ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
ปริญญา

วิศวกรรมเครื่องกล	วิศวกรรมเครื่องกล
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาเชิงทดลองพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted และการเผาไหม้ของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้

An Experimental Study of Piloted Ignition and Burning Behavior of Wood and Wood Products

นามผู้วิจัย นายศิรเวทย์ จรัสปรีดาลาภ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชัย ศิวะโกศิษฐ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา ....

(รองศาสตราจารย์ชวลิต กิตติชัยการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

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

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาเชิงทดลองพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted และการเผาไหม้ของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้

An Experimental Study of Piloted Ignition and Burning Behavior of Woods and Wood Products

โดย

นายศิรเวทย์ จรัสปรีดาลาภ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิรเวทย์ จรัสปรีดาลาภ 2553: การศึกษาเชิงทดลองพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted และการเผาไหม้ของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐศักดิ์ บุญมี, Ph.D. 269 หน้า

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted และการเผาไหม้ของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ที่ใช้อย่างแพร่หลายในงานก่อสร้างและตกแต่งอาคาร โดยการทดลองได้ดำเนินการบนเครื่อง cone calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM 1354 วัสดุที่ใช้เป็นชิ้นตัวอย่างทดสอบเลือกมาจากผลิตภัณฑ์จากไม้ 8 ชนิด ประกอบด้วย แผ่นใยไม้อัดแข็ง (hardboard) หนา 3 mm แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาปานกลาง (MDF) หนา 3 mm และ 6 mm ไม้อัดยาง (plywood) หนา 4 mm และ 6 mm ไม้อัดสัก (teak plywood) หนา 4 mm และ 6 mm และแผ่นพาร์ติเกิ้ล (particle board) หนา 16 mm และไม้จริง 4 ชนิดประกอบด้วย ไม้สัก ไม้มะค่า ไม้ยาง และไม้บีช

งานวิจัยได้นำเสนอคุณสมบัติการจุดติดไฟของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ประกอบด้วย ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟแบบ piloted ความเฉื่อยทางความร้อน ฟลักซ์การเผาไหม้ และอุณหภูมิจุดติดไฟแบบ piloted ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตและอุณหภูมิจุดติดไฟเป็นเกณฑ์เพื่อพิจารณาอันตรายด้านอัคคีภัย ในจำนวนผลิตภัณฑ์จากไม้ทั้ง 8 ชนิด MDF มีอันตรายด้านอัคคีภัยสูงที่สุดในขณะที่ไม้อัดยางมีอันตรายด้านอัคคีภัยต่ำที่สุด ในส่วนของไม้ 4 ชนิด ไม้บีชและไม้มะค่า มีฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟต่ำที่สุด ในขณะที่ไม้สักมีฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟสูงที่สุด

__________ __________ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sirawet Charaspredalap 2010: An Experimental Study of Piloted Ignition and Burning Behavior of Woods and Wood Products. Master of Engineering (Mechanical Engineering), Major Field: Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Nathasak Boonmee, Ph.D. 269 pages.

This research presents an experimental study of pilot ignition and Burning Behavior of wood and wood products commonly used in build construction and decoration. The experiments were carried out on the cone calorimeter according to the ASTM 1354 standard. The test samples were selected for 8 types of wood products: hardboard 3 mm thick, MDF 3 mm and 6 mm thick, plywood 4 mm and 6 mm thick, Teak plywood 4 mm and 6 mm thick, and particleboard 16 mm thick, and 4 species of wood: Teak, Rubber wood, Makah wood, and Beech.

The research presents the piloted ignition properties of wood and wood products: critical heat flux for piloted ignition, thermal inertia, burning flux, and piloted ignition temperature. Based on the critical heat flux for piloted ignition and ignition temperature, among the 8 types of wood products, MDF has the highest rank in fire risk where the plywood has the lowest rank. For 4 species of wood, Beech and Makah wood have the lowest critical heat flux for ignition where Teak has the highest critical heat flux for ignition.

_____________________ _______________________________________ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐศักดิ์ บุญมี ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชัย ศิวะโกศิษฐ ที่ดูแล ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาการค้นคว้าวิจัยตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ขอขอบพระคุณ Fire Safety Research Center ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่อง Cone Calorimeter ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณ คุณพ่อสุพล และคุณแม่ศิรินันท์ ที่คอยดูแล คอยอบรมและคอยให้คำแนะนำที่ดีเสมอมา

ศิรเวทย์ จรัสปรีดาลาภ
พฤษภาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(31)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	34
ผลและวิจารณ์	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	47
สรุป	47
ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	49
ภาคผนวก	52
ภาคผนวก ก ตารางแสดงผลการทดลอง	53
ภาคผนวก ข กราฟแสดงการสูญเสียมวลของไม้	66
ภาคผนวก ค กราฟแสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้	157
ภาคผนวก ง กราฟแสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟกับระดับความร้อน	248
ภาคผนวก จ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$	255
ภาคผนวก ฉ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อน	262
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	269

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
1	ความหนาแน่นเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย ของไม้	20
2	ความหนาแน่นเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย ของผลิตภัณฑ์จากไม้	20
3	ค่าเฉลี่ย $\dot{m}''_{ig}$ และ $\dot{m}''_{peak}$ ของไม้	39
4	ค่าเฉลี่ย $\dot{m}''_{ig}$ และ $\dot{m}''_{peak}$ ของผลิตภัณฑ์จากไม้	39
5	คุณสมบัติการจุดติดไฟของไม้	44
6	คุณสมบัติการจุดติดไฟของผลิตภัณฑ์จากไม้	44
7	คุณสมบัติการจุดติดไฟของวัสดุ	46

ตารางผนวกที่

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบ Hardboard ขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร	54
ก2	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบ MDF ขนาด ความหนา 3 มิลลิเมตร	55
ก3	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบ MDF ขนาด ความหนา 6 มิลลิเมตร	56
ก4	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้อัดยาง ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร	57
ก5	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้อัดยาง ขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร	58
ก6	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้อัดสัก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร	59
ก7	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้อัดสัก ขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร	60
ก8	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบ แผ่นพาร์ติเกิ้ล ขนาดความหนา 16 มิลลิเมตร	61
ก9	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้ยางพารา ขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร	62
ก10	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้สักขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร	63
ก11	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้มะค่า ขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร	64
ก12	ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้บีช ขนาดความหนา 24 มิลลิเมตร	65

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รูปสามเหลี่ยมไฟ	6
2	ทฤษฎีการจุดติดไฟแบบ piloted ของเชื้อเพลิงแข็ง	8
3	ส่วนประกอบของไม้ในแนวขวาง	11
4	ไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดลองขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร	12
5	ไม้สักที่ใช้ในการทดลองขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร	13
6	ไม้มะค่าที่ใช้ในการทดลองขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร	14
7	ไม้บีชที่ใช้ในการทดลองขนาดความหนา 24 มิลลิเมตร	14
8	แผ่นใยไม้อัดแข็งขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร	15
9	แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางขนาดความหนา 3 และ 6 มิลลิเมตร	16
10	ไม้อัดยางขนาดความหนา 4 และ 6 มิลลิเมตร	17
11	ไม้อัดสักขนาดความหนา 4 และ 6 มิลลิเมตร	18
12	แผ่นปาร์ติเกิ้ลขนาดความหนา 16 มิลลิเมตร	19
13	เครื่อง cone calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E1354	23
14	ภาพตัดขวางของโคนความร้อน กรวยสแตนเลส และฉนวนความร้อน	26
15	การจัดวางแผงโคนความร้อนสำหรับการให้ความร้อนแนวระดับ	27
16	การจัดวางแผงโคนความร้อนสำหรับการให้ความร้อนแนวดิ่ง	27
17	(ก) อุปกรณ์ทดสอบพฤติกรรมการติดไฟและการเผาไหม้ของวัสดุ cone calorimeterตามมาตรฐาน ASTM E 1354 (ข) แผนภาพการจัดวางอุปกรณ์ในการทดลอง	35
18	การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ MDF หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2	36
19	ฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDFหนา6mm ที่ฟลักซ์ความร้อน 10 kW/m^2 (MF6 10-1)	37
20	burning flux ที่จุดติดไฟ และ สูงสุด กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ MDF ความหนา 6mm	38

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่		หน้า
21	ความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟแบบ piloted กับระดับฟลักซ์ความร้อน ของไม้ MDF ความหนา 6 mm	41
22	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของแผ่นไม้ MDF ความหนา 6 mm	43

ภาพผนวกที่

ภาพผนวกที่		หน้า
ข1	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-1)	67
ข2	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-2)	67
ข3	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-3)	67
ข4	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-1)	68
ข5	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-2)	68
ข6	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-3)	68
ข7	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 30 kW/m^2 (HB30-1)	69
ข8	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 30 kW/m^2 (HB30-2)	69
ข9	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่30 kW/m^2 (HB30-3)	69
ข10	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่20 kW/m^2 (HB20-1)	70
ข11	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่20 kW/m^2 (HB20-2)	70
ข12	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 20 kW/m^2 (HB20-3)	70
ข13	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-1)	71
ข14	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-2)	71
ข15	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-3)	71
ข16	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่12 kW/m^2 (HB12-1)	72
ข17	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่12 kW/m^2 (HB12-2)	72
ข18	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 12 kW/m^2 (HB12-3)	72

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

ภาพผนวกที่		หน้า
ข19	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-1)	73
ข20	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-2)	73
ข21	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-3)	73
ข22	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-1)	74
ข23	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-2)	74
ข24	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-3)	74
ข25	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 6 kW/m^2 (HB6-1)	75
ข26	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 6 kW/m^2 (HB6-2)	75
ข27	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-1)	75
ข28	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-2)	76
ข29	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-3)	76
ข30	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-1)	76
ข31	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-2)	77
ข32	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-3)	77
ข33	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-1)	77
ข34	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-2)	78
ข35	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-3)	78
ข36	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-1)	78
ข37	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-2)	79
ข38	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-3)	79
ข39	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-1)	79
ข40	สดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-2)	80
ข41	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-3)	80
ข42	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-1)	80
ข43	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-2)	81
ข44	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-3)	81

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข45	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-1)	81
ข46	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-2)	82
ข47	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-3)	82
ข48	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-1)	82
ข49	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-2)	83
ข50	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-3)	83
ข51	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-1)	83
ข52	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-2)	84
ข53	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-3)	84
ข54	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 4 kW/m^2 (MF3 4-1)	84
ข55	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 4 kW/m^2 (MF3 4-2)	85
ข56	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-1)	85
ข57	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-2)	85
ข58	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-3)	86
ข59	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-1)	86
ข60	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-2)	86
ข61	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-3)	87
ข62	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-1)	87
ข63	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-2)	87
ข64	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-3)	88
ข65	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-1)	88
ข66	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-2)	88
ข67	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-3)	89
ข68	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-1)	89
ข69	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-2)	89
ข70	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-3)	90

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ข71 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-1) 90
ข72 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-2) 90
ข73 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-3) 91
ข74 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-1) 91
ข75 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-2) 91
ข76 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-3) 92
ข77 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-1) 92
ข78 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-2) 92
ข79 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-3) 93
ข80 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-1) 93
ข81 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-2) 93
ข82 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-3) 94
ข83 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 4 kW/m^2 (MF6 4-1) 94
ข84 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 4 kW/m^2 (MF6 4-2) 94
ข85 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2(AY4 50-1) 95
ข86 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2(AY4 50-2) 95
ข87 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2(AY4 50-3) 95
ข88 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2(AY4 40-1) 96
ข89 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2(AY4 40-2) 96
ข90 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2(AY4 40-3) 96
ข91 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2(AY4 30-1) 97
ข92 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2(AY4 30-2) 97
ข93 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2(AY4 30-3) 97
ข94 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2(AY4 20-1) 98
ข95 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2(AY4 20-2) 98
ข96 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2(AY4 20-3) 98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า

ข97	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2(AY4 15-1)	99
ข98	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-2)	99
ข99	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-3)	99
ข100	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-1)	100
ข101	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-2)	100
ข102	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-3)	100
ข103	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4mm ที่ 10 kW/m^2 (AY4 10-1)	101
ข104	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4mm ที่ 10 kW/m^2 (AY4 10-2)	101
ข105	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-1)	101
ข106	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-2)	102
ข107	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-3)	102
ข108	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-1)	102
ข109	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-2)	103
ข110	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-3)	103
ข111	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-1)	103
ข112	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-2)	104
ข113	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-3)	104
ข114	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY6 20-1)	104
ข115	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY6 20-2)	105
ข116	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY6 20-3)	105
ข117	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-1)	105
ข118	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-2)	106
ข119	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-3)	106
ข120	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-1)	106
ข121	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-2)	107
ข122	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-3)	107

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข123	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AY6 10-1)	107
ข124	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AY6 10-2)	108
ข125	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-1)	108
ข126	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-2)	108
ข127	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-3)	109
ข128	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-1)	109
ข129	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-2)	109
ข130	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-2)	110
ข131	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-1)	110
ข132	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-2)	110
ข133	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-3)	111
ข134	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-1)	111
ข135	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-2)	111
ข136	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-3)	112
ข137	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-1)	112
ข138	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-2)	112
ข139	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-3)	113
ข140	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-1)	113
ข141	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-2)	113
ข142	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-3)	114
ข143	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-1)	114
ข144	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-2)	114
ข145	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-3)	115
ข146	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS4 8-1)	115
ข147	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS4 8-2)	115
ข148	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-1)	116

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ข149 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-2) 116

ข150 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-3) 116

ข151 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-1) 117

ข152 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-2) 117

ข153 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-3) 117

ข154 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-1) 118

ข155 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-2) 118

ข156 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-3) 118

ข157 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-1) 119

ข158 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-2) 119

ข159 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-3) 119

ข160 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-1) 120

ข161 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-2) 120

ข162 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-3) 120

ข163 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-1) 121

ข164 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-2) 121

ข165 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-3) 121

ข166 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-1) 122

ข167 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-2) 122

ข168 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-3) 122

ข169 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS6 8-1) 123

ข170 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS6 8-2) 123

ข171 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่50 kW/m^2(PB 50-1) 123

ข172 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่50 kW/m^2(PB 50-2) 124

ข173 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่50 kW/m^2(PB 50-3) 124

ข174 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่40 kW/m^2(PB 40-1) 124

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ข175	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่40 kW/m^2(PB 40-2)	125
ข176	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่40 kW/m^2(PB 40-3)	125
ข177	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่30 kW/m^2(PB 30-1)	125
ข178	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่30 kW/m^2(PB 30-2)	126
ข179	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่30 kW/m^2(PB 30-3)	126
ข180	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่20 kW/m^2(PB 20-1)	126
ข181	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่20 kW/m^2(PB 20-2)	127
ข182	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่20 kW/m^2(PB 20-3)	127
ข183	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่15 kW/m^2(PB 15-1)	127
ข184	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่15 kW/m^2(PB 15-2)	128
ข185	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่15 kW/m^2(PB 15-3)	128
ข186	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่12 kW/m^2(PB 12-1)	128
ข187	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่12 kW/m^2(PB 12-2)	129
ข188	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่12kW/m^2(PB 12-3)	129
ข189	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่10 kW/m^2(PB 10-1)	129
ข190	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่10 kW/m^2(PB 10-2)	130
ข191	แสดงอัตราการสูญเสียมวลแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 10 kW/m^2 (PB 10-3)	130
ข192	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-1)	130
ข193	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2(PB 8-2)	131
ข194	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2(PB 8-3)	131
ข195	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 6 kW/m^2(PB 6-1)	131
ข196	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 6 kW/m^2(PB 6-2)	132
ข197	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50 kW/m^2 (Y 50-1)	132
ข198	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-2)	132
ข199	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-3)	133
ข200	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-1)	133

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

ภาพผนวกที่		หน้า
ข201	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-2)	133
ข202	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-3)	134
ข203	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-1)	134
ข204	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-2)	134
ข205	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-3)	135
ข206	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-1)	135
ข207	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-2)	135
ข208	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-3)	136
ข209	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-1)	136
ข210	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-2)	136
ข211	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-3)	137
ข212	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-4)	137
ข213	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-1)	137
ข214	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-2)	138
ข215	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-3)	138
ข216	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-1)	138
ข217	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-2)	139
ข218	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-3)	139
ข219	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-1)	139
ข220	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-2)	140
ข221	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-3)	140
ข222	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-1)	140
ข223	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-2)	141
ข224	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-3)	141
ข225	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-1)	141
ข226	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-2)	142

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข227	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-3)	142
ข228	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 15-1)	142
ข229	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 15-2)	143
ข230	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-1)	143
ข231	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-2)	143
ข232	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-3)	144
ข233	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-1)	144
ข234	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-2)	144
ข235	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-3)	145
ข236	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-1)	145
ข237	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-2)	145
ข238	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-3)	146
ข239	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-1)	146
ข240	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-2)	146
ข241	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-3)	147
ข242	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-1)	147
ข243	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-2)	147
ข244	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-3)	148
ข245	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-1)	148
ข246	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-2)	148
ข247	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-3)	149
ข248	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 11kW/m^2 (M 11-1)	149
ข249	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 11kW/m^2 (M 11-2)	149
ข250	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-1)	150
ข251	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-2)	150
ข252	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-3)	150

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ข253	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-1)	151
ข254	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-2)	151
ข255	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-3)	151
ข256	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-1)	152
ข257	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-2)	152
ข258	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-3)	152
ข259	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-1)	153
ข260	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-2)	153
ข261	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-3)	153
ข262	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-1)	154
ข263	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-2)	154
ข264	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-3)	154
ข265	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-1)	155
ข266	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-2)	155
ข267	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-3)	155
ข268	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 12kW/m^2 (B 12-1)	156
ข269	แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 12kW/m^2 (B 12-2)	156
ค1	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-1)	158
ค2	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-2)	158
ค3	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-3)	158
ค4	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-1)	159
ค5	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-2)	159
ค6	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-3)	159
ค7	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 30 kW/m^2 (HB30-1)	160
ค8	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 30 kW/m^2 (HB30-2)	160
ค9	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่30 kW/m^2 (HB30-3)	160

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค10	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่20 kW/m^2 (HB20-1)	161
ค11	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่20 kW/m^2 (HB20-2)	161
ค12	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 20 kW/m^2 (HB20-3)	161
ค13	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-1)	162
ค14	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-2)	162
ค15	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-3)	162
ค16	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่12 kW/m^2 (HB12-1)	163
ค17	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่12 kW/m^2 (HB12-2)	163
ค18	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 12 kW/m^2 (HB12-3)	163
ค19	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-1)	164
ค20	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-2)	164
ค21	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-3)	164
ค22	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-1)	165
ค23	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-2)	165
ค24	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-3)	165
ค25	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 6 kW/m^2 (HB6-1)	166
ค26	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 6 kW/m^2 (HB6-2)	166
ค27	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-1)	166
ค28	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-2)	167
ค29	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-3)	167
ค30	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-1)	167
ค31	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-2)	168
ค32	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-3)	168
ค33	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-1)	168
ค34	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-2)	169
ค35	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-3)	169

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

ภาพผนวกที่		หน้า
ค36	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-1)	169
ค37	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-2)	170
ค38	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-3)	170
ค39	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-1)	170
ค40	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-2)	171
ค41	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-3)	171
ค42	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-1)	171
ค43	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-2)	172
ค44	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-3)	172
ค45	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-1)	172
ค46	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-2)	173
ค47	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-3)	173
ค48	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-1)	173
ค49	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-2)	174
ค50	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-3)	174
ค51	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-1)	174
ค52	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-2)	175
ค53	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-3)	175
ค54	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 4 kW/m^2 (MF3 4-1)	175
ค55	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 4 kW/m^2 (MF3 4-2)	176
ค56	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-1)	176
ค57	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-2)	176
ค58	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-3)	177
ค59	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-1)	177
ค60	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-2)	177
ค61	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-3)	178

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค62	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-1)	178
ค63	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-2)	178
ค64	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-3)	179
ค65	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-1)	179
ค66	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-2)	179
ค67	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-3)	180
ค68	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-1)	180
ค69	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-2)	180
ค70	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-3)	181
ค71	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-1)	181
ค72	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-2)	181
ค73	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-3)	182
ค74	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-1)	182
ค75	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-2)	182
ค76	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-3)	183
ค77	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-1)	183
ค78	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-2)	183
ค79	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-3)	184
ค80	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-1)	184
ค81	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-2)	184
ค82	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-3)	185
ค83	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 4 kW/m^2 (MF6 4-1)	185
ค84	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 4 kW/m^2 (MF6 4-2)	185
ค85	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY4 50-1)	186
ค86	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY4 50-2)	186
ค87	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY4 50-3)	186

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค88	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY4 40-1)	187
ค89	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY4 40-2)	187
ค90	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY4 40-3)	187
ค91	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 30-1)	188
ค92	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 30-2)	188
ค93	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 30-3)	188
ค94	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 20-1)	189
ค95	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 20-2)	189
ค96	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 20-3)	189
ค97	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-1)	190
ค98	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-2)	190
ค99	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-3)	190
ค100	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-1)	191
ค101	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-2)	191
ค102	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-3)	191
ค103	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4mm ที่ 10 kW/m^2 (AY4 10-1)	192
ค104	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4mm ที่ 10 kW/m^2 (AY4 10-2)	192
ค105	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-1)	192
ค106	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-2)	193
ค107	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-3)	193
ค108	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-1)	193
ค109	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-2)	194
ค110	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-3)	194
ค111	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-1)	194
ค112	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-2)	195
ค113	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 40-3)	195

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค114	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 30-1)	195
ค115	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 30-2)	196
ค116	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 30-3)	196
ค117	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 20-1)	196
ค118	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 20-2)	197
ค119	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-3)	197
ค120	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-1)	197
ค121	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-2)	198
ค122	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-3)	198
ค123	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AY6 10-1)	198
ค124	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AY6 10-2)	199
ค125	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-1)	199
ค126	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-2)	199
ค127	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-3)	200
ค128	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-1)	200
ค129	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-2)	200
ค130	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-3)	201
ค131	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-1)	201
ค132	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-2)	201
ค133	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-3)	202
ค134	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-1)	202
ค135	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-2)	202
ค136	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-3)	203
ค137	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-1)	203
ค138	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-2)	203
ค139	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-3)	204

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ค140	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-1)	204
ค141	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-2)	204
ค142	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-3)	205
ค143	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-1)	205
ค144	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-2)	205
ค145	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-3)	206
ค146	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS4 8-1)	206
ค147	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS4 8-2)	206
ค148	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-1)	207
ค149	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-2)	207
ค150	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-3)	207
ค151	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-1)	208
ค152	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-2)	208
ค153	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-3)	208
ค154	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-1)	209
ค155	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-2)	209
ค156	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-3)	209
ค157	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-1)	210
ค158	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-2)	210
ค159	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-3)	210
ค160	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-1)	211
ค161	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-2)	211
ค162	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-3)	211
ค163	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-1)	212
ค164	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-2)	212
ค165	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-3)	212

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค166	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-1)	213
ค167	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-2)	213
ค168	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-3)	213
ค169	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS6 8-1)	214
ค170	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS6 8-2)	214
ค171	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 50 kW/m^2 (PB 50-1)	214
ค172	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 50 kW/m^2 (PB 50-2)	215
ค173	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 50 kW/m^2 (PB 50-3)	215
ค174	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 40 kW/m^2 (PB 40-1)	215
ค175	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 40 kW/m^2 (PB 40-2)	216
ค176	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 40 kW/m^2 (PB 40-3)	216
ค177	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 30 kW/m^2 (PB 30-1)	216
ค178	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 30 kW/m^2 (PB 30-2)	217
ค179	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 30 kW/m^2 (PB 30-3)	217
ค180	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 20 kW/m^2 (PB 20-1)	217
ค181	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 20 kW/m^2 (PB 20-2)	218
ค182	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 20 kW/m^2 (PB 20-3)	218
ค183	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 15 kW/m^2 (PB 15-1)	218
ค184	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 15 kW/m^2 (PB 15-2)	219
ค185	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 15 kW/m^2 (PB 15-3)	219
ค186	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 12 kW/m^2 (PB 12-1)	219
ค187	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 12 kW/m^2 (PB 12-2)	220
ค188	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 12 kW/m^2 (PB 12-3)	220
ค189	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 10 kW/m^2 (PB 10-1)	220
ค190	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 10 kW/m^2 (PB 10-2)	221
ค191	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 10 kW/m^2 (PB 10-3)	221

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค192	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-1)	221
ค193	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-2)	222
ค194	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-3)	222
ค195	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 6 kW/m^2 (PB 6-1)	222
ค196	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 6 kW/m^2 (PB 6-2)	223
ค197	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-1)	223
ค198	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-2)	223
ค199	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-3)	224
ค200	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-1)	224
ค201	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-2)	224
ค202	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-3)	225
ค203	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-1)	225
ค204	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-2)	225
ค205	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-3)	226
ค206	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-1)	226
ค207	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-2)	226
ค208	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-3)	227
ค209	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-1)	227
ค210	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-2)	227
ค210	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-3)	228
ค212	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-4)	228
ค213	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-1)	228
ค214	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-2)	229
ค215	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-3)	229
ค216	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-1)	229
ค217	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-2)	230

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค218	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-3)	230
ค219	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-1)	230
ค220	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-2)	231
ค221	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-3)	231
ค222	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-1)	231
ค223	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-2)	232
ค224	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-3)	232
ค225	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-1)	232
ค226	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-2)	233
ค227	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-3)	233
ค228	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 15-1)	233
ค229	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 15-2)	234
ค230	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-1)	234
ค231	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-2)	234
ค232	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-3)	235
ค233	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-1)	235
ค234	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-2)	235
ค235	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-3)	236
ค236	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-1)	236
ค237	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-2)	236
ค238	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-3)	237
ค239	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-1)	237
ค240	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-2)	237
ค241	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-3)	238
ค242	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-1)	238
ค243	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-2)	238

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ค244	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-3)	239
ค245	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-1)	239
ค246	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-2)	239
ค247	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-3)	240
ค248	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 11kW/m^2 (M 11-1)	240
ค249	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 11kW/m^2 (M 11-2)	240
ค250	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-1)	241
ค251	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-2)	241
ค252	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-3)	241
ค253	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-1)	242
ค254	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-2)	242
ค255	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-3)	242
ค256	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-1)	243
ค257	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-2)	243
ค258	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-3)	243
ค259	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-1)	244
ค260	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-2)	244
ค261	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-3)	244
ค262	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-1)	245
ค263	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-2)	245
ค264	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-3)	245
ค265	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-1)	246
ค266	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-2)	246
ค267	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-3)	246
ค268	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 12kW/m^2 (B 12-1)	247
ค269	แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 12kW/m^2 (B 12-2)	247

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ หน้า

ง1 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ Hardboard ความหนา 3 มิลลิเมตร 249

ง2 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ MDF ความหนา 3 มิลลิเมตร 249

ง3 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ MDF ความหนา 6 มิลลิเมตร 250

ง4 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้อัดยาง ความาม หนา 4 มิลลิเมตร 250

ง5 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้อัดยาง ความหนา 6 มิลลิเมตร 251

ง6 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้อัดสัก ความหนา 4 มิลลิเมตร 251

ง7 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้อัดสัก ความหนา 6 มิลลิเมตร 252

ง8 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล ความหนา 6 มิลลิเมตร 252

ง9 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้ยางพารา ความหนา 20 มิลลิเมตร 253

ง10 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้สัก ความหนา 20 มิลลิเมตร 253

ง11 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้มะค่า ความหนา 20 มิลลิเมตร 254

ง12 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้บีช ความหนา 24 มิลลิเมตร 254

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

จ1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของhardboardหนา 3 mm 256

จ2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของ MDF หนา 3 mm 256

จ3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของMDF หนา 6 mm 257

จ4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้อัดยาง หนา 4 mm 257

จ5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้อัดยาง หนา 6 mm 258

จ6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้อัดสัก หนา 4 mm 258

จ7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้อัดสัก หนา 6 mm 259

จ8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16mm 259

จ9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้ยางพารา หนา20 mm 260

จ10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้สัก หนา 6 mm 260

จ11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้มะค่า หนา 6 mm 261

จ12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้บีช หนา 6 mm 261

ฉ1 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของhardboard หนา 3 mm 263

ฉ2 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ MDF หนา 3 mm 263

ฉ3 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ MDF หนา 6 mm 264

ฉ4 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้อัดยาง หนา 4 mm 264

ฉ5 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้อัดยาง หนา 6 mm 265

ฉ6 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้อัดสัก หนา 4 mm 265

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ภาพผนวกที่		หน้า
ฉ7	แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้อัดสัก หนา 6 mm	266
ฉ8	แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mm	266
ฉ9	แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้ยางพารา หนา 20 mm	267
ฉ10	แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้สัก หนา 20 mm	267
ฉ11	แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้มะค่า หนา 20 mm	268
ฉ12	แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้บีช หนา 24 mm	268

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

b	=	ความชันของกราฟระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$
h_c	=	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (W/m^2.K)
$\dot{q}''_i$	=	ฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบวัตถุ (kW/m^2)
$\dot{q}''_{crit}$	=	ฟลักซ์ความร้อนวิกฤติสำหรับการจุดติดไฟแบบ piloted (kW/m^2)
T_s	=	อุณหภูมิผิวของวัตถุ (K หรือ ^{o}C)
T_{ig}	=	อุณหภูมิจุดติดไฟของวัตถุ (K หรือ ^{o}C)
T_∞	=	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (เท่ากับ 25 ^{o}C)
t_{ig}	=	เวลาการจุดติดไฟแบบ piloted (s)
ε	=	emissivity (กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1)
σ	=	ค่าคงที่ Stefan-Boltzmann 5.670x10^{-8} W/m^2·K^4
$k\rho c$	=	ความเฉื่อยทางความร้อนของวัตถุ ((kW/m^2.K)^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาเชิงทดลองพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted และการเผาไหม้ของไม้ และผลิตภัณฑ์จากไม้

An Experimental Study of Piloted Ignition and Burning Behavior Of Woods and Wood Products

คำนำ

อัคคีภัยหรือเพลิงไหม้เป็นภัยที่สร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินอย่างมหาศาล ตลอดจนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และรวมไปถึงสภาพจิตใจของผู้ประสบเหตุ จากสถิติของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย สรุปเหตุเกิดอัคคีภัยของกรมบรรเทาสาธารณภัยทั่วประเทศทั้งปี พ.ศ.2550 รวม 1901ครั้ง มีผู้เสียชีวิต 45ราย บาดเจ็บ 156 ราย ความเสียหายต่อทรัพย์สินคิดเป็นมูลค่ากว่า 875,791,793 บาท ซึ่งถือว่าเป็นสาธารณภัยที่ส่งผลเสียหายหายสูงเป็นอันดับสองรองจากอุทกภัยในเกือบทุกๆปีตามสถิติ ถึงแม้ว่าในปัจจุบันประเทศไทยจะมีกฎหมายและมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัยที่ได้รับการพัฒนามากขึ้น แต่จากสถิติยังบ่งชี้ได้ว่าอัตราการเกิดอัคคีภัยในประเทศยังสูงอยู่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก การควบคุมดูแลระบบความปลอดภัยด้านอัคคีภัยให้เป็นไปตามข้อกำหนดยังทำได้ไม่มีประสิทธิภาพ เพียงพอ นอกจากการออกแบบระบบป้องกันภัยที่มีมาตรฐานแล้ว อีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นกันในการป้องกันอัคคีภัย คือการลดโอกาสการเกิดอัคคีภัยหรือถ้าเกิดเหตุก็สามารถจำกัดความรุนแรงของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงได้ วิธีการหนึ่งที่สามารถทำได้คือการเลือกใช้วัสดุตกแต่งอาคารให้มีคุณสมบัติติดไฟได้ยาก มีอัตราการลามไฟและอัตราการเผาไหม้ที่ต่ำ การเลือกวัสดุให้มีคุณสมบัติดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรมการจุดติดไฟ และการเผาไหม้ของวัสดุจึงได้เล็งเห็นความจำเป็นและความสำคัญของข้อมูลด้านอัคคีภัยของวัสดุ ผู้วิจัยจึงขอเสนอโครงการวิจัยเพื่อศึกษาเชิงทดลองและทฤษฎีของพฤติกรรมการจุดติดไฟและการเผาไหม้ของวัสดุประเภทไม้ และผลิตภัณฑ์จากไม้ที่ใช้ในงานก่อสร้างและตกแต่งอาคาร ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการเลือกใช้วัสดุเพื่อตกแต่งอาคารให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดอัคคีภัยที่ต่ำ และสามารถนำองค์ความรู้ไปใช้ในการพัฒนาวัสดุในงานก่อสร้างและงานตกแต่งอาคารที่ผลิตภายในประเทศให้มีความปลอดภัยจากอัคคีภัยให้สูงขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังเป็นการยกระดับองค์ความรู้ด้านวิศวกรรมอัคคีภัยของประเทศอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเชิงทดลองพฤติกรรมการจุดติดไฟและการเผาไหม้ของวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างและตกแต่งอาคาร ภายใต้สภาวะเพลิงไหม้

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของเวลาการจุดติดไฟที่ฟลักซ์ความร้อนต่างๆ ค่าคุณสมบัติการเผาไหม้ของวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างและตกแต่งอาคาร

3. เพื่อพัฒนาและยกระดับงานวิจัยด้านวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยของประเทศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

ในการสืบค้นเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีนักวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการจุดไฟของวัสดุอยู่หลายกลุ่ม จึงได้ทำการคัดเลือกข้อมูลงานวิจัยบางส่วนมาเพื่อนำเสนอในครั้งนี้ โดยได้มุ่งเน้นในงานวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการทดลองเพื่อสามารถนำมาเชื่อมโยงกันให้เกิดประโยชน์กับการทดลองมากยิ่งขึ้น

Babrauskas and Parker (1987) ได้ทำกล่าวถึง Cone calorimeter ว่าเป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยพื้นฐานเพื่อใช้วัดค่าการปลดปล่อยความร้อนของวัสดุ โดยอุปกรณ์มีลักษณะพิเศษ เช่น สามารถใช้วัดค่าการแผ่รังสีจากการเผาไหม้ของวัสดุ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลของวัสดุได้ในช่วงที่กว้าง ผลที่ได้ มีประสิทธิภาพ และผลที่ได้มีลักษณะเป็นทำนองเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์อื่น โดยมีการทดลองเลือกใช้ Douglas fir particle board เป็นวัสดุทดสอบและเปรียบเทียบกับโมเดลอื่นๆ

Rhodes and Quintiere (1996) มีจุดประสงค์เพื่อสร้างระเบียบการทดสอบเพื่อใช้ในการทำนายค่าอัตราการเผาไหม้และการจุดติดไฟของวัสดุเทอร์โมพลาสติกโดยใช้เครื่องcone calorimeter โดยเลือกใช้วัสดุเทอโมพลาสติกชนิดคล้าย PMMA ทำการทดสอบที่ฟลักซ์ความร้อนตั้งแต่ 0-75 kW/m^2 พบว่าที่ฟลักซ์ความร้อนประมาณ 37 kW/m^2 มีลักษณะพฤติกรรมเช่นเดียวกับ black PMMA โดยค่าความร้อน gasification ของ black PMMA อยู่ที่ประมาณ 2.8 kW/g สูงกว่าค่าของตัวอย่าง PMMA ที่ใช้ทดสอบ ซึ่งเชื่อว่าน่าจะเกิดจากผลต่างของโครงสร้างโมเลกุลหรืออาจจะเกิดจากการย้อมสีของตัวอย่างPMMA ที่ใช้ทดสอบ โดยโมเดลได้ถูกพิสูจน์ว่ามีความแม่นยำดีในการเปรียบเทียบกับค่าอัตราการเผาไหม้ในแต่ละช่วงเวลา

Spearpoint and Quintiere (2000) ทำการทดลองและเปรียบเทียบผลทางทฤษฎี โดยการเผาไม้ตัวอย่าง 4ชนิด ด้วยฟลักซ์ความร้อน 25-75 kW/m^2 ในทิศทางขนานและตั้งฉากกับเกรนของไม้ และทำการวัดอัตราการสูญเสียมวล อุณหภูมิ และอัตราการกลายเป็นถ่าน ได้นำแบบจำลองการอินทิเกรตใน 1 มิติมาอธิบายถึงการไพโรไลซิสที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงของก้อนถ่านที่ถูกเผาไหม้ด้วยฟลักซ์ความร้อนคงที่ ผลของแบบจำลองอินทิเกรตสำหรับอัตราการเผาไหม้ถูกเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ การทดลองในระยะสั้นและระยะยาว เพื่อทำการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปรียบเทียบอัตาการสูญเสียมวล อุณหภูมิผิว ความลึกของชั้นถ่าน และผลของความร้อนที่แทรกซึมผ่านผิวตัวอย่าง

Spearpoint and Quintiere (2001) ทำการทดลองและพิสูจน์ตามทฤษฎีของการจุดติดไฟไม้ตัวอย่างที่มีความหนา 50 มม. โดยใช้เครื่อง cone calorimeter โดยใช้ไม้ 4 ชนิด ทดสอบฟลักซ์ความร้อนไม่เกิน75 kW/m^2 ในทิศทางขนานหรือตั้งฉากกับเกรน เวลาที่จุดติดไฟจะถูกวัดจากเครื่อง cone calorimeter ค่าเวลาในการจุดติดไฟที่เคยวัดจาก cone calorimeter ที่เป็นคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุมีการใช้แบบจำลองอินทิกรัลใน1มิติอธิบายการไพโรไลซิสที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของวัสดุที่เป็นถ่านในสถานะที่ได้รับฟลักซ์ความร้อนคงที่ ได้นำแบบจำลองนี้มาทำนายข้อมูลการทดลองเปรียบเทียบผลได้ดีที่ฟลักซ์ความร้อนประมาณ 20kW/m^2 ที่ฟลักซ์ความร้อนต่ำกว่าและสูงกว่า 20kW/m^2 โดยเชื่อว่าเกิดจากการออกซิเดชั่นของถ่านบริเวณผิวหน้าที่ไฟลุกไหม้ ส่วนฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุดที่ทำให้เกิดการจุดติดไฟพบว่ามีค่าประมาณ 10kW/m^2 ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ ทิศทางของเกรนและความชื้นของไม้

Boonmee and Quintiere (2002) ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ของไม้4ชนิด ประกอบด้วย Redwood Red oak, Douglas firและmapleที่ฟลักซ์ความร้อนต่ำพบว่าเมื่อฟลักซ์ความร้อนที่สูงกว่า 40kW/m^2 ไม้จะสามารถจุดติดเปลวไฟได้อย่างรวดเร็ว (น้อยกว่า 30วินาที) ส่วนที่ฟลักซ์ความร้อนมีค่าต่ำกว่า 40kW/m^2จะมีการเกิดการเผาคุที่ชั้นผิวหน้าของไม้ขึ้นมา ก่อนที่จะสามารถมองเห็นเปลวไฟได้

Yang *et al*. (2002) ได้ทำการปรับปรุงโมเดลของการไพโรไลซิสของวัสดุที่เป็นถ่าน โดยเพิ่มตัวประกอบที่เป็นผลจากการไพโรไลซิสเพิ่ม เช่น ความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อน และการแผ่รังสีจากอุณภูมิที่ผิวและการหดตัวบริเวณที่ผิวอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลอง ได้ออกแบบเป็นพิเศษเพื่อตรวจ-สอบความถูกต้องของโมเดลและผลระทบจากความหนาแน่นของวัสดุและการปลดปล่อยรังสีความร้อนจากการไพโรไลซิสของวัสดุที่ทำการทดสอบ

Yang *et al*. (2003) ทำการทดสอบวัดค่าผลจากฟลักซ์ความร้อนจากภายนอกที่มีผลกระทบต่อการไพโรไลซิสและการเผาไหม้ของวัสดุที่เป็นถ่านโดยใช้ cone calorimeter และ radiation platform โดยเจาะจงพิจารณาความแตกต่างในการไพโรไลซิสและการเผาของไม้ภายใต้ ฟลักซ์ความร้อนที่สูงและฟลักซ์ความร้อนต่ำ ด้วยแบบจำลองกาไพโรไลซิสของวัสดุที่เป็นถ่านที่ถูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดัดแปลงแล้ว ซึ่งในแบบจำลองจะมีบางปัจจัยที่มีผลต่อการไพโรไลซิสเช่น ความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนที่บริเวณผิว การหดตัวของผิวหน้าของวัสดุถ่าน ผลโดยสรุปคือ โมเดลสามารถอธิบายการไพโรไลซิสได้ดี สามารถทำนายเวลาในการจุดติดไฟที่ฟลักความร้อนสูงได้แม่นยำ ส่วนที่ฟลักซ์ความร้อนต่ำที่ต้องใช้เวลาในการจุดติดไฟนานได้ผลที่ไม่ดี และอัตราปลดปล่อยความร้อนกับฟลักซ์ความร้อนจากภายนอกมีลักษณะมีความสัมพันธ์แบบพาราโบลิคมากกว่ามีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

Delichatsios *et al*. (2003) ได้นำเสนอการพิสูจน์เพื่อให้เห็นคุณสมบัติการจุดติดไฟของวัสดุที่เป็นถ่าน โดยใช้ไม้ radiate pine ในการศึกษาหาค่าการจุดติดไฟ พฤติกรรมการไพโรไลซิส โดยใช้อุปกรณ์ cone calorimeter ทำการพยากรณ์ทางทฤษฎีโดยการนำข้อมูลการจุดติดไฟ การไพโรไลซิสในอดีตของไม้ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองด้วย cone calorimeter ที่ฟลักซ์ความร้อนต่างๆ และที่ความหนาต่างๆ โดยผลที่ได้จากการทดลองมีความใกล้เคียงกับทางทฤษฎี

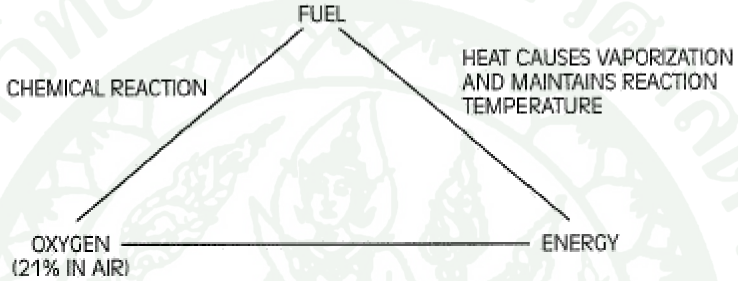
Gratkowskia *et al*. (2006) ทำการศึกษาบทบาทของ self-heating ในกระบวนการเผาไหม้แบบช้าๆที่ไม่มีเปลวไฟของไม้อัดเมเปิลหนา 18 มม. ที่ฟลักซ์ความร้อน 6-15 kW/m^2 ด้วยเครื่อง cone calorimeter เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ฟลักซ์ความร้อนที่ต่ำที่สุดที่ทำให้เกิดกระบวนการเผาไหม้แบบช้าๆที่ไม่มีเปลวไฟ คือ 7.5 kW/m^2 เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทำนายทางทฤษฎี self-heating บทบาทของ self-heating ที่ได้จากการตรวจสอบจากการวัดค่าการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในตัวอย่างทดสอบข้อมูลของอุณหภูมิที่ผิวบ่งชี้ว่า self-heating เป็นปัจจัยสำคัญของกระบวกการเผาไหม้แบบช้าๆที่ไม่มีเปลวไฟที่แพร่กระจายที่ผิวและภายในวัสดุและของความลึกของการเผาไหม้เป็นฟังก์ชั่นที่แปรผันตามค่าความร้อนที่เพิ่มขึ้น

อรรถพร และ ณัฐศักดิ์ (2551) ได้นำเสนอผลการศึกษาเชิงทดลองการเกิดไพโรไลซิสของไม้ 3 ชนิด ประกอบด้วย ไม้บีช ไม้มะค่า และไม้สักมาทดสอบใน cone calorimeter โดยให้ความร้อน ในทิศทางตั้งฉากกับแนวเกรนของไม้ในแนวระดับ ซึ่งฟลักซ์ความร้อนที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 15 20 และ 25 kW/m^2 คงที่ตลอดการทดลองในแต่ละครั้ง ได้ทำการบันทึกพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงที่ผิวหน้าของชิ้นไม้ทดสอบ ผลการศึกษาพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ glowing พบว่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟของไม้บีช ไม้มะค่าและไม้สัก มีค่าเท่ากับ 2.18 , 4.04 และ 6.97 kW/m^2 ตามลำดับ และพบว่าอัตราการเกิดไพโรไลซิสของไม้ในสภาวะคงตัวแปรผันตามฟลักซ์ความร้อนที่เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

