.1 323.2 0.0 34.5 359.9 138.3 88.3 0 1243
 8 960 54.3 177.4 0.0 98.2 316.6 0.0 27.6 358.7 138.4 88.8 0 1242
 8 980 53.4 172.5 0.0 96.4 310.5 0.0 21.7 357.6 138.5 89.2 0 1242
 8 1000 52.5 167.7 0.0 94.6 304.3 0.0 16.8 356.4 138.6 89.6 0 1242
 8 1020 51.7 163.1 0.0 92.9 298.3 0.0 12.9 355.3 138.7 90.0 0 1242
 8 1040 50.9 158.6 0.0 91.2 292.3 0.0 9.1 354.2 138.7 90.4 0 1242
 8 1060 50.1 154.3 0.0 89.5 286.5 0.0 5.3 353.0 138.8 90.8 0 1242
 8 1080 49.4 150.1 0.0 87.9 280.7 0.0 1.5 351.9 138.9 91.2 0 1242
 8 1100 48.7 146.0 0.0 86.3 275.1 0.0 0.0 350.9 138.9 91.5 0 1242
 8 1120 48.0 142.0 0.0 84.8 269.5 0.0 0.0 349.8 139.0 91.9 0 1242
 8 1140 47.3 138.2 0.0 83.3 264.1 0.0 0.0 348.7 139.1 92.2 0 1242
 8 1160 46.6 134.5 0.0 81.9 258.7 0.0 0.0 347.6 139.1 92.6 0 1242
 8 1180 46.0 130.9 0.0 80.5 253.5 0.0 0.0 346.6 139.2 92.9 0 1242
 8 1200 45.4 127.4 0.0 79.1 248.3 0.0 0.0 345.6 139.3 93.2 0 1242
 8 1220 44.8 124.1 0.0 77.6 243.3 0.0 0.0 344.5 139.3 93.5 0 1242
 8 1240 44.3 120.8 0.0 76.5 238.3 0.0 0.0 343.5 139.4 93.8 0 1242
 8 1260 43.7 117.7 0.0 75.2 233.5 0.0 0.0 342.5 139.4 94.1 0 1242
 8 1280 43.2 114.6 0.0 74.0 228.7 0.0 0.0 341.5 139.5 94.4 0 1242
 8 1300 42.7 111.7 0.0 72.8 224.0 0.0 0.0 340.5 139.5 94.6 0 1242
 8 1320 42.2 108.8 0.0 71.6 219.4 0.0 0.0 339.5 139.6 94.9 0 1242
 8 1340 41.8 105.1 0.0 70.4 214.9 0.0 0.0 338.5 139.6 95.1 0 1242
 8 1360 41.3 103.4 0.0 69.3 210.5 0.0 0.0 337.5 139.7 95.4 0 1242
 8 1380 40.9 100.8 0.0 68.2 206.2 0.0 0.0 336.6 139.7 95.6 0 1242
 8 1400 40.5 98.3 0.0 67.2 201.9 0.0 0.0 335.6 139.7 95.8 0 1242
 8 1420 40.1 95.9 0.0 66.2 197.6 0.0 0.0 334.7 139.8 96.1 0 1242
 8 1440 39.7 93.6 0.0 65.2 193.7 0.0 0.0 333.7 139.8 96.3 0 1242
 8 1460 39.3 91.3 0.0 64.2 189.7 0.0 0.0 332.8 139.9 96.5 0 1242
 8 1480 39.0 89.2 0.0 63.2 185.8 0.0 0.0 331.9 139.9 96.7 0 1242
 END OF COOLING → TO BE START FIRING

g Time Taco Tpxc mf Tcm0 Tpfx Tcm0c maixc Tpxx Tcm0c Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

7 20 57.1 180.4 92.7 858.3 368.0 668.8 4345.9 136.4 143.1 31.8 217 5639
 7 40 56.2 175.5 92.8 867.0 401.7 708.5 4434.5 177.7 143.2 33.4 216 5627
 7 60 55.2 170.7 92.9 875.1 433.4 722.9 4515.3 215.0 143.3 35.1 216 5708
 7 80 54.3 166.1 93.0 882.6 463.2 738.1 4589.4 250.3 143.4 36.7 216 5782
 7 100 53.4 161.7 93.1 889.5 491.2 752.4 4657.6 283.9 143.6 38.2 216 5851
 7 120 52.5 157.3 93.1 896.0 517.5 765.7 4720.3 315.9 143.7 39.7 216 5913
 7 140 51.7 153.1 93.2 902.0 542.4 778.1 4778.8 348.3 143.8 41.1 215 5972
 7 160 50.9 149.0 93.3 907.8 566.8 789.8 4832.8 375.2 143.8 42.5 215 6026
 7 180 50.1 145.0 93.3 912.9 588.0 800.8 4883.4 402.6 143.9 43.9 215 6077
 7 200 49.4 141.2 93.5 917.9 608.9 811.1 4931.0 429.1 144.0 45.1 215 6124
 7 220 48.6 137.5 93.5 922.5 628.6 820.8 4974.8 454.2 144.1 46.4 215 6168
 7 240 48.0 133.9 93.5 926.8 647.3 830.0 5015.8 478.1 144.2 47.6 215 6209

7 200 50.5 148.0 80.3 830.9 508.1 734.3 4488.1 387.2 143.8 44.8 250 5688
 7 220 49.7 144.0 80.4 834.6 582.4 742.6 4528.0 409.3 143.9 46.0 250 5708
 7 240 49.0 140.2 80.4 838.2 597.9 750.5 4565.0 430.3 144.0 47.2 250 5745
 7 260 48.3 138.5 80.5 841.5 612.5 757.9 4600.0 450.4 144.1 48.3 250 5780
 7 280 47.6 132.9 80.5 844.8 628.4 764.9 4632.9 469.8 144.1 49.4 249 5813
 7 300 47.0 129.4 80.6 847.8 639.6 771.8 4663.8 488.0 144.2 50.5 249 5844
 7 318 46.4 126.4 80.6 850.1 650.9 777.3 4690.0 503.8 144.3 51.4 249 5871

→ average wood consumption = 80.8 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4387.0 kg/hr
 → average drying air flowrate = 5547.8 kg/hr
 [= Total wood consumption = 426.9 kg]
 [= Specific energy = 2189.4 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average <after moisture firing>				
bed cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	
l	l	l	l	M(l)	losses (MJ)	
0	98.40	714.29	560.85	48.11	0.0834	9.016
1	99.54	708.00	558.30	48.33	0.0838	9.028
2	99.68	706.34	553.91	48.48	0.0839	9.179
3	100.88	703.71	551.47	48.83	0.0841	9.338
4	102.09	701.09	549.08	48.78	0.0844	9.498
5	103.30	698.48	546.66	48.93	0.0848	9.659
6	104.50	695.88	544.27	49.07	0.0849	9.820
7	105.71	693.29	541.90	49.22	0.0851	9.981
8	106.92	690.71	539.54	49.36	0.0854	10.142
9	108.14	688.15	537.21	49.50	0.0856	10.303
10	109.35	685.59	534.88	49.63	0.0859	10.464
11	110.56	683.05	532.57	49.77	0.0861	10.626
12	111.78	680.52	530.27	49.90	0.0863	10.788
13	112.99	678.00	527.99	50.03	0.0868	10.950
14	114.21	675.48	525.72	50.16	0.0868	11.112
15	115.43	672.98	523.47	50.29	0.0870	11.274
16	116.64	670.49	521.23	50.42	0.0873	11.437
17	117.86	668.01	519.01	50.54	0.0875	11.599
18	119.08	665.54	516.80	50.68	0.0877	11.762
19	120.30	663.09	514.60	50.78	0.0880	11.925
20	121.52	660.64	512.42	50.90	0.0882	12.088
21	122.74	658.20	510.25	51.02	0.0884	12.250
22	123.96	655.77	508.10	51.14	0.0886	12.413
23	125.18	653.35	505.95	51.25	0.0888	12.576
24	126.40	650.95	503.83	51.36	0.0890	12.739

→ Total losses from cooling = 269.967 MJ/2600 bricks
 loss per kg. brick = 0.087 MJ/kg brick

T_{ai} = 30 (C) RH = 80 (%)
 T_{fire} = 900 (C) m_{ai} = 1200 (kg/hr)
 T_{dry} = 150 (C) M_b = 0.120
 Total brick in the kiln = 2600 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time		Taco	Tpcc	mf	Tcmfo	Tpfc	Tempo	malck	Tppx	Tcmfo	Tpdx	(%)	md
(min.)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)	
5	20	154.3	634.4	78.0	803.4	459.0	640.1	4327.0	91.4	143.1	31.8	281	5605
5	40	150.1	618.0	78.4	812.0	482.3	655.9	4418.2	132.4	143.2	33.5	279	5697
5	60	145.9	602.0	78.8	817.3	504.4	670.5	4501.1	170.8	143.4	35.1	278	5780
5	80	141.9	586.3	79.2	822.1	525.1	684.0	4578.8	207.0	143.5	36.7	277	5856
5	100	138.0	570.8	79.6	826.7	544.7	698.5	4645.9	241.0	143.6	38.2	275	5925
5	120	134.2	555.7	79.9	831.0	563.1	708.1	4709.6	273.2	143.7	39.7	274	5990
5	140	130.5	540.8	80.3	835.0	580.6	718.9	4768.5	303.8	143.8	41.2	273	6049
5	160	127.0	526.3	80.6	838.7	597.1	729.0	4823.0	332.4	143.9	42.6	272	6104
5	180	123.5	512.0	80.9	842.2	612.7	738.4	4873.7	359.6	143.9	43.9	271	6155
5	200	120.2	498.0	81.2	845.5	627.4	747.3	4920.8	385.4	144.0	45.2	270	6202
5	220	117.0	484.4	81.5	848.6	641.4	755.6	4964.8	409.9	144.1	46.4	269	6248
5	234	114.8	475.0	81.7	850.6	650.7	761.1	4993.7	428.2	144.2	47.3	268	6275

→ average wood consumption = 79.8 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4674.3 kg/hr
 → average drying air flowrate = 5954.1 kg/hr
 [= Total wood consumption = 311.3 kg]
 [= Specific energy = 1568.5 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average <after moisture firing>				
bed cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	
l	l	l	l	M(l)	losses (MJ)	
0	439.97	709.84	482.89	44.49	0.0915	58.350

7 244 47.8 133.2 80.8 927.8 650.9 831.7 5073.9 482.7 144.2 47.8 215 6217

→ average wood consumption = 93.8 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4704.8 kg/hr
 → average drying air flowrate = 5898.4 kg/hr
 [= Total wood consumption = 381.3 kg]
 [= Specific energy = 1855.6 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average <after moisture firing>				
bed cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	
l	l	l	l	M(l)	losses (MJ)	
0	105.91	720.97	543.28	44.98	0.0905	10.007
1	105.95	720.29	538.49	45.15	0.0907	10.012
2	107.08	717.20	535.91	45.29	0.0909	10.183
3	108.27	713.99	533.30	45.42	0.0911	10.320
4	109.45	710.81	530.71	45.55	0.0913	10.478
5	110.64	707.65	528.14	45.67	0.0915	10.636
6	111.82	704.51	525.59	45.80	0.0917	10.794
7	113.01	701.38	523.08	45.92	0.0919	10.952
8	114.19	698.28	520.55	46.05	0.0921	11.110
9	115.38	695.19	518.05	46.17	0.0923	11.268
10	116.58	692.12	515.57	46.28	0.0925	11.426
11	117.75	689.07	513.11	46.40	0.0927	11.584
12	118.94	686.04	510.67	46.52	0.0929	11.743
13	120.12	683.02	508.25	46.63	0.0931	11.901
14	121.31	680.02	505.84	46.74	0.0932	12.060
15	122.50	677.04	503.46	46.85	0.0934	12.218
16	123.68	674.07	501.09	46.96	0.0936	12.377
17	124.87	671.13	498.74	47.07	0.0938	12.535
18	126.06	668.19	496.40	47.18	0.0940	12.694
19	127.24	665.28	494.08	47.28	0.0942	12.852
20	128.43	662.38	491.78	47.39	0.0943	13.011
21	129.61	659.50	489.49	47.49	0.0945	13.169
22	130.79	656.63	487.23	47.59	0.0947	13.328
23	131.98	653.78	484.97	47.69	0.0949	13.486
24	133.16	650.95	482.74	47.79	0.0950	13.644

→ Total losses from cooling = 293.768 MJ/2600 bricks
 loss per kg. brick = 0.094 MJ/kg brick

T_{ai} = 30 (C) RH = 80 (%)
 T_{fire} = 1000 (C) m_{ai} = 1200 (kg/hr)
 T_{dry} = 150 (C) M_b = 0.120
 Total brick in the kiln = 2600 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpfc Tempo malck Tppx Tcmfo Tpdx (%) md (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

5	20	155.2	634.0	82.0	877.6	433.0	694.7	4714.6	94.0	143.3	31.8	238	6007
5	40	150.9	617.7	82.3	885.4	469.3	713.7	4819.1	140.4	143.4	33.5	237	6111
5	60	146.7	601.8	82.7	892.8	493.5	731.2	4913.5	184.0	143.5	35.2	236	6206
5	80	142.7	586.1	83.1	899.2	520.0	747.3	4999.5	224.9	143.6	36.9	235	6293
5	100	138.8	570.7	83.5	905.4	551.9	762.2	5078.2	263.5	143.7	38.5	234	6372
5	120	134.9	555.6	83.9	911.2	578.2	776.1	5150.4	299.9	143.8	40.0	233	6444
5	140	131.3	540.8	84.2	916.0	599.0	789.0	5216.8	334.3	143.9	41.4	233	6511
5	160	127.7	526.3	84.6	921.6	620.6	801.0	5278.8	368.8	144.0	42.8	232	6573
5	180	124.2	512.1	84.9	926.2	640.9	812.2	5335.7	397.5	144.1	44.2	231	6631
5	190	122.5	505.0	85.1	928.5	650.6	817.5	5362.8	412.3	144.1	44.9	230	6658

→ average wood consumption = 93.4 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 5037.5 kg/hr
 → average drying air flowrate = 6330.9 kg/hr
 [= Total wood consumption = 295.7 kg]
 [= Specific energy = 1518.6 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C)		average <after moisture firing>				
bed cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	
l	l	l	l	M(l)	losses (MJ)	
0	488.78	720.99	471.54	42.40	0.0958	63.440
1	488.93	715.00	466.72	42.57	0.0958	63.462
2	490.95	712.10	464.17	42.68	0.0960	63.757
3	492.72	709.12	461.59	42.80	0.0962	64.015
4	494.31	706.18	459.04	42.91	0.0963	64.248
5	495.75	703.22	456.51	43.02	0.0965	64.459
6	497.05	700.28	453.99	43.13	0.0967	64.649
7	498.22	697.39	451.51	43.23	0.0968	64.820
8	499.27	694.50	449.04	43.34	0.0970	64.973
9	500.20	691.63	446.59	43.44	0.0971	65.110

1	441.45	704.94	478.25	44.68	0.0917	58.563
2	444.25	702.54	475.84	44.81	0.0919	58.968
3	448.82	700.07	473.39	44.94	0.0921	57.340
4	449.23	697.61	470.97	45.07	0.0923	57.688
5	451.47	695.16	468.56	45.19	0.0925	58.013
6	453.57	692.72	466.17	45.31	0.0927	58.317
7	455.54	690.29	463.80	45.43	0.0928	58.602
8	457.38	687.88	461.45	45.55	0.0930	58.869
9	459.10	685.47	459.12	45.67	0.0932	59.119
10	460.72	683.08	456.80	45.79	0.0934	59.353
11	462.23	680.70	454.50	45.90	0.0936	59.573
12	463.65	678.33	452.23	46.01	0.0938	59.779
13	464.98	675.97	449.97	46.12	0.0940	59.972
14	468.22	673.62	447.72	46.23	0.0942	60.153
15	467.39	671.28	445.50	46.34	0.0943	60.323
16	468.48	668.95	443.29	46.45	0.0945	60.481
17	469.50	666.63	441.10	46.55	0.0947	60.630
18	470.45	664.32	438.92	46.66	0.0949	60.768
19	471.34	662.03	436.77	46.76	0.0950	60.898
20	472.18	659.74	434.63	46.86	0.0952	61.019
21	472.95	657.46	432.50	46.96	0.0954	61.132
22	473.67	655.20	430.39	47.06	0.0956	61.237
23	474.34	652.94	428.30	47.16	0.0957	61.334
24	474.98	650.69	426.22	47.25	0.0959	61.424

10	501.03	668.77	444.17	43.55	0.0973	65.232
11	501.77	665.94	441.77	43.65	0.0975	65.340
12	502.42	663.12	439.38	43.75	0.0976	65.435
13	502.99	660.32	437.02	43.85	0.0978	65.518
14	503.47	657.53	434.68	43.94	0.0979	65.590
15	503.89	654.76	432.36	44.04	0.0981	65.651
16	504.24	652.01	430.05	44.14	0.0982	65.702
17	504.52	649.27	427.77	44.23	0.0984	65.744
18	504.75	646.55	425.51	44.32	0.0985	65.777
19	504.92	643.85	423.26	44.41	0.0987	65.802
20	505.04	641.16	421.03	44.50	0.0988	65.819
21	505.11	638.49	418.83	44.59	0.0990	65.829
22	505.13	635.83	416.64	44.68	0.0991	65.833
23	505.11	633.19	414.48	44.77	0.0993	65.830
24	505.05	630.58	412.31	44.85	0.0994	65.821

---> Total losses from cooling = 1627.856 MJ/2600 bricks
loss per kg brick = 0.522 MJ/kg brick

----- STOP FIRING -----
----- CONTINUE COOLING -----

---> Total losses from cooling = 1485.905 MJ/2600 bricks
loss per kg brick = 0.478 MJ/kg brick

----- STOP FIRING -----
----- CONTINUE COOLING -----

6	240	113.94710	0.020996467	0.000204257	133.4	48.2	0.2102
6	260	110.84579	0.020196342	0.000850423	133.8	51.2	0.2059
6	280	107.94451	0.019706219	0.001819421	134.2	54.0	0.2017
6	300	105.14326	0.019226099	0.002780420	134.5	56.8	0.1976
6	320	102.44203	0.018785980	0.003604182	134.9	59.1	0.1936
6	340	99.74084	0.018315863	0.004190418	135.2	61.5	0.1897
6	360	97.23907	0.017865749	0.004590414	135.5	63.7	0.1859
6	380	94.73854	0.017446638	0.004820412	135.8	65.9	0.1822
6	400	92.33743	0.017045525	0.004894112	136.1	67.9	0.1786
6	420	90.03634	0.016655418	0.004809409	136.4	69.5	0.1751
6	440	87.83529	0.016285309	0.004565407	136.6	70.9	0.1717
6	460	85.83426	0.015935204	0.004140813	136.7	72.1	0.1683
6	480	83.83325	0.015525100	0.003564045	136.8	73.3	0.1651
6	500	81.83228	0.015184989	0.002804029	137.0	74.5	0.1619
6	520	79.83133	0.014824888	0.002040133	136.3	75.5	0.1588
6	540	77.73040	0.014484800	0.001293997	136.4	76.3	0.1558
6	560	75.92950	0.014184703	0.000563981	136.6	77.2	0.1528
6	580	74.22863	0.013944606	0.000000000	136.7	78.0	0.1500
6	600	72.52777	0.013534515	0.000000000	136.9	78.8	0.1475
6	620	70.92695	0.013244423	0.000000000	137.0	79.8	0.1453
6	640	69.32614	0.012954333	0.000000000	137.2	80.3	0.1432
6	660	67.82536	0.012684244	0.000000000	137.3	81.1	0.1412
6	680	66.42480	0.012394157	0.000000000	137.4	81.8	0.1393
6	700	65.02387	0.012124072	0.000000000	137.5	82.4	0.1375
6	720	63.82315	0.011873988	0.000000000	137.7	83.1	0.1358
6	740	62.32246	0.011623905	0.000000000	137.8	83.7	0.1342
6	760	61.12179	0.011373824	0.000000000	137.9	84.4	0.1327
6	780	59.92114	0.011133745	0.000000000	138.0	85.0	0.1312
6	800	58.72050	0.010903667	0.000000000	138.1	85.5	0.1300
6	820	57.61989	0.010683590	0.000000000	138.2	86.1	0.1288
6	840	56.51930	0.010463515	0.000000000	138.3	86.7	0.1278
6	860	55.51872	0.010253441	0.000000000	138.4	87.2	0.1268
6	880	54.51817	0.010043368	0.000000000	138.5	87.7	0.1259
6	900	53.51763	0.09843297	0.000000000	138.6	88.2	0.1251
6	920	52.61711	0.009653227	0.000000000	138.7	88.7	0.1243
6	940	51.71660	0.009403158	0.000000000	138.7	89.1	0.1235
6	960	50.81611	0.009203091	0.000000000	138.8	89.6	0.1228
6	980	50.01564	0.009103025	0.000000000	138.9	90.0	0.1221
6	1000	49.21519	0.008922960	0.000000000	139.0	90.5	0.1215
6	1020	48.51474	0.008762898	0.000000000	139.1	90.9	0.1209
6	1040	47.71432	0.008592834	0.000000000	139.1	91.3	0.1204
6	1060	47.01390	0.008432773	0.000000000	139.2	91.7	0.1200
6	1080	46.31351	0.008282713	0.000000000	139.3	92.0	0.1196
6	1100	45.71312	0.008122654	0.000000000	139.3	92.4	0.1192
6	1120	45.11275	0.007982596	0.000000000	139.4	92.7	0.1188
6	1140	44.51239	0.007832540	0.000000000	139.5	93.1	0.1184
6	1160	43.91204	0.007682485	0.000000000	139.5	93.4	0.1180
6	1180	43.31171	0.007562430	0.000000000	139.6	93.7	0.1176
6	1200	42.81139	0.007432377	0.000000000	139.6	94.0	0.1172
6	1220	42.31107	0.007302325	0.000000000	139.7	94.3	0.1168
6	1240	41.81077	0.007172274	0.000000000	139.7	94.6	0.1164
6	1260	41.31048	0.007052224	0.000000000	139.8	94.9	0.1160
6	1280	40.81020	0.006942175	0.000000000	139.8	95.1	0.1156
6	1300	40.40993	0.006822127	0.000000000	139.9	95.4	0.1152

6	200	120.94951	0.021346440	0.009573411	133.2	48.5	0.2157
6	220	117.64845	0.020826317	0.009126409	133.7	49.5	0.2113
6	240	114.54711	0.020316195	0.008691403	134.1	52.4	0.2069
6	260	111.54581	0.019816078	0.008268406	134.4	55.2	0.2027
6	280	108.54453	0.019335958	0.007851404	134.8	57.8	0.1985
6	300	105.74328	0.018885842	0.007447403	135.1	60.2	0.1945
6	320	102.94206	0.018415729	0.007053401	135.5	62.5	0.1905
6	340	100.34087	0.017975617	0.006693998	135.8	64.7	0.1867
6	360	97.73970	0.017545507	0.006294398	136.0	66.8	0.1829
6	380	95.23857	0.017125399	0.005929998	136.3	68.8	0.1793
6	400	92.83746	0.016725293	0.005573365	136.6	70.5	0.1757
6	420	90.53638	0.016335188	0.005227393	136.8	71.8	0.1723
6	440	88.23532	0.015955085	0.004893992	136.9	73.0	0.1689
6	460	86.03426	0.015584984	0.004563905	137.0	74.2	0.1656
6	480	84.03329	0.015224885	0.004240389	137.1	75.3	0.1624
6	500	82.03232	0.014874787	0.003876138	137.3	76.3	0.1592
6	520	80.03137	0.014534692	0.003482136	137.4	77.1	0.1560
6	540	78.13044	0.014204597	0.003084719	137.4	77.9	0.1528
6	560	76.32954	0.013884505	0.002683138	137.5	78.7	0.1500
6	580	74.62867	0.013574413	0.002281917	137.5	79.5	0.1472
6	600	72.92772	0.013274322	0.001880537	137.6	80.2	0.1445
6	620	71.22689	0.012984236	0.001480239	137.6	80.9	0.1418
6	640	69.72601	0.012694150	0.001080940	137.7	81.6	0.1392
6	660	68.12541	0.012414065	0.000703768	137.7	82.3	0.1367
6	680	66.72465	0.012153981	0.000351137	137.8	83.0	0.1342
6	700	65.32391	0.011893899	0.000000000	137.8	83.6	0.1318
6	720	63.92320	0.011633819	0.000000000	137.8	84.2	0.1295
6	740	62.62250	0.011393734	0.000000000	137.9	84.8	0.1272
6	760	61.32183	0.011153652	0.000000000	137.9	85.4	0.1250
6	780	60.12118	0.010913568	0.000000000	138.0	86.0	0.1228
6	800	59.02055	0.010693511	0.000000000	138.1	86.5	0.1206
6	820	57.81993	0.010473438	0.000000000	138.2	87.1	0.1185
6	840	56.71934	0.010263365	0.000000000	138.3	87.6	0.1164
6	860	55.71876	0.010053295	0.000000000	138.3	88.1	0.1144
6	880	54.71821	0.09853225	0.000000000	138.4	88.6	0.1124
6	900	53.71767	0.09653157	0.000000000	138.4	89.0	0.1104
6	920	52.81715	0.09463090	0.000000000	138.5	89.5	0.1085
6	940	51.91664	0.09273024	0.000000000	138.5	89.9	0.1065
6	960	51.01615	0.09092960	0.000000000	138.5	90.3	0.1045
6	980	50.21568	0.08922896	0.000000000	138.6	90.7	0.1026
6	1000	49.41522	0.08752834	0.000000000	138.6	91.1	

6 1320 40.0 96.7 0.0 67.1 208.0 0.0 0.0 349.4 139.9 95.7 0 1200
 6 1340 36.6 94.2 0.0 69.0 203.4 0.0 0.0 348.3 140.0 95.9 0 1200
 6 1360 36.2 91.8 0.0 64.9 199.0 0.0 0.0 347.3 140.0 96.1 0 1200
 6 1380 38.8 89.5 0.0 63.9 194.6 0.0 0.0 348.3 140.0 96.4 0 1200
 END OF COOLING -----> TO BE START FIRING

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpk Tempo maixr Tppx Tcmdo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

7 20 57.8 197.6 86.9 787.3 376.5 637.8 4367.8 135.5 143.1 31.8 252 5655
 7 40 58.7 182.2 87.0 794.3 404.9 653.2 4455.7 172.1 143.3 33.5 252 5743
 7 60 55.7 178.9 87.1 800.8 431.7 667.5 4535.9 206.8 143.4 35.1 251 5823
 7 80 54.7 171.8 87.2 808.8 456.6 680.7 4609.3 239.6 143.5 36.7 251 5897
 7 100 53.7 168.8 87.3 812.4 480.4 693.1 4678.6 270.6 143.6 38.3 251 5934
 7 120 52.8 162.0 87.4 817.6 502.7 704.6 4738.9 300.1 143.7 39.8 251 6026
 7 140 51.9 157.3 87.5 822.5 523.7 715.3 4798.3 328.1 143.8 41.2 250 6084
 7 160 51.0 152.8 87.5 827.1 543.4 725.4 4849.6 354.8 143.9 42.6 250 6137
 7 180 50.2 148.5 87.7 831.3 562.1 734.9 4899.6 379.8 144.0 43.9 250 6187
 7 200 49.4 144.3 87.7 835.3 579.7 743.8 4945.5 403.8 144.0 45.2 250 6233
 7 220 48.8 140.2 87.8 839.0 598.3 752.1 4988.3 426.8 144.1 46.5 250 6278
 7 240 47.9 136.2 87.8 842.5 612.0 759.9 5028.6 448.3 144.2 47.6 249 6316
 7 260 47.2 132.4 87.9 845.8 626.9 767.3 5066.3 469.0 144.3 48.8 249 6354
 7 280 46.5 128.7 88.0 848.9 640.9 774.3 5101.6 488.7 144.3 49.9 249 6390
 7 294 46.0 126.2 88.0 850.9 650.3 778.9 5125.0 501.9 144.4 50.8 249 6413

-> average wood consumption = 68.0 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 4783.6 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 6071.5 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 431.0 kg]
 [=> Specific energy = 2210.4 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)				average <after	
	cooling	firing	preheating	drying	moisture	firing>
i	Tpc[i]	Tp[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	98.98	712.21	657.08	47.39	0.0838	9.085
1	99.04	708.92	653.21	47.60	0.0838	9.093
2	100.15	704.43	650.87	47.75	0.0841	9.241
3	101.33	701.88	648.50	47.90	0.0843	9.397
4	102.50	699.30	646.14	48.05	0.0848	9.553
5	103.68	696.75	643.79	48.19	0.0848	9.710
6	104.86	694.21	641.46	48.34	0.0851	9.867
7	106.04	691.69	639.14	48.48	0.0853	10.024
8	107.22	689.17	636.84	48.62	0.0855	10.181
9	108.40	686.66	634.56	48.76	0.0858	10.338
10	109.58	684.17	632.28	48.89	0.0860	10.495
11	110.77	681.68	630.02	49.03	0.0862	10.653
12	111.95	679.21	627.78	49.16	0.0865	10.811
13	113.14	676.74	625.55	49.29	0.0867	10.969
14	114.32	674.29	623.34	49.42	0.0869	11.127
15	115.51	671.84	621.14	49.55	0.0872	11.285
16	116.69	669.41	618.95	49.67	0.0874	11.444
17	117.88	666.98	616.77	49.79	0.0876	11.602
18	119.07	664.57	614.61	49.92	0.0878	11.761
19	120.26	662.17	612.46	50.04	0.0880	11.919
20	121.45	659.77	610.33	50.16	0.0882	12.078
21	122.64	657.39	608.21	50.27	0.0885	12.237
22	123.82	655.02	606.10	50.39	0.0887	12.395
23	125.01	652.65	604.01	50.50	0.0889	12.554
24	126.20	650.30	601.93	50.61	0.0891	12.713

-> Total losses from cooling = 270.533 MJ/2600 bricks
 loss per kg. brick = 0.087 MJ/kg brick

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpk Tempo maixr Tppx Tcmdo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

7 20 56.2 178.3 101.3 862.6 373.7 668.8 4783.9 141.6 143.3 31.8 216 6065
 7 40 55.2 173.1 101.4 871.6 409.3 715.0 4833.6 183.6 143.4 33.6 216 6185
 7 60 54.2 168.1 101.4 879.9 442.6 731.9 4974.1 223.3 143.5 35.3 216 6276
 7 80 53.2 163.3 101.5 887.5 473.7 747.6 5056.7 260.6 143.7 36.9 216 6358
 7 100 52.3 158.6 101.6 894.6 502.9 762.2 5132.4 296.3 143.8 38.5 216 6434
 7 120 51.4 154.1 101.7 901.1 530.3 775.8 5201.7 329.9 143.9 40.0 215 6503
 7 140 50.8 149.7 101.8 907.2 558.0 788.5 5268.0 361.7 144.0 41.5 215 6568
 7 160 49.8 145.4 101.9 912.8 580.2 800.3 5325.6 392.0 144.0 42.9 215 6627
 7 180 49.0 141.3 102.0 918.1 603.0 811.4 5380.9 420.7 144.1 44.2 215 6683
 7 200 48.3 137.3 102.0 923.0 624.4 821.8 5432.1 448.0 144.2 45.5 215 6734
 7 220 47.5 133.5 102.1 927.6 644.6 831.6 5479.8 473.9 144.3 46.8 215 6782
 7 226 47.3 132.4 102.1 928.9 650.4 834.4 5493.4 481.4 144.3 47.2 215 6795

-> average wood consumption = 102.4 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 5156.1 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 6458.5 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 385.8 kg.]
 [=> Specific energy = 1978.4 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)				average <after	
	cooling	firing	preheating	drying	moisture	firing>
i	Tpc[i]	Tp[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	105.92	724.54	540.50	44.38	0.0906	10.009
1	105.95	718.02	535.81	44.54	0.0908	10.012
2	107.05	715.00	533.30	44.68	0.0910	10.158
3	108.20	711.88	530.75	44.80	0.0912	10.311
4	109.35	708.78	528.23	44.93	0.0914	10.464
5	110.49	705.70	525.72	45.05	0.0916	10.617
6	111.64	702.64	523.24	45.18	0.0918	10.770
7	112.79	699.59	520.78	45.30	0.0919	10.924
8	113.95	696.56	518.31	45.43	0.0921	11.077
9	115.10	693.55	515.88	45.54	0.0923	11.230
10	116.25	690.56	513.48	45.66	0.0925	11.384
11	117.40	687.58	511.06	45.78	0.0927	11.538
12	118.55	684.62	508.68	45.89	0.0929	11.691
13	119.70	681.68	506.32	46.01	0.0931	11.845
14	120.86	678.75	503.97	46.12	0.0933	11.999
15	122.01	675.84	501.64	46.23	0.0934	12.153
16	123.16	672.95	499.32	46.34	0.0936	12.307
17	124.31	670.07	497.03	46.44	0.0938	12.460
18	125.46	667.21	494.75	46.55	0.0940	12.614
19	126.61	664.38	492.48	46.65	0.0942	12.768
20	127.76	661.54	490.23	46.76	0.0943	12.922
21	128.91	658.72	488.00	46.86	0.0945	13.076
22	130.06	655.92	485.78	46.96	0.0947	13.229
23	131.21	653.14	483.58	47.06	0.0948	13.383
24	132.35	650.37	481.39	47.16	0.0950	13.537

-> Total losses from cooling = 292.477 MJ/2600 bricks
 loss per kg. brick = 0.094 MJ/kg brick

7. การจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 3500 ก้อน อุณหภูมิอากาศเท่ากับ 800 °C

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 800 (C) mair = 800 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 3500 bricks

Table with 13 rows of data for Time, Taco, Tpcx, mT, Temto, Tpfx, Tempo, maidsT, Tppx, Temdo, Tpdx, (%) mT. Includes summary data at the bottom: average wood consumption = 43.5 kg/hr, average mixing air flowrate = 2797.5 kg/hr, average drying air flowrate = 3841.0 kg/hr.

---> average wood consumption = 43.5 kg/hr
---> average mixing air flowrate = 2797.5 kg/hr
---> average drying air flowrate = 3841.0 kg/hr

[=> Total wood consumption = 463.5 kg.]
[=> Specific energy = 1785.8 kJ/kg brick]

Table with 24 rows showing Temperature (C) and average <after moisture firing> M[i] losses (MJ). Columns include bed, cooling, firing, preheating, drying, content, cooling.

---> Total losses from cooling = 1700.009 MJ/3500 bricks
loss per kg. brick = 0.405 MJ/kg brick

8. การจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 3500 ก้อน อุณหภูมิอากาศเท่ากับ 900 °C

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 900 (C) mair = 800 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 3500 bricks
<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

Table with 24 rows of data for Time, Taco, Tpcx, mT, Temto, Tpfx, Tempo, maidsT, Tppx, Temdo, Tpdx, (%) mT. Includes summary data at the bottom: average wood consumption = 51.7 kg/hr, average mixing air flowrate = 3003.0 kg/hr, average drying air flowrate = 3854.0 kg/hr.

---> average wood consumption = 51.7 kg/hr
---> average mixing air flowrate = 3003.0 kg/hr
---> average drying air flowrate = 3854.0 kg/hr
[=> Total wood consumption = 408.3 kg.]
[=> Specific energy = 1547.9 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 24 rows showing Temperature (C) and average <after moisture firing> M[i] losses (MJ). Columns include bed, cooling, firing, preheating, drying, content, cooling.

---> Total losses from cooling = 2023.674 MJ/3500 bricks
loss per kg. brick = 0.482 MJ/kg brick

***** STOP FIRING *****

--- CONTINUE COOLING ---

Table with 6 rows of data for Time, Taco, Tpcx, mT, Temto, Tpfx, Tempo, maidsT, Tppx, Temdo, Tpdx, (%) mT.

***** STOP FIRING *****

— CONTINUE COOLING —

Table of data points for the left column, starting with 14 660 1170 423.3 and ending with 14 2280 47.8 129.2. Each row contains 10 numerical values.

Table of data points for the right column, starting with 10 580 125.1 448.5 and ending with 10 2260 48.4 132.0. Each row contains 10 numerical values.

14	2300	47.4	127.4	0.0	92.8	280.9	0.0	0.0364	138.2	98.2	0	800
14	2320	47.1	125.8	0.0	91.9	277.9	0.0	0.0363	138.2	98.2	0	800
14	2340	46.7	123.8	0.0	91.0	274.9	0.0	0.0362	138.2	98.2	0	800
14	2360	46.4	122.1	0.0	90.1	271.9	0.0	0.0361	138.2	98.3	0	800
14	2380	46.0	120.4	0.0	89.3	269.0	0.0	0.0360	138.2	98.3	0	800
14	2400	45.7	118.7	0.0	88.4	266.1	0.0	0.0359	138.2	98.3	0	800
14	2420	45.4	117.0	0.0	87.6	263.2	0.0	0.0358	138.2	98.3	0	800
14	2440	45.1	115.4	0.0	86.7	260.4	0.0	0.0357	138.2	98.3	0	800
14	2460	44.8	113.8	0.0	85.9	257.6	0.0	0.0356	138.2	98.3	0	800
14	2480	44.5	112.3	0.0	85.1	254.8	0.0	0.0355	138.2	98.3	0	800
14	2500	44.2	110.7	0.0	84.3	252.0	0.0	0.0354	138.2	98.3	0	800
14	2520	43.9	109.2	0.0	83.6	249.3	0.0	0.0353	138.2	98.3	0	800
14	2540	43.6	107.7	0.0	82.8	246.6	0.0	0.0352	138.2	98.3	0	800
14	2560	43.3	106.3	0.0	82.0	243.9	0.0	0.0351	138.2	98.3	0	800
14	2580	43.0	104.8	0.0	81.3	241.3	0.0	0.0350	138.2	98.3	0	800
14	2600	42.8	103.4	0.0	80.5	238.7	0.0	0.0349	138.2	98.3	0	800
14	2620	42.5	102.0	0.0	79.8	236.1	0.0	0.0348	138.2	98.4	0	800
14	2640	42.3	100.7	0.0	79.1	233.5	0.0	0.0347	138.2	98.4	0	800
14	2660	42.0	99.3	0.0	78.4	230.9	0.0	0.0346	138.2	98.4	0	800
14	2680	41.8	98.0	0.0	77.7	228.4	0.0	0.0345	138.2	98.4	0	800

END OF COOLING —→ TO BE START FIRING

10	2280	48.1	130.1	0.0	89.9	262.3	0.0	0.0333	137.9	97.2	0	800
10	2300	47.7	128.3	0.0	89.1	259.5	0.0	0.0332	137.9	97.2	0	800
10	2320	47.3	126.5	0.0	88.2	256.8	0.0	0.0331	137.9	97.2	0	800
10	2340	47.0	124.7	0.0	87.4	254.0	0.0	0.0330	137.9	97.2	0	800
10	2360	46.7	122.9	0.0	86.5	251.3	0.0	0.0329	138.0	97.3	0	800
10	2380	46.3	121.2	0.0	85.7	248.6	0.0	0.0328	138.0	97.3	0	800
10	2400	46.0	119.5	0.0	84.9	245.9	0.0	0.0327	138.0	97.3	0	800
10	2420	45.7	117.8	0.0	84.1	243.3	0.0	0.0326	138.0	97.4	0	800
10	2440	45.3	116.2	0.0	83.3	240.7	0.0	0.0325	138.0	97.4	0	800
10	2460	45.0	114.6	0.0	82.5	238.1	0.0	0.0324	138.0	97.4	0	800
10	2480	44.7	113.0	0.0	81.8	235.5	0.0	0.0323	138.0	97.4	0	800
10	2500	44.4	111.5	0.0	81.0	233.0	0.0	0.0322	138.0	97.5	0	800
10	2520	44.1	110.0	0.0	80.3	230.4	0.0	0.0321	138.0	97.5	0	800
10	2540	43.8	108.5	0.0	79.5	227.9	0.0	0.0320	138.0	97.5	0	800
10	2560	43.6	107.0	0.0	78.8	225.5	0.0	0.0319	138.0	97.5	0	800
10	2580	43.3	105.5	0.0	78.1	223.0	0.0	0.0318	138.0	97.5	0	800
10	2600	43.0	104.1	0.0	77.4	220.8	0.0	0.0318	138.0	97.6	0	800
10	2620	42.7	102.7	0.0	76.7	218.2	0.0	0.0317	138.0	97.6	0	800
10	2640	42.5	101.4	0.0	76.0	215.9	0.0	0.0316	138.0	97.6	0	800
10	2660	42.2	100.0	0.0	75.3	213.5	0.0	0.0315	138.0	97.6	0	800
10	2680	42.0	98.7	0.0	74.7	211.2	0.0	0.0314	138.0	97.7	0	800
10	2700	41.7	97.4	0.0	74.0	208.9	0.0	0.0313	138.0	97.7	0	800

END OF COOLING —→ TO BE START FIRING

g Time Taco Tpac mf Templo Tpfz Tempo maixz Tpxx Termdo Tpdz (%) md
(min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

g Time Taco Tpac mf Templo Tpfz Tempo maixz Tpxx Termdo Tpdz (%) md
(min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

15	20	71.3	224.8	48.2	687.8	358.8	530.3	2423.2	114.2	131.8	33.3	303	3271
15	40	70.5	221.4	48.2	691.0	358.3	537.9	2455.5	129.5	132.4	36.5	303	3304
15	60	69.7	218.2	48.3	694.2	379.4	545.2	2486.4	144.5	132.9	39.6	302	3335
15	80	68.9	215.0	48.3	697.4	380.3	552.2	2516.0	159.1	133.4	42.6	302	3364
15	100	68.2	211.9	48.4	700.4	400.8	559.0	2544.3	173.3	133.9	45.5	302	3393
15	120	67.4	208.9	48.4	703.4	411.1	565.9	2571.3	187.2	134.4	48.3	302	3420
15	140	66.7	205.9	48.5	706.2	421.0	571.9	2597.4	200.7	134.9	51.1	301	3448
15	160	66.0	202.9	48.5	708.9	430.7	578.0	2622.5	213.9	135.3	53.7	301	3471
15	180	65.3	200.0	48.5	711.8	440.1	584.0	2646.5	226.8	135.7	56.2	301	3495
15	200	64.6	197.1	48.6	714.1	449.3	589.7	2669.7	239.4	136.1	58.6	301	3518
15	220	63.9	194.2	48.6	716.8	458.2	595.3	2691.9	251.7	136.5	61.0	300	3541
15	240	63.2	191.4	48.7	719.0	468.9	600.7	2713.7	263.7	136.9	63.3	300	3562
15	260	62.6	188.7	48.7	721.3	475.3	605.9	2734.1	275.4	137.3	65.4	300	3583
15	280	62.0	185.9	48.8	723.6	483.5	611.0	2754.2	286.9	137.6	67.5	300	3603
15	300	61.3	183.3	48.8	725.8	491.5	616.0	2773.4	298.1	137.9	69.6	299	3622
15	320	60.7	180.8	48.8	727.9	499.2	620.7	2792.0	309.0	138.2	71.5	299	3641
15	340	60.1	178.0	48.9	729.9	508.8	625.4	2809.9	319.7	138.5	73.4	299	3659
15	360	59.5	175.4	48.9	731.9	514.1	629.9	2827.4	330.2	138.8	75.2	299	3678
15	380	58.9	172.9	48.9	733.8	521.3	634.3	2844.2	340.4	139.1	76.9	298	3693
15	400	58.4	170.4	49.0	735.7	528.3	638.5	2860.4	350.4	139.4	78.6	298	3709
15	420	57.8	168.0	49.0	737.5	535.1	642.7	2876.1	360.1	139.6	80.2	298	3725
15	440	57.2	165.8	49.0	739.2	541.7	646.7	2891.3	369.7	139.9	81.7	298	3740
15	460	56.7	163.2	49.1	740.9	548.1	650.8	2905.9	379.0	140.1	83.2	298	3755
15	480	56.2	160.9	49.1	742.6	554.4	654.8	2920.2	388.1	140.3	84.6	297	3769
15	500	55.7	158.6	49.1	744.2	560.5	658.1	2934.0	397.0	140.5	85.9	297	3783
15	520	55.1	156.3	49.2	745.7	566.4	661.7	2947.3	405.7	140.8	87.2	297	3796
15	540	54.6	154.1	49.2	747.2	572.2	665.1	2960.3	414.3	140.9	88.5	297	3810
15	560	54.2	151.9	49.2	748.7	577.9	668.5	2972.9	422.6	141.1	89.7	297	3822
15	580	53.7	149.7	49.3	750.1	583.4	671.9	2985.1	430.8	141.3	90.8	297	3834
15	600	53.2	147.6	49.3	751.5	588.8	675.1	2996.9	438.7	141.5	91.9	296	3846
15	620	52.7	145.5	49.3	752.8	594.0	678.2	3008.4	446.5	141.8	93.0	296	3858
15	640	52.3	143.4	49.3	754.1	599.1	681.2	3019.5	454.2	141.8	94.0	296	3869
15	660	51.8	141.4	49.4	755.4	604.0	684.2	3030.3	461.8	141.9	94.9	296	3880
15	680	51.4	139.4	49.4	756.6	608.9	687.1	3040.8	469.1	142.1	95.8	296	3890
15	700	51.0	137.5	49.4	757.8	613.6	689.9	3050.9	476.1	142.2	96.7	296	3900
15	720	50.6	135.5	49.4	758.9	618.2	692.7	3060.9	483.1	142.4	97.5	295	3910
15	740	50.1	133.6	49.5	760.1	622.7	695.3	3070.4	489.9	142.5	98.3	295	3920
15	760	49.7	131.8	49.5	761.1	627.0	697.9	3080.2	496.6	142.6	99.1	295	3930
15	780	49.3	129.9	49.5	762.2	631.3	700.4	3089.1	503.2	142.7	99.8	295	3939
15	800	48.9	128.1	49.5	763.2	635.4	702.9	3097.7	509.6	142.8	100.5	295	3947
15	820	48.6	126.3	49.6	764.2	639.5	705.3	3106.2	515.8	142.9	101.2	295	3956
15	840	48.2	124.6	49.6	765.2	643.4	707.7	3114.5	522.0	143.0	101.8	295	3964
15	860	47.8	122.9	49.6	766.1	647.3	709.9	3122.6	528.0	143.1	102.5	295	3972
15	876	47.5	121.5	49.6	766.9	650.3	711.7	3128.9	532.7	143.2	102.9	294	3979

11	20	67.0	204.8	57.4	751.8	329.2	578.5	2668.9	115.8	132.2	33.5	254	3524
11	40	66.3	201.8	57.4	756.8	344.8	585.8	2705.1	133.5	132.8	36.9	254	3563
11	60	65.8	198.9	57.5	761.2	360.0	594.8	2741.4	150.8	133.4	40.1	254	3599
11	80	64.9	196.1	57.5	765.6	374.7	603.5	2778.1	167.4	133.9	43.3	254	3634
11	100	64.2	193.2	57.6	769.8	388.9	611.8	2809.2	183.7	134.4	46.3	254	3667
11	120	63.5	190.5	57.6	773.8	402.7	619.9	2840.9	199.7	134.9	49.2	254	3698
11	140	62.9	187.7	57.6	777.8	416.1	627.7	2871.3	215.3	135.4	52.1	253	3729
11	160	62.2	185.0	57.7	781.5	429.1							

1	86.83	700.00	580.36	104.43	0.0704	10.091
2	88.23	697.89	583.94	104.38	0.0710	10.311
3	89.69	695.65	581.48	104.33	0.0716	10.572
4	91.17	693.45	579.01	104.28	0.0722	10.835
5	92.65	691.25	576.54	104.23	0.0728	11.099
6	94.13	689.05	574.13	104.17	0.0734	11.364
7	95.62	686.86	571.71	104.12	0.0739	11.630
8	97.11	684.68	569.31	104.06	0.0745	11.898
9	98.61	682.49	566.92	104.00	0.0751	12.164
10	100.11	680.31	564.55	103.93	0.0758	12.433
11	101.62	678.14	562.18	103.87	0.0761	12.702
12	103.13	675.97	559.83	103.80	0.0768	12.973
13	104.64	673.80	557.50	103.74	0.0772	13.244
14	106.16	671.64	555.17	103.67	0.0777	13.516
15	107.68	669.48	552.88	103.60	0.0782	13.788
16	109.21	667.33	550.57	103.53	0.0787	14.062
17	110.74	665.18	548.28	103.46	0.0791	14.336
18	112.27	663.04	546.01	103.38	0.0796	14.611
19	113.81	660.90	543.75	103.31	0.0801	14.888
20	115.35	658.78	541.51	103.23	0.0806	15.162
21	116.89	656.63	539.28	103.15	0.0810	15.439
22	118.43	654.50	537.08	103.08	0.0815	15.717
23	119.96	652.38	534.85	103.00	0.0819	15.995
24	121.53	650.28	532.66	102.92	0.0824	16.273

→ Total losses from cooling = 325.070 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.077 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 800 (C) mai = 900 (kg/h)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 3500 bricks

g Time Taco Tpcx ml Tcmlo Tplx Tcmpo mlakx Tppx Tcmso Tpdx (%) ml
(min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

13	20	179.1	641.5	46.9	722.7	479.9	559.2	2820.8	112.9	132.6	33.6	351.3	3768
14	40	178.3	633.0	47.1	725.1	485.8	568.8	2856.9	130.9	133.1	37.2	349.3	3904
15	60	173.5	624.5	47.3	727.5	494.4	574.2	2891.3	143.4	133.7	40.8	348.3	3639
16	80	170.8	616.0	47.4	729.7	502.7	581.2	2923.9	165.3	134.2	43.8	348.3	3871
17	100	168.1	607.7	47.6	731.9	510.8	588.9	2955.2	181.7	134.6	47.0	345.3	3903
18	120	165.5	599.4	47.8	734.0	518.6	594.5	2984.9	197.8	135.2	50.0	344.3	3933
19	140	162.9	591.2	48.0	736.0	526.3	600.8	3013.4	213.1	135.7	52.9	342.3	3961
20	160	160.4	583.0	48.2	737.9	533.7	608.8	3040.7	228.1	136.2	55.7	341.3	3969
21	180	157.9	575.0	48.4	739.8	540.9	612.6	3067.0	242.8	136.6	58.4	340.3	4015
22	200	155.5	567.0	48.5	741.7	547.9	618.2	3092.0	256.8	137.0	61.0	339.3	4040
23	220	153.1	559.0	48.7	743.4	554.7	623.6	3116.0	270.6	137.4	63.5	338.3	4065
24	240	150.7	551.2	48.8	745.1	561.3	628.8	3139.2	283.9	137.8	65.8	338.3	4068
25	260	148.4	543.4	49.0	746.8	567.7	633.8	3161.5	298.9	138.1	68.1	335.3	4110
26	280	146.1	535.8	49.1	748.4	574.0	638.7	3182.8	309.6	138.5	70.3	334.3	4132
27	300	143.8	528.1	49.3	749.9	580.1	643.4	3203.5	321.9	138.8	72.4	333.3	4153
28	320	141.6	520.6	49.5	751.4	588.0	647.9	3223.3	333.9	139.1	74.4	332.3	4173
29	340	139.5	513.1	49.6	752.9	591.7	652.3	3242.4	345.5	139.4	76.3	331.3	4192
30	360	137.3	505.8	49.8	754.3	597.3	656.6	3261.3	356.8	139.7	78.1	330.3	4211
31	380	135.2	498.4	49.9	755.7	602.7	660.7	3278.6	367.9	139.9	79.9	329.3	4229
32	400	133.2	491.2	50.0	757.0	608.0	664.7	3295.8	378.6	140.2	81.8	328.3	4248
33	420	131.2	484.1	50.2	758.3	613.2	668.5	3312.3	389.1	140.4	83.2	328.3	4262
34	440	129.2	477.0	50.3	759.6	618.2	672.3	3328.4	399.3	140.7	84.7	327.3	4279
35	460	127.2	470.0	50.4	760.7	623.0	675.9	3343.9	409.2	140.9	86.2	326.3	4294
36	480	125.3	463.0	50.6	761.9	627.7	679.4	3358.9	418.8	141.1	87.8	325.3	4309
37	500	123.4	456.2	50.7	763.0	632.3	682.8	3373.3	428.2	141.3	89.3	324.3	4324
38	520	121.6	449.4	50.8	764.1	636.8	686.1	3387.3	437.4	141.5	90.2	323.3	4338
39	540	119.8	442.7	50.9	765.2	641.2	689.3	3400.7	446.3	141.7	91.4	322.3	4352
40	560	118.0	436.1	51.1	766.2	645.4	692.4	3413.8	455.0	141.9	92.8	322.3	4365
41	580	116.2	429.6	51.2	767.2	649.5	695.4	3426.5	463.5	142.0	93.7	321.3	4378
42	584	115.9	428.3	51.2	767.4	650.3	696.0	3429.0	465.2	142.1	93.9	321.3	4380

→ average wood consumption = 49.2 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 3167.6 kg/hr
→ average drying air flowrate = 4116.7 kg/hr

[=> Total wood consumption = 478.5 kg.]
[=> Specific energy = 1822.7 kJ/kg brick.]

Temperature (C)		average <after moisture firing>				
bed cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	
i	Tpc[i]	Tip[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	359.58	700.58	525.48	95.11	0.0837	60.367
1	363.42	698.78	520.77	95.40	0.0842	61.105
2	367.91	694.75	518.20	95.35	0.0847	61.963
3	372.15	692.68	515.59	95.31	0.0852	62.773
4	378.18	690.61	513.01	95.28	0.0856	63.544

12	113.21	685.39	538.32	98.54	0.0873	14.779
13	114.71	682.40	535.64	98.47	0.0877	15.049
14	116.22	679.42	532.99	98.40	0.0882	15.320
15	117.73	676.45	530.35	98.33	0.0886	15.591
16	119.24	673.50	527.73	98.26	0.0890	15.862
17	120.75	670.56	525.13	98.18	0.0894	16.134
18	122.26	667.64	522.55	98.10	0.0898	16.405
19	123.78	664.73	519.99	98.02	0.0901	16.678
20	125.29	661.82	517.45	97.94	0.0905	16.950
21	126.80	658.95	514.93	97.86	0.0909	17.222
22	128.32	656.06	512.43	97.78	0.0913	17.495
23	129.83	653.22	509.94	97.69	0.0918	17.768
24	131.34	650.38	507.47	97.61	0.0920	18.041

→ Total losses from cooling = 369.975 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.088 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 900 (C) mai = 900 (kg/h)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 3500 bricks
-[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]

g Time Taco Tpcx ml Tcmlo Tplx Tcmpo mlakx Tppx Tcmso Tpdx (%) ml
(min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

8	20	181.0	641.6	56.7	787.8	448.4	604.1	3078.7	107.0	132.9	33.8	290.4	4035
9	40	178.2	633.1	56.8	791.5	459.5	613.7	3121.7	127.9	133.5	37.5	289.4	4079
10	60	175.4	624.6	57.0	795.1	472.1	622.9	3162.7	148.1	134.1	41.0	288.4	4120
11	80	172.6	616.2	57.2	798.5	484.4	631.7	3201.8	167.7	134.8	44.5	287.4	4159
12	100	169.9	607.9	57.4	801.8	496.3	640.1	3238.8	186.7	135.2	47.7	286.4	4198
13	120	167.3	599.7	57.7	805.0	507.8	648.3	3274.7	205.2	135.7	50.9	285.4	4232
14	140	164.7	591.5	57.8	808.1	519.0	656.1	3308.0	223.1	136.1	53.9	284.4	4266
15	160	162.1	583.4	58.0	811.1	529.8	663.6	3340.3	240.4	136.6	56.8	283.4	4298
16	180	159.6	575.4	58.2	813.9	540.3	670.8	3371.1	257.3	137.0	59.8	283.3	4329
17	200	157.1	567.4	58.3	816.7	550.5	677.8	3400.7	273.7	137.4	62.2	282.3	4359
18	220	154.7	559.6	58.5	819.4	560.4	684.5	3429.0	289.7	137.8	64.8	281.3	4388
19	240	152.3	551.8	58.7	821.9	569.9	691.0	3456.4	305.2	138.2	67.2	280.3	4415
20	260	149.9	544.0	58.8	824.4	579.2	697.3	3482.2	320.3	138.6	69.6	279.3	4441
21	280	147.6	536.4	59.0	826.8	588.3	703.3	3507.2	334.9	138.9	71.8	278.3	4466
22	300	145.4	528.8	59.2	829.1	597.0	709.1	3531.4	349.2	139.2	73.9	277.3	4491
23	320	143.1	521.3	59.3	831.4	605.5	714.8	3554.5	363.1	139.6	76.0	276.3	4514
24	340	140.9	513.9	59.5	833.5	613.7	720.2	3576.8	376.8	139.8	77.9	275.3	4538
25	360	138.8	506.5	59.6	835.6	621.7	725.5	3598.2	389.7	140.1	79.8	274.3	4558
26	380	136.7	499.2	59.8	837.6	629.5	730.6	3619.1	402.6	140.4	81.5	273.3	4579
27	400	134.6	492.0	59.9	839.6	637.0	735.5	3639.0	415.0	140.6	83.2	272.3	4599
28	420	132.5	484.9	60.0	841.4	644.4	740.3	3658.1	427.1	140.9	84.8	271.3	4618
29	438	130.9	479.2	60.2	842.9	650.1	744.0	3673.0	438.6	141.1	86.1	270.3	4633

→ average wood consumption = 58.4 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 3403.9 kg/hr
→ average drying air flowrate = 4362.3 kg/hr

[=> Total wood consumption = 424.7 kg.]
[=> Specific energy = 1817.7 kJ/kg brick.]
-[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]-

Temperature (C)		average <after moisture firing>				
bed cooling	firing	preheating	drying	content	cooling	
i	Tpc[i]	Tip[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	438.49	718.25	501.88	87.17	0.0917	75.178
1	438.79	712.83	498.81	87.50	0.0921	75.626
2	442.36	710.01	493.97	87.46	0.0925	76.321
3	445.82	707.13	491.12	87.42	0.0929	76.855
4	448.65	704.27	488.29	87.38	0.0933	77.544
5	451.45	701.43	485.48	87.33	0.0937	78.090
6	454.05	698.60				

5	380.00	868.55	510.45	95.21	0.0881	84.277
6	383.85	869.49	507.91	95.15	0.0868	84.978
7	387.13	874.43	505.38	95.10	0.0870	85.644
8	390.44	882.39	502.87	95.04	0.0874	86.281
9	393.62	890.34	500.39	94.98	0.0879	86.991
10	396.65	898.31	497.92	94.92	0.0883	87.744
11	399.55	906.27	495.47	94.86	0.0887	88.533
12	402.33	914.25	493.03	94.79	0.0891	89.359
13	405.00	922.22	490.62	94.72	0.0895	90.233
14	407.56	930.21	488.22	94.65	0.0899	91.156
15	410.01	938.20	485.84	94.58	0.0903	92.129
16	412.37	946.19	483.48	94.50	0.0907	93.152
17	414.63	954.19	481.14	94.43	0.0910	94.225
18	416.81	962.19	478.81	94.35	0.0914	95.348
19	418.91	970.20	476.50	94.28	0.0918	96.521
20	420.92	978.22	474.20	94.20	0.0921	97.744
21	422.86	986.24	471.93	94.12	0.0925	99.017
22	424.73	994.27	469.67	94.03	0.0929	100.340
23	426.52	1002.30	467.42	93.95	0.0932	101.713
24	428.25	1010.34	465.19	93.87	0.0935	103.136

---> Total losses from cooling = 1899 605 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.405 MJ/kg brick

