รายงานผลการวิจัย
ทุนวิจัย
กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช

เรื่อง

โรงงานต้นแบบเผาขยะด้วยเตาเผาแบบฟลูอิไดเซชัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ

จฬ
วท 15
010244

ธันวาคม 2542

รายงานฉบับสมบูรณ์โครงงานวิจัย
เรื่อง
โรงงานต้นแบบเผาขยะด้วยเตาเผาแบบฟลูอิไดเซชัน

เสนอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย

ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ

ภาควิชาเคมีเทคนิค
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธันวาคม 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการวิจัยเรื่อง โรงงานต้นแบบเผาขยะด้วยเตาเผาแบบฟลูอิไดเซชัน

บทคัดย่อ

ปัจจุบันขยะได้สร้างปัญหาต่อทุกชุมชนและเมืองต่างๆในประเทศเนื่องจากประชาชนต่างมีความกลัวต่อกลิ่นและฝุ่นละอองที่ปลิวมาตามกระแสลมจะเป็นสิ่งทำลายสุขภาพและก่อให้เกิดโรคต่างๆหน่วยงานของรัฐหลายฝ่ายได้พยายามพัฒนาแนวทางกำจัดขยะ อาทิ การฝังกลบ การนำกลับมาใช้ใหม่การทำปุ๋ย จนถึงระบบเผาทำลาย แต่ละกระบวนการก็ประสบปัญหาที่ประชาชนยังไม่ยอมรับ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเตาเผาขยะแบบไร้กลิ่นไร้ควันด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันขึ้นมาใช้ทำลายขยะ ขยะที่ใช้ในการทดลองเป็นขยะที่เกิดขึ้นในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การป้อนขยะเข้าเตาเผาเป็นระบบป้อนต่อเนื่อง ขั้นต้นก่อนขยะจะป้อนเข้าเตาเผาขยะถูกแยกเหล็กออกด้วยแม่เหล็ก แก้ว เซรามิกถูกตีให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆด้วยเครื่องย่อยแบบฆ้อนหมุนรอบตัวเอง เศษแก้ว เศษเซรามิกรวมทั้งทรายถูกแยกออกด้วยระบบสายพานที่แบบมีร่องขยะถูป้อนเข้าเตาเผาด้วยระบบไฮโดรลิกอย่างอัตโนมัติด้วยอัตราการป้อน 100 ถึง 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เตาเผาสร้างด้วยเหล็กกล้าหนา 5 มม. บุด้วยเส้นใยเซรามิกและอิฐทนไฟ เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 700 มม. สูง 3.10 เมตร เถ้าและแก๊สหลังการเผาไหม้ไหลออกทางด้านบนของเตาไปยังเครื่องกำจัดฝุ่น(ไซโคลน) ส่วนแก๊สเสียเมื่อผ่านไซโคลนไปแล้วจะถูกจับด้วยน้ำและสารละลายในหอดูดกลืนแบบเปียก คุณภาพของแก๊สก่อนปล่อยสู่บรรยากาศได้ถูกตรวจวัดพบว่ามีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมทุกค่าของแก๊ส ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกออกไซด์มีไม่เกิน 100 ส่วนในล้านส่วน ค่าดำเนินงานคิดเฉพาะ ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซล ประมาณ 0.89 บาทต่อการเผาขยะ 1 กิโลกรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Title : Pilot Scale of Solid Waste Combustion in Fluidization Incinerator

Abstract

Cities and towns in Thailand are actually facing the problem overloading of solid waste. Different treatments are implemented such as landfill, recycle, decomposing and burning. People often protest against treatment methods chosen by government or metropolitans. They are afraid of smell and dust flowing in the win that may contaminate and infect their health. In this research work, we have developed fluidized bed incinerator to burn solid waste in condition of smokeless and smell-less. Garbage from Chulalongkorn University campus was feed continuously into this incinerator. Iron and dry battery were separated by magnetic at the end of first bell conveyor and then glass, ceramic sand and brick were crashed by hammer mill and fell down to the bottom of bell separator. Remained solid waste was pushed into a hot sand bed by automatic hydraulic system with the rate 100 to 250 kg/hr. The incinerator was built of steel 5 mm in thickness lining with ceramic fiber and refractory brick with diameter 700 mm and total height 3.10 m. Flied ash and toxic gases from the combustion chamber were treated by cyclone and wet scrubber respectively. The quality of exhausted gases was detected and they were in the standard limit of the Ministry of Science Technology and Environment. The amount of CO did not exceed 100 ppm. The operation cost (electricity + fuel) was 0.89 Baht per kilogram of solid waste.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 การเผาขยะบ้านเรือน	1
บทที่ 2 เครื่องมือและวิธีการทดลอง	6
บทที่ 3 ผลการทดลอง	21
บทที่ 4 วิจารณ์ผลการทดลอง	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	30
ภาคผนวก	32
ภาคผนวกที่ 1 วิธีการเก็บตัวอย่างขยะมูลฝอย	33
ภาคผนวกที่ 2 วิธีการหา % น้ำหนักเปียก และ % น้ำหนักแห้ง	34
ภาคผนวกที่ 3 วิธีการทดสอบการวิเคราะห์ขยะมูลฝอย (Proximate analysis)	35
ภาคผนวกที่ 4 วัดปริมาณ CO, CO_2 และ O_2	43
ภาคผนวกที่ 5 วัดปริมาณแก๊สที่ปล่องทางออก โดย ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	48
ภาคผนวกที่ 6 วัดปริมาณแก๊สที่ปล่องทางออก โดย บริษัท U A E จำกัด	55
ภาคผนวกที่ 7 วงจรการควบคุมการทำงานของระบบการป้อนขยะด้วยไฮโดรลิก	87

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
การกำจัดขยะด้วยวิธีการเผา

ขยะ

มีความหมายหลายประการ ดังเช่น ของที่ใช้แล้วเหลือ ของที่ใช้ไม่หมด ของที่ใช้ไม่ได้ ของที่หมดอายุแล้ว ของที่ไม่ถูกวัตถุประสงค์ หรือ ของที่มีตำหนิ โดยทั่วไปจะหมายถึงของแข็งเท่านั้น

แหล่งกำเนิด

ขยะเกิดจากพฤติกรรมของ มนุษย์ ที่ใช้สิ่งของแล้วเหลือ มีแหล่งกำเหนิดหลายแหล่ง อาทิ ตามบ้านเรือน โรงแรม ตลาด ภัตตาคารและกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ขยะในแต่ละแหล่งมีลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็นชัด

ขยะบ้านเรือน

เกิดจากแต่ละครอบครัวที่ต้องประกอบอาหารขึ้นรับประทานหรือซื้อเป็นอาหารสำเร็จรูปทุกวัน แต่ละครั้งที่ประกอบอาหารต้องมีของเหลือทิ้งเสมอของเหล่านี้มีทั้ง ภาชนะบรรจุอาหารเหล่านี้เป็นวัสดุจำพวก ถุงพลาสติก กล่องกระดาษ กล่องโฟม ถุงกระดาษ เศษอาหาร นอกจากนี้จะมีวัสดุหรือของที่หมดอายุใช้งานไม่ได้แล้ว เช่น เสื้อผ้า ผ้าห่ม ที่นอน วิทยุ ถ่านไฟฉาย เครื่องเรือน สายไฟฟ้า หลอดไฟฟ้า เป็นต้น อาจจะมีใบไม้กิ่งไม้บ้าง ทางกองวิชาการของสำนักรักษาความสะอาดกรุงเทพฯมหานครได้จัดเก็บข้อมูลขององค์ประกอบขยะภายในกรุงเทพฯเมื่อปี 2538 (1) ดังมีรายละเอียดที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของขยะมูลฝอยในเขตกรุงเทพฯ (1)

ลำดับที่	องค์ประกอบ	น้ำหนัก(%)
1	เศษอาหาร	22.0
2	กระดาษ	5.6
3	พลาสติก	8.2
4	ยาง	1.4
5	เศษผ้า	3.7
6	หนัง	-
7	ใบไม้-กิ่งไม้	10.8
8	ไม้	11.5
9	แก้ว	3.2
10	กระป๋อง	-
11	โลหะเหล็ก	2.9
12	โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	-

13	ฝุ่น ขี้เถ้า อิฐ และอื่นๆ	30.7
14	**รวม**	100.0

ลักษณะขยะบ้านเรือน

จากข้อมูลเบื้องต้นที่สำนักรักษาความสะอาดกรุงเทพมหานครได้รวบรวมไว้นั้นเราสามารถวิเคราะห์ลักษณะของขยะเมืองออกได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้

ลักษณะแรกแยกขยะออกตามคุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ ขยะเปียก ขยะแห้ง และ ขยะอันตราย

ลักษณะที่สองแยกตามคุณสมบัติทางเคมีได้แก่ ขยะติดไฟได้ ขยะไม่ติดไฟ และขยะเคมีอันตราย

นอกจากนี้ขยะบ้านที่เกิดขึ้นมีความหลากหลายในแต่ละพื้นที่ก็แตกต่างกันออกไป ฤดูการที่เปลี่ยนขยะที่เกิดแปรผันตามไปด้วยโดยเฉพาะในฤดูฝนขยะมีความชื้นสูงมาก ตัวเบคเตรีเจริญเติบโตได้รวดเร็วสามารถย่อยสลายหรือการหมักเศาอาหารได้อย่างรวดเร็วแล้วเกิดเป็นแก๊สที่ส่งกลิ่นเหม็นไปได้ไกลยากต่อการบำบัดหรือกำจัดทิ้ง

การกำจัดขยะบ้านเรือน

วิธีการกำจัดขยะบ้านเรือนในปัจจุบันเทศบาลเมืองต่างๆได้ให้เอกชนเข้ามาดำเนินการรวบรวมเก็บและนำไปฝังกลบในพื้นที่ห่างจากชุมชน แต่ก็ประสบปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวนประชาชนที่อยู่ใกล้บริเวณนั้นเพราะการฝังกลบที่กระทำกันนั้นเป็นงานทำที่ไม่ถูกตามหลักวิชาการไม่มีการปูแผ่นพลาสติกเพื่อกันน้ำเสียที่เกิดจากการชะล้างขยะของน้ำฝน สิ่งปนเปื้อนจะซึมผ่านชั้นดินไปยังชั้นน้ำบาดาล ประชาชนมีความกังวลเรื่องสุขภาพไม่รู้ว่าจะมีเชื้อโรคหรือโรคติดต่อชนิดใดบ้างปลิวไปจากกองขยะหรือหลุมฝังกลบที่มีอยู่ มีแก๊สพิษชนิดใดบ้างที่ลอยมากับกระแสลม มีบางจังหวัดได้สร้างเตาเผาเพื่อทำการกำจัดขยะที่มีปริมาณมากขึ้นให้หมดไปแต่ก็ประสบปัญหาว่าไม่สามารถดำเนินกิจการได้ บ้างก็มีขนาดใหญ่เกินไปค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงเกินไป บ้างก็มีปัญหาทางเทคนิค บ้างก็มีปัญหาทางอุปกรณ์ จนปัจจุบันยังไม่มีเทศบาลใดสามารถทำการเผาขยะด้วยเตาเผาที่สร้างขึ้นได้เลย ปัญหาเหล่านี้มีแนวทางแก้ไขอย่างไร? ผู้บริหารประเทศต้องคิดแก้ไขโดยเร็ว มิฉะนั้นปัญหาอื่นๆเกิดขึ้นตามมาไม่รู้จบ

การทำลายหรือกำจัดขยะด้วยการเผา

การแก้ปัญหาที่ให้ผลในทางดีทางหนึ่งคือการเผาทำลาย เพราะเป็นการลดปริมาณลงได้อย่างมาก(2) มีหลายประเทศได้ใช้กระบวนการนี้แล้วหรือแม้แต่ในประเทศไทยของเรา แต่หลายแห่งประสบปัญหามากมาย อาทิ

ค่าดำเนินการเผามีค่าสูงไม่คุ้มกับการลงทุนต้องเลิกกิจการ

แก๊สหลังการเผาไหม้มีกลิ่นและเกิดแก๊สพิษที่ไปทำลายสุขภาพประชาชนรอบข้าง

เกิดฝุ่นละอองและควันไปรบกวนประชาชนจนถูกประท้วง

จากปัญหาดังกล่าวนี้ทำให้ประชาชนกลัวจะเกิดอันตรายจึงมีการประท้วงทันทีที่ได้รู้ข่าวว่าเทศบาลเมืองของตนมีโครงการจัดสร้างเตาเผาขยะขึ้น ดังนั้นจึงเป็นสิ่งยากที่จะแก้ปัญหาขยะล้นเมืองได้ ไม่ว่าจะเสนอแนวทางอย่างไรประชาชนก็ไม่เห็นชอบด้วยเพราะกลัวเกิดอันตรายขึ้นทั้วต่อตนเองและครอบครัว เราจะมีแนวทางหรือความคิดที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาเรื่องขยะนี้ได้อย่างไร เป็นคำถามที่หาคำตอบได้ยาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีกำจัดที่มีประสิทธิภาพและต้องไม่เกิดมลพิษที่เป็นอันตรายต่อประชาชน พร้อมทั้งต้องมีการทำความเข้าให้กับประชาชนและสื่อมวลชนต่างๆ จึงเป็นงานที่หนักและท้าทายความสามารถอย่างสูง

การติดไฟของขยะ

พิจารณาจากตารางที่ 1 เราจะพบว่าขยะส่วนที่สามารถเผาทำลายได้นั้นมี เศษกระดาษ เศษกิ่งไม้ ใบไม้ ยาง เศษผ้า พลาสติก หนังและเศษอาหาร เพราะว่าองค์ประกอบทางเคมีของสิ่งที่กล่าวมานี้มีสาร คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ซึ่งสารเหล่านี้สามารถติดไฟและช่วยให้ไฟติดได้ดี นอกจากนี้อาจมีสารจำพวก ซัลเฟอร์ ไนโตรเจน คลอรีน เมื่อเกิดปฏิกริยาในระหว่างการเผาไหม้จะเกิดเป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และ ไฮโดรเจนคลอไรด์ เป็นสารที่ละลายน้ำได้ดีเมื่อเราให้แก๊สเหล่านี้ไหลสวนทางกับสารละลายที่เป็นฤทธิเป็นด่างแก๊สทั้งหมดจะทำปฏิกริยากลายเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้จึงไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม

เตาเผาขยะ

แนวทางหนึ่งของการแก้ปัญหาขยะล้นเมืองสามารถกระทำได้ด้วยการนำขยะมาเผาแต่ต้องมีกระบวนการเผาที่ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ ถ้าสามารถควบคุมการเผาให้ได้ตามข้อกำหนดหรือข้อบังคับของกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมหรือตามข้อกำหนดของสำนักงานสิ่งแวดล้อมแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้แล้ว กระบวนนี้น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งเพราะเป็นวิธีการที่จะลดปริมาณของขยะลงได้อย่างมากมายแต่มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง (Clennell, 1983)(2) อันเนื่องมาจากต้องใช้น้ำมันหรือแก๊สหุงต้มเป็นแหล่งให้ความร้อน ประกอบกับเทคโนโลยีของเตาเผาขยะในขณะนั้นยังอยู่ในขั้นทดลองประสิทธิภาพการเผายังต่ำอยู่และมีแก๊สที่มีกลิ่นเกิดขึ้นมากทำให้ประชาชนที่อยู่ในอาณาเขตใกล้เคียงทำการประท้องบ่อยครั้ง ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยจึงได้ทำการศึกษาเรื่องเตาเผาขยะขึ้นในปี 2534(3) และได้สรุปว่าเตาเผาขยะที่มีใช้อยู่สามารถจำแนกออกได้เป็น 3 แบบ คือ

ก. เตาเผาชนิดมีแผงตะกรับ (Stoker-Fired Incinerator)

เตาชนิดนี้เป็นที่นิยมกันมากเพราะวิธีการปฏิบัติงานง่าย โดยอาศัยป้อนขยะลงบนแผ่นตะกรับหรือใช้แผ่นตะกรับแบบเคลื่อนที่หมุนเข้า-ออกจากเตา ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงพ่นอากาศเข้าทาง

หน้าเตา อุณหภูมิในเตาเผาประมาณ 850-1200 องศาเซลเซียส สามารถเผาขยะได้ปริมาณมากประมาณ 6 ตันต่อชั่วโมง หรือ 150 ตันต่อวัน

ข, เตาเผาชนิดมีการสลายด้วยความร้อน (Pyrolytic Incinerator)

เป็นระบบการเผาที่มีเตาเผา 2 เตา เตาแรกเผาที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 450 องศาเซลเซียสและมีการควบคุมการเผาไหม้ในภาวะไร้อากาศหรือใช้อากาศน้อยมากเพื่อสลายสารระเหยง่ายและความชื้นจากขยะให้ออกมาก่อน จากนั้นจึงนำไปเผาต่อในเตาที่สองที่อุณหภูมิประมาณ 1000-1200 องศาเซลเซียส มีน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงพร้อมกับป้อนอากาศจำนวนมากเกินพอตามทฤษฎี ด้วยระบบที่ซับซ้อนจึงสามารถเผาขยะได้จำนวนน้อยประมาณ 1 ตันต่อชั่วโมง หรือ 10 ตันต่อวัน

ค, เตาเผาแบบฟลูอิไดเบด (Fluidized Bed Incinerator)

เตาแบบนี้มีตัวกลางที่เป็นเม็ดของแข็งทนความร้อนเป็นแหล่งสะสมความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ในเตาและความร้อนที่สะสมอยู่จะถูกนำกลับมาใช้ใหม่กับขยะที่ป้อนเข้าไปใหม่เช่นนี้เรื่อยไป ทำให้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้อยลง แต่ว่าขยะที่ป้อนเข้าไปใหม่นี้ต้องถูกบดให้มีขนาดเล็กก่อนเพื่อให้ขยะที่ถูกบดคลุกเคล้ากับเม็ดของแข็งที่ร้อนแดงนั้นเป็นไปอย่างทั่วถึง การคลุกเคล้าเกิดได้จากการป้อนอากาศจำนวนมากเกินพอเข้ามาในเตานั้นเอง อุณหภูมิภายในเตาประมาณ 850-1200 องศาเซลเซียส สามารถทำงานได้ต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง จึงเผาขยะได้จำนวนมากประมาณ 1-5 ตันต่อชั่วโมง หรือ 25-100 ตันต่อวัน นอกจากนี้ยังได้ทำสรุปข้อดี-ข้อเสีย ของเตาแต่ละประเภทดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อดี-ข้อเสียของการทำงานในเตาเผาแต่ละประเภท

ประเภทเตาเผาและขนาดการใช้งาน	การทำงาน	ข้อดี-ข้อเสียของการทำงาน
Stoker-Fired ขนาดใหญ่กว่า 150 ตัน/วัน	ใช้อากาศมากเกินพอ	1. ป้อนขยะได้โดยตรงและทุกขนาด 2. สามารถเดินเครื่องได้ตลอด 24 ชั่วโมง 3. ปริมาณอากาศเสียมากเพราะใช้อากาศมากเกินพอ 4. เหมาะสำหรับเผาขยะในปริมาณมาก 5. ความที่ได้จากการเผาขยะสามารถนำไปผลิตไอน้ำและไฟฟ้าได้
Pyrolysis ขนาด 10 ตัน/วัน	2 ขั้นตอน คือ ไร้อากาศและอากาศมากเกินพอ	1. สามารถป้อนขยะได้โดยตรง 2. เดินเครื่องได้ 8 ชม./วัน 3. เกิดอากาศเสียน้อยเพราะใช้อากาศช่วยในการสันดาปน้อย 4. เหมาะสำหรับขยะปริมาณน้อยๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Fluidized Bed ขนาด 20 –150 ตัน/วัน	ใช้ตัวกลางนำความร้อน และใช้อากาศมากเกินพอ	1. ขยะต้องถูกบดย่อยให้เป็นชิ้นเล็กๆ 2. ขยะที่บดไม่ได้ไม่สามารถนำเข้าเตาเผาได้ 3. สามารถเดินเครื่องได้ตลอด 24 ชม, 4. เกิดอากาศเสียปริมาณมากเพราะใช้อากาศจำนวนมาก

<u>การคัดแยกขยะก่อนทำการเผา</u>

จากข้อมูลของกองวิชาการของสำนักรักษาความสะอาดกรุงเทพฯมหานครได้จัดเก็บข้อมูลขององค์ประกอบขยะภายในกรุงเทพฯเมื่อปี 2538 (1) ที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 จะพบว่าส่วนที่จะไม่ติดไฟและจะก่อให้เกิดปัญหาถ้าหากถูกป้อนเข้าไปในเตาพร้อมกันส่วนอื่น ส่วนเหล่านี้ได้แก่ แก้ว กระป๋อง เหล็ก โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก ขี้เถ้า อิฐและอื่นๆ จะเห็นได้ว่า กระป๋องน้ำอัดลมและโลหะที่ไม่ใช่เหล็กไม่ปรากฏอยู่ในขยะทั้งนี้เกิดจากประชาชนได้เก็บแยกก่อนทิ้งขยะเพราะส่วนนี้สามารถนำไปขายได้ จะเหลือ แก้ว เหล็ก ขี้เถ้า อิฐและอื่นๆ การแยกก็ง่ายขึ้นโดยใช้แม่เหล็กดูดเอาเหล็กออกไปก่อน จากนั้นนำส่วนที่เหลือผ่านเครื่องบดหยาบ อาจใช้ Hammer mill สร้างด้วยท่อนเหล็กหลายท่อนแกว่งได้เรียงอยู่บนแกนเดียวกันเมื่อแกนหมุนไปท่อนเหล็กเหล่านั้นทำหน้าที่มีลักษณะการทำงานคล้ายฆ้อนตีขยะให้แหลกเป็นชิ้นเล็กๆหรือ Jaw crusher สร้างเป็นแผ่นเหล็กสองแผ่นวางขนานกันแผ่นหนึ่งขยับไปมาได้อีกแผ่นหนึ่งถูกยึดอยู่กับที่เมื่อขยะตกลงมาในช่องของแผ่นทั้งสองแนที่ขยับได้เคลื่อนตัวมาบีบให้ขยะเล็กลง ดังนั้นถ้าในขยะมีแก้ว อิฐ ก็จะถูกทำให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นจัดให้ขยะผ่านสายพานแบบเขย่าที่ มีร่องให้เศษอิฐ เศษแก้วร่วงผ่านตะแกรงก็จะเหลือแต่ขยะส่วนที่ติดไฟได้ นอกจากนี้ในขยะที่เป็นส่วนอื่นๆถ้าเป็นของชิ้นใหญ่ๆก็ต้องใช้คนงานหยิบออก

บทที่ 2
เครื่องมือและวิธีการทดลอง

1. **เตาเผา**

มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกตั้งในแนวตั้งฉากสร้างด้วยเหล็กกล้าหนา 7 มม. ภายในบุด้วยอิฐทนไฟหนา 110 มม. (รูปที่ 1)เตานี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนล่าง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 450 มม. สูง 600 มม. มีช่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. ต่อกับพัดลมขนาดใหญ่ พัดลมนี้จะเป็นต้นกำเหนิดของอากาศที่ป้อนเข้าเตาเพื่อทำให้เม็ดทรายที่อยู่ในชั้นกลางเกิดเป็นฟลูอิไดเซชัน และยังช่วยให้ขยะที่ป้อนเข้าเตาติดไฟได้อีกหน้าที่หนึ่ง

ส่วนกลาง เป็นส่วนสำคัญของเตามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 700 มม. สูง 1.5 ม. ระหว่างส่วนล่างและส่วนกลางมีแผ่นกระจายอากาศคั่นอยู่ เหนือแผ่นกระจายอากาศได้บรรจุทรายไว้สูง 120 มม. ตรงชั้นทรายนี้ได้ติดตั้งหัวเผาไว้เพื่อให้ความร้อนจากหัวเผามาสะสมไว้ในชั้นทราย เหนือชั้นทรายมีช่องสำหรับป้อนขยะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ถัดจากช่องป้อนขยะขึ้นมา 300 มม. มีช่องสำหรับให้อากาศเสริมเข้ามาภายในเตาเพื่อช่วยให้การติดไฟของขยะบางส่วนที่ปลิวลอยมาจากชั้นทรายได้ติดไฟอีกครั้งหนึ่ง ช่องอากาศมีทั้งหมด 6 ช่อง รอบตัวเตา

ส่วนบน เป็นส่วนที่มีขนาดใหญ่เพื่อลดความเร็วของอากาศลงทำให้ฝุ่นขยะที่ยังไม่ติดไฟตกกลับไปยังส่วนกลางของเตาใหม่ ส่วนนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.1 ม. สูง 1.0 ม. บริเวณตรงกลางมีท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 150 มม. พาดผ่านตลอดความกว้างของเตา ด้านบนมีช่องออกของอากาศและแก๊สที่เกิดจากเผาขยะ ช่องนี้มีรูปร่างสี่เหลี่ยมกว้าง 200 มม. สูง 300 มม.

