

การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อโดยการนำแก๊สปล่อยทิ้งมาอุ่น  
อากาศเผาไหม้

นายภาวัต ประทุมศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

Improvement of Energy Efficiency in Biomedical Incinerators by Preheating Combustion Air  
with Exhaust Gases

Mr. Pawat Pratoomsiri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering Program in Mechanical Engineering

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academy Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเตาเผามูล ฝอยคืดเชื้อ โดยการนำแก๊สปล่อยทิ้งมาอุ่นอากาศเผาไหม้
โดย	นายภาวัต ประทุมศิริ
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ธร จรรย์ญากรณ์

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ธร จรรย์ญากรณ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติน แดงเที่ยง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยณรงค์ จักรธรานนท์)

ภาวัต ประทุมศิริ : การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ โดยการนำแก๊สปล่อยทิ้งมาอุ่นอากาศเผาใหม่. (Improvement of Energy Efficiency in Biomedical Incinerators by Preheating Combustion Air with Exhaust Gases) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. พงษ์ธร จริญญากรณ์, 175 หน้า.

บทความนี้เสนอผลการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงเตาเผามูลฝอยติดเชื้อโดยการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศเผาใหม่โดยใช้ไอเสียปล่อยทิ้ง การเผามูลฝอยติดเชื้อเป็นกระบวนการหนึ่งที่ต้องใช้พลังงานสูง เนื่องจากมูลฝอยติดเชื้อมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง นอกจากนี้ เพื่อป้องกันไม่ให้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อปล่อยแก๊สพิษออกไปกับไอเสีย จึงมีข้อกำหนดให้เตาเผาชนิดนี้ต้องมีห้องเผาใหม่อย่างน้อยสองห้อง และห้องเผาใหม่ที่สองต้องมีอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 1000°C ดังนั้น จึงมีการปล่อยทิ้งแก๊สร้อนอุณหภูมิสูงมาก ซึ่งหมายความว่า มีความร้อนปล่อยทิ้งอุณหภูมิสูงเป็นจำนวนมาก

งานวิจัยนี้จึงมุ่งไปที่การนำความร้อนปล่อยทิ้งดังกล่าวมาใช้ประโยชน์โดยการอุ่นอากาศเผาใหม่ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดการปล่อยทิ้งพลังงานความร้อนที่มีประโยชน์แล้ว ยังช่วยให้เตาเผามีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้นด้วย

ผลจากการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศสำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่มีอยู่เดิมที่โรงพยาบาลปทุมธานี ผลการทดลองพบว่า สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 23% ไอเสียปล่อยทิ้งทั้งก่อนการติดตั้งและหลังติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศผ่านเกณฑ์มาตรฐานของ กระทรวงสาธารณสุข หลังการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้วปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ลดลงจาก 440 ppm เป็น 53 ppm และมีควันดำลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ภาควิชา..... วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา..... วิศวกรรมเครื่องกล..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา..... 2554.....

# # 5270444021 :MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEYWORDS : BIOCHEMICAL INCINERATOR / BIOCHEMICAL WASTE / AIR  
PREHEATER / WASTE HEAT

PAWAT PRATOOMSIRI : IMPROVEMENT OF ENERGY EFFICIENCY IN  
BIOCHEMICAL INCINERATORS BY PREHEATING COMBUSTION AIR WITH  
EXHAUST GASES. ADVISOR : ASSOC. PROF. PONGTORN CHARUNYAKORN,  
Ph.D., 175 pp.

This thesis presents improvement of a biomedical incinerator efficiency by preheating combustion air with exhaust gases. Biomedical incineration is one of high energy consuming processes due the high moisture content of biomedical waste. In order to ensure that no hazardous gases in exhaust gases, it is required by law that there are at least two combustion chambers the second of which must be maintained at temperature not lower than 1000°C. Therefore, the exhaust gases temperature is very high and waste heat is correspondingly high.

This study targets at recovering the waste heat for combustion air preheating. This not only reduces waste heat loss but also improves incinerator efficiency.

The results based on air preheater designed and installed on the biomedical incinerator at Pathumthani Hospital indicate that energy consumption is reduced by 23%. Gas emissions from the stack before and after installation of air preheater are within that required by the regulation. Carbon monoxide drops from 440 ppm to 53 ppm. Moreover, incomplete combustion from the stack is significantly reduced.

Department : Mechanical Engineering.....Student's Signature.....

Field of Study : Mechanical Engineering.....Advisor's Signature.....

Academic Year : 2011.....

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ธร จรรย์ญากรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้โอกาสสำคัญในการทำงานวิจัยฉบับนี้ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ข้าพเจ้าได้รับความกรุณาจากท่านอาจารย์ในการถ่ายทอดความรู้ คำแนะนำ ประสบการณ์ อันล้ำค่าต่างๆที่มีคุณค่ายิ่ง นอกจากนี้ยังให้โอกาสในการทำงานที่สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย ซึ่งเปรียบได้ว่าท่านอาจารย์ไม่ได้ให้เพียงแค่โอกาสในการทำวิทยานิพนธ์ แต่ยังให้โอกาสในการทำงานอีกด้วย ข้าพเจ้ารู้สึกเคารพรักเปรียบประดุจพ่อคนที่ 2 ของข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูล ที่ให้เกียรติเป็นประธานการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติน แดงเทียง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยณรงค์ จักรธรานนท์ ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านที่สละเวลาให้คำแนะนำและคำปรึกษา รวมทั้งถ่ายทอดความรู้ตลอดระยะเวลาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณโรงพยาบาลปทุมธานี ที่อำนวยความสะดวกในส่วนของสถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณคุณจตุรงค์ อินทรศร และทีมช่างเทคนิคของโรงพยาบาลปทุมธานีสำหรับคำแนะนำต่างๆ ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยฉบับนี้ นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณทีมงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คุณแมนพงษ์ ตั้งตระกูล คุณอภิสิทธิ์ บุญเกิดและคุณตรงจิตต์ ชวหา ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำ รวมทั้งร่วมทำการทดลองในงานวิจัยนี้อีกด้วย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้ามาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา อันคุณค่าและประโยชน์ที่ได้รับของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแต่ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ.....	ศ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.6 แผนการดำเนินการวิจัย.....	5
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>6</b>
2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
<b>บทที่ 3 ระบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....</b>	<b>9</b>
3.1 ความหมายของ”มูลฝอยติดเชื้อ”.....	9
3.2 ข้อมูลทั่วไปของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ในงานวิจัย.....	10
3.3 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนที่เกี่ยวข้อง.....	13
3.3.1 การนำความร้อน (Conduction heat transfer).....	13
3.3.2 การพาความร้อน (Convection heat transfer).....	14
3.3.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation heat transfer).....	15
3.4 สมดุลมวลในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	16

3.5 สมดุลพลังงานในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	17
3.6 การคำนวณในสมดุลมวล.....	19
3.6.1 มวลของน้ำมันเชื้อเพลิง.....	19
3.6.2 มวลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้.....	20
3.6.3 มวลของไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้.....	20
3.7 การคำนวณในสมดุลพลังงาน.....	21
3.7.1 พลังงานสะสมในเตาเผา.....	21
3.7.2 ความร้อนถ่ายเทออกจากเปลือกหุ้มชั้นนอกสู่สิ่งแวดล้อม.....	21
3.7.3 ความร้อนถ่ายเทออกจากปล่องไอเสียสู่สิ่งแวดล้อม.....	22
3.7.4 พลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง.....	22
3.7.5 พลังงานในไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้.....	23
3.8 การคำนวณสมรรถนะของเตา.....	23
<b>บทที่ 4 หลักการออกแบบเครื่องอุ่นอากาศ.....</b>	<b>24</b>
4.1 หลักการออกแบบเครื่องอุ่นอากาศ.....	24
4.2 การคำนวณหาอัตราไหลของอากาศและไอเสียในเตาเผามูลฝอย.....	25
4.3 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องอุ่นอากาศ.....	27
4.3.1 การกำหนดคุณสมบัติของไหล.....	27
4.3.2 การคำนวณและตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม....	28
4.3.3 การคำนวณค่าความดันสูญเสีย.....	34
4.4 การคำนวณเพื่อออกแบบเครื่องอุ่นอากาศ.....	36
4.5 การติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ.....	51
<b>บทที่ 5 การทดลองและตรวจวัดข้อมูล.....</b>	<b>54</b>
5.1 ข้อมูลเบื้องต้นในการทำงาน.....	54
5.2 รายละเอียดของการตรวจวัด.....	54
5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	56
5.3.1 เทอร์โมคัปเปิล.....	56
5.3.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด.....	57
5.3.3 เครื่องตรวจวัดองค์ประกอบของไอเสีย.....	57



5.3.4 เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิและบันทึกข้อมูล.....	58
5.4 การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับการทดลอง.....	58
5.5 วิธีการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อทั้งก่อนและหลังติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ	61
<b>บทที่ 6 ผลการศึกษาวิจัยและวิเคราะห์ผล.....</b>	<b>65</b>
6.1 ผลการทดลอง.....	65
6.1.1 ผลการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อด้วยเตาเผาในรูปแบบการใช้เชื้อเพลิงและคุณภาพไอเสีย.....	65
6.1.2 ผลการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อด้วยเตาเผาในรูปแบบการประเมินพลังงานขาเข้าและขาออก.....	73
<b>บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาวิจัย.....</b>	<b>81</b>
7.1 ข้อสรุปผลการศึกษาวิจัย.....	81
7.2 ข้อเสนอแนะ.....	82
<b>รายการอ้างอิง.....</b>	<b>83</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>84</b>
ภาคผนวก ก ข้อมูลการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อด้วยเตาเผาก่อนการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ.....	85
ภาคผนวก ข ข้อมูลการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อด้วยเตาเผาหลังการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ.....	109
ภาคผนวก ค ตัวอย่างการคำนวณสมดุลพลังงานสำหรับเตาเผาผลาญยติตเชื้อ.	158
ภาคผนวก ง ข้อมูลทางเทคนิคของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ.....	171
ภาคผนวก จ ข้อมูลคุณลักษณะของมูลยติตเชื้อ.....	173
<b>ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....</b>	<b>175</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แผนการดำเนินการวิจัย การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเตาเผา มูลฝอยติดเชื้อโดยการนำแก๊สปล่อยทิ้งมาอุ่นอากาศเผาใหม่.....	5
3.1	ตารางแสดงความสัมพันธ์ของค่าความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ เผาไหม้กับอุณหภูมิของไอเสีย.....	23
4.1	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมโดยทั่วไป.....	30
4.2	ค่าคงที่ของสมการ (4.12) สำหรับการไหลผ่านท่อหลายชั้น.....	32
5.1	ข้อมูลที่ต้องตรวจวัดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ (ก่อนติดตั้งอุปกรณ์อุ่น อากาศ).....	54
5.2	ข้อมูลที่ต้องตรวจวัดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อหลังติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศแล้ว.	55
5.3	การควบคุมการทำงานของเตาเผา การทดลองครั้งที่ 1 .....	61
6.1	การตรวจวัดไอเสียเตาเผามูลฝอยติดเชื้อโรงพยาบาลปทุมธานี.....	69
6.2	สมดุลพลังงานของเตาเผาสำหรับการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อครั้งที่ 1....	75
6.3	สมดุลพลังงานของเตาเผาสำหรับการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อครั้งที่ 2....	76
6.4	สมดุลพลังงานของเตาเผาสำหรับการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อครั้งที่ 4....	77
6.5	สมดุลพลังงานของเตาเผาสำหรับการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อครั้งที่ 5....	78

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	สัดส่วนการสูญเสียความร้อนปล่อยทิ้งที่อุณหภูมิและอากาศส่วนเกินต่าง ๆ....	1
1.2	ศักยภาพการประหยัดพลังงานการอุ่นอากาศเผาไหม้ด้วยความร้อนปล่อยทิ้งในแก๊สไอเสีย โดยการใช้ระบบ Recuperator และ ระบบ Regenerator.....	2
3.1	ลักษณะภายนอกทั่วไปของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	11
3.2	ลักษณะทางโครงสร้างและมิติเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ในการวิจัย.....	12
3.3	แจกแจงสภาวะทางอุณหภูมิต่างๆในผนังเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	13
3.4	สมดุลมวลในการเผามูลฝอยติดเชื้อด้วยเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	17
3.5	สมดุลพลังงานในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	19
4.1	กราฟตัวประกอบความเสียหาย และค่าปรับแก้ไขสำหรับกลุ่มท่อที่จัดเรียงแบบแนวเดียวกัน.....	34
4.2	Moody Chart แสดงตัวประกอบความเสียหายภายในท่อ.....	35
4.3	แบบของเครื่องอุ่นอากาศตามการคำนวณ.....	48
4.4	สภาพเครื่องอุ่นอากาศในระหว่างการสร้างเสร็จก่อนการประกอบ.....	49
4.5	เครื่องอุ่นอากาศที่สร้างเสร็จแล้วพร้อมสำหรับการติดตั้ง.....	50
4.6	เตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ทำการศึกษาวิจัยก่อนการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ.....	51

ภาพที่	หน้า	
4.7	แสดงตำแหน่งของท่อไอเสียที่ต้องตัดออกเพื่อติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ(บน) และ ท่อไอเสียที่ตัดออก (ล่าง).....	52
4.8	ทำการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศที่บริเวณปล่องไอเสีย และติดตั้งท่อลมโดยใช้โยนหินเป็นฉนวนหุ้มท่อลม.....	53
4.9	เครื่องอุ่นอากาศที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้วพร้อมใช้งาน.....	53
5.1	เทอร์โมคัปเปอรชนิด K.....	56
5.2	เทอร์โมคัปเปอรชนิด K ชนิดสายสปริง.....	56
5.3	Infrared Thermometer.....	57
5.4	Flue gas Analyzer Testo 327-1.....	57
5.5	Data Logger Wisco DL2100.....	58
5.6	แสดงตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	59
5.7	ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ปล่องปล่อยไอเสียของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	60
5.8	แผนควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์ป้อนมูลฝอยเข้าสู่เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	63
5.9	หอบำบัดไอเสียก่อนปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ.....	63
5.10	สภาพการทำงานระหว่างการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลในขณะที่ทำการทดลอง	64
6.1	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 (ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ) ณ วันที่ 10 กันยายน 2553 แกนนอนเป็นเวลา (นาที) นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา.....	66
6.2	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 (ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ) ณ วันที่ 5 พฤศจิกายน 2553 แกนนอนเป็นเวลา (นาที) นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา.....	66

ภาพที่	หน้า	
6.3	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4 (หลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้ว) ณ วันที่ 24 มิถุนายน 2554 แกนนอนเป็นเวลา (นาทีก) นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา.....	67
6.4	กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5 (หลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้ว) ณ วันที่ 8 กรกฎาคม 2554 แกนนอนเป็นเวลา (นาทีก) นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา.....	67
6.5	ปริมาณฝุ่นละอองและคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียปล่อยทิ้งทางปล่องระบายที่ การทดลองครั้งที่ 1-5.....	70
6.6	รูปถ่ายแสดงสภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบายในขณะที่ป้อนมูลฝอยก่อน การติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ(วันที่ 10 ก.ย. 53).....	71
6.7	รูปถ่ายแสดงสภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบายในขณะที่ป้อนมูลฝอยก่อน การติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ (5 พ.ย. 53).....	72
6.8	อุณหภูมิรูปถ่ายแสดงสภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบายในขณะที่ป้อนมูล ฝอยหลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้ว (วันที่ 8 ก.ค. 54).....	72
6.9	แสดง Control Volume ของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อและเครื่องอุ่นอากาศ.....	73
6.10	แข่งกีโดอะแกรมแสดงพลังงานขาเข้า – ขาออกสำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ.....	74
6.11	สัดส่วนพลังงานขาเข้าเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในการทดลองครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 ช่วงเวลา 0 ถึง 180 นาที.....	79
6.12	สัดส่วนพลังงานขาออกเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในการทดลองครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 ช่วงเวลา 0 ถึง 180 นาที.....	79
6.13	สัดส่วนพลังงานขาเข้าเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในการทดลองครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 ช่วงเวลา 180 นาทีถึงสิ้นสุดการทดลอง.....	80
6.14	สัดส่วนพลังงานขาออกเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในการทดลองครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5 ช่วงเวลา 180 นาทีถึงสิ้นสุดการทดลอง.....	80

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
$A_{cond}$	พื้นที่ผิวของการนำความร้อนของเตาเผา	$m^2$
$A_{conv}$	พื้นที่ของการพาความร้อนของเตาเผา	$m^2$
$A_{rad}$	พื้นที่ของการแผ่รังสีความร้อนของเตาเผา	$m^2$
$A_{shell}$	พื้นที่ผิวด้านนอกของเตาเผา	$m^2$
$A_{guess}$	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนที่คาดคะเนสำหรับเครื่องอุ่นอากาศ	$m^2$
$A_{req}$	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนที่ต้องการสำหรับเครื่องอุ่นอากาศ	$m^2$
$A_{avail}$	พื้นที่ถ่ายเทความร้อนที่จริงสำหรับเครื่องอุ่นอากาศ	$m^2$
$\bar{c}_{p,g}$	ค่าความร้อนจำเพาะของแก๊สไอเสีย	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$
$\bar{c}_{p,a}$	ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$
$c_{p,incinerator}$	ค่าความร้อนจำเพาะของอิฐทนไฟในเตาเผา	$\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$
$h_m$	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนตามธรรมชาติเฉลี่ย	$\text{W/m}^2\cdot\text{k}$
$k$	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	$\text{W/m}\cdot\text{k}$
$m_{fuel}$	มวลของเชื้อเพลิง	$\text{kg}$
$m_{air,comb}$	มวลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้	$\text{kg}$
$m_{flue}$	มวลของก๊าซเสียที่ออกจากเตาเผา	$\text{kg}$
$m_{waste}$	มวลของมูลฝอยติดเชื้อ	$\text{kg}$
$m_{ash}$	มวลของขี้เถ้า	$\text{kg}$
$\overline{NU}$	Nusselt Number เฉลี่ย	-
$Q_{cond}$	การถ่ายเทความร้อนแบบนำความร้อน	$\text{W}$
$Q_{conv}$	การถ่ายเทความร้อนแบบพาความร้อน	$\text{W}$
$Q_{rad}$	การถ่ายเทความร้อนแบบแผ่รังสีความร้อน	$\text{W}$
$Q_{surface,shell}$	การถ่ายเทความร้อนที่ผิวของเตาเผา	$\text{W}$
$Q_{fuel}$	ความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง	$\text{W}$
$Q_{flue}$	ความร้อนสูญเสียของก๊าซเสีย	$\text{W}$
$Q_{storage,incinerator}$	พลังงานสะสมภายในเตาเผา	$\text{W}$

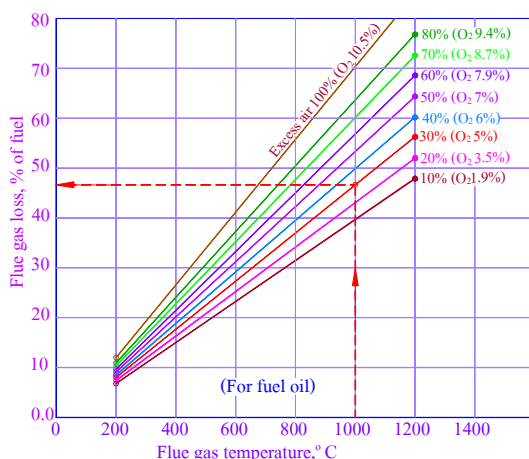
สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
$Q_{waste}$	ความร้อนเกิดจากการเผาไหม้มูลฝอย	W
$Ra_L$	Rayleigh number	-
$T_s$	อุณหภูมิพื้นผิวด้านนอกของเตาเผา	K
$T_{amb}$	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	K
$T_{surface}$	อุณหภูมิที่พื้นผิวเตาเผา	K
$T(r)$	อุณหภูมิภายในชั้นอิฐทนไฟในเตาเผา	K
$t$	เวลาในการเผามูลฝอยต่อรอบ	s
$dT / dx$	ค่าเกรเดียนต์อุณหภูมิภายในผนังเตาเผา	K/m
$V_{fuel}$	ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้	l
$x_i$	ความหนาเริ่มต้นของผนังเตาเผา	m
$x_o$	ความหนาสุดท้ายของผนังเตาเผา	m
$\beta$	coefficient of volume expansion	K <sup>-1</sup>
$\epsilon_s$	emissivity	-
$\sigma$	ค่าคงที่สเตฟาน-โบลต์ซมันน์	W/m <sup>2</sup> ·k <sup>4</sup>
$\nu$	kinematics viscosity	m <sup>2</sup> /s
$\rho_{fuel}$	ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง	kg/m <sup>3</sup>
$\lambda$	ตัวคูณสำหรับการปรับแก้ปริมาณอากาศส่วนเกิน	-
$\eta_{oil}$	สมรรถนะของเตาเผา	-

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

มูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลนับวันจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีการใช้วัสดุอุปกรณ์สิ้นเปลืองชนิดใช้แล้วทิ้งแทนวัสดุอุปกรณ์ชนิดหมุนเวียนใช้มากขึ้น ตามข้อมูลในเอกสารอ้างอิง [สุพร ผดุงศุภไอย และ ชุตินาถ ทักษจันทร์,(2549)] ปริมาณมูลฝอยติดเชื้อที่เกิดขึ้นในแต่ละวันเท่ากับ 0.44 ถึง 1 กก.ต่อเตียง วิธีการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ ที่ได้ผลที่สุดและสะดวกที่สุดคือการเผาในเตาเผา [กฎกระทรวง กระทรวงสาธารณสุข] สำหรับประเทศไทยกฎกระทรวง กำหนดให้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ต้องประกอบด้วยห้องเผามูลฝอยติดเชื้อซึ่งต้องมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า  $760^{\circ}\text{C}$  และต้องเผาควันซึ่งต้องมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า  $1000^{\circ}\text{C}$

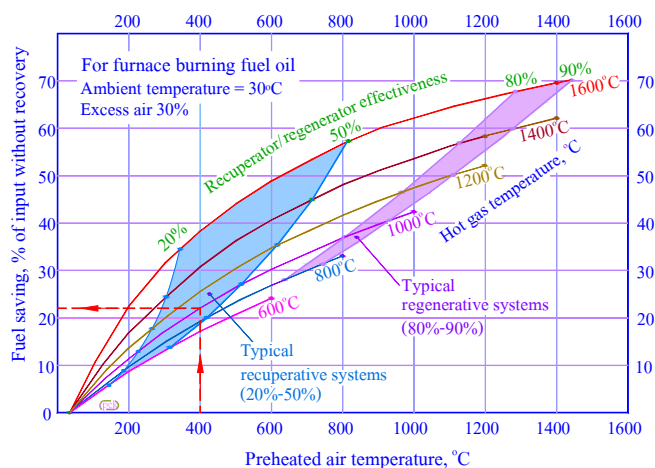


ภาพที่ 1.1 สัดส่วนการสูญเสียความร้อนปล่อยทิ้งที่อุณหภูมิและอากาศส่วนเกินต่างๆ [จักรวาล จรุงศารทูล,(2552)]

จากข้อกำหนดข้างต้น แสดงว่า แก๊สไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ อาจจะมีอุณหภูมิสูงที่สุดถึง  $1000^{\circ}\text{C}$  ภาพที่ 1.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของแก๊สไอเสียที่ปล่อยทิ้งกับสัดส่วนของพลังงานที่ปล่อยทิ้งเทียบกับเชื้อเพลิงที่ใช้ สำหรับที่อากาศส่วนเกินต่างๆ จะเห็นว่า สำหรับแก๊สไอเสียที่อุณหภูมิ  $1000^{\circ}\text{C}$  ที่เกิดจากการเผาไหม้โดยมีอากาศส่วนเกินเท่ากับ 30% จะมีการปล่อยทิ้งความร้อนออกไปกับแก๊สไอเสียประมาณ 47% ของเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ หากมีการใช้อากาศส่วนเกินมากกว่านี้ การสูญเสียพลังงานความร้อนออกไปกับแก๊สไอเสียจะยิ่งสูงกวานี้ แก๊สไอเสียจึงมีศักยภาพที่จะนำพลังงานกลับมาใช้ค่อนข้างสูง



วิธีการที่เหมาะสมวิธีหนึ่งในการนำความร้อนปล่อยทิ้งในแก๊สไอเสียกลับคืนมาใช้คือการนำม้อุ่นอากาศเผาไหม้ เนื่องจากความต้องการอากาศและการปล่อยทิ้งแก๊สไอเสียมีความสัมพันธ์กันโดยตรง ในโครงการวิจัยนี้ เสนอการม้อุ่นอากาศเผาไหม้ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Recuperator ชนิดที่ทำจากท่อธรรมดาเนื่องจากราคาไม่แพงมาก ติดตั้งสะดวก และบำรุงรักษาง่าย



ภาพที่ 1.2 ศักยภาพการประหยัดพลังงานการม้อุ่นอากาศเผาไหม้ด้วยความร้อนปล่อยทิ้งในแก๊สไอเสีย โดยการใช้ระบบ Recuperator และ ระบบ Regenerator จักรวฐ จรุงยุทธกุล,(2552)

เพื่อไม่ให้อุปกรณ์ม้อุ่นอากาศมีขนาดใหญ่เกินไปและราคาสูงเกินไป โครงการวิจัยนี้ จึงกำหนดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ม้อุ่นอากาศที่ 40% หรือให้ม้อุ่นอากาศจนได้อุณหภูมิประมาณ 400°C ซึ่งเมื่อประเมินจากกราฟในภาพที่ 1.2 สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 22% และจากการประเมินในโรงพยาบาลที่อยู่ในเป้าหมายของการศึกษาพบว่า สามารถลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกลงได้ปีละประมาณ 44 ตัน และมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1.05 ปี

## 1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เพื่อทำการศึกษาสมรรถนะการทำงานและการใช้พลังงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้งานจริงในโรงพยาบาลที่เป็นเป้าหมายของการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การประเมินความร้อนปล่อยทิ้งจากเตาเผา
2. เพื่อออกแบบ สร้าง และติดตั้งอุปกรณ์ม้อุ่นอากาศโดยใช้ความร้อนปล่อยทิ้งจากแก๊สร้อนของเตาเผา
3. เพื่อทำการศึกษาสมรรถนะการทำงานและการใช้พลังงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ติดตั้งอุปกรณ์ม้อุ่นอากาศแล้ว เพื่อหาผลประหยัดการใช้พลังงานและผลกระทบต่อสมรรถนะการทำงาน of เตาเผาในแง่ของการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม

### 1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลการทำงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในสภาพปัจจุบันและวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อทั้งในแง่ของการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษทางแก๊สไอเสีย

2. ออกแบบ สร้าง และติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศโดยใช้แก๊สไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผา มูลฝอยติดเชื้อ บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและวิเคราะห์ข้างต้น

3. ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลการทำงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้ว และวิเคราะห์ผลกระทบของการติดตั้งระบบอุ่นอากาศด้วยความร้อนปล่อยทิ้ง ทั้งในแง่ของการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษทางแก๊สไอเสีย

4. สรุปผลการศึกษา เพื่อเผยแพร่และขยายผลให้มีการนำไปใช้งานในโรงพยาบาลที่มีสภาพเหมาะสม

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ต้นแบบของอุปกรณ์อุ่นอากาศด้วยความร้อนปล่อยทิ้งจากแก๊สไอเสีย ของเตาเผา มูลฝอยติดเชื้อ ข้อมูลการใช้พลังงานและการประหยัดพลังงาน พร้อมทั้งข้อมูลสมรรถนะการทำงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้ว สำหรับใช้ในการสาธิตและอ้างอิงเพื่อส่งเสริมให้มีการใช้อย่างกว้างขวางไปยังโรงพยาบาลอื่น ๆ ที่มีสภาพเหมาะสม

### 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ติดต่อประสานงานกับโรงพยาบาลที่เป็นเป้าหมายของการศึกษา
2. ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้งานในปัจจุบัน
3. ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลการทำงานของเตาเผาในปัจจุบันของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ
4. วิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเตาเผาในสภาพปัจจุบันทั้งในแง่ของการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษทางแก๊สไอเสีย
5. ออกแบบอุปกรณ์อุ่นอากาศโดยใช้แก๊สไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผา บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและการวิเคราะห์ข้างต้น

6. สร้างและติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศเพื่อใช้กับเตาเผาของโรงพยาบาลที่ร่วมโครงการ
7. ตรวจสอบและบันทึกข้อมูลการทำงานของเตาเผาที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้ว และวิเคราะห์ผลกระทบของการติดตั้งระบบอุ่นอากาศด้วยความร้อนปล่อยทิ้ง ทั้งในแง่ของการใช้พลังงาน และการปล่อยมลพิษทางแก๊สไอเสีย
8. สรุปผลการศึกษา เพื่อเผยแพร่และขยายผลให้มีการนำไปใช้งานในโรงพยาบาลที่มีสภาพเหมาะสม

## 1.6 แผนการวิจัย

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการวิจัย การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อโดยการนำแก๊สปล่อยทิ้งมาอุ่นอากาศเผาไหม้

วัตถุประสงค์	แผนงานวิจัย	เดือนที่			
		1-3	4-6	7-9	10-12
1.	ติดต่อประสานงานกับโรงพยาบาลที่เป็นเป้าหมายของการศึกษาเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของโครงการและแนวทางการประสานงาน	● - -			
2.	รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ	- ● -			
3.	- จัดซื้อและติดตั้งเครื่องมือวัดเพิ่มเติม - ตรวจวัดและบันทึกข้อมูลการทำงานในสภาพปัจจุบันของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ	- ●●	●● -		
4.	วิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของเตาเผาในสภาพปัจจุบันทั้งในแง่ของการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษทางแก๊สไอเสีย		- ●●		
5.	ออกแบบอุปกรณ์อุ่นอากาศโดยใช้แก๊สไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผา บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและการวิเคราะห์ข้างต้น			● - -	
6.	สร้างและติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศเพื่อใช้กับเตาเผาของโรงพยาบาลที่ร่วมโครงการ			- ●●	
7.	- ตรวจวัดและบันทึกข้อมูลการทำงานของเตาเผาที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ - วิเคราะห์ผลกระทบของการติดตั้งระบบอุ่นอากาศด้วยความร้อนปล่อยทิ้ง ทั้งในแง่ของการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษทางแก๊สไอเสีย				● - - - ● -
8.	สรุปผลการศึกษา เพื่อเผยแพร่และขยายผลให้มีการนำไปใช้งานในโรงพยาบาลที่มีสภาพเหมาะสม				- - ●

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กษิติเดช สิบศิริ (2551) ได้ศึกษาทดลองใช้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ โดยเลือกใช้โรงพยาบาลชุมชนเขื่อนอุบลรัตน์ จังหวัด ขอนแก่น เป็นโรงพยาบาลต้นแบบ โดยออกแบบและผลิตเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ซึ่งสามารถทำลายมูลฝอยติดเชื้อได้ 50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้เวลา 10 – 15 นาที ในการอุ่นเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 - 700 องศาเซลเซียส เตาเผาแบ่งห้องเผาไหม้ออกเป็น 3 ห้อง คือ ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง เป็นห้องเผามูลฝอย ห้องเผาไหม้ที่สอง เป็นห้องเผาควันมีอุณหภูมิประมาณ 800 – 900 องศาเซลเซียสและห้องเผาไหม้ที่สาม จะเป็นห้องเผาควันอีกครั้งหนึ่งซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส โดยหัวเผาทั้ง 3 ห้องเผาจะใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง เตาเผามูลฝอยนี้จะใช้หลักการ ทำงานแบบ ควบคุมอากาศ(Controlled – air Incinerator) และการทำงานของเตาจะเป็นระบบ Manual หรือบังคับด้วยมือ

จากการศึกษาและทดลองพบว่า ห้องเผาที่มีลักษณะทรงกลมจะทำให้การหมุนเวียนของอากาศภายในห้องเผาดีกว่าห้องเผาลักษณะอื่นๆ และจะประหยัดงบประมาณการผลิตเตาเผามูลฝอยติดเชื้อได้มากกว่าการนำเข้าเตาเผาจากต่างประเทศที่มีขนาดความสามารถในการเผามูลฝอยเท่ากัน

สุพร ผดุงศุภไฉย และ ชุตินาถ ทศจันทร์ (2551) ศึกษาเพื่อทราบสถานการณ์การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลในส่วนภูมิภาคที่สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข 820 แห่ง ในปี 2549 โดยวิธีการสำรวจและสอบถามผู้ปฏิบัติงานด้านสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล

ผลการศึกษาพบว่า โรงพยาบาลผลิตมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ยวันละ 0.46 กก. /เตียง โรงพยาบาลร้อยละ 97 มีเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ เตาเผาร้อยละ 65.14 อยู่ในสภาพดีหรือพอใช้ที่เหลืออยู่ในสภาพชำรุด ประเด็นการใช้งาน พบว่ามีการใช้เตาเผาสม่ำเสมอเพียงร้อยละ 54.9 เนื่องจากโรงพยาบาลบางแห่งได้ส่งขยะให้หน่วยงานอื่นกำจัดแทน สำหรับการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาล ร้อยละ 62.32 เาเองในโรงพยาบาล รองลงมาใช้บริการของเอกชน, องค์กรบริหารส่วนท้องถิ่นและโรงพยาบาลอื่นร้อยละ 23.2, 4.9 และ 3.6 ตามลำดับ โรงพยาบาลชุมชนร้อยละ 1.1 ยังกำจัดขยะไม่ถูกต้อง

จากการเปรียบเทียบการกำจัดขยะปี 2547 ถึงปี 2549 พบว่า การใช้บริการของเอกชน หรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นมีแนวโน้มสูงขึ้น อาจเป็นเพราะการลดงบประมาณสนับสนุนการ

ก่อสร้างเตาเผา ขณะที่เอกชนและองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นมีความพร้อมมากขึ้น การบริหารจัดการมูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาลมีความแตกต่างกัน 4 รูปแบบคือ 1) บริหารจัดการเองทั้งระบบ 2) บริหารจัดการเองแต่ให้องค์การปกครองส่วนท้องถิ่นเผา 3) บริหารจัดการเองแต่ให้เอกชนเผา และ 4) บริหารจัดการเองแต่นำไปกำจัดในโรงพยาบาลอื่นที่มีเตาเผาหรือผสมผสานตามสถานการณ์

J. Bujak (2009) ได้ศึกษาทดลองประสิทธิภาพการใช้งานของเตาเผามูลฝอยทางการแพทย์ เพื่อหาพลังงานที่ใช้งานได้และสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเตาเผามูลฝอยทางการแพทย์ โดยเตาเผาที่มีระบบ การนำความร้อนกลับคืน เตาเผาจะเป็นเตาเผาที่มีส่วนประกอบครบ คือ มีห้องเผาไหม้มูลฝอย ห้องเผาไหม้ควัน และมีอุปกรณ์นำความร้อนกลับคืน ของเสียทางการแพทย์จะเป็นเชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในการเผาไหม้ และจะให้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงรอง โดยเตาเผามูลฝอยนี้สามารถเผามูลฝอยได้ 120 กก./ชั่วโมง และจะทำงานตลอด 24 ชั่วโมง อุณหภูมิในห้องเผามูลฝอย  $650 - 850^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิที่ออกจากห้องเผาควัน  $1100^{\circ}\text{C}$  และอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องนำความร้อนกลับคืน  $200 - 250^{\circ}\text{C}$  การทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมด้วยระบบ temperature sensors และ oxygen level sensor

จากการศึกษาและทดลองแสดงให้เห็นว่า พลังงานที่นำมาใช้ได้และสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพทางความร้อนขึ้นกับ ภาวะของเตาเผาและความสะอาดของผิวอุปกรณ์นำความร้อนกลับคืน คือเมื่อภาวะของเตาเผาเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้พลังงานที่นำมาใช้ได้และสัมประสิทธิ์ของประสิทธิภาพทางความร้อนจะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อเวลาผ่านไปผิวของอุปกรณ์นำความร้อนกลับคืนเกิดความสกปรกหรือสกปรกมากกว่าเดิมจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ทั้งหมดลดลงอย่างมาก โรงพยาบาลที่มีระบบนี้จะได้รับประโยชน์คือลดการใช้ก๊าซธรรมชาติได้ ลดการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมได้ และยังสามารถนำไอน้ำอิมตัวที่ได้จากอุปกรณ์นำความร้อนกลับคืนไปขายอีกด้วย

M.C.M. Alvim-Ferraz, S.A.V. Afonso (2003) ศึกษาปัจจัยการปล่อยก๊าซ (Emission Factors) จากการเผาขยะโดยมีการแยกประเภทของขยะ ซึ่งตามกฎหมายของประเทศโปรตุเกสจะแยกขยะออกเป็น 4 ประเภท คือ 1.) ขยะทั่วไปที่สามารถจัดเป็นขยะเทศบาล 2.) ขยะทางการแพทย์ที่ไม่อันตรายไม่ต้องนำมาบำบัดก่อนกำจัดสามารถจัดเป็นขยะเทศบาล 3.) ขยะทางการแพทย์ที่มีความเสี่ยงจะต้องนำมาบำบัดก่อนกำจัด 4.) ขยะทางการแพทย์ที่บังคับให้กำจัดโดยการใช้เตาเผา โดยศึกษาประมาณค่า EF สำหรับ  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  และ HCl พบว่า ค่า EF ได้รับอิทธิพลอย่างมากจากองค์ประกอบของขยะที่ถูกเผา ตามข้อบังคับของกฎหมายทางด้านมลพิษ อาจจะพิจารณาค่าความเข้มข้นจาก  $\text{NO}_x$  ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่า  $\text{CO}$  (11 – 24เท่า),  $\text{SO}_2$  (2-5เท่า) และ HCl (9 – 200เท่า) สำหรับขยะทางการแพทย์ที่มีค่า Heating Value น้อย จะต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ขยะปริมาณมากกว่าขยะอื่นๆถึง 35 เท่า ซึ่งมีผลต่อการปล่อยมลพิษของ  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  และ  $\text{SO}_2$  (28%, 20% และ 100% ของจำนวนที่ปล่อยออกมาตามลำดับซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเผาไหม้เชื้อเพลิง) อย่างไรก็ตาม

ตาม การเผาไหม้ขยะพวกนั้นก็มีการปล่อยมลพิษน้อยที่สุด มีปริมาณการปล่อย  $\text{NO}_x$  และ  $\text{SO}_2$  ลดลงถึง 93% และมีปริมาณการปล่อย CO และ HCl เพิ่มขึ้นมากกว่า 99% ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องมีการดำเนินการตามแนวทางปฏิบัติและมีระเบียบวิธีการคัดแยกขยะอย่างเข้มงวดสำหรับการจัดการขยะของเสียทางโรงพยาบาลอย่างถูกต้อง

วรวิมล มั่นสกุล และคณะ (2544) ทำการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์อุ่นอากาศด้วยไอเสียสำหรับเตาเผาสปริงแผ่น (Leaf Spring) เพื่อนำก๊าซไอเสียที่บริเวณปล่องไอเสียของเตาเผามาอุ่นอากาศก่อนเข้าเตาเผา โดยทำการออกแบบและติดตั้งใช้งานจริง ในการออกแบบเครื่องอุ่นอากาศนั้น ได้ใช้วิธี Effectiveness-NTU Method เนื่องจากไม่รู้คุณสมบัติของอากาศและก๊าซเสียที่ออกจากอุปกรณ์อุ่นอากาศ โดยศึกษาแบบ Cross-Flow Two-Pass Heat Exchanger

ผลการศึกษาพบว่า หลังจากติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศกับปล่องไอเสียของเตาเผาแล้วสามารถอุ่นอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้จากเฉลี่ย  $48^\circ\text{C}$  เป็น  $200^\circ\text{C}$  สามารถประหยัดน้ำมันเตาได้เฉลี่ย 9% ของการใช้น้ำมันเตาของเตาเผา และเมื่อติดตั้งกับเตาเผาแล้วสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผาจาก 21% เป็น 26% ซึ่งประโยชน์การวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเตาเผาอุตสาหกรรมประเภทอื่น ๆ ที่มีอุณหภูมิของก๊าซไอเสียสูงและมีปริมาณมากพอที่จะนำมาอุ่นอากาศเข้าเผาไหม้ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรม

## บทที่ 3

### ระบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

ในบทนี้เป็นการนำเสนอระบบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาลปทุมธานี สมการสมดุลมวล สมดุลพลังงาน และประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาเผา

#### 3.1 ความหมายของ”มูลฝอยติดเชื้อ”

**มูลฝอยติดเชื้อ (infectious waste )** หมายถึง มูลฝอยทางการแพทย์ซึ่งมีเหตุอันควรให้สงสัยว่ามีหรืออาจมีเชื้อโรค มูลฝอยที่สัมผัสหรือสงสัยว่าได้สัมผัสกับเลือดส่วนประกอบของเลือด (เช่น น้ำเลือด เม็ดเลือดต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเลือด) สารน้ำจากร่างกาย (เช่น ปัสสาวะ เสมหะ น้ำลายหนอง) ได้แก่

1 มูลฝอยที่เป็นของเหลวหรือสารคัดหลั่ง เช่นเลือด ส่วนประกอบของเลือด ปัสสาวะ อุจจาระน้ำไขสันหลัง เสมหะ และสารคัดหลั่งต่าง ๆ

2 มูลฝอยที่เป็นอวัยวะหรือชิ้นส่วนของอวัยวะ เช่นชิ้นเนื้อ เนื้อเยื่อ อวัยวะที่ได้จากการทำหัตถการต่าง ๆ มูลฝอยจากการตรวจทางห้องปฏิบัติการ การตรวจศพ ซากสัตว์ทดลอง รวมทั้งวัสดุที่สัมผัสระหว่างการทำหัตถการและการตรวจนั้น ๆ

3 มูลฝอยของมีคมติดเชื้อที่ใช้แล้ว เช่นเข็ม ส่วนปลายแหลมคมของชุดให้สารน้ำทางหลอดเลือดหรือชุดให้เลือดและผลิตภัณฑ์ของเลือด ไบโอมิด หลอดแก้ว กระบอกฉีดยาชนิดแก้ว สไลด์ แผ่นกระจกปิดสไลด์ และเครื่องมือที่แหลมคมต่าง ๆ ที่ใช้กับผู้ป่วยแล้ว

4 มูลฝอยจากระบวนการเก็บและเพาะเชื้อ เช่นเชื้อ อาหารเลี้ยงเชื้อ จากเลี้ยงเชื้อ วัสดุอื่น และเครื่องมือที่ใช้เพาะเชื้อแล้ว

5 มูลฝอยที่เป็นวัคซีน ทำจากเชื้อโรคที่มีชีวิตและภาชนะบรรจุ เช่นวัคซีนป้องกันวัณโรค โปลิโอ หัด หัดเยอรมัน คางทูม อีสุกอีใส ไขรากลัดน้อยชนิดกิน เป็นต้น

6 มูลฝอยทุกชนิดที่มาจากห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง ซึ่ง”ห้องรักษาผู้ป่วยติดเชื้อร้ายแรง” หมายถึง ห้องรักษาผู้ป่วยซึ่งติดเชื้อร้ายแรง ตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา



7 มวลฝอยติดเชื้ออื่น ๆ ซึ่งครอบคลุมถึง

- วัสดุทำจากผ้า เช่นสำลี ผ้ากอซ เส้นด้าย และผ้าต่าง ๆ

- วัสดุทำจากพลาสติกและยางเช่น ถุงมือใช้ครั้งเดียวทิ้ง กระบอกฉีดยาชนิดพลาสติก ปีเปตพลาสติก ท่อยาง ถุงใส่ปลั๊สวาระ ภาชนะพลาสติกกรองรับสารคัดหลั่งและเสมหะ ถุงเลือดและผลิตภัณฑ์ของเลือด และอุปกรณ์ที่ใช้กับผู้ป่วยล้างไต

- วัสดุทำจากกระดาษ เช่นกระดาษซับเลือด เส้นด้ายใช้ครั้งเดียวทิ้ง ผ้าปิดปาก และจุกเป็นต้น

### 3.2 ข้อมูลทั่วไปของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ในการวิจัย

เตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ออกแบบให้สามารถเผามูลฝอยติดเชื้อได้ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง แต่ใช้งานได้จริง 50 – 60 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง มีหัวเผาทั้งหมด 2 หัว คือ หัวเผาที่ติดตั้งที่ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง และหัวเผาที่ติดตั้งที่ห้องเผาไหม้ที่สอง โดยควบคุมอุณหภูมิห้องเผาไหม้ที่หนึ่งไม่ให้ต่ำกว่า  $760^{\circ}\text{C}$  และห้องเผาไหม้ที่สองไม่ให้ต่ำกว่า  $1000^{\circ}\text{C}$  มีหอลดอุณหภูมิและหอตกก๊าซเพื่อลดอุณหภูมิและก๊าซมลพิษในก๊าซก่อนปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ

ลักษณะรูปร่างของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ในการศึกษาวิจัยถูกแสดงในรูปที่ 3.1 และมีมิติส่วนต่างๆของเตาเผาถูกแสดงอยู่ในภาพที่ 3.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการก่อผนังด้านข้างของเตา ก่อด้วยคอนกรีตหนาไฟ และอิฐต่างๆเช่น อิฐทนไฟ, อิฐฉนวน, อิฐห้วยขวาน และอิฐกลีบบัสนี้ เป็นต้น

เทอร์โมคัปเปิลถูกติดตั้งอยู่ในห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง และ ห้องเผาไหม้ที่สอง เพื่อวัดอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ ซึ่งนอกจากใช้แสดงสถานะการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้แล้ว ยังใช้ในการควบคุมการเผาไหม้ภายในห้องเผาไหม้ด้วย

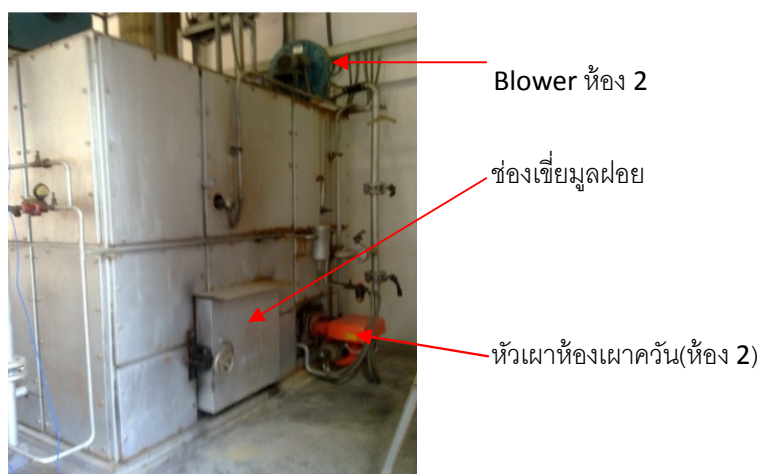
เตาเผามูลฝอยติดเชื้อในโรงพยาบาล เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มีการใช้พลังงานอย่างเข้มข้น เนื่องจากต้องเผาทำลายวัสดุหลากหลายชนิดและมีความชื้นสูง และเนื่องจากต้องทำงานที่อุณหภูมิสูง จึงมีการปล่อยทิ้งพลังงานความร้อนอุณหภูมิสูงตลอดเวลา หากมีการนำความร้อนปล่อยทิ้งส่วนนี้กลับคืนมาใช้ เช่น ใช้อุ่นอากาศเผาไหม้ ก็จะช่วยลดการปล่อยทิ้งพลังงานที่มีคุณค่า ซึ่งหมายความว่ามีการใช้พลังงานต่อหน่วยมูลฝอยติดเชื้อน้อยลง นอกจากนี้ การอุ่นอากาศเผาไหม้ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น จะช่วยให้สามารถรักษาอุณหภูมิเผาไหม้ได้ดีขึ้น การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น และ แก๊สไอเสียที่ปล่อยทิ้งมีมลพิษน้อยลงด้วย

ดังนั้นผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ของงานวิจัยนี้ คือ ทำให้โรงพยาบาลลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อลงได้ นอกจากนี้ การอุ่นอากาศเผาไหม้ที่ผ่านการอุ่นจนได้ อุณหภูมิสูงขึ้น จะช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น สามารถทำการเผามูลฝอยติดเชื้อ ได้เร็วขึ้นและดีขึ้น

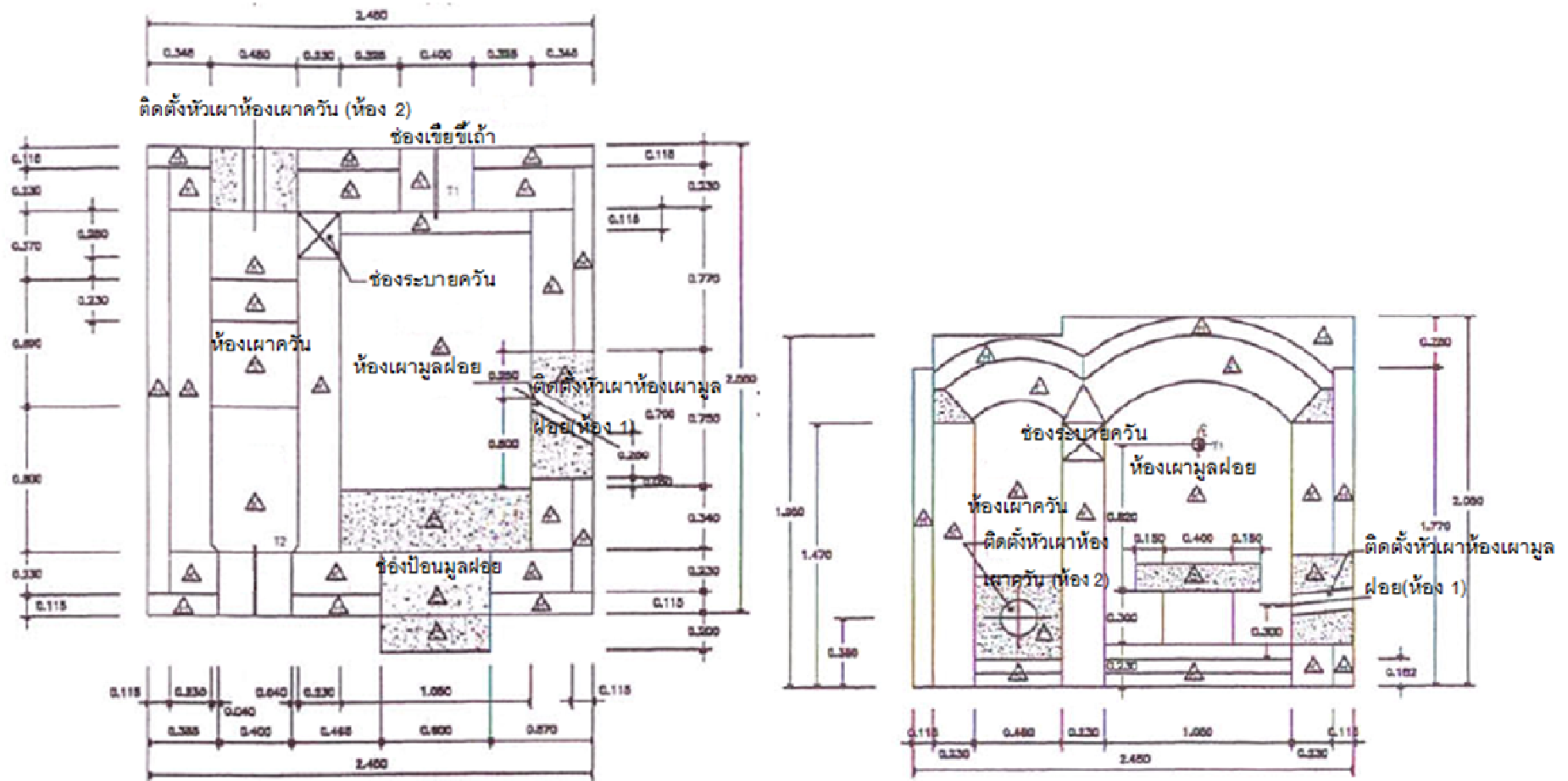
จึงมีความเป็นไปได้ที่โรงพยาบาลในชุมชนต่างจังหวัดจะสามารถใช้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ร่วมกันได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีเผาเตามูลฝอยติดเชื้อ ประจำทุกโรงพยาบาล

ส่วนในทางสังคมนั้น เนื่องจากการป้อนอากาศเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง จะช่วยให้เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์ขึ้น แก๊สไอเสียที่ปล่อยทิ้งจะสะอาดขึ้นมีสารมลพิษน้อยลง ความยอมรับในทางสังคมจะมากขึ้น

เมื่อพิจารณาในแง่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากการป้อนอากาศเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง จะช่วยให้เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์ขึ้นดังกล่าวมาแล้ว ซึ่งเป็นการเพิ่มหลักประกันว่า เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ จะสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดมาตรฐาน แม้ว่า ในบางครั้งมูลฝอยติดเชื้อนั้น อาจจะมีกลิ่นหรือสิ่งเจือปนที่เผาไหม้ยากเป็นพิเศษก็ตาม



ภาพที่ 3.1 ลักษณะภายนอกทั่วไปของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ



ภาพที่ 3.2 ลักษณะทางโครงสร้างและมิติเตาเผามูลฝอยติดเชื่อที่ใช้ในการวิจัย

### 3.3 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนที่เกี่ยวข้อง

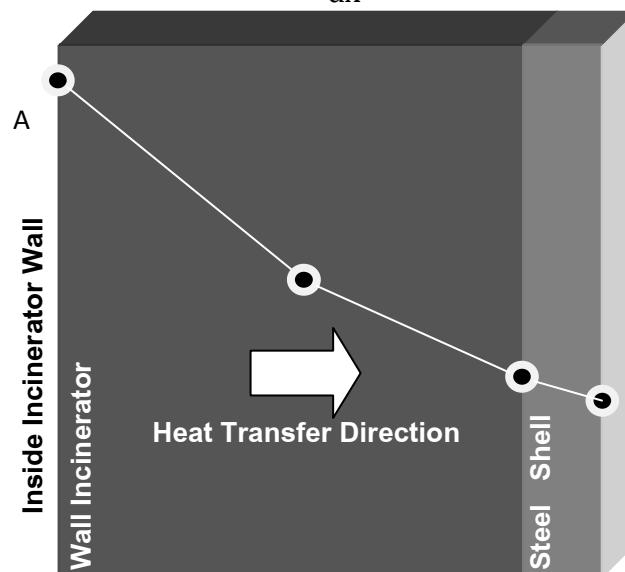
การทำงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ มีทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อน ดังต่อไปนี้

1. การนำความร้อน (Conduction heat transfer)
2. การพาความร้อน (Convection heat transfer)
3. การแผ่รังสีความร้อน (Radiation heat transfer)

#### 3.3.1 การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน (Conduction heat transfer)

ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อน ใช้พิจารณาการนำความร้อนจากผนังด้านในของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและมูลฝอยติดเชื้อ ความร้อนนี้จะถูกถ่ายเทจากผนังด้านในไปยังเปลือกหุ้มชั้นนอกด้วยวิธีการนำความร้อน การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนผ่านผนังดังกล่าว สามารถคำนวณได้จากสมการ(3.1) ดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -kA_{\text{cond}} \frac{dT}{dx} \quad (3.1)$$



ภาพที่ 3.3 แจกแจงสภาวะทางอุณหภูมิจากผนังเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