----- STOP FIRING -----
----- CONTINUE COOLING -----

14	800	114.5423	0.0225	944.8	0.0	794.8	464.1	139.7	94.0	0.0	1695
14	620	112.8418	0.0222	838.2	0.0	775.8	482.7	139.7	94.2	0.0	1676
14	840	111.2410	0.0219	531.8	0.0	758.8	461.3	139.7	94.4	0.0	1657
14	660	109.5404	0.0218	825.0	0.0	738.2	480.0	139.7	94.5	0.0	1638
14	880	107.9398	0.0213	781.5	0.0	719.9	458.8	139.6	94.7	0.0	1620
14	700	106.4301	0.0210	912.1	0.0	701.8	457.2	139.6	94.9	0.0	1602
14	720	104.8385	0.0208	1605.7	0.0	684.0	455.9	139.6	95.0	0.0	1584
14	740	103.3379	0.0205	3569.4	0.0	666.4	454.5	139.6	95.1	0.0	1566
14	760	101.8374	0.0202	8563.1	0.0	649.0	453.2	139.6	95.3	0.0	1549
14	780	100.4368	0.0200	0596.9	0.0	631.9	451.8	139.6	95.4	0.0	1532
14	800	98.9362	0.0197	3580.7	0.0	615.0	450.5	139.6	95.6	0.0	1515
14	820	97.5358	0.0194	8574.6	0.0	598.3	449.2	139.6	95.7	0.0	1498
14	840	96.1351	0.0192	2568.8	0.0	581.9	447.8	139.6	95.8	0.0	1482
14	860	94.8345	0.0189	7582.8	0.0	565.7	446.5	139.5	95.9	0.0	1466
14	880	93.5340	0.0187	3556.6	0.0	549.7	445.2	139.5	96.0	0.0	1450
14	900	92.2335	0.0184	8550.7	0.0	533.9	443.9	139.5	96.1	0.0	1434
14	920	90.9328	0.0182	4544.9	0.0	518.3	442.6	139.5	96.3	0.0	1418
14	940	89.6324	0.0180	1539.1	0.0	502.9	441.3	139.5	96.4	0.0	1403
14	960	88.4319	0.0177	8533.4	0.0	487.8	440.0	139.5	96.5	0.0	1388
14	980	87.2314	0.0175	5527.7	0.0	472.9	438.7	139.4	96.5	0.0	1373
14	1000	86.0309	0.0173	3522.0	0.0	458.1	437.4	139.4	96.6	0.0	1358
14	1020	84.8304	0.0171	1516.4	0.0	443.6	436.1	139.4	96.7	0.0	1344
14	1040	83.7298	0.0168	9510.9	0.0	429.3	434.8	139.4	96.8	0.0	1329
14	1060	82.6294	0.0166	8505.4	0.0	415.1	433.5	139.4	96.9	0.0	1315
14	1080	81.5290	0.0164	7500.0	0.0	401.2	432.3	139.4	97.0	0.0	1301
14	1100	80.4285	0.0162	6494.6	0.0	387.5	431.0	139.3	97.1	0.0	1287
14	1120	79.4280	0.0160	6489.2	0.0	373.9	429.7	139.3	97.1	0.0	1274
14	1140	78.3276	0.0158	6483.9	0.0	360.5	428.5	139.3	97.2	0.0	1261
14	1160	77.3271	0.0156	6478.7	0.0	347.4	427.2	139.3	97.3	0.0	1247
14	1180	76.3267	0.0154	6473.5	0.0	334.4	426.0	139.2	97.3	0.0	1234
14	1200	75.4263	0.0152	7468.3	0.0	321.6	424.7	139.2	97.4	0.0	1222
14	1220	74.4259	0.0150	8463.2	0.0	308.9	423.5	139.2	97.5	0.0	1209
14	1240	73.5254	0.0149	0458.2	0.0	0.0	422.2	139.5	97.5	0.0	900
14	1260	72.5250	0.0147	2453.2	0.0	0.0	421.0	138.5	97.5	0.0	900
14	1280	71.6246	0.0145	4448.2	0.0	0.0	419.8	138.5	97.6	0.0	900
14	1300	70.8242	0.0143	6443.3	0.0	0.0	418.5	138.5	97.6	0.0	900
14	1320	69.9238	0.0141	8438.4	0.0	0.0	417.3	138.5	97.6	0.0	900
14	1340	69.0234	0.0140	1433.6	0.0	0.0	416.1	138.5	97.7	0.0	900
14	1360	68.2231	0.0138	4428.8	0.0	0.0	414.9	138.5	97.7	0.0	900
14	1380	67.4227	0.0136	8424.1	0.0	0.0	413.7	138.5	97.7	0.0	900
14	1400	66.6223	0.0135	1419.4	0.0	0.0	412.5	138.5	97.7	0.0	900
14	1420	65.8219	0.0133	5414.7	0.0	0.0	411.3	138.5	97.8	0.0	900
14	1440	65.1216	0.0131	9410.1	0.0	0.0	410.1	138.5	97.8	0.0	900
14	1460	64.3212	0.0130	4405.5	0.0	0.0	408.9	138.5	97.8	0.0	900
14	1480	63.6208	0.0128	8401.0	0.0	0.0	407.7	138.5	97.9	0.0	900
14	1500	62.9203	0.0127	3396.5	0.0	0.0	406.5	138.5	97.9	0.0	900
14	1520	62.1202	0.0125	8392.1	0.0	0.0	405.3	138.5	97.9	0.0	900
14	1540	61.5199	0.0124	3387.7	0.0	0.0	404.2	138.5	97.9	0.0	900
14	1560	60.8193	0.0122	9383.3	0.0	0.0	403.0	138.5	98.0	0.0	900
14	1580	60.1192	0.0121	5379.0	0.0	0.0	401.8	138.5	98.0	0.0	900
14	1600	59.5189	0.0120	1374.7	0.0	0.0	400.7	138.5	98.0	0.0	900
14	1620	58.8187	0.0118	7370.5	0.0	0.0	399.5	138.5	98.0	0.0	900
14	1640	58.2183	0.0117	3366.3	0.0	0.0	398.3	138.5	98.0	0.0	900
14	1660	57.6180	0.0116	0362.2	0.0	0.0	397.2	138.5	98.1	0.0	900
14	1680	57.0177	0.0114	8358.1	0.0	0.0	396.0	138.5	98.1	0.0	900
14	1700	56.4175	0.0113	3354.0	0.0	0.0	394.9	138.5	98.1	0.0	900
14	1720	55.8172	0.0112	1350.0	0.0	0.0	393.7	138.6	98.1	0.0	900
14	1740	55.3168	0.0110	8346.0	0.0	0.0	392.6	138.6	98.2	0.0	900
14	1760	54.7166	0.0109	6342.0	0.0	0.0	391.5	138.6	98.2	0.0	900

22	477.82	655.23	441.38	88.23	0.0992	83.246
23	478.58	652.64	438.98	88.15	0.0995	83.392
24	479.24	650.05	436.58	88.07	0.0998	83.525

---> Total losses from cooling = 2009 279 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.478 MJ/kg brick

----- STOP FIRING -----
----- CONTINUE COOLING -----

9	440	130.5477	0.0242	0648.8	0.0	897.4	438.3	138.4	88.1	0.0	1797
9	480	128.8470	0.0238	7642.0	0.0	876.9	435.0	138.4	88.6	0.0	1777
9	480	128.8483	0.0235	4635.4	0.0	858.8	433.7	138.5	87.0	0.0	1757
9	500	124.7457	0.0232	2628.9	0.0	838.6	432.5	138.5	87.3	0.0	1737
9	520	122.8450	0.0229	1622.5	0.0	818.8	431.2	138.5	87.7	0.0	1717
9	540	121.0443	0.0225	918.1	0.0	797.3	429.9	138.5	88.1	0.0	1697
9	560	119.2437	0.0222	909.7	0.0	778.1	428.6	138.5	88.4	0.0	1678
9	580	117.4430	0.0219	903.4	0.0	759.1	427.4	138.6	88.7	0.0	1659
9	600	115.7424	0.0216	959.2	0.0	740.3	426.1	138.6	89.0	0.0	1640
9	620	114.0417	0.0214	0591.0	0.0	721.8	424.9	138.6	89.4	0.0	1622
9	640	112.3411	0.0211	1584.9	0.0	703.5	423.6	138.6	89.7	0.0	1604
9	660	110.6405	0.0208	3578.8	0.0	685.5	422.4	138.6	89.9	0.0	1585
9	680	109.0399	0.0205	5572.8	0.0	667.7	421.1	138.6	90.2	0.0	1568
9	700	107.4393	0.0202	8568.8	0.0	650.1	419.9	138.7	90.5	0.0	1550
9	720	105.9387	0.0200	1560.9	0.0	632.8	418.7	138.7	90.8	0.0	1533
9	740	104.3381	0.0197	4555.1	0.0	616.7	417.4	138.7	91.0	0.0	1516
9	760	102.8375	0.0194	8549.2	0.0	599.9	416.2	138.7	91.2	0.0	1499
9	780	101.4369	0.0192	3543.5	0.0	582.2	415.0	138.7	91.5	0.0	1482
9	800	99.9363	0.0189	7537.8	0.0	565.8	413.8	138.7	91.7	0.0	1466
9	820	98.5358	0.0187	3532.1	0.0	549.7	412.5	138.7	91.9	0.0	1450
9	840	97.1352	0.0184	8526.5	0.0	533.7	411.3	138.7	92.1	0.0	1434
9	860	95.7347	0.0182	4520.9	0.0	518.0	410.1	138.7	92.4	0.0	1418
9	880	94.4341	0.0180	0515.4	0.0	502.4	408.9	138.7	92.6	0.0	1402
9	900	93.1336	0.0177	7509.9	0.0	487.1	407.7	138.7	92.7	0.0	1387
9	920	91.8331	0.0175	4504.5	0.0	472.0	406.5	138.7	92.9	0.0	1372
9	940	90.5325	0.0173	1499.1	0.0	457.1	405.4	138.7	93.1	0.0	1357
9	960	89.2320	0.0170	9493.8	0.0	442.4	404.2	138.7	93.3	0.0	1342
9	980	88.0315	0.0168	7488.5	0.0	428.0					

14	1780	54.2	184.0	0.0	108.3	338.1	0.0	0.360	3.138	88.2	0	900
14	1800	53.7	181.3	0.0	107.1	334.2	0.0	0.389	2.138	88.2	0	900
14	1820	53.1	158.8	0.0	105.9	330.4	0.0	0.388	1.138	88.2	0	900
14	1840	52.8	158.2	0.0	104.8	328.6	0.0	0.387	0.138	88.3	0	900
14	1860	52.1	153.7	0.0	103.8	322.8	0.0	0.385	9.138	88.3	0	900
14	1880	51.7	151.3	0.0	102.5	319.1	0.0	0.384	8.138	88.3	0	900
14	1900	51.2	148.9	0.0	101.3	315.4	0.0	0.383	6.138	88.3	0	900
14	1920	50.7	146.5	0.0	100.2	311.8	0.0	0.382	5.138	88.3	0	900
14	1940	50.3	144.2	0.0	99.2	308.2	0.0	0.381	4.138	88.3	0	900
14	1960	49.8	141.9	0.0	98.1	304.6	0.0	0.380	3.138	88.4	0	900
14	1980	49.4	139.7	0.0	97.0	301.1	0.0	0.379	2.138	88.4	0	900
14	2000	49.0	137.5	0.0	96.0	297.6	0.0	0.378	2.138	88.4	0	900
14	2020	48.5	135.4	0.0	95.0	294.1	0.0	0.377	1.138	88.4	0	900
14	2040	48.1	133.2	0.0	94.0	290.7	0.0	0.378	0.138	88.4	0	900
14	2060	47.7	131.2	0.0	93.0	287.3	0.0	0.374	9.138	88.4	0	900
14	2080	47.3	129.1	0.0	92.0	283.9	0.0	0.373	8.138	88.5	0	900
14	2100	46.9	127.1	0.0	91.0	280.6	0.0	0.372	8.138	88.5	0	900
14	2120	46.6	125.2	0.0	90.1	277.3	0.0	0.371	7.138	88.5	0	900
14	2140	46.2	123.3	0.0	89.1	274.0	0.0	0.370	8.138	88.5	0	900
14	2160	45.8	121.4	0.0	88.2	270.8	0.0	0.369	8.138	88.5	0	900
14	2180	45.5	119.5	0.0	87.3	267.6	0.0	0.368	5.138	88.5	0	900
14	2200	45.2	117.7	0.0	86.4	264.5	0.0	0.367	4.138	88.5	0	900
14	2220	44.8	115.9	0.0	85.5	261.3	0.0	0.368	4.138	88.6	0	900
14	2240	44.5	114.2	0.0	84.7	258.2	0.0	0.365	3.138	88.6	0	900
14	2260	44.2	112.4	0.0	83.8	255.2	0.0	0.364	3.138	88.6	0	900
14	2280	43.8	110.6	0.0	83.0	252.2	0.0	0.363	3.138	88.6	0	900
14	2300	43.5	109.1	0.0	82.1	249.2	0.0	0.362	2.138	88.6	0	900
14	2320	43.2	107.5	0.0	81.3	246.2	0.0	0.361	2.138	88.6	0	900
14	2340	42.9	105.9	0.0	80.5	243.3	0.0	0.360	1.138	88.6	0	900
14	2360	42.7	104.3	0.0	79.7	240.4	0.0	0.359	1.138	88.6	0	900
14	2380	42.4	102.8	0.0	78.9	237.5	0.0	0.358	1.138	88.7	0	900
14	2400	42.1	101.3	0.0	78.1	234.7	0.0	0.357	1.138	88.7	0	900
14	2420	41.8	99.8	0.0	77.4	231.9	0.0	0.358	0.138	88.7	0	900
14	2440	41.6	98.4	0.0	76.6	229.1	0.0	0.355	0.138	88.7	0	900
14	2460	41.3	97.0	0.0	75.9	226.4	0.0	0.354	0.138	88.7	0	900

END OF COOLING -> TO BE START FIRING

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpx Tempo maix Tpcx Tcmfo Tpcr (%) md (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

15	20	89.5	221.5	54.3	893.2	398.2	539.4	2770.1	118.2	132.5	33.8	302	3724
15	40	68.8	218.0	54.4	699.7	378.5	547.4	2808.2	133.1	133.1	37.1	302	3783
15	60	67.8	214.5	54.5	700.1	390.4	555.1	2844.5	149.8	133.7	40.5	302	3790
15	80	67.0	211.2	54.5	703.3	401.9	562.5	2879.1	165.5	134.2	43.7	301	3834
15	100	68.2	207.8	54.6	708.4	413.1	569.7	2912.1	181.1	134.7	48.9	301	3867
15	120	65.5	204.5	54.6	708.4	423.9	578.5	2943.7	194.2	135.2	49.9	301	3898
15	140	64.7	201.3	54.7	712.3	434.4	583.2	2973.9	210.9	135.7	52.8	301	3929
15	160	64.0	198.1	54.7	715.1	444.8	589.5	3002.7	225.3	136.1	55.6	300	3957
15	180	63.2	195.0	54.8	717.7	454.5	595.7	3030.7	239.2	136.5	58.3	300	3985
15	200	62.5	191.9	54.8	720.3	464.0	601.6	3057.1	252.8	137.0	60.8	300	4012
15	220	61.8	188.9	54.9	722.8	473.3	607.4	3082.5	266.0	137.3	63.3	300	4037
15	240	61.1	185.9	54.9	725.2	482.3	612.9	3107.1	278.9	137.7	65.7	299	4062
15	260	60.5	183.0	54.9	727.6	491.1	618.3	3130.8	291.5	138.1	68.0	299	4088
15	280	59.8	180.1	55.0	729.8	499.8	623.5	3153.2	303.7	138.4	70.1	299	4108
15	300	59.2	177.2	55.0	732.0	507.8	628.5	3175.1	315.8	138.7	72.2	299	4130
15	320	58.6	174.5	55.1	734.1	515.8	633.4	3196.1	327.2	139.1	74.2	298	4151
15	340	57.9	171.7	55.1	736.1	523.8	638.1	3216.3	338.6	139.4	76.2	298	4171
15	360	57.3	169.0	55.1	738.1	531.2	642.7	3235.7	349.8	139.6	78.0	298	4191
15	380	56.7	166.4	55.2	739.9	538.5	647.1	3254.5	360.4	139.9	79.8	298	4210
15	400	56.2	163.8	55.2	741.8	545.8	651.4	3272.8	370.9	140.2	81.4	297	4228
15	420	55.8	161.2	55.3	743.5	552.5	655.5	3290.2	381.1	140.4	83.0	297	4248
15	440	55.0	158.7	55.3	745.3	559.3	659.5	3307.1	391.1	140.8	84.8	297	4262
15	460	54.5	156.2	55.4	748.9	565.8	663.4	3323.5	400.9	140.9	86.0	297	4279
15	480	54.0	153.8	55.4	748.5	572.1	667.2	3339.1	410.4	141.1	87.4	297	4294
15	500	53.5	151.4	55.4	750.1	578.3	670.9	3354.4	419.8	141.3	88.8	297	4310
15	520	52.9	149.0	55.4	751.6	584.3	674.5	3369.1	428.7	141.5	90.1	296	4325
15	540	52.4	146.7	55.5	753.0	590.1	677.9	3383.4	437.5	141.7	91.3	296	4339
15	560	52.0	144.4	55.5	754.4	595.8	681.3	3397.2	446.1	141.8	92.4	296	4353
15	580	51.5	142.2	55.5	755.8	601.3	684.5	3410.4	454.5	142.0	93.5	296	4366
15	600	51.0	140.0	55.6	757.1	606.7	687.7	3423.4	462.7	142.2	94.8	296	4379
15	620	50.5	137.9	55.6	758.4	611.9	690.8	3435.9	470.7	142.3	95.6	295	4392
15	640	50.1	135.7	55.6	759.8	616.9	693.7	3447.9	478.6	142.5	96.6	295	4404
15	660	49.7	133.7	55.7	760.9	621.9	696.6	3460.1	486.2	142.6	97.5	295	4416
15	680	49.2	131.6	55.7	762.0	626.7	699.4	3471.2	493.6	142.7	98.3	295	4427
15	700	48.8	129.6	55.7	763.1	631.3	702.2	3482.0	500.9	142.8	99.2	295	4438
15	720	48.4	127.7	55.7	764.2	635.8	704.8	3492.8	508.0	143.0	99.9	295	4448
15	740	48.0	125.7	55.8	765.3	640.3	707.4	3503.0	514.9	143.1	100.7	295	4459
15	760	47.6	123.8	55.8	766.3	644.5	709.9	3513.0	521.7	143.2	101.4	294	4469
15	780	47.2	122.0	55.8	767.3	648.7	712.4	3522.7	528.3	143.3	102.1	294	4478
15	788	47.1	121.2	55.8	767.7	650.3	713.3	3528.5	530.9	143.3	102.3	294	4482

--- average wood consumption = 55.3 kg/hr
 --- average mixing air flowrate = 3224.7 kg/hr
 --- average drying air flowrate = 4180.0 kg/hr

9	1940	50.8	145.0	0.0	95.3	285.2	0.0	0.350	7.138	97.1	0	900
9	1960	50.1	142.8	0.0	94.3	281.9	0.0	0.349	7.138	97.2	0	900
9	1980	49.7	140.5	0.0	93.2	278.6	0.0	0.348	7.138	97.2	0	900
9	2000	49.3	138.3	0.0	92.3	275.4	0.0	0.347	7.138	97.3	0	900
9	2020	48.8	136.2	0.0	91.3	272.1	0.0	0.346	7.138	97.3	0	900
9	2040	48.4	134.0	0.0	90.3	269.0	0.0	0.345	7.138	97.3	0	900
9	2060	48.0	131.9	0.0	89.4	265.8	0.0	0.344	7.138	97.4	0	900
9	2080	47.6	129.9	0.0	88.4	262.7	0.0	0.343	7.138	97.4	0	900
9	2100	47.2	127.9	0.0	87.5	259.7	0.0	0.342	7.138	97.4	0	900
9	2120	46.8	125.9	0.0	86.6	256.6	0.0	0.341	7.138	97.5	0	900
9	2140	46.5	124.0	0.0	85.7	253.6	0.0	0.340	7.138	97.5	0	900
9	2160	46.1	122.1	0.0	84.8	250.6	0.0	0.339	8.138	97.6	0	900
9	2180	45.7	120.2	0.0	83.9	247.7	0.0	0.338	8.138	97.6	0	900
9	2200	45.4	118.4	0.0	83.1	244.8	0.0	0.337	8.138	97.6	0	900
9	2220	45.1	116.6	0.0	82.2	241.9	0.0	0.336	8.138	97.7	0	900
9	2240	44.7	114.8	0.0	81.4	239.0	0.0	0.335	9.138	97.7	0	900
9	2260	44.4	113.1	0.0	80.6	236.2	0.0	0.334	9.138	97.7	0	900
9	2280	44.1	111.4	0.0	79.8	233.4	0.0	0.333	9.138	97.7	0	900
9	2300	43.8	109.6	0.0	79.0	230.7	0.0	0.332	10.138	97.8	0	900
9	2320	43.5	108.1	0.0	78.2	227.9	0.0	0.332	10.138	97.8	0	900
9	2340	43.2	106.5	0.0	77.5	225.2	0.0	0.331	11.138	9		

[=> Total wood consumption = 720.1 kg]
[=> Specific energy = 2788.1 kJ/kg brick]

Table with columns: Temperature (C), average <after> moisture firing>, bed cooling, firing preheating, drying, content, cooling. Rows 0-24 showing various temperature and moisture data points.

→ Total losses from cooling = 328.433 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.078 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 800 (C) mai = 1000 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 3500 bricks

g Time Taco Tpxx mfx Tcmfo Tpxf Tempo maix Tppx Tcmfo Tpdx (%) mfd (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

Table with columns: Time, Taco, Tpxx, mfx, Tcmfo, Tpxf, Tempo, maix, Tppx, Tcmfo, Tpdx (%), mfd. Rows 12-24 showing detailed process data.

→ average wood consumption = 54.9 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 3539.5 kg/hr
→ average drying air flowrate = 4594.4 kg/hr

[=> Total wood consumption = 497.7 kg.]
[=> Specific energy = 1896.2 kJ/kg brick]

Table with columns: Temperature (C), average <after> moisture firing>, bed cooling, firing preheating, drying, content, cooling. Rows 1-24 showing temperature and moisture data.

Table with columns: Time, Taco, Tpxx, mfx, Tcmfo, Tpxf, Tempo, maix, Tppx, Tcmfo, Tpdx (%), mfd. Rows 10-24 showing process data.

→ Total losses from cooling = 372.788 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.089 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 900 (C) mai = 1000 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 3500 bricks
-<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]->

g Time Taco Tpxx mfx Tcmfo Tpxf Tempo maix Tppx Tcmfo Tpdx (%) mfd (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

Table with columns: Time, Taco, Tpxx, mfx, Tcmfo, Tpxf, Tempo, maix, Tppx, Tcmfo, Tpdx (%), mfd. Rows 7-24 showing process data.

→ average wood consumption = 65.2 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 3807.1 kg/hr
→ average drying air flowrate = 4872.3 kg/hr

[=> Total wood consumption = 430.3 kg]
[=> Specific energy = 1839.2 kJ/kg brick]
-<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]->

Table with columns: Temperature (C), average <after> moisture firing>, bed cooling, firing preheating, drying, content, cooling. Rows 0-24 showing temperature and moisture data.

0	358.32	699.23	526.52	95.09	0.0832	80.132
1	362.05	695.53	521.94	95.37	0.0837	80.842
2	368.40	693.55	519.44	95.33	0.0842	81.073
3	370.51	691.52	516.91	95.29	0.0847	82.459
4	374.42	689.51	514.40	95.25	0.0851	83.207
5	378.14	687.49	511.91	95.20	0.0856	83.920
6	381.69	685.48	509.44	95.15	0.0860	84.601
7	385.08	683.48	506.99	95.10	0.0864	85.251
8	388.32	681.48	504.55	95.05	0.0869	85.873
9	391.42	679.48	502.13	94.99	0.0873	86.469
10	394.39	677.49	499.73	94.93	0.0877	87.040
11	397.24	675.51	497.34	94.87	0.0881	87.587
12	399.98	673.53	494.98	94.81	0.0885	88.113
13	402.58	671.55	492.63	94.75	0.0889	88.617
14	405.10	669.59	490.29	94.68	0.0893	89.102
15	407.51	667.62	487.97	94.62	0.0897	89.568
16	409.84	665.66	485.67	94.55	0.0901	90.018
17	412.07	663.71	483.39	94.48	0.0904	90.448
18	414.22	661.76	481.12	94.41	0.0908	90.863
19	416.29	659.82	478.86	94.34	0.0912	91.263
20	418.28	657.88	476.63	94.26	0.0915	91.648
21	420.20	655.95	474.41	94.19	0.0919	92.020
22	422.05	654.02	472.20	94.11	0.0922	92.378
23	423.83	652.10	470.01	94.04	0.0926	92.723
24	425.55	650.18	467.83	93.96	0.0929	93.058

--- Total losses from cooling = 1688.869 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.402 MJ/kg brick

<----- STOP FIRING ----->

--- CONTINUE COOLING ---

13	560	111.5420	0.0	219.2844	0.0	838.6468	139.9	94.1	0	1839
13	560	109.7413	0.0	216.0637	0.0	818.3465	139.9	94.3	0	1818
13	600	109.0406	0.0	212.0820	0.0	794.4464	139.9	94.5	0	1794
13	620	106.3369	0.0	209.9627	0.0	772.8462	139.9	94.7	0	1773
13	640	104.7392	0.0	208.9615	0.0	751.4481	139.9	94.8	0	1751
13	660	103.0368	0.0	203.9608	0.0	730.4598	139.9	95.0	0	1730
13	680	101.4379	0.0	201.0601	0.0	709.7458	139.9	95.1	0	1710
13	700	99.9373	0.0	198.2584	0.0	689.3457	139.8	95.3	0	1689
13	720	98.3397	0.0	195.4588	0.0	669.2458	139.8	95.4	0	1669
13	740	96.8361	0.0	192.6581	0.0	649.4454	139.8	95.6	0	1649
13	760	95.4354	0.0	189.9574	0.0	629.9453	139.8	95.7	0	1630
13	780	93.9348	0.0	187.2582	0.0	610.7451	139.8	95.8	0	1611
13	800	92.5343	0.0	184.6581	0.0	591.7450	139.8	96.0	0	1592
13	820	91.1337	0.0	182.1555	0.0	573.0449	139.8	96.1	0	1573
13	840	89.8331	0.0	179.6548	0.0	554.6447	139.7	96.2	0	1555
13	860	88.4325	0.0	177.0542	0.0	536.5446	139.7	96.3	0	1537
13	880	87.1320	0.0	174.6536	0.0	518.7445	139.7	96.4	0	1519
13	900	85.9314	0.0	172.2530	0.0	501.1443	139.7	96.5	0	1501
13	920	84.8309	0.0	169.8523	0.0	483.8442	139.7	96.6	0	1484
13	940	83.4303	0.0	167.5517	0.0	467.7441	139.7	96.7	0	1467
13	960	82.2298	0.0	165.2511	0.0	449.9439	139.6	96.8	0	1450
13	980	81.0293	0.0	163.0505	0.0	433.3438	139.6	96.9	0	1433
13	1000	79.9288	0.0	160.8499	0.0	417.0437	139.6	97.0	0	1417
13	1020	78.7283	0.0	158.6494	0.0	401.0436	139.6	97.1	0	1401
13	1040	77.6278	0.0	156.5488	0.0	385.2434	139.6	97.2	0	1385
13	1060	76.6273	0.0	154.4482	0.0	369.6433	139.5	97.3	0	1370
13	1080	75.5268	0.0	152.3476	0.0	354.2432	139.5	97.3	0	1354
13	1100	74.5264	0.0	150.3471	0.0	339.1430	139.5	97.4	0	1339
13	1120	73.5259	0.0	148.3465	0.0	324.297	138.8	97.5	0	1000
13	1140	72.5254	0.0	146.3460	0.0	310.428	138.8	97.5	0	1000
13	1160	71.5250	0.0	144.4454	0.0	307.2138	138.8	97.5	0	1000
13	1180	70.6248	0.0	142.5449	0.0	304.259	138.8	97.6	0	1000
13	1200	69.6241	0.0	140.6443	0.0	301.4247	138.8	97.6	0	1000
13	1220	68.7237	0.0	138.8438	0.0	302.4138	138.8	97.7	0	1000
13	1240	67.8233	0.0	137.0433	0.0	302.2138	138.8	97.7	0	1000
13	1260	67.0229	0.0	135.2428	0.0	302.0138	138.8	97.7	0	1000
13	1280	66.1225	0.0	133.5423	0.0	301.8137	138.8	97.8	0	1000
13	1300	65.3221	0.0	131.8418	0.0	301.6136	138.8	97.8	0	1000
13	1320	64.5217	0.0	130.1412	0.0	301.4135	138.9	97.9	0	1000
13	1340	63.7213	0.0	128.4407	0.0	301.1134	138.9	97.9	0	1000
13	1360	62.9209	0.0	126.8403	0.0	300.8133	138.9	97.9	0	1000
13	1380	62.1206	0.0	125.2398	0.0	300.5132	138.9	98.0	0	1000
13	1400	61.4202	0.0	123.6393	0.0	300.2131	138.9	98.0	0	1000
13	1420	60.7198	0.0	122.1388	0.0	300.0130	138.9	98.0	0	1000
13	1440	59.9195	0.0	120.5383	0.0	299.7129	138.9	98.1	0	1000
13	1460	59.2191	0.0	119.0378	0.0	299.4128	138.9	98.1	0	1000
13	1480	58.6188	0.0	117.5374	0.0	299.1127	138.9	98.1	0	1000
13	1500	57.9185	0.0	116.1369	0.0	298.8126	138.9	98.2	0	1000
13	1520	57.2182	0.0	114.7365	0.0	298.5125	138.9	98.2	0	1000
13	1540	56.6178	0.0	113.3360	0.0	298.2124	138.9	98.2	0	1000
13	1560	56.0175	0.0	111.9356	0.0	297.9123	138.9	98.2	0	1000
13	1580	55.4172	0.0	110.5352	0.0	297.6122	138.9	98.3	0	1000
13	1600	54.8169	0.0	109.2347	0.0	297.3121	138.9	98.3	0	1000

23	479.97	653.12	436.96	85.48	0.0998	83.699
24	480.81	650.61	434.66	85.40	0.0998	83.794

--- Total losses from cooling = 2020.297 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.481 MJ/kg brick

<----- STOP FIRING ----->

--- CONTINUE COOLING ---

8	400	128.2479	1.0	238.4849	0.0	958.5434	138.5	85.5	0	1959
8	420	126.1471	1.0	232.9841	0.0	934.4433	138.6	85.9	0	1934
8	440	124.0463	1.0	229.5834	0.0	910.6431	138.6	86.4	0	1911
8	460	122.0456	1.0	226.1827	0.0	887.1430	138.6	86.8	0	1887
8	480	120.1449	1.0	222.8820	0.0	863.9429	138.7	87.2	0	1864
8	500	118.1441	1.0	219.6813	0.0	841.1428	138.7	87.6	0	1841
8	520	116.3434	1.0	216.6806	0.0	818.6428	138.7	88.0	0	1819
8	540	114.4427	1.0	213.2800	0.0	796.4425	138.7	88.3	0	1798
8	560	112.6420	1.0	210.1793	0.0	774.5424	138.7	88.7	0	1774
8	580	110.8413	1.0	207.1786	0.0	752.9423	138.8	89.0	0	1753
8	600	109.0407	1.0	204.1780	0.0	731.7421	138.8	89.4	0	1732
8	620	107.3400	1.0	201.2773	0.0	710.7420	138.8	89.7	0	1711
8	640	105.7393	1.0	198.3766	0.0	690.1419	138.8	90.0	0	1690
8	660	104.0387	1.0	195.4760	0.0	669.7418	138.8	90.3	0	1670
8	680	102.4380	1.0	192.7554	0.0	649.7416	138.8	90.5	0	1650
8	700	100.8374	1.0	189.9547	0.0	629.9415	138.8	90.8	0	1630
8	720	99.3368	1.0	187.2541	0.0	610.5414	138.9	91.1	0	1610
8	740	97.7361	1.0	184.6535	0.0	591.3413	138.9	91.3	0	1591
8	760	96.2355	1.0	182.0529	0.0	572.4412	138.9	91.6	0	1572
8	780	94.8349	1.0	179.4523	0.0	553.8410	138.9	91.8	0	1554
8	800	93.4343	1.0	176.8517	0.0	535.5409	138.9	92.0	0	1535
8	820	92.0338	1.0	174.4511	0.0	517.4408	138.9	92.3	0	1517
8	840	90.6332	1.0	172.0505	0.0	499.6407	138.9	92.5	0	1500
8	860	89.2326	1.0	169.8499	0.0	482.1406	138.9	92.7	0	1482
8	880	87.9321	1.0	167.3493	0.0	464.8404	138.9	92.9	0	1465
8	900	86.6315	1.0	164.9487	0.0	447.9403	138.9	93.1	0	1448
8	920	85.4310	1.0	162.7482	0.0	431.1402	138.9	93.3	0	1431
8	940	84.1304	1.0	160.4476	0.0	414.6401	138.9	93.4	0	1415
8	960	82.9298	1.0	158.3471	0.0	398.4400	138.9	93.6	0	1398
8	980	81.7294	1.0	156.1465	0.0	382.4399	138.9	93.8	0	1382
8	1000	80.6289	1.0	154.0460	0.0	366.7398	138.9	94.0	0	1367
8	1020	79.4284	1.0	151.9454	0.0	351.2397	138.9	94.1	0	1351
8	1040	78.3279	1.0	149.8449	0.0	335.9395	138.9	94.3	0	1000
8	1060	77.2274	1.0	147.8444	0.0	320.9394	138.9	94.4	0	1000
8	1080	76.1269	1.0	145.8438	0.0	306.2392	138.9	94.5	0	1000
8	1100	75.1265	1.0	143.9433	0.0	291.8391	138.9	94.6	0	1000
8	1120	74.1260	1.0	142.0428	0.0	277.6390	138.9	94.7	0	1000
8	1140	73.1255	1.0	140.1423	0.0	263.7389	138.9	94.8	0	1000

Table with 13 rows and 10 columns of numerical data. Includes text 'END OF COOLING -> TO BE START FIRING' at the bottom.

Table with 13 rows and 10 columns of numerical data. Includes text 'END OF COOLING -> TO BE START FIRING' at the bottom.

-> average wood consumption = 61.5 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 3601.0 kg/hr
-> average drying air flowrate = 4682.5 kg/hr

[=> Total wood consumption = 731.8 kg.]
[=> Specific energy = 2768.0 kJ/kg brick]
[=> Energy losses by flue gas from drying = 6203749.3 kJ]
[=> (loss from input) = 53.0 %]

Table with 13 rows and 10 columns of numerical data. Includes text 'END OF COOLING -> TO BE START FIRING' at the bottom.

Table with 13 rows and 10 columns of numerical data. Includes text 'END OF COOLING -> TO BE START FIRING' at the bottom.

-> average wood consumption = 72.8 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 3879.3 kg/hr
-> average drying air flowrate = 4952.1 kg/hr
[=> Total wood consumption = 833.5 kg.]
[=> Specific energy = 2413.4 kJ/kg brick]
<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Table with 13 rows and 10 columns of numerical data. Includes text 'average <after moisture firing>' at the top.

I	Temperature (C)					average <after	losses (MJ)
	bed cooling	firing	preheating	drying	content cooling		
0	88.56	701.17	583.85	102.77	0.0711	10.370	
1	88.84	697.21	579.50	102.98	0.0717	10.419	
2	90.18	695.18	577.19	102.94	0.0723	10.655	
3	91.55	693.10	574.83	102.90	0.0729	10.903	
4	92.94	691.02	572.49	102.86	0.0734	11.152	
5	94.34	688.95	570.18	102.81	0.0739	11.402	
6	95.75	686.88	567.85	102.78	0.0745	11.653	
7	97.15	684.81	565.55	102.72	0.0750	11.904	
8	98.56	682.74	563.26	102.67	0.0755	12.156	
9	99.98	680.68	560.98	102.61	0.0760	12.409	
10	101.40	678.63	558.71	102.56	0.0765	12.663	
11	102.82	676.58	556.46	102.50	0.0770	12.917	
12	104.24	674.53	554.22	102.45	0.0775	13.172	
13	105.67	672.49	551.99	102.39	0.0780	13.428	
14	107.10	670.45	549.78	102.33	0.0785	13.684	
15	108.54	668.41	547.58	102.27	0.0790	13.941	
16	109.97	666.38	545.39	102.20	0.0794	14.199	
17	111.41	664.35	543.21	102.14	0.0799	14.457	
18	112.86	662.33	541.04	102.08	0.0803	14.716	
19	114.30	660.31	538.89	102.01	0.0808	14.975	
20	115.75	658.30	536.75	101.94	0.0812	15.235	
21	117.20	656.29	534.62	101.87	0.0818	15.495	
22	118.65	654.28	532.50	101.80	0.0821	15.756	
23	120.10	652.28	530.39	101.73	0.0825	16.017	
24	121.56	650.28	528.30	101.66	0.0829	16.278	

→ Total losses from cooling = 329.954 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.079 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 900 (C) mair = 1100 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mh = 0.120
Total brick in the kiln = 3500 bricks

I	Temperature (C)					average <after	losses (MJ)
	bed cooling	firing	preheating	drying	content cooling		
0	369.07	698.32	525.92	94.80	0.0831	60.274	
1	382.65	694.70	521.45	95.09	0.0835	60.967	
2	366.86	692.77	519.02	95.05	0.0840	61.761	

→ average wood consumption = 60.6 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 3913.0 kg/hr
→ average drying air flowrate = 5073.6 kg/hr
[=> Total wood consumption = 511.4 kg.]
[=> Specific energy = 1948.2 kJ/kg brick]
-<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]->

I	Temperature (C)					average <after	losses (MJ)
	bed cooling	firing	preheating	drying	content cooling		
0	369.07	698.32	525.92	94.80	0.0831	60.274	
1	382.65	694.70	521.45	95.09	0.0835	60.967	
2	366.86	692.77	519.02	95.05	0.0840	61.761	

20	124.51	660.85	512.89	94.52	0.0909	16.810
21	125.92	658.14	510.50	94.45	0.0912	17.063
22	127.33	655.44	508.12	94.37	0.0916	17.317
23	128.74	652.75	505.77	94.30	0.0919	17.572
24	130.15	650.08	503.43	94.23	0.0922	17.826

→ Total losses from cooling = 370.079 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.088 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 900 (C) mair = 1100 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mh = 0.120
Total brick in the kiln = 3500 bricks
-<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]->

g	Time (min)	Taco (C)	Tpcx (C)	mf (kg/h)	Tcmfo (C)	Tpx (C)	Tempo (C)	maidr (C)	Tppx (C)	Tcmfo (C)	Tpxr (%)	md (C)
8	20	172.1	640.2	70.0	793.9	450.0	618.3	3843.3	110.4	134.0	34.4	287.5013
8	40	169.0	630.2	70.3	798.0	465.1	629.0	3801.1	134.8	134.8	38.7	288.5071
8	60	166.0	620.2	70.5	801.9	479.6	639.1	3955.4	158.4	135.3	42.7	285.5128
8	80	163.0	610.4	70.8	805.8	493.6	648.8	4008.8	181.1	135.8	46.8	284.5178
8	100	160.1	600.8	71.1	809.2	507.1	658.0	4055.3	202.9	136.4	50.3	283.5226
8	120	157.2	591.0	71.3	812.6	520.1	668.6	4101.1	224.1	136.9	53.8	282.5272
8	140	154.4	581.4	71.5	815.8	532.7	675.1	4144.7	244.5	137.4	57.1	281.5316
8	160	151.6	572.0	71.8	819.0	544.8	683.2	4188.0	264.2	137.9	60.3	280.5358
8	180	148.9	562.7	72.0	822.0	556.5	690.9	4225.3	283.2	138.3	63.3	279.5397
8	200	146.3	553.4	72.2	824.9	567.8	698.6	4262.8	301.8	138.7	66.2	278.5435
8	220	143.7	544.3	72.4	827.8	578.6	705.3	4298.4	319.4	139.1	69.0	277.5471
8	240	141.1	535.3	72.7	830.3	589.1	712.1	4332.5	338.7	139.5	71.5	276.5505
8	260	138.7	526.4	72.9	832.8	599.3	718.6	4365.0	353.3	139.8	74.0	275.5538
8	280	136.2	517.6	73.1	835.3	609.1	724.8	4398.2	369.5	140.2	76.3	274.5569
8	300	133.8	508.8	73.3	837.8	618.5	730.8	4425.8	385.1	140.5	78.5	273.5599
8	320	131.5	500.3	73.5	839.9	627.7	736.6	4454.4	400.3	140.8	80.8	272.5628
8	340	129.2	491.8	73.7	842.1	636.5	742.1	4481.7	414.9	141.1	82.8	271.5655
8	360	126.9	483.5	73.9	844.2	645.0	747.5	4507.8	429.2	141.3	84.5	270.5682
8	374	125.4	477.7	74.0	845.6	650.8	751.1	4525.5	438.8	141.5	85.7	271.5700

→ average wood consumption = 72.0 kg/hr
→ average mixing air flowrate = 4213.0 kg/hr
→ average drying air flowrate = 5365.0 kg/hr
[=> Total wood consumption = 449.0 kg.]
[=> Specific energy = 1710.3 kJ/kg brick]
-<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]->

I	Temperature (C)					average <after	losses (MJ)
	bed cooling	firing	preheating	drying	content cooling		
0	437.35	715.68	500.84	88.61	0.0914	75.346	
1	439.41	710.42	498.03	88.94	0.0918	75.746	
2	442.72	707.75	493.35	88.91	0.0922	76.390	
3	445.75	705.02	490.65	88.88	0.0926	76.979	
4	448.58	702.31	487.98	88.85	0.0929	77.527	
5	451.18	699.62	485.32	88.81	0.0933	78.037	
6	453.81	696.93	482.69	88.77	0.0937	78.512	
7	455.88	694.26	480.08	88.73	0.0940	78.954	
8	458.00	691.60	477.49	88.68	0.0943	79.367	
9	459.97	688.96	474.93	88.63	0.0947	79.753	
10	461.81	686.33	472.38	88.59	0.0950	80.113	
11	463.53	683.71	469.86	88.53	0.0953	80.449	
12	465.13	681.10	467.35	88.48	0.0957	80.762	
13	466.63	678.51	464.87	88.43	0.0960	81.055	
14	468.03	675.93	462.41	88.37	0.0963	81.329	
15	469.33	673.36	459.97	88.31	0.0966	81.584	
16	470.55	670.81	457.54	88.25	0.0969	81.822	
17	471.68	668.26	455.14	88.19	0.0972	82.044	
18	472.74	665.73	452.76	88.13	0.0975	82.251	
19	473.72	663.22	450.39	88.06	0.0978	82.443	
20	474.63	660.71	448.05	88.00	0.0981	82.622	
21	475.48	658.22	445.72	85.93	0.0984	82.788	
22	476.27	655.74	443.41	85.86	0.0988	82.942	
23	476.99	653.27	441.12	85.79	0.0989	83.085	
24	477.66	650.81	438.85	85.72	0.0992	83.216	

→ Total losses from cooling = 2005.118 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.477 MJ/kg brick

+++++ STOP FIRING
CONTINUE COOLING

9	380	124.7	475.2	0.0	230.0	648.3	0.0	1005.5	438.5	138.8	85.0	0.2105
9	400	122.6	467.0	0.0	228.4	640.5	0.0	977.7	437.2	138.8	88.3	0.2078

3	370.84	690.79	516.58	95.01	0.0845	82.522
4	374.63	693.82	514.11	94.97	0.0849	83.247
5	378.24	696.85	511.69	94.93	0.0854	83.939
6	381.89	699.89	509.28	94.89	0.0858	84.600
7	385.08	702.93	506.86	94.84	0.0862	85.232
8	388.13	705.97	504.51	94.79	0.0866	85.837
9	391.15	709.03	502.15	94.74	0.0870	86.417
10	394.04	712.08	499.81	94.68	0.0875	86.973
11	398.22	715.15	497.48	94.63	0.0879	87.508
12	399.48	717.21	495.17	94.57	0.0883	88.019
13	402.03	720.28	492.88	94.51	0.0888	88.511
14	404.49	723.36	490.60	94.45	0.0890	88.964
15	403.85	725.44	488.34	94.39	0.0894	89.440
16	409.12	728.53	486.09	94.33	0.0898	89.878
17	411.30	731.62	483.86	94.26	0.0901	90.300
18	413.41	734.72	481.65	94.20	0.0905	90.708
19	415.43	737.82	479.45	94.13	0.0909	91.098
20	417.38	740.92	477.28	94.06	0.0912	91.475
21	419.27	744.04	475.09	93.99	0.0916	91.839
22	421.08	747.15	472.94	93.92	0.0919	92.190
23	422.83	750.27	470.80	93.85	0.0922	92.529
24	424.52	753.40	468.67	93.77	0.0926	92.858

---> Total losses from cooling = 1887.090 MJ/3500 bricks
 loss per kg brick = 0.402 MJ/kg brick

<----- STOP PRNGW ----->

--- CONTINUE COOLING ---

15	520	109.4	419.2	0.0214	3.6447	0.0	854.7	487.7	140.1	93.9	0	1985
15	540	107.8	411.8	0.0211	3.6389	0.0	850.0	483.3	140.1	94.1	0	1959
15	560	105.8	404.5	0.0207	3.6292	0.0	833.7	484.9	140.1	94.3	0	1934
15	580	104.0	397.3	0.0204	3.6215	0.0	808.8	483.5	140.1	94.5	0	1909
15	600	102.3	390.1	0.0201	3.6140	0.0	784.3	482.2	140.0	94.7	0	1884
15	620	100.8	383.1	0.0198	3.6065	0.0	760.2	480.8	140.0	94.9	0	1860
15	640	99.9	376.2	0.0195	3.5991	0.0	736.4	479.4	140.0	95.0	0	1836
15	660	97.3	369.4	0.0192	3.5917	0.0	713.1	478.1	140.0	95.2	0	1813
15	680	95.7	362.7	0.0189	3.5845	0.0	690.0	476.7	140.0	95.4	0	1790
15	700	94.2	356.1	0.0187	3.5773	0.0	667.4	475.4	140.0	95.5	0	1767
15	720	92.7	349.6	0.0183	3.5702	0.0	645.1	474.0	140.0	95.7	0	1745
15	740	91.2	343.2	0.0181	3.5631	0.0	623.2	472.7	140.0	95.8	0	1723
15	760	89.7	336.9	0.0178	3.5562	0.0	601.6	471.4	139.9	95.9	0	1702
15	780	88.3	330.7	0.0175	3.5493	0.0	580.3	470.0	139.9	96.1	0	1680
15	800	86.9	324.6	0.0173	3.5424	0.0	559.4	468.7	139.9	96.2	0	1659
15	820	85.5	318.6	0.0170	3.5357	0.0	538.9	467.4	139.9	96.3	0	1639
15	840	84.2	312.7	0.0168	3.5290	0.0	518.8	466.1	139.9	96.4	0	1619
15	860	82.9	306.9	0.0165	3.5224	0.0	498.7	464.7	139.9	96.5	0	1599
15	880	81.6	301.2	0.0163	3.5159	0.0	479.1	463.4	139.8	96.6	0	1579
15	900	80.4	295.6	0.0160	3.5094	0.0	459.8	462.1	139.8	96.7	0	1560
15	920	79.2	290.1	0.0158	3.5030	0.0	440.9	460.8	139.8	96.8	0	1541
15	940	78.0	284.7	0.0156	3.4966	0.0	422.2	459.5	139.8	96.9	0	1522
15	960	76.8	279.3	0.0154	3.4904	0.0	403.9	458.3	139.8	97.0	0	1504
15	980	75.7	274.1	0.0151	3.4842	0.0	385.8	457.0	139.7	97.1	0	1486
15	1000	74.6	269.0	0.0149	3.4780	0.0	368.0	435.7	139.0	97.2	0	1100
15	1020	73.5	263.9	0.0147	3.4720	0.0	350.4	434.4	139.0	97.3	0	1100
15	1040	72.4	258.9	0.0145	3.4660	0.0	333.1	433.1	139.1	97.3	0	1100
15	1060	71.4	254.1	0.0143	3.4600	0.0	316.1	431.9	139.1	97.4	0	1100
15	1080	70.4	249.3	0.0141	3.4541	0.0	299.6	430.6	139.1	97.4	0	1100
15	1100	69.4	244.6	0.0139	3.4483	0.0	283.4	429.4	139.1	97.5	0	1100
15	1120	68.4	240.0	0.0137	3.4426	0.0	267.4	428.1	139.1	97.5	0	1100
15	1140	67.5	235.4	0.0135	3.4369	0.0	251.6	426.9	139.1	97.6	0	1100
15	1160	66.6	231.0	0.0133	3.4313	0.0	236.0	425.6	139.1	97.6	0	1100
15	1180	65.7	226.6	0.0131	3.4257	0.0	220.6	424.4	139.1	97.7	0	1100
15	1200	64.8	222.3	0.0130	3.4202	0.0	205.4	423.1	139.1	97.7	0	1100
15	1220	63.9	218.1	0.0128	3.4147	0.0	190.4	421.9	139.1	97.8	0	1100
15	1240	63.1	214.0	0.0126	3.4094	0.0	175.6	420.7	139.1	97.8	0	1100
15	1260	62.3	210.0	0.0124	3.4040	0.0	161.0	419.4	139.1	97.9	0	1100
15	1280	61.5	206.0	0.0123	3.3988	0.0	146.6	418.2	139.1	97.9	0	1100
15	1300	60.7	202.1	0.0121	3.3935	0.0	132.4	417.0	139.1	98.0	0	1100
15	1320	59.9	198.3	0.0119	3.3884	0.0	118.4	415.8	139.1	98.0	0	1100
15	1340	59.2	194.6	0.0118	3.3833	0.0	104.6	414.6	139.2	98.0	0	1100
15	1360	58.4	190.9	0.0116	3.3783	0.0	91.0	413.4	139.2	98.1	0	1100
15	1380	57.7	187.3	0.0115	3.3733	0.0	77.6	412.2	139.2	98.1	0	1100
15	1400	57.0	183.8	0.0113	3.3684	0.0	64.4	411.0	139.2	98.2	0	1100
15	1420	56.4	180.3	0.0112	3.3635	0.0	51.4	409.8	139.2	98.2	0	1100
15	1440	55.7	176.9	0.0110	3.3587	0.0	38.6	408.6	139.2	98.2	0	1100
15	1460	55.0	173.6	0.0109	3.3539	0.0	26.0	407.4	139.2	98.3	0	1100
15	1480	54.4	170.4	0.0107	3.3492	0.0	13.6	406.3	139.2	98.3	0	1100
15	1500	53.8	167.2	0.0106	3.3446	0.0	1.4	405.1	139.2	98.4	0	1100
15	1520	53.2	164.1	0.0105	3.3400	0.0	0.0	403.9	139.2	98.4	0	1100
15	1540	52.6	161.0	0.0103	3.3354	0.0	0.0	402.7	139.2	98.4	0	1100
15	1560	52.0	158.0	0.0102	3.3309	0.0	0.0	401.5	139.2	98.5	0	1100
15	1580	51.5	155.1	0.0101	3.3265	0.0	0.0	400.4	139.2	98.5	0	1100
15	1600	50.9	152.2	0.0099	3.3221	0.0	0.0	399.3	139.2	98.5	0	1100
15	1620	50.4	149.4	0.0098	3.3178	0.0	0.0	398.1	139.2	98.6	0	1100
15	1640	49.9	146.7	0.0097	3.3135	0.0	0.0	397.0	139.2	98.6	0	1100

9	420	120.4	459.0	0.0222	8.6329	0.0	950.3	435.9	138.9	98.8	0	2050
9	440	118.4	451.0	0.0219	8.6252	0.0	923.4	434.6	138.9	97.2	0	2023
9	460	116.3	443.2	0.0215	8.6177	0.0	898.8	433.3	138.9	97.6	0	1997
9	480	114.4	435.4	0.0212	8.6103	0.0	870.7	432.0	139.0	98.0	0	1971
9	500	112.4	427.8	0.0209	8.6029	0.0	845.0	430.8	139.0	98.4	0	1945
9	520	110.5	420.3	0.0206	8.5956	0.0	819.6	429.5	139.0	98.8	0	1920
9	540	108.6	412.9	0.0202	8.5884	0.0	794.7	428.2	139.0	99.1	0	1895
9	560	106.8	405.5	0.0199	8.5812	0.0	770.1	427.0	139.0	99.5	0	1870
9	580	105.0	398.3	0.0196	8.5741	0.0	746.0	425.7	139.0	99.8	0	1848
9	600	103.3	391.2	0.0193	8.5671	0.0	722.2	424.5	139.1	99.1	0	1822
9	620	101.6	384.2	0.0190	8.5602	0.0	698.8	423.2	139.1	99.4	0	1799
9	640	99.9	377.3	0.0187	8.5533	0.0	675.7	422.0	139.1	99.7	0	1778
9	660	98.2	370.5	0.0184	8.5465	0.0	653.0	420.8	139.1	91.0	0	1753
9	680	96.6	363.8	0.0182	8.5398	0.0	630.7	419.5	139.1	91.3	0	1731
9	700	95.1	357.2	0.0179	8.5331	0.0	608.7	418.3	139.1	91.5	0	1709
9	720	93.5	350.7	0.0176	8.5265	0.0	587.1	417.1	139.1	91.8	0	1687
9	740	92.0	344.3	0.0174	8.5200	0.0	565.8	415.9	139.1	92.0	0	1668
9	760	90.5	338.0	0.0171	8.5136	0.0	544.9	414.8	139.1	92.3	0	1645
9	780	89.1	331.9	0.0168	8.5072	0.0	524.3	413.4	139.1	92.5	0	1624
9	800	87.7	325.8	0.0166	8.5009	0.0	504.1	412.2	139.1	92.7	0	1604
9	820	86.3	319.8	0.0163	8.4948	0.0	484.1	411.0	139.1	92.9	0	1584
9	840	85.0	313.9	0.0161	8.4884	0.0	464.5	409.8	139.1	93.1	0	1565
9	860	83.7	308.1	0.0159	8.4823	0.0	445.3	408.6	139.1	93.3	0	1545
9	880	82.4	302.4	0.0156	8.4763	0.0	426.3	407.4	139.1	93.5	0	1526
9	900	81.1	296.7	0.0154	8.4703	0.0	407.8	406.3	139.1	93.7	0	1508
9	920	79.9	291.2	0.0152	8.4643	0.0	389.3	405.1	139.1	93.9	0	1489
9	940	78.7	285.8	0.0150	8.4583	0.0	371.2	403.9	139.1	94.1	0	1471
9	960	77.5	280.5	0.0								

15 1600 49.4 144.0 0.0 90.2 309.3 0.0 0.0 395.8 139.2 98.6 0 1100
 15 1680 48.9 141.3 0.0 95.0 305.1 0.0 0.0 394.7 139.2 98.6 0 1100
 15 1700 48.4 138.8 0.0 93.8 300.9 0.0 0.0 393.5 139.2 98.7 0 1100
 15 1720 47.9 136.2 0.0 92.7 296.9 0.0 0.0 392.4 139.2 98.7 0 1100
 15 1740 47.5 133.6 0.0 91.5 292.8 0.0 0.0 391.3 139.2 98.7 0 1100
 15 1760 47.0 131.3 0.0 90.4 288.8 0.0 0.0 390.2 139.3 98.8 0 1100
 15 1780 46.8 129.0 0.0 89.3 284.9 0.0 0.0 389.0 139.3 98.8 0 1100
 15 1800 46.2 126.7 0.0 88.3 281.0 0.0 0.0 387.9 139.3 98.8 0 1100
 15 1820 45.8 124.4 0.0 87.2 277.2 0.0 0.0 386.8 139.3 98.8 0 1100
 15 1840 45.4 122.2 0.0 86.2 273.4 0.0 0.0 385.7 139.3 98.9 0 1100
 15 1860 45.0 120.0 0.0 85.2 269.6 0.0 0.0 384.6 139.3 98.9 0 1100
 15 1880 44.6 117.9 0.0 84.2 265.9 0.0 0.0 383.5 139.3 98.9 0 1100
 15 1900 44.2 115.8 0.0 83.2 262.3 0.0 0.0 382.4 139.3 98.9 0 1100
 15 1920 43.8 113.8 0.0 82.2 258.6 0.0 0.0 381.3 139.3 98.9 0 1100
 15 1940 43.5 111.8 0.0 81.3 255.1 0.0 0.0 380.2 139.3 99.0 0 1100
 15 1960 43.1 109.9 0.0 80.4 251.8 0.0 0.0 379.1 139.3 99.0 0 1100
 15 1980 42.8 108.0 0.0 79.4 248.1 0.0 0.0 378.0 139.3 99.0 0 1100
 15 2000 42.5 106.1 0.0 78.5 244.6 0.0 0.0 376.9 139.3 99.0 0 1100
 15 2020 42.2 104.3 0.0 77.7 241.3 0.0 0.0 375.9 139.3 99.1 0 1100
 15 2040 41.8 102.5 0.0 76.8 237.9 0.0 0.0 374.8 139.3 99.1 0 1100
 15 2060 41.5 100.8 0.0 75.9 234.6 0.0 0.0 373.7 139.3 99.1 0 1100
 15 2080 41.2 99.1 0.0 75.1 231.3 0.0 0.0 372.7 139.3 99.1 0 1100
 15 2100 40.9 97.5 0.0 74.3 228.1 0.0 0.0 371.6 139.3 99.1 0 1100
 15 2120 40.7 95.9 0.0 73.5 225.0 0.0 0.0 370.5 139.3 99.1 0 1100
 15 2140 40.4 94.3 0.0 72.7 221.8 0.0 0.0 369.5 139.3 99.2 0 1100
 END OF COOLING -> TO BE START FIRING

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpx Tempo maix Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (kg/h)

10 20 66.7 217.1 68.8 702.7 383.5 554.7 3474.8 119.9 133.6 34.2 301 4841
 10 40 65.8 213.1 68.7 708.3 397.1 563.8 3525.1 139.8 134.3 38.3 301 4692
 10 60 64.9 209.2 68.8 709.8 410.3 572.0 3572.8 159.1 134.9 42.1 301 4740
 10 80 64.1 205.3 68.9 713.1 423.0 580.0 3617.9 177.7 135.4 45.8 300 4785
 10 100 63.2 201.6 67.0 716.3 435.2 587.7 3660.8 195.8 136.0 49.3 300 4828
 10 120 62.4 197.9 67.0 719.4 447.0 595.1 3701.1 213.2 136.5 52.7 300 4868
 10 140 61.8 194.2 67.1 722.4 458.4 602.2 3739.7 230.1 137.0 56.0 299 4907
 10 160 60.8 190.6 67.1 725.2 469.4 608.9 3776.4 246.4 137.4 59.0 299 4944
 10 180 60.1 187.1 67.2 727.9 480.0 615.4 3811.2 262.3 137.9 62.0 299 4978
 10 200 59.3 183.7 67.2 730.5 490.2 621.7 3844.6 277.8 138.3 64.8 299 5012
 10 220 58.6 180.3 67.3 733.0 500.1 627.7 3876.5 292.5 138.7 67.4 298 5044
 10 240 57.9 177.0 67.4 735.4 509.7 633.4 3906.8 306.9 139.0 70.0 298 5074
 10 260 57.2 173.8 67.4 737.7 518.9 639.0 3936.0 320.9 139.4 72.4 298 5103
 10 280 56.5 170.6 67.5 739.9 527.9 644.3 3963.7 334.4 139.7 74.7 298 5131
 10 300 55.8 167.5 67.5 742.0 536.5 649.5 3990.5 347.8 140.0 76.9 297 5158
 10 320 55.2 164.4 67.6 744.1 544.8 654.4 4016.0 360.3 140.3 78.9 297 5184
 10 340 54.6 161.4 67.6 746.1 552.9 659.2 4040.4 372.7 140.6 80.9 297 5208
 10 360 54.0 158.5 67.7 748.0 560.7 663.8 4064.0 384.7 140.9 82.8 297 5232
 10 380 53.4 155.6 67.7 749.8 568.3 668.2 4086.5 396.4 141.2 84.5 296 5254
 10 400 52.8 152.8 67.8 751.5 575.5 672.5 4108.2 407.7 141.4 86.2 296 5276
 10 420 52.2 150.0 67.8 753.2 582.8 676.8 4128.9 418.7 141.8 87.8 296 5297
 10 440 51.6 147.3 67.9 754.9 589.4 680.6 4148.9 429.4 141.8 89.3 296 5317
 10 460 51.1 144.7 67.9 756.4 596.0 684.4 4168.2 439.7 142.0 90.7 296 5336
 10 480 50.8 142.1 68.0 757.9 602.4 688.1 4186.7 449.8 142.2 92.1 295 5355
 10 500 50.0 139.5 68.0 759.4 608.6 691.7 4204.3 459.6 142.4 93.4 295 5372
 10 520 49.5 137.0 68.1 760.8 614.6 695.2 4221.9 469.1 142.6 94.6 295 5390
 10 540 49.0 134.6 68.1 762.1 620.4 698.5 4238.2 478.3 142.7 95.7 295 5406
 10 560 48.6 132.2 68.1 763.4 626.0 701.8 4253.9 487.3 142.9 96.8 295 5422
 10 580 48.1 129.9 68.2 764.7 631.4 704.9 4269.1 496.0 143.0 97.8 295 5437
 10 600 47.6 127.6 68.2 765.9 636.7 707.9 4283.9 504.4 143.2 98.7 294 5452
 10 620 47.2 125.3 68.3 767.1 641.8 710.8 4298.2 512.7 143.3 99.7 294 5466
 10 640 46.7 123.1 68.3 768.2 646.7 713.6 4311.8 520.7 143.4 100.5 294 5480
 10 654 46.4 121.6 68.3 769.0 650.0 715.5 4321.1 528.1 143.5 101.1 294 5489

-> average wood consumption = 87.7 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 3978.1 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 5145.8 kg/hr

[=> Total wood consumption = 738.2 kg.]
 [= Specific energy = 2812.0 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after
 moisture firing>

bed cooling firing preheating drying content cooling
 i Tpc[i] Tpf[i] Tpp[i] Tpd[i] M[i] losses (MJ)

0 69.47 699.71 580.52 102.09 0.0717 10.531
 1 89.72 695.85 578.25 102.31 0.0723 10.576
 2 91.01 693.87 573.99 102.27 0.0728 10.807
 3 92.37 691.83 571.69 102.23 0.0733 11.049
 4 93.73 689.80 569.39 102.19 0.0739 11.293
 5 95.10 687.78 567.12 102.15 0.0744 11.537
 6 96.47 685.75 564.85 102.11 0.0749 11.782
 7 97.84 683.74 562.60 102.06 0.0754 12.027

9 2120 40.8 98.4 0.0 70.7 207.6 0.0 0.0 340.8 139.2 98.4 0 1100
 9 2140 40.5 94.8 0.0 69.9 204.8 0.0 0.0 339.8 139.2 98.4 0 1100
 9 2160 40.3 93.3 0.0 69.2 201.9 0.0 0.0 338.8 139.2 98.5 0 1100
 END OF COOLING -> TO BE START FIRING

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpx Tempo maix Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (kg/h)

10 20 62.9 197.9 79.3 770.3 358.3 605.0 3826.1 122.4 134.0 34.5 253 5005
 10 40 62.1 194.3 79.3 775.5 377.1 615.9 3885.8 145.3 134.7 38.7 253 5065
 10 60 61.3 190.7 79.4 780.5 395.1 628.3 3941.5 167.5 135.3 42.7 253 5121
 10 80 60.5 187.3 79.5 785.2 412.4 638.3 3994.3 189.0 135.8 46.6 253 5174
 10 100 59.8 183.8 79.5 789.7 429.0 645.7 4044.1 209.8 136.4 50.3 253 5224
 10 120 59.0 180.5 79.6 793.9 445.0 654.8 4091.3 229.9 136.9 53.8 252 5271
 10 140 58.3 177.2 79.6 798.0 460.4 663.5 4136.1 249.3 137.4 57.1 252 5318
 10 160 57.6 173.9 79.7 801.9 475.3 671.8 4178.6 268.2 137.9 60.3 252 5358
 10 180 56.9 170.8 79.8 805.7 489.5 679.8 4219.1 286.4 138.3 63.4 252 5399
 10 200 56.2 167.7 79.8 809.3 503.3 687.4 4257.5 304.1 138.7 66.2 252 5437
 10 220 55.6 164.6 79.9 812.7 516.6 694.7 4294.0 321.3 139.1 69.0 251 5474
 10 240 54.9 161.6 79.9 816.0 529.3 701.8 4329.0 337.9 139.5 71.6 251 5509
 10 260 54.3 158.7 80.0 819.1 541.6 708.5 4362.4 354.0 139.9 74.0 251 5542
 10 280 53.7 155.8 80.0 822.1 553.5 715.0 4394.1 369.7 140.2 76.4 251 5574
 10 300 53.1 153.0 80.1 825.0 565.0 721.3 4424.7 384.8 140.5 78.6 251 5605
 10 320 52.5 150.3 80.1 827.8 576.0 727.3 4453.7 399.6 140.8 80.6 251 5634
 10 340 52.0 147.6 80.2 830.4 586.7 733.1 4481.7 413.8 141.1 82.6 250 5662
 10 360 51.4 144.9 80.2 833.0 597.0 738.7 4508.3 427.7 141.3 84.5 250 5689
 10 380 50.9 142.3 80.3 835.4 608.9 744.1 4534.1 441.1 141.6 86.3 250 5714
 10 400 50.3 139.8 80.4 837.8 618.5 749.3 4559.0 454.2 141.8 87.9 250 5739
 10 420 49.8 137.3 80.4 840.1 628.8 754.3 4582.3 468.9 142.0 89.5 250 5763
 10 440 49.3 134.9 80.4 842.2 634.7 759.1 4604.9 479.2 142.2 91.0 250 5785
 10 460 48.8 132.5 80.4 844.3 643.4 763.7 4626.5 491.1 142.4 92.4 250 5807
 10 478 48.5 130.6 80.5 845.9 650.1 767.3 4643.3 500.4 142.6 93.4 250 5824

-> average wood consumption = 80.2 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 4289.7 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 5469.8 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 638.0 kg.]
 [= Specific energy = 2423.0 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after
 moisture firing>

bed cooling firing preheating drying content cooling
 i Tpc[i] Tpf[i] Tpp[i] Tpd[i] M[i] losses (MJ)

0 99.06 718.63 582.08 94.39 0.0832 12.245
 1 99.18 712.92 557.18 94.69 0.0636 12.267
 2 100.47 710.14 554.57 94.65 0.0841 12.498
 3 101.83 707.28 551.92 94.62 0.0845 12.740
 4 103.19 704.43 549.30 94.58 0.0850 12.983
 5 104.55 701.60 546.68 94.54 0.0854 13.228
 6 105.91 698.78 544.09 94.50 0.0858 13.470
 7 107.27 695.97 541.52 94.45 0.0862 13.714
 8 108.64 693.17 538.96 94.41 0.0866 13.959
 9 110.00 690.38 536.42 94.36 0.0870 14.204
 10 111.37 687.61 533.90 94.31 0.0874 14.449
 11 112.74 684.85 531.40 94.26 0.0878 14.694
 12 114.11 682.10 528.91 94.21 0.0882 14.940
 13 115.48 679.37 526.44 94.15 0.0886 15.186
 14 116.85 676.64 523.99 94.09 0.0890 15.433
 15 118.22 673.93 521.56 94.04 0.0894 15.679
 16 119.60 671.23 519.14 93.98 0.0897 15.926
 17 120.97 668.54 516.74 93.91 0.0901 16.173
 18 122.34 665.86 514.36 93.85 0.0904 16.420
 19 123.72 663.20 511.99 93.79 0.0908 16.667
 20 125.09 660.55 509.64 93.72 0.0911 16.915
 21 126.47 657.91 507.31 93.65 0.0915 17.162
 22 127.84 655.28 504.99 93.59 0.0918 17.410
 23 129.22 652.66 502.69 93.52 0.0922 17.658
 24 130.60 650.05 500.41 93.45 0.0925 17.905

-> Total losses from cooling = 373.923 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.069 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 900 (C) ma = 1200 (kg/h)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 3500 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpcx mf Tcmfo Tpx Tempo maix Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (kg/h)

8 20 168.4 639.8 78.7 796.5 451.8 624.4 4229.9 112.0 134.5 34.7 288 5507

Table with 10 columns: time, temperature, humidity, air flow, etc. Rows 8-24.