2. **ระบบป้อนขยะ**

การป้อนขยะเข้าเตาเผามีอยู่ 2 ขั้นตอน

ขั้นตอนแรก เป็นการอุ่นขยะให้ร้อนได้ใช้ระบบการป้อนด้วยระบบไฮโดรลิก(รูปที่ 2)ที่มีขนาดกระบอกสูบเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม ระยะชัก 200 มม ติดตั้งอยู่ส่วนบนของเตาเผา ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนอุ่นขยะให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 300 องศาเซลเซียส ดังนั้นไอน้ำและสารระเหยง่ายบางส่วนจะกลายเป็นไอระเหยออกไป

ขั้นตอนสอง ขยะที่ร้อนจะผ่านมายังชุดย่อยขยะชุดที่สอง เมื่อย่อยแล้วขยะส่วนนี้ถูกป้อนด้วยระบบการส่งด้วยเตือยหมู(รูปที่ 3)เข้ายังส่วนกลางของเตาเหนือชั้นทรายที่มีอุณหภูมิสูงมาก

3. **เครื่องย่อยขยะ**

เครื่องย่อยขยะมีอยู่ 2 ชุด

ชุดแรก เป็นชุดย่อยหยาบสร้างแบบการแกว่งของฆ้อน(Hammer mill) (รูปที่ 4) จุดประสงค์ต้องการไว้ดีให้ขวดแก้ว จาน ชาม แก้วน้ำ ของใช้ที่เป็นเซรามิกแตกเป็นชิ้นเล็กๆ ขยะส่วนอื่นก็ถูกย่อยได้บ้างอาทิ กิ่งไม้ เป็นต้น สร้างด้วยท่อนเหล็กหนาหลายๆท่อนและแกว่งได้รอบตัวเองอยู่บนแกนร่วมเดียวกัน

ชุดสอง เป็นชุดย่อยละเอียด(ดูในรูปที่ 3)ติดตั้งไว้ต่อจากการอุ่นขยะแล้ว เมื่อขยะผ่านเข้าเครื่องนี้ก็ถูกบดให้เป็นชิ้นเล็กๆขนาดโตไม่เกิน 5 มม. สร้างด้วยเหล็กกล้าหนาพร้อมตะแกรง

4. **ระบบการขนส่งขยะ**

มีอยู่ 2 ระบบ คือ

4.1 **ระบบลำเลียงด้วยสายพาน** ระบบการขนส่งขยะด้วยสายพานมี 2 ระดับ ระดับแรก(รูปที่ 5)เพื่อแยกเหล็กออกจากขยะโดยการติดแม่เหล็กไว้บนลูกกลิ้งปลายสายพาน(รูปที่ 6) ระดับสอง(รูปที่ 7)ทำการลำเลียงขยะส่งไปบนเครื่องย่อยหยาบ สายพานทั้งสองระดับเป็นสายพานยางกว้าง 400มม. ระดับแรกยาว 3 ม. ระดับสองยาว 6 ม.

4.2 **ระบบลำเลียงด้วยกระพ้อ** เป็นระบบขนส่งในแนวตั้งฉากจากระดับพื้นดินขึ้นไปยังที่สูง ใช้สายพานผ้าใบเคลื่อนที่หมุนขึ้นลงสูง 5 ม. และมีกระพ้อติดอยู่บนสายพานผ้าใบจำนวน 20 อัน ขนาดของกระพ้อ กว้าง 150 มม. ยาว 300 มม. ลึก 150 มม. (รูปที่ 8ก และรูปที่ 8ข)

5. **เครื่องแยกเศษแก้ว เซรามิกและทราย**

เป็นสายพานที่ทำด้วยท่อเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มม. ยาว 600 มม. หลายๆท่อนำมาวางเรียงกันโดยปลายทั้งสองข้างติดอยู่บนโซ่ เมื่อเคลื่อนที่ไปโซ่และกระเพื่อมเล็กน้อย เศษแก้ว เซรามิกและทรายก็หลุดลงไปด้านล่างตาช่องของท่อเหล็กที่วางห่างกัน 10 มม. (รูปที่ 9)

6. **ชุดป้อนขยะเดือยหมู**

ขยะที่ถูกบดละเอียดแล้วถูกป้อนเข้าเตาเผาด้วยเดือยหมู(รูปที่ 3) ที่หมุนรอบตัวเองด้วยมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า เดือยหมูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มม. ยาว 1 ม. สร้างด้วยสแตลเลสหนา 5 มม.

7. **ไซโคลน(เครื่องดักฝุ่น)**

สร้างด้วยเหล็กไร้สนิมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 600 มม สูง 600 มม ด้านล่างเป็นรูปกรวยสูง 1200 มม เป็นส่วนที่ฝุ่นจะปล่อยออก ด้านบนมีท่อให้อากาศที่ปราศจากฝุ่นแล้วไหลออกท่อนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม ช่องอากาศไหลเข้าเป็นช่องสี่เหลี่ยมไหลเข้าในแนวเส้นสัมผัสกับตัวไซโคลนช่องนี้มีขนาดกว้าง 200 มม สูง 300 มม (รูปที่ 10)

8. **หอดูดกลืน** (Wet scrubber)

เป็นหอทรงกระบอกตั้งตรงสร้างด้วยเหล็กไร้สนิม(รูปที่ 11)แบ่งเป็น 3 ส่วน

ส่วนล่าง

มีช่องให้แก๊สไหลเข้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม ตัวหอส่วนนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 600 มม สูง 600 มม ด้านล่างสุดมีท่อขยาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มม ให้น้ำที่ดูดกลืนแก๊สแล้วไหลออก

ส่วนกลาง

เป็นช่วงที่แคบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม สูง 800 มม มีแผ่นเจาะรูทั่วทั้งแผ่นรูนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม จำนวน 2 แผ่น วางไว้ด้นบนและด้านล่างของช่วงนี้

ส่วนบน

มีขนาดใหญ่เท่ากับส่วนล่างมีฝักบัวจำนวน 5 หัวแขวนอยู่ตรงกลางเพื่อโปรยน้ำลงมาไหลสวนทางกับแก๊สที่ไหลมาทางด้านล่าง ด้านบนสุดมีปล่องทางออกของแก๊ส ปล่องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300มม สูง 15 เมตร

9. **หอผึ่งเย็น**

สร้างด้วยเหล็กไร้สนิมมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์(รูปที่ 12)ขนาด 1.2 x 1.2 x 1.2 $ม^3$ ภายในมีไม้ไผ่วางเรียงสลับกันเป็นชั้นๆแต่ละชั้นมีไม้ไผ่ 24 ท่อนมีทั้งหมด 12 ชั้น ส่วนบนของหอมีพัดลมขนาดเส้นผ่านศูนย์ 300 มม สำหรับดูดอากาศจากด้านล่างของหอให้ไหลผ่านหอแล้วออกด้านบนเพื่อไหลสวนทางกับน้ำหรือสารละลายที่ไหลโปรยมาจากด้านบน

8. **การดำเนินงาน**

ขยะที่ขนมาทั้งหมดบรรจุอยู่ในถุงดำ ต้องทำการชั่งน้ำหนักทุกถุงเพื่อทราบน้ำหนักของการเผาแต่ละครั้ง จากนั้นเทขยะลงบนสายพานชุดแรก เหล็กได้แก่ ที่หนีบกระดาษ คลิบ ถ่านไฟฉาย กระป๋องผลไม้ ถูกแยกออกด้วยแม่เหล็กที่อยู่บนลูกกลิ้งปลายอีกด้านหนึ่งของสายพาน ขยะถูกลำเลียงต่อด้วยสายพานระดับสองไปยังส่วนบนของเครื่องบดหยาบ ขยะทั้งหมดถูกบดด้วยเครื่องบดหยาบโดยเฉพาะ แก้ว เซรามิก อิฐ ทราย จะถูกตีให้แตกเป็นชิ้นเล็กๆด้ยท่อนเหล็กหนาทำหน้าที่คล้ายฆ้อนที่หมุนด้วยความเร็ว 600 รอบต่อนาที แล้วตกลงบนสายพานท่อเหล็กที่เคลื่อนที่ลักษณะกระเพื่อมขึ้นลงเล็กน้อย เศษแก้ว เศษเซรามิก เศษอิฐ และทรายถูกเขย่าให้ตกลงยังส่วนล่างของเครื่องแยกด้วยสายพานแบบท่อ เศษเหล่านี้ถูกนำออกจากส่วนล่างของเครื่องด้วยเกลียวเดือยหมูตลอดเวลา สุดสายพานท่อมีที่พักขยะรอให้กระพ้อที่หมุนมาตักแล้วส่งไปยังด้านบนของเตา ขยะที่หลุดจากกระพ้อจะถูกส่งเข้าไปในเตาด้วยกระบอกไฮโดรลิกเป็นจังหวะๆตลอดการทดลอง ในแต่ละจังหวะสามารถป้อนขยะได้ประมาณ 4 ถึง 5 กิโลกรัม ขยะส่วนนี้ได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ภายในเตามาทำการอุ่นให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ความชื้นและสารระเหยง่ายบางส่วนระเหยกลายเป็นไอ แล้วไหลออกจากเตาพร้อมขยะที่ร้อนไปยังเครื่องบดละเอียด ไอน้ำกับไอของสารระเหยง่ายถูกแยกออกจากขยะบริเวณนี้แล้วป้อนย้อนกลับเข้าเตาด้วยพดลมดูดขนาดใหญ่ ขยะที่ถูกบดละเอียดแล้วทำการป้อนเข้าเตาเผาอย่างต่อเนื่องด้วยเกลียวเดือยหมูที่สร้างด้วยสแตลเลส ขยะละเอียดเมื่อเข้าในเตาแล้วจะคลุกเข้ากับเม็ดทรายที่ร้อนแดงด้วยความร้อนจากหัวเผาที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง ขณะนี้ขยะได้ติดไฟพร้อมทั้งมีอากาศจากพัดลมที่พัดให้เม็ดทรายลอยตัวอยู่ในสภาวะฟลูอิไดเซชันมาช่วยให้ไฟติดได้ดีขึ้น อากาศที่ป้อนเข้ามานี้มีปริมาณมากกว่าค่าทางทฤษฎีที่จะใช้เผาขยะถึง 200% ดังนั้นการเผาไหม้จึงสมบูรณ์ อุณหภูมิในขณะเผาไหม้ถูกควบคุมไว้ที่ 600 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 950 องศาเซลเซียส อะตอมของคาร์บอนทำปฏิกริยากับออกซิเจนกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ได้เกือบ 100% มีคาร์บอนมอนออกไซด์เกิดขึ้นน้อยกว่า 100 ส่วนในล้านส่วน และโอกาศที่แก๊สไนโตรเจนจะทำปฏิกริยากับออกซิเจนแล้วกลายเป็น ไนโตรเจนออกไซด์ได้น้อยมากเนื่องอุณหภูมิภายในเตาไม่สูงพอที่จะให้เกิดปฏิกริยาดังกล่าว สำหรับพลาสติกหรือวัสดุที่มีองค์ประกอบของคลอรีนจะเกิดปฏิกริยา

เป็นแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ได้ อากาศหลังการเผาไหม้แล้วมีอุณหภูมิสูงมากเราจึงนำไปใช้อุ่นขยะได้ส่วนหนึ่ง เมื่อออกจากเตามายังมีอุณหภูมิสูงอยู่ต้องลดอุณหภูมิให้ต่ำลงด้วยการพ่นน้ำผสมเข้าไปกับอากาศหลังการเผาไหม้ เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้จะปล่อยให้ล้นออกจากเตาไปยังถังเก็บด้านล่างด้วยท่อล้นที่ทำด้วยเหล็กทนไฟที่ติดตั้งไว้ตรงกลางของแผ่นกระจายอากาศ ส่วนฝุ่นละอองขนาดเล็กของเถ้าปลิวหลุดออกมาพร้อมอากาศหลังการเผาไหม้จะถูกดักจับด้วยไซโคลนขนาดใหญ่ ฝุ่นละอองถูกแยกออกทางด้านล่าง อากาศหลังการเผาไหม้ที่ปราศจากฝุ่นถูกป้อนเข้าทางด้านล่างของเครื่องดูดกลืนแก๊ส (scrubber) น้ำถูกพ่นผ่านฝักบัวมาทางด้านบนไหลสวนทางกับอากาศหลังการเผาไหม้ แก๊สเสียที่มีอยู่ในอากาศหลังการเผาไหม้จะถูกดูดกลืนด้วยน้ำหรือสารละลายที่มีฤทะเป็นด่างไว้ทั้งหมด น้ำหรือสารละลายไหลออกทางด้านล่างของหอดูดกลืนแล้วถูกส่งไปยังหอผึ่งเย็นเพื่อทำการลดอุณหภูมิลงแล้วนำกลับไปใช้ใหม่วนเวียนอย่างนี้จนน้ำมีสารละลายที่เป็นเกลือมากแล้วน้ำส่วนนี้ก็นำไปบำบัดที่บ่อบำบัดโดยปรับสารละลายให้เป็นกลางพร้อมทั้งให้พ่นอากาศผสมลงในบ่อด้วยเป็นการบำบัดทางชีวภาพ เถ้าละเอียดที่ถูกจับด้วยสารละลายก็ถูกนำไปบำบัดเช่นเดียวกันกากตะกอนที่บ่อบำบัดสามารถนำไปปลูกต้นไม้ได้

10. ระบบการควบคุมการป้อนขยะแบบอัตโนมัติ

การป้อนขยะเข้าเตาเผาใช้ระบบการป้อนด้วยกระบอกไฮโดรลิก ขยะจากกระพ้อไหลลงมายังถังพักกระบอกไฮโดรลิกเคลื่อนตัวเข้ามาดันขยะจากถังพักให้เคลื่อนไปตามความยาวของกระบอกจนสุดระยะชักของลูกสูบแล้วลูกสูบก็จะเคลื่อนที่กลับ ในระยะเริ่มการทดลองต้องใช้คนงานทำการควบคุมการเคลื่อนที่ของลูกสูบต่อมาได้พัฒนาวงจรไฟฟ้าสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของลูกสูบแบบอัตโนมัติ(รูปที่ 13) และสามารถตั้งจังหวะหรือตั้งเวลาการเคลื่อนที่ของลูกสูบในแต่ละรอบเพื่อให้ได้ปริมาณของขยะต่อชั่วโมงตามกำหนดได้อย่างแม่นยำ(ดังเอกสารที่แนบมาพร้อมรายงาน)ภาคผนวกที่ 7

11. การวัดและควบคุมอุณหภูมิภายในเตาเผา

การเผาขยะแต่ละครั้งจะตั้งอุณหภูมิการเผาไว้ที่เครื่องควบคุม(รูปที่ 14) มีเทอร์โมคับเปิ้ลติดตั้งไว้บริเวณเหนือชั้นของทรายหรือบริเวณที่เกิดการเผาไหม้ของขยะเล็กน้อยเป็นตัววัดแล้วส่งสัญญาณมายังเครื่องควบคุมพร้อมกับแสดงตัวเลขของอุณหภูมิให้เห็น สัญญาณนี้ส่งตรงไปยังหัวเผาเมื่ออุณภูมิในเตาสูงกว่าค่ากำหนดหัวเผาจะหยุดทำงานแต่เมื่ออุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิที่อ่านได้ต่ำกว่าค่ากำหนดหัวเผาจะทำงานขึ้นมาเองแบบอัตโนมัติ ฉะนั้นอุณหภูมิภายในเตาจึงมีค่าเกือบคงที่ตลอดการทดลอง

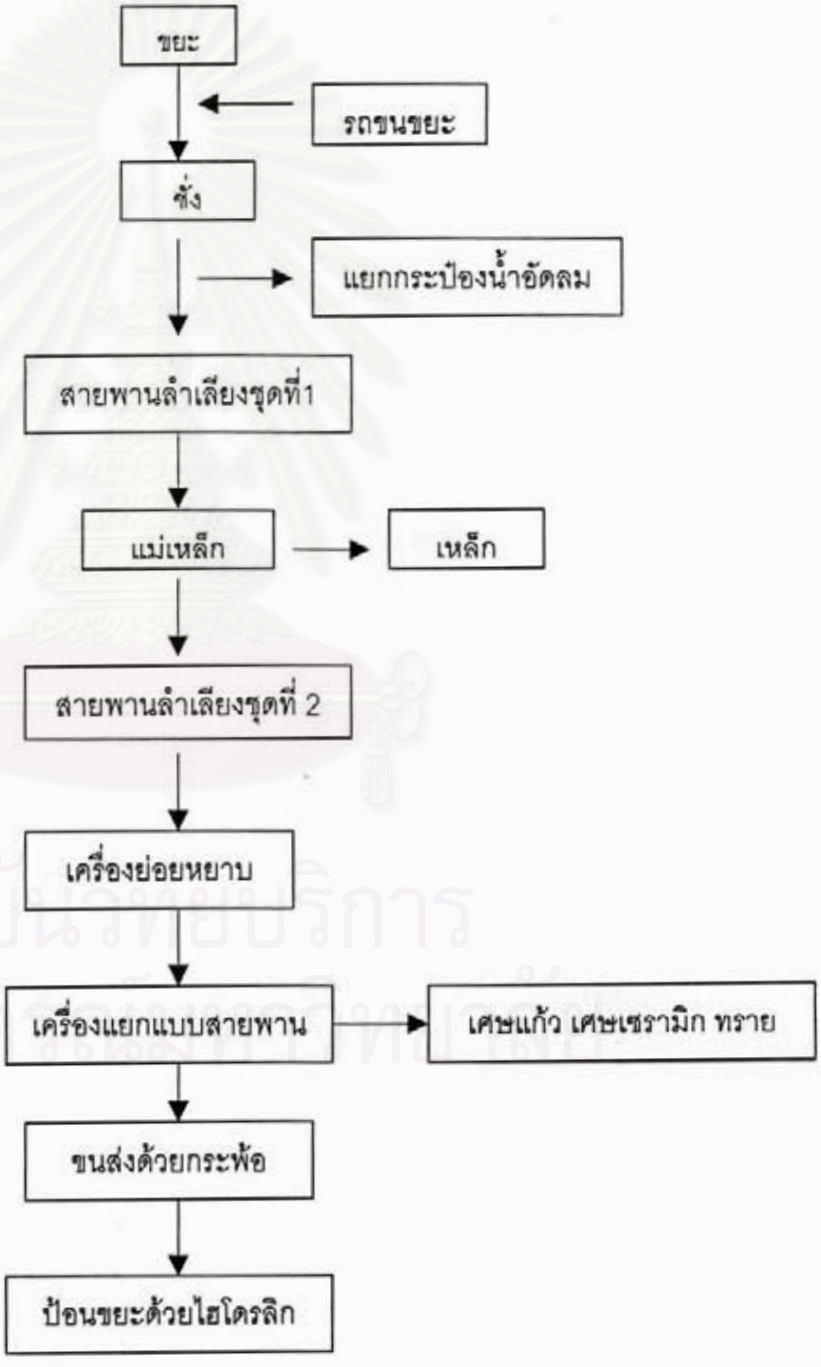
12. อาคารโรงงาน

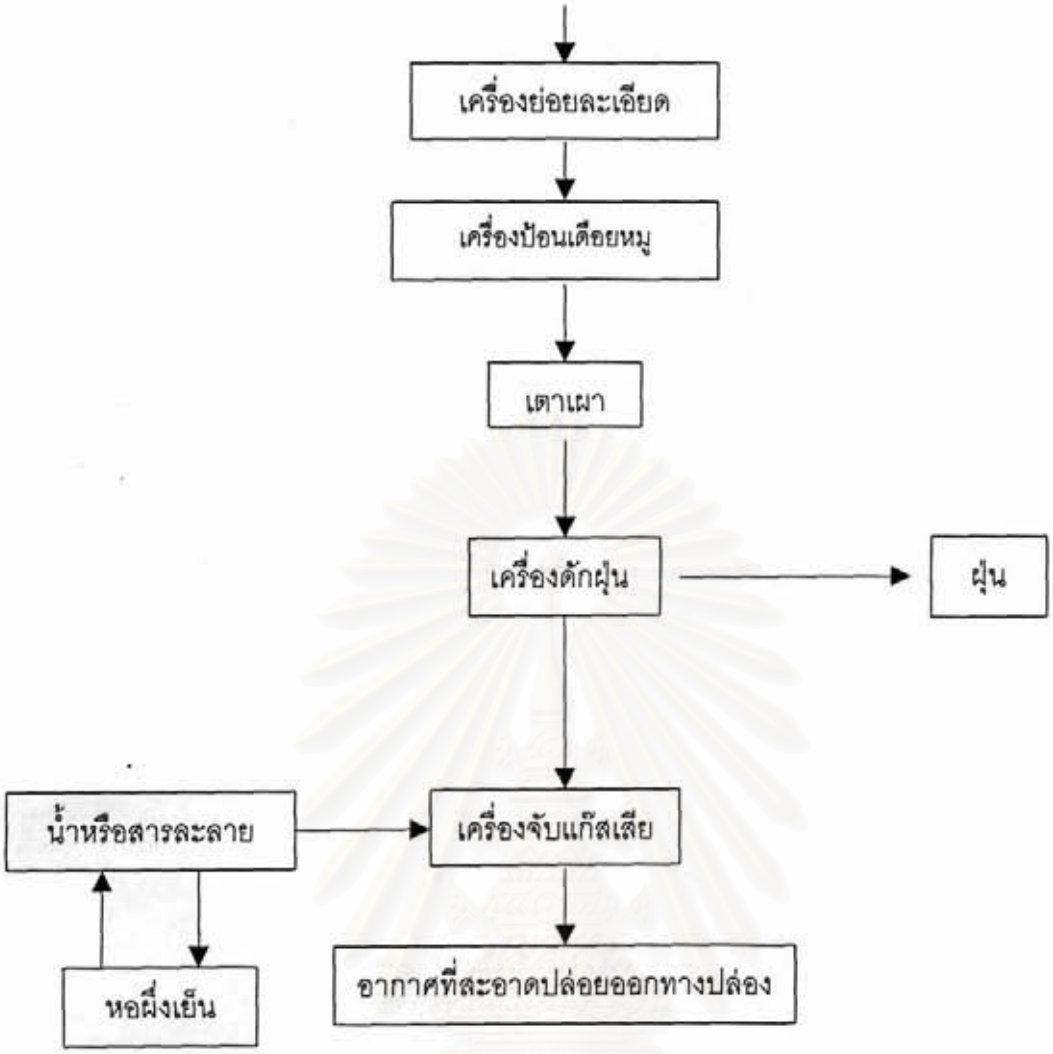
อาคารโรงงานเตาเผาขยะนี้สร้างเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโปร่งทั้ง สี่ด้านมีขนาด กว้าง 10 เมตร ยาว 20 เมตร สูง 5 เมตร พื้นโรงงานเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 150 มม. มีทางระบายน้ำและถนนรอบตัวอาคารโรงงาน ห้องพักขยะอยู่ด้านข้างมีขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร (รูปที่ 15) อุปกรณ์ทุกชิ้นได้ถูกจัดเรียงไว้ในอาคารตามสายการดำเนินงาน ด้านท้าย อาคาร มีบ่อบำบัดน้ำเสีย และถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิงขนาดจุได้ 15,000 ลิตร(รูปที่ 17) ได้ขุดบ่อขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร ลึก 1 เมตร ไว้รองรับน้ำที่บำบัดแล้ว

13. บ่อบำบัดน้ำเสีย

เป็นบ่อคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1.5 เมตร ภายในแบ่งเป็น 4 ช่อง แต่ละช่อง กว้าง 1 เมตร มีผนังกั้นเป็นผนังที่มีระดับความสูงต่ำแตกต่างกันไป (รูปที่ 16) มีจุดประสงค์ให้น้ำไหลเวียนขึ้นลงในบ่อบำบัด ที่กันบ่อได้เดินท่อสำหรับเป่าอากาศให้กับน้ำเสีย น้ำเสียจะนำมาบำบัดเป็นน้ำเสียจากหอผึ่งเย็นซึ่งจะนำมาบำบัด วันละครั้ง เพราะน้ำมีความสกปรกน้อยมาก