เมื่อ

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = \text{อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน} \quad (\text{W})$$

$$k = \text{ค่าสภาพนำความร้อนของผนัง} \quad (\text{W/m}\cdot\text{K})$$

$$A_{\text{cond}} = \text{พื้นที่ของการนำความร้อน} \quad (\text{m}^2)$$

$$\frac{dT}{dx} = \text{ค่าเกรเดียนต์อุณหภูมิภายในผนังเตาเผา} \quad (\text{K/m})$$

### 3.3.2 การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อน (Convection heat transfer)

ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อน ใช้พิจารณาการถ่ายเทความร้อนจากเปลือกหุ้มชั้นนอกไปสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการการพาความร้อน ดังสมการ(3.2) ดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = h_m A_{\text{conv}} (T_s - T_{\text{amb}}) \quad (3.2)$$

เมื่อ

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = \text{อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน} \quad (\text{W})$$

$$h_m = \text{ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่เปลือกนอกของเตาเผา} \quad (\text{W/m}^2\cdot\text{K})$$

$$A_{\text{conv}} = \text{พื้นที่ผิวที่เกิดการพาความร้อน} \quad (\text{m}^2)$$

$$T_s = \text{อุณหภูมิผิวเปลือกชั้นนอกของเตาเผา} \quad (\text{K})$$

#### ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนธรรมชาติเฉลี่ย ( $h_m$ )

การหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนธรรมชาติเฉลี่ย สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของ Average Nusselt number ( $\bar{Nu}$ ) พื้นที่ผิวนึ่งเตาเผาmulaลอยติดเชื้อมีลักษณะเป็นพื้นผิวในแนวตั้ง และ แนวนอน ดังนั้นสมการที่นำมาใช้เพื่อหาค่า  $\bar{Nu}$  ได้แก่ สมการ(3.3) [Incropera etc (2007)]

$$\overline{Nu} = \frac{h_m L_c}{k} = \left( 0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/6}}{\left[ 1 + (0.492 / Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right)^2 \quad (3.3)$$

สำหรับพื้นผิวแนวนอน สมการที่นำมาใช้เพื่อหาค่า Nu ได้แก่สมการ (3.4) [Incropera etc (2007)]

$$Nu = 0.27(Ra_L)^{1/4} \quad (3.4)$$

เมื่อ  $Ra_L$  คือค่า Rayleigh number ดังนิยามต่อไปนี้ ตามสมการที่ (3.5)

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\infty)L_c^3}{\alpha\nu} \quad (3.5)$$

### 3.3.3 การถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีความร้อน

ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีความร้อน ใช้วิเคราะห์การแผ่รังสีความร้อนจากเปลือกหุ้มเตาชั้นนอกและปล่องปล่อยไอเสียให้กับสิ่งแวดล้อม สำหรับการสูญเสียความร้อนจากเปลือกหุ้มชั้นนอกไปสู่สิ่งแวดล้อม สามารถคำนวณโดยใช้สมการการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีความร้อน ดังสมการ(3.7)

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon\sigma A_{rad}(T_{rad}^4 - T_{amb}^4) \quad (3.6)$$

เมื่อ

$$Q_{rad} = \text{อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อน} \quad (W)$$

$$\varepsilon = \text{ค่า emissivity ของเปลือกนอกของเตาเผา} \quad -$$

$$\sigma = \text{ค่าคงที่ Stefan-Boltzmann} \quad (W/m^2 \cdot K^4)$$

$$A_{rad} = \text{พื้นที่ที่เกิดการแผ่รังสีความร้อน} \quad (m^2)$$

$$T_{rad} = \text{อุณหภูมิผิวเตาเผาสมดุลยติดเชื้อที่แผ่รังสีความร้อน} \quad (K)$$

### 3.4 สมดุลมวลในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

ในการเผามูลฝอยติดเชื้อด้วยเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ เกี่ยวข้องกับการไหลของมวลเข้าสู่และออกจากเตาเผา ซึ่งกำหนดให้เป็นปริมาตรควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

มวลที่ไหลเข้าเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ( $\Sigma m_{in}$ )

1. มวลของน้ำมันเชื้อเพลิง ( $m_{fuel}$ )
2. มวลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ ( $m_{air,comb}$ )
3. มวลของมูลฝอยที่ป้อนเข้าเตา ( $m_{waste}$ )

มวลที่ไหลออกจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ( $\Sigma m_{out}$ )

1. มวลของไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ ( $m_{flue}$ )
2. มวลของขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้มูลฝอย ( $m_{ash}$ )

ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการสมดุลมวล ดังนี้

$$\Sigma m_{in} + \Sigma m_{out} = \Delta m_{CV} \quad (3.7)$$

ในการพิจารณาสมดุลมวลในปริมาตรควบคุม จะตั้งสมมุติฐานว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมวลภายในปริมาตรควบคุม ปริมาณมวลที่ไหลเข้าปริมาตรควบคุมเท่ากับปริมาณมวลที่ไหลออกปริมาตรควบคุม เป็นไปตามสมการ 3.9 ดังนี้

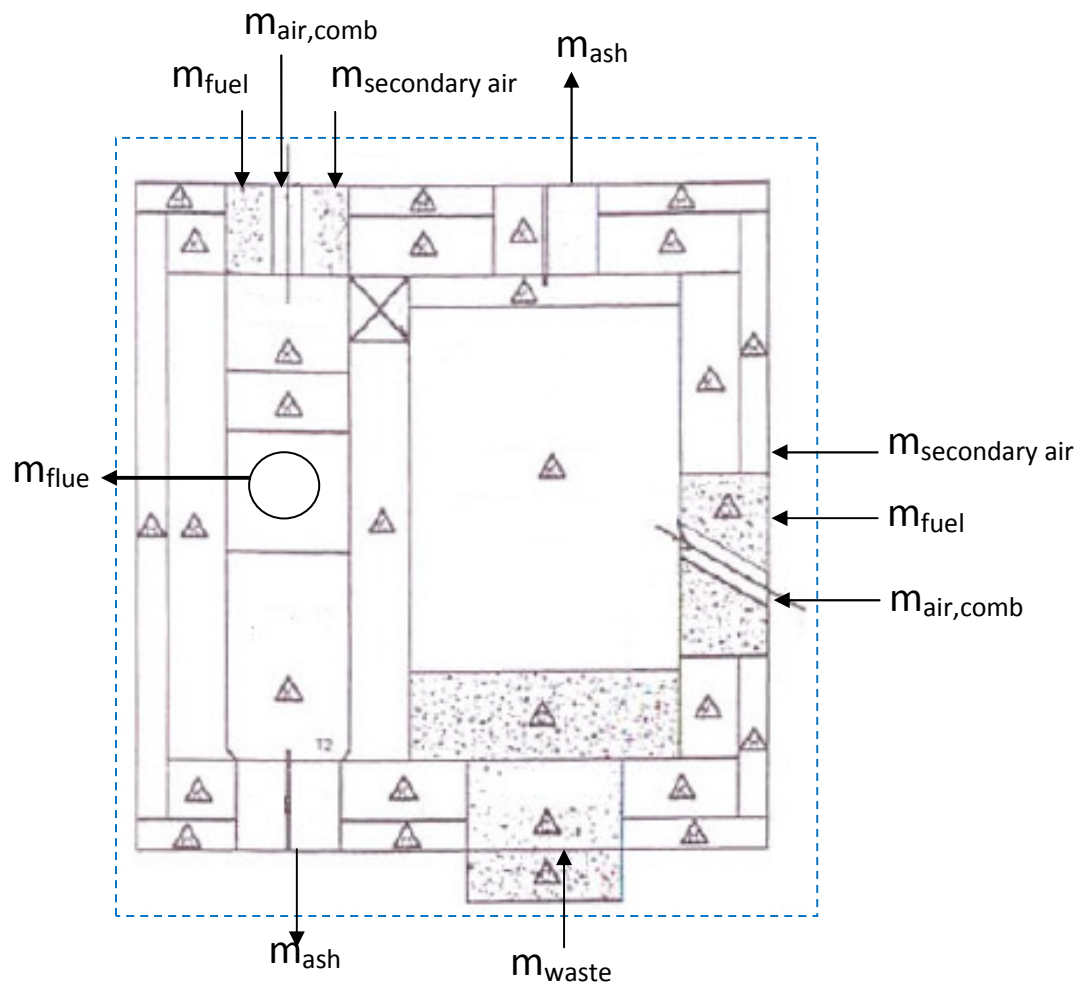
$$\Sigma m_{in} + \Sigma m_{out} = 0 \quad (3.8)$$

ดังนั้น

$$\Sigma m_{in} = \Sigma m_{out} \quad (3.9)$$

$\Sigma m_{in}$  ประกอบด้วยมวลของมูลฝอย น้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศเผาไหม้

$\Sigma m_{out}$  ประกอบด้วยมวลของไอเสีย และ ขี้เถ้า



ภาพที่ 3.4 สมดุลมวลในการเผามูลฝอยติดเชื้อด้วยเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

### 3.5 สมดุลพลังงานในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

พลังงานในการเผามูลฝอยติดเชื้อได้มากจากการเผาไหม้ของน้ำมัน และการเผาไหม้ของมูลฝอยติดเชื้อ พลังงานมีการไหลเข้าไหลออกพร้อมกับการไหลของมวล รวมทั้งการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังเตาเผา นอกจากนี้ พลังงานจะสะสมในส่วนต่างของเตาเผา มูลฝอยติดเชื้อ ดังแสดงในสมการข้างล่างนี้

จากกฎข้อ 1 ทางเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับสมดุลพลังงานของปริมาตรควบคุม

คือ



$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_i \left( h_i + \frac{\bar{v}_i^2}{2} + gz_i \right) = \dot{W} + \sum \dot{m}_e \left( h_e + \frac{\bar{v}_e^2}{2} + gz_e \right) + \frac{dE_{cv}}{dt} \quad (3.10a)$$

$$Q + \sum m_i \left( h_i + \frac{\bar{v}_i^2}{2} + gz_i \right) = W + \sum m_e \left( h_e + \frac{\bar{v}_e^2}{2} + gz_e \right) + \Delta E_{cv} \quad (3.10b)$$

สำหรับในงานวิจัยนี้ได้สมมติให้การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์มีค่าน้อยตัดทิ้งได้ ดังนั้นสมการข้างต้นกลายเป็น

$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_i (h_i) = \dot{W} + \sum \dot{m}_e (h_e) + \frac{dE_{cv}}{dt} \quad (3.11a)$$

$$Q + \sum m_i (h_i) = W + \sum m_e (h_e) + \Delta E_{cv} \quad (3.11b)$$

ในกรณีของการเผาไหม้ลอยติดเชื้อด้วยเตาเผาจะไม่มีการเกิดขึ้น ( $W_{cv} = 0$ ) ทำให้สมการที่ 3.11 ลดรูปเป็นสมการที่ 3.12

$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_i (h_i) = \sum \dot{m}_e (h_e) + \frac{dE_{cv}}{dt} \quad (3.12a)$$

$$Q + \sum m_i (h_i) = \sum m_e (h_e) + \Delta E_{cv} \quad (3.12b)$$

**ความร้อนที่ถ่ายเทออกจากปริมาตรควบคุมประกอบด้วย**

1. ความร้อนถ่ายเทออกจากเปลือกหุ้มชั้นนอกสู่สิ่งแวดล้อม ( $Q_{\text{loss,shell}}$ )
2. ความร้อนถ่ายเทออกจากผนังปล่องปล่อยไอเสียสู่สิ่งแวดล้อม ( $Q_{\text{loss,ปล่อง}}$ )

**เอนทาลปีที่ไหลเข้าปริมาตรควบคุมประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้**

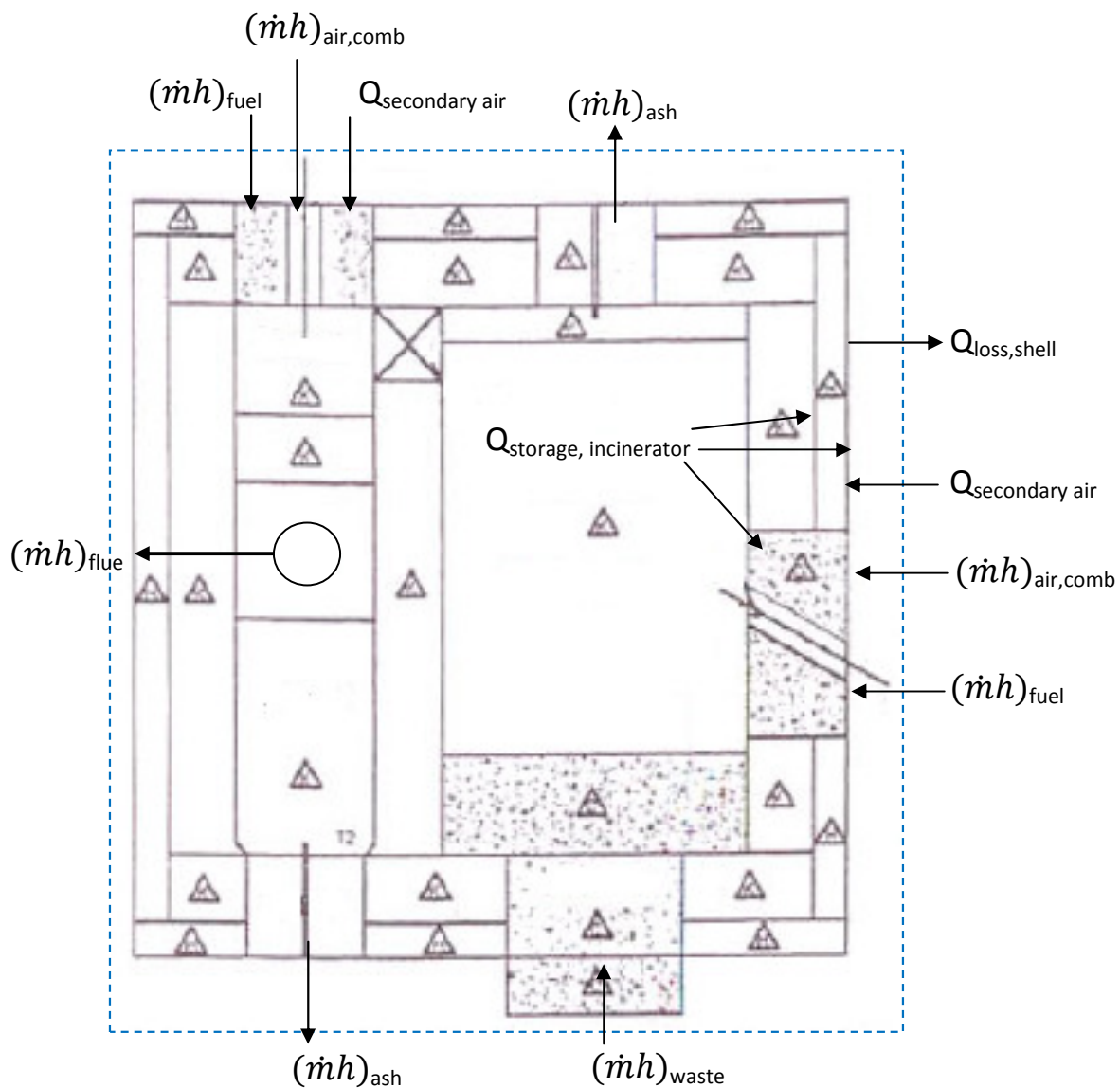
1. เอนทาลปีของอากาศเผาไหม้ ( $\dot{m}h$ )<sub>air,comb</sub>
2. เอนทาลปีของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าเตา ( $\dot{m}h$ )<sub>fuel</sub>
3. เอนทาลปีจากการเผาไหม้ลอย ( $\dot{m}h$ )<sub>waste</sub>

**เอนทาลปีที่ไหลออกของมวลภายในปริมาตรควบคุม**

1. เอนทาลปีของไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตา ( $\dot{m}h$ )<sub>flue</sub>
2. เอนทาลปีของขี้เถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ลอย ( $\dot{m}h$ )<sub>ash</sub>

**พลังงานที่สะสมภายในปริมาตรควบคุม ( $\Delta E_{cv}$ )**

1. พลังงานสะสมในเตาเผาไหม้ลอยติดเชื้อ ( $Q_{\text{storage,incinerator}}$ )



ภาพที่ 3.5 สมดุลพลังงานในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

### 3.6 การคำนวณในสมดุลมวล

มวลที่เกี่ยวกับการทำงานของเตาเผามีดังต่อไปนี้

#### 3.6.1 มวลของน้ำมันเชื้อเพลิง ( $m_{fuel}$ )

มวลของน้ำมันเชื้อเพลิงสามารถหาได้จากการเก็บข้อมูลของปริมาณการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด ซึ่งสามารถใช้คำนวณมวลของเชื้อเพลิงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$m_{\text{fuel}} = \rho_{\text{fuel}} V_{\text{fuel}} \quad (3.13)$$

เมื่อ

$$\rho_{\text{fuel}} = \text{ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง} \quad (\text{kg/m}^3)$$

$$V_{\text{fuel}} = \text{ปริมาตรของเชื้อเพลิง} \quad (\text{m}^3)$$

### 3.6.2 มวลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ ( $m_{\text{air,comb}}$ )

มวลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ ได้จากการเก็บข้อมูลของปริมาณออกซิเจนในไอเสีย จากนั้นนำปริมาณออกซิเจนที่ตรวจวัดได้มาคำนวณหาอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงจริง ( $AF_{\text{actual}}$ ) ซึ่งสามารถคำนวณมวลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ดังสมการ

$$m_{\text{air,comb}} = AF_{\text{actual}} \times m_{\text{fuel}} \quad (3.14)$$

เมื่อ

$$AF_{\text{actual}} = \text{อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงจริง} \quad (\text{kg}_{\text{air}}/\text{kg}_{\text{fuel}})$$

### 3.6.3 มวลของไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ ( $m_{\text{flue}}$ )

มวลของไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ วิเคราะห์ได้การทำสมดุลมวลในสมการที่

3.10

$$\sum m_{\text{in}} = \sum m_{\text{out}} \quad (3.10)$$

ดังนั้น

$$m_{\text{flue}} = m_{\text{fuel}} + m_{\text{air,comb}} + m_{\text{waste}} - m_{\text{ash}} \quad (3.15)$$

### 3.7 การคำนวณในสมดุลพลังงาน

สำหรับการคำนวณในสมดุลพลังงาน จะพิจารณาพลังงานที่ไหลเข้า-ออก ปริมาตรควบคุม โดยพิจารณาแยกพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญโดยติดเชื้อออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

#### สมดุลพลังงานในเตาเผาผลาญโดยติดเชื้อ

##### 3.7.1 พลังงานสะสมในเตาเผา ( $Q_{\text{storage,incinerator}}$ )

พลังงานที่ถ่ายเทความร้อนมาจากผนังของเตาเผาผลาญโดยติดเชื้อด้านในถ่ายเทมาถึงด้านนอกของเตาเผาผลาญโดยติดเชื้อ จากนั้นพลังงานได้ถ่ายเทเข้าไปยังเปลือกหุ้มชั้นนอก โดยการนำความร้อนเช่นเดียวกัน ทำให้เปลือกหุ้มชั้นนอกมีพลังงานสะสมภายในด้วยเช่นกัน โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ทราบได้จากเทอร์โมคัปเปิลแบบอินฟราเรดที่ใช่วัดอุณหภูมิเปลือกหุ้มชั้นนอก

$$Q_{\text{storage,incinerator}} = m_{\text{incinerator}} C_{p,\text{incinerator}} (T_{\text{incinerator}} - T_{\text{amb}}) \quad (3.16)$$

##### 3.7.2 ความร้อนถ่ายเทออกจากเปลือกหุ้มชั้นนอกสู่สิ่งแวดล้อม

###### ( $Q_{\text{loss,shell}}$ )

พลังงานที่สะสมอยู่เปลือกหุ้มชั้นนอก จะถ่ายเทไปสู่สิ่งแวดล้อมได้ 2 วิธี คือ การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อน และการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีความร้อน ดังสมการต่อไปนี้

$$Q_{\text{loss,shell}} = \sum_{n=1}^{n=N} [h_m A_{\text{shell}} (T_{\text{shell},n} - T_{\text{amb}}) x t_{\text{SR}}] + \sum_0^i [\varepsilon_{\text{shell}} \sigma A_{\text{shell}} (T_{\text{shell},n}^4 - T_{\text{amb}}^4) x t_{\text{SR}}] \quad (3.17)$$

เมื่อ

$$Q_{\text{loss,shell}} = \text{พลังงานถ่ายเทออกจากผิวตัวเตาเหล็ก} \quad (J) \quad (J)$$

$$t_{\text{SR}} = \text{Sampling Rate ในการเก็บค่าของตัวบันทึกข้อมูล(Data Logger)} \quad (s) \quad (s)$$

### 3.7.3 ความร้อนถ่ายเทออกจากปล่องไอเสียสู่สิ่งแวดล้อม ( $Q_{\text{loss,ปล่อง}}$ )

พลังงานที่สะสมอยู่เปลือกหุ้มชั้นนอก จะถ่ายเทไปสู่สิ่งแวดล้อมได้ 2 วิธี คือ การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อน และการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีความร้อน ดังสมการต่อไปนี้

$$Q_{\text{loss,ปล่อง}} = \sum_{n=1}^{n=N} \left[ h_{m,n} A_{\text{chimney}} (T_{\text{chimney},n} - T_{\text{amb}}) x t_{\text{SR}} \right] + \sum_{n=1}^{n=N} \left[ \varepsilon_{\text{chimney}} \sigma A_{\text{chimney}} (T_{\text{chimney},n}^4 - T_{\text{amb}}^4) x t_{\text{SR}} \right] \quad (3.18)$$

เมื่อ

$$Q_{\text{loss,ปล่อง}} = \text{พลังงานถ่ายเทออกจากผิวปล่อง} \quad (J) \quad (J)$$

$$t_{\text{SR}} = \text{Sampling Rate ในการเก็บค่าของตัวบันทึกข้อมูล(Data Logger) (s)}$$

### 3.7.4 พลังงานจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ( $Q_{\text{fuel}}$ )

ในสมดุลพลังงานภายใต้ปริมาตรควบคุม พลังงานที่ได้รับจากมวลของเชื้อเพลิงก็เป็นพลังงานรูปหนึ่งที่ไหลเข้ามาภายในปริมาตรควบคุมเช่นกัน สามารถวิเคราะห์ได้จากสมการดังนี้

$$Q_{\text{fuel}} = V_{\text{fuel}} \times \text{LHV} \quad (3.19)$$

เมื่อ

$$\text{LHV} = \text{ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value) ของหัวเผาเชื้อเพลิง (MJ/L)}$$

### 3.7.5 พลังงานในไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ ( $Q_{\text{flue}}$ )

พลังงานในไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้สามารถคำนวณได้จากพลังงานในแก๊สที่เป็นส่วนประกอบของไอเสีย ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{flue}} = & m_{\text{CO}_2, \text{flue}} \left( \int_{T_{\text{amb}}}^{T_{\text{flue}}} \bar{C}_{p, \text{CO}_2} dT \right) + m_{\text{H}_2\text{O}, \text{flue}} \left( \int_{T_{\text{amb}}}^{T_{\text{flue}}} \bar{C}_{p, \text{H}_2\text{O}} dT \right) \\
 & + m_{\text{O}_2, \text{flue}} \left( \int_{T_{\text{amb}}}^{T_{\text{flue}}} \bar{C}_{p, \text{O}_2} dT \right) + m_{\text{N}_2, \text{flue}} \left( \int_{T_{\text{amb}}}^{T_{\text{flue}}} \bar{C}_{p, \text{N}_2} dT \right) \\
 & + m_{\text{SO}_2, \text{flue}} \left( \int_{T_{\text{amb}}}^{T_{\text{flue}}} \bar{C}_{p, \text{SO}_2} dT \right)
 \end{aligned} \tag{3.20}$$

ค่าความร้อนจำเพาะของแก๊สที่เป็นส่วนประกอบของไอเสียแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1** ตารางแสดงค่าความแปรผันของความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเผาไหม้กับอุณหภูมิไอเสีย (Van Wylen, 2003)

$\bar{C}_{p, \text{O}_2}$	=	$0.88 - 0.0001 \left( \frac{T}{1000} \right) + 0.54 \left( \frac{T}{1000} \right)^2 - 0.33 \left( \frac{T}{1000} \right)^3$
$\bar{C}_{p, \text{CO}_2}$	=	$0.45 + 1.67 \left( \frac{T}{1000} \right) + 1.27 \left( \frac{T}{1000} \right)^2 + 0.39 \left( \frac{T}{1000} \right)^3$
$\bar{C}_{p, \text{H}_2\text{O}}$	=	$1.79 + 0.107 \left( \frac{T}{1000} \right) + 0.586 \left( \frac{T}{1000} \right)^2 - 0.20 \left( \frac{T}{1000} \right)^3$
$\bar{C}_{p, \text{N}_2}$	=	$1.11 - 0.48 \left( \frac{T}{1000} \right) + 0.96 \left( \frac{T}{1000} \right)^2 - 0.42 \left( \frac{T}{1000} \right)^3$
$\bar{C}_{p, \text{SO}_2}$	=	$0.37 + 1.05 \left( \frac{T}{1000} \right) - 0.77 \left( \frac{T}{1000} \right)^2 + 0.21 \left( \frac{T}{1000} \right)^3$

### 3.8 การคำนวณหาสมรรถนะของเตา

สมรรถนะของเตาเผาผลผลิตดีจะคำนวณในรูปของความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงต่อหน่วยมวลของผลผลิตที่เผา ดังต่อไปนี้

$$\eta_{\text{oil}} = \frac{\text{mass of fuel}}{\text{mass of waste}} \tag{3.21}$$

## บทที่ 4

### อุปกรณ์อุณหอากาศ

#### 4.1 หลักการออกแบบเครื่องอุณหอากาศ

ในการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ชนิดของไหลที่จะแลกเปลี่ยนความร้อน สำหรับเครื่องอุณหอากาศ ของไหลประกอบด้วยก๊าซร้อนที่ปล่อยออกจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ซึ่งจะถ่ายเทความร้อนให้แก่อากาศที่เข้าเผาไหม้

2. องค์ประกอบของของไหล ในกรณีของก๊าซเสียที่ปล่อยทิ้งประกอบด้วยองค์ประกอบหลักคือ ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไอน้ำ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ผุ่นเขม่าอาจจะทำให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสึกหรอหรืออุดตันได้ ส่วนไอน้ำกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้ท่อของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนผุกร่อนได้ เมื่อผิวของท่อมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการกลั่นตัวของไอน้ำทำให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ละลายลงในน้ำแล้วมีฤทธิ์เป็นกรด

3. อุณหภูมิของก๊าซเสียจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ จะมีผลโดยตรงต่อท่อใน 2 แฉกแรกของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน ดังนั้นการใช้ท่อต้องสามารถทนต่ออุณหภูมิของก๊าซเสียได้ โดยเฉพาะช่วงเปลี่ยนจากภาวะปกติเป็นช่วงที่ไม่มีภาวะความร้อนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของก๊าซเสีย

4. การบำรุงรักษา การออกแบบต้องคำนึงถึงการบำรุงรักษาที่สามารถทำได้ไม่ซับซ้อนมากนัก

5. การออกแบบให้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้มีประสิทธิภาพสูง หมายถึงต้องทำให้ค่า Overall Heat Transfer Coefficient (U) มีค่าสูงและ มีผิวถ่ายเทความร้อนที่มากพอ

6. ความต้านทานการถ่ายเทความร้อน (Thermal Resistance, R) ขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านก๊าซเสีย สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านอากาศ การนำ

ความร้อนของท่อในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และ ฝุ่นและคราบที่ติดผิวถ่ายเทความร้อน (Fouling) องค์ประกอบที่เป็นหลักคือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านก๊าซเสีย และ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านอากาศ ดังนั้นการที่จะลดความต้านทานการถ่ายเทความร้อนก็หมายถึงเพิ่มสัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านก๊าซเสีย และ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านอากาศ ซึ่งทั้งสองค่าขึ้นอยู่กับความเร็วของก๊าซเสียที่ผ่านนอกท่อ ลักษณะการจัดวางท่อ และ ความเร็วของอากาศที่ไหลอยู่ในท่อ แต่ความเร็วของทั้งสองถูกจำกัดด้วยเสียงและความสั่นไหวของท่อทั้งด้านนอกและด้านใน นอกจากนี้ความเร็วสูงมากจะทำให้ความดันสูญเสียเพิ่มขึ้นทั้งด้านนอกและด้านในท่อ แต่ผลของความดันสูญเสียเป็นข้อจำกัดน้อยกว่าผลของความสั่นไหวที่เกิดขึ้น

7. การขยายตัวของท่อเมื่อมีอุณหภูมิสูง การออกแบบจะมีการใช้ท่อตัดสองแถวแรกเพื่อให้ท่อขยายตัวได้ ปัจจุบันนิยมให้ Bellow สำหรับสองแถวแรกขยายตัวยาวลงด้านล่าง ในกรณีนี้เนื่องจากความยาวท่อไม่มากนัก จึงไม่จำเป็นต้องมีส่วนเผื่อการขยายตัวของท่อ

#### 4.2 การคำนวณหาอัตราไหลของอากาศและไอเสียในเตาเผามูลฝอย

การหาอัตราไหลของอากาศและไอเสีย เราอาศัยข้อมูลจากการตรวจวัดไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่อง เป็นการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนในไอเสียเพื่อใช้ในการคำนวณ สมการที่ใช้คำนวณหาอัตราไหลของอากาศและไอเสียในเตาเผาใช้สมการจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ดังต่อไปนี้

อัตราส่วนอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้คำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$M = \frac{21}{21 - \%O_2} \quad (4.1)$$

ในการตรวจวัดได้ค่าปริมาณออกซิเจนออกจากห้องเผาไหม้เท่ากับ 7% ดังนั้นจะได้

$$M = \frac{21}{21 - 7} = 1.5$$

ปริมาณอากาศทางทฤษฎีคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$A_{OL} = \left( \frac{0.85 \times LHV_L}{1000} \right) + 2 \quad (4.2)$$



ค่า LHV ของน้ำมันดีเซลมีค่าเท่ากับ 9600 kcal/kg ดังนั้น

$$A_{OL} = \left( \frac{0.85 \times 9600}{1000} \right) + 2 = 10.16 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

ปริมาณอากาศจริง

$$A_L = A_{OL} \times M \quad (4.3)$$

เมื่อ ปริมาณอากาศทางทฤษฎีเท่ากับ 10.16 Nm<sup>3</sup>/kg และอัตราส่วนอากาศเท่ากับ 1.5 ดังนั้น

$$A_L = 10.16 \times 1.5 = 15.24 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

อัตราไหลอากาศจริง

$$m_a = A_L \times \rho \times V \quad (4.4)$$

เมื่อปริมาณเชื้อเพลิงเท่ากับ 45 L/h และ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเท่ากับ 0.84 kg/L ดังนั้น  
จะได้

$$m_{a, total} = 15.24 \times 0.84 \times 45 = 576.07 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

อากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นอากาศทุติยภูมิ ซึ่งจากข้อมูลการทำงานของเตาเผามูลฝอยมีค่าประมาณ 70% ของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ทั้งหมด ดังนั้น

$$m_{a, 70\%} = 576.07 \times \left( \frac{70}{100} \right) = 403.249 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

ปริมาณก๊าซเสียทางทฤษฎี (LHV ของน้ำมันดีเซลมีค่าเท่ากับ 9600 kcal/kg)

$$\theta_{OL} = \frac{1.11 \text{ LHV}_L}{1000} \quad (4.5)$$

ค่า LHV ของน้ำมันดีเซลมีค่าเท่ากับ 9600 kcal/kg ดังนั้น

$$\theta_{OL} = \frac{1.11 \times 9600}{1000} = 10.66 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

ปริมาณก๊าซเสียจริง

$$\theta_L = \theta_{OL} + (M - 1)A_{OL} \quad (4.6)$$

เมื่อปริมาณก๊าซเสียทางทฤษฎีเท่ากับ  $10.66 \text{ Nm}^3/\text{kg}$ , อัตราส่วนอากาศ 1.5 และปริมาณอากาศทางทฤษฎีเท่ากับ  $10.16 \text{ Nm}^3/\text{kg}$  ดังนั้น

$$\theta_L = 10.66 + (1.5 - 1)10.16 = 15.74 \text{ Nm}^3 / \text{kg}$$

อัตราการปล่อยก๊าซไอเสียจริง

$$m_g = \theta_L \times \rho \times V \quad (4.7)$$

เมื่อปริมาณเชื้อเพลิงเท่ากับ  $45 \text{ L/h}$  และ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเท่ากับ  $0.84 \text{ kg/L}$  ดังนั้นจะได้

$$m_g = 15.74 \times 0.84 \times 45 = 594.97 \text{ Nm}^3 / \text{h}$$

อัตราการปล่อยก๊าซไอเสียจริงที่อุณหภูมิ  $700^\circ\text{C}$

$$m_{g,700\text{C}} = m_g \left( \frac{700 + 273}{300} \right) = 1929 \text{ m}^3 / \text{h}$$

ข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในลำดับต่อไป

#### 4.3 ขั้นตอนการออกแบบเครื่องอุ่นอากาศ

ในการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อากาศที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นอากาศหตุยภูมิ ซึ่งจากข้อมูลการทำงานของเตาเผาผลผลิตมีค่าประมาณ 70% ของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ทั้งหมด

##### 4.3.1 การกำหนดคุณสมบัติของของไหล

จากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและคำนวณของเตาเผา จะได้ข้อมูลเบื้องต้นที่นำมาใช้ในการคำนวณออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนได้ คือ

1. อัตราการไหล และอุณหภูมิของอากาศที่เข้าสู่เตาเผา

## 2. อัตราการไหล และอุณหภูมิของก๊าซเสีย (Flue Gas) ที่ออกจากเตาเผา

ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณออกแบบอุปกรณ์อื่น ซึ่งจะต้องทราบค่าคุณสมบัติต่างๆ ของของไหล เช่น ความหนาแน่น ค่าความร้อนจำเพาะ ค่าการนำความร้อน และ ความหนืดของของไหล เป็นต้น แต่เนื่องจากค่าคุณสมบัติต่างๆ ของของไหลที่ใช้ในการคำนวณจะใช้ค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติของของไหลที่บริเวณทางเข้าและทางออกของอุปกรณ์ แลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งต้องใช้ค่าอุณหภูมิของอากาศและก๊าซเสียทางเข้าและทางออก

จากรูปที่ 1.2 สำหรับการดำเนินงานโดยทั่วไปของอุปกรณ์อุ่นอากาศชนิด Recuperator นั้น ประสิทธิภาพ (Effectiveness  $\mathcal{E}$ ) มีค่าระหว่าง 20-50% ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าเริ่มต้นสำหรับการออกแบบเท่ากับ 40% โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน ประกอบกับราคาในการก่อสร้างที่ไม่แพงเกินไป และ สำหรับเป้าหมายการออกแบบให้เกิดผลประหยัดประมาณ 20% โดยกำหนดให้อุณหภูมิที่ปล่อยทิ้งมีอุณหภูมิประมาณ 900C จากกราฟในรูปที่ 1.2 เราอ่านค่าอุณหภูมิของอากาศที่สามารถอุ่นได้ประมาณ 400C อย่างไรก็ตาม ค่าเหล่านี้ อาจจะต้องมีการปรับเปลี่ยนบ้างในระหว่างการออกแบบ ดังนั้นอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ต้องการคือ  $q = \dot{m}_a C_p (T_{ao} - T_{ai})$

### 4.3.2 การคำนวณและตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

วิธีออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในโครงการนี้ คือ LMTD Method

- 1.) สมมติค่า  $U$  จากตาราง 4.1 เพื่อใช้คำนวณหา พื้นที่เบื้องต้นจาก  $q = AU_{\text{guess}} \Delta T_{\text{In}}$
- 2.) ทดลองจัดเรียงท่อ คำนวณหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม  $U_{\text{cal}}$  คำนวณหาพื้นที่ถ่ายเทความร้อนที่ต้องการ  $A_{\text{req}}$
- 3.) ปรับการจัดเรียงท่อให้ได้พื้นที่เพียงพอกับ  $A_{\text{req}}$

ขนาดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนนั้น จะมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมสมมติไว้ (ตารางที่ 4.1) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมสำหรับค่า  $U$  ที่สมมติไว้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่หาได้ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านฟิล์มภายในท่อและนอกท่อจากขนาดท่อที่ได้ สามารถออกแบบการจัดวางท่อ ระยะห่างระหว่างท่อ และกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความสกปรก (Fouling Factor) ที่เหมาะสมขึ้น ทำการตรวจสอบ

ขนาดของท่อที่เลือกไว้ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยหาค่า  $U$  ว่าใกล้เคียงกับค่าที่สมมติขึ้นในตอนแรกหรือไม่ โดยพิจารณาจากความต้านทานความร้อนรวมที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน  $R_{tot}$  ซึ่งแสดงไว้ในสมการ (4.1) โดยประกอบด้วยความต้านทานต่างๆดังนี้

$R_{tot}$  = (ความต้านทานความร้อนที่ผิวท่อด้านใน) + (ความต้านทานของคราบ fouling ที่พื้นผิวภายในของท่อ) + (ความต้านทานความร้อนของตัวท่อ) + (ความต้านทานของคราบ fouling ที่พื้นผิวภายนอกของท่อ) + (ความต้านทานความร้อนที่ผิวท่อด้านนอก)

$$R_{tot} = R_{hi} + R_{fi} + R_k + R_{fo} + R_{ho} \quad (4.8)$$

โดย

$R_{hi}$  คือ ความต้านทานของชั้นฟิล์มบนพื้นผิวภายในท่อ,  $R_{hi} = \frac{1}{h_i A_i}$

$R_{fi}$  คือ ความต้านทานของคราบ Fouling ที่พื้นผิวภายในท่อ,  $R_{fi} = \frac{R_{f,i}}{A_i}$

$R_k$  คือ ความต้านทานของผนังท่อ,  $R_k = \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi kL}$

$R_{fo}$  คือ ความต้านทานของคราบ Fouling ที่พื้นผิวภายนอกท่อ,  $R_{fo} = \frac{R_{f,o}}{A_o}$

$R_{ho}$  คือ ความต้านทานของชั้นฟิล์มบนพื้นผิวภายนอกท่อ,  $R_{ho} = \frac{1}{h_o A_o}$

จะได้

$$R = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{R_{f,i}}{A_i} + \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi kL} + \frac{R_{f,o}}{A_o} + \frac{1}{h_o A_o} \quad (4.9)$$

โดย  $A_o, A_i$  คือ พื้นที่ผิวภายนอกท่อและภายในท่อ ( $m^2$ )

$h_o, h_i$  คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวภายนอกและภายในท่อ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$L$  คือ ความยาวท่อ (m)

$k$  คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของท่อ ( $W/m \cdot ^\circ C$ )

$R_{f,o}, R_{f,i}$  คือ แฟคเตอร์ตะกอนที่ผิวภายนอกท่อและภายในท่อ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

$R$  คือ ความต้านทานความร้อนรวมจากของไหลภายในถึงของไหลภายนอก  
ต่อ ( $^{\circ}\text{C}/\text{W}$ )

$D_o, D_i$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกลางภายนอกและภายใน (mm)

จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient,  $U_o$ )  
สามารถหาได้จาก

$$U_o = \frac{1}{\frac{D_o}{h_i D_i} + \frac{R_{f,i} D_o}{D_i} + \frac{D_o \ln(D_o / D_i)}{2k} + R_{f,o} + \frac{1}{h_o}} \quad (4.10)$$

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมโดยทั่วไป [วรวิมล มั่นสกุล (2544)]

Type of heat exchanger	U ( $\text{W}/\text{m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$ )
Water-to-water	850-1700
Water-to-oil	100-350
Water-to-gasoline or kerosene	300-1000
Feedwater heaters	1000-8500
Steam-to-light fuel oil	200-400
Steam-to-heavy fuel oil	50-200
Steam condenser	1000-6000
Freon condenser (water cooled)	300-1000
Ammonia condenser (water cooled)	800-1400
Alcohol condensers (water cooled)	250-700
Gas-to-gas	10-40
Water-to-air in finned tubes (water in tubes)	30-60 400-850
Steam-to-air in finned tubes (steam in tubes)	30-300 400-4000

### 1) การหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของการไหลผ่านกลุ่มท่อ, $h_o$

สำหรับการถ่ายเทความร้อนของกลุ่มท่อที่มีการไหลผ่านด้านนอก สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของกลุ่มท่อนั้น จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของท่อในกลุ่ม จำนวนแถว และการจัดเรียงแถวของท่อ โดยการจัดเรียงแถวของท่อจะจัดเรียงได้เป็น 2 รูปแบบคือ แบบแนวเดียวกัน (aligned) และ แบบเยื้องกัน (staggered) กับทิศทางการไหล

ลักษณะของท่อแต่ละชุดกำหนดได้โดยเส้นผ่านศูนย์กลาง ( $D$ ) ระยะทางระหว่างท่อในแนวตั้งฉาก (Transverse Pitch,  $S_T$ ) และระยะทางระหว่างท่อในแนวขนานกับการไหล (longitudinal Pitch,  $S_L$ ) โดยระยะทางเหล่านี้จะวัดจากกึ่งกลางของท่อ การไหลผ่านกลุ่มท่อนี้จะได้รับผลกระทบจากการแยกตัวซึ่งมีผลต่อการพาความร้อน สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของท่อแถวแรกสามารถประมาณได้เท่ากับค่าของท่อเดี่ยว ในขณะที่สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของท่อที่อยู่ถัดเข้าไปจะมีค่ามากกว่า โดยท่อในแถวต้นๆจะเปรียบเสมือนตัวทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของท่อแถวต่อไปเพิ่มขึ้น แต่ส่วนใหญ่แล้วค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนนี้จะคงที่หลังจากท่อแถวที่สี่หรือห้า ดังนั้นโดยทั่วไปเรามักสนใจค่าเฉลี่ย  $\bar{h}$  สำหรับท่อทั้งระบบมากกว่า

$$Re_{D,\max} = \frac{\rho V_{\max} D}{\mu} \quad (4.11)$$

โดยที่

$\overline{Nu_D}$	คือ ตัวเลขนัสเซล (Nusselt Number)
$Re_{D,\max}$	คือ ตัวเลขเรย์โนลด์ของการไหลด้านนอกท่อ (Reynolds Number)
Pr	คือ ตัวเลขพรานด์เทล (Prandtl Number)
$N_L$	คือ จำนวนท่อต่อแถว
$N_T$	คือ จำนวนแถวของท่อ
$\mu$	คือ ความหนืดของของเหลวด้านนอกท่อ (kg/m-s)
$V_{\max}$	คือ ความเร็วสูงสุดที่ไหลผ่านท่อ (m/s)

zhukauskas ได้เสนอสมการ correlation เป็น

$$\overline{Nu}_D = C Re_{D,\max}^m Pr^{0.36} \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^n ; \quad \left[ \begin{array}{l} NL \geq 20 \\ 0.7 < Pr < 500 \\ 1000 < Re_{D,\max}^m < 2 \times 10^6 \end{array} \right] \quad (4.12)$$

เมื่อ  $n = 0$  สำหรับก๊าซ  
 $n = 1/4$  สำหรับของเหลว

โดยที่ค่าคุณสมบัติทั้งหมด (ยกเว้น  $Pr_s$ ) คิดที่ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิทางเข้าและออก ส่วนค่าคงที่ C และ m กำหนดไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าคงที่ของสมการ (4.12) สำหรับการไหลผ่านท่อหลายชั้น

Configuration	$Re_{D,\max}$	C	m
Aligned	$10-10^2$	0.80	0.40
Staggered	$10-10^2$	0.90	0.40
Aligned	$10^2-10^3$	Approximate as a single (isolated) cylinder	
Staggered	$10^2-10^3$		
Aligned	$10^3-2 \times 10^5$	0.27	0.63

จากสมการดังที่ได้กล่าวมา สามารถหาค่า  $\overline{Nu}_D$  ได้และเมื่อทราบ  $\overline{Nu}_D$  แล้วก็สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายนอกท่อ  $h_o$  ได้จากความสัมพันธ์

$$\overline{Nu}_D = \frac{hD}{k} \quad (4.13)$$

เพราะฉะนั้นค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายนอกท่อ สามารถหาได้ดังนี้

$$h_o = \frac{\overline{Nu}_D k}{D_o} \quad (4.14)$$

โดยที่

$h_o$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายนอกท่อ ( $W/m^2-K$ )

$k$  คือ ค่าการนำความร้อน ( $W/m-K$ )

$D_o$  คือ เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกท่อ (m)

## 2) การหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของการไหลในท่อ, $h_i$

สำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยของการไหลในท่อ วิธีที่ใช้กันโดยทั่วไปคือหาจาก ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนในรูปของตัวแปรไร้มิติที่เรียกว่า ตัวเลขนัสเซิลท์ (Nusselt number) ซึ่งสมการดังกล่าวได้มาจากการทดลอง สำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ยของการไหลในท่อ ( $h_i$ ) นั้นสามารถหาได้จากค่า  $Nu_D$  ดังนี้

สำหรับท่อผิวเรียบ (smooth circular tube)

สมการของ Sieder and Tate ใช้ในกรณีที่ผลต่างของอุณหภูมิ ( $T_s - T_m$ ) มีค่ามากๆ

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14} ; \left[ \begin{array}{l} 0.7 \leq Pr \leq 16,700 \\ Re_D \geq 10,000 \\ \frac{L}{D} \geq 10 \end{array} \right] \quad (4.15)$$

คุณสมบัติต่างๆ ยกเว้นค่า  $\mu_s$  หาที่  $T_m$  โดยที่  $\mu_s$  คัดที่  $T_s$

โดยที่

$T_s$  คือ อุณหภูมิของผิวท่อ ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_m$  คือ อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิทางเข้าและออกในท่อ ( $^{\circ}\text{C}$ )

โดยที่

$$Re_D = \frac{\rho V_{\max} D}{\mu}$$

เพราะฉะนั้นค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายในท่อ หาได้จาก

$$h_i = \frac{Nu_D k}{D_i} \quad (4.16)$$

โดยที่

$h_i$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนภายในท่อ ( $\text{W/m}^2\text{-K}$ )



### 4.3.3 การคำนวณค่าความดันสูญเสีย

#### 1) ความดันสูญเสียที่เกิดจากการไหลผ่านกลุ่มท่อ, $\Delta P_o$

การไหลภายนอก (external flow) เป็นการไหลที่ boundary layer ที่เกิดขึ้น จะเป็นอิสระจากผิวอื่นๆ คือสามารถเพิ่มความหนาชั้นในทิศทางของการไหล โดยไม่ได้รับผลกระทบจากพื้นผิวอื่นเหมือนกับการไหลภายใน (internal flow) ดังนั้นในการไหลชนิดนี้ จะต้องมียานการไหลนอก boundary layer ซึ่งความเร็ว และอุณหภูมิของไหลเป็นค่าคงที่

การไหลของของไหลผ่านกลุ่มท่อนั้นจำเป็นต้องพิจารณาค่าความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากจะต้องใช้พลังงานในการขับให้ของไหลเคลื่อนที่ไปได้ ถ้าความดันสูญเสียของการไหลผ่านกลุ่มท่อที่มีค่ามาก ก็จะทำให้เสียพลังงานในการขับของไหลมาก ค่าความดันสูญเสียของการไหลผ่านกลุ่มท่อ สามารถหาได้ดังนี้

$$\Delta P_o = N_L x \left( \frac{\rho V_{\max,o}^2}{2} \right) f_o \quad (4.17)$$

โดยที่

$\Delta P_o$  คือ ค่าความดันสูญเสียที่เกิดจากการไหลผ่านกลุ่มท่อ (Pa)

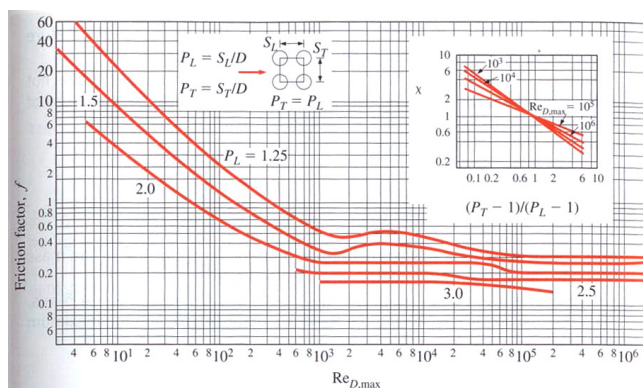
$N_L$  คือ จำนวนแถวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนตามแนวยาว

(longitudinal)

$V_{\max,o}$  คือ ความเร็วสูงสุดที่ไหลผ่านหน้าตัดของท่อภายนอก (m/s)

$x$  คือ ตัวคูณแก้ไข (correction factor) หาได้จากกราฟ (ภาพที่ 4.1)

$f_o$  คือ ตัวประกอบความเสียดทาน หาได้จากกราฟ (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 กราฟตัวประกอบความเสียดทาน และค่าปรับแก้ไขสำหรับกลุ่มท่อที่จัดเรียงแบบแนวเดียวกัน

## 2) ความดันสูญเสียของการไหลในท่อ, $\Delta P_i$

การไหลภายใน เช่น การไหลภายในท่อ หรือช่องทางเปิด จะแตกต่างกับการไหลภายนอก คือ ของไหลจะถูกจำกัดด้วยพื้นผิวโดยผนัง ดังนั้น boundary layer ที่เกิดขึ้นในกรณีนี้จะไม่สามารถเพิ่มความหนาขึ้นโดยไม่มีขีดจำกัดได้ และที่ระยะหนึ่ง boundary layer จะมาบรรจบกัน

Hagen ได้เสนอสูตรการหาค่าความดันสูญเสีย (pressure drop) ในท่อ ดังนี้

$$\Delta P_i = f_i \frac{L}{D_i} \frac{\rho V_m^2}{2} \tag{4.18}$$

โดยที่

$\Delta P$  คือ ความดันสูญเสียของการไหลภายในท่อ (Pa)

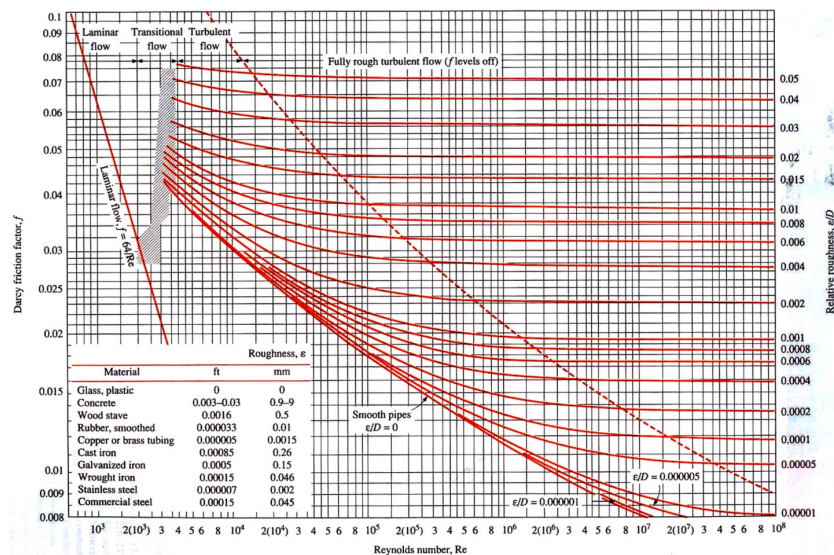
$f_i$  คือ ตัวประกอบความเสียดทานซึ่งหาได้จาก moody chart (ภาพที่

4.2)

$V_m$  คือ ความเร็วของของไหลผ่านท่อด้านใน (m/s)

$L$  คือ ความยาวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (m)

$D_i$  คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ (m)



The Moody chart for the friction factor for fully developed flow in circular pipes for use in the head loss relation  $\Delta P_L = f \frac{L}{D} \frac{\rho V^2}{2}$ . Friction factors in the turbulent flow are evaluated from the Colebrook equation  $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right]$ .