-> Total losses from cooling = 332.238 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.079 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
Tfire = 800 (C) nair = 1200 (kg/hr)
Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
Total brick in the kiln = 3500 bricks

Table with 10 columns: Time, Tair, Tbrick, etc. Rows 9-24.

-> average wood consumption = 66.4 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 4265.7 kg/hr
-> average drying air flowrate = 5552.1 kg/hr
[=> Total wood consumption = 515.3 kg.]
[=> Specific energy = 1963.2 kJ/kg brick.]

<-[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]->

Table with 10 columns: Temperature (C), average moisture, etc. Rows 0-17.

Table with 10 columns: time, temperature, humidity, air flow, etc. Rows 8-24.

-> average wood consumption = 78.8 kg/hr
-> average mixing air flowrate = 4818.2 kg/hr
-> average drying air flowrate = 5597.0 kg/hr
[=> Total wood consumption = 457.2 kg.]
[=> Specific energy = 1741.8 kJ/kg brick.]

<-[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]->

Table with 10 columns: Temperature (C), average moisture, etc. Rows 0-24.

-> Total losses from cooling = 2009.183 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.478 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING +++++>

--- CONTINUE COOLING ---

Table with 10 columns: time, temperature, humidity, air flow, etc. Rows 9-24.

18	416.13	061.32	478.07	93.50	0.0607	71.233
19	418.09	056.46	476.52	93.44	0.0911	71.611
20	419.97	057.01	474.38	93.37	0.0914	71.976
21	421.79	055.78	472.26	93.30	0.0018	72.328
22	423.54	053.92	470.15	93.24	0.0921	72.667
23	425.23	052.06	468.06	93.17	0.0024	72.994
24	428.86	050.24	465.98	93.10	0.0028	73.310

--> Total losses from cooling = 1702.962 MM/3500 bricks
loss per kg. brick = 0.405 MM/kg brick

<+++++ STOP FIRING +++++>

--- CONTINUE COOLING ---

14	480	103.2421.2	0.0210.4844.2	0.0	931.3465.0	140.1	93.3	0	2131
14	500	108.3413.2	0.0209.9635.8	0.0	902.0463.6	140.1	93.5	0	2102
14	520	104.4405.3	0.0203.5627.6	0.0	873.2462.3	140.1	93.7	0	2073
14	540	102.5397.6	0.0200.2619.4	0.0	844.8460.9	140.1	93.9	0	2045
14	560	100.7360.0	0.0197.0611.3	0.0	819.9459.5	140.1	94.2	0	2017
14	580	99.0382.5	0.0193.6603.3	0.0	789.4458.2	140.1	94.4	0	1989
14	600	97.2375.1	0.0190.7595.4	0.0	762.5456.8	140.1	94.6	0	1962
14	620	95.5367.6	0.0187.6587.6	0.0	735.9455.5	140.1	94.7	0	1936
14	640	93.9360.7	0.0184.6579.9	0.0	709.8454.1	140.1	94.9	0	1910
14	660	92.3353.6	0.0181.7572.3	0.0	684.2452.6	140.1	95.1	0	1884
14	680	90.7346.7	0.0178.8564.7	0.0	659.0451.5	140.1	95.3	0	1859
14	700	89.2339.9	0.0175.9557.2	0.0	634.2450.1	140.0	95.4	0	1834
14	720	87.7333.2	0.0173.2549.9	0.0	609.9448.8	140.0	95.6	0	1810
14	740	86.2326.7	0.0170.4542.6	0.0	585.9447.5	140.0	95.7	0	1786
14	760	84.8320.2	0.0167.6535.3	0.0	562.4446.2	140.0	95.9	0	1762
14	780	83.4313.9	0.0165.2528.2	0.0	539.3444.9	140.0	96.0	0	1739
14	800	82.0307.7	0.0162.6521.1	0.0	516.6443.6	140.0	96.1	0	1717
14	820	80.7301.6	0.0160.1514.1	0.0	494.3442.3	139.9	96.3	0	1694
14	840	79.4295.6	0.0157.8507.4	0.0	472.3441.0	139.9	96.4	0	1672
14	860	78.1289.7	0.0155.2500.2	0.0	450.8439.7	139.9	96.5	0	1651
14	880	76.9283.9	0.0152.6493.7	0.0	429.6438.4	139.9	96.6	0	1630
14	900	75.7278.2	0.0150.5487.0	0.0	408.8437.1	139.9	96.7	0	1609
14	920	74.5272.6	0.0148.2480.4	0.0	40.4358.8	139.2	96.8	0	1200
14	940	73.3267.2	0.0146.0473.9	0.0	0.0434.5	139.2	96.9	0	1200
14	960	72.2261.8	0.0143.8467.4	0.0	0.0433.3	139.2	96.9	0	1200
14	980	71.1256.5	0.0141.6461.1	0.0	0.0432.0	139.2	97.0	0	1200
14	1000	70.0251.4	0.0139.5454.8	0.0	0.0430.8	139.3	97.1	0	1200
14	1020	69.0246.3	0.0137.4448.6	0.0	0.0429.5	139.3	97.2	0	1200
14	1040	68.0241.3	0.0135.4442.4	0.0	0.0428.2	139.3	97.2	0	1200
14	1060	67.0236.5	0.0133.4436.3	0.0	0.0427.0	139.3	97.3	0	1200
14	1080	66.0231.7	0.0131.4430.3	0.0	0.0425.8	139.3	97.4	0	1200
14	1100	65.1227.0	0.0129.5424.4	0.0	0.0424.5	139.3	97.4	0	1200
14	1120	64.1222.4	0.0127.6418.5	0.0	0.0423.3	139.3	97.5	0	1200
14	1140	63.2218.0	0.0125.8412.7	0.0	0.0422.0	139.3	97.5	0	1200
14	1160	62.4213.6	0.0123.9407.0	0.0	0.0420.8	139.3	97.6	0	1200
14	1180	61.5209.2	0.0122.2401.3	0.0	0.0419.6	139.3	97.7	0	1200
14	1200	60.7205.0	0.0120.4395.7	0.0	0.0418.4	139.3	97.7	0	1200
14	1220	59.9200.9	0.0118.7390.2	0.0	0.0417.2	139.4	97.8	0	1200
14	1240	59.1196.8	0.0117.0384.7	0.0	0.0416.0	139.4	97.8	0	1200
14	1260	58.3192.9	0.0115.4379.3	0.0	0.0414.8	139.4	97.9	0	1200
14	1280	57.5189.0	0.0113.8374.0	0.0	0.0413.6	139.4	97.9	0	1200
14	1300	56.8185.2	0.0112.2368.7	0.0	0.0412.4	139.4	98.0	0	1200
14	1320	56.1181.5	0.0110.6363.5	0.0	0.0411.2	139.4	98.0	0	1200
14	1340	55.4177.9	0.0109.1358.4	0.0	0.0410.0	139.4	98.1	0	1200
14	1360	54.7174.3	0.0107.6353.3	0.0	0.0408.8	139.4	98.1	0	1200
14	1380	54.1170.8	0.0106.1348.3	0.0	0.0407.6	139.4	98.2	0	1200
14	1400	53.4167.4	0.0104.7343.3	0.0	0.0406.4	139.4	98.2	0	1200
14	1420	52.8164.1	0.0103.2338.4	0.0	0.0405.3	139.4	98.3	0	1200
14	1440	52.2160.8	0.0101.8333.6	0.0	0.0404.1	139.4	98.3	0	1200
14	1460	51.6157.6	0.0100.5328.8	0.0	0.0402.9	139.4	98.4	0	1200
14	1480	51.0154.5	0.099.1324.1	0.0	0.0401.8	139.5	98.4	0	1200
14	1500	50.4151.5	0.097.8319.4	0.0	0.0400.6	139.5	98.5	0	1200
14	1520	49.9148.5	0.096.5314.8	0.0	0.0399.4	139.5	98.5	0	1200
14	1540	49.3145.6	0.095.3310.3	0.0	0.0398.3	139.5	98.5	0	1200
14	1560	48.8142.7	0.094.0305.8	0.0	0.0397.2	139.5	98.6	0	1200
14	1580	48.3139.9	0.092.8301.4	0.0	0.0396.0	139.5	98.6	0	1200
14	1600	47.8137.2	0.091.6297.0	0.0	0.0394.9	139.5	98.6	0	1200
14	1620	47.3134.6	0.090.4292.7	0.0	0.0393.7	139.5	98.7	0	1200
14	1640	46.9132.0	0.089.2288.5	0.0	0.0392.6	139.5	98.7	0	1200
14	1660	46.4129.4	0.088.1284.3	0.0	0.0391.5	139.5	98.7	0	1200
14	1680	45.9127.0	0.087.0280.1	0.0	0.0390.4	139.5	98.8	0	1200
14	1700	45.5124.5	0.085.9276.0	0.0	0.0389.2	139.5	98.8	0	1200
14	1720	45.1122.0	0.084.8272.0	0.0	0.0388.1	139.5	98.8	0	1200
14	1740	44.7119.9	0.083.8268.0	0.0	0.0387.0	139.5	98.9	0	1200
14	1760	44.3117.6	0.082.7264.1	0.0	0.0385.9	139.5	98.9	0	1200
14	1780	43.9115.4	0.081.7260.2	0.0	0.0384.8	139.5	98.9	0	1200
14	1800	43.5113.3	0.080.7256.3	0.0	0.0383.7	139.5	99.0	0	1200
14	1820	43.1111.2	0.079.7252.6	0.0	0.0382.6	139.5	99.0	0	1200
14	1840	42.8109.1	0.078.8248.8	0.0	0.0381.5	139.6	99.0	0	1200
14	1860	42.4107.1	0.077.8245.2	0.0	0.0380.4	139.6	99.1	0	1200
14	1880	42.1105.1	0.076.9241.5	0.0	0.0379.3	139.6	99.1	0	1200
14	1900	41.8103.2	0.076.0238.0	0.0	0.0378.2	139.6	99.1	0	1200

9	800	82.7308.9	0.0156.5482.5	0.0	482.4410.2	139.3	93.0	0	1662
9	820	81.4302.8	0.0154.1476.0	0.0	440.8409.0	139.3	93.3	0	1641
9	840	80.1298.7	0.0151.7469.6	0.0	419.5407.9	139.3	93.5	0	1620
9	860	78.8290.8	0.0149.3463.3	0.0	0.0406.7	138.6	93.6	0	1200
9	880	77.5285.1	0.0147.1457.0	0.0	0.0405.5	138.6	93.8	0	1200
9	900	76.3279.4	0.0144.8450.8	0.0	0.0404.3	138.6	93.9	0	1200
9	920	75.1273.8	0.0142.6444.7	0.0	0.0403.1	138.7	94.1	0	1200
9	940	73.9268.3	0.0140.4438.6	0.0	0.0402.0	138.7	94.2	0	1200
9	960	72.8262.9	0.0138.3432.7	0.0	0.0400.8	138.7	94.3	0	1200
9	980	71.7257.7	0.0136.2426.6	0.0	0.0399.6	138.7	94.5	0	1200
9	1000	70.6252.5	0.0134.2420.9	0.0	0.0398.5	138.8	94.6	0	1200
9	1020	69.6247.4	0.0132.2415.1	0.0	0.0397.3	138.8	94.7	0	1200
9	1040	68.5242.5	0.0130.2409.4	0.0	0.0396.2	138.8	94.9	0	1200
9	1060	67.5237.6	0.0128.3403.8	0.0	0.0395.0	138.8	95.0	0	1200
9	1080	66.5232.8	0.0126.4398.2	0.0	0.0393.9	138.8	95.1	0	1200
9	1100	65.6228.1	0.0124.6392.7	0.0	0.0392.8	138.9	95.2	0	1200
9	1120	64.8223.5	0.0122.8387.3	0.0	0.0391.6	138.9	95.3	0	1200
9	1140	63.7219.0	0.0121.0381.9	0.0	0.0390.5	138.9	95.4	0	1200
9	1160	62.8214.6	0.0119.2376.6	0.0	0.0389.4	138.9	95.6	0	1200
9	1180	62.0210.3	0.0117.5371.3	0.0	0.0388.2	138.9	95.7	0	1200
9	1200	61.1206.1	0.0115.8366.1	0.0	0.0387.1	139.0	95.8	0	1200
9	1220	60.3201.9	0.0114.2361.0	0.0	0.0386.0	139.0	95.9	0	1200
9	1240	59.5197.8	0.0112.6355.9	0.0	0.0384.9	139.0	96.0	0	1200
9	1260	58.7193.9	0.0111.0350.9	0.0	0.0383.8	139.0	96.1	0	1200
9	1280	58.0190.0	0.0109.4346.0	0.0	0.0382.7	139.0	96.2	0	1200
9	1300	57.2186.2	0.0107.9341.1	0.0	0.0381.6	139.1	96.3	0	1200
9	1320	56.5182.4	0.0106.4336.3	0.0	0.0380.5	139.1	96.3	0	1200
9	1340	55.8178.6	0.0104.9331.5	0.0	0.0379.4	139.1	96.4	0	1200
9	1360	55.1175.2	0.0103.5326.8	0.0	0.0378.3	139.1	96.5	0	1200
9	1380	54.4171.7	0.0102.1322.2	0.0	0.0377.2	139.1	96.6	0	1200
9	1400	53.8168.3	0.0100.7317.6	0.0	0.0376.1	139.1	96.7	0	1200
9	1420	53.1165.0	0.099.3313.1	0.0	0.0375.0	139.1	96.8	0	1200
9	1440	52.5161.7	0.098.0308.6	0.0	0.0374.0	139.2	96.9	0	1200
9	1460	51.9158.5	0.096.7304.2	0.0	0.0372.9	139.2	96.9	0	1200
9	1480	51.3155.4	0.095.4299.8	0.0	0.0371.8	139.2	97.0	0	1200
9									

14 1920 41.4 101.4 00 75.1 234.4 00 0 00377 2 130 6 90.1 0 1200
 14 1940 41.1 99.6 00 74.2 230.9 00 0 00376 1 130 6 99.2 0 1200
 14 1960 40.8 97.8 00 73.3 227.5 00 0 00375 0 130 6 99.2 0 1200
 14 1980 40.5 96.1 00 72.5 224.1 00 0 00373 9 130 6 99.2 0 1200
 14 2000 40.2 94.4 00 71.7 220.6 00 0 00372 9 130 6 99.2 0 1200
 END OF COOLING -> TO BE START FIRING

g Time Taco Tpx ml Tomlo Tplx Tomlo maxlx Tppx Tomlo Tpdx (%) md
 (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

15 20 85.3 213.9 72.8 705.5 387.1 590.5 3828.8 121.5 134.1 34.5 301 5100
 15 40 84.4 209.7 72.9 709.3 401.5 569.7 3883.9 142.9 134.7 38.8 300 5157
 15 60 83.5 205.5 73.1 712.9 415.4 578.5 3838.0 163.4 135.3 42.9 300 5211
 15 80 82.6 201.5 73.1 716.4 428.7 586.8 3988.2 183.3 135.9 48.8 300 5261
 15 100 81.7 197.5 73.1 719.0 441.6 594.8 4035.9 202.4 136.5 50.5 300 5309
 15 120 80.9 193.6 73.2 722.8 453.9 602.4 4081.1 220.9 137.0 54.0 299 5354
 15 140 80.1 189.8 73.3 725.8 465.8 609.6 4124.0 238.8 137.5 57.4 299 5397
 15 160 79.3 186.1 73.4 728.6 477.3 618.6 4184.8 256.0 138.0 60.8 299 5438
 15 180 78.5 182.5 73.4 731.4 488.3 623.2 4203.5 272.7 138.4 63.6 298 5477
 15 200 77.8 178.9 73.5 734.0 499.0 629.8 4240.3 288.8 138.8 66.5 298 5514
 15 220 77.0 175.4 73.6 736.5 509.2 635.7 4275.4 304.4 139.2 69.3 298 5549
 15 240 76.3 172.0 73.6 738.9 519.1 641.6 4308.7 318.4 139.6 71.9 298 5582
 15 260 75.6 168.6 73.7 741.3 528.8 647.2 4340.7 334.0 139.9 74.3 297 5614
 15 280 74.9 165.3 73.8 743.5 537.8 652.6 4371.0 348.1 140.3 76.7 297 5645
 15 300 74.3 162.1 73.8 745.6 546.8 657.8 4400.0 361.8 140.8 78.9 297 5674
 15 320 73.6 159.0 73.9 747.6 555.2 662.7 4427.9 375.0 140.9 81.0 297 5702
 15 340 73.0 155.9 73.9 749.6 563.4 667.5 4454.4 387.8 141.1 82.9 296 5728
 15 360 72.4 152.9 74.0 751.5 571.4 672.1 4479.8 400.2 141.4 84.8 296 5754
 15 380 71.8 149.9 74.0 753.3 579.0 676.6 4504.2 412.2 141.6 86.5 296 5778
 15 400 71.2 147.0 74.1 755.0 586.5 680.8 4527.5 423.9 141.9 88.2 296 5802
 15 420 70.6 144.2 74.1 756.7 593.6 684.9 4549.9 435.1 142.1 89.8 296 5824
 15 440 70.1 141.4 74.2 758.3 600.5 688.9 4571.3 446.1 142.3 91.3 295 5846
 15 460 69.5 138.7 74.3 759.8 607.2 692.7 4592.4 456.8 142.5 92.6 295 5867
 15 480 69.0 136.1 74.3 761.3 613.8 696.3 4611.9 468.9 142.7 94.0 295 5888
 15 500 68.5 133.5 74.3 762.7 619.8 699.9 4630.8 478.8 142.8 95.2 295 5905
 15 520 68.0 131.0 74.4 764.1 625.8 703.3 4649.0 488.5 143.0 96.4 295 5923
 15 540 67.5 128.5 74.4 765.4 631.6 706.8 4666.5 498.8 143.2 97.4 294 5941
 15 560 67.0 126.1 74.5 766.7 637.2 709.7 4683.4 504.9 143.3 98.5 294 5958
 15 580 66.6 123.8 74.5 767.9 642.6 712.6 4699.8 513.7 143.4 99.4 294 5974
 15 600 66.1 121.4 74.5 769.1 647.8 715.7 4715.1 522.2 143.5 100.3 294 5990
 15 610 65.9 120.3 74.6 769.6 650.4 717.2 4722.7 526.4 143.6 100.8 294 5997

-> average wood consumption = 74.0 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 4358.0 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 5932.0 kg/hr

[=> Total wood consumption = 752.0 kg.]
 [=> Specific energy = 2865.0 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after
 ----- moisture firing>
 bed cooling firing preheating drying content cooling
 i Tpc[i] Tpf[i] Tpp[i] Tpd[i] M[i] losses (MJ)

0 89.19 698.93 579.84 101.71 0.0717 10.482
 1 89.41 695.15 575.47 101.93 0.0722 10.522
 2 90.66 693.21 573.25 101.90 0.0727 10.745
 3 91.98 691.22 571.00 101.86 0.0733 10.990
 4 93.30 689.24 568.78 101.83 0.0738 11.215
 5 94.62 687.26 566.53 101.79 0.0743 11.452
 6 95.95 685.28 564.31 101.75 0.0748 11.689
 7 97.28 683.31 562.11 101.70 0.0753 11.926
 8 98.61 681.34 559.91 101.66 0.0758 12.165
 9 99.95 679.38 557.73 101.62 0.0763 12.404
 10 101.29 677.41 555.56 101.57 0.0768 12.643
 11 102.63 675.48 553.40 101.52 0.0773 12.884
 12 103.96 673.50 551.28 101.47 0.0777 13.125
 13 105.33 671.55 549.12 101.42 0.0782 13.366
 14 106.68 669.61 547.00 101.37 0.0786 13.608
 15 108.03 667.67 544.89 101.31 0.0791 13.851
 16 109.39 665.73 542.78 101.26 0.0795 14.094
 17 110.75 663.79 540.70 101.20 0.0800 14.337
 18 112.11 661.86 538.62 101.14 0.0804 14.581
 19 113.47 659.94 536.55 101.09 0.0808 14.826
 20 114.84 658.02 534.50 101.03 0.0812 15.071
 21 116.20 656.10 532.45 100.96 0.0817 15.317
 22 117.57 654.19 530.42 100.90 0.0821 15.562
 23 118.94 652.28 528.40 100.84 0.0825 15.809
 24 120.32 650.37 526.38 100.78 0.0829 16.055

-> Total losses from cooling = 328.708 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.078 MJ/kg brick

10 380 49.5 137.4 87.7 840.2 621.6 754.3 4998.9 459.7 142.1 88.2 250 6287
 10 400 49.0 134.8 87.8 842.5 631.3 759.4 5025.5 473.1 142.3 89.9 250 6313
 10 420 48.5 132.3 87.8 844.7 640.8 764.4 5050.7 488.1 142.5 91.4 250 6338
 10 440 48.0 129.8 87.8 846.9 649.8 769.1 5074.9 498.7 142.7 92.9 249 6363
 10 442 47.9 129.6 87.8 847.1 650.5 769.6 5077.2 499.9 142.7 93.0 249 6365

-> average wood consumption = 87.6 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 4702.6 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 5690.1 kg/hr

[=> Total wood consumption = 645.0 kg.]
 [=> Specific energy = 2457.2 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

Temperature (C) average <after
 ----- moisture firing>
 bed cooling firing preheating drying content cooling
 i Tpc[i] Tpf[i] Tpp[i] Tpd[i] M[i] losses (MJ)

0 99.01 717.38 590.23 93.87 0.0833 12.235
 1 99.11 711.80 555.48 94.17 0.0837 12.254
 2 100.38 709.09 552.91 94.14 0.0842 12.478
 3 101.68 706.30 550.32 94.11 0.0848 12.713
 4 102.99 703.52 547.78 94.07 0.0850 12.948
 5 104.31 700.78 545.20 94.04 0.0854 13.184
 6 105.63 698.01 542.67 94.00 0.0859 13.421
 7 106.95 695.27 540.15 93.96 0.0863 13.658
 8 108.28 692.54 537.66 93.92 0.0867 13.895
 9 109.60 689.82 535.17 93.87 0.0871 14.132
 10 110.93 687.12 532.71 93.83 0.0875 14.370
 11 112.25 684.43 530.26 93.78 0.0878 14.608
 12 113.58 681.75 527.83 93.73 0.0882 14.848
 13 114.91 679.08 525.42 93.68 0.0886 15.085
 14 116.24 676.42 523.02 93.63 0.0890 15.323
 15 117.57 673.77 520.64 93.57 0.0893 15.562
 16 118.90 671.14 518.27 93.52 0.0897 15.801
 17 120.23 668.52 515.93 93.48 0.0900 16.041
 18 121.57 665.91 513.59 93.40 0.0904 16.280
 19 122.90 663.31 511.28 93.34 0.0907 16.520
 20 124.23 660.72 508.98 93.28 0.0911 16.760
 21 125.57 658.14 506.69 93.22 0.0914 17.000
 22 126.90 655.58 504.42 93.15 0.0917 17.240
 23 128.23 653.02 502.17 93.09 0.0921 17.480
 24 129.57 650.48 499.93 93.02 0.0924 17.720

-> Total losses from cooling = 371.553 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.088 MJ/kg brick

9. การจำลองแบบที่จำนวนอิฐ 3500 ก้อน อุณหภูมิอากาศที่ 1000 °C

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfre = 1000 (C) mai = 800 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 3500 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g	Time (min)	Taco (C)	Tpcc (C)	mf (kg/hr)	Tcmfo (C)	Tpfc (C)	Tempo (kg/hr)	maids (C)	Tpcc (C)	Tempo (kg/hr)	Tpdx (%)	md (kg/hr)
3	20	189.2	643.0	59.1	852.0	431.3	642.9	2938.2	102.8	132.6	33.7	247.3797
3	40	166.5	635.3	59.3	856.7	447.1	653.7	2960.2	124.4	133.2	37.2	246.3839
3	60	183.8	627.7	59.6	861.3	462.3	664.2	3020.1	145.5	133.8	40.6	246.3880
3	80	181.2	620.2	59.7	865.7	477.1	674.2	3058.3	168.0	134.3	43.9	245.3018
3	100	178.6	612.7	59.8	869.9	491.4	683.8	3094.4	185.9	134.8	47.1	244.3954
3	120	178.0	605.2	60.0	874.0	505.3	693.1	3129.0	205.3	135.3	50.1	244.3969
3	140	173.5	597.8	60.1	877.9	518.7	702.0	3181.9	224.2	135.8	53.1	243.4022
3	160	171.0	590.5	60.3	881.7	531.8	710.6	3193.6	242.6	136.3	55.9	242.4054
3	180	168.5	583.2	60.4	885.4	544.5	718.9	3223.6	260.5	136.7	58.6	242.4084
3	200	168.1	578.0	60.6	888.9	556.7	727.0	3252.9	278.0	137.1	61.2	241.4113
3	220	163.7	568.8	60.7	892.3	568.7	734.7	3280.7	296.0	137.5	63.7	240.4141
3	240	161.4	561.7	60.9	895.6	580.3	742.2	3307.5	311.5	137.9	66.1	240.4188
3	260	159.1	554.7	61.0	898.8	591.5	749.4	3333.3	327.6	138.2	68.4	239.4194
3	280	158.8	547.7	61.2	901.9	602.5	756.4	3358.1	343.4	138.6	70.6	239.4219
3	300	154.6	540.7	61.3	904.8	613.1	763.2	3381.9	358.7	138.9	72.7	238.4243
3	320	152.4	533.9	61.5	907.7	623.4	769.8	3405.0	373.7	139.2	74.7	238.4268
3	340	150.2	527.1	61.6	910.5	633.4	776.1	3427.1	388.2	139.5	76.7	237.4289
3	360	148.1	520.3	61.7	913.2	643.2	782.3	3448.5	402.5	139.8	78.5	237.4310
3	378	146.4	514.9	61.8	915.3	650.7	787.0	3465.0	413.6	140.0	79.9	236.4327

---> average wood consumption = 60.5 kg/hr
 ---> average mixing air flowrate = 3218.8 kg/hr
 ---> average drying air flowrate = 4079.3 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 379.0 kg.]
 [=> Specific energy = 1443.8 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)				M(i)	losses (MJ)
	cooling	cooling	preheating	drying		
l	Tpc(i)	Tp(i)	Tpp(i)	Tpd(i)		
0	501.30	734.87	483.44	81.01	0.0968	87.884
1	501.34	727.93	478.09	81.37	0.0972	87.872
2	503.95	724.44	475.00	81.33	0.0975	88.388
3	508.18	720.84	471.91	81.29	0.0979	88.824
4	508.09	717.26	468.84	81.25	0.0982	89.205
5	509.78	713.71	465.81	81.21	0.0986	89.538
6	511.24	710.18	462.81	81.18	0.0989	89.828
7	512.50	706.68	459.84	81.11	0.0992	90.077
8	513.58	703.20	456.90	81.06	0.0995	90.290
9	514.49	699.75	453.98	81.00	0.0998	90.470
10	515.25	696.32	451.10	80.94	0.1001	90.620
11	515.87	692.92	448.25	80.89	0.1004	90.742
12	516.35	689.54	445.42	80.82	0.1007	90.838
13	516.72	686.18	442.62	80.78	0.1010	90.911
14	516.88	682.85	439.85	80.69	0.1013	90.963
15	517.14	679.54	437.11	80.63	0.1015	90.993
16	517.20	676.25	434.39	80.58	0.1018	91.005
17	517.17	672.99	431.70	80.49	0.1021	91.000
18	517.08	669.75	429.04	80.41	0.1024	90.978
19	516.87	666.52	426.40	80.34	0.1026	90.941
20	516.61	663.33	423.79	80.28	0.1029	90.890
21	516.29	660.15	421.20	80.19	0.1031	90.825
22	515.89	656.99	418.63	80.11	0.1034	90.747
23	515.44	653.86	416.10	80.03	0.1038	90.658
24	514.93	650.75	413.58	79.94	0.1039	90.557

---> Total losses from cooling = 2256.026 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.537 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING +++++>
 --- CONTINUE COOLING ---

4	380	148.0	513.6	0.0	260.9	649.4	0.0	900.9	413.3	137.1	80.1	0	1701
4	400	144.0	507.0	0.0	257.6	643.5	0.0	883.0	412.1	137.1	80.6	0	1683
4	420	141.0	500.4	0.0	254.3	637.6	0.0	865.2	410.9	137.2	81.1	0	1665
4	440	139.9	493.9	0.0	251.1	631.7	0.0	847.8	409.7	137.2	81.7	0	1648
4	460	138.0	487.4	0.0	247.9	625.9	0.0	830.3	408.5	137.3	82.2	0	1630
4	480	138.0	481.0	0.0	244.8	620.1	0.0	813.1	407.3	137.3	82.6	0	1613
4	500	134.1	474.7	0.0	241.7	614.3	0.0	796.1	406.1	137.4	83.1	0	1596
4	520	132.3	468.4	0.0	238.7	608.6	0.0	779.4	404.9	137.4	83.8	0	1579
4	540	130.4	462.2	0.0	235.7	603.0	0.0	762.8	403.7	137.5	84.0	0	1563

4 500 128 6 456 0 0 0 232 7 597 4 0 0 748 4 402 5 137 5 84 4 0 1546
 4 580 128 8 449 9 0 0 229 8 591 8 0 0 730 2 401 3 137 6 84 8 0 1530
 4 600 125 1 443 9 0 0 226 9 586 3 0 0 714 2 400 2 137 6 85 2 0 1514
 4 620 123 4 437 9 0 0 224 1 580 8 0 0 698 3 399 0 137 6 85 6 0 1498
 4 640 121 7 432 0 0 0 221 3 575 4 0 0 682 7 397 8 137 7 86 0 0 1483
 4 660 120 0 426 1 0 0 218 6 570 0 0 0 667 3 396 7 137 7 86 4 0 1467
 4 680 118 3 420 3 0 0 215 8 564 6 0 0 652 0 395 5 137 7 86 7 0 1452
 4 700 118 7 414 8 0 0 213 2 569 3 0 0 636 9 394 3 137 7 87 1 0 1437
 4 720 115 1 408 9 0 0 210 5 554 0 0 0 622 0 393 2 137 8 87 4 0 1422
 4 740 113 6 403 3 0 0 208 0 548 8 0 0 607 3 392 0 137 8 87 7 0 1407
 4 760 112 0 397 8 0 0 205 4 543 6 0 0 592 7 390 9 137 8 88 0 0 1393
 4 780 110 5 392 3 0 0 202 9 538 4 0 0 578 4 389 7 137 8 88 3 0 1378
 4 800 109 0 386 8 0 0 200 4 533 3 0 0 564 2 388 6 137 8 88 6 0 1364
 4 820 107 6 381 5 0 0 197 9 528 2 0 0 550 1 387 5 137 9 88 9 0 1350
 4 840 106 2 376 1 0 0 195 5 523 2 0 0 536 3 386 3 137 9 89 1 0 1336
 4 860 104 7 370 9 0 0 193 2 518 2 0 0 522 8 385 2 137 9 89 4 0 1323
 4 880 103 4 365 7 0 0 190 8 513 3 0 0 509 1 384 1 137 9 89 7 0 1309
 4 900 102 0 360 8 0 0 188 5 508 3 0 0 495 8 383 0 137 9 89 9 0 1296
 4 920 100 6 355 5 0 0 186 2 503 5 0 0 482 8 381 9 137 9 90 2 0 1283
 4 940 99 3 350 5 0 0 184 0 498 6 0 0 469 6 380 7 137 9 90 4 0 1270
 4 960 98 0 345 5 0 0 181 8 493 8 0 0 456 8 379 6 137 9 90 6 0 1257
 4 980 98 8 340 8 0 0 179 6 489 1 0 0 444 1 378 5 138 0 90 8 0 1244
 4 1000 95 5 335 8 0 0 177 4 484 3 0 0 431 6 377 4 138 0 91 0 0 1232
 4 1020 94 3 331 0 0 0 175 3 479 6 0 0 419 2 376 3 138 0 91 2 0 1219
 4 1040 93 1 326 3 0 0 173 2 475 0 0 0 407 0 375 2 138 0 91 4 0 1207
 4 1060 91 9 321 6 0 0 171 2 470 4 0 0 394 9 374 1 138 0 91 6 0 1195
 4 1080 90 7 317 0 0 0 169 2 465 6 0 0 383 0 373 1 138 0 91 8 0 1183
 4 1100 89 6 312 4 0 0 167 2 461 3 0 0 371 3 372 0 138 0 92 0 0 1171
 4 1120 88 4 307 9 0 0 165 2 456 7 0 0 359 7 370 9 138 0 92 2 0 1160
 4 1140 87 3 303 5 0 0 163 2 452 3 0 0 348 3 369 8 138 0 92 4 0 1148
 4 1160 86 2 299 1 0 0 161 3 447 8 0 0 337 0 368 7 138 0 92 5 0 1137
 4 1180 85 2 294 8 0 0 159 5 443 5 0 0 325 8 367 7 138 0 92 7 0 1126
 4 1200 84 1 290 5 0 0 157 6 439 1 0 0 314 8 366 6 138 0 92 8 0 1115
 4 1220 83 1 286 3 0 0 155 8 434 8 0 0 303 9 365 5 138 0 93 0 0 1104
 4 1240 82 1 282 1 0 0 154 0 430 5 0 0 293 2 364 5 138 0 93 1 0 1093
 4 1260 81 1 278 0 0 0 152 2 426 2 0 0 282 8 363 4 138 0 93 3 0 1083
 4 1280 80 1 274 0 0 0 150 4 422 0 0 0 272 2 362 4 138 0 93 4 0 1072
 4 1300 79 1 270 0 0 0 148 7 417 8 0 0 0 361 3 137 3 93 5 0 800
 4 1320 78 2 266 0 0 0 147 0 413 7 0 0 0 360 3 137 3 93 6 0 800
 4 1340 77 3 262 1 0 0 145 3 409 6 0 0 0 359 2 137 3 93 7 0 800
 4 1360 76 3 258 3 0 0 143 7 405 5 0 0 0 358 2 137 3 93 8 0 800
 4 1380 75 5 254 5 0 0 142 0 401 4 0 0 0 357 2 137 3 93 9 0 800
 4 1400 74 6 250 8 0 0 140 4 397 4 0 0 0 356 1 137 3 94 0 0 800
 4 1420 73 7 247 1 0 0 138 8 393 4 0 0 0 355 1 137 4 94 0 0 800
 4 1440 72 9 243 4 0 0 137 3 389 5 0 0 0 354 1 137 4 94 1 0 800
 4 1460 72 0 239 9 0 0 135 7 385 6 0 0 0 353 0 137 4 94 2 0 800
 4 1480 71 2 236 3 0 0 134 2 381 7 0 0 0 352 0 137 4 94 3 0 800
 4 1500 70 4 232 6 0 0 132 7 377 9 0 0 0 351 0 137 4 94 4 0 800
 4 1520 69 6 229 4 0 0 131 2 374 0 0 0 0 350 0 137 4 94 4 0 800
 4 1540 68 9 226 0 0 0 129 8 370 3 0 0 0 349 0 137 4 94 5 0 800
 4 1560 68 1 222 7 0 0 128 3 366 5 0 0 0 348 0 137 5 94 6 0 800
 4 1580 67 4 219 4 0 0 126 9 362 8 0 0 0 347 0 137 5 94 7 0 800
 4 1600 66 6 216 2 0 0 125 5 359 1 0 0 0 346 0 137 5 94 7 0 800
 4 1620 65 9 213 0 0 0 124 2 355 5 0 0 0 345 0 137 5 94 8 0 800
 4 1640 65 2 209 8 0 0 122 8 351 8 0 0 0 344 0 137 5 94 9 0 800
 4 1660 64 5 206 7 0 0 121 5 348 2 0 0 0 343 0 137 5 94 9 0 800
 4 1680 63 8 203 7 0 0 120 2 344 7 0 0 0 342 0 137 5 95 0 0 800
 4 1700 63 2 200 7 0 0 118 9 341 1 0 0 0 341 0 137 5 95 1 0 800
 4 1720 62 5 197 7 0 0 117 6 337 7 0 0 0 340 0 137 6 95 1 0 800
 4 1740 61 9 194 8 0 0 116 3 334 2 0 0 0 339 0 137 6 95 2 0 800
 4 1760 61 2 191 9 0 0 115 1 330 7 0 0 0 338 0 137 6 95 3 0 800
 4 1780 60 8 189 1 0 0 113 9 327 3 0 0 0 337 1 137 6 95 3 0 800
 4 1800 60 0 186 3 0 0 112 7 324 0 0 0 0 336 1 137 6 95 4 0 800
 4 1820 59 4 183 6 0 0 111 5 320 6 0 0 0 335 1 137 6 95 4 0 800
 4 1840 58 8 180 9 0 0 110 3 317 3 0 0 0 334 1 137 6 95 5 0 800
 4 1860 58 3 178 2 0 0 109 1 314 0 0 0 0 333 2 137 6 95 6 0 800
 4 1880 57 7 175 8 0 0 108 0 310 7 0 0 0 332 2 137 7 95 6 0 800
 4 1900 57 1 173 0 0 0 106 9 307 5 0 0 0 331 3 137 7 95 7 0 800
 4 1920 56 8 170 5 0 0 105 8 304 3 0 0 0 330 3 137 7 95 7 0 800
 4 1940 56 1 168 0 0 0 104 7 301 1 0 0 0 329 3 137 7 95 8 0 800
 4 1960 55 6 165 5 0 0 103 6 298 0 0 0 0 328 4 137 7 95 8 0 800
 4 1980 55 0 163 1 0 0 102 5 294 9 0 0 0 327 4 137 7 95 9 0 800
 4 2000 54 5 160 7 0 0 101 5 291 8 0 0 0 326 5 137 7 95 9 0 800
 4 2020 54 1 158 4 0 0 100 4 288 7 0 0 0 325 6 137 7 96 0 0 800
 4 2040 53 6 156 1 0 0 99 4 285 7 0 0 0 324 6 137 7 96 0 0 800
 4 2060 53 1 153 8 0 0 98 4 282 7 0 0 0 323 7 137 7 96 1 0 800
 4 2080 52 6 151 6 0 0 97 4 279 7 0 0 0 322 7 137 8 96 1 0 800
 4 2100 52 2 149 4 0 0 96 4 276 8 0 0 0 321 8 137 8 96 2 0 800
 4 2120 51 7 147 2 0 0 95 5 273 9 0 0 0 320 9 137 8 96 2 0 800
 4 2140 51 3 145 1 0 0 94 5 271 0 0 0 0 320 0 137 8 96 3 0 800
 4 2160 50 9 143 0 0 0 93 6 268 1 0 0 0 319 0 137 8 96 3 0 800
 4 2180 50 4 140 9 0 0 92 7 265 3 0 0 0 318 1 137 8 96 4 0 800
 4 2200 50 0 138 9 0 0 91 7 262 5 0 0 0 317 2 137 8 96 4 0 800
 4 2220 49 6 136 9 0 0 90 9 259 7 0 0 0 316 3 137 8 96 5 0 800
 4 2240 49 2 135 0 0 0 90 0 256 9 0 0 0 315 4 137 8 96 5 0 800

4	2280	48.8	133.1	0.0	89.1	254.2	0.0	0.0	314.4	137.8	99.5	0	800
4	2280	48.5	131.2	0.0	88.2	251.5	0.0	0.0	313.5	137.8	99.6	0	800
4	2300	48.1	129.3	0.0	87.4	248.8	0.0	0.0	312.6	137.8	99.8	0	800
4	2320	47.7	127.5	0.0	86.5	246.2	0.0	0.0	311.7	137.8	99.7	0	800
4	2340	47.4	125.7	0.0	85.7	243.5	0.0	0.0	310.8	137.9	99.7	0	800
4	2360	47.0	123.9	0.0	84.9	240.9	0.0	0.0	309.9	137.9	99.7	0	800
4	2380	46.7	122.2	0.0	84.1	238.3	0.0	0.0	309.0	137.9	99.8	0	800
4	2400	46.3	120.5	0.0	83.3	235.8	0.0	0.0	308.1	137.9	99.8	0	800
4	2420	46.0	118.8	0.0	82.5	233.3	0.0	0.0	307.2	137.9	99.8	0	800
4	2440	45.7	117.2	0.0	81.7	230.8	0.0	0.0	306.3	137.9	99.9	0	800
4	2460	45.3	115.6	0.0	81.0	228.3	0.0	0.0	305.5	137.9	99.9	0	800
4	2480	45.0	114.0	0.0	80.2	225.8	0.0	0.0	304.6	137.9	97.0	0	800
4	2500	44.7	112.4	0.0	79.5	223.4	0.0	0.0	303.7	137.9	97.0	0	800
4	2520	44.4	110.9	0.0	78.8	221.0	0.0	0.0	302.8	137.9	97.0	0	800
4	2540	44.1	109.4	0.0	78.1	218.6	0.0	0.0	301.9	137.9	97.1	0	800
4	2560	43.8	107.9	0.0	77.3	216.3	0.0	0.0	301.0	137.9	97.1	0	800
4	2580	43.6	106.4	0.0	76.6	213.9	0.0	0.0	300.2	137.9	97.1	0	800
4	2600	43.3	105.0	0.0	76.0	211.6	0.0	0.0	299.3	137.9	97.1	0	800
4	2620	43.0	103.6	0.0	75.3	209.3	0.0	0.0	298.4	137.9	97.2	0	800
4	2640	42.7	102.2	0.0	74.6	207.1	0.0	0.0	297.6	138.0	97.2	0	800
4	2660	42.5	100.8	0.0	73.9	204.8	0.0	0.0	296.7	138.0	97.2	0	800
4	2680	42.2	99.5	0.0	73.3	202.6	0.0	0.0	295.8	138.0	97.3	0	800
4	2700	42.0	98.2	0.0	72.6	200.4	0.0	0.0	295.0	138.0	97.3	0	800
4	2720	41.7	96.9	0.0	72.0	198.2	0.0	0.0	294.1	138.0	97.3	0	800
4	2740	41.5	95.6	0.0	71.4	196.1	0.0	0.0	293.3	138.0	97.3	0	800

END OF COOLING → TO BE START FIRING

g Time Taco Tpcx ml Tcmfo Tptx Tempo mairdx Tpcx Tcmfo Tpcx (M) ml
(min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

5	20	64.5	193.3	67.0	818.5	313.8	624.0	2915.2	118.0	132.6	33.7	218	3782
5	40	63.9	190.5	67.0	824.7	333.5	635.8	2659.0	138.1	133.2	37.2	218	3828
5	60	63.2	187.8	67.1	830.8	352.6	646.8	3000.5	157.7	133.8	40.6	218	3868
5	80	62.6	185.1	67.1	838.2	371.1	658.9	3040.0	176.8	134.3	43.9	218	3907
5	100	61.9	182.5	67.2	841.6	388.9	668.9	3077.8	195.4	134.8	47.1	217	3945
5	120	61.3	179.8	67.2	848.8	408.1	678.5	3113.8	213.6	135.3	50.1	217	3981
5	140	60.7	177.3	67.2	851.8	422.8	685.7	3147.9	231.4	135.8	53.1	217	4015
5	160	60.1	174.7	67.3	856.5	439.0	694.6	3180.7	249.7	136.3	55.9	217	4048
5	180	59.5	172.2	67.3	861.1	454.6	703.3	3212.1	265.7	136.7	58.6	217	4079
5	200	58.9	169.8	67.4	865.8	469.8	711.8	3242.3	282.2	137.1	61.2	217	4110
5	220	58.3	167.4	67.4	869.8	484.5	719.7	3271.2	298.3	137.5	63.7	217	4139
5	240	57.8	165.0	67.4	874.0	498.7	727.4	3298.9	314.1	137.9	66.1	217	4166
5	260	57.2	162.6	67.4	877.9	512.5	735.0	3325.5	329.5	138.2	68.4	217	4193
5	280	56.7	160.3	67.5	881.7	525.8	742.3	3351.1	344.5	138.6	70.6	218	4219
5	300	56.2	158.1	67.5	885.4	538.8	749.4	3375.7	359.2	138.9	72.7	218	4243
5	320	55.6	155.8	67.5	888.9	551.4	756.2	3399.5	373.6	139.2	74.7	218	4267
5	340	55.1	153.6	67.6	892.4	563.6	762.8	3422.3	387.6	139.5	76.7	218	4290
5	360	54.6	151.4	67.6	895.7	575.4	769.3	3444.4	401.4	139.8	78.5	218	4312
5	380	54.1	149.3	67.6	898.9	586.9	775.5	3465.7	414.8	140.1	80.3	218	4333
5	400	53.7	147.2	67.7	901.9	598.1	781.6	3486.2	427.9	140.3	82.0	218	4354
5	420	53.2	145.1	67.7	904.9	608.9	787.4	3506.0	440.7	140.6	83.6	218	4374
5	440	52.7	143.1	67.7	907.8	619.4	793.1	3525.2	453.2	140.8	85.1	218	4393
5	460	52.3	141.1	67.8	910.6	629.6	798.6	3543.7	465.4	141.0	86.6	218	4411
5	480	51.8	139.1	67.8	913.3	639.8	804.0	3561.8	477.4	141.2	88.0	215	4429
5	500	51.4	137.2	67.8	915.9	649.2	809.2	3578.7	489.0	141.4	89.3	215	4447
5	502	51.3	137.0	67.8	916.1	650.2	809.7	3580.6	490.2	141.5	89.5	215	4448

→ average wood consumption = 67.6 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 3287.8 kg/hr
 → average drying air flowrate = 4155.4 kg/hr

[=> Total wood consumption = 565.9 kg.]
 [=> Specific energy = 2155.9 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

I	Temperature (C)				M(I)	losses (MJ)
	bed cooling	firing	preheating	drying		
0	103.15	741.25	561.93	90.84	0.0888	12.977
1	103.27	733.37	556.27	90.97	0.0890	12.997
2	104.87	729.61	553.18	90.93	0.0895	13.248
3	106.13	725.74	550.05	90.89	0.0899	13.510
4	107.59	721.90	548.05	90.84	0.0903	13.771
5	109.05	718.09	543.88	90.79	0.0907	14.034
6	110.52	714.30	540.83	90.74	0.0911	14.298
7	111.99	710.54	537.81	90.68	0.0915	14.559
8	113.45	706.80	534.81	90.63	0.0919	14.823
9	114.92	703.09	531.84	90.57	0.0923	15.086
10	116.39	699.40	528.90	90.51	0.0927	15.350
11	117.86	695.73	525.98	90.44	0.0931	15.614
12	119.33	692.09	523.09	90.38	0.0934	15.878
13	120.80	688.47	520.22	90.31	0.0938	16.143

14	122.27	684.88	517.37	90.24	0.0941	18.407
15	123.75	681.30	514.55	90.17	0.0945	18.672
18	125.22	677.75	511.75	90.10	0.0948	18.937
17	126.69	674.23	508.97	90.02	0.0952	17.202
18	128.16	670.72	506.22	89.95	0.0955	17.467
19	129.63	667.24	503.49	89.87	0.0958	17.731
20	131.10	663.78	500.79	89.79	0.0962	17.996
21	132.57	660.34	498.11	89.71	0.0965	18.261
22	134.04	656.93	495.45	89.63	0.0968	18.526
23	135.50	653.53	492.81	89.55	0.0971	18.791
24	136.97	650.16	490.19	89.46	0.0974	19.055

---> Total losses from cooling = 397.334 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.095 MJ/kg brick

Tair = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 1000 (C) mair = 600 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the brn = 3500 bricks

<[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Taco Tpcx mT Tcmfo Tptc Tempo mairk Tppx Tcmfo Tpdx (%) md
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

3	20	183.6	642.3	66.9	856.6	433.7	652.7	3349.7	104.7	133.3	34.0	246	4317
3	40	180.8	633.8	67.1	861.7	450.8	664.3	3399.7	128.6	133.9	37.8	245	4387
3	60	177.9	625.4	67.3	866.5	467.3	675.4	3448.8	151.7	134.5	41.5	244	4414
3	80	175.2	617.1	67.5	871.1	483.3	686.0	3491.5	174.1	135.0	45.1	243	4459
3	100	172.4	608.9	67.7	875.5	498.7	698.1	3533.9	195.8	135.6	48.5	243	4502
3	120	169.7	600.7	67.9	879.8	513.7	709.9	3574.3	216.9	136.1	51.8	242	4542
3	140	167.1	592.6	68.1	883.8	528.1	715.2	3612.8	237.4	136.6	54.9	241	4581
3	160	164.5	584.5	68.3	887.8	542.1	724.2	3649.3	257.2	137.0	57.9	241	4618
3	180	161.9	576.5	68.5	891.6	555.8	732.8	3684.6	276.5	137.5	60.8	240	4653
3	200	159.4	568.6	68.6	895.2	568.7	741.1	3717.8	295.2	137.9	63.5	239	4689
3	220	157.0	560.8	68.8	898.7	581.4	749.1	3749.6	313.4	138.3	66.1	239	4719
3	240	154.5	553.0	69.0	902.0	593.6	756.9	3780.5	331.1	138.7	68.6	238	4750
3	260	152.1	545.4	69.2	905.3	605.5	764.3	3810.0	348.3	139.0	71.0	238	4779
3	280	149.8	537.7	69.3	908.4	617.0	771.5	3838.3	365.1	139.3	73.3	237	4808
3	300	147.5	530.2	69.5	911.4	628.2	778.4	3865.5	381.3	139.7	75.4	236	4835
3	320	145.2	522.7	69.7	914.3	639.0	785.1	3891.5	397.2	140.0	77.5	236	4861
3	340	143.0	515.3	69.8	917.1	649.5	791.5	3916.7	412.6	140.3	79.5	235	4887
3	342	142.8	514.6	69.8	917.4	650.5	792.2	3919.0	414.1	140.3	79.6	235	4889

---> average wood consumption = 68.4 kg/hr
 ---> average mixing air flowrate = 3650.8 kg/hr
 ---> average drying air flowrate = 4819.1 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 369.7 kg]
 [=> Specific energy = 1484.4 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

	Temperature (C)		average <after		moisture firing>	
bed	cooling	firing	preheating	drying	content	cooling
i	Tpc[i]	Tp[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses (MJ)
0	502.21	732.09	481.74	60.59	0.0963	88.045
1	502.10	725.40	476.56	60.94	0.0972	88.023
2	504.59	721.98	473.58	60.91	0.0975	88.508
3	506.63	718.49	470.59	60.88	0.0978	88.916
4	508.44	715.03	467.63	60.84	0.0982	89.274
5	510.02	711.59	464.70	60.80	0.0985	89.587
6	511.40	708.17	461.80	60.76	0.0988	89.858
7	512.58	704.78	458.92	60.71	0.0991	90.092
8	513.59	701.41	456.08	60.67	0.0994	90.291
9	514.44	698.06	453.28	60.62	0.0997	90.460
10	515.14	694.74	450.47	60.57	0.1000	90.599
11	515.72	691.44	447.71	60.51	0.1003	90.712
12	516.17	688.16	444.97	60.46	0.1006	90.801
13	516.50	684.91	442.26	60.40	0.1009	90.868
14	516.73	681.67	439.57	60.34	0.1011	90.913
15	516.87	678.46	436.91	60.28	0.1014	90.940
16	516.91	675.27	434.28	60.21	0.1017	90.948
17	516.86	672.10	431.67	60.15	0.1019	90.939
18	516.74	668.95	429.08	60.08	0.1022	90.915
19	516.55	665.83	426.52	60.01	0.1024	90.876
20	516.28	662.72	423.98	59.94	0.1027	90.824
21	515.95	659.63	421.47	59.87	0.1029	90.758
22	515.55	656.57	418.98	59.80	0.1032	90.680
23	515.10	653.52	416.51	59.72	0.1034	90.591
24	514.60	650.50	414.07	59.65	0.1037	90.491

---> Total losses from cooling = 2254.909 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.537 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING +++++>

— CONTINUE COOLING —

4 360 140.8 508.0 0.0 251.0 844.4 0.0 952.8 413.0 137.4 80.2 0 1853
 4 360 138.6 500.8 0.0 247.5 837.9 0.0 931.5 411.8 137.4 80.8 0 1832
 4 400 138.5 493.6 0.0 244.1 831.5 0.0 910.5 410.5 137.5 81.3 0 1810
 4 420 134.5 486.5 0.0 240.7 825.1 0.0 889.7 409.3 137.6 81.9 0 1790
 4 440 132.4 479.5 0.0 237.4 818.7 0.0 869.1 408.1 137.6 82.4 0 1769
 4 460 130.4 472.5 0.0 234.2 812.4 0.0 848.9 406.9 137.6 82.9 0 1749
 4 480 128.4 465.6 0.0 231.0 806.2 0.0 828.8 405.8 137.7 83.4 0 1729
 4 500 126.5 458.6 0.0 227.8 800.0 0.0 809.1 404.6 137.7 83.9 0 1709
 4 520 124.6 452.1 0.0 224.7 793.8 0.0 789.6 403.4 137.8 84.3 0 1690
 4 540 122.7 445.4 0.0 221.7 787.7 0.0 770.3 402.2 137.8 84.8 0 1670
 4 560 120.9 438.8 0.0 218.7 781.7 0.0 751.3 401.0 137.9 85.2 0 1651
 4 580 119.1 432.3 0.0 215.7 775.7 0.0 732.5 399.8 137.9 85.6 0 1633
 4 600 117.3 425.9 0.0 212.8 769.8 0.0 714.0 398.7 137.9 86.0 0 1614
 4 620 115.6 419.5 0.0 209.9 763.9 0.0 695.7 397.5 138.0 86.4 0 1596
 4 640 113.9 413.2 0.0 207.1 758.1 0.0 677.7 396.4 138.0 86.8 0 1578
 4 660 112.2 407.0 0.0 204.3 752.3 0.0 659.9 395.2 138.0 87.1 0 1560
 4 680 110.5 400.9 0.0 201.6 746.5 0.0 642.4 394.0 138.0 87.5 0 1542
 4 700 108.9 394.8 0.0 198.9 740.8 0.0 625.0 392.9 138.1 87.8 0 1525
 4 720 107.3 388.8 0.0 196.2 735.2 0.0 607.9 391.7 138.1 88.1 0 1508
 4 740 105.8 382.9 0.0 193.6 729.6 0.0 591.1 390.6 138.1 88.5 0 1491
 4 760 104.3 377.0 0.0 191.1 724.1 0.0 574.5 389.5 138.1 88.8 0 1474
 4 780 102.8 371.3 0.0 188.5 718.6 0.0 558.1 388.3 138.1 89.1 0 1458
 4 800 101.3 365.6 0.0 186.1 713.1 0.0 541.9 387.2 138.2 89.4 0 1442
 4 820 99.8 359.9 0.0 183.6 707.7 0.0 525.9 386.1 138.2 89.6 0 1426
 4 840 98.4 354.4 0.0 181.2 702.4 0.0 510.2 385.0 138.2 89.9 0 1410
 4 860 97.0 348.9 0.0 178.8 697.1 0.0 494.7 383.8 138.2 90.2 0 1395
 4 880 95.7 343.5 0.0 176.5 691.8 0.0 479.3 382.7 138.2 90.4 0 1379
 4 900 94.3 338.1 0.0 174.2 686.6 0.0 464.2 381.6 138.2 90.6 0 1364
 4 920 93.0 332.8 0.0 171.9 681.4 0.0 449.4 380.5 138.2 90.9 0 1349
 4 940 91.7 327.6 0.0 169.7 676.3 0.0 434.7 379.4 138.2 91.1 0 1335
 4 960 90.4 322.5 0.0 167.5 671.2 0.0 420.2 378.3 138.2 91.3 0 1320
 4 980 89.2 317.4 0.0 165.4 666.2 0.0 405.9 377.2 138.2 91.5 0 1306
 4 1000 88.0 312.4 0.0 163.3 661.2 0.0 391.9 376.1 138.2 91.7 0 1292
 4 1020 86.8 307.5 0.0 161.2 656.3 0.0 378.0 375.0 138.2 91.9 0 1278
 4 1040 85.6 302.7 0.0 159.1 651.4 0.0 364.3 373.9 138.2 92.1 0 1264
 4 1060 84.4 297.9 0.0 157.1 646.5 0.0 350.8 372.8 138.2 92.3 0 1251
 4 1080 83.3 293.1 0.0 155.1 641.7 0.0 337.5 371.8 138.2 92.5 0 1238
 4 1100 82.2 288.5 0.0 153.1 637.0 0.0 324.4 370.7 138.2 92.7 0 1224
 4 1120 81.1 283.9 0.0 151.2 632.2 0.0 311.5 369.6 138.2 92.9 0 1211
 4 1140 80.1 279.4 0.0 149.3 627.5 0.0 300.0 368.5 137.5 93.0 0 900
 4 1160 79.0 274.9 0.0 147.4 622.9 0.0 300.0 367.5 137.6 93.1 0 900
 4 1180 78.0 270.5 0.0 145.6 618.3 0.0 300.0 366.4 137.6 93.2 0 900
 4 1200 77.0 266.2 0.0 143.8 613.8 0.0 300.0 365.4 137.6 93.3 0 900
 4 1220 76.0 261.9 0.0 142.0 609.2 0.0 300.0 364.3 137.6 93.5 0 900
 4 1240 75.0 257.7 0.0 140.3 604.8 0.0 300.0 363.2 137.6 93.6 0 900
 4 1260 74.1 253.6 0.0 138.5 600.3 0.0 300.0 362.2 137.7 93.7 0 900
 4 1280 73.1 249.5 0.0 136.8 595.9 0.0 300.0 361.1 137.7 93.8 0 900
 4 1300 72.2 245.5 0.0 135.2 591.6 0.0 300.0 360.1 137.7 93.9 0 900
 4 1320 71.3 241.5 0.0 133.5 587.3 0.0 300.0 359.1 137.7 94.0 0 900
 4 1340 70.5 237.7 0.0 131.9 583.0 0.0 300.0 358.0 137.7 94.1 0 900
 4 1360 69.6 233.8 0.0 130.3 578.8 0.0 300.0 357.0 137.8 94.2 0 900
 4 1380 68.8 230.1 0.0 128.7 574.6 0.0 300.0 356.0 137.8 94.3 0 900
 4 1400 67.9 226.3 0.0 127.2 570.4 0.0 300.0 354.9 137.8 94.4 0 900
 4 1420 67.1 222.7 0.0 125.6 566.3 0.0 300.0 353.9 137.8 94.5 0 900
 4 1440 66.3 219.1 0.0 124.1 562.3 0.0 300.0 352.9 137.8 94.6 0 900
 4 1460 65.6 215.6 0.0 122.7 558.2 0.0 300.0 351.9 137.9 94.6 0 900
 4 1480 64.8 212.1 0.0 121.2 554.2 0.0 300.0 350.9 137.9 94.7 0 900
 4 1500 64.1 208.7 0.0 119.8 550.3 0.0 300.0 349.8 137.9 94.8 0 900
 4 1520 63.3 205.3 0.0 118.4 546.4 0.0 300.0 348.8 137.9 94.9 0 900
 4 1540 62.6 202.0 0.0 117.0 542.5 0.0 300.0 347.8 137.9 95.0 0 900
 4 1560 61.9 198.7 0.0 115.6 538.6 0.0 300.0 346.8 137.9 95.1 0 900
 4 1580 61.2 195.5 0.0 114.3 534.8 0.0 300.0 345.8 138.0 95.1 0 900
 4 1600 60.6 192.4 0.0 113.0 531.0 0.0 300.0 344.8 138.0 95.2 0 900
 4 1620 59.9 189.3 0.0 111.7 527.3 0.0 300.0 343.8 138.0 95.3 0 900
 4 1640 59.3 186.2 0.0 110.4 523.6 0.0 300.0 342.8 138.0 95.4 0 900
 4 1660 58.6 183.2 0.0 109.1 519.9 0.0 300.0 341.9 138.0 95.5 0 900
 4 1680 58.0 180.3 0.0 107.9 516.3 0.0 300.0 340.9 138.0 95.5 0 900
 4 1700 57.4 177.4 0.0 106.6 512.7 0.0 300.0 339.9 138.0 95.6 0 900
 4 1720 56.8 174.5 0.0 105.4 509.2 0.0 300.0 338.9 138.1 95.7 0 900
 4 1740 56.2 171.7 0.0 104.2 505.6 0.0 300.0 337.9 138.1 95.7 0 900
 4 1760 55.7 169.0 0.0 103.1 502.2 0.0 300.0 337.0 138.1 95.8 0 900
 4 1780 55.1 166.3 0.0 101.9 498.7 0.0 300.0 336.0 138.1 95.9 0 900
 4 1800 54.6 163.6 0.0 100.8 495.3 0.0 300.0 335.0 138.1 95.9 0 900
 4 1820 54.0 161.0 0.0 99.7 491.9 0.0 300.0 334.1 138.1 96.0 0 900
 4 1840 53.5 158.4 0.0 98.6 488.6 0.0 300.0 333.1 138.1 96.1 0 900
 4 1860 53.0 155.9 0.0 97.5 485.2 0.0 300.0 332.1 138.1 96.1 0 900
 4 1880 52.5 153.5 0.0 96.4 482.0 0.0 300.0 331.2 138.2 96.2 0 900
 4 1900 52.0 151.0 0.0 95.4 478.7 0.0 300.0 330.2 138.2 96.3 0 900
 4 1920 51.5 148.6 0.0 94.3 475.5 0.0 300.0 329.3 138.2 96.3 0 900
 4 1940 51.0 146.3 0.0 93.3 472.3 0.0 300.0 328.3 138.2 96.4 0 900
 4 1960 50.6 144.0 0.0 92.3 469.2 0.0 300.0 327.4 138.2 96.4 0 900
 4 1980 50.1 141.7 0.0 91.3 466.0 0.0 300.0 326.4 138.2 96.5 0 900
 4 2000 49.7 139.5 0.0 90.3 463.0 0.0 300.0 325.5 138.2 96.5 0 900
 4 2020 49.2 137.3 0.0 89.4 459.9 0.0 300.0 324.6 138.2 96.6 0 900