องค์ประกอบของไฟ

การเผาไหม้หรือไฟเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดจากองค์ประกอบ 3 สิ่งคือ เชื้อเพลิง(Fuel) ออกซิเจน(Oxygen) และพลังงานความร้อน(Energy) ในสภาวะที่เหมาะสมแล้วให้พลังงานออกมาในรูปของพลังงานความร้อนและพลังงานแสงสว่าง ซึ่งองค์ประกอบของไฟนั้นแสดงโดยใช้รูปสามเหลี่ยมของไฟแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงรูปสามเหลี่ยมของไฟ

1. เชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดการลุกไหม้มาจากสารเคมี ซึ่งอาจแบ่งได้ 2 ประเภท คือ สารอนินทรีย์เคมี และอินทรีย์เคมี

สารอนินทรีย์เคมี เป็นสารที่เป็นพวกแร่ธาตุ ที่ไม่ได้เกิดจากสิ่งมีชีวิต และไม่มีส่วนประกอบของคาร์บอน (C) เช่น โปตัสเซียมไนเตรท (KNO_3) โซเดียม (Na) แอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3) รวมทั้งกรดต่างๆ เช่น Sulfuric acid (H_2SO_4) Hydrochloric acid (HCI) และ Nitric acid (HNO_3) เป็นต้น

สารอินทรีย์เคมี เป็นสารที่มาจากสิ่งที่มีชีวิต มีส่วนประกอบของธาตุคาร์บอน (C) อยู่เสมอ เป็นสารเคมีที่ได้มาจากร่างกายมนุษย์ สัตว์ และพืช เมื่อสิ่งเหล่านี้ตายและทับถมกันนานนับพันล้านปี ก็จะกลายเป็นน้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ สารอินทรีย์ที่เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นสารไวไฟหรือ สารระเบิด ได้มาจากน้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากอินทรีย์สารถูกนำไปผลิต สารเคมีอื่นได้อีกมากมาย เช่น ผลิตน้ำมันเบนซิน (Gasoline) น้ำมันดีเซล (Solar oil)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้ำมันก๊าด (Kerosene) น้ำมันหล่อลื่น (Lubricant) ผลิตภัณฑ์พลาสติกต่างๆ รวมทั้งเส้นใยสังเคราะห์ ผลิตยารักษาโรค เครื่อง-สำอาง ตัวทำละลาย (Solvent) ยากำจัดแมลง ศัตรูพืช ปุ๋ย และวัตถุระเบิดต่างๆ เป็นต้น

2. ความร้อน

เป็นสิ่งที่ทำให้อุณหภูมิของเชื้อเพลิงสูงขึ้นถึงจุดติดไฟ (lgnition point) ทำให้องค์ประกอบของการเกิดไฟ (ปฏิกิริยาการสันดาป) เกิดขึ้นอย่างเหมาะสม ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดย่อมจะมี จุดติดไฟไม่เหมือนกัน เช่น เชื้อเพลิงเหลวอาจมีจุดติดไฟต่ำกว่าพวกเชื้อเพลิงแข็ง ซึ่งสามารถแยก คุณสมบัติของความร้อนที่ทำให้เชื้อเพลิงถึงจุดติดไฟต่างๆ ดังนี้

จุดวาบไฟ (Flash Point) คือ จุดที่มีปริมาณความร้อนเพียงพอให้เชื้อเพลิงเหลวหรือเชื้อเพลิงแข็ง กลายเป็นไอ เข้าผสมกับอากาศอย่างได้สัดส่วนก็จะลุกไหม้วาบขึ้นชั่วขณะแล้วก็จะดับไป เพราะอัตราการระเหยของเชื้อเพลิงจากของแข็งหรือของเหลวน้อยเกินกว่าที่จะทำให้เกิดเปลวไฟอย่างต่อเนื่อง

จุดลุกติดไฟ (Fire Point) คือ จุดที่มีปริมาณความร้อนเพียงพอให้เชื้อเพลิงเหลวหรือแข็งใด ๆ คายไอหรือกลายเป็นไอ เข้าผสมกับอากาศอย่างได้สัดส่วน และเกิดการลุกไหม้ขึ้นเมื่อมีเปลวไฟหรือประกายไฟที่เหมาะสม และเกิดเป็นการเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง โดยปกติแล้วจุดติดไฟของสารเชื้อเพลิงจะสูงกว่าจุดวาบไฟมากหรือน้อยขึ้นกับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงชนิดนั้นๆ

จุดลุกติดไฟได้เอง (Autoignition temperature หรือ AIT) คือ จุดอุณหภูมิที่ทำให้สารเชื้อเพลิงเกิดการลุกไหม้ขึ้นได้เอง โดยไม่ต้องอาศัยการจุดติดไฟจากแหล่งภายนอก

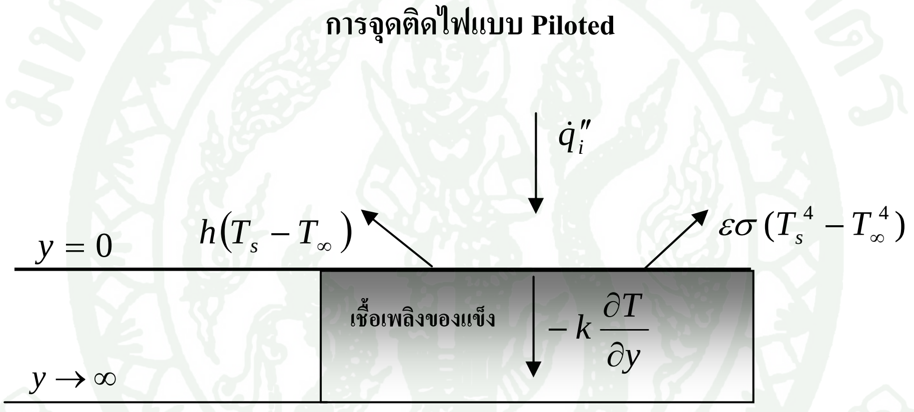
3. ออกซิเจน

บรรยากาศโดยทั่วไป มีไนโตรเจน 79.04 % ออกซิเจนผสมอยู่ 20.93 % และคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03 % โดยออกซิเจนจะเป็นตัวทำให้เกิดการเผาไหม้ การเผาไหม้แต่ละครั้งต้องการ ออกซิเจน ประมาณ 16 % เท่านั้น ถ้าออกซิเจน ต่ำกว่า 16 % ก็จะไม่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ต่อไป ไฟจึงจะมอดดับลงได้ ดังนั้นจะเห็นว่าเชื้อเพลิงทุกชนิดถูกล้อมรอบไปด้วยออกซิเจนอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพียงพอสำหรับการเผาไหม้ ยิ่งมีออกซิเจนมากเชื้อเพลิงก็ยิ่งติดไฟได้ดีขึ้น และเชื้อเพลิงบางประเภทมีออกซิเจนในตัว-เองอย่างเพียงพอที่จะทำให้ตัวเองลุกไหม้ได้โดยไม่ต้องอาศัยออกซิเจนที่อยู่โดยรอบ

เมื่อเกิดไฟขึ้นจะมีปฏิกิริยาที่เกิดจากการลุกติดไฟอย่างต่อเนื่อง ตราบเท่าที่ยังมีองค์ประกอบทั้ง 3 อย่าง หนุนเนื่องกันอยู่ ทำให้ขนาดและความรุนแรงของเพลิงเพิ่มขึ้น เมื่อรวมกันในปริมาณและคุณสมบัติที่เหมาะสมแล้ว จะทำให้เกิดปฏิกิริยาลุกติดไฟขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าขาดอย่างใดอย่างหนึ่งแล้ว ปฏิกิริยาลุกติดไฟจะไม่เกิดขึ้น



ภาพที่ 2 ทฤษฎีการจุดติดไฟแบบ piloted ของเชื้อเพลิงแข็ง

จากรูปที่ 2 เมื่อมีฟลักซ์ความร้อนตกกระทบผิวเชื้อเพลิงของแข็ง สมการอนุรักษ์พลังงานและเงื่อนไขค่าขอบที่ผิวที่ฟลักซ์ความร้อนตกกระทบสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{\rho c}\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (1)$$

เงื่อนไขค่าขอบ $y = 0$; $\dot{q}_i'' = -k\frac{\partial T}{\partial y} + h_c(T_s - T_\infty) + \varepsilon\sigma(T_s^4 - T_\infty^4)$ (2.1)

$$y \rightarrow \infty \qquad T = T_\infty \quad (2.2)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าเริ่มต้น $\quad t = 0 \quad T = T_\infty$ (2.3)

เมื่อ $\dot{q}''_i$ คือฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบผิววัตถุ h_c คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อน T คืออุณหภูมิ T_s คืออุณหภูมิผิวของวัตถุ T_∞ คืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม t คือเวลา k คือค่าการนำความร้อนของวัตถุ σ คือค่าคงที่ Stefan-Boltzmann และ ε คือสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน

ผลเฉลยของสมการที่ (1) เงื่อนไขค่าขอบและค่าเริ่มต้นสมการที่ (2) ที่ผิวหน้าของวัตถุ (y = 0) สามารถเขียนได้ตาม ASTM 1321

$$T_s - T_\infty = \frac{\dot{q}''_i}{h_C}\left(1 - \exp(\tau) erfc(\sqrt{\tau})\right) \quad (3)$$

เมื่อ

$$\tau = \frac{h_C^2 t}{k\rho c}$$

เมื่อฟลักซ์ความร้อนตกกระทบวัตถุมีค่าเท่ากับฟลักซ์ความร้อนวิกฤติ ($\dot{q}''_i = q'''_{crit}$) อุณหภูมิที่ผิววัตถุจะมีค่าเท่ากับอุณหภูมจุดติดไฟพอดี ($T_s = T_{ig}$) วัตถุจะจุดติดไฟที่เวลาเป็นอนันต์ ($t \to \infty$) ส่งผลให้ความร้อนสูญเสียเนื่องจากการนำความร้อนที่ผิววัตถุเท่ากับศูนย์ ($\partial T / \partial t \to 0$) ดังนั้น สมการสมดุลย์ความร้อนที่ผิววัตถุ (สมการที่ (2.1)) สามารถเขียนได้ใหม่เป็น

$$\dot{q}''_{crit} = h_C\left(T_{ig} - T_\infty\right) + \varepsilon\sigma(T_{ig}^4 - T_\infty^4) \quad (4)$$

จากสมการที่ (3) ฟลักซ์ความร้อนวิกฤติสำหรับการจุดติดไฟแบบ piloted เป็นฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุดที่สามารถทำให้อุณหภูมิที่ผิววัตถุร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิติดไฟแต่ยังไม่จุดติดไฟ ดังนั้นที่สภาวะคงตัวฟลักซ์ความร้อนวิกฤติที่ตกกระทบผิววัตถุจะมีค่าเท่ากับฟลักซ์ความร้อนที่สูญเสียที่ผิวเนื่องจากการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน สำหรับวัตถุทั่วไปที่ใช้ในงานก่อสร้างและตกแต่งอาคาร ผิวหน้าของวัตถุจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ณ เวลาที่วัตถุกำลังจะจุดติดไฟดังนั้นเราสามารถประมาณค่า ε ในสมการที่ (3) เท่ากับ 1 ได้ ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_C) ที่ผิวหน้าของวัตถุในสภาวะทดสอบการจุดติดไฟด้วยเครื่อง cone calorimeter Staggs ได้แนะนำค่าไว้เป็นไปตามสมการที่ (5)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$h_C = 8.91 + 0.50(T_S - 293)^{0.54} \quad (5)$$

ค่า h_C และ T_S ในสมการที่ (5) อยู่ในหน่วย W/m^2.K และ K ตามลำดับ

ที่สภาวะวัตถุกำลังจะติดไฟ อุณหภูมิที่ผิว (T_s) เท่ากับอุณหภูมิจุดติดไฟ (T_{ig}) ค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤติสำหรับการจุดติดไฟ ($\dot{q}''_{crit}$) สามารถหาได้จากการทดลอง ดังนั้น จากสมการที่ (4) และ (5) สามารถแก้สมการเพื่อหาค่าอุณหภูมิจุดติดไฟ และสัมประสิทธิ์การพาความร้อนได้ ค่าอุณหภูมิจุดติดไฟที่คำนวณได้สำหรับชิ้นทดสอบทั้งหมดที่ระดับฟลักซ์ความร้อนต่างๆ ได้แสดงในส่วนของ ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณลักษณะของไม้และผลิตภัณฑ์ของไม้

1. ไม้

ไม้ที่ใช้ประโยชน์กันอยู่นั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการนำต้นไม้มาแปรรูป ซึ่งต้นไม้ถือเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง โครงสร้างต่างๆในไม้จึงมีความสลับซับซ้อนอยู่บ้าง เพื่อความเข้าใจให้มากยิ่งขึ้น ในส่วนนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบสำคัญของโครงสร้างไม้

ต้นไม้เมื่อมีการเจริญเติบโตจะมีการสร้างชั้นไม้เพิ่มขึ้นระหว่างเนื้อไม้ที่มีอยู่ก่อนกับเปลือกไม้ตลอดลำต้น โดยชั้นไม้ที่เกิดขึ้นจะมีระยะเวลาการเติบโตปีละประมาณ 1 วง ชั้นไม้นี้จึงถูกเรียกว่าวงปี ในวงปีจะประกอบไปด้วยเส้นใยวางตัวในแนวเดียวกับลำต้น เรียกทิศทางของแนวเส้นใยนี้ว่าแนวเกรน น้ำ และสารอาหารถูกขนถ่ายผ่านทางแนวเส้นใยนี้เพื่อไปหล่อเลี้ยงส่วนต่างๆ ของต้นไม้ทั้งต้นเมื่อพิจารณาแนวขวางของลำต้นดังแสดงในภาพที่ 2 สามารถที่จะแบ่งส่วนต่างๆ ของไม้ออกได้เป็น 3 ส่วน

1. ส่วนที่อยู่ตรงใจกลางของลำต้นในแนวขวาง คือ แก่นไม้ ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วยเซลล์ของไม้ที่ตายไปแล้ว

2. ส่วนที่อยู่ในแนวกลางของรูป คือ กระพี้ จะมีสารที่จำเป็นแก่การดำรงชีวิตของต้นไม้ ได้แก่ แป้ง น้ำตาล และโปรตีน ส่วนนี้นับเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของต้นไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ส่วนนอกสุดของต้นไม้ตามแนวตัดขวาง คือ เปลือกไม้ ช่วยในการห่อหุ้มลำต้นของต้นไม้

โครงสร้างของไม้ทั้งสองส่วนซึ่งประกอบไปด้วย แก่นไม้ และกระพี้ จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน แต่แก่นไม้จะมีความหนาแน่นสูงกว่ากระพี้ โครงสร้างการวางตัวของแนวเกรนนั้น มีผลต่อการจุดติดไฟของไม้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดไพโรไลซิสจะเคลื่อนตัวออกมาจากเนื้อไม้ได้ง่ายเมื่อฟลักซ์ความร้อนเคลื่อนที่ในแนวขนานกับแนวเกรน และเมื่อฟลักซ์ความร้อนเคลื่อนตัวในแนวตั้งฉากกับแนวเกรน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดไพโรไลซิสจะเคลื่อนตัวออกมาจากเนื้อไม้ได้ช้ากว่า เนื่องมาจากผนังของเซลล์ในเนื้อเยื่อจะต้องแยกออกเป็นส่วนๆ ก่อนที่ผลิตภัณฑ์จะออกมาได้ เพราะการจุดติดไฟเกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสม ดังนั้นจึงคาดว่าการจุดติดไฟเมื่อให้ฟลักซ์ความร้อนขนานกับแนวเกรนจะติดไฟได้ง่ายกว่าให้ฟลักซ์ความร้อนในแนวตั้งฉากกับแนวเกรน ในงานวิจัยนี้จะมีการใช้ไม้ 4 ชนิด ได้แก่ ไม้ยางพารา, ไม้สัก, ไม้มะค่า และ ไม้บีช

ภาพที่ 3 แสดงส่วนประกอบของไม้ในแนวขวาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1 ไม้ยางพารา (Rubber wood)

ต้นไม้สูงใหญ่ สูงชลูด ไม่มีกิ่งที่ลำต้น มักขึ้นเป็นหมู่ในป่าดิบชื้น และที่ต่ำชุ่มชื้นตามบริเวณใกล้เคียงแม่น้ำลำธารในป่าดิบและป่าอื่นๆ ทั่วไป ต้นบางชนิดสามารถเผาเอาน้ำมันยางได้ (แต่เป็นคนละชนิดกับต้นยางพารา) ลักษณะเนื้อไม้สีแดงเรื่อหรือสีน้ำตาลหม่นเสี้ยนมักตรง เนื้อหยาบ แข็งปานกลางใช้ในร่มทนทานดีเลื่อยไสกบตกแต่งได้ดี ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ทำหีบ ที่นิยมใช้กันมากคือใช้เป็นไม้ฝา ไม้คร่าว ฝ้าเพดาน ไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดลองแสดงในภาพที่ 4

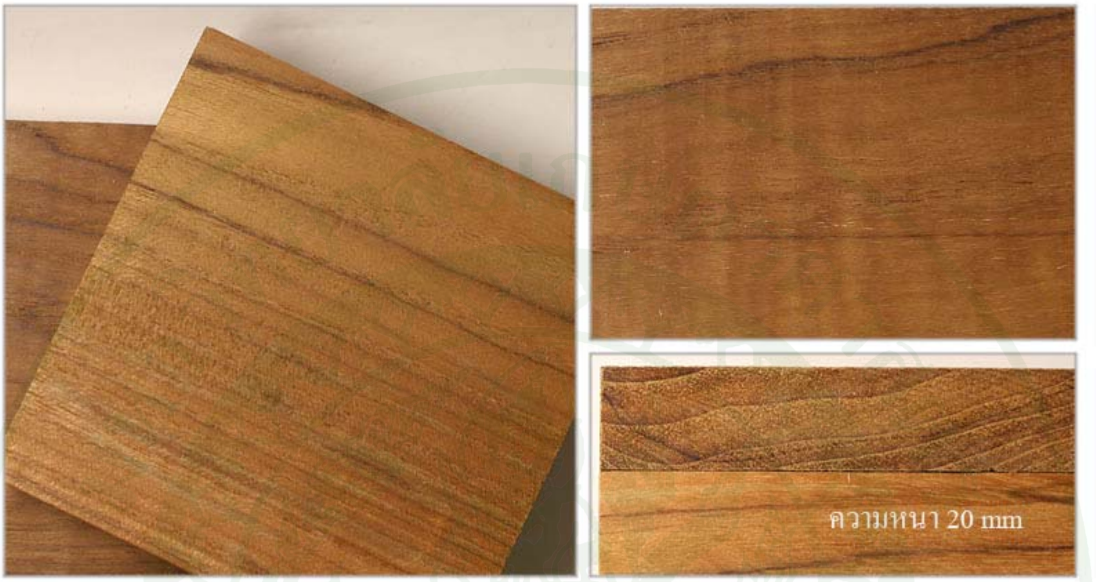
ภาพที่ 4 ไม้ยางพาราที่ใช้ในการทดลองขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร

1.2 ไม้สัก (Teak wood)

เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ ขึ้นเป็นหมู่ในป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือและบางส่วนของภาคกลางและตะวันตก ลักษณะเนื้อไม้สีเหลืองทองนานเข้าจะกลายเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแก่มีกลิ่น เหมือนหนังฟอกเก่าๆ และมีน้ำมันในตัวมักมีเส้นสีแก่แทรกเสี้ยนตรงเนื้อหยาบและไม่สม่ำเสมอ แข็งพอประมาณแข็งแรงทนทานที่สุดปลวกมอดไม่ทำอันตราย นำไปเลื่อย ไสกบตกแต่งง่าย แกะสลักได้ดี ชักเงาได้ง่ายเป็นไม้ที่ผึ่งให้แห้งได้ง่ายและอยู่ตัวดี ไม้สักเป็นที่นิยมมากในการทำเครื่องเรือนทำบานประตูหน้าต่าง ทำเรือ แกะสลักต่างๆ ปริมาณที่ทำออกจำหน่ายยังมีมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พอสมควร ไม้สักเป็นไม้ที่เป็นสินค้าขาออกและเป็นที่นิยมของชาวต่างประเทศมาก ไม้สักที่ใช้ในการทดลองแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ไม้สักที่ใช้ในการทดลองขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร

1.3 ไม้มะค่า (Makah wood)

ในเอเชียส่วนใหญ่จะเป็นชนิด Xylocarpa แก่นของไม้มะค่ามีสีน้ำตาลอมแดง แต่สีจะอ่อนกว่าสีของไม้ Pyinkado หรือ Padauk lumber สีของไม้มะค่าจะเข้มตามอายุและเข้มขึ้นเมื่อถูกแสงแดด ลายไม้มะค่าจะเรียงเป็นเส้นตรงและเนื้อไม้ไม่มีกลิ่น จึงทำให้ไม้ประเภทนี้เป็นที่ดึงดูดใจด้วยความสวยงามและความแข็งแรงของเนื้อไม้ จึงนิยมนำไม้มะค่ามาทำเป็นเครื่องเรือนประเภทตู้ งานแกะสลัก และไม้สำหรับปูพื้น เนื่องจากไม้มะค่ามีราคาสูง ไม้มะค่าจึงถูกนำไปผลิตเป็นเครื่องเรือนคุณภาพสูง งานหัตถกรรม รวมถึงใช้ในการสร้างบ้านด้วย ไม้มะค่าที่ใช้ในการทดลองแสดงในภาพที่ 6

1.4 ไม้บีช (Beech wood)

เป็นสกุลของไม้ผลัดใบ ในตระกูล Fagaceae ไม้บีชสามารถพบได้ในทวีปยุโรปและอเมริกาเหนือ ใบของไม้บีชจะมีขนาดยาวประมาณ 5-15 cm กว้าง 4-10 cm เปลือกไม้สีเทาอ่อนและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีผิวที่เรียบ ผลของต้นบีชมีลักษณะเล็กคล้ายถั่ว มีขนาดประมาณ 10-14 mm กินได้มีรสขม ผลนั้นอุดมไปด้วยสารแทนนิน ปกติแล้วต้นบีชนั้นนิยมปลูกเป็นไม้ประดับ แต่ในขณะเดียวกันก็มีการปลูกมาเพื่อใช้ในการทำเฟอร์นิเจอร์ไม้ ไม้บีชที่ใช้ในการทดลองแสดงในภาพที่ 7

ภาพที่ 6 ไม้มะค่าที่ใช้ในการทดลองขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร

ภาพที่ 7 ไม้บีชที่ใช้ในการทดลองขนาดความหนา 24 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ผลิตภัณฑ์จากไม้

ผลิตภัณฑ์จากไม้คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอาไม้ตามธรรมชาติมาผ่านกระบวนการต่างๆและทำการขึ้นรูปเป็นชิ้นไม้ใหม่ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติต่างๆของไม้ และเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยผลิตภัณฑ์จากไม้ที่ใช้ในในงานวิจัยมี 8 ชนิด ได้แก่ แผ่นใยไม้อัดแข็ง (hardboard) หนา 3 mm, แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) หนา 3 mm และหนา 6 mm, ไม้อัดยาง (plywood) หนา 4 mm และหนา 6 mm, ไม้อัดสัก (teak plywood) หนา 4 mmและ หนา 6 mm และ แผ่นพาร์ติเกิ้ล (particle board) หนา 16 mm

2.1 แผ่นใยไม้อัดแข็ง (Hard Board) หนา 3 mm

เป็นแผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นสูง ผลิตจากวัตถุดิบที่เป็นไม้ยูคาลิตัส ไม้ยางพารา โดยการนำชิ้นไม้สับมาบดย่อย เป็นเส้นใยและผ่านการขึ้นรูปเป็นแผ่นด้วยน้ำแล้วอัดด้วยความร้อน และแรงดันสูงดโดยไม่ใช้กาวเป็นตัวประสาน ซึ่งมีจุดเด่นคือ ปลอดสารฟอร์มัลดีไฮด์ มีความแข็งแรงสูง เหมาะสำหรับใช้ในการตกแต่งภายใน และเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ และ บรรจุภัณฑ์ แผ่นใยไม้อัดแข็งที่ใช้ในการทดลองแสดงในภาพที่ 8

ภาพที่ 8 แผ่นใยไม้อัดแข็งขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) หนา 3 mm

2.3 แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) หนา 6 mm

เป็นแผ่นใยไม้อัดที่ผลิตด้วยกรรมวิธีการนำเส้นใยของไม้ยูคาลิปตัส ไม้ยางพารา อัดด้วยความร้อน และกาวด้วยกรรมวิธีแบบแห้งเพื่อให้มีแรงยึดเหนี่ยวที่แข็งแรง สามารถตัดตกแต่ง ตอกตะปู แต่งขอบและทำลิ้นร่องได้ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนไม้ธรรมชาติได้อย่างกว้างขวาง ทั้งในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง งานตกแต่ง การผลิต เครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น พื้น บัว วงกบ ผนังห้อง ประตู ตลอดจนการผลิตเฟอร์นิเจอร์หรือส่วนประกอบของเฟอร์นิเจอร์เช่น ตู้เตียง เครื่องใช้สำนักงาน แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางขนาดความหนา 3 และ 6 มิลลิเมตรที่ใช้ในการทดสอบแสดงในภาพที่ 9

ภาพที่ 9 แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลางขนาดความหนา 3 และ 6 มิลลิเมตร

2.4 ไม้อัดยาง (Plywood) หนา 4 mm

2.5 ไม้อัดยาง (Plywood) หนา 6 mm

2.6 ไม้อัดสัก (Teak Plywood) หนา 4 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.7 ไม้อัดสัก (Teak Plywood) หนา 6 mm

เป็นผลิตภัณฑ์ ที่คงใช้พื้นฐานทางวัตถุดิบธรรมชาติ โดยถูกพัฒนากรรมวิธีการผลิต ขึ้นมาเพื่อตอบสนองการใช้ไม้จริง (Solid Wood) ที่มีขนาดหน้ากว้างมากๆ การผลิตโดยการนำซุง ไม่ว่าจะเป็นไม้ยางพาราหรือไม้สัก หรือไม้ชนิดอื่นๆ มาตัดเปลือกนอกออก ให้เหลือเนื้อไม้ตาม หน้าตัดซุง นำมาสไลด์ออกมาเป็นแผ่นเยื่อไม้บางๆซึ่งเรียกอีกอย่างว่าวีเนียร์ (Veneers) ซึ่งมีความ หนาประมาณ0.8-1.2มิลิเมตร นำมาวางเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆสลับลายตามแนวขวางและใช้กาวลา เท๊กซ์อุตสาหกรรมเป็นตัวผสานระหว่างชั้น และผ่านกระบวนการอัดแรงดันสูง(Hot Press)เพื่อให้ เกิดการผสานติด และนำไปขัดผิวด้วยเครื่องขัดกระดาษ ลักษณะเด่นคือมีความแข็งแรงทนทานสูง มีความคงตัวไม่ยืดหดและแตกง่าย สามารถใช้ตะปูควงขันใกล้ขอบแผ่น หรือทุกส่วนได้รอบด้าน สามารถตัดเลื่อยและฉลุได้ง่าย ไม่แตกหัก สามารถเก็บความร้อนและเสียงได้ดีกว่าไม้ธรรมดา สามารถรับน้ำหนักในอัตราที่สูงกว่าไม้ธรรมดานำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้เป็นไม้ แบบสำหรับหล่อพื้นคอนกรีต ผนังกั้นห้อง หรือใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ไม้อัดยางขนาดความหนา3 และ6มิลลิเมตรที่ใช้ในการทดลองแสดงในภาพที่ 10 ส่วนไม้อัดสักขนาดความหนา 3 และ 6 มิลลิเมตรที่ใช้ในการทดลองแสดงในภาพที่11

ภาพที่ 10 ไม้อัดยางขนาดความหนา 4 และ 6 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 11 ไม้อัดสักขนาดความหนา 4 และ 6 มิลลิเมตร

2.8 แผ่นปาร์ติเกิ้ล (Particle Board)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไม้ยางพารา ไม้ยูคาลิปตัส ต่างกันที่แผ่นปาร์ติเกิ้ลได้จากการนำไม้ชิ้นเล็กๆมาอัดติดกันโดยใช้สารยึดเกาะประเภท กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นตัวเชื่อม โครงสร้างของแผ่นปาร์ติเกิ้ล ชั้นบนและชั้นล่างจะเป็นชิ้นไม้ละเอียด ส่วนชั้นกลางจะเป็นชิ้นไม้หยาบ ทำให้แผ่นปาร์ติเกิ้ลไม่เหมาะกับการยึดติดด้วยตะปู และไม่สามารถตกแต่งขอบ หรือทำลิ้นร่องบนผิวได้ การใช้งานจะมีการปิดผิวด้วยวัสดุเช่น เมลามีน ลามิเนต วีเนียร์ การนำไปประยุกต์ใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นเฟอร์นิเจอร์สำเร็จรูป แผ่นปาร์ติเกิ้ลที่ใช้ในการทดลองแสดงในภาพที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 12 แผ่นปาร์ติเกิ้ลขนาดความหนา 16 มิลลิเมตร

ไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ถือเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวเหมือนกับวัสดุชนิดอื่นๆ เช่นกันดังนั้นจึงควรจะทำความเข้าใจกับคุณสมบัติต่างๆ ของไม้ เพื่อช่วยให้การทดลองสามารถทำได้ถูกต้องมากขึ้น

3. ความหนาแน่น

ความหนาแน่นของไม้จะเปลี่ยนไปตามชนิดพันธุ์ อายุ และชิ้นส่วนของไม้ว่าได้มาจากส่วนใด หากได้ไม้มาจากส่วนที่เป็นแก่นไม้ ก็จะมีความหนาแน่นสูงกว่าส่วนที่ได้มาจากเปลือกไม้ ในการทดลองครั้งนี้จะหาความหนาแน่นจากสมการ

$$\rho = \frac{m}{v} \qquad (6)$$

โดย ρ คือ คามหนาแน่นของไม้ m คือ มวลของไม้ได้จากการชั่งน้ำหนักของชิ้นไม้ v คือปริมาตรของไม้ ได้จากการวัดขนาดของชิ้นไม้ ความหนาแน่นเฉลี่ยของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ความชื้นในเนื้อไม้

ในไม้แปรรูปและผลิตภัณฑ์จากไม้นั้นจะมีความชื้นอยู่ โดยจะเปลี่ยนไปตามสิ่งแวดล้อมที่อยู่ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมด้วย โดยปริมาณความชื้นในเนื้อไม้มีผลต่อความยากง่ายในการจุดติดไฟเป็นอย่างมาก เพราะเมื่อเริ่มต้นให้ความร้อนกับชิ้นไม้ค่าความจุความร้อนของไม้จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าความจุความร้อนของน้ำที่อยู่ในเนื้อไม้ หลังจากนั้นน้ำที่อยู่ในชิ้นไม้จะระเหยออกมาและทำให้ก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ของไม้เจือจางลงด้วย หากมีความชื้นสูงจะทำให้เวลาในการทนต่อการติดไฟสูงกว่าชิ้นไม้ที่ความชื้นต่ำกว่า อย่างไรก็ตามความชื้นในชิ้นไม้ก็ไม่มีผลต่อค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤต เนื่องจากค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตนั้นใช้เวลาในการวัดนานมาก ซึ่งนานพอที่จะทำให้ชิ้นไม้แห้งลงได้ ส่วนชิ้นไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ที่นำมาทำการทดลองครั้งนี้ได้ผ่านการอบเพื่อลดความชื้นด้วยกรรมวิธีเดียวกับที่ใช้ในการอบไม้เพื่อนำไปทำเฟอร์นิเจอร์ และเก็บอยู่ในสภาพแวดล้อมปกติ

5. สภาพนำความร้อน (k)

สภาพนำความร้อนคือค่าที่ใช้วัดอัตราการไหลของความร้อนผ่านมหนาของวัสดุใน 1 หน่วยพื้นที่ ต่อผลต่างของอุณหภูมิ ในไม้นั้นสภาพการนำความร้อนขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่น ความชื้นและทิศทางของเกรนในเนื้อไม้

ตารางที่ 1 แสดงความหนาแน่นเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย ของไม้

ลำดับ	ชนิดไม้	ความหนา (mm)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความหนาแน่นเฉลี่ย (kg/m^3)
1	ไม้ยางพารา	20	83.68	878.84
2	ไม้สัก	20	118.06	562.19
3	ไม้มะค่า	20	121.98	689.91
4	ไม้บีช	24	153.55	723.88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 แสดงความหนาแน่นเฉลี่ย น้ำหนักเฉลี่ย ของผลิตภัณฑ์จากไม้

ลำดับ	ชนิดไม้	ความหนา (mm)	น้ำหนักเฉลี่ย (g)	ความหนาแน่นเฉลี่ย (kg/m^3)
1	Hardboard	3	24.56	846.80
2	MDF	3	19.22	784.56
3	MDF	6	23.21	739.95
4	ไม้อัดยาง	4	17.24	522.48
5	ไม้อัดยาง	6	35.02	753.15
6	ไม้อัดสัก	4	20.76	629.22
7	ไม้อัดสัก	6	23.21	483.62
8	Particle board	16	96.57	631.21

6. ค่าความจุความร้อนจำเพาะ

ค่าความจุความร้อนจำพาะ คือ ปริมาณของพลังงานที่ใช้สำหรับทำให้อุณหภูมิของวัสดุหนึ่งหน่วยมวลมีค่าสูงขึ้นหนึ่งหน่วยอุณหภูมิ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของไม้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและค่าความชื้นในเนื้อไม้ โดยในไม้ที่มีความชื้นสูงจะมีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูงกว่าไม้ที่มีความชื้นต่ำ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่าสูงกว่าค่าความจุความร้อนจำเพาะของไม้

7. ฟลักซ์ความร้อนวิกฤต ($\dot{q}''_{crit}$)

ฟลักซ์ความร้อนวิกฤต คือ ค่าฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุดที่ทำให้ไม้สามารถจะจุดติดไฟได้ โดยสามารถหาได้จากข้อมูลการจุดติดไฟที่ใช้เวลานาน สำหรับฟลักซ์ความร้อนที่ใช้เวลาในการจุดติดไฟเป็นอนันต์ สามารถหาค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตได้จากการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. ค่าความเฉื่อยทางความร้อน ($k\rho c$)

ความเฉื่อยทางความร้อน (thermal inertia, $k\rho c$) ของวัตถุได้ ค่าความเฉื่อยทางความร้อนเป็นคุณสมบัติปรากฏของวัตถุ (apparent property) โดยมีค่าเท่ากับผลคูณของ ความหนาแน่น (ρ) ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ (c) วัตถุที่มีค่าความเฉื่อยทางความร้อนต่ำจะมีอัตราการนำความร้อนผ่านเนื้อวัตถุช้ากว่าวัตถุที่มีค่าความเฉื่อยทางความร้อนสูงส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวของวัตถุด้านที่ฟลักซ์ความร้อนตกกระทบมีค่าสูง อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าวัตถุที่มีค่าความเฉื่อยทางความร้อนสูงจะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนทางความร้อนมากกว่าวัตถุที่มีค่าความเฉื่อยทางความร้อนต่ำ ASTM 1321 แนะนำวิธีการหาค่า $k\rho c$ จากความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการจุดติดไฟของวัตถุและฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบวัตถุ ได้จากสมการ (7)

$$k\rho c = \frac{4}{\pi}\left(\frac{h_C}{b}\right)^2 \qquad (7)$$

โดย b คือค่าความชันของกราฟที่พล็อตระหว่างรากที่สองของเวลาการจุดติดไฟ $\sqrt{t_{ig}}$ กับอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ความร้อนวิกฤติสำหรับการจุดติดไฟต่อฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบวัตถุ $\dot{q}''_{crit} / \dot{q}''_i$ และ h_C คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวชิ้นทดสอบ

9. สภาพการเปล่งรังสี (ε)

สภาพการเปล่งรังสีของวัสดุคืออัตราส่วนของพลังงานในการแผ่รังสี โดยเป็นสัดส่วนระหว่างส่วนที่พื้นผิวดูดกลืนไว้ได้ต่อส่วนที่ถูกถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีการแผ่รังสีมายังพื้นผิวทั้งหมด สำหรับค่าสภาพการเปล่งรังสีสำหรับไม้จะเปลี่ยนไปเมื่อผิวหน้าของชิ้นไม้ที่ใช้ทดลองถูกเผาไหม้จนผิวหน้าไหม้เกรียม ในการทดสอบตามมาตรฐาน ASTME 1354 จะถือว่าสภาพการเปล่งรังสีของวัสดุมีค่าเท่ากับ

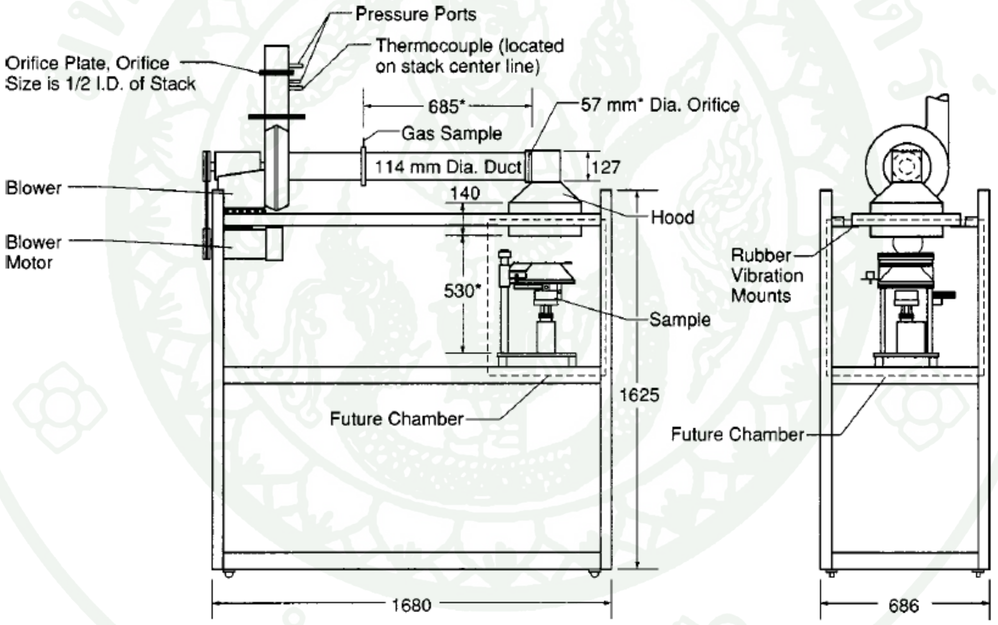
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. Cone calorimeter

งานวิจัยนี้ใช้เครื่อง cone calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E1354 เพื่อทดสอบพฤติกรรมการจุดติดไฟและการเผาไหม้ของวัสดุ เครื่อง cone calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E1354 แสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แสดงเครื่อง cone calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E1354

1.1 ขอบเขตตามมาตรฐาน ASTM E1354

1.1.1 มาตรฐานนี้ใช้สำหรับวัดการตอบสนองของวัสดุในระดับรังสีความร้อน ทั้งที่มีและไม่มีการจุดติดไฟจากภายนอก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.2 การทดสอบนี้ใช้หาเวลาการจุดติดไฟ อัตราการปลดปล่อยความร้อน อัตราการสูญเสียมวล ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการเผาไหม้ และการเกิดควันของวัสดุ

1.1.3 อัตราการปลดปล่อยความร้อนหาโดยวัดจากการใช้ออกซิเจน ซึ่งหาจากความเข้มข้นของออกซิเจน และอัตราการไหลในไอเสีย ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการเผาไหม้หาได้จากอัตราการสูญเสียมวล และอัตราการให้ความร้อน

1.1.4 ตัวอย่างที่นำมาทดสอบจะถูกทดสอบอยู่ในช่วงฟลักซ์ความร้อน 0 ถึง 100 kW/m^2 หากมีการจุดระเบิดจากภายนอกจะใช้ หัวเทียน ช่วยในการจุดระเบิด ค่าของฟลักซ์ความร้อน และ การจุดระเบิดจากภายนอกจะเป็นไปตามค่าที่กำหนดตามมาตรฐาน โดยปกติชิ้นทดสอบวางอยู่ในแนวระดับ

1.1.5 การจุดติดไฟหาได้จากการจับเวลา ตั้งแต่การเริ่มต้นให้ความร้อนจนถึงเวลาการเริ่มลุกไหม้ของไฟ

1.1.6 การทดสอบนี้ได้ถูกพัฒนาเพื่อใช้สำหรับการประเมินวัสดุ เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเพื่อการวิจัยและการพัฒนา ตัวอย่างของวัสดุขั้นทดสอบ ชิ้นงานสำเร็จรูป และส่วนใดส่วนหนึ่งของชิ้นงานสำเร็จรูป

1.1.7 ใช้หน่วย SI (Standard international unit)

1.1.8 มาตรฐานนี้ใช้ในการ วัดและอธิบายพฤติกรรมของ วัสดุ ผลิตภัณฑ์ หรือชิ้นงานกับความร้อนและเปลวไฟภายใต้สภาวะควบคุม แต่ไม่ได้รวมค่าทั้งหมดที่ต้องการเกี่ยวกับอันตรายของไฟของวัสดุในสภาวะที่เกิดเพลิงไหม้จริง

1.1.9 มาตรฐานนี้ไม่ได้อ้างถึงความปลอดภัยทั้งหมดซึ่งเกี่ยวข้องกับการใช้งาน เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้มาตรฐานนี้ในการกำหนดข้อปฏิบัติทางความปลอดภัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 วิธีการทดสอบโดยสรุปตามมาตรฐาน ASTM E1354

วิธีการทดสอบนี้เป็นการสังเกตการณ์ ซึ่งโดยทั่วไปความร้อนจากการเผาไหม้สุทธิ (net heat of combustion) จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณออกซิเจนที่ต้องการในการเผาไหม้ โดยมีความสัมพันธ์ว่าจะมีการปลดปล่อยความร้อนจะเกิดขึ้นประมาณ $13.1x10^3$kJ ต่อการเผาผลาญปริมาณออกซิเจน 1 kg ในสภาวะบรรยากาศปกติ โดยฟลักซ์ความร้อนจากภายนอกที่สามารถตั้งค่าได้ตั้งแต่ 0-100 kW/m^2 การเผาไหม้สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งแบบมีและไม่มีการจุดระเบิด ค่าพื้นฐานที่วัดได้คือความเข้มข้นของอ็อกซิเจนของไอเสียและอัตราการไหลของไอเสีย นอกจากนี้ยังวัดค่าอัตราการสูญเสียมวล เวลาในกาติดไฟ การเกิดควันของตัวอย่างทดสอบ

1.3 ตัวอุปกรณ์

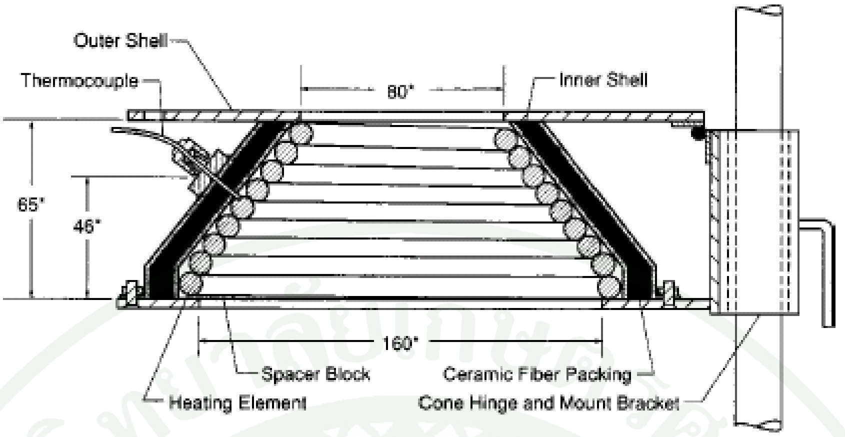
1.3.1 ลักษณะทั่วไปของเครื่อง cone calorimeter

เครื่องมือประกอบไปด้วย ขดลวดโคนความร้อน (cone heater) ฐานรองรับทั้งแนวราบและแนวดิ่งซึ่งรวบไปถึงอุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานทั้ง 2 ระนาบ ระบบระบายไอเสียที่สามารถวัดค่าออกซิเจนและอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์จากการเผาไหม้ได้ ชุดอุปกรณ์จุดระเบิด อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลอัตโนมัติ ซึ่งจะมีการจัดเก็บค่ามวลที่สูญเสียจากเครื่องชั่งน้ำหนัก (load cell) ลักษณะทั่วไปของเครื่อง cone calorimeter แสดงในภาพที่ 13

1.3.2 ตัวให้ความร้อนแบบกรวย (cone heater)