ภาพที่ 4.2 Moody Chart แสดงตัวประกอบความเสียดทานภายในท่อ

#### 4.4 การคำนวณเพื่อออกแบบเครื่องอุ่นอากาศ

รูปแบบของอุปกรณ์อุ่นอากาศเป็นแบบ one shell pass, two tube passes ใช้ท่อขนาด 25 mm ระยะห่างระหว่างท่อ 50 mm โดยให้ไอเสียไหลทางด้าน shell ส่วนอากาศไหลอยู่ในท่อ เนื่องจากไอเสียคาดว่าจะมีความชื้นสูง ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงจากการกัดกร่อนด้านไอเสีย จึงจัดให้การไหลเป็นแบบขนาน การเรียงท่อให้เรียงตรงแนวกัน (align arrangement) เพื่อให้สามารถทำความสะอาดผิวนอกของท่อได้สะดวก การออกแบบใช้วิธี log mean temperature difference method การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนใช้สมการต่อไปนี้

สำหรับการไหลในท่อที่เป็น turbulent flow สมการสำหรับหา Nusselt number เพื่อหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในที่นี้ใช้สมการของ Sieder&Tate :

$$\overline{Nu}_D = 0.027 Re_D^{4/5} Pr^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14}$$

ส่วนการไหลด้าน shell ซึ่งเป็นการไหลผ่านแผงท่อที่เรียงกันแบบตรงแนว สมการสำหรับหา Nusselt number เพื่อหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อน ในที่นี้ใช้สมการของ Zhukauskas :

$$\overline{Nu}_D = C Re_{D,max}^m Pr^{0.36} \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^n$$

โดยที่ตัวคงค่า C และ m ขึ้นอยู่กับค่า Reynolds number

อัตราการถ่ายเทความร้อนจากไอเสียไปสู่อากาศสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$q = A_o \bar{U}_o F \Delta T_{ln}$$

ตัวปรับแก้ผลต่างอุณหภูมิ F สามารถหาได้จากแผนภูมิ (รายละเอียดอยู่ในการคำนวณ) ส่วน  $\bar{U}_o$  และ  $\Delta T_{ln}$  คำนวณหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\frac{1}{\bar{U}_o} = \frac{r_o}{r_i h_i} + r_o \frac{\ln(r_o/r_i)}{k} + \frac{1}{h_o}$$

$$\Delta T_{ln} = \frac{(T_{gi} - T_{ai}) - (T_{go} - T_{ao})}{\ln \frac{(T_{gi} - T_{ai})}{(T_{go} - T_{ao})}}$$

สามารถจัดรูปเพื่อใช้คำนวณหาพื้นที่ถ่ายเทความร้อนที่ต้องการดังนี้

$$A_o = \frac{q}{\bar{U}_o F \Delta T_{ln}}$$

รายละเอียดการคำนวณเพื่อออกแบบเครื่องอุณหอากาศสำหรับการทดลอง

### 1.) ข้อมูลทางความร้อนคุณสมบัติของของไหล

#### Flue gas : Shell side

คุณสมบัติ	ค่า	หมายเหตุ
Fluid flow rate (inlet), kg/s	$m_{g,i} = 0.193$	จากการตรวจวัด
Fluid flow rate (outlet), kg/s	$m_{g,o} = 0.193$	
Fluid temperature (inlet), °C	$T_{g,i} = 710$	
Fluid temperature (outlet), °C	$T_{g,o} = 529.3998$	$T_{g,o} = T_{g,i} + \left( \frac{q}{m_g C_p} \right)$
Average fluid temperature, °C	$T_{g,ave} = 619.6999$	$T_{g,ave} = \frac{T_{g,i} + T_{g,o}}{2}$
Density at blower temperature, kg/m <sup>3</sup>	$\rho_g = 1.0715$	
Density at average temperature, kg/m <sup>3</sup>	$\rho_{g,ave} = 0.4$	อ่านจาก Average fluid temperature
Dynamic viscosity at surface temperature, N-s/m <sup>2</sup>	$\mu_{g,s} = 0.0000355$	อ่านจาก Tube wall temperature
Dynamic viscosity at average temperature, N-s/m <sup>2</sup>	$\mu_{g,ave} = 0.0000385$	อ่านจาก Average fluid temperature
Prandtl number at surface temperature	$Pr_{g,s} = 0.702$	อ่านจาก Tube wall temperature
Prandtl number at average temperature	$Pr_{g,ave} = 0.721$	อ่านจาก Average fluid temperature
Specific heat at average	$C_{p,ave} = 1.15$	อ่านจาก Average fluid temperature

temperature, kJ/kg-°C		
Thermal conductivity at average temperature, W/m-K	$k_g = 0.062$	อ่านจาก Average fluid temperature
Fouling resistance, m <sup>2</sup> -°C/W	0.0017	$R_{f,o} = \frac{1}{\text{foulingcoefficient}}$
Fouling coefficient, W/m <sup>2</sup> -°C	588	

**Air : Tube side**

คุณสมบัติ	ค่า	หมายเหตุ
Fluid flow rate (inlet), kg/s	$m_{a,i} = 0.128$	จากการตรวจวัด
Fluid flow rate (outlet), kg/s	$m_{a,o} = 0.128$	
Fluid temperature (inlet), °C	$T_{a,i} = 45$	
Fluid temperature (outlet), °C	$T_{a,o} = 350$	อุณหภูมิอากาศออกที่ต้องการ
Average fluid temperature, °C	$T_{a,ave} = 197.5$	$T_{a,ave} = \frac{T_{a,i} + T_{a,o}}{2}$
Density at blower temperature, kg/m <sup>3</sup>	$\rho_a = 1.1614$	อ่านจาก ambient temperature
Density at average temperature, kg/m <sup>3</sup>	$\rho_{a,ave} = 0.7503$	อ่านจาก Average fluid temperature
Dynamic viscosity at surface temperature, N-s/m <sup>2</sup>	$\mu_{a,s} = 0.0000351$	อ่านจาก Tube wall temperature
Dynamic viscosity at average temperature, N-s/m <sup>2</sup>	$\mu_{a,ave} = 0.0000256$	อ่านจาก Average fluid temperature
Prandtl number at surface temperature	$Pr_{a,s} = 0.69$	อ่านจาก Tube wall temperature
Prandtl number at average temperature	$Pr_{a,ave} = 0.69$	อ่านจาก Average fluid temperature
Specific heat at average temperature, kJ/kg-°C	$C_{p,ave} = 1.028$	อ่านจาก Average fluid temperature
Thermal conductivity at average temperature, W/m-K	$k_g = 0.039$	อ่านจาก Average fluid temperature

Fouling resistance, $m^2 \cdot ^\circ C/W$	0.00017	$R_{f,i} = \frac{1}{\text{foulingcoefficient}}$
Fouling coefficient, $W/m^2 \cdot ^\circ C$	5882	

Overall heat transfer coefficient (Guess),  $W/m^2 \cdot K$

$$U_{guess} = 10W / m^2 - K$$

Heat transfer rate, kW

$$q = m_a c_p (T_{a,o} - T_{a,i})$$

$$q = (0.128)(1.028)(350 - 45)$$

$$q = 40kW$$

Log mean temperature difference,  $^\circ C$

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_i - \Delta T_o}{\ln\left(\frac{\Delta T_i}{\Delta T_o}\right)}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{g,i} - T_{a,i}) - (T_{g,o} - T_{a,o})}{\ln\left(\frac{T_{g,i} - T_{a,i}}{T_{g,o} - T_{a,o}}\right)}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(710 - 45) - (529.3998 - 350)}{\ln\left(\frac{710 - 45}{529.3998 - 350}\right)}$$

$$\Delta T_{lm} = 370.64^\circ C$$

**Guess heat transfer area, m<sup>2</sup>**

$$q = AU_{guess}\Delta T_{lm}$$

$$A_{guess} = \frac{40 \times 1000}{10 \times 370.64}$$

$$A_{guess} = 10.79 \text{ m}^2$$

**2.) การกำหนดขนาดและรายละเอียดเครื่องอุ้หอากาศ (Unit configuration)**

รายการ	ค่า	หมายเหตุ
Shell outside dimension WxL, mm	W= 590, L= 590	
Plate thickness WxL, mm	W= 5, L= 5	
Shell inside dimension WxL, mm	W= 580, L= 580	
Tube outside diameter, mm	D <sub>T,o</sub> = 33.4	เลือกใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว
Tube thickness, mm	T <sub>T</sub> =3.38	เลือกใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว
Tube inside diameter, mm	D <sub>T,i</sub> = 26.64	เลือกใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว
Tube layout pitch, mm	T <sub>p</sub> = 50.1	T <sub>p</sub> =1.5D <sub>T,o</sub> , Pitch ratio=1.5
Number of tubes per row	N <sub>T</sub> = 11	
Number of rows	N <sub>L</sub> = 16	
Tube pitch STxSL, mm	ST= 50.1, SL= 50.1	
Overall tube length, mm	590	
Effective tube length (heat), mm	580	
Tube passes	2	
Tube count per pass	88	

**Available heat transfer area, m<sup>2</sup>**

$$A_{avai} = \pi D_{T,o} \varepsilon N_T N_L$$

$$A_{avai} = \frac{\pi * 33.4 * 580 * 11 * 16}{10^6}$$

$$A_{avai} = 10.71 \text{ m}^2$$

### 3.) การคำนวณเบื้องต้น

Shell flow area,  $m^2$

$$\begin{aligned}
 &= \text{พื้นที่ภายในshell} - \text{พื้นที่ท่อในshell} \\
 &= (580 * 580) - (11 * 33.4 * 580) \\
 &= 0.12m^2
 \end{aligned}$$

Shell fluid mass velocity,  $kg/m^2-s$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{m_g}{A} \\
 &= \frac{0.19}{0.12} \\
 &= 1.56kg / m^2 - s
 \end{aligned}$$

Shell fluid velocity, m/s

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{1.56}{0.4} \\
 V_s &= 3.91m / s
 \end{aligned}$$

Tube flow area,  $m^2$

$$\begin{aligned}
 &= \text{พื้นที่ภายในท่อทุกท่อรวมกันในshell} \\
 &= \left( \frac{\pi D_{T,i}^2}{4} \right) * 88 \\
 &= \left( \frac{\pi * 26.64^2}{4} \right) * 88 \\
 &= 0.05m^2
 \end{aligned}$$



Tube inlet mass velocity,  $\text{kg}/\text{m}^2\text{-s}$

$$\begin{aligned} &= \frac{m_a}{A} \\ &= \frac{0.128}{0.05} \\ &= 2.61 \text{ kg} / \text{m}^2 - \text{s} \end{aligned}$$

Tube inlet velocity,  $\text{m}/\text{s}$

$$\begin{aligned} V_T &= \frac{2.61}{0.7503} \\ V_T &= 3.47 \text{ m} / \text{s} \end{aligned}$$

#### 4.) การคำนวณ heat transfer coefficient

**Flue gas ; Shell side**

Reynolds Number

$$\begin{aligned} \text{Re}_s &= \frac{m * D_{T,o}}{\mu} \\ \text{Re}_s &= \frac{1.56 * 33.4}{0.0000385 * 1000} \\ \text{Re}_s &= 1357 \end{aligned}$$

Shell side Nusselt Number

$$\begin{aligned} \overline{Nu}_s &= 0.27 \text{Re}^{0.63} \text{Pr}^{0.36} \left( \frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_s} \right)^0 \\ \overline{Nu}_s &= (0.27)(1357^{0.63})(0.721^{0.36}) \left( \frac{0.721}{0.702} \right)^0 \\ \overline{Nu}_s &= 22.583 \end{aligned}$$

Shell side heat transfer coefficient,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$$h_s = \frac{\overline{Nu} * k}{D_{T,o}}$$

$$h_s = \frac{22.583 * 0.062 * 1000}{33.4}$$

$$h_s = 42 W / m^2 \cdot ^\circ C$$

**Air : Tube side**

Reynolds Number

$$Re_T = \frac{\rho * V_T * D_{T,i}}{\mu}$$

$$Re_T = \frac{0.7503 * 3.47 * 26.64}{0.0000256 * 1000}$$

$$Re_T = 2711$$

Tube side Nusselt Number

$$\overline{Nu}_T = 0.027 Re^{4/5} Pr^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_s} \right)^{0.14}$$

$$\overline{Nu}_T = 0.027 * 2711^{0.8} * 0.69^{0.3333} * \left( \frac{0.0000256}{0.0000351} \right)^{0.14}$$

$$\overline{Nu}_T = 12.733554$$

Tube side heat transfer coefficient,  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$$h_T = \frac{Nu * k}{D_{T,i}}$$

$$h_T = \frac{12.733554 * 0.039 * 1000}{26.64}$$

$$h_T = 19 W / m^2 \cdot ^\circ C$$

Tube inside resistance,  $m^2 \cdot ^\circ C / W$

$$R_i = \frac{D_{T,o}}{D_{T,i} * h_T}$$

$$R_i = \frac{33.4}{26.64 * 19}$$

$$R_i = 0.06726 m^2 \cdot ^\circ C / W$$

Tube wall resistance,  $m^2 \cdot ^\circ C / W$

$$R_w = \frac{D_{T,o} * \ln\left(\frac{D_{T,o}}{D_{T,i}}\right)}{2 * k}$$

$$R_w = \frac{33.4 * \ln\left(\frac{33.4}{26.64}\right)}{2 * 20 * 1000}$$

$$R_w = 0.00018883 m^2 \cdot ^\circ C / W$$

Tube outside resistance,  $m^2 \cdot ^\circ C / W$

$$R_o = \frac{1}{h_s}$$

$$R_o = \frac{1}{42}$$

$$R_o = 0.02370 m^2 \cdot ^\circ C / W$$

Tube inside fouling resistance,  $m^2 \cdot ^\circ C / W$

$$R_{f,i} = \frac{1}{\text{foulingcoefficient}}$$

$$R_{f,i} = \frac{1}{5882}$$

$$R_{f,i} = 0.00017 m^2 \cdot ^\circ C / W$$

Tube outside fouling resistance,  $m^2 \cdot ^\circ C / W$

$$R_{f,o} = \frac{1}{\text{foulingcoefficient}}$$

$$R_{f,o} = \frac{1}{588}$$

$$R_{f,o} = 0.0017 m^2 \cdot ^\circ C / W$$

Overall heat transfer coefficient, fouled  $W/m^2 \cdot ^\circ C$

$$U_o = \frac{1}{R_i + R_w + R_o + R_{f,i} + R_{f,o}}$$

$$U_o = \frac{1}{0.06727 + 0.00018883 + 0.0237 + 0.00017 + 0.0017}$$

$$U_o = 10.75 W / m^2 \cdot ^\circ C$$

### 5.) Log mean temperature difference : use correction factor

P-Factor

$$P = \frac{T_{a,o} - T_{a,i}}{T_{g,i} - T_{a,i}}$$

$$P = \frac{350 - 45}{710 - 45}$$

$$P = 0.46$$

R-Factor

$$R = \frac{T_{g,i} - T_{g,o}}{T_{a,o} - T_{a,i}}$$

$$R = \frac{710 - 529.3998}{350 - 45}$$

$$R = 0.59$$

Correction Factor (หาจาก Correction Factor Chart)

$$F = 0.96$$

Corrected log mean temperature difference, °C

$$\Delta T_{lm,CF} = F * \Delta T_{lm}$$

$$\Delta T_{lm,CF} = 0.96 * 370.64$$

$$\Delta T_{lm,CF} = 355.81^{\circ}C$$

**Required heat transfer area, m<sup>2</sup>**

$$A_{req} = \frac{q}{U * F * \Delta T_{lm}}$$

$$A_{req} = \frac{40 * 1000}{10.75 * 355.81}$$

$$A_{req} = 10.47 m^2$$

**Compare require area and available area**

$$A_{req} = 10.47 m^2 \text{ and } A_{avai} = 10.71 m^2$$

$$A_{avai} = 10.71 m^2 > A_{req} = 10.47 m^2$$

เพราะฉะนั้น การออกแบบเครื่องอุ่นอากาศนี้สามารถใช้งานได้

## 6.) การคำนวณความดันสูญเสีย(Pressure drop calculation)

**Shell side**

ค่า  $f = 0.3$  ได้จาก Friction factor chart, ค่า  $x = 1$  เนื่องจากการจัดเรียงท่อแบบสลับ

$$\Delta P_o = N_L f X \frac{\rho V^2}{2}$$

$$\Delta P_o = 16 * 0.3 * 1 \left( \frac{0.4 * 3.91^2}{2} \right) * 10^{-3}$$

$$\Delta P_o = 0.0147 kPa$$

### Tube side

ค่า  $f = 0.042$  จาก Moody chart

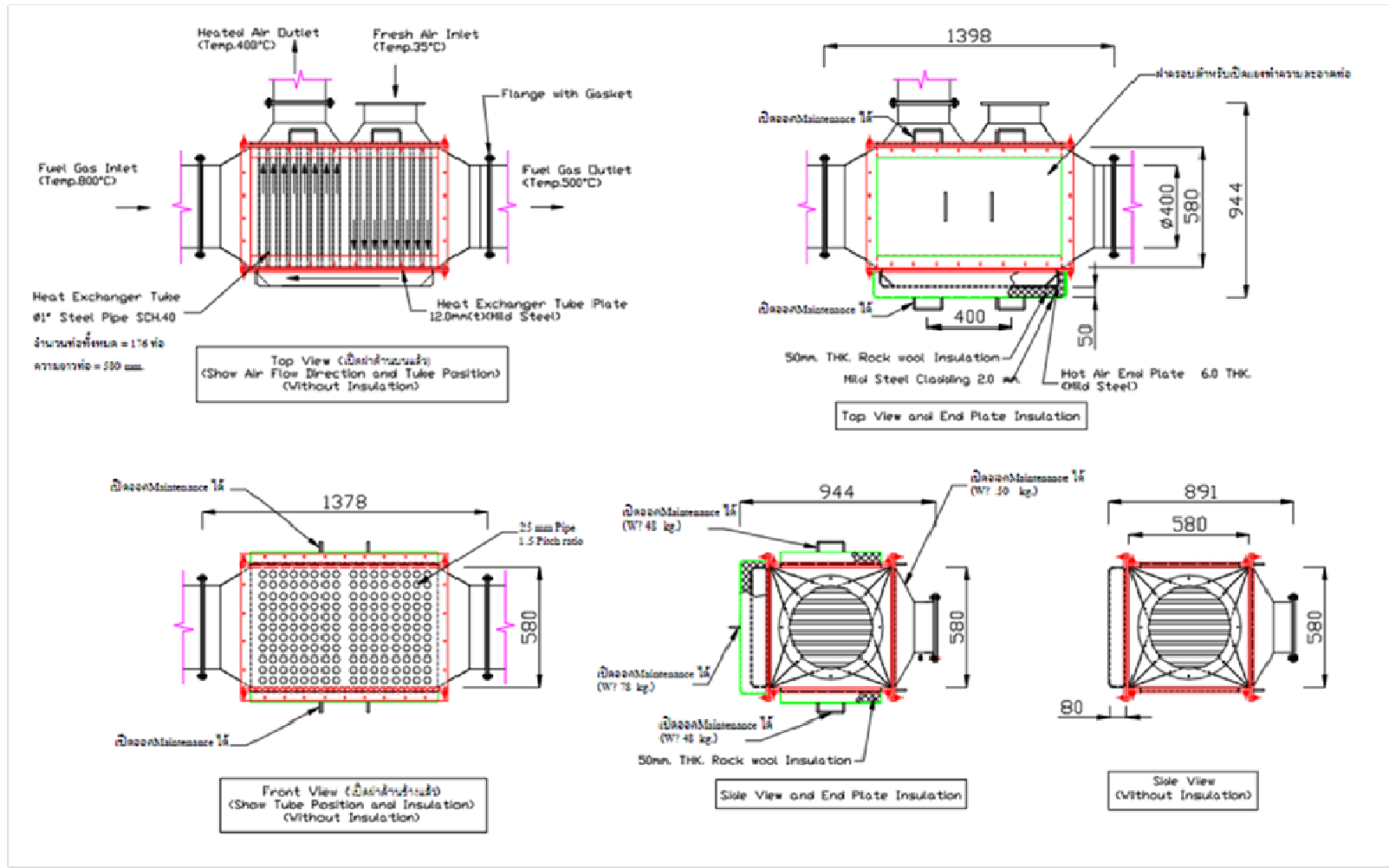
$$\Delta P_i = f \frac{L}{D_{T,i}} \frac{\rho V^2}{2}$$

$$\Delta P_i = 0.042 * \left( \frac{580}{26.64} \right) \left( \frac{0.7503 * 3.47^2}{2} \right) * 10^{-3}$$

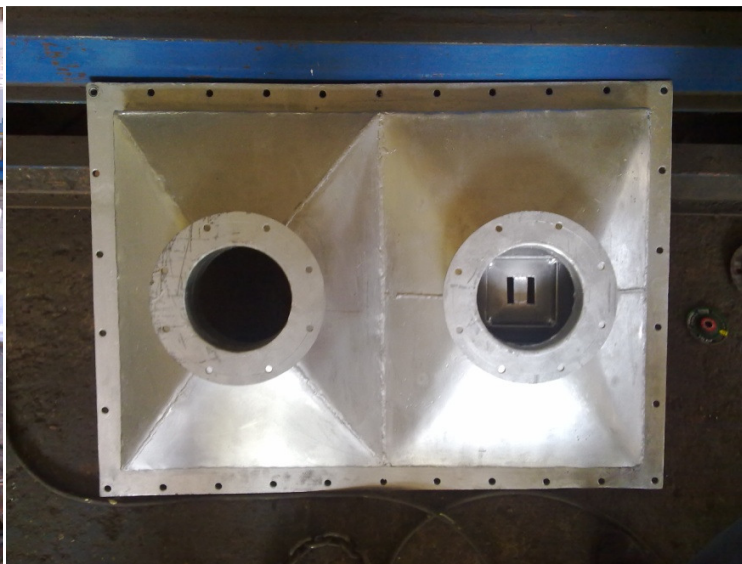
$$\Delta P_i = 0.01683 kPa$$

จากการคำนวณพบว่า พื้นที่ถ่ายเทความร้อนที่ต้องการคือ  $10.47 \text{ m}^2$  ซึ่งมีพื้นที่ถ่ายเทความร้อนรวม  $10.71 \text{ m}^2$  แม้ว่าพื้นที่ถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์อุณหอากาศตามแบบดังกล่าวมีค่ามากกว่าพื้นที่ที่ต้องการไม่มากนัก แต่พึงสังเกตว่า ความยาวท่อไม่ยาวมากนัก กล่าวคือ  $L/D = 580/26.64 = 22$  ในขณะที่ความยาว developing length  $L/D = 10$  จึงเห็นได้ว่าการถ่ายเทความร้อนในท่อมีอิทธิพลของปากทางเข้าพอสสมควร ซึ่งจะมีผลให้สัมประสิทธิ์การพาความร้อนจริงสูงกว่าค่าที่คำนวณได้

เมื่อคำนวณค่าต่างๆซึ่งใช้ในการออกแบบเครื่องอุณหอากาศสำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อเรียบร้อยแล้ว จึงได้เขียนแบบรายละเอียดเพื่อใช้ในการสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ส่วนภาพที่ 4.4 แสดงสภาพเครื่องอุณหอากาศในระหว่างการสร้าง



ภาพที่ 4.3 แบบของเครื่องอุ่นอากาศตามการคำนวณ



ภาพที่ 4.4 สภาพเครื่องอุ่นอากาศในระหว่างการสร้างเสร็จก่อนการประกอบ



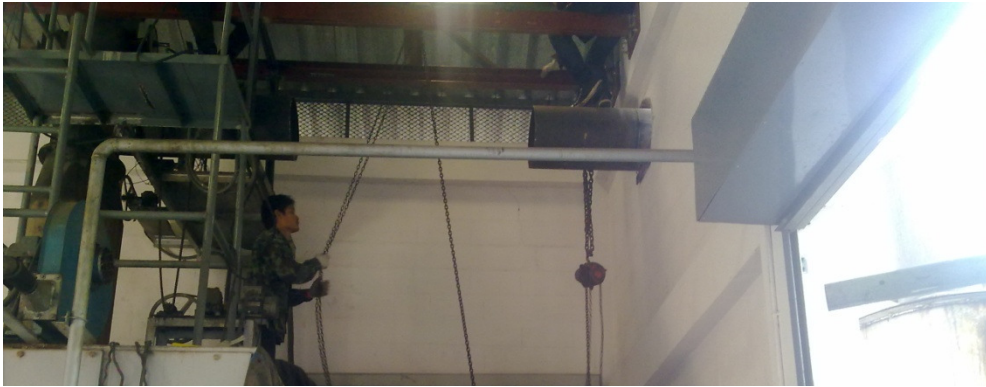


ภาพที่ 4.5 เครื่องอุ่นอากาศที่สร้างเสร็จแล้วพร้อมสำหรับการติดตั้ง

#### 4.5 การติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ



ภาพที่ 4.6 เตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ทำการศึกษาวิจัยก่อนการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ



ภาพที่ 4.7 แสดงตำแหน่งของท่อไอเสียที่ต้องตัดออกเพื่อติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ(บน) และ ท่อไอเสียที่ตัดออก (ล่าง)



ภาพที่ 4.8 ทำการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศที่บริเวณปล่องไอเสีย และติดตั้งท่อลมโดยใช้ใยหินเป็นฉนวนหุ้มท่อลม



ภาพที่ 4.9 เครื่องอุ่นอากาศที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้วพร้อมใช้งาน

## บทที่ 5

### การทดลองและตรวจวัดข้อมูล

#### 5.1 ข้อมูลเบื้องต้นในการทำงาน

การเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อเป็นกระบวนการหนึ่งซึ่งต้องใช้พลังงานสูง เนื่องจากมวลปล่อยดีดเชื้อมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูง นอกจากนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เตาเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อปล่อยแก๊สพิษออกไปกับไอเสีย จึงมีข้อกำหนดให้เตาเผาชนิดนี้ต้องมีห้องเผาไหม้อย่างน้อย 2 ห้อง ห้องเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อต้องมีอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า  $760^{\circ}\text{C}$  และห้องเผาไหม้ที่สองซึ่งเป็นห้องเผาไหม้ต้องมีอุณหภูมิอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า  $1000^{\circ}\text{C}$  ลักษณะของกระบวนการเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อแบ่งเป็น 2 ช่วง โดยช่วงแรกเป็นการอุ่นเตาเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อ ซึ่งใช้เวลาในการอุ่นเตาประมาณ 30 นาที และช่วงที่ 2 จะเป็นการเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อ

#### 5.2 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้การตรวจวัด

ข้อมูลที่ใช้การตรวจวัดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของเตาเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อถูกแสดงอยู่ในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลที่ต้องตรวจวัดของเตาเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อ (ก่อนติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ)

ลำดับ	ข้อมูลตรวจวัด	วิธีการเก็บข้อมูล	ตัวแปร
1	อุณหภูมิไอเสียที่ปล่องปล่อยไอเสีย	ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ปล่องปล่อยไอเสีย และบันทึกผลด้วย Data Logger เพื่อเก็บข้อมูล	$T_{\text{ปล่อง}}$
2	ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลในการเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อ	จากมิเตอร์ที่ติดตั้งไว้ ค่าที่อ่านได้เป็นปริมาตรน้ำมัน	$V_{\text{fuel}}$
3	อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของเตาเผาไหม้ปล่อยดีดเชื้อ	ตรวจวัดด้วยเครื่อง Infrared Thermometer	$T_{\text{shell}}$
4	อุณหภูมิลิ่งแวดล้อม	เก็บค่าจากเทอร์โมคัปเปิลและวางไว้บริเวณที่ทำงาน และบันทึกผลด้วย	$T_{\text{amb}}$

		Data logger เพื่อเก็บข้อมูล	
5	ปริมาณออกซิเจน, ไฮโดรเจนคลอไรด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไนโตรเจนออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ ของไอเสีย	ตรวจวัดโดยบริษัทเฮลท์ แอนด์ เอ็นไวเทค	%

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลที่ต้องตรวจวัดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อหลังติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศแล้ว

ลำดับ	ข้อมูลตรวจวัด	วิธีการเก็บข้อมูล	ตัวแปร
1	อุณหภูมิไอเสียที่ปล่องปล่อยไอเสีย ที่ก่อนเข้าและที่ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ	ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ปล่องปล่อยไอเสียที่ทางเข้าและที่ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ และบันทึกผลด้วย Data Logger เพื่อเก็บข้อมูล	$T_{ปล่อง}$
2	อุณหภูมิของอากาศ บริเวณก่อนเข้าและออกจากเครื่องอุ่นอากาศ	ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ช่องทางเข้าและทางออกของเครื่องอุ่นอากาศ และบันทึกผลด้วย Data Logger เพื่อเก็บข้อมูล	$T_{air,recuperator}$
3	ปริมาณการใช้ น้ำมันในการเผามูลฝอยติดเชื้อ	จากมิเตอร์ที่ติดตั้งไว้ ค่าที่อ่านได้ เป็นปริมาณน้ำมัน	$V_{fuel}$
4	อุณหภูมิพื้นผิวภายนอกของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ	ตรวจวัดด้วยเครื่อง Infrared Thermometer	$T_{shell}$
5	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม	เก็บค่าจากเทอร์โมคัปเปิลและวางไว้บริเวณที่ทำงาน และบันทึกผลด้วย Data logger เพื่อเก็บข้อมูล	$T_{amb}$
6	ปริมาณออกซิเจน, ไฮโดรเจนคลอไรด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, ไนโตรเจนออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ ของไอเสีย	ตรวจวัดโดยบริษัทเฮลท์ แอนด์ เอ็นไวเทค	%

### 5.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

#### 5.3.1 เทอร์โมคัปเปิล (thermocouples)

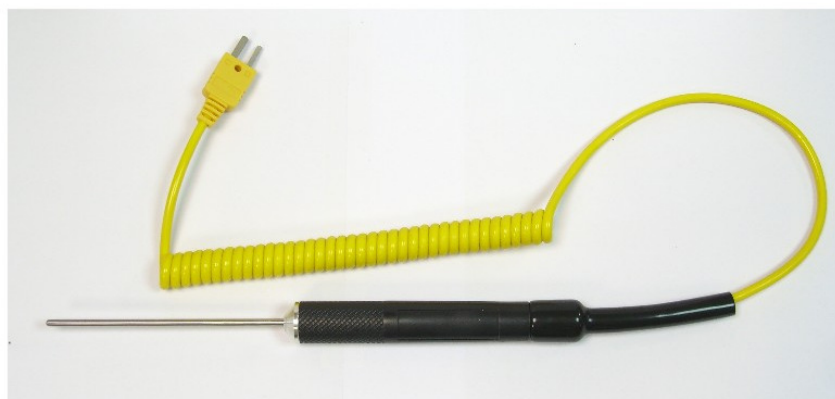
ชนิดและลักษณะเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูล มีดังนี้

เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร หุ้มด้วยเซรามิก มีช่วงการวัดอยู่ที่อุณหภูมิ 0 – 1370°C



ภาพที่ 5.1 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ชนิดสายสปริงในการตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 5.2



ภาพที่ 5.2 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ชนิดสายสปริง

### 5.3.2 เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด (IR Thermometer)

การวัดอุณหภูมิพื้นผิวเตาและปล่องไอเสียใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ ทุ อิน วัน ซึ่งวัดได้ทั้ง แบบไม่สัมผัสด้วยอินฟราเรดและการวัดแบบสัมผัสด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K โพรบ ปรับ Emissivity ได้ 3 ระดับ Low (0.3), Medium (0.7) และ High (0.95) มีเลเซอร์ชี้ตำแหน่งเพื่อเล็งจุดศูนย์กลางของพื้นที่ที่ต้องการวัด ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง -40 ถึง 550 °C และมีความละเอียดในการแสดงผลของอุณหภูมಿಯู่ที่ 0.1 °C



ภาพที่ 5.3 Infrared Thermometer

### 5.3.3 เครื่องตรวจวัดองค์ประกอบของไอเสีย (Flue gas analyzer)

เครื่องวัดองค์ประกอบของไอเสียที่ใช้คือ Testo 327-1 เครื่องวัดสามารถทำการวัดปริมาณ O<sub>2</sub> และ CO ได้ ส่วน CO<sub>2</sub> รวมทั้งประสิทธิภาพของการเผาไหม้ จะได้ค่าออกมาโดยใช้วิธีการคำนวณ ซึ่งใช้ในการตรวจวัดและวิเคราะห์ไอเสียที่ออกจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ



ภาพที่ 5.4 Flue gas Analyzer Testo 327-1



### 5.3.4 เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิและบันทึกข้อมูล (Data Logger)

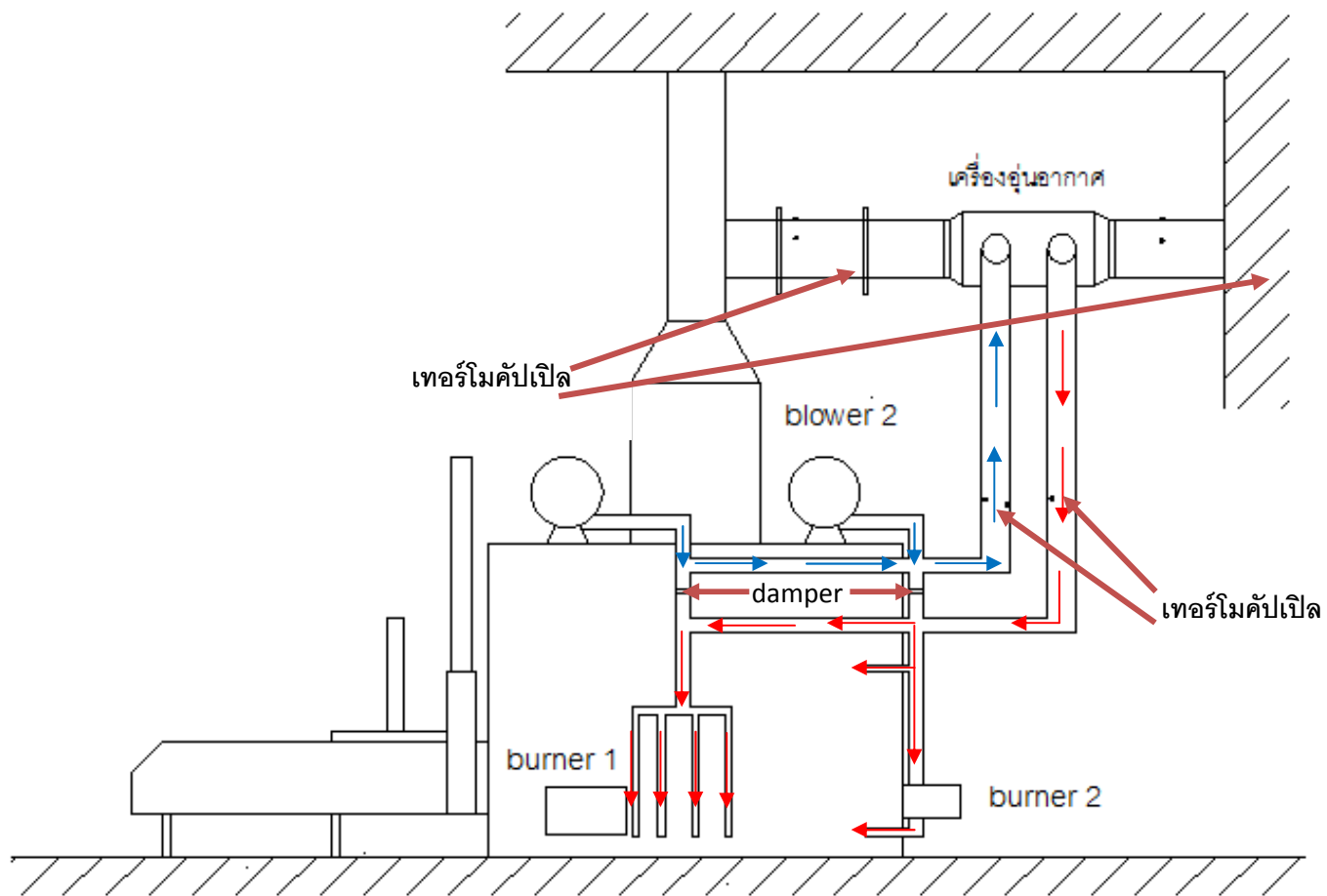
เครื่องอ่านค่าอุณหภูมิและบันทึกข้อมูล เป็นของบริษัท Wisco รุ่น DL2100 ใช้ในการเก็บข้อมูลที่อ่านจากเทอร์โมคัปเปิลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย



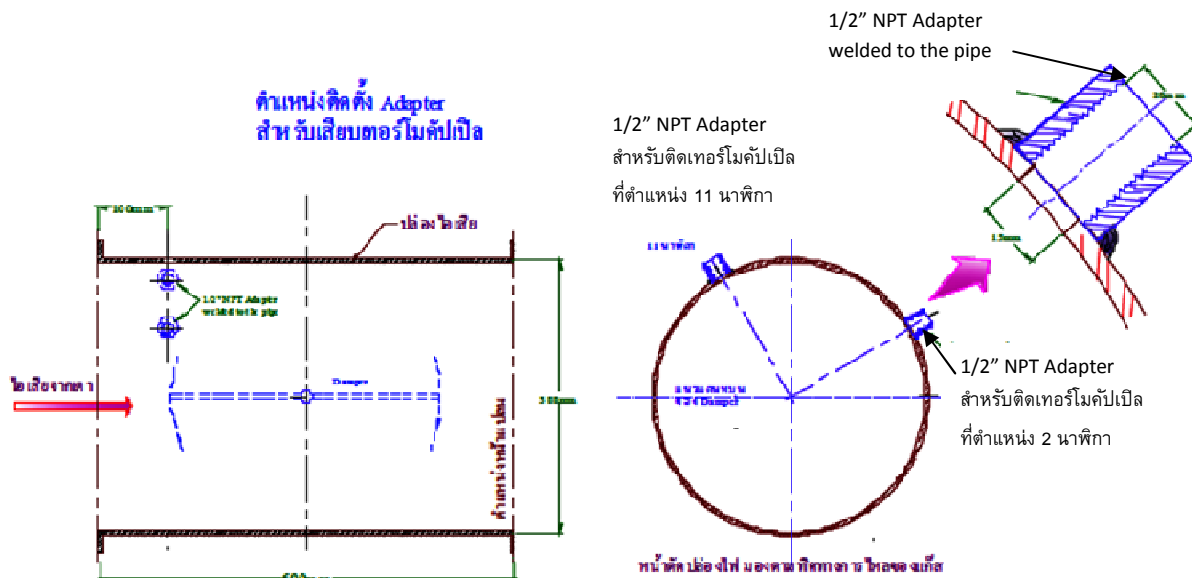
ภาพที่ 5.5 Data Logger Wisco DL2100

### 5.4 การติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับการทดลอง

เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะทางความร้อนของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ จึงทำการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลตามตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งการทดลองจะติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลทั้งหมด 8 ตัว คือ ที่ผนังของปล่องปล่อยไอเสีย ติดตั้งทั้งหมด 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศและตำแหน่งออกจากเครื่องอุ่นอากาศ และจะมีการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ผนังของท่ออากาศทั้งหมด 2 ตำแหน่งเช่นกัน คือ ตำแหน่งก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศและตำแหน่งออกจากเครื่องอุ่นอากาศ ซึ่งแต่ละตำแหน่งติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสองตัว ทำมุมประมาณ 90 องศา ดังแสดงในภาพที่ 5.6 และ 5.7



ภาพที่ 5.6 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลสำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ



ภาพที่ 5.7 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ปล่องปล่อยไอเสียของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

ในการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ปล่องปล่อยไอเสียของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อนั้น จำเป็นต้องเจาะรูที่ผนังปล่องปล่อยไอเสีย และใช้ 1/2" NPT Adapter เชื่อมติดกับรูที่เจาะเพื่อเอาไว้ใช้ในการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งจะติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลที่ตำแหน่ง 2 นาฬิกา และ 11 นาฬิกา อยู่ห่างจาก ครีบบนปล่องปล่อยไอเสียเป็นระยะทาง 100 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 5.6

## 5.5 วิธีการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อ ทั้งก่อนและหลังติดเครื่องอุณหอากาศ

ตามปกติโรงพยาบาลปทุมธานีจะใช้เตาเผามูลฝอยติดเชื้อแบบธรรมดาคือไม่มีการปรับแต่งการทำงานของเตาเผา ต่อมาเมื่อมีแนวคิดที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพเตาเผามูลฝอยติดเชื้อโดยการติดตั้งเครื่องอุณหอากาศ ซึ่งขณะนี้ยังอยู่ในขั้นตอนการศึกษามีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้จริงในโรงพยาบาลทั่วไปเพื่อใช้เผามูลฝอยติดเชื้อ

ในการเผามูลฝอยติดเชื้อโดยเตาเผามูลฝอยติดเชื้อของโรงพยาบาลปทุมธานีลักษณะการใช้งานจะเริ่มต้นโดยการเปิดหัวเผาเพื่ออุ่นเตาเป็นเวลาประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นจะป้อนมูลฝอยติดเชื้อครั้งละประมาณ 15 – 20 กิโลกรัม ทุกๆ 20 นาที จะป้อนประมาณ 7 – 8 ครั้ง ส่วนการตรวจวัดค่าแก๊สพิษหรือไอเสียจะตรวจวัดเมื่อเตาเผาทำงานได้ระยะเวลาหนึ่งแล้วหรือประมาณ 2 ชั่วโมง หลังจากการป้อนมูลฝอยครั้งสุดท้ายสิ้นสุด 1 ชั่วโมง จะหยุดการทำงานของหัวเผา

การทดลองเพื่อเก็บข้อมูลในการทำงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อจะทำการทดลองอย่างน้อย 5 ครั้ง โดยเป็นการทดลองก่อนปรับปรุง 2 ครั้ง และ การทดลองหลังการปรับปรุง 3 ครั้ง ซึ่งการตรวจวัดค่าจะทำเหมือนกันทุกครั้งเพียงแต่การทดลองหลังปรับปรุงจะต้องเก็บค่าอุณหภูมิที่ปล่องปล่อยไอเสียตำแหน่งที่ออกจากเครื่องอุณหอากาศเพิ่มขึ้นมา 2 ตำแหน่ง และเก็บค่าอุณหภูมิที่ท่ออากาศตำแหน่งก่อนเข้าเครื่องอุณหอากาศ 2 ตำแหน่ง และตำแหน่งออกจากเครื่องอุณหอากาศ 2 ตำแหน่ง

**การทดลองครั้งที่ 1** ป้อนมูลฝอยครั้งละ 15 - 20 กก. ทุกๆ 20 นาที มีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิจุดต่างๆ โดยติดตั้งอุปกรณ์บันทึกข้อมูลไว้ทุกๆ 15 วินาที บันทึกอัตราการใช้น้ำมันที่มีเตอร์ทุกๆ 10 นาที และ ตรวจวัดคุณภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องตามข้อกำหนดของการตรวจวัดเตาเผาทั่วไป(จ้างบริษัทภายนอกมาตรวจวัด)

### ตารางที่ 5.3 การควบคุมการทำงานของเตาเผา การทดลองครั้งที่ 1

เวลา	การควบคุม	หมายเหตุ
9:00	เริ่มจุดเตา	<sup>1</sup> เริ่มบันทึกข้อมูลการทำงานของเตาตามตารางบันทึกข้อมูล จนกระทั่งหยุดการทำงานของเตา
9:30	ป้อนมูลฝอยครั้งที่ 1 ปริมาณ 15 กก.	ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นการทดลอง
9:50	ป้อนมูลฝอยครั้งที่ 2 ปริมาณ 20 กก.	
10:10	ป้อนมูลฝอยครั้งที่ 3 ปริมาณ 20 กก.	
10:30	ป้อนมูลฝอยครั้งที่ 4 ปริมาณ 20 กก.	

10:50	ป้อนมูลฝอยครั้งที่ 5 ปริมาณ 20 กก.	
11:00	เริ่มตรวจวัดคุณภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่อง	วัดค่าเฉลี่ยในเวลา 30 นาที
11:10	ป้อนมูลฝอยครั้งที่ 6 ปริมาณ 20 กก.	
11:30	ป้อนมูลฝอยครั้งที่ 7 ปริมาณ 20 กก.	
11:50	ป้อนมูลฝอยครั้งที่ 8 ปริมาณ 20 กก.	
12:10	จุดสิ้นสุดการทดลอง	ถือว่าเป็นจุดสิ้นสุดการทดลอง
13:00	หยุดการทำงานของเตา	

**การทดลองครั้งที่ 2** การทดลองขึ้นอยู่กับผลการทดลองครั้งที่ 1 คือ (ก) ถ้าผลการตรวจวัดปรากฏว่าคุณภาพไอเสียอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทุกรายการ และ ยิ่งดีกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก เราจะเพิ่มอัตราการป้อนมูลฝอยขึ้นไปอีกประมาณ 10 - 20% หรือ (ข) ถ้าผลการทดลองปรากฏว่าคุณภาพไอเสียไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เราจะทดลองโดยการลดอัตราการป้อนมูลฝอยติดเชื่อลงไป 10 - 20% โดยจะทำการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลเหมือนเดิม

**การทดลองครั้งที่ 3** ทำการทดลองโดยการป้อนมูลฝอย และการตรวจวัดข้อมูลเหมือนกันกับการทดลองครั้งที่ 1 ทุกประการ

**การทดลองครั้งที่ 4** ทำการทดลองโดยการป้อนมูลฝอย และการตรวจวัดข้อมูลเหมือนกันกับการทดลองครั้งที่ 2 ทุกประการ

**การทดลองครั้งที่ 5** ทำการทดลองคล้ายกับการทดลองครั้งที่ 2 แต่จะมีการปรับตัวแปร เช่น การเพิ่มหรือลดลม การเพิ่มหรือลดปริมาณการป้อนมูลฝอย การลดหรือเพิ่มระยะเวลาความห่างในการป้อนมูลฝอยแต่ละครั้ง และการตรวจวัดข้อมูลเหมือนกันกับการทดลองก่อนหน้านี้ทุกประการ



ภาพที่ 5.8 แผงควบคุมการทำงานของชุดอุปกรณ์ป้อนมูลฝอยเข้าสู่เตาเผามูลฝอยติดเชื้อ



ภาพที่ 5.9 หอบำบัดไอเสียก่อนปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ



ภาพที่ 5.10 สภาพการทำงานระหว่างการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลในขณะที่ทำการทดลอง

## บทที่ 6

### ผลการศึกษาวิจัยและการวิเคราะห์ผล

เนื้อหาในบทนี้ประกอบไปด้วยรายละเอียดของผลการทดลองจากการเผามูลฝอยติดเชื้อโดยเตาเผาซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่หนึ่ง เป็นการประเมินการใช้เชื้อเพลิงและคุณภาพไอเสียในการเผามูลฝอยติดเชื้อก่อนและหลังปรับปรุงโดยการติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศ ผลการทดลองจำนวน 2 ครั้งก่อนการปรับปรุงอยู่ในภาคผนวก ก และผลการทดลองจำนวน 3 ครั้งหลังการปรับปรุงอยู่ในภาคผนวก ข

ส่วนที่สอง เป็นการประเมินพลังงานในรูปแบบของพลังงานขาเข้าและขาออกในการเผามูลฝอยติดเชื้อด้วยเตาเผา รายละเอียดการคำนวณจะถูกแสดงไว้ในภาคผนวก ค

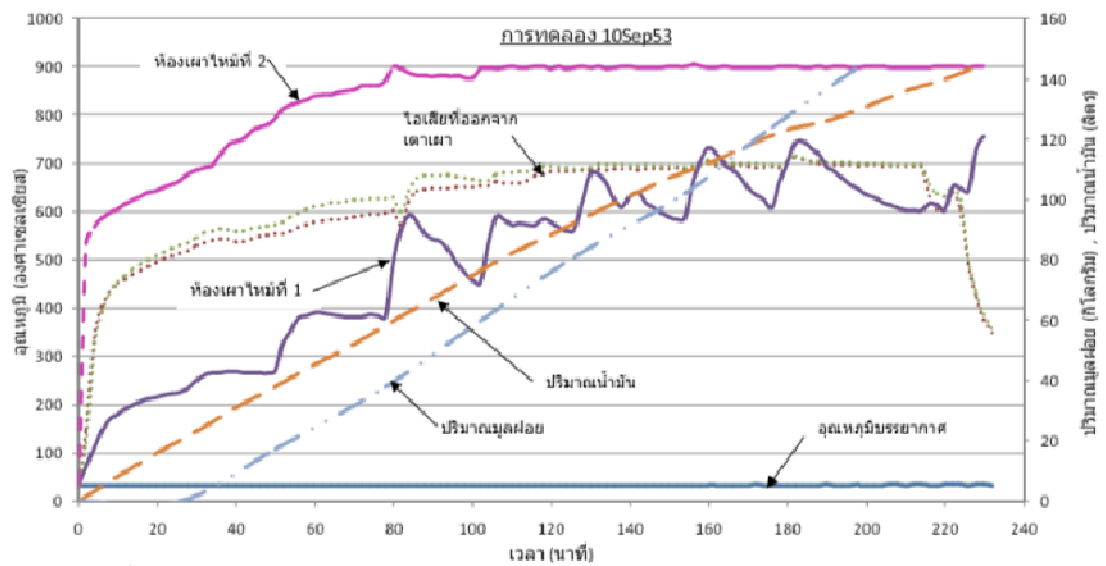
ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยมีการเผามูลฝอย 5 ครั้ง ครั้งที่ 1 และ 2 เป็นการทดลองก่อนการติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศ และการทดลองครั้งที่ 3, 4 และ 5 เป็นการทดลองหลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศแล้ว อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งที่ 3 ปรากฏว่าตัวควบคุมการทำงานของหัวเผาของห้องเผาไหม้ที่ 1 ชัดข้อง การทำงานของหัวเผาไม่สม่ำเสมอหยุดทำงานไปเป็นบางช่วง จึงไม่สามารถนำมาประเมินเกี่ยวกับการใช้เชื้อเพลิงได้ แต่ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงที่หัวเผาทำงานเป็นปกติตลอดช่วงการวัด จึงนำมาใช้ในการวิเคราะห์การปล่อยมลพิษร่วมกับการทดลองครั้งอื่นๆด้วย

#### 6.1 ผลการทดลอง

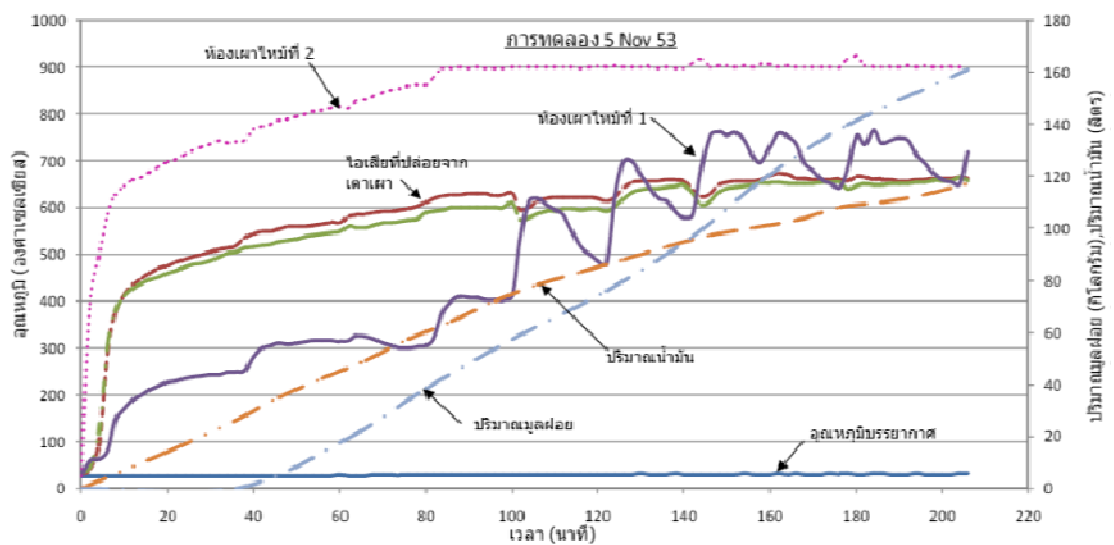
##### 6.1.1 ผลการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อด้วยเตาเผาในรูปอนุหภูมิและอัตราการป้อนมูลฝอยและเชื้อเพลิง

ภาพที่ 6.1-6.4 แสดงผลการทดลองครั้งที่ 1,2,4 และ 5 ตามลำดับ ข้อมูลที่นำเสนอประกอบด้วย อนุหภูมิในห้องเผาไหม้ที่ 1 และ ห้องเผาไหม้ที่ 2 อนุหภูมิไอเสียที่ออกจากเตาหรือก่อนเข้าสู่อุปกรณ์อุณหอากาศ อนุหภูมิไอเสียที่ออกจากอุปกรณ์อุณหอากาศ(ในกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศแล้ว) อนุหภูมิอากาศสำหรับการเผาไหม้ที่เข้าสู่และออกจากอุปกรณ์อุณหอากาศ อัตราการป้อนมูลฝอย และ อัตราการใช้ไนมันดีเซล

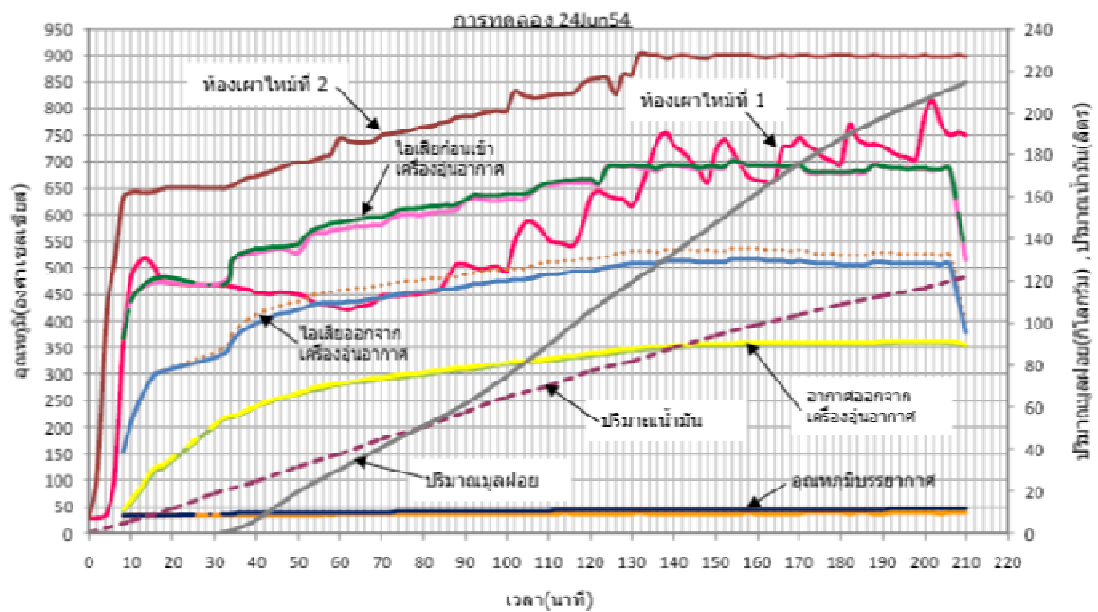




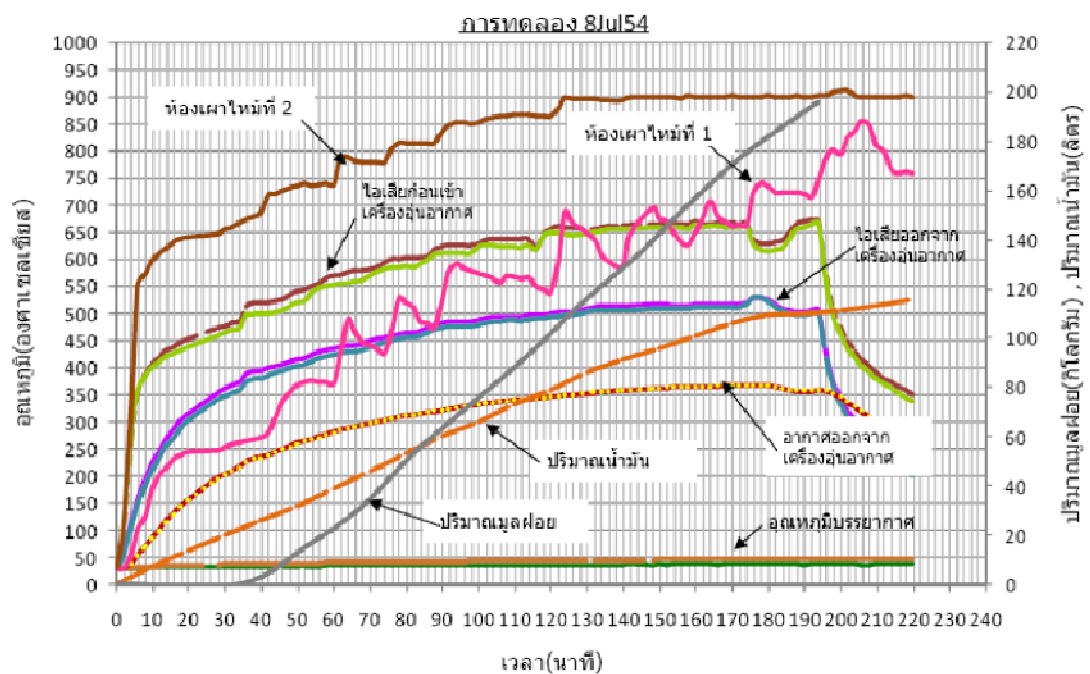
ภาพที่ 6.1 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 1 (ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศ) ณ วันที่ 10 กันยายน 2553 แกนนอนเป็นเวลา (นาที) นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา



ภาพที่ 6.2 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 2 (ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศ) ณ วันที่ 5 พฤศจิกายน 2553 แกนนอนเป็นเวลา (นาที) นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา



ภาพที่ 6.3 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 4 (หลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อยู่ในอากาศแล้ว) ณ วันที่ 24 มิถุนายน 2554 แกนนอนเป็นเวลา (นาที) นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา



ภาพที่ 6.4 กราฟแสดงผลการทดลองครั้งที่ 5 (หลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อยู่ในอากาศแล้ว) ณ วันที่ 8 กรกฎาคม 2554 แกนนอนเป็นเวลา (นาที) นับตั้งแต่เริ่มจุดเตา