4 2040 48.8 135.2 0.0 88.4 250.9 0.0 0.0 323.8 138.2 98.8 0 900
 4 2060 48.4 133.1 0.0 87.5 253.9 0.0 0.0 322.7 138.2 98.7 0 900
 4 2080 48.0 131.0 0.0 86.6 250.9 0.0 0.0 321.8 138.3 98.8 0 900
 4 2100 47.8 129.0 0.0 85.7 249.0 0.0 0.0 320.8 138.3 98.8 0 900
 4 2120 47.2 127.0 0.0 84.8 245.1 0.0 0.0 319.9 138.3 98.9 0 900
 4 2140 46.8 125.1 0.0 83.9 242.2 0.0 0.0 319.0 138.3 98.9 0 900
 4 2160 46.5 123.2 0.0 83.1 239.4 0.0 0.0 318.1 138.3 98.9 0 900
 4 2180 46.1 121.3 0.0 82.2 236.6 0.0 0.0 317.2 138.3 97.0 0 900
 4 2200 45.7 119.4 0.0 81.4 233.8 0.0 0.0 316.2 138.3 97.0 0 900
 4 2220 45.4 117.6 0.0 80.6 231.1 0.0 0.0 315.3 138.3 97.1 0 900
 4 2240 45.1 115.9 0.0 79.8 228.4 0.0 0.0 314.4 138.3 97.1 0 900
 4 2260 44.7 114.1 0.0 79.0 225.7 0.0 0.0 313.5 138.3 97.2 0 900
 4 2280 44.4 112.4 0.0 78.2 223.0 0.0 0.0 312.6 138.3 97.2 0 900
 4 2300 44.1 110.7 0.0 77.4 220.4 0.0 0.0 311.7 138.4 97.3 0 900
 4 2320 43.8 109.1 0.0 76.6 217.8 0.0 0.0 310.8 138.4 97.3 0 900
 4 2340 43.5 107.5 0.0 75.9 215.2 0.0 0.0 309.9 138.4 97.3 0 900
 4 2360 43.2 105.9 0.0 75.1 212.7 0.0 0.0 309.0 138.4 97.4 0 900
 4 2380 42.9 104.3 0.0 74.4 210.2 0.0 0.0 308.1 138.4 97.4 0 900
 4 2400 42.6 102.8 0.0 73.7 207.7 0.0 0.0 307.2 138.4 97.4 0 900
 4 2420 42.3 101.3 0.0 73.0 205.2 0.0 0.0 306.3 138.4 97.5 0 900
 4 2440 42.0 99.9 0.0 72.3 202.8 0.0 0.0 305.5 138.4 97.5 0 900
 4 2460 41.7 98.4 0.0 71.6 200.4 0.0 0.0 304.6 138.4 97.6 0 900
 4 2480 41.5 97.0 0.0 70.9 198.0 0.0 0.0 303.7 138.4 97.6 0 900
 4 2500 41.2 95.8 0.0 70.3 195.7 0.0 0.0 302.8 138.4 97.6 0 900
 4 2520 41.0 94.3 0.0 69.6 193.3 0.0 0.0 301.9 138.4 97.7 0 900
 END OF COOLING → TO BE START FIRING

g Time Tacc Tpcx mlf Tcmfo Tplx Tempso msidx Tppx Tcmfo Tplx(%) md
 (min) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

5 20 82.9 190.1 75.5 826.4 324.0 636.5 3332.2 120.8 133.3 34.0 218 4308
 5 40 82.2 187.1 75.5 832.7 345.2 648.3 3383.7 142.8 133.9 37.9 218 4359
 5 60 81.5 184.2 75.6 838.8 365.8 659.7 3432.4 164.3 134.5 41.8 217 4408
 5 80 80.8 181.3 75.6 844.6 385.3 670.6 3478.8 185.3 135.0 45.1 217 4454
 5 100 80.2 178.5 75.7 850.2 404.3 681.1 3522.8 205.7 135.6 48.5 217 4498
 5 120 79.5 175.7 75.7 855.5 422.6 691.1 3564.2 225.5 136.1 51.8 217 4540
 5 140 78.9 172.9 75.8 860.8 440.2 700.8 3604.1 244.9 136.6 54.9 217 4580
 5 160 78.3 170.2 75.8 865.5 457.3 710.1 3641.8 263.7 137.0 57.9 217 4618
 5 180 77.7 167.6 75.8 870.2 473.8 719.0 3677.9 282.0 137.5 60.8 217 4654
 5 200 77.1 165.0 75.9 874.7 489.7 727.7 3712.3 299.8 137.9 63.5 217 4688
 5 220 76.5 162.4 75.9 879.0 505.0 736.0 3745.3 317.2 138.3 66.1 216 4721
 5 240 75.9 159.9 76.0 883.1 519.9 744.0 3777.1 334.1 138.7 68.6 216 4753
 5 260 75.4 157.4 76.0 887.1 534.3 751.7 3807.3 350.8 139.0 71.0 216 4783
 5 280 74.8 155.0 76.1 890.9 548.2 759.2 3836.3 368.7 139.4 73.3 216 4812
 5 300 74.3 152.8 76.1 894.6 561.6 766.4 3864.2 382.3 139.7 75.4 216 4840
 5 320 73.7 150.2 76.1 898.1 574.6 773.3 3890.9 397.8 140.0 77.5 216 4867
 5 340 73.2 147.9 76.2 901.5 587.2 780.1 3916.6 412.5 140.3 79.5 216 4893
 5 360 72.7 145.6 76.2 904.8 599.4 786.6 3941.4 427.0 140.6 81.3 216 4918
 5 380 72.2 143.4 76.2 907.9 611.2 792.9 3965.2 441.1 140.8 83.1 216 4941
 5 400 71.7 141.2 76.3 911.0 622.6 799.0 3988.1 454.9 141.1 84.8 215 4964
 5 420 71.3 139.0 76.3 913.9 633.6 804.9 4010.2 468.3 141.3 86.4 215 4986
 5 440 70.8 136.9 76.3 916.7 644.4 810.6 4031.5 481.4 141.5 87.9 215 5008
 5 452 70.5 135.7 76.3 918.4 650.6 813.9 4043.7 489.1 141.6 88.8 215 5020

→ average wood consumption = 76.2 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 3728.0 kg/hr
 → average drying air flowrate = 4704.2 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 574.1 kg]
 [=> Specific energy = 2168.9 kJ/kg brick]
 <-[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)				M(t)	losses (MJ)
	cooling	firing	preheating	moisture firing		
f	Tpc(t)	Tpf(t)	Tpp(t)	Tpd(t)		
0	103.22	738.58	558.82	89.88	0.0889	12.969
1	103.31	730.97	553.14	90.20	0.0893	13.006
2	104.65	727.35	550.14	90.16	0.0897	13.248
3	106.08	723.82	547.12	90.12	0.0902	13.497
4	107.48	719.91	544.12	90.09	0.0906	13.748
5	108.88	716.24	541.14	90.03	0.0910	14.000
6	110.27	712.58	538.19	89.99	0.0913	14.252
7	111.68	708.95	535.26	89.94	0.0917	14.504
8	113.09	705.35	532.36	89.89	0.0921	14.757
9	114.50	701.78	529.49	89.83	0.0925	15.010
10	115.91	698.20	526.63	89.78	0.0928	15.263
11	117.32	694.68	523.80	89.72	0.0932	15.517
12	118.73	691.15	521.00	89.68	0.0936	15.770
13	120.14	687.65	518.21	89.60	0.0939	16.024
14	121.55	684.18	515.45	89.54	0.0942	16.278
15	122.96	680.73	512.72	89.47	0.0946	16.532
16	124.38	677.30	510.00	89.40	0.0949	16.786
17	125.79	673.90	507.31	89.34	0.0952	17.040
18	127.20	670.51	504.64	89.27	0.0956	17.294

19	128.61	667.14	501.99	89.19	0.0959	17.548
20	130.02	663.80	499.36	89.12	0.0962	17.602
21	131.43	660.48	496.78	89.05	0.0965	18.058
22	132.84	657.17	494.17	88.97	0.0968	18.310
23	134.25	653.89	491.61	88.89	0.0971	18.564
24	135.66	650.63	489.08	88.82	0.0974	18.818

→ Total losses from cooling = 394.610 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.094 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 1000 (C) mai = 1000 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the k/n = 3500 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g Time Tair Tpcx mf Tcmfo Tph Tcmfo maixr Tppx Tcmfo Tptr (%) md
 (min.) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr)

3	20	178.8	641.7	74.7	860.7	435.7	661.4	3764.8	100.6	133.8	34.3	244	4840
3	40	175.8	632.4	75.0	866.0	454.1	673.7	3822.9	132.6	134.5	38.5	244	4898
3	60	172.9	623.3	75.2	871.0	471.9	685.3	3877.7	157.7	135.1	42.4	243	4953
3	80	170.0	614.2	75.5	875.8	489.1	698.5	3929.5	181.9	135.7	46.2	242	5005
3	100	167.1	605.2	75.7	880.4	505.8	707.1	3978.2	205.3	136.2	49.9	241	5054
3	120	164.3	596.3	75.9	884.8	521.5	717.2	4024.5	228.0	136.7	53.3	241	5100
3	140	161.5	587.5	76.1	889.0	538.9	728.9	4068.4	249.9	137.2	56.6	240	5145
3	160	158.8	578.8	76.3	893.1	551.7	739.2	4110.3	271.1	137.7	59.8	239	5187
3	180	156.2	570.2	76.5	897.0	569.0	745.2	4149.9	291.7	138.1	62.8	239	5226
3	200	153.6	561.6	76.8	900.7	579.8	753.7	4187.9	311.8	138.5	65.6	238	5265
3	220	151.0	553.1	77.0	904.2	593.2	762.0	4224.1	331.0	138.9	68.3	237	5301
3	240	148.5	544.8	77.1	907.7	608.1	769.9	4258.6	349.7	139.3	70.9	237	5336
3	260	146.1	538.5	77.3	911.0	618.5	777.5	4291.7	367.8	139.7	73.3	236	5369
3	280	143.6	528.3	77.5	914.1	630.5	784.8	4323.4	385.5	140.0	75.7	235	5401
3	300	141.3	520.1	77.7	917.1	642.1	791.8	4353.9	402.6	140.3	77.9	235	5432
3	314	139.6	514.5	77.9	919.2	650.0	798.6	4374.4	414.2	140.5	79.3	234	5452

→ average wood consumption = 76.3 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4084.8 kg/hr
 → average drying air flowrate = 5181.1 kg/hr
 [= Total wood consumption = 399.1 kg.]
 [= Specific energy = 1520.5 kJ/kg brick.]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)				average <after		losses (MJ)
	cooling	firing	preheating	drying	moisture	firing	
i	Tp[i]	Tp[i]	Tpp[i]	Tpd[i]	M[i]	losses	(MJ)
0	503.24	729.43	479.96	80.17	0.0968	88.247	
1	502.99	722.92	474.94	80.52	0.0971	88.199	
2	505.31	719.60	472.05	80.50	0.0975	88.657	
3	507.28	716.21	469.15	80.47	0.0978	89.042	
4	508.97	712.84	466.28	80.43	0.0981	89.379	
5	510.47	709.50	463.44	80.40	0.0984	89.674	
6	511.78	706.18	460.63	80.36	0.0987	89.930	
7	512.87	702.88	457.84	80.32	0.0990	90.150	
8	513.82	699.61	455.08	80.28	0.0993	90.338	
9	514.62	696.35	452.34	80.23	0.0996	90.496	
10	515.28	693.12	449.63	80.18	0.0999	90.626	
11	515.81	689.91	446.95	80.13	0.1002	90.732	
12	516.23	686.72	444.29	80.08	0.1005	90.814	
13	516.54	683.55	441.65	80.03	0.1007	90.874	
14	516.74	680.41	439.04	79.98	0.1010	90.915	
15	516.85	677.28	436.46	79.92	0.1013	90.937	
16	516.88	674.17	433.89	79.86	0.1015	90.942	
17	516.82	671.09	431.35	79.80	0.1018	90.930	
18	516.68	668.02	428.84	79.74	0.1020	90.904	
19	516.48	664.98	426.35	79.67	0.1023	90.863	
20	516.21	661.95	423.88	79.61	0.1025	90.809	
21	515.87	658.95	421.43	79.54	0.1028	90.743	
22	515.47	655.96	419.00	79.48	0.1030	90.664	
23	515.02	652.99	416.60	79.41	0.1032	90.575	
24	514.52	650.04	414.22	79.34	0.1035	90.475	

→ Total losses from cooling = 2255.813 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.537 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING +++++>

--- CONTINUE COOLING ---

4	320	138.9	512.1	0.0	248.5	847.7	0.0	1028.5	413.9	137.8	79.5	0	2028
4	340	136.6	504.2	0.0	242.9	840.8	0.0	1003.3	412.6	137.6	80.2	0	2003
4	360	134.4	496.3	0.0	239.3	833.6	0.0	978.4	411.4	137.7	80.8	0	1978
4	380	132.2	488.6	0.0	235.7	826.6	0.0	953.8	410.2	137.7	81.4	0	1954
4	400	130.0	480.9	0.0	232.2	819.8	0.0	929.6	409.0	137.8	82.0	0	1930

4 420 127.9 473.3 0.0 228.8 612.8 0.0 905.8 407.8 137.9 82.5 0 1805
 4 440 125.8 465.8 0.0 225.4 609.0 0.0 882.2 408.6 137.9 83.0 0 1882
 4 460 123.8 458.4 0.0 222.1 599.2 0.0 859.0 405.4 137.9 83.8 0 1859
 4 480 121.8 451.1 0.0 218.8 592.8 0.0 836.1 404.3 138.0 84.1 0 1836
 4 500 119.8 443.8 0.0 215.6 588.0 0.0 813.5 403.1 138.0 84.5 0 1814
 4 520 117.9 436.7 0.0 212.5 579.4 0.0 791.3 401.9 138.1 85.0 0 1791
 4 540 116.0 429.6 0.0 209.4 572.9 0.0 769.4 400.7 138.1 85.4 0 1769
 4 560 114.2 422.7 0.0 206.4 569.5 0.0 747.8 399.8 138.1 85.9 0 1748
 4 580 112.4 415.8 0.0 203.4 560.1 0.0 726.4 398.4 138.2 86.3 0 1726
 4 600 110.6 409.0 0.0 200.4 553.8 0.0 705.4 397.2 138.2 86.7 0 1705
 4 620 108.9 402.3 0.0 197.5 547.8 0.0 684.7 396.1 138.2 87.1 0 1685
 4 640 107.1 395.7 0.0 194.7 541.4 0.0 664.4 394.9 138.3 87.4 0 1664
 4 660 105.5 389.2 0.0 191.9 535.2 0.0 644.3 393.8 138.3 87.8 0 1644
 4 680 103.8 382.7 0.0 189.2 529.1 0.0 624.5 392.8 138.3 88.1 0 1624
 4 700 102.2 376.4 0.0 186.5 523.1 0.0 605.0 391.5 138.3 88.5 0 1605
 4 720 100.6 370.1 0.0 183.8 517.2 0.0 585.7 390.4 138.3 88.8 0 1586
 4 740 99.1 363.9 0.0 181.2 511.3 0.0 566.8 389.2 138.4 89.1 0 1567
 4 760 97.6 357.8 0.0 178.6 505.4 0.0 548.1 388.1 138.4 89.4 0 1548
 4 780 96.1 351.8 0.0 176.1 499.6 0.0 529.8 387.0 138.4 89.7 0 1530
 4 800 94.6 345.9 0.0 173.6 493.9 0.0 511.7 385.8 138.4 90.0 0 1512
 4 820 93.2 340.1 0.0 171.2 488.2 0.0 493.8 384.7 138.4 90.3 0 1494
 4 840 91.8 334.3 0.0 168.8 482.8 0.0 476.3 383.6 138.4 90.5 0 1476
 4 860 90.4 328.6 0.0 166.5 477.0 0.0 459.0 382.5 138.4 90.8 0 1459
 4 880 89.1 323.1 0.0 164.1 471.5 0.0 442.0 381.4 138.4 91.0 0 1442
 4 900 87.8 317.5 0.0 161.9 466.0 0.0 425.2 380.3 138.4 91.3 0 1425
 4 920 86.5 312.1 0.0 159.6 460.8 0.0 408.7 379.2 138.5 91.5 0 1409
 4 940 85.2 306.8 0.0 157.4 455.2 0.0 392.4 378.1 138.5 91.7 0 1392
 4 960 84.0 301.5 0.0 155.3 449.9 0.0 376.4 377.0 138.5 91.9 0 1376
 4 980 82.8 296.3 0.0 153.2 444.7 0.0 360.8 375.9 138.5 92.1 0 1361
 4 1000 81.6 291.2 0.0 151.1 439.5 0.0 345.1 374.8 138.5 92.3 0 1345
 4 1020 80.4 286.2 0.0 149.0 434.3 0.0 329.7 373.7 137.8 92.5 0 1000
 4 1040 79.3 281.3 0.0 147.0 429.2 0.0 314.6 372.6 137.8 92.8 0 1000
 4 1060 78.2 276.4 0.0 145.0 424.1 0.0 300.0 371.6 137.8 92.8 0 1000
 4 1080 77.1 271.6 0.0 143.1 419.1 0.0 285.8 370.5 137.9 92.9 0 1000
 4 1100 76.0 266.9 0.0 141.2 414.2 0.0 272.0 369.4 137.9 93.1 0 1000
 4 1120 75.0 262.3 0.0 139.3 409.3 0.0 258.4 368.4 137.9 93.2 0 1000
 4 1140 74.0 257.7 0.0 137.4 404.4 0.0 245.1 367.3 137.9 93.3 0 1000
 4 1160 73.0 253.2 0.0 135.6 399.6 0.0 232.0 366.2 138.0 93.4 0 1000
 4 1180 72.0 248.8 0.0 133.8 394.9 0.0 219.2 365.2 138.0 93.6 0 1000
 4 1200 71.0 244.5 0.0 132.1 390.2 0.0 206.6 364.1 138.0 93.7 0 1000
 4 1220 70.1 240.2 0.0 130.3 385.5 0.0 194.3 363.1 138.0 93.8 0 1000
 4 1240 69.2 236.0 0.0 128.6 380.9 0.0 182.2 362.0 138.1 93.9 0 1000
 4 1260 68.3 231.9 0.0 127.0 376.3 0.0 170.4 361.0 138.1 94.0 0 1000
 4 1280 67.4 227.9 0.0 125.3 371.8 0.0 158.9 360.0 138.1 94.2 0 1000
 4 1300 66.5 223.9 0.0 123.7 367.3 0.0 147.6 359.0 138.1 94.3 0 1000
 4 1320 65.7 220.0 0.0 122.1 362.9 0.0 136.6 358.0 138.1 94.4 0 1000
 4 1340 64.9 216.1 0.0 120.6 358.5 0.0 125.8 357.0 138.2 94.5 0 1000
 4 1360 64.1 212.3 0.0 119.0 354.2 0.0 115.3 356.0 138.2 94.6 0 1000
 4 1380 63.3 208.6 0.0 117.5 349.9 0.0 105.0 355.0 138.2 94.7 0 1000
 4 1400 62.5 205.0 0.0 116.0 345.6 0.0 95.0 354.0 138.2 94.8 0 1000
 4 1420 61.8 201.4 0.0 114.6 341.4 0.0 85.2 353.0 138.2 94.9 0 1000
 4 1440 61.0 197.9 0.0 113.1 337.2 0.0 75.7 352.0 138.3 95.0 0 1000
 4 1460 60.3 194.4 0.0 111.7 333.1 0.0 66.4 351.0 138.3 95.1 0 1000
 4 1480 59.6 191.0 0.0 110.3 329.0 0.0 57.3 349.9 138.3 95.2 0 1000
 4 1500 58.9 187.7 0.0 109.0 325.0 0.0 48.4 348.7 138.3 95.3 0 1000
 4 1520 58.2 184.4 0.0 107.8 321.0 0.0 39.7 347.7 138.3 95.4 0 1000
 4 1540 57.6 181.2 0.0 106.3 317.1 0.0 31.2 346.7 138.3 95.5 0 1000
 4 1560 56.9 178.1 0.0 105.0 313.2 0.0 22.9 345.7 138.4 95.5 0 1000
 4 1580 56.3 175.0 0.0 103.7 309.3 0.0 14.7 344.7 138.4 95.6 0 1000
 4 1600 55.7 171.9 0.0 102.5 305.5 0.0 6.6 343.7 138.4 95.7 0 1000
 4 1620 55.1 168.9 0.0 101.2 301.7 0.0 0.0 342.7 138.4 95.8 0 1000
 4 1640 54.5 166.0 0.0 100.0 298.0 0.0 0.0 341.8 138.4 95.9 0 1000
 4 1660 53.9 163.2 0.0 98.8 294.3 0.0 0.0 340.8 138.4 96.0 0 1000
 4 1680 53.4 160.3 0.0 97.7 290.6 0.0 0.0 339.8 138.5 96.0 0 1000
 4 1700 52.8 157.6 0.0 96.5 287.0 0.0 0.0 338.8 138.5 96.1 0 1000
 4 1720 52.3 154.9 0.0 95.4 283.4 0.0 0.0 337.8 138.5 96.2 0 1000
 4 1740 51.7 152.2 0.0 94.3 279.9 0.0 0.0 336.9 138.5 96.3 0 1000
 4 1760 51.2 149.6 0.0 93.2 276.4 0.0 0.0 335.9 138.5 96.3 0 1000
 4 1780 50.7 147.1 0.0 92.1 272.9 0.0 0.0 334.9 138.5 96.4 0 1000
 4 1800 50.2 144.6 0.0 91.0 269.5 0.0 0.0 334.0 138.5 96.5 0 1000
 4 1820 49.8 142.1 0.0 90.0 266.1 0.0 0.0 333.0 138.6 96.5 0 1000
 4 1840 49.3 139.7 0.0 88.9 262.8 0.0 0.0 332.1 138.6 96.6 0 1000
 4 1860 48.8 137.3 0.0 87.9 259.5 0.0 0.0 331.1 138.6 96.7 0 1000
 4 1880 48.4 135.0 0.0 86.9 256.2 0.0 0.0 330.2 138.6 96.7 0 1000
 4 1900 47.9 132.7 0.0 86.0 253.0 0.0 0.0 329.2 138.6 96.8 0 1000
 4 1920 47.5 130.5 0.0 85.0 249.8 0.0 0.0 328.3 138.6 96.9 0 1000
 4 1940 47.1 128.3 0.0 84.0 246.6 0.0 0.0 327.3 138.6 96.9 0 1000
 4 1960 46.7 126.2 0.0 83.1 243.5 0.0 0.0 326.4 138.6 97.0 0 1000
 4 1980 46.3 124.1 0.0 82.2 240.4 0.0 0.0 325.4 138.6 97.0 0 1000
 4 2000 45.9 122.1 0.0 81.3 237.3 0.0 0.0 324.5 138.7 97.1 0 1000
 4 2020 45.5 120.1 0.0 80.4 234.3 0.0 0.0 323.6 138.7 97.1 0 1000
 4 2040 45.2 118.1 0.0 79.5 231.3 0.0 0.0 322.6 138.7 97.2 0 1000
 4 2060 44.8 116.2 0.0 78.7 228.4 0.0 0.0 321.7 138.7 97.2 0 1000
 4 2080 44.4 114.3 0.0 77.8 225.5 0.0 0.0 320.8 138.7 97.3 0 1000
 4 2100 44.1 112.4 0.0 77.0 222.6 0.0 0.0 319.9 138.7 97.4 0 1000

4 2120 43.8 110.6 0.0 76.2 219.8 0.0 0.0 319.0 138.7 97.4 0 1000
 4 2140 43.4 108.6 0.0 75.4 217.0 0.0 0.0 318.0 138.7 97.5 0 1000
 4 2160 43.1 107.1 0.0 74.6 214.2 0.0 0.0 317.1 138.7 97.5 0 1000
 4 2180 42.8 105.4 0.0 73.8 211.4 0.0 0.0 316.2 138.7 97.5 0 1000
 4 2200 42.5 103.7 0.0 73.1 208.7 0.0 0.0 315.3 138.8 97.6 0 1000
 4 2220 42.2 102.1 0.0 72.3 206.1 0.0 0.0 314.4 138.8 97.6 0 1000
 4 2240 41.9 100.5 0.0 71.6 203.4 0.0 0.0 313.5 138.8 97.7 0 1000
 4 2260 41.6 98.9 0.0 70.8 200.8 0.0 0.0 312.6 138.8 97.7 0 1000
 4 2280 41.3 97.4 0.0 70.1 198.2 0.0 0.0 311.7 138.8 97.8 0 1000
 4 2300 41.0 95.9 0.0 69.4 195.7 0.0 0.0 310.8 138.8 97.8 0 1000
 4 2320 40.8 94.4 0.0 68.7 193.2 0.0 0.0 309.9 138.8 97.8 0 1000
 4 2340 40.5 93.0 0.0 68.0 190.7 0.0 0.0 309.0 138.8 97.9 0 1000
 END OF COOLING -----> TO BE START FIRING

q Time Taco Tpcz mfi Tcmfo Tpfz Tcmfo maizr Tppz Tcmfo Tpcz (%) mfi
 (min.) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h) (C) (C) (C) (kg/h)

5 20 61.5 187.4 84.0 833.0 332.7 648.8 3752.5 123.0 133.8 34.4 217 4838
 5 40 60.8 184.3 84.0 839.6 355.3 659.3 3812.4 147.2 134.5 38.5 217 4866
 5 60 60.1 181.1 84.1 845.9 377.0 671.3 3868.6 170.7 135.1 42.5 217 4953
 5 80 59.4 178.1 84.1 851.9 397.9 682.7 3921.9 193.4 135.7 48.3 217 5008
 5 100 58.7 175.1 84.2 857.8 417.9 693.6 3972.1 215.5 138.2 49.9 217 5058
 5 120 58.1 172.1 84.2 863.0 437.2 704.1 4019.6 238.9 136.7 53.3 217 5104
 5 140 57.4 169.2 84.3 868.2 455.8 714.1 4064.9 257.7 137.2 58.6 217 5149
 5 160 56.8 166.3 84.3 873.2 473.7 723.7 4107.7 277.0 137.7 59.8 216 5162
 5 180 56.1 163.5 84.4 877.9 490.9 732.9 4148.5 297.5 138.1 62.8 216 5233
 5 200 55.5 160.8 84.4 882.4 507.5 741.8 4187.3 318.5 138.6 65.6 216 5272
 5 220 54.9 158.1 84.5 886.8 523.5 750.3 4224.4 335.0 139.0 68.4 216 5309
 5 240 54.4 155.4 84.5 890.9 538.9 758.5 4260.0 353.0 139.3 70.9 216 5345
 5 260 53.8 152.8 84.6 894.9 553.8 766.4 4293.8 370.4 139.7 73.4 216 5378
 5 280 53.2 150.3 84.6 898.7 568.1 774.0 4326.2 387.4 140.0 75.7 216 5411
 5 300 52.7 147.8 84.7 902.4 582.0 781.3 4357.1 403.9 140.3 77.9 216 5442
 5 320 52.2 145.3 84.7 905.9 595.3 788.3 4386.8 420.0 140.6 80.0 216 5472
 5 340 51.6 142.9 84.7 909.3 608.2 795.1 4415.3 435.6 140.9 82.0 215 5500
 5 360 51.1 140.5 84.8 912.5 620.7 801.7 4442.6 450.7 141.2 83.8 215 5527
 5 380 50.6 138.2 84.8 915.6 632.7 808.0 4468.9 465.5 141.4 85.6 215 5554
 5 400 50.1 135.9 84.9 918.6 644.3 814.1 4494.1 479.8 141.7 87.3 215 5579
 5 410 49.9 134.6 84.9 920.0 650.0 817.0 4508.2 488.6 141.8 88.1 215 5591

--> average wood consumption = 84.8 kg/hr
 --> average mixing air flowrate = 4169.0 kg/hr
 --> average drying air flowrate = 5253.7 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 579.3 kg]
 [=> Specific energy = 2208.9 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

bed	Temperature (C)		average <after		losses (MJ)	
	cooling	firing	preheating	drying		
1	Tpc[]	Tpf[]	Tpp[]	Tpd[]	M[]	
0	103.51	735.25	654.37	89.02	0.0893	13.041
1	103.58	727.92	649.05	89.38	0.0897	13.054
2	104.88	724.40	646.15	89.32	0.0901	13.268
3	103.23	720.79	643.21	89.29	0.0905	13.528
4	107.59	717.20	640.30	89.25	0.0909	13.771
5	108.94	713.64	637.42	89.21	0.0912	14.014
6	110.30	710.10	634.55	89.17	0.0916	14.257
7	111.66	706.58	631.72	89.13	0.0920	14.501
8	113.02	703.09	628.90	89.08	0.0924	14.745
9	114.38	699.61	626.11	89.03	0.0927	14.989
10	115.74	696.18	623.34	88.98	0.0931	15.233
11	117.10	692.73	620.59	88.93	0.0934	15.477
12	118.46	689.32	617.88	88.87	0.0938	15.722
13	119.82	685.93	615.18	88.82	0.0941	15.967
14	121.18	682.57	612.48	88.76	0.0944	16.212
15	122.55	679.22	609.82	88.70	0.0948	16.458
16	123.91	675.90	607.18	88.64	0.0951	16.701
17	125.27	672.59	604.58	88.57	0.0954	16.946
18	126.63	669.31	601.97	88.51	0.0957	17.192
19	127.99	666.04	499.39	88.44	0.0960	17.437
20	129.35	662.80	496.84	88.38	0.0963	17.682
21	130.71	659.57	494.30	88.31	0.0966	17.927
22	132.07	656.38	491.79	88.24	0.0969	18.172
23	133.43	653.18	489.29	88.17	0.0972	18.417
24	134.79	650.01	486.82	88.09	0.0975	18.661

--> Total losses from cooling = 393.388 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.094 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 1000 (C) maif = 1100 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mfb = 0.120
 Total brick in the kiln = 3500 bricks

<[air temp outlet, brick temp., av flowrate and wood consump]>

g	Time	Taco	Tpct	mf	Tempo	Tpct	Tempo	maidx	Tpct	Tempo	Tpdx	(%)	md
(min)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)		
3	20	174	5	640	7	82	0	664	2	437	0	699	1
3	40	171	4	830	7	82	9	699	7	456	8	682	0
3	60	168	3	620	8	83	1	874	9	475	8	694	2
3	80	165	3	811	0	83	4	879	9	494	1	705	8
3	100	162	3	601	4	83	7	884	7	511	8	718	8
3	120	159	4	591	8	83	9	889	2	528	5	727	4
3	140	156	5	582	3	84	1	893	6	544	8	737	4
3	160	153	7	572	9	84	4	897	7	560	4	747	0
3	180	151	0	563	6	84	6	901	7	575	4	758	2
3	200	148	3	554	5	84	9	905	5	589	9	765	0
3	220	145	7	545	4	85	1	909	1	603	9	773	4
3	240	143	1	536	4	85	3	912	6	617	3	781	4
3	260	140	6	527	6	85	5	915	9	630	3	789	2
3	280	138	1	518	8	85	8	919	1	642	6	790	6
3	292	136	6	513	6	85	9	920	9	650	1	800	9

-> average wood consumption = 84.2 kg/hr
 -> average mixing air flowrate = 4522.0 kg/hr
 -> average drying air flowrate = 5706.2 kg/hr
 [= Total wood consumption = 409.8 kg]
 [= Specific energy = 1561.2 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

	Temperature (C)	average	moisture	fining
bed	cooling	firing	preheating	drying
i	Tpct[i]	Tpct[i]	Tpct[i]	Tpct[i]
0	603.03	727.50	479.54	79.92
1	502.69	721.15	474.64	80.28
2	504.90	717.91	471.83	80.25
3	508.78	714.61	469.01	80.23
4	508.39	711.33	466.21	80.20
5	509.82	708.07	463.44	80.18
6	511.05	704.84	460.70	80.13
7	512.12	701.62	457.98	80.09
8	513.03	698.43	455.29	80.06
9	513.79	695.26	452.62	80.01
10	514.42	692.11	449.98	79.97
11	514.93	688.98	447.38	79.93
12	515.32	685.87	444.77	79.88
13	515.61	682.78	442.20	79.83
14	515.81	679.71	439.65	79.78
15	515.91	676.68	437.12	79.73
16	515.93	673.63	434.62	79.67
17	515.86	670.62	432.14	79.62
18	515.73	667.62	429.68	79.56
19	515.52	664.65	427.25	79.50
20	515.25	661.70	424.83	79.44
21	514.92	658.78	422.44	79.38
22	514.53	655.84	420.07	79.32
23	514.09	652.95	417.72	79.25
24	513.60	650.07	415.39	79.19

-> Total losses from cooling = 2252.018 MJ/3500 bricks
 loss per kg. brick = 0.536 MJ/kg brick

<+++++ STOP FIRING ++++++>
 - CONTINUE COOLING -

4	300	136.7	510.1	0.0	240.3	848.8	0.0	1083.9	414.9	137.8	79.5	0	2184
4	320	133.3	501.6	0.0	238.4	839.1	0.0	1054.8	413.7	137.9	80.1	0	2155
4	340	131.0	493.1	0.0	232.7	831.5	0.0	1026.2	412.5	137.9	80.8	0	2126
4	360	128.7	484.8	0.0	229.0	824.0	0.0	997.9	411.3	138.0	81.4	0	2098
4	380	126.4	476.6	0.0	225.4	816.8	0.0	970.1	410.1	138.0	82.0	0	2070
4	400	124.2	468.4	0.0	221.8	809.2	0.0	942.7	408.9	138.1	82.6	0	2043
4	420	122.1	460.4	0.0	218.3	801.9	0.0	915.7	407.7	138.1	83.2	0	2018
4	440	120.0	452.5	0.0	214.9	794.6	0.0	889.1	406.5	138.2	83.7	0	1999
4	460	117.9	444.7	0.0	211.5	787.5	0.0	863.0	405.3	138.2	84.2	0	1983
4	480	115.9	436.9	0.0	208.2	780.4	0.0	837.2	404.1	138.3	84.7	0	1937
4	500	113.9	429.3	0.0	205.0	773.4	0.0	811.8	402.9	138.3	85.2	0	1912
4	520	112.0	421.8	0.0	201.8	766.5	0.0	786.8	401.8	138.3	85.6	0	1887
4	540	110.1	414.4	0.0	198.7	759.6	0.0	762.2	400.6	138.4	86.1	0	1862
4	560	108.2	407.1	0.0	195.6	752.8	0.0	738.0	399.4	138.4	86.5	0	1838
4	580	106.4	399.9	0.0	192.6	746.0	0.0	714.2	398.3	138.4	86.9	0	1814
4	600	104.6	392.8	0.0	189.6	739.4	0.0	690.7	397.1	138.5	87.3	0	1791
4	620	102.9	385.8	0.0	186.7	732.8	0.0	667.6	396.0	138.5	87.7	0	1768
4	640	101.2	378.9	0.0	183.9	726.3	0.0	644.9	394.8	138.5	88.1	0	1745
4	660	99.5	372.2	0.0	181.1	719.8	0.0	622.6	393.7	138.5	88.4	0	1723
4	680	97.9	365.5	0.0	178.3	713.4	0.0	600.6	392.5	138.5	88.8	0	1701
4	700	96.3	358.9	0.0	175.6	707.1	0.0	578.9	391.4	138.6	89.1	0	1679

4	720	94.7	352.4	0.0	173.0	500.8	0.0	557.6	360.2	138.6	89.4	0	1658
4	740	93.2	348.0	0.0	170.4	494.6	0.0	539.7	389.1	138.6	89.7	0	1637
4	760	91.7	339.7	0.0	167.8	488.5	0.0	516.1	388.0	138.6	90.0	0	1616
4	780	90.2	333.5	0.0	165.3	482.4	0.0	495.8	386.9	138.6	90.3	0	1596
4	800	88.8	327.4	0.0	162.9	476.4	0.0	475.8	385.7	138.6	90.6	0	1576
4	820	87.4	321.4	0.0	160.5	470.5	0.0	456.2	384.6	138.6	90.8	0	1556
4	840	86.0	315.5	0.0	158.1	464.6	0.0	436.9	383.5	138.6	91.1	0	1537
4	860	84.7	309.7	0.0	155.8	458.8	0.0	417.9	382.4	138.7	91.3	0	1518
4	880	83.4	304.0	0.0	153.5	453.0	0.0	399.2	381.3	138.7	91.6	0	1499
4	900	82.1	298.4	0.0	151.2	447.3	0.0	380.9	380.2	138.7	91.8	0	1481
4	920	80.9	292.9	0.0	149.0	441.7	0.0	0.379.1	138.0	92.0	0	1100	
4	940	79.6	287.4	0.0	146.9	436.1	0.0	0.378.0	138.0	92.2	0	1100	
4	960	78.4	282.1	0.0	144.7	430.6	0.0	0.378.9	138.1	92.4	0	1100	
4	980	77.3	276.9	0.0	142.7	425.1	0.0	0.375.8	138.1	92.6	0	1100	
4	1000	76.1	271.7	0.0	140.6	419.7	0.0	0.374.7	138.1	92.7	0	1100	
4	1020	75.0	266.6	0.0	138.6	414.4	0.0	0.373.7	138.1	92.8	0	1100	
4	1040	73.9	261.6	0.0	136.6	409.1	0.0	0.372.6	138.2	93.0	0	1100	
4	1060	72.8	256.8	0.0	134.7	403.9	0.0	0.371.5	138.2	93.1	0	1100	
4	1080	71.8	252.0	0.0	132.8	398.7	0.0	0.370.4	138.2	93.3	0	1100	
4	1100	70.8	247.2	0.0	130.9	393.6	0.0	0.369.4	138.3	93.4	0	1100	
4	1120	69.8	242.6	0.0	129.1	388.5	0.0	0.368.3	138.3	93.6	0	1100	
4	1140	68.8	238.0	0.0	127.3	383.5	0.0	0.367.2	138.3	93.7	0	1100	
4	1160	67.8	233.6	0.0	125.5	378.6	0.0	0.366.2	138.3	93.8	0	1100	
4	1180	66.9	229.2	0.0	123.8	373.7	0.0	0.365.1	138.4	94.0	0	1100	
4	1200	66.0	224.9	0.0	122.1	368.8	0.0	0.364.1	138.4	94.1	0	1100	
4	1220	65.1	220.7	0.0	120.4	364.0	0.0	0.363.0	138.4	94.2	0	1100	
4	1240	64.2	216.5	0.0	118.6	359.3	0.0	0.362.0	138.4	94.4	0	1100	
4	1260	63.4	212.4	0.0	117.1	354.6	0.0	0.360.9	138.5	94.5	0	1100	
4	1280	62.6	208.4	0.0	115.6	350.0	0.0	0.359.9	138.5	94.8	0	1100	
4	1300	61.8	204.5	0.0	114.0	345.4	0.0	0.358.9	138.5	94.7	0	1100	
4	1320	61.0	200.7	0.0	112.5	340.9	0.0	0.357.8	138.5	94.8	0	1100	
4	1340	60.2	196.9	0.0	111.0	336.4	0.0	0.356.8	138.5	94.9	0	1100	
4	1360	59.5	193.2	0.0	109.5	332.0	0.0	0.355.8	138.6	95.0	0	1100	
4	1380	58.7	189.6	0.0	108.1	327.6	0.0	0.354.8	138.6	95.2	0	1100	
4	1400	58.0	186.1	0.0	106.6	323.3	0.0	0.353.7	138.6	95.3	0	1100	
4	1420	57.3	182.6	0.0	105.2	319.0	0.0	0.352.7	138.6	95.4	0	1100	
4	1440	56.6	179.2	0.0	103.9	314.8	0.0	0.351.7	138.6	95.5	0	1100	
4	1460	55.9	175.8	0.0	102.5	310.6	0.0	0.350.7	138.7	95.6	0	1100	
4	1480	55.3	172.5	0.0	101.2	306.5	0.0	0.349.7	138.7	95.7	0	1100	
4	1500	54.7	169.3	0.0	99.9	302.4	0.0	0.348.7	138.7	95.8	0	1100	
4	1520	54.0	166.2	0.0	98.6	298.4	0.0	0.347.7	138.7	95.9	0	1100	
4	1540	53.4	163.1	0.0	97.4	294.4	0.0	0.346.7	138.7	95.9	0	1100	
4	1560	52.8	160.1	0.0	96.1	290.5	0.0	0.345.7	138.8	96.0	0	1100	
4	1580	52.3	157.1	0.0	94.9	286.6	0.0	0.344.7	138.8	96.1	0	1100	
4	1600	51.7	154.2	0.0	93.7	282.7	0.0	0.343.7	138.8	96.2	0	1100	
4	1620	51.2	151.4	0.0	92.6	278.9	0.0	0.342.7	138.8	96.3	0	1100	
4	1640	50.6	148.8	0.0	91.4	275.2	0.0	0.341.8	138.8	96.4	0	1100	
4	1660	50.1	145.9	0.0	90.3	271.5	0.0	0.340.8	138.8	96.5	0	1100	
4	1680	49.6	143.2	0.0	89.2	267.8	0.0	0.339.8	138.8	96.5	0	1100	
4	1700	49.1	140.6	0.0	88.1	264.2	0.0	0.338.8	138.9	96.6	0	1100	
4	1720	48.6	138.1	0.0	87.0	260.6	0.0	0.337.9	138.9	96.7	0	1100	
4	1740	48.1	135.6	0.0	86.0	257.1	0.0	0.336.9	138.9	96.8	0	1100	
4	1760	47.7	133.1	0.0	84.9	253.6	0.0	0.335.9	138.9	96.8	0	1100	
4	1780	47.2	130.7	0.0	83.9	250.1	0.0	0.335.0	138.9	96.9	0	1100	
4	1800	46.8	128.4	0.0	82.9	246.7	0.0	0.334.0	138.9	97.0	0	1100	
4	1820	46.4	126.1	0.0	81.9	243.4	0.0	0.333.0	138.9	97.0	0	1100	
4	1840	45.9	123.8	0.0	81.0	240.0	0.0	0.332.1	139.0	97.1	0	1100	
4	1860	45.5	121.7	0.0	80.0	236.8	0.0	0.331.1	139.0	97.2	0	1100	
4	1880	45.1	119.5	0.0	79.1	233.5	0.0	0.330.2	139.0	97.2	0	1100	
4	1900	44.7	117.4	0.0	78.2	230.3	0.0	0.329.2	139.0	97.3	0	1100	
4	1920	44.4	115.4	0.0	77.3	227.2	0.0	0.328.3	139.0	97.4	0	1100	
4	1940	44.0	113.3	0.0	76.4	224.1	0.0	0.327.4	139.0	97.4	0	1100	
4	1960	43.6	111.4	0.0	75.6	221.0	0.0	0.326.4	139.0	97.5	0	1100	
4	1980	43.3	109.5	0.0	74.7	218.0	0.0	0.325.5	139.0	97.5	0	1100	
4	2000	42.9	107.6	0.0	73.9	215.0	0.0	0.324.5	139.0	97.6	0	1100	
4	2020	42.6	105.7	0.0	73.1	212.0	0.0	0.323.6	139.1	97.6	0	1100	
4	2040	42.3	104.0	0.0	72.3	209.1	0.0	0.322.7	139.1	97.7	0	1100	
4	2060	42.0	102.2	0.0	71.5	206.2	0.0	0.321.8	139.1	97.7	0	1100	
4	2080	41.7	100.5	0.0	70.7	203.4	0.0	0.320.8	139.1	97.8	0	1100	
4	2100	41.4	98.8	0.0	69.9	200.6	0.0	0.319.9	139.1	97.9	0	1100	
4	2120	41.1	97.2	0.0	69.2	197.8	0.0	0.319.0	139.1	97.9	0	1100	
4	2140	40.8	95.6	0.0	68.4	195.0	0.0	0.318.1	139.1	97.9	0	1100	
4	2160	40.5	94.0	0.0	67.7	192.4	0.0	0.317.2	139.1	98.0	0	1100	
4	2180	40.2	92.5	0.0	67.0	189.7	0.0	0.316.3	139.1	98.0	0	1100	

END OF COOLING → TO BE START FRRING

g Time Tacc Tpcx mf Tcmfo Tplx Tempfo maixc Tcmfo Tpcx (%) mfd
 (min) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (C) (kg/hr) (C) (C) (kg/hr)

5	20	60.4	185.5	92.5	839.0	341.1	666.1	4177.4	125.3	134.4	34.7	217	5370
5	40	59.7	182.1	92.5	845.8	365.0	669.3	4245.5	151.5	135.0	39.1	217	5438
5	60	58.9	178.8	92.6	852.3	387.9	681.8	4309.7	176.8	135.6	43.3	217	5502
5	80	58.2	175.5	92.7	858.4	409.9	693.7	4369.7	201.3	136.2	47.3	217	5562
5	100	57.5	172.3	92.7	864.2	431.0	705.0	4428.3	224.9	136.8	51.2	217	5619
5	120	56.8	169.2	92.8	869.7	451.2	715.8	4480.0	247.9	137.3	54.8	218	5673

5	140	56.2	168.1	92.8	875.0	470.5	726.2	4530.6	270.0	137.8	59.3	216	5723
5	180	55.5	163.1	92.9	890.0	489.2	736.0	4576.5	291.5	138.3	61.6	216	5771
5	180	54.9	160.2	93.0	884.8	507.1	745.5	4624.2	312.3	138.7	64.7	216	5817
5	200	54.3	157.3	93.0	889.4	524.3	754.5	4667.4	332.5	139.2	67.6	216	5860
5	220	53.8	154.4	93.0	893.7	540.8	763.2	4709.4	352.0	139.5	70.4	216	5901
5	240	53.1	151.7	93.1	897.9	556.7	771.6	4747.5	370.9	139.9	73.0	216	5941
5	260	52.5	148.9	93.1	901.8	572.0	779.5	4784.8	389.2	140.3	75.5	216	5978
5	280	51.9	146.3	93.2	905.6	586.7	787.2	4820.4	407.0	140.6	77.9	216	6014
5	300	51.4	143.7	93.3	909.3	600.9	794.6	4854.8	424.3	140.9	80.1	215	6048
5	320	50.8	141.1	93.3	912.8	614.5	801.7	4887.3	441.0	141.2	82.2	215	6081
5	340	50.3	138.6	93.3	916.1	627.7	808.5	4918.4	457.2	141.5	84.2	215	6112
5	360	49.8	136.1	93.4	919.3	640.3	815.1	4948.2	473.0	141.7	86.1	215	6142
5	378	49.4	134.2	93.5	921.7	650.1	820.1	4971.6	485.2	141.9	87.5	215	6165

→ average wood consumption = 93.4 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4813.0 kg/hr
 → average drying air flowrate = 5906.3 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 585.0 kg]
 [=> Specific energy = 2228.7 kJ/kg brick]
 <[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

I	Tpc[°C]	Tpf[°C]	Tpp[°C]	Tpd[°C]	average <after> moisture firing>	
					M[%]	losses (MJ)
0	103.89	732.08	551.03	88.29	0.0895	13.109
1	103.95	725.88	545.85	88.83	0.0899	13.119
2	105.21	722.45	543.03	88.61	0.0903	13.344
3	106.52	718.84	540.17	88.58	0.0907	13.579
4	107.83	715.48	537.34	88.54	0.0911	13.815
5	109.15	712.00	534.53	88.51	0.0914	14.050
6	110.46	708.58	531.75	88.47	0.0918	14.289
7	111.78	705.15	528.98	88.43	0.0922	14.523
8	113.10	701.75	526.24	88.39	0.0925	14.759
9	114.42	698.37	523.52	88.34	0.0929	14.998
10	115.73	695.02	520.82	88.30	0.0932	15.232
11	117.05	691.69	518.15	88.25	0.0935	15.469
12	118.37	688.37	515.49	88.20	0.0939	15.708
13	119.69	685.08	512.86	88.15	0.0942	15.944
14	121.01	681.81	510.25	88.09	0.0945	16.181
15	122.33	678.55	507.65	88.04	0.0949	16.418
16	123.68	675.32	505.08	87.98	0.0952	16.656
17	124.93	672.11	502.53	87.92	0.0955	16.893
18	126.30	668.91	500.00	87.86	0.0958	17.131
19	127.61	665.73	497.49	87.80	0.0961	17.368
20	128.93	662.58	495.00	87.74	0.0964	17.606
21	130.25	659.44	492.52	87.67	0.0967	17.844
22	131.57	656.32	490.07	87.61	0.0970	18.081
23	132.89	653.22	487.64	87.54	0.0972	18.318
24	134.20	650.14	485.22	87.47	0.0975	18.556

→ Total losses from cooling = 392.964 MJ/3500 bricks
 loss per kg brick = 0.094 MJ/kg brick

Tai = 30 (C) RH = 80 (%)
 Tfire = 1000 (C) mai = 1200 (kg/hr)
 Tdry = 150 (C) Mb = 0.120
 Total brick in the kiln = 3500 bricks
 <[air temp. outlet, brick temp., air flowrate and wood consump.]>

g	Time (min)	Taco (C)	Tpcx (C)	mf (kg/hr)	Tcmfo (C)	Tpfx (C)	Tempfo (C)	maidx (C)	Tppx (C)	Tcmfo (C)	Tpdx (%)	mf (kg/hr)	
3	20	170.5	639.2	90.5	866.9	436.9	675.7	4601.9	110.1	134.8	34.9	242	5892
3	40	167.3	628.5	90.8	872.7	458.0	689.2	4877.5	140.0	135.5	39.8	241	5968
3	60	164.1	617.9	91.1	878.1	478.3	701.9	4748.1	168.8	136.1	44.1	241	6039
3	80	160.9	607.4	91.4	883.3	497.7	714.0	4814.3	196.4	136.7	48.3	240	6106
3	100	157.9	597.1	91.7	888.2	516.3	725.4	4878.8	223.0	137.3	52.3	239	6168
3	120	154.9	588.8	92.0	892.9	534.1	739.3	4935.3	248.5	137.8	56.1	238	6227
3	140	151.9	578.7	92.3	897.4	551.2	748.7	4990.4	273.2	138.3	59.7	237	6283
3	160	149.1	568.7	92.5	901.6	567.8	758.5	5042.7	298.9	138.8	63.1	237	6335
3	180	146.3	558.8	92.8	905.7	583.4	765.9	5092.2	319.7	139.2	66.3	236	6385
3	200	143.5	547.1	93.0	909.5	598.6	774.9	5138.9	341.8	139.7	69.4	235	6432
3	220	140.8	537.4	93.3	913.2	613.1	783.5	5183.6	363.1	140.0	72.2	235	6477
3	240	138.2	527.9	93.6	916.8	627.1	791.7	5225.9	383.8	140.4	74.9	234	6519
3	260	135.6	518.5	93.8	920.1	640.6	799.5	5269.2	403.4	140.8	77.4	234	6560
3	278	133.5	511.1	94.0	922.7	651.0	805.6	5287.2	418.8	141.0	79.4	233	6591

→ average wood consumption = 92.2 kg/hr
 → average mixing air flowrate = 4963.0 kg/hr
 → average drying air flowrate = 6255.2 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 424.1 kg]
 [=> Specific energy = 1615.6 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

i	Temperature (C)				M(i)	average <after moisture fring>	losses (MJ)
	bed cooling	fring	preheating	drying			
Tp(i)	Tp(f)	Tpp(i)	Tps(i)				
0	500.58	720.64	431.72	80.00	0.0633	87.723	
1	500.19	720.43	478.91	80.36	0.0668	87.647	
2	502.34	717.28	474.15	80.34	0.0689	88.069	
3	504.14	714.05	471.39	80.31	0.0972	88.425	
4	505.73	710.85	468.65	80.29	0.0978	88.739	
5	507.12	707.67	465.04	80.28	0.0979	89.014	
6	508.33	704.51	463.25	80.23	0.0982	89.252	
7	509.38	701.37	460.59	80.19	0.0984	89.459	
8	510.27	698.25	457.95	80.18	0.0987	89.638	
9	511.03	695.18	455.33	80.12	0.0990	89.785	
10	511.65	692.08	452.74	80.08	0.0993	89.909	
11	512.18	689.02	450.17	80.04	0.0996	90.010	
12	512.58	685.98	447.63	80.00	0.0998	90.069	
13	512.86	682.96	445.10	79.95	0.1001	90.143	
14	513.07	679.98	442.60	79.90	0.1004	90.188	
15	513.18	678.98	440.12	79.88	0.1006	90.211	
16	513.22	674.01	437.68	79.81	0.1009	90.218	
17	513.17	671.07	435.23	79.75	0.1011	90.209	
18	513.06	668.14	432.81	79.70	0.1014	90.188	
19	512.87	665.24	430.42	79.65	0.1018	90.150	
20	512.63	662.35	428.04	79.59	0.1019	90.101	
21	512.32	659.47	425.69	79.53	0.1021	90.041	
22	511.98	656.62	423.38	79.47	0.1023	89.969	
23	511.54	653.78	421.05	79.41	0.1028	89.888	
24	511.07	650.98	418.75	79.35	0.1028	89.794	

→ Total losses from cooling = 2238.600 MJ/3500 bricks
 loss per kg brick = 0.533 MJ/kg brick

<***** STOP FIRING *****>

-- CONTINUE COOLING --

4	280	133	0	509	2	0	0	235	6	849	1	0	0	1143	4	418	5	138	0	79	5	0	2343
4	300	130	6	500	1	0	0	231	6	840	9	0	0	1110	2	417	3	138	1	80	2	0	2310
4	320	128	1	491	0	0	0	227	7	832	7	0	0	1077	5	416	1	138	1	80	9	0	2278
4	340	125	8	482	1	0	0	223	8	824	8	0	0	1045	4	414	8	138	2	81	5	0	2245
4	360	123	4	473	3	0	0	220	1	816	6	0	0	1013	7	413	6	138	3	82	2	0	2214
4	380	121	2	464	7	0	0	216	4	808	7	0	0	982	6	412	4	138	3	82	8	0	2183
4	400	119	0	456	1	0	0	212	6	800	9	0	0	951	9	411	2	138	4	83	3	0	2152
4	420	116	8	447	7	0	0	209	2	793	1	0	0	921	8	410	0	138	4	83	9	0	2122
4	440	114	7	439	4	0	0	205	8	785	5	0	0	892	1	408	8	138	5	84	4	0	2092
4	460	112	6	431	2	0	0	202	3	777	9	0	0	863	0	407	6	138	5	84	9	0	2063
4	480	110	6	423	1	0	0	199	0	770	4	0	0	834	3	406	4	138	5	85	4	0	2034
4	500	108	6	415	2	0	0	195	7	763	0	0	0	806	1	405	3	138	6	85	9	0	2008
4	520	106	6	407	3	0	0	192	5	755	7	0	0	778	4	404	1	138	6	86	4	0	1978
4	540	104	7	399	6	0	0	189	4	748	4	0	0	751	1	402	9	138	6	88	8	0	1951
4	560	102	9	392	0	0	0	186	3	741	3	0	0	724	3	401	7	138	7	87	2	0	1924
4	580	101	1	384	8	0	0	183	2	734	2	0	0	697	9	400	6	138	7	87	8	0	1898
4	600	99	3	377	2	0	0	180	3	727	2	0	0	672	0	399	4	138	7	88	0	0	1872
4	620	97	6	370	0	0	0	177	4	720	3	0	0	648	8	398	2	138	7	88	4	0	1847
4	640	95	9	362	8	0	0	174	5	713	4	0	0	621	6	397	1	138	8	88	7	0	1822
4	660	94	2	355	8	0	0	171	7	706	6	0	0	597	0	395	9	138	8	89	1	0	1797
4	680	92	6	348	9	0	0	169	0	699	9	0	0	572	8	394	8	138	8	89	4	0	1773
4	700	91	0	342	2	0	0	166	3	693	3	0	0	549	1	393	6	138	8	89	8	0	1749
4	720	89	5	335	5	0	0	163	6	687	7	0	0	525	7	392	5	138	8	90	1	0	1726
4	740	88	0	328	9	0	0	161	0	680	2	0	0	502	8	391	4	138	8	90	4	0	1703
4	760	86	5	322	5	0	0	158	5	673	8	0	0	480	3	390	2	138	8	90	6	0	1680
4	780	85	1	316	2	0	0	156	0	667	5	0	0	458	1	389	1	138	8	90	9	0	1658
4	800	83	7	310	0	0	0	153	6	661	2	0	0	436	4	388	0	138	9	91	2	0	1638
4	820	82	3	303	8	0	0	151	2	655	0	0	0	415	0	386	8	138	9	91	5	0	1615
4	840	81	0	297	8	0	0	148	8	648	9	0	0	395	7	385	7	138	2	91	7	0	1200
4	860	79	6	292	0	0	0	146	5	642	9	0	0	384	6	384	6	138	2	91	9	0	1200
4	880	78	4	286	2	0	0	144	3	636	9	0	0	383	5	383	3	92	1	0	0	0	1200
4	900	77	1	280	5	0	0	142	1	631	0	0	0	382	4	382	4	138	3	92	2	0	1200
4	920	75	9	274	9	0	0	139	9	625	1	0	0	381	3	381	3	138	3	92	4	0	1200
4	940	74	7	269	4	0	0	137	8	619	3	0	0	380	2	380	2	138	4	92	6	0	1200
4	960	73	6	264	1	0	0	135	7	613	6	0	0	379	1	384	4	92	8	0	0	0	1200
4	980	72	4	258	8	0	0	133	6	608	0	0	0	378	0	384	0	138	4	92	9	0	1200
4	1000	71	3	253	6	0	0	131	6	602	4	0	0	376	9	385	5	93	1	0	0	0	1200
4	1020	70	3	248	5	0	0	129	7	596	9	0	0	375	8	385	5	93	3	0	0	0	1200
4	1040	69	2	243	6	0	0	127	7	591	4	0	0	374	7	385	5	93	4	0	0	0	1200
4	1060	68	2	238	7	0	0	125	8	586	0	0	0	373	7	386	6	93	6	0	0	0	1200
4	1080	67	2	233	9	0	0	124	0	580	7	0	0	372	6	386	6	93	7	0	0	0	1200
4	1100	66	2	229	2	0	0	122	2	575	4	0	0	371	5	386	6	93	9	0	0	0	1200
4	1120	65	3	224	6	0	0	120	4	570	2	0	0	370	4	386	6	94	0	0	0	0	1200
4	1140	64	3	220	1	0	0	118	6	565	1	0	0	369	4	387	7	94	2	0	0	0	1200
4	1160	63	4	215	7	0	0	116	9	560	0	0	0	368	3	387	7	94	3	0	0	0	1200
4	1180	62	6	211	3	0	0	115	2	555	0	0	0	367	3	387	7	94	4	0	0	0	1200
4	1200	61	7	207	1	0	0	113	6	550	0	0	0	366	2	388	7	94	6	0	0	0	1200