14. ขั้นตอนการทำงาน





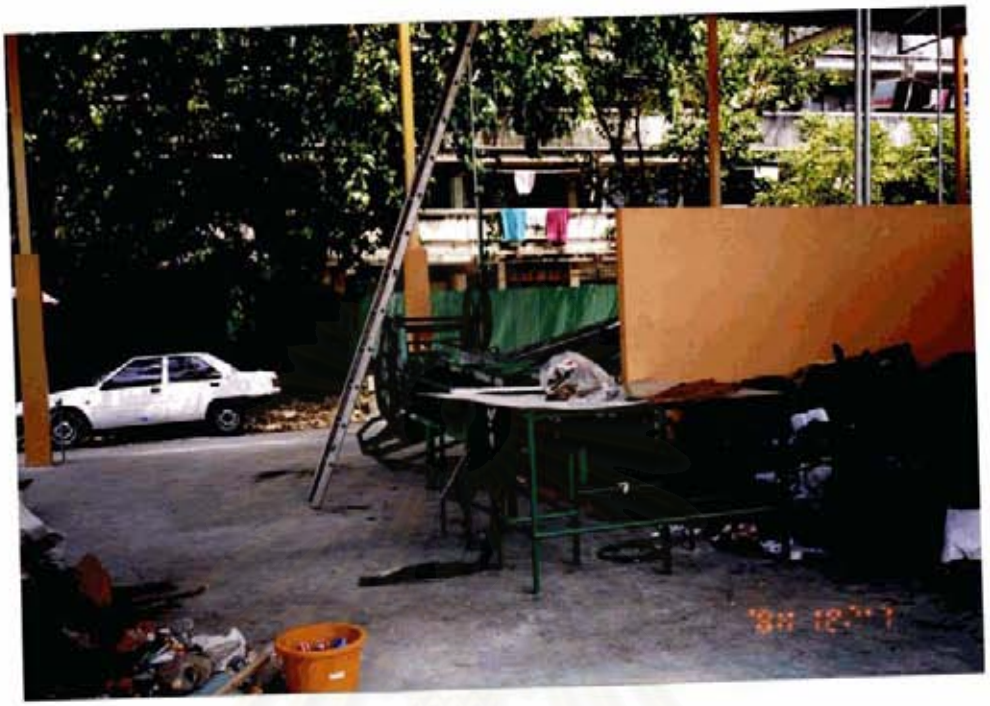
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 1 เตาเผาขยะแบบฟลูอิไดเซชัน

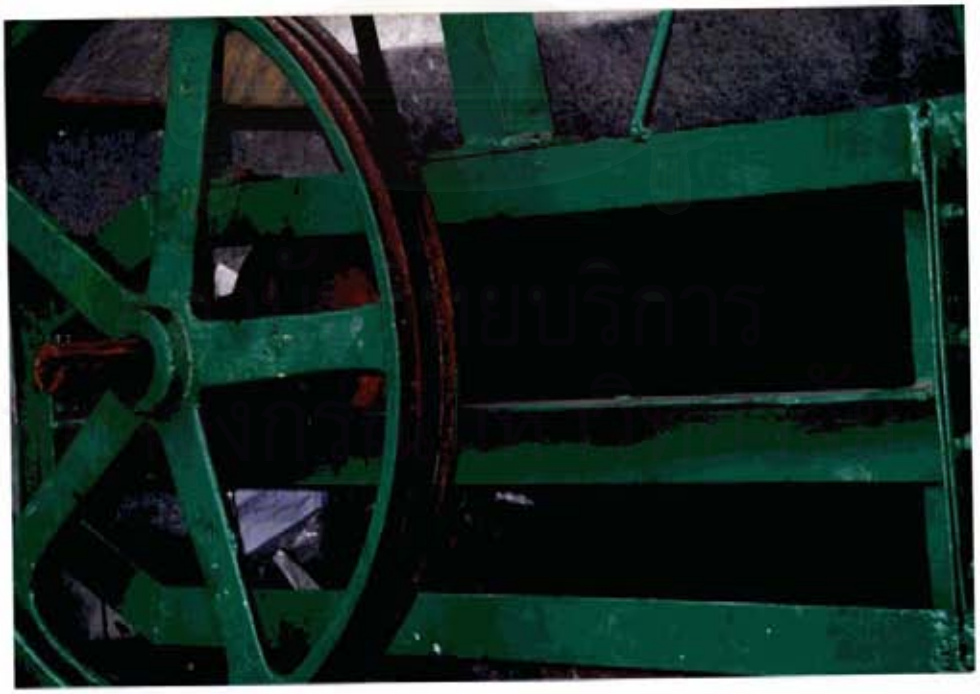
รูปที่ 2 การป้อนขยะด้วยระบบไฮโดรลิก

รูปที่ 3 เครื่องย่อยชุดที่ 2 ย่อยละเอียด เครื่องป่นเดือยหมู

รูปที่ 4 เครื่องย่อยหยาบ



รูปที่ 5 สายพานระดับแรก



รูปที่ 6 ชุดแม่เหล็ก

รูปที่ 7 สายพานระดับที่สอง

รูปที่ 8ก ด้านล่างของระบบขนส่งด้วยกระพ้อ

รูปที่ 8ข ระบบขนส่งด้วยกระพ้อ

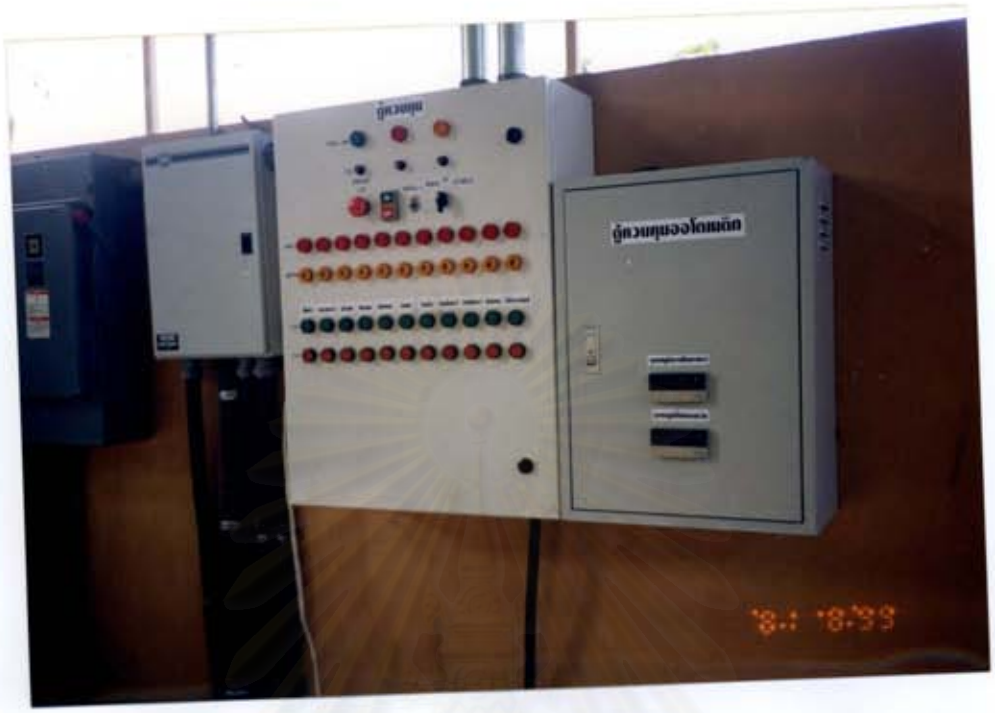
รูปที่ 9 เครื่องแยกเศษแก้ว เศษเซรามิก ทราย

รูปที่ 10 ไซโคลนแยกฝุ่น

รูปที่ 11 หอดูดกลืน

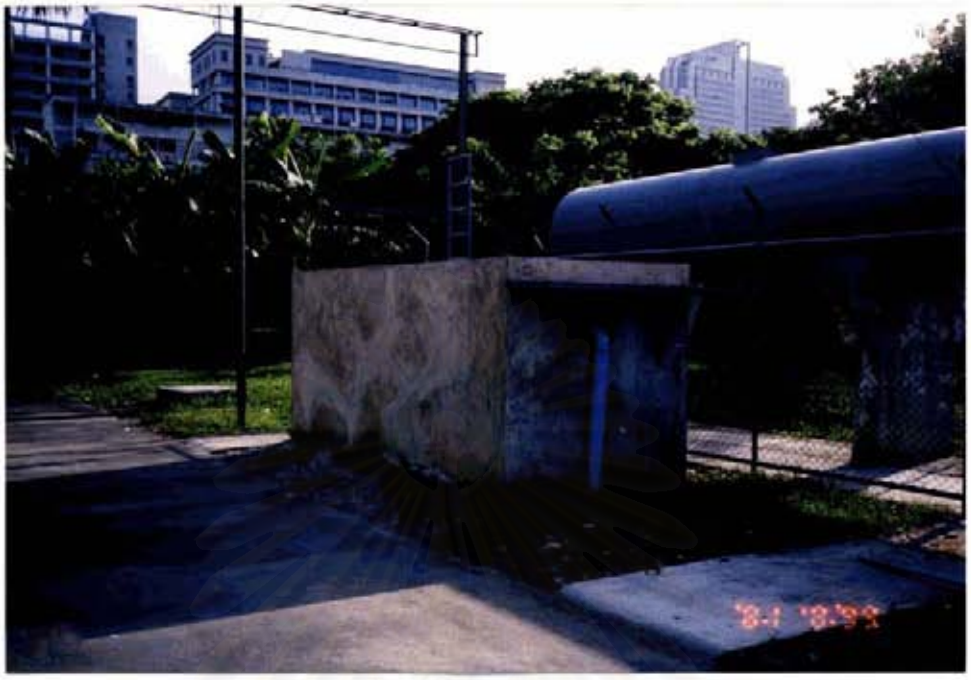
รูปที่ 12 หอผึ่งเย็น

รูปที่ 13 ระบบควบคุมการป้อนอัตโนมัติ



รูปที่ 14 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

รูปที่ 15 อาคารโรงงานเตาเผาขยะ



รูปที่ 16 บ่อบำบัดน้ำเสีย

รูปที่ 17 ถังเก็บน้ำมันเชื้อเพลิง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 ส่วนประกอบของขยะในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขยะได้ถูกเก็บมาจากแหล่งต่างๆภายในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโดยฝ่ายอาคารและสถานที่เป็นถุงๆเมื่อมาถึงโรงงานคนงานจะทำการผ่าถุงออกแล้วเทลงบนสายพานลำเลียง ขยะถูกสุ่มเก็บตัวอย่างเป็นช่วงๆแล้วนำมากองรวมกันได้ปริมาณแต่ละกองประมาณ 5 กิโลกรัม เป็นจำนวน 6 กอง นำทุกกองมาผสมกันเป็นกองเดียว ทำการแบ่งขยะออกเป็น 3 กองใหม่ ได้ขยะแต่ละกองประมาณ 10 กิโลกรัม นำขยะเพียงกองเดียวมาทำการหาส่วนประกอบดังมีรายละเอียดแสดงไว้ในตาราง 3.1และ ตาราง 3.2

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบขยะวิเคราะห์น้ำหนักเปียก

ส่วนประกอบ	น้ำหนักเปียก (กิโลกรัม)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
กระดาษ	0.950	0.775	0.650	0.800
พลาสติก + โฟม	1.075	0.900	1.115	2.250
เศษผ้า	0.100	0.000	0.100	0.000
เศษอาหาร	0.95	1.250	0.800	0.500
ใบไม้ + กิ่งไม้	0.650	1.150	0.950	0.800
ยาง	0,300	0.000	0.250	0.000
แก้ว	0.950	0.000	1.200	0.450
โลหะ	2.100	0.350	0.450	0.500
อื่นๆ	1.275	3.400	1.200	0.000
รวม	8.350	7.825	6.715	5.300

ตารางที่ 3.2 ส่วนประกอบขยะวิเคราะห์น้ำหนักแห้ง

ส่วนประกอบ	น้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
กระดาษ	0.95	0.775	0.650	0.800
พลาสติก + โฟม	1.075	0.900	1.115	2.250
เศษผ้า	0.100	0.000	0.100	0.000
เศษอาหาร	0.625	0.925	0.550	0.350
ใบไม้ + กิ่งไม้	0.350	0.625	0.450	0.500
ยาง	0.300	0.000	0.250	0.000

แก้ว	0.950	0.000	1.200	0.700
โลหะ	2.100	0.350	0.450	0.500
อื่นๆ	1.275	3.400	1.200	0.000
รวม	7.725	6.975	5.965	4.400

3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบและค่าพลังงานความร้อนของขยะ

ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละฤดูมาประมาณตัวอย่างละ 10 กิโลกรัม นำมาบดให้ละเอียดแล้วดำเนินการวิเคราะห์หาองค์ประกอบตามวิธีของ ASTM ในหมวด Standard test methods for anlysis of wood fuels (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวกที่ 3)ดังรายการดังนี้

- วิเคราะห์ความชื้น (Moisture analysis) : ASTM E 871
- วิเคราะห์สารระเหย (Volatile matter) : ASTM E 872
- วิเคราะห์เถ้า (Ash) : ASTM D 1102
- วิเคราะห์ปริมาณกำมะถันรวม (Total sulfur) : ASTM E 775
- วิเคราะห์ค่าความร้อน (Gross calorific value) : ASTM E 711

ตารางที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบและค่าพลังงานความร้อนของขยะตามฤดูกาล

รายการ	กค. 2541		ตค. 2541		มค. 2542	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ความชื้น (%)	76.34	76.26	70.79	71.18	72.52	72.59
สารระเหยง่าย (%)	5.38	5.15	8.31	13.13	7.75	7.49
เถ้า (%)	2.65	2.86	3.51	3.46	4.54	4.58
กำมะถันรวม (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
คาร์บอนคงตัว (%)	15.63	15.73	17.39	12.23	15.19	15.34
ค่าความร้อน (Kcal/kg)	5,164	5,986	4,675	4,539	3,708	4,924

3.3 การเผาขยะในเตาฟลูอิไดเซชัน

ขยะที่ขนมาจากหลายหน่วยงานด้วยรถขนขยะของมหาวิทยาลัย ขยะทั้งหมดบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกสีดำ เมื่อมาถึงโรงงานขยะถูกเก็บพักไว้ในห้องพักขยะ จากนั้นคนงานทำการชั่งแล้วผ่าถุงพลาสติกจัดการเทขยะลงบนสายพานลำเลียง โลหะเหล็กถูกแยกออกจากขยะด้วยแม่เหล็กที่ลูกกลิ้งปลายสายพาน แก้ว เซรามิก กรวด ทราย ถูกแยกออกด้วยสายพานท่อ ขยะที่ถูกแยกแล้วถูกป้อนเข้าเตาเผาด้วยอัตราการป้อนตั้งแต่ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ถึง 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ควบคุมการเผาไหม้ให้มีอุณหภูมิคงที่ในแต่ละช่วงการทดลองจากนั้นจึงปรับเปลี่ยนอุณหภูมิใหม่ การทดลองแต่ละอุณหภูมิได้วัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้และปริมาณไฟฟ้าไปพร้อมกัน ดังผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ผลการทดลองที่อุณหภูมิและอัตราการป้อนขยะต่างๆกัน

อัตราป้อนขยะ(กก/ชม)	อุณหภูมิ (°C)	ใช้น้ำมัน (ลิตร/ชม)	ใช้ไฟฟ้า (kW/hour)
100	600	18	16
100	650	18	16
150	700	18	16
200	750	18	16
200	800	18	16
250	850	18	16
250	900	18	16
250	950	18	16
250	1,000	18	16

3.4 การวิเคราะห์แก๊สหลังการเผาไหม้

แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้หลังจากผ่านไซโคลนและหอดูดกลืนด้วยน้ำและสารละลายแล้วก่อนออกสู่ปลายปล่องได้ถูกวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สแบบ Infra red ซึ่งวัดปริมาณของแก๊สต่างๆดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.5 (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวกที่ 4)

ตารางที่ 3.5 ปริมาณของแก๊สและเถ้าที่วิเคราะห์ระหว่างการเผาขยะที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อัตราป้อนขยะ(กก/ชม)	อุณหภูมิ (°C)	เถ้า ร้อยละ (นน.)	CO (ppm)	CO_2 (%)
100	600	1.02	340	4.3
100	650	1.13	360	6.7
150	700	0.97	90-200	4.2
200	750	1.15	98-140	5.5
200	800	1.08	51-62	5.1
250	850	1.17	37-59	4.8
250	900	1.07	47-76	5.6
250	950	0.93	41-46	5.8
250	1,000	0.92	43-150	6.3

3.5 การวิเคราะห์แก๊สหลังการเผาไหม้โดยภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากการวิเคราะห์แก๊ส CO CO_2 และเถ้าแล้ว ทางภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้มาทำการวัดปริมาณฝุ่น SO_2 NO_x และความทึบแสงของแก๊สที่จะออกจากปล่องและยังได้วัดระดับของเสียงที่เกิดจากการเดินเครื่องเตาเผาดังผลการวัดแสดงไว้ในตารางที่ 3.6 (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวกที่ 5)

ตารางที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์แก๊สที่ปล่องทางออกของภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลอง	ความเข้มข้นของมลพิษ			
	ฝุ่นละออง (SS)(มก/ม3)	SO_2 (ppm)	NO_x (ppm)	ความทึบแสง (%)
ครั้งที่ 1	35	ตรวจไม่พบ	43	ภายในเวลา 60 นาที สังเกตุทุก 1 นาที
ครั้งที่ 2	16	ตรวจไม่พบ	60	
เฉลี่ย	26	**ตรวจไม่พบ**	52	5
มาตรฐานประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม สำหรับเตาเผามูลฝอยขนาด 1-50 ตัน/วัน	400	30	250	20

ทำการวัดระดับเสียงรอบโรงงานทั้งหมด 24 ตำแหน่งได้ผลดังนี้

ก่อนเดินเครื่องเตาเผาขยะมีค่าเฉลี่ย	60	เดซิเบล
ขณะเดินเครื่องเตาเผาขยะมีค่าเฉลี่ย	70	เดซิเบล

มาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกิน	120	เดซิเบล
ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน	70	เดซิเบล

3.6 การวิเคราะห์แก๊สหลังการเผาไหม้จากบริษัทเอกชน

ได้มีประชาคมหลายฝ่ายได้ขอให้มีบุคคลที่สามมาทำการตรวจวัดวิเคราะห์แก๊สหลังจากเกิดการเผาไหม้ขยะและก่อนปล่อยออกทางปล่องสู่บรรยากาศ ดังนั้นจึงได้ขอให้ทางผู้เรียกร้องเป็นผู้จัดหาบริษัทที่สามมาทำการตรวจวิเคราะห์ซึ่งได้แก่ บริษัท United Analyst and Engineering Consultant (UAE) จำกัด ดังผลการตรวจวัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.7 ข้างล่างนี้ (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวกที่ 6)

ตารางที่ 3.7 ผลการตรวจวิเคราะห์แก๊สที่ปล่องทางออกโดยบริษัท UAE จำกัด

รายการ	ค่าที่วัดได้จริง	ค่าที่คำนวณได้ตามวิธีของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม	ค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ฝุ่นละออง (SS)	51.0	205.0	400
SO_2	15.0	23.9	30
NO_x	51.4	103.8	250

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
วิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะของขยะในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาลักษณะของขยะในจุฬาฯกับขยะของเทศบาลกรุงเทพฯเห็นข้อแตกต่างอย่างเด่นชัดว่าขยะเทศบาลมีเศษอาหารเป็นส่วนใหญ่ส่วนขยะในจุฬาฯเป็นภาชนะพลาสติกมากกว่าส่วนอื่น และที่น่าสังเกตุคือขยะในจุฬาฯมีโลหะมากถึงร้อยละ 12 และภาชนะแก้วมากถึงร้อยละ 10 จึงทำให้เกิดคำถามขึ้นมาว่าโลหะและภาชนะแก้วเหล่านี้มีแหล่งที่มาจากไหน มาจากห้องปฏิบัติการณ์หรือจากกระป๋องน้ำอัดลม เศษแก้วคงมาจากบุคคลากรในสำนักงานต่างๆในจุฬาฯทำแตกแล้วนำมาทิ้ง วัสดุอื่นๆที่พบส่วนใหญ่เป็นถ่านไฟฉายก้อนเล็กๆที่ใช้กับเครื่องคำนวณ ส่วนในขยะเทศบาลขยะที่เป็นโลหะมีน้อยมากเพราะโลหะเป็นขยะที่สามารถนำกลับไปขายได้ดังนั้นประชาชนจึงเก็บแยกส่วนนี้ออกก่อนนำขยะไปทิ้ง เศษกระดาษในขยะของจุฬาฯมีมากกว่าขยะของเทศบาลนั้นเป็นไปตามธรรมชาติเพราะจุฬาฯเป็นสถานที่การศึกษาย่อมต้องมีเศษกระดาษเหลือทิ้งจากนิสิต และภาควิชาต่างๆ ถ้ามีการแยกส่วนนี้ในแต่ละภาควิชาแล้วนำกลับไปใช้ใหม่ก็สามารถช่วยลดการนำเข้าเยื่อกระดาษหรือลดปริมาณการตัดต้นไม้ทำลายป่าลงได้บ้าง

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบในขยะที่คิดจากน้ำหนักแห้งและน้ำหนักเปียก

องค์ประกอบ	%น้ำหนักเปียก	%น้ำหนักแห้ง
กระดาษ	11.52	12.50
พลาสติก+ โฟม	20.86	22.41
เศษผ้า	0.67	0.74
เศษอาหาร	12.17	9.36
ใบไม้ + กิ่งไม้	12.93	7.71
ยาง	1.83	2.02
แก้ว	9.44	11.54
โลหะ	11.44	12.39
อื่นๆ	19.14	21.34
รวม	100.00	100.00

4.2 องค์ประกอบและค่าพลังงานความร้อนของขยะ

เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณพลังงานความร้อนของขยะแบบค่าประมาณ (Proximate Analysis) และขยะที่จะนำมาวิเคราะห์ต้องเอา กระป๋องโลหะบรรจุน้ำอัดลม ขวดพลาสติกบรรจุน้ำดื่มและขวดแก้วออกก่อนจึงนำส่วนที่เหลือมาบดแล้วอัดเป็นเม็ดมาตรฐานตามกระบวนการวิเคราะห์ ASTM ได้ใช้ตัวอย่าง 4 ตัวอย่างเก็บในเวลาต่างๆกันพบว่าขยะมีความชื้นสูงมากโดยเฉลี่ยมีมากกว่าร้อยละ 70 ปริมาณของสาร

ที่สามารถติดไฟได้มีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 และค่พลังงานความร้อนเฉลี่ยประมาณ 4,500 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของขยะ(ตารางที่ 4..2) ซึ่งเป็นสารที่ให้ความร้อนในระดับปานกลาง

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์สารประกอบทางเคมีและค่าปริมาณความร้อนแบบค่าประมาณ

Proximate analysis (% น้ำหนัก)	ตัวอย่างขยะ			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
ความชื้น	76.30	70.99	72.55	73.28
สารระเหยง่าย	5.27	10.72	7.61	7.86
เถ้า	2.75	3.49	4.56	3.61
กำมะถัน	0.00	0.00	0.00	0.00
คาร์บอนคงตัว	15.68	14.81	15.27	15.25
ค่าพลังงานความร้อน(KJ/Kg)	5,575	4,607	4,317	4,833

%คาร์บอนคงตัว = 100 – %ความชื้น – %สารระเหยง่าย - %เถ้า

4.3 การเผาขยะในเตาฟลูอิไดเซชัน

ได้ทำการป้อนขยะอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการป้อนเริ่มตั้งแต่ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมงจนถึง 250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในแต่ละอัตราการป้อนได้ทำการควบคุมอุณหภูมิการเผาไหม้ในเตาให้คงที่ตั้งแต่ 600 ถึง 1,000 องศาเซลเซียส ดังผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.4 เห็นได้ว่าปริมาณไฟฟ้าและน้ำมันที่ใช้ในแต่ละการทดลองมีขนาดเท่ากันทั้งหมด ทั้งนี้เพราะ burner และ motor ในกระบวนการเดินเครื่องอยู่อย่างสม่ำเสมอเพื่อรักษาอุณหภูมิของเตาให้คงที่ตลอดการทดลอง ในระบบการทำงานในสเกลที่ใหญ่จึงแตกต่างไปจากสเกลของห้องปฏิบัติการที่เราเคยทำกันมา

การเผาไหม้ในเตาเผาขยะแบบฟลูอิไดเซชันนี้เป็นการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ พิจารณาได้จากปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนออกไซด์ที่ปล่องทางออกมีอยู่น้อยมาก(ตารางที่ 3.5) เกิดขึ้นไม่เกิน 100 ส่วนในล้านส่วนของแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ และได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 4.5 โดยปริมาตร ทั้งนี้เพราะในขยะมีปริมาณของคาร์บอนอยู่เพียงร้อยละ 15.0 โดยน้ำหนัก อากาศที่ใช้สำหรับทำให้เกิดฟลูอิไดเซชันและช่วยในการเผาไหม้มีมากกว่าทางทฤษฎีของการสันดาปร้อยละ 150 ส่วนปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ก็เกิดขึ้นน้อยเช่นกัน เนื่องจากอุณหภูมิของการสันดาปในเตาเผามีอุณหภูมิไม่เกิน 1000 องศาเซลเซียส ซึ่งแก๊สนี้เกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100 องศาเซลเซียส สาเหตุที่พบแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ที่ปล่องทางออกเพราะสถานที่ตั้งโรงงานเตาเผานี้อยู่ติดกับถนนใหญ่ที่มีรถยนต์สัญจรไปมาตลอดเวลาดังนั้นแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์จึงมีผสมอยู่ในอากาศก่อนที่จะป้อนเข้าเตาเผาอยู่แล้ว สำหรับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทางภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้ทำ