ก. ส่วนให้ความร้อนของโคนความร้อนเป็นแท่งให้ความร้อน (heating element) ด้วยไฟฟ้าที่มีกำลัง 5000 วัตต์ ที่ความต่างศักย์ 240 โวลท์ คดเป็นกรวยตามขนาดที่กำหนด ซึ่งบรรจุในกรวยทำจากเหล็กสแตนเลส 2 ชั้นคั่นกลางด้วยฉนวนความร้อนทำจาก ceramic fiber ซึ่งมีความหนาแน่นโดยประมาณ 100 kg/m^3 ภาพที่ 14 แสดงภาพตัดของ โคนความร้อน กรวยสแตนเลส และฉนวนความร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 ภาพตัดขวางของโคนความร้อน กรวยสแตนเลส และฉนวนความร้อน

ข. แผงโคนความร้อนมีบานพับหมุนปรับได้สำหรับให้ความร้อนทั้งในแนวระดับและแนวดิ่ง ดังแสดงในภาพที่ 15 และภาพที่ 16

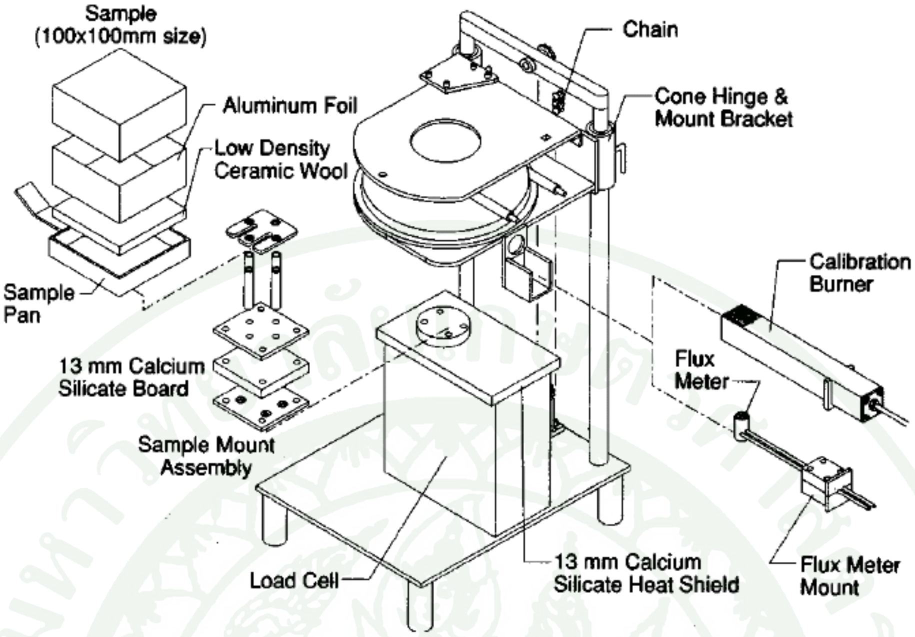
ค. การควบคุมการแผ่รังสีความร้อนของตัวให้ความร้อน ทำโดยการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (type K thermocouple) จำนวน 3 ตัวแตะที่ผิวตัวให้ความร้อน โดยห้ามเชื่อมตัวให้ความร้อนกับเทอร์โมคัปเปิลติดกัน เทอร์โมคัปเปิลแต่ละตัวใช้สายยาวเท่ากันแล้วต่อเข้าเครื่องควบคุมอุณภูมิ

1.3.3 เครื่องควบคุมอุณหภูมิของแผงโคนความร้อน (cone heater controller)

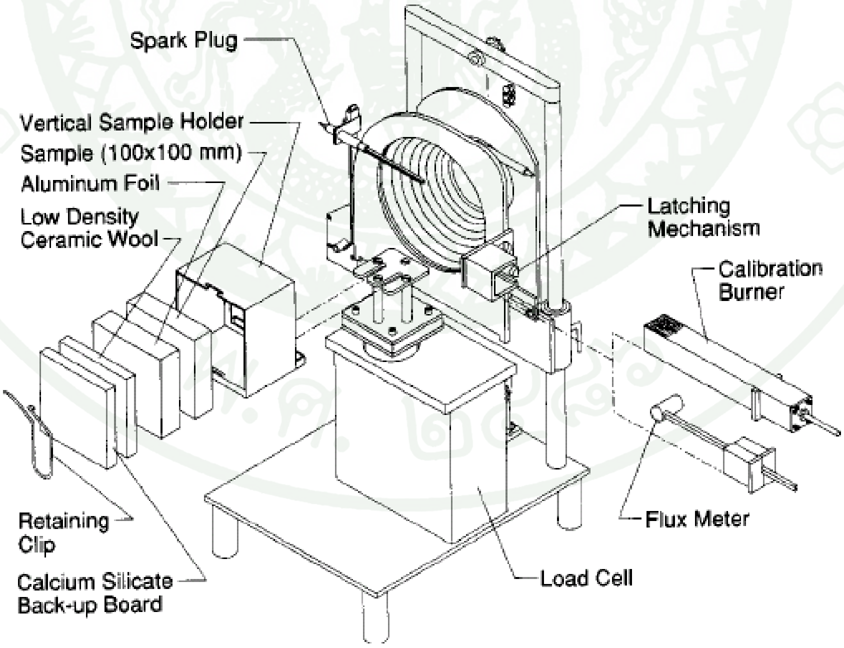
ก. เครื่องควบคุมอุณหภูมิของแผงโคนความร้อนต้องสามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ไว้ได้ในช่วง ± 2 ºC เครื่องควบคุมอุณหภูมิต้องสามารถรับกระแสไฟฟ้าได้ถึง 25 A ที่ความต่างศักย์ 240 V

ข. เครื่องควบคุมอุณหภูมิต้องสามารถตั้งค่าอุณหภูมิป้อนเข้าในช่วง 0 ถึง 1000ºC ได้โดยมีความละเอียดการป้อนค่า 2ºC หรือละเอียดกว่านั้นและมีการชดเชย จุดต่อเย็น (cold junction) อย่างอัตโนมัติ เครื่องควบคุมอุณหภูมิจะต้องระบบความปลอดภัย ในกรณีที่มีการเปิดวงจรของเทอร์มอคัปเปิล เครื่องควบคุมจะต้องตัดอุณหภูมิไปสู่ค่าต่ำสุดที่เครื่องสามารถปรับได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 การจัดวางแผงโคนความร้อนสำหรับการให้ความร้อนแนวระดับ



ภาพที่ 16 การจัดวางแผงโคนความร้อนสำหรับการให้ความร้อนแนวดิ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก (load cell)

เครื่องชั่งน้ำหนักต้องสามารถชั่งน้ำหนักได้มีความละเอียด 0.1 g และมีความสามารถในการชั่งน้ำหนักสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 3.5 kg

1.3.5 วงจรการจุดระเบิด สำหรับการจุดติดไฟแบบ piloted

การทดสอบการจุดติดไฟแบบ piloted ทำได้โดยการจุดระเบิดจากหัวจุดระเบิด (spark plug) มีระยะห่างระหว่างขั้ว 3 mm แรงดันไฟฟ้าสำหรับการจุดระเบิด 10 kV หัวจุดระเบิดติดตั้งในแนวศูนย์กลางของตัวให้ความร้อน cone heater เหนือจากชิ้นทดสอบ 13 mm สำหรับการทดสอบการจุดติดไฟในแนวระดับ และติดตั้งในระนาบเดียวกับตัวให้ความร้อนเหนือขึ้นไป 5 mm สำหรับการทดสอบการจุดติดไฟในแนวดิ่ง แรงดันไฟฟ้าสำหรับหัวจุดระเบิดได้มาจากหม้อแปลงซึ่งห้ามต่อสายดินเชื่อมกับโครงสร้างของ cone calorimeter เพื่อป้องกันไม่เกิดการรบกวนสัญญาณของเครื่องบันทึกข้อมูล (data acquisition) การปล่อยประกายไฟจะทำอย่างต่อเนื่องที่ความถี่ 50 ถึง 60 Hz ระหว่างการทดลองการจุดติดไฟแบบ piloted ignition จนกระทั่งวัสดุชิ้นทดสอบจุดติดไฟ

1.3.6 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจน

เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจนเป็นแบบ paramagnetic มีความสามารถในการวัดความเข้มข้นของออกซิเจนได้ในช่วง 0 ถึง 25% โดยปริมาตร มีการตอบสนองเป็นเชิงเส้น ค่าที่วัดได้ต้องมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ±50 ppm oxygen rms ตลอดช่วงเวลาการบันทึกค่า 1/2 ชั่วโมง

1.3.7 เครื่องวัดฟลักซ์ความร้อน (heat flux meter)

เครื่องวัดฟลักซ์ความร้อนอาจเป็นแบบ Gardon (foil) หรือ Schmidt-boelter (thermopile) โดยมีความสามารถในการวัดฟลักซ์ความร้อนได้ถึง 100 kW/m^2 พื้นผิวตัววัดเป็นแบบวงกลมผิวเรียบ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12.5 mm เคลือบด้วยวัสดุดำด้านและทนทาน ความคลาดเคลื่อนของค่าฟลักซ์ความร้อนที่วัดได้จะต้องอยู่ในช่วง ± 3% การระบายความร้อนของตัววัดฟลักซ์ความร้อนทำได้โดยใช้น้ำในการหล่อเย็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.8 เครื่องบันทึกข้อมูล (digital data collection)

เครื่องบันทึกข้อมูลจะต้องสามารถบันทึกผลจาก oxygen analyzer, orifice meter, thermocouple, load cell และระบบควัน เครื่องบันทึกข้อมูลจะมีความแม่นยำอย่างน้อยที่ 50 ppm สำหรับออกซิเจน, 0.5ºC สำหรับอุณหภูมิ และ 0.01% ของสเกลของอุปกรณ์อื่นๆ จะต้องเก็บข้อมูลต่อเนื่องได้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง ความถี่ในการบันทึกข้อมูลจะต้องสามารถบันทึกได้ทุกๆ ช่วงเวลาอย่างมากไม่เกิน 5 วินาที

1.4 ความอันตรายในการทดลอง

1.4.1 ในขั้นตอนการทดลองมีอุณหภูมิสูงและมีกระบวนการเผาไหม้ เพราะฉะนั้น อาจเกิดอันตราย เกิดการติดไฟหรือลุกไหม้กับสิ่งของรอบนอกหรือเสื้อผ้า และรวมถึงการสูดดมเอาแก๊สที่ได้จากการเผาไหม้ ผู้ทดลองจะต้องใช้ถุงมือป้องกันสำหรับใส่ชิ้นทดสอบและเอาชิ้นทดสอบออก และใช้ถุงมือป้องกันในการสัมผัสจับอุปกรณ์ สำหรับชิ้นทดสอบบางอย่างจะเกิดสะเก็ด มีแสงส่องสว่าง ต้องมีการป้องกันดวงตา

1.4.2 ในระบบปล่อยควันจะต้องมีการตรวจสอบก่อนทำการทดลอง ต้องมีการปล่อยระบายไอเสียออกภายนอกอาคารอย่างเหมาะสม ควรมีช่องลมช่องระบายอากาศ และไม่มีผลิตผลจากการเผาไหม้สะสมอยู่ในระบบปล่อยควันของอุปกรณ์

1.5 ชิ้นทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM E1354

1.5.1 ขนาดและการเตรียมชิ้นทดสอบ

ก. ชิ้นทดสอบจะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดรับความร้องใหญ่สุดได้ไม่เกิน 100×100 mm ความหนาสูงสุดได้ไม่เกิน 50 mm โดยตัดชิ้นทดสอบมาจากตัวอย่างวัสดุที่ใช้งานจริง สำหรับชิ้นงานปกติที่มีขนาดหนามากกว่า 50 mm อาจตัดส่วนที่ไม่โดนฟลักซ์ความร้อนออกเพื่อให้เหลือความหนาไม่เกิน 50 mm ชิ้นทดสอบต้องห่อด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ทั้งด้านข้างและด้านหลัง โดยหันด้านมันของอลูมิเนียมฟอยล์เข้าหาชิ้นทดสอบ แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์มีควรความหนาอยู่ระหว่าง 0.025 – 0.04 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข. สำหรับการทดสอบชิ้นทดสอบที่เป็นวัสดุประกอบ (composite material) ให้จัดเตรียมชิ้นทดสอบเมื่อชิ้นทดสอบปกติ โดยต้องห่อชิ้นทดสอบด้านข้าง

ค. สำหรับการทดสอบชิ้นทดสอบที่เป็นวัสดุประกอบ ถ้ามีการจัดเตรียมชิ้นทดสอบและการยึดติดบนถาดวางชิ้นทดสอบที่แตกต่างไปจากวิธีปกติ ต้องระบุวิธีการจัดเตรียมและการยึดชิ้นทดสอบไว้ในรายงานการทดสอบด้วย

ง. ชิ้นทดสอบที่บางกว่า 6 mm อาจทำการทดสอบร่วมโดยประกอบกับวัสดุอื่นตามสภาพการใช้งานจริงเพื่อทำให้ความหนารวมของชิ้นทดสอบหนากว่า 6 mm ในกรณีที่ชิ้นทดสอบบางกว่า 6 mm และทดสอบ โดยมีช่องอากาศใต้ด้านที่ไม่ถูกฟลักซ์ความร้อน ช่องวางอากาศระหว่างผิวชิ้นทดสอบกับแผ่นชนวนความร้อนให้ทำการค้ำยันด้วยโครงโลหะ (metal space frame)

1.5.2 สภาวะชิ้นทดสอบ

ก. ชิ้นทดสอบต้องจัดเตรียมให้อยู่ในสภาวะเริ่มต้นก่อนการทดสอบ โดยมีน้ำหนักและความชื้นคงที่ ที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 23 $\pm$ 3 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ 50 $\pm$ 5 %

1.6 สภาพแวดล้อมวิธีที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือจะต้องนบริเวณที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก อยู่ในสภาพอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 20-80% และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 15-30 ^{o}C

1.7 วิธีการทดสอบ ตามมาตรฐาน ASTM E1354

1.7.1 การเตรียมการทดลอง

ก. ตรวจสอบเครื่องดัก CO_2 และเครื่องดักความชื้น เปลี่ยนสารดัก CO_2 และสารดักความชื้นถ้าจำเป็น ถ้ามีน้ำขังอยู่ ระบายน้ำในถาดเครื่องดักความชื้นทิ้ง

ข. ทำการเปิดเครื่องโคนฮีตเตอร์และพัดลมดูดอากาศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค. ตั้งค่าอัตราการดูดอากาศเท่า 0.024 ± 0.002 m^3/s

ง. สำหรับการทดสอบในแนวระดับวางถาดตัวอย่างชิ้นทดสอบ (Sample holder) ซึ่งห่อด้วยวัสดุทนความร้อนไว้บนเครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องชั่งน้ำหนักโดนความร้อนจากแผงโคนความร้อนมากเกินไปในระหว่างการรอให้แผงโคนความร้อนทำความร้อนเข้าสู่งสภาวะคงตัวตามค่าที่กำหนด

จ. สำหรับการทดสอบการจุดติดไฟแบบ Piloted ให้วางตำแหน่งของหัวจุดระเบิดอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม

1.7.2 การดำเนินการ

ก. เมื่อพร้อมที่จะดำเนินการทดสอบ ให้นำถาดตัวอย่างที่วางป้องกันความร้อนออกจากเครื่องชั่งน้ำหนัก

ข. ปิดแผงบังการแผ่รังสี (Radiation shield) หน้าแผงโคนความร้อน นำตัวอย่างชิ้นทดสอบห่อด้วยวัสดุทนความร้อน วางลงบนถาดตัวอย่างชิ้นทดสอบ โดยอุณหภูมิเริ่มต้นของถาดตัวอย่างชิ้นทดสอบต้องมีค่าเท่ากับอุณหภูมิห้อง

ค. ตรวจสอบว่าชิ้นทดสอบวางอยู่ในสภาวะสมดุลบนเครื่องชั่งน้ำหนัก โดยต้องใช้เวลาไม่เกิน 10 วินาที เมื่อพร้อม เปิดแผงบังการแผ่รังสีออก ทำการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล ทุกๆช่วงเวลา 5 วินาทีหรือน้อยกว่า

ฆ. บันทึกเวลาการจุดติดไฟ โดยเริ่มนับเวลาทันทีที่เปิดแผงบังการแผ่รังสี ถ้าเป็นการทดสอบการจุดติดไฟแบบ piloted ignition ให้เริ่มเปิดหัวจุดระเบิดทันทีที่เปิดแผงบังการแผ่รังสี

ง. บันทึกเวลาเมื่อเกิดประกายไฟขึ้น เมื่อเปลวไฟลุกไหม้บันทึกเวลาการจุดติดไฟ ปิดและนำหัวจุดระเบิดออก จากตำแหน่งเหนือเปลวไฟ ถ้าเปลวไฟลุกไหม้ต่ำกว่า 60 วินาที หลังจากเกิดการจุดติดไฟ ให้นำหัวจุดระเบิดวางในตำแหน่งเพื่อการจุดระเบิดอีกครั้ง ทำการเปิดหัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุดระเบิด ถ้าเกิดประกายไฟแล้วเปลวไฟดับลงอีก ให้ยกเลิกการทดสอบนั้น ทำการทดสอบใหม่อีกครั้งโดยเปิดหัวจุดระเบิดตลอดช่วงเวลาการทดสอบ เขียนรายงานเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

จ. หลังจากการเผาไหม้ของชิ้นทดสอบผ่านไป 60 นาที หรือ มวลสูญเสียโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า 150 g/m^2 ให้ทำการบันทึกข้อมูลต่อไปอีก 2 นาที

ฉ. นำถาดตัวอย่างชิ้นทดสอบออกจากเครื่องชั่งน้ำหนัก

ช. สำหรับการทดสอบการให้ความร้อนในแนวระดับ วางถาดตัวอย่างชิ้นทดสอบเปล่า บนเครื่องชั่งน้ำหนัก เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องชั่งน้ำหนักโดนความร้อนจากแผงโคนความร้อนมากเกินไป

ซ. ในการทดสอบการจุดติดไฟ ถ้าไม่เกิดการจุดติดไฟภายใน 30 นาที ให้ถือว่าชิ้นทดสอบไม่จุดติดไฟ นำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องชั่งน้ำหนัก ยกเว้นชิ้นทดสอบแสดงสัญญาณบางอย่างว่าเกิดการเผาไหม้ขึ้น

ฌ. อัตราการปล่อยพลังงานความร้อนเฉลี่ยภายในช่วงเวลา 180 วินาทีจากการทดสอบ 3 ครั้งต้องมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ จึงจะยอมรับค่าอัตราการปล่อยพลังงานความร้อนในการทดสอบที่ฟลักซ์ความร้อนนั้น

2. ชิ้นทดสอบในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted ของผลิตภัณฑ์จากไม้ และไม้จริง โดยตัวอย่างที่เลือกนำมาทดสอบเป็นผลิตภัณฑ์จากไม้และไม้จริงที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้าง และการตกแต่งอาคาร ซึ่งมีด้วยกันทั้งหมด 12 ชนิดซึ่งแยกได้เป็น 2 ประเภทคือ ผลิตภัณฑ์จากไม้ 8 ชนิด ไม้ 4 ชนิด

2.1 ไม้

2.1.1 ไม้สัก (Teak wood) หนา 20 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.2 ไม้ยางพารา (Rubber wood) หนา 20 mm

2.1.3 ไม้มะค่า (Makah wood) หนา 20 mm

2.1.4 ไม้บีช (Beech wood) หนา 24 mm

2.2 ผลิตภัณฑ์จากไม้

2.2.1 แผ่นใยไม้อัดแข็ง (hardboard) หนา 3 mm

2.2.2 แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) หนา 3 mm

2.2.3 แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDF) หนา 6 mm

2.2.4 ไม้อัดยาง (plywood) หนา 4 mm

2.2.5 ไม้อัดยาง (plywood) หนา 6 mm

2.2.6 ไม้อัดสัก (teak plywood) หนา 4 mm

2.2.7 ไม้อัดสัก (teak plywood) หนา 6 mm

2.2.8 แผ่นพาร์ติเกิ้ล (particle board) หนา 16 mm

3. คอมพิวเตอร์

4. กล้องบันทึกวีดีโอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. ขั้นตอนการทดลองเริ่มต้นโดย ทำการปรับระดับฟลักซ์ความร้อนจากแผง cone heater ให้อยู่ในระดับที่ต้องการ โดยฟลักซ์ความร้อนเริ่มต้นที่ใช้มีค่าเท่ากับ 50 kW/m^2

2. เมื่อฟลักซ์ความร้อนจาก cone heat เข้าสู่สภาวะคงตัว นำชิ้นทดสอบหุ้มฉนวนความร้อนวางบนเครื่องชั่งน้ำหนักซึ่งต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของชิ้นทดสอบตลอดช่วงเวลาในการทดลองโดยมีความถี่ในการบันทึกค่าทุกๆ 1 วินาที

3. เปิดแผ่นฉากกั้นซึ่งติดตั้งหน้าแผง cone heater และให้หัวเทียนจุดระเบิดเริ่มทำงาน ทำการบันทึกเวลาการจุดติดไฟ (t_{ig}) โดยเป็นเวลาที่นับตั้งแต่ชิ้นทดสอบเริ่มได้รับฟลักซ์ความร้อนจนกระทั่งชิ้นทดสอบจุดติดไฟและสามารถเผาไหม้ต่อไปได้เอง

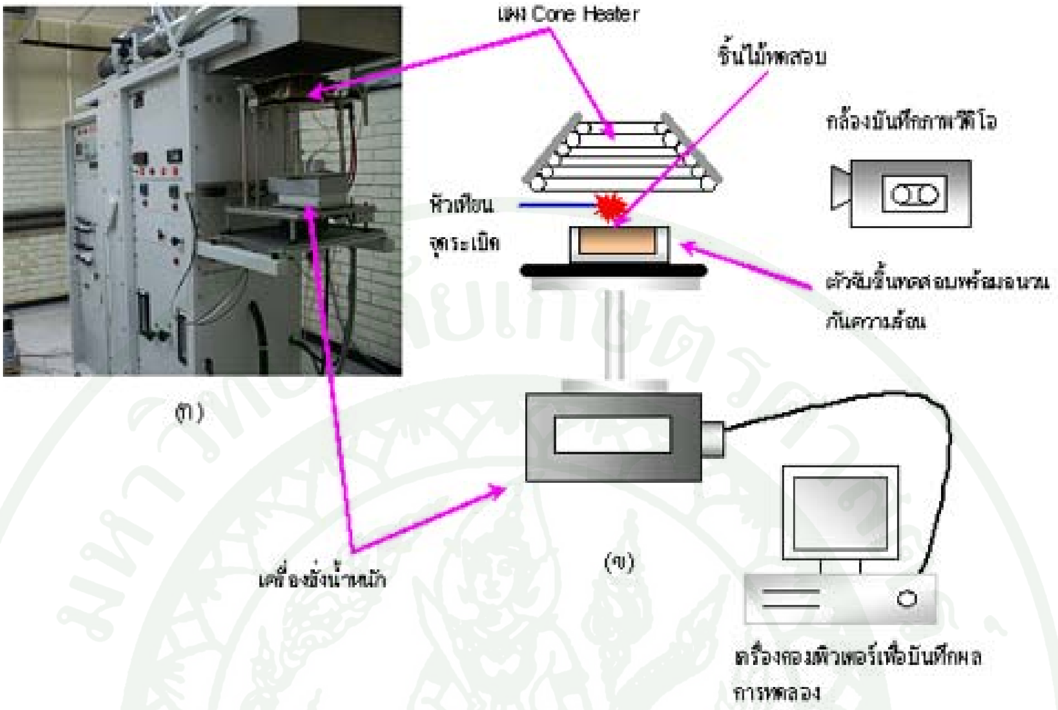
4. การทดลองถือเป็นอันสิ้นสุด หลังจากการเผาไหม้ของชิ้นทดสอบผ่านไป 60 นาที หรือมวลสูญเสียโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่า 150 g/m^2

5. ในการทดสอบการจุดติดไฟ ถ้าไม่เกิดการจุดติดไฟภายใน 30 นาที ให้ถือว่าชิ้นทดสอบไม่จุดติดไฟ นำชิ้นทดสอบออกจากเครื่องชั่งน้ำหนัก

6. ทำการทดลองซ้ำที่ฟลักซ์ความร้อนเดิมซ้ำ โดยทุกๆฟลักซ์ความร้อนจะทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

7. ลดค่าฟลักซ์ความร้อนจาก cone heater ลง แล้วดำเนินการซ้ำจากขั้นที่ 1 ถึง 6 จนกระทั่งถึงฟลักซ์ความร้อนที่ชิ้นทดสอบไม่สามารถจุดติดไฟได้ ฟลักซ์ความร้อนระดับต่ำที่สุดค่าสุดท้ายที่ชิ้นทดสอบสามารถจุดติดไฟได้ คือฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟแบบ piloted (critical heat flux for piloted ignition)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



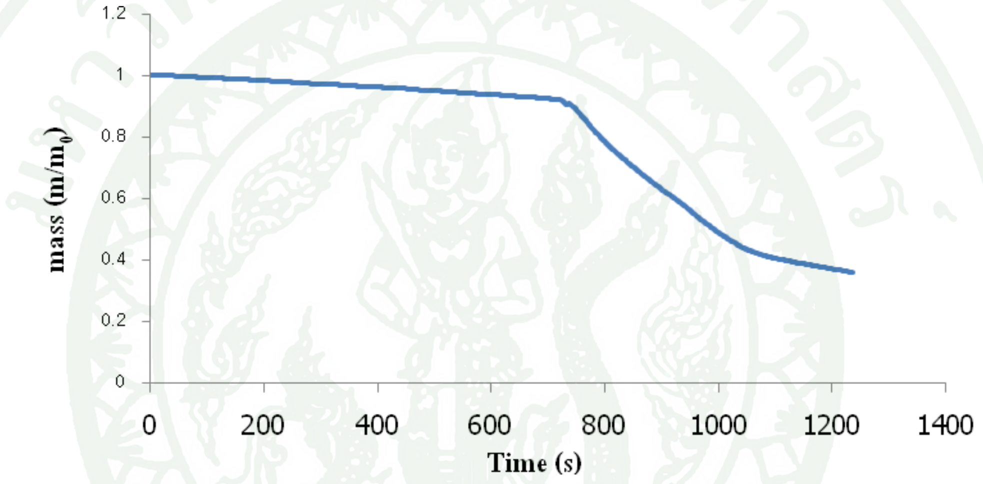
ภาพที่ 17 (ก) อุปกรณ์ทดสอบพฤติกรรมการติดไฟและการเผาไหม้ของวัสดุ cone calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM E 1354 (ข) แผนภาพการจัดวางอุปกรณ์ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. การสูญเสียมวล (Mass Loss) และฟลักซ์การเผาไหม้ (Burning Flux)

การทดลองได้มีการบันทึกการสูญเสียมวลของชิ้นทดสอบในเทอมของเวลา ตัวอย่างผลการทดลองสำหรับไม้ MDF หนา 6 mm ที่ได้รับฟลักซ์ความร้อน 10 kW/m^2 ได้แสดงไว้ในภาพที่ 18 ส่วนผลการทดลองการสูญเสียมวลของไม้และผลิตภัณฑ์แสดงในภาคผนวก ข



ภาพที่ 18 การสูญเสียมวลต่อมวลเริ่มต้นของไม้ MDF หนา 6 mm ที่ระดับฟลักซ์ความร้อน 10 kW/m^2 (MF6 10-1)

ฟลักซ์การเผาไหม้ (burning flux, $\dot{m}''$) คืออัตราเผาไหม้ของชิ้นทดสอบต่อพื้นที่หน้าตัด สามารถหาได้จากการหาอนุพันธ์เชิงตัวเลขแบบกึ่งกลาง (numerical central differential) ของการสูญเสียมวลของชิ้นไม้ทดสอบโดย

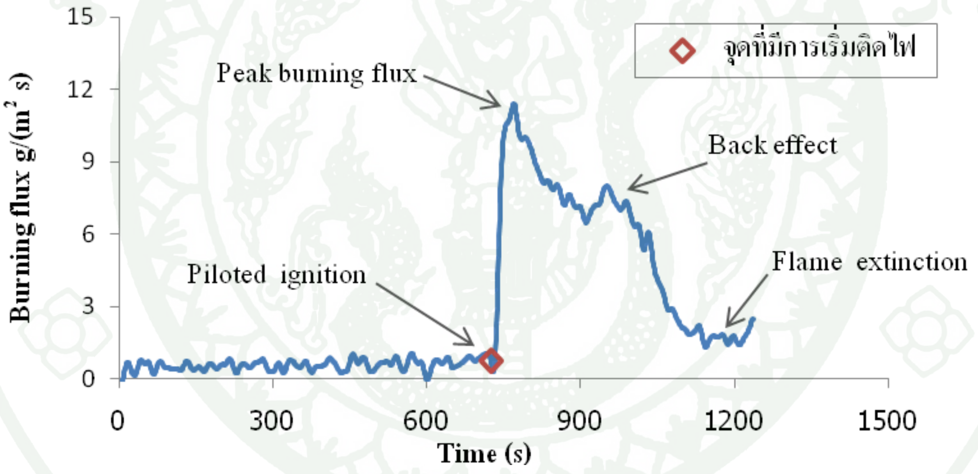
$$\dot{m}''(t_n) = -\frac{1}{A_S}\left(\frac{m(t_{n+1}) - m({}_{t-1})}{t_{n+1} - t_{n-1}}\right) \qquad (8)$$

เมื่อ $\dot{m}''(t_n)$ คือฟลักซ์การเผาไหม้ที่เวลา t_n $m(t_{n+1})$ และ $m(t_{n-1})$ คือมวลที่เวลา t_{n+1} และ t_{n-1} ตามลำดับ A_S คือพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับฟลักซ์การเผาไหม้ที่เวลาเริ่มต้นและเวลาสุดท้ายของการทดลอง สามารถหาได้จากอนุพันธ์เชิงตัวเลขแบบไปข้างหน้า (numerical forward differential) และ อนุพันธ์เชิงตัวเลขแบบไปข้างหลัง (numerical backward differential) ตามลำดับ เนื่องจากกราฟการสูญเสียมวลของชิ้นทดสอบไม่สม่ำเสมอ ทำให้ฟลักซ์การเผาไหม้ซึ่งหาจากสมการที่ (8) เกิดการแกว่งไปมา (fluctuation) อย่างมาก ดังนั้นการคำนวณ 3 point moving average ของฟลักซ์การเผาไหม้ที่คำนวณจากสมการที่ (8) ได้นำมาใช้เพื่อลดพฤติกรรมแกว่งไปมา

ฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ MDF หนา 6 mm ที่ระดับฟลักซ์ความร้อน 10 kW/m^2 หลังจากหาค่า 3 point moving average ได้แสดงไว้ในภาพที่ 19 ส่วนกราฟแสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้จริงและผลิตภัณฑ์ของไม้ทั้งหมดแสดงใน ภาคผนวก ค



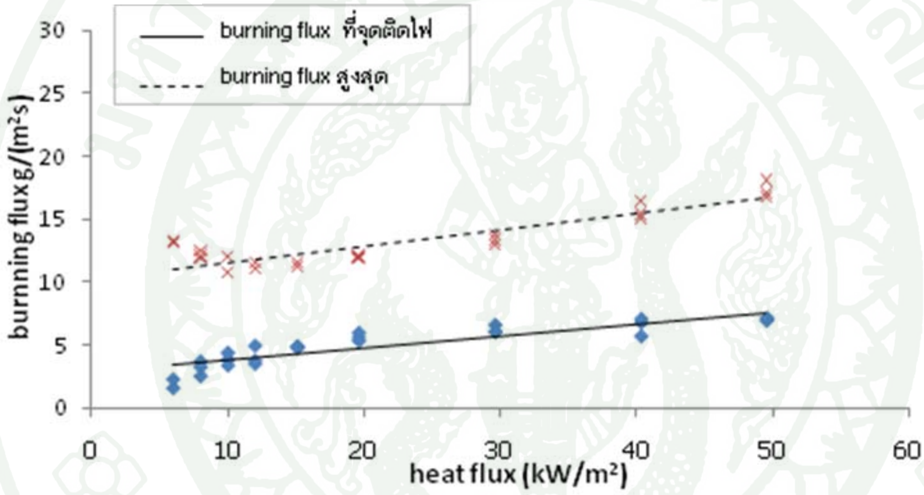
ภาพที่ 19 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ฟลักซ์ความร้อน 10 kW/m^2 (MF6 10-1)

จากภาพที่ 19 ในช่วงเวลาเริ่มการทดลองฟลักซ์การเผาไหม้มีค่าต่ำ เนื่องจากฟลักซ์ความร้อน 10 kW/m^2 ที่ใช้มีค่าต่ำใกล้เคียงค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟ เมื่อเวลา 725 วินาที ชิ้นทดสอบเกิดการจุดติดไฟ ฟลักซ์การเผาไหม้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงเวลานี้ผิวหน้าของชิ้นทดสอบยังไม่มีชั้นของถ่านเกิดขึ้น ฟลักซ์การเผาไหม้เพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดที่เวลาประมาณ 750 วินาทีหลังจากนั้นมีค่าลดลงเมื่อผิวหน้าของชิ้นไม้ MDF กลายสภาพเป็นถ่านทั้งหมด การลดลงของฟลักซ์การเผาไหม้ เนื่องจากถ่านที่ผิวหน้าของชิ้นทดสอบมีสภาพเป็นฉนวนกันความร้อนและการถ่ายเทมวลของก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นภายในเนื้อไม้ MDF ทำให้การ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำความร้อนที่ผิวชิ้นทดสอบสู่ภายในเนื้อและก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นภายในจะไหลออกมาสู่ภายนอกเป็นไปได้ยาก เมื่อเวลาผ่านไปที่เวลาประมาณ 900 วินาที ฟลักซ์การเผาไหม้เพิ่มขึ้นอีกครั้ง เนื่องจากคลื่นความร้อนจากการนำความร้อนภายในเนื้อไม้ได้เคลื่อนที่ถึงผิวหลังของชิ้นทดสอบ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า back effect ซึ่งชิ้นไม้ทดสอบในช่วงเวลานี้เกิดการไพโรไลซิสตลอดทั้งความหนา ฟลักซ์การเผาไหม้ลดลงอีกครั้งเมื่อเปลวไฟดับลงที่เวลาประมาณ 1200 วินาที

ตารางที่ 3 และ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของ $\dot{m}''_{ig}$ และ $\dot{m}''_{peak}$ ของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ทั้งหมดที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ของฟลักซ์การเผาไหม้กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้ MDF ความหนา 6 mm

ภาพที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์การเผาไหม้ ที่เวลาจุดติดไฟ ($\dot{m}''_{ig}$) และฟลักซ์การเผาไหม้สูงสุด ($\dot{m}''_{peak}$) ของไม้ MDF ความหนา 6 mm ที่ระดับฟลักซ์ความร้อนต่าง ๆ สำหรับกราฟแสดงฟลักซ์การเผาไหม้กับฟลักซ์ความร้อนของชิ้นทดสอบที่เหลือทั้งหมดนำเสนอไว้ในภาคผนวก ฉ จากกราฟแสดงให้เห็นว่า $\dot{m}''_{ig}$ และ $\dot{m}''_{peak}$ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามฟลักซ์ความร้อนตกกระทบที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยโดยประมาณเท่ากับ 4.85 $g/m^2.s$ และ 13.05 $g/m^2.s$ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย $\dot{m}''_{ig}$ และ $\dot{m}''_{peak}$ ของไม้

ชนิดไม้	ค่าเฉลี่ย $\dot{m}''_{ig}$ ($g/m^2.s$)	ค่าเฉลี่ย $\dot{m}''_{peak}$ ($g/m^2.s$)
ไม้ยางพารา 20 mm	8.06	16.19
ไม้สัก 20 mm	4.79	10.53
ไม้มะค่า 20 mm	5.87	10.61
ไม้บีช 24 mm	5.23	12.63

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย $\dot{m}''_{ig}$ และ $\dot{m}''_{peak}$ ของผลิตภัณฑ์จากไม้

ชนิดไม้	ค่าเฉลี่ย $\dot{m}''_{ig}$ ($g/m^2.s$)	ค่าเฉลี่ย $\dot{m}''_{peak}$ ($g/m^2.s$)
Hardboard 3 mm	4.77	21.96
MDF 3 mm	5.14	18.42
MDF 6 mm	4.85	13.05
ไม้อัดยาง 4 mm	6.31	14.4
ไม้อัดยาง 6 mm	5.95	11.52
ไม้อัดสัก 4 mm	6.46	13.12
ไม้อัดสัก 6 mm	7.97	16.23
Particle board 16 mm	5.44	12.98

วัสดุที่มี $\dot{m}''_{ig}$ ต่ำจะสามารถติดไฟได้ง่ายกว่าวัสดุที่มี $\dot{m}''_{ig}$ สูง ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า สำหรับชิ้นทดสอบไม้จริง 4 ชนิด ไม้สัก ไม้มะค่า ไม้บีช มีสามารถจุดติดไฟได้ง่ายไล่เลี่ยกัน ในขณะที่ไม้ยางพาราจะจุดติดไฟได้ยากที่สุด ในส่วนของชิ้นทดสอบที่เป็นผลิตภัณฑ์จากไม้ Hardboard MDF และแผ่น Particle board มีความสามารถในการติดไฟง่ายใกล้เคียงกัน ในขณะที่ไม้อัดสักและไม้อัดยางจะจุดติดไฟได้ยากกว่า สิ่งหนึ่งที่ควรพิจารณาประกอบในส่วนของความสามารถในการจุดติดไฟของวัสดุจากตารางที่ 3 และ 4 คือ ค่า $\dot{m}''_{ig}$ เป็นค่าที่ได้จากการทำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

moving average ของข้อมูลดิบ ดังนั้นความแตกต่างของค่าในช่วง ± 1 g/m^2.s อาจถือได้ว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

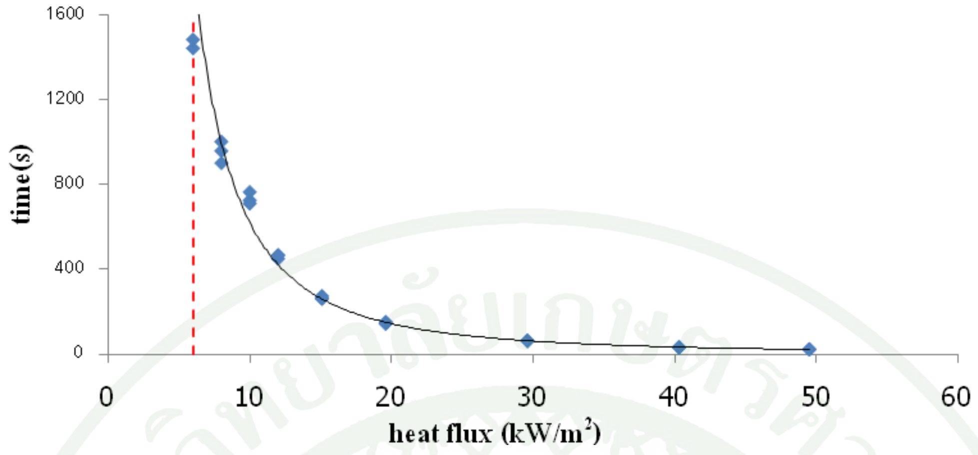
ค่า $\dot{m}''_{peak}$ แสดงถึงความยากง่ายในการเผาไหม้ของวัสดุเมื่อวัสดุจุดติดไฟแล้ว วัสดุที่มี $\dot{m}''_{peak}$ สูงแสดงว่าเผาไหม้ได้ง่ายกว่าวัสดุที่มี $\dot{m}''_{peak}$ ต่ำ จากตารางที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่า ไม้ยางพาราสามารถเผาไหม้ได้ดีที่สุดในบรรดาไม้จริงที่นำมาทดสอบทั้ง 4 ชนิด ในขณะที่ ไม้ Hardboard สามารถเผาไหม้ได้ดีที่สุดในกลุ่มผลิตภัณฑ์จากไม้ เมื่อพิจารณาความยากง่ายในการเผาไหม้ระหว่างไม้จริงกับผลิตภัณฑ์จากไม้ พบว่าผลิตภัณฑ์จากไม้สามารถเผาไหม้ได้ง่ายกว่าไม้จริง สาเหตุเนื่องจากผลิตภัณฑ์จากไม้จะมีความพรุนภายในเนื้อมากกว่าไม้จริง นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์จากไม้บางชนิดจะมีกาวเป็นส่วนประกอบในการผลิต จึงทำให้เผาไหม้ได้ดีกว่า

2. เวลาการจุดติดไฟแบบ (piloted (Piloted Ignition Time)

การทดลองส่วนนี้ได้ดำเนินการเพื่อหาเวลาการจุดติดไฟแบบ piloted ของชิ้นทดสอบที่ระดับ ฟลักซ์ความร้อนค่าต่างๆ เวลาการจุดติดไฟ (ignition time, t_{ig}) คือ เวลาที่ชิ้นทดสอบใช้ในการจุดติดไฟนับตั้งแต่ชิ้นทดสอบได้รับฟลักซ์ความร้อนตกกระทบจากแผงโคนความร้อนจนเกิดการจุดติดเป็นเปลวไฟเผาไหม้ของชิ้นทดสอบ ภาพที่ 21 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้ MDFหนา 6 mm ส่วนกราฟแสดงเวลาการจุดติดไฟของไม้ และผลิตภัณฑ์ของไม้ทั้งหมดแสดงใน ภาคผนวก ง

จากภาพที่ 21 แสดงให้เห็นว่าเวลาการจุดติดไฟแปรผกผันกับฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบผิวชิ้นทดสอบ ที่ระดับฟลักซ์ความร้อนสูง จะใช้เวลาในการจุดติดไฟน้อย ในขณะที่ฟลักซ์ความร้อนต่ำ จะใช้เวลานานในการจุดติดไฟ ฟลักซ์ความร้อนต่ำที่สุดที่การจุดติดไฟแบบ piloted สามารถเกิดขึ้นได้ เรียกว่า ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟแบบ piloted (critical heat flux for piloted ignition, $\dot{q}''_{crit}$) จากภาพที่ 21 แสดงให้เห็นว่า ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับไม้ MDF หนา 6 mm มีค่าประมาณ 6 kW/m^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟแบบ piloted กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้ MDF ความหนา 6 mm

ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเป็นดัชนีที่สำคัญตัวหนึ่งในการจัดลำดับความอันตรายของการจุดติดไฟของวัสดุ วัสดุที่มีฟลักซ์ความร้อนวิกฤตต่ำแสดงว่าสามารถจุดติดไฟได้ง่ายที่ระดับความร้อนต่ำกว่าวัสดุที่มีฟลักซ์ความร้อนวิกฤตในการจุดติดไฟสูง ดังนั้นการเลือกวัสดุที่มีฟลักซ์ความร้อนวิกฤตในการจุดติดไฟต่ำไปใช้เป็นส่วนประกอบในการตกแต่งอาคาร เป็นการเพื่อความเสี่ยงในการเกิดเหตุอัคคีภัยที่รุนแรงได้

3. อุณหภูมิการจุดติดไฟ (Ignition temperature)

อุณหภูมิจุดติดไฟแบบ piloted (T_{ig}) คืออุณหภูมิที่ผิวชิ้นทดสอบขณะที่วัสดุจุดติดไฟ ปกติการวัดค่า T_{ig} จากการทดลองโดยตรงโดยใช้เทอร์โมคับเปิลติดที่ผิวหน้าชิ้นไม้ทดสอบสามารถทำได้ยาก เนื่องจากเวลาที่ผิวชิ้นทดสอบไม้ได้รับฟลักซ์ความร้อน ผิวไม้จะเกิดการแยกตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ ไม่สามารถทำนายได้ว่าผิวไม้จะแตกตัวไปทิศทางใด ซึ่งถ้ารอยแตกที่เกิดขึ้นผาดผ่านตำแหน่งที่ติดหัวเทอร์โมคัปเปิล หัวเทอร์โมคับเปิลก็จะดีดตัวออกจากผิวไม้ทำให้ไม่สามารถวัดอุณหภูมิที่ผิวได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามมาตรฐาน ASTM 1321 แนะนำว่าเมื่อฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบผิววัตถุเท่ากับฟลักซ์ความร้อนวิกฤตสำหรับการจุดติดไฟแบบ piloted ($\dot{q}''_{crit}$) สมการอนุรักษ์พลังงานที่ผิวของวัตถุที่สภาวะคงตัว (steady state) สามารถเขียนได้ตามสมการที่ (4) เพื่อความสะดวกจึงสมการที่ (4) มาเขียนอีกครั้งด้านล่างได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\dot{q}''_{crit} = h_C\left(T_{ig} - T_\infty\right) + \varepsilon\sigma(T_{ig}^4 - T_\infty^4) \qquad (4)$$

ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h_C) ที่ผิวหน้าของวัตถุในสภาวะทดสอบการจุดติดไฟด้วยเครื่อง cone calorimeter Staggs ได้แนะนำค่าไว้เป็นไปตามสมการที่ (4)

$$h_C = 8.91 + 0.50(T_S - 293)^{0.54} \qquad (5)$$

สำหรับวัตถุทั่วไปที่ใช้ในงานก่อสร้างและตกแต่งอาคาร ผิวหน้าของวัตถุจะเปลี่ยนเป็นสีดำ ณ เวลาที่วัตถุกำลังจะจุดติดไฟ ดังนั้นค่า ε ในสมการที่ (5) สามารถประมาณเท่ากับ 1 ได้ จากภาพที่ 21 ฟลักซ์ความร้อนวิกฤตของไม้ MDF หนา 6 mm มีค่า 6 kW (= 6000 W) อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายในห้อง ณ วันที่ทำการทดสอบเท่ากับ 28^{o}C (301K) แทนค่ากลับลงไปในสมการที่ (4) และ (5) จะได้

$$h_C = 8.91 + 0.50(T_{ig} - 293)^{0.54} \qquad (9)$$

$$6000 = h_C\left(T_{ig} - 301\right) + (1)(5.67x10^{-8})(T_{ig}^4 - 301^4) \qquad (10)$$

สมการที่ (9) และ (10) สามารถหาผลเฉลยของ h_C และ T_{ig} ได้เท่ากับ 17.29 W/m^{2}K และ 487K ตามลำดับ ผลการคำนวณอุณหภูมิจุดติดไฟแบบ piloted และค่าสมประสิทธิการพาความร้อนของตัวอย่างชิ้นทดสอบทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 5 และ 6

4. การคำนวณความเฉื่อยทางความร้อน (Thermal Inertia Calculation)

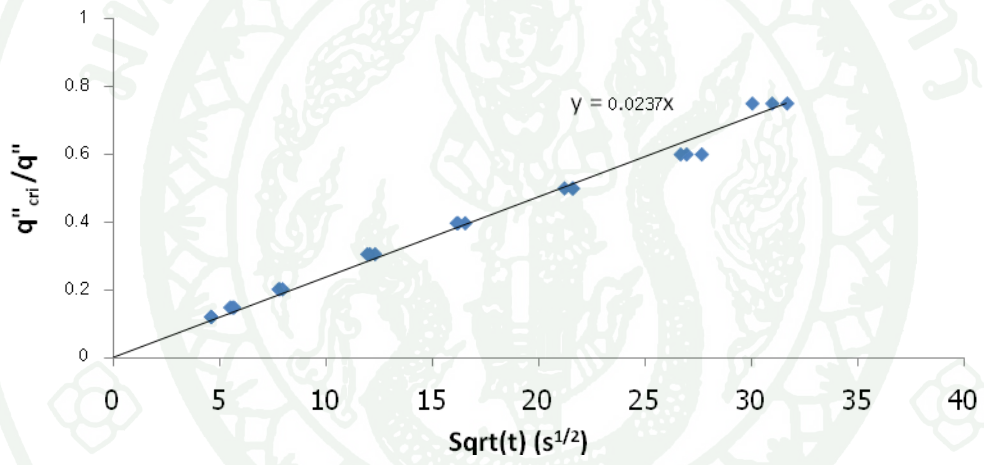
จากผลเวลาการจุดติดไฟและฟลักซ์ความร้อนวิกฤติสำหรับการจุดติดไฟ เราสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาค่าความเฉื่อยทางความร้อน (thermal inertia, $k\rho c$) ของวัตถุได้ ค่าความเฉื่อยทางความร้อนเป็นคุณสมบัติปรากฏของวัตถุ (apparent property) โดยมีค่าเท่ากับผลคูณของความหนาแน่น (ρ) ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ (c) โดยค่าความเฉื่อยทางความร้อนจะบอกถึงความยากง่ายในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของวัสดุเมื่อได้รับความร้อน วัสดุที่มีค่าความเฉื่อยทางความร้อนสูง จะต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากกว่าวัสดุที่มีค่าความเฉื่อยทางความร้อนต่ำ อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าวัตถุที่มีค่าความเฉื่อยทางความร้อนสูงจะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนทางความร้อนมากกว่าวัตถุที่มีค่าความเฉื่อยทาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความร้อนต่ำ ASTM 1321 แนะนำวิธีการหาค่า $k\rho c$ จากความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการจุดติดไฟของวัตถุและฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบวัตถุ ได้จากสมการ (11)

$$k\rho c = \frac{4}{\pi}\left(\frac{h_C}{b}\right)^2 \qquad (11)$$

โดย b คือค่าความชันของกราฟที่พล็อตระหว่างรากที่สองของเวลาการจุดติดไฟ $\sqrt{t_{ig}}$ กับอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ความร้อนวิกฤติสำหรับการจุดติดไฟต่อฟลักซ์ความร้อนที่ตกกระทบวัตถุ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$



ภาพที่ 22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของแผ่นไม้ MDF ความหนา 6 mm

จากภาพที่ 22 สามารถคำนวณหาความชัน b ได้เท่ากับ 0.0237 แทนค่า b กลับลงไปในสมการที่ (7) และค่า h_C = 17.29 W/m2.K สามารถคำนวณค่าความเฉื่อยทางความร้อนของแผ่นไม้ MDF ความหนา 6 mm ได้เป็น

$$k\rho c = \frac{4}{\pi}\left(\frac{17.29x10^{-3}}{0.0237}\right)^2$$

ดังนั้นค่าความเฉื่อยทางความร้อนของไม้ MDF หนา 6 mm เท่ากับ 0.68 $(kW/m^2.K)^2.s$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าความเฉื่อยทางความร้อนไม้ และ ผลิตภัณฑ์จากไม้ สรุปไว้ในตารางที่ 5 และ 6 ตามลำดับ ในส่วนของกราฟระหว่าง $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ และ $\sqrt{t_{ig}}$ ของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก จ

ตารางที่ 5 คุณสมบัติการจุดติดไฟของไม้

วัสดุ	ฟลักซ์ความร้อนวิกฤต	h_C	อุณหภูมิจุดติดไฟ	$k\rho c$
	kW/m^2	W/m^2 K	K	kW/m^{2}K^4
ไม้ยางพารา 20 mm	15.0	20.44	627	0.25
ไม้สัก 20 mm	17.0	20.86	650	0.31
ไม้มะค่า 20 mm	13.0	19.96	602	0.60
ไม้บีช 24 mm	13.0	19.96	602	0.47

ตารางที่ 6 คุณสมบัติการจุดติดไฟของผลิตภัณฑ์จากไม้

วัสดุ	ฟลักซ์ความร้อนวิกฤต	h_C	อุณหภูมิจุดติดไฟ	$k\rho c$
	kW/m^2	W/m^2 K	K	kW/m^{2}K^4
Hardboard 3 mm	8.0	18.38	525	0.31
MDF 3 mm	6.0	17.29	487	0.55
MDF 6 mm	6.0	17.29	487	0.68
ไม้อัดยาง 4 mm	12.0	19.69	588	0.15
ไม้อัดยาง 6 mm	12.0	19.69	588	0.27
ไม้อัดสัก 4 mm	10.0	19.11	559	0.23
ไม้อัดสัก 6 mm	10.0	19.11	559	0.23
Particle board 16 mm	8.0	18.38	525	0.54

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติการจุดติดไฟแบบ piloted ประกอบด้วย ฟลักซ์ความร้อนวิกฤติสำหรับการจุดติดไฟและอุณหภูมิจุดติดไฟ ที่แสดงไว้ในตารางที่ 5 และตารางที่ 6 สามารถใช้ในการจัดอันดับความอันตรายด้านอัคคีภัยของวัสดุได้ วัสดุที่มีฟลักซ์ความร้อนวิกฤติและอุณหภูมิจุดติดไฟต่ำ จะมีอันตรายด้านอัคคีภัยสูงกว่าวัสดุที่มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤติและอุณหภูมิจุดติดไฟสูง เนื่องจากเมื่อฟลักซ์ความร้อนวิกฤติและอุณหภูมิจุดติดไฟต่ำ วัตถุจะสามารถจุดติดไฟได้ง่ายกว่าและเมื่อจุดติดไฟแล้วเพลิงจะสามารถลุกลามไปได้อย่างรวดเร็ว จากเกณฑ์ฟลักซ์ความร้อนวิกฤติและอุณหภูมิจุดติดไฟ สามารถสรุปได้ว่าอันตรายด้านอัคคีภัยของผลิตภัณฑ์จากไม้ทั้ง 8 ชนิดเรียงลำดับจากอันตรายมากไปสู่อันตรายน้อย เป็นดังนี้ ไม้ MDF ไม้ hardboard ไม้ particleboard ไม้อัดสัก และไม้อัดยาง ตามลำดับ ส่วนไม้ทั้ง 4 ชนิด เรียงลำดับจากอันตรายมากไปสู่อันตรายน้อยจะเป็น ไม้บีช ไม้มะค่า ไม้ยางพารา และไม้สัก ตามลำดับ

ไม้ MDF และไม้ hardboard ผลิตจากเส้นใยไม้นำมาขึ้นรูปให้เป็นแผ่นตามต้องการเหมือนกัน อย่างไรก็ตามค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤติและอุณหภูมิจุดติดไฟของไม้ MDF จะต่ำกว่าของไม้ hardboard สาเหตุอาจเนื่องมาจาก ไม้ MDF มีส่วนประกอบของกาวเป็นตัวประสานเส้นใยไม้ ในขณะที่ไม้ hardboard ไม่ใช้กาว ใช้เฉพาะความร้อนและการอัดในกระบวนการขึ้นรูป ในส่วนของไม้อัดถึงแม้จะมีส่วนประกอบของกาวในการผลิตแต่ไม้อัดจะผลิตจากการนำไม้ที่เป็นแผ่นบางนำมาว่าซ้อนกัน ไม่ใช่ใยไม้ จึงทำให้จุดติดไฟได้ยากกว่าไม้ MDF และ ไม้ hardboard

Quintiere และ Harkleroad ได้ทำการทดลองเพื่อหาคุณสมบัติการจุดติดไฟแบบ piloted ของไม้อัด ไม้ particleboard และ ไม้ hardboard ที่ความหนาต่างๆ ที่ใช้ทั่วไปในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยค่าที่ทำการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากการทดลองนี้ (ตารางที่ 5, 6) พบว่าสำหรับวัสดุชนิดเดียวกัน ค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤติและอุณหภูมิจุดติดไฟที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการทดลองของ Quintiere และ Harkleroad ซึ่งอาจสรุปได้ว่า ไม้อัด ไม้ hardboard และ particleboard ที่ใช้ในประเทศไทยมีความอันตรายด้านอัคคีภัย สามารถจุดติดไฟและลามไฟได้ง่ายกว่า วัสดุที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 คุณสมบัติการจุดติดไฟของวัสดุ

วัสดุ	ฟลักซ์ความร้อนวิกฤต	อุณหภูมิจุดติดไฟ	$k\rho c$
	kW/m^2	K	kW/m^{2}K^4
ไม้อัด (6.35 mm)	16.0	663	0.46
ไม้อัด (12.7 mm)	16.0	663	0.54
Particleboard (12.7 mm)	18.0	685	0.93
Hardboard (3.175 mm)	14.0	638	0.88
Hardboard (6.35 mm)	10.0	571	1.87

ที่มา: Quintiere and Harkleroad (1984)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

บทความวิจัยนี้นำเสนอผลการศึกษาพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ piloted และวิธีการหาคุณสมบัติการจุดติดไฟแบบ piloted ซึ่งประกอบด้วย ฟลักซ์ความร้อนวิกฤติสำหรับการจุดติดไฟ อุณหภูมิจุดติดไฟ และความเฉื่อยทางความร้อน โดยใช้ cone calorimeter ตามมาตรฐาน ASTM 1354 วัสดุที่ใช้เป็นชิ้นตัวอย่างทดสอบนำมาจากไม้ 4 ชนิดประกอบด้วย ไม้สัก ไม้มะค่า ไม้ยาง และไม้บีช และผลิตภัณฑ์ของไม้ 8 ชนิด ประกอบด้วย แผ่นใยไม้อัดแข็ง (hardboard) หนา 3 mm แผ่นใยไม้อัดชนิดความหนาปานกลาง (ไม้ MDF) หนา 3 mm และ 6 mm ไม้อัดยาง (plywood) หนา 4 mm และ 6 mm ไม้อัดสัก (teak plywood) หนา 4 mm และ 6 mm และแผ่นพาร์ติเกิ้ล (particle board) หนา 16 mm

จากการทดลองพบว่าความอันตรายด้านอัคคีภัย เรียงจากความอันตรายจากมากไปน้อยโดยถือจากเกณฑ์ฟลักซ์ความร้อนวิกฤติและอุณหภูมิจุดติดไฟของไม้ 4 ชนิด จะเป็น ไม้บีช ไม้มะค่า ไม้ยางพารา และไม้สัก ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์จากไม้ทั้ง 8 ชิ้น จะเป็น MDF hardboard particleboard ไม้อัดสัก และไม้อัดยาง ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted ของวัสดุประเภทไม้

จากการทำวิจัยได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted ของไม้จากแหล่งเพาะปลูกเพียงแหล่งเดียว จึงทำให้เราไม่สามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติการจุดติดไฟของไม้ประเภทเดียวกันที่มีแหล่งเพาะปลูกที่ต่างกันได้ ซึ่งการเพาะปลูกบริเวณที่มีภูมิประเทศแตกต่างกันจะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของเนื้อไม้

งานวิจัยที่สามารถทำเพิ่มเติมได้เช่น การศึกษาพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted ของไม้ชนิดต่างๆที่มีแหล่ง ว่ามีความแตกต่างของพฤติกรรมการจุดติดไฟและคุณสมบัติการจุดติดไฟอย่างไร

2. การศึกษาพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted ของวัสดุประเภทผลิตภัณฑ์จากไม้

จากการวิจัยได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการจุดติดไฟแบบ Piloted ของผลิตภัณฑ์จากไม้ซึ่งไม่ได้มีการทดสอบวัสดุชนิดเดียวกันที่มีความหนาแน่นต่างกัน โดยวัสดุประเภทนี้เราสามารถปรับปรุงคุณสมบัติเช่น ความหนาแน่น และองค์ประกอบพื้นฐานได้ ซึ่งเป็นไปได้ว่าความหนาแน่นอาจมีผลต่อการจุดติดไฟของวัสดุ

งานวิจัยที่สามารถทำเพิ่มเติมได้เช่น การศึกษาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากไม้ เช่น ความหนาแน่น องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์จากไม้ ว่ามีผลต่อการจุดติดไฟมากน้อยเพียงใด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2551. **สรุปสถานการณ์สาธารณภัยของประเทศไทยประจำปี 2550**. แหล่งที่มา: http://direct.disaster.go.th/disaster01/disaster_003.html.

ณรงค์ โทนานนท์. 2528. **ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย**. ฝ่ายวิจัยขั้นพื้นฐาน กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ปรีชา เกียรติกระจาย. 2529. **เทคโนโลยีการแปรรูปพลังงานจากไม้**. โครงการเผยแพร่ความรู้ทางวนผลิตภัณฑ์ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ASTME1354-04a. 2004. **Standard Test Method for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter**. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.

ASTM E1321. 1997. **Standard Test Method for Determining Material Ignition and Flame Spread Properties.** American Society for Testing and Materials: West Conshohocken, PA.

Babrauskas, V. and W. J.Parker. 1987. Ignitability Measurement with the Cone Calorimeter. **Fire And Materials**, 11: 31-43.

Boonmee, N. and J.G. Quintiere. 2002. Glowing and flaming autoignition of wood. **Proceedings of the Combustion Institute**. 29 (1): 289-296.

______. 2005. Glowing Ignition of Wood: The Onset of Surface Combustion. **Thirtieth Symposium (International) on Combustion**. 30: 2303-2310.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Boonmee, N. and J.G. Quintiere. 2006. A Theoretical Investigation of Surface Glowing Ignition Leading to Gas Flaming Ignition. **Fire Safety Science Proceedings of the Eighth International Symposium**. 8: 139-150.

Delichatsios, M., B. Parozb and A. Bhargava. 2003. Flammability properties for charring materials. **Fire Safety Journal**. 38 (3): 219-228.

Gratkowskia, M.T., N.A. Dembseyb and C.L. Beyler. 2006. Radiant smoldering ignition of plywood. **Fire Safety Journal**. 41 (6): 427-443.

Quintiere, J.G. 2006. **Fundamentals of Fire Phenomena: Chapter 7, Ignition of Solids**. John Wiley & Sons. Chichester, England.

______ and M. Harkleroad. 1984. **New Concepts for Measuring Flame Spread Properties**. National Bureau of Standards.

Rhodes, B.T. and J.G. Quintiere. 1996. Burning rate and flame heat flux for PMMA in a cone calorimeter. **Fire Safety Journal**. 26 (3): 221-240.

Spearpoint, M.J. and J.G. Quintiere. 2000. Predicting the burning of wood using an integral model. **Combustion and Flame**. 123 (3): 308-325.

______. 2001. Predicting the piloted ignition of wood in the cone calorimeter usind an inntegral model-effect of species, grain orientation and heat flux. **Fire Safety Journal**. 36: 391-415.

Staggs, J.E.J. 2009. Convection heat transfer in the cone calorimeter. **Fire Safety Journal**. 44: 469-474.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Yang Lizhong, Chen Xiaojun, Zhou Xiaodong and Fan Weicheng. 2002. A modified model of pyrolysis for charring materials in fire. **International Journal of Engineering Science**. 40 (9): 1011-1021.

______. 2003. The pyrolysis and ignition of charring materials under an external heat flux. **Combustion and Flame**. 133 (4): 407-413

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบ Hardboard ขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^{2}s)	burning flux สูงสุด (g/m^{2}s)
HB 50-1	24.01	56.0	25	6.38	27.35
HB 50-2	24.52	56.0	27	8.47	32.12
HB 50-3	24.79	56.0	27	7.31	31.86
HB 40-1	24.49	40.5	50	7.26	27.22
HB 40-2	24.43	40.5	51	6.19	28.22
HB 40-3	24.76	40.5	49	5.65	26.14
HB 30-1	24.64	27.5	81	4.43	22.78
HB 30-2	24.41	27.5	85	5.47	20.48
HB 30-3	24.69	27.5	82	5.11	21.07
HB 20-1	24.45	18.8	182	4.84	18.23
HB 20-2	24.68	18.8	171	4.10	22.11
HB 20-3	24.70	18.8	164	4.60	20.40
HB 15-1	24.60	15.6	234	5.22	14.67
HB 15-2	24.64	15.6	251	4.44	18.15
HB 15-3	24.30	15.6	233	3.98	20.78
HB 12-1	24.60	12.1	260	5.35	20.42
HB 12-2	24.87	12.1	259	3.88	20.72
HB 12-3	24.27	12.1	253	4.51	20.27
HB 10-1	24.99	10.0	344	3.13	19.45
HB 10-2	24.57	10.0	350	3.32	20.56
HB 10-3	24.78	10.0	340	2.95	18.45
HB 8-1	24.64	8.0	832	2.67	21.10
HB 8-2	24.91	8.0	841	2.66	17.32
HB 8-3	24.85	8.0	874	2.45	17.21
HB 6-1	24.63	6.0	ไม่ติดไฟ	-	-
HB 6-2	24.92	6.0	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบ MDF ขนาด ความหนา 3 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
MF3 50-1	18.13	56.0	19	8.40	22.89
MF3 50-2	18.59	56.0	20	9.56	27.64
MF3 50-3	18.66	56.0	19	10.38	29.65
MF3 40-1	19.05	40.5	42	9.93	26.00
MF3 40-2	19.01	40.5	33	8.10	25.52
MF3 40-3	19.00	40.5	35	7.93	26.31
MF3 30-1	18.41	27.5	68	8.00	20.75
MF3 30-2	19.47	27.5	66	8.66	24.13
MF3 30-3	18.65	27.5	72	7.40	18.03
MF3 20-1	19.38	18.8	142	5.12	20.83
MF3 20-2	18.31	18.8	136	5.22	17.86
MF3 20-3	18.78	18.8	118	4.67	20.79
MF3 15-1	19.14	15.6	221	4.86	15.90
MF3 15-2	19.15	15.6	245	2.95	14.57
MF3 15-3	19.28	15.6	203	3.12	15.58
MF3 12-1	18.34	12.0	405	3.50	13.35
MF3 12-2	18.79	12.0	351	3.47	15.63
MF3 12-3	18.63	12.0	346	3.55	14.47
MF3 10-1	18.34	10.0	505	3.68	16.35
MF3 10-2	20.19	10.0	524	2.42	13.45
MF3 10-3	20.23	10.0	512	3.93	14.59
MF3 8-1	20.15	8.0	1281	2.68	12.03
MF3 8-2	20.53	8.0	536	1.90	17.32
MF3 8-3	20.24	8.0	483	1.74	17.77
MF3 6-1	21.16	6.1	764	5.02	11.93
MF3 6-2	19.13	6.1	1070	1.11	12.06
MF3 6-3	19.02	6.1	1275	1.57	12.05
MF3 4-1	19.14	4.6	ไม่ติดไฟ	-	-
MF3 4-2	18.66	4.6	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบ MDF ขนาด ความหนา 6 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
MF6 50-1	44.61	49.5	21	7.09	16.75
MF6 50-2	44.05	49.5	21	6.88	17.04
MF6 50-3	44.22	49.5	21	6.96	18.11
MF6 40-1	44.24	40.3	31	7.01	16.39
MF6 40-2	44.03	40.3	30	5.64	15.09
MF6 40-3	43.81	40.3	32	6.72	15.40
MF6 30-1	44.99	29.6	60	6.53	13.73
MF6 30-2	45.21	29.6	61	5.97	13.38
MF6 30-3	44.68	29.6	63	5.99	12.99
MF6 20-1	45.35	19.6	145	5.53	12.04
MF6 20-2	44.65	19.6	151	5.91	12.11
MF6 20-3	45.19	19.6	142	5.25	11.85
MF6 15-1	44.95	15.1	273	4.85	11.53
MF6 15-2	43.36	15.1	260	4.70	11.57
MF6 15-3	44.64	15.1	262	4.80	11.22
MF6 12-1	45.15	12.0	449	3.45	11.06
MF6 12-2	44.84	12.0	466	3.68	11.07
MF6 12-3	45.21	12.0	465	4.88	11.54
MF6 10-1	45.54	10.0	725	3.79	10.76
MF6 10-2	44.18	10.0	710	3.32	10.80
MF6 10-3	44.93	10.0	764	4.32	11.99
MF6 8-1	45.53	8.0	958	3.63	12.12
MF6 8-2	46.23	8.0	1002	3.20	12.47
MF6 8-3	45.45	8.0	901	2.48	11.82
MF6 6-1	45.67	6.0	ไม่ติดไฟ	-	-
MF6 6-2	44.06	6.0	1443	1.53	13.29
MF6 6-3	47.71	6.0	1484	2.22	13.12
MF6 4-1	44.96	4.6	ไม่ติดไฟ	-	-
MF6 4-2	45.72	4.6	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้อัดยาง ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
AY4 50-1	18.10	49.8	22	7.70	13.89
AY4 50-2	16.31	49.8	20	9.13	13.37
AY4 50-3	17.25	49.8	18	6.93	16.14
AY4 40-1	22.43	40.2	42	6.29	15.98
AY4 40-2	22.58	40.2	44	7.37	17.21
AY4 40-3	21.85	40.2	40	7.18	15.94
AY4 30-1	17.75	29.5	52	5.63	11.86
AY4 30-2	16.42	29.5	43	6.35	10.96
AY4 30-3	18.02	29.5	48	6.43	11.27
AY4 20-1	16.54	19.6	113	5.83	10.19
AY4 20-2	16.82	19.6	125	6.19	10.48
AY4 20-3	17.84	19.6	137	6.15	10.81
AY4 15-1	17.09	15.0	171	5.28	12.50
AY4 15-2	19.65	15.0	198	6.12	14.74
AY4 15-3	16.36	15.0	161	5.13	11.97
AY4 12-1	16.42	12.1	258	7.05	13.24
AY4 12-2	16.45	12.1	236	5.69	11.99
AY4 12-3	17.25	12.1	266	5.79	13.73
AY4 10-1	16.17	10.0	ไม่ติดไฟ	-	-
AY4 10-2	16.59	10.0	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้อัดยาง ขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
AY6 50-1	36.10	56.0	26	12.87	18.25
AY6 50-2	35.96	56.0	27	9.10	16.40
AY6 50-3	29.15	56.0	22	11.40	19.20
AY6 40-1	35.53	40.5	42	8.61	15.04
AY6 40-2	35.17	40.5	47	6.98	12.94
AY6 40-3	29.22	40.5	33	9.32	15.05
AY6 30-1	35.98	27.5	97	12.53	16.12
AY6 30-2	35.47	27.5	103	6.96	11.27
AY6 30-3	35.20	27.5	93	7.70	11.62
AY6 20-1	35.57	18.8	254	6.43	12.90
AY6 20-2	35.00	18.8	234	7.03	15.98
AY6 20-3	35.01	18.8	230	6.21	13.53
AY6 15-1	38.65	15.0	376	5.81	15.30
AY6 15-2	36.14	15.0	339	5.65	23.29
AY6 15-3	35.96	15.0	344	9.77	20.51
AY6 12-1	37.07	12.0	720	5.34	18.11
AY6 12-2	36.10	12.0	664	7.83	17.82
AY6 12-3	36.15	12.0	658	3.92	18.83
AY6 10-1	36.31	10.0	ไม่ติดไฟ	-	-
AY6 10-2	36.54	10.0	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้อัดสัก ขนาดความหนา 4 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
AS4 50-1	20.52	56.0	23	8.46	16.67
AS4 50-2	19.83	56.0	23	9.52	16.43
AS4 50-3	19.95	56.0	20	9.15	17.46
AS4 40-1	21.34	40.5	41	6.65	14.08
AS4 40-2	19.81	40.5	35	8.25	13.61
AS4 40-3	21.29	40.5	38	6.83	13.91
AS4 30-1	22.27	27.5	70	5.48	12.29
AS4 30-2	21.74	27.5	76	6.28	12.59
AS4 30-3	20.34	27.5	73	6.86	12.01
AS4 20-1	19.29	18.8	139	5.69	10.58
AS4 20-2	22.37	18.8	186	5.59	12.17
AS4 20-3	21.59	18.8	150	5.43	14.86
AS4 15-1	20.49	15.6	196	6.31	14.22
AS4 15-2	21.24	15.6	208	5.25	16.12
AS4 15-3	23.10	15.6	233	6.21	18.86
AS4 12-1	19.13	12.1	279	5.50	13.96
AS4 12-2	20.05	12.1	283	5.12	13.00
AS4 12-3	19.33	12.1	269	5.43	16.63
AS4 10-1	20.19	10.0	444	4.77	13.79
AS4 10-2	20.39	10.0	462	5.41	14.04
AS4 10-3	21.33	10.0	438	4.33	15.17
AS4 8-1	20.42	8.0	ไม่ติดไฟ	-	-
AS4 8-2	20.08	8.0	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้อัดสัก ขนาดความหนา 6 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
AS6 50-1	25.58	50.2	16	10.10	14.21
AS6 50-2	25.75	50.2	15	6.10	14.42
AS6 50-3	25.30	50.2	15	5.01	14.85
AS6 40-1	21.77	39.8	26	8.39	13.09
AS6 40-2	20.80	39.8	23	7.18	12.40
AS6 40-3	23.19	39.8	25	6.07	11.66
AS6 30-1	22.20	29.5	45	7.37	10.86
AS6 30-2	24.54	29.5	54	7.19	11.21
AS6 30-3	24.16	29.5	49	7.30	9.62
AS6 20-1	25.93	19.6	116	5.95	8.54
AS6 20-2	23.48	19.6	133	4.40	9.84
AS6 20-3	21.28	19.6	103	5.55	9.13
AS6 15-1	21.36	15.0	157	5.05	8.84
AS6 15-2	20.79	15.0	170	5.24	9.68
AS6 15-3	20.66	15.0	260	5.89	11.59
AS6 12-1	25.91	12.1	404	5.47	14.28
AS6 12-2	21.09	12.1	456	4.51	13.42
AS6 12-3	21.35	12.1	295	5.08	10.45
AS6 10-1	20.63	10.0	665	6.22	11.30
AS6 10-2	22.34	10.0	716	3.52	11.50
AS6 10-3	21.64	10.0	760	3.36	11.20
AS6 8-1	24.21	8.0	ไม่ติดไฟ	-	-
AS6 8-2	22.21	8.0	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบ แผ่นพาร์ติเกิ้ล ขนาดความหนา 16 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
PB 50-1	97.36	49.8	26	7.49	16.10
PB 50-2	98.29	49.8	28	7.40	16.65
PB 50-3	95.81	49.8	25	6.03	17.48
PB 40-1	101.20	40.2	42	7.21	15.96
PB 40-2	98.83	40.2	39	6.51	14.96
PB 40-3	100.54	40.2	43	6.82	15.38
PB 30-1	96.93	29.5	71	5.76	14.08
PB 30-2	97.00	29.5	72	5.69	13.88
PB 30-3	101.50	29.5	77	6.08	13.89
PB 20-1	97.50	19.6	169	6.10	12.54
PB 20-2	100.90	19.6	190	6.03	12.45
PB 20-3	96.77	19.6	171	5.52	12.30
PB 15-1	97.53	15.1	308	4.83	12.17
PB 15-2	97.89	15.1	313	5.36	11.73
PB 15-3	98.19	15.1	324	5.02	12.33
PB 12-1	98.18	12.0	515	5.60	10.79
PB 12-2	98.00	12.0	530	4.27	11.45
PB 12-3	99.12	12.0	559	5.10	12.45
PB 10-1	98.52	10.0	884	4.79	10.90
PB 10-2	100.49	10.0	975	4.66	11.36
PB 10-3	100.29	10.0	850	4.17	10.63
PB 8-1	99.16	8.0	2046	4.00	10.14
PB 8-2	99.47	8.0	2303	3.13	11.45
PB 8-3	97.12	8.0	1900	3.13	10.52
PB 6-1	97.24	6.1	ไม่ติดไฟ	-	-
PB 6-2	98.53	6.1	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้ยางพารา ขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
Y 50-1	84.39	49.0	27	10.54	18.89
Y 50-2	82.79	49.0	23	8.95	19.26
Y 50-3	84.04	49.0	25	9.27	19.32
Y 40-1	84.35	41.0	37	8.98	16.79
Y 40-2	83.87	41.0	42	9.93	17.77
Y 40-3	83.61	41.0	39	9.14	18.35
Y 30-1	82.69	31.0	69	7.92	15.60
Y 30-2	83.81	31.0	100	9.08	16.66
Y 30-3	84.43	31.0	87	9.73	17.13
Y 20-1	80.83	20.0	325	8.78	15.82
Y 20-2	84.00	20.0	306	8.51	16.02
Y 20-3	83.94	20.0	341	7.00	14.97
Y 15-1	84.58	15.0	1360	1.96	7.15
Y 15-2	82.09	15.0	2000	3.07	12.97
Y 15-3	84.49	15.0	ไม่ติดไฟ	-	-
Y 15-4	85.02	15.0	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้สักขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
S 50-1	119.35	49.0	22	6.16	14.08
S 50-2	120.28	49.0	22	6.09	13.79
S 50-3	124.17	49.0	22	6.02	13.67
S 40-1	114.60	41.0	26	5.79	12.45
S 40-2	115.23	41.0	32	5.19	11.88
S 40-3	121.28	41.0	32	5.49	12.00
S 30-1	110.10	31.0	62	5.40	10.48
S 30-2	113.11	31.0	63	5.77	9.93
S 30-3	130.00	31.0	79	5.80	10.87
S 20-1	118.23	20.0	714	4.12	7.92
S 20-2	106.78	20.0	519	3.70	8.54
S 20-3	126.39	20.0	380	5.91	9.78
S 17-1	113.11	17.0	1445	2.51	7.26
S 17-2	111.42	17.0	1234	1.83	7.18
S 17-3	120.71	17.0	1398	2.13	8.27
S 15-1	124.20	15.0	ไม่ติดไฟ	-	-
S 15-2	121.32	12.0	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้มะค่า ขนาดความหนา 20 มิลลิเมตร

ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
M 50-1	118.59	49.0	31	6.93	13.05
M 50-2	117.56	49.0	37	8.16	13.00
M 50-3	119.23	49.0	34	8.11	13.47
M 40-1	117.69	41.0	52	8.52	12.01
M 40-2	117.76	41.0	53	8.04	11.86
M 40-3	119.31	41.0	53	7.67	11.81
M 30-1	119.26	31.0	106	7.57	11.38
M 30-2	116.42	31.0	105	7.43	10.89
M 30-3	119.04	31.0	107	7.46	11.20
M 20-1	120.02	20.0	458	4.90	9.71
M 20-2	152.85	20.0	419	4.15	10.16
M 20-3	146.51	20.0	513	4.40	9.86
M 15-1	119.71	15.0	965	3.47	9.07
M 15-2	117.55	15.0	1068	3.26	8.99
M 15-3	119.30	15.0	1081	4.66	8.95
M 13-1	120.63	13.0	1880	3.32	7.98
M 13-2	118.60	13.0	1513	2.48	8.86
M 13-3	119.29	13.0	1351	5.10	8.89
M 11-1	118.21	11.0	ไม่ติดไฟ	-	-
M 11-2	100.49	10.0	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ผลการทดลองของชิ้นทดสอบไม้บีช ขนาดความหนา 24 มิลลิเมตร

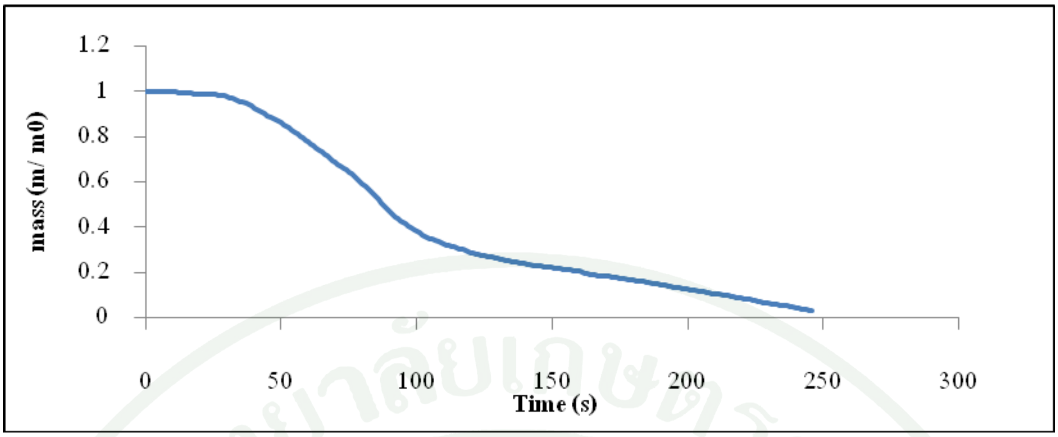
ชิ้นทดสอบ	น้ำหนักเริ่มต้น (g)	ฟลักซ์ความร้อน (kW/m^2)	เวลาในการจุดติดไฟ (s)	burning flux เมื่อเวลาจุดติด (g/m^2s)	burning flux สูงสุด (g/m^2s)
B 50-1	453.68	49.0	19	4.82	14.81
B 50-2	164.15	49.0	22	7.50	14.74
B 50-3	148.13	49.0	18	6.15	15.49
B 40-1	146.95	41.0	32	7.02	14.89
B 40-2	165.28	41.0	35	6.97	13.85
B 40-3	164.95	41.0	35	6.16	13.24
B 30-1	161.75	29.6	64	4.67	10.15
B 30-2	149.30	29.6	69	5.53	11.23
B 30-3	147.40	29.6	59	5.45	11.01
B 20-1	161.28	20.0	188	5.97	12.26
B 20-2	143.02	20.0	170	4.73	9.54
B 20-3	152.16	20.0	191	5.43	11.88
B 15-1	160.44	15.0	1150	4.96	17.34
B 15-2	149.52	15.0	954	3.39	11.36
B 15-3	143.84	15.0	846	4.31	11.54
B 13-1	147.20	13.0	1688	5.39	11.36
B 13-2	152.13	13.0	1682	2.41	10.89
B 13-3	152.13	13.0	1767	3.35	11.78
B 11-1	148.41	12.0	ไม่ติดไฟ	-	-
B 11-2	159.36	12.0	ไม่ติดไฟ	-	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

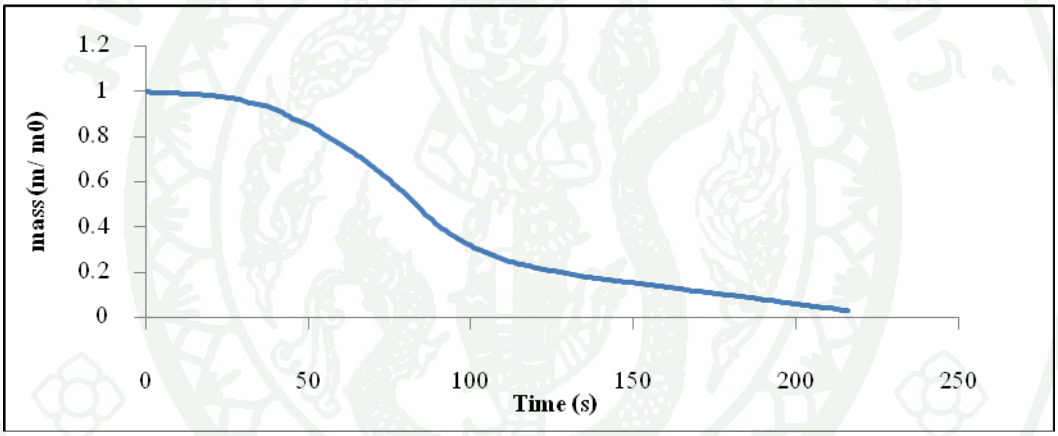
ภาคผนวก ข

กราฟแสดงการสูญเสียมวลของไม้

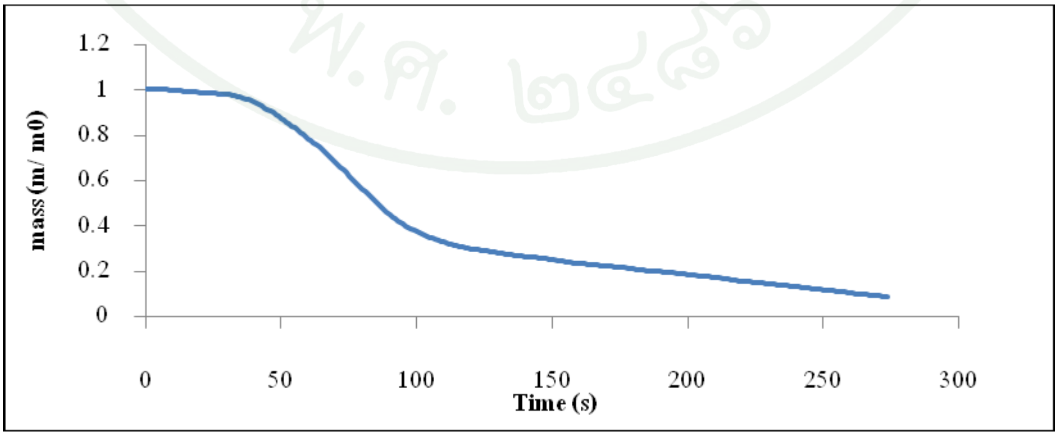
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข1 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-1)

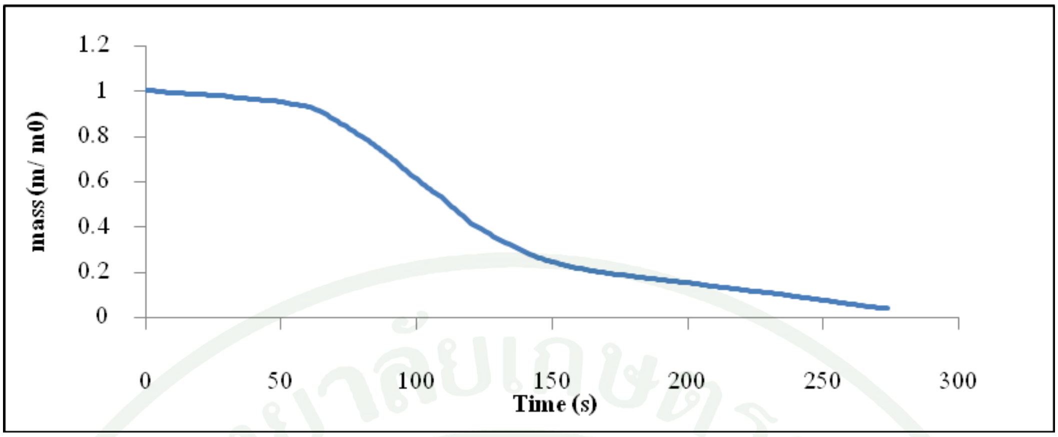


ภาพผนวกที่ ข2 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-2)

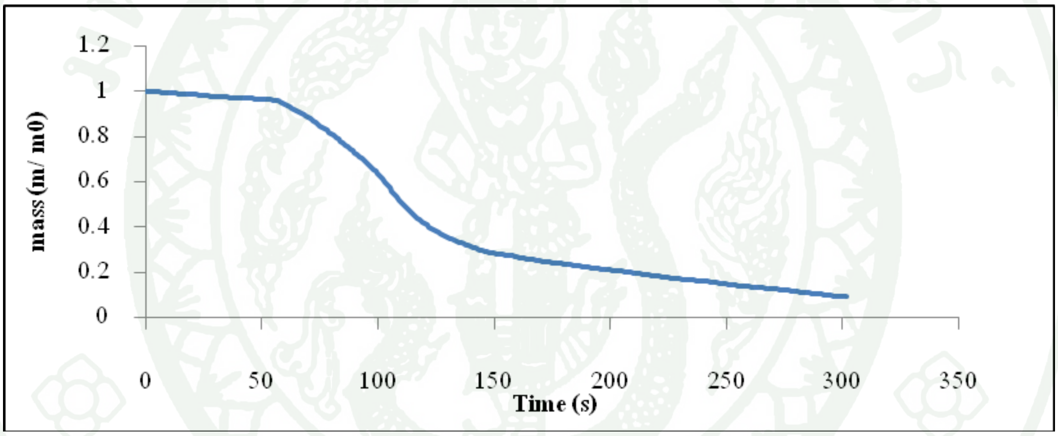


ภาพผนวกที่ ข3 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-3)

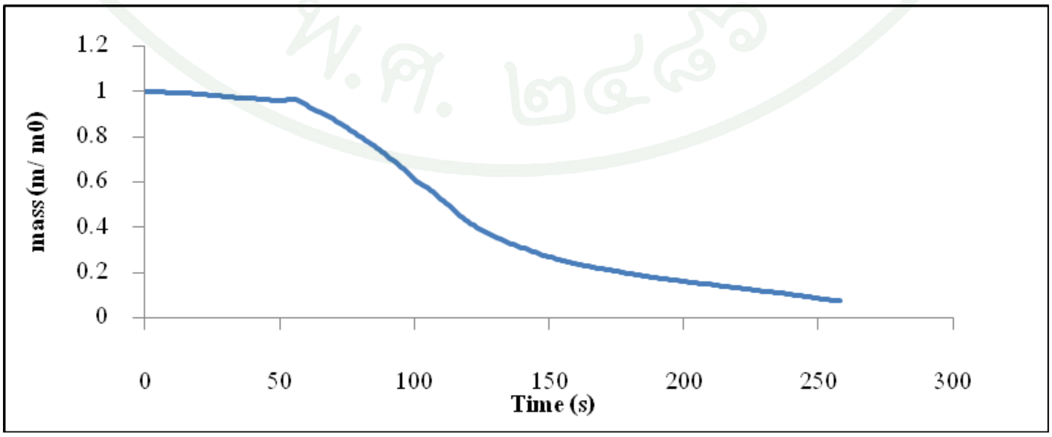
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข4 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-1)