4	1220	60.9	203.0	0.0	112.0	345.1	0.0	0.365	1.138	8.94	7.0	1200
4	1240	80.0	193.9	0.0	110.4	340.3	0.0	0.364	1.138	8.94	8.0	1200
4	1260	59.2	194.9	0.0	108.8	335.5	0.0	0.383	1.138	8.95	0.0	1200
4	1280	58.5	191.0	0.0	107.3	330.8	0.0	0.382	1.138	8.95	1.0	1200
4	1300	57.7	187.2	0.0	105.8	326.1	0.0	0.381	1.138	8.95	2.0	1200
4	1320	57.0	183.4	0.0	104.3	321.5	0.0	0.359	1.138	8.95	3.0	1200
4	1340	56.3	179.8	0.0	102.9	317.0	0.0	0.358	1.138	8.95	4.0	1200
4	1360	55.6	176.2	0.0	101.5	312.5	0.0	0.357	1.138	8.95	5.0	1200
4	1380	54.9	172.7	0.0	100.1	308.0	0.0	0.356	1.138	8.95	6.0	1200
4	1400	54.2	169.3	0.0	98.7	303.7	0.0	0.355	1.139	8.95	8.0	1200
4	1420	53.6	165.9	0.0	97.4	299.3	0.0	0.354	1.139	8.95	0.0	1200
4	1440	52.9	162.6	0.0	96.1	295.1	0.0	0.353	1.139	8.96	0.0	1200
4	1460	52.3	159.4	0.0	94.8	290.8	0.0	0.352	1.139	8.96	1.0	1200
4	1480	51.7	156.3	0.0	93.5	286.7	0.0	0.351	1.139	8.96	2.0	1200
4	1500	51.1	153.2	0.0	92.3	282.6	0.0	0.350	1.139	8.96	3.0	1200
4	1520	50.6	150.2	0.0	91.0	278.5	0.0	0.349	1.139	8.96	3.0	1200
4	1540	50.0	147.3	0.0	89.9	274.5	0.0	0.348	1.139	8.96	4.0	1200
4	1560	49.5	144.4	0.0	88.7	270.5	0.0	0.347	1.139	8.96	5.0	1200
4	1580	48.9	141.6	0.0	87.5	266.6	0.0	0.346	1.139	8.96	6.0	1200
4	1600	48.4	138.8	0.0	86.4	262.8	0.0	0.345	1.139	8.96	7.0	1200
4	1620	47.9	136.2	0.0	85.3	259.0	0.0	0.344	1.139	8.96	8.0	1200
4	1640	47.4	133.5	0.0	84.2	255.2	0.0	0.343	1.139	8.96	9.0	1200
4	1660	47.0	131.0	0.0	83.1	251.5	0.0	0.342	1.139	8.96	9.0	1200
4	1680	46.5	128.5	0.0	82.1	247.8	0.0	0.341	1.139	8.96	0.0	1200
4	1700	46.1	126.0	0.0	81.1	244.2	0.0	0.340	1.139	8.96	1.0	1200
4	1720	45.6	123.6	0.0	80.1	240.7	0.0	0.339	1.139	8.96	2.0	1200
4	1740	45.2	121.3	0.0	79.1	237.2	0.0	0.338	1.139	8.96	2.0	1200
4	1760	44.8	119.0	0.0	78.1	233.7	0.0	0.337	1.139	8.96	3.0	1200
4	1780	44.4	116.8	0.0	77.2	230.3	0.0	0.337	1.139	8.96	4.0	1200
4	1800	44.0	114.6	0.0	76.2	226.9	0.0	0.336	1.139	8.96	5.0	1200
4	1820	43.6	112.5	0.0	75.3	223.6	0.0	0.335	1.139	8.96	5.0	1200
4	1840	43.2	110.4	0.0	74.4	220.3	0.0	0.334	1.139	8.96	6.0	1200
4	1860	42.9	108.4	0.0	73.5	217.1	0.0	0.333	1.139	8.96	7.0	1200
4	1880	42.5	106.4	0.0	72.7	213.9	0.0	0.332	1.139	8.96	7.0	1200
4	1900	42.2	104.5	0.0	71.8	210.7	0.0	0.331	1.139	8.96	8.0	1200
4	1920	41.8	102.6	0.0	71.0	207.6	0.0	0.330	1.139	8.96	8.0	1200
4	1940	41.5	100.8	0.0	70.2	204.6	0.0	0.329	1.139	8.96	9.0	1200
4	1960	41.2	99.0	0.0	69.4	201.5	0.0	0.328	1.139	8.96	9.0	1200
4	1980	40.9	97.2	0.0	68.6	198.6	0.0	0.327	1.139	8.96	0.0	1200
4	2000	40.6	95.5	0.0	67.8	195.6	0.0	0.326	1.139	8.96	1.0	1200
4	2020	40.3	93.8	0.0	67.0	192.6	0.0	0.325	1.139	8.96	1.0	1200
4	2040	40.0	92.2	0.0	66.3	189.9	0.0	0.324	1.139	8.96	2.0	1200

END OF COOLING -----> TO BE START FIRING

g	Time	Tacc	Tpcx	mfr	Ternfo	Tpfx	Tempo	maidx	Tppx	Ternfo	Tpdx	(%)	md
	(min)	(C)	(C)	(kg/hr)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(C)	(kg/hr)	
5	20	59.5	184.0	100.9	844.8	350.3	664.9	4808.7	127.6	134.8	35.0	217	5908
5	40	58.7	180.4	101.0	851.8	375.4	678.6	4683.8	155.7	135.5	39.7	217	5935
5	60	58.0	178.9	101.1	858.3	399.4	691.6	4755.5	182.8	136.1	44.1	217	6057
5	80	57.2	173.5	101.2	864.6	422.4	703.9	4822.9	209.0	136.7	48.4	217	6124
5	100	56.5	170.1	101.2	870.5	444.3	715.6	4888.0	234.2	137.3	52.4	216	6187
5	120	55.8	166.8	101.3	876.1	465.3	726.7	4945.7	258.5	137.8	56.2	216	6247
5	140	55.1	163.6	101.4	881.4	485.4	737.3	5001.8	282.0	138.3	59.8	216	6303
5	160	54.5	160.4	101.4	888.4	504.6	747.4	5054.5	304.7	138.8	63.2	216	6356
5	180	53.8	157.3	101.5	891.2	523.1	757.1	5104.9	326.8	139.3	66.4	216	6406
5	200	53.2	154.3	101.5	895.6	540.8	766.3	5152.3	347.8	139.7	69.5	216	6454
5	220	52.5	151.3	101.6	900.1	557.7	775.1	5197.3	368.3	140.1	72.3	216	6499
5	240	51.9	148.4	101.6	904.3	574.0	783.5	5240.1	388.1	140.4	75.0	216	6542
5	260	51.4	145.6	101.7	908.2	589.6	791.6	5281.1	407.2	140.8	77.5	215	6583
5	280	50.8	142.8	101.8	912.0	604.6	799.3	5319.8	425.7	141.1	79.9	215	6622
5	300	50.2	140.1	101.8	915.6	619.1	808.7	5356.8	443.6	141.4	82.1	215	6659
5	320	49.7	137.5	101.9	919.0	632.9	813.8	5392.0	461.0	141.7	84.2	215	6694
5	340	49.1	134.9	102.0	922.3	646.2	820.6	5426.0	477.8	141.9	86.2	215	6728
5	360	49.0	134.1	102.0	923.2	650.1	822.6	5435.7	482.7	142.0	86.8	215	6738

--> average wood consumption = 101.9 kg/hr
 --> average mixing air flowrate = 5058.5 kg/hr
 --> average drying air flowrate = 6360.5 kg/hr
 [=> Total wood consumption = 587.8 kg]
 [=> Specific energy = 2239.4 kJ/kg brick]

<[Final temperature and moisture content of brick in drying chamber]>

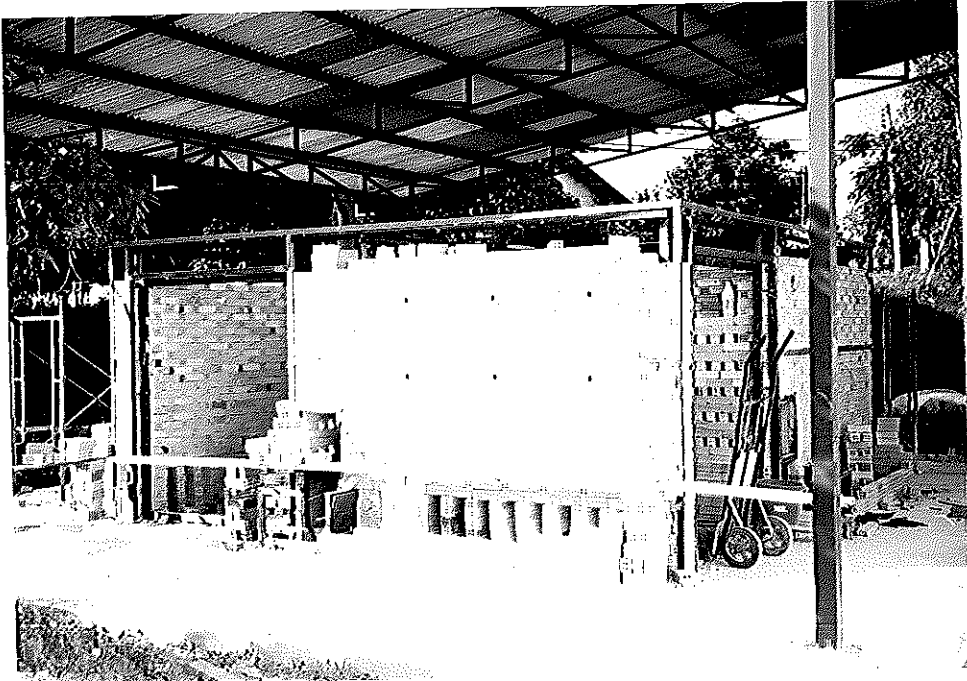
	Temperature (C)	average	moisture	fring		
bed	cooling	firing	preheating	drying		
	Tpc[0]	Tp[0]	Tpp[0]	Tpd[0]		
			M[0]	losses (MJ)		
0	104.55	730.82	546.85	87.49	0.0899	13.228
1	104.60	723.00	541.81	87.83	0.0902	13.235
2	105.82	720.58	539.06	87.81	0.0908	13.455

3	107.10	717.16	536.28	87.78	0.0910	13.684
4	108.39	713.77	533.52	87.75	0.0914	13.914
5	109.67	710.40	530.76	87.72	0.0917	14.144
6	110.95	707.05	528.07	87.69	0.0921	14.374
7	112.24	703.73	525.38	87.65	0.0924	14.604
8	113.52	700.42	522.70	87.61	0.0928	14.835
9	114.81	697.13	520.05	87.57	0.0931	15.066
10	116.09	693.88	517.42	87.53	0.0934	15.297
11	117.38	690.62	514.81	87.49	0.0938	15.528
12	118.67	687.39	512.22	87.44	0.0941	15.759
13	119.95	684.18	509.66	87.39	0.0944	15.990
14	121.24	680.99	507.11	87.34	0.0947	16.221
15	122.53	677.82	504.58	87.29	0.0950	16.453
16	123.81	674.68	502.07	87.24	0.0953	16.684
17	125.10	671.53	499.58	87.19	0.0957	16.916
18	126.39	668.42	497.11	87.13	0.0959	17.147
19	127.67	665.32	494.66	87.07	0.0962	17.379
20	128.96	662.24	492.22	87.01	0.0965	17.610
21	130.24	659.18	489.81	86.95	0.0968	17.842
22	131.53	656.14	487.42	86.89	0.0971	18.073
23	132.81	653.11	485.04	86.83	0.0974	18.305
24	134.09	650.10	482.68	86.77	0.0977	18.536

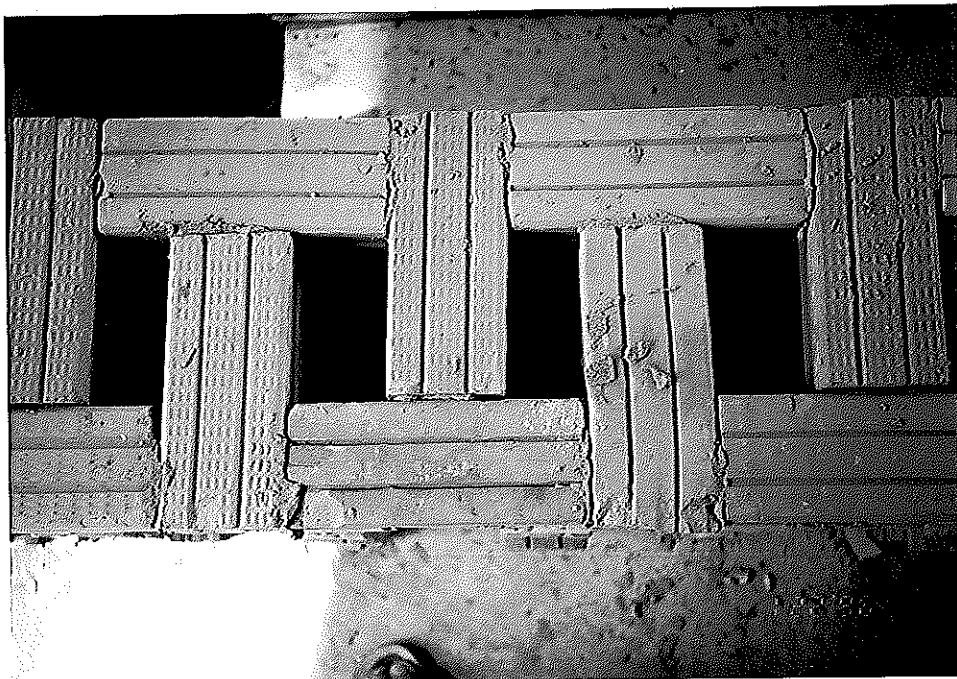
---> Total losses from cooling = 394.279 MJ/3500 bricks
loss per kg brick = 0.094 MJ/kg brick

ภาคผนวก ผ.4
การสร้างเตาเผาอิฐ

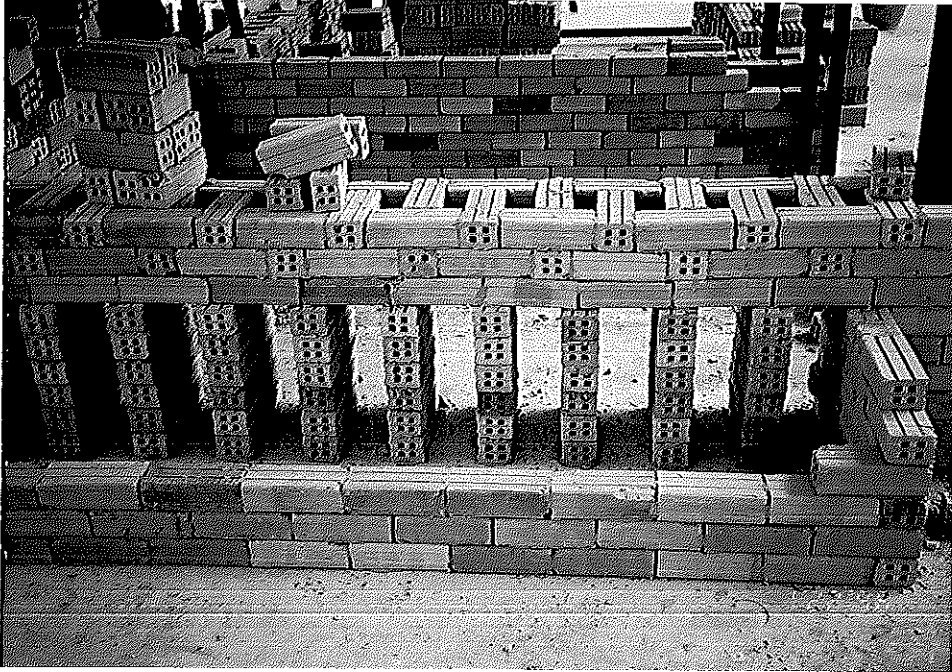
ภาคผนวก ผ.4



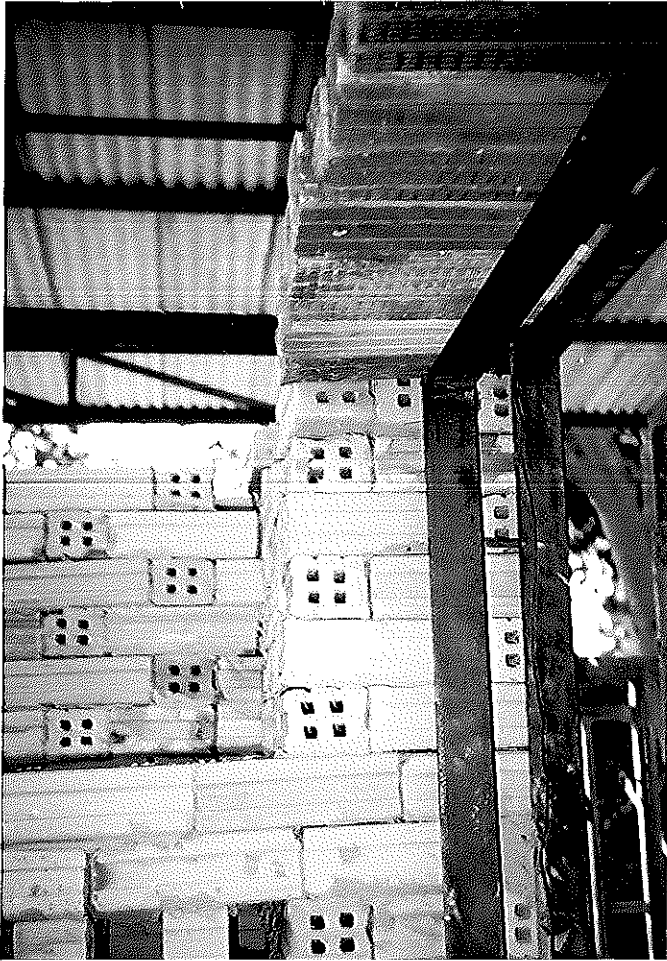
รูปที่ ผ.4.1 โครงเหล็กตัวเตา



รูปที่ ผ.4.2 ลักษณะอิฐก่อผนังเตา



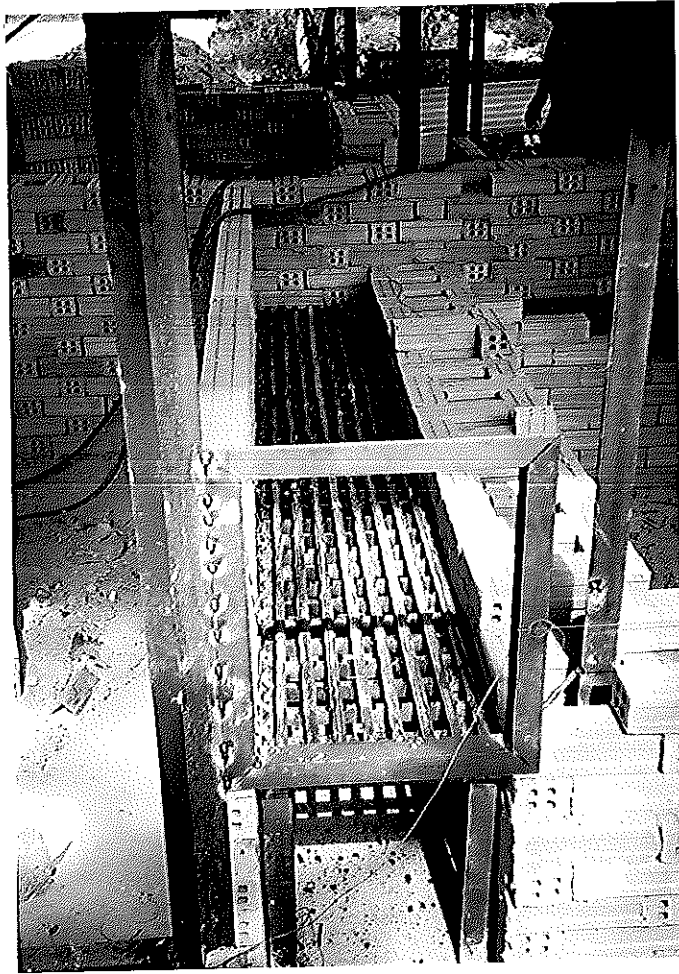
รูปที่ ผ.4.3 ผนังเตาด้านช่องทางออกก๊าซร้อน



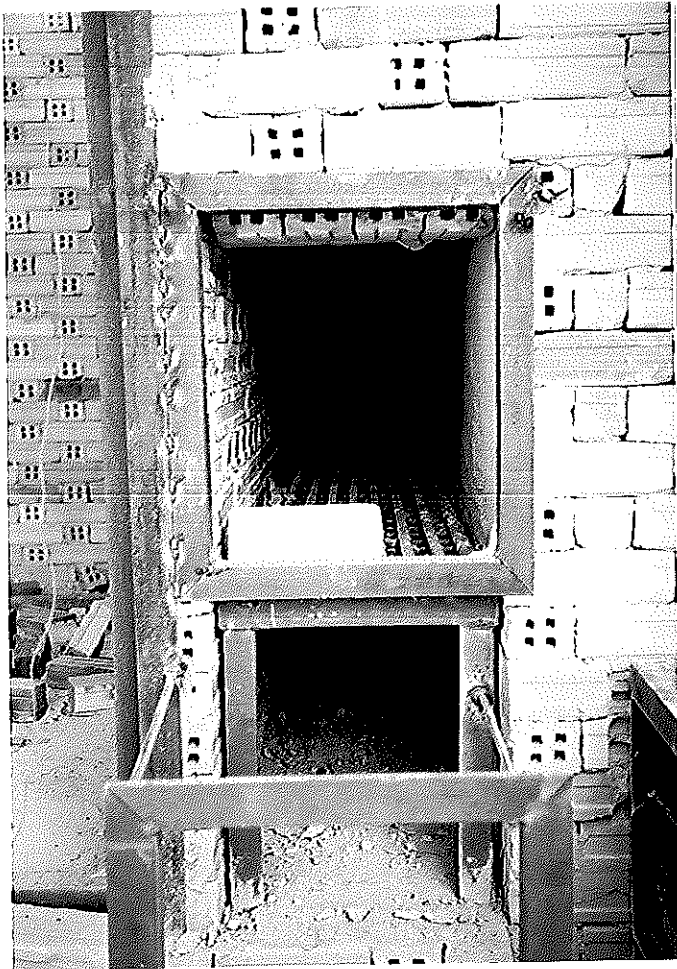
รูปที่ ๘.๔.๔ การก่ออิฐบริเวณประตูเตา



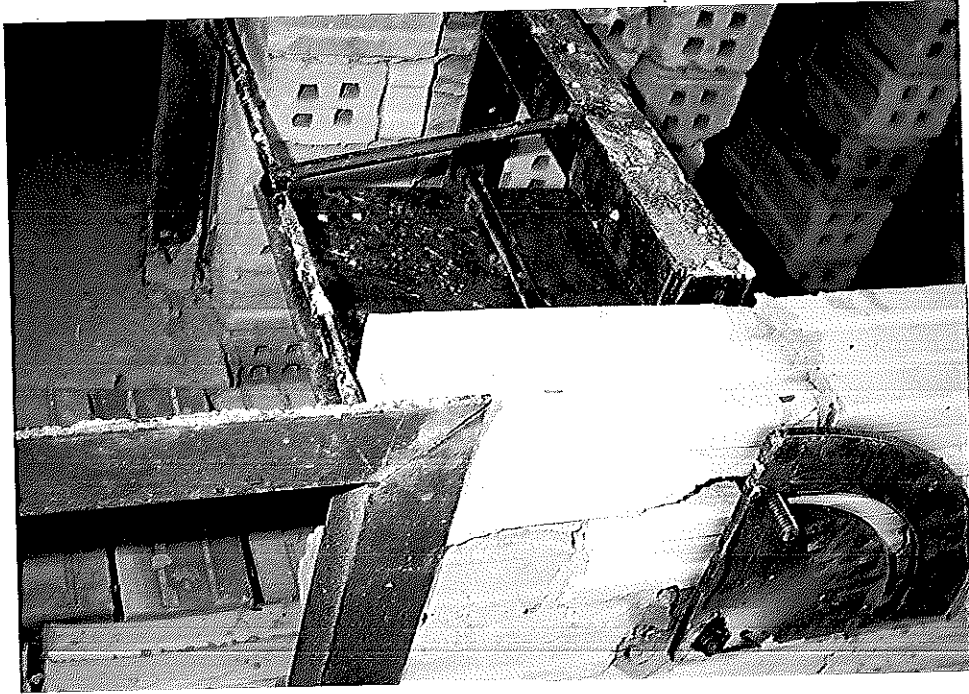
รูปที่ ผ.4.5 แนวก่ออิฐของซีเมนต์



รูปที่ ผ.4.6 ตะแกรงพื้นบริเวณช่องซี้เค้า



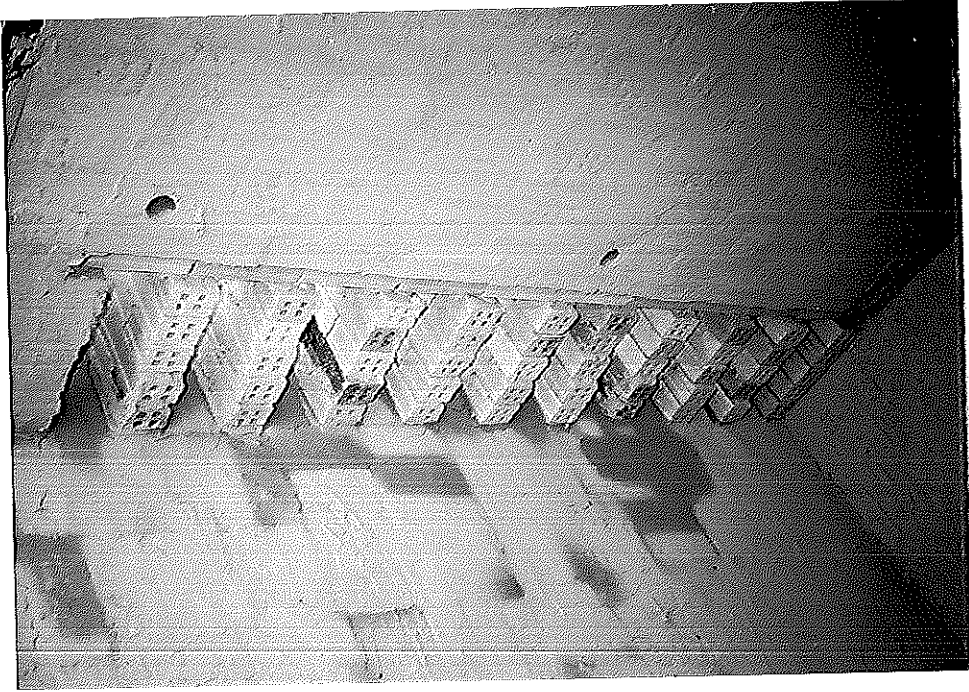
รูปที่ ๘.4.7 ช่องพินและช่องซี่เก้า



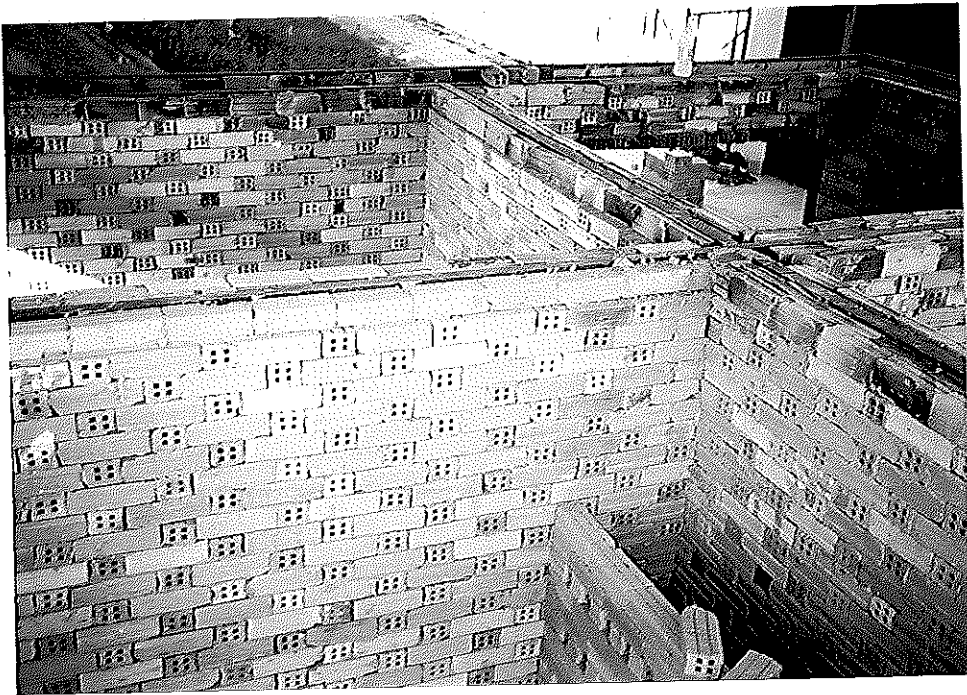
รูปที่ ผ.4.8 แคมเปอร์เปิด-ปิดการไหลของอากาศ/ก๊าซ บริเวณทางเข้าช่องขี้เถ้า



รูปที่ ผ.4.9 พื้นเตา ฉนวนเตา ฉนวนกันไฟที่ไม่ได้ฉาบปูนทนไฟ



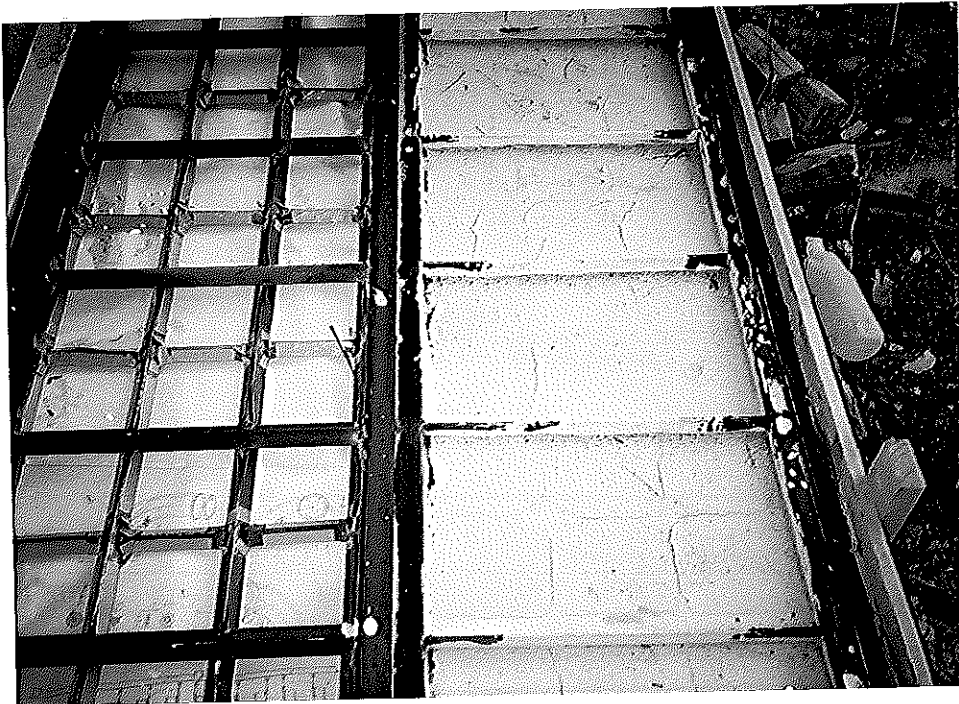
รูปที่ ผ.4.10 พื้นเตาและผนังเตาภายในหลังการอบปูนทนไฟ



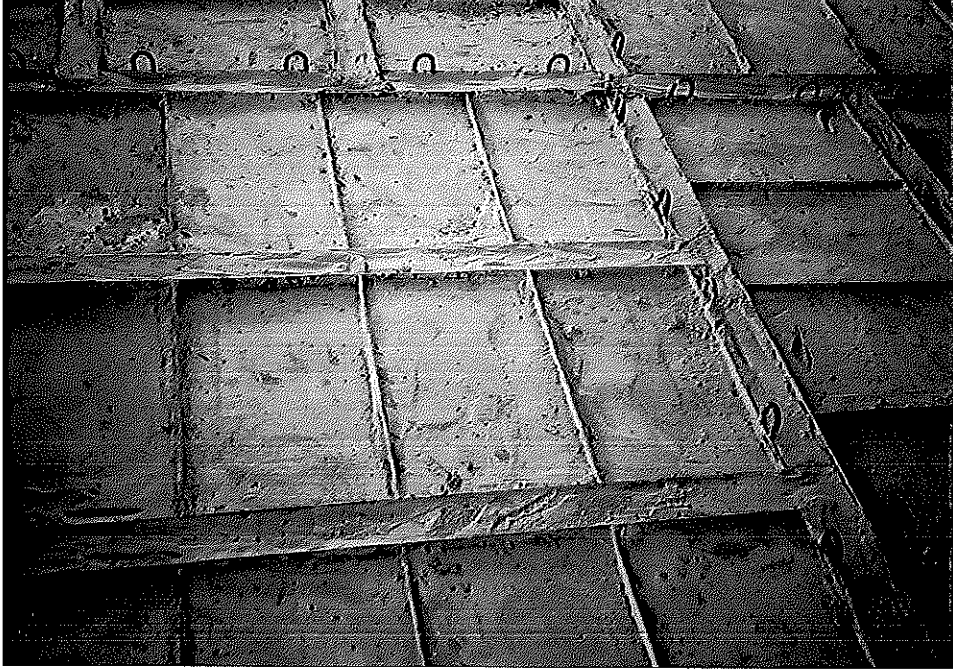
รูปที่ ผ.4.11 ขอบผนังเตาด้านบนสำหรับรองรับน้ำหนักแผ่นหลังคาเตา



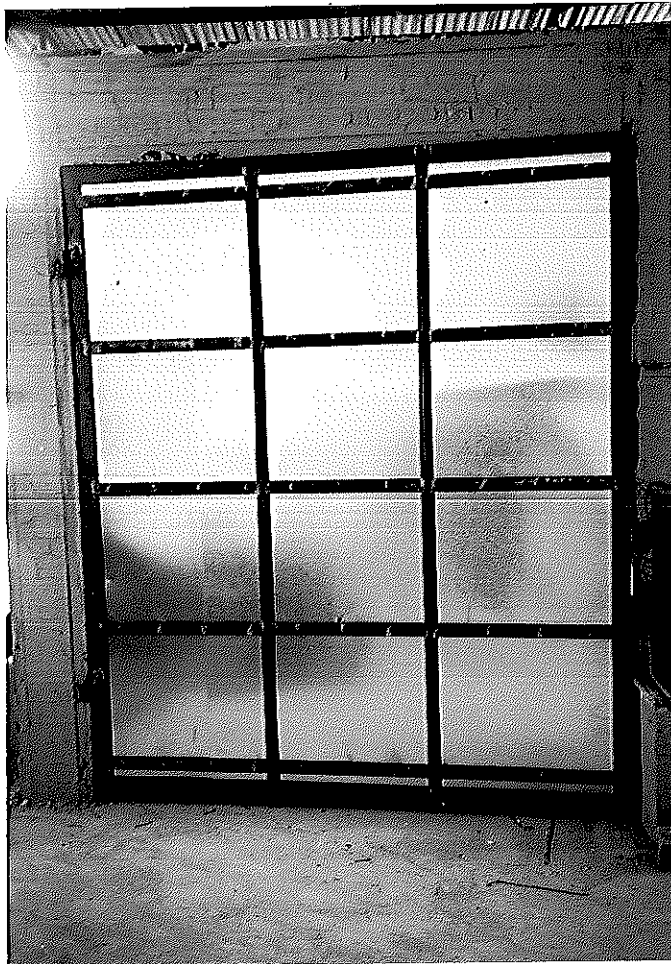
รูปที่ ผ.4.12 โครงเหล็กสำหรับหล่อแผ่นหลังคาเตา



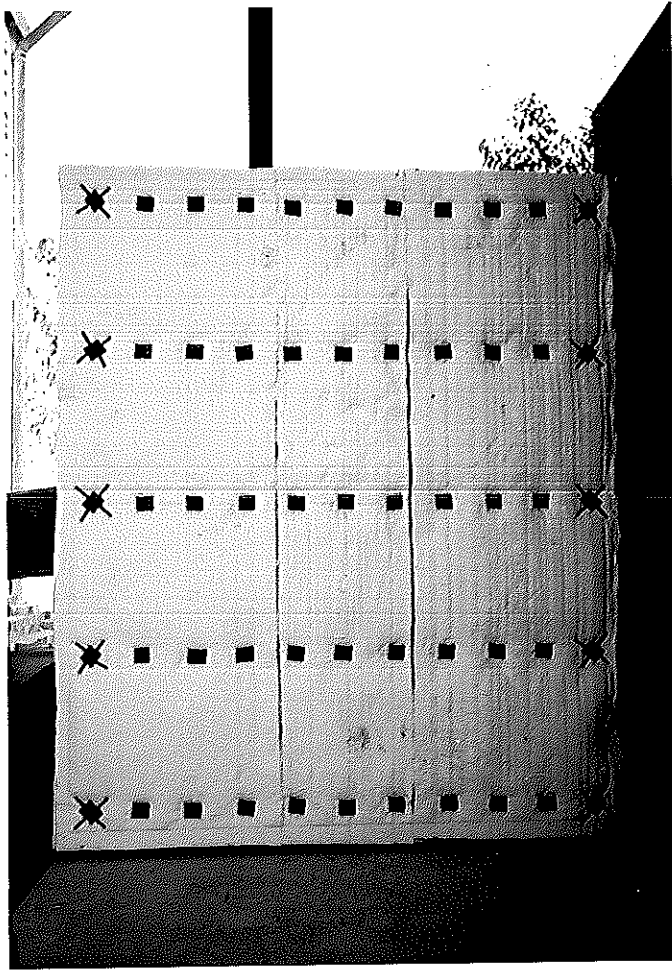
รูปที่ ผ.4.13 แผ่นหลังคาเตาภายหลังการหล่อซีเมนต์ทนไฟ (ขวา)



รูปที่ ผ.4.14 แผ่นหลังคาเตาภายหลังการติดตั้ง



รูปที่ ผ.4.15 ประตูเตาด้านนอก



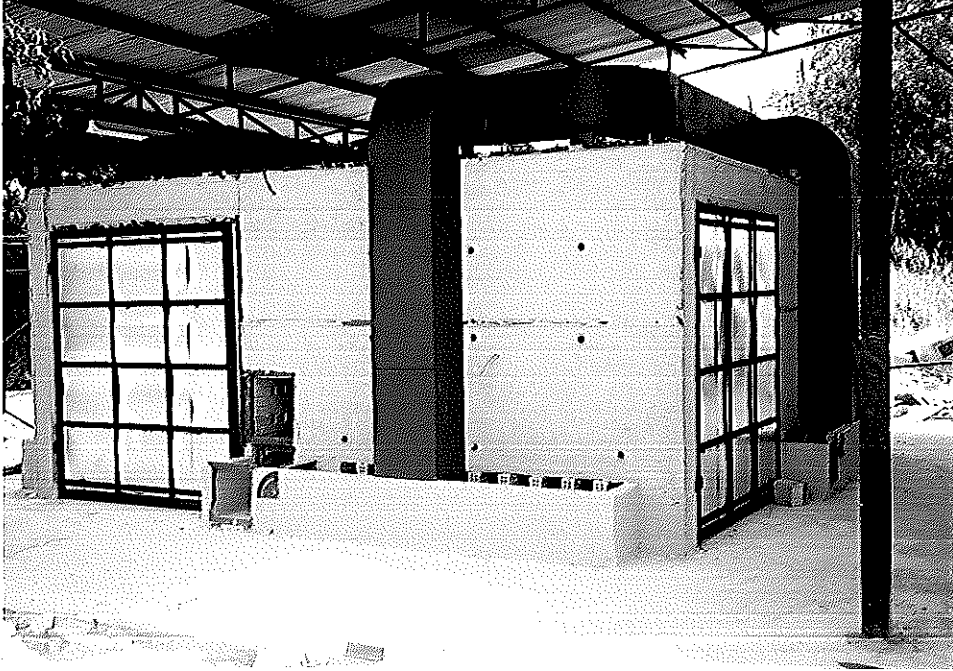
รูปที่ ๔.16 ประดูเตาบุฉนวนเซรามิกส์ไฟเบอร์ด้านใน



รูปที่ ผ.4.17 แบบหล่อผนังปิดด้านบนเพื่อทางออกก๊าซร้อนจากเตา (ท่อก่ออิฐ)



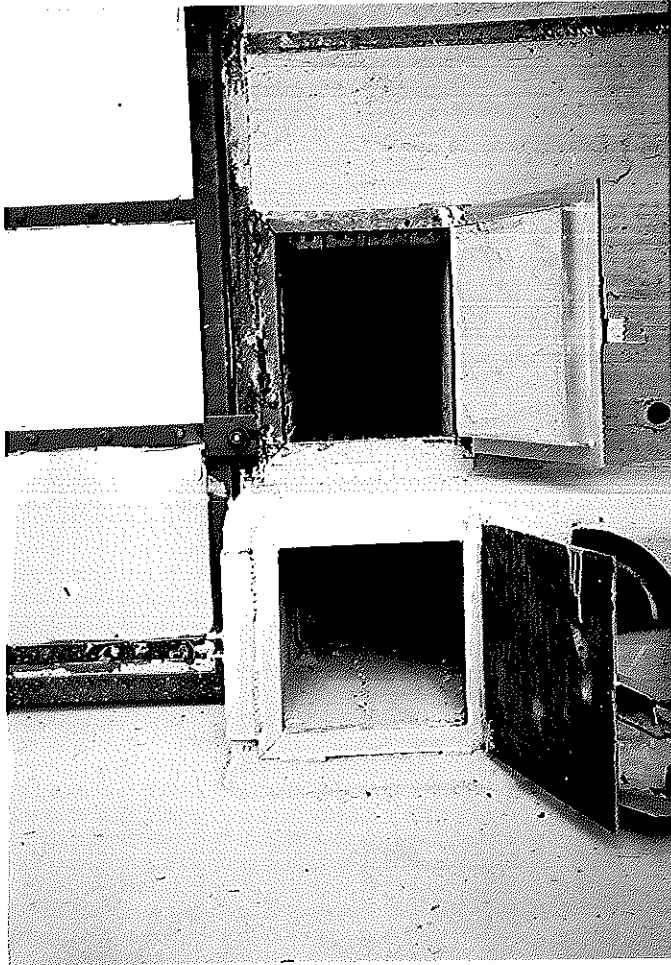
รูปที่ ผ.4.18 ผนังด้านบนท่อทางออกก๊าซร้อนจากเตาภายหลังการหล่อซีเมนต์ทนไฟ



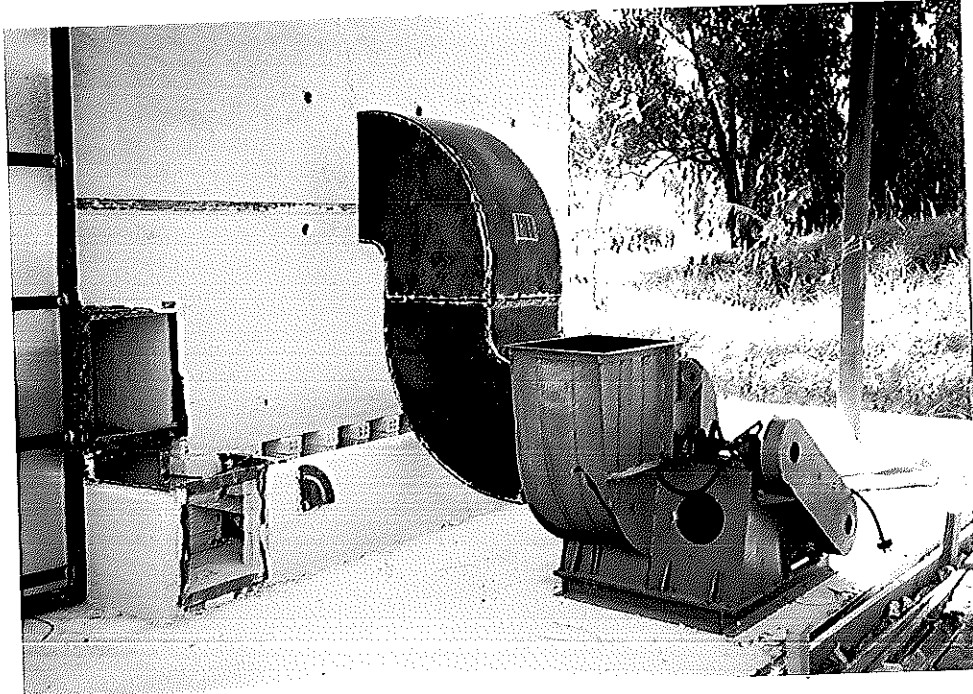
รูปที่ ๘.4.19 ท่อทางเดินอากาศ/ก๊าซ (ท่อเหล็ก) แนวตั้งและแนวนอนบนหลังคาเตา



รูปที่ ผ.4.20 แดมเปอร์แบบเสียบที่ท่อทางเดินอากาศแนวตั้ง



รูปที่ ผ.4.21 ประตูช่องซีเมนต์และประตูช่องฟีน



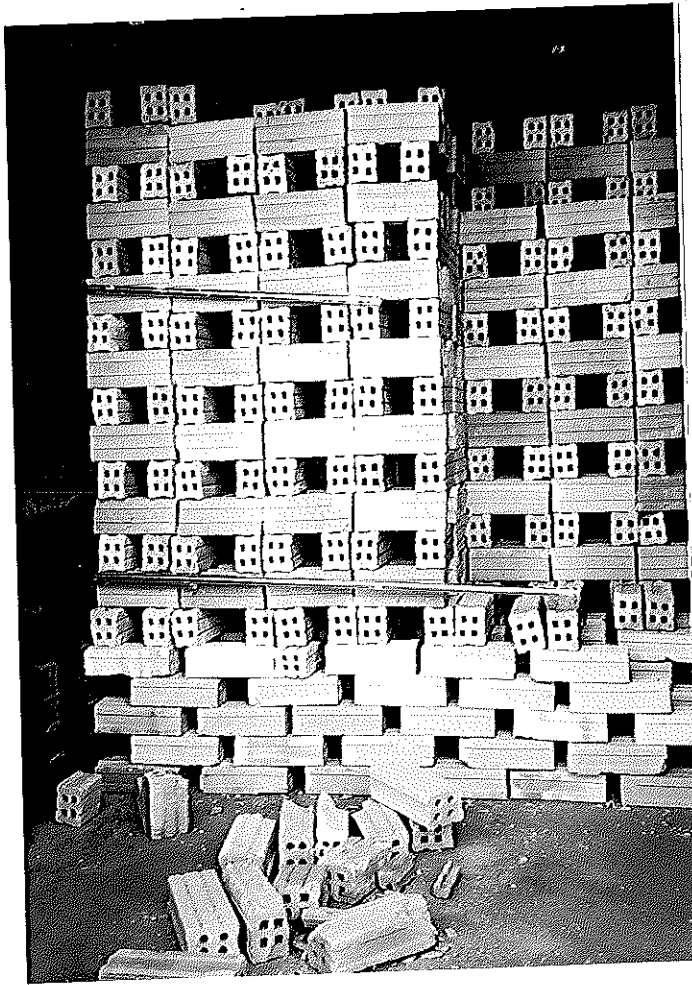
รูปที่ ๘.4.22 พัดลมดูดขนาดกำลังขับ 5 แรงม้า



รูปที่ ๘.4.23 พัดลมดูดที่ติดตั้งกับท่อแนวตั้งพร้อมปล่องทางออก



รูปที่ ๘.๔.๒๔ เต้าเผาอิฐที่เสร็จสมบูรณ์



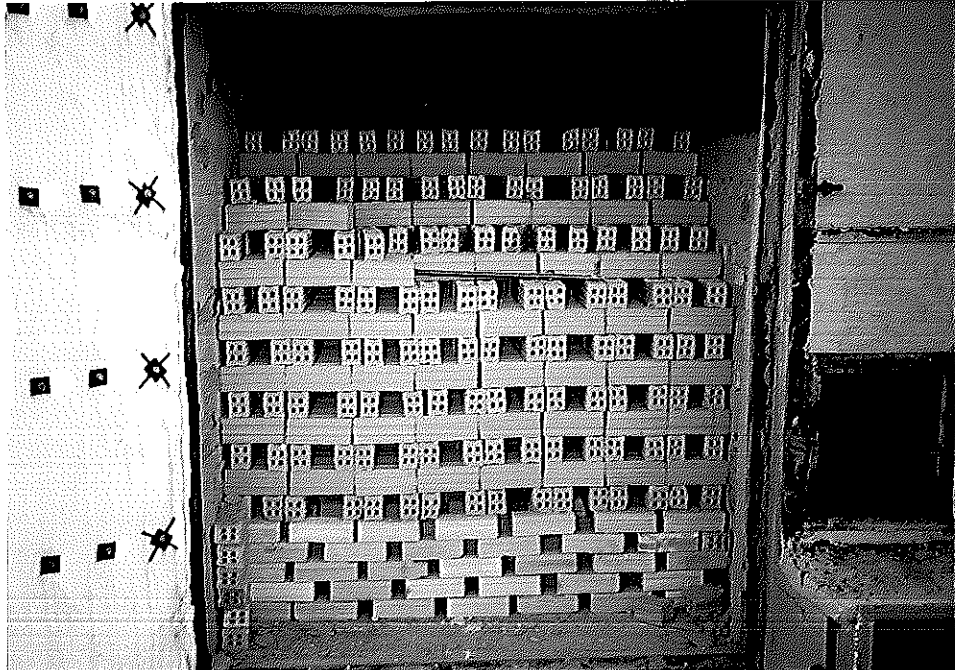
รูปที่ ผ.4.25 ลักษณะอิฐดิบที่เรียงในเตาและที่วัดอุณหภูมิในกองอิฐ



รูปที่ ผ.4.26 ท่อวัดอุณหภูมิเผาเหนือกองอิฐ



รูปที่ ผ.4.27 การใส่ฟืนในเตาเผาอิฐขณะทดลอง



รูปที่ ผ.4.28 อัญสุกที่ได้หลังเสร็จสิ้นการเผา

ภาคผนวก ผ.5
ค่าความร้อนของไม้พืนตามสัดส่วนความชื้น

ภาคผนวก ผ.5

ตารางที่ ผ.5.1 ค่าความร้อนของไม้พืนตามสัดส่วนความชื้น

ความชื้น (% ฐานแห้ง)	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)
11.1	16240
17.6	15200
25	14140
33.3	13100
42.8	12050
53.8	11000
66.6	9960
81.8	8910
100	7870
122.2	6450
150	5360
185.7	4270
233.3	3180
300	2090

ที่มา : Proceeding of European-Asean Conference on Combustion of Solids and Treatment of Products, 1995. pp. E-30

ภาคผนวก ผ.6

ข้อมูลการทดลองในการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อเนื่อง

ภาคผนวก ผ.6

ตารางที่ ผ.6.1 ผลการหาสัดส่วนความชื้นในไม้พื้ที่ใช้เผาในการทดสอบเตาเผาอิฐกึ่งต่อ
เนื่อง

ตัวอย่างจากไม้ท่อนใหญ่

น้ำหนัก ก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนัก หลังอบ (กรัม)	สัดส่วน ความชื้น (%)
213.31	170.81	24.88
283.43	224.64	26.17
129.7	102.4	26.66
166	137.13	21.05
560.32	410.75	36.41
219.81	174.67	25.84
268.78	204.59	31.37
133.11	95.16	39.88
ค่าเฉลี่ย		29.03

ตัวอย่างจากไม้ท่อนเล็ก

น้ำหนัก ก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนัก หลังอบ (กรัม)	สัดส่วน ความชื้น (%)
124.66	110.74	12.57
149.47	127.69	17.06
167.51	143.59	16.66
149.66	130.57	14.62
151.5	131.73	15.01
149.78	130.94	14.39
203.4	175.69	15.77
204.64	171.06	19.63
241.95	202.17	19.68
367.6	310.08	18.55
145.59	123.52	17.87
127.43	110.11	15.73
ค่าเฉลี่ย		16.46

สัดส่วนการใช้ไม้ชิ้นใหญ่ต่อไม้ชิ้นเล็กประมาณ 8:1

สัดส่วนความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ $(8/9) \times 29.03 + (1/9) \times 16.46 = 27.63\%$

ตารางที่ ผ.6.2 เปอร์เซนต์ความชื้นในอิฐดิบ

น้ำหนักอิฐดิบ ก่อนอบ	น้ำหนักอิฐดิบ หลังอบ	% ความชื้น
1408.66	1210.98	16.32397
1434.32	1269.54	12.9795
1441.65	1230.22	17.18636
1426.57	1211.19	17.78251
1417.12	1197.87	18.30332
1461.95	1235.56	18.32287
1417.32	1236.96	14.58091
1400.72	1224.52	14.38931
1454.96	1239.5	17.38282
1405.64	1234.61	13.85296
เฉลี่ย		16.11045

ตารางที่ ผ.6.3 ผลการหาเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนน้ำของอิฐสุกที่ได้จากการทดสอบเตาเผาอิฐ
กิ่งต่อเนื่อง

น้ำหนักอิฐสุก (กรัม)	น้ำหนักอิมน้ำ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์การ ดูดกลืนน้ำ (%)
1232.51	1470.25	19.29
1137.75	1368.56	20.29
1160.17	1385.97	19.46
1175.77	1418.68	20.66
1161.37	1394.92	20.11
1170.1	1405.02	20.08
1162.43	1397.31	20.21
1192.38	1419.79	19.07
1225.48	1463.43	19.42
1193.46	1423.67	19.29
ค่าเฉลี่ย		19.79

ตารางที่ ผ.6.4

		1A-6A, 1B-6B, 1C-6C และ 1D-6D คือ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิตามรูปที่ 5.1										
		7A-9A, 7B-9B, 7C-9C และ 7D-9D คือ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิตามรูปที่ 5.2 (Tw2, Twa และ Tw3)										
		10A, 10B และ 10C คือ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิท่อแนวดิ่ง (ดูรูปที่ 5.3)										
		10D คือ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิก๊าซไอเสียที่ออกสู่ปล่อง										
		11A, 11B และ 11C คือ ตำแหน่งวัดอุณหภูมิในท่อทางออกก๊าซร้อน (ท่อก่ออิฐ)										
		ตารางที่ ผ.6.4 อุณหภูมิที่วัดกับเตา										
date	Time	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
03/04/39	11:16:22	182.09	90.33	78.16	70.48	50.64	45.7	37.78	27.53	27.96	70.84	72.44
03/04/39	11:46:22	155.72	85.96	79.71	70.99	55.42	47.51	35.93	29.14	29.3	54.98	57.26
03/04/39	12:16:22	197.65	101.97	95.16	88.05	65.41	53.43	36.06	29	28.71	66.2	68.46
03/04/39	12:46:22	182.88	109.66	92.19	93.33	66.18	57.33	35.61	29.98	29.46	80.82	83.05
03/04/39	13:16:22	190.05	121.66	100.93	104.91	68.57	61.39	32.69	32.56	31.01	74.96	77.51
03/04/39	13:46:22	158.45	108.8	94.98	104.39	66.91	61.84	29.56	34.65	32.44	75.65	79.09
03/04/39	14:16:22	134.11	96.67	85.61	97.41	61.79	58.66	26.45	36.41	33.56	69.12	71.52
03/04/39	14:46:22	164.71	113.27	98.88	107.8	69.53	61.16	25.24	38.37	35.05	81.07	83.7
03/04/39	15:16:22	212.93	139.76	114.23	129.41	77.18	65.49	20.92	39.56	36.15	92.14	95
03/04/39	15:46:22	154.39	123.23	102.14	127.8	70.03	76.2	16.96	41.01	37.48	78.62	82.12
03/04/39	16:16:22	173.83	129.62	108.34	133.13	76.18	73.07	46.43	41.45	37.43	92.42	96.62
03/04/39	16:46:22	202.52	145.48	116.57	144.56	81.26	70.33	48	42.99	38.63	94.84	100.61
03/04/39	17:16:22	245.87	167.87	132.24	159.49	89.13	75.82	48.75	43.01	38.75	103.03	108.21
03/04/39	17:46:22	155.72	139	107.02	146.83	77.22	78.46	52.3	46.39	41.69	91.54	97.74
03/04/39	18:16:22	177.55	139.97	114.16	146.58	82.5	94.2	52.87	46.39	41.24	99.69	104.98
03/04/39	18:46:22	208.12	166.34	130.53	160.91	91.82	84.95	52.85	45.99	41.25	107.23	112.23
03/04/39	19:16:22	221.32	165.09	130.66	166.15	91.71	98.45	58.66	51.36	45.13	105.74	112.5
03/04/39	19:46:22	251.11	181.24	143.4	180.65	97.65	97.81	57.8	50.28	44.14	119.7	127.76
03/04/39	20:16:22	280.33	201.52	156.22	201	107.96	116.98	62.04	52.41	45.91	41.89	104.17
03/04/39	20:46:22	289.05	217.79	166.91	219.03	115.59	120.79	64.45	53.69	46.27	40.59	109.12
03/04/39	21:16:22	312.39	245.17	185.62	251.47	130.45	160.08	68.24	56.15	47.85	41.86	116.2
03/04/39	21:46:22	296.12	246.94	189.51	267.77	136.48	156.54	72.32	58.99	49.41	36.55	116.98
03/04/39	22:16:22	255.18	234.97	180.29	260.16	132.08	180.03	76.16	61.5	51.03	36.59	113.74
03/04/39	22:46:22	322.7	274.1	207.62	279.2	153.65	206.99	78.63	63.45	52.43	42.74	130.3
03/04/39	23:16:22	311.35	276.71	218.05	291.9	164.5	220.17	83.45	66.57	54.22	38.82	130.87
03/04/39	23:46:22	292.7	273.43	220.84	290.91	173.71	245.61	87.68	70.63	57.41	40.21	126.26
04/04/39	0:16:22	304.26	277	233.58	297.49	187.56	261.46	91.85	73.46	58.88	33.09	119.61

ตารางที่ ผ.6.4

date	Time	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
04/04/39	0:46:22	270.06	278.9	235.33	296.94	199.74	280.63	96.28	76.99	61.36	36.23	123.83
04/04/39	1:16:22	287.28	279.04	246.94	299.71	218.14	323.24	101.35	81.16	64.73	31.3	115.12
04/04/39	1:46:22	275.23	282.64	254.95	294.06	234.1	324.87	103.55	82.86	67.07	37.52	126.7
04/04/39	2:16:22	345	300.38	274.07	305.79	249.99	326.22	106.89	86.32	68.27	33.43	132.64
04/04/39	2:46:22	322.32	292.24	279.94	306.7	267.97	368.4	111.52	89.98	70.98	29.01	106.78
04/04/39	3:16:22	264.58	286.88	286	296.55	276.44	342.8	115.11	91.61	73.38	32.35	107.8
04/04/39	3:46:22	272.47	284.8	289.52	293.43	287.59	357.3	117.96	94.7	75.27	34.92	121.93
04/04/39	4:16:22	291.29	280.02	291.26	290.41	292.37	350	120.92	98.02	77.97	29.4	107.49
04/04/39	4:46:22	231.31	271.68	290.65	281.24	289.63	320.22	123.84	100.81	80.46	30.62	99.62
04/04/39	5:16:22	300.93	282.54	294.72	285.49	297.78	354.6	125.86	103.27	81.92	29.81	106.72
04/04/39	5:46:22	275.69	281.59	299.77	286.63	305.16	367.3	126.72	104.15	83.59	31.74	113.32
04/04/39	6:16:22	389.6	309.28	314.15	308.36	309.43	354.8	129	106.5	85.15	28.65	110.3
04/04/39	6:46:22	349.1	319.03	317.57	318.74	314.53	375.7	130.45	107.81	86.97	30.81	123.21
04/04/39	7:16:22	391	338.5	328.6	332.5	319.67	366.8	130.13	108.23	88.09	36.49	139.27
04/04/39	7:46:22	446.3	347.7	337.7	347.6	326.37	372.2	134.72	111.98	89.3	31.09	139.05
04/04/39	8:16:22	410	354.1	345.1	360.3	331	365.1	137.61	113.89	90.94	30.88	136.47
04/04/39	8:46:22	411.5	387.2	364.1	379.7	342.8	377.2	141.57	117.01	93.4	32.17	140.68
04/04/39	9:16:22	536	403.9	374.8	390.1	348.4	377.1	146.17	120.81	96.03	35.78	160.19
04/04/39	9:46:22	515.9	413.7	380.8	400.2	356.2	382.4	149.36	122.82	98.19	41.59	166.6
04/04/39	10:16:22	518.2	444.1	405.8	423.9	372.7	400.6	152.92	125.4	100.81	43.5	172.76
04/04/39	10:46:22	564.9	462.2	419.1	439.4	380.7	405.6	161.16	132.61	106.39	39.55	175.92
04/04/39	11:16:22	529.2	470	427	450.2	390.4	425	168.42	138.56	110.83	39.46	172.07
04/04/39	11:46:22	532	483.3	439.1	461.1	401.8	434.6	174.62	144.05	116.33	41.29	174.21
04/04/39	12:16:22	572.6	500.3	455.4	474.9	414.5	449.9	179.29	147.3	118.92	45.45	187.18
04/04/39	12:46:22	564	506	462.6	484.6	421.1	451.2	189.05	156	125.34	52.22	192.7
04/04/39	13:16:22	684.5	509.4	470.5	493	428.1	455	194.39	160.86	129.42	77.45	216.06
04/04/39	13:46:22	701.3	543.9	490.9	519.9	436	464.9	199.64	165.55	135.03	84.1	229.62
04/04/39	14:16:22	703.8	542.4	500.3	530.5	448.1	480	209.94	174.27	141.84	80.54	228.21
04/04/39	14:46:22	699.4	550.5	510.6	540.5	457.6	503.3	216.16	179.71	147.13	75.75	225.57
04/04/39	15:16:22	606.7	548	514.4	537.2	464.8	511.3	226.67	189.84	156.46	69.01	215.25
04/04/39	15:46:22	675.7	555.7	520.7	541.4	468.2	508.6	230.96	194.1	160.21	81.15	236.51
04/04/39	16:16:22	645.5	574.3	528.5	550.4	477.9	530.3	236.06	197.62	164.55	87.8	244.25
04/04/39	16:46:22	793.3	601.4	540.9	562.9	493.7	563.3	236.95	198.78	169.56	96.69	261.02