การตรวจวัดแล้วไม่พบ(ตารางที่ 3.6) แต่ว่าบริษัทเอกชนที่ได้ใบรับรองจากกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมกลับตรวจพบมีแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 15 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมแต่เป็นที่น่าสังเกตุว่าในขยะไม่มีก๊ามะถันในน้ำมันเชื้อเพลิงมีอยู่น้อยมากและในหอดักจับแก๊สเสียได้ใช้สารละลายด่างเป็นตัวดักจับแก๊สเสียอยู่แล้วถ้ามีแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก็จะถูกสารละลายนี้จับโดยทำปฏิกริยาได้เป็นแคลเซี่ยมซัลเฟอร์ตะกอนสีขาว(ตารางที่ 3.7)

4.4 การบำบัดน้ำเสีย

หลังจากจบการทดลองในแต่ละวันน้ำจากหอผึ่งเย็นจะถูกปั้มมาที่บ่อบำบัดน้ำเสียซึ่งมีประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร ที่บ่อบำบัดนี้มีการพ่นอากาศผ่านท่อที่วางไว้ด้านล่างของบ่อพร้อมกับปรับสภาพของน้ำให้เป็นกลางด้วยน้ำปูนใส น้ำจากหอผึ่งเย็นจะค้างอยู่ในบ่อนี้ประมาณ 2 วัน จากนั้นจึงปล่อยส่วนที่ใสไปที่บ่อเตรียมไว้ ส่วนตะกอนที่อยู่ก้นบ่อจะถูกกวาดเก็บขึ้นมาอาทิตย์ละครั้งซึ่งมีจำนวนไม่มากนำไปปลูกต้นไม้ที่อยู่ในบริเวณโรงงาน

4.5 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

ค่าดำเนินงานในการเผาขยะในงานวิจัยนี้คิดแต่ค่าไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง และค่าแรงงาน ส่วนค่าขนส่ง ค่าพนักงานเก็บขยะ และค่าขนถ่ายขยะจากรถขนขยะไปสู่ห้องพักขยะเราจะไม่คิดในส่วนนี้

สำหรับค่าไฟฟ้าและค่าน้ำมันเชื้อเพลิงคิดจากอัตราดังนี้

ค่าไฟฟ้าหน่วย กิโลวัตต์ต่อชั่งโมง หน่วยละ 2.70 บาท

ค่าน้ำมันดีเซล ลิตรละ 10.00 บาท

ใช้เวลาทำงานวันละ 8 ชั่วโมง

ใช้คนงาน 3 คน ค่าจ้างวันละ 250 บาท เป็นค่าแรงงานชั่งโมงละ 93.75 บาท และ

หัวหน้าคนงาน 1 คน ค่าจ้างเดือนละ 10,000 บาท เป็นค่าแรงงานชั่งโมงละ 41.66 บาท

ค่าใช้จ่ายของคนงานต่อชั่วโมง 135.41 บาท

ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเผาขยะ

อัตราป้อนขยะ (กก/ชม)	อุณหภูมิ (°C)	ค่าน้ำมัน (บาท/ชม)	ค่าไฟฟ้า (บาท/ชม)	ค่าน้ำมัน + ค่าไฟฟ้า (บาท/ชม)	ค่าแรงงาน (บาท/ชม)	ค่าดำเนินงาน (บาท/กก)
100	600	180	43.20	2.23	135.41	3.59
100	650	180	43.20	2.23	135.41	3.59
150	700	180	43.20	1.49	135.41	2.39
200	750	180	43.20	1.11	135.41	1.79

อัตราป้อนขยะ (กก/ชม)	อุณหภูมิ (°C)	ค่าน้ำมัน (บาท/ชม)	ค่าไฟฟ้า (บาท/ชม)	ค่าน้ำมัน + ค่าไฟฟ้า (บาท/ชม)	ค่าแรงงาน (บาท/ชม)	ค่าดำเนินงาน (บาท/กก)
200	800	180	43.20	1.11	135.41	1.79
250	850	180	43.20	0.89	135.41	1.43
250	900	180	43.20	0.89	135.41	1.43
250	950	180	43.20	0.89	135.41	1.43
250	1,000	180	43.20	0.89	135.41	1.43

เห็นได้อย่างชัดเจนเลยว่าค่าใช้จ่ายในการเผาขยะนั้นยิ่งถูกลงเมื่อเราเผาขยะต่อชั่วโมงมากขึ้นและหรือใช้เตาขนาดใหญ่ขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในเวลา 1 ชั่วโมงเราจ่ายค่าแรงคนงานและค่าไฟฟ้าเท่ากัน และเสียค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มอีกเพียงเล็กน้อย ดังนั้นด้วยเทคโนโลยีที่เราพัฒนาขึ้นมานี้เราสามารถปรับปรุงให้เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำกว่า 1.0 บาทต่อการเผาขยะ 1.0 กิโลกรัมได้อย่างแน่นอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

ขยะที่เกิดขึ้นในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีความแตกต่างในองค์ประกอบจากขยะเทศบาลมากอย่างเด่นชัดดังเช่นขยะในจุฬาฯมีปริมาณกระดาษและโลหะอยู่เป็นจำนวนมากส่วนขยะของเทศบาลกับมีเศษอาหารมากที่สุด เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณพลังงานความที่ได้จากการเผาไหม้แล้วพบว่าขยะนี้สามารถให้พลังงานความร้อนในระดับปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากในขยะมีปริมาณพลาสติกสูงซึ่งขยะส่วนนี้ให้ค่าพลังงานความร้อนต่ำและยังเป็นปัญหาต่อการเผาไหม้มากเพราะติดไฟได้ยากแต่เมื่อติดไฟแล้วมักเกิดแก๊สพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและทำลายสภาวะแวดล้อม ดังนั้นถ้าต้องการทำลายขยะพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพแล้วต้องใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ที่พอเหมาะทั้งอุณหภูมิและปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ต้องมีปริมาณมากเกินพอเพื่อให้โมเลกุลของสารพอลิเมอร์เข้าทำปฏิกริยาได้หมดทุกอะตอมของสารพอลิเมอร์นั้นๆ แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ของสารเหล่านี้จำเป็นต้องกำจัดออกด้วยวิธีดูดกลืนและทำปฏิกริยากับสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ขยะที่เกิดขึ้นในจุฬาฯเป็นขยะที่เป็นชิ้นไม่ใหญ่จึงสามารถแยกโลหะเหล็กได้ง่ายด้วยแม่เหล็ก แก้ว เซรามิก และทรายแยะออกได้เกือบทั้งหมดด้วยเครื่องแยกแบบสายพาน การป้อนขยะเข้าเตาเผาได้ใช้ระบบไฮโดรลิกที่สามารถตั้งระยะเวลาได้แบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมาใช้ได้เอง ในเตาเผาระบบฟลูอิไดเซชันนั้นต้องใช้ปริมาณของอากาศมากที่ป้อนเข้าในเตาเพื่อประโยชน์ สองประการคือใช้ทำให้ขยะและเม็ดของแข็งลอยตัวได้ทุกเม็ดและช่วยให้ขยะติดไฟเนื่องจากเกิดปฏิกริยาสันดาป สำหรับอุณหภูมิการเผาไหม้ในเตาสามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำในทุกอุณหภูมิเพราะมีหัวเผาเป็นตัวช่วยเพิ่มพลังงานความร้อนถึงแม้ว่าอุณหภูมิภายในเตามีค่าลดลงเนื่องจากขยะที่ป้อนเข้าไปมีความชื้นสูงมากก็ตาม ฉนั้นปฏิกริยาการเผาไหม้ของขยะในฟลูอิไดซ์เบดจึงเป็นปฏิกริยาที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์อันมีข้อมูลสนับสนุนเหตุการนี้โดยพิจารณาจากปฏิกริยาสันดาปที่เกิดขึ้นภายในเบดปริมาณคาร์บอนที่มีอยู่ในขยะทั้งหมดได้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนออกไซด์เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยกล่าวคือเกิดขึ้นไม่เกิน 100 ส่วนในล้านส่วนของแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ อีกทั้งเถ้าที่เกิดขึ้นก็ไม่ปริมาณคาร์บอนหลงเหลืออยู่เลย หลังจากการสันดาปแล้วยังมีปริมาณของแก๊สออกซิเจนที่เหลือจากปฏิกริยาอยู่ในปริมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร จากการวิเคราะห์ปริมาณแก๊สที่ก่อให้เกิดมลพิษพบว่ามีปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมในทุกค่าของแก๊สทุกชนิดที่เกิดขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการเผาไหม้ด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันมีประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงไร้มลพิษ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

สำหรับค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเผาขยะนั้น มีค่าใช้สำคัญอยู่ 2 อย่าง คือ ค่าไฟฟ้า และค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนค่าแรงคนงานและค่าบำบัดน้ำเสียเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่มากเมื่อคิดเทียบต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักของขยะ การเผาขยะปริมาณมากจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยดังเช่นในงานวิจัยนี้ถ้าเผาขยะได้ชั่วโมงละ 500

กิโลกรัมก็จะเสียค่าใช้จ่ายเพียงกิโลกรัมละ 72 สตางค์ซึ่งเป็นราคาที่ทางเทศบาลเมืองยอมรับได้ ดังนั้นการเผาเผาไหม้ในเตาเผาระบบฟลูอิไดเซชันจึงมีความเป็นไปได้สูง

เอกสารอ้างอิง

1. กองวิชาการ "สำนักรักษาความสะอาด 2538" กองวิชาการ สำนักรักษาความสะอาดกรุงเทพมหานคร หน้า 20-75 (2538)
2. Clennell, W.A., "Incineration of Municipal Waste", Edited by Michael E. Henstock, in "Disposal and Recovery of Municipal Solid Waste", Butterworths, Ann Arbor Science, PP 143-153 (1983)

โครงงานทางวิศวกรรมเรื่อง "เตาเผาขยะกำจัดมูลฝอย ลดมลภาวะ" ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 1
วิธีการเก็บตัวอย่างขยะมูลฝอย

1. เทขยะออกจากถุงทำเป็นกองๆแยกออกจากกัน
2. แยกขยะออกเป็น 6 กอง แต่ละกองให้มีปริมานขยะประมาณ 5 กก.
3. นำตัวอย่างทั้ง 6 กองมารวมเป็นกองเดียว
4. ทำการแยกขยะอีกครั้งเป็น 3 กอง
5. นำขยะ 1 กอง มาทำการแยกองค์ประกอบ เช่น กระดาษ พลาสติก เศษอาหาร โลหะ และอื่นๆ บันทึกน้ำหนัก
6. เก็บตัวอย่างในช่วงฤดูต่างๆ
7. ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบที่เป็นน้ำหนักเปียก น้ำหนักแห้งและค่าพลังงานความร้อน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก 2
วิธีการหา % น้ำหนักเปียก และ % น้ำหนักแห้ง

1. นำตัวอย่างขยะที่คัดแยกประเภทแล้วมาชั่งน้ำหนักแต่ละประเภท บันทึกน้ำหนักที่ชั่งได้เป็นค่าน้ำหนักเปียก(กิโลกรัม) และควานหาค่า % น้ำหนักเปียก
2. นำตัวอย่างขยะจากข้อ 1 มาตากแดด ครึ่งวัน แล้วนำไปอบในเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dryer) ใช้อุณหภูมิ 105° C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำขยะแต่ละประเภทที่อบแห้งแล้วไปชั่งน้ำหนัก จดบันทึกและคำนวณค่า % น้ำหนักแห้ง

สูตรการคำนวณ % นำหนักเปียก

$$\% \text{ น้ำหนักเปียก} = \frac{\text{น้ำหนักเปียกของขยะแต่ละประเภท}}{\text{น้ำหนักเปียกของขยะรวมทั้งหมด}} \times 100$$

สูตรการคำนวณ % นำหนักแห้ง

$$\% \text{ น้ำหนักแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของขยะแต่ละประเภท}}{\text{น้ำหนักเปียกของขยะรวมทั้งหมด}} \times 100$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 3

วิธีการทดสอบการวิเคราะห์ขยะมูลฝอย(Proximate analysis)

ใช้วิธีการทดสอบการวิเคราะห์เพลิงไม้ (Standard test methods for analysis of wood fuels)

- วิเคราะห์ความชื้น (Moisture analysis) : ASTM E 871
- วิเคราะห์สารระเหย (Volatile matter) : ASTM E 872
- วิเคราะห์เถ้า (Ash) : ASTM D1102
- วิเคราะห์ค่าความร้อน (Gross calorific value) : ASTM E 711
- วิเคราะห์ปริมาณกำมะถันรวม (Total sulfur): ASTM E 775 โดยใช้วิธี bomb washing

วิเคราะห์ความชื้น (Moisture analysis) : ASTM E 871

อุปกรณ์ที่ใช้

1. เตาอบ (Drying oven)
2. ภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่างทดสอบซึ่งทำจากแก้ว, โลหะหรือเซรามิกส์
3. เดสิเคเตอร์ (desiccator)

วิธีทดสอบ

1. อบภาชนะที่อุณหภูมิ 103 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำภาชนะไปวางใน desiccator จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักภาชนะโดยผลต่างไม่เกิน 0.02 g. บันทึกน้ำหนัก (W_c) จากนั่นใส่ตัวอย่างประมาณ 50 g ลงในภาชนะ ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง และภาชนะโดยผลต่างไม่เกิน 0.01 g บันทึกเริ่มต้น (W_i)
2. อบภาชนะซึ่งบรรจุตัวอย่างที่อุณหภูมิ 103 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง
3. นำภาชนะซึ่งบรรจุตัวอย่างออกจากเตาอบจากนั้นนำไปวางใน desiccator จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักโดยผลต่างไม่เกิน 0.01 g บันทึกน้ำหนัก
4. อบภาชนะซึ่งบรรจุตัวอย่างอีกครั้งที่อุณหภูมิ 103 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจากนั้นทำตามขั้นตอน 3
5. ทำตามขั้นตอน 4 จนกระทั่งน้ำหนักรวมมีค่าแตกต่างไม่เกิน 0.2 % บันทึกกำหนดสุดท้าย (W_f)

I19111587

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\%Moisture = [(W_i - W_f) / (W_i - W_c)] * 100$$

เมื่อ W_c = น้ำหนักภาชนะ (g)

W_i = น้ำหนักเริ่มต้น (g)

W_f = น้ำหนักสุดท้าย (g)

วิเคราะห์สารระเหย (Volatile matter) : ASTM E 872

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ครูซิเบิล(Crucible)พร้อมฝาปิดซึ่งอาจเป็นplatinum crucibleหรือnickel – chromium crucible
2. Vertical Electric Tube Furnace

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนัก crucible พร้อมฝาปิด โดยผลต่างไม่เกิน 0.01 g บันทึกน้ำหนัก (W_c)
2. ใส่ตัวอย่างทดสอบประมาณ 1 g. ลงใน crucible จากนั้นปิดฝา แล้วนำไปชั่งน้ำหนักโดยผลต่างไม่เกิน 0.01 g บันทึกน้ำหนักเริ่มต้น (W_i)
3. วาง crucible ใน wire support จากนั้นสอดเข้าไปใน furnace chamber ซึ่งมีอุณหภูมิคงที่ที่ 95020 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 950 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการให้ความร้อน 7 นาที
4. นำ crucible ซึ่งยังปิดฝาอยู่ ออกจาก furnace chamber ไปวางใน dessicator จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก crucible ซึ่งยังมีตัวอย่างบรรจุอยู่โดยผลต่างไม่เกิน 0.1 mg. บันทึกน้ำหนักสุดท้าย (W_f)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\%\ wt.loos = [(W_i - W_f) / (W_i - W_c)] * 100$$

เมื่อ W_c = น้ำหนักcrucible พร้อมฝาปิด (g)

W_i = น้ำหนักเริ่มต้น (g)

W_f = น้ำหนักสุดท้าย (g)

$$\%\ Volatile\ matter\ ในตัวอย่าง = A - B$$

เมื่อ A = % wt. loss

B = % moisture

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์เถ้า (Ash) : ASTM D 1102

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ครูซิเบิล(Crucible) พร้อมฝาปิดซึ่งอาจเป็น platinum crucibleหรือ nickel – chromium crucible
2. Muffle furnace
3. เตาอบ (drying oven)
4. ตะแกรงร่อน เบอร์ 40 (425 µm)

วิธีการทดสอบ

1. เผา crucible พร้อมฝาปิดใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส จานั้นไปวางใน dessicator จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักโดยผลต่างไม่เกิน 0.1 mg. บันทึกน้ำหนัก
2. ใส่ตัวอย่างทดสอบ 2 g ลงใน crucible ซึ่งตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์จะต้องผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 40 ก่อน จากนั้นชั่งน้ำหนัก crucible พร้อมตัวอย่างทดสอบ
3. อบ crucible ซึ่งบรรจุตัวอย่างทดสอบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ขณะอบเปิดฝา crucible ออก)
4. หลังจากอบ 1 ชั่วโมง นำ crucible ออกจากเตาอบ(ขณะนำออกจากเตาอบปิดฝา crucible) นำไปวางใน desiccator จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก
5. อบอีกครั้งและนำไปชั่งน้ำหนักจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ โดยผลต่างไม่เกิน 0.1 mg. บันทึกน้ำหนัก
6. วาง crucible ซึ่งบรรจุตัวอย่างหลังอบ ในเตาเผา (เปิดฝา crucible ออก) อุณหภูมิในการเผา 580-600 องศาเซลเซียส ระวังอย่าให้อุณหภูมิสูงเกิน 600 องศาเซลเซียส
7. นำ crucible พร้อมตัวอย่างหลังเผา (ปิดฝา crucible) วางใน dessicator จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปเผาอีกครั้งเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวางใน dessicator นำไปชั่งน้ำหนักอีกจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ โดยผลต่างไม่เกิน 0.2 mg.

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\% \text{ Ash} = (W_1 / W_2) * 100$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักเถ้า (g)

W2 = น้ำหนัก oven-dry sample (g)

(Oven – dry sample = น้ำหนัก crucible ซึ่งบรรจุตัวอย่างหลังอบ – น้ำหนัก crucible เปล่า)

วิเคราะห์ค่าความร้อน (Gross calorific value) : ASTM E 711

อุปกรณ์ที่ใช้

1. ชุด Adiabatic bomb Calorimeter
2. firing wire

สารเคมีที่ใช้

1. น้ำกลั่น
2. Wash solution ทำได้โดยการเติม Methyl orange 1 ml ในน้ำกลั่น 1 lit
3. สารละลายมารตราฐาน Na_2CO_3 ความเข้มข้น 0.34 ทำได้โดยการละลาย Na_2CO_3 18.02 g. ในน้ำจนได้ปริมาตรสารละลาย 1 litre โดยต้องอบ Na_2CO_3 ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อน
4. ก๊าซ Oxygen

วิธีการทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทดสอบประมาณ 1 g. ลงในฝา crucible ซึ่งถูก tare น้ำหนักแล้วโดยผลต่างไม่เกิน 0.1 mg.
2. เติมน้ำกลั่น 1 ml ลงใน bomb calorimeter โดยใช้ปิเปต
3. วัดความยาม firing wire ประมาณ 10 ซม. นำไปเกี่ยวไว้ตรงช่อง 2 ข้างสำหรับใส่ลวดส่วนปลายที่เกิดการเผาไหม้ (ignition terminal) โดยให้ปลายของเส้นลวดสัมผัสกับตัวอย่างทดสอบ
4. อัดก๊าซออกซิเจนใน bomb calorimeter ที่ความดันระหว่าง 20-30 บรรยากาศ

5. ชั่งน้ำ 2000 g. ซึ่งจะต้องทำการปรับอุณหภูมิใน bucket ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 2 องศาเซลเซียส จากนั้นปรับอุณหภูมิของน้ำใน bucket ให้เท่ากับ jacket
6. เมื่อปรับอุณหภูมิของน้ำแล้ว บันทึกอุณหภูมิน้ำใน bucket เริ่มต้น ปรับที่ run กดปุ่ม ignition ค้างไว้เป็นเวลา 3 วินาที จากนั้นอ่านอุณหภูมิน้ำใน bucket m6d 1 นาที บันทึกอุณหภูมิสุดท้ายที่คงที่
7. นำ bomb calorimeter ออกมาจาก bucket เปิดวาลว์แล้วค่อยๆ ไล่ก๊าซออกซิเจนออกอย่างช้าๆจนหมด ขากนั้นล้างภายใน bomb calorimeter ด้วยน้ำกลั่นที่ผสม methyl orange จนกระทั่งไม่เกิดการเปลี่ยนสี นำ firing wire ที่เหลือไปวัดแล้วนำมาหักลบออกจากความยาวลวดเดิม
8. รวบรวมสารละลายที่ผ่านการล้างมาทำการไตรเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน Na_2CO_3 บันทึกปริมาณที่ใช้ในการไตรเตรท
9. จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ sulfur ตามมาตรฐาน ASTM E 775 ต่อไป

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$Hg = [(T)(E) - e_1 - e_2 - e_3] / g$$

เมื่อ Hg = Gross calorific value , (J / g)

T = temperature rise, (J / g)

$= T_{final} - T_{initial}$

E = energy equivalent, (J / °C)

$.e_1$ = correction for heat of formation of HNO3 ,(J)

1 ml. Of standard Na_2CO_3 is equivalent to 20 J

$.e_2$ = correction for heat of formation of H_2SO_4 ,(J)

55.2 x percent of sulfur in sample x wt. of sample (J)

$.e_3$ = correction for heat of formation of firing wire ,(J)

9.6 / cm. x length of used firing wire

g = wt . of sample , (g)

การทำ Standardization เพื่อหาค่า energy equivalent (E)

- ชั่งกรดเบนโซอิก 0.9-1.3 g. จากนั้นทำตามขั้นตอน 2 ถึงขั้นตอน 8
- run ทั้งหมด 10 ครั้ง จากนั้นคำนวณหาค่า energy equivalent และนำค่าที่คำนวณได้มาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6.9 KJ / °C และต้องทำซ้ำหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้ค่าต่ำกว่าที่กำหนดไว้

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ ค่า energy equivalent

$$E = [(H)(g) + e_1 + e_3] / T$$

เมื่อ E = energy equivalent, ($J/^oC$)

H = heat of combustion of benzoic acid, (J/g)

.g = wt . of benzoic acid . (g)

T = temperature rise, (^oC)

.e_1 = titration correction, (J)

.e_2 = firing wire correction, k (J)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์ปริมาณกำมะถันรวม (Total sulfur): ASTM E 775 **โดยใช้วิธี** bomb washing

อุปกรณ์ที่ใช้

1. Muffle furnace
2. Crucible: porcelain crucible
3. กระดาษกรองเบอร์ 1 , เบอร์ 42

สารเคมีที่ใช้

1. น้ำกลั่น
2. methyl orange indicator
3. NH_4OH
4. น้ำโบรมีนอิ่มตัว
5. กรดไฮโดรคลอริก (1+1) โดยการผสมกรดไฮโดรคลอริกกับน้ำในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร
6. กรดไฮโดรคลอริก (1+9) โดยการผสมกรดไฮโดรคลอริกกับน้ำในอัตราส่วน 1: 9 โดยปริมาตร
7. $AgNO_3$
8. $BaCl_2$ 100 g/l โดยการละลาย $BaCl_2$ 100 g ในน้ำจนได้ปริมาตร 1 ลิตร
9. NaOH 100 g/l โดยการละลาย NaOH 100 g ในน้ำจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

วิธีการทดสอบ

1. นำน้ำที่ผ่านการไตรเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน $NaCO_3$ แล้วปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-7.0 ด้วยสารละลาย NH4OH เจือจางแล้วนำไปต้มจนเดือดเล็กน้อย
2. นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้ล้างด้วยน้ำร้อนอีก 5-6 ครั้ง รวบรวมน้ำที่ผ่านกรองทั้งหมด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. เติมน้ำโบรมีนอิ่มตัว 1 ml และเติมกรดไฮโดรคลอริก (1+9) จนสารละลายมีความเป็นกรดเล็กน้อย และนำไปต้มเพื่อไล่โบรมีนที่มากเกิน
4. ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลาย NaOH และ Na_2CO_3 โดยมี methyl orange เป็น indicator จากนั้นเติมสารละลายไฮโครคลอริก (1+3) ml.
5. นำไปต้มอีกครั้ง พร้อมกับคนสารละลายอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นค่อยๆเติมสารละลาย $BaCl_2$ 10 ml.
6. ต้มต่อไปเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 2 ชั่วโมงหรือทั้งคืน
7. กรองสารละลายและสิ่งที่ตกตะกอนด้วยกระดาษกรอง (ashless paper) เบอร์ 42 จากนั้นล้างด้วยน้ำร้อน จนกระทั่งเมื่อหยด AgNO3 ไม่เกิดสีขาวขุ่น
8. วางกระดาษกรงอที่มีตะกอน BaSO4 ใน crucible ที่ชั่งน้ำหนักแล้วจากนั้นนำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 925 องศาเซลเซียส เมื่อเผาแล้วนำไปวางใน desiccator จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก

สูตรที่นำไปใช้ในการคำนวณ

% sulfur = (A – B)x13.738 / W

เมื่อ A = wt. of $BaSO_4$ precipitated, (g)

B = wt. of $BaSO_4$ correction, (g)

W = wt. of sample, (g)

13.738 = percentage of sulfur in $BaSO_4$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 4

วัดปริมาณ CO, CO_2 และ O_2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9.35 18/6/42 600 °C

Testo Ltc.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
66.4	°C	Flue temp.
14.9	%	O2-Content
89.2	%	Gross Eff.
94.7	%	Net Eff.
26..	%	Excess air
..	%	CO2-Content
341	ppm	CO-Content
30.4	°C	Ambient temp
..	bar	Draught

----- testo 342-1

18/6/42 11.30 750°

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
71.9	°C	Flue temp.
11.6	%	O2-Content
90.7	%	Gross Eff.
96.3	%	Net Eff.
130.3	%	Excess air
6.7	%	CO2-Content
108	ppm	CO-Content
32.3	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

22/6/42 ไม่ได้บันทึก 14.20

700 C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
80.2	°C	Flue temp.
14.5	%	O2-Content

Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
80.2	°C	Flue temp.
14.5	%	O2-Content
87.6	%	Gross Eff.
93.2	%	Net Eff.
241.7	%	Excess air
4.5	%	CO2-Content
210	ppm	CO-Content
29.1	°C	Ami

22/6/42 14.00 700°C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
69.3	°C	Flue temp.
14.8	%	O2-Content
88.5	%	Gross Eff.
94.0	%	Net Eff.
259.6	%	Excess air
4.3	%	CO2-Content
430	ppm	CO-Content
29.1	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

22/6/42 14.30

700°C ปิดลดเร็ว

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
77.8	°C	Flue temp.
14.7	%	O2-Content
88.0	%	Gross Eff.
93.4	%	Net Eff.
253.4	%	Excess air
4.4	%	CO2-Content
200	ppm	CO-Content
29.1	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draugl

22/6/42 16.30 700°C

Testo Ltc ปิดลดเครื่องล่วน

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
78.0	°C	Flue temp.
15.1	%	O2-Content
87.9	%	Gross Eff.
93.4	%	Net Eff.
274.5	%	Excess air
4.1	%	CO2-Content
89	ppm	CO-Content
32.1	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

22/6/42 16.40 700°C

ปิดลดเร็วๆ

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
82.3	°C	Flue temp.
15.0	%	O2-Content
87.6	%	Gross Eff.
93.1	%	Net Eff.
267.9	%	Excess air
4.2	%	CO2-Content
128	ppm	CO-Content
32.1	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

23/6/42 700°C 15.30

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
66.1	°C	Flue temp.
15.4	%	O2-Content
89.7	%	Gross Eff.
95.3	%	Net Eff.
296.2	%	Excess air
3.9	%	CO2-Content
100	ppm	CO-Content
35.4	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draugl

23/6/42 750°C 15.45

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
70.4	°C	Flue temp.
14.9	%	O2-Content
89.6	%	Gross Eff.
95.1	%	Net Eff.
261.4	%	Excess air
4.3	%	CO2-Content
98	ppm	CO-Content
35.4	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.30 750°C 28/6/42

Testo Ltd.
Emsworth

----- testo 342-1 -----

Light

89.5	%	Gross Eff.
95.1	%	Net Eff.