จากกราฟผลการทดลองที่แสดงในภาพ 6.1 – 6.4 จะเห็นได้ว่า สมภาวะคงตัว (steady state) ของส่วนต่างๆของเตาเผา จะเกิดขึ้นในเวลาที่แตกต่างกัน กล่าวคือ อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่สองจะเข้าสู่สมภาวะคงตัวที่  $900^{\circ}\text{C}$  เมื่อการเผาไหม้ของเตาเผาผ่านไปแล้ว 100 นาที ส่วนอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่หนึ่งจะเข้าสู่สมภาวะคงตัวที่เวลาประมาณ 120 นาทีหลังจากการจุดเตาเผา ซึ่งในกรณีนี้ อุณหภูมิจะแกว่งระหว่าง  $600-700^{\circ}\text{C}$  ตามจังหวะการป้อนมูลฝอย ส่วนอุณหภูมิของไอเสียปล่อยทิ้งจะเข้าสู่สมภาวะคงตัวที่  $700^{\circ}\text{C}$

จากภาพที่ 6.1 – 6.4 จะเห็นได้ว่า เมื่อเตาเผาเข้าสู่สมภาวะคงตัว อัตราการใช้เชื้อเพลิงเริ่มลดลงในขณะที่ยังคงป้อนมูลฝอยในอัตราเท่าเดิม แสดงว่า การให้เตาเผาทำงานต่อเนื่องยาวนาน จะให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานดีกว่า การให้เตาเผาทำงานในเวลาสั้นหลายครั้ง ตัวอย่างเช่น การให้เตาเผาทำงานต่อเนื่องเป็นเวลา 8 ชั่วโมง โดยให้ทำงานวันเว้นวัน จะสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า การให้เตาเผาทำงานวันละ 4 ชั่วโมงทุกวัน เป็นต้น

### 1.) ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

เมื่อนำผลการทดลองดังกล่าว มาคำนวณหาอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซล สำหรับการทดลองครั้งที่ 1,2,4 และ5 เท่ากับจะได้ค่าเท่ากับ 1.05, 0.844, 0.644 และ 0.649 ลิตรต่อกิโลกรัมมูลฝอย ตามลำดับ

อัตราความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเฉลี่ยหลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้ว เท่ากับ  $(0.644+0.649)/2 = 0.646$  ลิตรต่อกิโลกรัมมูลฝอย ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับความสิ้นเปลืองตามวิธีการเผามูลฝอยที่ปฏิบัติเดิมสามารถประหยัดได้  $(1.05-0.646)/1.05 = 0.385$  หรือประหยัดได้ 38.5% แต่ถ้าเปรียบเทียบกับความสิ้นเปลืองตามวิธีปฏิบัติใหม่(โดยที่ยังไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ)จะสามารถประหยัดได้  $(0.844-0.646)/0.844 = 0.234$  หรือประหยัดได้ 23.4%

โรงพยาบาลปทุมธานีมีมูลฝอยติดเชื่อวันละ 280 กิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายในการเผามูลฝอยก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 280 กิโลกรัม/วัน  $\times$  0.844 ลิตร/กิโลกรัม  $\times$  30 บาท/ลิตร = 7090 บาทต่อวัน หรือ 2,587,704 บาทต่อปี อุปกรณ์อุ่นอากาศสามารถช่วยให้ประหยัดได้ 2,587,704 บาทต่อปี  $\times$  0.234 = 605,522 บาท/ปี ค่าใช้จ่ายในการสร้างและติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศประมาณ 300,000 บาท ดังนั้นมีเวลาคืนทุนต่ำกว่า 1 ปี

รายงานผลการตรวจวัดคุณภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบายทั้งก่อนและหลังปรับปรุง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลการปล่อยสารมลพิษที่ถูกควบคุมโดยประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย รวมทั้งข้อมูลประกอบอื่นๆ เช่น ปริมาณออกซิเจน และ คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นต้นตารางที่ 6.1 แสดงสรุปผลการวัดที่สำคัญ

ตารางที่ 6.1 ผลการตรวจวัดไอเสียเตาเผามูลฝอยติดเชื้อโรงพยาบาลปทุมธานี

ตัวแปร ที่วัด	หน่วย	ค่าที่วัดได้ ณ วันที่					ตามมาตรฐาน* (ไม่เกิน)
		09-Sep-53	05-Nov-53	24-Apr-54	24-Jun-54	08-Jul-54	
Exit gas temp	°C	59.8	56.4	47.7	50.3	52.4	
Oxygen	%	6.17	6.3	6.82	7.24	6.2	
Hydrogen chloride (HCl)	ppm	1.96	1.76	3.07	2.81	0.64	136
Total suspended particulate	mg/m <sup>3</sup>	7.02	40.13	21.69	0.29	2.23	400
Sulfur dioxide	ppm	1.63	< 1.20	< 1.20	16.00	< 1.20	30
Nitrogen dioxide	ppm	1.21	< 1.11	< 1.11	< 1.11	5.41	250
Carbon monoxide	ppm	439	441	333	30.3	76.9	-

หมายเหตุ \*ตามมาตรฐานเป็นค่าที่กำหนดโดยประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 127 ตอนพิเศษ F7 ง ลงวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2553

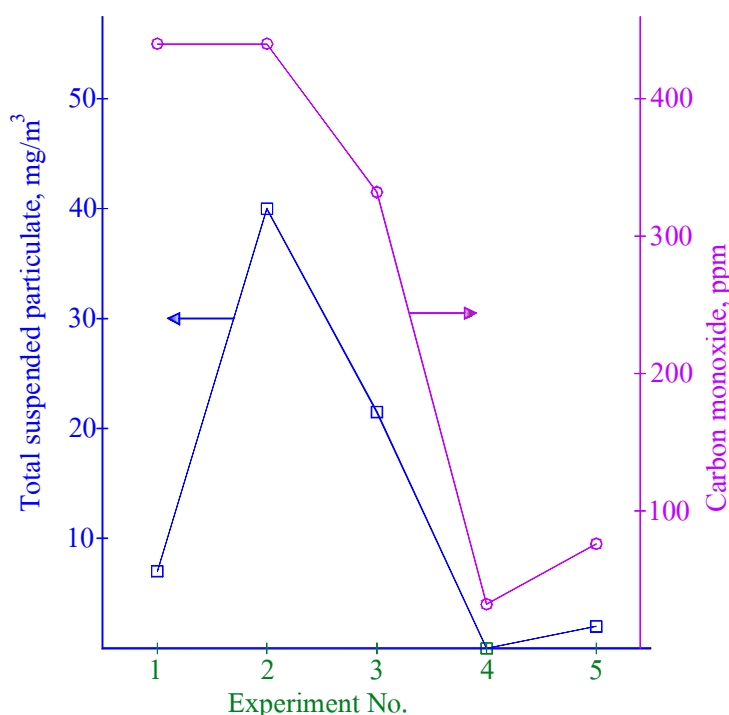
## 2.) คุณภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบาย

จากรายงานผลการตรวจสอบคุณภาพไอเสียจากปล่องระบาย เมื่อเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย พบว่า สารมลพิษในไอเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องระบายมีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดของเกณฑ์มาตรฐานทุกตัวค่อนข้างมาก ทั้งก่อนการติดตั้งอุปกรณ์อยู่นอกอากาศ และหลังติดตั้งอุปกรณ์อยู่นอกอากาศ กล่าวคือ การติดตั้งอุปกรณ์อยู่นอกอากาศไม่มีปัญหาต่อการทำงานของเตาเผามูลฝอยแต่ประการใด

สำหรับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งแม้ว่าจะไม่ได้เป็นสารมลพิษควบคุมตามประกาศดังกล่าว แต่เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สำคัญ พบว่า ก่อนการติดตั้งอุปกรณ์

อุณหภูมิอากาศมีค่าสูงมากในช่วงสั้นๆ หลังจากที่ป้อนมูลฝอยเข้าเตา แต่ในเวลาหลังจากนั้นยังมีค่าต่ำ แต่สำหรับข้อมูลหลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อุณหภูมิก๊าซแล้ว พบว่า ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์หลังจากที่ป้อนมูลฝอยเข้าเตาเพิ่มขึ้นไม่มากนัก

ภาพที่ 6.5 แสดงปริมาณฝุ่นละอองและคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียปล่อยทิ้งทางปล่องระบายของการทดลองครั้งที่ 1-5 ซึ่งปรากฏว่า ในสองครั้งสุดท้ายมีค่าลดลงต่ำกว่าสองครั้งแรกค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่า การเผาไหม้ในสองครั้งสุดท้ายมีความสมบูรณ์ขึ้นจากผลการการอุณหภูมิก๊าซ ทำให้ไม่เกิดภาวะ quenching effect ในห้องเผาไหม้ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในกรณีที่ป้อนอากาศเย็นเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยไม่มีการกระจายตัวที่ดี



ภาพที่ 6.5 ปริมาณฝุ่นละอองและคาร์บอนมอนอกไซด์ในไอเสียปล่อยทิ้งทางปล่องระบายที่การทดลองครั้งที่ 1-5

ผลลัพธ์ที่แสดงในภาพที่ 6.5 นั้นสอดคล้องกับภาพที่ 6.6-6.8 ซึ่งสองรูปแรกเป็นลักษณะไอเสียในขณะที่ป้อนมูลฝอยสำหรับกรณีที่ยังไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์อุณหภูมิก๊าซ จะสังเกตเห็นควันดำได้อย่างชัดเจน ส่วนภาพที่ 6.8 เป็นสภาพไอเสียกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์อุณหภูมิก๊าซแล้ว จะปรากฏเพียงควันสีเทาหรือ สีขาวเท่านั้น

ภาพที่ 6.6-6.8 เป็นรูปถ่ายแสดงสภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบายในขณะที่ป้อนมูลฝอย ก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้วจะเห็นได้ว่า ในภาพที่ 6.6 และ 6.7 ซึ่งเป็นกรณีที่ยังไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ ในจังหวะที่มูลฝอยเริ่มลุกไหม้จะมีควันดำค่อนข้างหนาแน่น ส่วนในภาพที่ 6.8 ซึ่งเป็นกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้ว ไอเสียจะเป็นเพียงสีเทาขาวเท่านั้น



ภาพที่ 6.6 รูปถ่ายแสดงสภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบายในขณะที่ป้อนมูลฝอยก่อนการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ(วันที่ 10 ก.ย. 53)



ภาพที่ 6.7 รูปถ่ายแสดงสภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบายในขณะที่ป้อนมูลฝอยก่อนการติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศ (5 พ.ย. 53)



ภาพที่ 6.8 รูปถ่ายแสดงสภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบายในขณะที่ป้อนมูลฝอยหลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อุ่นอากาศแล้ว (วันที่ 8 ก.ค. 54)

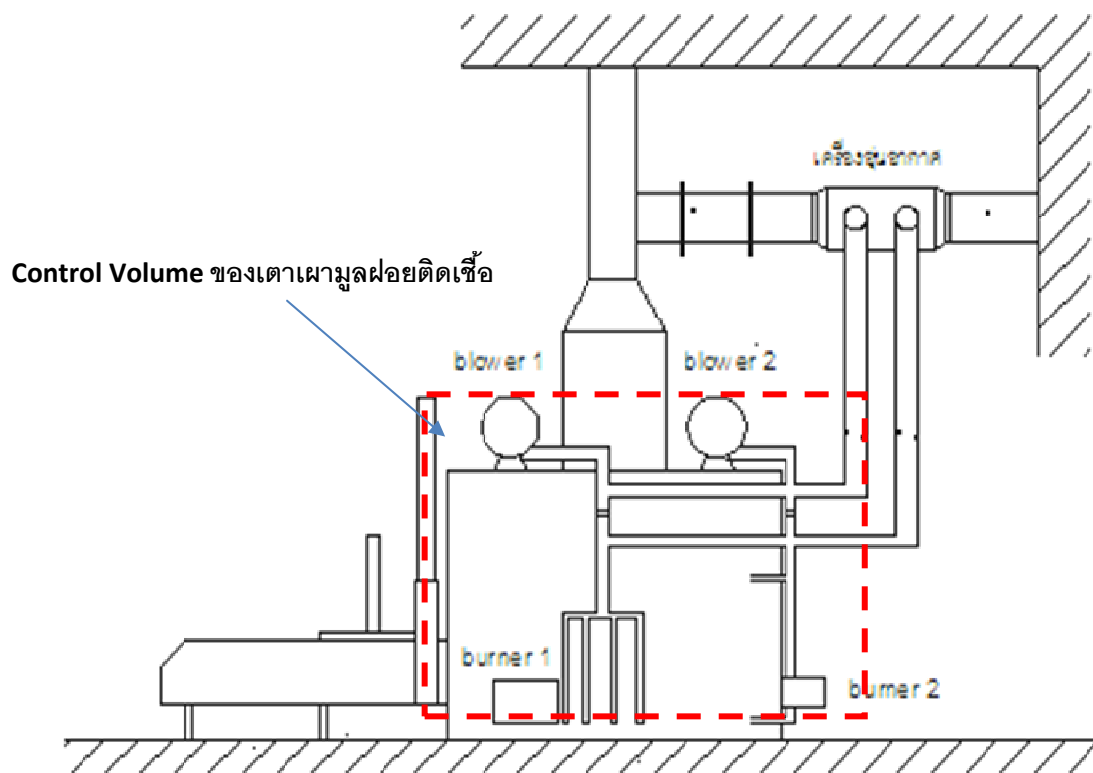
## 6.1.2 ผลการทดลองการเผาผลาญยดัดเชื้อด้วยเตาเผาในรูปของสมดุลพลังงาน

ในการทดลองได้ทำการควบคุมให้เป็นไปตามเงื่อนไขการใช้งานจริงทางปฏิบัติ ตามรายละเอียดที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.5 ข้อมูลจากบันทึกการทดลองจะถูกนำมาประเมินความร้อนสะสมของเตาเผาผลาญยดัดเชื้อและ สมดุลพลังงานอื่นๆ

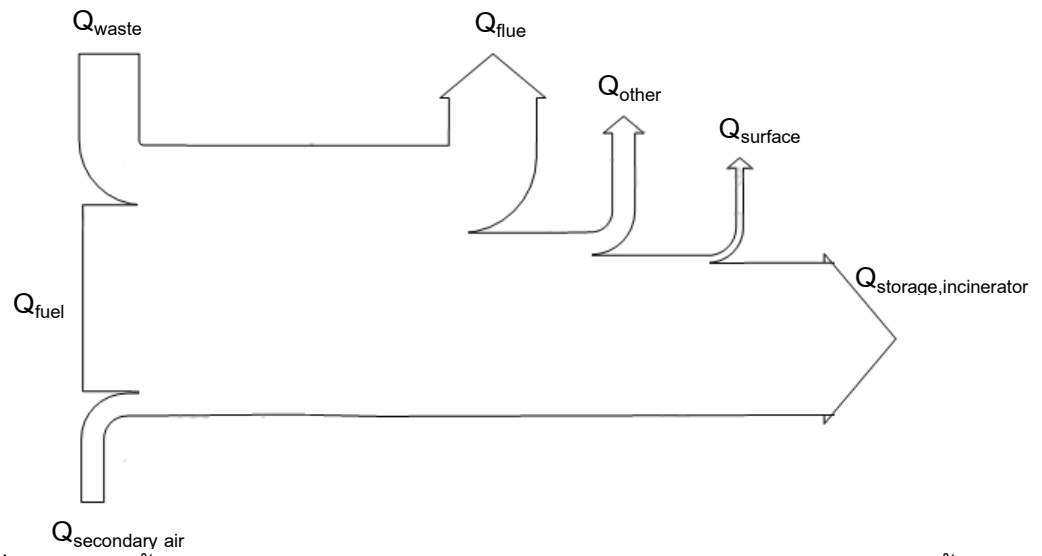
ผลการคำนวณเพื่อหาสมดุลพลังงานขาเข้าและขาออก ถูกแสดงอยู่ในตารางที่ 6.2-6.5 ซึ่งในแต่ละตารางแบบสมดุลพลังงานออกเป็นสองช่วงเวลา กล่าวคือ ช่วงเวลาระหว่าง 0-180 นาที ซึ่งการทำงานของเตาเผายังไม่เข้าสู่ภาวะคงตัว และ ในช่วงเวลา 180 นาที เป็นต้นไป ซึ่งเป็นช่วงที่การทำงานของเตาเผาเริ่มเข้าสู่ภาวะคงตัวแล้ว

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 6.2-6.5 จะเห็นได้ว่า ในช่วงเวลา 0-180 นาที พลังงานส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปในการอุ่นเตา ซึ่งไม่ได้เป็นประโยชน์ต่อการเผาผลาญโดยตรง โดยทั่วไปเรียกว่า การสูญเสียเนื่องจากการสะสมพลังงานของโครงสร้าง(storage loss) ส่วนในช่วงเวลา 180 นาที ขึ้นไปแล้ว พลังงานที่สะสมในผนังเตาค่อนข้างน้อย ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยง การใช้เตาในช่วงเวลานั้น แต่ควรจัดการทำงานให้เตาเผาทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน





ภาพที่ 6.9 แสดง Control Volume ของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อและเครื่องสูบลมอากาศ



ภาพที่ 6.10 แชนจ์ไดอะแกรมแสดงพลังงานขาเข้า - ขาออกสำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

ตารางที่ 6.2 สมดุลพลังงานของเตาเผาสำหรับการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อครั้งที่ 1

รายการ	Start - 180 min.		180 min. - End	
	ค่า(MJ)	ร้อยละ	ค่า(MJ)	ร้อยละ
<b>พลังงานขาเข้า(Energy Input)</b>				
I1.พลังงานจากเชื้อเพลิง( $Q_{fuel}$ )	4479.66	80.53	801.24	76.75
I2.พลังงานจากการเผามูลฝอยติดเชื้อ( $Q_{waste}$ )	667.87	12	118.49	11.35
I3.พลังงานจากการอุ่นอากาศ( $Q_{secondary\ air}$ )	414.98	7.47	124.16	11.9
รวม	5562.51	100	1043.89	100
<b>พลังงานขาออก(Energy Output)</b>				
O1.พลังงานสูญเสียจากผิวเตาเผา( $Q_{surface,shell}$ )	2.86	0.12	2.06	0.28
O2.พลังงานสะสมในเตาเผา( $Q_{sto,incinerator}$ )	3587.91	64.5	370.62	35.5
O3.พลังงานสูญเสียจากไอเสีย( $Q_{flue}$ )	1712.74	30.78	611.94	58.62
O4.พลังงานสูญเสียอื่นๆ( $Q_{other}$ )	259	4.6	59.27	5.6
รวม	5562.51	100	1043.89	100

ตารางที่ 6.3 สมดุลพลังงานของเตาเผาสำหรับการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อครั้งที่ 2

รายการ	Start - 180 min.		180 min. - End	
	ค่า(MJ)	ร้อยละ	ค่า(MJ)	ร้อยละ
<b>พลังงานขาเข้า(Energy Input)</b>				
I1.พลังงานจากเชื้อเพลิง( $Q_{fuel}$ )	3933.36	77.02	327.78	63.78
I2.พลังงานจากการเผามูลฝอยติดเชื้อ( $Q_{waste}$ )	751.35	14.71	115.8	22.53
I3.พลังงานจากการอุ่นอากาศ( $Q_{secondary\ air}$ )	421.93	8.27	70.32	13.69
รวม	5106.64	100	513.9	100
<b>พลังงานขาออก(Energy Output)</b>				
O1.พลังงานสูญเสียจากผิวเตาเผา( $Q_{surface,shell}$ )	3.04	0.15	2.08	0.42
O2.พลังงานสะสมในเตาเผา( $Q_{sto,incinerator}$ )	3435.57	67.27	191.5	37.26
O3.พลังงานสูญเสียจากไอเสีย( $Q_{flue}$ )	1275.91	24.98	303.73	59.1
O4.พลังงานสูญเสียอื่นๆ( $Q_{other}$ )	392.12	7.6	16.59	3.22
รวม	5106.64	100	513.9	100

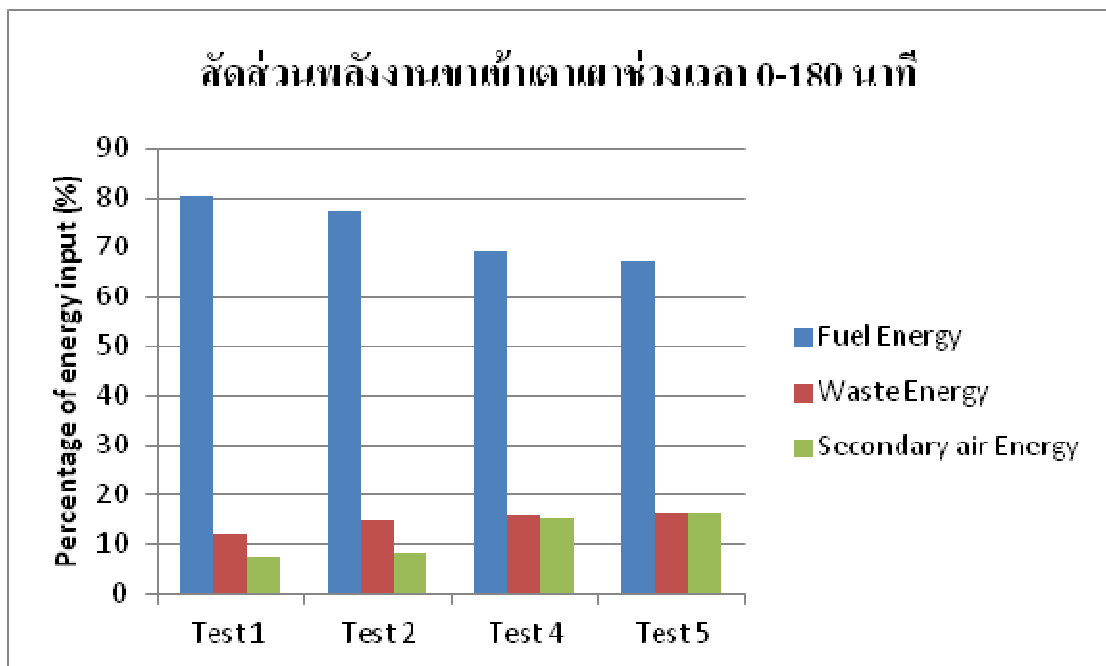
ตารางที่ 6.4 สมดุลพลังงานของเตาเผาสำหรับการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อครั้งที่ 4

รายการ	Start - 180 min.		180 min. - End	
	ค่า(MJ)	ร้อยละ	ค่า(MJ)	ร้อยละ
<b>พลังงานขาเข้า(Energy Input)</b>				
I1.พลังงานจากเชื้อเพลิง( $Q_{fuel}$ )	3969.78	68.75	473.46	64.91
I2.พลังงานจากการเผามูลฝอยติดเชื้อ( $Q_{waste}$ )	931.25	16.12	110.41	15.15
I3.พลังงานจากการอุ่นอากาศ( $Q_{secondary\ air}$ )	872.62	15.13	145.43	19.94
รวม	5773.65	100	729.3	100
<b>พลังงานขาออก(Energy Output)</b>				
O1.พลังงานสูญเสียจากผิวเตาเผา( $Q_{surface,shell}$ )	2.53	0.06	2.17	0.31
O2.พลังงานสะสมในเตาเผา( $Q_{sto,incinerator}$ )	3648.14	63.18	261.86	35.9
O3.พลังงานสูญเสียจากไอเสีย( $Q_{flue}$ )	1675.09	29.01	434.91	59.63
O4.พลังงานสูญเสียอื่นๆ( $Q_{other}$ )	447.89	7.75	30.36	4.16
รวม	5773.65	100	729.3	100

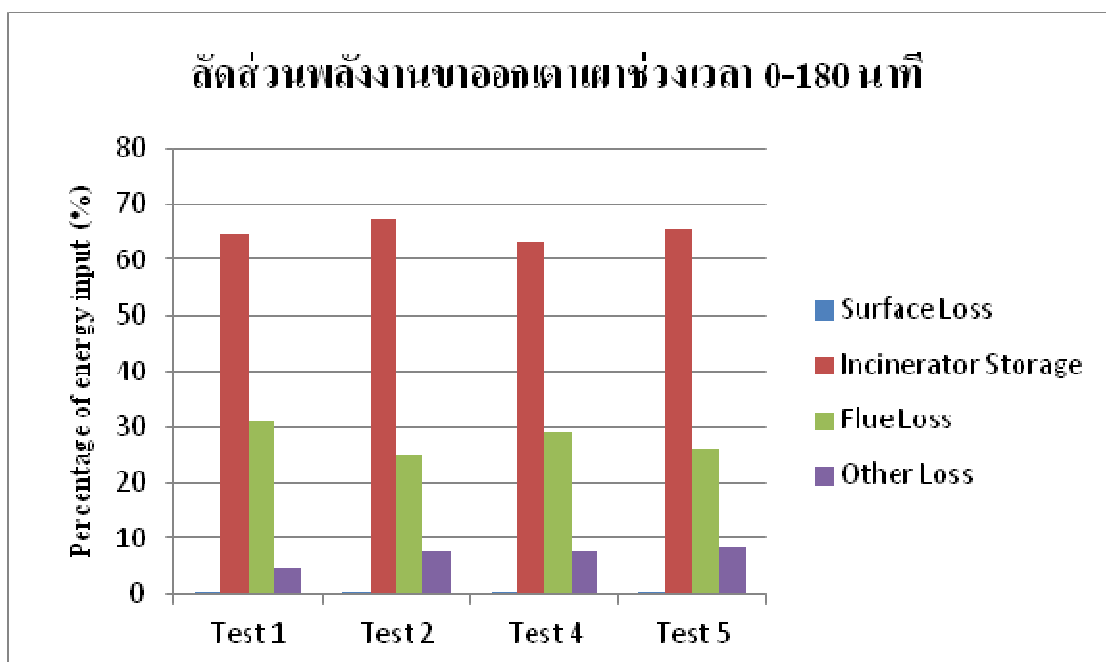
ตารางที่ 6.5 สมดุลพลังงานของเตาเผาสำหรับการทดลองการเผามูลฝอยติดเชื้อครั้งที่ 5

รายการ	Start - 180 min.		180 min. - End	
	ค่า(MJ)	ร้อยละ	ค่า(MJ)	ร้อยละ
<b>พลังงานขาเข้า(Energy Input)</b>				
I1.พลังงานจากเชื้อเพลิง( $Q_{fuel}$ )	3860.42	67.16	364.2	49.22
I2.พลังงานจากการเผามูลฝอยติดเชื้อ( $Q_{waste}$ )	942.56	16.39	113.10	15.8
I3.พลังงานจากการอุ่นอากาศ( $Q_{secondary\ air}$ )	945.05	16.45	262.51	34.98
รวม	5748.03	100	739.84	100
<b>พลังงานขาออก(Energy Output)</b>				
O1.พลังงานสูญเสียจากผิวเตาเผา( $Q_{surface,shell}$ )	4.12	0.09	2.51	0.36
O2.พลังงานสะสมในเตาเผา( $Q_{sto,incinerator}$ )	3773.4	65.64	248.51	33.58
O3.พลังงานสูญเสียจากไอเสีย( $Q_{flue}$ )	1498.65	26.07	469.5	63.45
O4.พลังงานสูญเสียอื่นๆ( $Q_{other}$ )	471.86	8.2	19.32	2.61
รวม	5748.03	100	739.84	100

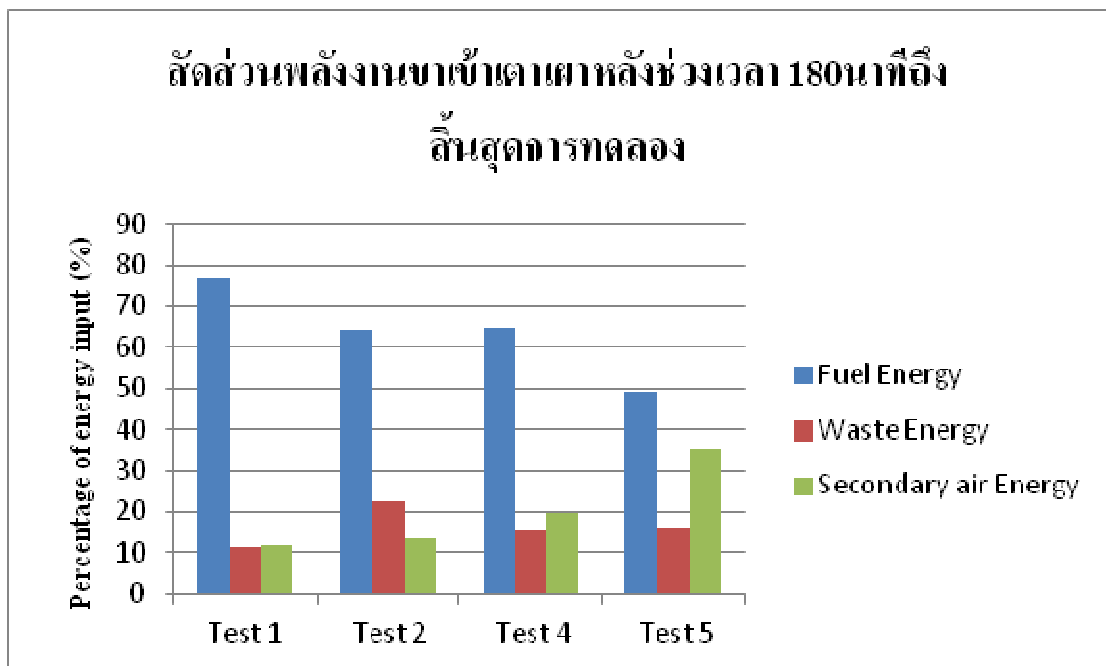
จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 6.2-6.5 จะเห็นได้ว่า ในช่วงเวลา 0-180 นาที พลังงานส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปในการอุ่นเตา ซึ่งไม่ได้เป็นประโยชน์ต่อการเผามูลฝอยโดยตรง โดยทั่วไปเรียกว่า การสูญเสียเนื่องจากการสะสมพลังงานของโครงสร้าง(storage loss) ส่วนในช่วงเวลา 180 นาที ขึ้นไปแล้ว พลังงานที่สะสมในผนังเตาค่อนข้างน้อย ดังนั้น จึงควรหลีกเลี่ยง การใช้เตาในช่วงเวลาสั้น แต่ควรจัดการทำงานให้เตาเผาทำงานอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน



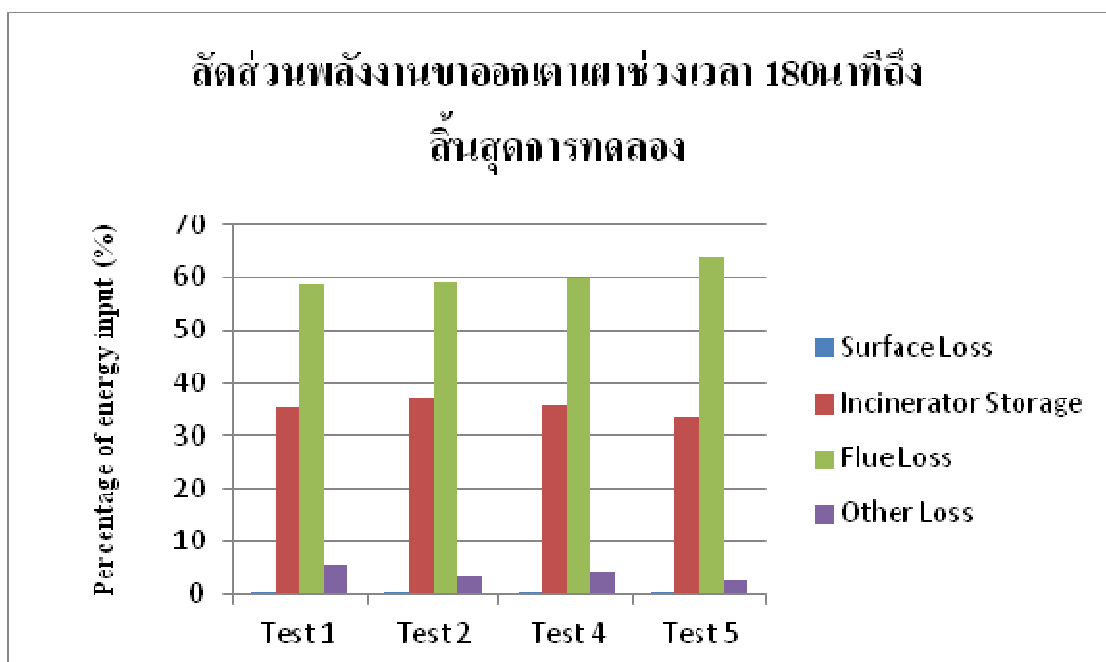
ภาพที่ 6.11 สัดส่วนพลังงานขาเข้าเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในการทดลองครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5  
ช่วงเวลา 0 ถึง 180 นาที



ภาพที่ 6.12 สัดส่วนพลังงานขาออกเตาเผามูลฝอยติดเชื้อในการทดลองครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5  
ช่วงเวลา 0 ถึง 180 นาที



ภาพที่ 6.13 สัดส่วนพลังงานขาเข้าเตาเผาผลย่อยติดเชื้อในการทดลองครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5  
ช่วงเวลา 180 นาทีถึงสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 6.14 สัดส่วนพลังงานขาออกเตาเผาผลย่อยติดเชื้อในการทดลองครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 5  
ช่วงเวลา 180 นาทีถึงสิ้นสุดการทดลอง



## บทที่ 7

### สรุปผลการศึกษาวิจัย

#### 7.1 ข้อสรุปผลการศึกษาวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ทุกประการโดยไม่มีผลทางลบต่อมาตรฐานคุณภาพไอเสียที่ปล่อยทิ้งทางปล่องระบายแต่ประการใด

ในด้านการประหยัดพลังงาน งานวิจัยนี้สามารถลดการใช้ น้ำมันดีเซลที่ใช้ในการเผาผลาญจาก 0.844 ลิตรต่อกิโลกรัมมูลฝอย เหลือ 0.646 ลิตรต่อกิโลกรัมมูลฝอย นั่นคือ สามารถประหยัดได้ 23.4% คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ปีละ 605,522 บาท และมีเวลาคืนทุนต่ำกว่า 1 ปี

ในด้านการลดการปล่อยมลพิษออกไปกับไอเสียนั้น สารมลพิษที่ควบคุมโดยประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผาผลาญได้แก่ ปริมาณฝุ่น (TSP) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ออกไซด์ของไนโตรเจน และ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ปรากฏว่า มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดค่อนข้างมาก ทั้งก่อนติดตั้งและหลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศแล้ว

อย่างไรก็ตาม ปริมาณฝุ่น (TSP) และ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ในไอเสียปล่อยทิ้ง หลังจากติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศแล้วมีค่าต่ำกว่าก่อนติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศมาก แสดงว่า อุปกรณ์อุณหอากาศช่วยให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสิ่งที่สังเกตด้วยตาว่า ก่อนติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศ ไอเสียมีควันดำค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวะที่มูลฝอยเริ่มติดไฟในการป้อนมูลฝอยแต่ละครั้ง ส่วนหลังจากที่ติดตั้งอุปกรณ์อุณหอากาศแล้ว จะมีเฉพาะควันเทาจางและควันขาวเท่านั้น

## 7.2 ข้อเสนอนี้

1. ควรจะมีการติดตามผลกระทบระยะยาว เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของอุปกรณ์อุณหอากาศตามอายุการใช้งาน เช่น จากการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นที่อุปกรณ์อุณหอากาศ และสัมประสิทธิ์ความสกปรก (Fouling Factor) ที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์อุณหอากาศอันเป็นสาเหตุทำให้ประสิทธิภาพอุปกรณ์อุณหอากาศลดลง

2. ควรปรับปรุงแบบของเตาให้การป้อนอากาศทุกัญมมีการกระจายมากกว่านี้ เพื่อให้อากาศส่วนนี้เกิดการผสมกับเชื้อเพลิงดีขึ้น ช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ และ ช่วยลด quenching effect ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ไม่ม้ออุปกรณ์อุณหอากาศ

3. ควรศึกษาเรื่องความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงการใช้เชื้อเพลิง เนื่องจากเดิมเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาเผาเป็นน้ำมันดีเซล ซึ่งมีราคาแพง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการเผาผลาญค่อนข้างสูง

## รายการอ้างอิง

- กฎกระทรวง กระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยการกำจัดมูลฝอยติดเชื้อ พ.ศ.2545  
กรมควบคุมมลพิษ, โครงการวิจัยและพัฒนาเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ กรุงเทพมหานคร: สถาบัน  
พัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวง  
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2544
- วรวิมล มั่นสกุล. การศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์อุณหอากาศด้วยไอเสียสำหรับเตาเผาอุตสาหกรรม.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะ  
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- สุพร ผดุงศุภไธ และ ชุตินาถ ทัดจันทร์. “สถานการณ์การกำจัดมูลฝอยติดเชื้อใน โรงพยาบาล  
สังกัดสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ปี 2549”, วารสารการจัดการ  
สิ่งแวดล้อม, ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 เดือนเมษายน 2551
- Brunner, Calvin R. Incineration Systems Handbook , Incinerator Consultants Inc.,  
Virginia, 1996
- Cengel, Yunus A. and Boles, Michael A. Thermodynamics an engineering approach.  
4<sup>th</sup> ed. Boston, McGraw-Hill, 2002.
- Incropera, Frank P. and Denitt, Dabid P. Introduction to heat transfer. 4<sup>th</sup> ed. New York;  
John Wiley & Sons, 2002.
- J. Bujak. Experimental study of the energy efficiency of an incinerator for medical  
waste, Applied Energy 86 (2009) 2386–2393
- M.C.M. Alvim-Ferraz, S.A.V. Afonso. Incineration of different types of medical wastes:  
emission factors for gaseous emissions, Atmospheric Environment 37  
(2003) 5415–5422
- [https://www.myfirstbrain.com/student\\_view.aspx?ID=64363](https://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=64363), (access on 20/12/2010)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อด้วยเตาเผาก่อนการติดตั้งเครื่องอุ่น  
อากาศ

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อด้วยเตาเผาก่อนการติดตั้งเครื่องอยู่นอากาศ  
การทดลองครั้งที่ 1

อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งต่าง ๆ

โดย Ai 3 คือ อุณหภูมิบรรยากาศ

Ai 4 คือ อุณหภูมิที่ปล่องปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านบน

Ai 5 คือ อุณหภูมิที่ปล่องปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านข้าง

Time	Ai 3	Ai 4	Ai 5
	C	C	C
9:02:34	32.7	31.4	31.4
9:03:04	36.8	31.4	31.4
9:03:34	37.3	31.5	31.4
9:04:04	35.5	31.5	31.6
9:04:34	33.9	31.5	31.5
9:05:04	33.3	31.6	31.6
9:05:34	33	31.7	31.7
9:06:04	32.6	31.8	31.8
9:06:34	32.5	31.8	31.8
9:07:04	32.3	31.9	31.9
9:07:34	32.1	32	31.9
9:08:04	31.9	31.9	31.8
9:08:34	32	32.6	32.5
9:09:04	31.9	36.3	34.9
9:09:34	31.7	82.9	65.4
9:10:04	31.8	149.7	121.3
9:10:34	31.8	215.8	181.2
9:11:04	31.8	269.1	233.4
9:11:34	31.6	309.2	276.9
9:12:04	31.5	339.1	311.4
9:12:34	31.7	361.8	338.7
9:13:04	31.7	379.2	360.3
9:13:34	31.9	392.6	378.6
9:14:04	31.9	404.2	393.3
9:14:34	31.9	413.1	405
9:15:04	31.9	419.3	415.1
9:15:34	32	426.4	423.3
9:16:04	32	431.7	431
9:16:34	31.9	437.5	437.6
9:17:04	31.9	442.4	443.5

9:17:34	32	446.8	448.6
9:18:04	31.9	450.7	453.5
9:18:34	32.1	453.3	457.9
9:19:04	32	455.7	461.9
9:19:34	32	458.5	465.8
9:20:04	32.2	460.7	469.1
9:20:34	32.1	462.8	471.9
9:21:04	32.2	465.9	474.5
9:21:34	32.1	469.1	477.2
9:22:04	32.2	471.1	480.3
9:22:34	32.1	473.3	483
9:23:04	32.2	475.4	486.1
9:23:34	32.1	476.6	489
9:24:04	32.1	478.2	491.2
9:24:34	32.1	479.9	493.3
9:25:04	32.1	481.7	496.1
9:25:34	32.1	483.8	498.5
9:26:04	32.2	486	500.6
9:26:34	32.1	488.2	502.9
9:27:04	32	489.6	505.2
9:27:34	32.1	492.6	506.8
9:28:04	32	494.4	508.6
9:28:34	31.3	496.9	510.4
9:29:04	31.1	499.6	511.6
9:29:34	31.1	501.3	514
9:30:04	31	502.1	515.7
9:30:34	30.9	503.7	518.3
9:31:04	31	505.3	520.5
9:31:34	30.8	507	522.5
9:32:04	30.7	509.1	524.1
9:32:34	30.9	511.6	525.5
9:33:04	30.9	513	526.5
9:33:34	30.8	514	527.6
9:34:04	31.2	514	529.7
9:34:34	31.3	515	531.4
9:35:04	31.2	516.3	532.6
9:35:34	31.2	517.6	533.3
9:36:04	31.4	519.3	534.7
9:36:34	31.2	521.6	536
9:37:04	31	524.9	537.4
9:37:34	31	528.3	540.5
9:38:04	31.1	529.9	544.6
9:38:34	31.2	530.8	547.8
9:39:04	31.1	531.3	550.7

9:39:34	31.1	532.7	553.6
9:40:04	31.2	534.9	556
9:40:34	31.2	536.4	557
9:41:04	31.3	537.3	558
9:41:34	31.2	538.3	559.2
9:42:04	31.2	540	560.3
9:42:34	31.4	541.7	561.7
9:43:04	31.5	543	562.4
9:43:34	31.5	542.8	563.1
9:44:04	31.6	543.5	564.1
9:44:34	31.4	544.6	564.2
9:45:04	31.3	545.9	565.1
9:45:34	31.3	546.5	565.4
9:46:04	31.4	543.4	563.3
9:46:34	31.3	539.8	561.3
9:47:04	31	537.7	559.9
9:47:34	31	537.7	558.9
9:48:04	31	537.2	558.4
9:48:34	31.4	536.8	558.9
9:49:04	31.6	537.5	558.8
9:49:34	31.5	538.5	558.9
9:50:04	31.7	538.8	559.7
9:50:34	31.8	539.6	560.9
9:51:04	31.8	542	561.8
9:51:34	31.9	543.1	562.2
9:52:04	31.6	544.4	563.6
9:52:34	31.6	545.7	564.6
9:53:04	31.5	547	565.8
9:53:34	31.4	548	566.5
9:54:04	31.4	549.3	566.9
9:54:34	31.5	549.9	567.2
9:55:04	31.4	549.8	568.2
9:55:34	31.3	549.9	569.4
9:56:04	31.2	550.6	570.4
9:56:34	31.2	550.4	571.8
9:57:04	31.2	551	572.4
9:57:34	31.2	551.9	572.7
9:58:04	31.2	553.4	573.2
9:58:34	31.3	554.6	574.4
9:59:04	31.4	554.6	575.4
9:59:34	31.1	554.5	576
10:00:04	31	555	577.5
10:00:34	31.3	557.3	580.2
10:01:04	31.5	562.2	585.5



10:01:34	31.8	561.1	588.1
10:02:04	31.6	558.9	588.5
10:02:34	31.5	558.1	588.8
10:03:04	31.3	560	591.3
10:03:34	31.4	563.3	593.7
10:04:04	31.4	566.1	596.8
10:04:34	31.4	566.8	600.1
10:05:04	31.5	567.9	602.4
10:05:34	31.4	570.2	604
10:06:04	31.4	572.3	605.4
10:06:34	31.4	573.3	606.8
10:07:04	31.1	574.8	608.5
10:07:34	31.1	576.1	609.6
10:08:04	31.2	577.4	610.9
10:08:34	31.1	577.6	612
10:09:04	31.2	577.1	612.5
10:09:34	31.2	578.4	613.3
10:10:04	31.6	580.4	614.4
10:10:34	31.4	581.7	615.3
10:11:04	31.6	582	616.3
10:11:34	31.4	583.6	616.5
10:12:04	31.3	583.6	617.3
10:12:34	31.3	583.2	618.1
10:13:04	31.3	582.3	618.5
10:13:34	31.3	582.1	618
10:14:04	31.5	583.4	619.1
10:14:34	31.7	583.5	619.9
10:15:04	31.9	583.2	620.7
10:15:34	31.8	584.1	620.2
10:16:04	31.8	586	620.3
10:16:34	31.8	586.2	621.2
10:17:04	31.7	587.1	622.2
10:17:34	31.9	587.9	622.8
10:18:04	31.6	588.5	623.2
10:18:34	31.7	590	623.3
10:19:04	31.6	590.2	622.3
10:19:34	31.4	591.2	622.7
10:20:04	31.5	591.8	623.1
10:20:34	31.3	592.3	623.4
10:21:04	31.5	593	623.7
10:21:34	31.6	593.2	624.9
10:22:04	31.6	594.5	626
10:22:34	31.8	596.3	626.8
10:23:04	31.6	595.9	627.3

10:23:34	31.7	595	627.2
10:24:04	31.5	595.1	627.3
10:24:34	31.4	595.4	627.8
10:25:04	31.3	595.7	628.1
10:25:34	31.3	596.2	628
10:26:04	31.4	597	627.9
10:26:34	31.4	597.9	627.4
10:27:04	31.4	597.5	627
10:27:34	31.6	597.3	627.3
10:28:04	31.6	601.5	629.4
10:28:34	31.7	603.1	627.9
10:29:04	31.7	587.7	615
10:29:34	31.6	576.1	602.9
10:30:04	31.5	572.7	598.4
10:30:34	31.3	575	600.3
10:31:04	31.5	588.3	611.9
10:31:34	31.5	605.3	627
10:32:04	31.3	620.5	641.8
10:32:34	31.4	628.2	651.8
10:33:04	31.7	635.5	660.3
10:33:34	31.5	640.9	665.7
10:34:04	31.9	643.7	669.7
10:34:34	31.9	644.4	671.7
10:35:04	32	646.5	673.1
10:35:34	31.9	647.4	674.2
10:36:04	31.8	646.6	674.8
10:36:34	31.8	647.2	674.9
10:37:04	31.8	646.6	674.8
10:37:34	31.7	646.4	675.4
10:38:04	31.6	647.3	675.6
10:38:34	31.4	648.2	676.1
10:39:04	31.7	649.2	675.9
10:39:34	31.8	649.7	675.4
10:40:04	31.9	648.9	674.9
10:40:34	32	648.7	674.8
10:41:04	32.3	648	675.3
10:41:34	31.9	648.3	675.4
10:42:04	31.8	648.7	676.3
10:42:34	31.7	648.9	676.1
10:43:04	31.8	650	675.5
10:43:34	31.5	651.3	674.3
10:44:04	31.4	651.6	672.5
10:44:34	31.8	653.3	670.6
10:45:04	31.8	652.9	670.2

10:45:34	31.5	651.6	669.7
10:46:04	31.6	651.9	669.8
10:46:34	31.9	653.2	669.7
10:47:04	31.9	652.7	668.6
10:47:34	31.8	651.7	667.7
10:48:04	31.7	652.1	666.8
10:48:34	31.4	652.4	666.6
10:49:04	31.9	652	666
10:49:34	32	652.6	665.7
10:50:04	31.9	652.8	665.5
10:50:34	31.7	653.6	664.5
10:51:04	31.7	654.9	664.1
10:51:34	31.6	654.4	664.1
10:52:04	31.8	654.3	665.3
10:52:34	31.7	657.6	667.2
10:53:04	32	667.5	675.5
10:53:34	32.2	665.8	678.1
10:54:04	31.9	662.3	677.9
10:54:34	31.7	661.1	679.2
10:55:04	31.9	660.1	680.3
10:55:34	32.1	659.7	680.5
10:56:04	32	660.1	680.7
10:56:34	32	660	681.3
10:57:04	31.8	660.5	681.7
10:57:34	31.8	659.2	681.4
10:58:04	31.8	658.7	681.1
10:58:34	31.8	659.7	682
10:59:04	31.9	658.8	682.2
10:59:34	32.1	659.6	683
11:00:04	32.1	659.8	683.6
11:00:34	32.1	660.9	683.9
11:01:04	32.1	662.1	684.1
11:01:34	32.1	664.4	684.3
11:02:04	32	663.9	684.4
11:02:34	31.9	664.2	684.9
11:03:04	31.7	668.6	688
11:03:34	31.9	672.8	690.5
11:04:04	31.9	674.1	691.9
11:04:34	31.9	677.1	693.1
11:05:04	32.1	677.4	693.1
11:05:34	31.9	679.2	693.8
11:06:04	32	677.9	693
11:06:34	32.5	680.1	694.1
11:07:04	32.6	679.6	693.3

11:07:34	32.8	681	694.6
11:08:04	32.7	682.2	694.5
11:08:34	32.3	681.9	694.5
11:09:04	32.2	682	693
11:09:34	32.5	680.9	692.1
11:10:04	32.8	682.2	691.5
11:10:34	32.6	683.6	692.2
11:11:04	32.3	682.3	691.1
11:11:34	32.4	682.9	692.3
11:12:04	32.2	682.4	690
11:12:34	32.1	681.2	689.3
11:13:04	32.2	681.9	688.2
11:13:34	32.4	684.2	689
11:14:04	32.2	683	688.2
11:14:34	32.6	682	687.4
11:15:04	32.6	684.8	687.4
11:15:34	32.2	683.5	686.9
11:16:04	32.5	684.8	688
11:16:34	32.2	685.1	688
11:17:04	32.1	685.5	688.1
11:17:34	32.5	686.9	690.4
11:18:04	32.5	687	692.2
11:18:34	32.4	686.6	692.9
11:19:04	32.1	687.5	695.3
11:19:34	32	686.9	695.8
11:20:04	32.5	688	697.5
11:20:34	32.6	687.8	695.4
11:21:04	32.5	688.7	696.3
11:21:34	32.3	687.6	696.1
11:22:04	32.4	687.1	696
11:22:34	32.5	688.7	697.3
11:23:04	32.3	687.7	696.4
11:23:34	32.4	686.8	696.2
11:24:04	32.6	688	696.6
11:24:34	32.5	689.5	697.6
11:25:04	32.1	688.8	697.5
11:25:34	32.1	687.6	697.4
11:26:04	32.4	688	696.9
11:26:34	32.6	687.5	696
11:27:04	32.8	687.7	696.1
11:27:34	32.5	687.5	695
11:28:04	32.5	687.9	694.9
11:28:34	32.7	687.9	695
11:29:04	32.9	687.6	695.1

11:29:34	32.4	687.8	695.1
11:30:04	32.1	687	694.8
11:30:34	32	686.8	695.2
11:31:04	32.2	685.6	694
11:31:34	32.2	685.9	694.6
11:32:04	32.3	688.4	695.8
11:32:34	32.2	688.6	694.5
11:33:04	32.1	688.1	693.4
11:33:34	32	689.1	693.3
11:34:04	32	689.8	693.7
11:34:34	32.1	690.6	694.7
11:35:04	32.2	689.9	695.5
11:35:34	32.8	688.9	694.9
11:36:04	33.1	687.8	694.4
11:36:34	33.3	688.4	693.8
11:37:04	33.2	688.8	693.9
11:37:34	32.6	688.7	694.3
11:38:04	32.4	688.5	694.5
11:38:34	32.3	688.1	693.8
11:39:04	32.5	688.2	693.2
11:39:34	32.7	689.4	693.3
11:40:04	33	691	693.7
11:40:34	33.1	690.3	693.6
11:41:04	33	689.2	692.8
11:41:34	32.6	689	691.9
11:42:04	32.5	689.5	692
11:42:34	32.7	690	691.8
11:43:04	32.9	690.6	692.6
11:43:34	32.7	690.4	692.9
11:44:04	32.5	693.7	694.5
11:44:34	32.7	696.2	698.9
11:45:04	32.6	695.4	695.3
11:45:34	32.7	694.5	692.1
11:46:04	32.9	698.9	697.7
11:46:34	33	703	703.6
11:47:04	32.8	705.9	708.3
11:47:34	32.9	704	707.8
11:48:04	33.2	702.4	705.6
11:48:34	32.9	700.5	705.2
11:49:04	32.9	698.8	703.9
11:49:34	33	697	702.7
11:50:04	33.2	695.9	700.5
11:50:34	33	697.4	700.7
11:51:04	33.1	697.1	700.7

11:51:34	33	697.2	701.3
11:52:04	32.7	696.4	701.2
11:52:34	32.8	696.2	701.4
11:53:04	32.8	696.1	700.8
11:53:34	32.6	695.4	700.9
11:54:04	31.9	694.6	700.6
11:54:34	31.9	694.6	701
11:55:04	32.3	694.9	701.1
11:55:34	32.5	695.8	701.7
11:56:04	32.7	695.7	700.4
11:56:34	32.4	695.8	700.6
11:57:04	32.7	694.4	699.7
11:57:34	32.8	695	700
11:58:04	33	694.5	699.6
11:58:34	32.9	695.4	700
11:59:04	33.2	693.9	699.6
11:59:34	33.4	693.2	699.2
12:00:04	33.3	692.5	698.5
12:00:34	33.5	690.4	696.9
12:01:04	33.2	691.7	697.2
12:01:34	32.7	691.1	697.1
12:02:04	32.6	691.3	696.9
12:02:34	32	692.7	697.5
12:03:04	31.8	692.2	696.6
12:03:34	32	692.1	696.1
12:04:04	32.5	693.3	696.4
12:04:34	32.8	692.1	696.6
12:05:04	32.5	692.4	696.1
12:05:34	32.8	692.4	695.9
12:06:04	32.6	691.4	694.9
12:06:34	32.9	691.7	694.5
12:07:04	33	692.7	694.5
12:07:34	32.9	696.8	697.4
12:08:04	32.7	702.6	703.5
12:08:34	32.3	709.8	709
12:09:04	32.2	714.1	712.6
12:09:34	32.9	715.5	715.1
12:10:04	32.7	714.1	714
12:10:34	32.4	713.4	713.9
12:11:04	32.6	712.3	713.3
12:11:34	32.5	710.6	710.4
12:12:04	33.2	708.2	709.1
12:12:34	33.3	705.3	707.2
12:13:04	33.2	703.9	706.1

12:13:34	33.2	702.4	703.4
12:14:04	32.6	701.9	703.5
12:14:34	32.9	700.4	703.5
12:15:04	33.3	700.7	704
12:15:34	32.8	698.5	703
12:16:04	32.9	699.4	704.4
12:16:34	33.1	699	703.5
12:17:04	33.2	699.3	703.5
12:17:34	33.4	698.4	703.3
12:18:04	33.8	698.2	703.1
12:18:34	34	698.2	703
12:19:04	33.7	698.3	703.6
12:19:34	33	698	703.3
12:20:04	32.7	697.8	703.2
12:20:34	32.4	697.5	703.4
12:21:04	32.7	697.5	703.5
12:21:34	32.6	697.6	703.3
12:22:04	32.6	697	702.7
12:22:34	32.6	697.4	702.9
12:23:04	32.9	697.1	702.2
12:23:34	33.3	697.6	701.8
12:24:04	33	696.1	700.9
12:24:34	33.2	695.6	700.6
12:25:04	33	694.4	699.9
12:25:34	32.9	694.8	699.7
12:26:04	33.2	695	699.5
12:26:34	33.9	696	699.9
12:27:04	33.5	695.3	698.9
12:27:34	33	696.3	699
12:28:04	32.6	695.4	698.6
12:28:34	32.4	696.5	699
12:29:04	32.8	696	699
12:29:34	32.7	695.7	699.3
12:30:04	32.4	695.5	699.7
12:30:34	32.2	695.6	698.9
12:31:04	32.2	694.6	699
12:31:34	32.5	694.9	699.1
12:32:04	33.1	694.8	699.1
12:32:34	32.7	693.6	698.4
12:33:04	32.7	693.2	698.1
12:33:34	33.1	692.2	697.4
12:34:04	33.4	692.8	697.2
12:34:34	33.7	692.3	696.8
12:35:04	33.9	693.5	697.6