ตารางที่ ๘.๖.๔

date	Time	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
04/04/39	17:16:22	918.6	630.6	564.2	596	501.4	572.6	247.19	209.17	174.2	84.99	261.81
04/04/39	17:46:22	766.8	682.6	577.9	621.3	519.7	606.3	254.62	216.61	181.51	97.97	255.82
04/04/39	18:16:22	797.1	677.2	581.8	625.9	528.7	645.4	261.22	221.78	186.61	95.16	263.4
04/04/39	18:46:22	617	631.8	577.7	608.7	525.4	632.2	266.91	226.17	191.7	81.48	275.79
04/04/39	19:16:22	540.5	593.2	541.9	560.9	504.2	537.1	275.16	236.7	201.43	53.02	216.4
04/04/39	19:46:22	494	558	511.3	522.7	474.4	475.1	278.16	241.03	206.73	78.59	196.5
04/04/39	20:16:22	459.3	617.8	486	491.5	452.3	433	280.19	244.88	211.12	71.65	206.16
04/04/39	20:46:22	430	492.3	467.7	461.5	425.7	397.6	282.44	247.97	215.37	77.65	183.31
04/04/39	21:16:22	406	455.6	454.1	435.2	401.1	358.9	283.44	250.68	218.75	63.45	164.6
04/04/39	21:46:22	385.3	434.8	437.1	413	373.8	325.98	283.24	251.58	220.85	66.97	148.45
04/04/39	22:16:22	366.7	408.2	421.7	391.7	349.1	292.17	281.51	251.56	221.51	58.07	131.69
04/04/39	22:46:22	351.8	395.4	407.8	372	325.66	260.35	276.17	247.15	218.68	63.23	121.53
04/04/39	23:16:22	336	372.6	394.6	353	305.56	229.98	274.06	247.43	219.27	53.73	106.85
04/04/39	23:46:22	322.67	354	379.2	336.3	284.63	203.85	270.7	245.04	217.5	49.23	97.3
04/04/39	0:16:22	310.8	333.1	364.7	322.41	263.26	183.94	269.54	243.93	217.02	42.72	84.89
05/04/39	0:46:22	298.86	318.73	348.5	305.74	243.65	166.07	264	239.53	213.24	42.26	80.78
05/04/39	1:16:22	287.93	300.31	332.6	293.17	227.05	151.41	261.99	238.38	212.47	37.88	72.26
05/04/39	1:46:22	277.82	286.81	318.19	279.67	210.28	139.02	256.81	233.67	208.65	35.39	67.39
05/04/39	2:16:22	268.01	272.13	304.02	268.69	195.34	128.2	252.23	229.46	205.1	33.84	63.26
05/04/39	2:46:22	244.79	262.52	277.43	257.92	167.2	118.26	233.78	225.24	187.12	35.69	45.62
05/04/39	3:16:22	250.1	248.75	276.44	246	168.25	108.92	240.18	218.87	195.77	32.19	56.48
05/04/39	3:46:22	241.95	239.23	262.58	237.09	156.64	102.28	235.22	213.92	191.79	34.08	54.59
05/04/39	4:16:22	164.03	208.61	248.44	217.68	169.86	94.93	228.29	207.75	186.29	89.55	110.48
05/04/39	4:46:22	107.33	166.52	247.1	202.1	171.24	85.54	222.39	202.41	181.29	80.62	104.09
05/04/39	5:16:22	86.02	146.95	211.9	172.84	158	76.93	216.86	197.35	176.76	75.17	95.5
05/04/39	5:46:22	81.17	128.71	194.14	143.42	143.12	69.91	211.98	191.43	172.45	70.28	88.78
05/04/39	6:16:22	78.6	116.52	176.15	126.82	126.73	62.45	204.7	184.57	166.74	65.78	81.62
05/04/39	6:46:22	74.92	103.13	142.23	100.17	82.47	45.23	196.73	178.6	161.6	53.08	69.9
05/04/39	7:16:22	73.18	104.02	127.25	69.87	70.1	40.26	188.11	171.14	155.37	49.64	65.54
05/04/39	7:46:22	63.56	101.24	128.22	57.21	70.5	42.9	178.83	163.64	149.83	49.16	61.65
05/04/39	8:16:22	59.20	81.40	102.26	57.40	59.01	38.27	169.05	156.29	143.68	44.17	53.82
05/04/39	8:46:22	54.85	61.56	76.31	57.59	47.51	33.65	159.26	148.94	137.54	39.18	45.99
05/04/39	9:16:22	50.49	41.72	50.35	57.78	36.02	29.02	149.48	141.59	131.39	34.18	38.15

ตารางที่ ๘.๖.๔

date	Time	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
05/04/39	9:46:22	46.13	21.88	24.39	57.97	24.52	24.39	139.69	134.24	125.24	29.19	30.32
05/04/39	10:16:22	40.18	23	23.59	26.18	24.11	24.41	130.12	126.53	118.03	29.14	30.47
05/04/39	10:46:22	87.65	40.11	34.74	47.83	35.29	30.13	120.35	115.81	111.52	47.71	50.6
05/04/39	11:16:22	101.83	54.29	45.06	51.47	43.66	37.6	111.3	106.57	104.22	57.65	61.39
05/04/39	11:46:22	107.84	60.74	51.02	56.25	48.12	41.34	104.85	99.43	97.96	61.69	66.51
05/04/39	12:16:22	110.38	64.91	54.05	60.18	49.79	42.48	98.01	91.75	91.13	64.16	69.92
05/04/39	12:46:22	114.68	68.45	57.87	64.53	51.75	43.87	92.53	86.36	85.62	65.29	70.86
05/04/39	13:16:22	119.24	72.99	61.94	69.2	53.84	45.75	88.27	81.94	81.69	67.76	74.21
05/04/39	13:46:22	121.8	77.03	64.54	72.47	55.3	47.04	83.65	77.18	77.37	69.03	74.89
05/04/39	14:16:22	124.23	81.76	66.62	75.51	57.07	48.06	78.92	73.12	72.53	72.19	78.58
05/04/39	14:46:22	125.59	85.43	69.09	78.85	59.1	49.03	75.37	69.22	68.91	73.74	79.87
05/04/39	15:16:22	128.25	90.77	71.69	81.95	61.23	50.64	71.84	65.95	65.2	77.46	84.05
05/04/39	15:46:22	132.27	92.94	74.46	85.08	62.95	50.84	69.92	63.97	62.67	77.68	84.12
05/04/39	16:16:22	136.68	102.92	78.41	89.63	67.49	54.78	67.24	61.76	60.94	85.16	91.48
05/04/39	16:46:22	138.97	108.33	82.62	93.1	70.7	57.04	65.46	59.89	58.69	87.19	93.77
05/04/39	17:16:22	154.35	112.15	88.32	95.15	75.03	60.21	63.8	57.72	56.48	99.29	97.3
05/04/39	17:46:22	150.89	115.4	91.86	97.94	78.23	61.6	63.56	57.38	55.26	91.13	98.34
05/04/39	18:16:22	157.72	123.33	95.88	102.46	82.8	65.36	62.63	56.13	54.01	95.94	103.53
05/04/39	18:46:22	155.67	131.47	98.97	107.54	87.77	68.98	61.63	54.75	52.82	99.7	107.33
05/04/39	19:16:22	159.08	135.24	104.66	110.88	91.41	71.64	61.43	54.04	51.44	108.66	109.45
05/04/39	19:46:22	166.13	141.83	110.75	115.68	96.83	76.91	61.46	53.69	50.91	103.68	113.54
05/04/39	20:16:22	169.6	148.86	116.44	119.58	101.88	81.34	59.66	51.23	48.08	107.36	116.53
05/04/39	20:46:22	171.61	151.12	121.85	122.34	105.94	84.69	61.68	53.06	49.32	105.85	118.32
05/04/39	21:16:22	175.15	157.09	128.37	126.82	112.41	90.52	62.46	53.35	49.74	108.74	119.69
05/04/39	22:16:22	194.00	163.50	136.82	133.82	116.67	105.50	63.91	54.85	50.02	95.70	125.60
05/04/39	22:46:22	195.50	169.91	145.27	140.81	120.92	109.80	65.37	56.35	50.30	82.65	128.20
05/04/39	23:16:22	204.00	176.31	153.73	147.81	125.18	118.00	66.82	57.84	50.58	69.61	90.00
05/04/39	23:46:22	208.00	182.72	162.18	154.80	129.43	120.00	68.28	59.34	50.86	56.56	81.00
06/04/39	0:11:28	210	189.13	170.63	161.8	133.69	122.86	69.73	60.84	51.14	43.52	79.6
06/04/39	0:41:28	221.83	198.27	179.49	173.08	139.66	129.53	71.75	62.32	51.8	44.61	83.75
06/04/39	1:11:28	232.74	205.92	188.1	180.7	145.64	136.24	73.86	63.29	52.42	45.44	86.82
06/04/39	1:41:28	237.06	215.09	195.86	191.47	153.35	144.57	75.04	63.29	53.06	47.16	91
06/04/39	2:11:28	247.25	221.68	205.37	200.13	160.76	152.34	77.64	65.78	53.51	44.02	90.01

ตารางที่ ๘.๖.๔

date	Time	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
06/04/39	2:41:28	252	231.02	213.22	209.78	169.11	161.38	80.31	67.33	54.64	46.41	95.42
06/04/39	3:11:28	265.55	246.8	221.12	218.14	179.14	172.44	81.76	69.01	56.71	52.58	103.05
06/04/39	3:41:28	271.75	250.54	233.59	229.13	188.33	181.3	85.7	71.14	57.12	46.72	101.31
06/04/39	4:11:28	280	259.95	242.98	235.97	197.83	191.47	88.18	72.75	57.98	46.08	106.54
06/04/39	4:41:28	287.59	274.57	251.53	244.36	208.61	204.3	90.13	74.4	60.21	56.27	114.04
06/04/39	5:11:28	298.08	283.86	260.28	253.63	218.53	214.22	93.26	76.74	61.77	57.85	119.79
06/04/39	5:41:28	301.19	291.74	268.37	258.34	228.1	225.12	96.67	79.07	63.28	65.02	130.77
06/04/39	6:11:28	301.65	296.45	276.45	262.51	237.48	235.44	100.04	81.15	65.15	63.54	131.15
06/04/39	6:41:28	309.55	301.13	284.41	268.02	245.36	244.06	102.78	82.77	66.09	59.91	130.66
06/04/39	7:11:28	318.58	306.74	292.61	274.78	254.17	253.52	106.75	85.81	68.64	57.77	131.21
06/04/39	7:41:28	322.81	318.45	293.67	279.43	261.19	261.88	105.39	84.71	68.97	65.32	138.09
06/04/39	8:11:28	328.3	321.28	306.23	282.74	268.6	268.21	110.6	88.83	70.55	62.01	142.12
06/04/39	8:41:28	331.6	326.87	312.65	286.52	275.53	274.79	114.05	91.51	72.81	66.49	141.5
06/04/39	9:11:28	337.3	340.7	317.52	291.82	282.71	282.26	114.16	91.53	73.31	70.98	147.49
06/04/39	9:41:28	348.7	350.3	323.09	297.8	290.03	289.22	114.64	91.01	72.91	72.87	152.3
06/04/39	10:11:28	359.1	356.7	331.7	303.14	295.91	294.31	119.53	95.56	77.13	71.1	152.39
06/04/39	10:41:28	349.2	349.8	332.1	304.96	297.37	296.26	127.27	102.69	83.78	65.78	153.38
06/04/39	11:11:28	345.8	352.2	331.2	307.34	299.23	299.13	129.33	104.87	85.95	70.53	156.36
06/04/39	11:41:28	333.9	349.6	328.6	301.61	299.33	300.38	131.5	107.14	88.2	72.27	156.5
06/04/39	12:11:28	320.16	347.1	326.65	292.63	298.04	300.32	132.69	108.3	88.63	73.01	155.98
06/04/39	12:41:28PM	297.93	343.4	326.24	290.39	298.04	302.09	137.19	112.96	92.76	74.6	141.15
06/04/39	13:11:28	289.48	332.5	327.12	287.38	295.37	301.13	142.45	118.65	97.84	68.57	133.66
06/04/39	13:41:28	286.91	333.5	322.28	283.6	293.64	299.72	141.93	118.63	98.31	70.7	131.75
06/04/39	14:11:28	281.68	327.7	320.33	279.99	290.59	296.86	144.83	122.1	100.81	70.59	129.94
06/04/39	14:41:28	278.06	320.3	320.2	276.61	287.15	292.52	150.54	127.25	105.41	63.14	113.84
06/04/39	15:11:28	273.86	315.89	315.39	272.54	282.72	285.77	136.43	128.83	106.45	62.18	84.72
06/04/39	15:41:28	272.89	310.63	313.22	269.48	277.17	281.86	151.88	127.96	113.99	64.5	105.88
06/04/39	16:11:28	268.73	308.46	313.1	266.25	272.78	274.56	153.62	131.99	110.83	61.43	103.22
06/04/39	16:41:28	257.87	299.45	310.14	261.69	268.72	268.19	155.28	133.13	112.19	64.1	128.33
06/04/39	17:11:28	397.4	334.8	323.09	334.9	285.9	286.91	155.77	133.12	112.97	74.9	149.46
06/04/39	17:41:28	560.3	389.2	349.4	430.1	298.61	302.85	155.77	133.34	112.84	77.19	174.46
06/04/39	18:11:28	517	418.8	364.3	440.3	311.66	320.14	155.22	131.93	111.82	80.02	187.64
06/04/39	18:41:28	852.3	503.6	401.8	566.6	334	346.1	157.24	133.81	112.52	88.58	209.24

ตารางที่ ผ.6.4

date	Time	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
06/04/39	19:11:28	913.3	601.2	451.7	653	365.3	374.6	160.82	136.19	113.76	92.19	218.78
06/04/39	19:41:28	888.4	636.2	490.2	661.9	392.7	413.9	167.1	139.74	115.69	93.96	226.31
06/04/39	20:11:28	877.4	658.8	516.5	694.1	423.7	452.6	174.77	145.03	119.43	91.45	229.32
06/04/39	20:41:28	859.2	678.4	540.8	703.9	441.8	523.3	185.51	152.83	125.42	86.87	234.36
06/04/39	21:11:28	962.6	740.6	558.4	740.7	464.7	538.8	190.78	156.06	128.63	94.01	238.9
06/04/39	21:41:28	880	744.7	575.2	718.9	481.7	600.1	203.86	167.68	137.02	86	240.57
06/04/39	22:11:28	841.4	762.9	588.5	714.6	496.1	615.4	212.82	174.23	142.82	87.92	240.05
06/04/39	22:41:28	920.3	776.9	606.7	739.6	512.2	669.8	226.22	186.15	153.82	85.37	237.56
06/04/39	23:11:28	892.2	801.4	613.4	747.3	522.5	703.2	227.06	187.09	155.79	91.46	245.54
06/04/39	23:41:28	883.9	825.3	634.3	741.6	532.8	731	240.62	200.39	166.24	84.4	240.62
07/04/39	0:11:28	700.6	780.8	643.7	675.9	535.3	704.4	251	210.31	175.38	79.18	233.32
07/04/39	12:41:28AM	614.9	727.1	635.7	606.8	529.8	647.5	257.97	219.19	183.43	79.11	234.77
07/04/39	1:11:28	565.9	677.1	610.2	559.7	520.5	599.6	265.57	227.38	192.67	76.1	227.16
07/04/39	1:41:28	528.8	637.4	584.8	520.1	507.6	558.6	271.18	233.88	200.04	77.76	211.73
07/04/39	2:11:28	495.5	606	558.9	486.2	493.5	520.3	273.49	236.67	204.49	82.71	200.93
07/04/39	2:41:28	469.1	574.5	534.8	457.8	478.4	485.8	279.19	243.12	211.7	71.43	183.62
07/04/39	3:11:28	444.6	546.6	517.2	432.6	460.9	454.6	281.56	246.63	215.71	70.79	172.92
07/04/39	3:41:28	427.9	526.1	506.1	411.1	441.1	425.4	281.57	247.75	217.74	75.88	164.39
07/04/39	4:11:28	407.3	493.9	490.5	391.8	422.8	397.8	284.37	251.76	221.51	62.72	152.98
07/04/39	4:41:28	392.3	475.1	480.7	375.4	403.2	372.3	283.5	252.41	222.76	63.07	145.63
07/04/39	5:11:28	377.6	456	462.9	359.6	383.9	347.8	283.57	252.85	223.69	61.36	133.25
07/04/39	5:41:28	363.8	441.8	448.8	344.7	366.9	325.94	281.23	251.72	223.22	59.92	127.43
07/04/39	6:11:28	350.8	427.5	434.3	330.3	349.1	304.94	278.7	249.71	221.4	57.45	114.05
07/04/39	6:41:28	340.4	408.9	424.7	319.04	333.3	286.79	277.11	248.98	220.57	48.42	113.24
07/04/39	7:11:28	328.6	397.3	410.4	306.49	317.67	268.66	272.78	244.33	216.9	49.98	102.35
07/04/39	7:41:28	318.16	383.9	397.7	295.44	302.64	252.28	269.44	241.1	214.25	51.96	137.56
07/04/39	8:11:28	308.96	376	385.4	284.5	289.97	239.64	263.59	236.06	210.88	55.49	129.75
07/04/39	8:41:28	172.58	320.55	353.5	227	296.96	204.12	255.37	228.09	201.96	145.03	140.25
07/04/39	9:11:28	139.97	278.91	320.65	189.83	266.1	181.81	252.66	226.46	201.12	129.34	129.1
07/04/39	9:41:28	121.06	243.76	280.32	163.22	235.87	162.71	246.19	217.67	195.24	118.55	117.97
07/04/39	10:11:28	110.23	215.25	261.64	146.73	204.16	142.78	239.24	213.69	190.44	105.38	109.77
07/04/39	10:41:28	101.94	188.19	231.63	130.76	181.96	127.93	230.48	204.64	183.62	99.12	103.01
07/04/39	11:11:28	96.87	164.5	205.59	120.43	165.36	116.52	224.26	199.6	179.53	92.97	99.73

ตารางที่ ผ.6.4

date	Time	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
07/04/39	11:41:28	90.73	148.65	178.06	109.54	150.11	106.01	212.01	188.03	170.02	91.2	94.61
07/04/39	12:11:28	85.92	128.59	156.88	101.26	137.88	97.02	205.27	182.67	165.14	87.9	91.14
07/04/39	12:41:28	81.02	117.79	135.53	91.32	125.73	89.13	193.27	171.41	156.14	85.58	87.98
07/04/39	13:11:28	78.25	108.24	120.45	85.63	115.93	83.5	184.2	162.57	149.39	82.5	84.43
07/04/39	13:41:28	75.92	101.47	107.72	80.03	107.31	78.6	174.6	155.29	142.71	80.92	83.44
07/04/39	14:11:28	73.87	92.99	97.42	75.61	99.08	73.75	167.24	148.55	136.57	76.67	80.06
07/04/39	14:41:28	72.33	87.69	88.49	68.66	90.81	70.04	157.72	138.86	129.2	75.22	76.68
07/04/39	15:11:28	107.24	100.63	96.92	84.33	86.96	72.06	150.51	131.49	123.17	42.49	54.78
07/04/39	15:41:28	114.64	108.96	101.43	92.79	87.11	74.86	144.8	126.55	119.29	43.21	53.99
07/04/39	16:11:28	115.38	111.71	101.04	95.67	85.46	75.2	137.68	120.86	113.52	44.59	58.34
07/04/39	16:41:28	116.37	114.46	101.04	98	85.23	76.21	131.94	115.4	108.75	45.07	58.11
07/04/39	17:14:56	118.56	118.2	102.24	101.44	86.76	79.4	126.56	110.64	104.24	46.76	57.76
07/04/39	17:44:56	119.6	120.2	104.44	104.36	87.84	81.2	123.56	108.4	101.96	48.6	61.72
07/04/39	18:14:56	120.16	120.56	105.8	106.04	88.48	82.28	121.4	107	99.76	45.52	59.24
07/04/39	18:44:56	120.04	120.48	107.48	106.68	88.12	82.48	119.6	105.52	98.12	42.4	56.04
07/04/39	19:14:56	119.28	118.28	107.8	106.84	87.68	82.52	116.04	102.44	95	37.52	50.56
07/04/39	19:44:56	118.8	118.68	107.96	107.12	87.32	82.72	113	99.68	92.16	35.92	50.88
07/04/39	20:14:56	117.88	118.24	108	107	87.44	83.08	110.08	97.24	89.48	39.24	54.72
07/04/39	20:44:56	116.96	118.92	107.24	106.76	86.92	82.96	106.32	93.48	86.08	39.28	53.28
07/04/39	21:14:56	116.8	119	107.88	106.88	87.08	83.56	103.88	91.24	83.76	40.64	54.72
07/04/39	21:44:56	116.52	119.08	108.12	107.72	88	84.84	101.56	89.4	81.52	41.8	54.72
07/04/39	22:14:56	116.96	120.16	108.96	108.84	89.24	86.2	100.96	89.08	81.36	43.52	55.88
07/04/39	22:44:56	115.72	118.48	110.52	108.44	89.16	86.12	100	88.8	80.8	41.84	56.76
07/04/39	23:14:56	115.44	118.24	111.12	108.72	89.12	86.44	98.6	87.44	79.48	40.44	55.84
07/04/39	23:44:56	113.4	117.44	109.96	106.72	88.48	85.96	96.12	85.68	77.28	38.04	53.32
08/04/39	0:14:56	113.36	117.88	110.8	107.32	88.24	86	95.4	85.68	76.6	39.24	53.76
08/04/39	0:44:56	112.96	118.92	108.44	107.44	89.04	87.16	92.72	82.88	73.88	44.28	55.72
08/04/39	1:14:56	112.68	116	112.12	108.12	89.4	87.32	93.84	84.16	75.56	41.08	54.8
08/04/39	1:44:56	111.76	115.56	112.08	107.68	89.04	87.28	92.56	83.12	74.52	40	54.56
08/04/39	2:14:56	109.24	115.68	110.32	104.64	87.28	85.76	89.72	80.64	72.04	37.64	52.24
08/04/39	2:44:56	109.32	116.64	108.56	105.24	88.2	86.8	87.48	78.12	69.8	42.76	53.64
08/04/39	3:14:56	107.6	114.56	110	104.8	87.52	85.96	87.72	78.8	70.48	40.72	54.76
08/04/39	3:44:56	106.68	113.28	110.24	103.96	86.92	85.72	87.08	78.36	69.8	38.76	52.88
08/04/39	4:14:56	106.04	112.84	110.52	104.08	87.12	85.8	86.48	77.72	69.32	39.12	53.76
08/04/39	4:44:56	105.12	111.92	110.2	103.16	86.52	85.48	85.52	76.88	68.56	38.56	53.44
08/04/39	5:14:56	104.16	112.48	107.64	102.64	86.48	85.76	83.36	74.44	66.64	41.44	53.92

ตารางที่ ๘.๖.๔

08/04/39	5:44:56	102.44	109.64	108.68	101.8	85.64	84.8	83.28	74.84	66.56	40.28	53.56
date	Time	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
08/04/39	6:14:56	101.8	109.56	108.36	101.48	85.36	84.48	82.84	74.52	66.24	38.64	52.68
08/04/39	6:44:56	101.04	108.52	107.44	100.64	85.16	84.4	81.48	73.28	65.12	38.52	51.96
08/04/39	7:14:56	99.88	107.56	106.32	99.72	84.2	83.56	80.52	72.2	64.24	37.48	49.76
08/04/39	7:44:56	97.84	105.56	104.52	97.64	82.52	81.96	78.72	70.64	62.72	40.64	51.28
08/04/39	8:14:56	96.52	103.64	103.72	96.52	81.72	80.52	77.64	69.64	61.84	38.68	49.72
08/04/39	8:44:56	95.48	101.4	102.68	95.24	80.68	79.64	76.84	68.96	61.2	39.52	49.96
08/04/39	9:14:56	93.6	100.8	100.36	93.12	79.48	78.84	74.08	66.44	59	42.88	53.24
08/04/39	9:44:56	93.44	99.88	100.44	93	79.32	78.56	74.48	66.92	59.52	40.88	50.88
08/04/39	10:14:56	93.84	99.24	100.72	93.04	79.6	78.68	74.68	67.28	59.76	36.8	42.8
08/04/39	10:44:56	92.56	100.36	99.12	91.96	79.32	77.72	73.16	66	58.84	38.56	43.72
08/04/39	11:14:56	92.2	98.48	99.12	91.28	78.56	76.88	73.08	66.16	58.8	37.6	41.16
08/04/39	11:44:56	91.72	97.32	98.4	90.4	78.04	76.32	72.44	65.64	58.4	36.84	41.24
08/04/39	12:14:56	91.24	97.2	97.84	89.92	77.76	75.92	71.92	65.24	58	37.44	40.88
08/04/39	12:44:56	91.64	97.16	98.16	90.36	78.32	76.68	72.64	65.88	58.84	37.12	42.08
08/04/39	13:14:56	90.36	96.56	97.12	89	77.64	76	71.6	65.04	58.04	37.48	42.24
08/04/39	13:44:56	89.84	95.88	96.56	88.72	77.44	75.96	71.16	64.76	57.72	37.56	41.96
08/04/39	14:14:56	90.64	97	97.24	89.36	78.48	77.08	72.12	65.64	58.96	39.64	43.36
08/04/39	14:44:56	89.84	96.2	96.44	88.64	78.28	76.92	71.32	65.08	58.4	39.64	45.56
08/04/39	15:14:56	89.52	96.08	95.64	88.32	77.96	76.92	70.48	64.4	57.8	39.68	44.12
08/04/39	15:44:56	87.8	93.84	94.68	86.72	76.64	75.44	69.76	63.76	57.12	37.64	41.56
08/04/39	16:14:56	87.84	94.28	94.4	86.6	76.96	75.84	69.72	63.72	57.24	38.92	43.8
08/04/39	16:44:56	87.32	93.72	94.04	86.4	77.04	75.76	69.56	63.72	57.32	37.8	42.76
08/04/39	17:14:56	88.16	95.32	94.52	87.28	78.28	77.12	70	64.28	58.04	39.4	45
08/04/39	17:44:56	88.6	95.44	94.96	87.68	79.04	77.68	70.68	65.04	58.72	37.64	43.36
08/04/39	18:14:56	88.28	95.28	94.76	87.56	79.12	77.92	70.36	64.76	58.52	37.84	44.12
08/04/39	18:44:56	87.48	93.92	94.16	86.84	78.44	77.2	70.24	64.44	58.36	35.52	41.64
08/04/39	19:14:56	86.4	93.68	92.68	85.56	77.76	76.44	69.16	63.44	57.08	35.92	41.8
08/04/39	19:44:56	85.24	92.48	91.8	84.68	77.08	75.8	68.56	62.88	56.6	34.88	41.24
08/04/39	20:14:56	84.92	92.56	91.36	84.24	77	75.72	68.12	62.52	56.24	34.88	40.88
08/04/39	20:44:56	84.4	90.76	91.64	84.08	76.76	75.36	68.8	63	56.68	33.56	39.08
08/04/39	21:14:56	83.76	91.04	90.6	83.2	76.32	75	67.92	62.36	56	34.6	40
08/04/39	21:44:56	83.8	89.96	90.96	83.44	76.52	75	68.32	62.64	56.36	33.64	39.32
08/04/39	22:14:56	83.36	88.92	90.72	83.08	76.2	74.72	68.04	62.4	56.16	32.84	38.12
08/04/39	22:44:56	81.16	87.52	88.56	80.72	74.52	73	66.36	60.96	54.56	31.92	38.2
08/04/39	23:14:56	81.8	89.2	87.64	81.36	74.96	73.76	65.8	60	53.92	34.08	39.68
08/04/39	23:44:56	80.12	86.16	87.32	79.8	73.84	72.08	65.6	59.96	53.72	30.8	37

ตารางที่ ผ.6.4

09/04/39	0:14:56	80.12	87.24	86.96	79.72	73.8	72.28	65.2	59.6	53.36	32.52	37.76
09/04/39	0:44:56	79.68	86.92	85.4	79.32	73.56	72.12	64.16	58.4	52.2	33.12	38.52
date	Time	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A
09/04/39	1:14:56	79.44	86.64	85	78.88	73.16	71.88	63.88	58.32	52.08	33.16	38.36
09/04/39	1:44:56	78	85	84.36	77.44	72.12	70.48	63.2	57.76	51.72	32.08	36.92
09/04/39	2:14:56	78.24	84.12	85.44	78.04	72.52	70.84	64	58.72	52.6	31.52	36.52
09/04/39	2:44:56	77.64	84.72	83.44	77.32	72	70.44	62.6	57.04	51.16	32.56	37.64
09/04/39	3:14:56	76.8	83.84	82.52	76.28	71.16	69.64	62	56.56	50.68	32.24	37.16
09/04/39	3:44:56	76	82.52	83.16	75.72	70.72	68.96	62.44	57.28	51.36	30.96	36.04
09/04/39	4:14:56	75.92	82.72	81.36	75.44	70.44	68.88	61.32	55.84	50.08	31.92	36.96
09/04/39	4:44:56	75.32	82.4	81.16	75.08	70.08	68.6	61.04	55.64	49.88	31.64	36.88
09/04/39	5:14:56	73.96	80.92	80.72	73.84	69.12	67.36	60.64	55.4	49.8	30.8	35.88
09/04/39	5:44:56	74.44	79.8	81.6	74.4	69.52	67.68	61.36	56.28	50.64	30.08	34.88
09/04/39	6:14:56	73.28	79.08	80.28	72.64	68.24	66.72	60.32	55.4	49.56	29.72	34.28
09/04/39	6:44:56	72.92	79.92	79	72.84	68.16	66.64	59.64	54.44	48.68	31.48	35.96
09/04/39	7:14:56	71.24	77	78.36	71.2	66.6	64.84	58.88	53.76	48.32	30.32	34.72
09/04/39	7:44:56	70.12	75.68	77	70.16	65.88	64.16	57.84	52.72	47.36	31.96	35.96
09/04/39	8:14:56	69.2	74.12	76	69.04	64.92	63.24	57.16	52.16	46.92	33.84	36.2
date	Time	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B
03/04/39	11:16:22	6+	7-	7+	8-	8+	9-	9+	10-	10+	11-	11+
03/04/39	11:46:22	28.64	26.07	25.81	25.42	26.92	25.42	29.22	30.38	31.29	32.59	29.81
03/04/39	12:16:22	27.94	25.75	24.93	24.31	26.67	24.77	28.26	29.2	30.59	31.6	28.81
03/04/39	12:46:22	28.52	26.01	25.29	24.96	26.95	25.22	28.71	29.72	31.17	31.85	29.49
03/04/39	13:16:22	30.72	27.47	27.05	26.72	28.29	26.79	30.79	31.91	33.34	32.92	31.4
03/04/39	13:46:22	30.78	27.43	26.97	26.62	28.34	26.52	30.68	31.91	33.27	33.01	31.49
03/04/39	14:16:22	31.12	27.51	26.96	26.63	28.39	26.63	30.92	32.25	33.48	32.93	31.82
03/04/39	14:46:22	30.52	26.88	26.26	25.83	27.73	25.83	30.16	31.42	32.72	32.33	31.01
03/04/39	15:16:22	31.81	27.92	27.11	26.91	28.64	26.91	31.07	32.26	33.56	32.88	31.1
03/04/39	15:46:22	32.4	28.71	27.57	27.71	29.39	27.35	31.56	32.76	33.93	31.53	31.24
03/04/39	16:16:22	32.77	28.92	28.01	28.04	29.31	27.53	31.93	33.35	34.07	31.45	31.45
03/04/39	16:46:22	33.05	28.94	28.19	28.16	29.35	27.64	32.18	33.31	34.15	31.63	31.72
03/04/39	17:16:22	32.77	29.01	28.17	28.11	29.5	27.62	32	33.03	33.74	31.06	31.41
03/04/39	17:46:22	33.05	29.29	28.39	28.58	29.52	28.03	32.18	33.28	33.76	31.14	31.4
03/04/39	18:16:22	32.89	29.07	28.15	28.29	29.03	27.77	32.01	32.98	33.27	30.59	30.98
03/04/39	18:46:22	32.95	29.07	28.13	28.48	29.1	27.87	31.95	32.89	33.15	30.3	30.63
03/04/39	19:16:22	32.81	29.31	28.08	28.27	29.02	28.11	32	32.52	32.77	30.15	30.71
03/04/39	19:46:22	31.82	28.52	27.09	27.61	28.26	27.06	30.66	31.3	31.46	28.81	29.1

ตารางที่ ผ.6.4

03/04/39	20:16:22	32.88	29.5	27.95	28.59	28.72	28.24	31.73	32.37	32.34	29.34	30.21
03/04/39	20:46:22	93.82	53.37	34.84	39.68	34.16	34.19	30.52	30.52	30.52	49.76	60.94
03/04/39	21:16:22	111.24	65.57	39.79	50.05	39.63	41.49	30.31	30.21	29.76	57.06	71.14
date	Time	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B
03/04/39	21:46:22	127.27	75.85	44.48	57.91	43.11	46.42	30.98	30.69	29.62	64.07	78.36
03/04/39	22:16:22	134.93	82.62	40.23	62.85	43.21	47.73	31.47	30.95	29.24	69.02	86.65
03/04/39	22:46:22	132.85	85.26	41.36	66.09	42.76	46.71	31.75	30.89	28.69	71.07	89.69
03/04/39	23:16:22	147.24	93.55	40.7	72.96	45	50.08	34.38	33.09	30.13	77.74	97.46
03/04/39	23:46:22	156.41	99	63.12	79.66	46.55	51.08	34.62	32.98	29.57	82.47	102.17
04/04/39	0:16:22	156.33	104.09	71.96	84.51	49.1	52.52	34.93	33.19	28.61	85.49	102.27
04/04/39	0:46:22	163.57	110.25	75.63	89.45	51.09	53.62	36.79	34.61	29.32	89.39	108.02
04/04/39	1:16:22	162.49	116.48	76.62	94.97	54.05	56.38	39.56	36.77	30.34	92.8	111.17
04/04/39	1:46:22	162.56	119.92	77.89	100.08	55.92	59.11	40.89	37.75	30.97	95.28	113.76
04/04/39	2:16:22	160.87	124.11	79.93	106.3	59.58	63.15	42.54	39.54	30.96	97.6	113.71
04/04/39	2:46:22	175.12	132.43	84.47	115.51	61.91	67.27	43.41	40.13	31.43	102.78	118.94
04/04/39	3:16:22	173.65	138.82	88.05	123.22	65.95	72.82	45.01	40.93	32.59	105.29	122.53
04/04/39	3:46:22	174.22	143.63	92.19	130.18	69.82	78.88	47.82	43.43	33.8	108.62	122.31
04/04/39	4:16:22	170.9	147.14	95.77	134.79	73.14	84.06	48.86	43.68	34.41	111.37	123.79
04/04/39	4:46:22	170.88	150.15	97.87	136.8	76.95	89.72	50.43	44.81	35.1	111.33	125.38
04/04/39	5:16:22	165.31	152.01	102.51	140.09	81.29	96.98	53.11	47.44	37.08	112.61	121.86
04/04/39	5:46:22	167.74	154.47	106.93	141.81	83.49	102.63	54.74	48.67	37.78	115.41	123.21
04/04/39	6:16:22	168.06	156.66	111.54	143.5	86.51	109.79	56.19	49.78	39.19	115.85	124.1
04/04/39	6:46:22	180.13	162.98	118.99	147.43	88.09	115.74	59.62	50.98	41.71	60.59	88.03
04/04/39	7:16:22	187.01	166.65	124.34	152.78	87.12	122.85	61	51.27	42.32	56.16	84.54
04/04/39	7:46:22	197.74	169.19	130.79	157.31	91.12	128.81	61.91	52.44	42.4	56.44	109.17
04/04/39	8:16:22	205.53	175	136.75	162.98	95.24	134.84	60.75	50.68	40.73	57.59	113.25
04/04/39	8:46:22	214.4	178.47	145.72	169.7	98.65	142.51	63.06	51.39	41.47	59.8	115.34
04/04/39	9:16:22	226.99	188.6	154.4	179.88	104.17	151.13	61.65	51.1	40.17	59.98	118.18
04/04/39	9:46:22	236.43	198.28	165.1	190.29	111.9	161.79	66.86	55.45	44.81	62.1	124.47
04/04/39	10:16:22	244.53	206.88	175.93	198.23	118.48	173.14	68.44	55.89	44.67	65.09	129.12
04/04/39	10:46:22	259.81	220.04	190.52	211.7	126.67	183.73	74.89	62.85	50.94	66.88	138.73
04/04/39	11:16:22	267.95	231.07	199.81	220.21	134.84	195.83	76.27	63.86	51.05	68.21	142.55
04/04/39	11:46:22	279.79	243.52	210.67	231.66	143.62	207.76	79.07	66.21	52.69	67.9	146.74
04/04/39	12:16:22	280.37	251.87	221.88	240.84	151.88	219.99	83.04	69.65	55.06	69.62	150.96
04/04/39	12:46:22	288.44	259.51	234.91	249.21	160.21	232.4	89.34	75.28	59.88	72.19	157.47
04/04/39	13:16:22	287.03	267	239.27	252.87	165.9	240.48	88.83	73.28	58.41	73.5	163.02
04/04/39	13:46:22	282.3	268.28	244.32	255.22	174.6	247.15	90.75	74.27	58.93	80.42	165.63
04/04/39	14:16:22	289.28	274.94	250.43	260.19	180.98	254	94.86	78.09	60.7	80.1	165.73

ตารางที่ ผ.6.4

04/04/39	14:46:22	295.66	278.88	259.37	265.48	185.67	259.53	99.75	82.68	65.24	81.94	171.02
04/04/39	15:16:22	298	284.78	263.56	269.5	190.94	265.16	103.13	85.43	67.08	79.28	171.1
04/04/39	15:46:22	299.08	287.67	270.08	272.88	193.16	269.19	107.1	89.29	70.56	77.34	173.86
04/04/39	16:16:22	305.42	291.92	273.11	276.9	195.72	273.19	109.33	92.05	71.19	77.47	171.66
04/04/39	16:46:22	315.75	298.08	281.01	282.62	195.35	277.8	114.23	96.62	75.17	76.68	176.41
04/04/39	17:16:22	321.81	303.34	283.83	286.73	200.74	282.12	115.02	96.72	74.7	77.92	177.48
04/04/39	17:46:22	334.3	309.02	287.63	289.59	200.79	285.66	116.71	98.64	76.36	76.64	181.17
04/04/39	18:16:22	340	316.67	293.91	295.6	208.02	290.66	118.84	99.6	77.39	77.18	181.77
04/04/39	18:46:22	347.8	322.26	298.3	300.47	211.84	295.27	121.07	102.36	78.87	77.64	184.9
04/04/39	19:16:22	424.8	338.8	305.63	307.57	217.36	298.44	124.23	105.25	81.39	83.39	199.4
04/04/39	19:46:22	621.6	436.9	346.1	378.5	243.76	313.11	124.93	105.22	80.54	91.08	219.16
04/04/39	20:16:22	685.7	496.9	378.8	439.3	271.45	335.1	129.09	106.85	81.39	93.03	228.05
04/04/39	20:46:22	744.5	534	411.4	488.2	303.21	365.6	137.07	112.2	85.48	89.93	232.15
04/04/39	21:16:22	743.5	564.2	442	521.1	330.2	396.5	145.87	118.27	90.66	90.97	228.88
04/04/39	21:46:22	857.5	600.7	468.7	548.6	357.1	426	152.4	121.36	91.41	96.08	246.77
04/04/39	22:16:22	803	616	490.1	566.9	377.8	453.2	161.61	129.39	94.53	126.42	316.62
04/04/39	22:46:22	802.7	643.5	509.5	582.1	399.6	478	168.44	132.82	94.88	127.69	307.35
04/04/39	23:16:22	758.2	655.4	528	596.3	414.2	503.1	180.2	144.05	105.35	130.98	319.04
04/04/39	23:46:22	769.6	665	537.1	614.8	421.4	523.2	186.82	149.43	107.73	129.91	322.51
04/04/39	0:16:22	806.4	673.3	546.8	636.8	432	547	195.52	157.91	115.04	131.71	328.5
05/04/39	0:46:22	691.8	660.7	548.3	635.1	441.6	556	205.4	167.08	121.78	124.1	317.54
05/04/39	1:16:22	707.5	653.6	548.8	617.7	444.4	556.2	213.36	176.62	131.12	123.91	323.87
05/04/39	1:46:22	723.1	660.9	552.7	613.7	448	565.9	221.36	184.33	138.17	127.27	325.75
05/04/39	2:16:22	773.4	693.3	563.3	638.1	453.9	578.6	228.05	192.37	144.33	124.38	326.98
05/04/39	2:46:22	784.3	716.5	577.2	658.6	454.9	595.1	231.59	195.86	149.07	123.83	336.1
05/04/39	3:16:22	2358.6	720.5	587.3	657	456.8	602.4	245.79	195.52	163.39	92.96	326.62
05/04/39	3:46:22	886	748.1	600	676.1	457.4	633.1	250.51	214.26	166.63	105.06	327.4
05/04/39	4:16:22	805.3	769.2	618.5	690.8	445.7	646.3	255.6	219.27	172.81	105.16	335
05/04/39	4:46:22	561.9	700.3	605.3	639	467.5	647.2	257.79	223.43	172.75	433.8	415.2
05/04/39	5:16:22	399.6	606	587	531.3	469.7	601.3	262.61	229.07	179.64	358.2	329.3
05/04/39	5:46:22	333.3	512.2	565.2	456.4	437	539	269.86	238.15	193.27	300.56	283.27
05/04/39	6:16:22	295.68	403.3	537	406.6	404.8	478.2	275.63	245.37	202.8	253.33	255.69
05/04/39	6:46:22	251.69	326.33	502.9	365.6	374.4	417.1	280.18	250.99	211	214.12	223.9
05/04/39	7:16:22	250.89	314	466.1	329.2	295.88	363.8	282.12	253.58	214.96	193.43	173.95
05/04/39	7:46:22	172.09	236.52	421.2	286.22	314.18	304.46	281.88	254.81	218.25	160.49	157.06
05/04/39	8:16:22	124.16	203.85	384.4	252.05	283.63	247.55	279.7	253.38	218.89	135.37	131.84
05/04/39	8:46:22	103.707	180.72	351.01	215.915	251.6	209.8675	274.6625	249.503	216.695	122.08	117.993
05/04/39	9:16:22	83.25	157.59	317.62	179.78	219.57	172.19	269.63	245.63	214.50	108.78	104.15

ตารางที่ ผ.6.4

05/04/39	9:46:22	62.80	134.46	284.23	143.65	187.54	134.50	264.59	241.75	212.31	95.49	90.30
05/04/39	10:16:22	42.35	111.33	250.84	107.51	155.51	96.82	259.55	237.87	210.11	82.19	76.45
05/04/39	10:46:22	51.9	95.73	233.04	86.21	137.4	73.94	251.47	231.93	205	72.95	62.41
05/04/39	11:16:22	120.29	103.63	196.78	86.21	115.03	70.01	246.44	226.12	202.46	43.56	58.45
05/04/39	11:46:22	133.48	112.45	179.98	89.83	96.63	69.76	237.53	219.81	196.46	44.84	56.51
date	Time	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B
05/04/39	12:16:22	132.15	113.94	166.79	88.92	87.03	66.47	227.34	211.29	190.16	43.93	56.79
05/04/39	12:46:22	130.22	112.53	156.23	87.03	80.67	63.08	218.07	202.61	183.31	44.36	56.42
05/04/39	13:16:22	129.98	115.13	147.39	87.13	76.83	61.38	210.5	196.45	177.73	44.06	55.56
05/04/39	13:46:22	127.11	115.25	136.84	85.64	74.12	59.86	201.09	187.8	170.19	42.68	53.37
05/04/39	14:16:22	117.09	109.48	124.19	82.2	71.97	57.33	191.81	179.15	162.94	38.92	50.1
05/04/39	14:46:22	101.63	97.84	109.29	63.93	70.57	52.35	185.71	174.29	158.17	37.78	47.97
05/04/39	15:16:22	94.12	85.8	99.03	46.9	65.01	47.76	177.62	166.59	151.71	36.12	44.64
05/04/39	15:46:22	74.33	75.23	88.61	37.18	58.27	43.72	169.61	159.9	146.13	33.84	42.31
05/04/39	16:16:22	75.61	68.58	90.54	37.66	53.57	39.95	160.38	152.13	139.23	34.06	40.91
05/04/39	16:46:22	76.34	50.75	48.36	39.98	49.98	39.59	154.11	147.22	135.18	35.8	41.39
05/04/39	17:16:22	74.63	38.56	43.27	38.66	36.73	33.6	145.76	140.65	129.71	34.83	39.49
05/04/39	17:46:22	66.22	26.3	39.28	34.9	29.15	28.79	137.12	133.98	124.16	34.39	38.32
05/04/39	18:16:22	40.49	26.39	25.42	29.24	26.72	25.94	127.51	125.8	117.01	31.77	35.73
05/04/39	18:46:22	54.52	34.66	26.52	30.6	26.87	26.48	120.04	120.49	111.21	33.73	37.98
05/04/39	19:16:22	58.85	39.14	29.32	33.39	28.41	28.11	113.42	114.17	105.93	33.45	38.34
05/04/39	19:46:22	60.38	40.96	31.09	34.86	29.24	28.72	106.91	107.88	100.44	33.76	38.65
05/04/39	20:16:22	61.27	43.11	32.19	36.35	30.64	29.99	101.52	102.22	95.3	33.93	38.88
05/04/39	20:46:22	61.65	44.36	33.07	37.48	31.49	30.78	96.56	97.2	90.86	32.84	39.18
05/04/39	21:16:22	62.05	45.02	33.93	37.48	32.04	31.2	91.3	91.58	85.61	32.91	38.5
05/04/39	22:16:22	63.97	46.81	36.07	39.25	33.56	32.53	88.04	88.25	82.4	33.17	39.72
05/04/39	22:46:22	66.1	49.904	39.092	43.266	34.824	35.5	83.822	83.182	78.414	38.49	40.2
05/04/39	23:16:22	65	52.998	42.114	47.282	36.088	34.9	79.604	78.114	74.428	43.81	38.6
05/04/39	23:46:22	67	56.092	45.136	51.298	37.352	36	75.386	73.046	70.442	49.13	45
06/04/39	0:11:28	89	59.186	48.158	55.314	38.616	48.3	71.168	67.978	66.456	54.45	50
06/04/39	0:41:28	92.25	62.28	51.18	59.33	39.88	42.79	66.95	62.91	62.47	59.77	52.86
06/04/39	1:11:28	97.22	69.4	56.22	63.54	41.91	45.19	65.15	60.47	60.16	64.01	55.24
06/04/39	1:41:28	101.09	75.32	59.59	66.02	42.38	45.89	62.5	57.22	57	66.59	55.64
06/04/39	2:11:28	105.05	80.91	63.89	69.02	43.88	47.48	61.54	56.12	55.24	69.09	57.85
06/04/39	2:41:28	108.27	86.27	67	71.34	44.02	47.94	59.82	54.3	53.55	71.28	61.51
06/04/39	3:11:28	111.89	90.27	70.68	74.16	45.33	49.74	59.21	53.38	52.21	73.97	62.07
06/04/39	3:41:28	116.91	95.79	74.59	78.33	46.2	51.31	59.11	53.02	51.31	77.07	63.96
06/04/39	4:11:28	120.47	102.37	77.43	81.66	47.83	53.31	56.81	50.3	48.56	79.19	64.99

ตารางที่ ผ.6.4

06/04/39	4:41:28	123.68	106.18	81.1	84.76	48.4	54.51	57.35	50.65	48.24	81.87	66.95
06/04/39	5:11:28	126.84	112.43	85.04	88.82	49.98	56.8	57.32	50.37	47.58	84.21	69.19
06/04/39	5:41:28	130.43	118.43	89.39	92.61	51.72	59.26	57.6	50.13	47	87.43	70.76
06/04/39	6:11:28	135.25	124.93	94.17	96.79	53.15	62.09	58.36	50.49	47.04	89.45	73.69
06/04/39	6:41:28	137.13	129.48	98	100.44	54.74	64.55	58.4	50.27	46.82	92	75.22
06/04/39	7:11:28	140.03	133.67	102.29	104.23	56.74	67.02	57.81	49.34	45.28	92.32	76.04
date	Time	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B
06/04/39	7:41:28	143.83	142.05	105.97	109.81	61.22	72.05	56.81	48.09	43.61	96.26	76.72
06/04/39	8:11:28	143.76	144.03	109.12	111.33	62.25	73.28	55.33	46.68	42.51	97.6	78.23
06/04/39	8:41:28	151.13	145.4	115.92	113.38	64.82	77.03	55.58	46.3	41.93	108.45	80.05
06/04/39	9:11:28	154.41	153.34	121.15	119.16	69.6	83.14	54.29	44.99	41.86	112.51	81.29
06/04/39	9:41:28	161.75	159.29	128.79	123.59	74.4	88.64	57.85	47.99	43.75	117.91	86.33
06/04/39	10:11:28	163.08	165.28	132.8	126.75	80.68	94.47	56.39	46.84	40.74	120.29	88.64
06/04/39	10:41:28	168.03	173.73	142.35	133.04	85.35	100.06	61.46	51.38	46.33	124.97	93.11
06/04/39	11:11:28	161.6	174.37	139.33	133.79	89.74	102.29	64.84	55.46	47.86	120.87	93.68
06/04/39	11:41:28	166.09	174.7	140	136.92	91.78	103.87	68.28	57.95	49.76	123.13	95.44
06/04/39	12:11:28	162.66	178.16	140.22	139.86	96.32	107.99	69.47	59.09	49.82	124.98	95.46
06/04/39	12:41:28PM	162.35	179.69	142.42	141.25	100.5	111.34	72.17	61.23	51.76	124.81	97.73
06/04/39	13:11:28	162.33	179.81	142.86	142.59	106.55	114.94	75.59	60.99	53.8	53.42	79.5
06/04/39	13:41:28	154.04	173.13	139.82	139.19	104.7	112.46	76.55	62.05	54.1	51.94	77.14
06/04/39	14:11:28	153.43	172.58	141.75	140.52	107.17	114.56	80.37	66.15	57.59	52.38	77.65
06/04/39	14:41:28	150.08	168.67	140.09	139.37	107.25	114.27	81.23	67.2	58.39	51.57	76.32
06/04/39	15:11:28	99999	160.15	137.8	138.1	111.04	111.86	82.13	73.28	59.72	48.67	70.5
06/04/39	15:41:28	99999	160.81	108.02	137.97	113.29	114.77	83.33	82.55	76.97	48.83	70.71
06/04/39	16:11:28	99999	158.88	140.25	135.51	109.77	113.75	82.94	70.85	61.26	50.54	69.91
06/04/39	16:41:28	99999	155.96	136.88	137.15	111.32	114.66	84.74	71.23	61.9	47.2	68.32
06/04/39	17:11:28	-99999	152.73	136.56	134.85	110.04	114.41	85.18	73.65	63.09	45.23	68.76
06/04/39	17:41:28	146.76	159.69	140.5	137.09	114.43	122.82	85.89	74.4	64.07	43.67	67.94
06/04/39	18:11:28	167.85	165.02	146.41	142.7	119.2	128.33	86.17	73.99	64.07	44.7	72.02
06/04/39	18:41:28	179.76	172.97	153.64	150.46	124.81	134.72	86.73	74	64.29	44.22	75
06/04/39	19:11:28	202.06	183.86	162.94	160.3	130.8	141.89	87.29	74.05	63.97	44.42	78.73
06/04/39	19:41:28	221.3	197.4	173.36	171.66	138.04	150.38	87.7	73.44	63.3	43.64	82.7
06/04/39	20:11:28	236.09	210.98	184.17	182.13	146.02	158.57	88.92	73.25	62.98	44.64	86.22
06/04/39	20:41:28	248.2	222.63	195.37	191.51	153.45	166.76	91.54	74.47	63.53	45.16	90.81
06/04/39	21:11:28	261.95	235.56	206.33	200.94	162.08	175.56	93.69	75.42	63.81	45.86	94.12
06/04/39	21:41:28	275.74	249.05	218.98	211.77	173.23	186.95	97.78	77.93	65.69	46.51	99.12
06/04/39	22:11:28	280.09	261.81	228.1	219.91	183.73	197.12	99.64	78.44	65.89	46.53	101.3
06/04/39	22:41:28	287.64	272.43	238.21	227.96	193.64	206.71	103.01	80.12	66.53	46.82	104.01

ตารางที่ ผ.6.4

06/04/39	23:11:28	299.72	283.48	248.92	236.87	204.22	217.41	107.44	83.27	68.55	47.5	108.31
06/04/39	23:41:28	303.55	293	256.39	243.62	214.07	226.33	109.46	83.62	68.35	45.88	108.58
07/04/39	0:11:28	311.25	302.7	266.59	250.83	225.67	237.23	114.33	87.57	71.25	46.87	112.7
07/04/39	12:41:28AM	689	408.8	301.38	311.5	240.1	256.51	116.66	88.64	71.84	54.3	144.39
07/04/39	1:11:28	655.5	499.6	362	384.3	273.91	295.41	121.65	91.7	72.85	58.52	162.86
07/04/39	1:41:28	695.4	567.7	407.2	451	314.25	341.4	129.54	95.03	74.08	65.74	204.6
07/04/39	2:11:28	750.5	602.6	446.5	492.9	357.8	383.6	141.78	103.17	77.83	66.09	230.72
07/04/39	2:41:28	730.4	641.3	478.6	523.5	399.5	422.2	152.07	108.36	81.53	67.9	219.98
07/04/39	3:11:28	689.5	650.8	500.1	537.9	430.6	452.9	165.79	118.4	87.8	68.48	226.95
07/04/39	3:41:28	704.9	671.1	515.7	546.3	454	474.8	181.23	131.16	98.03	71.41	250.32
07/04/39	4:11:28	816.5	696	530.8	560.4	474.1	497.6	192.86	141.84	106.53	71.54	252.12
07/04/39	4:41:28	751.3	715.3	542.8	573.2	490.4	518.1	204.03	151.65	113.25	67.14	255.91
07/04/39	5:11:28	862.7	751	557.2	592	506.4	538.5	214.64	161.46	121.66	68.89	270.49
07/04/39	5:41:28	834.4	763.5	563.1	596.8	516.3	550.2	221.95	169.05	127.93	65.28	259.51
07/04/39	6:11:28	817.5	792.9	575.9	612	525	559	233.28	180.86	138.51	65.38	268.77
07/04/39	6:41:28	745.7	783.6	584.8	617.5	531.5	568.7	241.03	188.76	146.46	66.64	270.42
07/04/39	7:11:28	832.7	825.6	602.2	642.8	539	596.4	250.51	199.17	153.98	68.21	285.16
07/04/39	7:41:28	862.8	842.5	617.7	657.1	546.6	615.7	256.8	206.32	162.77	65.07	279.59
07/04/39	8:11:28	929.5	871.4	639.2	680	554.1	647	260.31	211.81	166.8	100.4	298.98
07/04/39	8:41:28	825.1	855.1	659.7	681.4	559.1	665.9	268.68	221.64	173.66	107.46	297.78
07/04/39	9:11:28	721.5	796.1	658.3	672.4	553.4	671.4	277.49	229.01	186.87	88.75	214.71
07/04/39	9:41:28	669.1	755.5	660.1	657.6	542.9	656.5	286.5	239.66	198.3	85.35	231.93
07/04/39	10:11:28	627.7	726.7	658.1	641.2	536.3	638.6	289.99	245.81	204.2	83.2	228.03
07/04/39	10:41:28	594.9	704.8	655.4	626.1	529.1	619.3	297.51	254.11	215.42	85.51	235.57
07/04/39	11:11:28	570	680.2	650	612.5	519.5	600.3	302.14	260.45	222.27	83.01	225.78
07/04/39	11:41:28	545.4	656.2	642.6	595.7	510.7	581.6	305.68	265.38	228.81	82.14	225.56
07/04/39	12:11:28	525.7	637.8	635.9	583.2	501.9	564.3	309.47	270.31	234.94	79.6	210.4
07/04/39	12:41:28	503.3	616.7	624.9	565.6	490.6	544.2	309.36	271.48	236.5	80.4	203.15
07/04/39	13:11:28	490.3	599.8	619.2	551.4	479.9	526.6	312.47	275.58	240.98	78.88	197.74
07/04/39	13:41:28	473.7	581.8	609	536.6	469.3	509.1	313.34	277.26	243.7	78	189.66
07/04/39	14:11:28	463.7	565.5	601.8	524.2	459.4	493.7	316.13	281.41	247.97	76.48	178.21
07/04/39	14:41:28	446.3	549.3	587.5	509.2	447.8	476.4	313.53	279.34	247.12	74.42	181.96
07/04/39	15:11:28	431.5	532.5	572.6	494	434.8	459.9	309.96	276.62	244.57	69.85	163.05
07/04/39	15:41:28	425.9	517	561.5	482	429.6	445.4	309.54	276.52	245.02	56.18	151.62
07/04/39	16:11:28	418.4	505.1	551	473.1	424.3	435.1	309.31	276.9	245.71	55.52	148.79
07/04/39	16:41:28	409.9	491.9	539.8	462.2	416.9	424.6	307.04	275.05	244.07	53.17	152.93
07/04/39	17:14:56	404.5	481.7	531.1	454.6	410.4	416.2	308.35	277.25	246.31	54.63	153.38
07/04/39	17:44:56	397.6	468	520.8	445.2	402.4	406.8	307.16	276.36	245.36	54.16	144.08

ตารางที่ ๘.๖.๔

07/04/39	18:14:56	384.8	459.2	505.6	436	394.4	397.6	302.44	271.8	241.44	48.28	138.84
07/04/39	18:44:56	378.8	448.4	497.6	427.6	387.6	389.2	301.64	271.4	241.12	51.12	137.96
07/04/39	19:14:56	372	437.6	486.8	418.4	379.2	379.6	298.32	268.08	238.32	50.76	133.44
07/04/39	19:44:56	361.6	427.6	474	408	370.4	369.6	294.2	264	235.08	49	132.16
07/04/39	20:14:56	357.2	416	467.6	400	363.2	361.6	292.76	262.84	234.48	50.68	132.12
07/04/39	20:44:56	349.6	410	457.2	393.6	356	354	289.96	260.64	232.08	49.64	125.92
07/04/39	21:14:56	342.4	401.2	446.4	385.6	348	345.6	286.12	256.68	228.4	47.84	121.84
07/04/39	21:44:56	336	392.8	438.8	378.8	340.8	337.6	283.76	255.04	226.88	49.24	120.6
date	Time	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B
07/04/39	22:14:56	331.2	384.8	430.4	371.6	332.8	329.6	280.88	251.84	224.32	48.4	118.32
07/04/39	22:44:56	324.68	377.6	422	365.2	327.08	323	278.52	250.2	222.52	48.32	118.28
07/04/39	23:14:56	319.52	370.4	414	358.4	320.32	315.88	275.24	246.72	219.68	48.48	114.88
07/04/39	23:44:56	314.16	364	406	352	313.48	308.72	271.52	243.36	216.96	47.16	113.36
08/04/39	0:14:56	307.52	354.8	397.6	343.6	305.04	300	267.8	239.44	213.52	46.24	112.48
08/04/39	0:44:56	302.28	349.2	390.4	337.6	298.96	293.52	265.28	237.44	211.36	46.8	109.76
08/04/39	1:14:56	297.96	342	383.6	332.8	293.04	287.4	262.4	234.64	209.4	46.48	108.92
08/04/39	1:44:56	294	336.4	376	327.64	286.6	281	259.28	232	206.52	45.12	106
08/04/39	2:14:56	288.32	330.4	367.6	321.52	280.44	274.64	255.64	228.6	203.2	43.52	104.88
08/04/39	2:44:56	283	322.64	360.4	314.68	273.44	267.32	251.48	224.28	199.68	43.28	100.24
08/04/39	3:14:56	277.92	316.4	354.4	309.28	267.44	261.28	248.08	221.08	196.68	43.48	99.8
08/04/39	3:44:56	273.16	310.84	347.2	303.56	262.4	255.56	243.52	216.44	192.52	42.84	98.6
08/04/39	4:14:56	268.32	305.16	339.6	297.6	255.4	248.8	240.28	214	189.76	42.04	94.44
08/04/39	4:44:56	264.24	299.76	334	292.84	250.72	243.68	237.2	210.8	187.36	42.24	95.08
08/04/39	5:14:56	259.56	294.12	327.64	287.72	245.56	238.2	233.28	207.12	183.96	41.48	92.72
08/04/39	5:44:56	254.6	288.44	321.08	282.6	239.64	232.84	229	202.68	179.76	40.32	90
08/04/39	6:14:56	251.04	282.48	314.52	277.16	234.92	227.56	226.28	200.68	177.76	39.52	88.92
08/04/39	6:44:56	245.52	277.36	308.04	271.92	229.24	221.88	222.4	196.88	174.12	39.52	87.04
08/04/39	7:14:56	241.96	271.16	302	266.32	223.64	216.64	218.84	193.28	170.92	38.84	83.84
08/04/39	7:44:56	236.56	265.56	295.56	260.72	218.32	211.08	215.12	190.16	167.88	39.96	84.6
08/04/39	8:14:56	228.28	257.32	287.32	254.6	212.24	205	207.92	182.92	160.48	48.2	84.72
08/04/39	8:44:56	220.32	248.24	278.2	248.32	206	199.24	203.88	180	158.92	50.2	82.96
08/04/39	9:14:56	218.36	241.04	271.64	240.6	199.56	191.44	196.96	172.8	152.96	48.16	80.32
08/04/39	9:44:56	214.6	235.64	266.84	236.64	192.92	186.6	194.48	170.96	151.4	49.32	80.56
08/04/39	10:14:56	210.88	229.28	260	229.84	188.68	182.64	191.16	167.88	146.92	47.36	81.16
08/04/39	10:44:56	205.48	229.6	255.64	226.52	185.4	177.72	189.12	166.36	147.44	44.84	76.36
08/04/39	11:14:56	205	228.08	254.4	225.92	184.4	177.72	189.24	166.92	148.36	47.08	85.96
08/04/39	11:44:56	201.04	223.56	249.2	221.4	180.88	174.2	186.04	163.84	145.96	46.56	78.48
08/04/39	12:14:56	193.8	217.92	240.72	214.6	175.68	168.52	179.96	158.36	140.72	43.84	76.96