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
85.5	°C	Flue temp.
11.6	%	O2-Content
89.5	%	Gross Eff.
95.1	%	Net Eff.
130.3	%	Excess air
6.7	%	CO2-Content
242	ppm	CO-Content
32.6	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

750°C 28 มิ.ย. 42 /16.00 น.

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
65.3	°C	Flue temp.
14.8	%	O2-Content
89.2	%	Gross Eff.
94.7	%	Net Eff.
255.2	%	Excess air
4.4	%	CO2-Content
141	ppm	CO-Content
26.6	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

850°C 28 มิ.ย. 42 16.05 น.

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
63.9	°C	Flue temp.
15.1	%	O2-Content
89.1	%	Gross Eff.
94.7	%	Net Eff.
274.5	%	Excess air
4.1	%	CO2-Content
37	ppm	CO-Content
26.6	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

5/7/42 1000° 10.25

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
76.4	°C	Flue temp.
12.6	%	O2-Content
90.1	%	Gross Eff.
95.7	%	Net Eff.
161.5	%	Excess air
5.9	%	CO2-Content
43	ppm	CO-Content
33.8	°C	Ambi

----- testo 342-1 -----

980°C 14.30น. 6/7/42

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
69.7	°C	Flue temp.
12.4	%	O2-Content
90.7	%	Gross Eff.
96.3	%	Net Eff.
151.2	%	Excess air
6.2	%	CO2-Content
76	ppm	CO-Content
33.3	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

6/7/42 15.25 840°

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
73.5	°C	Flue temp.
13.1	%	O2-Content
90.1	%	Gross Eff.
95.7	%	Net Eff.
174.7	%	Excess air
5.6	%	CO2-Content
59	ppm	CO-Content
33.3	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

7/7/42 14.10 860°

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
78.7	°C	Flue temp.
13.7	%	O2-Content
89.0	%	Gross Eff.
94.5	%	Net Eff.
204.5	%	Excess air
5.1	%	CO2-Content
40	ppm	CO-Content
30.7	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

8/7/42 13.30 960°C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
71.6	°C	Flue temp.
12.8	%	O2-Content
90.3	%	Gross Eff.
95.9	%	Net Eff.
168.4	%	Excess air
5.8	%	CO2-Content
41	ppm	CO-Content
32.6	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draugl

8/7/42 14.30 900°C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
82.4	°C	Flue temp.
13.0	%	O2-Content
89.2	%	Gross Eff.
94.7	%	Net Eff.
175.7	%	Excess air
5.6	%	CO2-Content
57	ppm	CO-Content
32.1	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draugl

9/7/42 15.45 950°C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
78.5	°C	Flue temp.
12.8	%	O2-Content
89.7	%	Gross Eff.
95.3	%	Net Eff.
168.4	%	Excess air
5.8	%	CO2-Content
46	ppm	CO-Content
32.8	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

4/7/42 14.30 900°C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
79.8	°C	Flue temp.
13.0	%	O2-Content
89.1	%	Gross Eff.
94.7	%	Net Eff.
175.7	%	Excess air
5.6	%	CO2-Content
47	ppm	CO-Content
29.5	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

19/7/42 11.00 1000°C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
87.5	°C	Flue temp.
9.4	%	O2-Content
90.4	%	Gross Eff.
96.0	%	Net Eff.
83.2	%	Excess air
8.5	%	CO2-Content
150	ppm	CO-Content
33.5	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

23/7/42 800C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
65.5	°C	Flue temp.
12.7	%	O2-Content
91.0	%	Gross Eff.
96.6	%	Net Eff.
164.9	%	Excess air
5.9	%	CO2-Content
62	ppm	CO-Content
33.5	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

23/7/42 13.00 1000°C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
90.9	°C	Flue temp.
11.5	%	O2-Content
89.4	%	Gross Eff.
95.8	%	Net Eff.
130.7	%	Excess air
6.7	%	CO2-Content
83	ppm	CO-Content
34.7	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

25/7/42 13.00 800°C

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
67.3	°C	Flue temp.
14.6	%	O2-Content
90.0	%	Gross Eff.
95.6	%	Net Eff.
256.1	%	Excess air
4.4	%	CO2-Content
51	ppm	CO-Content
34.7	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

620°C 14.50

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
77.8	°C	Flue temp.
15.5	%	O2-Content
86.7	%	Gross Eff.
92.1	%	Net Eff.
310.0	%	Excess air
3.8	%	CO2-Content
850	ppm	CO-Content
32.6	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
88.1	°C	Flue temp.
6.5	%	O2-Content
90.8	%	Gross Eff.
96.4	%	Net Eff.
46.8	%	Excess air
10.6	%	CO2-Content
366	ppm	CO-Content
31.9	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

Testo Ltd.
Emsworth, Hants

----- testo 342-1 -----

Light	oil	
84.1	°C	Flue temp.
14.5	%	O2-Content
87.5	%	Gross Eff.
92.9	%	Net Eff.
241.7	%	Excess air
4.5	%	CO2-Content
362	ppm	CO-Content
31.8	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342-1 -----

9/9/99 12.45 800°C

testo 342

----- Light oil -----

63.6	°C	Flue temp.
14.3	%	O2-Content
87.7	%	Gross Eff.
93.1	%	Net
284.4	%	Excess air
4.6	%	CO2-Content
61	ppm	CO-Content
28.5	°C	Ambient temp

9/9/99 14.35 750°C

testo 342

----- Light oil -----

66.0	°C	Flue temp.
14.4	%	O2-Content
87.4	%	Gross Eff.
92.5	%	Net Eff.
284.7	%	Excess air
4.6	%	CO2-Content
11	ppm	CO-Content
0.6	°C	Amb

---- testo 342 -----

9/9/99 15.40น. 850°C

testo 342

----- Light oil -----

64.6	°C	Flue temp.
12.8	%	O2-Content
88.0	%	Gross Eff.
93.4	%	Net Eff.
170.7	%	Excess air
5.7	%	CO2-Content
65	ppm	CO-Content
30.7	°C	Ambient temp
0.00	mbar	Draught

----- testo 342 -----

ภาคผนวกที่ 5

วัดปริมาณแก๊สที่ปล่องทางออก

โดย

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รายงานผลวิเคราะห์

เลขที่งาน : 102-3A/1999

สถานที่เก็บตัวอย่าง : เตาเผาขยะ (โครงการของจุฬาฯ)

วันที่ : 7 พฤษภาคม 2542

ผู้เก็บตัวอย่าง : 1. นายอัครเดช ชื่นอารมณ์

2. นายวิระพงษ์ รามสีดา

ผู้วิเคราะห์ : อ.ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล

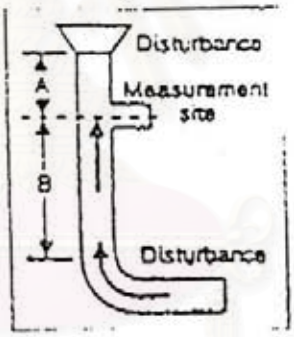
นายอนันต์ วีระณรงค์

ผลวิเคราะห์ :

1. จุดเก็บตัวอย่าง ปล่องเตาเผาขยะ หลังผ่านไซโคลน และ Wet Scrubber เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.400 เมตร

2. ตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่าง 11 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางทางเหนือลม (A) ของจุดรบกวน

5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางทางใต้ลม (B) ของจุดรบกวน



3. ความเข้มข้นของมลพิษ

	ความเข้มข้นของมลพิษ			
	ฝุ่นละออง ($มก./ม^3$)	SO_2 (ppm)	NO_x as NO_2 (ppm)	ความทึบแสง (%)
ครั้งที่ 1	35	ตรวจวัดไม่พบ	43	ภายในเวลา 60 นาที
ครั้งที่ 2	16	ตรวจวัดไม่พบ	60	สังเกตทุก 1 นาที
เฉลี่ย	26	ตรวจวัดไม่พบ	52	5
มาตรฐานประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม สำหรับเตาเผามูลฝอยขนาด 1-50 ตัน/วัน	400	30	250	20

หมายเหตุ วิธีตรวจวัด 1. ฝุ่นละออง Method 17 US.EPA

2. SO_2 Method 6 US.EPA (detection limit 3.4 มก./ม^3)

3. NO_x Method 7 US.EPA

4. ความทึบแสง Method 9 US.EPA

4. ระดับเสียง(Lp)โดยรอบเตาเผาขยะและริมรั้วด้านจุฬานิวาส (รูปที่ 1, 2 และ 3)

: หน่วย dB A

จุดตรวจวัด	ก่อนเดินเครื่องเตาเผาขยะ	ขณะเดินเครื่องเตาเผาขยะ
1	61.2	73.7
2	64.9	75.2
3	56.1	73.0
4	57.4	73.6
5	57.9	73.2
6	59.8	72.6
7	58.7	72.0
8	61.2	68.6
9	59.2	67.8
10	60.7	65.1
11	63.2	69.7
12	62.8	68.3
13	59.9	69.8
14	59.6	73.1
15	57.9	74.8
16	58.0	77.8
17	60.8	77.5
18	64.4	73.8
19	56.6	71.4
20	57.4	71.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

: หน่วย dB A

จุดตรวจวัด	ก่อนเดินเครื่องเตาเผาขยะ	ขณะเดินเครื่องเตาเผาขยะ
21	56.5	71.2
22	56.1	69.5
23	58.6	68.7
24	57.8	67.6

มาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกิน 115 dB A

ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 dB A

.....

(รองศาสตราจารย์ สุรี ขาวเธียร)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

18 พฤษภาคม 2542

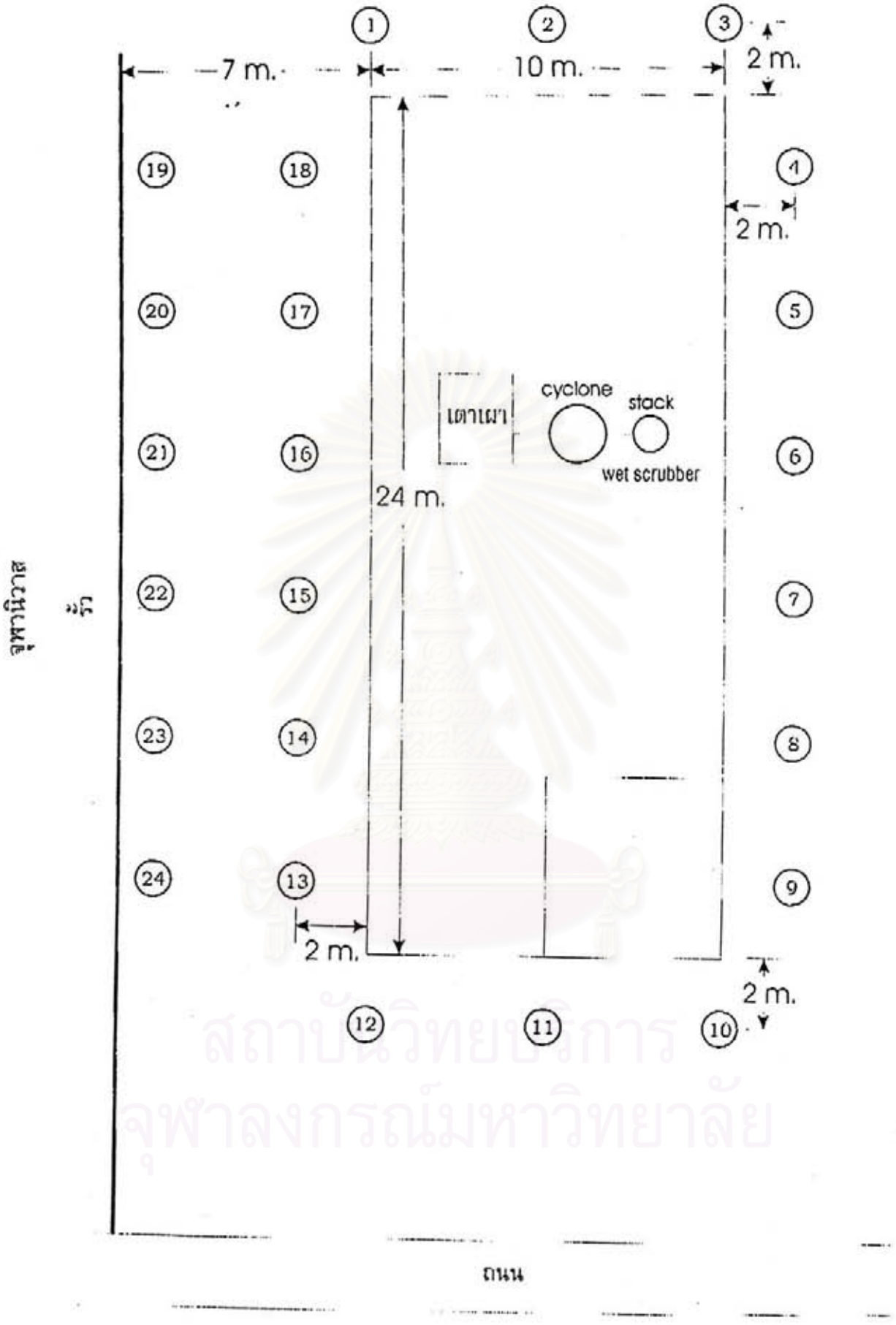
.....

(รองศาสตราจารย์ วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์)

หัวหน้าห้องปฏิบัติการฯ

18 พฤษภาคม 2542

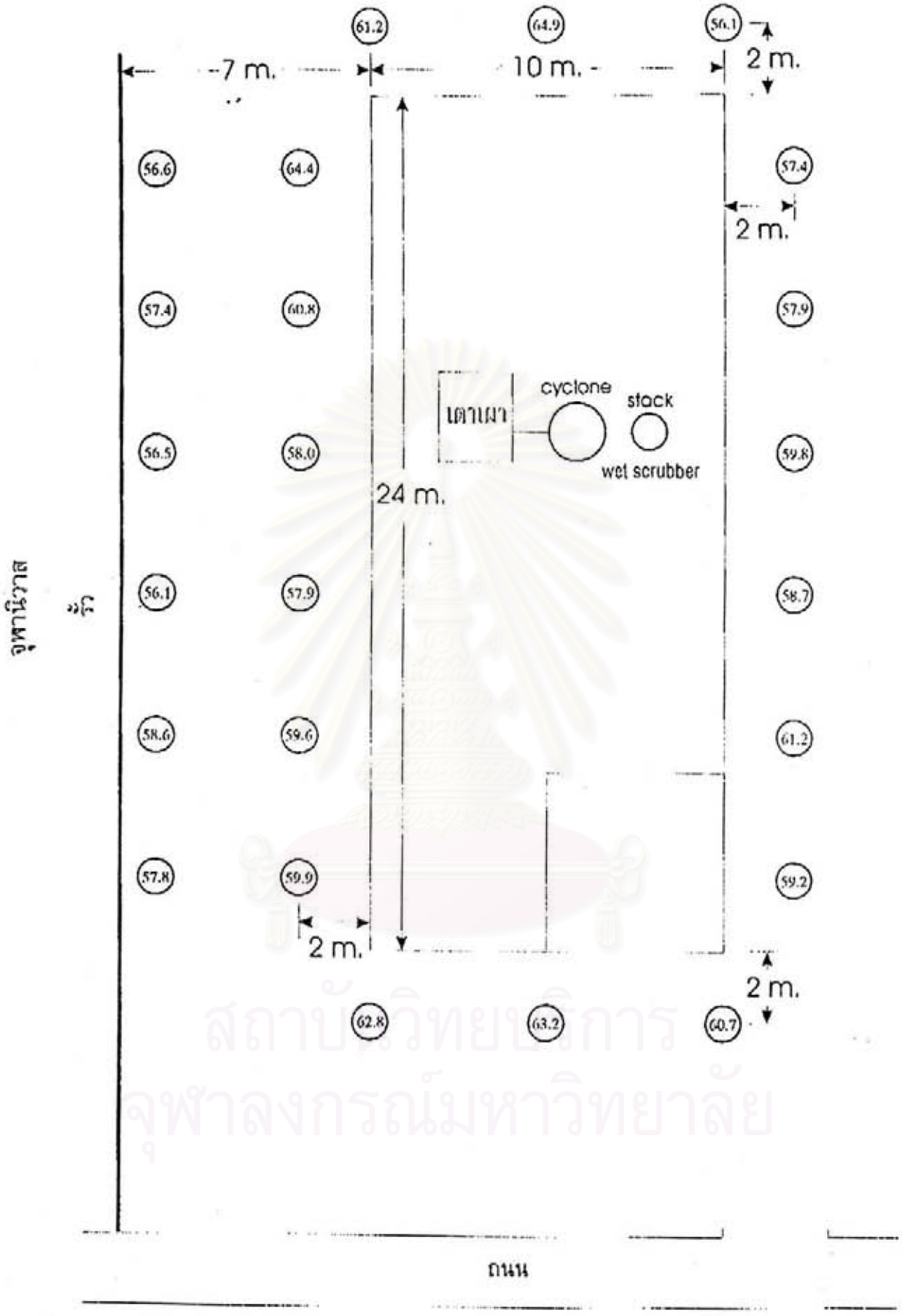
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



○ จุดตรวจวัดระดับเสียง

รูปที่ 1 จุดตรวจวัดระดับเสียง

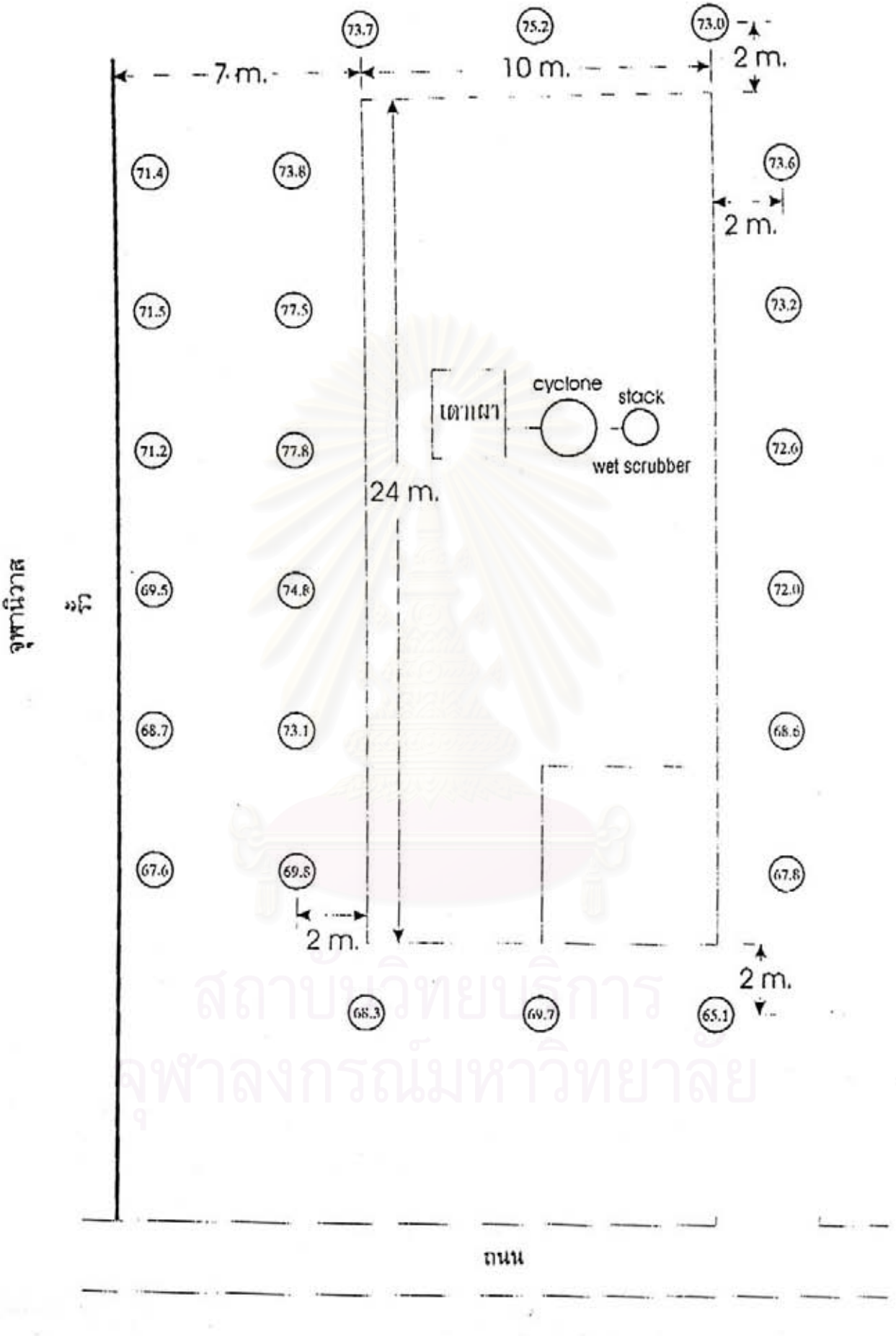
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



○ จุดตรวจวัดระดับเสียง

รูปที่ 2 ระดับเสียงก่อนเดินเครื่องเตาเผาขยะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 ระดับเสียงขณะเดินเครื่องเตาเผาขยะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 6

วัดปริมาณแก๊สที่ปล่องทางออก

โดย

บริษัท U A E จำกัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

United Analyst and Engineering Consultant Co.,Ltd.
17 Kotha Road, Talad Noi, Samphanthawong, Bangkok 10100
Tel. 639-0631-4, 233-4027, 235-5439, 237-6116 Fax. (662) 639-0630