12:35:34	33.6	693	697.3
12:36:04	33.3	694.7	697.6
12:36:34	33.5	693.7	697
12:37:04	33.3	694.6	696.9
12:37:34	33	694.5	696.7
12:38:04	33.2	694.7	696.2
12:38:34	33	694.6	695.8
12:39:04	32.8	693.6	695.7
12:39:34	33.5	694.6	697.2
12:40:04	33.3	692.9	696.5
12:40:34	33.6	695.2	696.7
12:41:04	33.4	694.6	695.7
12:41:34	33.4	694.2	695.9
12:42:04	33.4	693	695.8
12:42:34	33.4	686	692.4
12:43:04	33.4	663.7	679
12:43:34	33.2	644.8	666
12:44:04	33.2	631.5	656.1
12:44:34	33.1	621.1	648.1
12:45:04	33.3	614.5	642.9
12:45:34	33	610.4	638.8
12:46:04	32.6	606.2	636.1
12:46:34	32.6	604.1	633.9
12:47:04	32.6	603.6	633
12:47:34	33.3	604.3	632.2
12:48:04	33.3	603	631
12:48:34	33.7	617.6	637.2
12:49:04	34	633.8	646.2
12:49:34	33.8	636.2	647.7
12:50:04	33.8	639.6	650.1
12:50:34	34	631.8	646.6
12:51:04	34.1	625.8	642
12:51:34	33.7	623.8	640.2
12:52:04	33.4	604.8	623.1
12:52:34	33.6	571.4	586
12:53:04	33.3	541.3	552.9
12:53:34	33.1	515.1	525.1
12:54:04	32.8	492.1	501.2
12:54:34	32.5	471.6	480.3
12:55:04	32.5	453.4	461.9
12:55:34	33.2	437.2	445.2
12:56:04	33.6	422.3	430
12:56:34	33.9	408.9	416.4
12:57:04	33	396.6	404



12:57:34	33.2	386.6	395
12:58:04	33.7	377.7	386.1
12:58:34	33.8	369.1	376.6
12:59:04	33.3	361.4	368.1
12:59:34	32.4	353.9	359.9
13:00:04	32.3	347.1	352.2
13:00:34	32.3	340.6	344.8
13:01:04	32.4	334.3	337.7
13:01:34	32.6	328.3	331
13:02:04	32.6	322.2	324.3
13:02:34	33.2	316.4	317.6
13:03:04	33.3	311	311.3
13:03:34	33.9	305.8	305.4
13:04:04	34.1	300.7	300

ตารางที่ ก-2 ข้อมูลการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อด้วยเตาเผาก่อนการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ  
การทดลองครั้งที่ 2

อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งต่าง ๆ

โดย Ai 3 คือ อุณหภูมิบรรยากาศ

Ai 4 คือ อุณหภูมิที่ปล่องปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านบน

Ai 5 คือ อุณหภูมิที่ปล่องปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านข้าง

Time	Ai 3	Ai 4	Ai 5
	C	C	C
8:42:04	24.7	24.7	24.9
8:42:34	24.7	24.8	25.1
8:43:04	30.9	24.7	25
8:43:34	27.5	24.9	25.2
8:44:04	25.5	24.8	25.1
8:44:34	25.2	25	25.2
8:45:04	25.1	25	25.3
8:45:34	24.9	25	25.3
8:46:04	24.8	24.9	25.2
8:46:34	24.5	24.7	25
8:47:04	24.3	24.7	25
8:47:34	24.8	24.7	25.1
8:48:04	24.9	24.8	25.1
8:48:34	24.8	24.8	25.1
8:49:04	24.5	24.7	25
8:49:34	24.7	24.7	25
8:50:04	24.8	24.9	25.2
8:50:34	24.8	24.9	25.2
8:51:04	24.4	24.8	25
8:51:34	24.3	24.8	25.1
8:52:04	24.3	24.8	25
8:52:34	24.4	24.9	25.1
8:53:04	24.4	24.8	24.9
8:53:34	24.5	26.5	27.4
8:54:04	24.7	29.1	31.1
8:54:34	24.6	31.8	34.8
8:55:04	24.8	34.8	39
8:55:34	24.8	37.8	43.1
8:56:04	24.6	40.1	45.5
8:56:34	24.4	40.8	45.6

8:57:04	24.7	42.2	47
8:57:34	24.7	49.4	61
8:58:04	24.8	90.9	115.6
8:58:34	25	149.1	178.9
8:59:04	24.8	205.2	231.7
8:59:34	24.6	252.7	274.1
9:00:04	24.6	289.9	306
9:00:34	24.6	319	330.2
9:01:04	24.5	342	349.7
9:01:34	24.6	360.6	366
9:02:04	24.9	376.1	378.1
9:02:34	24.8	387.8	387.6
9:03:04	25	397.1	396.2
9:03:34	25.3	405.8	402.9
9:04:04	24.8	412.6	409.1
9:04:34	25.1	418.6	414.8
9:05:04	25.3	425.2	419.3
9:05:34	25.2	430.4	423.3
9:06:04	25	435.1	426.6
9:06:34	24.8	438.8	428.9
9:07:04	24.9	442.1	431.2
9:07:34	25.3	445.5	434.1
9:08:04	25.3	448.5	436.4
9:08:34	25.2	451.2	438.3
9:09:04	25.3	454.3	440.1
9:09:34	25.6	457	443
9:10:04	25.5	459.6	444
9:10:34	25.1	461.7	445.8
9:11:04	25.6	464.2	448.3
9:11:34	25.8	467	449.8
9:12:04	25.6	468.2	450.9
9:12:34	26.1	469.9	452.6
9:13:04	25.7	471.4	454.1
9:13:34	25.7	472.4	456.9
9:14:04	26.2	474.1	459.1
9:14:34	26.2	476.8	460.8
9:15:04	25.8	479.3	461.6
9:15:34	25.8	480.2	463.1
9:16:04	25.8	482.4	465.1
9:16:34	26.1	483.8	466.5
9:17:04	25.9	484.9	468.3
9:17:34	25.9	486.9	469.4
9:18:04	26.1	489	471.8
9:18:34	26.2	490.3	472.7

9:19:04	26.2	491.3	474.1
9:19:34	26.9	491.7	475.8
9:20:04	25.8	492.6	476.9
9:20:34	25.9	494.6	479
9:21:04	25.8	496.7	479.5
9:21:34	25.9	497.7	479.5
9:22:04	26	498.7	480.5
9:22:34	26	499.5	480.9
9:23:04	25.7	501.6	482.1
9:23:34	25.9	503.1	482.7
9:24:04	25.7	505.3	485.9
9:24:34	25.6	506.2	487.2
9:25:04	25.5	506.7	487.9
9:25:34	26	508.1	489.9
9:26:04	25.7	509.9	492.6
9:26:34	25.6	511.1	494.6
9:27:04	26.3	512.5	498.3
9:27:34	26.3	513.7	500.6
9:28:04	25.7	514	501.5
9:28:34	25.5	515.3	501.5
9:29:04	25.7	516.3	503
9:29:34	26.2	517.1	504.9
9:30:04	25.5	517.9	505.7
9:30:34	25.3	522.1	509.7
9:31:04	25.6	527.6	513.7
9:31:34	25.8	531.3	514.9
9:32:04	26.3	534.5	513.2
9:32:34	26.3	536.5	511.9
9:33:04	26.6	538.5	512.1
9:33:34	26.5	541.1	514.1
9:34:04	26.1	543.1	515
9:34:34	25.8	544.4	515.9
9:35:04	26.6	545.9	516.8
9:35:34	27.1	546.8	517.6
9:36:04	26.3	547.6	518.3
9:36:34	26.2	548.5	519
9:37:04	27.2	548.9	520.4
9:37:34	27.3	549	519.8
9:38:04	26.6	549.2	520.2
9:38:34	26.3	550.1	520.6
9:39:04	27.3	552.3	522.6
9:39:34	26.4	553.8	524.5
9:40:04	26.7	553.7	525.5
9:40:34	26.2	554.3	527.1

9:41:04	25.7	556.3	527.6
9:41:34	26.2	557.4	528.5
9:42:04	26.4	558	529.4
9:42:34	26.7	558.5	530.1
9:43:04	26.5	558.4	531
9:43:34	26.3	557.7	532.3
9:44:04	26.4	558.1	532.9
9:44:34	26.9	558.6	534.2
9:45:04	26.4	559.1	534.5
9:45:34	26.9	559.1	534.7
9:46:04	26.6	558.8	534.9
9:46:34	26.8	559.7	536.5
9:47:04	26.1	560.5	537.1
9:47:34	26.2	561	538.8
9:48:04	27	560.7	539.5
9:48:34	26.4	561.1	540
9:49:04	26.5	562.3	541
9:49:34	26.6	563.9	541.5
9:50:04	26.3	565	542.4
9:50:34	25.8	566.1	542.7
9:51:04	26.3	566.8	543.1
9:51:34	26.6	567.3	543.7
9:52:04	26.5	568.2	545.4
9:52:34	26.6	568.1	546
9:53:04	26.5	567.3	546.5
9:53:34	26.6	567.6	546.5
9:54:04	27.4	567.7	547.6
9:54:34	27.4	567.3	547.7
9:55:04	26.7	571	552.5
9:55:34	27	576.7	559.6
9:56:04	27.1	581.1	559.1
9:56:34	26.8	583.2	558.5
9:57:04	26.4	583.1	556.7
9:57:34	26.2	583.2	556.4
9:58:04	27.1	584.5	556.6
9:58:34	29	584.1	555.4
9:59:04	28.1	584.4	555
9:59:34	27.8	583.7	553.9
10:00:04	27.1	584.6	555.5
10:00:34	28.2	585.5	555.9
10:01:04	26.5	585.2	559.1
10:01:34	28.5	586.1	560
10:02:04	28.8	587.3	560.6
10:02:34	28	588.3	561.8

10:03:04	26.6	589.5	563
10:03:34	27	590.2	565.8
10:04:04	27.4	590.7	566.1
10:04:34	28.2	590.5	564.3
10:05:04	27.2	590.5	565.2
10:05:34	26.6	591	566.4
10:06:04	27.3	591.6	567.7
10:06:34	27.5	592.9	568.2
10:07:04	27.9	592.8	568.9
10:07:34	26.8	593.4	569
10:08:04	27.2	594.4	569.3
10:08:34	27.5	594.8	568.9
10:09:04	28.1	595.8	570.2
10:09:34	28.3	596.7	571.6
10:10:04	28.1	597.4	572.6
10:10:34	28.1	597.6	573.3
10:11:04	28.4	599.5	574.3
10:11:34	27.6	600.4	575
10:12:04	27.6	601.4	575
10:12:34	28.1	601.6	577.4
10:13:04	27.8	601.1	578.1
10:13:34	27.3	604.4	582
10:14:04	27.6	609.2	587.8
10:14:34	27.6	612.2	588.9
10:15:04	28	614.6	589.3
10:15:34	27.8	616.8	590.7
10:16:04	27.8	618.5	592.1
10:16:34	28.3	620.4	593.3
10:17:04	27.2	622.1	594.5
10:17:34	27	623.2	595.2
10:18:04	27.7	624.4	594.7
10:18:34	27.5	625.7	595.8
10:19:04	27.4	627.3	597
10:19:34	26.8	626.2	596.1
10:20:04	27.8	627.3	599.2
10:20:34	27.9	627.5	599.6
10:21:04	26.9	628	600.8
10:21:34	27.9	629.2	602.5
10:22:04	28.4	627.5	599.7
10:22:34	27.7	629.8	600.4
10:23:04	27.7	628.4	599.9
10:23:34	27.9	626.7	598.6
10:24:04	27.5	628.5	600.5
10:24:34	27.8	629	598.8

10:25:04	28.6	630.1	599.2
10:25:34	27.5	629.6	599.9
10:26:04	27.5	628.1	599.3
10:26:34	27.4	630.6	602.6
10:27:04	27	629	601.4
10:27:34	26.5	629	601.3
10:28:04	27.9	628.5	600.3
10:28:34	27.2	627.2	600.3
10:29:04	26.6	626.4	600.6
10:29:34	27.5	624.9	598.4
10:30:04	28.6	624.8	599.1
10:30:34	29.1	625.8	601.2
10:31:04	28.6	625.4	600.6
10:31:34	29	625.6	599.5
10:32:04	29	625.4	598.4
10:32:34	27.8	625.2	597.7
10:33:04	28.3	625.6	597
10:33:34	28.8	630.1	606
10:34:04	28.9	629.2	607.7
10:34:34	29.2	615.5	591.7
10:35:04	28.9	605.4	582.1
10:35:34	28.8	598.2	575.5
10:36:04	28.4	595.2	574.4
10:36:34	28.9	594.8	575
10:37:04	28.5	595.5	575.4
10:37:34	28.6	596.9	577.8
10:38:04	28	600.4	578.7
10:38:34	28.2	607	583.7
10:39:04	28.6	608.6	583.6
10:39:34	28	611.3	585.9
10:40:04	28.5	612.3	586.7
10:40:34	28.1	614.1	589.9
10:41:04	28.2	615.5	590.3
10:41:34	28.5	617.7	590.6
10:42:04	28.2	618.6	592.4
10:42:34	29	620.1	592.6
10:43:04	29.5	620.6	591.2
10:43:34	29.1	620.4	592.5
10:44:04	27.8	620.4	591.8
10:44:34	27.9	621.3	592.6
10:45:04	28.3	621.8	593.1
10:45:34	28.9	621.3	594.6
10:46:04	28.1	620.5	595.4
10:46:34	27.8	620.1	595.2

10:47:04	27.6	620.9	596.7
10:47:34	28	622.4	598.5
10:48:04	27.7	622.2	597.4
10:48:34	28.3	622.3	596.5
10:49:04	28.3	622	595.9
10:49:34	28.4	622.7	596
10:50:04	29.2	620.6	593.8
10:50:34	28.6	621.4	594.4
10:51:04	27.7	622.4	596.5
10:51:34	27.8	622.2	595.9
10:52:04	27.9	621	596
10:52:34	28.3	621.3	596.8
10:53:04	28.8	620.9	597.1
10:53:34	29.2	620.8	596.8
10:54:04	29.1	618.9	597.1
10:54:34	28.2	621.2	601.8
10:55:04	28.2	628.7	612
10:55:34	28.7	623.5	604.7
10:56:04	28.7	613	591.9
10:56:34	28.3	605	583.5
10:57:04	27.7	607.4	588.2
10:57:34	27.3	614.8	595.8
10:58:04	27.9	621.1	601.3
10:58:34	28.7	627.2	607.5
10:59:04	28.5	632.1	610.1
10:59:34	28.7	637.9	616
11:00:04	29.3	641.7	619.6
11:00:34	29.2	646.6	624.2
11:01:04	29.1	649.8	628.6
11:01:34	29.4	651.2	629.1
11:02:04	29.4	653.7	632.5
11:02:34	28.8	653.3	633.8
11:03:04	29.5	654.7	635.9
11:03:34	29.8	655	637.2
11:04:04	30	655.7	637.2
11:04:34	29.4	654.9	637.4
11:05:04	28.8	655.8	639.4
11:05:34	29.4	655.7	638.6
11:06:04	29.1	656.3	639.5
11:06:34	29.4	655.1	638.3
11:07:04	29.6	657.2	640
11:07:34	28.9	656.5	638
11:08:04	28.9	657.3	640.2
11:08:34	28.4	657.2	640.9



11:09:04	29.8	657	642
11:09:34	29.7	657.8	643.2
11:10:04	29.7	658	642.9
11:10:34	29.9	658.3	644.6
11:11:04	29.7	658.8	644.7
11:11:34	30.9	658.3	643.4
11:12:04	30.3	658	644.4
11:12:34	29.3	658.2	646
11:13:04	29.4	657.5	646.6
11:13:34	29.1	655.9	646.9
11:14:04	28.8	655.6	647.4
11:14:34	28.2	658.9	652.2
11:15:04	29.1	656.6	646.3
11:15:34	28.8	641.3	631.3
11:16:04	28.8	637.9	628.8
11:16:34	29.3	633	620.6
11:17:04	28.7	627.3	613.4
11:17:34	28.4	623.9	608.1
11:18:04	28.1	622.2	604.9
11:18:34	28.9	622.4	605.4
11:19:04	28.9	623.6	606.7
11:19:34	28.7	625.2	608.4
11:20:04	29.1	628.8	612.8
11:20:34	29.8	632.5	615.1
11:21:04	28.8	637.3	622.5
11:21:34	29.2	643.1	627.9
11:22:04	29	648.4	631.9
11:22:34	28.9	650.9	634.8
11:23:04	28.8	652.5	638.1
11:23:34	28.8	652.6	638
11:24:04	29.6	653.5	638.7
11:24:34	29.3	653.3	637.7
11:25:04	28.6	655.4	639.6
11:25:34	27.8	655.3	639.4
11:26:04	29.1	656.7	642.2
11:26:34	29.8	656.4	642.8
11:27:04	29.7	656.2	644.1
11:27:34	29.8	656.8	646
11:28:04	30.3	657.1	645.2
11:28:34	29.5	659.3	647.1
11:29:04	30	659.2	646.5
11:29:34	30.5	659	648.7
11:30:04	29.6	657.3	646.9
11:30:34	29.5	658	647.9

11:31:04	28.6	658.5	647.9
11:31:34	28.6	657.5	647
11:32:04	28.6	660.1	652.5
11:32:34	28.5	667.6	660.4
11:33:04	28	667.7	656.9
11:33:34	28.3	668	654.6
11:34:04	28.9	668.4	652.4
11:34:34	29	669.1	652.7
11:35:04	29.5	670.2	652.9
11:35:34	29.3	670.7	654.2
11:36:04	30.4	671.6	654.6
11:36:34	28.3	671.5	653.8
11:37:04	29.3	670.1	654.1
11:37:34	29.6	669.2	651.4
11:38:04	29	669	652.2
11:38:34	29.8	668.1	651.3
11:39:04	30.4	666.6	651.2
11:39:34	30.4	663.7	650.1
11:40:04	30.6	662.4	650.2
11:40:34	30.3	662.3	650.3
11:41:04	29.9	661.5	650
11:41:34	29.2	661.7	649.9
11:42:04	28.2	662.4	650.8
11:42:34	28.6	661.9	649.5
11:43:04	28.9	662.2	651.7
11:43:34	29.3	662.2	651.6
11:44:04	28.6	660.2	651.1
11:44:34	28.5	659.9	651.2
11:45:04	28.7	659.8	651.3
11:45:34	28.9	659.3	650.5
11:46:04	29.7	659.5	652.4
11:46:34	29.5	660	650.5
11:47:04	30.3	659.6	651.4
11:47:34	30.1	659.8	652.9
11:48:04	30.1	659.2	653.4
11:48:34	31.3	659.1	651.7
11:49:04	29.7	659.5	652
11:49:34	29.1	659.1	651.5
11:50:04	29.9	660.3	653.3
11:50:34	31.2	664.9	659.9
11:51:04	30.4	669.6	663.2
11:51:34	30.7	663.8	650.4
11:52:04	30.8	657.6	639.3
11:52:34	29.8	654.4	635.1

11:53:04	29.1	656.1	637.5
11:53:34	29.7	661.7	644.1
11:54:04	29.2	665.3	646.1
11:54:34	28.8	663.1	642.6
11:55:04	28.8	663.7	649.8
11:55:34	28.9	663.9	651.2
11:56:04	29.7	664	649.7
11:56:34	29	662.2	649.7
11:57:04	28.9	661.3	648.4
11:57:34	29	660.3	646.5
11:58:04	30.1	660.2	649
11:58:34	30.1	662.5	653
11:59:04	29.6	662.8	650.9
11:59:34	28.7	662	651.2
12:00:04	29.9	660.2	649.4
12:00:34	30	660	650.5
12:01:04	30.3	659	650.7
12:01:34	28.3	657.8	651.3
12:02:04	28.6	659.3	651.6
12:02:34	28.7	657.3	648.8
12:03:04	28.1	658	650.9
12:03:34	29.5	656.9	649.3
12:04:04	28.8	657.6	651.6
12:04:34	28.4	656.7	651.5
12:05:04	29	657.5	651.6
12:05:34	29.7	656.9	650
12:06:04	29.6	657.4	650.8
12:06:34	30.3	657.1	650.4
12:07:04	30	658.2	653.1
12:07:34	29.6	656.7	653
12:08:04	30.7	658.2	654.2
12:08:34	29.5	658.4	653.8
12:09:04	29.3	658.8	654.5
12:09:34	29	659.2	656.2
12:10:04	29.8	658.4	654.2
12:10:34	30.1	659.4	656.1
12:11:04	30.7	658.9	655
12:11:34	30.6	660.3	656.9
12:12:04	29.8	660.6	657.4
12:12:34	28.8	660	654.9
12:13:04	29.5	662.5	656.5
12:13:34	29.4	661.5	656
12:14:04	29.7	662.1	656
12:14:34	29.9	662.5	657.3

12:15:04	30.5	661.6	656.7
12:15:34	30.2	661.8	657.2
12:16:04	29.8	661.1	657.2
12:16:34	30.1	660.9	657.1
12:17:04	29.7	663.1	659.3
12:17:34	30.1	661.8	658.9
12:18:04	30.8	664.1	663.2
12:18:34	30.8	668.9	665.8
12:19:04	31.2	666.9	660.8
12:19:34	30.3	665.2	658.3
12:20:04	30.1	662.5	656.9
12:20:34	30.4	661.4	656.8
12:21:04	30.7	660.5	655.8
12:21:34	30.9	658.9	654.7

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อด้วยเตาเผาหลังการติดตั้งเครื่องอุ่น  
อากาศ

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลการทดลองการเผาผลาญยถิตเชื้อด้วยเตาเผาหลังติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ  
การทดลองครั้งที่ 3

อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งต่าง ๆ

โดย Ai 1 คือ อุณหภูมิบรรยากาศ

Ai 2 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านข้าง  
(ก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 3 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านบน  
(ก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 4 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษ - เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านบน  
(ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 5 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษ - เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่ง  
ด้านข้าง(ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 6 คือ อุณหภูมิที่ท่ออากาศ(ก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 7 คือ อุณหภูมิที่ท่ออากาศ(ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ)

Time	Ai1	Ai2	Ai3	Ai4	Ai5	Ai6	Ai7
	C	C	C	C	C	C	C
9:16:01	29.4	33.3	31.5	31.7	31.3	27.2	27.1
9:16:16	29.6	35.2	32.5	31.7	31.3	27.3	27.2
9:16:31	29.5	36.9	33.5	31.6	31.2	27.4	27.2
9:16:46	29.5	38.8	34.6	31.6	31.2	27.5	27.3
9:17:01	29.4	40.8	35.6	31.5	31.1	27.6	27.3
9:17:16	29.6	42.8	36.9	31.4	31.1	27.8	27.4
9:17:31	29.5	44.8	38.2	31.4	31	28	27.5
9:17:46	29.7	46.8	39.7	31.4	31	28.1	27.5
9:18:01	29.5	48.5	41.1	31.3	30.9	28.2	27.6
9:18:16	29.8	50.2	42.6	31.4	30.9	28.4	27.7
9:18:31	29.8	51.5	43.9	31.4	30.9	28.6	27.8
9:18:46	29.8	52.7	45.1	31.3	30.9	28.7	27.8
9:19:01	30	54	46.3	31.3	30.9	28.9	27.9
9:19:16	29.8	55.2	47.4	31.2	30.8	28.9	27.9

9:19:31	29.8	56.3	48.6	31.2	30.9	29.1	28
9:19:46	29.8	57.2	49.6	31.2	30.8	29.2	28.1
9:20:01	29.9	58.2	50.7	31.2	30.7	29.3	28.1
9:20:16	30.1	59.3	51.8	31.3	30.8	29.5	28.2
9:20:31	29.8	60.2	52.7	31.1	30.7	29.5	28.1
9:20:46	29.8	61.2	53.8	31.1	30.7	29.6	28.2
9:21:01	29.7	62.1	54.8	31.1	30.7	29.8	28.3
9:21:16	29.7	62.9	55.8	31.1	30.7	29.8	28.3
9:21:31	29.6	63.6	56.6	30.9	30.6	29.8	28.3
9:21:46	29.6	64.5	57.5	30.9	30.6	29.9	28.3
9:22:01	29.7	65.3	58.5	30.9	30.6	30.1	28.4
9:22:16	29.7	65.9	59.3	31	30.6	30.2	28.5
9:22:31	29.8	66.9	60.3	31	30.7	30.3	28.6
9:22:46	29.8	67.7	61.1	30.9	30.6	30.5	28.6
9:23:01	29.9	68.4	61.9	30.9	30.6	30.6	28.7
9:23:16	30	73.1	64.7	32.9	32.4	30.6	28.7
9:23:31	29.7	99.5	82.7	43.3	40.8	30.6	28.8
9:23:46	29.8	133.9	112	52.4	47.7	30.8	29.1
9:24:01	29.7	171.4	145.8	60.3	53.3	30.7	29.5
9:24:16	29.9	207.3	180.2	67.7	59.6	30.9	30.3
9:24:31	29.9	240.2	212.1	74.1	65.8	31	31.2
9:24:46	29.9	269.8	241.1	80.5	72	31	32.2
9:25:01	30	296	267.1	93.9	80.8	31.2	33.6
9:25:16	30.1	318.4	290	108.2	90.3	31.3	35.1
9:25:31	30.1	337.8	310.2	120.2	98.9	31.3	36.7
9:25:46	30.1	354.2	328.1	131.2	107.3	31.4	38.6
9:26:01	30.3	368.5	344	141.5	115.2	31.5	40.6
9:26:16	30.3	380.9	357.8	151.2	122.9	31.6	42.7
9:26:31	30.2	391.6	369.6	160.2	130.3	31.5	44.8
9:26:46	29.9	400.6	380.1	168.6	137.4	31.5	47
9:27:01	30	408.8	389.6	176.9	144.5	31.6	49.5
9:27:16	30	416.2	398.2	184.7	151.2	31.7	51.9
9:27:31	29.8	422.5	405.6	192	157.9	31.6	54.3
9:27:46	29.9	428.3	412.6	199.3	164.5	31.7	57
9:28:01	29.9	433.5	418.5	206	170.7	31.7	59.5
9:28:16	29.9	438.1	424	212.7	176.9	31.7	62.3
9:28:31	29.9	442	428.8	219	182.9	31.8	65
9:28:46	29.9	445.3	433.4	225.2	188.6	31.9	67.7
9:29:01	30	448.6	437.5	231.2	194.3	32.1	70.6
9:29:16	30	451.6	441.5	237	199.6	32.1	73.4
9:29:31	30	454.6	445.3	242.6	204.8	32.1	76.2
9:29:46	30.1	457.5	448.9	248	209.9	32.3	79.1
9:30:01	30.2	460.3	451.9	253.3	214.9	32.3	81.9
9:30:16	30.4	462.8	454.5	258.5	220	32.5	84.8

9:30:31	30.4	465	456.9	263.3	224.7	32.4	87.6
9:30:46	30.4	466.8	459.4	268	229.4	32.5	90.4
9:31:01	30.5	468.5	461.7	272.6	233.9	32.6	93.2
9:31:16	30.6	470.1	463.8	277.1	238.2	32.7	96
9:31:31	30.6	471.4	465.8	281.4	242.4	32.7	98.8
9:31:46	30.2	473.1	467.5	285.4	246.4	32.6	101.3
9:32:01	30.1	474.8	469.4	289.4	250.4	32.6	104
9:32:16	30	476.3	470.6	293.2	254.3	32.6	106.6
9:32:31	30.1	477.8	472.1	297.1	258.2	32.7	109.3
9:32:46	29.9	479.2	473.7	300.8	261.8	32.6	111.9
9:33:01	29.8	480.5	475.2	304.4	265.5	32.6	114.5
9:33:16	29.8	481.5	476.8	307.8	269.1	32.7	117.1
9:33:31	29.9	482.6	478.3	311.2	272.6	32.7	119.6
9:33:46	29.9	483.8	479.4	314.4	276	32.7	122.1
9:34:01	29.9	484.7	480.6	317.5	279.3	32.8	124.7
9:34:16	30.1	485.7	482	320.6	282.5	32.8	127.2
9:34:31	30.2	486.2	483.2	323.6	285.6	32.8	129.5
9:34:46	30.3	487.1	484.2	326.5	288.7	32.9	132
9:35:01	30.2	488	484.8	329.3	291.7	32.9	134.3
9:35:16	30.2	488.9	485.9	332.1	294.6	32.9	136.6
9:35:31	30.4	490	487.3	334.7	297.5	33	138.9
9:35:46	30.4	490.7	488.4	337.3	300.4	33.1	141.2
9:36:01	30.3	491.6	489	339.8	303.1	33.1	143.4
9:36:16	30.2	492.8	489.6	342.2	305.7	33.2	145.5
9:36:31	30.3	493.8	490.7	344.5	308.4	33.3	147.7
9:36:46	30.4	494.8	491.7	346.8	311	33.3	149.9
9:37:01	30.4	495.8	492.6	349	313.5	33.4	152
9:37:16	30.3	496.5	493.5	351.1	315.9	33.4	153.9
9:37:31	30.4	497.3	494.5	353.1	318.4	33.5	156
9:37:46	30.4	497.9	495.5	355.2	321.4	33.5	158
9:38:01	30.4	498.4	496.3	357.3	324.7	33.5	159.8
9:38:16	30.7	499.2	497.8	359.6	328.1	33.6	161.9
9:38:31	30.4	500.3	499.9	361.7	331.1	33.6	163.6
9:38:46	30.4	501.8	502.2	364	334	33.6	165.5
9:39:01	30.8	503.2	504.4	366.1	336.8	33.7	167.4
9:39:16	30.6	504	506.3	368	339.2	33.6	169
9:39:31	30.7	505.1	508.2	370	341.7	33.6	170.8
9:39:46	30.5	505.5	510.1	371.8	344	33.4	172.5
9:40:01	30.6	506.4	511.9	373.7	346.2	33.6	174.2
9:40:16	30.7	506.8	513.3	375.3	348.3	33.6	175.9
9:40:31	30.7	507.3	514.3	377	350.3	33.7	177.6
9:40:46	30.4	507.8	515.4	378.6	352.1	33.6	179.1
9:41:01	30.2	508.5	516.5	380.2	354	33.7	180.8
9:41:16	30.2	509.7	517.7	381.9	355.8	33.7	182.3



9:41:31	30.2	510.5	518.9	383.4	357.6	33.7	184
9:41:46	30.4	511.1	519.9	384.9	359.1	33.7	185.5
9:42:01	30.3	512.4	520.7	386.4	360.6	33.7	187
9:42:16	30.4	513.4	521.4	388	362.4	33.8	188.6
9:42:31	30.4	514.1	521.8	389.4	363.9	33.8	190
9:42:46	30.5	515	522.7	391	365.5	33.9	191.5
9:43:01	30.5	516	523.7	392.4	366.9	33.9	192.9
9:43:16	30.7	516.8	524.6	393.8	368.4	34	194.4
9:43:31	30.7	517.2	525.2	395.3	369.9	34.1	195.8
9:43:46	30.9	517.6	526	396.7	371.5	34.1	197.2
9:44:01	30.9	518.1	526.7	398.1	373.1	34.2	198.6
9:44:16	30.9	519.1	527.7	399.5	374.4	34.2	199.9
9:44:31	31	519.9	528.6	400.8	375.8	34.2	201.2
9:44:46	31	521.2	529.4	402.2	377.1	34.3	202.5
9:45:01	30.9	521.9	530.2	403.4	378.4	34.3	203.8
9:45:16	30.9	522.3	531.1	404.7	379.6	34.3	205
9:45:31	30.9	522.9	532.4	406	381	34.4	206.3
9:45:46	30.9	523.9	533.1	407.2	382.1	34.4	207.5
9:46:01	31	524.6	533.9	408.4	383.4	34.4	208.7
9:46:16	31	525.7	534.5	409.7	384.4	34.5	209.9
9:46:31	30.9	527	534.3	410.8	385.6	34.4	211
9:46:46	30.9	527.5	534.6	412	386.7	34.4	212.1
9:47:01	31.1	527.9	534.9	413.3	387.8	34.6	213.3
9:47:16	30.7	529	535.5	414.4	389	34.5	214.3
9:47:31	31.1	530	536.1	415.5	390	34.4	215.3
9:47:46	31	530.6	536.6	416.7	391.1	34.5	216.4
9:48:01	31.1	531.1	537.1	417.8	392	34.5	217.5
9:48:16	31	531.1	537.6	418.9	393.1	34.5	218.5
9:48:31	31	530.9	538.3	419.9	394.1	34.5	219.5
9:48:46	31.1	530.9	539	420.8	394.6	34.4	220.4
9:49:01	31.1	531.7	539.8	421.9	395.2	34.6	221.5
9:49:16	31.1	532.3	540.8	422.2	395.9	34.6	222.6
9:49:31	31.1	532.6	541.1	421.2	396.7	34.6	223.5
9:49:46	30.9	533.4	541.4	421.5	397.5	34.6	224.4
9:50:01	31	534.4	541.6	423.3	398.3	34.8	225.5
9:50:16	31.1	535.1	541.6	424.9	399	34.8	226.4
9:50:31	31.2	535.8	542.2	426.4	399.9	34.9	227.4
9:50:46	31.1	536.1	542.9	427.6	400.8	34.8	228.3
9:51:01	31.3	536.1	543.5	428.9	401.7	34.9	229.2
9:51:16	31.2	536.7	544.3	430	402.5	34.9	230.1
9:51:31	31.3	537.2	545.4	431.3	403.6	35	231
9:51:46	31.3	537.2	546.4	432.3	404.6	35	231.9
9:52:01	31.4	536.9	546.8	433.3	405.3	35	232.7
9:52:16	31.3	537.5	547.5	434.4	406.2	35.1	233.6

9:52:31	31.4	538.7	548	435.4	407.1	35.1	234.5
9:52:46	31.5	540.2	548.8	436.4	408	35.2	235.4
9:53:01	31.3	541	549.5	437.1	408.7	35.1	236
9:53:16	31.4	541.8	550	438.2	409.6	35.2	237
9:53:31	31.4	542.1	550.5	439	410.5	35.2	237.8
9:53:46	31.4	542.4	551	439.8	411.1	35.2	238.6
9:54:01	31.3	542.7	551.6	440.6	411.9	35.2	239.3
9:54:16	31.4	543.4	552.1	441.4	412.7	35.2	240.1
9:54:31	31.2	543.8	552.9	442.2	413.5	35.3	240.8
9:54:46	31.1	544.3	554	443	414.4	35.3	241.6
9:55:01	30.9	544.5	554.3	443.6	415.1	35.2	242.3
9:55:16	30.7	544.8	554.7	444.3	415.8	35.2	243
9:55:31	30.8	545.6	555.4	445.1	416.5	35.3	243.8
9:55:46	30.8	546.2	556.3	445.9	417.3	35.2	244.4
9:56:01	30.8	546.3	557.1	446.7	418.2	35.3	245.1
9:56:16	31	547.1	558.1	447.5	419	35.3	245.9
9:56:31	31	547.5	558.9	448.3	419.8	35.4	246.7
9:56:46	31.1	548.2	559.6	448.9	420.5	35.3	247.4
9:57:01	31.1	548.7	560	449.6	421.2	35.4	248.1
9:57:16	31.2	548.5	560.6	450.3	422	35.4	248.8
9:57:31	31.3	549	561.5	451.1	422.8	35.5	249.5
9:57:46	31.3	549.4	562.3	451.8	423.5	35.6	250.2
9:58:01	31.3	549.8	563.1	452.5	424.4	35.6	250.9
9:58:16	31.2	550.5	563.9	453.2	425.1	35.6	251.6
9:58:31	31.3	551.1	564.8	453.9	425.9	35.6	252.2
9:58:46	31.4	551.6	565	454.6	426.7	35.6	252.8
9:59:01	31.1	552.1	565.3	455.3	427.4	35.6	253.5
9:59:16	31.1	553	565.4	455.9	428.1	35.6	254.1
9:59:31	31.3	553.3	565	456.4	428.7	35.5	254.6
9:59:46	31.2	553.2	565.1	457	429.3	35.5	255.2
10:00:01	31.2	553.7	565.1	457.7	430	35.7	255.9
10:00:16	31	554	565.5	458.2	430.6	35.6	256.5
10:00:31	30.9	554.7	566	458.8	431.3	35.7	257.1
10:00:46	30.9	555.4	566	459.3	431.8	35.7	257.7
10:01:01	30.9	556.4	566.7	460.1	432.6	35.8	258.4
10:01:16	31	557.1	567.2	460.7	433.2	35.9	259
10:01:31	31.1	557.8	567.3	461.1	434	35.8	259.5
10:02:01	31.4	559.6	569	462.5	435.4	35.9	260.7
10:02:16	31.5	560.2	570	463.1	436.1	35.9	261.4
10:02:31	31.6	561	570.6	463.8	436.7	35.9	261.9
10:02:46	31.6	561.3	571.1	464.3	437.5	36	262.6
10:03:01	31.8	562.1	571.4	465	438	36.1	263.1
10:03:16	31.8	562.7	571.5	465.4	438.5	36.1	263.6
10:03:31	31.9	563.2	571.6	466	439.2	36.1	264.2

10:03:46	31.7	563.2	571.9	466.5	439.8	36.1	264.7
10:04:01	31.4	563	572.1	467	440.3	36.1	265.2
10:04:16	31.4	562.8	572.4	467.5	440.9	36	265.7
10:04:31	31.5	563.2	572.6	468	441.4	36.1	266.3
10:04:46	31.7	564	572.8	468.6	441.9	36.2	266.9
10:05:01	31.5	564.7	572.7	469.1	442.4	36.1	267.3
10:05:16	31.2	564.7	573.1	467.2	440.6	36.1	267.8
10:05:31	31.3	554.9	566.2	458.6	431.8	36.1	268.3
10:05:46	31.4	540.1	552.3	449.6	422.9	36.1	268.6
10:06:01	31.3	525.2	537.3	441.2	414.8	36.1	268.9
10:06:16	31.3	511.4	523.1	433.3	407.4	36.2	269.2
10:06:31	31.3	499	510.1	425.7	400.3	36.2	269.3
10:06:46	31.4	487.7	498.2	418.6	393.5	36.4	269.3
10:07:01	31.4	477.3	487.2	411.6	387.1	36.3	269.1
10:07:16	31.3	469.8	478.5	407.3	383.6	36.4	268.8
10:07:31	31.5	480.3	483.6	413.3	390.2	36.4	268.6
10:07:46	31.6	495.3	495.8	419.5	396.3	36.4	268.2
10:08:01	31.4	510.1	509.4	425.2	401.5	36.5	268.1
10:08:16	31.5	522.9	522	430.1	406.1	36.5	267.9
10:08:31	31.6	533.1	532.9	434.4	409.8	36.5	267.8
10:08:46	31.7	541.7	542	438.2	413.1	36.6	267.7
10:09:01	31.6	548.7	549.7	441.6	416.2	36.5	267.8
10:09:16	31.8	554.9	556.3	444.7	419.1	36.6	267.9
10:09:31	31.9	559.9	561.9	447.4	421.4	36.6	268.1
10:09:46	31.9	564.2	566.7	450	423.6	36.6	268.3
10:10:01	32.1	568.1	570.8	452.4	425.6	36.7	268.7
10:10:16	31.8	571.2	573.8	454.6	427.6	36.7	268.8
10:10:31	32.1	574.1	576.4	456.7	429.3	36.7	269.2
10:10:46	32	576.9	578.7	458.6	431	36.6	269.5
10:11:01	32	579.2	580.4	460.4	432.6	36.6	270
10:11:16	31.8	580.8	582.2	462.1	433.9	36.6	270.3
10:11:31	31.9	581.7	583.7	463.4	435.2	36.7	270.8
10:11:46	31.8	582.4	585.1	464.7	436.3	36.6	271.3
10:12:01	31.8	583.4	586.3	465.8	437.5	36.6	271.7
10:12:16	31.9	583.7	587.8	466.8	438.7	36.7	272.3
10:12:31	31.8	584.2	588.6	467.9	439.8	36.7	272.8
10:12:46	31.7	584.2	589.2	468.9	440.9	36.7	273.3
10:13:01	31.9	584.4	590.3	470	442.2	36.9	273.9
10:13:16	31.9	584.8	591.4	471	443.2	36.8	274.4
10:13:31	31.9	585.5	592.7	472	444.4	36.9	275
10:13:46	32.2	586.3	593.4	473	445.3	36.9	275.6
10:14:01	32.3	586.9	594	473.9	446.2	36.9	276.1
10:14:16	32.2	587.5	594.7	474.8	447.1	36.8	276.6
10:14:31	32.2	587.6	595.8	475.7	448	36.9	277.2

10:14:46	32.1	587.8	596.9	476.6	448.9	37.1	277.9
10:15:01	32.2	588	597.7	477.4	449.8	37.1	278.4
10:15:16	32.5	588.9	598.4	478.3	450.6	37.1	279
10:15:31	32.3	589.4	598.7	478.9	451.4	37.1	279.4
10:15:46	31.8	589.5	599	479.6	452	37	279.9
10:16:01	32.1	590.5	599.7	480.6	452.8	37.1	280.5
10:16:16	32	591.3	600.4	481.3	453.5	37.1	281
10:16:31	32.1	592	600.9	482.1	454.3	37.2	281.7
10:16:46	32.1	591.8	601.6	482.8	455.1	37.3	282.2
10:17:01	32.1	592.1	602	483.5	455.7	37.2	282.8
10:17:16	32.1	592.9	602.1	484.1	456.3	37.2	283.3
10:17:31	32.3	593.7	602.6	484.8	456.9	37.3	283.9
10:17:46	32.1	594.1	603	485.5	457.5	37.4	284.4
10:18:01	32.3	594.6	603.5	486.1	458.1	37.3	284.9
10:18:16	31.9	594.9	604.2	486.6	458.6	37.3	285.4
10:18:31	32	595.1	604.9	487	459.1	37.2	285.8
10:18:46	31.9	595.7	605.4	487.6	459.5	37.3	286.3
10:19:01	32.1	596.4	605.6	488.2	460	37.3	286.9
10:19:16	32.4	596.9	605.8	488.9	460.5	37.4	287.5
10:19:31	32.1	596.8	606.1	489.3	460.9	37.4	288
10:19:46	31.8	597.2	607.1	489.8	461.3	37.4	288.4
10:20:01	31.9	597.4	607.7	490.3	461.8	37.4	289
10:20:16	31.8	598	607.9	490.9	462.2	37.5	289.5
10:20:31	31.8	597.6	608	491.4	462.6	37.5	290
10:20:46	31.9	597.6	608	491.9	463.1	37.6	290.6
10:21:01	31.9	598.3	608.1	492.4	463.6	37.6	290.6
10:21:16	32.1	598.3	608.6	492.9	464	37.7	291.5
10:21:31	32.3	598.6	609.4	493.5	464.5	37.8	292.1
10:21:46	32.4	599.2	609.7	493.9	464.8	37.7	292.5
10:22:01	32.4	599.9	610	494.4	465.5	37.7	292.9
10:22:16	32.5	599.7	610.4	494.8	465.9	37.7	293.4
10:22:31	32.5	599.9	610.5	495.2	466.4	37.8	293.8
10:22:46	32.4	600.6	610.7	495.7	466.7	37.8	294.3
10:23:01	32.6	600.8	610.8	496.2	467.1	37.8	294.8
10:23:16	32.6	600.5	611.2	496.4	467.5	37.8	295.2
10:23:31	32.6	600.8	611.5	496.9	468	37.8	295.7
10:23:46	32.6	600.9	611.7	497.4	468.4	37.9	296.2
10:24:01	32.4	601.3	612	497.8	468.8	37.9	296.6
10:24:16	32.4	601.9	612.3	498.2	469.2	37.9	297
10:24:31	32.4	602.2	612.3	498.7	469.7	38	297.4
10:24:46	32.5	602.5	612.2	499	470.1	38	297.9
10:25:01	32.3	603.1	612.3	499.5	470.6	38	298.3
10:25:16	32.3	603.5	612.3	499.9	471.1	38	298.7
10:25:31	32.3	603.5	612.2	500.1	471.2	37.9	298.9

10:25:46	32.6	604.1	612.6	500.8	472	38.2	299.6
10:26:01	32.8	604.3	613.1	501.3	472.4	38.2	300
10:26:16	32.9	604.9	613.2	501.7	472.8	38.1	300.3
10:26:31	33	605.6	613.6	502.1	473.3	38.3	300.8
10:26:46	33	605.4	614	502.5	473.8	38.3	301.2
10:27:01	32.8	605.3	614.5	502.7	474	38.2	301.5
10:27:16	32.8	605.8	614.9	503.1	474.4	38.2	301.9
10:27:31	32.8	606.1	615.5	503.5	474.9	38.2	302.1
10:27:46	33	607.5	616.2	504.2	475.6	38.3	302.6
10:28:01	33	609.5	617.1	504.9	476.3	38.3	302.9
10:28:16	33.4	612.2	618.4	505.6	477.6	38.4	303.5
10:28:31	33	614	619.5	505.8	478.4	38.3	303.8
10:28:46	33.1	615.1	620.6	506.1	479.4	38.3	304.1
10:29:01	33	616.2	622.1	506.5	480.4	38.5	304.6
10:29:16	32.9	617.5	623.4	506.8	481.3	38.4	304.9
10:29:31	32.8	619	625	507.3	482.3	38.5	305.3
10:29:46	32.9	620.3	626.2	507.9	483.4	38.5	305.7
10:30:01	33.1	621.6	627.5	508.5	484.4	38.6	306.2
10:30:16	33	622.4	628.5	509	485.1	38.6	306.5
10:30:31	33.2	623.2	629.5	509.4	485.8	38.5	306.9
10:30:46	32.7	623.8	630.7	509.9	486.4	38.5	307.2
10:31:01	32.8	624.8	631.6	510.4	487	38.4	307.5
10:31:16	33.2	626.3	633.1	511.2	488	38.7	308.3
10:31:31	32.9	626.5	634	511.5	488.4	38.5	308.5
10:31:46	33.1	627.1	634.8	512	489	38.4	308.8
10:32:01	33.1	627.8	635.7	512.5	489.5	38.5	309.3
10:32:16	33.2	628.9	636.3	512.9	489.9	38.5	309.6
10:32:31	32.5	629.7	636.8	513.4	490.5	38.5	310
10:32:46	32.9	630.4	637.6	513.9	491.3	38.6	310.5
10:33:01	33.1	631.1	638.5	514.5	491.9	38.7	311.1
10:33:16	33.2	631.4	638.8	514.9	492.4	38.7	311.5
10:33:31	33.1	631.8	638.8	515.2	492.9	38.6	311.8
10:33:46	32.9	632.4	639.1	515.5	493.3	38.4	312
10:34:01	33.1	633.5	639.9	516.2	494.1	38.7	312.7
10:34:16	32.9	633.9	640.6	516.9	494.8	38.8	313.2
10:34:31	32.6	634.2	641.4	517.3	495.4	38.8	313.6
10:34:46	32.1	634.6	641.6	517.5	495.7	38.6	313.7
10:35:01	32.1	634.9	642.3	517.9	496.3	38.7	314.3
10:35:16	32.6	635.4	642.7	518.4	497	38.7	314.7
10:35:31	32.6	635.7	642.8	518.7	497.4	38.8	315.1
10:35:46	32.7	635.8	643.2	519.2	498.1	38.9	315.6
10:36:01	32.6	635.9	643.6	519.5	498.4	38.7	315.9
10:36:16	32.7	636.1	644.2	519.9	498.9	38.8	316.4
10:36:31	32.8	636.2	644.5	520.2	499.3	38.9	316.9

10:36:46	33.1	635.7	644.5	520.6	499.8	38.9	317.2
10:37:01	33.1	635.7	645.2	521	500.3	38.9	317.6
10:37:16	32.8	635.9	645.4	521.3	500.4	38.9	317.9
10:37:31	32.9	636.7	645.7	521.6	500.7	38.8	318.2
10:37:46	33.1	636.5	646.2	522.1	501.3	38.9	318.7
10:38:01	33.3	636.6	646.6	522.6	501.9	39.2	319.3
10:38:16	33.1	636.6	646.4	522.8	502.2	39.1	319.6
10:38:31	32.9	636.7	646.6	523.2	502.8	39.1	319.9
10:38:46	32.8	636.8	646.4	523.3	503.2	38.9	320.1
10:39:01	33.2	637.2	646.9	523.8	503.8	39.1	320.6
10:39:16	33.2	637.8	647.1	524.1	504.3	39.2	321.1
10:39:31	33.4	637.5	647.3	524.5	504.8	39.3	321.5
10:39:46	33.2	637.2	647.5	524.8	505.2	39.4	321.9
10:40:01	33.3	636.8	647.7	524.9	505.4	39.2	322
10:40:16	33.4	636.6	648	525.2	505.7	39.2	322.3
10:40:31	33.5	637.2	647.9	525.5	506.2	39.3	322.8
10:40:46	33.2	637	647.9	525.8	506.5	39.3	323.1
10:41:01	32.8	637	648.1	526	506.7	39.3	323.4
10:41:16	32.7	637.1	648.5	526.4	507	39.4	323.8
10:41:31	32.6	637.2	648.1	526.5	507.2	39.4	324
10:41:46	32.9	638	647.7	527	507.8	39.5	324.5
10:42:01	33	638.2	647.8	527.2	508.1	39.5	324.8
10:42:16	32.8	638	648.1	527.4	508.4	39.5	325.1
10:42:31	32.9	637.2	648	527.7	508.6	39.5	325.4
10:42:46	32.6	637.2	647.9	527.9	508.9	39.6	325.7
10:43:01	32.9	637.6	648.1	528.2	509.2	39.6	326.1
10:43:16	33.2	637.8	648.3	528.6	509.4	39.7	326.4
10:43:31	33.3	638.3	648.8	528.8	509.6	39.7	326.7
10:43:46	32.7	638.5	649	529	509.8	39.7	326.9
10:44:01	32.5	638.3	649	529	509.9	39.5	327
10:44:16	32.1	637.9	648.8	528.9	509.9	39.3	327
10:44:31	32.4	638.1	648.8	529.3	510.1	39.5	327.5
10:44:46	32.2	638.1	648.8	529.4	510.1	39.4	327.7
10:45:01	32.6	637.9	648.9	529.5	510.3	39.4	328
10:45:16	32.6	638	649.1	529.8	510.4	39.5	328.3
10:45:31	32.3	638.2	649.2	530	510.4	39.5	328.6
10:45:46	32.3	638.4	649.5	530.1	510.8	39.5	328.8
10:46:01	32.1	638.9	649.8	530.3	511.2	39.5	329
10:46:16	32.3	638.9	650	530.5	511.6	39.6	329.3
10:46:31	32.4	639.4	649.8	530.6	511.8	39.6	329.5
10:46:46	32.4	639.9	649.7	531	512.3	39.7	329.9
10:47:01	32.3	639.5	649.9	531.1	512.6	39.6	330.1
10:47:16	32.3	639.3	650.1	531.4	512.7	39.7	330.3
10:47:31	32.4	639.7	650.2	531.6	513.1	39.7	330.6

10:47:46	32.3	640.5	650	531.8	513.3	39.7	330.7
10:48:01	32.2	640.9	650.3	532	513.7	39.7	331.1
10:48:16	32.3	640.8	650.6	532.1	513.7	39.6	331.2
10:48:31	32.3	640.7	651.1	532.3	513.9	39.6	331.5
10:48:46	32.3	640.6	651	532.5	514.1	39.6	331.7
10:49:01	32.5	641.4	651.1	532.8	514.4	39.6	331.9
10:49:16	32.8	643	651.7	533.3	514.8	39.7	332.1
10:49:31	32.9	645.4	652.8	534	515.4	39.7	332.4
10:49:46	33.2	647.8	654	534.6	515.8	39.7	332.5
10:50:01	32.9	649.8	655.2	535.1	516.4	39.7	332.9
10:50:16	32.5	651.5	656.7	535.4	516.6	39.6	333
10:50:31	32.6	652.6	657.8	535.8	517	39.6	333.2
10:50:46	32.6	653.2	658.7	535.9	517.3	39.5	333.4
10:51:01	32.8	653.3	659.3	536.3	517.6	39.6	333.7
10:51:16	32.8	653.6	659.8	536.5	518	39.7	334
10:51:31	32.8	653.9	660.2	536.7	517.9	39.6	334.2
10:51:46	32.9	654.6	660.6	537.1	517.8	39.6	334.4
10:52:01	32.8	655.4	661.1	537.4	518.1	39.7	334.7
10:52:16	32.6	656	661.9	537.7	518.4	39.7	334.9
10:52:31	32.4	655.8	662.8	537.9	518.5	39.6	335.1
10:52:46	32.4	656.2	663.7	538.1	518.8	39.6	335.4
10:53:01	32.4	656.6	664.3	538.4	519.1	39.7	335.7
10:53:16	32.1	657	664.9	538.6	519.3	39.7	335.9
10:53:31	31.8	656.9	665.1	538.6	519.5	39.5	336
10:53:46	32.3	657.4	665.6	538.9	519.9	39.6	336.3
10:54:01	32.4	657.9	665.8	539.2	520.2	39.6	336.5
10:54:16	32.1	657.9	665.9	539.3	520.4	39.6	336.8
10:54:31	32.4	658.6	666.4	539.6	520.6	39.6	337
10:54:46	32.2	659.1	666.8	539.8	520.9	39.6	337.3
10:55:01	31.8	659.3	667.3	540.2	521.2	39.6	337.5
10:55:16	31.9	659.1	667.6	540.4	521.5	39.6	337.8
10:55:31	32	659.2	668	540.7	521.9	39.6	338.1
10:55:46	32.4	659.4	668.3	540.9	522.2	39.7	338.3
10:56:01	32	659.9	668.7	541.1	522.4	39.7	338.5
10:56:16	32.6	660.2	669.1	541.3	522.6	39.7	338.8
10:56:31	32.7	660.8	669.3	541.6	522.8	39.7	339
10:56:46	32.6	661.2	669.8	541.8	523.1	39.8	339.3
10:57:01	32.4	662	670.7	542.1	523	39.8	339.5
10:57:16	32.7	662.5	671.2	542.4	523.1	39.7	339.8
10:57:31	32.7	662.8	671.3	542.6	523.3	39.8	340
10:57:46	32.5	663.4	672	543.1	523.6	39.8	340.3
10:58:01	32.4	663.6	672.8	543.4	524	39.9	340.6
10:58:16	32.7	664.2	673.6	543.7	524.1	40	341
10:58:31	32.6	664.2	673.6	543.7	523.9	39.8	341

10:58:46	32.6	664.7	674.2	544.1	524.1	39.9	341.3
10:59:01	32.6	665	674.3	544.3	524.3	40	341.5
10:59:16	32.5	665.3	674.4	544.6	524.6	40	341.9
10:59:31	32.5	665.6	674.2	544.8	524.9	40.1	342.1
10:59:46	32.7	665.7	674.3	545.1	525.3	40.1	342.4
11:00:01	32.8	665.7	674.8	545.4	525.4	40.2	342.7
11:00:16	32.7	665.9	675.3	545.6	525.4	40.1	342.8
11:00:31	32.8	666	675.6	545.9	525.6	40.2	343.2
11:00:46	32.8	666.6	675.8	546	525.7	40.1	343.3
11:01:01	33.1	667.1	676	546.2	526	40.1	343.5