ตารางที่ ผ.6.4

08/04/39	12:44:56	192.92	214.64	238.12	212.48	173.12	166.6	178.6	157.32	140.24	43.68	76.76
08/04/39	13:14:56	190.68	211.6	234.28	209.76	171.2	164.72	176.76	155.96	138.96	44.04	75.68
08/04/39	13:44:56	185.2	206.72	228.76	205.08	167.44	161	173.08	152.6	135.8	44.76	75.8
08/04/39	14:14:56	183.08	203.56	225.92	201.88	165	158.72	170.96	150.88	134.48	43.68	74.32
08/04/39	14:44:56	182.04	201.8	222.76	200.84	163.68	157.64	169.96	150	133.88	44.04	74.36
08/04/39	15:14:56	180.16	199.56	219.6	198	161.84	155.88	167.56	148.2	131.96	43.52	75.2
08/04/39	15:44:56	176.96	196.36	215.84	194.92	159.4	153.56	165.44	146.2	130.28	43.96	72.92
08/04/39	16:14:56	171.72	190.76	209.48	189.24	154.56	148.72	160.96	142.16	126.6	42.44	70.76
08/04/39	16:44:56	172.2	189.44	208.32	188.4	154.04	148.44	160.44	141.84	126.36	42.68	70.28
date	Time	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B
08/04/39	17:14:56	167.64	185.8	203.44	184.6	150.84	145.48	157.04	138.92	123.56	40.84	68.56
08/04/39	17:44:56	167	183.44	201.6	182.96	149.84	144.56	156.16	138.16	123.12	40.76	68.68
08/04/39	18:14:56	165.44	181.56	200.36	181.36	148.76	143.72	155.44	137.72	122.68	40.32	68.4
08/04/39	18:44:56	163.4	178.76	196.88	178.76	146.16	141.28	153.44	135.56	120.96	39.44	67.6
08/04/39	19:14:56	159.76	174.76	192.16	175	143.4	138.6	150.04	132.48	118	38	65.92
08/04/39	19:44:56	157.12	172.28	188.96	172.2	141.28	136.64	147.92	130.72	115.96	37.68	66.72
08/04/39	20:14:56	153.4	168.6	185.52	168.8	138.64	134.08	144.68	127.64	113.2	37.24	64.88
08/04/39	20:44:56	152.8	165.44	183.72	167.04	136.88	132.56	143.8	126.84	112.88	37.24	64.84
08/04/39	21:14:56	146.56	163.4	177.96	163.04	134.08	129.72	139.68	123.04	108.96	36.28	62.08
08/04/39	21:44:56	143.2	161.88	175.4	161.24	133.04	128.8	137.84	121.44	107.52	37.28	64.08
08/04/39	22:14:56	141	159.16	172.32	158.76	131.28	126.88	135.56	119.24	105.8	37.16	63.52
08/04/39	22:44:56	138.32	157	169.28	156.48	129.16	124.96	133.4	117.36	104	36.44	61.64
08/04/39	23:14:56	136.4	154.52	167.28	153.8	127.32	123.24	131.72	115.88	102.92	36.52	61.48
08/04/39	23:44:56	134.48	151.84	164.2	151.72	125.56	121.52	128.96	113.28	100.6	35.8	60.04
09/04/39	0:14:56	132.12	149.2	160.72	149	123.2	119.36	126.92	111.56	98.84	34.28	60.88
09/04/39	0:44:56	130.68	146.72	158.84	146.6	121.48	117.6	125.36	110.16	97.64	34.72	59.24
09/04/39	1:14:56	127.76	144.8	156	144.8	119.92	116.2	122.72	107.76	95.52	34.56	58.04
09/04/39	1:44:56	126.08	142.52	153.64	142.44	118.28	114.6	121.28	106.52	94.48	34.28	57.56
09/04/39	2:14:56	123.44	140.52	150.76	140.12	116.32	112.84	118.64	104.08	92.04	33.36	57.16
09/04/39	2:44:56	123.04	138.44	149.04	138.2	114.88	111.32	117.8	103.56	91.64	33.84	57.12
09/04/39	3:14:56	120.92	136.44	146.8	136.16	113.72	110.16	116.32	102.04	90.32	33.84	56.44
09/04/39	3:44:56	118.4	134.32	144.12	134.2	111.88	108.52	113.44	99.4	87.92	33.24	55.12
09/04/39	4:14:56	116.76	132.48	141.4	132.4	110.72	107.32	111.72	97.84	86.68	32.6	55.28
09/04/39	4:44:56	115.64	130.28	139.96	130.28	109.12	105.8	110.68	97.08	86	33	54.76
09/04/39	5:14:56	114.16	128.52	137.8	128.48	107.76	104.44	108.88	95.36	84.68	32.6	53.88
09/04/39	5:44:56	113.44	126.32	136.76	126.56	106.12	102.96	108.04	94.64	83.96	32.8	53.24
09/04/39	6:14:56	111.36	124.76	133.96	124.68	104.56	101.56	106.24	93.16	82.4	32.32	53.44
09/04/39	6:44:56	108.16	122.68	130.76	121.92	102.92	99.8	103.68	90.76	80.28	31.44	52.6

ตารางที่ ผ.6.4

09/04/39	7.14.56	106.6	121.12	130.04	121.16	102.04	99.24	102.96	90.08	79.92	32.44	52.72
09/04/39	7:44.56	104.08	118.6	127.08	118.08	99.92	97.12	100.96	88.32	78.36	32.44	52.44
09/04/39	8:14.56	99.44	114.52	123.16	115.12	97.44	94.68	96.32	84.04	73.04	38.72	52.48
date	Time	1C	2C	3C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	
03/04/39	11:16:22	12-	12+	13-	13+	16-	14+	15-	15+	14-	16+	
03/04/39	11:46:22	30.97	27.44	25.64	24.53	24.66	28.8	29.32	30.35	34.82	31.42	
03/04/39	12:16:22	30.69	27.97	25.23	25	25.13	28.33	29.56	30.59	32.44	29.23	
03/04/39	12:46:22	31.66	27.87	25.45	24.83	24.93	28.74	29.91	31.07	33.25	29.46	
03/04/39	13:16:22	32.69	28.74	26.53	25.81	25.77	30.01	31.14	32.69	34.05	30.85	
date	Time	1C	2C	3C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	
03/04/39	13:46:22	33.21	28.8	26.65	25.86	25.93	30.2	31.43	32.65	34.24	31.11	
03/04/39	14:16:22	33.35	28.52	26.5	25.52	25.72	30.34	31.54	32.8	34.06	31.15	
03/04/39	14:46:22	33.17	28.34	26.16	25.57	25.51	29.9	31.2	32.62	33.82	30.88	
03/04/39	15:16:22	34.57	30.33	27.2	26.71	26.75	30.97	32.43	33.82	33.89	31.87	
03/04/39	15:46:22	35.15	30.39	28.06	27.54	27.38	32.14	33.47	34.67	34.38	32.7	
03/04/39	16:16:22	35.32	30.08	27.79	27.23	27.13	31.93	33	34.19	33.97	33.16	
03/04/39	16:46:22	34.99	29.91	27.8	27.38	27.28	32.05	33.18	34.18	34.12	32.79	
03/04/39	17:16:22	35.29	30.15	28.08	27.75	27.69	32.35	33.45	34.22	34.1	33.19	
03/04/39	17:46:22	35.5	30.33	28.36	28.07	27.9	32.4	33.34	34.15	34.31	33.66	
03/04/39	18:16:22	35.3	30.27	28.15	27.94	27.77	32.34	32.98	33.82	33.79	33.6	
03/04/39	18:46:22	35.37	30.24	28.09	28.06	27.83	32.37	32.99	33.5	33.57	33.24	
03/04/39	19:16:22	34.54	30.19	27.95	28.21	27.69	32.19	32.68	33.26	33.32	33.32	
03/04/39	19:46:22	34.07	29.72	27.38	27.58	27.42	31.53	31.92	32.17	32.4	32.46	
03/04/39	20:16:22	34.85	30.47	28.27	28.11	28.27	32.15	32.5	32.79	32.5	32.98	
03/04/39	20:46:22	34.26	29.91	28	27.64	27.7	31.68	31.94	32.13	32.71	33.65	
03/04/39	21:16:22	33.59	29.66	27.59	27.59	27.49	31.53	31.66	31.69	31.79	32.98	
03/04/39	21:46:22	33.43	29.75	28.04	27.65	27.84	31.69	31.82	31.69	31.4	32.62	
03/04/39	22:16:22	33.2	29.63	27.72	27.49	27.62	31.34	31.53	31.3	31.24	32.36	
03/04/39	22:46:22	32.37	28.95	27.23	26.97	27.23	30.86	30.89	30.82	30.66	31.69	
03/04/39	23:16:22	33.45	30.06	28.38	27.9	28.15	31.8	31.57	31.44	31.09	32.61	
03/04/39	23:46:22	33.17	29.63	28.05	27.33	27.79	31.46	31.14	31.05	30.95	32.14	
04/04/39	0:16:22	33.03	29.71	28.09	27.74	28.09	31.51	31.15	30.9	30.93	32.41	
04/04/39	0:46:22	32.64	29.13	27.22	26.93	27.32	30.54	30.45	30.03	29.61	31.38	
04/04/39	1:16:22	33.92	29.54	27.95	27.37	27.82	30.72	30.7	30.47	31.79	33.21	
04/04/39	1:46:22	33.75	29.27	27.1	26.84	27.36	30.11	29.91	29.91	31.23	32.78	
04/04/39	2:16:22	34.35	29.35	28.06	26.93	27.67	30.45	30.45	29.8	31.09	33.09	
04/04/39	2:46:22	32.72	28.53	26.97	26.19	27.39	29.69	29.56	29.27	30.65	31.85	

ตารางที่ ผ.6.4

04/04/39	3:16:22	33.75	28.79	27.2	26.69	27.04	29.76	29.27	29.27	30.69	32.14	
04/04/39	3:46:22	34.22	29.26	27	26.87	27.93	30.03	29.64	29.13	30.58	33.19	
04/04/39	4:16:22	34.6	29	27.77	27	27.97	30.58	29.58	29.51	31.54	33.28	
04/04/39	4:46:22	32.98	29.08	27.4	26.72	27.11	29.75	29.27	29.34	31.3	32.75	
04/04/39	5:16:22	34.29	29.59	27.59	27.2	27.82	30.01	29.68	29.2	31.14	32.97	
04/04/39	5:46:22	34.22	29.16	27.52	26.84	27.65	29.97	29.55	28.91	30.87	32.61	
04/04/39	6:16:22	34.8	29.39	27.39	26.97	27.55	29.77	29.49	29.1	30.84	32.71	
04/04/39	6:46:22	71.82	66.88	36.05	32.29	30.59	28.97	28.65	28.14	40.69	39.16	
04/04/39	7:16:22	100	93.4	46.8	40.79	38.23	28.85	28.07	27.68	48.51	47.79	
04/04/39	7:46:22	111.22	100.87	50.95	44.06	41.99	28.86	27.47	26.83	53.1	49.58	
04/04/39	8:16:22	114.49	105.96	51.73	43.69	41.62	27.25	24.65	23.85	53	48.88	
date	Time	1C	2C	3C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	
04/04/39	8:46:22	121.8	111.98	52.16	43.04	40.42	24.69	22.46	20.58	59.74	51.27	
04/04/39	9:16:22	129.76	121.9	57.08	45.19	42.54	28.62	25.77	22.36	65.94	55.85	
04/04/39	9:46:22	137.77	128.78	61.44	48.89	43.76	31.14	27.76	25.66	71.25	60.94	
04/04/39	10:16:22	145.12	135.87	65.81	52.24	48.11	33.85	29.93	28.09	76.14	67.13	
04/04/39	10:46:22	151.57	143.73	70.43	56.26	51.63	36.5	32.15	30.34	80.41	71.09	
04/04/39	11:16:22	155.83	149.7	73.22	58.48	53.19	38.07	33.43	30.64	83.4	73.85	
04/04/39	11:46:22	160.92	156.01	75.41	60.89	54.75	38.79	33.66	30.75	87.11	76.41	
04/04/39	12:16:22	167.57	162.78	78.88	64.73	57.78	41.48	35.92	32.75	91.61	80.9	
04/04/39	12:46:22	174.28	168.73	83.68	68.29	60.14	44.84	38.16	34.4	97	87.48	
04/04/39	13:16:22	178.14	170.85	85.71	70.2	62.13	46.65	39.41	35.42	61.12	109.2	
04/04/39	13:46:22	175.91	166.52	85.16	68.5	62.93	48.76	40.89	35.35	45.18	106.28	
04/04/39	14:16:22	179.15	169.63	89.53	71.55	66.59	53.03	43.72	38.42	43.62	108.79	
04/04/39	14:46:22	181.14	173.56	91.77	74.9	69.55	54.5	45.67	39.94	43.23	110.91	
04/04/39	15:16:22	185.87	177.31	96.03	79.13	72.74	58	48.53	42.35	42.41	114.59	
04/04/39	15:46:22	189.19	182.37	99.33	84.31	77.47	60.81	50.74	44.04	38.94	116.97	
04/04/39	16:16:22	189.75	184.84	101.36	86.62	79.67	61.14	50.49	43.19	39.52	119.62	
04/04/39	16:46:22	197.86	191.61	106.45	93.2	85.19	62.77	51.43	43.45	43.2	123.18	
04/04/39	17:16:22	204.3	197.69	112.3	99.97	91.67	65.69	53.61	45.17	45.39	129.81	
04/04/39	17:46:22	207.26	205.97	116.29	107.44	99.64	65.27	52.88	43.89	43.92	130.49	
04/04/39	18:16:22	213.09	209.67	122.34	115.89	106.82	68.06	54.84	44.91	44.63	135.9	
04/04/39	18:46:22	216.72	214.1	127.42	123.08	114.83	69.93	55.85	45.72	44.73	139.26	
04/04/39	19:16:22	219.76	218.21	132.3	130.55	123.27	71.9	57.19	46.19	45.87	144.39	
04/04/39	19:46:22	250.2	246.56	143.93	142.54	134.9	73.71	58.51	47.32	49.22	153.98	
04/04/39	20:16:22	270.58	264.73	159.15	155.42	146.07	76.7	60.67	47.83	52.8	167.33	
04/04/39	20:46:22	280.21	281.17	177.94	167.41	158.6	79.04	62.38	48.41	49.62	175.05	
04/04/39	21:16:22	296.67	293.45	195.55	183.9	172.39	83.23	65.02	50.15	51.9	187.63	

ตารางที่ ผ.6.4

04/04/39	21:46:22	306.44	308.2	211.05	198.73	187.64	86.38	67.51	51.05	48.79	193.25	
04/04/39	22:16:22	327.9	326.7	232.92	215.92	204.65	91.13	70.84	53.05	53.02	205.4	
04/04/39	22:46:22	337.9	340.6	249.66	233.37	222.91	95.09	73.39	54.63	55.7	213.97	
04/04/39	23:16:22	358.8	356.9	266.93	253.16	243.4	100.72	77.93	57.18	55.91	222.55	
04/04/39	23:46:22	367.5	366.3	279.78	270.09	263.07	104.79	80.77	58.8	54.83	226.85	
04/04/39	0:16:22	378.1	377.4	294.61	286.64	281.71	109.88	84.5	61.18	55.8	234.23	
05/04/39	0:46:22	377.4	381.2	304.88	298.99	297.72	114.4	87.99	63.63	53.79	235.53	
05/04/39	1:16:22	383.6	385	317.09	311.4	311.7	119.66	92.3	66.52	56.07	239.75	
05/04/39	1:46:22	385.3	389	326.36	321.36	322.42	124.96	96.47	69.31	56.29	244.35	
05/04/39	2:16:22	395.1	397.7	334.5	329.4	331.2	129.41	100.5	72.29	56.2	246.37	
05/04/39	2:46:22	402.4	404.7	342.3	336.3	338	133.22	103.73	74.63	56.19	248.53	
05/04/39	3:16:22	394.8	412.7	337	343.7	331.6	138.27	95.43	77.92	44.62	250	
date	Time	1C	2C	3C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	
05/04/39	3:46:22	407.6	412.7	354.2	347.3	349.6	142.35	111.95	80.89	56.71	252.88	
05/04/39	4:16:22	419.7	421	361.3	352.4	354.7	146.39	115.54	83.82	57.31	255.78	
05/04/39	4:46:22	382.1	394.2	361.9	353	358.2	150.11	118.62	86.73	66.94	185.36	
05/04/39	5:16:22	344.8	363.2	359.3	347.8	355.1	154.29	122.9	90.2	67.29	191.57	
05/04/39	5:46:22	333.4	347.7	357.7	341.4	349.3	157.4	126.78	93.43	42.56	181.07	
05/04/39	6:16:22	328.9	336	358.8	335	341.9	160.77	130.51	97.45	45.17	174.96	
05/04/39	6:46:22	320.86	326.94	357.1	326.67	333.3	162.8	133.3	100.27	43.77	168.4	
05/04/39	7:16:22	311.03	320.34	352.9	319.42	325.86	163.94	134.81	102.72	44.56	160.98	
05/04/39	7:46:22	303.95	313.36	349.1	314.06	317.67	164.1	135.82	103.99	58.2	157.82	
05/04/39	8:16:22	301.81	306.07	348.5	309.27	310.35	166.76	138.89	107.63	62.47	153.12	
05/04/39	8:46:22	293.71	299.9775	343.55	302.3325	302.8225	166.2925	138.97	108.44	61.9375	149.67	
05/04/39	9:16:22	285.61	293.885	338.6	295.395	295.295	165.825	139.05	109.25	61.405	146.21	
05/04/39	9:46:22	277.51	287.7925	333.65	288.4575	287.7675	165.3575	139.13	110.06	60.8725	142.76	
05/04/39	10:16:22	269.41	281.7	328.7	281.52	280.24	164.89	139.21	110.87	60.34	139.3	
05/04/39	10:46:22	261.28	275.95	324.28	274.77	272.97	164.11	139.37	111.5	62.51	141.76	
05/04/39	11:16:22	276.12	277.75	318.7	287.21	279.03	165.03	140.36	113.12	69.1	195.07	
05/04/39	11:46:22	375.5	354.4	328.3	302.55	294.82	165.64	141.24	114.3	72.32	216.08	
05/04/39	12:16:22	454.3	420.5	338	318.48	307.91	165.39	141.03	114.91	72.87	233.32	
05/04/39	12:46:22	494.6	446.4	352.7	335.5	319.23	165.07	140.65	113.35	76.67	247.58	
05/04/39	13:16:22	570.6	543.1	370.8	342.4	336.1	168.27	142.84	114.71	80.08	267.08	
05/04/39	13:46:22	604.2	575.8	384.1	355.1	354.2	172	145.97	117.03	76.79	279.55	
05/04/39	14:16:22	558.2	532.4	395.1	367.7	369.4	176.57	149.24	119.03	75.85	293.68	
05/04/39	14:46:22	626.4	607.6	416.9	385.4	386.7	184.79	155.86	123.47	69.67	302.92	
05/04/39	15:16:22	621.1	603.9	431.8	398.1	403.4	186.03	156.61	122.69	77.89	324.94	
05/04/39	15:46:22	646.1	641.7	453.1	415.9	421.2	192.04	161.09	125.06	76.93	336.8	

ตารางที่ ผ.6.4

05/04/39	16:16:22	555.4	558.8	459	425.9	435.3	196.93	164.63	127.05	82.27	340.2	
05/04/39	16:46:22	667.7	631.3	478	440.3	451.6	206.84	173.1	134.61	83.24	352.7	
05/04/39	17:16:22	659.5	625.6	484.5	453.1	465.9	209.59	176.02	136.57	84.56	355.6	
05/04/39	17:46:22	593.3	587.9	505.1	466.3	481.7	218	183.48	142.63	81.38	357.2	
05/04/39	18:16:22	687.9	666.6	510.8	477.8	496.6	219.98	185.57	143.32	82.15	381.7	
05/04/39	18:46:22	786.7	721.4	523.6	489.2	508.7	225.98	191.09	146.55	96.77	399.6	
05/04/39	19:16:22	775	693.7	534.2	501	521.3	233.52	198.39	151.68	101.29	400.3	
05/04/39	19:46:22	821.2	791.4	545.8	508.6	530.4	237.29	202.35	154.83	102.32	403.1	
05/04/39	20:16:22	856.5	830.5	564.1	522.8	541.4	244.49	209.82	160.4	98.73	409.1	
05/04/39	20:46:22	835.6	813.6	573.5	530.9	548.9	253.33	216.66	167.48	97.36	402.4	
05/04/39	21:16:22	848.4	827.6	586.5	537.1	558.2	258.9	222.8	172.26	92.07	401	
05/04/39	22:16:22	862.4	839.4	594.1	542.6	568.5	264.29	228.15	176.98	93.25	397.6	
05/04/39	22:46:22	900	796.56	606.38	546.12	583.74	271.13	235.076	183.85	93.13	419	
date	Time	1C	2C	3C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	
05/04/39	23:16:22	936	753.72	618.66	549.64	598.98	277.97	242.002	190.72	93.01	420	
05/04/39	23:46:22	752	710.88	630.94	553.16	614.22	284.81	248.928	197.59	92.89	368	
06/04/39	0:11:28	627	668.04	643.22	556.68	629.46	291.65	255.854	204.46	92.77	337	
06/04/39	0:41:28	611.5	625.2	655.5	560.2	644.7	298.49	262.78	211.33	92.65	333.2	
06/04/39	1:11:28	565.6	579.3	638.8	540.7	620.6	301.89	268.25	217.22	90.21	303.54	
06/04/39	1:41:28	528.9	543.1	619.9	519.7	590.3	306.88	274.31	224.41	89.58	271.84	
06/04/39	2:11:28	503.3	510.7	601.9	503.8	553	310.08	277.41	229.32	86.61	242.41	
06/04/39	2:41:28	475.8	485	580	479.7	515.6	311.72	280.03	234.03	79.06	215.02	
06/04/39	3:11:28	458.4	461.7	558.8	455.1	476.6	311.55	280.75	236.43	75.09	192.63	
06/04/39	3:41:28	441.8	444.3	537.3	428.2	441.3	312.92	282.96	239.82	75.06	168.92	
06/04/39	4:11:28	422.7	428.3	514.6	400.4	409.1	312.45	283.96	241.95	70.47	140.99	
06/04/39	4:41:28	411.6	412.7	496.7	377.8	376.9	310.08	282.49	241.68	68.1	131.75	
06/04/39	5:11:28	398.2	400.2	477.7	353.9	348.8	308.98	281.88	242.18	64.79	117.35	
06/04/39	5:41:28	384.4	385.7	462.7	328.6	317.35	305.52	279.03	240.67	63.86	103.59	
06/04/39	6:11:28	375.2	376.6	447.7	310.2	297.99	304.23	278.67	241.94	58.8	99.34	
06/04/39	6:41:28	363.1	366.2	431.7	292.49	276.71	299.87	274.93	239.38	56.72	88.93	
06/04/39	7:11:28	352	355.7	415.4	271.95	254.91	294.23	269.54	234.63	54.81	80.27	
06/04/39	7:41:28	340.4	347.2	403.2	255.46	238.98	292.07	268.24	234.82	51.29	72.36	
06/04/39	8:11:28	323.18	332.7	384.7	233.07	217.45	280.14	257.25	225.98	52.2	63.62	
06/04/39	8:41:28	316.35	323.8	369.5	216.43	201.38	272.41	249.37	217.8	48.59	67.15	
06/04/39	9:11:28	307.57	316.27	359.1	204.17	187.98	268.56	244.46	213.72	50.01	63.56	
06/04/39	9:41:28	302.37	308.8	347.5	201.37	176.62	267.49	245.63	216.99	48.21	63.64	
06/04/39	10:11:28	295.82	297.77	335	190.22	166.15	260.82	238.76	211.32	49.23	66.9	
06/04/39	10:41:28	286.37	289.73	322.74	180.22	156.8	255.01	233.45	207.21	47.63	65.9	

ตารางที่ ผ.6.4

06/04/39	11:11:28	170.52	193.42	292.19	201.99	159.9	250.05	229.67	203.9	101.71	111.71	
06/04/39	11:41:28	108.67	137.49	260	187.24	142.56	244.07	223.65	199.2	92.15	104.51	
06/04/39	12:11:28	91.18	131.38	238.7	163.82	122.54	238.01	217.82	193.22	87.06	94.73	
06/04/39	12:41:28PM	76.81	118.28	211.7	143.74	104.98	231.44	211.67	188.8	80.1	84.98	
06/04/39	13:11:28	63.32	128.57	209.38	132.69	87.43	226.28	207.75	185.62	78.3	81.83	
06/04/39	13:41:28	50.47	109.45	174.11	107.31	70.07	214.5	196.95	178.05	63.62	64.85	
06/04/39	14:11:28	49.2	78.8	103.74	67.32	52.23	205.33	189.95	172.52	56.3	55.6	
06/04/39	14:41:28	46.94	70.65	81.51	53.73	44.77	194.96	181.93	166.8	51.98	50.68	
06/04/39	15:11:28	138.37	57.79	67.43	96.7	38.44	117.72	183.43	175.52	123.75	15.15	
06/04/39	15:41:28	59.14	37.99	161.94	63.63	-28.11	198.53	246.27	240.46	-10.63	1.28	
06/04/39	16:11:28	95.13	65.38	61.79	46.74	-12.71	139.95	216.21	178.03	60.69	18.5	
06/04/39	16:41:28	81.73	51.25	73.37	32.5	31.44	176.99	146.83	139.46	39.89	31.7	
06/04/39	17:11:28	48.84	61.17	28.83	26.75	27.47	140.03	138.12	130.74	45.71	35.02	
06/04/39	17:41:28	89.75	123.79	49.8	35.58	38.95	129.76	125.93	123.54	61.84	43.35	
date	Time	1C	2C	3C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	
06/04/39	18:11:28	94.51	132.68	55.05	40.73	44.41	121.5	117.75	115.75	63.01	47.96	
06/04/39	18:41:28	98.22	136.97	59.34	42.4	46.3	114.29	110.16	108.25	66.43	49.96	
06/04/39	19:11:28	102.75	142.16	62.11	45.28	49.65	107.49	102.9	101.07	70.09	53.62	
06/04/39	19:41:28	109.06	146.96	66.78	47.95	52.65	101.68	96.91	94.7	74.09	56.86	
06/04/39	20:11:28	113.66	150.87	69.98	48.97	54.08	96.54	90.59	88.62	75.02	59.33	
06/04/39	20:41:28	118.86	155.47	72.95	49.4	55.17	91.91	86	83.69	78.28	61.03	
06/04/39	21:11:28	123.06	159.91	76.23	50.85	57.38	88.1	81.65	79.37	80.73	63.12	
06/04/39	21:41:28	131.16	164.5	81.48	53.14	60.56	86.14	79.01	76.26	85.03	66.84	
06/04/39	22:11:28	132.98	166.94	84.61	54.81	63.07	82.58	75.03	72.21	84.58	68.81	
06/04/39	22:41:28	137.32	170.58	87.83	56.31	65.65	79.78	71.85	68.89	88.29	70.79	
06/04/39	23:11:28	141.94	176.51	91.8	59.65	70.17	78.3	70.08	66.91	91.15	73.96	
06/04/39	23:41:28	148.27	177.72	96.25	61.61	73.38	75.87	66.57	63.43	93.8	76.43	
07/04/39	0:11:28	149.11	182.91	100.23	66.31	79.21	75.44	65.49	62.05	95.39	79.12	
07/04/39	12:41:28AM	174.74	202.3	111.06	72.15	87.32	74.75	64.43	60.23	105.22	85.41	
07/04/39	1:11:28	205.39	232.5	128.94	81.27	99.1	73.84	62.42	58.11	116.19	96.76	
07/04/39	1:41:28	228.83	257.38	145.62	91.71	111.87	73.96	61.98	56.84	127.35	107.06	
07/04/39	2:11:28	248.01	276.29	161.29	103.23	125.61	74.92	61.69	55.65	137.99	118.11	
07/04/39	2:41:28	261.84	294.51	179.25	117.18	142.71	76.96	62.48	55.21	149.87	137.63	
07/04/39	3:11:28	269.74	305.92	197.32	133.7	161.61	80.16	64.37	55.22	157.99	137.86	
07/04/39	3:41:28	281.3	316.21	213.79	152.38	180.59	83.04	65.3	55.2	166.69	151.72	
07/04/39	4:11:28	294.91	329.2	234.11	174.54	201.75	87.78	67.81	56.53	177.03	160.6	
07/04/39	4:41:28	296.47	335.4	250.57	197.24	222.13	89.6	69.48	57.03	183.29	170.5	
07/04/39	5:11:28	304.68	348.8	269.27	221.7	242.05	95.74	73.8	59.27	194.95	183.47	

ตารางที่ ผ.6.4

07/04/39	5:41:28	306.94	354.5	283.13	242.53	257.98	100.57	77.12	60.77	200.35	189.11	
07/04/39	6:11:28	315.5	362.4	297.22	260.69	272	104.53	79.64	62.39	204.01	195.34	
07/04/39	6:41:28	320.39	364.9	308.09	275.18	282.94	108.37	82.08	64.45	208.64	200.97	
07/04/39	7:11:28	330.7	380	319.98	287.39	293.69	113.08	85.73	66.37	217.31	210.21	
07/04/39	7:41:28	333.1	384.5	326.69	297.29	301.69	116.59	88.26	68.28	219.8	219.46	
07/04/39	8:11:28	339.8	393.1	331.6	302.74	305.09	117.98	88.92	68.59	220.08	236.76	
07/04/39	8:41:28	350.9	394.4	337.3	306.58	309.81	119.44	89.04	66.94	221.81	225.26	
07/04/39	9:11:28	320.84	328.4	342.8	301.35	303.85	130.97	97.89	74.42	60.77	117.19	
07/04/39	9:41:28	304.26	314.27	336.9	296.78	297.25	135.81	104.81	80.32	57.21	107.91	
07/04/39	10:11:28	295.89	304.79	336.4	291.31	290.32	140.95	110.61	85.74	57.17	103.8	
07/04/39	10:41:28	284.66	298.07	330.5	282.97	280.27	142.63	113.77	88.65	54.94	95.45	
07/04/39	11:11:28	278.13	289.25	328.1	275.38	271.01	145.24	116.98	92.02	55.91	93.16	
07/04/39	11:41:28	271.12	284.05	324.15	269.25	263.27	147.58	120.28	95.55	53.49	88.47	
07/04/39	12:11:28	267.25	276.89	321.54	261.79	254.85	149.49	122.88	98.3	55.89	89.29	
07/04/39	12:41:28	257.54	271.5	314.55	255.3	246.8	149.36	123.66	99.47	62.24	85.37	
date	Time	1C	2C	3C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	
07/04/39	13:11:28	254.69	266.04	311.61	248.54	239.23	150.14	125	101.47	63.45	85.64	
07/04/39	13:41:28	249.98	261.04	307.65	242.51	232.37	151.25	126.72	103.52	63.23	83.9	
07/04/39	14:11:28	246.24	257.35	303.6	237.01	226.51	152.27	128.36	105.33	62.72	83.75	
07/04/39	14:41:28	241.97	253.58	299.04	231.99	220.95	152.63	128.89	106.71	62.12	84.65	
07/04/39	15:11:28	238.51	248.55	294.71	226.2	214.37	152.89	129.35	107.51	57.14	81.12	
07/04/39	15:41:28	232.97	242.77	288.65	217.47	205.49	151.35	128.95	106.9	43.33	83.37	
07/04/39	16:11:28	230.32	239.48	283.94	213.21	201.07	151.72	130	108.26	43.37	80.39	
07/04/39	16:41:28	228.58	236.3	280.82	207.56	195.33	152.06	130.57	108.75	42.45	78.12	
07/04/39	17:14:56	225.52	231.95	276.36	202.01	189.57	150.72	129.59	108.08	41.07	79	
07/04/39	17:44:56	222.84	228.44	272.16	197.4	184.8	150.72	130.28	108.76	39.68	78.32	
07/04/39	18:14:56	222.2	226.2	270.24	194.36	181.52	151.48	130.56	109.6	41.52	73.64	
07/04/39	18:44:56	218.76	222.72	265.92	190.2	177.08	150.56	130.16	109.08	40.24	76	
07/04/39	19:14:56	214.12	218.56	260.28	185.12	172.04	148.48	128.68	107.8	38.08	71.8	
07/04/39	19:44:56	209.6	215.4	254.48	181.56	168.4	146.44	126.92	106.36	37.32	69.52	
07/04/39	20:14:56	207.48	210.96	251.32	176.64	163.28	145.8	126.16	105.96	38.2	67.64	
07/04/39	20:44:56	204.8	208.48	247.72	173.6	160.48	145	125.6	105.68	38.84	67.36	
07/04/39	21:14:56	202.52	204.6	243.88	169.32	156.52	143.44	124.32	104.56	38.36	66.32	
07/04/39	21:44:56	199.12	202.04	240.04	166.28	153.28	142.24	123.36	103.92	37.92	64.2	
07/04/39	22:14:56	197.04	199.16	237.56	163.56	150.76	141.8	123.16	103.96	38.6	63.8	
07/04/39	22:44:56	195.08	197	234.48	160.92	148.32	141.2	122.8	103.92	39.32	63.96	
07/04/39	23:14:56	190.36	194.96	229.16	158.56	145.76	139.44	121.24	102.92	37.4	61.04	
07/04/39	23:44:56	188.24	191.84	226.52	155.52	142.8	139.04	120.88	102.48	37.36	60.2	

ตารางที่ ๘.๖.๔

08/04/39	0:14:56	185.28	187.92	222.52	151.24	138.96	136.72	118.68	100.88	38.56	60.24	
08/04/39	0:44:56	182.68	185.52	219.68	149.12	137.08	136.04	118.24	100.56	38.72	59.72	
08/04/39	1:14:56	182	183.4	217.88	146.72	135	135.12	117.56	100.32	38.84	58.88	
08/04/39	1:44:56	176.6	181.6	212.8	144.84	132.8	133.52	116.28	99.16	36.16	56.64	
08/04/39	2:14:56	174.96	179.12	209.84	142.64	130.84	132.96	115.96	99	36.08	56.68	
08/04/39	2:44:56	171.6	175.52	205.44	139.16	127.68	130.24	113.36	97	36	55.12	
08/04/39	3:14:56	171.6	173.08	205.16	137.28	126.04	129.96	112.88	96.72	37.4	56.4	
08/04/39	3:44:56	166.92	170.96	200.56	135.08	123.88	127.84	111.2	95.12	37.16	54.44	
08/04/39	4:14:56	164.12	168.16	196.76	132.56	121.32	126.52	110.08	94.32	36.32	53.68	
08/04/39	4:44:56	162.12	166.44	194.52	130.76	120	125.56	109.08	93.76	35.44	53.12	
08/04/39	5:14:56	160.36	164.28	192.08	128.96	118.4	124.44	108.44	93.12	35.4	53.12	
08/04/39	5:44:56	159.32	161.88	189.76	126.36	116.2	123	106.96	91.96	35.52	52.76	
08/04/39	6:14:56	154.96	160.36	185.72	125.08	114.68	121.28	105.48	90.84	33.04	50.8	
08/04/39	6:44:56	153.32	157.6	183.52	122.8	112.6	120.36	104.32	89.8	34.2	51.16	
08/04/39	7:14:56	152.4	155	181.44	120.56	110.64	118.84	103.24	88.84	35.04	51.28	
08/04/39	7:44:56	149.56	152.88	177.92	118.88	109.08	117.24	101.8	87.44	34.72	50.4	
date	Time	1C	2C	3C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	
08/04/39	8:14:56	139.16	146.32	169.8	111.32	102.76	110.24	94.6	80.88	38.16	45.88	
08/04/39	8:44:56	141.4	143.52	165.48	108.08	99.4	106.92	91.68	77.88	35.36	44.72	
08/04/39	9:14:56	138.12	143.68	165.04	106.72	98.32	108.36	92.72	77.64	36.44	46.84	
08/04/39	9:44:56	136.48	141.32	163.2	107.68	98.92	107.44	92.88	80.2	36.52	47.96	
08/04/39	10:14:56	134.32	139.2	160.48	106.24	97.56	106.2	92	79.76	37.12	48.08	
08/04/39	10:44:56	133.36	138.6	159	106.32	97.72	105.76	91.92	80.08	36.64	48.32	
08/04/39	11:14:56	133	135.88	157.6	104.76	96.44	104.96	91.08	79.6	40.08	51.44	
08/04/39	11:44:56	129.92	134.08	154.56	103.48	95.08	103.28	89.68	78.44	40.56	50.88	
08/04/39	12:14:56	127.04	132	150.84	102	94.04	101.36	88.4	77.36	39.32	49	
08/04/39	12:44:56	126.16	130.44	149.6	101.32	93.36	100.84	88.12	77.32	38.88	50.4	
08/04/39	13:14:56	126	130.68	148.84	101.72	94.08	101.24	88.68	78.2	38.64	50.88	
08/04/39	13:44:56	124.04	128.08	146.2	99.96	92.36	99.64	87.4	76.96	40.72	50.8	
08/04/39	14:14:56	122.24	126.52	144.32	99.24	91.8	98.96	86.84	76.64	39.56	51.08	
08/04/39	14:44:56	123.72	128.36	144.96	101.52	94.08	100.08	88.36	78.64	40.68	53.2	
08/04/39	15:14:56	123.28	126.48	144.32	100.32	93.12	99.88	88.24	78.28	41.24	53.48	
08/04/39	15:44:56	121.64	124.32	142.28	99.44	92.2	98.88	87.2	77.28	42.44	54.24	
08/04/39	16:14:56	118.52	121.88	138.44	97.48	90.6	96.72	85.4	75.8	40.16	52.08	
08/04/39	16:44:56	118.88	122.24	138.64	98.24	91.68	97.52	86.24	76.6	40.56	53.56	
08/04/39	17:14:56	117.28	121.2	136.68	97.24	90.48	96.12	84.88	75.64	38.56	51.32	
08/04/39	17:44:56	117.88	121.4	136.96	98.08	91.44	96.8	85.72	76.48	38.32	53.88	
08/04/39	18:14:56	117.16	120.8	135.92	98.36	91.8	96.84	85.84	76.6	36.96	53.44	

ตารางที่ ผ.6.4

08/04/39	18:44:56	116.72	120.04	135.16	98.04	91.56	96.48	85.48	76.12	36.76	53.2	
08/04/39	19:14:56	113.96	118.28	132.48	96.76	90.4	94.68	83.72	74.52	35.2	52.2	
08/04/39	19:44:56	113.28	116.88	131.16	96.08	89.8	94.08	83.08	73.72	35.56	52.28	
08/04/39	20:14:56	110.92	115.4	129.04	94.6	88.6	92.24	81.32	72.2	34.08	51.52	
08/04/39	20:44:56	109.88	113.8	127.2	94.12	87.96	91.28	80.24	71.28	33.76	50.76	
08/04/39	21:14:56	107.92	112.96	125.44	93.72	87.72	90.28	79.48	70.48	33.28	50	
08/04/39	21:44:56	108.32	112.16	125.4	93.64	87.56	90.44	79.6	70.72	35.12	51.12	
08/04/39	22:14:56	106.96	111.16	124.08	93.2	87.24	89.64	78.92	70	34.92	50.72	
08/04/39	22:44:56	105.8	109.92	122.32	92.24	86.32	88.52	77.92	69.12	34.28	50.32	
08/04/39	23:14:56	105.6	108.64	121.56	91.28	85.64	87.68	76.96	68.4	34.88	50.4	
08/04/39	23:44:56	105.04	107.56	120.72	90.6	85.04	86.68	76.2	67.72	34.64	50.36	
09/04/39	0:14:56	102.16	106.6	117.92	90.08	84.48	85.24	74.92	66.64	32.64	48.44	
09/04/39	0:44:56	102.44	105.24	117.8	89	83.6	84.76	74.44	66.12	33.32	49.52	
09/04/39	1:14:56	101.12	103.96	116.2	88	82.56	83.76	73.48	65.16	33.8	49.08	
09/04/39	1:44:56	100.68	103.52	115.64	87.96	82.44	83.28	73.12	64.96	33.68	49.2	
09/04/39	2:14:56	98.16	101.68	113.12	86.52	81.12	81.8	71.8	63.68	32.68	47.56	
09/04/39	2:44:56	97	101.6	112.04	86.76	81.4	81.32	71.52	63.6	32.84	47.32	
date	Time	1C	2C	3C	5C	6C	7C	8C	9C	10C	11C	
09/04/39	3:14:56	97.48	100.16	112.04	85.68	80.6	80.76	70.96	63.24	33.36	48.2	
09/04/39	3:44:56	95.92	99	110.08	84.72	79.52	79.52	69.84	62.12	32.76	47.6	
09/04/39	4:14:56	94.08	98.32	108.24	84.24	79.04	78.6	69.08	61.52	32.16	46.24	
09/04/39	4:44:56	94.36	97.16	108.16	83.6	78.52	78.08	68.56	61.04	32.68	47.04	
09/04/39	5:14:56	93.28	96.28	107.04	82.96	78.08	77.32	68	60.64	32.24	47.08	
09/04/39	5:44:56	91.84	94.92	105.28	81.92	77.12	76.32	66.96	59.84	31.64	46.56	
09/04/39	6:14:56	90.12	94.96	103.88	82.08	77.04	75.92	66.8	59.52	31	45.08	
09/04/39	6:44:56	90.2	93.24	103.24	80.72	75.92	75.04	65.92	58.76	31.28	45.92	
09/04/39	7:14:56	89.84	92.4	102.6	80.24	75.56	74.24	65.32	58.28	32.4	46.12	
09/04/39	7:44:56	87.44	89.96	100.4	78.52	73.88	72.4	63.6	56.64	32.36	46	
09/04/39	8:14:56	79.36	86.76	94.6	74.2	70.08	67.68	58.96	52	32.84	41.04	
												exhaust
date	Time	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	
03/04/39	11:16:22	17-	17+	18-	18+	19-	19+	20-	20+	21-	21+	
03/04/39	11:46:22	23.98	24.63	19.9	23.94	24.44	23.65	26.72	37.01	28.25	63.77	
03/04/39	12:16:22	26.7	26.67	24.44	25.75	25.52	25	28.1	36.7	29.59	48.02	
03/04/39	12:46:22	26.1	24.76	21.93	25.29	24.6	24.8	27.6	37.76	29.52	57.2	
03/04/39	13:16:22	27.11	24.18	23.73	25.58	25.41	25.41	28.12	38.15	30.46	62.93	
03/04/39	13:46:22	26.26	24.8	21.65	25.31	25.05	24.57	27.76	39.11	30.42	62.77	

ตารางที่ ผ.6.4

03/04/39	14:16:22	26.63	24.03	22.74	25.29	25.13	24.68	27.84	38.48	30.89	61.52	
03/04/39	14:46:22	25.7	26.23	21.58	24.66	24.62	23.4	27.2	38.2	30.68	59.13	
03/04/39	15:16:22	27.95	25.51	23.37	26.55	25.8	25.7	28.96	36.92	32.26	63.93	
03/04/39	15:46:22	29.13	25.69	24.28	27.44	26.7	26.47	29.81	33.44	33.08	70.82	
03/04/39	16:16:22	28.56	25.6	23.49	26.84	25.77	25.67	29.31	32.13	32.68	62.95	
03/04/39	16:46:22	28.65	25.43	22.87	26.8	25.89	25.62	29.35	31.92	32.53	69.09	
03/04/39	17:16:22	28.6	25.74	22.76	26.91	26.03	26	29.5	31.35	32.77	71.01	
03/04/39	17:46:22	28.07	25.21	20.77	26.74	25.6	25.63	29.32	31.05	32.37	76.09	
03/04/39	18:16:22	29.65	26.02	23.22	27.38	26.15	26.48	30.01	31.82	32.79	68.98	
03/04/39	18:46:22	30.33	26.25	23.88	27.83	26.38	26.64	30.43	32.24	32.92	73.06	
03/04/39	19:16:22	30.25	25.52	23.44	27.6	26.14	26.46	30.12	31.74	32.22	77.44	
03/04/39	19:46:22	29.07	28.23	23.27	26.99	25.8	24.86	29.1	30.72	31.37	80.71	
03/04/39	20:16:22	29.11	25.73	17.37	27.1	25.32	25.74	29.63	31.34	32.18	86.15	
03/04/39	20:46:22	31.23	28.77	25.53	27.87	25.4	26.01	30.23	31.62	32	43.04	
03/04/39	21:16:22	31.24	28.5	25.96	28.08	25.41	26.16	30.15	31.53	31.82	49.38	
03/04/39	21:46:22	31.3	28.65	23.47	28.29	24.73	25.63	29.72	31.11	31.27	55.46	
03/04/39	22:16:22	31.3	28.49	21.87	28.69	25.47	26.48	30.37	31.63	31.76	60.25	
03/04/39	22:46:22	29.47	28.5	23.73	27.17	24.19	24.32	28.82	29.99	29.99	60.85	
date	Time	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	
03/04/39	23:16:22	32.41	28.51	23.68	28.7	26.31	26.99	30.8	31.64	31.93	64.36	
03/04/39	23:46:22	32.05	28.37	21.84	28.47	25.22	26.29	30.05	31.2	31.2	67.42	
04/04/39	0:16:22	32.12	28.8	21.29	28.48	24.91	26.34	29.64	30.68	30.71	70.6	
04/04/39	0:46:22	30.9	28.97	22.77	28.9	24.79	25.67	29.45	30.54	30.64	72.22	
04/04/39	1:16:22	31.79	28.92	20.24	28.31	23.89	24.68	28.41	29.38	29.6	75.54	
04/04/39	1:46:22	31.49	29.07	19.59	28.23	23.08	24.08	28.1	28.94	29.27	77.49	
04/04/39	2:16:22	32.19	28.48	20.69	28.71	25.34	25.24	28.71	30	30.06	78.32	
04/04/39	2:46:22	31.68	27.98	18.65	28.2	24.27	24.01	27.78	29.14	29.53	81.39	
04/04/39	3:16:22	33.14	29.24	17.31	29.11	24.64	25.52	29.53	29.92	30.27	84.52	
04/04/39	3:46:22	33.7	30.03	18.41	29.87	23.47	25.31	28.45	29.19	29.32	85.75	
04/04/39	4:16:22	33.64	29.96	19.32	30.32	23.91	26.02	28.61	29.93	29.93	87.17	
04/04/39	4:46:22	32.91	29.94	18.02	30.27	25.06	25.58	28.59	29.56	29.91	88.16	
04/04/39	5:16:22	34.45	30.26	18.59	30.43	24.9	26.1	28.98	29.97	30.14	88.15	
04/04/39	5:46:22	35.08	30.9	18.75	30.65	25.35	26.29	29.35	30.1	30.16	89.29	
04/04/39	6:16:22	34.22	31.13	19.49	30.45	25.15	26.19	28.74	29.67	29.67	90.16	
04/04/39	6:46:22	36.08	32.52	29.65	30.13	24.67	26.36	30.78	31.55	30.84	34.64	
04/04/39	7:16:22	34.16	30.65	28.62	27.52	24.57	25.39	31.04	31.81	31.33	39.45	
04/04/39	7:46:22	32.67	29.35	26.11	25.43	23.03	23.42	29.57	30.31	29.76	42.91	
04/04/39	8:16:22	31.48	29.13	24.82	24.16	22.97	21.79	28.45	29.39	28.71	45.95	

ตารางที่ ผ.6.4

04/04/39	8:46:22	34.19	30.33	24.47	24.98	22.36	20.62	27.22	27.61	27.55	52.73	
04/04/39	9:16:22	35.14	31.14	24.76	25.44	23.69	20.38	26.83	27.81	27.48	57.27	
04/04/39	9:46:22	37.1	30.75	25.17	26.47	23.56	21.57	27.21	28.25	28.22	59.61	
04/04/39	10:16:22	38.74	31.17	25.36	27.83	24.32	22.54	27.93	29.06	29.15	62.64	
04/04/39	10:46:22	41.36	31.54	27.91	29.69	25.76	24.56	29.3	29.85	30.11	64.31	
04/04/39	11:16:22	41.06	33.1	26.62	29.51	24.98	23.61	28.08	29.22	29.61	67.17	
04/04/39	11:46:22	42.48	33.02	25.94	30.29	25	23.98	28.29	29.36	30.01	69.93	
04/04/39	12:16:22	44.07	34.4	26.91	31.13	25.67	23.91	28.73	29.93	30.8	73.13	
04/04/39	12:46:22	47.11	34.1	29.05	33.04	27.13	25.24	29.86	31.26	31.83	74.62	
date	Time	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	
04/04/39	13:46:22	71.13	62.81	41.82	48.48	38.44	35.19	28.72	30.37	31.98	47.62	
04/04/39	14:16:22	77.69	68.13	44.81	54.56	43.4	41.16	30.12	31.48	32.03	50.45	
04/04/39	14:46:22	83.26	73.78	48.88	58.68	46.14	44.96	33.69	33.85	33.6	54.25	
04/04/39	15:16:22	86.84	77.12	49.9	61.38	47.67	46.72	35.22	34.96	34.25	53.92	
04/04/39	15:46:22	92.14	78.98	53.91	65.39	50.43	49.67	39	38.39	37.08	53.31	
04/04/39	16:16:22	92.48	79.88	51.89	65.16	48.69	47.64	37.82	37.18	35.1	54.29	
04/04/39	16:46:22	97.81	81.31	48.77	67.31	49.49	48.04	37.8	36.84	34.37	57.23	
04/04/39	17:16:22	102.8	86.21	54.14	71.84	52.59	50.02	39.33	37.95	35.38	60.95	
04/04/39	17:46:22	109.1	88.41	55.65	74.97	53.13	51.23	38.98	38.02	34.52	63.63	
04/04/39	18:16:22	51.01	40.66	32.08	34.42	29.82	28.43	29.85	30.88	31.83	40.02	
04/04/39	18:46:22	113.63	91.66	55.44	78.34	55.66	52.09	40.07	38.24	34.58	65.78	
04/04/39	18:46:22	118.2	96.26	56.35	81.25	56.64	52.44	40.33	38.47	34.63	69.03	
04/04/39	19:16:22	120.09	95.85	55.4	85.24	56.91	52.25	40.55	38.34	34.17	71.37	
04/04/39	19:46:22	129.73	104.08	67.01	92.7	62.02	56.8	42.16	39.84	34.74	72.13	
04/04/39	20:16:22	138.61	113.71	63.58	98.23	65.38	58.54	42.13	39.87	34.71	77.5	
04/04/39	20:46:22	145.75	124.85	73.11	106.85	69.95	62.57	43.96	40.81	35.4	80.34	
04/04/39	21:16:22	154.12	133.43	74.13	113.47	74.25	65.71	44.89	41.89	36.26	86.56	
04/04/39	21:46:22	161.56	137.05	86.17	123.07	79.49	70.3	46.58	42.34	35.89	87.52	
04/04/39	22:16:22	170.61	147.24	80.5	131.83	85.15	74.76	48.39	43.43	37.11	95.17	
04/04/39	22:46:22	178.32	153.72	90.72	141.03	91.95	80.71	49.28	43.76	36.57	96.99	
04/04/39	23:16:22	187.53	162.75	93.51	149.77	100.14	86	51.81	45.66	38.23	102.93	
04/04/39	23:46:22	193.52	169	99.7	157.93	107.4	92.65	52.47	45.91	37.85	105.82	
04/04/39	0:16:22	200.87	177.06	102.44	166.06	116.97	100.5	55.02	47.21	38.9	110.12	
05/04/39	0:46:22	205.46	181.27	125.78	175.04	126.68	109.21	57.76	49.39	40.01	113.68	
05/04/39	1:16:22	208.36	191.13	121.25	180.02	135.66	117.13	59.72	50.45	40.89	118.1	
05/04/39	1:46:22	213.99	197.62	129.99	186.55	144.91	125.98	61.66	51.37	41.58	123.27	
05/04/39	2:16:22	217.58	204.06	141.82	191.73	155.51	137.2	64.15	53.14	42.71	125.04	
05/04/39	2:46:22	217.52	211.74	148.24	195.28	162.86	146.52	66.01	54.23	42.92	131.19	

ตารางที่ ผ.6.4

05/04/39	3:16:22	212.42	217.16	144.6	207.82	161.35	157.55	57.5	57.47	33.94	136.51	
05/04/39	3:46:22	226.28	221.23	168.87	206.14	183.49	167.99	72.28	58.75	46.43	133.74	
05/04/39	4:16:22	231.88	228.14	174.26	209.68	192.52	176.38	76.12	62.22	49.83	139.54	
05/04/39	4:46:22	228.49	226.83	189.5	212.89	198.56	183.27	77.03	59.86	49.49	180.39	
05/04/39	5:16:22	200.23	218.35	176.98	202.7	193.6	178.64	78.92	61.88	49.92	159.27	
05/04/39	5:46:22	189.56	214.66	186.21	198.59	193.44	178.47	82.57	65.53	52.74	138.97	
05/04/39	6:16:22	189.38	213.17	180.35	196.38	192.49	178.05	87.04	70.87	57.85	124.73	
05/04/39	6:46:22	184.98	215.59	184.51	192.86	191.18	177.26	90.25	74.25	60.89	109.53	
05/04/39	7:16:22	184.82	209.96	196.46	191.17	190.67	177.72	92.97	77.27	62.29	92.23	
05/04/39	7:46:22	179.99	209.12	194.5	186.58	185.12	173.35	93.58	77.72	63.02	84.29	
05/04/39	8:16:22	180.81	204.3	190.64	183.52	184.91	172.16	97.08	81.26	66.58	75.58	
05/04/39	8:46:22	177.105	201.49	191.12	180.445	181.3825	168.7775	97.335	81.725	66.8875	69.883	
05/04/39	9:16:22	173.4	198.68	191.6	177.37	177.855	165.395	97.59	82.19	67.195	64.185	
05/04/39	9:46:22	169.695	195.87	192.08	174.295	174.3275	162.0125	97.845	82.655	67.5025	58.488	
05/04/39	10:16:22	165.99	193.06	192.56	171.22	170.8	158.63	98.1	83.12	67.81	52.79	
05/04/39	10:46:22	162.36	189.86	189.47	167.82	167.37	154.94	97.99	83.44	68.19	69.25	
05/04/39	11:16:22	166.49	194.92	191.59	168.36	171.99	160.4	98.21	80.75	68.23	49.11	
05/04/39	11:46:22	188.42	199.54	193.47	178.85	179.12	168.76	99.35	81.75	69.79	55.11	
05/04/39	12:16:22	202.36	203.95	196.73	186.66	184.79	173.31	98.23	80.23	68.42	59.48	
05/04/39	12:46:22	213.32	209.53	197.1	193.61	191.37	178.27	96.26	78.06	66.17	62.76	
date	Time	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	
05/04/39	13:16:22	229.18	216.55	200.58	201.89	193.7	181.84	96	77.6	65.73	63.98	
05/04/39	13:46:22	243.68	224.32	208.75	212.18	199.88	188.9	100.22	81.47	69.35	64.87	
05/04/39	14:16:22	251.73	232.69	213.24	219.09	206.28	194.38	101.07	81.95	69.5	66.46	
05/04/39	14:46:22	265.46	238.71	219.78	220.26	212.26	202.39	103.01	83.43	70.88	65.56	
05/04/39	15:16:22	271.17	245.82	224.87	214.11	217.62	206.03	102.73	82.34	69.47	66.58	
05/04/39	15:46:22	276.8	253.55	226.96	211.64	223.79	213.66	100.03	77.34	65.76	70.53	
05/04/39	16:16:22	282.02	263.03	233.57	220.98	230.95	220.02	102.59	80.57	66.95	73.9	
05/04/39	16:46:22	296.05	269.55	246.3	235.18	240.53	232.4	111.33	88.86	75.56	75.28	
05/04/39	17:16:22	303.35	279.74	250.44	213.13	248.99	239.85	111.82	89.16	75.25	77.97	
05/04/39	17:46:22	310.33	286.47	260.9	-99999	256.3	249	115.93	92.23	77.91	79.99	
05/04/39	18:16:22	319.18	295	270.42	-4959	264.4	258.59	118.58	94.65	78.91	79.68	
05/04/39	18:46:22	325.78	306.04	271.12	95.29	271.88	265.1	119.74	94.64	79.13	86.1	
05/04/39	19:16:22	334.5	314.9	277.92	212	280.53	274.39	124.69	99.09	82.87	88.57	
05/04/39	19:46:22	338.6	322.4	287.74	250.26	286.02	281.83	126.55	100.38	83.25	90.7	
05/04/39	20:16:22	344.3	331.8	297.03	268.62	292.89	289.62	128.87	102.59	84.61	91.59	
05/04/39	20:46:22	347.6	337.5	303.84	293.87	299.77	296.37	132.2	104.87	86.33	91.93	
05/04/39	21:16:22	349	344.6	309	310.11	304.33	301.82	133.97	105.94	86.87	93.35	

ตารางที่ ผ.6.4

05/04/39	22:16:22	354.7	349.8	314.7	316.6	308.23	307.32	137.15	108.81	89.2	96.04	
05/04/39	22:46:22	366	373.76	330.2	334.5	317.304	318	141.172	112.83	91.966	88.08	
05/04/39	23:16:22	367	397.72	345.7	352.4	326.378	322	145.194	116.85	94.732	80.12	
05/04/39	23:46:22	406	421.68	361.2	370.3	335.452	327	149.216	120.87	97.498	72.16	
06/04/39	0:11:28	569	445.64	376.7	388.2	344.526	341	153.238	124.89	100.264	64.2	
06/04/39	0:41:28	539.4	469.6	392.2	406.1	353.6	343.8	157.26	128.91	103.03	56.24	
06/04/39	1:11:28	682.5	522.2	418.5	487.9	371.7	357.3	159.03	130.88	104.48	61.88	
06/04/39	1:41:28	665.3	532	439.4	499.6	386.9	373.2	167.97	138.89	109.89	61.97	
06/04/39	2:11:28	662.9	565.9	462.7	529.6	406	389.8	172.24	141.92	112.82	65.81	
06/04/39	2:41:28	729.9	588.3	480.3	549.6	422.8	407.4	177.74	146.22	116.19	68	
06/04/39	3:11:28	757.6	616.5	497.1	567.7	440	424.4	185.25	153.7	121.62	69.73	
06/04/39	3:41:28	784	637.3	519.3	589.4	458.4	443.3	194.78	160.62	127.57	72.26	
06/04/39	4:11:28	798.1	679.4	537.3	612.5	473.1	459.4	202.55	167.84	132.21	73.32	
06/04/39	4:41:28	847.2	691.2	544.4	614.5	485.1	472.6	206.88	172.87	137.43	75.26	
06/04/39	5:11:28	820.8	725.2	561.4	638	500.3	488.3	217.64	182.99	145.39	78.6	
06/04/39	5:41:28	861.5	754.7	580.8	674.8	514.3	503.5	230.42	195.69	156.52	80.01	
06/04/39	6:11:28	895.4	761	588	675.9	521.2	513.9	232.03	199.43	159.83	83.15	
06/04/39	6:41:28	790.8	740.5	589.8	665.6	525.1	520.8	240.69	207.75	166.76	83.21	
06/04/39	7:11:28	859.2	774.5	604.7	688.2	531.4	529.1	243.97	211.89	170.71	85.14	
06/04/39	7:41:28	931.3	798.5	627.6	710.5	542.2	540.2	256.88	224.71	182.51	84.89	
06/04/39	8:11:28	845.6	804.3	663.6	727.8	552.9	555	267.13	234.92	193.43	87.87	
date	Time	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	
06/04/39	8:41:28	892.3	819.3	672.2	733.1	555	557.4	266.85	235.26	192.39	90.21	
06/04/39	9:11:28	903.9	834.3	690.9	735.5	563.1	570.5	271.84	242.91	200.79	94.7	
06/04/39	9:41:28	840	821.6	724.6	759.1	582.5	591.7	284.95	255.51	213.61	96.32	
06/04/39	10:11:28	915.7	841.1	743.9	766.3	592.8	614.4	289.64	261.09	219.51	100.96	
06/04/39	10:41:28	945.8	855.7	762.2	769.2	604.3	642.1	295.79	267.81	225.87	101.31	
06/04/39	11:11:28	715.8	792.9	738.9	727	597.3	652.1	298.53	270.92	227.4	96.96	
06/04/39	11:41:28	650.3	732.6	720.2	679.8	584	598.1	310.29	283.22	239.83	89.53	
06/04/39	12:11:28	602	692.4	649.4	636.2	599.9	199.5	314.04	289.49	248.39	88.54	
06/04/39	12:41:28PM	564.8	651.1	660.4	601.9	552.8	47.71	319.76	296	256.21	82.64	
06/04/39	13:11:28	536.7	618.3	643.5	571.2	541.1	-60.52	323.58	301.28	263	69.77	
06/04/39	13:41:28	514.6	593.9	611.4	551.4	539.1	530.4	322.7	301.31	261.84	62.05	
06/04/39	14:11:28	498.5	569	617	531.6	509.6	507.8	328.3	308.29	272.69	53.37	
06/04/39	14:41:28	482.4	549.5	600.9	514.1	492.8	487.1	329.3	310.34	274.74	48.8	
06/04/39	15:11:28	464.7	542.4	582.9	477.7	488.5	468.4	312.33	309.25	268.02	42.88	
06/04/39	15:41:28	452.2	498.2	636.9	492.8	427.7	449.9	343.4	287.88	341.2	42.17	
06/04/39	16:11:28	450.6	501.7	562.1	470.9	443.2	429.5	332.4	309.06	279.28	37.63	

ตารางที่ ผ.6.4

06/04/39	16:41:28	435.6	490	551.9	460.7	435.8	419.9	330.7	314.04	281.49	36.77	
06/04/39	17:11:28	423.3	479.8	532.1	447.6	422.4	406.5	326.49	309.48	275.99	44.75	
06/04/39	17:41:28	404.7	464.7	507.2	431.9	412	398.4	325.08	308.71	274.7	55.96	
06/04/39	18:11:28	391	455.4	476.5	414.1	388.6	384.2	320.93	304.86	272.21	57.74	
06/04/39	18:41:28	380.3	434.3	468.3	397	373.9	367.3	319.62	303.56	271.94	58.18	
06/04/39	19:11:28	368	419	452.4	379.8	361.6	343.2	314.83	299.05	268.09	61.82	
06/04/39	19:41:28	357	400.9	436.1	364.6	344.3	320.86	311.7	296.31	267.08	63.86	
06/04/39	20:11:28	346.2	384.3	414.7	351.7	322.23	297.34	307.67	292.27	263.86	64.96	
06/04/39	20:41:28	335.3	367.2	401.4	340.6	300.98	274.09	301.69	286.25	257.95	66.47	
06/04/39	21:11:28	324.57	352.8	387.9	329.4	278.6	250.84	296.07	280.25	252.47	68.37	
06/04/39	21:41:28	316.14	341	368.9	318.24	260.86	229.84	292.27	276.45	249.59	72.79	
06/04/39	22:11:28	308.24	326.88	355.3	308.51	241.31	209.35	286.36	271.13	245.09	75.62	
06/04/39	22:41:28	298.35	314.48	343	298.17	222.78	189.95	278.91	263.59	237.79	77.37	
06/04/39	23:11:28	291.77	304.3	332.7	289.61	208.88	173.97	273.39	258.67	233.22	78.52	
06/04/39	23:41:28	283.19	294.96	316.43	278.73	194.04	157.84	267.08	252.8	228.64	81.68	
07/04/39	0:11:28	277.88	283.65	309.01	271.86	182.57	146.45	261.7	247.71	223.12	81.16	
07/04/39	12:41:28AM	270.6	273.13	294.69	263.6	170.6	134.37	255.36	241.37	217.92	87.69	
07/04/39	1:11:28	260.3	263.77	283.89	254.32	157.64	122.43	246.53	233.09	209.65	97.09	
07/04/39	1:41:28	252.35	255.32	273.32	246.76	147.01	111.39	239.71	226.8	203.8	108.64	
07/04/39	2:11:28	243.44	247.9	264.38	238.04	137.24	101.89	232.27	219.81	196.94	116.79	
07/04/39	2:41:28	239.29	242.39	251.17	231.89	130.79	96.15	226.76	214.49	192.41	126.56	
07/04/39	3:11:28	231.47	234.27	242.65	225.58	123.29	90.26	221.18	209.82	188.1	133.31	
date	Time	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	
07/04/39	3:41:28	223.85	227.15	234.85	219.73	115.81	83.16	213.9	202.59	181.23	141.62	
07/04/39	4:11:28	222.63	218.64	216.75	212.09	114.52	81.26	210.87	199.77	179.59	148.91	
07/04/39	4:41:28	210.91	209.83	216.53	205.95	104.87	74.44	202.16	191.53	171.57	151.12	
07/04/39	5:11:28	209.89	200.54	202.57	200.51	103.4	73.48	197.9	186.95	168.11	154.73	
07/04/39	5:41:28	201.41	194.58	194.94	193.11	96.56	68.62	190.11	179.94	161.29	160.66	
07/04/39	6:11:28	194.81	188.04	191.54	187.39	92.76	66.47	184.81	175.51	156.78	163.54	
07/04/39	6:41:28	192.56	180.85	174.95	181.12	92.55	64.14	180.7	171.5	153.82	171.23	
07/04/39	7:11:28	180.22	172.7	177.45	174.7	85.06	59.38	172.72	164.56	146.74	173.37	
07/04/39	7:41:28	181.06	165.93	162.03	169.97	83.68	59.42	169.76	161.23	144.96	178.76	
07/04/39	8:11:28	176.01	159.99	161.47	163.73	81.75	58.65	164.76	156.49	140.87	177.45	
07/04/39	8:41:28	165.81	155.3	132.08	156.19	95.15	53.63	155.38	147.61	131.84	183.54	
07/04/39	9:11:28	92.44	149.67	132.35	133.1	95.17	57.84	154.16	144.44	131.57	124.28	
07/04/39	9:41:28	75.94	133.62	132.57	110.94	75.66	52.49	148.13	139.34	126.63	115.3	
07/04/39	10:11:28	68.12	119.61	120.03	91.87	71.6	52.16	145.5	137.06	125.47	105.2	
07/04/39	10:41:28	64.92	111.74	111.77	81.64	67.06	49.57	139.03	132.1	120.26	99.2	