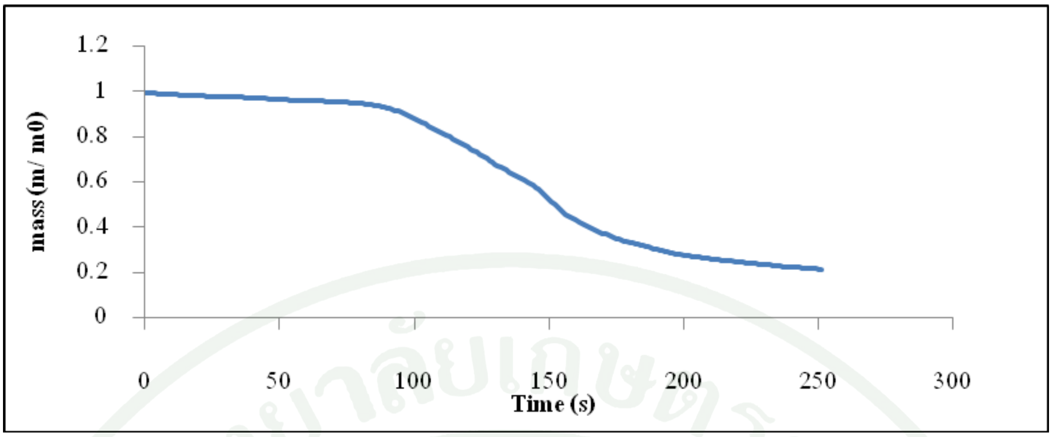


ภาพผนวกที่ ข5 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-2)

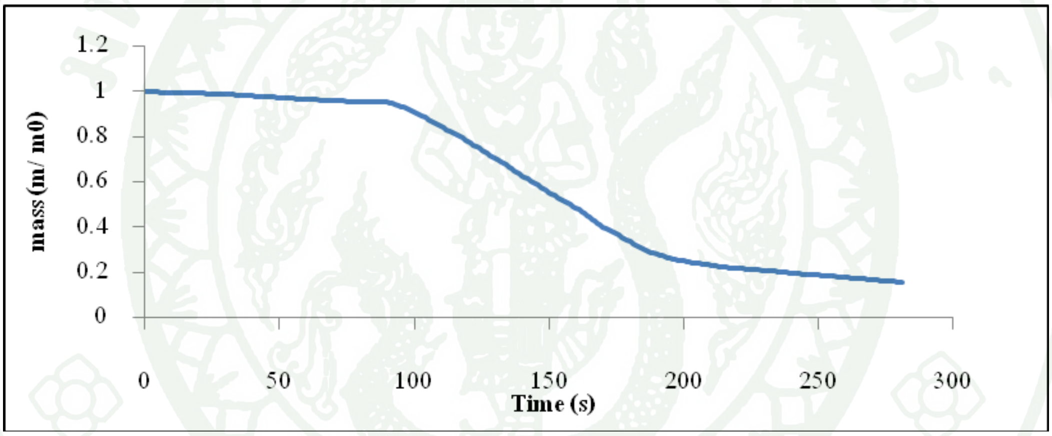


ภาพผนวกที่ ข6 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-3)

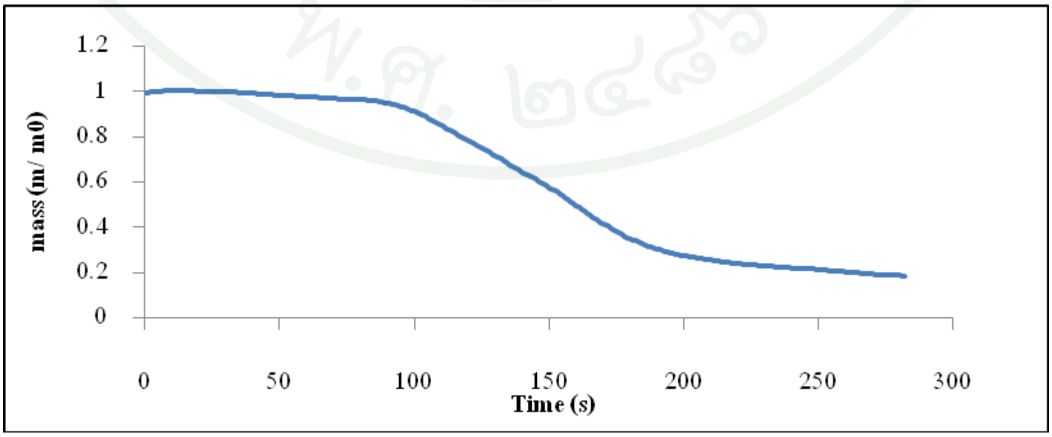
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข7 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 30 kW/m^2 (HB30-1)

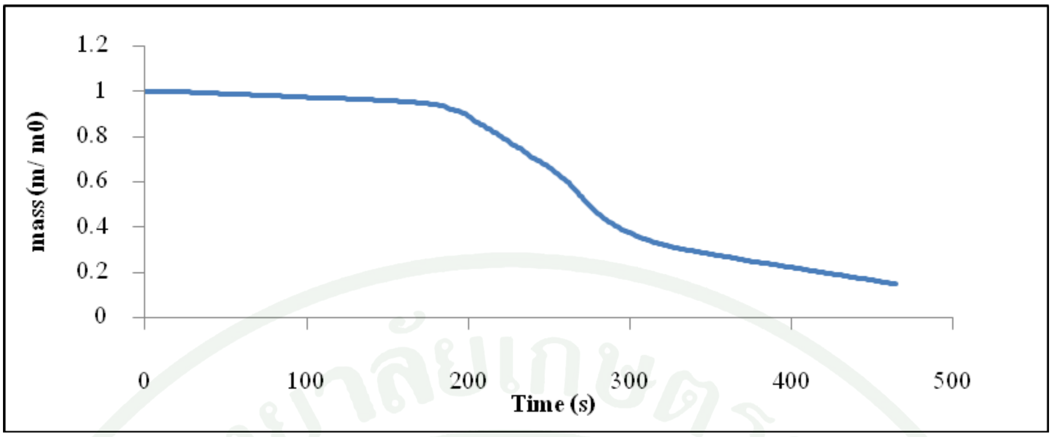


ภาพผนวกที่ ข8 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 30 kW/m^2 (HB30-2)

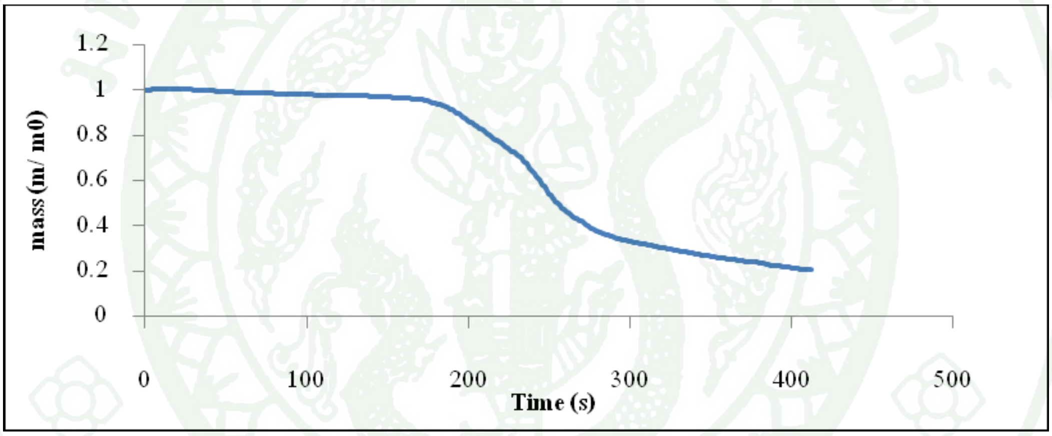


ภาพผนวกที่ ข9 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่30 kW/m^2 (HB30-3)

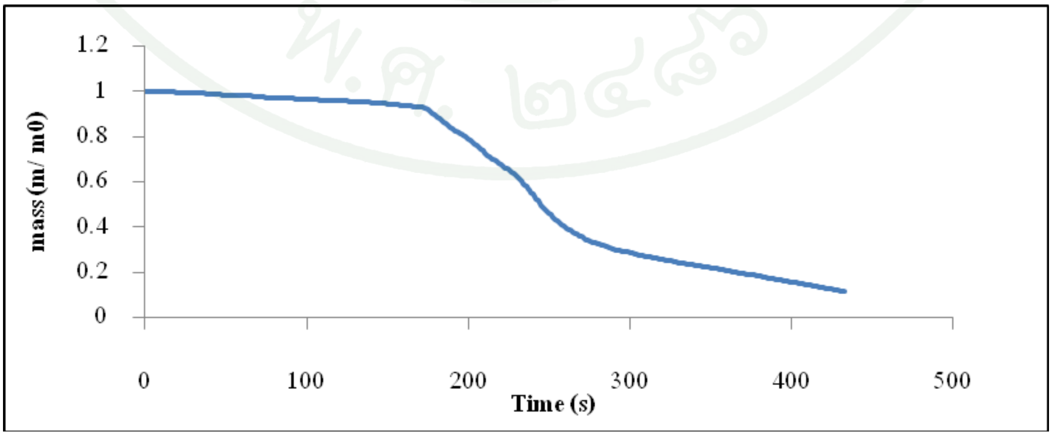
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข10 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่20 kW/m^2 (HB20-1)

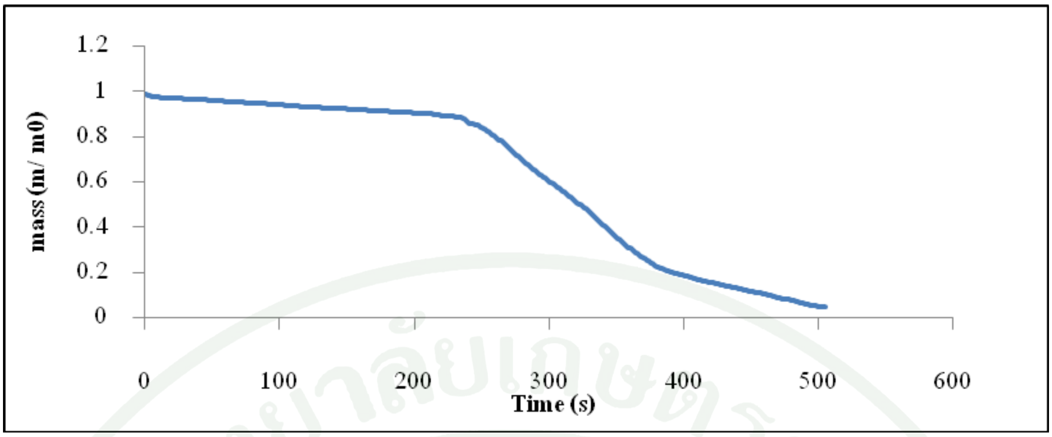


ภาพผนวกที่ ข11 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่20 kW/m^2 (HB20-2)

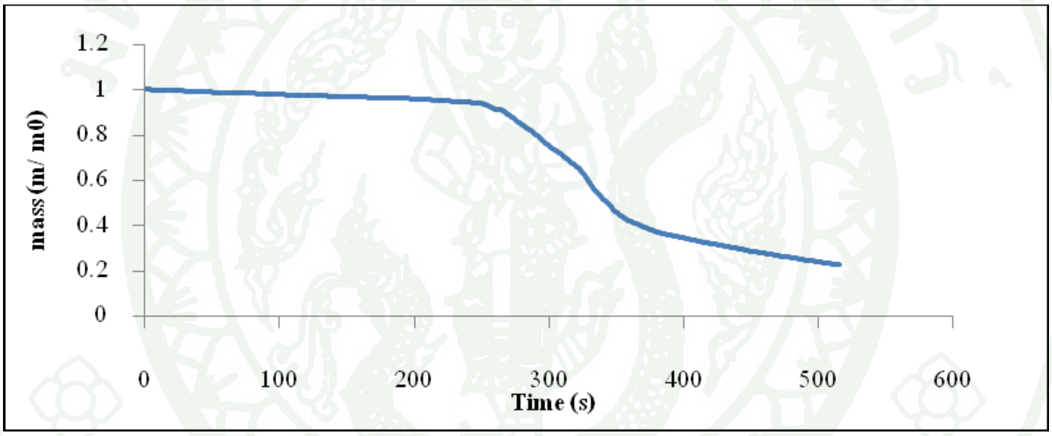


ภาพผนวกที่ ข12 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 20 kW/m^2 (HB20-3)

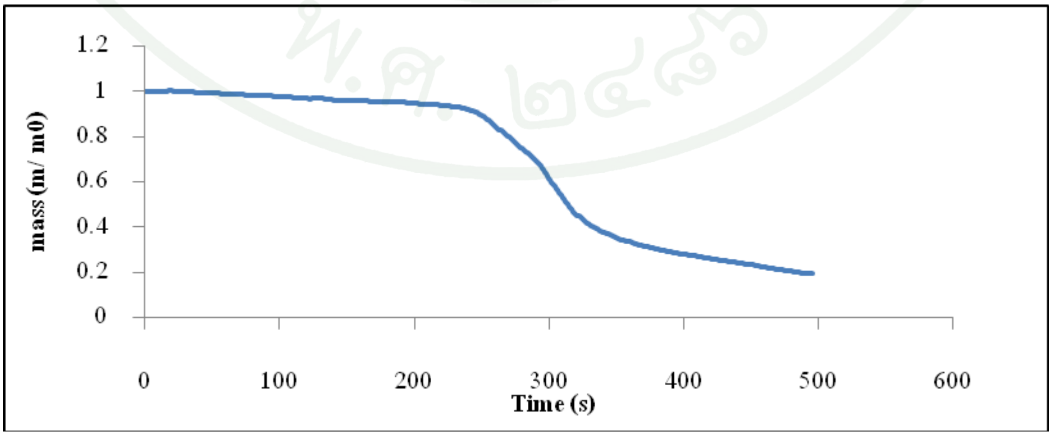
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข13 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-1)

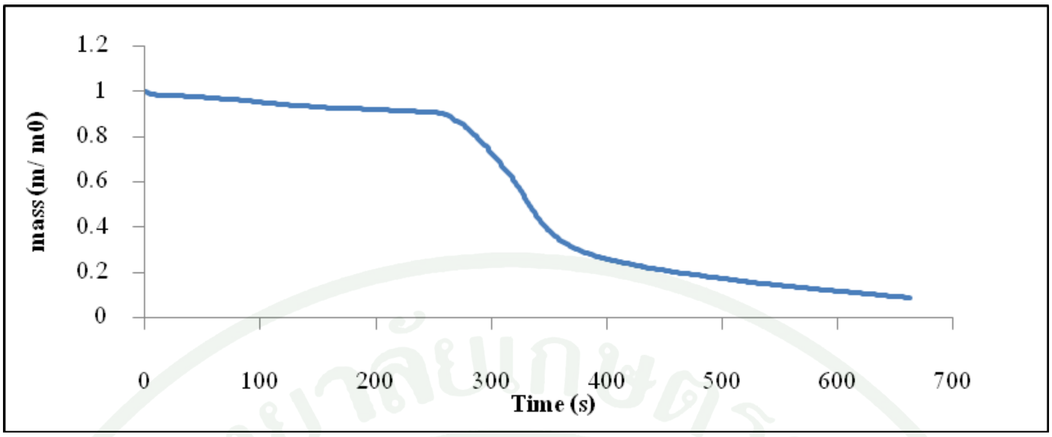


ภาพผนวกที่ ข14 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-2)

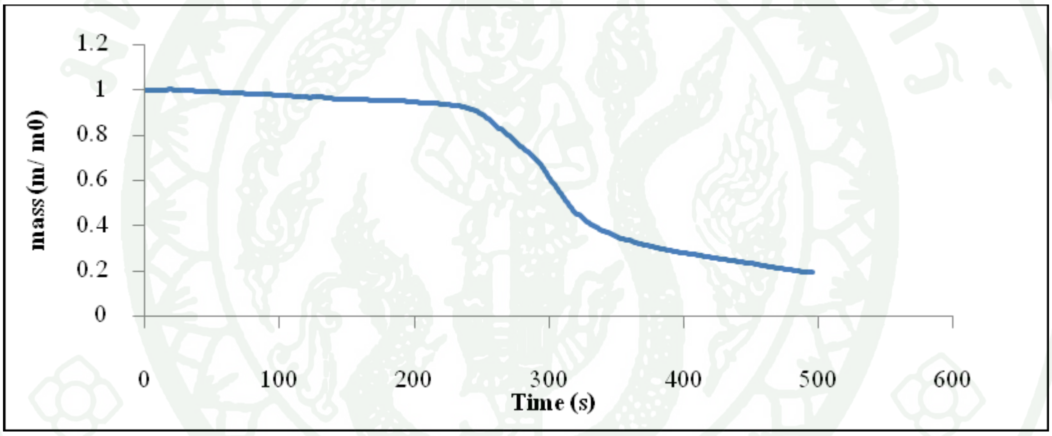


ภาพผนวกที่ ข15 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-3)

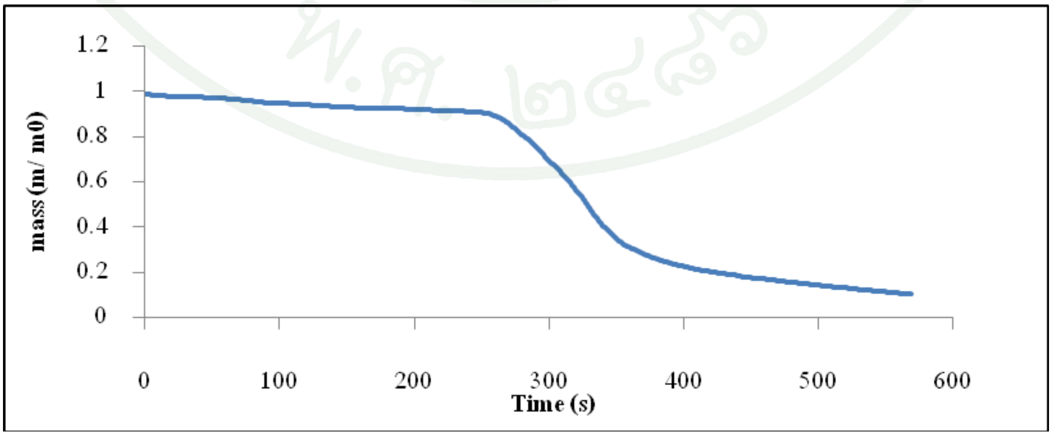
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข16 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่12 kW/m^2 (HB12-1)

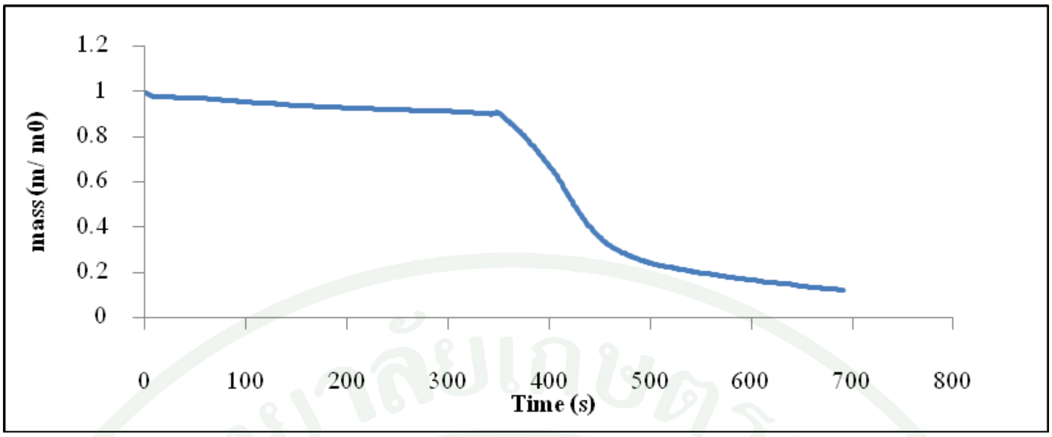


ภาพผนวกที่ ข17 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่12 kW/m^2 (HB12-2)

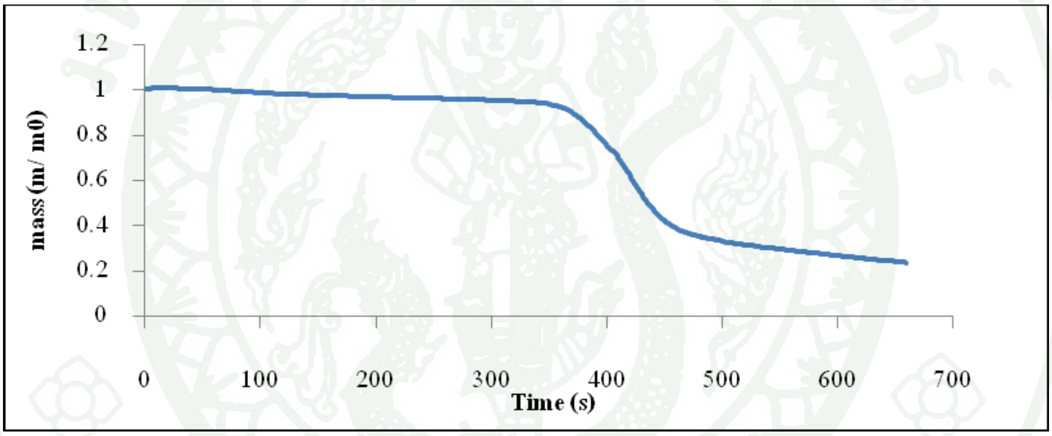


ภาพผนวกที่ ข18 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 12 kW/m^2 (HB12-3)

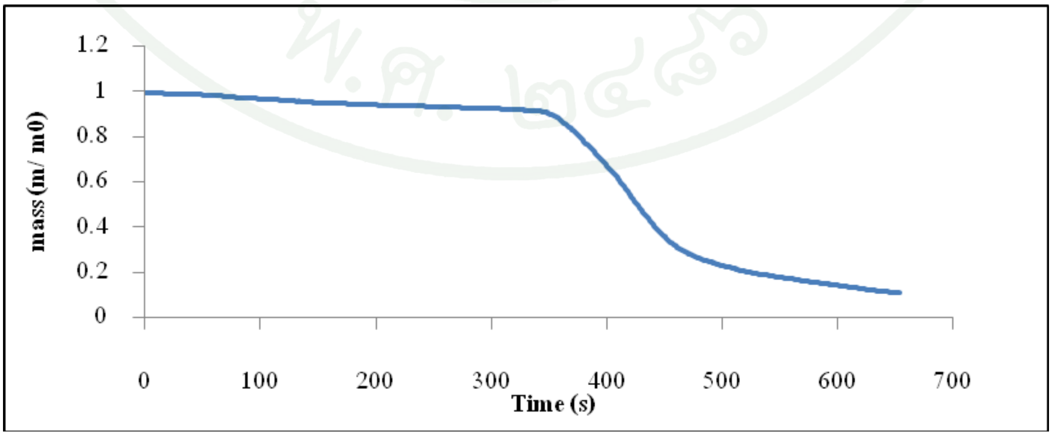
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข19 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-1)

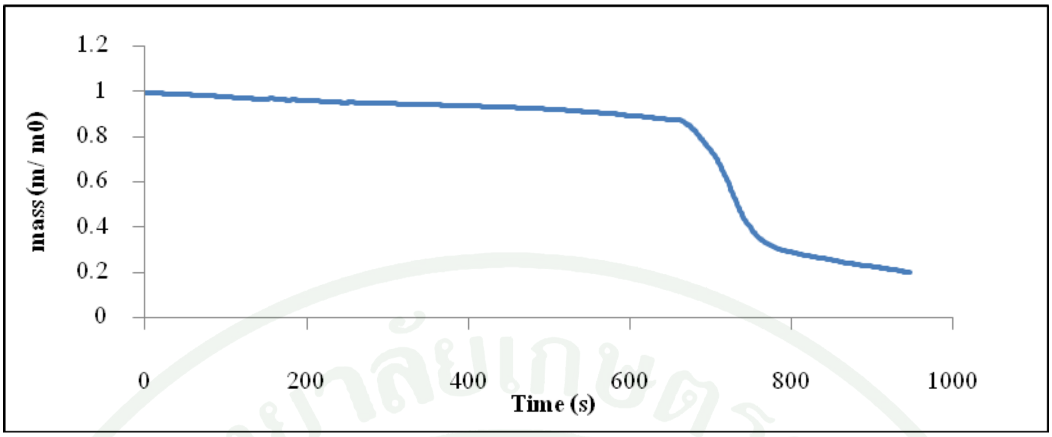


ภาพผนวกที่ ข20 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-2)

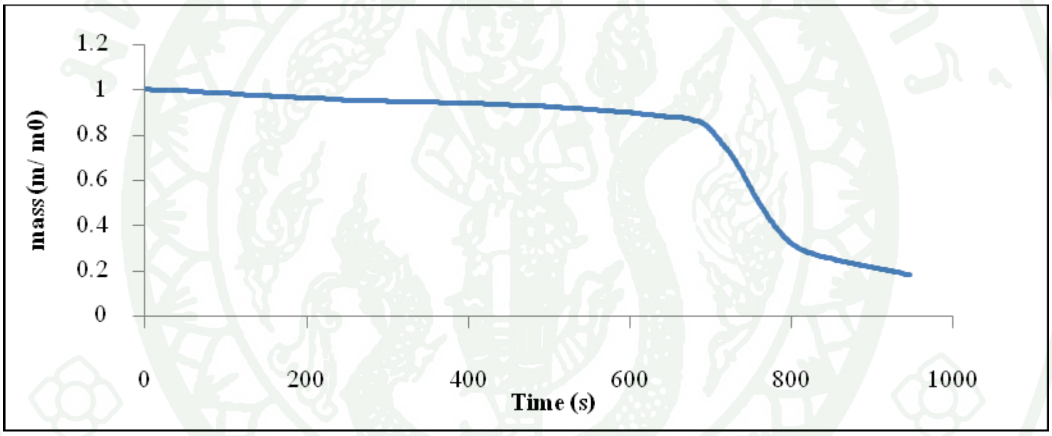


ภาพผนวกที่ ข21 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-3)

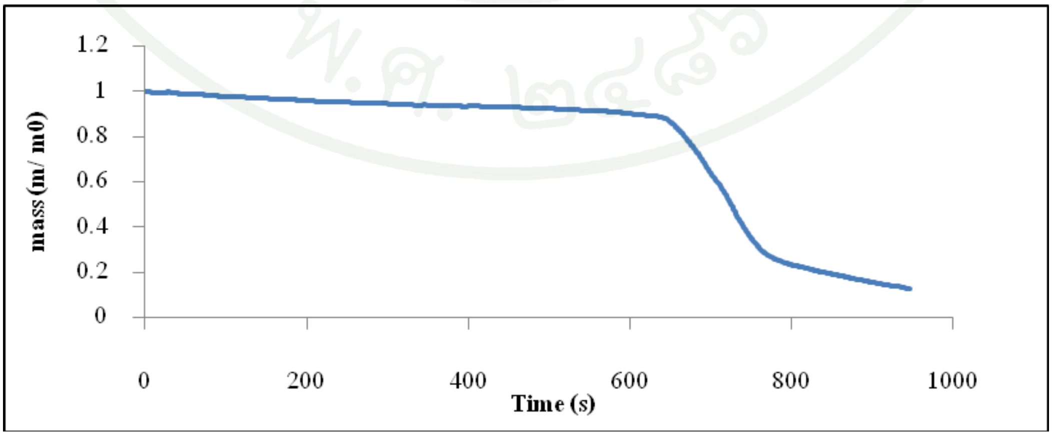
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข22 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-1)

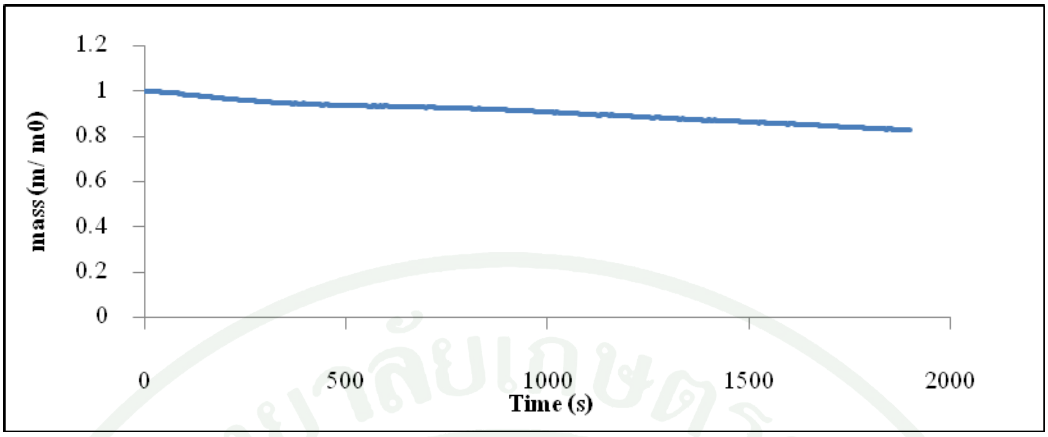


ภาพผนวกที่ ข23 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-2)

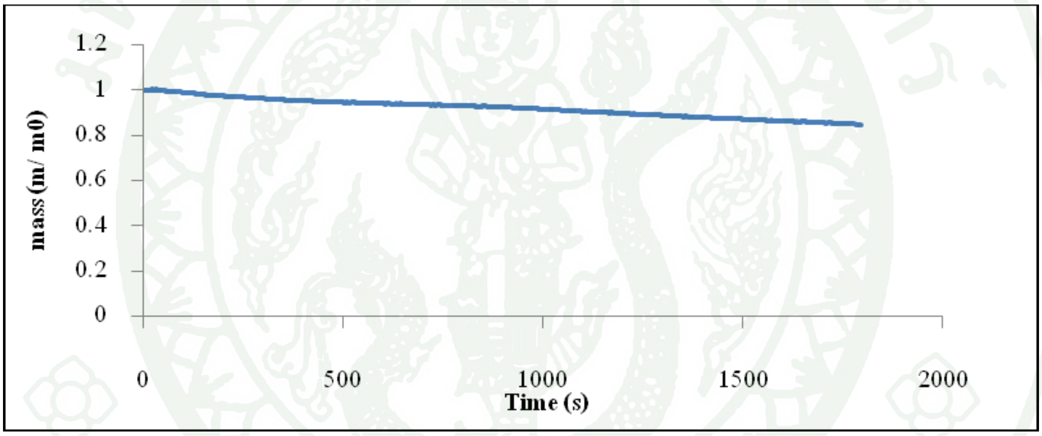


ภาพผนวกที่ ข24 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-3)

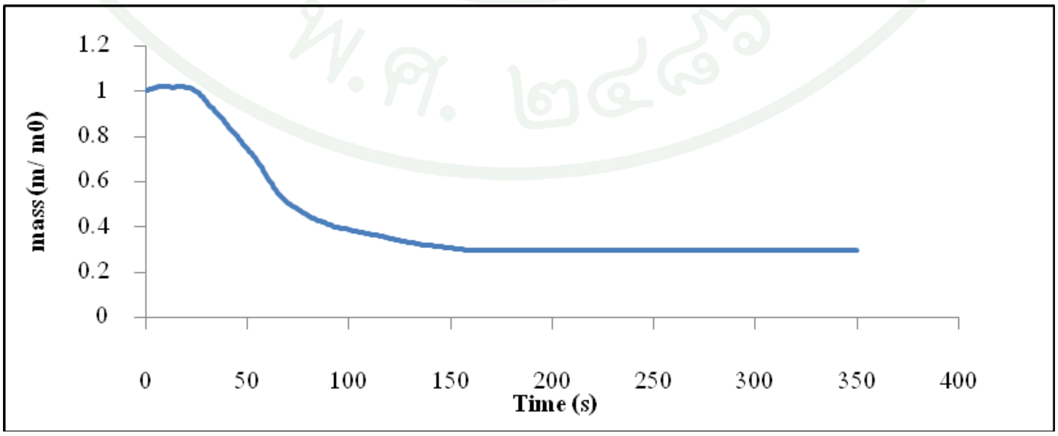
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข25 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 6 kW/m^2 (HB6-1)

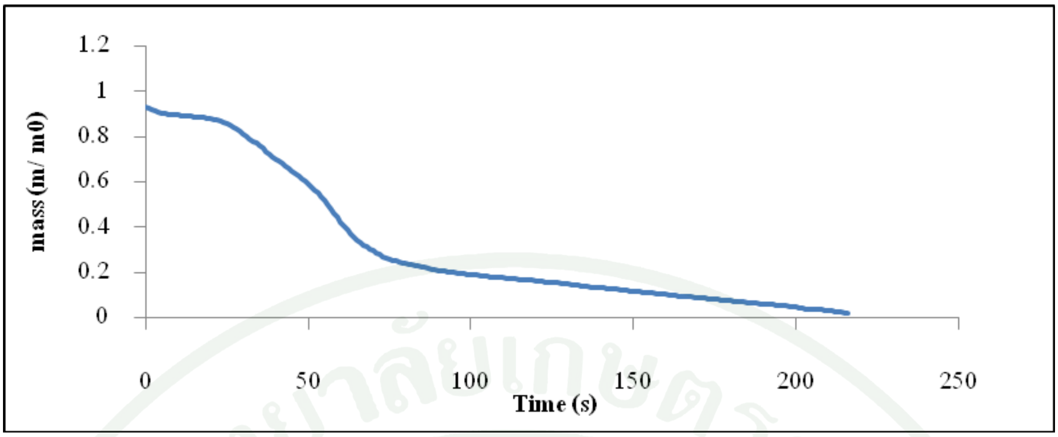


ภาพผนวกที่ ข26 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 6 kW/m^2 (HB6-2)

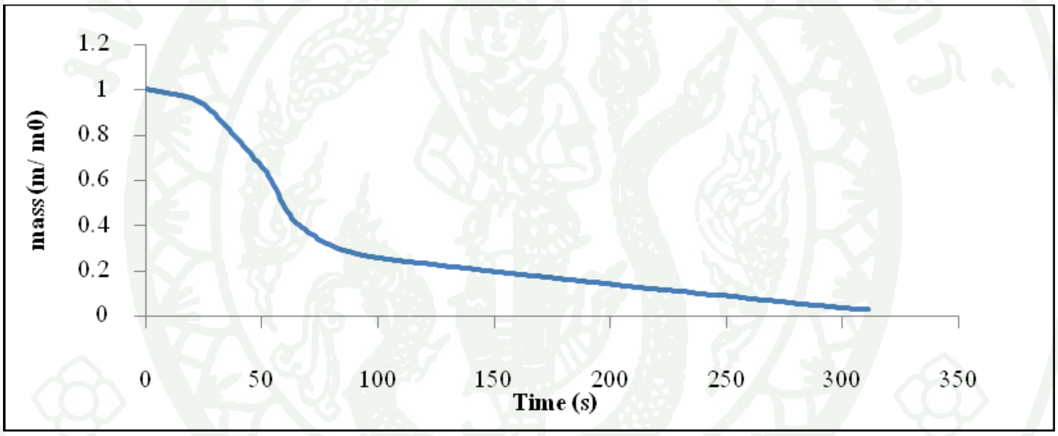


ภาพผนวกที่ ข27 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-1)

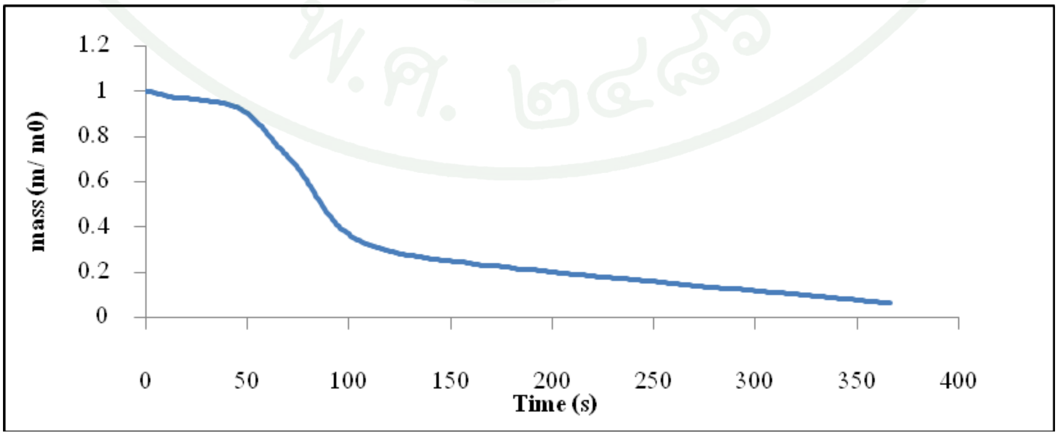
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข28 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-2)

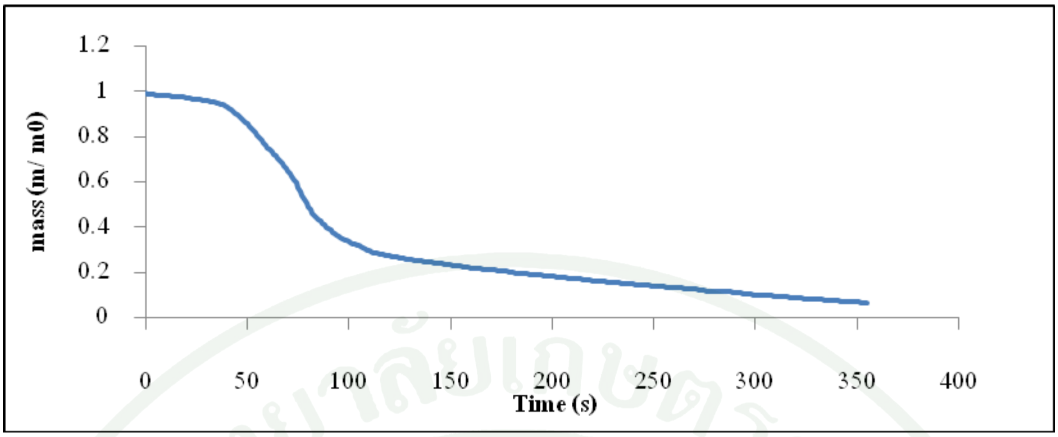


ภาพผนวกที่ ข29 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-3)

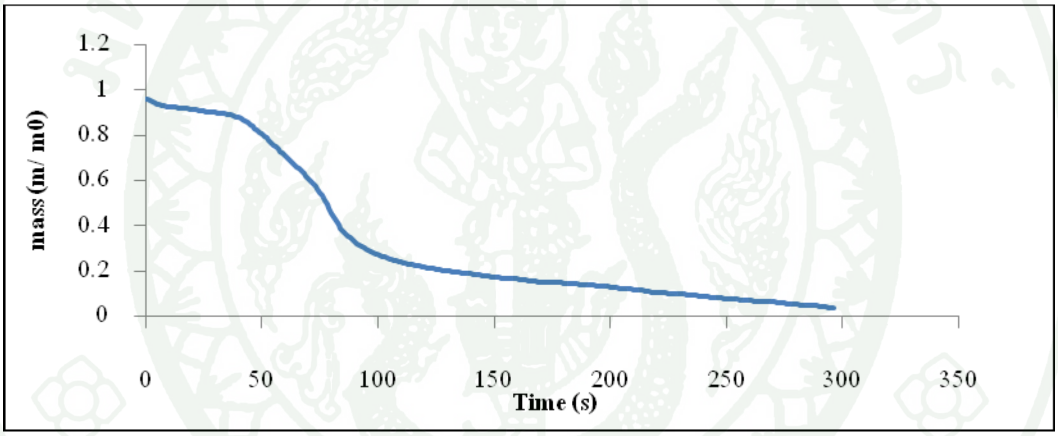


ภาพผนวกที่ ข30 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-1)

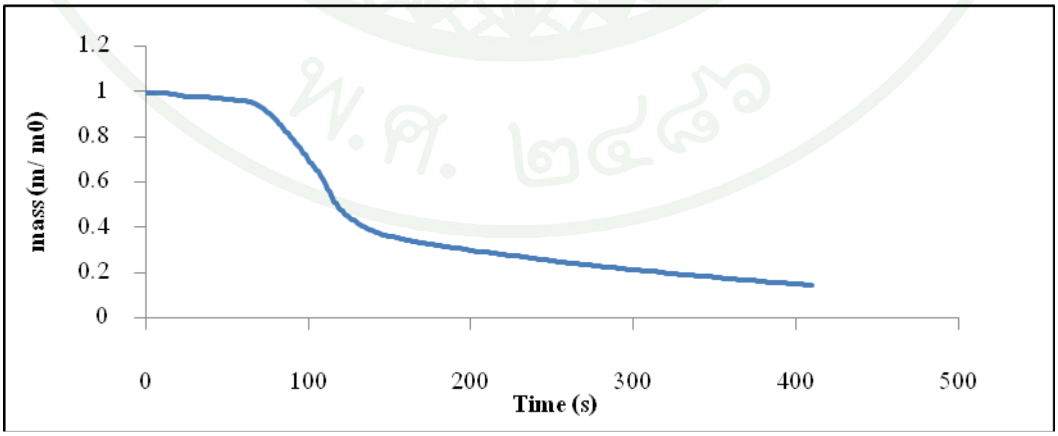
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข31 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-2)

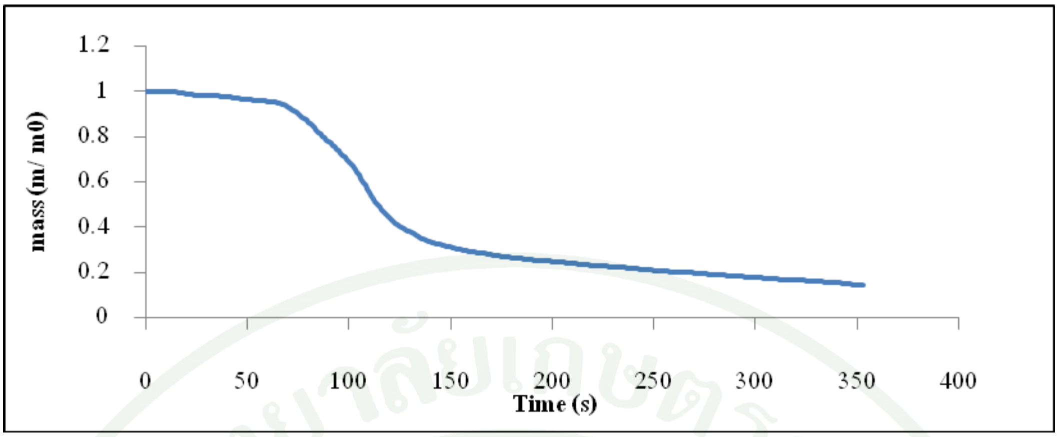


ภาพผนวกที่ ข32 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-3)

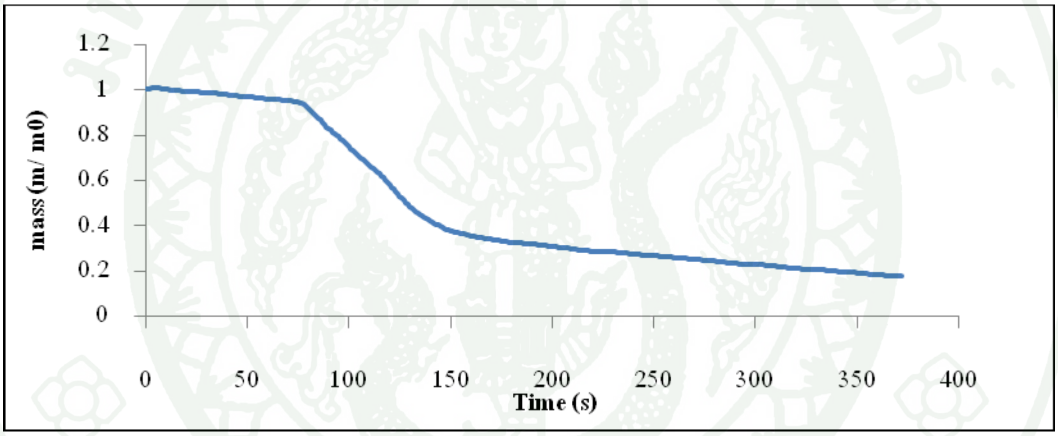


ภาพผนวกที่ ข33 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-1)

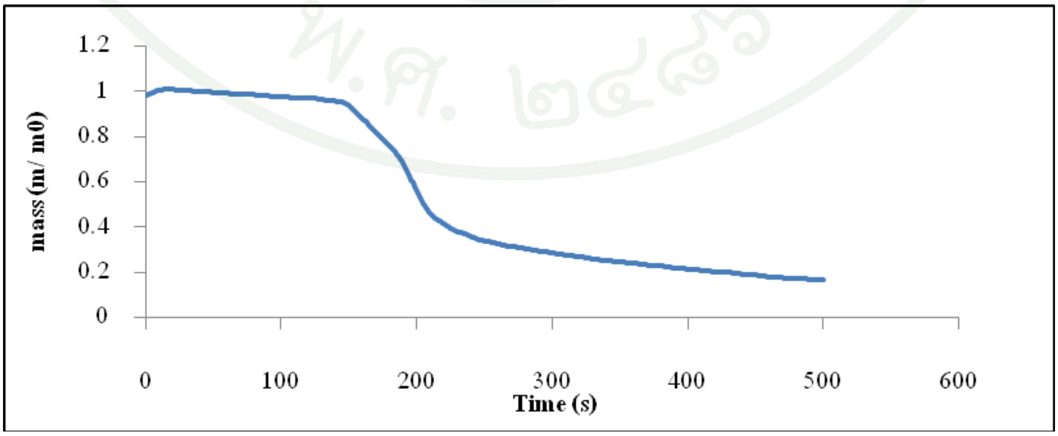
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข34 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-2)