ที่ยูเออี 0336/1999

วันที่ 21 กรกฎาคม 2542

เรื่อง ขอส่งรายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศเสียที่ระบายจากเตาเผาขยะมูลฝอย และคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

เรียน รองอธิการบดี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1) รายงานผลการตรวจติดตามตรวจสอบฯ จำนวน 1 ฉบับ
2) ใบแจ้งหนี้ 0984/1999 ลงวันที่ 21 กรกฎาคม 2542

ตามที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการศึกษาวิจัยโครงการกำจัดมูลฝอยในมหาวิทยาลัย ซึ่งได้ติดตั้งเตาเผาขยะมูลฝอยขนาด 250 Kg/hr เพื่อเผาทำลายมูลฝอยชุมชนที่พักอาศัย และได้ว่าจ้างบริษัท ยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด ให้ทำการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศเสียที่ระบายออกจากปล่องระบายอากาศเตาเผามูลฝอย และคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปบริเวณใกล้ชุมชนที่พักอาศัย เมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2542 นั้น

ในการนี้ บริษัทฯ ได้ทำการตรวจวัดคุณภาพอากาศฯและจัดทำรายงานผลเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงใคร่ขอส่งรายงานดังกล่าว จำนวน 1 ฉบับ มาเพื่อพิจารณา

จึงเรียนเสนอมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(นางศุภรัตน์ โชติสกุลรัตน์)
กรรมการผู้จัดการ

UNITED ANALYST AND ENGINEERING CONSULTANT CO.,LTD.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศเสีย
จากปล่องระบายอากาศเตาเผามูลฝอยและ
คุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป
14 กรกฎาคม 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทนำ	1
เจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินงาน	2
เครื่องมือตรวจวัดและวิเคราะห์	2
การดำเนินงาน	2
ผลการตรวจวัด	4
ประเมินผลการตรวจวัด	5

ภาคผนวก

- หนังสือรับรองรายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ
- รายงานผลการตรวจวิเคราะห์
- มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย
- มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายงานผล
การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศเสียจากปล่องระบายอากาศเตาเผามูลฝอย
และคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป บริเวณชุมชนของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2542

1. บทนำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งตั้งอยู่ที่ ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร ได้ว่าจ้าง บริษัท ยูไนเต็ด แอน นาลิสต์แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด ให้ตรวจวัดอากาศเสียจากปล่องระบายอากาศเตาเผามูลฝอย และคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป บริเวณชุมชนที่พักอาศัยที่อยู่ใกล้เตาเผามูลฝอยบริเวณใกล้ศูนย์หนังสือแว่นแก้ว ตรงข้ามซอยจุฬาลงกรณ์ 16 และจัดทำรายงานผลการตรวจวัดเสนอ กองกลาง สำนักงานมหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังรายละเอียดการตรวจวัดในตารางที่ 1

2. เจ้าหน้าที่ผู้ดำเนินงาน

การดำเนินงานครั้งนี้บริษัท ยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด ได้แบ่งเจ้าหน้าที่ออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มงานภาคสนาม และกลุ่มงานวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แต่ละกลุ่มประกอบด้วยเจ้าหน้าที่ดังนี้

2.1 กลุ่มงานภาคสนาม

นายกนก สุขสมสังข์	ผู้ชำนาญด้านการตรวจวัดปริมาณสารมลพิษทางอากาศ เป็นที่ปรึกษาทางด้านเทคนิคและการประเมินผล
นายอุเทียร เสริมศรี	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม หัวหน้าทีมปฏิบัติงานภาคสนาม
นายเดชมนตรี ศรีอ่วม	เจ้าหน้าที่สิ่งแวดล้อม และจัดทำรายงาน
นายทรงศักดิ์ กาฬกาญจน์	นายช่างเทคนิค
นายสาธิต อินทรนเรศ	พนักงานขับรถยนต์

2.2 กลุ่มงานวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ดร.พินิติ รตะนานุกูล	ผู้ชำนาญด้านการวิเคราะห์ตัวอย่างสิ่งแวดล้อม เป็นผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์
นางสาวกฤชวรรณ ภัทรธีรกุล	ผู้จัดการฝ่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ หัวหน้าทีมวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ
นางสาวรสริน ไชยเชษฐ์พิพัฒกุล	นักเคมี และเจ้าหน้าที่เคมีผู้ตรวจวิเคราะห์
นางสาวรัตนา เจริญต้นตระกูล	นักเคมี และเจ้าหน้าที่เคมีผู้ตรวจวิเคราะห์

ทั้งนี้การดำเนินการทั้งหมดอยู่ภายใต้การควบคุม และตรวจสอบรับรองรายงานโดย นางศุภรัตน์ โชติสกุลรัตน์ ผู้ชำนาญการสิ่งแวดล้อม

3. เครื่องมือตรวจวัดและวิเคราะห์

3.1 เครื่องมือที่ใช้การตรวจวัดอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย

- เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศจากปลายปล่องยี่ห้อ APEX รุ่น 572, USA
- เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV-1201V, Japan สำหรับการตรวจวิเคราะห์
  ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนไดออกไซด์
- Analytical Balance ยี่ห้อ Mettler รุ่น BB 1200 และ FR-200, Germany สำหรับการชั่งหาน้ำหนักของปริมาณฝุ่นละออง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

- เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ชนิด High Volume Air Sampler ยี่ห้อ Ecotech รุ่น 2000, Australia
- เครื่องสูบตัวอย่างอากาศชนิด Personal Pump ยี่ห้อ Gillian รุ่น Gil Air 5, USA
- หลอดแก้วเก็บตัวอย่างอากาศชนิด Bubble Impinger สำหรับใส่สารละลายที่ใช้ดูดซับตัวอย่างอากาศ

4. การดำเนินงาน

หลังจากที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ว่าจ้างให้ บริษัท ยูไนเต็ด แอนนาลิสต์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด เป็นผู้ดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศเสียจากปล่องระบายระบบเตาเผาขยะ บริษัทฯได้ให้เจ้าหน้าที่เตรียมการต่าง ๆ ให้ครอบคลุมตามลักษณะงานของผู้ว่าจ้างทั้งงานในภาคสนาม และห้องปฏิบัติการ โดยได้ส่งเจ้าหน้าที่พร้อมเครื่องมือ และอุปกรณ์ออกไปดำเนินงานตรวจวัด ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 เมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2542 โดยการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องฯ ดำเนินการเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม และการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศฯ ดำเนินการต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง เมื่อวันที่ 14-15 กรกฎาคม 2542 ซึ่งตัวอย่างที่เก็บได้ในภาคสนามได้นำกลับมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการทันที โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

ตารางที่ 1 แผนการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ เมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2542

ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	จุดตรวจวัด	ดัชนีในการตรวจวัด	ระยะเวลาในการตรวจวัด
1. การตรวจวัดอากาศเสียจากปล่องระบายอากาศเตาเผามูลฝอย	1.ปล่องเตาเผามูลฝอยบริเวณอาคารที่พักอาศัยใกล้เคียง หนังสือแว่นแก้ว	1.ปริมาณฝุ่นละออง(Particulate) 2.ปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์(NO_x as NO_2) 3.ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO_2)	ดำเนินการตรวจวัดเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2542
2. การตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป	2. ชุมชนที่พักอาศัยใกล้เคียงบริเวณเตาเผาขยะมูลฝอย	1.ปริมาณฝุ่นละออง(Particulate) 2.ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์(NO_2) 3.ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO_2)	ดำเนินการตรวจวัดเมื่อวันที่ 14 -15 กรกฎาคม 2542

4.1 วิธีการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ

4.1.1 วิธีการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศเสียจากปล่องระบายอากาศเตาเผามูลฝอย

4.1.1.1 ปริมาณฝุ่นละออง (Particulate) ใช้เครื่องตรวจวัดอากาศเสียจากปลายปล่องชนิด Stack Sampler ผลิตภัณฑ์ของ Apex Instrument Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา เก็บตัวอย่างด้วยวิธี Isokinetic Method ตามวิธีมาตรฐานการตรวจวัดปริมาณฝุ่นจากปลายปล่องของ USEPA Method 5

4.1.1.2 ปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x as NO_2) เก็บตัวอย่างโดยใช้ชุด Gas Sampler ของ Apex Instrument Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยก่อนเก็บตัวอย่างได้ปรับระบบภายในขวดเก็บตัวอย่างให้อยู่ในสภาวะสูญญากาศ ที่มีความดันบรรยากาศในขวดเก็บตัวอย่างไม่เกิน 75 มิลลิเมตรปรอท เปิด Sampling Valve ให้ตัวอย่างอากาศเข้าไปอยู่ในขวดเก็บตัวอย่างที่บรรจุสารละลายดูดซับ ทิ้งตัวอย่างไว้อย่างน้อย 16 ชั่วโมง นำมาหาค่าปริมาณ NO_2 ได้โดยวิธี Phenoldisulphonic Acid Procedure ตามวิธีมาตรฐานของ USEPA Method 7

4.1.1.3 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เก็บตัวอย่างโดยใช้ชุด Gas Sampler ของ Apex Instrument Ltd. ประเทศสหรัฐอเมริกา สูบตัวอย่างผ่าน 15 mL-Midget Impingers ที่บรรจุสารความเข้มข้น 3% ของ Hydrogen Peroxide เป็นเวลา 20 นาที ซึ่งสารละลายที่ได้จะนำมาหาปริมาณความเข้มข้น SO_2 ได้โดยวิธี Barium-Thorin Titration Method ตามวิธีมาตรฐานของ USEPA Method 6

4.1.2 วิธีการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

4.1.2.1 ปริมาณฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate: TSP) เก็บตัวอย่างโดยใช้ High Volume Air Sampler ยี่ห้อ Ecotech รุ่น 2000 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศออสเตรเลีย ผลิตโดย Ecotech Pty.,Ltd. ที่ผ่านการปรับความเที่ยงตรงของเครื่องด้วย Calibration Kit ณ จุดตรวจวัด โดยสูบตัวอย่างอากาศด้วย Flow Rate 1.13 ลูกบาศก์เมตร/นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 3 วันต่อเนื่อง ผ่านกระดาษกรองชนิด Glass Fiber Filter ขนาด 8×10 นิ้ว ซึ่งผ่านการควบคุมความชื้นใน Dessicator เป็นเวลา 24 ชั่วโมงและชั่งน้ำหนักทั้งก่อนและ

หลังการตรวจวัด เพื่อหาน้ำหนักฝุ่นเพื่อหาค่าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง ด้วยวิธี Pre and Post Weight Difference ตามวิธีมาตรฐาน Gravimetric High Volume ที่คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนด

4.1.2.1 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen Dioxide) เก็บตัวอย่างอากาศตามวิธี TGS-ANSA โดยการดูดตัวอย่างอากาศผ่าน Absorbing Rreagent of Triethanolamine o-methoxyphenol, sodium metabisulfite mix. ใช้ความเร็วในการดูดตัวอย่างอากาศ 0.2 ลิตร/นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาค่าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง ตามวิธีมาตรฐานที่คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนด

4.1.2.3 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SulphurDioxide) เก็บตัวอย่างอากาศตามวิธี Pararo-saniline โดยการดูดตัวอย่างอากาศผ่านสารละลาย Potassium Tetrachloromercurate (TCM) ใช้ความเร็วในการสูบตัวอย่างอากาศ 0.2 ลิตร/นาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายดังกล่าวไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง ตามวิธีมาตรฐานที่คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนด

5. ผลการตรวจวัด

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศเสียจากปล่องระบายอากาศเตาเผามูลฝอย ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปบริเวณชุมชนเตาเผาขยะ สรุปได้ดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศเสียจากปล่องระบายระบบเตาเผามูลฝอย

ดัชนีการตรวจวัด	หน่วย	วิธีการตรวจวัด/วิเคราะห์	ผลการตรวจวัด[1]	มาตรฐาน[2]
1. ปริมาณฝุ่นละออง (Particulate)	mg/m^3	USEPA Method 5	205.462	400
2. ปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x as NO_2)	ppm.	USEPA Method 7	103.76	250
3. ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	ppm.	USEPA Method 6	23.88	30
4. ความเร็วของอากาศในปล่อง (Velocity)	m/s	USEPA Method 2	4.85	-
5. ปริมาตรอากาศส่วนเกิน (Excess Air)	%	USEPA Method 3B	50	-
6. ความชื้นของอากาศในปล่อง (Moisture)	%		88.68	-
6. อุณหภูมิอากาศในปล่อง (Stack Temperature)	°C	Thermocouple	84	-
7. เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง (Stack Diameter)	m.	Measuring Tape	0.40	-
8.ประเภทเชื้อเพลิง (Fuel)	-	-	น้ำมันดีเซล	-

หมายเหตุ : [1] ผลการคำนวณที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50

[2] มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ประกาศ ณ วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2540

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป บริเวณใกล้ชุมชนที่พักอาศัย

จุดตรวจวัด	หน่วย	ผลการตรวจวัด[1] บริเวณใกล้ชุมชนที่พักอาศัย 14-15 ก.ค. 42	ค่ามาตรฐาน[2]
1. ปริมาณฝุ่นละอองรวมขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน(TSP)	mg/m^3	0.053	0.330/24 Hr
2. ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	mg/m^3	0.028	0.320/1 Hr
3. ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	mg/m^3	< 0.001	0.300/24 Hr

หมายเหตุ : [1] ผลการคำนวณที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท
[2] มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2538

6. ประเมินผลการตรวจวัด

6.1 ผลการตรวจวัดอากาศเสียจากปล่องระบายอากาศเตาเผามูลฝอย

ปริมาณฝุ่นละออง (Particulate) ตรวจวัดได้ 205.462 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ประกาศ ณ วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2540 กำหนดค่าปริมาณฝุ่นละออง ไม่เกิน 400 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_x as NO_2) ตรวจวัดได้ 103.76 ส่วนในล้านส่วน มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ประกาศ ณ วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2540 กำหนดค่าปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์ ไม่เกิน 250 ส่วนในล้านส่วน

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตรวจวัดได้ 23.88 ส่วนในล้านส่วน มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ประกาศ ณ วันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2540 กำหนดค่าปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 30 ส่วนในล้านส่วน

ผลการตรวจวัดเป็นการคำนวณค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) มีปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ 50 เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

6.2 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน ตรวจวัดได้ 0.053 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าต่ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2538 ที่กำหนดค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน เฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.330 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ตรวจวัดได้ 0.028 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์ มีค่าต่ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2538 กำหนดค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน เฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.320 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตรวจวัดได้ น้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีค่าต่ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2538 กำหนดค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน เฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.300 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

- หนังสือรับรองรายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ
- รายงานผลการตรวจวิเคราะห์
- มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย
- มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- หนังสือรับรองรายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รับรองรายงานผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศเสีย
จากปล่องระบายอากาศเตาเผามูลฝอยและคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป
บริเวณชุมชนที่พักอาศัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วันที่ 14-15 กรกฎาคม พ.ศ. 2542

เจ้าหน้าที่ตรวจวัดคุณภาพอากาศ .....

(นายอุเทียร เสริมศรี)
ว-013-จ-702

เจ้าหน้าที่ตรวจวิเคราะห์ประจำห้องปฏิบัติการ .....

(นางสาวกฤชวรรณ ภัทรธีรกุล)
ว-013-จ-415

ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ .....

(นางศุภรัตน์ โชติสกุลรัตน์)
ว-013-ค-549

UNITED ANALYST AND ENGINEERING CONSULTANT CO.,LTD.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- รายงานผลการตรวจวิเคราะห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

United Analyst and Engineering Consultant Co.,Ltd.
17 Yotha Road, Talad Noi, Sampanthawong, Bangkok 10100
Tel. 639-0601-4, 233-4027, 235-5485, 234-5115 Fax: (662) 639-0605

ANALYSIS REPORT

CUSTOMER NAME : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ADDRESS : กองกลาง สำนักงานมหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร
SAMPLING SOURCE : INCINERATOR STACK
SAMPLING DATE : JULY 14, 1999
SAMPLING TIME : 11:40 a.m.-3:20 p.m.
SAMPLING METHOD : USEPA METHOD
SAMPLING BY : UAE.

RECEIVED DATE : JULY 14, 1999
ANALYTICAL DATE : JULY 14-20, 1999
ANALYSIS NO. : 2729/1999
SAMPLE CONDITION : GOOD
FILE NAME : ANALYSIS REPORT

PARAMETER	UNIT	METHOD OF ANALYSIS	RESULT[1]	STANDARD[2]
			INCINERATOR STACK 2729/1999	
PARTICULATE	mg/m^3	USEPA METHOD 5	205.462	400
NITROGEN OXIDE	ppm	USEPA METHOD 7	103.76	250
SULPHUR DIOXIDE	ppm	USEPA METHOD 6	23.88	30
VELOCITY	m/sec	USEPA METHOD 2	4.85	-
EXCESS AIR	%	USEPA METHOD 3B	50	-
MOISTURE	%	USEPA METHOD 4	88.68	-
STACK TEMPERATURE	^oC	THERMOCOUPLE	84	-
STACK DIAMETER	m	MEASURING TAPE	0.40	-

REMARK: [1] REFERENCE CONDITION IS 25 DEGREE CELSIUS AT 1 ATMOSPHERE
[2] INCINERATOR EMISSION STANDARDS, NOTIFICATION OF MINISTRY OF SCIENCE, TECNOLOGY AND ENVIRONMENT, PUBLISHED IN THE ROYAL GOVRNMENT GAZETTE. VOL.114, PART 63 D, DATED 7 AUGUST, B.E. 2540

Patcharee C.
(MS. PATCHAREE CHAROENSILPANITH)
ANALYST
20/07/1999

Kritchawan P.
(MS.KRITCHAWAN PATTARATEERAKUL)
TECHNICAL MANAGER
20/07/1999

Suparatana J.
(MRS.SUPARATANA JOTISAKULRATANA)
MANAGING DIRECTOR
20/07/1999

UAE UNITED ANALYST AND ENGINEERING CONSULTANT CO.,LTD.

- DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL.
- REPORTED ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE ONLY.

United Analyst and Engineering Consultant Co.,Ltd.
17 Yotha Road, Talad Noi, Sampanthawong, Bangkok 10100
Tel. 639-0601-4, 233-4027, 235-5455, 234-5115 Fax: (662) 639-0605

ANALYSIS REPORT

CUSTOMER NAME : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ADDRESS : กองกลาง สำนักงานมหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร
SAMPLING SOURCE : AMBIENT AIR
SAMPLING DATE : JULY 14, 1999
SAMPLING TIME : 11:40 a.m.-3:20 p.m.
SAMPLING METHOD : USEPA METHOD
SAMPLING BY : UAE.

RECEIVED DATE : JULY 14, 1999
ANALYTICAL DATE : JULY 14-20, 1999
ANALYSIS NO. : 2730/1999
SAMPLE CONDITION : GOOD
FILE NAME : ANALYSIS REPORT

PARAMETER	UNIT	METHOD OF ANALYSIS	RESULT[1] ใกล้ที่ชุมชนพักอาศัย 2730/1999	STANDARD[2]
TOTAL SUSPENDED PARTICULATE	mg/m^3	PRE AND POST WEIGHT DIFFERENCE	0.053	0.330
NITROGEN DIOXIDE	mg/m^3	TGS ANSA	0.028	0.320
SULPHUR DIOXIDE	mg/m^3	PARAROSANILINE	< 0.001	0.300

REMARK: [1] REFERENCE CONDITION IS 25 DEGREE CELSIUS AT 1 ATMOSPHERE
[2] AMBIENT AIR QUALITY STANDARDS, NOTIFICATION OF THE NATIONAL ENVIRONMENT BOARD, NO.10, B.E. 2538

Patcharee C.
(MS. PATCHAREE CHAROENSILPANITH)
ANALYST
20/07/1999

Kritchawan P.
(MS.KRITCHAWAN PATARATEERAKUL)
TECHNICAL MANAGER
20/07/1999

Suparatana J.
(MRS.SUPARATANA JOTISAKULRATANA)
MANAGING DIRECTOR
20/07/1999

UAE UNITED ANALYST AND ENGINEERING CONSULTANT CO.,LTD.

- DO NOT COPY PARTIAL OF THIS ANALYSIS REPORT WITHOUT OFFICIAL APPROVAL.
- REPORTED ANALYSIS REFERS TO SUBMITTED SAMPLE ONLY.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลดิบในการตรวจวัดคุณภาพอากาศเสียที่ระบายจากปล่องเตาเผามูลฝอย

Description	Stack No. 1		Unit			
Stack Gas Analysis						
CO_2	1.1		%			
O_2	17.6		%			
CO	0.0		%			
Total %	18.9		%			
100 - Total % = % N_2 =	81.1		%			
Percentage of excess air,						
%EA = (((%O_2)-(0.5%CO))/((0.264%N_2)-(%O_2)-(0.5%CO)))x100	493.02		%			
The Fuel Factor, F_0 = ((20.9-%O_2)/%CO_2)	2.82		%			
Concentration of TP	51.97		mg/m3			
Concentation of SO2	15.78		mg/m3	5.04	ppm	
Concentation of Nox as NO2	51.42		mg/m3	26.25	ppm	
Moisture	22.43		%			
Velocity	4.98		m/sec.			
Percentage of excess air. (Standard)	50.00	7.00	%	50.00	7.00	Unit
Concentation of TP	0.000	0.000	mg/m3			
Concentation of SO2	0.000	0.000	mg/m3	0.00	0.00	ppm
Concentation of Nox as NO2	0.000	0.000	mg/m3	0.00	0.00	ppm
Moisture	0.00	0.00	%			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	Description	Sample1	Measuring
1	Date (วันที่ตรวจวัด)	18/5/42	unit
2	Time (เวลาตรวจวัด)	13.25	
3	Stack Number (หมายเลขปล่อง)	ST1	-
4	Pitot Tube Constant, C_P	0.85	-
5	Impinger Solution Volume Gain	140	ml
6	Silica Gel Weight Gain (density of H_2O is 1 g/ml)	27	g
7	Total Volume H_2O Collected, $V_{H2O} = 6 + 7$	167	ml
9	Average Gas Meter Temperature, T_m	32	°C
	Meter Volume Sampled, V_m	0.8	acm
10	Total Sampling Time. Θ	32	min
11	Barometric Pressure, P_B	758	mm Hg a
12	Stack Pressure, P_S	757.82	mm Hg a
13	Average Stack Temperature, T_S	84	°C
14	Average Orifice Meter Pressure Drop, $(\Delta H)_{avg}$	61.00	mm H_2O
15	Square Root Average Pitot Tube Pressure Drop, $(\Delta P)^{1/2}_{avg}$	1.262	$(mm\ H_2O)^{1/2}$
16	Average Pitot Tube Pressure Drop, $(\Delta P)_{avg}$	1.60	mm H_2O
17	Volume of Water as Gas at STP, $Vwc = 0.001337\ V_{H2O}$	0.2233	scm
18	Meter Volume at STP, $V_{mc} = 0.386\ V_m\ (P_B + (\Delta H_{avg})/13.6)/(T_m + 273)$	0.7720	scm
19	Stack Moisture Content, $B_{ws} = (V_{wc}/(V_{wc} + V_{mc})) \times 100$	22.43	%
20	Stack Gas Analysis		
	CO_2	1.1	%
	O_2	17.8	%
	CO	0.0	%
	Total %	18.9	%
	100 - Total % = % N_2 =	81.1	%
21	Dry Molecular Weight, 0.28 $Md = 0.44\ (\%\ CO_2) + 0.32\ (\%\ O_2) + 0.28\ (\%\ CO + \%\ N_2)$	28.89	g/gmole
22	Stack Gas Molecular Weight, $M_S = 0.18\ (B_{ws}) + M_d(100 - B_{ws})/100$	26.45	g/gmole

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	Description	Sample1	Measuring
23	Average Stack Velocity, $(V_S)_{avg} = 34.96\ C_p\ ((\Delta P)_{avg})^{1/2}\ ((T_S + 273)/P_S\ M_S)^{1/2}$	5.00	m/sec
24	D_S = Duct Diameter (m)	0.4	m
25	Stack Area,A = ((22/7)x(D_S^2)/4) where D_S = Duct Diameter (m)	0.13	m^2
26	Stack Flow Rate, $Q_{SA} = 60(Vs)avg.\ A$	37.75	acmm
27	Stack Flow Rate, $Q_{SW} = 0.386\ ((P_S/(T_S + 273))Q_{SA}$	30.93	scmm wet
28	Stack Flow Rate, $Q_{SD} = ((100 - B_{WS})/100)Q_{SW}$	23.99	scmm dry
29	Nozzle Diameter, D_n	12.40	mm
30	% Isokinetic Variation, $I = (5.496 \times 108\ (T_S + 273)V_{mc})/(\Delta V_S)_{avg}\ P_S\ Dn^2(100 - B_{WS}))$ (acceptable results 90 < I < 110)	104.65	%
31	Mass of Particulate Collected on Filter. M_f	0.0025	g
32	Mass of Particulate Collected in Probe	0.0001	g
33	Total Mass of Particulate. M_n = (31.)+(32.)	0.0026	g
34	Percentage of total Particulate Collected on Filter,(M_f/M_n)x100	96.154	%
35	Stack Particulate Concentration. $C_S = (M_n/V_{mc})$	0.052 51.97	gr/scm mg/m3
36	Particulate Mass Rate, $pmr = 0.003888\ (C_S)\ Q_{SD}$	0.29 0.000	g/hr. Kg/hr.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- มาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