ตารางที่ ผ.6.4

07/04/39	11:11:28	60.31	99.95	101.72	71.95	63.68	48.76	134.69	127.87	116.89	91.96	
07/04/39	11:41:28	55.68	91.36	92.72	64.77	59.58	46.39	129.77	123.63	113	88.04	
07/04/39	12:11:28	51.92	83.23	82.89	58.04	56.21	45.64	125.84	120.06	110.48	84.37	
07/04/39	12:41:28	48.15	79.23	75.62	52.83	51.78	43.06	119.6	114.2	105.17	82.58	
07/04/39	13:11:28	46.49	72.1	73.56	50.23	50.07	42.45	115	110.08	102.06	78.54	
07/04/39	13:41:28	46.04	68.3	70.4	48.85	49.23	42.16	111.01	106.42	99.1	76.76	
07/04/39	14:11:28	46.29	62.98	69.18	48.34	49.87	43.44	108.58	104.2	97.72	72.25	
07/04/39	14:41:28	44.88	61.05	63.73	47.37	49.1	42.89	104.67	100.46	94.28	70.28	
07/04/39	15:11:28	42.65	56.63	56.95	44.55	47.97	39.12	99.64	95.19	90.13	65.82	
07/04/39	15:41:28	58.27	63.08	64.87	48.89	47.52	42.14	93.62	91.1	86.1	43.75	
07/04/39	16:11:28	66.67	66.77	67.46	57.17	49.63	44.97	95.5	94.11	86.71	41.34	
07/04/39	16:41:28	69.4	66.77	69.5	60.62	51.01	46.73	93.98	92.74	85.34	40.74	
07/04/39	17:14:56	70.89	67.39	70.14	62.35	51.86	47.73	91.73	90.23	83.41	39.11	
07/04/39	17:44:56	72.04	68.6	70.12	63.88	52.68	48.8	89.32	87.76	80.76	39.08	
07/04/39	18:14:56	72.84	70.08	69.96	65.4	54	50.24	87.8	86.04	78.96	39.76	
07/04/39	18:44:56	74.04	70.56	70.96	66.96	54.84	51.28	86.04	83.92	76.76	38.48	
07/04/39	19:14:56	73.8	71.56	70.2	67.16	54.8	51.48	82.84	80.48	73	36.76	
07/04/39	19:44:56	73.88	71.04	70.4	67.6	54.96	51.76	81.2	78.56	71.16	34.2	
07/04/39	20:14:56	72.52	70.72	68.84	67.2	54.48	51.48	77.88	75.12	67.88	33.72	
07/04/39	20:44:56	73.84	70.28	70.64	68.52	56.24	53	77.84	74.96	68.08	35.76	
07/04/39	21:14:56	72.84	69.88	69.32	67.64	55.44	52.44	75.48	72.4	65.72	33.88	
07/04/39	21:44:56	73.6	69.88	70.76	68.52	56.68	53.6	74.96	71.68	65.08	34.28	
07/04/39	22:14:56	72.72	70.16	68.16	68.24	57.44	53.48	72.76	69.32	62.76	34.72	
date	Time	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	
07/04/39	22:44:56	73.92	71.16	71	69.52	57.84	55.12	72.88	69.24	62.88	35.92	
07/04/39	23:14:56	74.6	70.12	72.52	70.28	58.84	56.32	72.36	68.6	62.36	35.6	
07/04/39	23:44:56	74.32	70.68	71.96	70.44	58.8	56.48	70.84	67.2	60.76	35.04	
08/04/39	0:14:56	72.96	70.16	70.24	69.6	58.16	55.8	68.8	65.04	58.6	34.04	
08/04/39	0:44:56	72.68	70.92	69.88	69.84	58.48	56	67.96	64.12	57.6	33.96	
08/04/39	1:14:56	73.04	70.44	66.6	69.64	64.44	57.44	67.88	63.76	58.08	35.2	
08/04/39	1:44:56	73.8	70.32	70	71.24	62.76	58.28	67.56	63.56	57.08	34.84	
08/04/39	2:14:56	72.56	71.12	71.36	70.64	59.72	57.84	65.92	61.84	55.72	34.32	
08/04/39	2:44:56	72.32	69.64	71.12	70.28	59.72	57.68	65	60.68	54.6	31.64	
08/04/39	3:14:56	71.16	70.36	70.08	69.04	58.96	57	63.88	59.64	53.8	33.4	
08/04/39	3:44:56	71.6	69.36	71.68	69.76	60.04	58.12	63.92	59.72	53.84	33.84	
08/04/39	4:14:56	70.52	69.4	70	69.16	59.24	57.36	62.16	57.88	51.96	32.8	
08/04/39	4:44:56	70.92	69.08	71.04	69.56	60	58.2	62.28	58.04	52.08	32.8	
08/04/39	5:14:56	70.32	69.24	70.16	69.4	59.88	58.08	61.56	57.24	51.36	32.6	

ตารางที่ ผ.6.4

08/04/39	5:44:56	69.96	69.24	70.64	69.04	60.24	58.4	61.32	57.08	51.52	32.64	
08/04/39	6:14:56	70.04	68.16	71.08	69.12	60.16	58.52	60.88	56.6	50.68	32	
08/04/39	6:44:56	69.2	68.16	70.44	68.6	59.88	58.24	60	55.84	50	31.72	
08/04/39	7:14:56	68.32	67.64	69.88	67.76	59.52	57.96	59.16	54.88	49.4	31.96	
08/04/39	7:44:56	67.72	68.16	68.12	67.6	58.92	57.4	58.08	53.64	48.04	30.88	
08/04/39	8:14:56	65.52	67.4	66.52	65.96	58	56.24	56.44	51.88	46.44	34.2	
08/04/39	8:44:56	64.76	66.84	66.2	65.2	57.28	55.72	55.24	50.8	45.44	33.92	
08/04/39	9:14:56	64.16	65.4	64.92	64.6	57.68	55.16	54.48	49.96	44.76	33.44	
08/04/39	9:44:56	63.4	63.56	62.16	63.48	58.88	54.44	53.56	49.32	44.52	35.8	
08/04/39	10:14:56	62.36	64.44	62.04	62.88	57.24	54	52.08	47.84	43.04	35.52	
08/04/39	10:44:56	63.64	64.72	63.08	64.16	58.64	55.12	53.6	49.56	44.88	32.96	
08/04/39	11:14:56	62.64	64.44	64.24	63	55.92	54.08	52.68	48.8	44.4	33.76	
08/04/39	11:44:56	61.92	64.28	63.6	62.36	55.16	53.68	51.32	47.52	43.08	33.96	
08/04/39	12:14:56	61.6	63.92	63.36	61.76	54.68	53.16	50.36	46.72	42.4	33.68	
08/04/39	12:44:56	61.68	64.04	63.36	61.8	54.68	53.28	50.36	46.76	42.76	34.4	
08/04/39	13:14:56	62.88	65.12	64.44	62.96	55.52	54.08	51.32	48.04	44.16	34.6	
08/04/39	13:44:56	61.52	64.44	63.4	61.76	55.04	53.32	50.28	46.88	43.24	36.56	
08/04/39	14:14:56	61.2	64.36	62.84	61.28	54.8	52.96	49.68	46.28	42.76	36.72	
08/04/39	14:44:56	63.92	65.28	65.4	63.8	56.72	55.04	52.24	49.24	45.6	38.36	
08/04/39	15:14:56	62.96	64.2	64.68	62.12	56.04	52.12	51.32	48.24	45.12	38.88	
08/04/39	15:44:56	59.48	64.12	63.64	57.76	56	53.96	48.04	43.84	44.52	42.32	
08/04/39	16:14:56	61.36	64.92	62.92	61.16	55.68	54.16	49.76	46.92	44	37.04	
08/04/39	16:44:56	63.28	64.88	64.76	63	56.92	55.44	51.88	49.36	46.44	36.4	
08/04/39	17:14:56	63.68	64.92	65.36	63.44	57.36	55.92	52.56	50	47.28	35.16	
date	Time	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D	9D	10D	
08/04/39	17:44:56	64.8	66.08	66.72	64.6	58.76	57.48	53.76	51.4	48.28	35.48	
08/04/39	18:14:56	65.32	67	67.04	65.4	59.56	58.32	54.48	52.12	48.52	34.36	
08/04/39	18:44:56	65.56	67.04	67.84	65.88	60.36	59.08	55.2	52.8	49.16	33.56	
08/04/39	19:14:56	65	67.32	67.24	65.44	59.92	58.8	54.44	51.88	47.96	32.52	
08/04/39	19:44:56	64.64	66.32	65.24	65.12	61.96	58.96	54.44	51.8	47.76	31.84	
08/04/39	20:14:56	64.16	66.12	64.68	64.88	61.76	58.68	54.04	51.32	46.96	31.16	
08/04/39	20:44:56	63.68	65.48	64.28	64.52	62.12	58.68	53.84	51.08	46.52	30.88	
08/04/39	21:14:56	63.48	66.4	63.72	64.48	62.36	58.88	53.44	50.4	45.72	31.12	
08/04/39	21:44:56	63.92	65.8	64.64	64.68	62.96	59.48	54.08	51.16	46.56	30.76	
08/04/39	22:14:56	63.72	65.92	64.72	64.8	62.92	59.68	53.96	51	46.44	30.8	
08/04/39	22:44:56	63.12	66.24	66.24	64.56	60.16	59.24	53.4	50.48	45.64	30.2	
08/04/39	23:14:56	62.76	65.36	65.88	63.92	60.12	59.08	53.12	50.04	45.36	29.6	
08/04/39	23:44:56	62.32	64.88	66.8	63.36	60.44	59.32	53.12	50.04	45.64	29.36	

ตารางที่ ผ.6.4

		ambient						ambient			
date	Time	Twb	Tdb			date	Time	Twb	Tdb		
03/04/39	20:16:22	26	28			04/04/39	14:16:22	27	30		
03/04/39	20:46:22	26	28			04/04/39	14:46:22	25	28		
03/04/39	21:16:22	25	27			04/04/39	15:16:22	24	26		
03/04/39	21:46:22	25	27			04/04/39	15:46:22	24	26		
03/04/39	22:16:22	25	27			04/04/39	16:16:22	24	27		
03/04/39	22:46:22	24	26.5			04/04/39	16:46:22	25	27		
03/04/39	23:16:22	24.5	26			04/04/39	17:16:22	25	27		
03/04/39	23:46:22	25	26			04/04/39	17:46:22	25	27		
04/04/39	0:16:22	24.5	26			04/04/39	18:16:22	25	26		
04/04/39	0:46:22	24.5	26			04/04/39	18:46:22	24.5	26		
04/04/39	1:16:22	24.5	27			04/04/39	19:16:22	24.5	25		
04/04/39	1:46:22	25	27			04/04/39	19:46:22	24	25		
04/04/39	2:16:22	25	26			04/04/39	20:16:22	24	25		
04/04/39	2:46:22	25	26			04/04/39	20:46:22	24.5	25.5		
04/04/39	3:16:22	24	25			04/04/39	21:16:22	24.5	25		
04/04/39	3:46:22	24	25			04/04/39	21:46:22	24	25		
04/04/39	4:16:22	24	25.5			04/04/39	22:16:22	24	25		
04/04/39	4:46:22	23.5	26			04/04/39	22:46:22	23.5	24		
04/04/39	5:16:22	25	26			04/04/39	23:16:22	23.5	25		
04/04/39	5:46:22	24	25			04/04/39	23:46:22	24	25		
04/04/39	6:16:22	23.5	26			04/04/39	0:16:22	24	25		
04/04/39	6:46:22	23.5	25			05/04/39	0:46:22	24	25		
04/04/39	7:16:22	25	27.5			05/04/39	1:16:22	24	25		
04/04/39	7:46:22	24.5	27			05/04/39	1:46:22	24	25		
04/04/39	8:16:22	25	29			05/04/39	2:16:22	24	25		
04/04/39	8:46:22	25	29			05/04/39	2:46:22	24.5	25		
04/04/39	9:16:22	27	31			05/04/39	3:16:22	24.5	25		
04/04/39	9:46:22	27	32			05/04/39	3:46:22	24	25		
04/04/39	10:16:22	27	32			05/04/39	4:16:22	24	24		
04/04/39	10:46:22	27	33			05/04/39	4:46:22	24	24		
04/04/39	11:16:22	27	34			05/04/39	5:16:22	24	24		
04/04/39	11:46:22	27	34			05/04/39	5:46:22	24	24		
04/04/39	12:16:22	27	34			05/04/39	6:16:22	-	-		
04/04/39	12:46:22	27	34			05/04/39	6:46:22	-	-		
04/04/39	13:16:22	27	34			05/04/39	7:16:22	-	-		
04/04/39	13:46:22	27	31			05/04/39	7:46:22	-	-		

ตารางที่ ผ.6.4

date	Time	Twb	Tdb			date	Time	Twb	Tdb			
05/04/39	8:16:22	-	-			06/04/39	3:11:28	24	25			
05/04/39	8:46:22	-	-			06/04/39	3:41:28	24	25			
05/04/39	9:16:22	-	-			06/04/39	4:11:28	24	26			
05/04/39	9:46:22	-	-			06/04/39	4:41:28	24	25			
05/04/39	10:16:22	-	-			06/04/39	5:11:28	24	26			
05/04/39	10:46:22	-	-			06/04/39	5:41:28	24	26			
05/04/39	11:16:22	-	-			06/04/39	6:11:28	24	26			
05/04/39	11:46:22	27	32			06/04/39	6:41:28	25	26			
05/04/39	12:16:22	27	32			06/04/39	7:11:28	25	27			
05/04/39	12:46:22	27	32			06/04/39	7:41:28	25	27			
05/04/39	13:16:22	27	32			06/04/39	8:11:28	25	28			
05/04/39	13:46:22	27	31			06/04/39	8:41:28	25	28			
05/04/39	14:16:22	27	30			06/04/39	9:11:28	25	29			
05/04/39	14:46:22	25	29			06/04/39	9:41:28	25	31			
05/04/39	15:16:22	25	30			06/04/39	10:11:28	25	30			
05/04/39	15:46:22	27	32			06/04/39	10:41:28	25	30			
05/04/39	16:16:22	27	31			06/04/39	11:11:28	25	30			
05/04/39	16:46:22	27	31			06/04/39	11:41:28	27	29			
05/04/39	17:16:22	27	31			06/04/39	12:11:28	26	31			
05/04/39	17:46:22	27	30			06/04/39	2:41:28PM	26	33			
05/04/39	18:16:22	27	30			06/04/39	13:11:28	26	33			
05/04/39	18:46:22	27	29			06/04/39	13:41:28	26	34			
05/04/39	19:16:22	27	29			06/04/39	14:11:28	26	34			
05/04/39	19:46:22	26	28			06/04/39	14:41:28	26	34			
05/04/39	20:16:22	26	28			06/04/39	15:11:28	27	34			
05/04/39	20:46:22	26	29			06/04/39	15:41:28	27	34			
05/04/39	21:16:22	26	28			06/04/39	16:11:28	27	35			
05/04/39	22:16:22	26	27			06/04/39	16:41:28	28	35			
05/04/39	22:46:22	25.5	27			06/04/39	17:11:28	28	32			
05/04/39	23:16:22	25.5	27			06/04/39	17:41:28	27	31			
05/04/39	23:46:22	25	26			06/04/39	18:11:28	27	30			
06/04/39	0:11:28	25	27			06/04/39	18:41:28	26	30			
06/04/39	0:41:28	25	28			06/04/39	19:11:28	26	30			
06/04/39	1:11:28	25	28			06/04/39	19:41:28	26	29			
06/04/39	1:41:28	25	28			06/04/39	20:11:28	26	29			
06/04/39	2:11:28	25	27			06/04/39	20:41:28	26	29			
06/04/39	2:41:28	24	26			06/04/39	21:11:28	26	28			

ตารางที่ ๘.6.5 ปริมาณความร้อนสูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา A อยู่ในกระบวนการเผา

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	ประตูเตา A (kJ)	ผนังเตา A (kJ)	ประตูเตา B (kJ)	ผนังเตา B (kJ)	ประตูเตา C (kJ)	ผนังเตา C (kJ)	ผนังเตา C (kJ)	หลังคาเตา A (kJ)	หลังคาเตา B (kJ)	หลังคาเตา C (kJ)	หลังคาเตา D (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา A (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา B (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา C (kJ)
04/04/39	7:46:22	30.0	574.270	5489.231	86.554	690.406	9.371	-	-	6288.330	2490.868	1431.592	56.645	1714.893	1503.753	352.091
04/04/39	8:16:22	30.0	612.992	5437.620	96.011	296.742	11.155	-	-	5704.783	2687.505	1515.707	96.299	1595.138	1536.335	282.762
04/04/39	8:46:22	30.0	679.137	5753.267	109.062	114.295	14.023	-	-	7289.004	2856.300	1616.126	121.141	1592.774	1553.322	284.275
04/04/39	9:16:22	30.0	756.988	6190.029	126.374	56.204	18.181	-	-	8531.585	2961.107	1668.396	118.014	1787.808	1624.147	373.085
04/04/39	9:46:22	30.0	804.022	6378.729	144.385	142.774	22.401	-	-	8159.861	3130.154	1723.591	120.537	2004.904	1638.075	470.366
04/04/39	10:16:22	30.0	884.792	6740.909	167.143	439.686	27.206	-	-	8712.302	3302.082	1775.466	114.911	2213.131	1718.613	544.285
04/04/39	10:46:22	30.0	987.240	7266.274	192.116	868.422	31.802	-	-	8754.441	3466.219	1823.187	98.938	2220.066	1894.942	589.736
04/04/39	11:16:22	30.0	1049.521	7624.361	216.237	797.896	35.783	-	-	8208.878	3548.161	1903.679	124.859	2051.162	1965.806	607.542
04/04/39	11:46:22	30.0	1103.888	7922.909	241.786	859.536	40.424	-	-	8708.367	3579.339	2000.937	173.364	1916.271	1995.412	634.754
04/04/39	12:16:22	30.0	1178.077	8161.398	266.342	1283.073	45.939	-	101.944	9055.801	3579.030	2062.221	199.285	1988.575	2091.915	722.144
04/04/39	12:46:22	30.0	1241.192	8697.836	286.014	1365.609	50.056	-	159.724	10618.501	3482.360	2043.036	392.170	2235.114	2266.653	1079.520
04/04/39	13:16:22	30.0	1279.818	9396.758	296.964	1251.301	49.842	-	168.144	12667.987	3488.712	2026.470	628.989	2645.928	2365.812	1325.220
04/04/39	13:46:22	30.0	1378.685	9752.978	309.180	1387.134	50.589	-	179.373	12781.287	3563.108	2025.464	660.556	3156.805	2390.962	1331.503
04/04/39	14:16:22	30.0	1479.400	10416.446	326.243	1878.903	54.539	-	270.411	12543.551	3651.846	2075.274	691.422	3310.638	2547.522	1458.091
04/04/39	14:46:22	30.0	1530.143	11714.524	341.947	2434.696	58.800	301.892	381.427	10902.973	3699.883	2183.496	754.757	3413.746	2727.032	1621.917
04/04/39	15:16:22	30.0	1560.006	13016.737	355.359	2870.637	63.875	877.426	563.976	10537.962	3793.283	2240.705	788.862	3384.509	2789.564	1743.854
04/04/39	15:46:22	30.0	1576.993	13987.687	367.506	3119.404	68.045	869.125	598.092	11256.481	4011.238	2320.011	840.737	3520.551	2762.204	1762.895
04/04/39	16:16:22	30.0	1634.458	14731.567	383.536	3457.175	73.556	665.076	430.836	13141.486	4170.959	2460.036	935.587	3914.533	2820.837	1819.776
04/04/39	16:46:22	30.0	1729.973	15159.638	400.466	3671.301	81.895	835.764	432.644	17534.672	4328.774	2538.985	1005.275	4259.707	2959.818	1973.602
04/04/39	17:16:22	30.0	1884.798	15612.565	413.633	3628.790	90.884	861.110	427.107	16865.954	4469.763	2603.094	1062.539	4446.853	3014.358	2062.726
04/04/39	17:46:22	30.0	2093.740	16470.376	431.278	3793.540	99.441	846.131	367.915	14678.573	4542.613	2683.512	1130.253	4229.072	3050.658	2130.776
04/04/39	18:16:22	30.0	2210.111	17368.835	450.698	4005.298	107.287	951.644	360.107	12204.821	5583.767	2762.100	1182.240	4082.371	3067.936	2240.025
04/04/39	18:46:22	30.0	2128.718	17580.572	477.012	4136.210	114.917	1138.921	322.944	8442.597	9145.110	3106.130	1282.417	3767.528	3151.202	2261.103
รวม (MJ)			30.359	240.871	6.486	42.549	1.220	7.347	3.885	115.566	43.745	22.898	8.983	35.019	26.344	17.617
			602.888													

ตารางที่ ผ.6.6 ปริมาณความร้อนสูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา B อยู่ในกระบวนการเผา

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	ประตูเตา B (kJ)	ผนังเตา B (kJ)	ประตูเตา C (kJ)	ผนังเตา C (kJ)	ประตูเตา D (kJ)	ผนังเตา D (kJ)	หลังคาเตา B (kJ)	หลังคาเตา C (kJ)	หลังคาเตา D (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา B (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา C (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา D (kJ)	
04/04/39	18:46:22	30.0	476.984	3904.738	114.497	1195.514	12.048	242.109	8842.819	3043.224	1247.426	2954.272	2163.838	112.601	
04/04/39	19:16:22	30.0	627.023	3891.746	136.363	1174.801	16.030	192.110	12063.850	3518.074	1371.181	3335.747	2348.017	120.553	
04/04/39	19:46:22	30.0	892.197	3804.534	172.831	1213.090	20.761	194.469	13506.828	3774.941	1476.796	3588.986	2645.573	183.188	
04/04/39	20:16:22	30.0	1120.774	4052.173	210.911	1276.315	26.675	231.752	14061.502	3992.284	1583.056	3558.466	2922.303	271.805	
04/04/39	20:46:22	30.0	1316.949	4454.778	250.459	1325.941	32.805	291.271	15654.759	4209.861	1688.956	3110.585	3151.917	385.784	
04/04/39	21:16:22	30.0	1500.601	4533.930	289.932	1308.967	39.149	262.687	16523.397	4483.462	1798.294	2610.893	3314.583	493.415	
04/04/39	21:46:22	30.0	1654.020	4836.419	339.963	1449.840	46.062	254.458	15473.972	4483.978	1898.157	3663.199	3543.777	555.751	
04/04/39	22:16:22	30.0	1782.561	5464.953	394.277	1773.562	54.890	236.570	14597.432	4183.767	1987.331	4786.686	3888.653	596.182	
04/04/39	22:46:22	30.0	1904.197	6036.470	446.929	2186.976	63.349	300.132	14037.546	4452.568	2087.184	4805.559	4091.568	634.754	
04/04/39	23:16:22	30.0	2000.492	6216.285	495.438	2659.765	72.039	429.307	14919.712	5188.960	2196.156	4848.310	4139.409	699.224	
04/04/39	23:46:22	30.0	2093.795	6548.867	539.206	2896.946	85.193	410.973	13795.046	5522.582	2268.939	4763.224	4246.909	1010.676	
04/04/39	0:16:22	30.0	2127.559	7528.300	576.847	2958.037	97.184	364.328	12414.908	5523.144	2273.503	4405.789	4387.988	1244.919	
05/04/39	0:46:22	30.0	2082.429	8416.294	606.010	3163.954	105.983	250.857	13007.579	5576.647	2311.682	4156.074	4541.699	1239.773	
05/04/39	1:16:22	30.0	2061.231	9099.362	635.136	3505.619	118.748	55.489	14083.054	5698.275	2380.183	4219.338	4803.792	1297.983	
05/04/39	1:46:22	30.0	2152.017	9816.847	665.799	3883.010	131.027	45.280	15020.941	5884.890	2394.130	4213.711	4950.530	1394.202	
05/04/39	2:16:22	30.0	2309.297	10624.180	698.799	4263.254	140.958	179.433	15617.392	5852.580	2321.941	4340.545	4978.629	1516.940	
05/04/39	2:46:22	30.0	2399.646	11795.493	717.394	4465.104	154.173	325.908	16281.539	5888.211	2395.066	4313.455	4974.877	1586.740	
05/04/39	3:16:22	30.0	2493.834	12667.295	738.836	4507.000	168.455	358.350	17014.032	6169.291	2581.365	4171.244	4958.236	1631.810	
05/04/39	3:46:22	30.0	2647.709	13365.949	774.667	4699.335	180.054	419.811	11862.002	5837.720	2581.722	4428.059	5040.370	1751.517	
05/04/39	4:16:22	30.0	2540.790	14225.056	762.756	5062.019	180.151	482.327	6280.213	4925.740	2221.802	6133.349	4100.553	1857.739	
รวม (MJ)			36,184	151,284	9,567	54,969	1,746	5,528	275,059	98,210	41,065	82,407	79,193	18,586	853,797

ตารางที่ ผ.6.7 ปริมาณความร้อนสูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา C อยู่ในกระบวนการเผา

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	ประตูเตา A(kJ)	ผนังเตา A (kJ)	ประตูเตา C (kJ)	ผนังเตา C (kJ)	ประตูเตา D (kJ)	ผนังเตา D (kJ)	หลังคาเตา A (kJ)	หลังคาเตา C (kJ)	หลังคาเตา D (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา A (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา C (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา D (kJ)	
05/04/39	10:46:22	30.0	0.217	8224.805	432.709	8047.582	134.065	3027.016	860.917	4622.800	1854.819	-	2442.121	1446.853	
05/04/39	11:16:22	30.0	0.292	7499.498	503.822	7998.150	141.830	3008.733	1023.652	6471.308	2145.678	323.367	3487.056	1524.933	
05/04/39	11:46:22	30.0	1.326	6799.986	659.374	7881.951	152.303	2905.081	1059.666	7695.303	2329.136	496.446	4044.360	1587.593	
05/04/39	12:16:22	30.0	2.341	6139.724	783.931	7585.550	161.706	2571.286	1079.943	8949.819	2535.637	585.114	4513.032	1704.268	
05/04/39	12:46:22	30.0	3.340	5563.989	967.157	7513.771	172.597	2351.688	1128.039	10228.333	2774.056	630.730	5012.940	1810.870	
05/04/39	13:16:22	30.0	4.581	5204.357	1177.094	7872.184	188.752	2543.040	1168.805	9842.002	2923.426	681.443	5482.638	1927.397	
05/04/39	13:46:22	30.0	5.986	4751.111	1195.438	8126.803	205.954	2741.731	1198.405	10039.473	3089.752	723.640	5851.756	2057.658	
05/04/39	14:16:22	30.0	7.418	4074.740	1285.451	8375.712	218.919	2776.471	1225.513	10924.176	3255.818	764.434	6150.523	2140.553	
05/04/39	14:46:22	30.0	8.921	3559.778	1444.448	8500.531	226.778	2803.590	1250.487	11169.551	3315.480	818.347	6587.121	2246.739	
05/04/39	15:16:22	30.0	10.634	3231.089	1552.913	8547.165	232.211	2609.849	1296.477	10146.801	3351.371	884.035	7080.329	2402.165	
05/04/39	15:46:22	30.0	12.385	2913.473	1525.115	8778.410	245.707	2544.685	1363.831	10425.036	3495.473	918.393	7246.736	2570.941	
05/04/39	16:16:22	30.0	15.037	2658.993	1548.526	9358.651	270.885	3194.317	1419.311	11961.395	3678.920	974.575	7400.165	2682.005	
05/04/39	16:46:22	30.0	18.450	2479.131	1696.951	9971.210	282.256	3555.780	1581.165	10794.303	3779.427	1097.994	7363.371	2661.022	
05/04/39	17:16:22	30.0	21.250	2328.559	1669.394	10515.879	297.425	3352.123	1688.404	11112.780	3893.791	1214.585	6951.016	2618.072	
05/04/39	17:46:22	30.0	23.818	2239.565	1779.506	11095.200	316.918	3314.790	1694.885	14008.067	4019.156	1304.680	7077.428	2615.430	
05/04/39	18:16:22	30.0	27.297	2207.425	2042.372	11599.975	336.973	3214.528	1697.504	15351.253	4158.466	1404.305	7671.793	2619.138	
05/04/39	18:46:22	30.0	32.026	2120.681	2132.517	11376.088	357.766	3517.222	1684.260	15820.489	4269.664	1510.782	8148.168	2674.089	
05/04/39	19:16:22	30.0	36.536	1970.136	2304.998	10074.631	363.564	4063.866	1778.359	17050.704	4346.136	1551.344	8642.838	2838.364	
05/04/39	19:46:22	30.0	41.572	1886.747	2635.237	10467.419	412.152	4346.155	1878.061	17227.621	4423.221	1607.090	8984.688	2948.169	
05/04/39	20:16:22	30.0	47.663	1747.322	2737.891	12818.079	453.576	4595.707	1932.540	17089.737	4459.451	1685.505	8920.826	2944.243	
05/04/39	20:46:22	30.0	52.787	1711.249	2779.819	14438.227	491.941	4649.598	1987.875	17526.300	4518.186	1740.695	8649.334	2951.240	
05/04/39	21:16:22	30.0	58.242	1864.115	2881.047	15236.405	519.447	4596.276	2212.752	18375.831	4689.123	1781.035	8356.533	2968.054	
05/04/39	22:16:22	60.0	116.371	3840.772	5763.249	30651.138	1038.819	8783.897	4819.301	39259.110	9610.020	3737.396	16841.073	6361.612	
05/04/39	22:46:22	30.0	58.063	1976.599	2880.449	15384.942	519.278	4216.256	2492.445	17010.633	5258.154	1967.133	8520.431	3382.960	
รวม (MJ)			0.602	58.330	44.379	230.702	7.742	85.284	39.543	323.103	92.174	28.387	171.426	61.684	1143.357

ตารางที่ ผ.6.8 ปริมาณความร้อนสูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา D อยู่ในกระบวนการเผา

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	ประตูเตา A(kJ)	ผนังเตา A (kJ)	ประตูเตา B (kJ)	ผนังเตา B (kJ)	ประตูเตา D (kJ)	ผนังเตา D (kJ)	หลังคาเตา A (kJ)	หลังคาเตา B (kJ)	หลังคาเตา D (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา A (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา B (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา D (kJ)	
05/04/39	23:18:22	30.0	81.967	2166.226	-	4049.607	717.613	5960.935	2519.903	736.824	7198.199	1514.885	203.419	1153.697	
05/04/39	23:46:22	30.0	95.211	2155.654	0.374	3651.421	828.226	5826.474	2601.405	827.290	8663.262	918.768	279.732	1696.099	
06/04/39	0:11:28	25.0	91.175	1804.335	1.071	2755.246	788.719	4819.692	2238.855	773.556	8532.629	717.686	258.169	1888.181	
06/04/39	0:41:28	30.0	124.547	2259.020	2.380	2998.041	1072.701	6063.567	2902.725	966.320	11894.394	809.477	362.417	2696.315	
06/04/39	1:11:28	30.0	140.875	2389.954	3.753	2786.121	1256.400	6623.409	3037.020	1003.971	11336.079	896.601	394.315	3042.581	
06/04/39	1:41:28	30.0	157.673	2491.741	5.175	2579.928	1381.080	7223.301	3191.820	1035.823	12150.875	994.622	435.452	3345.116	
06/04/39	2:11:28	30.0	175.725	2555.624	6.738	2433.173	1530.221	7634.631	3379.361	1062.829	13554.937	1023.520	525.432	3447.128	
06/04/39	2:41:28	30.0	194.462	2620.321	8.340	2283.520	1658.841	8183.428	3573.108	1099.977	14309.462	1071.927	574.383	3515.713	
06/04/39	3:11:28	30.0	217.018	2752.457	10.389	2152.420	1798.093	8678.490	3753.011	1129.947	14822.043	1221.256	580.635	3610.064	
06/04/39	3:41:28	30.0	240.893	2870.674	12.864	1939.421	1968.985	9409.546	3876.183	1154.314	15754.626	1248.958	598.059	3740.207	
06/04/39	4:11:28	30.0	263.178	2945.725	15.261	1760.868	2093.910	9778.191	4015.852	1188.225	16050.652	1212.555	621.887	3833.057	
06/04/39	4:41:28	30.0	288.481	3156.793	17.986	1732.114	2211.871	10555.324	4186.452	1225.917	16173.419	1320.574	648.855	3800.401	
06/04/39	5:11:28	30.0	315.790	3438.099	21.335	1716.432	2417.430	11928.257	4312.529	1279.663	17302.407	1465.431	660.176	3655.113	
06/04/39	5:41:28	30.0	338.967	3593.078	25.211	1713.235	2551.276	12756.023	4334.745	1330.579	16064.505	1633.689	702.142	3566.849	
06/04/39	6:11:28	30.0	357.726	3682.874	29.166	1702.812	2532.920	13057.631	4420.530	1376.501	15561.748	1711.262	766.236	3369.905	
06/04/39	6:41:28	30.0	375.676	3767.006	32.996	1629.065	2589.009	13618.054	4613.816	1427.809	18009.963	1669.070	794.190	3255.402	
06/04/39	7:11:28	30.0	395.970	3820.609	38.023	1499.925	2779.481	14744.259	4775.358	1437.300	17727.887	1658.182	800.865	3246.514	
06/04/39	7:41:28	30.0	416.374	4009.753	42.333	1200.227	2961.801	16481.111	4869.470	1432.558	16973.061	1725.871	798.958	3339.245	
06/04/39	8:11:28	30.0	436.227	4012.209	45.457	765.484	3093.107	17385.515	4925.849	1411.108	17879.553	1822.239	793.787	3533.446	
06/04/39	8:41:28	30.0	455.744	4103.408	50.924	501.502	3191.145	18078.045	4962.025	1474.689	16850.605	1849.620	762.668	3503.194	
06/04/39	9:11:28	30.0	478.775	4100.818	58.225	492.195	3313.581	19777.215	5070.393	1605.009	16932.981	1932.481	747.270	3490.473	
06/04/39	9:41:28	30.0	505.412	3821.648	64.755	228.368	3455.232	20918.603	5207.673	1685.037	19061.432	2011.529	819.138	3505.545	
06/04/39	10:11:28	30.0	530.376	3652.895	73.027	90.206	3586.951	21186.630	5064.162	1661.418	16212.145	1934.719	958.780	3668.481	
รวม (MJ)			6.678	72.271	0.565	42.661	49.779	270.888	91.832	28.327	339.017	32.355	14.087	73.903	1022.363

ตารางที่ ผ.6.9 ปริมาณความร้อนสูญเสียผ่านเตาเผาอัฐเมื่อเตา A อยู่ในกระบวนการเผา (ครั้งที่ 2)

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	ประตูเตา A (kJ)	ผนังเตา A (kJ)	ประตูเตา B (kJ)	ผนังเตา B (kJ)	ประตูเตา C (kJ)	ผนังเตา C (kJ)	หลังคาเตา A (kJ)	หลังคาเตา B (kJ)	หลังคาเตา C (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา A (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา B (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา C (kJ)	
06/04/39	16:41:28	30.0	412.986	8088.153	68.555	2541.522	1.288	11062.630	4427.364	1513.395	451.787	1198.106	480.001	-	
06/04/39	17:11:28	30.0	471.517	8285.521	70.185	2728.347	4.557	10078.866	7921.143	1665.133	846.129	1619.036	441.503	52.032	
06/04/39	17:41:28	30.0	658.919	8443.422	77.026	2815.553	16.802	9213.210	9233.381	1974.150	906.392	2110.612	479.882	129.533	
06/04/39	18:11:28	30.0	825.823	8541.115	86.568	2828.727	20.485	8382.945	13139.419	2274.429	964.890	2564.109	597.408	212.895	
06/04/39	18:41:28	30.0	1073.428	8433.921	100.153	2822.738	23.559	7489.075	19149.044	2629.855	1043.492	2884.540	665.903	243.812	
06/04/39	19:11:28	30.0	1533.600	8214.010	118.297	2763.485	27.294	6563.780	19153.311	2887.474	1118.991	3061.480	701.248	232.989	
06/04/39	19:41:28	30.0	1878.969	8363.411	139.495	2732.830	30.976	5804.202	18074.842	3096.737	1188.994	3135.569	768.681	298.732	
06/04/39	20:11:28	30.0	2070.310	8967.204	161.416	2803.619	34.481	5229.141	17310.180	3320.891	1260.048	3215.044	878.443	436.777	
06/04/39	20:41:28	30.0	2235.541	9638.986	184.348	2938.710	38.135	4797.994	18849.402	3543.984	1337.263	3213.633	957.771	519.852	
06/04/39	21:11:28	30.0	2454.935	10077.982	210.603	3181.811	42.343	4511.522	18975.629	3643.302	1370.520	3189.742	1014.133	576.428	
06/04/39	21:41:28	30.0	2610.063	10740.710	237.279	3249.798	46.321	4130.153	16852.742	3711.044	1398.742	3192.243	1108.663	631.933	
06/04/39	22:11:28	30.0	2646.270	11644.894	262.029	3072.334	49.838	3624.848	17593.841	3903.095	1484.822	3196.522	1226.607	667.236	
06/04/39	22:41:28	30.0	2763.426	12768.788	288.271	3146.729	54.829	3247.299	18473.906	4045.666	1581.806	3132.096	1336.950	705.693	
06/04/39	23:11:28	30.0	2899.752	13669.003	313.360	3313.675	59.709	2861.696	17768.564	4130.243	1633.814	3188.342	1382.894	738.980	
06/04/39	23:41:28	30.0	3012.298	14130.020	337.765	3562.525	64.301	2884.423	14775.393	8472.844	1840.198	3195.300	1085.682	850.964	
รวม (MJ)			27.548	150.007	2.655	44.502	0.515	89.882	231.498	50.812	18.428	42.096	13.126	6.278	677.348

ตารางที่ ผ.6.10 ปริมาณความร้อนสูญเสียผ่านเตาเผาอิฐเมื่อเตา B อยู่ในกระบวนการเผา (ครั้งที่ 2)

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	ประตูเตา B (kJ)	ผนังเตา B (kJ)	ประตูเตา C (kJ)	ผนังเตา C (kJ)	หลังคาเตา B (kJ)	หลังคาเตา C (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา B (kJ)	ท่อก๊าซร้อน เตา C (kJ)	
06/04/39	23:41:28	30.0	337.765	3533.994	64.380	2713.562	8881.457	1862.261	1260.226	817.352	
07/04/39	0:11:28	30.0	458.896	3802.629	77.466	2863.935	13190.273	2381.594	1366.577	992.223	
07/04/39	12:41:28	30.0	733.891	3728.536	107.510	2601.437	12798.451	2863.451	1758.797	1195.103	
07/04/39	1:11:28	30.0	1054.246	3463.107	148.072	2002.250	13707.589	3206.278	2401.682	1372.389	
07/04/39	1:41:28	30.0	1325.501	3680.804	187.431	1742.634	13885.901	3462.473	3186.433	1566.865	
07/04/39	2:11:28	30.0	1544.605	4368.759	228.052	1818.037	12745.971	3608.914	3224.320	1901.479	
07/04/39	2:41:28	30.0	1701.943	4957.352	269.483	1678.478	12281.167	3727.637	3124.798	2124.987	
07/04/39	3:11:28	30.0	1801.819	5702.922	307.613	1276.200	14331.739	3906.984	3675.139	2299.727	
07/04/39	3:41:28	30.0	1914.830	6923.611	351.095	1238.056	15049.862	4003.750	4085.644	2581.304	
07/04/39	4:11:28	30.0	2031.081	8252.081	394.264	1518.844	15696.675	4067.940	4132.938	2802.011	
07/04/39	4:41:28	30.0	2168.896	9327.700	438.783	1853.148	17075.910	4145.095	4294.057	3105.697	
07/04/39	5:11:28	30.0	2284.493	10127.062	483.025	2246.745	16383.718	4231.364	4145.648	3377.300	
07/04/39	5:41:28	30.0	2387.945	10967.971	520.143	2518.093	14916.555	4348.395	4029.293	3544.866	
07/04/39	6:11:28	30.0	2469.328	11820.661	552.808	2737.766	15102.536	4486.552	4223.253	3702.053	
07/04/39	6:41:28	30.0	2588.883	12564.095	591.468	2661.284	16974.331	4578.103	4618.832	3909.625	
07/04/39	7:11:28	30.0	2769.393	13465.275	629.180	2256.460	18533.252	4609.258	5015.875	4177.695	
07/04/39	7:41:28	30.0	2939.777	13954.080	653.829	2186.775	17794.309	4742.883	5227.211	4550.617	
07/04/39	8:11:28	30.0	3054.780	14131.100	674.038	2338.513	14251.531	4444.563	5249.191	4601.900	
รวม (MJ)			33.568	144.772	6.679	38.252	263.401	68.677	65.020	48.623	688.992

ตารางที่ ผ.6.11 ความร้อนสะสมในเตาระหว่างการเผาเตา A และ B (ครั้งที่ 1)

โครงสร้างเตา (1 เตา)	#จำนวนอิฐที่ใช้ (ก้อน) ; ##ขนาด (กxยxสxจำนวน)	เผาเตา A					เผาเตา B			
		น้ำหนัก (กก.)	เตา A (kJ)	เตา B (kJ)	เตา C (kJ)	เตา D (kJ)	เตา A (kJ)	เตา B (kJ)	เตา C (kJ)	เตา D (kJ)
1.ผนังเตาด้านท่ออากาศ (ชั้นใน) #	462.228	568.54	94559.65	53488.28	33907.75	15282.37	-	121303.79	66860.36	39638.64
2.ผนังเตาด้านท่ออากาศ (ชั้นนอก) #	462.228	568.54	29609.59	12894.50	8118.76	1432.72	-	29132.01	8596.33	6886.04
3.ขาจับผนังเตาด้านท่ออากาศ #	66	81.18	17729.71	5591.68	5591.68	1636.59	-	29322.22	16024.93	8933.05
4.ผนังรวม 1 ชั้น ด้านในเตา #	554.07	681.51	120790.14	32630.51	43507.35	-	-	206087.44	95801.68	-
	554.07	681.51	197500.47	-	-	-	-	-	-	-
5.ผนังเตาด้านประตู #	284.066	349.40	26121.23	13207.36	12913.87	5282.95	-	46372.52	23186.26	14381.35
6.ผนังกันไฟ #	225.57	277.45	81803.68	51272.96	24704.25	21441.42	-	107440.16	46378.73	25869.54
7.พื้นเตารวมพื้นช่องพิน #	273.55	336.47	55961.11	34481.09	22893.18	6783.16	-	121531.70	66418.49	41264.25
พื้นคอนกรีต ##	2.4x2.4x0.1 ม.³	1094.40	20487.17	104143.10	69144.19	20487.17	-	113533.06	151092.86	124630.27
8.พื้นช่องอากาศสี่เหลี่ยม #	50	61.50	8420.58	4442.76	4907.70	1136.52	-	11158.56	5734.26	6767.46
9.ผนังช่องอากาศสี่เหลี่ยม #	99	121.77	14627.01	9001.24	5830.35	1841.16	-	16775.04	6444.07	7978.37
10.ผนังด้านบนช่องอากาศสี่เหลี่ยม ##	0.4x2.17x0.45x1 ม.³	74.21	9339.09	5747.13	3722.57	1175.55	-	10710.56	4114.42	5094.05
11.หลังคาเตา ##	0.55x2.2x0.055x4 ม.³	505.78	149549.03	59641.58	31601.13	25369.92	-	124624.19	56971.06	35161.83
12.ประตูเตา (เซรามิกสไฟเบอร์) ##	1.6x1.9x0.1x1 ม.³	38.91	6162.10	3414.14	1165.80	957.62	-	8410.44	4371.76	2831.24
รวมความร้อนที่สะสมในเตา (kJ)	-	-	832660.56	389956.34	268008.58	102827.16	-	946401.70	551795.21	319236.08
รวมความร้อนที่สะสมในเตาทั้งหมด (MJ)	-	-	1593.45	-	-	-	-	1817.43	-	-

ตารางที่ ผ.6.12 ความร้อนสะสมในเตาระหว่างการเผาเตา C และ D

โครงสร้างเตา (1 เตา)	#จำนวนอิฐที่ใช้ (ก้อน) ; ##ขนาด (กxยxสxจำนวน)	เผาเตา C					เผาเตา D			
		น้ำหนัก (กก.)	เตา A (kJ)	เตา B (kJ)	เตา C (kJ)	เตา D (kJ)	เตา A (kJ)	เตา B (kJ)	เตา C (kJ)	เตา D (kJ)
1.ผนังเตาด้านที่อากาศ (ชั้นใน) #	462.228	568.54	21013.25	-	115095.33	71158.52	49190.12	20535.68	-	122736.51
2.ผนังเตาด้านที่อากาศ (ชั้นนอก) #	462.228	568.54	-	-	27221.72	8596.33	-	-	-	32952.60
3.ซากรับผนังเตาด้านที่อากาศ #	66	81.18	3477.75	-	25230.74	12089.84	10978.78	4091.47	-	20320.98
4.ผนังร่วม 1 ชั้น ด้านในเตา #	554.07	681.51	2862.33	-	245587.54	-	71558.14	-	-	-
	554.07	681.51	95029.21	-	-	-	151703.26	-	-	-
5.ผนังเตาด้านประตู #	284.066	349.40	293.50	-	43731.05	24360.25	17903.32	5576.44	-	47840.01
6.ผนังกันไฟ #	225.57	277.45	29831.54	-	157314.77	87164.04	34725.78	17712.48	-	94621.92
7.พื้นเตารวมพื้นช่องหิน #	273.55	336.47	31372.14	-	105139.05	53700.05	37590.04	14414.22	-	84224.29
พื้นคอนกรีต ##	2.4x2.4x0.1 ม.³	1094.40	94753.15	-	66583.30	100728.58	113533.06	43535.23	-	66583.30
8.พื้นช่องอากาศสี่เหลี่ยม #	50	61.50	4029.48	-	14413.14	14206.50	1239.84	2118.06	-	10435.32
9.ผนังช่องอากาศสี่เหลี่ยม #	99	121.77	8182.94	-	18309.34	13911.00	2250.31	3068.60	-	34675.23
10.ผนังด้านบนช่องอากาศสี่เหลี่ยม ##	0.4x2.17x0.45x1 ม.³	74.21	5224.67	-	31021.45	8881.93	1436.78	1959.25	-	22139.52
11.หลังคาเตา ##	0.55x2.2x0.055x4 ม.³	505.78	40057.78	-	40947.95	105930.56	40502.86	20919.06	-	113051.95
12.ประตูเตา (เซรามิกส์ไฟเบอร์) ##	1.6x1.9x0.1x1 ม.³	38.91	3414.14	-	7952.45	5037.94	2747.97	1415.62	-	8826.80
รวมความร้อนที่สะสมในเตา (kJ)	-	-	339541.87	0.00	898547.82	505745.55	535360.25	135346.12	-	658408.42
รวมความร้อนที่สะสมในเตาทั้งหมด (MJ)	-	-	1743.84	-	-	-	1329.11	-	-	-

ตารางที่ ผ.6.13 ความร้อนสะสมในเตาระหว่างการเผาเตา A และ B (ครั้งที่ 2)

โครงสร้างเตา (1 เตา)	#จำนวนอิฐที่ใช้ (ก้อน) ; ##ขนาด (กxยxสxจำนวน)	เผาเตา A					เผาเตา B			
		น้ำหนัก (กก.)	เตา A (kJ)	เตา B (kJ)	เตา C (kJ)	เตา D (kJ)	เตา A (kJ)	เตา B (kJ)	เตา C (kJ)	เตา D (kJ)
1.ผนังเตาด้านท่ออากาศ (ชั้นใน) #	462.228	568.54	126557.10	71158.52	94.08	-	-	113662.60	2916.48	-
2.ผนังเตาด้านท่ออากาศ (ชั้นนอก) #	462.228	568.54	13372.07	477.57	-	-	-	26744.14	226.80	-
3.ขารับผนังเตาด้านท่ออากาศ #	66	81.18	31504.33	8387.52	446.88	-	-	29185.83	5409.60	-
4.ผนังร่วม 1 ชั้น ด้านในเตา #	554.07	681.51	204370.05	56101.58	-	-	-	190058.42	1481.76	-
	554.07	681.51	70413.21	-	-	-	-	-	-	-
5.ผนังเตาด้านประตู #	284.066	349.40	43144.06	22012.27	-	-	-	43144.06	1653.20	-
6.ผนังกันไฟ #	225.57	277.45	145428.77	36124.13	2352.00	-	-	144030.42	4751.04	-
7.พื้นเตารวมพื้นช่องพิน #	273.55	336.47	74897.44	31654.77	1152.48	-	-	94116.41	5409.60	-
พื้นคอนกรีต ##	2.4x2.4x0.1 ม. ³	1094.40	69997.82	95806.78	1070.16	-	-	105850.37	5023.20	-
8.พื้นช่องอากาศสี่เหลี่ยม #	50	61.50	6044.22	2221.38	1034.88	-	-	9557.10	3433.92	-
9.ผนังช่องอากาศสี่เหลี่ยม #	99	121.77	9205.81	2250.31	554.40	-	-	13399.57	2016.00	-
10.ผนังด้านบนช่องอากาศสี่เหลี่ยม ##	0.4x2.17x0.45x1 ม. ³	74.21	5877.75	1436.78	580.80	-	-	33111.32	2112.00	-
11.หลังคาเตา ##	0.55x2.2x0.055x4 ม. ³	505.78	173138.61	43618.47	1584.00	-	-	890.17	3537.60	-
12.ประตูเตา (เซรามิกสไฟเบอร์) ##	1.6x1.9x0.1x1 ม. ³	38.91	10408.96	2747.97	1701.30	-	-	10034.24	3659.40	-
รวมความร้อนที่สะสมในเตา (kJ)	-	-	984360.21	373798.06	10570.98	-	-	813784.65	31605.96	-
รวมความร้อนที่สะสมในเตาทั้งหมด (MJ)	-	-	1368.73	-	-	-	-	845.39	-	-

ตารางที่ ๗.6.14 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างกระบวนการเผาอิฐเตา A (ครั้งที่ 1)

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	อุณหภูมิ ไอเสีย (C)	อุณหภูมิ บรรยากาศ (C)	อัตราการไหล (kg/h)	ความร้อน สูญเสีย (MJ)
04/04/39	7:46:22	30	45.95	27	1117.0	12.570
04/04/39	8:16:22	30	52.73	29	1110.8	14.564
04/04/39	8:46:22	30	57.27	29	1110.8	16.498
04/04/39	9:16:22	30	59.61	31	1104.6	16.832
04/04/39	9:46:22	30	62.64	32	1101.5	17.541
04/04/39	10:16:22	30	64.31	32	1101.5	18.808
04/04/39	10:46:22	30	67.17	33	1098.4	19.740
04/04/39	11:16:22	30	69.93	34	1095.4	20.810
04/04/39	11:46:22	30	73.13	34	1095.4	22.116
04/04/39	12:16:22	30	74.62	34	1095.4	12.909
04/04/39	12:46:22	30	40.02	34	1095.4	5.427
04/04/39	13:16:22	30	47.62	34	1095.4	8.314
04/04/39	13:46:22	30	50.45	31	1104.6	11.916
04/04/39	14:16:22	30	54.25	30	1107.7	13.483
04/04/39	14:46:22	30	53.92	28	1113.9	14.389
04/04/39	15:16:22	30	53.31	26	1120.2	15.687
04/04/39	15:46:22	30	54.29	26	1120.2	16.797
04/04/39	16:16:22	30	57.23	27	1117.0	18.064
04/04/39	16:46:22	30	60.95	27	1117.0	19.902
04/04/39	17:16:22	30	63.63	27	1117.0	21.270
04/04/39	17:46:22	30	65.78	27	1117.0	22.800
04/04/39	18:16:22	30	69.03	26	1120.2	25.020
04/04/39	18:46:22	30	71.37	26	1120.2	25.893
					รวม	391.353

ตารางที่ ผ.6.15 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างกระบวนการเผาอิฐเตา B (ครั้งที่ 1)

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	อุณหภูมิ ไอเสีย (C)	อุณหภูมิ บรรยากาศ (C)	อัตราการไหล (kg/h)	ความร้อน สูญเสีย (MJ)
04/04/39	18:46:22	30	71.37	26.0	1128.6	26.087
04/04/39	19:16:22	30	72.13	25.0	1131.7	28.489
04/04/39	19:46:22	30	77.5	25.0	1131.7	30.836
04/04/39	20:16:22	30	80.34	25.0	1131.7	33.444
04/04/39	20:46:22	30	86.56	25.5	1130.1	35.200
04/04/39	21:16:22	30	87.52	25.0	1131.7	38.012
04/04/39	21:46:22	30	95.17	25.0	1131.7	40.726
04/04/39	22:16:22	30	96.99	25.0	1131.7	42.967
04/04/39	22:46:22	30	102.93	24.0	1134.9	46.205
04/04/39	23:16:22	30	105.82	25.0	1131.7	47.575
04/04/39	23:46:22	30	110.12	25.0	1131.7	49.873
05/04/39	0:16:22	30	113.68	25.0	1131.7	52.183
05/05/39	0:46:22	30	118.1	25.0	1131.7	54.962
05/05/39	1:16:22	30	123.27	25.0	1131.7	56.975
05/05/39	1:46:22	30	125.04	25.0	1131.7	59.273
05/05/39	2:16:22	30	131.19	25.0	1131.7	62.603
05/05/39	2:46:22	30	136.51	25.0	1131.7	63.374
05/05/39	3:16:22	30	133.74	25.0	1131.7	64.255
05/05/39	3:46:22	30	139.54	25.0	1131.7	77.802
05/05/39	4:16:22	30	180.39	25.0	1131.7	91.069
					รวม	1001.909

ตารางที่ ๕.6.16 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างกระบวนการเผาอิฐเตา C

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	อุณหภูมิ ไอเสีย (C)	อุณหภูมิ บรรยากาศ (C)	อัตราการไหล (kg/h)	ความร้อน สูญเสีย (MJ)
05/04/39	10:46:22	30	49.11	32	1233.0	12.528
05/04/39	11:16:22	30	55.11	32	1233.0	15.768
05/04/39	11:46:22	30	59.48	32	1233.0	18.161
05/04/39	12:16:22	30	62.76	32	1233.0	19.570
05/04/39	12:46:22	30	63.98	32	1233.0	20.230
05/04/39	13:16:22	30	64.87	32	1233.0	21.007
05/04/39	13:46:22	30	66.46	31	1236.5	21.910
05/04/39	14:16:22	30	65.56	30	1239.9	22.637
05/04/39	14:46:22	30	66.58	29	1243.4	24.838
05/04/39	15:16:22	30	70.53	30	1239.9	26.444
05/04/39	15:46:22	30	73.9	32	1233.0	26.604
05/04/39	16:16:22	30	75.28	31	1236.5	28.589
05/04/39	16:46:22	30	77.97	31	1236.5	30.072
05/04/39	17:16:22	30	79.99	31	1236.5	30.611
05/04/39	17:46:22	30	79.68	30	1239.9	33.257
05/04/39	18:16:22	30	86.1	30	1239.9	36.070
05/04/39	18:46:22	30	88.57	29	1243.4	38.275
05/04/39	19:16:22	30	90.7	29	1243.4	39.235
05/04/39	19:46:22	30	91.59	28	1246.9	40.309
05/04/39	20:16:22	30	91.93	28	1246.9	40.869
05/04/39	20:46:22	30	93.35	29	1243.4	41.432
05/04/39	21:16:22	30	96.04	28	1246.9	43.459
05/04/39	22:16:22	60	97.375	27	1250.4	90.157
05/04/39	22:46:22	30	98.71	27	1250.4	45.741
					รวม	767.774

ตารางที่ ๘.๑๖.๑๗ ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างกระบวนการเผาอิฐเตา D

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	อุณหภูมิ ไอเสีย (C)	อุณหภูมิ บรรยากาศ (C)	อัตราการไหล (kg/h)	ความร้อน สูญเสีย (MJ)
05/04/39	23:16:22	30	49.86	27	1104.5	13.617
05/04/39	23:46:22	30	53.05	26	1107.7	16.004
06/04/39	0:11:28	25	56.24	27	1104.5	14.913
06/04/39	0:41:28	30	61.98	28	1101.4	18.891
06/04/39	1:11:28	30	61.97	28	1101.4	19.960
06/04/39	1:41:28	30	65.81	28	1101.4	21.644
06/04/39	2:11:28	30	68	27	1104.5	23.360
06/04/39	2:41:28	30	69.73	26	1107.7	25.158
06/04/39	3:11:28	30	72.26	25	1110.8	26.805
06/04/39	3:41:28	30	73.32	25	1110.8	27.651
06/04/39	4:11:28	30	75.26	26	1107.7	28.495
06/04/39	4:41:28	30	78.6	25	1110.8	30.482
06/04/39	5:11:28	30	80.01	26	1107.7	31.113
06/04/39	5:41:28	30	83.15	26	1107.7	32.015
06/04/39	6:11:28	30	83.21	26	1107.7	32.575
06/04/39	6:41:28	30	85.14	26	1107.7	33.049
06/04/39	7:11:28	30	84.89	27	1104.5	33.198
06/04/39	7:41:28	30	87.87	27	1104.5	34.696
06/04/39	8:11:28	30	90.21	28	1101.4	35.962
06/04/39	8:41:28	30	94.7	28	1101.4	37.679
06/04/39	9:11:28	30	96.32	29	1098.4	38.765
06/04/39	9:41:28	30	100.96	31	1092.2	38.816
06/04/39	10:11:28	30	101.31	30	1095.3	38.267
					รวม	653.115

ตารางที่ ๘.๖.๑๘ ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างกระบวนการเผาอิฐเตา A (ครั้งที่ 2)

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	อุณหภูมิ ไอเสีย (C)	อุณหภูมิ บรรยากาศ (C)	อัตราการไหล (kg/h)	ความร้อน สูญเสีย (MJ)
06/04/39	16:41:28	30	44.75	35	937.5	7.278
06/04/39	17:11:28	30	55.96	32	945.3	11.893
06/04/39	17:41:28	30	57.74	31	948.0	12.923
06/04/39	18:11:28	30	58.18	30	950.6	14.424
06/04/39	18:41:28	30	61.82	30	950.6	15.774
06/04/39	19:11:28	30	63.86	30	950.6	16.532
06/04/39	19:41:28	30	64.96	29	953.3	17.695
06/04/39	20:11:28	30	66.47	29	953.3	18.520
06/04/39	20:41:28	30	68.37	29	953.3	20.051
06/04/39	21:11:28	30	72.79	28	956.0	22.355
06/04/39	21:41:28	30	75.62	28	956.0	23.456
06/04/39	22:11:28	30	77.37	27	958.7	24.697
06/04/39	22:41:28	30	78.52	27	958.7	25.748
06/04/39	23:11:28	30	81.68	27	958.7	26.392
06/04/39	23:41:28	30	81.16	27.5	957.3	27.592
รวม						285.329

ตารางที่ ผ.6.19 ความร้อนสูญเสียสู่ปล่องระหว่างกระบวนการเผาอิฐเตา B (ครั้งที่ 2)

วันที่	เวลา	ช่วงเวลา (นาที)	อุณหภูมิ ไอเสีย (C)	อุณหภูมิ บรรยากาศ (C)	อัตราการไหล (kg/h)	ความร้อน สูญเสีย (MJ)
06/04/39	23:41:28	30	81.16	27.5	998.9	28.776
07/04/39	0:11:28	30	87.69	27	1000.3	33.131
07/04/39	12:41:28	30	97.09	27	1000.3	38.481
07/04/39	1:11:28	30	108.64	27	1000.3	43.522
07/04/39	1:41:28	30	116.79	27	1000.3	48.113
07/04/39	2:11:28	30	126.56	26	1003.2	53.020
07/04/39	2:41:28	30	133.31	26	1003.2	56.900
07/04/39	3:11:28	30	141.62	26	1003.2	60.925
07/04/39	3:41:28	30	148.91	26	1003.2	63.377
07/04/39	4:11:28	30	151.12	26	1003.2	64.880
07/04/39	4:41:28	30	154.73	26	1003.2	67.346
07/04/39	5:11:28	30	160.66	26	1003.2	69.623
07/04/39	5:41:28	30	163.54	25	1006.0	73.004
07/04/39	6:11:28	30	171.23	25	1006.0	75.554
07/04/39	6:41:28	30	173.37	24.5	1007.4	77.872
07/04/39	7:11:28	30	178.76	26	1003.2	77.822
07/04/39	7:41:28	30	177.45	26.5	1001.7	78.780
07/04/39	8:11:28	30	183.54	28	997.5	64.000
					รวม	1075.126

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นาย ฐานันดรศักดิ์ เทพญา

วัน เดือน ปีเกิด 26 กุมภาพันธ์ 2514

วุฒิการศึกษา

วุฒิ

ชื่อสถาบัน

ปีที่สำเร็จการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
(เครื่องกล)

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2535

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

ทุนบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
แห่งชาติ (สวทช) ปีการศึกษา 2538