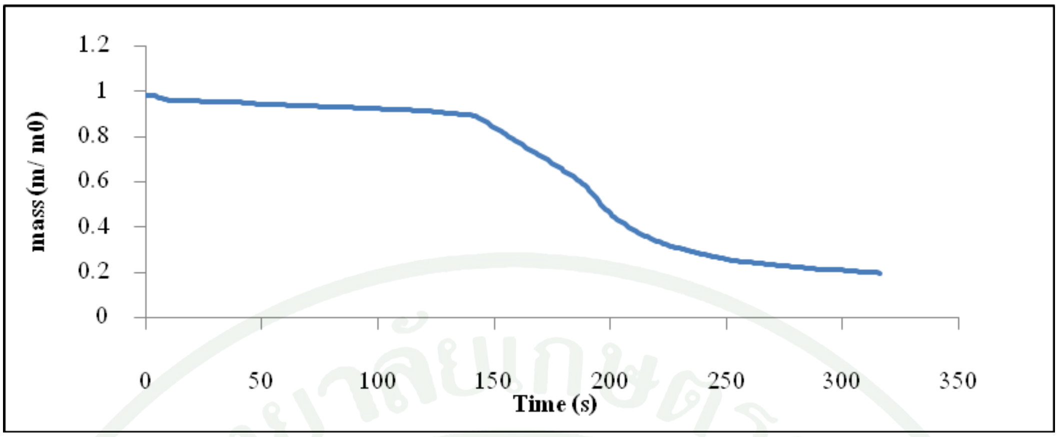


ภาพผนวกที่ ข35 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-3)

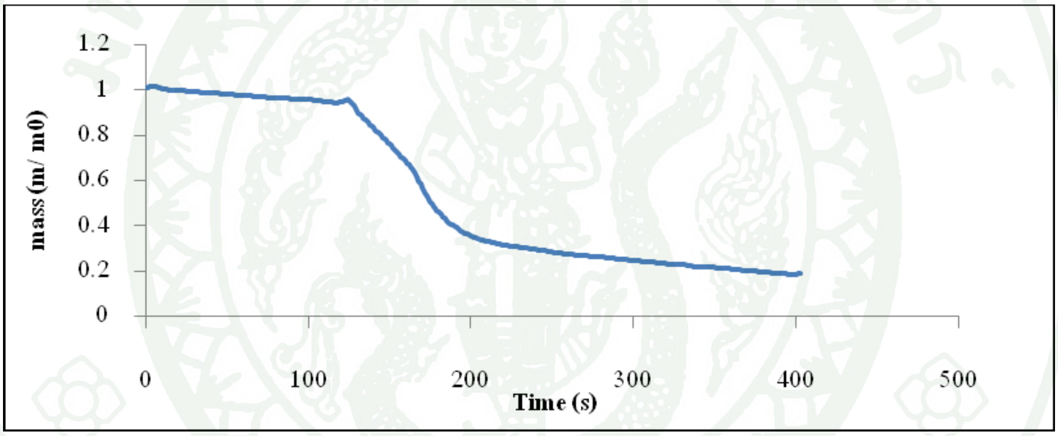


ภาพผนวกที่ ข36 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-1)

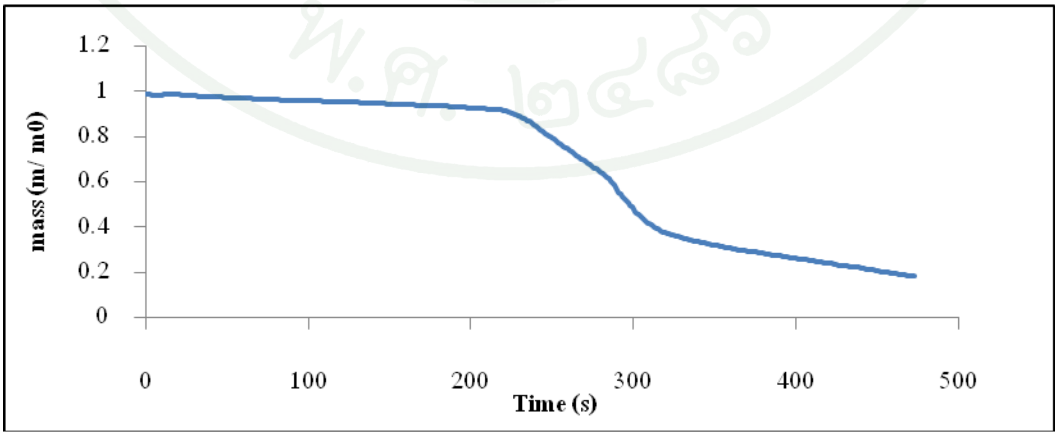
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข37 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-2)

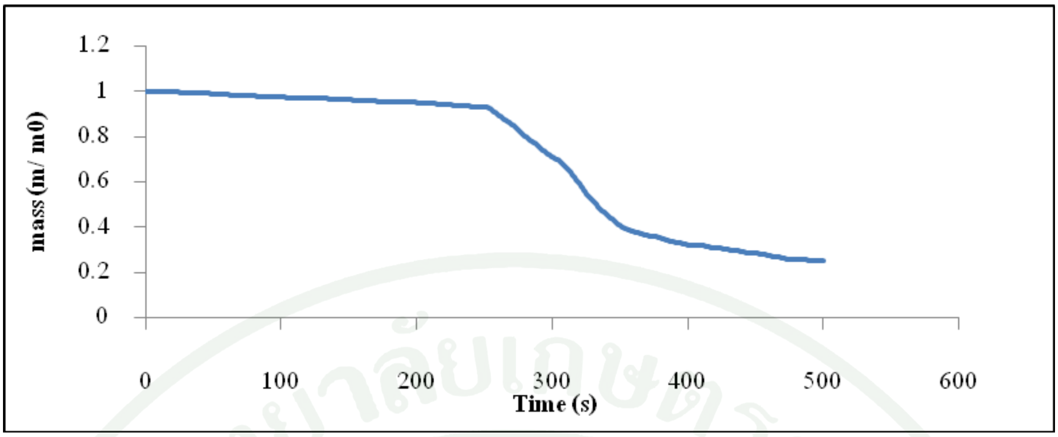


ภาพผนวกที่ ข38 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-3)

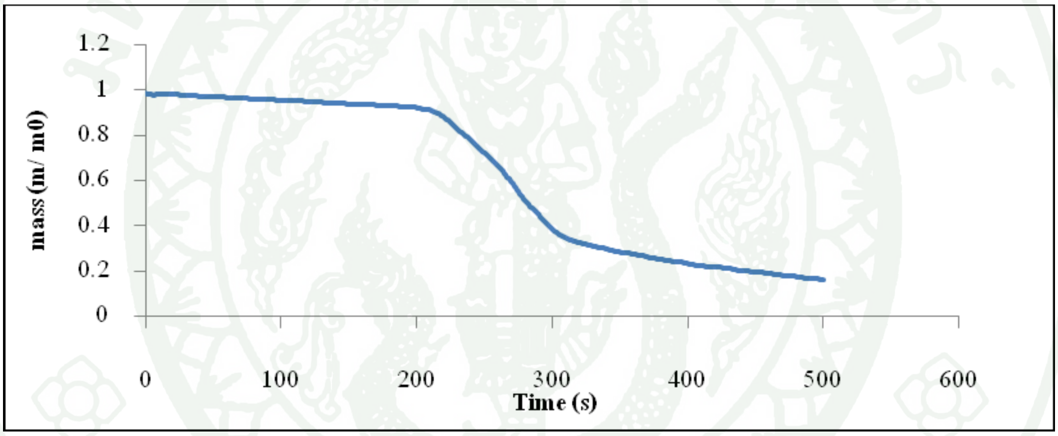


ภาพผนวกที่ ข39 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-1)

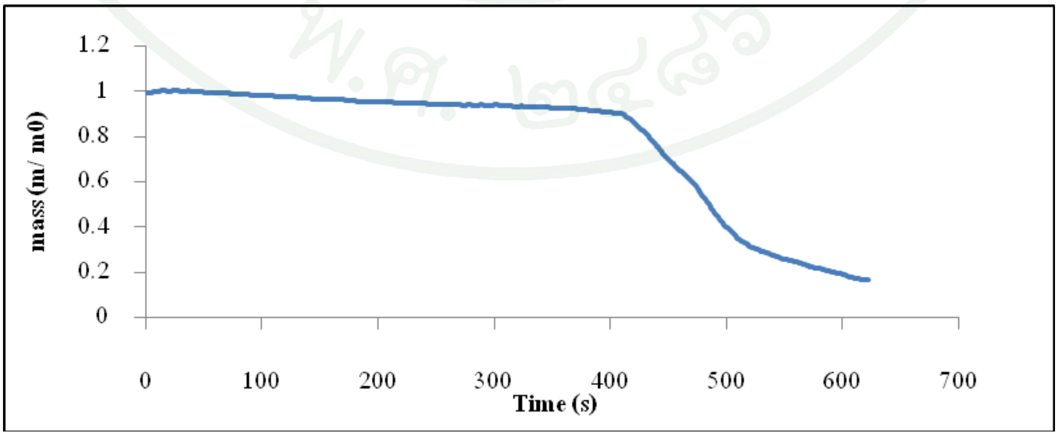
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข40 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-2)

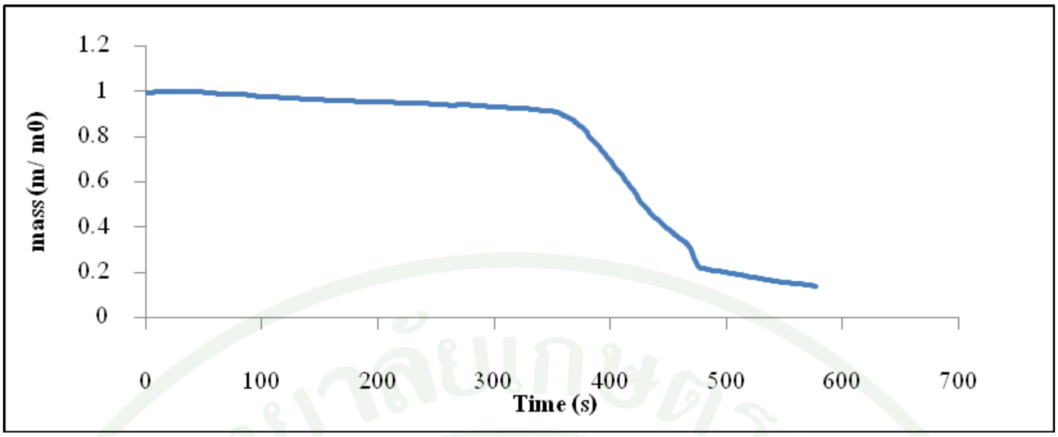


ภาพผนวกที่ ข41 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-3)

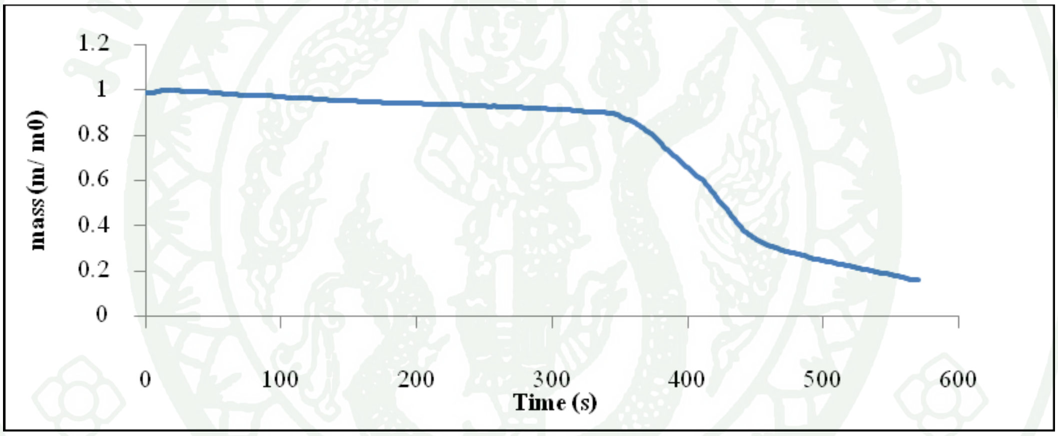


ภาพผนวกที่ ข42 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-1)

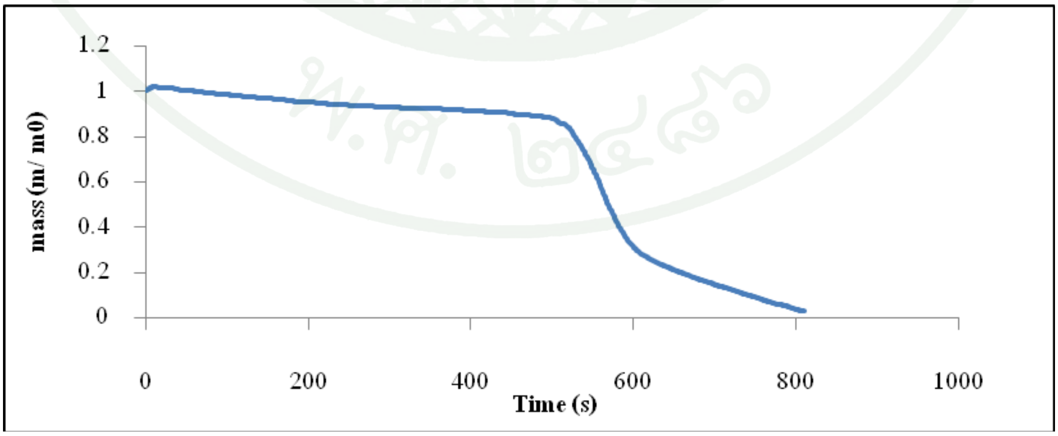
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



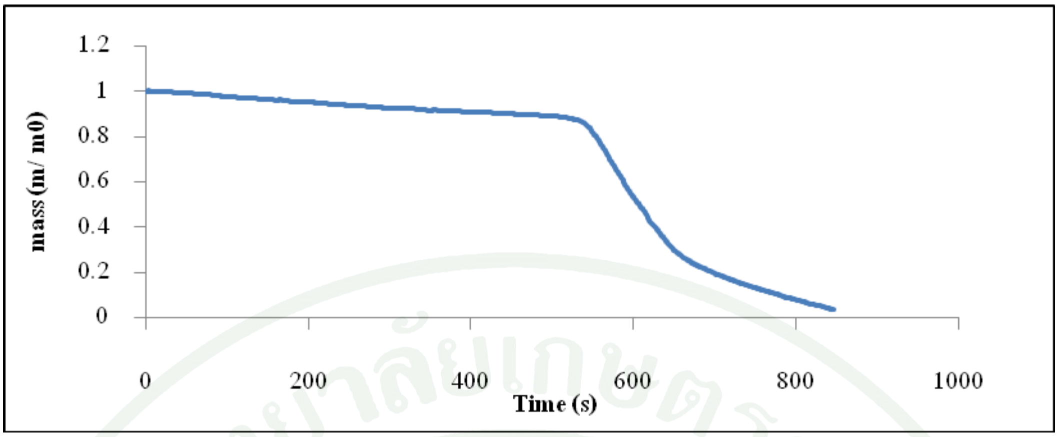
ภาพผนวกที่ ข43 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-2)



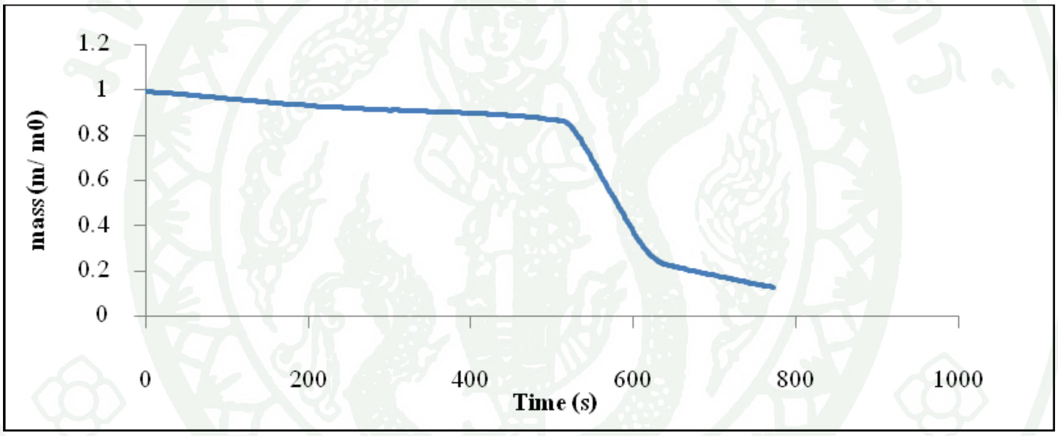
ภาพผนวกที่ ข44 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-3)



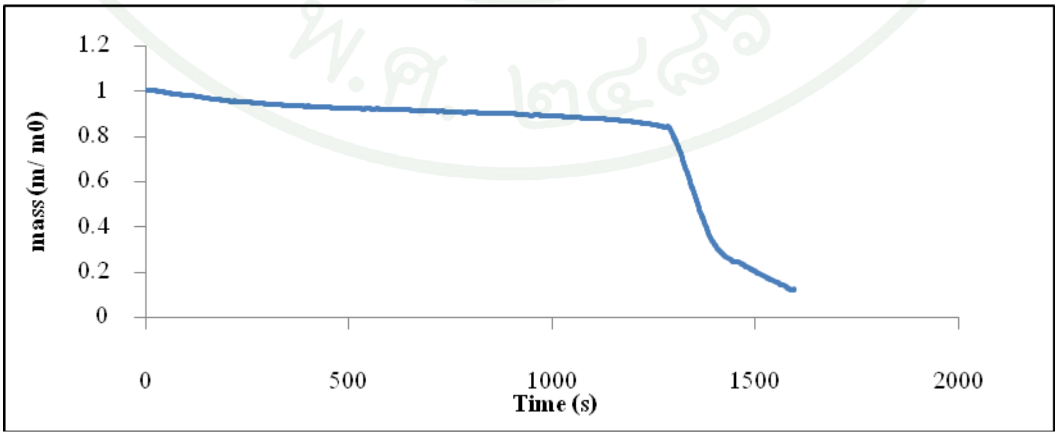
ภาพผนวกที่ ข45 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-1)



ภาพผนวกที่ ข46 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-2)

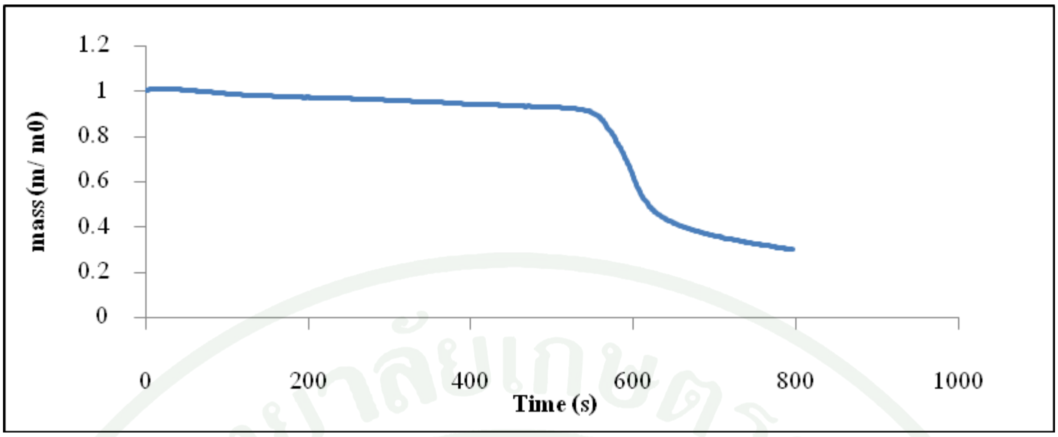


ภาพผนวกที่ ข47 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-3)

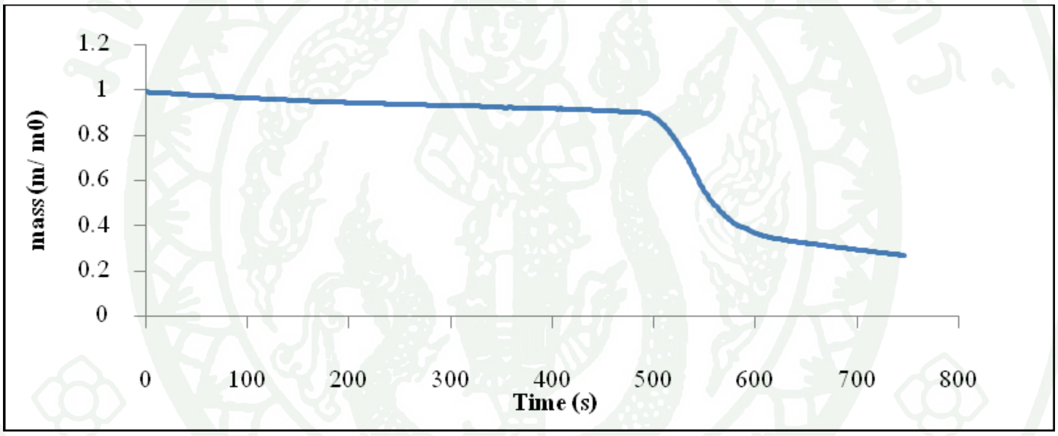


ภาพผนวกที่ ข48 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-1)

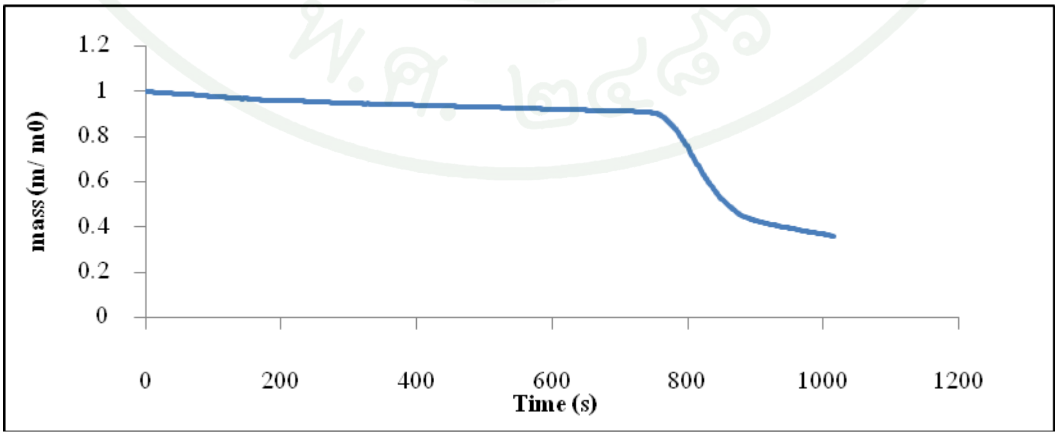
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข49 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-2)

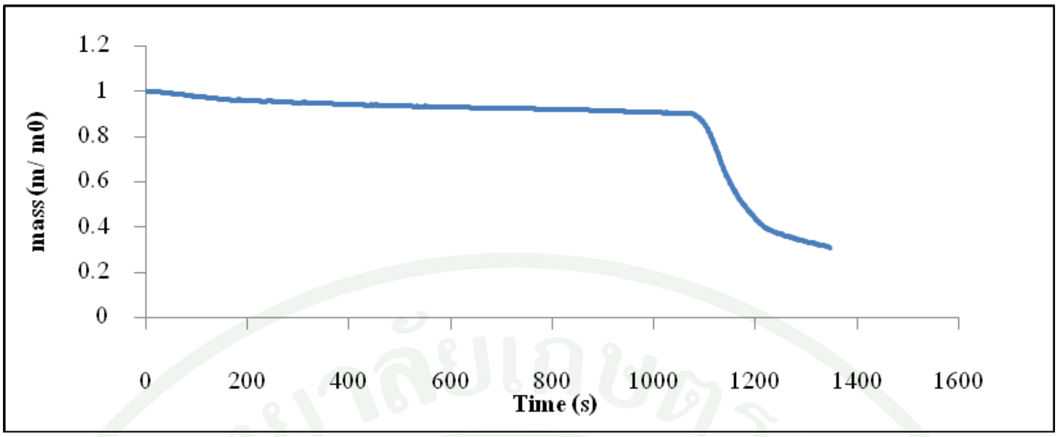


ภาพผนวกที่ ข50 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-3)

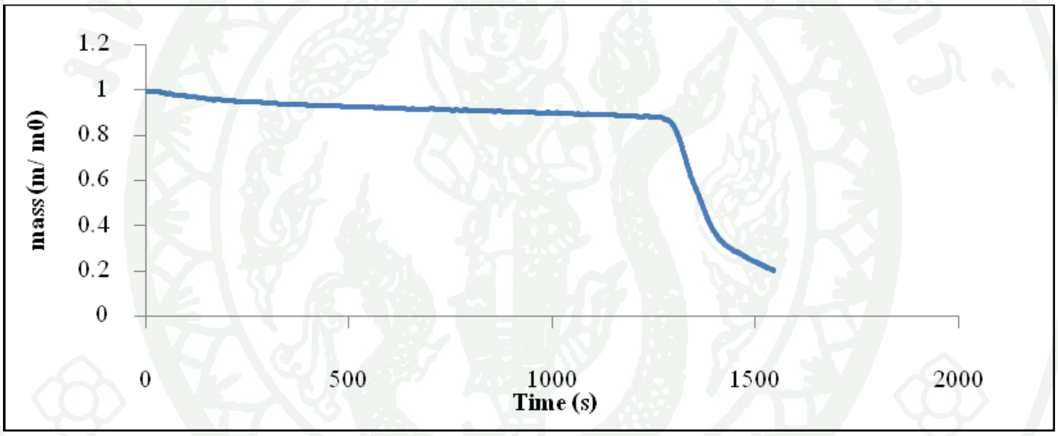


ภาพผนวกที่ ข51 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-1)

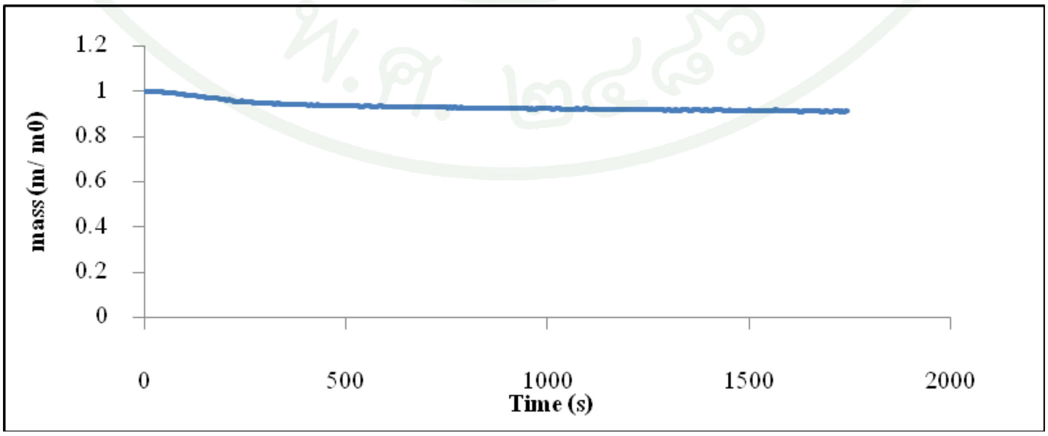
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข52 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-2)

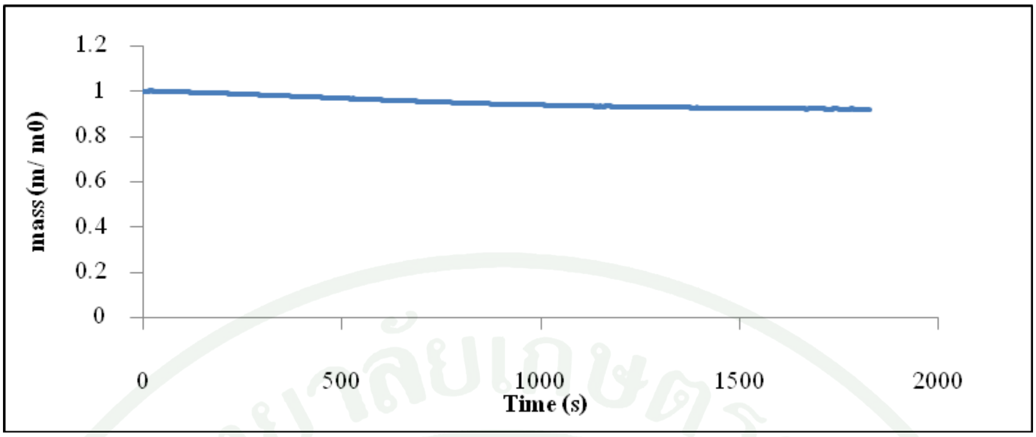


ภาพผนวกที่ ข53 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-3)

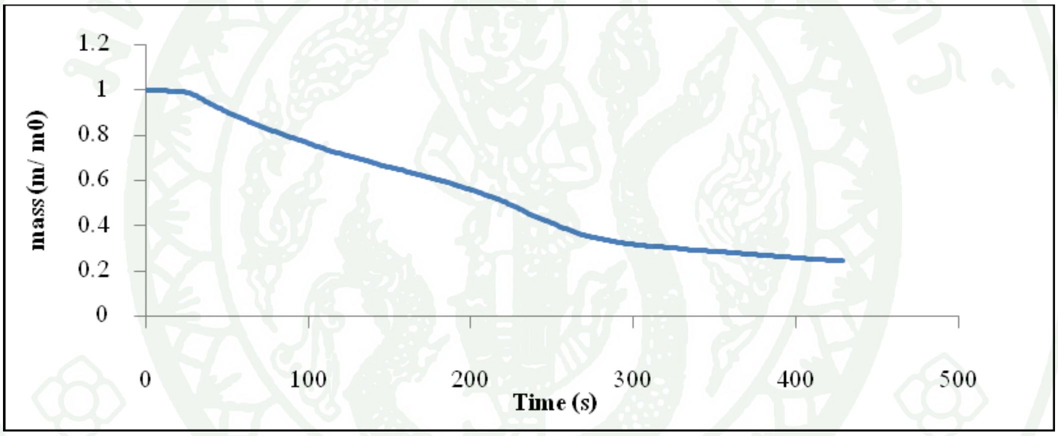


ภาพผนวกที่ ข54 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 4 kW/m^2 (MF3 4-1)

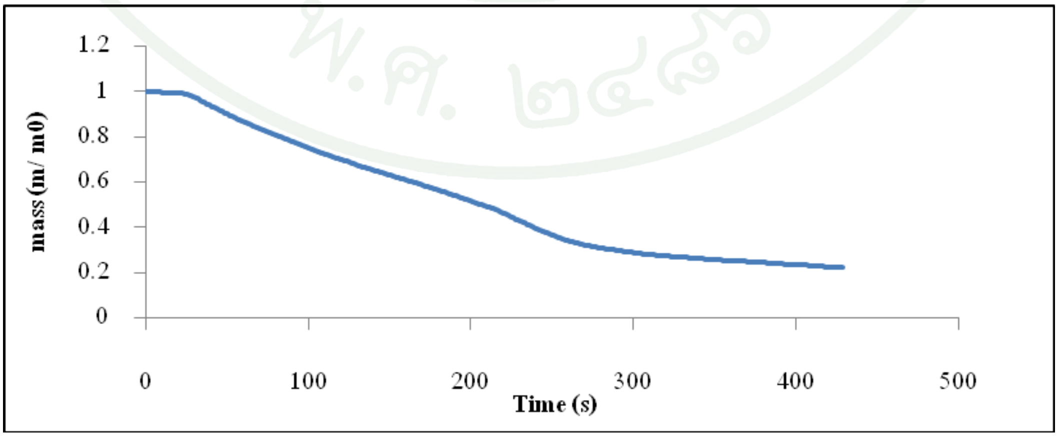
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข55 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา3mm ที่ 4 kW/m^2 (MF3 4-2)

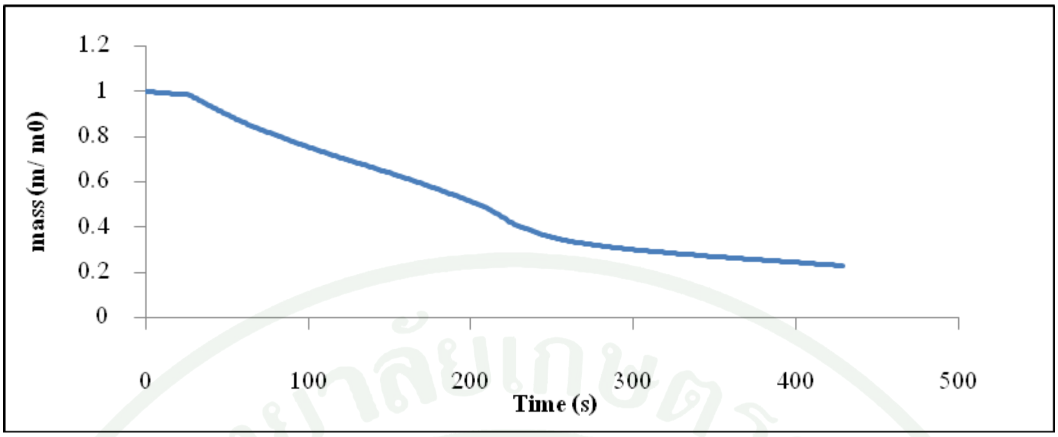


ภาพผนวกที่ ข56 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-1)

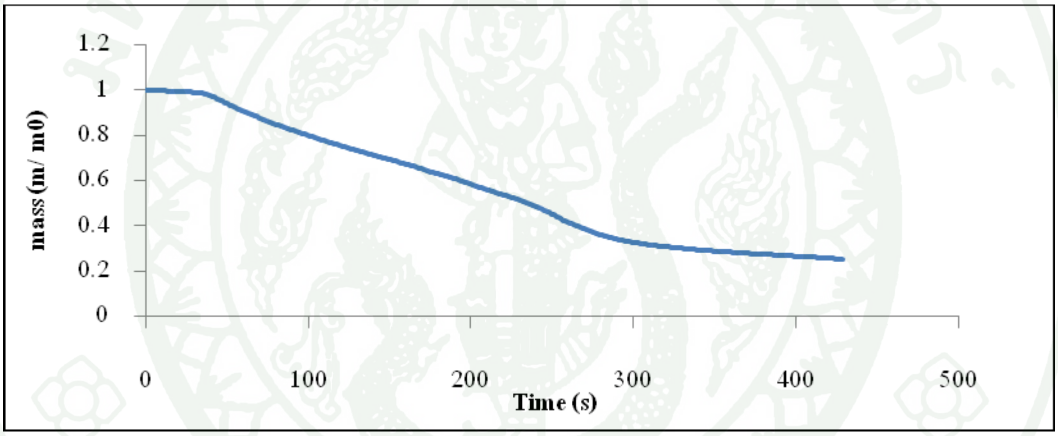


ภาพผนวกที่ ข57 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-2)

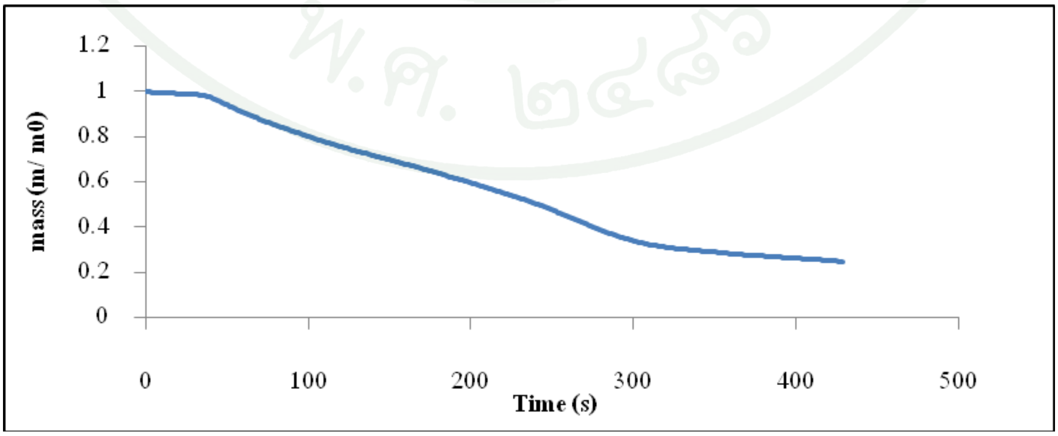
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข58 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-3)

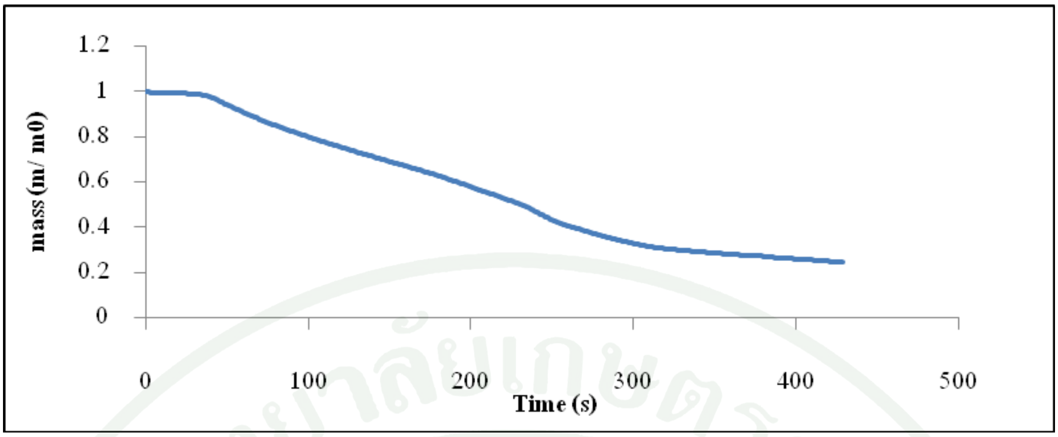


ภาพผนวกที่ ข59 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-1)

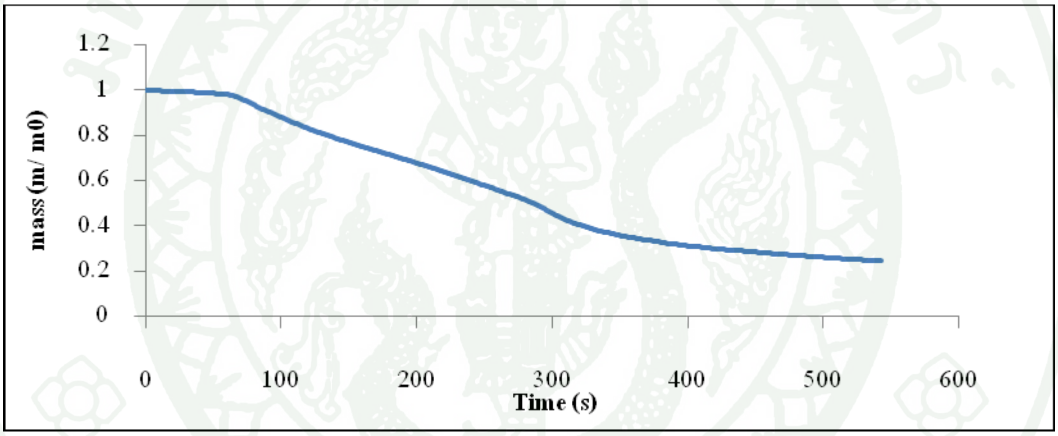


ภาพผนวกที่ ข60 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-2)

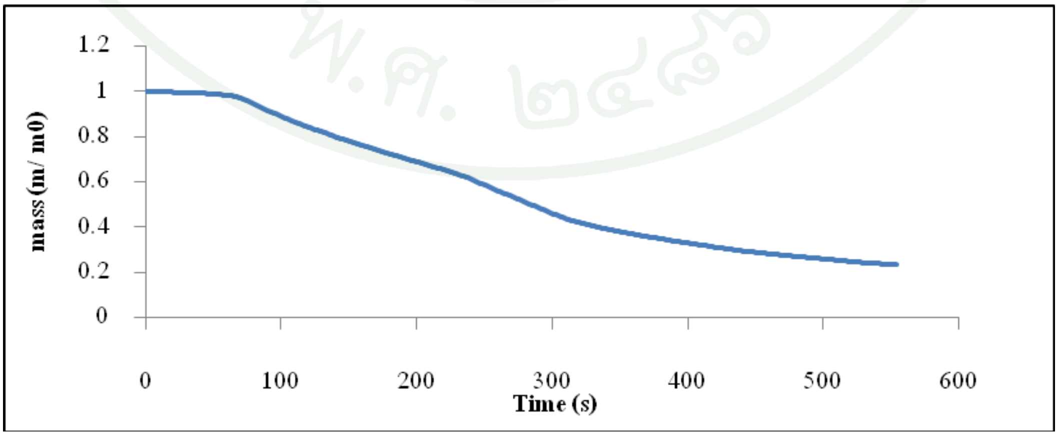
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข61 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา16mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-3)

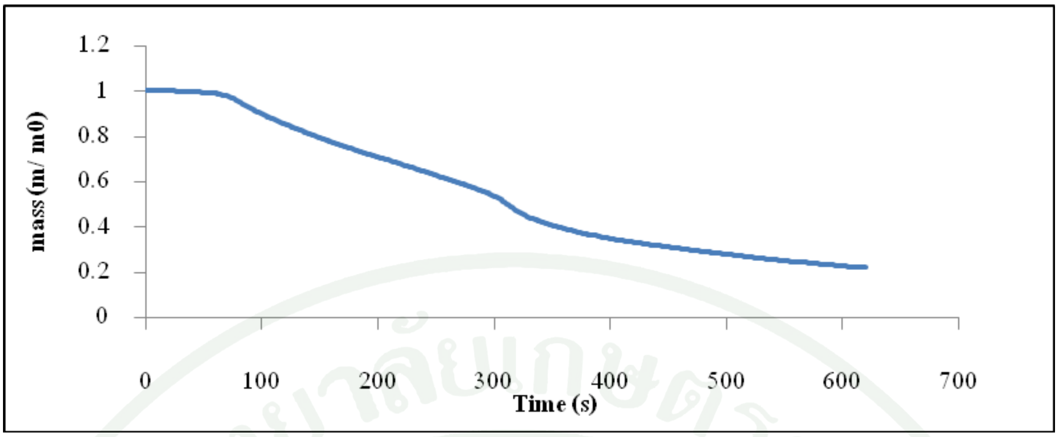


ภาพผนวกที่ ข62 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา16mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-1)

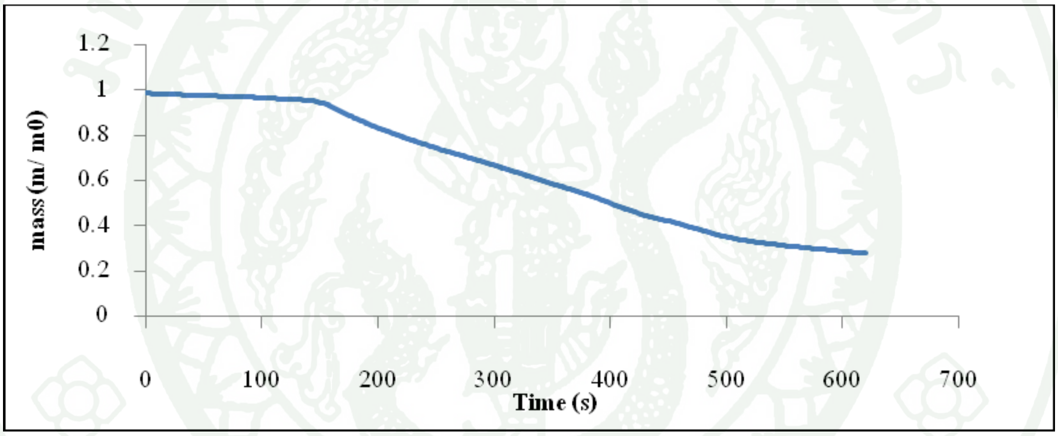


ภาพผนวกที่ ข63 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา16mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-2)