"เตาเผามูลฝอย" หมายความว่า ระบบหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการเผาไหม้

"มูลฝอย" หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจาก ถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

"สภาวะแห้ง" หมายความว่า สภาวะที่ความชื้นของตัวอย่างอากาศเป็นศูนย์

ข้อ ๒ ให้แบ่งประเภทของเตาเผามูลฝอยตามข้อ ๑ ออกเป็น ๒ ขนาด คือ

(๑) เตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้ตั้งแต่ ๑ ตันต่อวัน แต่ไม่เกิน ๕๐ ตันต่อวัน

(๒) เตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้เกิน ๕๐ ตันต่อวัน

ข้อ ๓ อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้ตั้งแต่ ๑ ตันต่อวัน แต่ไม่เกิน ๕๐ ตันต่อวัน ต้องมีค่าไม่เกินมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

(๑) ค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ไม่เกิน ๓๐ ส่วนในล้านส่วน

(๒) ค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งคำนวณผลในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_x as NO_2) ไม่เกิน ๒๕๐ ส่วนในล้านส่วน

(๓) ค่าก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ไม่เกิน ๑๓๖ ส่วนในล้านส่วน

(๔) ค่าสารประกอบไดออกซิน (Dioxin as Total Chlorinated PCDD plus PCDF) ไม่เกิน ๓๐ นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(๕) ค่าปริมาณฝุ่นละออง (Total Suspended Particulate) ไม่เกิน ๔๐๐ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(๖) ค่าความทึบแสง (Opacity) ไม่เกินร้อยละ ๒๐

ข้อ ๔ อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากเตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้เกิน ๕๐ ตันต่อวัน ต้องมีค่าไม่เกินมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยที่กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

(๑) ค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน ๓๐ ส่วนในล้านส่วน

(๒) ค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ซึ่งคำนวณผลในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ไม่เกิน ๑๘๐ ส่วนในล้านส่วน

(๓) ค่าก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ ไม่เกิน ๒๕ ส่วนในล้านส่วน

(๔) ค่าสารประกอบไดออกซินไม่เกิน ๓๐ นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(๕) ค่าปริมาณฝุ่นละออง ไม่เกิน ๑๒๐ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

(๖) ค่าความทึบแสง ไม่เกินร้อยละ ๑๐

ข้อ ๕ การวัดค่าอากาศเสียแต่ละชนิดที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยให้คำนวณผลที่ความดัน ๑ บรรยากาศ หรือที่ ๗๖๐ มิลลิเมตร ปรอท อุณหภูมิ ๒๕ องศาเซลเซียส ที่สภาวะแห้ง (Dry Basis) โดยมีปริมาตรอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้ (Excess Air) ร้อยละ ๕๐ หรือที่ปริมาตรออกซิเจนส่วนเกินในการเผาไหม้ร้อยละ ๗

ข้อ ๖ การตรวจวัดอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากปล่องเตาเผามูลฝอยให้เป็นไปดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจวัดค่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้ใช้วิธี Determination of Sulfur Dioxide Emissions From Stationary Sources หรือวิธี Determination of Sulfuric Acid Mist And Sulfur Dioxide Emissions From Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency) กำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๒) การตรวจวัดค่าก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ให้ใช้วิธี Determination of Nitrogen Oxide Emissions From Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๓) การตรวจวัดค่าก๊าซไฮโดรคลอไรด์ให้ใช้วิธี Determination of Hydrogen Chloride Emissions From Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๔) การตรวจวัดค่าสารประกอบไดออกซินให้ใช้วิธี Determination of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans From Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๕) การตรวจวัดค่าปริมาณฝุ่นละออง ให้ใช้วิธี Determination of Particulate Emissions From Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๖) การตรวจวัดค่าความทึบแสงให้ใช้วิธี Visual Determination of the Opacity of Emissions From Stationary Sources ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดไว้ หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ข้อ ๗ ประกาศนี้ไม่ใช้บังคับกับเตาเผามูลฝอยที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยที่เป็นวัตถุอันตรายตามกฎหมายว่าด้วยวัตถุอันตราย มูลฝอยติดเชื้อตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข หรือมูลฝอยที่เป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานเป็นการเฉพาะ

ประกาศ ณ วันที่ ๑๗ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๔๐

อดิศร เพียงเกษ

รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวง รักษาราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

79

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
เรื่อง กำหนดให้เตาเผามูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๖๘ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ กำหนดให้เตาเผามูลฝอยเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ ไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

"เตาเผามูลฝอย" หมายความว่า ระบบหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยโดยวิธีการเผาไหม้

"มูลฝอย" หมายความว่า เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์ หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจาก ถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

ข้อ ๒ ให้แบ่งประเภทของเตาเผามูลฝอยตามข้อ ๑ ออกเป็น ๒ ขนาด คือ

(๑) เตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้ตั้งแต่ ๑ ตันต่อวัน แต่ไม่เกิน ๕๐ ตันต่อวัน

(๒) เตาเผามูลฝอยที่กำจัดมูลฝอยได้เกิน ๕๐ ตันต่อวัน

ข้อ ๓ ให้เตาเผามูลฝอยตามข้อ ๒ เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ

ข้อ ๔ ห้ามมิให้เจ้าของหรือผู้ครอบครองเตาเผามูลฝอยตามข้อ ๒ ปล่อยทิ้งอากาศเสียออกสู่บรรยากาศ เว้นแต่จะได้ทำการบำบัดอากาศเสียให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอยที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสียจากเตาเผามูลฝอย แต่ทั้งนี้ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dilution)

ข้อ ๕ ประกาศนี้ไม่ใช้บังคับกับเตาเผามูลฝอยที่ใช้เพื่อกำจัดมูลฝอยที่เป็นวัตถุอันตรายตามกฎหมายว่าด้วยวัตถุอันตราย มูลฝอยติดเชื้อตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุข หรือมูลฝอยที่เป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานเป็นการเฉพาะ

ประกาศ ณ วันที่ ๑๗ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๔๐

อดิศร เพียงเกษ

รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวง รักษาราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

สารมลพิษทางอากาศ *	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 1 เดือน		ค่าเฉลี่ย 1 ปี**		วิธีการตรวจวัด
	มก./ลบ.ม.	PPM	มก./ลบ.ม.	PPM	มก./ลบ.ม.	PPM	มคก./ลบ.ม.	PPM	มก./ลบ.ม.	PPM	
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	34.2	30	10.26	9	-	-	-	-	-	-	นันดิสเปอร์ซีฟ อินฟราเรด ดีเทคชั่น หรือ ก๊าซ ฟิลเตอร์ คอรีเรชั่น
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	0.32	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	เคมีลูมิเนสเซน
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	0.78	0.3	-	-	0.3	0.12	-	-	0.1	0.04	พาราโรซานิลีน หรือ ยูวี ฟลูออเรสเซน
ก๊าซโอโซน (O_3)	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	เคมีลูมิเนสเซน หรือ อุลตรา ไวโอเลท โฟโตมิเตอร์
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน (TSP)	-	-	-	-	0.33	-	-	-	0.1	-	กราวิเมตริก ไฮโวลุม
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM - 10)	-	-	-	-	0.12	-	-	-	0.05	-	กราวิเมตริก ไฮโวลุม
ตะกั่ว (Pb)	-	-	-	-	-	-	1.5	-	-	-	อะตอมมิค แอบซอพชั่น สเปคโตรมิเตอร์

หมายเหตุ * - ค่าความเข้มข้นของก๊าซ คำนวณเทียบที่ความดัน 1 บรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

** ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต

- เฉพาะพื้นที่ อ. แม่เมาะ จ. ลำปาง ใช้ค่ามาตรฐาน SO_2 เฉลี่ย 1 ชั่วโมงไม่เกิน 1,300 มคก./ลบ.ม. พื้นที่ทั่วไปไม่เกิน 780 มคก./ลบ.ม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ อก 0414/(ส.1) 2974

กรมโรงงานอุตสาหกรรม
75/6 ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400

29 เม.ย. 2540

เรื่อง อนุญาตให้ต่ออายุ, ยกเลิกทะเบียนและขึ้นทะเบียนเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการและวิเคราะห์สารมลพิษเพิ่มเติม

เรียน กรรมการผู้จัดการ บริษัท ยูไนเต็ดแอนนาลิสส์ แอนด์ เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด

อ้างถึง หนังสือของท่าน ลงวันที่ 8 ตุลาคม 2539, 8 มกราคม 2540 และวันที่ 18 มีนาคม 2540

ตามหนังสือที่อ้างถึง ท่านขอต่ออายุ, ยกเลิกทะเบียนและขึ้นทะเบียนเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์เอกชน และขอวิเคราะห์สารมลพิษเพิ่มเติมของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ทะเบียนเลขที่ ว-013 ที่ตั้งอยู่เลขที่ 17 ถนนโยธา แขวงคลองตันเหนือ เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพมหานคร ให้กรมโรงงานอุตสาหกรรมพิจารณา นั้น

กรมโรงงานอุตสาหกรรมพิจารณาแล้ว เห็นควรยกเลิก ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-100 ของนายสมชาย ไชยบุตร และอนุญาตให้มีผู้ควบคุมและเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ดังนี้

1. ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

1.1 นายนรงค์ ฉิมพาลี	ทะเบียนเลขที่ ว-013-ค-374
1.2 นายพินิติ รดะนานุกูล	ทะเบียนเลขที่ ว-013-ค-376
1.3 นางสุภรัตน์ โชติสกุลรัตน์	ทะเบียนเลขที่ ว-013-ค-549

2. เจ้าหน้าที่ประจำห้องวิเคราะห์

2.1 นางสาวกฤชวรรณ ภัทรธีรกุล	ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-410
2.2 นายแสงจันทร์ ผานิล	ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-375
2.3 นายรัตน ทิพย์ผ่อง	ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-377
2.4 นายสุวัฒน์ วรรณพงษ์	ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-091
2.5 นายทศพร จิตร์ประเสริฐ	ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-092
2.6 นางสาวสุภานี คำมี	ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-606
2.7 นางสาวรสริน ไชยเชษฐพิพัฒกุล	ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-695
2.8 นางสาวพัชรี เจริญศิลป์พานิช	ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-696
2.9 นายสมพงษ์ บุญกล่อมจิตร	ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-697

/2.10 นายกานต์.....

2.10 นายกานต์ ทิมมณี ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-698

2.11 นายเพทาย จรจวบโชค ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-699

2.12 นางสาวปาริชาติ ป้อมบุบผา ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-700

2.13 นางสาวธนิดา เอี่ยมละออง ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-701

2.14 นายอุเทียร เสริมศรี ทะเบียนเลขที่ ว-013-จ-702

สารมลพิษที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมอนุญาตให้วิเคราะห์ในน้ำ/น้ำทิ้ง คือ

1. pH
2. Dissolved Oxygen
3. Suspended Solids
4. Alkalinity
5. Acidity
6. BOD
7. COD
8. Sulphide
9. Phenol & Cresol
10. Dissolved Solids
11. Total Solids
12. Temperature
13. Oil & Grease
14. Free Chlorine
15. Zinc (Zn)
16. Chromium
17. Copper
18. Cadmium
19. Nickel
20. Lead
21. Mercury
22. Selenium
23. Arsenic
24. Formaldehyde
25. Organic Nitrogen
26. TKN
27. Ammonia Nitrogen
28. Settleable Solids
29. Volatile Solids
30. Fixed Solids
31. Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)
32. Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (MLVSS)
33. Cyanide
34. Calcium Hardness
35. Hardness
36. Chloride
37. Conductivity
38. Colour
39. Manganese
40. Nitrite
41. Phosphate
42. Turbidity

/43. Chromium Hexavlent

43. Chromium Hexavlent	50. COD (Permanganate)
44. Salinity	51. DDT
45. Iron	52. Alpha-BHC
46. Nitrate	53. Dieldrin
47. Phosphorus	54. Aldrin
48. Sulphate	55. Heptachlor, Heptachlorepoxide
49. Magnesium	

ในอากาศ/ปล่องระบาย

1. กรดกำมะถันและซัลเฟอร์ไดรออกไซด์ (US.EPA:METHOD 8)
2. ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (US.EPA.METHOD 11)
3. ฝุ่นละออง (US. EPA. METHOD 5)
4. ซัลเฟอร์ไดอ๊อกไซด์ (US. EPA. METHOD 6)
5. ไนโตรเจนออกไซด์ (US.EPA.METHOD 7)
6. ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (US.EPA.METHOD 13 B)
7. คาร์บอนมอนอกไซด์ (US.EPA.METHOD 10)
8. โลหะหนัก (Ni, Zn, Cr, Fe, Mn, Cu, Cd, Pb, Se, As, Hg)
9. คลอรีน
10. ไฮโดรเจนคลอไรด์
11. ไฮโดรคาร์บอน

ในอากาศ/บริเวณทำงาน

1. ฝุ่นละออง	2. อะซิติกแอซิด	3. แอมโมเนีย
4. สารหนู	5. คาร์บอนมอนอกไซด์	6. คลอรีน
7. โครเมี่ยม	8. ฟูมของทองแดง	9. ไซยาไนด์
10. ฟลูออไรด์และไฮโดรเจนฟลูออไรด์		11. ฟูมเหล็กออกไซด์
12. นิคเกิล	13. โอโซน	14. ไนโตรเจนไดออกไซด์
15. โซเดียมไฮดรอกไซด์		16. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
17. ไซลีน	18. ไฮโดรเจนซัลไฟด์	19. ไฮโดรคาร์บอน
20. คลอไรด์	21. ตะกั่ว	22. ซิลิเนียม

/23. แคดเมียม

23. แคดเมียม	24. ปรอท	25. สังกะสี
26. กรดไฮโดรคลอริค	27. ALDRIN	28. DDT
29. DIELDRIN	30. ENDRIN	31. LINDANE

ในอากาศ/บรรยากาศทั่วไป

1. ฝุ่นละออง (TSP)	2. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	3. คาร์บอนมอนอกไซด์
4. ไนโตรเจนไดออกไซด์	5. โอโซน	6. ไฮโดรคาร์บอน
7. PM - 10	8. WIND SPEED & DIRECTION	
9. เสียง	10. โลหะหนัก (Fe, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Hg, Se, As)	

11. SULFURIC ACID AEROSOL

กากละลาย/LEACHABLE

1. โลหะหนัก (As, Cd, Cr, Pb, Hg, Ba, Se, Ag)		
2. ENDRIN	3. LINDANE	

อนึ่ง หนังสืออนุญาตฉบับนี้จะหมดอายุในวันที่ 5 เมษายน 2543 หากประสงค์จะต่ออายุห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ ให้ยื่นแบบฟอร์มคำขอต่ออายุพร้อมสรุปผลงานในรอบ 3 ปีที่ผ่านมาต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมก่อนวันหมดอายุหนังสืออนุญาต ซึ่งแบบฟอร์มดังกล่าวขอรับได้ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม

จึงเรียนเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(นายวิระ มาวิจักขณ์)
รองอธิบดี ปฏิบัติราชการแทน
อธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน
ศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมส่วนกลาง
โทร. 2024146-7
โทรสาร 2024148

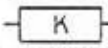
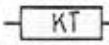
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 7

วงจรการควบคุมการทำงาน

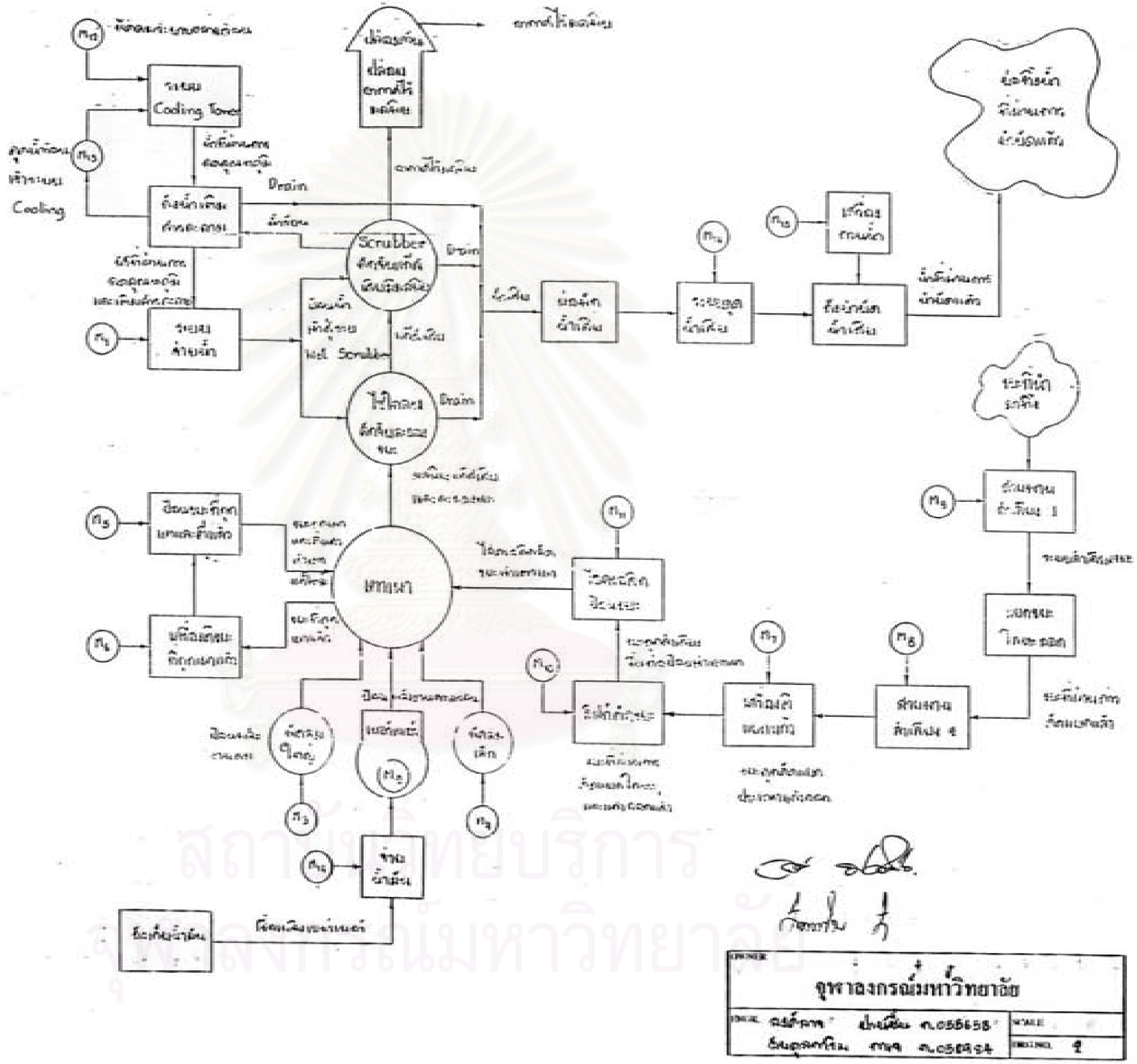
ของระบบการป้อนขยะด้วยไฮโดรลิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

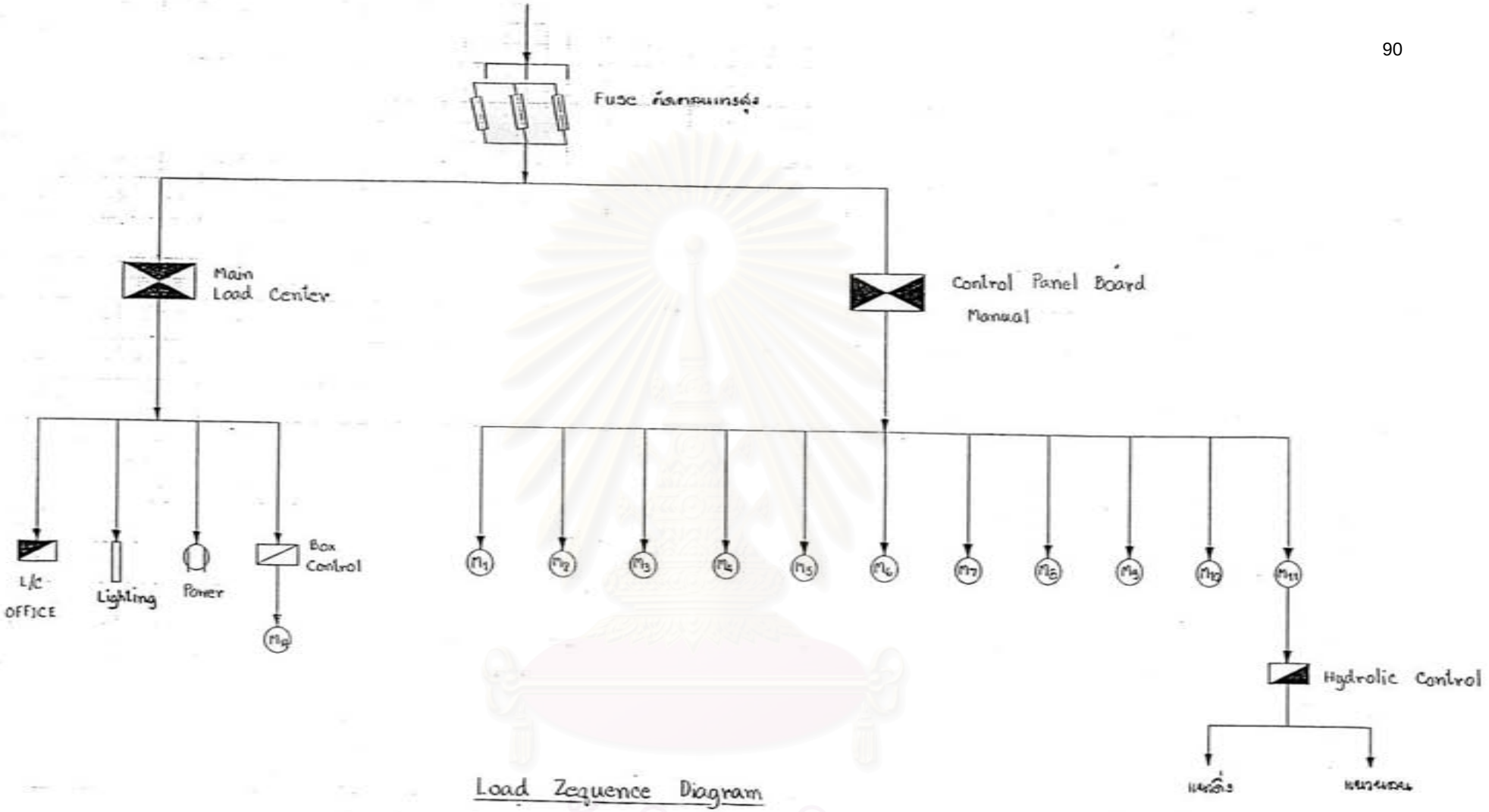
SYMBOLS	DESCRIPTION
	Main Load Center
	Control Panel Board
	Load Center Office
	Box Hydrolic Control
	Box Control
	Fuse 3-200 A
	Control Fuse
	Circuit Breaker
	S.W. Emergency Stop
	S.W. Push bottom Normally Open
	S.W. Push bottom Normally Closed
	Selector S.W.
	S.W. 1 NO. 1 NC.
	Limit SW. NO.
	Limit S.W. NC.
	Load Lighting
	Load Motor
	Load Power
	Power Lamp
	Control Lamp
	Coil Magnetic
	Coil Timer Relay
	Coil Relay
	Coil Solinoid Valve

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OWNER	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ENGR.		SCALE
		DWG NO. 1