ตารางที่ ข-2 ข้อมูลการทดลองการเผาผลาญโดยติดเซ็นเซอร์เตาเผาหลังติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ  
การทดลองครั้งที่ 4

อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งต่าง ๆ

โดย Ai 1 คือ อุณหภูมิบรรยากาศ

Ai 2 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านข้าง  
(ก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 3 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านบน  
(ก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 4 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษ - เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านบน  
(ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 5 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษ - เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่ง  
ด้านข้าง(ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 6 คือ อุณหภูมิที่ท่ออากาศ(ก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 7 คือ อุณหภูมิที่ท่ออากาศ-เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านซ้าย(ออกจาก  
เครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 8 คือ อุณหภูมิที่ท่ออากาศ-เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านขวา(ออกจาก  
เครื่องอุ่นอากาศ)



Time	Ai 1	Ai 2	Ai 3	Ai 4	Ai 5	Ai 6	Ai 7	Ai 8
	C	C	C	C	C	C	C	C
8.58	32.6	382.3	368.4	152.5	154.2	33.1	41.1	44.0
9.00	32.9	441.9	435.4	205.3	207.8	33.7	57.2	62.5
9.02	33.3	460.1	458.4	244.7	248.7	34.3	77.4	84.0
9.04	33.4	467.1	471.4	276.0	277.7	34.6	98.5	105.3
9.06	33.3	471.2	479.7	301.6	299.8	35.0	119.1	125.3
9.08	33.6	472.5	482.7	309.2	306.4	35.2	126.4	132.3
9:22:22	33.3	471.3	468.2	346.9	336.8	37.3	213.7	215.7
9:22:37	33.7	481.2	478.2	351.9	341.5	37.5	214.3	216.2
9:22:52	34.1	488.8	486.6	356.2	345.3	37.5	214.7	216.7
9:23:07	34.3	494.9	493	360.1	348.9	37.5	215.2	217.2
9:23:22	34.2	499.6	498.6	363.6	352.2	37.6	215.8	217.8
9:23:37	34.2	503.1	503.1	366.8	355.1	37.6	216.4	218.5
9:23:52	34.1	506.4	507.1	369.7	357.7	37.7	217	219.1
9:24:07	34.1	509.1	510.6	372.4	360.4	37.8	217.7	219.9
9:24:22	34.3	511.4	513.5	374.9	362.6	37.7	218.3	220.5
9:24:37	34.2	513.4	516	377.3	364.9	37.8	219.2	221.4
9:24:52	34.4	515	518.1	379.7	367	37.9	219.9	222.2
9:25:07	34.1	516	519.9	381.7	369	37.9	220.6	222.9
9:25:22	34.1	517	521.4	383.7	370.8	37.9	221.4	223.7
9:25:37	34.2	517.3	522.7	385.5	372.6	37.9	222.2	224.6
9:25:52	34.3	518.2	524	387.3	374.4	38	223	225.3
9:26:07	34.6	519.4	525	389	376	37.9	223.8	226.1
9:26:22	34	520.2	526	390.6	377.6	38	224.6	227
9:26:37	34.1	520.6	526.9	392.1	379	38	225.3	227.7
9:26:52	34.1	521.7	527.8	393.9	380.4	38.1	226.3	228.6
9:27:07	33.9	522.3	528.4	395.4	381.7	38	227	229.5
9:27:22	33.8	522.4	529.1	397	383	38	228	230.3
9:27:37	34.3	523.3	529.6	398.5	384.4	38.2	228.9	231.2
9:27:52	34.1	524.4	530.2	400	385.5	38.1	229.7	232.1
9:28:07	34.1	524.9	531.2	401.4	386.6	38.1	230.5	232.8
9:28:22	34.1	525.3	532.1	402.7	387.8	38.2	231.4	233.7
9:28:37	34	526.5	533	404	388.7	38.1	232.2	234.4
9:28:52	34.5	526.6	533.4	405.3	389.8	38.1	233.1	235.3
9:29:07	34.4	526.6	533.7	406.3	390.9	38.1	233.9	236.1
9:29:22	34	526.7	533.9	407.5	391.8	38.1	234.7	236.9
9:29:37	33.9	527	534.4	408.5	392.7	38.2	235.6	237.7
9:29:52	34.2	527.2	534.6	409.4	393.5	38.1	236.2	238.4
9:30:07	33.9	527.4	535.1	410.5	394.5	38.3	237.3	239.3
9:30:22	34.1	527.9	535.4	411.5	395.6	38.3	238.1	240.2
9:30:37	34.4	528.5	536	412.4	396.4	38.3	239	241
9:30:52	34.3	529.1	536.3	413.4	397.2	38.4	239.8	241.8
9:31:07	34.3	529.8	536.5	414.3	398	38.4	240.6	242.7

9:31:22	34.8	529.9	536.7	415.2	398.9	38.6	241.4	243.5
9:31:37	34.5	530.6	536.4	416	399.5	38.5	242.2	244.2
9:31:52	34.5	530.2	536.6	416.8	400.2	38.5	243	244.9
9:32:07	34.6	530.3	536.7	417.6	401	38.5	243.6	245.6
9:32:22	34.7	530.4	537.5	418.5	401.8	38.5	244.4	246.4
9:32:37	34.7	530.3	538.2	419.4	402.7	38.6	245.2	247.2
9:32:52	34.7	530.4	538.3	420	403.4	38.5	245.9	247.9
9:33:07	35.1	531	538.1	420.8	404.1	38.6	246.6	248.6
9:33:22	35	531.9	537.9	421.5	405	38.6	247.3	249.2
9:33:37	35.2	532.8	538	422.1	405.7	38.6	247.8	249.8
9:33:52	35	532.4	538.2	422.8	406.4	38.6	248.4	250.4
9:34:07	34.6	532.5	538	423.4	407	38.5	248.9	250.8
9:34:22	34.6	533.1	538	424.1	407.7	38.6	249.5	251.4
9:34:37	34.6	533.6	537.7	424.8	408.3	38.6	250.1	252
9:34:52	34.7	533.7	537.1	425.4	408.8	38.5	250.5	252.5
9:35:07	34.8	534.3	536.9	426.1	409.4	38.5	251.1	253.1
9:35:22	34.9	534.4	537.4	426.8	410	38.6	251.7	253.7
9:35:37	34.7	534.7	537.3	427.5	410.7	38.6	252.2	254.3
9:35:52	34.6	534.9	537.2	428.2	411.2	38.6	252.8	254.9
9:36:07	34.4	535.5	537.7	428.8	411.8	38.6	253.3	255.4
9:36:22	34.6	535.8	538.2	429.4	412.4	38.6	253.8	256
9:36:37	34.8	535.9	538.1	430	412.9	38.6	254.3	256.5
9:36:52	34.7	535.3	537.8	430.5	413.2	38.7	255	257.2
9:37:07	34.6	534.1	537.9	431	413.7	38.7	255.7	257.9
9:37:22	34.4	533.3	538	431.4	414.1	38.8	256.2	258.4
9:37:37	34.1	532.4	538	431.7	414.4	38.7	256.7	258.9
9:37:52	34	531.5	539.1	432.2	414.9	38.7	257.3	259.5
9:38:07	34.6	530.5	540.1	432.6	415.4	38.8	257.9	260.1
9:38:22	35	530	540.4	433.1	415.8	38.8	258.5	260.7
9:38:37	35	529.5	540.8	433.6	416.3	38.8	259	261.3
9:38:52	34.7	528.6	541.6	434.1	416.7	38.9	259.6	261.9
9:39:07	34.8	528.1	541.9	434.5	417.2	39	260.1	262.5
9:39:22	34.7	528.2	542.5	434.9	417.7	39	260.7	263
9:39:37	34.9	528.2	542.7	435.4	418.2	39	261.3	263.6
9:39:52	34.7	528	542.8	435.8	418.7	39.1	261.8	264.1
9:40:07	34.7	528.1	543.1	436.2	419.3	39.1	262.4	264.7
9:40:22	34.8	528.5	544	436.7	419.9	39.1	262.9	265.2
9:40:37	34.7	530.5	545.5	437.5	420.9	39	263.4	265.7
9:40:52	34.7	533.8	548.1	438.5	421.7	39.1	263.9	266.3
9:41:07	35	537.1	551	439.4	422.6	39.2	264.4	266.9
9:41:22	34.9	541	553.4	440.2	423.4	39.2	264.9	267.5
9:41:37	35.1	543.9	555.7	440.9	424	39.2	265.4	268.1
9:41:52	34.6	546.1	557.7	441.4	424.5	39.2	265.8	268.7
9:42:07	35	548	559.8	442.1	425.1	39.2	266.2	269.3

9:42:22	35	549.6	561.5	442.7	425.6	39.3	266.7	269.8
9:42:37	34.8	550.8	563	443.2	426	39.3	267.1	270.3
9:42:52	34.8	551.6	564.2	443.8	426.4	39.3	267.6	270.9
9:43:07	34.8	552.8	565.5	444.3	427	39.3	268	271.3
9:43:22	34.4	554.7	566.8	445	427.5	39.2	268.4	271.8
9:43:37	34.7	557.2	568.1	445.7	428.2	39.2	268.8	272.3
9:43:52	35.1	560.1	569.5	446.7	428.9	39.3	269.2	272.8
9:44:07	34.8	562.7	570.9	447.4	429.5	39.3	269.6	273.2
9:44:22	34.9	564.4	572.1	448.1	430.2	39.3	270.1	273.8
9:44:37	35.2	565.1	573	448.6	430.7	39.4	270.5	274.2
9:44:52	35.1	565.6	573.5	449	431.1	39.4	271	274.8
9:45:07	35.1	565	574.3	449.5	431.4	39.4	271.4	275.2
9:45:22	34.8	565	574.9	449.9	431.9	39.5	271.9	275.7
9:45:37	34.8	565.4	575.6	450.3	432.2	39.5	272.4	276.2
9:45:52	34.9	565.4	576.2	450.7	432.6	39.6	272.8	276.6
9:46:07	35	565.5	576.6	451.1	432.9	39.5	273.1	277
9:46:22	35.3	565.7	577	451.5	433.4	39.5	273.5	277.4
9:46:37	34.9	566.3	577.9	452	433.7	39.5	273.9	277.7
9:46:52	35.1	567.1	579	452.4	434.2	39.4	274.2	278.1
9:47:07	35.1	568	579.8	452.9	434.5	39.4	274.6	278.5
9:47:22	35.2	568.6	580.5	453.4	434.9	39.5	275.1	279
9:47:37	35.3	568.8	580.9	453.7	435.2	39.5	275.4	279.3
9:47:52	34.9	569	581.2	454.1	435.5	39.5	275.8	279.7
9:48:07	35	569.3	581.5	454.5	435.3	39.6	276.2	280.2
9:48:22	35.2	569.3	581.8	454.7	434.7	39.6	276.5	280.5
9:48:37	35.2	569.4	582.4	455.1	434.3	39.6	276.9	280.8
9:48:52	35	569.6	582.7	455.3	434.1	39.5	277.2	281.1
9:49:07	35.2	570	583.1	455.7	434.1	39.6	277.7	281.5
9:49:22	34.8	569.9	583.2	456	433.9	39.5	277.9	281.8
9:49:37	35.2	570	583.4	456.2	434	39.5	278.2	282.1
9:49:52	35.5	570.5	583.7	456.6	434.1	39.7	278.7	282.6
9:50:07	35.3	571.3	584.1	456.9	434.1	39.6	278.9	282.8
9:50:22	35.5	571.8	584.5	457.2	434.1	39.7	279.3	283.2
9:50:37	35.7	572.3	584.8	457.4	434.3	39.6	279.6	283.5
9:50:52	35.6	572.6	584.8	457.7	434.5	39.6	279.9	283.8
9:51:07	35.6	572.9	585.1	458.1	434.6	39.8	280.3	284.2
9:51:22	35.2	573	585.3	458.2	434.8	39.7	280.6	284.5
9:51:37	35.5	573.2	585.6	458.4	434.9	39.7	280.9	284.7
9:51:52	35.3	573.6	586	458.7	435.1	39.8	281.2	285
9:52:07	35.5	573.8	586.3	459	435.2	39.8	281.5	285.4
9:52:22	35.4	573.7	586.9	459.2	435.5	39.8	281.9	285.7
9:52:37	35.4	573.9	587.3	459.4	435.6	39.8	282.1	285.9
9:52:52	35.4	574.7	588	459.8	435.9	39.8	282.5	286.3
9:53:07	35.8	575.6	588.4	460.1	436	39.8	282.7	286.5

9:53:22	36	576	588.3	460.1	436.3	39.8	283	286.8
9:53:37	35.7	576.1	588.7	460.5	436.7	39.9	283.4	287.2
9:53:52	35.8	576.7	589.3	460.8	436.8	39.9	283.6	287.4
9:54:07	35.7	577.2	589.8	461.2	437.1	39.9	283.9	287.8
9:54:22	35.8	577.7	590	461.4	437.2	39.9	284.2	288.1
9:54:37	35.7	577.6	590.5	461.7	437.5	40	284.4	288.3
9:54:52	35.7	577.1	590.8	462	437.7	40	284.8	288.7
9:55:07	35.6	576.9	591.1	462.2	438	40	285.1	289
9:55:22	35.6	576.5	591.4	462.4	438.3	40	285.3	289.2
9:55:37	36	576.7	591.7	462.6	438.6	40	285.6	289.5
9:55:52	35.9	577.1	592	462.9	438.8	40	285.9	289.7
9:56:07	36.2	577.1	592.4	463.1	438.9	40	286.1	290
9:56:22	36.2	577.2	592.8	463.3	439.1	40	286.3	290.1
9:56:37	36.2	577.4	593.2	463.5	439.3	40	286.6	290.4
9:56:52	36	577.6	593.3	463.6	439.3	39.9	286.8	290.6
9:57:07	35.8	577.9	593.5	463.9	439.7	40	287.1	291
9:57:22	35.7	578	593.4	464	439.9	40	287.3	291.2
9:57:37	35.8	577.8	593.8	464.3	440.2	40.1	287.6	291.5
9:57:52	35.7	578.2	594	464.5	440.4	40.1	287.9	291.7
9:58:07	35.8	578.8	594.3	464.8	440.7	40.1	288.2	292
9:58:22	36.1	579.1	594.4	465	440.7	40.1	288.4	292.2
9:58:37	36.1	579.1	0.1	465	440.7	40.1	288.4	292.2
9:58:52	36.3	579.8	594.6	465.2	441	40	288.8	292.6
9:59:07	36.3	579.6	594.7	465.5	441.4	40.1	289.1	292.9
9:59:22	36.2	580	594.9	465.9	441.7	40.2	289.4	293.2
9:59:37	35.5	580.6	595.1	465.9	441.8	40.1	289.6	293.4
9:59:52	35.8	580.5	595	466.1	441.9	40.1	289.7	293.6
10:00:07	35.8	581	595.1	466.3	442.2	40.2	290	293.8
10:00:22	35.6	581.1	595.3	466.4	442.2	40.1	290.2	294
10:00:37	35.7	581.1	595.4	466.7	442.4	40.1	290.4	294.3
10:00:52	36	581.1	596	466.9	442.7	40.2	290.7	294.6
10:01:07	36	580.8	596.6	467.1	443	40.2	290.9	294.8
10:01:22	36.2	581.4	597	467.4	443.3	40.4	291.3	295.1
10:01:37	36.1	582.3	597	467.8	443.7	40.3	291.5	295.4
10:01:52	35.9	584.8	597.6	468.3	444.4	40.4	291.7	295.6
10:02:07	36.3	587.5	598.6	469	445.2	40.4	292	295.9
10:02:25	36	590	599.7	469.6	445.6	40.3	292.1	295.9
10:02:38	36.2	591.6	600.8	470.2	446.2	40.5	292.4	296.3
10:02:53	36.3	592.8	602	470.6	446.5	40.5	292.6	296.4
10:03:08	35.8	593.5	603.1	470.9	446.9	40.4	292.8	296.6
10:03:23	35.7	594.4	604.3	471.4	447.3	40.5	293.1	296.9
10:03:38	35.6	595.2	605.3	471.6	447.5	40.6	293.2	297
10:03:53	35.5	596.1	606	471.9	448	40.6	293.5	297.3
10:04:08	35.4	597	606.6	472.1	448.3	40.6	293.7	297.5

10:04:09	35.4	596.9	606.5	472	448.2	40.5	293.6	297.4
10:04:23	35.6	597.6	607.2	472.6	448.8	40.8	294	297.8
10:04:38	35.7	598.4	608	472.9	449.2	40.8	294.1	298
10:04:53	36	598.8	608.7	473.2	449.6	40.8	294.3	298.2
10:05:08	36.2	599.1	609.3	473.4	449.9	40.8	294.5	298.4
10:05:23	36.2	599.3	609.8	473.8	450.3	40.9	294.9	298.8
10:05:38	36	599.7	609.4	473.8	450.6	40.8	295	299
10:05:53	36.2	599.9	609.4	474	451	41	295.4	299.3
10:06:08	36.5	599.7	609.7	474.3	451.3	41.1	295.7	299.7
10:06:23	36.1	599.7	610	474.5	451.7	41	295.9	299.9
10:06:38	36.1	599.9	610.3	474.7	451.9	41	296.2	300.2
10:06:53	35.8	599.7	610.8	474.7	452.1	40.9	296.4	300.3
10:07:08	36	599.9	611	474.8	452.2	40.8	296.4	300.4
10:07:23	35.7	600	611.3	474.9	452.4	40.7	296.7	300.6
10:07:38	36.1	600.2	611.4	475.1	452.6	40.8	296.9	300.9
10:07:53	36.2	600.1	611.5	475.4	453	40.9	297.3	301.3
10:08:08	36	599.5	611.5	475.5	453.1	40.8	297.4	301.4
10:08:23	36.4	599.2	611.7	475.8	453.4	40.8	297.6	301.7
10:08:38	35.9	599.4	611.8	476.1	453.5	40.7	297.8	301.8
10:08:53	36	599.5	611.7	476.2	453.7	40.8	298.1	302.1
10:09:08	36.2	599.6	611.7	476.3	453.8	40.7	298.3	302.3
10:09:23	35.6	599.7	612.1	476.5	454	40.8	298.5	302.5
10:09:38	36.1	599.9	612.7	476.5	454	40.8	298.5	302.5
10:09:53	36.2	600.1	613.1	477	454.5	41	299.1	303.1
10:10:08	36.2	600.6	613.1	477.1	454.7	40.9	299.3	303.3
10:10:23	36.5	600.8	613.1	477.2	454.8	41	299.5	303.5
10:10:38	36.6	601.3	613.3	477.6	455	41	299.8	303.8
10:10:53	36.4	601.9	613.5	477.8	455.3	41	300	304
10:11:08	36.4	602	613.9	477.8	455.5	41	300.1	304.1
10:11:23	36.4	602.5	614.2	478.2	455.8	41	300.3	304.3
10:11:38	36.3	602.9	614.7	478.5	456.1	41	300.6	304.6
10:11:53	36.3	603.4	614.8	478.8	456.5	41.1	300.8	304.8
10:12:08	36.1	603.1	614.6	479	456.7	41.1	301.1	305.1
10:12:23	36.5	603.1	614.6	479.2	456.9	41.1	301.3	305.3
10:12:38	36.5	602.9	615.1	479.5	457.1	41.2	301.6	305.5
10:12:53	36.6	602.8	615.3	479.7	457.4	41.3	301.9	305.8
10:13:08	36.1	603	615.4	479.8	457.5	41.2	302	305.9
10:13:23	36.4	603.3	615.5	480	457.6	41.2	302.2	306.1
10:13:38	36.3	603.9	615.4	480.2	458	41.3	302.4	306.4
10:13:53	36.7	604	615.4	480.4	458.2	41.3	302.6	306.6
10:14:08	36.5	604.5	615.6	480.5	458.3	41.3	302.8	306.7
10:14:23	36.5	605.2	616	480.8	458.6	41.4	303	307
10:14:38	36.5	605.7	616.1	481	458.8	41.4	303.2	307.2
10:14:53	36.4	605.5	616.3	481.1	458.9	41.4	303.4	307.4

10:15:08	37	605.6	616.6	481.4	459.1	41.5	303.7	307.7
10:15:23	36.7	606.1	616.5	481.6	459.2	41.5	304	307.9
10:15:38	37	606.3	616.6	481.8	459.4	41.5	304.1	308
10:15:53	37.2	606.1	616.6	481.9	459.6	41.6	304.3	308.3
10:16:08	36.9	606.1	616.8	482.2	459.9	41.5	304.4	308.4
10:16:23	37.2	605.9	617.2	482.5	460	41.6	304.6	308.7
10:16:38	37.3	605.7	617.4	482.6	460.2	41.6	304.9	308.8
10:16:53	37.7	606	618	482.9	460.3	41.7	305.1	309
10:17:08	37.3	605.9	618.1	483.1	460.5	41.7	305.3	309.2
10:17:23	37.1	605.8	618.2	483	460.4	41.6	305.3	309.3
10:17:38	37.3	606.1	618.6	483.1	460.6	41.5	305.5	309.4
10:17:53	37.1	606.9	619	483.3	460.8	41.6	305.7	309.6
10:18:08	37.1	607.5	619	483.4	460.9	41.6	305.8	309.8
10:18:23	36.9	607.7	619.1	483.5	461	41.6	306	309.9
10:18:38	36.9	607.3	619.1	483.6	461	41.7	306.2	310.2
10:18:53	36.4	607.2	619.1	483.6	461.2	41.6	306.4	310.4
10:19:08	36.8	607.2	618.7	483.7	461.3	41.6	306.6	310.6
10:19:23	36.4	607.8	618.7	483.9	461.5	41.6	306.7	310.7
10:19:38	36.9	609.5	619.4	484.4	462	41.7	307	311
10:19:53	37.1	613.1	620.6	485.4	463	41.8	307.2	311.1
10:20:08	36.8	619.3	624.5	486.7	464.4	41.8	307.3	311.3
10:20:23	37	625.6	629.8	488.1	465.8	41.8	307.6	311.6
10:20:38	36.6	629.7	633.8	488.9	466.8	41.8	307.8	311.8
10:20:53	36.7	631.6	636.1	489.3	467.3	41.8	308.1	312.1
10:21:08	36.7	632.3	637.1	489.7	467.6	41.9	308.4	312.3
10:21:23	36.7	632	637.8	489.9	467.9	41.9	308.6	312.6
10:21:38	36.9	631.3	638.3	490	468.1	41.9	308.9	312.9
10:21:53	37.1	631	638.1	490.2	468.3	41.8	309.1	313.1
10:22:08	37.1	630.4	637.7	490.6	468.6	41.9	309.4	313.5
10:22:23	37	629.7	637.4	490.6	468.6	41.8	309.5	313.6
10:22:38	36.9	629	637.3	491	468.8	41.9	309.9	314
10:22:53	37.2	628.8	637.4	491.4	469.1	42.1	310.3	314.3
10:23:08	37.5	628.8	637.3	491.6	469.3	42	310.5	314.6
10:23:23	37.1	629.1	637.3	492	469.6	42.1	310.8	314.9
10:23:38	36.9	628.4	637.2	492.2	469.7	42	311	315.1
10:23:53	37.3	628.5	637.2	492.4	470.1	42.1	311.3	315.4
10:24:08	37.4	628.4	637	492.5	470.2	42	311.5	315.6
10:24:23	37	628	637.2	492.7	470.5	42.2	311.8	315.9
10:24:38	37	628	637.5	493	470.7	42.2	312.1	316.2
10:24:53	36.8	627.5	637.5	493.1	470.9	42.1	312.3	316.4
10:25:08	36.9	627.5	637.6	493.4	471.2	42.1	312.6	316.7
10:25:23	37.3	627.6	637.5	493.6	471.5	42.2	312.9	317
10:25:38	37.2	627.8	637.7	493.9	471.8	42.3	313.2	317.2
10:25:53	37.1	627.5	637.4	494.1	472	42.3	313.4	317.5

10:26:08	37.4	627.5	637.1	494.3	472.2	42.2	313.6	317.6
10:26:23	37.5	626.8	637.3	494.6	472.6	42.3	313.8	317.9
10:26:38	37.3	626.7	637.5	494.7	472.7	42.3	314.1	318.1
10:26:53	36.6	626.1	637.5	494.9	472.9	42.3	314.3	318.3
10:27:08	36.8	626	637.1	495	473	42.3	314.5	318.5
10:27:23	36.7	625.5	636.7	495	473.1	42.2	314.7	318.6
10:27:38	36.9	625.8	636.4	495.3	473.3	42.3	314.9	319
10:27:53	36.9	625.4	636.3	495.5	473.5	42.3	315.2	319.2
10:28:08	36.8	625.2	636.6	495.7	473.7	42.3	315.4	319.4
10:28:23	36.9	625.3	636.7	495.8	473.8	42.4	315.6	319.7
10:28:38	37.1	625.7	636.7	496.2	474.3	42.5	315.9	319.9
10:28:53	37.7	626.3	636.9	496.3	474.4	42.6	316.2	320.2
10:29:08	37.6	626.9	636.8	496.3	474.4	42.5	316.3	320.3
10:29:23	37	627.4	637.2	496.6	474.6	42.6	316.6	320.6
10:29:38	37.1	627.8	637.5	496.7	474.7	42.5	316.7	320.7
10:29:53	37.3	628.1	637.8	496.9	475	42.5	316.9	321
10:30:08	37.7	628.7	638.1	497	475.1	42.6	317.2	321.2
10:30:23	37.2	629	638.3	497.1	475.1	42.5	317.3	321.3
10:30:38	37.3	629.2	638.5	497.3	475.4	42.6	317.5	321.5
10:30:53	37.2	628.9	638.5	497.4	475.6	42.6	317.7	321.7
10:31:08	37.4	628.5	638.6	497.4	475.7	42.6	317.9	321.9
10:31:23	37.3	628.5	638.9	497.6	476	42.6	318.1	322.1
10:31:38	37.4	628.1	638.9	497.7	476	42.6	318.3	322.3
10:31:53	37.4	628	639.1	497.9	476	42.6	318.4	322.4
10:32:08	37.8	628.8	638.9	498	476.2	42.6	318.6	322.5
10:32:23	37.8	629.5	639.3	498.3	476.5	42.7	318.9	322.9
10:32:38	37.5	629.5	639.3	498.3	476.4	42.6	318.9	322.9
10:32:53	37.4	629.4	639.4	498.3	476.4	42.6	319.1	323
10:33:08	38.1	629.3	639.5	498.3	476.5	42.6	319.2	323.2
10:33:23	37.9	629.3	639.6	498.5	476.6	42.6	319.4	323.4
10:33:38	37.1	629.4	639.6	498.4	476.5	42.4	319.4	323.4
10:33:53	37.3	629.3	639.7	498.5	476.4	42.4	319.4	323.5
10:34:08	37.1	629.3	640.1	498.6	476.7	42.5	319.8	323.7
10:34:23	37.2	629	640	498.8	476.9	42.5	319.9	323.9
10:34:38	36.9	629	639.9	498.9	476.9	42.5	320.1	324.1
10:34:53	37.1	629.5	640.1	499.1	477.1	42.6	320.3	324.2
10:35:08	37.4	630.2	640.3	499.4	477.4	42.6	320.4	324.4
10:35:23	37.5	632.5	640.8	499.9	477.9	42.7	320.6	324.6
10:35:38	37	634.3	641.5	500.3	478.3	42.6	320.7	324.7
10:35:53	36.8	636.7	642.5	500.8	478.9	42.6	320.8	324.8
10:36:08	37.4	639	643.9	501.5	479.5	42.7	321.1	325
10:36:23	37.5	641.3	645.3	502.3	480.2	42.6	321.2	325.2
10:36:38	37.6	644.7	646.6	503.2	481	42.7	321.4	325.5
10:36:53	37.4	647.1	648.2	503.9	481.6	42.7	321.6	325.7

10:37:08	37.2	649.3	649.9	504.7	482.6	42.9	321.9	326
10:37:23	37.2	651.1	651.3	505.2	483	42.7	322	326.1
10:37:38	37.5	652.5	652.5	505.7	483.3	42.6	322.2	326.2
10:37:53	37.5	653.4	653.5	506.3	483.7	42.8	322.5	326.5
10:38:08	37.3	653.9	654.7	506.7	484.1	42.8	322.7	326.8
10:38:23	37.2	653.9	655.5	507.1	484.5	42.8	323	327
10:38:38	37.5	654.1	656.1	507.5	484.9	42.8	323.2	327.2
10:38:53	37.4	654.2	656.9	508	485.4	42.8	323.5	327.6
10:39:08	37.7	654.9	657.8	508.4	485.8	42.8	323.7	327.8
10:39:23	37.5	655.6	658.4	508.8	486.1	42.9	324	328.1
10:39:38	37.3	656	658.9	509.2	486.4	43	324.3	328.4
10:39:53	37.3	655.5	659.1	509.5	486.7	42.9	324.5	328.6
10:40:08	37.1	655.4	659.4	509.7	486.8	42.9	324.8	328.9
10:40:23	37.5	655.4	659.8	510	487	43	325.1	329.2
10:40:38	37.8	656.1	659.7	510.3	487.3	43.1	325.4	329.5
10:40:53	37.7	656.3	659.8	510.4	487.6	43.1	325.7	329.7
10:41:08	37.3	656	660.3	510.5	487.7	43.1	325.9	329.9
10:41:23	38.1	655.8	660.6	510.6	488	43.2	326.1	330.2
10:41:38	38.2	656.2	661.1	510.9	488.1	43.1	326.3	330.4
10:41:53	37.7	656.5	661.5	511	488.3	43	326.5	330.6
10:42:08	38	656.7	661.9	511.2	488.5	43	326.7	330.8
10:42:23	37.8	656.9	661.9	511.2	488.7	43	327	331.1
10:42:38	37.8	657.1	662.2	511.5	488.9	43.1	327.3	331.3
10:42:53	37.9	657.5	662.1	511.8	489.3	43.2	327.6	331.7
10:43:08	37.5	657	662	512	489.6	43.2	327.8	331.9
10:43:23	37.8	657.4	661.8	512	489.8	43.1	327.9	332
10:43:38	37.6	657.6	661.8	512.1	489.8	43	328.2	332.2
10:43:53	38	658.3	662.1	512.4	490.1	43.1	328.4	332.4
10:44:08	37.9	659.1	662.7	512.7	490.4	43.2	328.7	332.7
10:44:23	38	659.2	663.5	512.9	490.7	43.2	329	333
10:44:38	38.2	659.5	664.1	513.1	490.9	43.3	329.3	333.3
10:44:53	37.9	659.4	664.3	513.1	490.9	43.2	329.3	333.4
10:45:08	37.9	659.4	664.8	513.2	491.2	43.1	329.5	333.6
10:45:23	38	659.4	665.2	513.5	491.3	43.2	329.8	333.9
10:45:38	38	659.5	665	513.7	491.5	43.3	330.1	334.1
10:45:53	37.6	659.2	665.2	513.7	491.7	43.3	330.3	334.4
10:46:08	36.6	658.8	665.2	513.9	491.9	43.2	330.4	334.5
10:46:23	37.2	659.4	665.5	514.1	492.1	43.2	330.7	334.8
10:46:38	37.2	660	665.6	514.2	492.1	43.2	330.9	335
10:46:53	37.5	660.6	665.5	514.3	492.2	43.2	331.1	335.2
10:47:08	37.4	660.2	665.2	514.3	492.3	43.2	331.2	335.3
10:47:23	37.3	659.6	665.2	514.4	492.5	43.1	331.3	335.5
10:47:38	37.4	659.6	665.2	514.4	492.4	42.9	331.4	335.5
10:47:53	37.5	659.5	665.7	514.7	492.7	43	331.7	335.8



10:48:08	37.1	659.2	666	514.8	492.8	43.1	331.9	336
10:48:23	37.1	659.3	666.1	515	492.9	43.2	332.2	336.3
10:48:38	37.4	659.4	666.2	515.1	493	43.2	332.4	336.5
10:48:53	37.3	659.8	666	515.3	493.2	43.2	332.6	336.7
10:49:08	37.5	659.8	666.2	515.4	493.4	43.3	332.9	336.9
10:49:24	37.8	659	666.2	515.4	493.4	43.3	333	337.1
10:49:38	38	658.7	666.3	515.6	493.7	43.4	333.3	337.4
10:49:53	37	658.5	666.2	515.5	493.6	43.3	333.4	337.4
10:50:08	37.3	658.5	666.2	515.6	493.8	43.2	333.5	337.6
10:50:23	37.3	658.5	666	515.6	493.8	43.2	333.7	337.8
10:50:38	37.8	658.2	666.3	515.7	494	43.3	333.9	338
10:50:53	37.5	659	666.4	515.9	494.4	43.3	334.1	338.2
10:51:08	37.6	660.4	666.4	516.2	494.7	43.2	334.2	338.3
10:51:23	37.6	663.1	667.2	516.9	495.3	43.3	334.4	338.5
10:51:38	37.6	665.7	668.8	518.1	496.6	43.3	334.6	338.6
10:51:53	37.5	663.2	666.1	518.1	497.1	43.3	334.7	338.8
10:52:08	37.3	657.9	661.5	517.6	497.1	43.3	335	339.1
10:52:23	37.5	656.3	659	517.3	497.2	43.4	335.2	339.3
10:52:38	37.4	659.1	659.6	517.4	497.5	43.4	335.3	339.5
10:52:53	37.5	663.2	661.8	517.6	497.9	43.4	335.5	339.7
10:53:08	37.4	667.4	665.2	518	498.1	43.4	335.7	339.8
10:53:23	37.1	672.9	669.4	518.4	498.4	43.3	335.8	339.9
10:53:38	37	679.8	674.9	519.3	499.3	43.5	336.2	340.3
10:53:53	37.3	683.7	679.7	520.1	499.8	43.5	336.4	340.6
10:54:08	37.1	685.4	683.2	520.5	500	43.5	336.6	340.8
10:54:23	37.4	688.9	687.1	521.3	500.5	43.6	336.9	341.2
10:54:38	37.4	689.6	688.2	521.8	500.9	43.7	337.2	341.4
10:54:53	37.7	690.2	690	522.4	501.1	43.7	337.5	341.7
10:55:08	37.4	691.8	690.7	523	501.6	43.6	337.7	341.9
10:55:23	37.1	691.6	691	523.4	501.7	43.6	338	342.2
10:55:38	37.8	692.6	691.8	524.1	502.4	43.6	338.2	342.5
10:55:53	37.8	691.4	691.8	524.5	502.5	43.6	338.6	342.8
10:56:08	37	691.6	691.8	525	502.9	43.6	338.9	343.1
10:56:23	36.9	690.3	691.7	525.3	503	43.7	339.2	343.4
10:56:38	37.7	688.9	691.5	525.4	503	43.6	339.4	343.7
10:56:53	37.6	687.5	690.9	525.6	503.1	43.7	339.9	344.1
10:57:08	37.4	686.4	690.3	525.8	503.2	43.7	340	344.3
10:57:23	37.4	687.4	690.3	526.4	503.6	43.8	340.4	344.6
10:57:38	37.1	688.4	690.6	526.9	504.1	43.8	340.7	345
10:57:53	37.5	689.5	690.7	527.3	504.5	43.7	340.9	345.1
10:58:08	37.2	689.9	690.8	527.7	504.9	43.7	341.2	345.5
10:58:23	37	690.2	691.1	528.1	505.2	43.8	341.5	345.7
10:58:38	37	689.8	691	528.5	505.5	43.8	341.8	346
10:58:53	37.4	690	690.8	528.9	505.9	43.9	342.1	346.3

10:59:08	37	690.2	690.5	529.2	506.2	43.9	342.3	346.5
10:59:23	37.1	690.3	690.6	529.4	506.5	43.9	342.5	346.7
10:59:38	37.2	690.3	690.7	529.6	506.7	43.9	342.8	347
10:59:53	37.3	690.2	691.1	529.8	506.9	43.9	343	347.2
11:00:08	37.3	690.4	691.3	530	507.1	43.9	343.2	347.4
11:00:23	37.9	690.5	691.6	530.1	507.4	43.9	343.5	347.7
11:00:38	37.5	689.9	691.6	530.1	507.5	43.9	343.7	347.9
11:00:53	37.5	688.8	691.8	530.2	507.7	43.8	343.8	348
11:01:08	37.2	688.7	691.9	530.4	507.9	43.9	344.1	348.3
11:01:23	37.3	688.6	691.8	530.5	508.1	44	344.4	348.6
11:01:38	36.9	688.2	691.4	530.5	508.1	43.9	344.6	348.8
11:01:53	37.2	687.9	691.2	530.6	508.2	44	344.9	349
11:02:08	37.5	687.4	690.7	530.6	508.4	44	345.1	349.2
11:02:23	38.2	686.8	690.5	530.5	508.5	44.1	345.3	349.4
11:02:38	37.2	686.8	690.5	530.5	508.4	44	345.4	349.6
11:02:53	37.3	686.7	690.2	530.4	508.5	44	345.6	349.7
11:03:08	37.2	686.3	690	530.4	508.6	44	345.7	349.8
11:03:23	37.5	686	689.8	530.3	508.5	44	345.9	350
11:03:38	37.8	686.1	689.9	530.4	508.6	44.1	346.1	350.2
11:03:53	37.9	685.7	689.5	530.2	508.6	44	346.3	350.4
11:04:08	37.9	684.9	689.4	530.3	508.7	44.1	346.5	350.6
11:04:23	37.5	684.2	689	530.1	508.6	44.1	346.6	350.7
11:04:38	37.7	683.4	688.3	530.1	508.7	44.1	346.7	350.9
11:04:53	37.5	682.9	687.6	530	508.7	44	346.8	350.9
11:05:08	37.8	682.7	687.5	529.9	508.8	44	347	351.1
11:05:23	37.7	682.5	687.3	529.8	508.8	43.9	347	351.1
11:05:38	37.8	682.3	687.3	529.7	508.6	43.9	347	351.1
11:05:53	37.9	681.8	686.9	529.6	508.5	43.8	347.1	351.2
11:06:08	37.6	681.6	686.8	529.6	508.5	44	347.3	351.4
11:06:23	37.8	681.5	686.8	529.6	508.6	44	347.5	351.5
11:06:38	37.5	682.6	686.9	529.8	508.8	44	347.6	351.7
11:06:53	37.5	684.7	687.4	530.3	509.3	44	347.7	351.7
11:07:08	37.8	689.7	690.4	531.4	510.3	43.9	347.7	351.8
11:07:23	37.7	691.6	690.4	532.1	511	43.9	347.9	351.9
11:07:38	37.7	692.7	691.1	532.6	511.4	44.1	348.1	352.1
11:07:53	38	695.4	692.3	533.3	512.1	44	348.2	352.2
11:08:08	37.7	693.8	692.4	533.6	512.4	44.1	348.4	352.4
11:08:23	37.7	693.5	692.9	533.8	512.5	44.1	348.5	352.6
11:08:38	37.4	694.5	693.1	534.2	513	44	348.6	352.7
11:08:53	37.6	692.4	692.2	534	512.7	44	348.7	352.8
11:09:08	37.1	694.1	693	534.6	513.1	44.1	348.9	353
11:09:23	37.7	692.9	692.5	534.3	512.8	44.1	349	353.2
11:09:38	37.3	693.5	693.1	534.5	512.6	44	349.2	353.2
11:09:53	36.9	693.3	693.4	534.2	512.4	43.9	349.3	353.3

11:10:08	37.7	691.8	692	534.1	512.5	43.9	349.3	353.4
11:10:23	37.7	692.7	692.8	534.4	512.8	44	349.5	353.6
11:10:38	37.5	690.5	691.1	534.1	512.6	44	349.7	353.8
11:10:53	37.5	691.4	691.4	534.3	513	44	349.9	353.9
11:11:08	37.4	691.9	692.5	534.5	513.1	44	350	354.1
11:11:23	37.2	690.6	691.5	534.3	513.1	43.9	350.1	354.1
11:11:38	37.8	691.2	692.2	534.5	1300	44	350.2	354.3
11:11:53	37.7	691.8	693.3	534.6	513.1	44	350.3	354.3
11:12:08	37.4	691.2	693.7	534.3	512.7	43.8	350.3	354.3
11:12:23	37.5	689.7	692.5	534.1	512.7	43.9	350.5	354.5
11:12:38	37.3	690.4	692.7	534	512.7	43.8	350.5	354.6
11:12:53	37.2	691	693.3	534.2	512.8	44	350.7	354.7
11:13:08	37.2	689.3	691.8	533.7	512.4	44	350.9	354.9
11:13:23	37.3	689.3	691.2	533.8	512.5	44.1	351	355.1
11:13:38	37.6	689.6	691.6	533.8	512.5	44	351.1	355.2
11:13:53	37.7	690.2	692.5	533.9	512.6	44.1	351.2	355.3
11:14:08	37.3	690.7	693.2	533.9	512.6	44.1	351.3	355.4
11:14:23	37.3	688.5	692.3	533.4	512.2	44.2	351.5	355.5
11:14:38	37.3	687.4	691	533.4	512.2	44.2	351.6	355.6
11:14:53	37.5	688.3	691.3	533.5	512.4	44.3	351.9	355.8
11:15:08	37.6	689.1	691.8	533.6	512.5	44.4	352	355.9
11:15:23	37.5	689.8	692.3	533.5	512.3	44.3	351.9	355.9
11:15:38	37.7	690.1	692.7	533.5	512.4	44.3	352.1	356.1
11:15:53	37.5	690.5	693	533.5	512.4	44.4	352.2	356.2
11:16:08	37.5	688.4	691.8	533.1	512	44.3	352.2	356.2
11:16:23	37.7	688.1	691.1	533.1	512	44.2	352.2	356.2
11:16:38	37.4	686.2	688.4	532.5	511.5	44.2	352.2	356.2
11:16:53	37.2	686.2	687.9	532.4	511.5	44.2	352.3	356.2
11:17:08	37.3	687	688.7	532.7	511.7	44.4	352.5	356.4
11:17:23	37	687.4	688.8	532.6	511.7	44.4	352.6	356.5
11:17:38	37.4	687.4	689.4	532.7	511.6	44.4	352.6	356.6
11:17:53	37.4	687.7	689.9	532.7	511.7	44.5	352.7	356.6
11:18:08	37.4	688.1	690.4	532.7	511.7	44.4	352.7	356.6
11:18:23	37.3	688.6	690.9	532.6	511.7	44.4	352.7	356.6
11:18:38	37.3	687.9	690.6	532.2	511.3	44.3	352.6	356.6
11:18:53	37.1	687.4	689.1	532	511.2	44.3	352.6	356.6
11:19:08	37.4	686.8	688.6	531.6	510.8	44.2	352.6	356.6
11:19:23	37.6	686	686.8	531.5	510.7	44.2	352.7	356.6
11:19:38	37.4	686.2	687.3	531.6	510.8	44.3	352.8	356.7
11:19:53	37.5	686.5	688.2	531.6	511.1	44.2	352.7	356.7
11:20:08	37.3	687	689.3	531.8	511.3	44.4	352.9	356.8
11:20:23	37.4	687.6	690	531.8	511.4	44.3	352.8	356.8
11:20:38	37.4	688.1	690.3	531.8	511.5	44.3	352.9	356.8
11:20:53	37.5	688.2	690.5	531.6	511.2	44.2	352.8	356.7

11:21:08	37.7	687.2	689.9	531.2	510.7	44.2	352.8	356.7
11:21:23	37.2	685.6	688.1	530.9	510.5	44.1	352.7	356.6
11:21:38	37.4	685.7	688.4	530.9	510.5	44.1	352.7	356.6
11:21:53	37.3	686	688.9	530.9	510.5	44.1	352.8	356.7
11:22:08	37.3	686.6	689.8	531	510.5	44.3	352.9	356.8
11:22:23	37.5	686.5	690.4	531	510.5	44.3	353	356.9
11:22:38	37.2	685.9	688.8	530.9	510.4	44.2	353	356.8
11:22:53	37.7	688.8	689.6	531.4	511	44.2	352.9	356.9
11:23:08	37.5	691.3	691.4	532.2	511.8	44.3	353	357
11:23:23	37.2	695.7	694	533.2	512.7	44.2	353	356.9
11:23:38	37.5	698.5	696	534.3	513.6	44.2	353	356.9
11:23:53	37.2	700.2	697.2	535	514.3	44.3	353.1	357.1
11:24:08	37.4	701.2	698.7	535.5	514.6	44.3	353.2	357.2
11:24:23	37.3	703.3	700.5	536.4	515.4	44.3	353.3	357.3
11:24:38	37.3	703.6	701.1	536.9	515.8	44.4	353.5	357.4
11:24:53	37.4	702.7	701.1	537.2	516	44.5	353.7	357.6
11:25:08	37.6	702.2	701	537.4	516.2	44.5	353.8	357.8
11:25:23	37.3	703.2	701.5	537.7	516.5	44.5	353.9	357.9
11:25:38	37.8	701.7	700.2	537.8	516.7	44.6	354.1	358.1
11:25:53	37.4	699	699	537.3	516.2	44.6	354.2	358.2
11:26:08	37.6	698.8	698.7	537.2	516.2	44.4	354.3	358.3
11:26:23	37.7	696	697.9	536.6	515.7	44.4	354.4	358.4
11:26:38	37.4	696	697.9	536.8	516	44.5	354.6	358.6
11:26:53	37.7	693.9	696.3	536.2	515.5	44.5	354.6	358.7
11:27:08	37.7	694.1	695.7	536.2	515.6	44.5	354.8	358.9
11:27:23	37.6	693.1	695.3	535.7	515.2	44.5	354.8	358.9
11:27:38	37.8	692.9	694.7	535.9	515.6	44.6	355.1	359.1
11:27:53	37.3	693.1	694.8	535.8	515.4	44.5	355	359.1
11:28:08	37.7	693.8	694.4	536.1	515.8	44.5	355.2	359.2
11:28:23	38.1	692.2	693.7	535.9	515.5	44.5	355.2	359.2
11:28:38	37.6	693.8	694.1	536.3	515.8	44.5	355.3	359.3
11:28:53	38.3	692.6	693	535.9	515.4	44.5	355.4	359.4
11:29:08	38.4	693.6	693.7	535.9	515.3	44.5	355.5	359.5
11:29:23	37.4	692.2	692.8	535.7	515.3	44.5	355.5	359.5
11:29:38	37.7	691.7	693.2	535.5	515.1	44.6	355.8	359.7
11:29:53	37.6	691.8	693.1	535.7	515.5	44.7	355.9	359.9
11:30:08	37.3	690.5	692.7	535.4	515.1	44.6	355.9	359.9
11:30:23	36.4	691.8	693	535.3	515	44.5	355.8	359.8
11:30:38	37.4	690.4	691.7	534.9	514.7	44.5	355.9	359.9
11:30:53	37.6	691.4	692.3	535	514.7	44.6	356	360
11:31:08	37.6	689.5	691	534.7	514.5	44.6	356.1	360.1
11:31:23	37.2	690.9	692.1	534.7	514.6	44.5	356	360.1
11:31:38	37.3	689.6	691.4	534.6	514.6	44.7	356.2	360.2
11:31:53	37.4	690.9	692.4	534.6	514.6	44.6	356.2	360.2

11:32:08	37.5	689.3	691.5	534.3	514.4	44.6	356.2	360.2
11:32:23	37.2	690.1	692.4	534.1	514.4	44.5	356.3	360.2
11:32:38	36.8	688.8	691.2	533.8	513.9	44.4	356.1	360.1
11:32:53	36.7	690.1	692.3	533.9	513.9	44.4	356.2	360.2
11:33:08	36.9	688.5	691.4	533.5	513.5	44.5	356.3	360.2
11:33:23	36.6	689.9	692.8	533.6	513.5	44.5	356.3	360.3
11:33:38	37.1	688.3	691.8	533.2	513.2	44.6	356.4	360.3
11:33:53	37.7	689.9	692.8	533.4	513.2	44.6	356.4	360.3
11:34:08	37.4	688.7	691.3	533	512.8	44.7	356.4	360.4
11:34:23	37.3	690.1	692.2	533.2	512.9	44.7	356.4	360.4
11:34:38	37.1	688.5	691.3	532.8	512.4	44.7	356.5	360.4
11:34:53	37.3	689.4	692	532.9	512.6	44.8	356.5	360.5
11:35:08	37.2	688.1	690.6	532.5	512.2	44.7	356.5	360.4
11:35:23	37.4	689.6	690.9	532.7	512.3	44.8	356.6	360.5
11:35:38	37.2	688.1	689.9	532.4	512	44.8	356.6	360.5
11:35:53	37	689.7	690.5	532.8	512.5	44.9	356.8	360.6
11:36:08	37.3	690.1	690.9	532.7	512.5	44.9	356.7	360.6
11:36:23	37.5	690	690.2	532.7	512.5	44.9	356.7	360.6
11:36:38	37.9	690.8	691.1	532.5	512.2	44.8	356.6	360.4
11:36:53	38	689.9	689.9	532.3	512.1	44.8	356.6	360.4
11:37:08	38	691.2	690.7	532.3	512.1	44.9	356.6	360.4
11:37:23	37.9	689.3	689.9	532	511.9	44.8	356.6	360.4
11:37:38	37.9	690.1	691.1	532.2	512	44.9	356.6	360.4
11:37:53	37.6	688.7	690.2	531.8	511.6	44.8	356.5	360.4
11:38:08	37.7	689.4	690.9	532	511.8	44.8	356.5	360.3
11:38:23	37.6	688.3	690.6	531.9	511.7	44.8	356.6	360.4
11:38:38	37.5	688.5	690.4	532	511.8	44.9	356.6	360.4
11:38:53	37.2	689.4	691.4	531.9	511.6	44.8	356.5	360.3
11:39:08	38.1	689.2	690.8	531.9	511.6	44.8	356.5	360.2
11:39:23	37.9	691.7	692.2	532.3	512	44.9	356.5	360.2
11:39:38	37.7	693.4	692.6	532.9	512.7	44.8	356.5	360.3
11:39:53	37.9	694.6	693.5	533.4	513	44.8	356.5	360.1
11:40:08	37.9	695.6	694.4	533.7	513.4	44.8	356.4	360.2
11:40:23	37.9	695.2	694.1	534	513.9	44.8	356.5	360.2
11:40:38	37.9	693	692.9	533.9	514	45	356.6	360.3
11:40:53	37.7	690.2	691.4	533.3	513.7	45	356.7	360.4
11:41:08	38	688.6	690.1	533	513.5	45	356.7	360.3
11:41:23	37.9	688.5	689.2	532.9	513.5	45.1	356.8	360.5
11:41:38	38.2	685.4	686.9	532.2	513	45	356.8	360.4
11:41:53	38.6	683.8	685.5	531.4	512.2	45.1	356.7	360.4
11:42:08	38.4	682.4	684	530.8	511.7	45	356.7	360.4
11:42:23	38.1	680.5	682.4	530	511	45.1	356.7	360.4
11:42:38	38.2	680.2	682.1	529.6	510.8	45.2	356.7	360.5
11:42:53	38	678.4	681.5	528.9	510.1	45.2	356.8	360.5

11:43:08	37.8	678.8	681.2	528.7	510.1	45.2	356.7	360.4
11:43:23	37.9	677.7	680.9	528.2	509.7	45.2	356.8	360.5
11:43:38	38.3	679.1	681.4	528.3	509.7	45.2	356.8	360.5
11:43:53	38	677.6	680.1	527.7	509.3	45.2	356.7	360.4
11:44:08	38.2	678.4	680.8	527.6	509.1	45.2	356.7	360.4
11:44:23	38.2	678	679.9	527.4	508.9	45.2	356.7	360.4
11:44:38	38.2	679.2	680.7	527.2	508.9	45.3	356.7	360.4
11:44:53	38.3	679.1	680.1	527.2	509	45.4	356.9	360.5
11:45:08	38.8	678.9	679.8	526.7	508.6	45.4	356.9	360.5
11:45:23	38.5	679.1	679.3	526.8	508.7	45.4	356.8	360.4
11:45:38	38.8	678	678.8	526.4	508.3	45.4	356.9	360.5
11:45:53	39	678.7	679.4	526.6	508.4	45.4	356.9	360.5
11:46:08	38.5	677.4	678.4	526.3	508.2	45.5	356.9	360.5
11:46:23	38.2	678.7	679.6	526.3	508.1	45.4	356.9	360.5
11:46:38	38.4	678.4	679.2	526.1	508	45.4	356.8	360.4
11:46:53	38.2	678.2	679.4	525.8	507.8	45.3	356.8	360.4
11:47:08	38	679	679.3	525.9	508	45.3	356.7	360.4
11:47:23	37.3	679.2	679.2	525.6	507.7	45.1	356.6	360.3
11:47:38	37.6	679.8	679.4	525.8	507.9	45.2	356.6	360.3
11:47:53	37.6	679.2	679.3	525.5	507.5	45.3	356.7	360.4
11:48:08	37.7	680.3	680	525.6	507.7	45.3	356.7	360.5
11:48:23	38.1	678.9	679.2	525.2	507.2	45.2	356.7	360.4
11:48:38	38.4	679.9	680.3	525.3	507.4	45.2	356.6	360.3
11:48:53	38.4	678.9	679.5	525.1	507.2	45.2	356.7	360.4
11:49:08	38.6	680.4	680.8	525.3	507.3	45.3	356.7	360.4
11:49:23	38.3	678.4	680.3	525	507.1	45.3	356.7	360.5
11:49:38	38.4	678.9	681	524.9	506.8	45.3	356.6	360.4
11:49:53	38.1	678.2	680.3	524.8	506.9	45.3	356.6	360.4
11:50:08	38.1	677.7	680.2	524.4	506.6	45.1	356.6	360.3
11:50:23	38.1	678.3	679.8	524.5	506.7	45.2	356.5	360.3
11:50:38	38	678.1	679.5	524.2	506.4	45.2	356.6	360.4
11:50:53	37.9	678.8	679.8	524.3	506.5	45.1	356.5	360.3
11:51:08	38.1	677.8	679	524.1	506.4	45.2	356.5	360.3
11:51:23	37.9	679	679.9	524.4	506.6	45.3	356.6	360.4
11:51:38	37.9	678.2	679.4	524.1	506.1	45.3	356.6	360.3
11:51:53	37.7	679.6	680.1	524.3	506.4	45.4	356.7	360.4
11:52:08	37.5	678.5	679.4	524.1	506.1	45.4	356.7	360.4
11:52:23	37.9	680	680.4	524.4	506.2	45.4	356.7	360.4
11:52:38	37.6	679.2	679.8	524.2	506.1	45.4	356.7	360.5
11:52:53	37.2	680.5	680.9	524.3	506.2	45.4	356.7	360.4
11:53:08	37.5	679.3	680.2	524	505.9	45.4	356.7	360.4
11:53:23	38	680	680.9	524.1	505.9	45.4	356.7	360.4
11:53:38	38	679.5	680	524.2	506	45.5	356.7	360.5
11:53:53	38.1	680	681.1	524.1	505.8	45.4	356.6	360.4