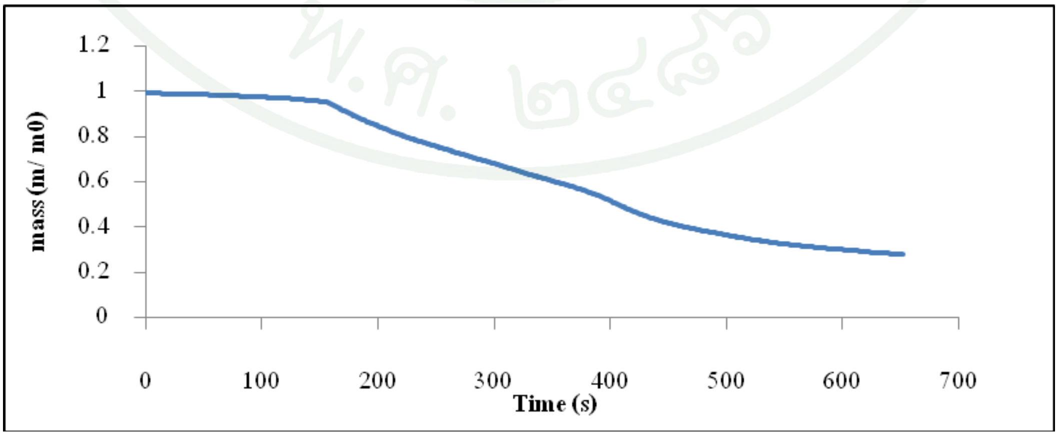
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข64 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-3)

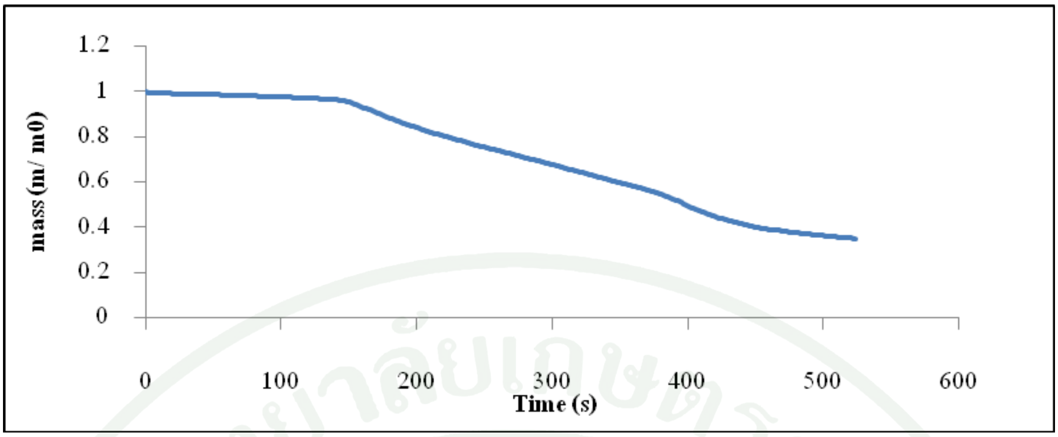


ภาพผนวกที่ ข65 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-1)

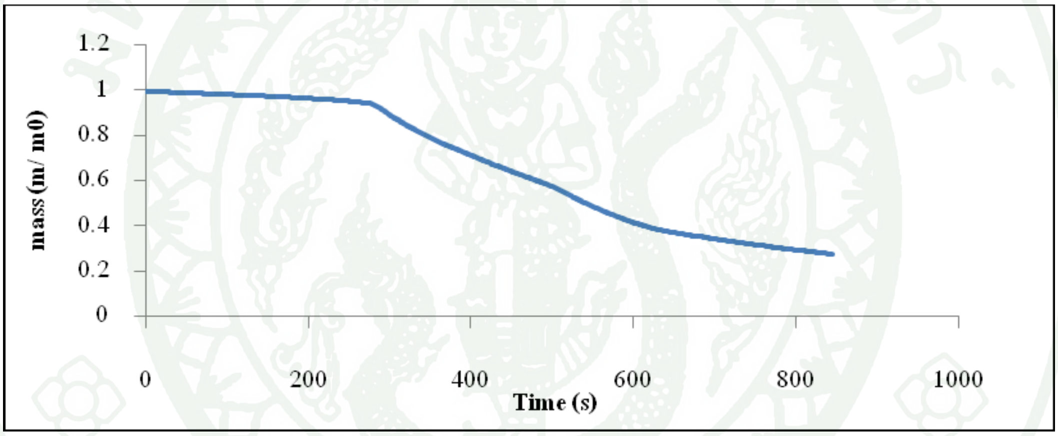


ภาพผนวกที่ ข66 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-2)

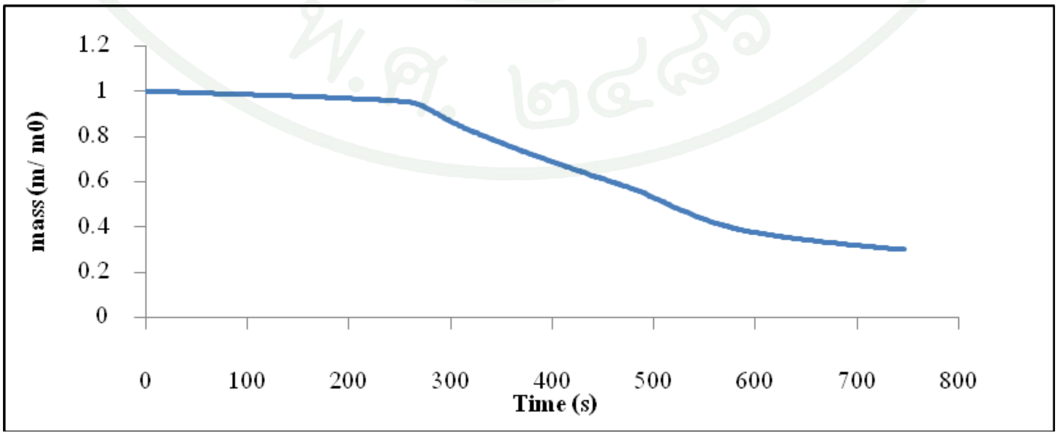
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข67 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-3)

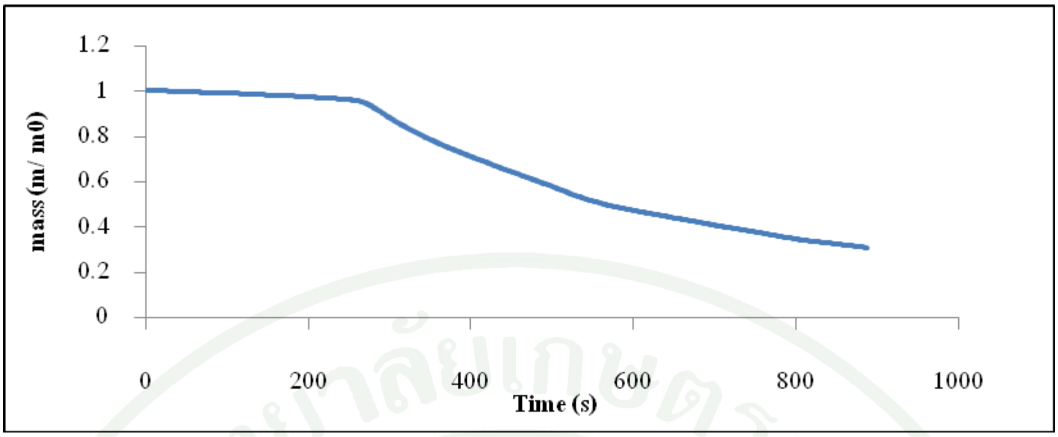


ภาพผนวกที่ ข68 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-1)

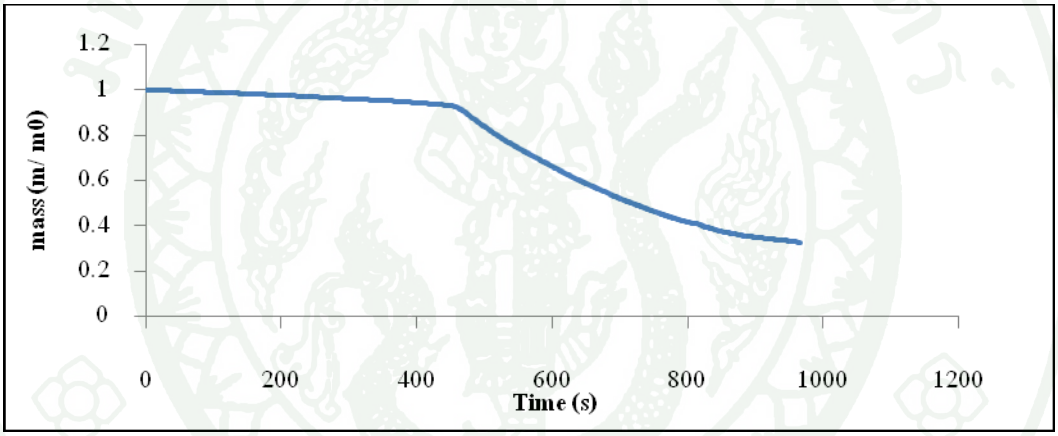


ภาพผนวกที่ ข69 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-2)

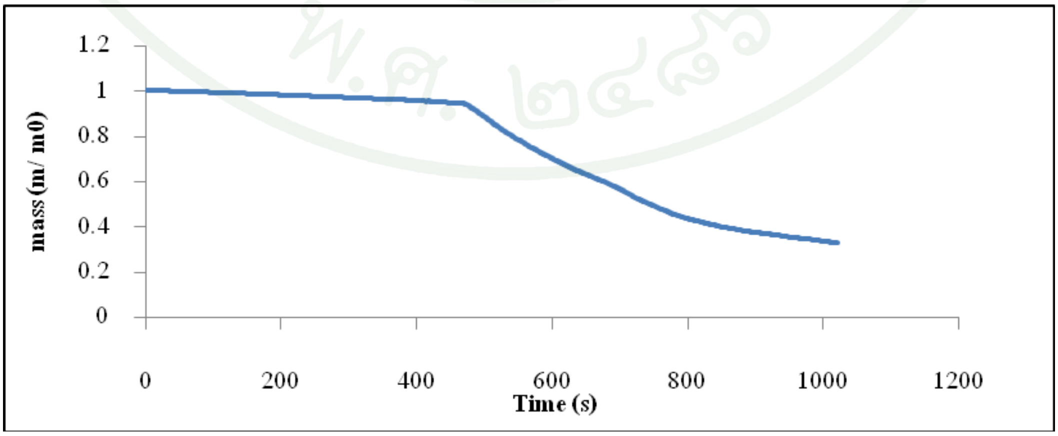
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข70 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-3)

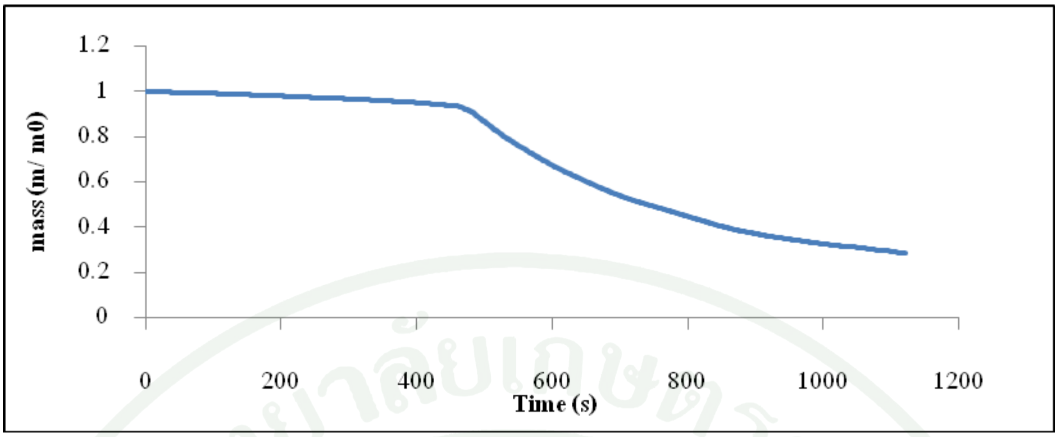


ภาพผนวกที่ ข71 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-1)

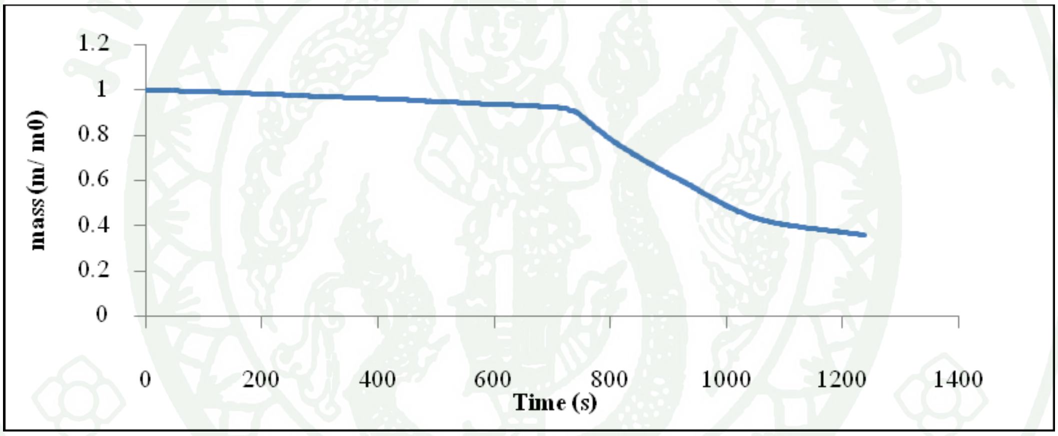


ภาพผนวกที่ ข72 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-2)

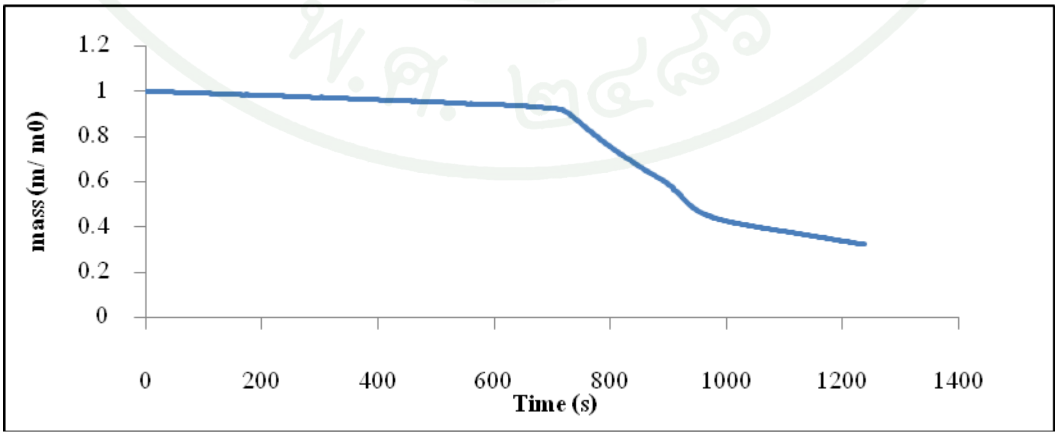
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข73 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-3)

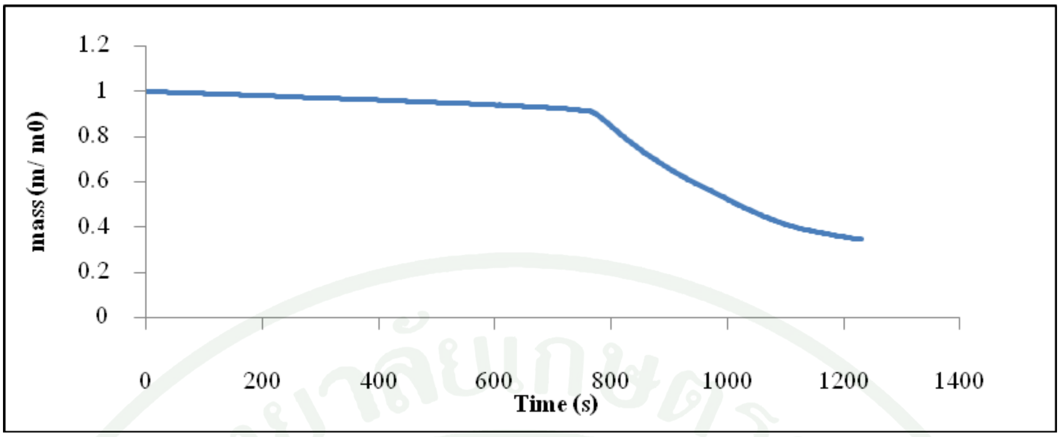


ภาพผนวกที่ ข74 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-1)

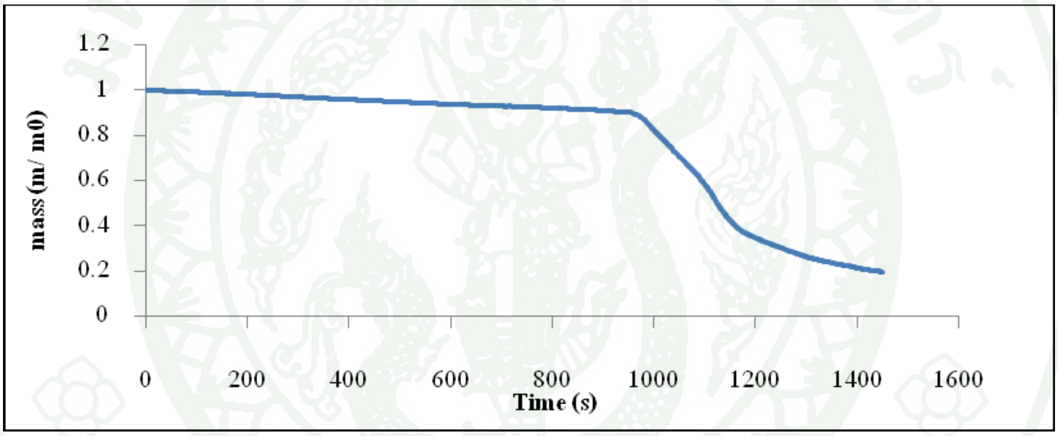


ภาพผนวกที่ ข75 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-2)

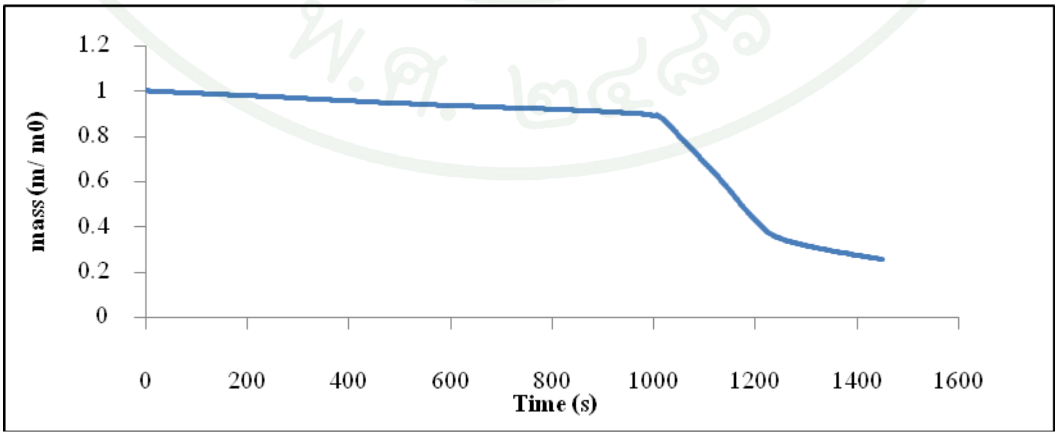
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข76 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-3)

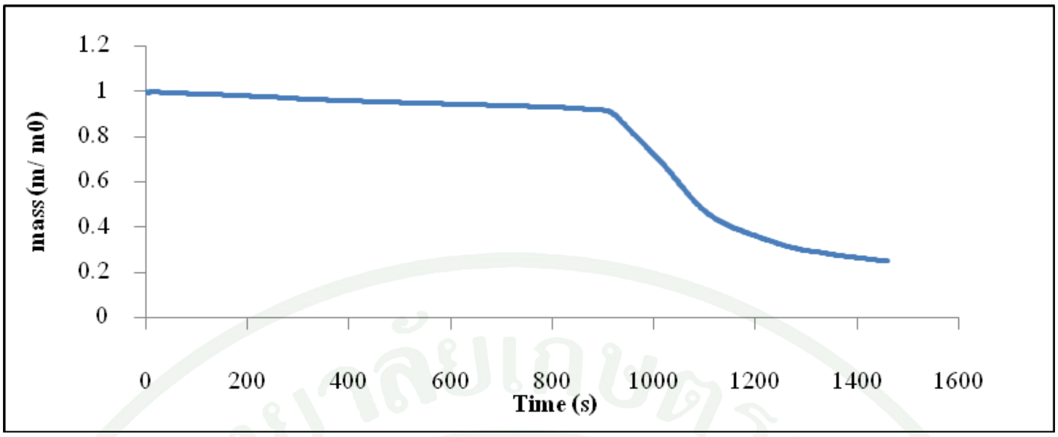


ภาพผนวกที่ ข77 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-1)

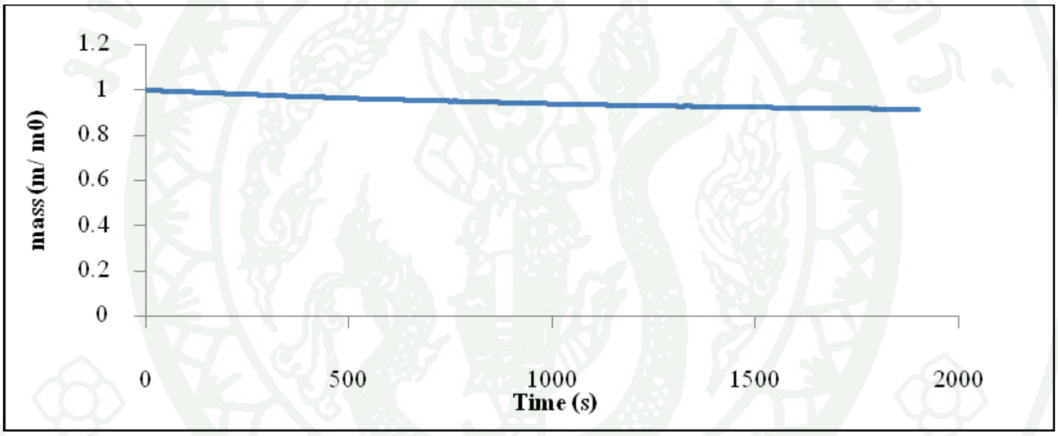


ภาพผนวกที่ ข78 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-2)

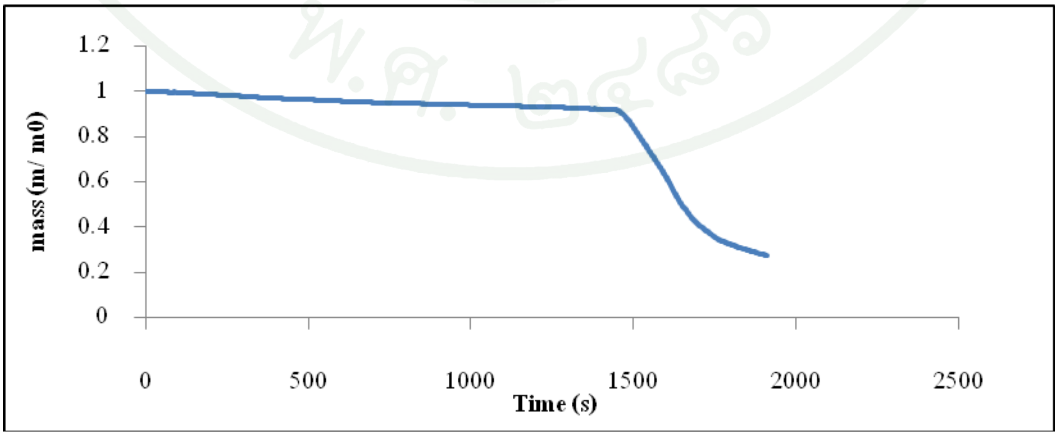
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข79 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา16mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-3)

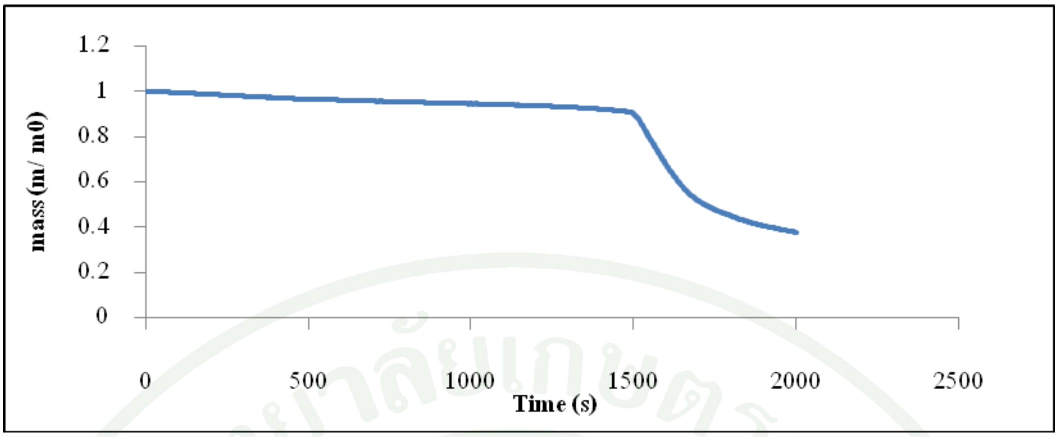


ภาพผนวกที่ ข80 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา16mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-1)

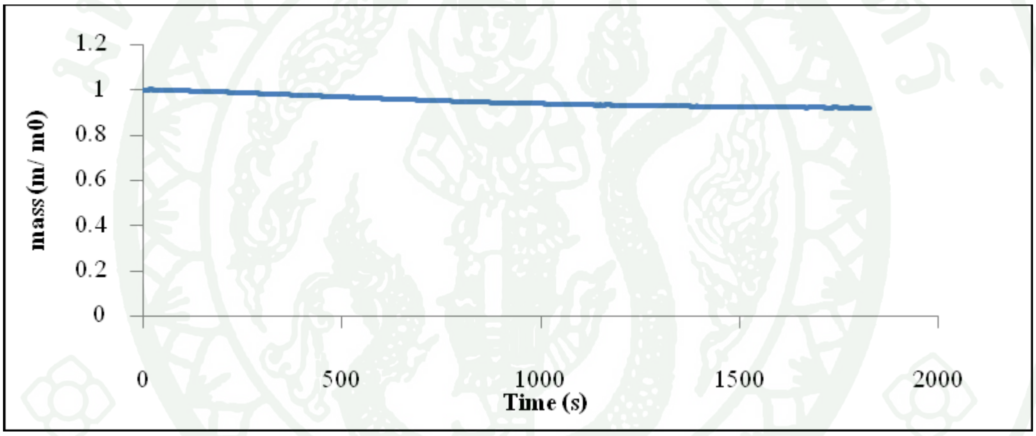


ภาพผนวกที่ ข81 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา16mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-2)

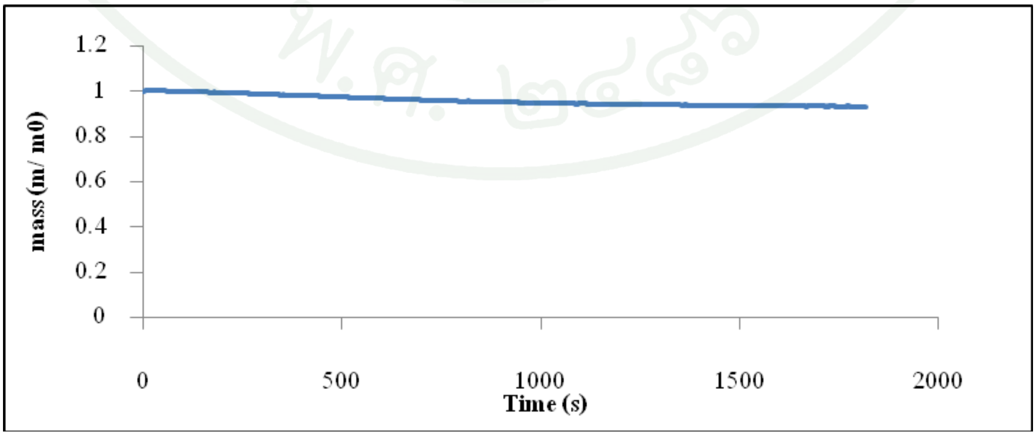
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข82 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-3)

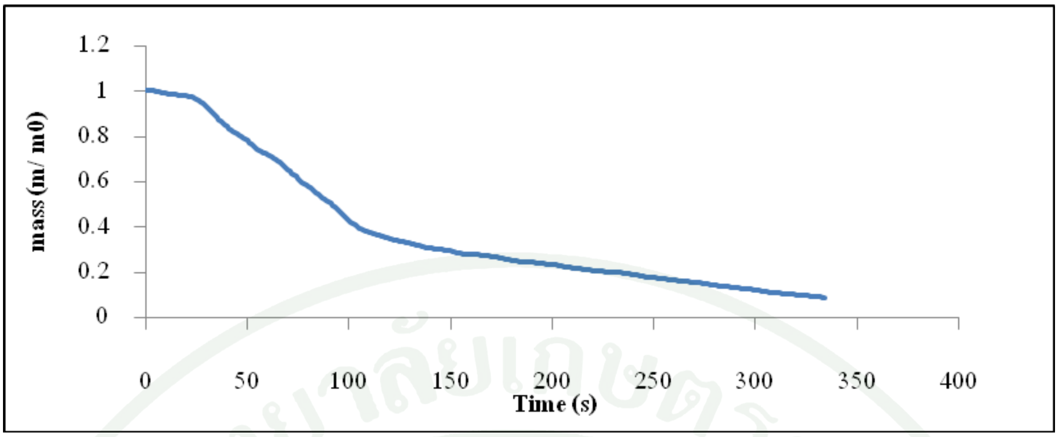


ภาพผนวกที่ ข83 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 4 kW/m^2 (MF6 4-1)

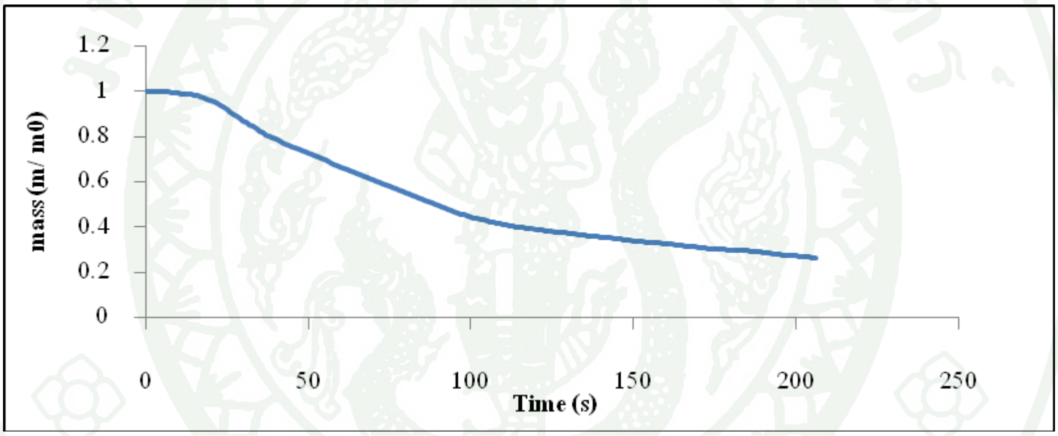


ภาพผนวกที่ ข84 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ MDF หนา6mm ที่ 4 kW/m^2 (MF6 4-2)

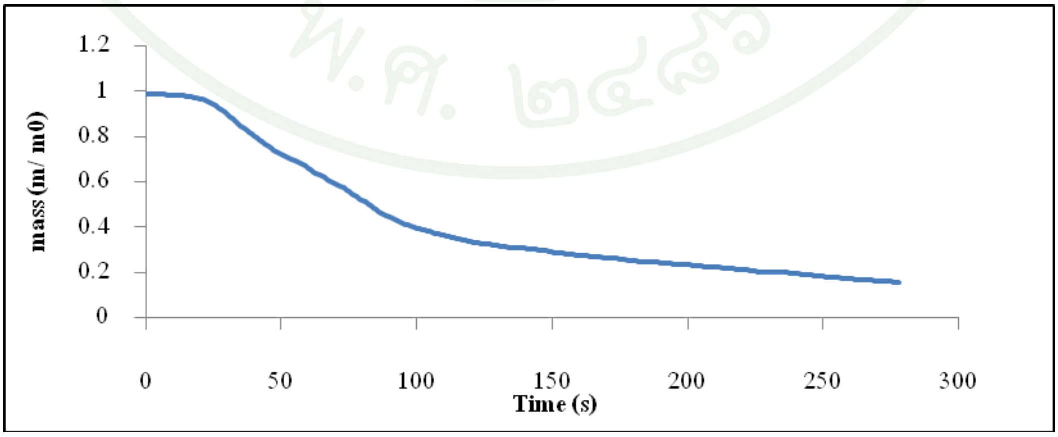
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข85 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY4 50-1)

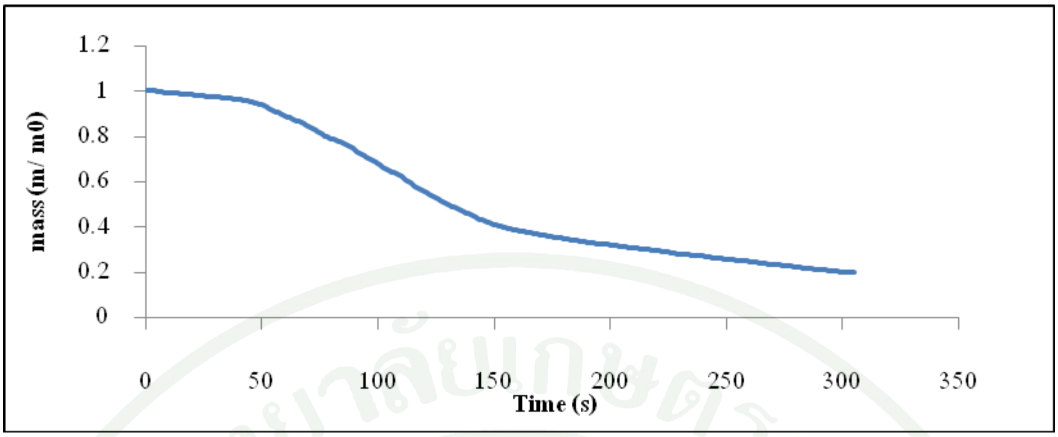


ภาพผนวกที่ ข86 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY4 50-2)

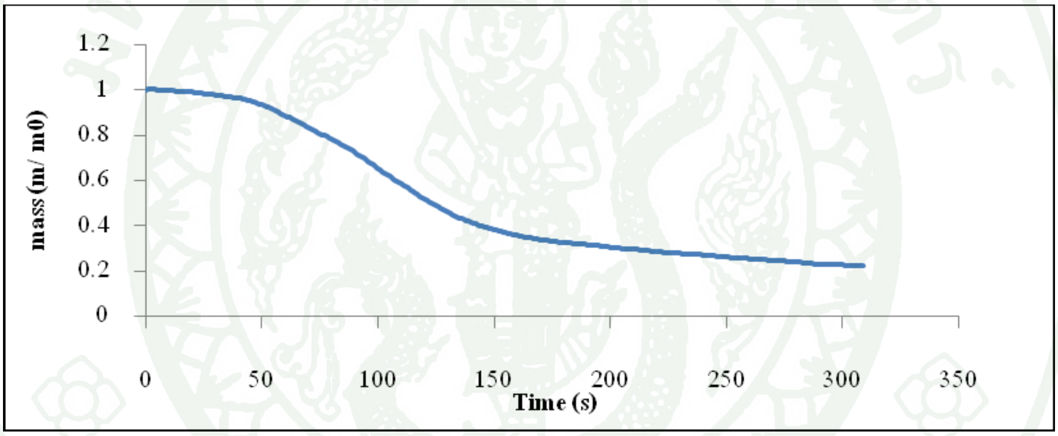


ภาพผนวกที่ ข87 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY4 50-3)

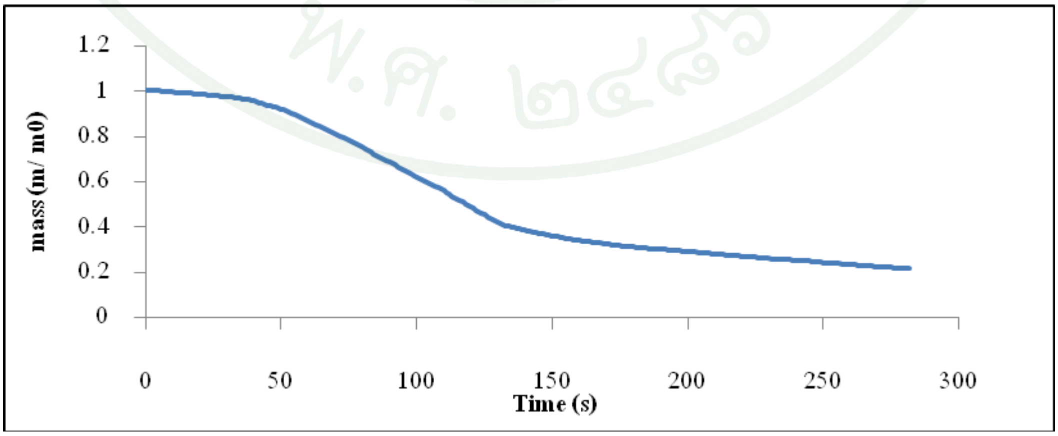
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข88 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY4 40-1)

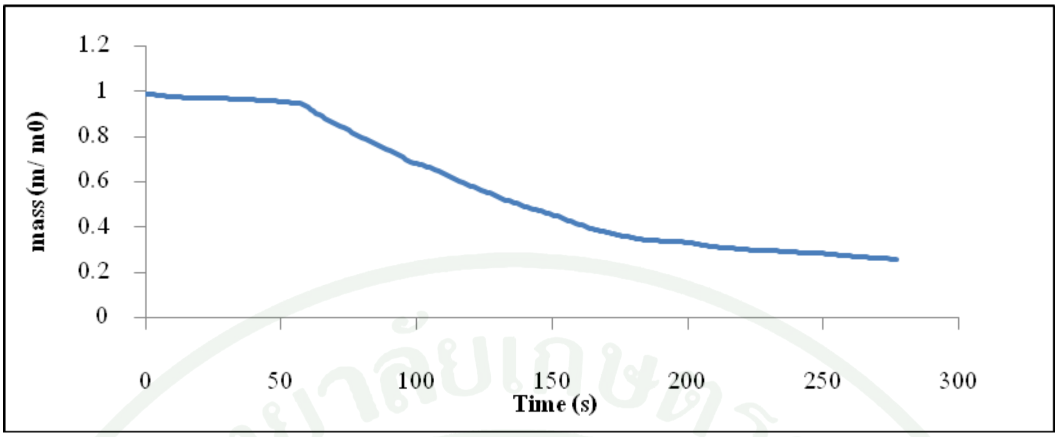


ภาพผนวกที่ ข89 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY4 40-2)

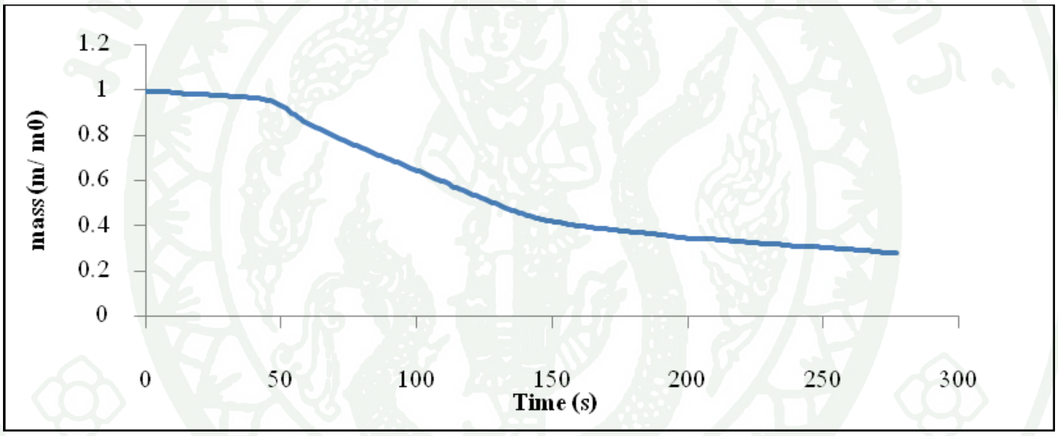


ภาพผนวกที่ ข90 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY4 40-3)

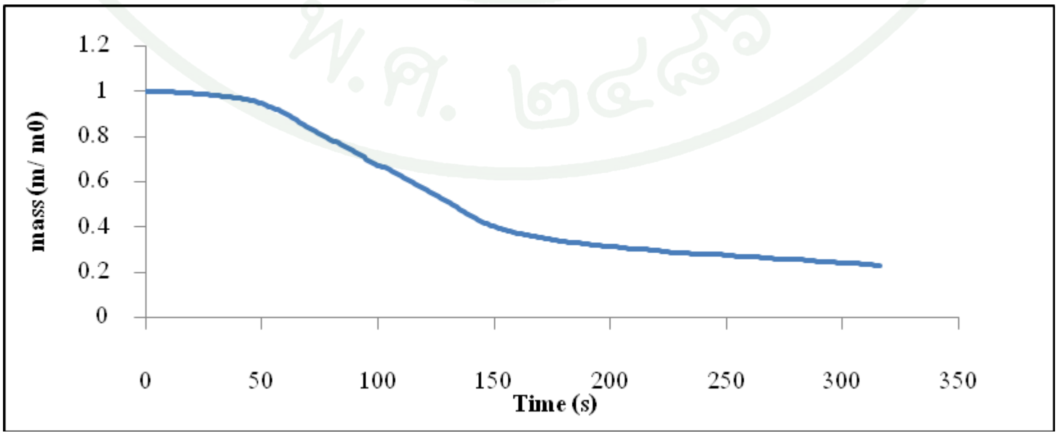
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข91 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 30-1)

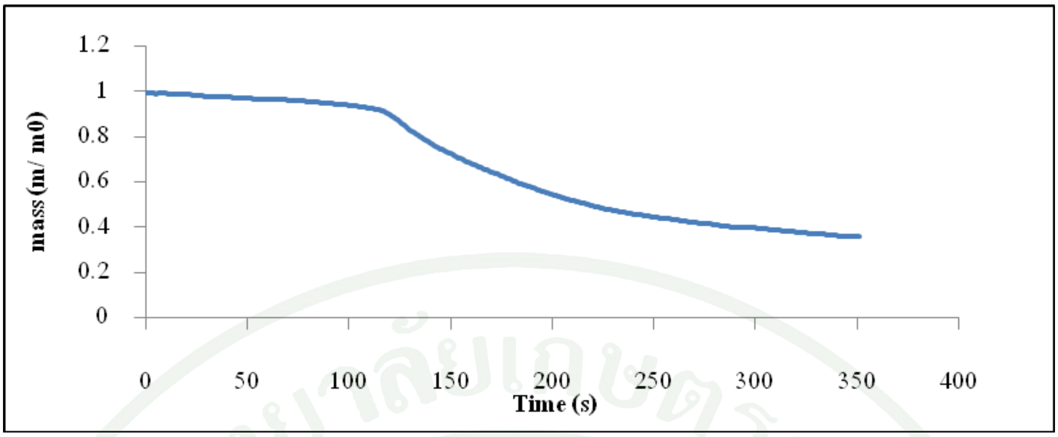


ภาพผนวกที่ ข92 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 30-2)

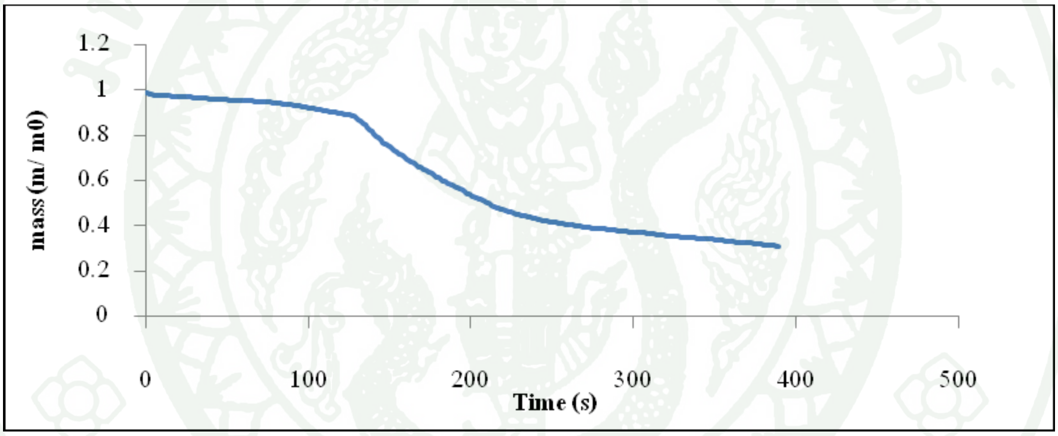


ภาพผนวกที่ ข93 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 30-3)