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

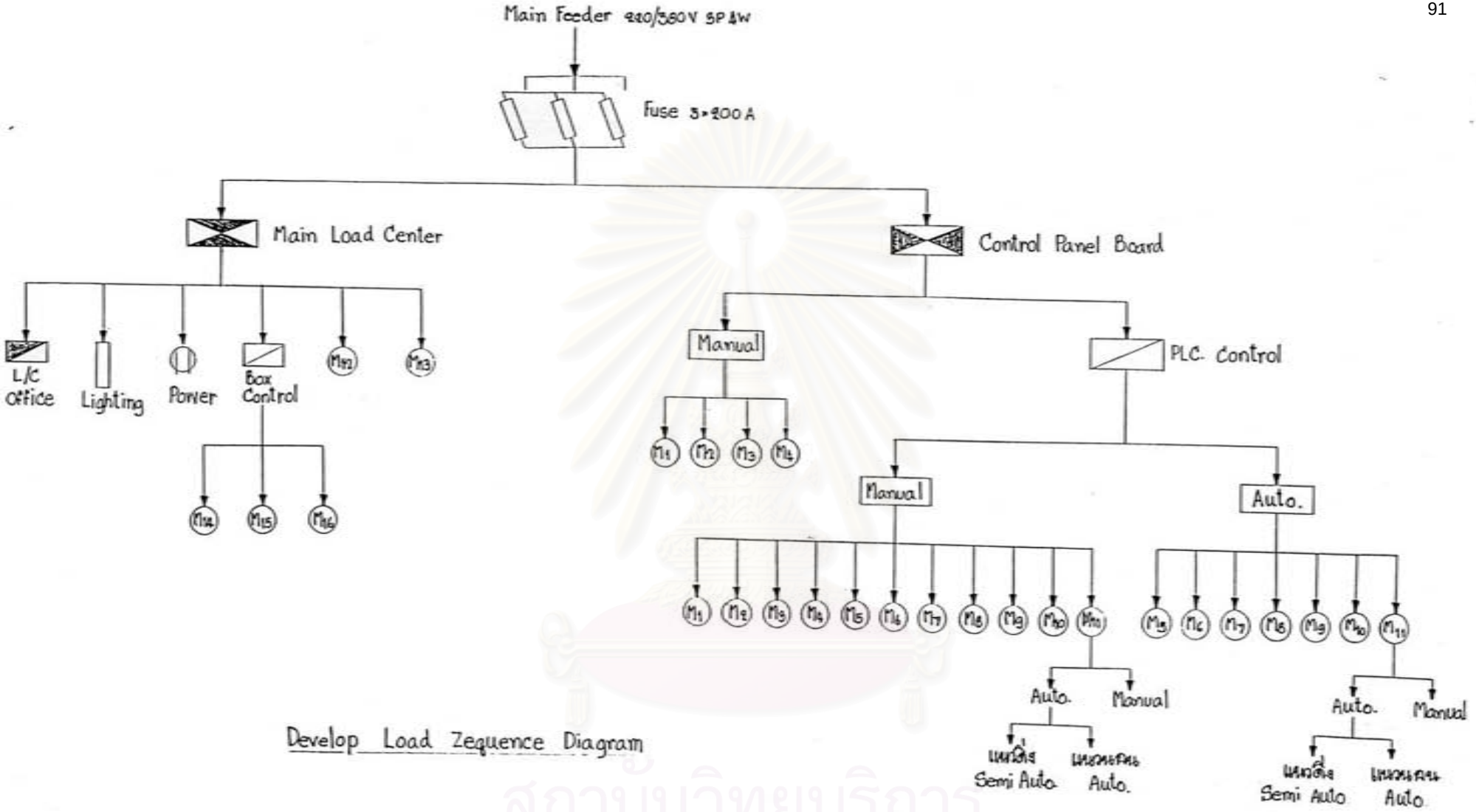


Load Zequence Diagram

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

06

OWNER: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
ENGR. ศรีจันทร์ ปานเปรียง ท.น. 055452	SCALE
ที่ปรึกษาการโยธา การช่าง ท.น. 052254	DRAWG. NO. 3

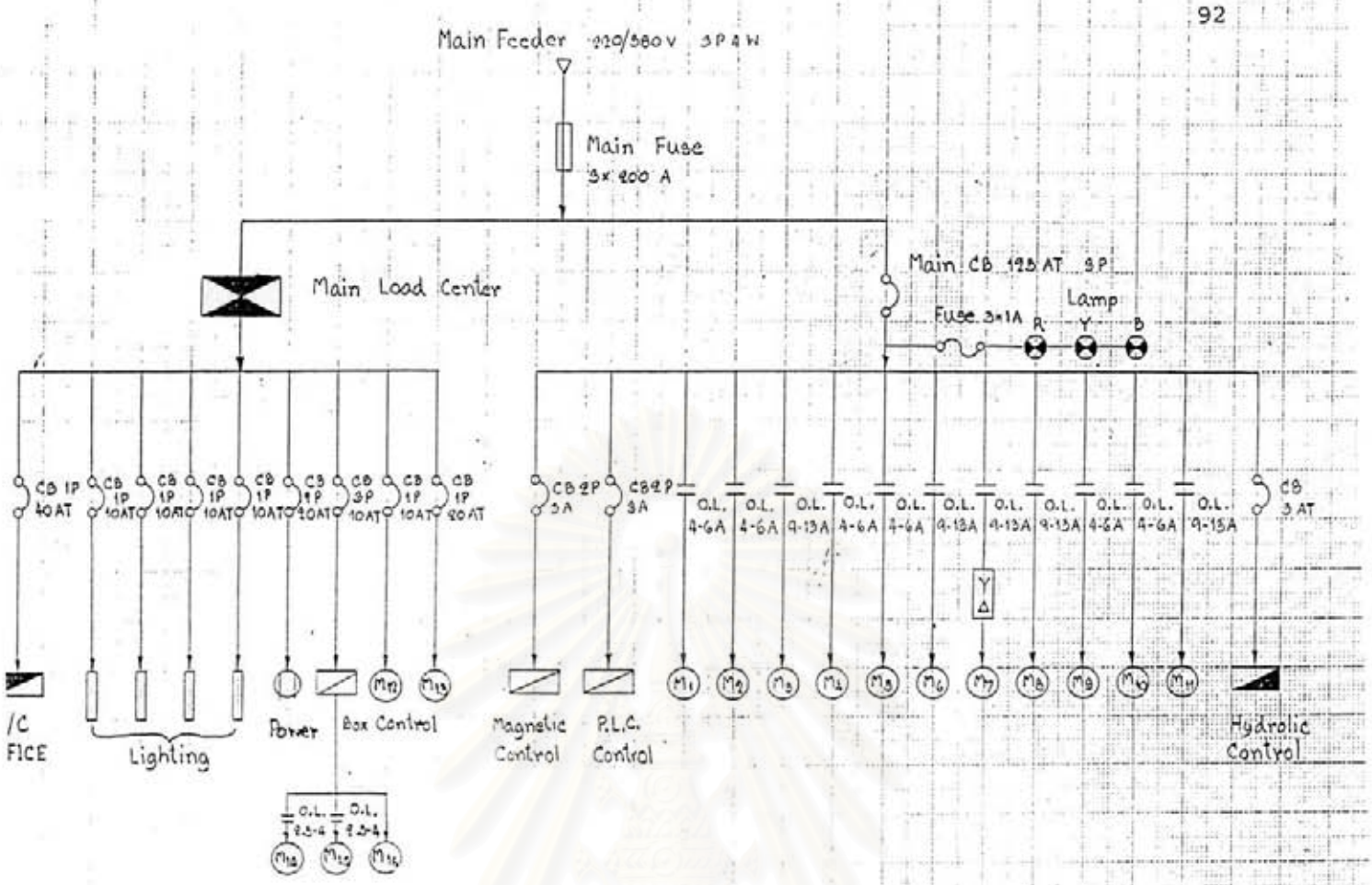


Develop Load Zequence Diagram

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OWNER	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ENGR.	SCALE
	DRG.NO. 4

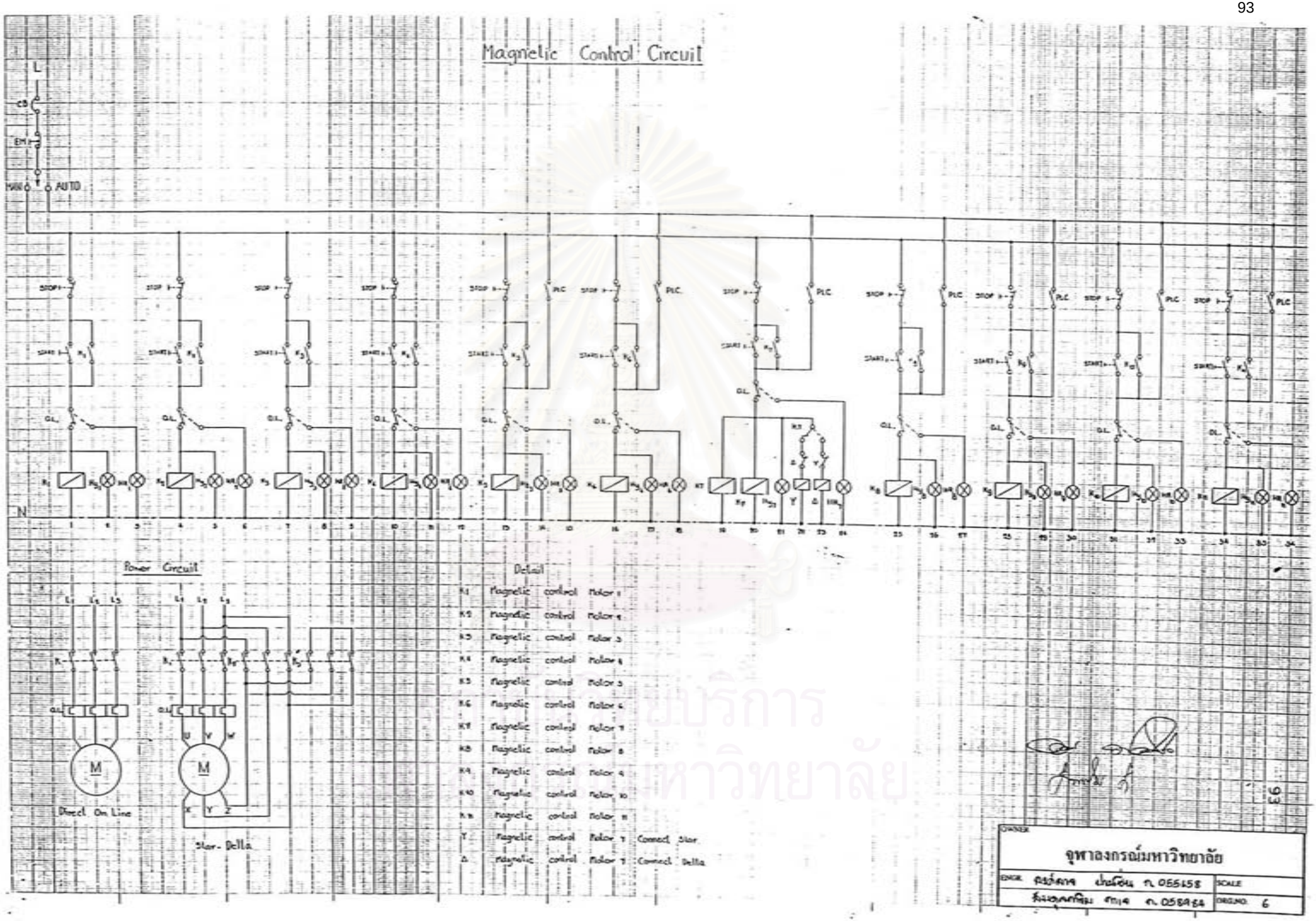
SINGLE LINE DIAGRAM



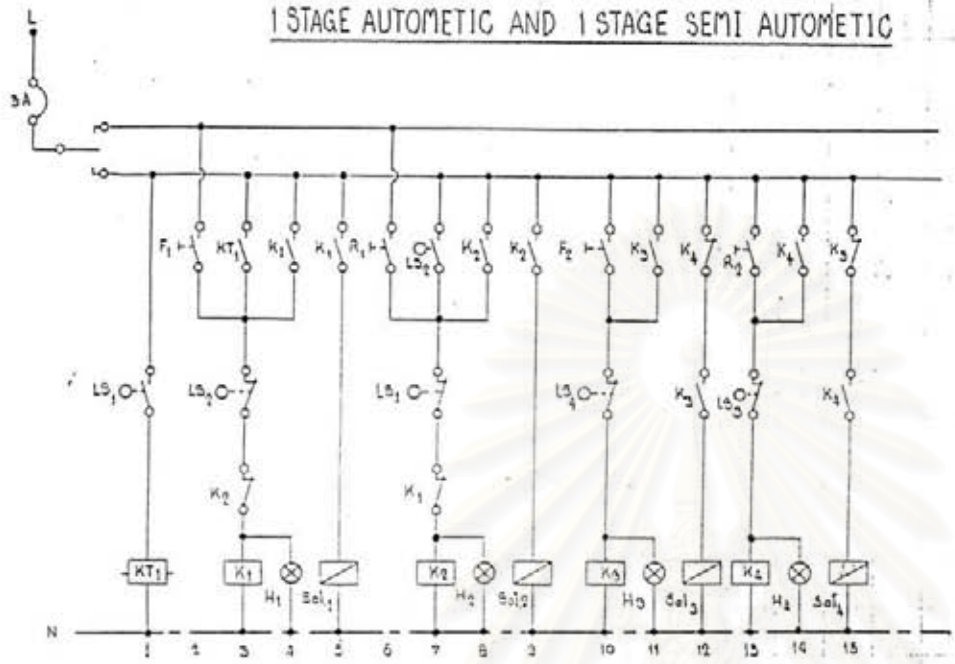
M1	Motor	ปั๊มน้ำ Wet Scruber System	3 HP. 3 ϕ
M2	Motor	Burner	1 HP. 3 ϕ
M3	Motor	Main Fan	10 HP 3 ϕ
M4	Motor	Fan	3 HP 3 ϕ
M5	Motor	ปั๊มลมยกเท้าแขน	2 HP 3 ϕ
M6	Motor	ที่ลบ	0.5 HP 3 ϕ
M7	Motor	ที่แก้ว	10 HP 3 ϕ Y-Δ
M8	Motor	ก้านเพิ่มลมยก 2	7.5 HP 3 ϕ
M9	Motor	ก้านเพิ่มลม ยก 1	2 HP 3 ϕ
M10	Motor	ตัดลม	2 HP 3 ϕ
M11	Motor	Hydrolic	5 HP 3 ϕ
M12	Motor	Fan Cooling tower System	1 HP 1 ϕ
M13	Motor	ปั๊มน้ำ Cooling tower System	2 HP 1 ϕ
M14	Motor	ปั๊มน้ำร้อน	1 HP 3 ϕ
M15	Motor	น้ำมันดีเซล	2 HP 3 ϕ
M16	Motor	ปั๊มน้ำดีเซล	1 HP 1 ϕ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

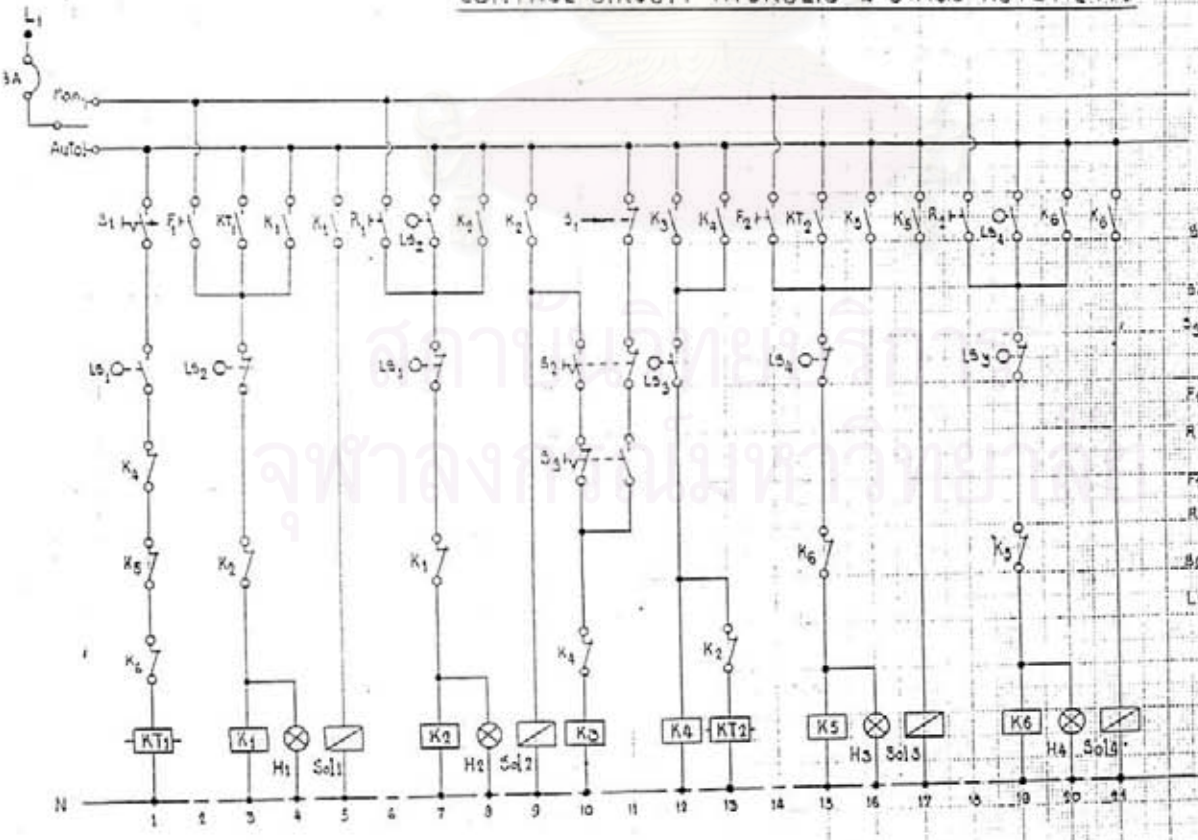
OWNER	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ENGR.	ว.ไกรสร น้ำเพ็ชร ท. 085686
	ลัมพาพร กาญจ ท. 083734
SCALE	
DRG NO.	5


Magnetic Control Circuit
L
CB
EM.S
MAN
AUTO
STOP
START
PLC
O.L.
N
Power Circuit
Direct On Line
Star-Delta
Detail
K1 Magnetic control Motor 1
K2 Magnetic control Motor 2
K3 Magnetic control Motor 3
K4 Magnetic control Motor 4
K5 Magnetic control Motor 5
K6 Magnetic control Motor 6
K7 Magnetic control Motor 7
K8 Magnetic control Motor 8
K9 Magnetic control Motor 9
K10 Magnetic control Motor 10
K11 Magnetic control Motor 11
Y Magnetic control Motor 7 Connect Star
Δ Magnetic control Motor 7 Connect Delta
OWNER
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
SCALE
DRAWING NO. 6

CONTROL CIRCUIT HYDROLIC
1 STAGE AUTOMETIC AND 1 STAGE SEMI AUTOMETIC



CONTROL CIRCUIT HYDROLIC 2 STAGE AUTOMETIC



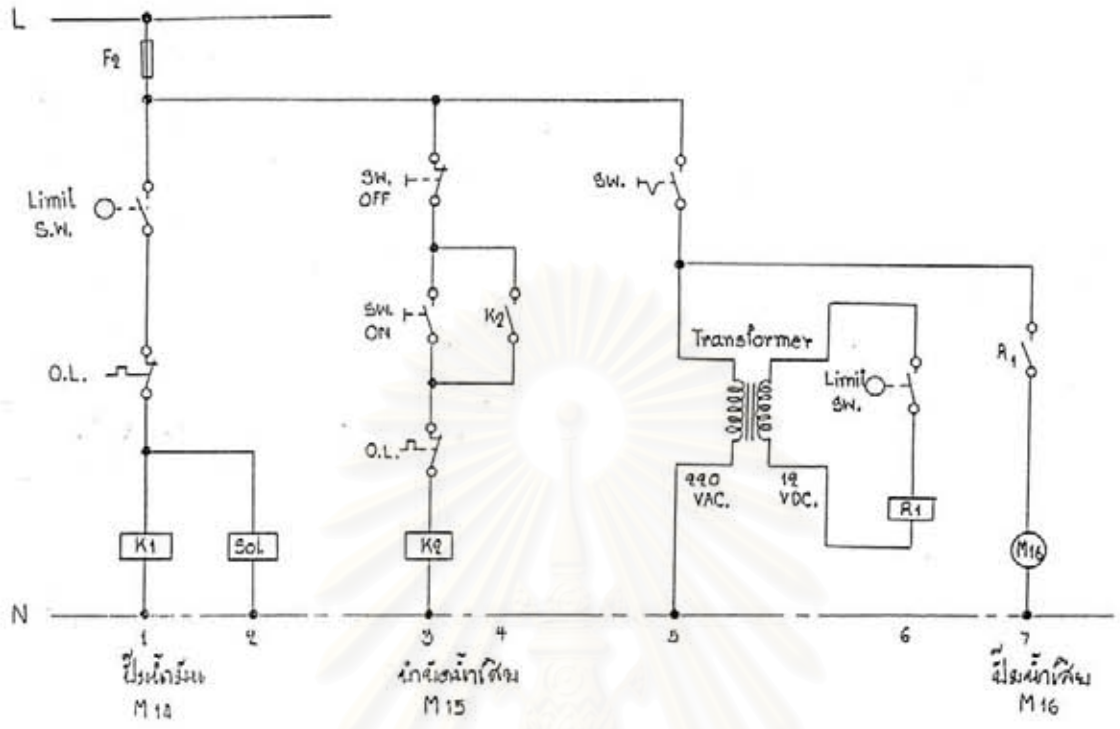
Symbol

S1	SW. ON SYSTEM AND SINGLE STAGE 1
S2	SW. CONNECT 2 STAGE
S3	SW. CONNECT 2 STAGE AND SINGLE STAGE 2
F1	FORVERSE SW.
R1	REVERSE SW.
F2	FORVERSE SW.
R2	REVERSE SW.
Sol	SOLENOID VALVE
LS	LIMIT SW.

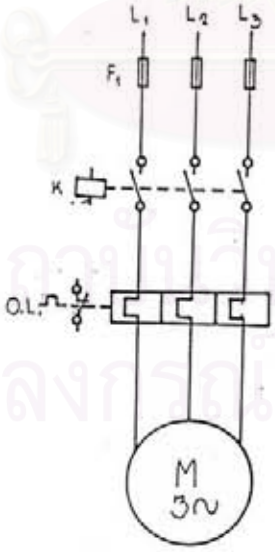
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OWNER
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
SCALE
DWG NO. 7

Box Control Circuit



Power Circuit



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OWNER	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ENGR.	SCALE
	DRG.NO. 8

โรงงานหล่อเทเบลอะลูมิเนียม

จะมีแรงดัน 3ϕ 220/380V ส่วนกระแสจากมิเตอร์ 58 A

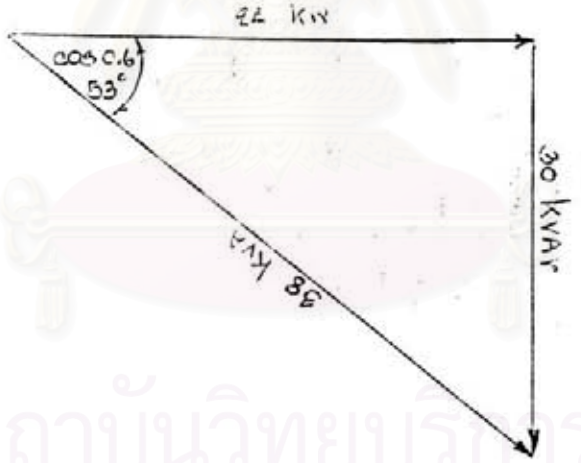
กำลังไฟฟ้าจากมิเตอร์ 24 KW

กำลังไฟฟ้าเต็มพิกัด = $\frac{\sqrt{3} \times 380 \times 58}{1000}$ = 38.17 ≈ 38 KVA

กำลังไฟฟ้าจริง = 24 KW

เพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) = $\frac{24}{38}$ = 0.63 ≈ 0.6 cos 0.6 = 53°

กำลังไฟฟ้าเกิดจากรีแอกทีฟ = 38 sin 53 = 30.4 ≈ 30 KVAr



P	S	Q	V	I	PF
24 KW	38 KVA	30 KVAr	380 V	58 A	0.6

ใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

ใบแทนที่ n 055658

ลายมือชื่อผู้ถือใบอนุญาต

(นายสุทัศน์ สุทันกิศระ)
นายทะเบียน ก.ว.

ใช้เฉพาะงานในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง

คณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพวิศวกรรม
ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505

อนุญาตให้ นายองอาจ ปานชื่น

ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ประเภท ภาคี วิศวกร

สาขาวิศวกรรม ไฟฟ้าแรงไฟฟ้ากำลัง

ตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2540

ถึงวันที่ 3 เมษายน 2545

เลขทะเบียน ภฟก.14902 ว.ศ. 4

สำเนาถูกต้อง

ใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

ก 058984

ลายมือชื่อผู้ถือใบอนุญาต

(นายสุทัศน์ สุทันกิตระ)
นายทะเบียน ก.ว.

คณะกรรมการควบคุมการประกอบวิชาชีพวิศวกรรม
ตามพระราชบัญญัติวิชาชีพวิศวกรรม พ.ศ. 2505

อนุญาตให้ นายอับดุลการิม กาเจ

ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ประเภท ภาคี วิศวกร์

สาขาวิศวกรรม ไฟฟ้าแรงสูงไฟฟ้ากำลัง

ตั้งแต่วันที่ 17 กันยายน 2541

ถึงวันที่ 16 กันยายน 2546

เลขทะเบียน ภฟก.18239 ว.ค. 4