11:54:08	37.9	679.3	680.7	524	505.9	45.5	356.7	360.5
11:54:23	38	678.9	681.2	523.7	505.3	45.3	356.4	360.2
11:54:38	38.2	678.8	681	523.7	505.4	45.2	356.5	360.2
11:54:53	37.8	678.6	681	523.4	505.1	45.2	356.4	360.2
11:55:08	37.8	678.3	680.2	523.4	505.1	45.1	356.3	360.1
11:55:23	37.8	678	680.6	523.3	504.9	45.2	356.4	360.2
11:55:38	37.9	678.1	680.5	523.4	505.1	45.3	356.4	360.1
11:55:53	38.2	677.5	680.6	523.3	504.9	45.4	356.6	360.3
11:56:08	38.6	679.3	680.9	523.6	505.4	45.4	356.6	360.2
11:56:23	38.2	680.6	681.5	523.7	505.6	45.4	356.6	360.2
11:56:38	38.3	686.2	685.3	525.1	506.9	45.4	356.5	360.2
11:56:53	38.3	690.1	688.5	526.2	507.8	45.4	356.6	360.3
11:57:08	37.9	691.6	689.7	526.7	508.1	45.4	356.5	360.3
11:57:23	37.7	693.9	690.5	527.3	508.6	45.4	356.6	360.4
11:57:38	37.8	696.9	691.4	528.1	509.3	45.4	356.6	360.4
11:57:53	37.5	697.1	691.8	528.6	509.9	45.6	356.9	360.7
11:58:08	37.7	695.9	692.6	528.6	509.9	45.5	356.9	360.7
11:58:23	37.6	695.8	693.1	528.9	510.1	45.4	356.9	360.7
11:58:38	37.3	694.9	692.4	529	510.4	45.5	357	360.8
11:58:53	37.5	693.3	691.5	528.7	510.1	45.4	357.1	360.8
11:59:08	37.1	692	691	528.6	510	45.5	357.2	361
11:59:23	37.6	692.7	691.5	528.8	510.1	45.4	357.2	361.1
11:59:38	37.1	690.8	691	528.9	510.2	45.5	357.4	361.2
11:59:53	37.3	689.3	690.5	528.6	510	45.6	357.4	361.3
12:00:08	37.1	690	690.9	528.6	510	45.5	357.5	361.3
12:00:23	37.4	689.6	690.4	528.8	510.2	45.5	357.6	361.4
12:00:38	37.2	688.5	689.4	528.6	510.2	45.5	357.6	361.6
12:00:53	37.5	688	689.5	528.5	509.9	45.6	357.8	361.7
12:01:08	37.9	689.2	689.7	528.8	510.2	45.7	357.9	361.8
12:01:23	37.7	688.6	688.3	528.5	510	45.6	357.9	361.8
12:01:38	38	687.9	688.1	528.3	509.6	45.6	358	361.8
12:01:53	38.3	688.5	688.3	528.3	509.6	45.7	358.2	362
12:02:08	38.3	687.9	687.9	528.1	509.5	45.7	358.1	362
12:02:23	38.1	686.9	687.5	528	509.4	45.8	358.2	362
12:02:38	38.1	687.2	688	527.7	509.1	45.6	358.2	362
12:02:53	38.4	687.2	687.5	527.8	509.4	45.6	358.3	362
12:03:08	38.7	686.6	687	527.7	509.2	45.7	358.3	362.1
12:03:23	38.3	686.7	687.1	527.5	509	45.6	358.4	362.2
12:03:38	37.8	686.5	686.4	527.5	509.1	45.6	358.3	362.1
12:03:53	38	686.1	686.2	527.2	508.8	45.6	358.4	362.2
12:04:08	38.1	687.3	687.2	527.2	508.8	45.6	358.4	362.2
12:04:23	38.4	686.9	686.6	527.2	508.8	45.6	358.4	362.2
12:04:38	38.4	686.7	686.4	526.9	508.6	45.6	358.4	362.2
12:04:53	38.3	687.5	686.9	527.1	508.9	45.6	358.4	362.3

12:05:08	38.7	686.5	686	526.9	508.6	45.6	358.5	362.2
12:05:23	38.2	686.2	686.3	526.9	508.6	45.7	358.5	362.3
12:05:38	38.2	687	686.7	527.1	508.8	45.7	358.6	362.3
12:05:53	38.6	685.9	685.4	526.8	508.6	45.8	358.6	362.4
12:06:08	39	685.5	685.6	526.7	508.3	45.8	358.6	362.4
12:06:23	38.8	686.6	686	527	508.8	45.8	358.7	362.5
12:06:38	38.3	685.4	685	526.7	508.5	45.7	358.7	362.4
12:06:53	38.4	685.5	685.7	526.7	508.4	45.8	358.7	362.4
12:07:08	38.5	684.9	685.5	526.9	508.5	45.7	358.7	362.4
12:07:23	38.5	684.5	685.1	526.6	508.4	45.7	358.7	362.4
12:07:38	38.4	685.8	686.2	526.8	508.6	45.7	358.7	362.5
12:07:53	38.6	685.1	685.9	526.8	508.6	45.8	358.7	362.4
12:08:08	38.5	684.4	686	526.4	508.2	45.8	358.7	362.5
12:08:23	38.7	685.1	686.5	526.5	508.3	45.8	358.7	362.4
12:08:38	38.7	684.1	685.9	526.5	508.3	45.9	358.8	362.5
12:08:53	38.7	684.1	686.3	526.2	508	45.8	358.7	362.5
12:09:08	38.9	684.9	686.8	526.4	508.2	45.9	358.8	362.5
12:09:23	38.7	684.5	686	526.1	507.9	45.8	358.8	362.5
12:09:38	38.8	684.6	686.2	525.9	507.7	45.9	358.8	362.6
12:09:53	38.3	685.2	686.4	525.9	507.9	45.7	358.7	362.4
12:10:08	38.5	683.7	685.5	525.7	507.6	45.7	358.7	362.5
12:10:23	38.1	685	686.8	526	507.8	45.9	358.8	362.5
12:10:38	38.2	683.7	686.5	525.8	507.6	45.8	358.7	362.5
12:10:53	38.3	683.7	686.6	525.6	507.3	45.8	358.7	362.4
12:11:08	38.5	684.6	686.5	525.7	507.6	45.9	358.7	362.5
12:11:23	38.7	683.6	685.7	525.3	507.2	45.9	358.7	362.4
12:11:38	38.5	684.8	686.4	525.5	507.4	46	358.8	362.5
12:11:53	38.6	683.7	685	525.4	507.2	46	358.8	362.6
12:12:08	38.6	683.1	684.7	525.1	507	46	358.8	362.6
12:12:23	38.2	683.7	684.9	525.2	507.1	46	358.8	362.5
12:12:38	38.1	682.9	684.4	524.9	506.8	46	358.7	362.5
12:12:53	38.4	684.3	685.4	524.9	506.7	46	358.6	362.4
12:13:08	38.7	684.2	684.6	524.8	506.6	45.9	358.6	362.3
12:13:23	38.5	683.9	684.9	524.7	506.5	46	358.7	362.4
12:13:38	38.5	684.7	685.3	524.9	506.7	46	358.6	362.3
12:13:53	38.7	683.6	684.5	524.6	506.5	46	358.5	362.3
12:14:08	38.9	685.2	685.8	524.9	506.7	46.1	358.7	362.4
12:14:23	37.8	684.7	684.9	524.6	506.5	45.8	358.4	362.1
12:14:38	38.2	684.2	684.9	524.2	506	45.7	358.2	362
12:14:53	38	685.1	685.5	524.5	506.2	45.7	358.2	361.9
12:15:08	38.5	684.2	684.7	524.3	506.2	45.8	358.2	362
12:15:23	38.4	685.1	685.6	524.4	506.2	45.7	358.2	362
12:15:38	38.3	684.9	684.6	524.3	506.2	45.8	358.2	362
12:15:53	38.1	684.8	685.1	524	505.9	45.8	358.1	361.9



12:16:08	38.3	685.7	685.5	524.4	506.2	45.8	358.2	361.9
12:16:23	39	685.2	685.5	524.1	505.9	45.9	358.2	361.9
12:16:38	38.7	686.5	686.3	524.2	506.1	45.8	358.2	361.9
12:16:53	38.4	685.1	685.2	523.9	505.9	45.8	358.1	361.8
12:17:08	38.5	683	685.4	519.3	501.3	45.8	358.1	361.8
12:17:23	38.6	665	673	505.3	486.6	45.8	358	361.6
12:17:38	38.2	644.1	654.4	491.5	472.7	45.8	357.8	361.5
12:17:53	38.4	624.9	635.7	478.8	460.3	45.8	357.6	361.3
12:18:08	38.3	607.5	618.3	467.1	449	45.8	357.3	360.9
12:18:23	38.3	592.4	602.9	456.4	438.7	45.8	357	360.4
12:18:38	37.8	578.7	589	446.5	429	45.7	356.4	359.9
12:18:53	38.2	566.5	576.5	437.2	420.2	45.8	355.9	359.3
12:19:08	38.2	555.5	565.2	428.5	411.7	45.7	355.1	358.4
12:19:23	37.8	545.3	554.6	420.3	403.8	45.6	354.3	357.5
12:19:38	37.9	536.2	545.2	412.7	396.5	45.6	353.6	356.7
12:19:53	37.3	527.8	536.6	405.5	389.4	45.6	352.7	355.8
12:20:08	37.9	520.2	528.6	398.8	383	45.7	352	354.9
12:20:23	38.3	513.2	521.4	392.5	376.9	45.7	351	353.9
12:20:38	38.1	506.6	514.5	386.5	371.1	45.8	350	352.8
12:20:53	37.8	500.4	508.2	380.7	365.5	45.8	349	351.7
12:21:08	38.1	494.7	502.2	375.4	360.2	45.8	347.9	350.5
12:21:23	38.2	489.2	496.7	370.1	355.1	45.8	346.7	349.3
12:21:38	38.6	484.3	491.7	365.3	350.4	45.8	345.6	348.1
12:21:39	38.5	484	491.4	364.9	350	45.7	345.5	348
12:21:53	38.7	480.2	487.8	360.6	345.8	45.9	344.5	347
12:22:08	38.6	476.7	484.5	355.9	341.1	45.8	343.2	345.6
12:22:23	38.3	473	481.1	351.6	336.7	45.9	342.1	344.4
12:22:38	38.3	469.6	477.8	347.4	332.5	45.9	340.8	343.1

ตารางที่ ข-3 ข้อมูลการทดลองการเผาผลาญยติตเชื้อด้วยเตาเผาหลังติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ  
การทดลองครั้งที่ 5

อุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมคัปเปิลตำแหน่งต่าง ๆ

โดย Ai 1 คือ อุณหภูมิบรรยากาศ

Ai 2 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านบน  
(ก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 3 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษเทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านข้าง  
(ก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 4 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษ - เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านบน (ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 5 คือ อุณหภูมิที่ปล่อยปล่อยก๊าซพิษ - เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่ง ด้านข้าง(ออกจากเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 6 คือ อุณหภูมิที่ท่ออากาศ(ก่อนเข้าเครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 7 คือ อุณหภูมิที่ท่ออากาศ-เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านซ้าย(ออกจาก เครื่องอุ่นอากาศ)

Ai 8 คือ อุณหภูมิที่ท่ออากาศ-เทอร์โมคัปเปิลติดตั้งตำแหน่งด้านขวา(ออกจาก เครื่องอุ่นอากาศ)

Time	Ai 1	Ai 2	Ai 3	Ai 4	Ai 5	Ai 6	Ai 7	Ai 8
	C	C	C	C	C	C	C	C
8:44:03	29.9	29.6	29.7	32	31.2	28.7	28.6	28.6
8:44:18	29.8	29.5	29.7	32	31.2	28.7	28.6	28.6
8:44:33	29.8	29.7	29.8	32.1	31.4	28.8	28.7	28.7
8:44:48	29.8	29.7	29.8	32.1	31.4	28.8	28.7	28.7
8:45:03	29.9	29.8	29.9	32.3	31.5	28.9	28.8	28.8
8:45:18	30	29.8	30	32.3	31.5	28.9	28.8	28.8
8:45:33	29.9	29.9	30	32.4	31.5	28.9	28.8	28.7
8:45:48	30.1	30	30.1	32.5	31.7	29	28.9	28.9
8:46:03	30.1	30	30.2	32.6	31.8	29.1	29	28.9
8:46:18	30	30.1	30.2	32.6	31.8	29	29	28.9
8:46:33	30.1	30.1	30.2	32.7	31.8	29.1	29.1	28.9
8:46:48	30.1	30.1	30.2	32.7	31.8	29.1	29	28.9
8:47:03	30.3	30.2	30.3	32.8	31.9	29.2	29.1	29.1
8:47:18	30.4	30.3	30.4	32.9	32.1	29.3	29.2	29.1
8:47:33	30.3	30.3	30.4	32.9	32	29.3	29.2	29.1
8:47:48	30.5	30.3	30.5	33	32.1	29.3	29.3	29.1
8:48:03	30.5	30.4	30.5	33.1	32.2	29.4	29.3	29.2
8:48:18	30.6	30.4	30.6	33.1	32.3	29.4	29.3	29.2
8:48:33	30.6	30.4	30.5	33.1	32.2	29.3	29.2	29.1
8:48:48	30.7	30.6	30.6	33.3	32.3	29.5	29.4	29.3
8:49:03	30.6	30.6	30.7	33.4	32.4	29.5	29.4	29.3
8:49:18	30.7	30.6	30.7	33.4	32.4	29.5	29.5	29.3
8:49:33	30.7	30.6	30.7	33.4	32.4	29.5	29.4	29.3

8:49:48	30.9	30.8	30.9	33.7	32.6	29.6	29.6	29.5
8:50:03	30.8	30.7	30.8	33.7	32.6	29.6	29.5	29.5
8:50:18	30.7	30.8	30.9	33.7	32.8	29.6	29.6	29.5
8:50:33	30.7	30.8	30.9	33.7	32.8	29.7	29.6	29.5
8:50:48	30.9	30.9	31	33.8	32.8	29.7	29.7	29.6
8:51:03	31	31	31	33.9	32.9	29.8	29.7	29.7
8:51:18	31	31	31	33.9	32.9	29.8	29.7	29.7
8:51:33	30.9	30.9	31	33.9	32.9	29.7	29.7	29.6
8:51:48	31	31	31.1	34	33.1	29.9	29.8	29.7
8:52:03	31	31	31	34	33	29.8	29.7	29.7
8:52:18	30.9	31.1	31.1	34.1	33.1	29.9	29.8	29.8
8:52:33	30.8	31	31.1	34.1	33.1	29.9	29.8	29.7
8:52:48	30.9	31.1	31.1	34.2	33.2	29.9	29.8	29.7
8:53:03	30.8	31	31.1	34.2	33.2	29.9	29.7	29.7
8:53:18	30.9	31.1	31.2	34.3	33.3	29.9	29.8	29.8
8:53:33	31	31.1	31.2	34.3	33.3	30	29.9	29.9
8:53:48	31	31.2	31.2	34.4	33.4	30	30	29.9
8:54:03	31.1	31.2	31.3	34.5	33.5	30.1	30	29.9
8:54:18	31	31.1	31.2	34.4	33.4	30	29.9	29.8
8:54:33	31.1	31.2	31.3	34.5	33.5	30	30	29.9
8:54:48	31.3	31.3	31.4	34.6	33.6	30.1	30.1	30
8:55:03	31.3	31.3	31.5	34.7	33.7	30.2	30.1	30
8:55:18	31.3	31.3	31.4	34.6	33.6	30.2	30.1	30.1
8:55:33	31.4	31.3	31.4	34.7	33.7	30.1	30.1	30
8:55:48	31.4	31.3	31.4	34.7	33.7	30.1	30.1	30
8:56:03	31.4	31.3	31.4	34.7	33.8	30.1	30.1	30
8:56:18	31.4	31.3	31.4	34.7	33.8	30.1	30.1	30
8:56:33	31.3	31.3	31.4	34.8	33.8	30.1	30.1	30
8:56:48	31.2	31.6	31.9	34.7	33.8	30	30	29.9
8:57:03	31.2	32.5	33.6	34.8	33.9	30.1	30.1	30
8:57:18	31.4	33.6	35.5	34.8	34	30.2	30.1	30.1
8:57:33	31.3	40.6	49	39.5	38.2	30.1	30.1	30
8:57:48	31.4	57.7	73.2	47.5	45.1	30.3	30.2	30.2
8:58:03	31.3	80.3	100.2	55.6	52	30.3	30.4	30.4
8:58:18	31.3	106.2	129.8	64	59.3	30.5	30.9	30.8
8:58:33	31.4	134.1	159.5	72.1	66.6	30.7	31.6	31.5
8:58:48	31.3	161.4	186.7	79.7	73.5	30.7	32.3	32.2
8:59:03	31.2	187	210.9	86.9	80.3	30.8	33.1	33
8:59:18	31.2	210.2	232.2	93.8	86.8	31	34.1	34.1
8:59:33	31.4	231.3	250.4	100.4	93.1	31.2	35.4	35.4
8:59:48	31.3	249.9	267.2	106.7	99.2	31.3	36.5	36.8
9:00:03	31.3	266.7	282.3	112.8	105.1	31.5	38	38.2
9:00:18	31.5	281.6	295.8	118.9	110.8	31.6	39.7	39.8
9:00:33	31.5	295.1	307.2	124.8	116.4	31.6	41.4	41.4

9:00:48	31.3	307.3	317.7	130.6	121.9	31.8	43.2	43.3
9:01:03	31.5	318.1	326.9	136.3	127.4	31.9	45	45
9:01:18	31.5	327.9	335.4	141.9	132.8	32.1	47	47
9:01:33	31.6	336.6	342.9	147.4	138.1	32.2	48.9	49.1
9:01:48	31.6	344.7	349.7	152.6	143.2	32.3	51	51.1
9:02:03	31.5	351.6	355.7	157.7	148	32.3	52.9	53.1
9:02:18	31.9	358.3	361.6	162.9	153	32.5	55.1	55.2
9:02:33	31.4	364.3	366.7	167.9	157.7	32.5	57.1	57.4
9:02:48	31.5	369.6	371.2	172.8	162.4	32.6	59.3	59.5
9:03:03	31.4	374.6	375.5	177.6	167	32.8	61.6	61.8
9:03:18	31.4	379.1	379.4	182.1	171.1	32.9	63.8	64
9:03:33	31.5	383.2	381.8	186.2	174.9	32.9	65.8	66
9:03:48	31.5	386.7	383.6	190.3	178.6	33.1	67.9	68.1
9:04:03	31.2	389.5	385.6	194.2	182.2	33.1	69.9	70.1
9:04:18	31.6	392.3	387.7	198.2	185.9	33.3	72	72.1
9:04:33	31.4	394.8	389.8	201.9	189.4	33.3	74	74
9:04:48	31.3	397.2	391.6	205.8	192.9	33.4	76.1	76
9:05:03	31.4	399.4	393	209.4	196.4	33.5	78.2	78
9:05:18	31.4	401.2	394.4	213	199.8	33.5	80.3	79.9
9:05:33	31.5	402.9	395.9	216.5	203.2	33.7	82.4	82
9:05:48	31.6	404.6	397.9	219.8	206.3	33.6	84.4	83.9
9:06:03	31.8	406	399.8	223.2	209.4	33.6	86.5	85.8
9:06:18	31.7	407.8	401.6	226.4	212.9	33.8	88.6	87.9
9:06:33	31.7	409.7	403.2	229.5	216.1	33.7	90.6	89.7
9:06:48	31.6	411.5	404.7	232.6	219.2	33.7	92.7	91.7
9:07:03	31.7	413.3	405.2	235.7	222.2	33.8	94.8	93.7
9:07:18	31.8	415.2	406.5	239	225.5	34	97	95.8
9:07:33	32	416.8	407.9	242	228.6	34.1	99.1	97.7
9:07:48	31.9	418.5	409.1	244.9	231.5	34.1	101.1	99.7
9:08:03	31.8	420.1	410.6	247.7	234.4	34.2	103.1	101.6
9:08:18	31.8	421.6	412	250.5	237.2	34.2	105.2	103.5
9:08:33	32	422.9	413.7	253.1	239.9	34.2	107.2	105.4
9:08:48	32.1	424.5	415.1	255.9	242.7	34.3	109.2	107.3
9:09:03	32	426	415.9	258.5	245.3	34.5	111.3	109.3
9:09:18	32.1	427.2	416.5	261.1	247.7	34.5	113.2	111.2
9:09:33	32.1	428.4	418.5	263.7	250.1	34.5	115.1	113
9:09:48	32.1	429.7	419.9	266.2	252.5	34.6	117.1	114.8
9:10:03	32.2	430.9	420.1	268.9	254.9	34.7	119.1	116.7
9:10:18	32.1	432	420.9	271.3	257.1	34.7	120.9	118.5
9:10:33	32.3	432.8	422.1	273.8	259.3	34.8	122.8	120.2
9:10:48	32.3	433.5	423.4	276.2	261.3	34.8	124.5	121.9
9:11:03	32.3	434.4	424	278.6	263.4	34.8	126.3	123.7
9:11:18	32.2	435.4	424.9	281	265.5	34.9	128.1	125.5
9:11:33	32.3	436.5	426.3	283.5	267.8	35.1	130	127.3

9:11:48	32.3	437.4	427	285.8	270	35.1	131.6	128.9
9:12:03	32.2	438.4	427	287.9	272.1	35.1	133.2	130.6
9:12:18	32.4	439.7	427.2	290.3	274.1	35.2	134.9	132.3
9:12:33	32.5	441	428.2	292.5	276.2	35.4	136.6	134
9:12:48	32.5	441.9	428.6	294.4	278.2	35.4	138.3	135.7
9:13:03	32.6	442.9	428.8	296.2	280.3	35.4	139.8	137.3
9:13:18	32.7	444	429.1	298.1	282.4	35.5	141.4	138.9
9:13:33	32.7	444.5	429.7	299.8	284.4	35.6	143	140.5
9:13:48	32.6	445.4	430.5	301.6	286.3	35.6	144.6	142
9:14:03	32.7	446.4	431.4	303.5	288.3	35.7	146.1	143.7
9:14:18	32.9	447.2	432.3	305.1	290.1	35.7	147.6	145.2
9:14:33	32.9	448.1	433	306.9	291.9	35.8	149.2	146.7
9:14:48	32.9	448.8	434.4	308.6	293.8	35.8	150.6	148.3
9:15:03	33	449.4	435.4	310.1	295.4	35.8	152	149.6
9:15:18	32.8	449.8	435.7	311.7	297	35.9	153.5	151.2
9:15:33	32.9	450.5	436.3	313.2	298.8	36	155	152.6
9:15:48	33	451.5	436.8	314.7	300.4	36	156.4	154.1
9:16:03	32.9	452.5	437.7	316.2	302	36	157.8	155.5
9:16:18	32.6	453.2	438.5	317.6	303.4	36	159.1	156.9
9:16:33	32.7	453.9	439.9	319.1	304.9	36.1	160.6	158.3
9:16:48	32.7	454.4	441.1	320.4	306.4	36	162	159.7
9:17:03	32.7	454.7	442.1	321.8	307.8	36.1	163.3	161
9:23:58	33.2	472.5	459.3	353.6	339.6	37.3	195.4	193.6
9:24:13	33.2	473.2	460.2	354.2	340.4	37.2	196.2	194.5
9:24:28	33.3	473.4	460.8	355.1	341.4	37.3	197.2	195.5
9:24:43	33.4	474	461.6	356.1	342.6	37.5	198.4	196.6
9:24:58	33.3	474.4	462	356.9	343.3	37.4	199.2	197.4
9:25:13	33.3	474.6	462.4	357.6	344.1	37.4	200.1	198.3
9:25:28	33.1	475.4	463.1	358.6	345	37.5	201	199.3
9:25:43	33.3	476	463.5	359.4	345.9	37.5	201.9	200.2
9:25:58	33.1	476.8	463.5	360.2	346.7	37.4	202.7	201
9:26:13	33.3	477.7	464.1	361.2	347.7	37.6	203.8	202
9:26:28	33.2	478.5	464.8	361.2	348.4	37.6	204.5	202.8
9:26:43	33.1	478.9	465.7	362.8	349.2	37.5	205.4	203.7
9:26:58	33.2	479.2	466.6	363.7	350.2	37.7	206.3	204.7
9:27:13	33.2	479.7	466.8	364.4	350.9	37.6	207.1	205.5
9:27:28	33.4	480.4	467.6	365.3	351.8	37.7	208.1	206.4
9:27:43	33.2	480.8	468.5	366.2	352.6	37.8	208.9	207.4
9:27:58	33.3	481.7	469	367.2	353.3	37.8	209.8	208.2
9:28:13	33.4	482.7	469.5	368	354.1	37.9	210.7	209.1
9:28:28	33.3	483.2	470.2	368.5	354.8	37.9	211.4	209.9
9:28:43	33.4	483.6	471.2	369.3	355.6	38	212.3	210.7
9:28:58	33.3	483.5	470.7	369.9	356.1	37.9	213	211.5
9:29:13	33.7	483.6	470.5	370.7	356.8	38	213.9	212.3

9:29:28	33.6	484.2	470.8	371.5	357.5	38.1	214.7	213.2
9:29:43	33.6	485	471.9	372.1	358.2	38.2	215.5	214
9:29:58	33.5	485.6	472.3	372.7	358.7	38	216.1	214.6
9:30:13	33.5	486.2	472.4	373.2	359.3	38	216.8	215.4
9:30:28	33.5	486.8	472.4	373.8	359.8	38	217.6	216.2
9:30:43	33.4	487.3	473.2	374.5	360.5	38.2	218.5	217
9:30:58	33.6	487.5	473.8	375.2	361.2	38.3	219.2	217.8
9:31:13	33.6	487.8	473.6	375.6	361.5	38.2	219.8	218.4
9:31:28	33.5	489.3	475.1	376.7	362.6	38.3	220.5	219.2
9:31:43	33.6	491.3	477.9	378	363.8	38.4	221.3	220
9:31:58	33.6	494.4	482.2	379.6	365.2	38.4	221.9	220.7
9:32:13	33.7	497.7	485.7	380.6	366.2	38.4	222.6	221.4
9:32:28	33.7	500.9	487.6	381.6	367.2	38.5	223.3	222.1
9:32:43	34.3	503.8	489.6	382.7	368.3	38.5	224	222.9
9:32:58	34.3	506.4	491.2	383.8	369.5	38.6	224.8	223.8
9:33:13	33.9	508.2	492.5	384.6	370.3	38.6	225.4	224.4
9:33:28	34	509.7	493.9	385.7	371.4	38.7	226.3	225.2
9:33:43	33.8	510.7	494.8	386.4	372.1	38.7	226.9	225.9
9:33:58	33.8	511.6	495.9	387.2	372.9	38.7	227.6	226.7
9:34:13	33.9	512.5	496.8	388	373.7	38.7	228.3	227.4
9:34:28	34.1	513.7	497.6	388.7	374.5	38.7	229	228.1
9:34:43	34.1	515.1	498.1	389.6	375.5	38.8	229.7	228.9
9:34:58	34	516.3	498	390.4	376.3	38.8	230.4	229.6
9:35:13	34	517.2	497.8	391.1	377	38.9	231.2	230.4
9:35:28	33.9	518	498	391.6	377.7	38.8	231.8	231.1
9:35:43	34.1	518.7	497.7	392.4	378.5	38.9	232.6	231.8
9:35:58	34.3	519.2	497.6	393.2	379.1	39	233.3	232.6
9:36:13	34.1	519.5	498.6	393.8	379.9	39	233.9	233.2
9:36:28	34	519.8	498.9	394.5	380.7	39.1	234.7	234
9:36:43	34.1	520.2	498.8	395.1	381.2	39	235.3	234.6
9:36:58	34	520.5	499.1	395.8	381.7	39	235.9	235.3
9:37:13	33.8	520.5	499.8	396.5	382.6	39.1	236.7	236.1
9:37:28	34.2	520.9	500.3	397.1	383.3	39.1	237.4	236.8
9:37:43	34.1	521.4	500.7	397.6	383.9	39.2	238.1	237.5
9:37:58	34.1	521.2	501.1	398	384.7	39.2	238.7	238.2
9:38:13	34.1	521	501.3	398.6	385.5	39.3	239.5	238.9
9:38:28	34.2	521	501.4	399.1	385.9	39.3	240.1	239.6
9:38:43	34.2	521.2	501.6	399.6	386.6	39.3	240.7	240.2
9:38:58	34.2	521.3	501.8	400	387.1	39.4	241.4	240.9
9:39:13	34.4	521.5	502.1	400.4	387.6	39.4	241.9	241.5
9:39:28	34.4	521.9	503.1	401	388.3	39.4	242.6	242.2
9:39:43	34.4	522.4	502.9	401.5	388.9	39.4	243.1	242.7
9:39:58	34.5	523.1	503	402.1	389.6	39.4	243.9	243.4
9:40:13	34.4	523.6	502.6	402.5	390.1	39.4	244.4	244

9:40:28	34.3	524	503	403.1	390.8	39.5	245.1	244.7
9:40:43	34.6	524.3	503.6	403.6	391.5	39.6	245.8	245.4
9:40:58	34.5	524.5	504	404.1	391.9	39.5	246.2	246
9:41:13	34.4	525.4	504.7	404.7	392.4	39.6	246.9	246.6
9:41:28	34.7	526.2	505	405.1	393	39.5	247.4	247.1
9:41:43	34.6	527	506	405.7	393.6	39.7	248.1	247.9
9:41:58	34.6	527.3	506.3	406.2	394.1	39.6	248.6	248.4
9:42:13	34.6	527.7	506.6	406.8	394.6	39.7	249.2	248.9
9:42:28	34.3	528.2	507.4	407.4	395.2	39.6	249.8	249.6
9:42:43	34.1	529	508.8	408.2	396.1	39.7	250.6	250.3
9:42:58	34	530.5	510	408.8	396.7	39.7	251.3	251
9:43:13	33.6	531.8	511.1	409.3	397.4	39.7	252.1	251.8
9:43:28	33.6	532.5	512.4	409.7	397.9	39.6	252.8	252.5
9:43:43	33.5	533.6	513.8	410.3	398.7	39.8	253.8	253.4
9:43:58	33.8	534.8	514.7	411	399.3	39.9	254.6	254.2
9:44:13	34.2	535.5	515.4	411.3	399.6	39.8	255.2	254.7
9:44:28	34	536	515.5	411.7	400	39.7	255.9	255.4
9:44:43	33.8	536.7	516.1	412.5	400.7	39.9	256.8	256.2
9:44:58	34	537.2	517	413	401.1	39.9	257.6	256.9
9:45:13	34	538	517.7	413.5	401.7	40	258.3	257.6
9:45:28	33.8	538.6	518.8	413.9	402	39.9	258.9	258.2
9:45:43	34	538.9	519.4	414.2	402.5	40	259.6	258.8
9:45:58	34.3	539.4	520.1	414.6	403.1	40	260.3	259.4
9:46:13	34.1	539.6	520.5	414.8	403.2	39.9	260.8	260
9:46:28	34.2	540.2	521.3	415.2	403.6	40	261.5	260.6
9:46:43	34.2	540.8	522.1	415.5	403.9	40	262.1	261.2
9:46:58	34.2	541.7	522.1	415.9	404.2	40.1	262.7	261.8
9:47:13	34.5	542.3	522.5	416.1	404.5	40	263.3	262.3
9:47:28	34.5	542.8	523.3	416.4	404.9	40.1	263.8	262.8
9:47:43	34.4	543.4	523.5	416.7	405.3	40	264.3	263.3
9:47:58	34.5	543.8	524.1	417.1	405.7	40.1	265	263.9
9:48:13	34.6	543.9	523.8	417.5	406.2	40.2	265.5	264.5
9:48:28	34.6	543.6	523.4	417.7	406.4	40.2	266	265
9:48:43	34.3	543.4	523.1	418	406.6	40.1	266.4	265.3
9:48:58	34.5	543.9	522.9	418.3	406.8	40.1	266.9	265.8
9:49:13	34.4	544.5	523.3	418.8	407.3	40.1	267.4	266.3
9:49:28	34	545.5	526.5	419.8	408.3	40.3	267.9	266.9
9:49:43	34.1	546.5	530.3	420.8	409.3	40.2	268.3	267.3
9:49:58	34	547.6	534.9	422.4	411.1	40.3	268.8	267.7
9:50:13	33.9	549.2	537.5	423.9	412.8	40.3	269.3	268.2
9:50:28	34.4	549.1	537.4	425.1	414.3	40.3	269.8	268.8
9:50:43	34.2	548.2	537.1	425.9	415.2	40.3	270.3	269.3
9:50:58	34.2	548.7	538.4	426.6	415.8	40.3	270.8	269.8
9:51:13	33.9	550.2	540.8	427.4	416.4	40.4	271.3	270.3

9:51:28	34	551.8	542.8	427.9	416.7	40.3	271.7	270.7
9:51:43	34.1	553.4	544.4	428.6	417.2	40.4	272.3	271.3
9:51:58	34	554.6	545.4	429.1	417.7	40.3	272.7	271.8
9:52:13	34	555.5	546.1	429.6	418.1	40.4	273.3	272.3
9:52:28	34.3	556.5	546.4	430.1	418.4	40.4	273.8	272.9
9:52:43	34.2	557.5	547.7	430.5	419	40.4	274.3	273.5
9:52:58	34.2	558.8	549.3	431.1	419.4	40.5	274.9	274
9:53:13	34.3	560.4	549.6	431.6	419.8	40.5	275.4	274.6
9:53:28	34.5	561.7	550.2	432	420.2	40.6	276	275.1
9:53:43	34.7	562.4	549.8	432.2	420.3	40.5	276.4	275.6
9:53:58	34.8	563.5	549.4	432.5	420.6	40.5	276.8	276
9:54:13	34.7	564.9	550.1	432.9	421	40.6	277.5	276.6
9:54:28	34.5	566	550.2	433.3	421.4	40.6	278	277.2
9:54:43	34.5	567	551.1	433.7	421.7	40.6	278.5	277.7
9:54:58	34.5	567.9	551.9	434.1	422	40.7	279.1	278.3
9:55:13	34.2	568.6	552.6	434.4	422.2	40.7	279.5	278.7
9:55:28	34.9	569	553.1	434.7	422.6	40.7	280.1	279.3
9:55:43	34.9	569.6	552.3	435	422.8	40.7	280.6	279.7
9:55:58	34.8	570.1	552.8	435.3	423.2	40.8	281	280.3
9:56:13	34.9	570.6	552.9	435.6	423.4	40.8	281.6	280.8
9:56:28	35.3	570.9	553.3	435.9	423.8	40.9	282.1	281.4
9:56:43	34.8	571	553.1	436	424	40.9	282.6	281.8
9:56:58	35.2	571.1	553.5	436.3	424.3	40.9	283	282.3
9:57:13	35	571.4	553.7	436.5	424.5	41	283.5	282.8
9:57:28	35.1	571.5	553.9	436.8	424.7	41	283.9	283.2
9:57:43	35.1	571.2	554.1	437	424.9	41	284.4	283.7
9:57:58	34.8	570.8	554	437.3	425.1	40.9	284.8	284.1
9:58:13	34.9	570.9	554.6	437.6	425.6	41.1	285.3	284.7
9:58:28	35	570.9	554.5	437.9	425.9	41.1	285.8	285.1
9:58:43	35	571.5	554.2	438.2	426.2	41.2	286.2	285.6
9:58:58	34.7	572.3	553.9	438.5	426.3	41.1	286.6	286
9:59:13	35	573.5	554.9	439	426.8	41.2	287	286.5
9:59:28	34.9	574.3	555.3	439.2	426.9	41.2	287.3	286.8
9:59:43	34.9	575.2	555.7	439.8	427.4	41.3	287.9	287.5
9:59:58	34.9	575.6	556.2	439.9	427.6	41.3	288.3	287.9
10:00:13	35.2	575.9	556.9	440.2	428	41.4	288.8	288.4
10:00:28	35.3	576.1	557.2	440.3	428.2	41.4	289.1	288.7
10:00:43	35.9	576.6	557.7	440.6	428.3	41.5	289.5	289.2
10:00:58	35.6	576.8	557.9	440.7	428.5	41.5	289.8	289.6
10:01:13	35.5	577	558.3	440.9	428.7	41.5	290.3	290.1
10:01:28	35.5	577.1	558.7	441.1	428.9	41.5	290.7	290.4
10:01:43	35.4	577.3	558.9	441.2	429.1	41.6	291	290.8
10:01:58	35.6	577.6	558.9	441.5	429.4	41.6	291.4	291.2
10:02:13	35.5	577.8	558.8	441.7	429.6	41.7	291.7	291.6



10:02:28	35	578.1	559.3	441.9	429.9	41.6	292	292
10:02:43	35	578.5	560	442.1	430.2	41.7	292.3	292.4
10:02:58	34.7	578.6	560.6	442.3	430.4	41.7	292.6	292.8
10:03:13	34.9	578.5	560.3	442.5	430.5	41.6	292.9	293.2
10:03:28	35	578.5	560.5	442.7	430.7	41.6	293.2	293.5
10:03:43	35.1	578.7	560.6	442.9	430.9	41.6	293.5	293.8
10:03:58	35.2	579.2	560.7	443.1	431.2	41.8	293.9	294.2
10:04:13	35.4	579.3	560.7	443.2	431.4	41.8	294.2	294.6
10:04:28	35	579.2	560.9	443.3	431.5	41.7	294.4	294.8
10:04:43	35.2	579	560.9	443.6	431.9	41.8	294.9	295.2
10:04:58	35.6	579.2	563.2	444.3	432.7	41.8	295.2	295.6
10:05:13	35.5	579.7	565.9	445.1	433.4	41.8	295.6	295.9
10:05:28	34.9	580.4	569.6	446.3	434.7	41.8	296	296.3
10:05:43	35.4	580.7	570.6	447	435.4	41.8	296.3	296.5
10:05:58	35.3	580.6	570.5	447.7	436.2	41.8	296.5	296.8
10:06:13	34.8	580.6	569.8	448.5	436.9	41.8	296.9	297.2
10:06:28	35.2	580.8	569.5	449.3	437.6	41.9	297.3	297.5
10:06:43	34.8	580.8	570.8	450	438.5	41.9	297.6	297.8
10:06:58	34.6	580.8	571.8	450.9	439.2	42	298	298.3
10:07:13	34.6	580.8	573.3	451.7	439.9	41.9	298.3	298.6
10:07:28	35.2	581.4	574	452.4	440.6	41.9	298.6	298.9
10:07:43	35	582.3	574.4	452.9	441.1	41.8	298.9	299.1
10:07:58	35.1	583.4	575.7	453.4	441.7	41.8	299.3	299.5
10:08:13	35.1	584.7	576.9	453.9	442.3	41.8	299.6	299.9
10:08:28	35.2	586.2	578.2	453.9	443	41.8	299.9	300.1
10:08:43	35.3	588	578.8	454	443.7	41.9	300.4	300.6
10:08:58	35	589.5	579.5	454.2	444.1	41.9	300.7	301
10:09:13	35.1	590.9	580.2	454.4	444.7	41.9	301.2	301.4
10:09:28	34.7	592	580.9	454.5	445.3	41.9	301.4	301.7
10:09:43	34.8	593.2	582.3	454.9	445.9	42	301.9	302.2
10:09:58	34	593.8	582.6	455	446.2	41.9	302.1	302.5
10:10:13	34.8	594.8	582.4	455.4	446.6	41.9	302.5	302.8
10:10:28	35	595.5	582.7	456	447.1	41.9	302.9	303.2
10:10:43	34.6	596.4	583.2	456.6	447.7	41.9	303.3	303.6
10:10:58	34.9	597.3	583.6	457.1	448.1	41.9	303.6	303.9
10:11:13	35	598.1	584.2	457.6	448.7	42	304	304.3
10:11:28	34.9	598.9	584.3	458	449	41.9	304.3	304.6
10:11:43	35.1	599.1	584.6	458.7	449.5	42	304.7	305
10:11:58	35.2	599.7	584.9	459	449.9	42	305.1	305.4
10:12:13	35.2	600.3	585.1	459.3	450.3	42	305.5	305.8
10:12:28	35.1	600.3	585.7	459.6	450.6	42.1	305.9	306.1
10:12:43	35.1	600.5	586	460.1	451	42.2	306.3	306.6
10:12:58	35.2	600.6	585.7	460.4	451.3	42.1	306.6	306.9
10:13:13	35.5	600.7	585.6	460.8	451.7	42.1	306.9	307.2

10:13:28	35.3	600.7	585.6	461.2	452	42.2	307.2	307.5
10:13:43	34.9	600.8	585.7	461.7	452.4	42.3	307.6	307.9
10:13:58	35.3	600.8	585.8	461.9	452.6	42.3	307.9	308.2
10:14:13	35.4	600.6	586.1	462.2	452.9	42.3	308.3	308.6
10:14:28	35.7	600.2	586.7	462.4	453.1	42.3	308.6	308.9
10:14:43	35.9	600.2	586.3	462.9	453.4	42.4	309	309.3
10:14:58	36.1	600.1	585.7	463.1	453.6	42.4	309.3	309.5
10:15:13	36.1	600.2	586	463.4	453.9	42.4	309.6	309.8
10:15:28	36.1	600.6	586.3	463.6	454.1	42.4	309.8	310.1
10:15:43	36	600.8	586.5	463.8	454.3	42.3	310.1	310.3
10:15:58	36	600.9	586.5	463.9	454.5	42.3	310.3	310.5
10:16:13	35.4	601.2	586.6	464.1	454.6	42.3	310.6	310.9
10:16:28	35.5	601.2	586.6	464.5	454.9	42.4	310.9	311.2
10:16:43	35.8	601.3	586.4	464.6	455	42.4	311.2	311.4
10:16:58	35.4	601.2	586.6	464.8	455.2	42.4	311.5	311.8
10:17:13	35	601	586.3	465	455.4	42.4	311.7	312
10:17:28	35.6	601.4	586	465.1	455.4	42.4	312	312.3
10:17:43	35.3	601.5	585.8	465.2	455.4	42.4	312.2	312.6
10:17:58	35.2	601.6	585.5	465.3	455.6	42.5	312.5	312.8
10:18:13	35.4	601.8	585.3	465.4	455.7	42.5	312.8	313.1
10:18:28	35.6	601.6	585	465.5	455.8	42.5	313	313.3
10:18:43	35.6	601.5	585.2	465.6	455.9	42.6	313.3	313.6
10:18:58	34.9	601.5	585.1	465.8	456	42.5	313.5	313.8
10:19:13	35	601.8	584.9	465.9	456.2	42.6	313.7	314.1
10:19:28	35.4	601.8	585	466	456.2	42.6	313.9	314.3
10:19:43	35.7	602	585.2	466.3	456.4	42.6	314.2	314.5
10:19:58	35.1	602.5	587.9	467.1	457.2	42.6	314.5	314.8
10:20:13	35.2	602.9	590.9	468	458.3	42.6	314.7	315
10:20:28	35.5	603.5	593.1	469.2	459.7	42.6	314.9	315.2
10:20:43	35.5	603.3	593.9	470	460.7	42.6	315.2	315.4
10:20:58	35.8	602.4	594.2	470.5	461.5	42.6	315.4	315.7
10:21:13	35.6	601.3	594.1	471.1	462.1	42.7	315.6	315.9
10:21:28	35.6	601	594.4	471.6	462.7	42.6	315.9	316.2
10:21:43	35.3	601.3	594.9	472	463.3	42.7	316.3	316.5
10:21:58	35.3	603	596.1	472.7	463.9	42.7	316.6	316.9
10:22:13	35.5	604.6	598.3	473.4	464.7	42.7	316.8	317.1
10:22:28	35.3	606.6	599.9	474	465.4	42.7	317.1	317.3
10:22:43	35.6	608.6	602.1	474.7	466.2	42.7	317.4	317.6
10:22:58	35.5	610.4	604	475.4	466.9	42.7	317.7	317.9
10:23:13	35.6	612.1	605.1	475.9	467.5	42.7	318	318.2
10:23:28	35.2	613.6	606.8	476.5	468.1	42.7	318.3	318.5
10:23:43	35.3	615.5	607.5	476.9	468.5	42.7	318.6	318.8
10:23:58	35.1	617	608.9	477.6	469	42.8	319	319.2
10:24:13	35.1	618.4	609.3	478.1	469.4	42.7	319.3	319.5

10:24:28	35	619.7	609.7	478.6	470	42.8	319.6	319.8
10:24:43	35.4	620.8	610.6	479	470.5	42.7	319.9	320.1
10:24:58	35.6	621.6	611.2	479.6	470.9	42.7	320.1	320.4
10:25:13	35.5	622.1	611	480	471.3	42.7	320.5	320.7
10:25:28	35.6	622.8	611	480.4	471.7	42.7	320.8	321
10:25:43	35.7	623.4	610.9	480.9	472.3	42.7	321.2	321.4
10:25:58	35.7	623.5	611.1	481.3	472.5	42.8	321.6	321.7
10:26:13	35.6	623.5	611.3	481.6	472.9	42.7	321.8	322
10:26:28	35.5	623.9	611.5	481.9	473.2	42.7	322.2	322.2
10:26:43	35.6	624.3	611.9	482.4	473.6	42.7	322.4	322.6
10:26:58	35.8	624.3	612.3	482.6	473.9	42.7	322.7	322.8
10:27:13	36	624.1	612.2	482.9	474.2	42.7	323	323.1
10:27:28	35.9	624.2	611.8	483.2	474.5	42.7	323.4	323.5
10:27:43	36	624.4	611.7	483.4	474.6	42.7	323.7	323.8
10:27:58	36.3	624.9	612.1	483.6	475.1	42.9	324.1	324.2
10:28:13	35.9	624.8	612.2	483.8	475.2	42.8	324.3	324.4
10:28:28	35.8	624.7	612.2	484	475.3	42.7	324.6	324.7
10:28:43	35.8	624.6	612.6	484.2	475.6	42.8	324.9	325
10:28:58	35.8	624.7	613	484.4	475.6	42.8	325.2	325.2
10:29:13	35.7	625.1	612.9	484.6	475.7	42.8	325.5	325.6
10:29:28	35.5	625	612.5	484.8	475.8	43	325.9	326
10:29:43	35.7	624.8	611.8	484.9	475.8	42.9	326	326.2
10:29:58	35.8	624.7	611.6	485.1	476	42.9	326.4	326.5
10:30:13	35.6	624.8	611.9	485.4	476.2	43.1	326.8	327
10:30:28	35.9	624.8	612	485.5	476.2	43.1	327.1	327.2
10:30:43	35.8	625.1	612.4	485.7	476.4	43.1	327.4	327.5
10:30:58	35.8	625.4	612	485.7	476.4	43.1	327.6	327.8
10:31:13	35.9	625.7	611.6	485.8	476.5	43.1	327.9	328
10:31:28	35.9	625.8	610.4	485.9	476.5	43.2	328.2	328.3
10:31:43	36.1	625.6	610.1	486.1	476.7	43.2	328.4	328.6
10:31:58	35.9	625.2	610.7	486	476.7	43.2	328.7	328.8
10:32:13	35.9	625.3	610.9	486	476.8	43.2	328.8	329
10:32:28	36.1	625.3	611.5	486.1	477	43.4	329.3	329.4
10:32:43	36.2	625.2	611.4	486	477	43.3	329.4	329.6
10:32:58	36.2	624.8	611.4	486.1	476.9	43.4	329.6	329.8
10:33:13	35.8	624.6	612.1	486.2	477	43.5	329.9	330.1
10:33:28	36	624.6	612.8	486.2	477.1	43.5	330.2	330.4
10:33:43	35.8	624.6	612.9	486	477	43.4	330.2	330.5
10:33:58	35.9	624.9	612.4	486	476.8	43.4	330.4	330.7
10:34:13	36	624.8	611.9	485.9	476.8	43.5	330.7	330.9
10:34:28	36.2	624.8	611	485.8	476.8	43.5	330.9	331.1
10:34:43	36.1	624.7	610.2	485.9	476.8	43.6	331.1	331.4
10:34:58	36	624.8	611.3	486.3	477.3	43.5	331.3	331.5
10:35:13	36	625.1	614.1	486.8	477.7	43.6	331.4	331.6

10:35:28	36.1	625.2	616.6	487.4	478.4	43.6	331.6	331.9
10:35:43	36.1	626.3	619.3	488	479.1	43.6	331.9	332.1
10:35:58	36	627.8	621.4	488.5	479.6	43.7	332.1	332.3
10:36:13	35.9	629.7	623	489	480.1	43.6	332.2	332.5
10:36:28	36	631.3	624.3	489.6	480.7	43.7	332.5	332.7
10:36:43	36	632.6	625.7	490.2	481.3	43.7	332.7	332.9
10:36:58	36	633.6	626.4	490.7	481.9	43.8	333	333.2
10:37:13	36	634.4	626.6	491.1	482.1	43.8	333.1	333.4
10:37:28	36.1	634.8	626.9	491.3	482.4	43.8	333.4	333.7
10:37:43	36.1	635.2	627.1	491.7	482.8	43.9	333.6	333.9
10:37:58	36.1	635.8	627.4	492	483.3	44	334	334.3
10:38:13	36.2	636.3	627.1	492.2	483.4	44	334.2	334.5
10:38:28	36.4	637.1	627.5	492.5	483.9	44.1	334.6	334.8
10:38:43	36.4	637	626.9	492.6	484.2	44.1	334.8	335
10:38:58	36.4	636.9	626.7	492.8	484.5	44.1	335	335.3
10:39:13	36.4	636.9	626.1	492.9	484.6	43.9	335.1	335.3
10:39:28	36.3	637.8	625.8	493.2	484.9	44.1	335.4	335.7
10:39:43	36.3	637.9	625.5	493.3	485	44	335.6	335.8
10:39:58	36.4	638	625.1	493.6	485.4	44.1	335.9	336.1
10:40:13	36.3	637.8	625.3	493.7	485.6	44.1	336.2	336.4
10:40:28	36.5	637.8	625.4	493.9	485.8	44.2	336.4	336.6
10:40:43	36.8	638	625.5	494.1	485.9	44.1	336.6	336.8
10:40:58	36.5	638.1	625.4	494.2	486	44.2	336.8	337
10:41:13	36.6	638.2	625.6	494.3	486.1	44.2	337.1	337.3
10:41:28	36.7	638.4	625.2	494.3	486.2	44.2	337.3	337.5
10:41:43	36.3	638.6	624.6	494.2	486.2	44.2	337.5	337.7
10:41:58	36.5	638.2	623.5	494.3	486.4	44.2	337.7	337.9
10:42:13	36.7	637.5	622.9	494.2	486.5	44.1	337.8	338
10:42:28	36.4	637.1	623.3	494.5	486.7	44.2	338.1	338.3
10:42:43	36.4	637	622.8	494.4	486.7	44.2	338.2	338.4
10:42:58	35.8	637.1	622.9	494.6	486.8	44.2	338.4	338.6
10:43:13	35.7	637.4	623.4	494.7	486.9	44.3	338.6	338.9
10:43:28	36.2	637.4	623.1	494.7	486.9	44.2	338.8	339
10:43:43	36	637.1	622.4	494.8	486.9	44.3	339	339.2
10:43:58	36.1	637.2	622.4	494.9	487	44.4	339.2	339.5
10:44:13	36.3	637.2	622.2	494.9	487	44.4	339.4	339.6
10:44:28	36.3	637	621.8	494.9	487.2	44.3	339.5	339.8
10:44:43	36.3	637	622.1	494.8	487.2	44.3	339.5	339.9
10:44:58	36.3	637.1	622.1	494.9	487.3	44.3	339.7	340
10:45:13	36.4	637.5	622.6	495	487.4	44.3	339.9	340.3
10:45:28	36.3	637.3	622.5	495	487.3	44.3	340.1	340.4
10:45:43	36	637	623.1	495	487.3	44.3	340.3	340.5
10:45:58	36	636.9	623.4	495	487.3	44.3	340.3	340.6
10:46:13	36	637.1	623.4	494.9	487.3	44.3	340.4	340.7

10:46:28	36	637.3	622.9	494.8	487.2	44.3	340.5	340.8
10:46:43	36.1	637.7	622.7	494.8	487.2	44.3	340.6	341
10:46:58	36.2	638.2	622.8	494.8	487.2	44.3	340.8	341.2
10:47:13	36.3	638.3	622	494.8	487.1	44.4	341	341.4
10:47:28	36.1	638.4	621.4	494.8	487	44.3	341	341.5
10:47:43	36.3	638.9	621.7	494.7	486.9	44.4	341.2	341.6
10:47:58	36.4	639.1	622.1	494.6	486.9	44.4	341.3	341.8
10:48:13	36.3	639.2	621.9	494.5	486.8	44.4	341.3	341.8
10:48:28	36.1	639.2	621.9	494.6	487	44.5	341.5	342
10:48:43	36.5	638.7	621.8	494.7	486.9	44.4	341.6	342.1
10:48:58	36.6	638.6	622	494.7	486.9	44.5	341.8	342.2
10:49:13	36.4	638.5	622.1	494.7	487.1	44.5	341.9	342.4
10:49:28	35.2	638.5	622.3	494.7	487.1	44.5	342	342.4
10:49:43	35.6	638.6	622.1	494.5	487	44.4	342	342.5
10:49:58	36	638.7	624.3	495	487.7	44.6	342.2	342.7
10:50:13	36.3	638.5	626.9	495.7	488.4	44.4	342.1	342.7
10:50:28	36.4	638.8	630.1	496.9	489.9	44.6	342.5	343
10:50:43	36.7	636.3	627.8	497.7	491.1	44.6	342.5	343.1
10:50:58	36.3	631.6	623.4	497.9	491.7	44.6	342.7	343.2
10:51:13	35.9	626.5	620	497.7	491.8	44.6	342.8	343.3
10:51:28	35.9	622.2	617.6	497.4	491.7	44.6	342.9	343.4
10:51:43	36.2	619.7	616.5	496.9	491.5	44.6	343.1	343.6
10:51:58	36.3	620	616.9	496.5	491.2	44.6	343.1	343.6
10:52:13	36.5	621	618.5	496	490.7	44.5	343.2	343.6
10:52:28	36.7	625.1	623.3	496	490.7	44.6	343.4	343.8
10:52:43	35.7	628.7	627.7	496	490.8	44.6	343.4	343.9
10:52:58	35.9	633.5	632.7	496.1	490.8	44.6	343.5	344
10:53:13	36.4	637.1	634.9	496.3	490.9	44.6	343.7	344.2
10:53:28	36.3	640.9	638.4	496.6	491.3	44.6	343.8	344.3
10:53:43	36.7	643.4	640	496.7	491.2	44.6	343.9	344.5
10:53:58	36.5	644.6	641.2	497	491.4	44.6	344.1	344.6
10:54:13	36.5	646.2	643.9	497.3	491.8	44.5	344.2	344.7
10:54:28	35.3	648.1	646.3	497.7	492.1	44.6	344.4	344.9
10:54:43	35.9	649.4	646.3	497.9	492.3	44.7	344.7	345.2
10:54:58	36.5	649.8	645.9	498.2	492.5	44.8	345	345.5
10:55:13	36.2	650.6	646.7	498.6	492.8	44.7	345.1	345.6
10:55:28	36.5	651.5	647.6	499	493.1	44.8	345.3	345.8
10:55:43	36.8	652.5	648.1	499.3	493.3	44.7	345.5	346
10:55:58	37	653.6	648.6	499.7	493.6	44.7	345.7	346.2
10:56:13	36.8	654.5	649.1	500	493.7	44.7	345.9	346.3
10:56:28	36.5	655.8	649.1	500.3	493.9	44.7	346.1	346.5
10:56:43	36.7	657.1	649.3	500.7	494.1	44.6	346.3	346.7
10:56:58	36.2	658	650.5	501.1	494.4	44.7	346.5	346.9
10:57:13	36.5	658.7	651	501.5	494.8	44.8	346.8	347.2

10:57:28	36.2	659.2	651.2	501.7	495	44.7	347	347.4
10:57:43	36.4	659.7	650.6	501.8	495.1	44.7	347	347.5
10:57:58	36.5	660.2	650.5	502.1	495.2	44.8	347.4	347.8
10:58:13	36.6	660.3	650.7	502.2	495.3	44.7	347.4	347.9
10:58:28	36.5	659.9	650.3	502.3	495.5	44.7	347.7	348.1
10:58:43	36.7	659.6	649.6	502.4	495.7	44.7	347.9	348.3
10:58:58	36.7	659.2	648.7	502.7	495.8	44.8	348.1	348.6
10:59:13	36.1	658.7	648.4	502.9	495.9	44.8	348.3	348.7
10:59:28	36.3	658.4	648.6	503.2	496.1	44.9	348.5	349
10:59:43	36.4	658.2	648.5	503.2	496.1	44.8	348.6	349.1
10:59:58	37	658.1	648.3	503.4	496.3	44.9	348.9	349.4
11:00:13	36.5	658.1	647.5	503.5	496.2	44.9	349.1	349.5
11:00:28	36.9	658.3	646.7	503.5	496.2	44.9	349.2	349.7
11:00:43	37.1	658.5	646.4	503.7	496.1	45	349.4	350
11:00:58	36.8	658.4	646.7	503.6	496.3	44.9	349.6	350.1
11:01:13	36.8	658.3	646.4	503.7	496.4	44.9	349.7	350.2
11:01:28	36.8	658.3	645.4	503.7	496.2	44.9	349.7	350.3
11:01:43	36.9	658.3	644.9	503.8	496.4	44.9	350	350.5
11:01:58	37.1	657.9	644.7	503.9	496.6	45	350.2	350.7
11:02:13	36.8	657.5	644.5	503.9	496.5	44.9	350.2	350.7
11:02:28	36.5	657.6	644.9	504	496.8	44.9	350.4	350.9
11:02:43	36.7	657.6	644.6	504.1	496.7	44.9	350.5	351
11:02:58	36.9	657.7	644.3	504.4	496.8	45.1	350.7	351.2
11:03:13	36.8	657.6	644.6	504.5	497	45.1	350.9	351.4
11:08:43	36.9	656.5	651	512.2	504.5	45.4	354.3	354.7
11:08:58	37.1	656.4	651	512.6	504.8	45.5	354.5	354.9
11:09:13	37.1	656.7	650.6	512.6	504.6	45.4	354.5	355
11:09:28	37	656.9	649.8	512.8	504.8	45.4	354.8	355.2
11:09:43	36.7	658	650.8	513.1	504.9	45.5	354.9	355.4
11:09:58	37.2	657.2	649.8	513	504.9	45.5	355.1	355.6
11:10:13	37.4	657.9	652.3	513.3	505.3	45.5	355.2	355.7
11:10:28	37.1	657.9	651.6	513.1	505.1	45.5	355.3	355.8
11:10:43	37.1	658.8	652.7	513.2	505.3	45.4	355.4	355.9
11:10:58	37.1	660.1	653.9	513.3	505.3	45.4	355.6	356.1
11:11:13	36.9	659.5	653.6	513.3	505.3	45.5	355.8	356.3
11:11:28	37.2	660.6	655.1	513.6	505.5	45.5	355.9	356.4
11:11:43	37.2	661.8	655.6	513.6	505.6	45.6	356.1	356.6
11:11:58	37.3	661.1	654.6	513.7	505.5	45.6	356.3	356.8
11:15:53	36.9	662	653.8	513.5	505.2	45.8	358.1	358.6
11:16:08	37.2	662.7	654.7	513.8	505.5	45.9	358.3	358.8
11:16:23	37.3	663.5	655.2	513.8	505.5	46	358.4	358.9
11:16:38	37.2	662.3	652.4	513.6	505.2	45.9	358.4	359
11:16:53	37.3	662.9	653.1	513.8	505.4	46	358.6	359.1
11:17:08	37.4	663.4	654.1	513.6	505.3	46	358.6	359.2

11:17:23	37.5	661.8	653.4	513.6	505.2	46.1	358.7	359.4
11:17:38	37.6	662.2	655	513.6	505.5	46	358.8	359.4
11:17:53	37.6	662.9	655.6	513.6	505.4	46.1	359	359.6
11:23:11	37.2	664.4	658.5	516.7	509.2	46.2	360.8	361.5
11:23:26	37.3	664.6	659.1	516.8	509.4	46.3	360.9	361.6
11:23:41	36.5	664	659.3	516.9	509.6	46.2	361	361.7
11:23:56	36.8	663.5	657.7	516.7	509.3	46.2	361.1	361.8
11:24:11	36.8	664	658.6	517	509.6	46.3	361.3	361.9
11:24:26	36.6	662.9	656.8	517	509.5	46.3	361.5	362.1
11:24:41	36.8	663.3	657.1	517	509.4	46.3	361.5	362.2
11:24:56	37.3	662.9	656.5	517.1	509.7	46.4	361.6	362.3
11:25:11	37.2	663.4	655.8	516.9	509.3	46.5	361.8	362.5
11:25:26	37.4	664.1	657	517	509.6	46.5	361.9	362.6
11:25:41	37.4	664.3	656.3	516.8	509.4	46.5	362.1	362.7
11:25:56	37.6	665.1	658.6	517	509.7	46.5	362.1	362.7
11:26:11	37.7	664.8	657.5	516.7	509.4	46.6	362.3	362.9
11:26:26	37.7	665.9	659.3	517	509.7	46.7	362.4	363.1
11:26:41	37.3	665.5	657.6	516.6	509.2	46.6	362.4	363.1
11:26:56	37.2	666.1	658.9	516.7	509.3	46.6	362.5	363.2
11:27:11	37.1	665.3	657.2	516.4	509	46.7	362.6	363.3
11:27:26	37.3	665.6	657.6	516.5	509	46.6	362.7	363.3
11:27:41	37.7	665.6	656.1	516.1	508.6	46.5	362.7	363.3
11:27:56	37.5	665.9	656.6	516.4	508.8	46.7	362.8	363.4
11:28:11	37.4	665.1	654.8	516.1	508.5	46.6	362.9	363.4
11:28:26	37.8	665.5	656.2	516.2	508.7	46.6	363	363.5
11:28:41	37.9	666	656.2	516.1	508.5	46.6	363	363.6
11:28:56	37.7	665.7	657.1	516.2	508.7	46.7	363.1	363.7
11:29:11	37.6	666	657.1	516	508.4	46.7	363.2	363.7
11:29:26	37.7	665.7	656.6	515.8	508.6	46.7	363.2	363.8
11:29:41	37.8	666.5	657.1	515.6	508.4	46.7	363.2	363.8
11:29:56	37.5	666	656.4	515.7	508.5	46.8	363.3	363.9
11:30:11	37.6	666.8	656.9	515.7	508.4	46.8	363.4	364
11:30:26	37.6	665.7	656.2	515.5	508.5	46.8	363.4	364.1
11:30:41	37.3	666.6	658.2	515.6	508.5	46.8	363.5	364.1
11:30:57	37.3	664.7	657.1	515.2	508.4	46.7	363.5	364.1
11:31:11	37.4	665.6	658.9	515.5	508.6	46.9	363.6	364.2
11:31:26	37.7	664.5	657.3	515.2	508.3	46.9	363.7	364.3
11:31:41	37.6	665.3	659.1	515.5	508.6	46.9	363.7	364.3
11:31:56	37.6	664	656.6	515.1	508.3	47	363.8	364.4
11:32:11	37.7	664.4	658.4	515.4	508.6	47	363.8	364.5
11:32:26	37.7	662.9	656.2	515.2	508.3	47.1	363.9	364.5
11:32:41	38	663.7	657.4	515.4	508.5	47	364	364.6
11:32:56	37.9	662.8	654.5	515	508	47	364	364.6
11:33:11	37.8	663.8	655.8	515.2	508.3	47.1	364	364.6

11:33:26	38	663.3	653.5	514.9	508	47.1	364	364.7
11:33:41	37.8	664.4	655.2	515.1	508.3	47.1	364.1	364.7
11:33:56	37.6	663.3	654.4	514.6	507.9	47.1	364.1	364.7
11:34:11	37.7	663.8	656	514.8	508.3	47.1	364.1	364.7
11:34:26	37.8	663.5	654.9	514.5	508	47.2	364.2	364.8
11:34:41	37.8	664.7	657	514.8	508.5	47.1	364.2	364.8
11:34:56	37.8	664.7	0.1	514.8	508.5	47.1	364.2	364.8
11:35:11	37.5	665.9	661.3	515.6	509.4	47.2	364.2	364.9
11:35:26	37.2	666.6	662.9	516.2	510.1	47.2	364.3	365
11:35:41	37.3	666.9	662.5	516.6	510.3	47.1	364.4	365
11:35:56	37.6	667.7	662.2	516.9	510.7	47.2	364.5	365.1
11:36:11	37.7	668.7	663.5	517.5	511.3	47.1	364.4	365
11:36:26	37.7	668.4	662.3	517.8	511.5	47.1	364.5	365.1
11:36:41	37.6	668.9	661.1	517.9	511.5	47.2	364.6	365.2
11:36:56	37.4	669	662	518.1	511.8	47.2	364.6	365.2
11:37:11	37.6	667.7	660.9	518.2	512	47.2	364.6	365.3
11:37:26	38.1	666.6	659.2	518.1	511.9	47.2	364.7	365.3
11:37:41	37.8	666	660.1	518.2	511.9	47.1	364.6	365.3
11:37:56	37.9	665.6	659.3	518.5	512	47.2	364.8	365.5
11:38:11	37.9	664.9	658.8	518.3	511.7	47.1	364.9	365.5
11:38:26	37.9	665.5	661.2	518.6	512.1	47.1	364.9	365.6
11:38:41	37.7	664.6	660.3	518.5	511.9	47.1	365	365.6
11:38:56	37.5	665.4	660.3	518.5	511.8	47.2	365.2	365.8
11:39:11	37.4	665.9	661.7	518.8	512.2	47.2	365.2	365.9
11:39:26	37.7	665.4	660.7	518.6	512	47.3	365.3	366.1
11:39:41	37.5	665.7	661.2	518.6	511.9	47.3	365.4	366.1
11:39:56	37.7	666	662.5	518.9	512.2	47.4	365.5	366.1
11:40:11	37.6	665.1	661.2	518.8	512	47.4	365.6	366.2
11:40:26	37.6	665.5	661.5	518.7	512	47.4	365.7	366.4
11:40:41	37.4	666.2	662.2	519.1	512.3	47.4	365.8	366.5
11:40:56	37.6	665.4	660.8	518.6	511.8	47.4	365.8	366.6
11:41:11	37.4	666	661.5	518.6	511.7	47.4	365.8	366.5
11:41:26	37.7	666.1	661.7	518.8	512	47.4	365.9	366.6
11:41:41	37.3	666.1	660.1	518.6	511.9	47.3	366	366.7
11:41:56	37.1	667	660.6	518.6	511.7	47.4	366	366.8
11:42:11	37.5	666.2	660.5	518.6	511.9	47.3	366.1	366.7
11:42:26	37.8	665.8	659	518.4	511.6	47.4	366.3	366.9
11:42:41	37.9	665.8	660.4	518.5	511.6	47.3	366.2	366.8
11:42:56	38.2	664.9	659	518.3	511.4	47.3	366.2	366.8
11:43:11	37.9	665.6	659.2	518.2	511.1	47.3	366.3	366.9
11:43:26	38	665.9	659.4	518.3	511.3	47.3	366.3	366.9
11:43:41	38.1	665	657.1	518.1	511.1	47.4	366.4	367.1
11:43:56	37.7	665.5	659	518.1	511.2	47.4	366.5	367.1
11:44:11	38.1	664.9	658.9	518	511.1	47.3	366.5	367.1



11:44:26	38.1	664.9	658.4	517.7	510.7	47.4	366.6	367.1
11:44:41	37.9	665.3	659.9	517.9	511	47.3	366.6	367.2
11:44:56	37.7	664.9	658.1	517.8	510.7	47.4	366.6	367.3
11:45:11	37.9	665.3	659.3	517.8	510.7	47.4	366.6	367.3
11:45:26	37.8	664.5	658.9	517.8	510.9	47.3	366.6	367.3
11:45:41	38	664.9	657.5	517.6	510.5	47.4	366.7	367.3
11:45:56	38.3	666.3	659.6	517.9	510.9	47.4	366.7	367.4
11:46:11	38.2	665.8	658.6	517.6	510.7	47.4	366.7	367.4
11:46:26	37.8	666.2	1300	517.6	510.8	47.4	366.8	367.5
11:46:41	37.5	665.7	660.1	517.7	511.2	47.5	366.9	367.5
11:46:56	38	664.9	658.4	517.5	510.8	47.4	366.8	367.4
11:47:11	38	665.8	658.7	517.7	510.7	47.5	366.9	367.6
11:47:26	37	665.2	658.6	517.8	510.9	47.5	367	367.6
11:47:41	37.5	665.3	657.9	517.6	510.7	47.6	367.1	367.8
11:47:56	37.6	665.5	659	517.8	510.9	47.5	367.2	367.8
11:48:11	37.8	664.6	657.2	517.6	510.7	47.5	367.1	367.7
11:48:26	38.1	665.2	657.8	517.5	510.6	47.5	367.1	367.6
11:48:41	38	665	658	517.7	510.9	47.5	367.2	367.7
11:48:56	38.1	664.9	656.6	517.5	510.7	47.6	367.2	367.8
11:49:11	38.1	666.1	658	517.7	510.9	47.6	367.2	367.8
11:49:26	37.9	665.3	656.4	517.5	510.7	47.5	367.2	367.8
11:49:41	37.4	666.1	659.2	517.9	511	47.5	367.2	367.9
11:49:56	37.8	666.7	662.8	518.9	512.6	47.5	367.2	367.9
11:50:11	37.7	665.1	660.2	521.8	516.4	47.6	367.4	368
11:50:26	37.4	660.2	654	524	519.8	47.5	367.2	367.9
11:50:41	38.1	654.8	648	525.6	522.5	47.5	367.4	368.1
11:50:56	38.7	649.8	642.6	526.6	524.5	47.5	367.5	368.2
11:51:11	38	645.8	638.1	527.4	525.9	47.6	367.7	368.3
11:51:26	37.7	642.4	634.5	527.9	526.8	47.5	367.7	368.4
11:51:41	38.4	639.5	631.2	528.4	527.6	47.4	367.9	368.4
11:51:56	38.7	637.5	629.3	528.7	528.2	47.5	368	368.6
11:52:11	38.4	636.4	627.6	529	528.8	47.5	368.1	368.7
11:52:26	38.3	634.5	625.9	529.3	529.3	47.5	368.2	368.9
11:52:41	38.5	632.8	623.5	529.5	529.5	47.5	368.3	369
11:52:56	38.3	631.2	621.2	529.6	529.6	47.5	368.3	369
11:53:11	38.2	630.5	619.5	529.7	529.9	47.5	368.4	369.1
11:53:26	37.6	629.7	618.5	529.9	529.9	47.5	368.4	369
11:53:41	37.9	629.3	617.8	529.9	529.8	47.5	368.5	369.1
11:53:56	38	628.9	617.3	529.7	529.4	47.6	368.5	369.1
11:54:11	37.7	628.9	616.6	529.3	528.9	47.5	368.4	369
11:54:26	37.8	629	616.1	528.8	528.3	47.5	368.3	368.9
11:54:41	37.6	629	615.2	528.6	527.9	47.5	368.2	368.8
11:54:56	38.4	629.3	613.8	528.4	527.5	47.5	368.1	368.7
11:55:11	38.3	629.5	614.2	528.3	527.1	47.6	367.8	368.6

11:55:26	38.1	629.6	614.4	527.9	526.4	47.6	367.7	368.4
11:55:41	38.1	629.6	614.8	527.4	525.6	47.6	367.4	368.2
11:55:56	37.8	629.4	614.4	526.5	524.1	47.5	367.1	367.9
11:56:11	38.2	630.2	615	525.4	522.6	47.5	366.9	367.6
11:56:26	38.2	630.9	615.5	524.3	521.1	47.6	366.7	367.4
11:56:41	37.9	631	615.3	523	519.5	47.6	366.4	367.1
11:56:56	37.4	631.1	615.7	521.8	518	47.6	366	366.8
11:57:11	37.9	631.4	615.9	520.5	516.4	47.6	365.8	366.6
11:57:26	38.2	631.6	616.8	519.4	515	47.6	365.4	366.2
11:57:41	38.2	631.4	616.2	518.5	513.9	47.6	365	365.9
11:57:56	38.2	631.1	616.1	517.6	512.9	47.5	364.5	365.4
11:58:11	38.1	631.1	616.3	517	512.3	47.6	364.3	365.2
11:58:26	38.3	631.2	615.8	516.4	511.5	47.7	363.9	364.9
11:58:41	38.2	631.7	616.2	515.4	510.7	47.7	363.6	364.6
11:58:42	38.1	631.6	616.2	515.3	510.5	47.6	363.4	364.4
11:58:56	38.3	632.1	616.9	514.6	509.7	47.8	363.2	364.2
11:59:11	39.3	632.3	617	513.4	508.6	47.7	362.9	363.8
11:59:26	39.2	633	617.7	512.2	507.3	47.8	362.5	363.4
11:59:41	38.7	633.2	618.1	511.3	506.2	47.8	362.1	363.1
11:59:56	38.1	633.4	618.9	510.3	505.1	47.8	361.7	362.7
12:00:11	38.1	634.2	619.9	509.5	504.3	47.7	361.3	362.2
12:00:26	38.2	635.7	621	509	503.7	47.8	360.9	361.9
12:00:41	38.4	636.4	623	508.3	502.9	47.8	360.6	361.6
12:00:56	38.1	637.8	625.4	507.6	502.1	47.8	360.1	361.2
12:01:11	38.3	639.9	627.1	507	501.5	47.9	359.9	360.9
12:01:26	38.3	642.3	629	506.5	501	47.8	359.4	360.6
12:01:41	38.2	644.9	631.8	506.2	500.7	47.9	359.3	360.3
12:01:56	38.4	647.7	634.7	505.9	500.3	48	358.9	360.1
12:02:11	38.1	649.9	637.1	505.6	499.9	48	358.6	359.8
12:02:26	38.4	651.1	637.8	505.4	499.6	48	358.4	359.6
12:02:41	38.4	653.1	639.6	504.9	499.1	48.1	358.2	359.3
12:02:56	38.7	655.1	641	504.4	498.7	48.1	358.1	359.2
12:03:11	38.7	656.4	642.7	504	498.2	48.1	357.8	359
12:03:26	37.1	658	645.1	503.7	497.8	48.1	357.6	358.7
12:03:41	38	660.7	648.1	503.5	497.5	48.1	357.3	358.6
12:03:56	38.1	663.6	651.6	503.5	497.5	48.1	357	358.3
12:04:11	38.8	665.4	654.2	503.6	497.6	48.1	356.9	358.2
12:04:26	38.3	666.9	656.2	503.7	497.7	48.3	356.9	358.2
12:04:41	38	668.5	658.2	503.8	498	48.3	356.7	358
12:04:56	38.2	669.7	658.9	503.8	498	48.3	356.7	357.9
12:05:11	37.7	670.5	659.1	503.9	498	48.2	356.5	357.9
12:05:26	37.4	669.5	658.9	503.7	497.8	48.3	356.4	357.8
12:05:41	37.2	669	659.2	503.6	497.6	48.1	356.4	357.7
12:05:56	37.6	668.9	659.4	503.7	497.7	48.3	356.5	357.8

12:06:11	37.5	669.2	658	503.5	497.4	48.3	356.5	357.8
12:06:26	37.9	670	660.4	503.7	497.6	48.2	356.5	357.8
12:06:41	38.3	670.2	661.1	503.7	497.7	48.2	356.5	357.8
12:06:56	37.9	671.2	661.9	504	497.8	48.3	356.6	357.8
12:07:11	37.6	671.8	663.6	504.2	498	48.2	356.7	357.9
12:07:26	38.1	671.3	662.3	504.2	498.1	48.1	356.6	357.8
12:07:41	38.3	672.2	663.3	504.5	498.3	48.2	356.9	357.9
12:07:56	38.3	672.4	665.1	504.9	498.6	48.2	356.9	358
12:08:11	38.1	671.7	665	504.9	498.8	48.3	357	358.1
12:08:26	36.7	671.4	665.4	505.1	498.8	48.2	357	358.1
12:08:41	37.2	671.1	666.6	505.3	499.2	48.1	357	358.1
12:08:56	37.5	670.3	665	505.2	499	48	357.1	358.1
12:09:11	38	670.6	665.4	505.4	499	48.1	357.1	358.2
12:09:26	38.3	670.2	666	505.5	499.2	48.1	357.2	358.2
12:09:41	37.2	669.1	665.2	505.7	499.4	48.1	357.4	358.3
12:09:56	37.9	669.1	666	505.7	499.4	48.1	357.5	358.4
12:10:11	38.1	669.5	667.6	505.2	498.9	48.2	357.7	358.7
12:10:26	38.3	664.1	657.1	495	488.1	48.2	357.7	358.8
12:10:41	38.5	650	639.6	482.7	475	48.3	357.9	358.8
12:10:56	38.9	633.8	622	470.7	462.8	48.2	357.8	358.8
12:11:11	38.4	617.8	605.5	459.7	451.7	48.2	357.6	358.6
12:11:26	38.1	603.5	591	449.8	441.8	48.3	357.5	358.5
12:11:41	37.8	590.8	578	440.6	432.6	48.4	357.3	358.3
12:11:56	37.8	579	566.3	432.2	424.3	48.4	357.1	358
12:12:11	38.1	568.5	555.7	424.3	416.4	48.4	356.7	357.7
12:12:26	38.1	559.1	546.1	416.9	409	48.5	356.3	357.3
12:12:41	37.7	550.2	537	410.2	402.1	48.4	355.8	356.8
12:12:56	37.2	542	528.8	403.7	395.4	48.4	355.2	356.3
12:13:11	37.9	534.5	521.1	397.6	389.1	48.4	354.6	355.7
12:13:26	38.1	527.3	513.9	391.7	383.1	48.4	353.9	355
12:13:41	38.3	520.9	507.4	386.4	377.6	48.5	353.3	354.4
12:13:56	38.1	515	501.4	381.3	372.3	48.5	352.6	353.7
12:14:11	38.4	509.2	495.6	376.4	367.1	48.4	351.7	352.8
12:14:26	38.8	503.9	490.3	371.8	362.2	48.4	350.9	352.1
12:14:41	38.7	499.1	485.4	367.4	357.5	48.4	350.1	351.3
12:14:56	38.5	494.5	480.7	363.2	353	48.5	349.4	350.5
12:15:11	38.8	490	476	359.1	348.7	48.5	348.5	349.6
12:15:26	38.5	485.8	471.7	355.2	344.4	48.5	347.6	348.8
12:15:41	38	481.7	467.6	351.5	340.6	48.5	346.7	347.9
12:15:56	38	477.9	463.8	348.2	336.8	48.6	345.8	347.1
12:16:11	37.7	474.3	460.3	344.7	333.2	48.6	344.9	346.1
12:16:26	37.7	470.8	457	341.6	329.6	48.7	344.1	345.2
12:16:41	37.7	467.5	453.6	338.4	326.2	48.8	343.1	344.3
12:16:56	37.7	464.1	450.4	335.3	322.8	48.7	342	343.3

12:17:11	38.1	461.2	447.5	332.4	319.6	48.7	341	342.3
12:17:26	37.8	458	444.4	329.5	316.5	48.7	340	341.3
12:17:41	37.7	455.1	441.5	326.8	313.5	48.7	338.9	340.2
12:17:42	37.8	454.9	441.3	326.7	313.3	48.7	338.8	340.1
12:17:56	38.1	452.5	438.7	324.2	310.7	48.7	337.8	339.2
12:18:11	38.2	449.8	435.9	321.6	307.9	48.7	336.7	338.1
12:18:26	38.3	447.3	433.3	319.2	305.1	48.6	335.6	337
12:18:41	38	444.9	430.8	316.7	302.4	48.6	334.5	335.9
12:18:56	38.2	442.3	428.3	314.5	299.9	48.6	333.4	334.8
12:19:11	38.4	439.9	426	312.3	297.4	48.6	332.2	333.7
12:19:26	38.1	437.6	423.8	310.2	295	48.5	331	332.6
12:19:41	37.9	435.3	421.7	308	292.7	48.5	329.9	331.4
12:19:56	38.3	433	419.5	305.9	290.4	48.5	328.7	330.3
12:20:11	38.3	430.8	417.5	304	288.3	48.6	327.6	329.2
12:20:26	38.7	428.7	415.5	302.1	286.1	48.4	326.4	328
12:20:41	38.6	426.8	413.4	300.1	283.9	48.4	325.2	326.8
12:20:56	38.5	424.9	411.6	298.2	281.9	48.4	324.1	325.7
12:21:11	37.9	423.1	409.9	296.4	279.8	48.5	322.9	324.6
12:21:26	37.4	421.2	407.9	294.6	277.9	48.4	321.7	323.3
12:21:41	37.7	419.4	406.1	293	276	48.5	320.5	322.3
12:21:56	37.7	417.4	404.4	291.3	274	48.4	319.2	321
12:22:11	37.2	415.5	402.8	289.7	272.3	48.4	318.1	320
12:22:26	37	413.6	401	288	270.5	48.4	316.9	318.8
12:22:41	37.2	411.9	399.6	286.5	268.8	48.5	315.7	317.7
12:22:56	37.7	410.1	397.9	284.8	267	48.4	314.4	316.5
12:23:11	38	408.5	396.4	283.4	265.4	48.5	313.4	315.4
12:23:26	38.2	406.7	394.6	281.7	263.6	48.4	312	314.1
12:23:41	37.9	405.2	393.2	280.3	262	48.5	310.8	313
12:23:56	37.4	403.5	391.5	278.9	260.4	48.4	309.5	311.7
12:24:11	37.4	401.9	390	277.4	258.8	48.3	308.2	310.5
12:24:26	37.9	400.5	388.6	275.9	257.2	48.3	307	309.3
12:24:41	38.1	399.2	387.2	274.6	255.7	48.4	305.7	308.2
12:24:56	38.2	397.7	385.8	273.3	254.3	48.4	304.6	307
12:25:11	38.3	396.3	384.5	271.8	252.7	48.3	303.3	305.8
12:25:26	38.2	395	383.1	270.5	251.4	48.4	302	304.6
12:25:41	38.3	393.6	381.8	269.4	250.1	48.4	300.8	303.4
12:25:56	38.2	392.1	380.4	268.2	248.8	48.3	299.6	302.2
12:26:11	38.8	390.7	379.1	266.8	247.4	48.3	298.3	300.9
12:26:26	38.8	389.3	377.8	265.6	246	48.4	297.1	299.8
12:26:41	38	387.8	376.5	264.2	244.6	48.3	295.9	298.7
12:26:56	38.2	386.5	375.2	262.8	243.2	48.4	294.7	297.5
12:27:11	37.8	385.1	373.8	261.5	241.7	48.4	293.4	296.3
12:27:26	37.6	383.8	372.6	260.3	240.4	48.5	292.2	295.1
12:27:41	37.4	382.9	371.8	259.1	239.1	48.5	291	294

12:27:56	38.1	381.8	370.7	257.8	237.9	48.5	289.8	292.8
12:28:11	38.5	380.9	369.5	256.7	236.7	48.5	288.5	291.6
12:28:26	38.8	379.9	368.4	255.6	235.5	48.4	287.3	290.4
12:28:41	39	379.1	367.7	254.7	234.5	48.6	286.2	289.4
12:28:56	39.3	378.3	366.5	253.5	233.3	48.6	285	288.1
12:29:11	38.8	377.1	365.1	252.2	232	48.5	283.6	286.8
12:29:26	38.4	376.3	364.2	251.1	230.9	48.5	282.4	285.6
12:29:41	38.4	375.4	363.1	249.8	229.8	48.5	281.2	284.5
12:29:56	38.6	374.2	361.8	248.7	228.6	48.5	280	283.3
12:30:11	38.9	373.2	360.7	247.6	227.4	48.5	278.7	282
12:30:26	38.3	372.2	359.7	246.5	226.3	48.5	277.5	280.9
12:30:41	39.1	371.2	358.7	245.4	225.1	48.5	276.3	279.7
12:30:56	38.7	370.3	357.9	244.3	224	48.6	275.2	278.6
12:31:11	38.2	369.3	356.8	243.1	222.8	48.5	273.8	277.2
12:31:26	38.9	368.6	355.9	242	221.7	48.5	272.6	276.1
12:31:41	38.4	367.6	354.8	240.9	220.7	48.5	271.4	274.9
12:31:56	38.5	366.7	353.9	239.8	219.6	48.5	270.3	273.8
12:32:11	38.3	365.7	352.9	238.8	218.4	48.5	269.1	272.6
12:32:26	38.1	364.7	351.9	237.8	217.4	48.5	267.9	271.4
12:32:41	38.4	363.8	350.8	236.8	216.3	48.6	266.8	270.3
12:32:56	38	362.8	349.9	235.7	215.2	48.5	265.5	269.1
12:33:11	37.5	361.9	348.9	234.8	214.2	48.5	264.4	268
12:33:26	37.8	360.8	348.9	234.8	214.2	48.5	264.4	268
12:33:41	38.2	360.1	347.1	232.4	212	48.6	262	265.7
12:33:56	38	359.4	346.3	231.3	210.9	48.6	260.8	264.5
12:34:11	38.4	358.4	345.4	230.3	209.8	48.5	259.6	263.3
12:34:26	38.6	357.5	344.5	229.1	208.7	48.5	258.4	262.1
12:34:41	38.9	356.9	344	228.3	207.8	48.6	257.4	261
12:34:56	39	355.9	343.1	227.2	206.8	48.6	256.2	259.9
12:35:11	38.8	355	342.2	226.1	205.7	48.6	255.1	258.8
12:35:26	38.9	354	341.5	225	204.5	48.6	253.9	257.5
12:35:41	38.7	352.9	340.6	224	203.5	48.6	252.7	256.4
12:35:56	38.9	351.8	339.6	222.9	202.5	48.6	251.6	255.2
12:36:11	38.6	351	338.7	221.9	201.5	48.6	250.4	254.1
12:36:26	38.7	350	337.8	220.8	200.3	48.5	249.3	252.9
12:36:41	38.6	349	336.8	219.8	199.4	48.6	248.1	251.8
12:36:56	38.3	348.1	336	218.8	198.3	48.5	246.9	250.6
12:37:11	38.8	347.4	335.3	217.8	197.3	48.6	245.8	249.5
12:37:26	39.1	346.4	334.3	216.8	196.3	48.5	244.6	248.3
12:37:41	38.9	345.4	333.5	215.8	195.4	48.5	243.6	247.2
12:37:56	38	344.6	332.9	214.9	194.3	48.5	242.5	246.2
12:38:11	37.1	343.7	332	213.9	193.4	48.6	241.3	245.1
12:38:26	37.1	342.9	331.2	213	192.4	48.5	240.3	244

### ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณสมดุลพลังงานสำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

## การคำนวณสมดุลพลังงานสำหรับเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

### พลังงานขาเข้า(Energy Input)

#### พลังงานเชื้อเพลิง( $Q_{fuel}$ )

ในการทดลองเผามูลฝอยติดเชื้อด้วยเตาเผาที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ในการให้ความร้อนแก่เตาเผา สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 ช่วงเวลา 0 ถึง 180 นาที มีการใช้น้ำมันดีเซลทั้งสิ้น 108 ลิตร สามารถคำนวณพลังงานเชื้อเพลิงได้จาก

$$Q_{fuel} = V_{fuel} LHV$$

$$Q_{fuel} = 108 \times 36.42$$

$$Q_{fuel} = 3933.36 MJ$$

#### พลังงานจากการเผามูลฝอยติดเชื้อ( $Q_{waste}$ )

มูลฝอยติดเชื้อที่ใช้ในการทดลองนั้นเป็นมูลฝอยติดเชื้อซึ่งเก็บมาจากแผนกต่างๆในโรงพยาบาล ได้แก่ ศัลยกรรม คลอด เจาะเลือด กระจก ICU และผ่าตัด ซึ่งมูลฝอยแต่ละถุงจะเป็นมูลฝอยคละกันของหลายแผนกในโรงพยาบาลทำให้ในมูลฝอยหนึ่งถุงจะมีมูลฝอยหลายชนิดปนกันอยู่ สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 ช่วงเวลา 0 ถึง 180 นาที มีการเผามูลฝอยทั้งสิ้น 139.5 กิโลกรัม เนื่องจากมูลฝอยติดเชื้อในการทดลองครั้งนี้ส่วนใหญ่จะเป็นพวกผ้าชุบน้ำยา ผ่ากอซ สำลี ผ้าพันแผล ของเหลว น้ำเหลือง ซึ่งค่าความร้อนของมูลฝอยพวกนี้จะใกล้เคียงกัน คือมีค่าประมาณ 28,000 กิโลจูลต่อกิโลกรัม สามารถคำนวณพลังงานจากการเผา มูลฝอยติดเชื้อได้จาก

$$Q_{waste} = m_{waste} LHV$$

$$Q_{waste} = m_{waste} (HHV - N(h_{fg}))$$

$$Q_{waste} = 139.5(28000 - 9.35(2418.6))$$

$$Q_{waste} = 751.35 MJ$$

### พลังงานจากอากาศช่วยในการเผาไหม้( $Q_{\text{secondary air}}$ )

เตาเผามูลฝอยติดเชื้อที่ทำการทดลองนั้น มีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศเข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อช่วยในการเผาไหม้มูลฝอยติดเชื้อ โดยอัตราการไหลของอากาศมีค่าเท่ากับ 0.128 กิโลกรัมต่อวินาที สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 ช่วงเวลา 0 ถึง 180 นาที ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 180 นาที สามารถคำนวณพลังงานจากอากาศช่วยในการเผาไหม้ได้จาก

$$Q_{\text{secondary air}} = mh_{\text{air}}$$

$$Q_{\text{secondary air}} = 0.128 \times 180 \times 60 \times 300.19$$

$$Q_{\text{secondary air}} = 421.93 \text{ MJ}$$

### พลังงานขาออก(Energy Output)

#### การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนธรรมชาติเฉลี่ย

ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนใช้พิจารณาความร้อนจากเตาเผามูลฝอยติดเชื้อถ่ายเทให้กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสมการการถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อน ดังนี้

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = h_m A_{\text{conv}} (T_{\text{surface}} - T_{\infty})$$

กำหนดให้

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = \text{อัตราการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการพาความร้อน} \quad (\text{W})$$

$$h_m = \text{ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนธรรมชาติเฉลี่ย} \quad (\text{W/m}^2\text{-K})$$

$$A_{\text{conv}} = \text{พื้นที่ผิวที่เกิดการพาความร้อน} \quad (\text{m}^2)$$

$$T_{\text{surface}} = \text{อุณหภูมิผิวเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ} \quad (\text{K})$$

$$T_{\infty} = \text{อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม} \quad (\text{K})$$

การหาความร้อนที่สูญเสียไปกับการพาความร้อนจากสมการด้านบนนั้น จำเป็นจะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนธรรมชาติเฉลี่ย ( $h_m$ ) เสียก่อน ซึ่งค่า  $h_m$  มี



ความสัมพันธ์กับค่าตัวเลขนัมเบอร์ ( $\overline{Nu}$ ), สมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ(k), ขนาดของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

$$h_m = \frac{k}{D} \overline{Nu}$$

โดยที่

$$\overline{Nu} = Gr_L Pr = \frac{g\beta(T_{surface} - T_{amb})L_c^3}{\nu^2} Pr$$

กำหนดให้

k = สมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ (W/m-K)

$Gr_L$  = แกร์ชอพนัมเบอร์ -

Pr = พรันท์นัมเบอร์ -

g = ค่าคงที่โน้มถ่วงของโลก ( $m/s^2$ )

$\beta$  = สมประสิทธิ์การขยายตัวของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ย (1/K)

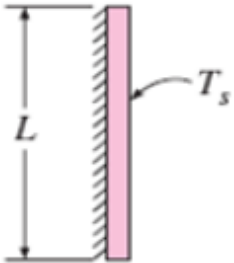
L = ความสูงของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ (m)

$\nu$  = ความหนืดจลน์ของอากาศที่อุณหภูมิเฉลี่ย ( $m^2/s$ )

สำหรับค่า k มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิฟิล์ม ( $T_{film}$ ) ของอากาศที่อยู่ล้อมรอบเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ โดยอุณหภูมิฟิล์มหาได้จาก

$$T_{film} = \frac{T_{surface} + T_{amb}}{2}$$

สามารถประเมินลักษณะที่พิจารณาเป็นการพาความร้อนอิสระบนผิวราบ  
แนวตั้งได้

<p>Vertical plate</p> 	<p><b>Range of Ra</b></p> <p><math>10^4 - 10^9</math>    <math>Nu = 0.59Ra_L^{1/4}</math></p> <p><math>10^9</math> – <math>10^{13}</math>    <math>Nu = 0.1Ra_L^{1/3}</math></p> <p>Entire range    <math>Nu = \left( 0.825 + \frac{0.387Ra_L^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right)^2</math></p>
---	---

รูปที่ ค-1 การหา  $Nu$  มีความสัมพันธ์กับค่า  $Ra_L$  ต่างๆ

เนื่องจากการพิจารณาค่าตัวเลขไรย์สเลย์ (Nu) จะต้องทราบค่าเรย์สเลย์ (Ra<sub>L</sub>) และค่าพรัานท์นัมเบอร์ (Pr) ดังนั้นจะต้องทำการหาค่า 2 ตัวแปรนี้ก่อนโดยเริ่มจาก Pr

สำหรับ Pr มีความสัมพันธ์กับ  $T_{film}$  ของอากาศที่อยู่ล้อมรอบเตาเผาโมลฝอยติดเชื้อ จากนั้นนำค่า  $T_{film}$  ที่คำนวณได้ไปเปิดตารางความสัมพันธ์ของ Pr กับอุณหภูมิต่างๆ เช่นเดียวกันกับการหาค่า k

ส่วนค่า  $Ra_L$  หาได้จากสมการด้านล่างซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$Ra_L = Gr_L Pr = \frac{g\beta(T_s - T_{amb})L_c^3}{\nu^2} Pr$$

หลังจากสามารถหาค่า  $Ra_L$  ก็จะสามารถหาค่า  $\overline{Nu}$  ซึ่งนำไปสู่การหาค่า  $h_m$  และท้ายที่สุดก็จะสามารถหา  $\dot{Q}_{conv}$  ได้

ตัวอย่างการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนธรรมชาติเฉื่อย

$$\dot{Q}_{conv} = h_m A_{conv} (T_{surface} - T_{amb})$$

กำหนดให้

$$T_{amb} = 305K$$

$$T_{surface} = 308.5K$$

$$L = 2.05 \text{ m}$$

จากสมการการหาอัตราการพาความร้อน จะพบตัวแปรไม่ทราบค่า 2 ตัว คือ  $\dot{Q}_{conv}$  และ  $h_m$  ดังนั้นจะต้องทำการหาค่า  $h_m$  โดยที่  $h_m$  มีความสัมพันธ์กับ  $\overline{Nu}$  ดังนี้

$$h_m = \frac{k}{D} \overline{Nu}$$

จากความสัมพันธ์ของ  $h_m$  กับ  $\overline{Nu}$  ซึ่งมีค่า  $k$  เป็นตัวไม่ทราบค่าอีกตัว ดังนั้นต้องทำการหาค่า  $k$  โดยทราบจากความสัมพันธ์ระหว่าง  $k$  กับอุณหภูมิต่างๆ ซึ่งก็คือ  $T_{film}$  สามารถหา  $T_{film}$  ได้โดย

$$T_{film} = \frac{T_{surface} + T_{amb}}{2}$$

$$T_{film} = \frac{308.5 + 305}{2}$$

$$T_{film} = 306.75K$$

นำค่า  $T_{film}$  เปิดตารางหาค่า  $k$

$$K = 0.0267 \text{ W/m-K}$$

$$v = 0.0000251301 \text{ W/m-K}$$

$$Pr = 0.709$$

คำนวณหา  $Gr_L$  โดย

$$Gr_L = \frac{g\beta(T_s - T_{amb})L_c^3}{\nu^2}$$

$$Gr_L = \frac{(9.81)(1/307)(308.5 - 305)(2.05)^3}{(0.0000251301)^2}$$

$$Gr_L = 1.52572 \times 10^9$$

คำนวณหา  $Ra_L$  จากความสัมพันธ์

$$Ra_L = Gr_L Pr$$

$$Ra_L = (1.52572 \times 10^9)(0.709)$$

$$Ra_L = 1.0817 \times 10^9$$

การพาความร้อนในเตาเผาถูกลดโดยติดตั้งท่อที่ทำการทดลองนี้ สามารถใช้การพาความร้อนบนแผ่นเรียบแนวตั้งมาพิจารณาได้

$$Nu = \left( 0.825 + \frac{0.387 Ra_L^{1/6}}{\left[ 1 + (0.492 / Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right)^2$$

$$Nu = \left( 0.825 + \frac{0.387 (1.0817 \times 10^9)^{1/6}}{\left[ 1 + (0.492 / 0.709)^{9/16} \right]^{8/27}} \right)^2$$

$$Nu = 125.8513$$

เพราะฉะนั้น  $h_m$  คือ

$$h_m = \frac{k}{D} Nu$$

$$h_m = \frac{0.0267}{2.05} (125.8513)$$

$$h_m = 1.64 \text{ W / m}^2 - \text{K}$$

พลังงานที่สูญเสียสำหรับการพาความร้อนที่ผิวของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

( $Q_{conv,shell}$ )

เราสามารถคำนวณหาสัมประสิทธิ์การพาความร้อนธรรมชาติเฉลี่ย ( $h_m$ ) ซึ่งนำไปใช้คำนวณหาพลังงานที่สูญเสียจากการพาความร้อนต่อไป

หลังจากที่หาค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนธรรมชาติเฉลี่ยได้แล้ว ก็สามารถคำนวณหาการพาความร้อนได้จากสูตรการพาความร้อนดังนี้

$$\dot{Q}_{conv} = h_m A_{conv} (T_{surface} - T_{\infty})$$

ปริมาณการพาความร้อนในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงพลังงานที่สูญเสียจากผิวของตัวถังเหล็กของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

$$Q_{conv} = \dot{Q}_{conv} \Delta T$$

สำหรับช่วงการอ่านอุณหภูมิที่ผิวของตัวเตาเผาทุกๆ 30 นาที (Sampling rate) หมายถึงมีอัตราการพาความร้อนจากผิวของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ในช่วงเวลา 30 นาที ด้วยอุณหภูมิที่อ่านได้ค่าอื่นๆ

$$\Delta T = 30 \times 60$$

$$\Delta T = 1800s$$

$$Q_{conv} = \dot{Q}_{conv} (1800)$$

$$Q_{conv} = \dot{Q}_{conv} \left( \frac{1800}{1000000} \right)$$

ฉะนั้น ตลอดช่วงเวลา 15 วินาที ที่อ่านค่าที่อุณหภูมิของผิวเตาเผามูลฝอยติดเชื้อนั้น ก็จะสามารถรวมปริมาณความร้อนที่สูญเสียได้ตั้งแต่ต้นถึงเวลาใดๆ

$$Q_{conv,shell} = \sum_0^i Q_{conv}$$

พลังงานที่สูญเสียจากการแผ่รังสีความร้อนที่ผิวของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

$(Q_{rad,shell})$

สำหรับการแผ่รังสีความร้อนก็มีลักษณะการพิจารณาที่คล้ายคลึงกับการพาความร้อน

$$\dot{Q}_{rad} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_\infty^4)$$

ปริมาณการแผ่รังสีความร้อนในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงพลังงานที่สูญเสียจากผิวของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

$$Q_{rad} = \dot{Q}_{rad} \Delta T$$

สำหรับช่วงการอ่านค่าห่างกัน (Sampling rate) 30 นาที

$$Q_{rad} = \dot{Q}_{rad} \left( \frac{1800}{1000000} \right)$$

ปริมาณความร้อนสะสมตั้งแต่เวลาต้นถึงเวลาใดๆ

$$Q_{rad,shell} = \sum_0^t Q_{rad}$$

### การคำนวณพลังงานสะสมในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ ( $Q_{sto,incinerator}$ )

น้ำมันเชื้อเพลิงที่เกิดการเผาไหม้ด้วยหัวเผาจะเปลี่ยนรูปกลายเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งพลังงานความร้อนจะถ่ายเทไปยังผนังด้านข้างและด้านบนของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ กลายเป็นพลังงานความร้อนสะสมในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อต่อไป

โดยพลังงานความร้อนที่สะสมในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อจะสะสมในผนังด้านหน้า ด้านขวา ด้านซ้าย ด้านหลัง และด้านบนเป็นไปตามสมการด้านล่าง ดังนี้

พลังงานความร้อนสะสมในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ = พลังงานสะสมในผนังด้านหน้าเตา + พลังงานสะสมในผนังด้านขวาเตา + พลังงานสะสมในผนังด้านซ้ายเตา + พลังงานสะสมในผนังด้านหลังเตา + พลังงานสะสมในผนังด้านบนเตา

$$Q_{sto,incinerator} = A_{front} \rho_{incinerator} c_{p,incinerator} \int_{x_i}^{x_o} T(x) dx + A_{right} \rho_{incinerator} c_{p,incinerator} \int_{x_i}^{x_o} T(x) dx$$

$$+ A_{left} \rho_{incinerator} c_{p,incinerator} \int_{x_i}^{x_o} T(x) dx + A_{back} \rho_{incinerator} c_{p,incinerator} \int_{x_i}^{x_o} T(x) dx + A_{top} \rho_{incinerator} c_{p,incinerator} \int_{x_i}^{x_o} T(x) dx$$

กำหนดให้

$\rho_{incinerator}$  = ความหนาแน่นของวัสดุทนไฟที่เป็นผนังเตาเผา

$c_{p,incinerator}$  = ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุทนไฟที่เป็นผนัง

เตาเผา

$A$  = พื้นที่ด้านที่ได้รับความร้อนของเตาเผา

$\int_{x_i}^{x_o} T(x) dx$  = พลังงานการแจกแจงอุณหภูมิในผนังเตาเผาตั้งแต่  $x_i$

ถึง  $x_o$

$x_i$  = ระยะเริ่มต้นของผนังเตาเผาสำหรับการคำนวณ

$x_o$  = ความหนาของผนังเตาเผา

### การคำนวณพลังงานสะสมในผนังด้านหน้าเตาเผาผลผลิตเชื้อ ( $Q_{sto,front}$ )

เทอมสมการที่ติดอยู่ในรูปของอินทิเกรต ซึ่งต้องประยุกต์ระเบียบวิธีการคำนวณเชิงตัวเลข (Numerical method) มาช่วยในการแก้สมการหาค่าพลังงานสะสมในเตาเผาผลผลิตเชื้อ คือ

$$\int_{x_i}^{x_o} T(x) dx$$

จะเห็นได้ว่าเป็นอินทิเกรตฟังก์ชันในการอินทิเกรตเป็นสมการเชิงเส้นซึ่งไม่มีตัวแปรมาคูณเพิ่ม ดังนั้นจึงสามารถประยุกต์ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข “กฎสี่เหลี่ยมคางหมู” มาช่วยในการหาค่าอินทิเกรตได้ ดังสมการนี้

$$T(x) \approx I \approx \frac{b-a}{2} [T(x_o) + T(x_i)]$$

กำหนดให้

$I$  = ค่าประมาณอินทิเกรต

$b - a$  = ค่าความหนาของผนังเตาเผาในระดับชั้นที่สนใจ

$T(x_o)$  = ค่าฟังก์ชันการแจกแจงอุณหภูมิของระดับชั้นที่สนใจ ที่ตำแหน่งแรก

$T(x_i)$  = ค่าฟังก์ชันการแจกแจงอุณหภูมิของระดับชั้นที่สนใจ ที่ตำแหน่งปลาย

โดยฟังก์ชันการแจกแจงอุณหภูมิสามารถหาได้จากอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมคัปเปิลโดยนำค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่เทอร์โมคัปเปิลอ่านได้สร้างฟังก์ชันการแจกแจงของอุณหภูมิ ซึ่งสามารถประมาณได้ว่าการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเชิงเส้น

$$T(x) = a_0 + a_1 x$$



ตัวอย่างการคำนวณพลังงานสะสมในผนังด้านหน้าของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ

$(Q_{sto,front})$

$$Q_{sto,front} = A_{front} \rho_{incinerator} c_{p,incinerator} \int_{x_i}^{x_o} T(x) dx$$

โดยที่

$$\int_{x_i}^{x_o} T(x) dx \approx \frac{b-a}{2} [T(x_o) + T(x_i)]$$

กำหนดให้

$$\rho = 2500 \text{ kg / m}^3$$

$$X_i = 0 \text{ m}$$

$$c_{p,incinerator} = 1.2 \text{ kJ / kg - K}$$

$$X_o = 0.348 \text{ m}$$

$$T_i = 475^\circ \text{C}$$

$$A_{front} = 2.7048 \text{ m}^2$$

$$T_o = 32^\circ \text{C}$$

หาฟังก์ชันการแจกแจงอุณหภูมิภายในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อระหว่างตำแหน่ง  $i$  ถึง  $o$

$$T(x) = a_0 + a_1 x$$

เงื่อนไขขอบเขต

$$T_i = 475^\circ \text{C}$$

$$T_o = 32^\circ \text{C}$$

จะได้

$$475 = a_0 + a_1(0)$$

$$32 = a_0 + a_1(0.348)$$

แก้สมการด้านบนเพื่อหาค่า  $a_0$  และ  $a_1$  จะได้

$$a_0 = 475$$

$$a_1 = -1272.98$$

เพราะฉะนั้นฟังก์ชันการแจกแจงอุณหภูมิภายในเตาเผามูลฝอยติดเชื้อระหว่างตำแหน่ง  $i$  ถึง  $o$  คือ

$$T(x) = 475 - 1272.98x$$

นำฟังก์ชันการแจกแจงอุณหภูมิแทนลงในอินทิเกรต

$$\int_{x_i}^{x_o} T(x) dx = \int_0^{0.348} (475 - 1272.98x) dx$$

ประยุกต์ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขกฎสี่เหลี่ยมคางหมู

$$\int_0^{0.348} (475 - 1272.98x) dx = \frac{0.348}{2} [T(0) + T(0.348)]$$

$$T(0) = 475 - 1272.98(0)$$

$$T(0) = 475$$

$$T(0.348) = 475 - 1272.98(0.348)$$

$$T(0.348) = 32$$

เพราะฉะนั้น

$$\int_0^{0.348} (475 - 1272.98x) dx = \frac{0.348}{2} [475 + 32]$$

$$\int_0^{0.348} (475 - 1272.98x) dx = 88.218$$

ฉะนั้นพลังงานสะสมในผนังด้านหน้าของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อ คือ

$$Q_{sto, front} = A_{front} \rho_{incinerator} c_{p, incinerator} \int_{x_i}^{x_o} T(x) dx$$

$$Q_{sto, front} = (2.7048)(2500)(1.2)(88.218)$$

$$Q_{sto, front} = 715.83 MJ$$

### ภาคผนวก ง

ข้อมูลทางเทคนิคของเชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลทางเทคนิคของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

ประเภท	Unit	kcal/Unit	Toe/ลิ้น Unit	MJ/Unit	k-Btu/Unit
<b>พลังงานเชิงพาณิชย์</b>					
* น้ำมันดิบ	Litre	8,680	860.00	36.33	34.44
* คอนเดนเสท	Litre	7,900	782.72	33.07	31.35
* ก๊าซธรรมชาติ					
- ชีน	cu.ft	248	24.57	1.04	0.98
- แห้ง	cu.ft	244	24.18	1.02	0.97
* ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม					
- ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	Litre	6,360	630.14	26.62	25.24
- น้ำมันเบนซิน	Litre	7,520	745.07	31.48	29.84
- น้ำมันเครื่องบิน	Litre	8,250	817.40	34.53	32.74
- น้ำมันก๊าด	Litre	8,250	817.40	34.53	32.74
- น้ำมันดีเซล	Litre	8,700	861.98	36.42	34.52
- น้ำมันเตา	Litre	9,500	941.24	39.77	37.70
- ยางมะตอย	Litre	9,840	974.93	41.19	39.05
- ปิโตรเลียมโค้ก	kg	8,400	832.26	35.16	33.33
* ไฟฟ้า	kWh	860	85.21	3.60	3.41
* ไฟฟ้าพลังน้ำ	kWh	2,236	221.54	9.36	8.87
* พลังงานความร้อนใต้ ดิน	kWh	9,500	941.24	39.77	37.70
* ถ่านหินนำเข้า	kg	6,300	624.19	26.37	25.00
* ถ่านโค้ก	kg	6,600	653.92	27.63	26.19
* แอนทราไซต์	kg	7,500	743.09	31.40	29.76
* อีเทน	kg	11,203	1,110.05	46.89	44.45
* โพรเพน	kg	11,256	1,115.34	47.11	44.67
* ลิกไนต์					
- ลี	kg	4,400	435.94	18.42	17.46
- กระบี่	kg	2,600	257.60	10.88	10.32
- แม่เกาะ	kg	2,500	247.70	10.47	9.92
- แจ็คอน	kg	3,610	357.67	15.11	14.32

ที่มาข้อมูล : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

ภาคผนวก จ

ข้อมูลลักษณะคุณสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อ

ตารางที่ จ-1 ลักษณะคุณสมบัติของมูลฝอยติดเชื้อ

ส่วนประกอบ	HHV (แห้ง) (kJ/kg)	ความหนาแน่น ขณะเผา (kg/m <sup>3</sup> )	ความชื้นโดย น้ำหนัก (%)	ค่าความร้อน ขณะเผา (kJ/kg)
ชิ้นส่วนร่างกาย มนุษย์	18,600- 27,900	800-1,200	70-90	1,860-6,670
พลาสติก	32,500- 46,500	80-2,300	0-1	32,300-46,500
ผ้าชุบน้ำยา	18,600- 27,900	80-1,000	0-30	13,000-27,900
แอลกอฮอล์	25,500- 32,500	800-1,000	0-0.2	25,500-32,500
สัตว์ที่ติดเชื้อ	20,900- 37,100	500-1,300	60-90	2,090-14,900
แก้ว	0	2,800-3,600	0	0
ฟูก กระดาษ อุจจาระ	18,600- 20,900	320-730	10-50	9,300-18,800
ผ้ากอซสำลี ผ้าพันแผล	18,600- 27,900	80-1,000	0-30	13,000-27,900
พลาสติก PVC สลิงค์	22,500- 46,500	80-2,300	0	0
วัสดุมีคม	140	7,200-8,000	0	0
ของเหลว น้ำเหลือง	0-23,200	990-1,010	80-100	0-4,640

ที่มาข้อมูล : เสกสรรค์ สุทธิรงค์, (2551)

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายภาวัต ประทุมศิริ เกิดเมื่อวันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2529 ที่จังหวัดพิษณุโลก สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร เมื่อปีการศึกษา 2552 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553

ระหว่างที่ทำการศึกษาในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ได้เข้าร่วมประชุมวิชาการและนำเสนอบทความวิจัย เรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเตาเผามูลฝอยติดเชื้อโดยการนำแก๊สปล่อยทิ้งมาอุ่นอากาศเผาไหม้ ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25 (ME-NETT) ฉบับที่ 25 ตีพิมพ์เมื่อ พ.ศ. 2554