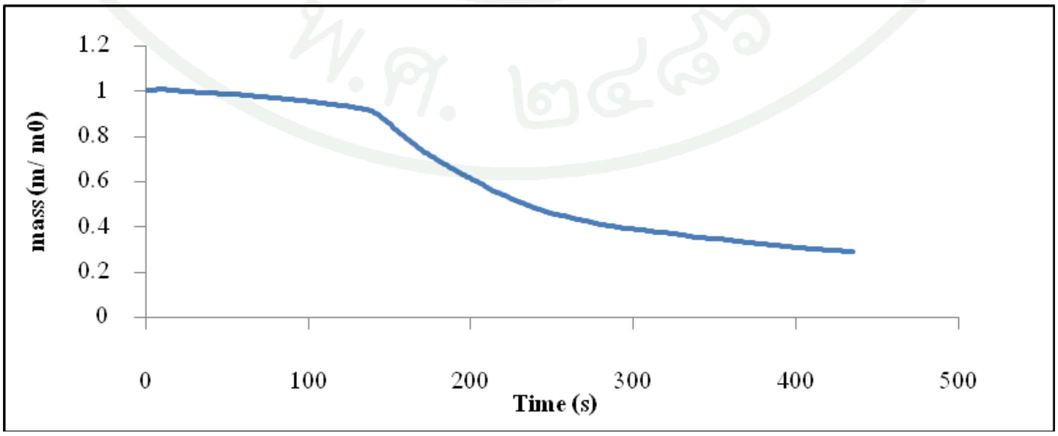
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข94 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 20-1)

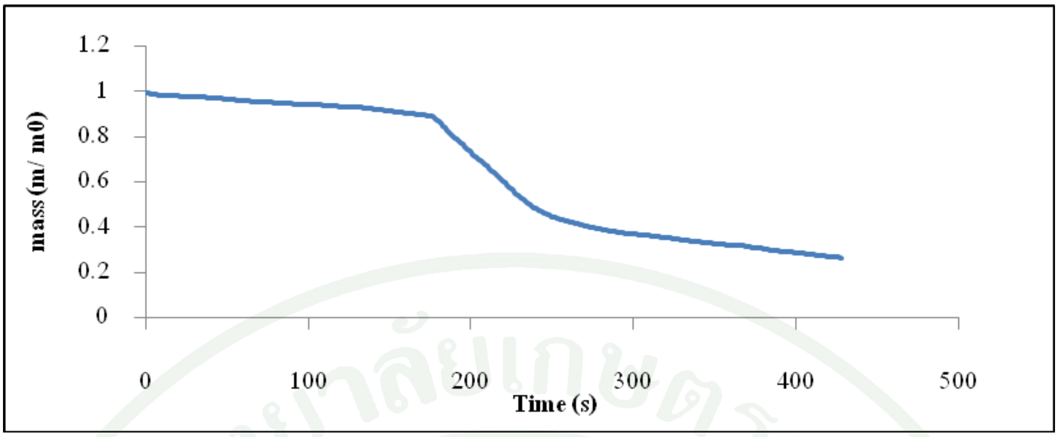


ภาพผนวกที่ ข95 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 20-2)

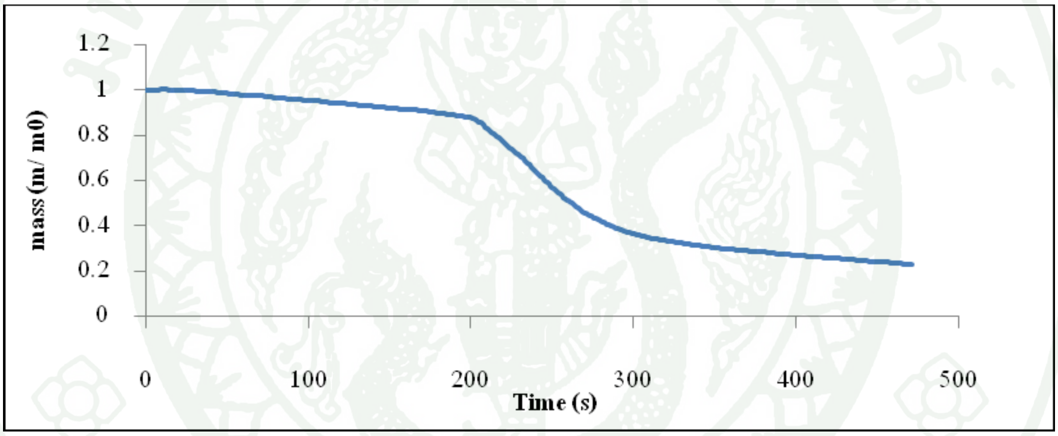


ภาพผนวกที่ ข96 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 20-3)

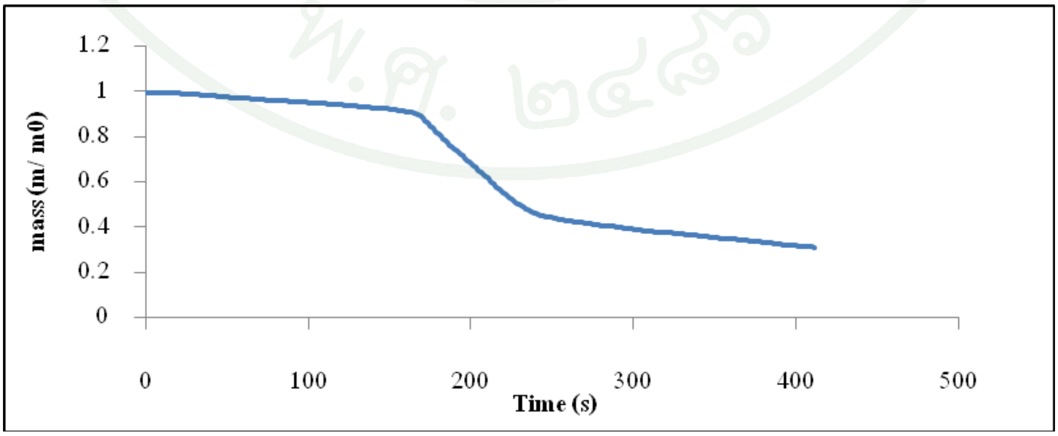
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข97 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-1)

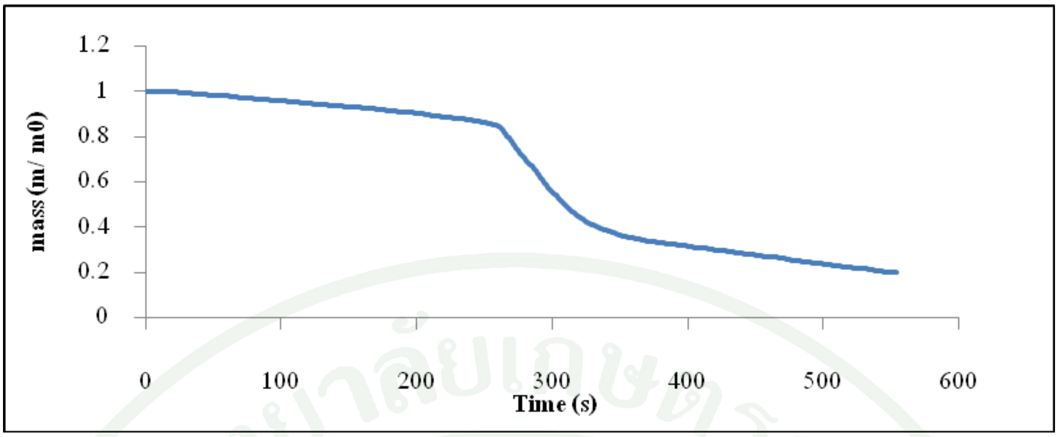


ภาพผนวกที่ ข98 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-2)

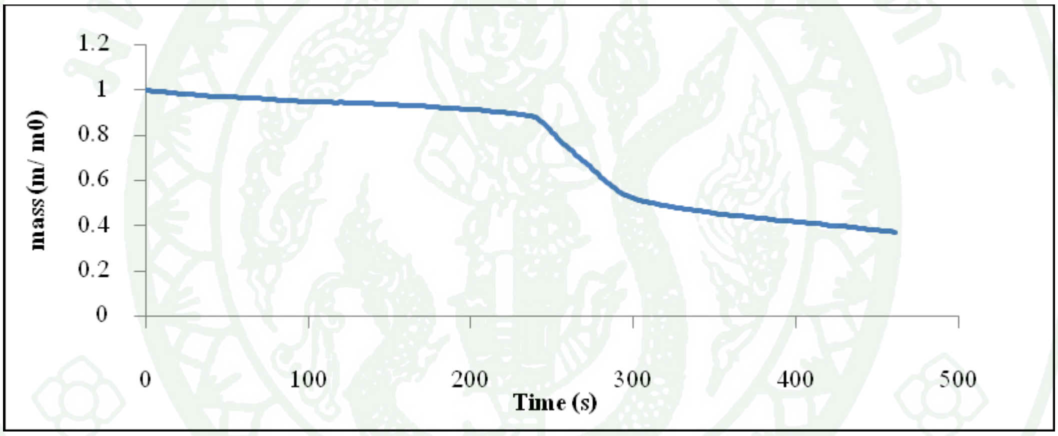


ภาพผนวกที่ ข99 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-3)

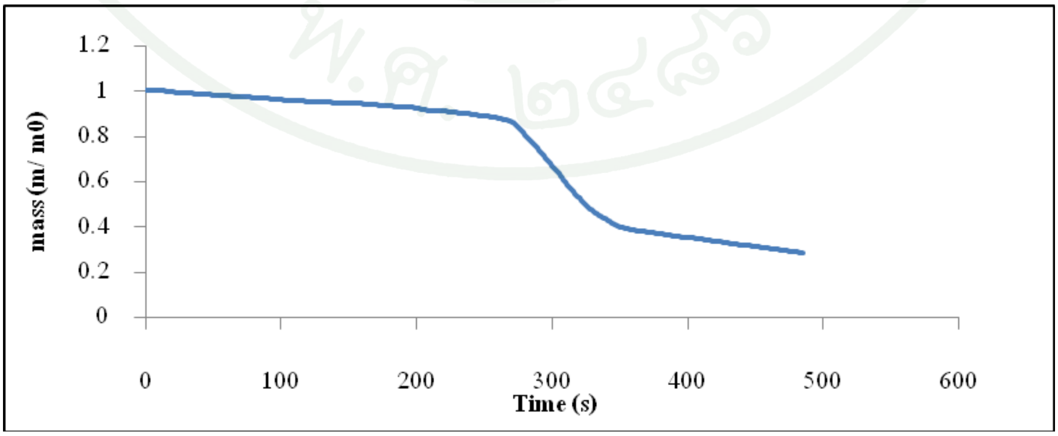
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข100 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-1)

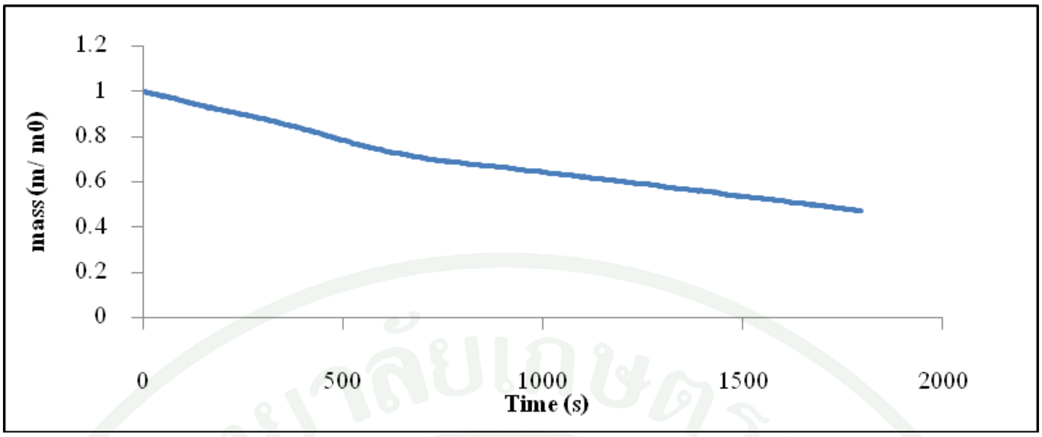


ภาพผนวกที่ ข101 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-2)

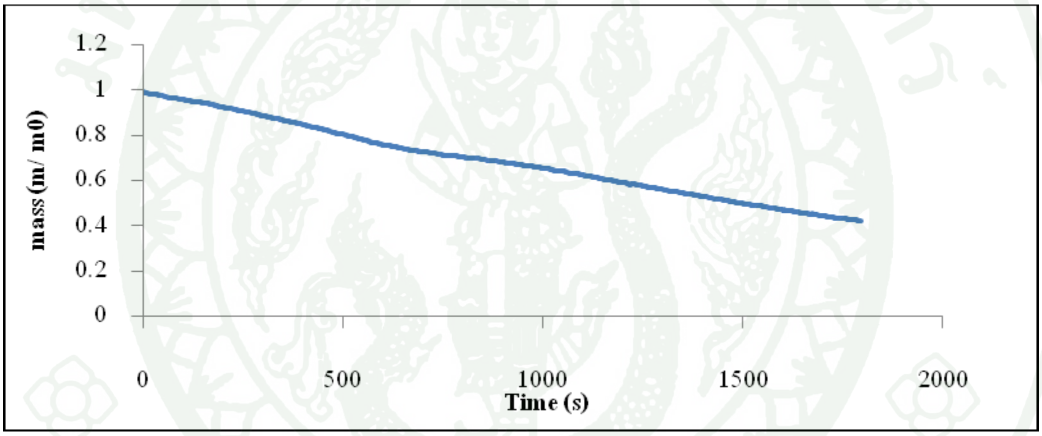


ภาพผนวกที่ ข102 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-3)

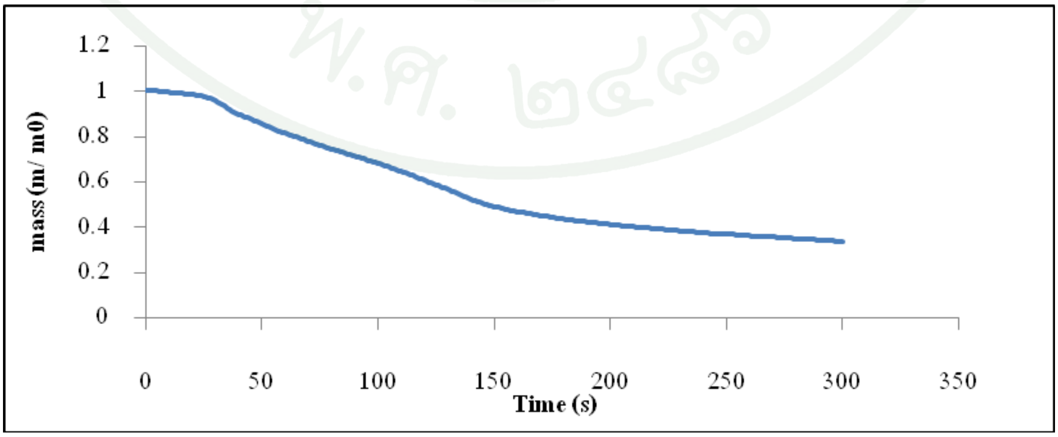
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข103 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4mm ที่ 10 kW/m^2 (AY4 10-1)

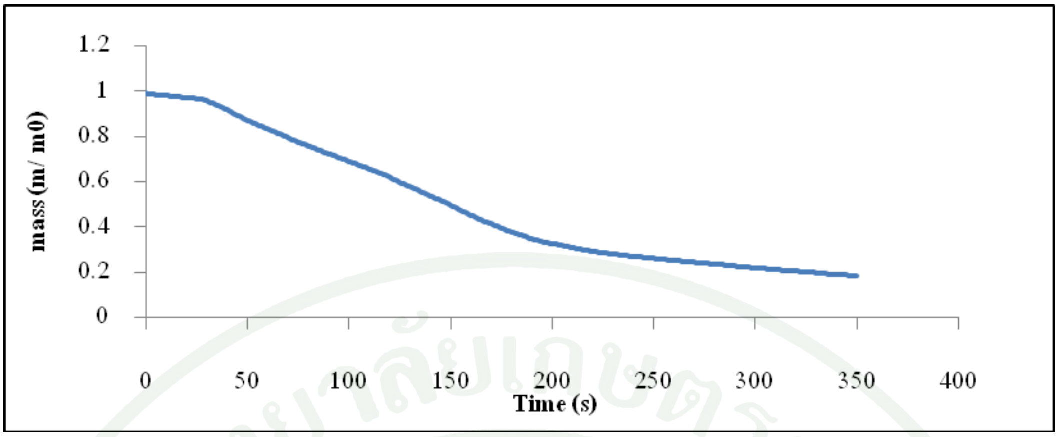


ภาพผนวกที่ ข104 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดยาง หนา 4mm ที่ 10 kW/m^2 (AY4 10-2)

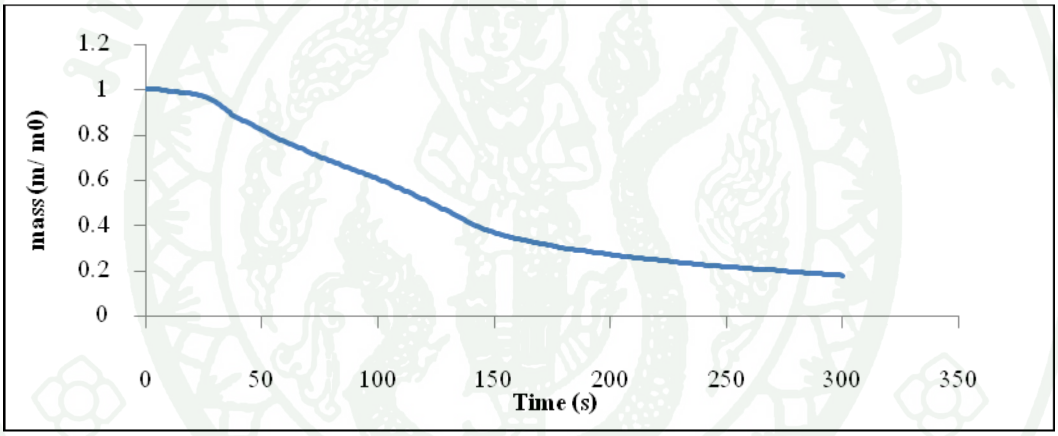


ภาพผนวกที่ ข105 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-1)

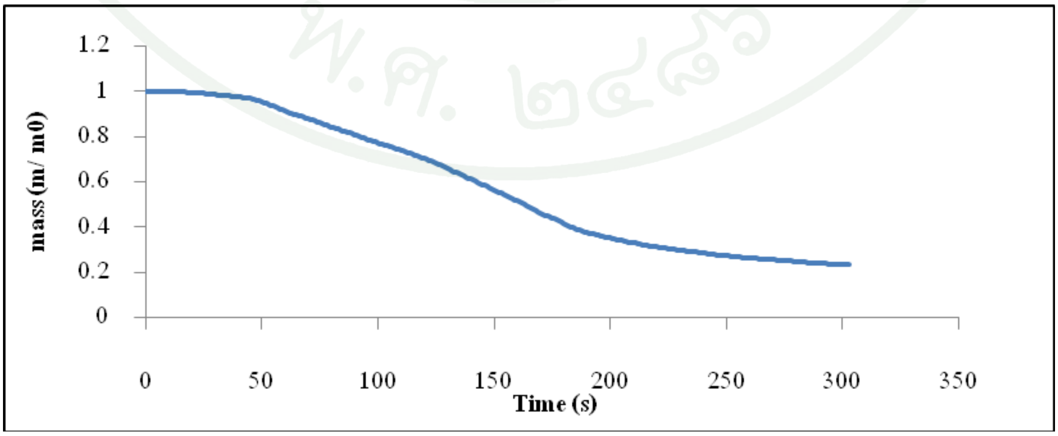
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข106 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-2)

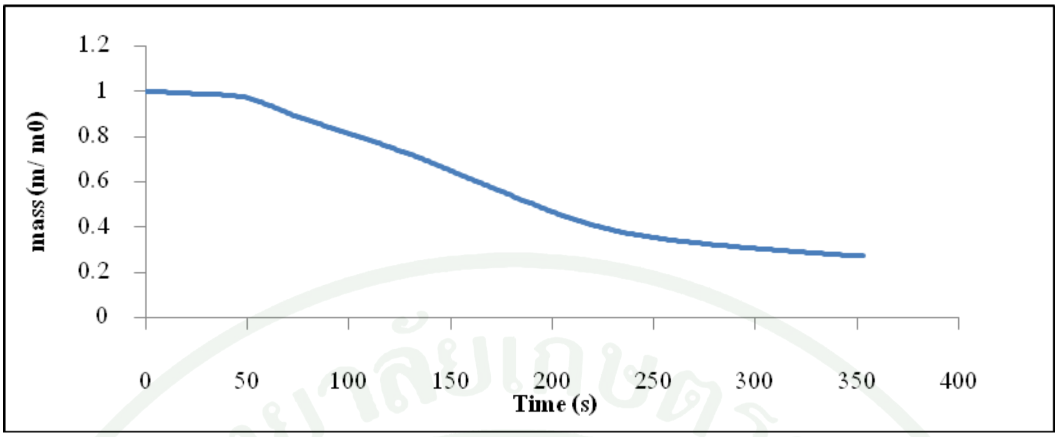


ภาพผนวกที่ ข107 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-3)

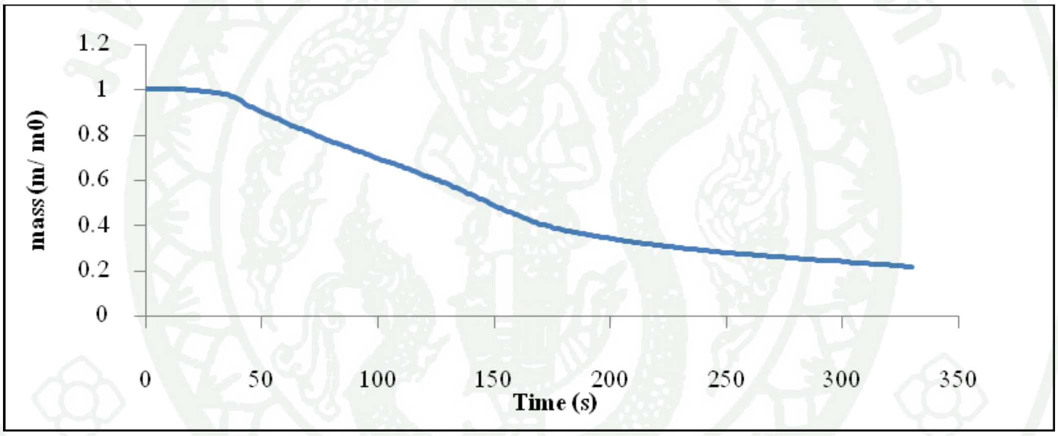


ภาพผนวกที่ ข108 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-1)

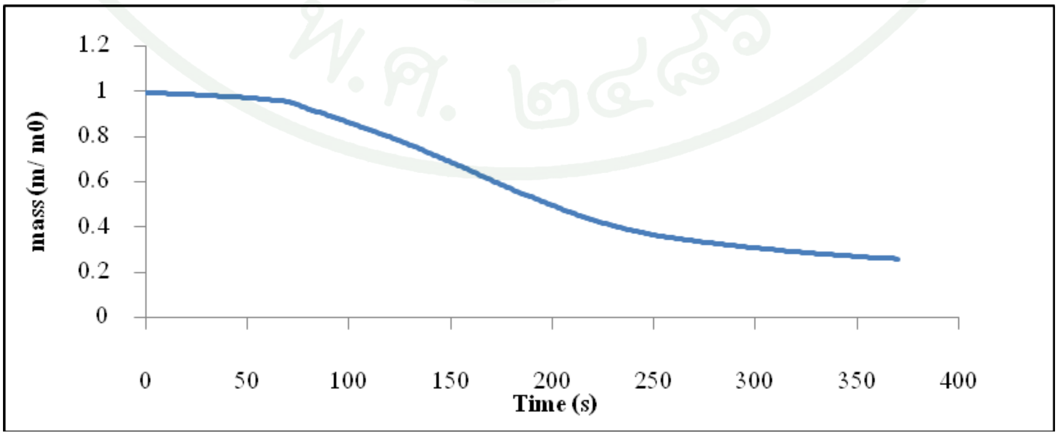
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข109 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-2)

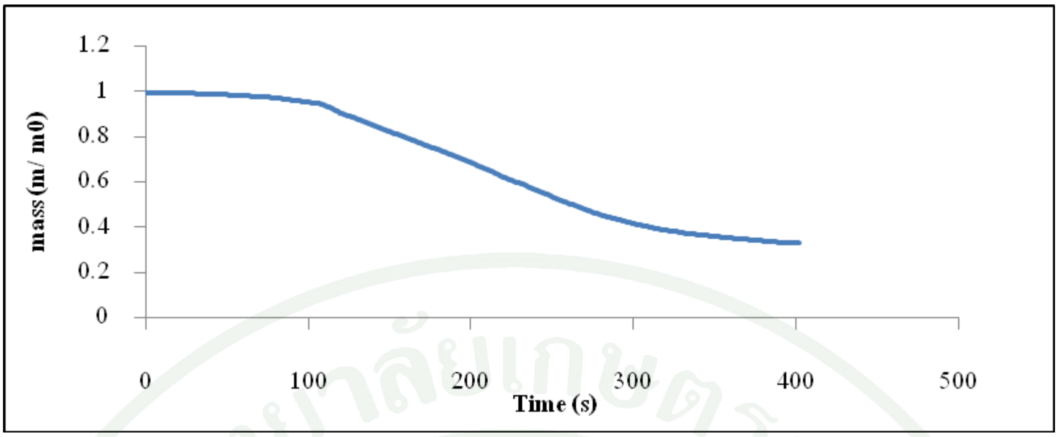


ภาพผนวกที่ ข110 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-3)

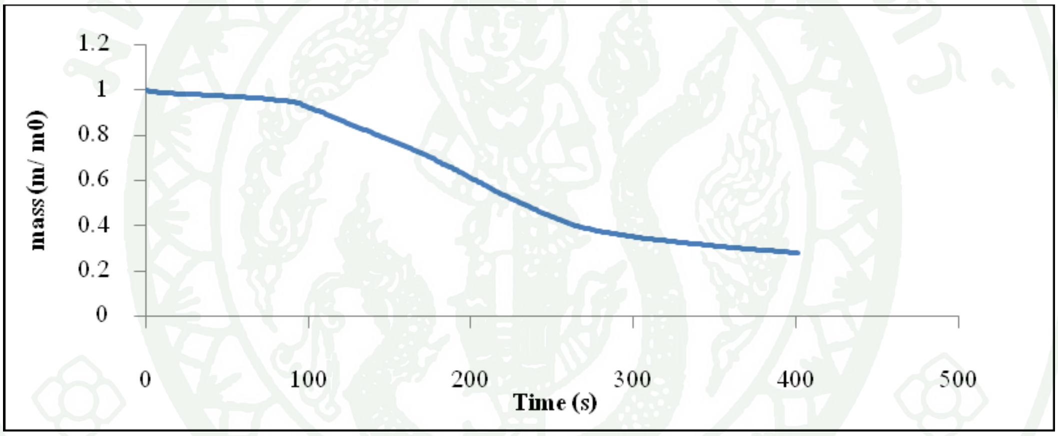


ภาพผนวกที่ ข111 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-1)

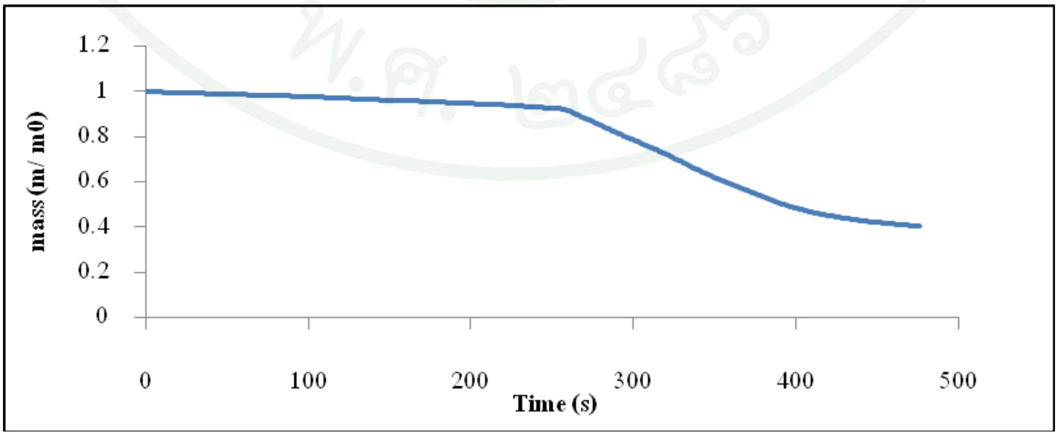
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข112 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-2)

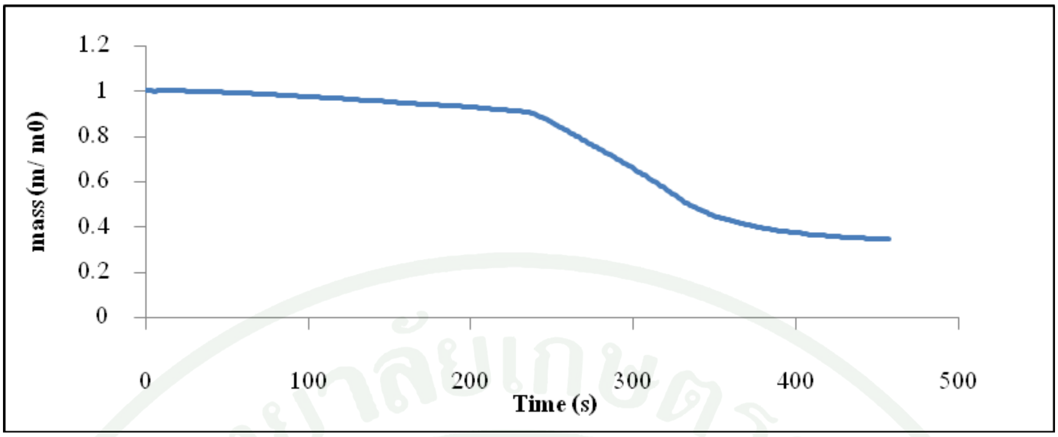


ภาพผนวกที่ ข113 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-3)

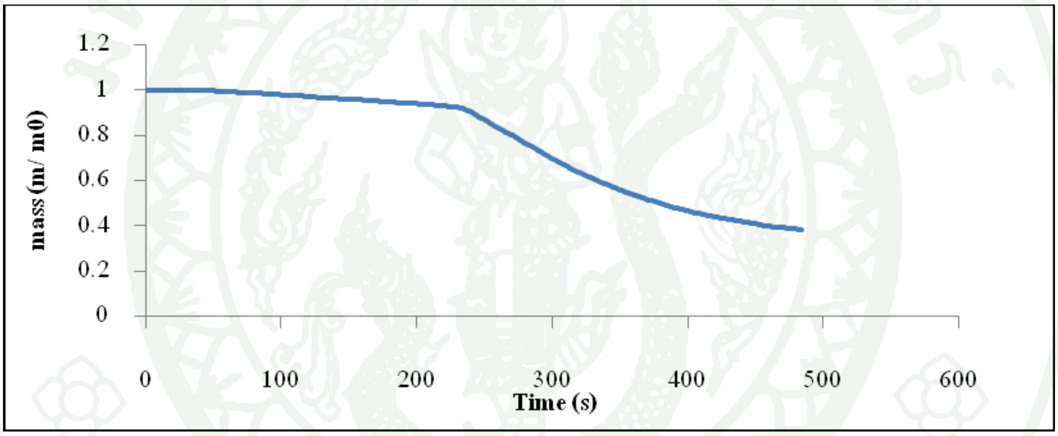


ภาพผนวกที่ ข114 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY6 20-1)

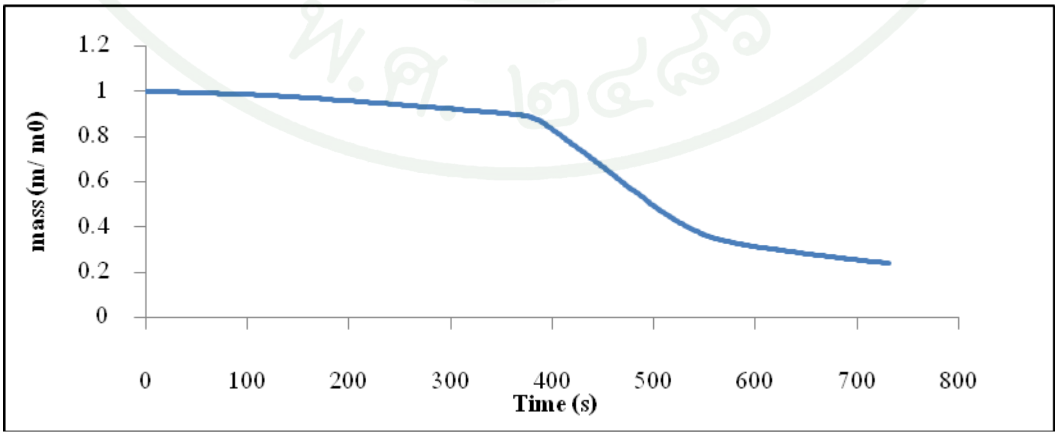
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข115 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY6 20-2)

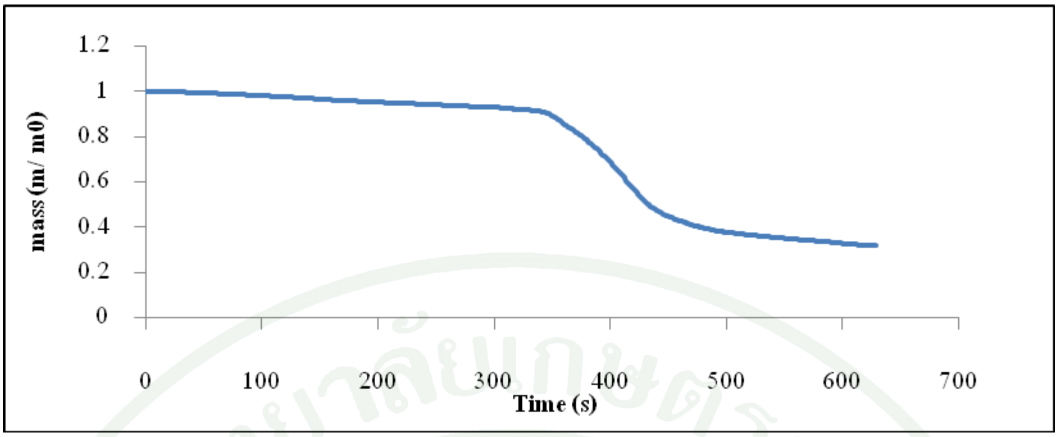


ภาพผนวกที่ ข116 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY6 20-3)

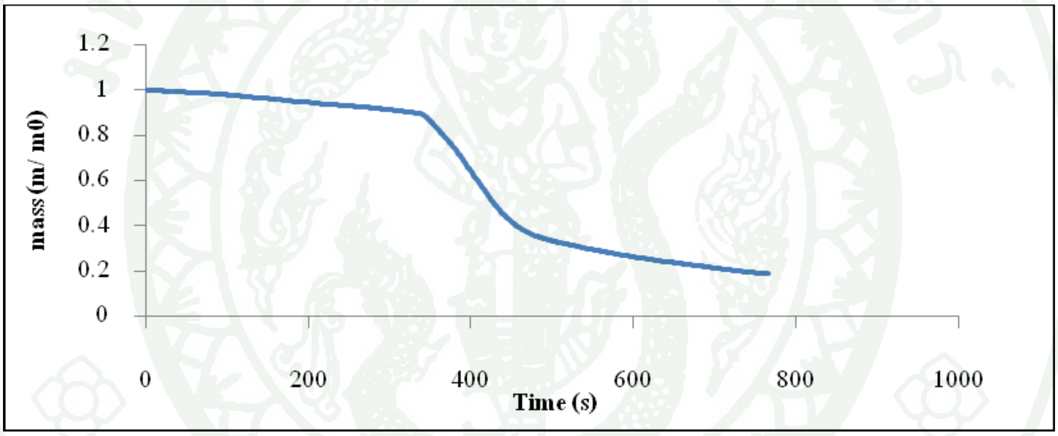


ภาพผนวกที่ ข117 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-1)

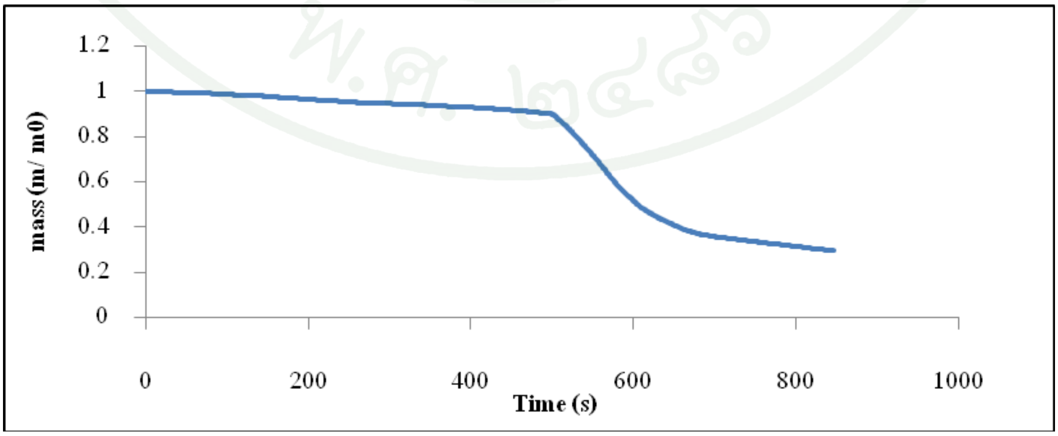
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข118 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-2)

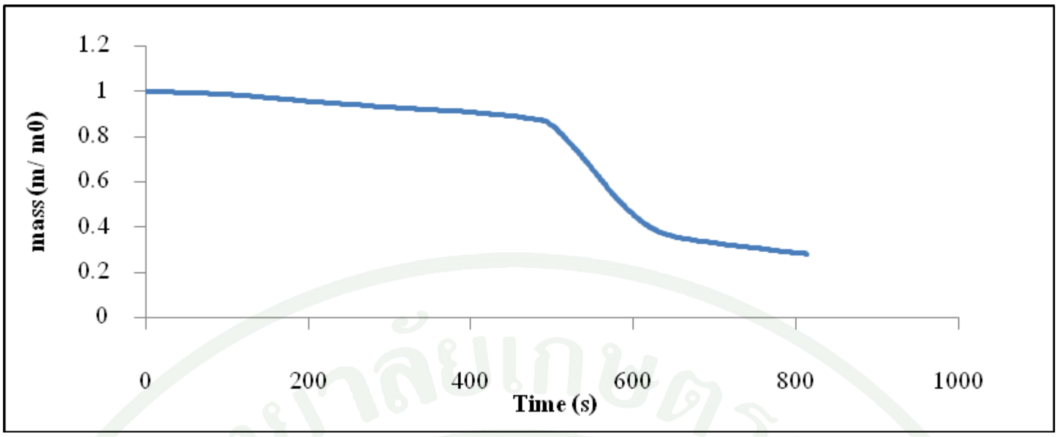


ภาพผนวกที่ ข119 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-3)

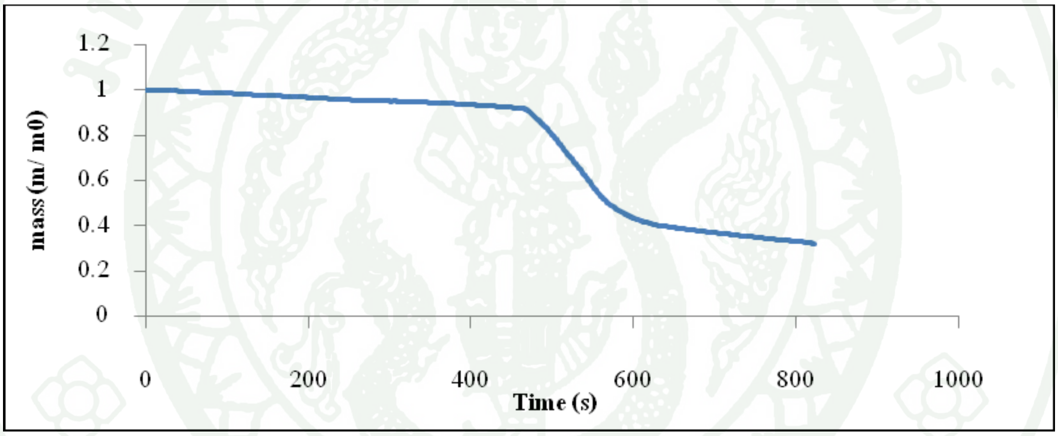


ภาพผนวกที่ ข120 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-1)

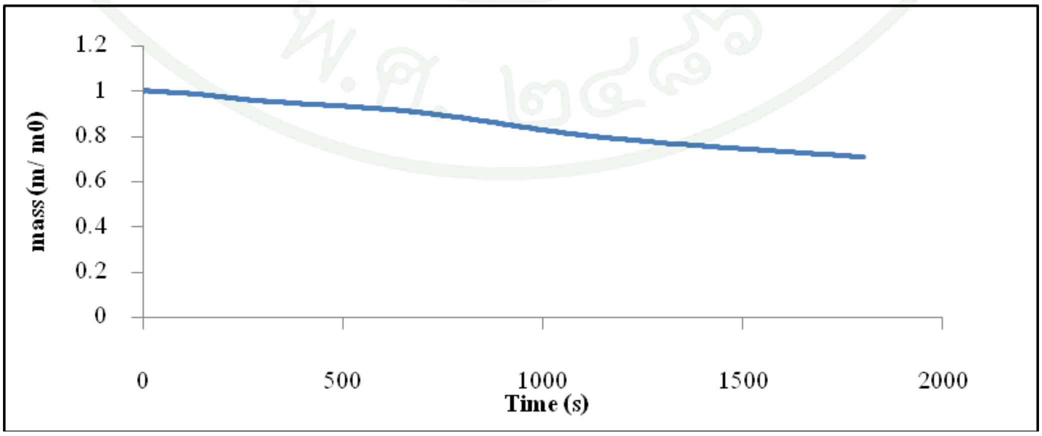
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข121 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-2)

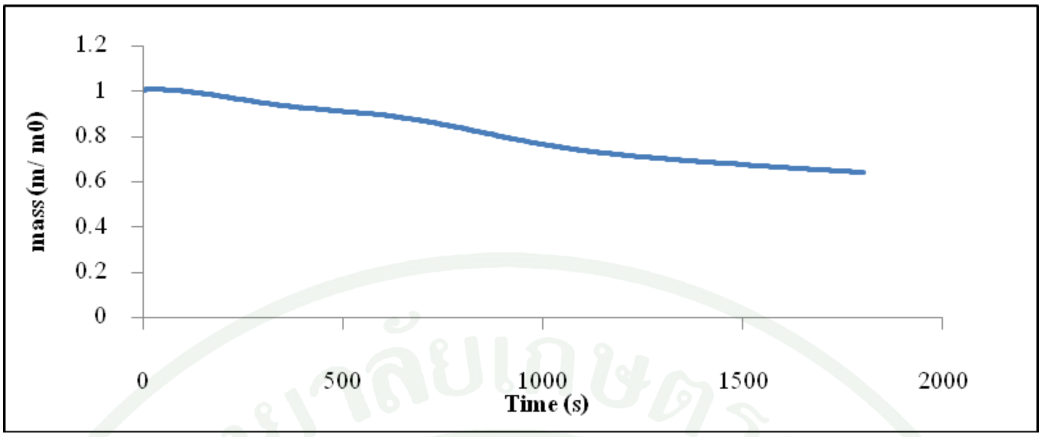


ภาพผนวกที่ ข122 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-3)

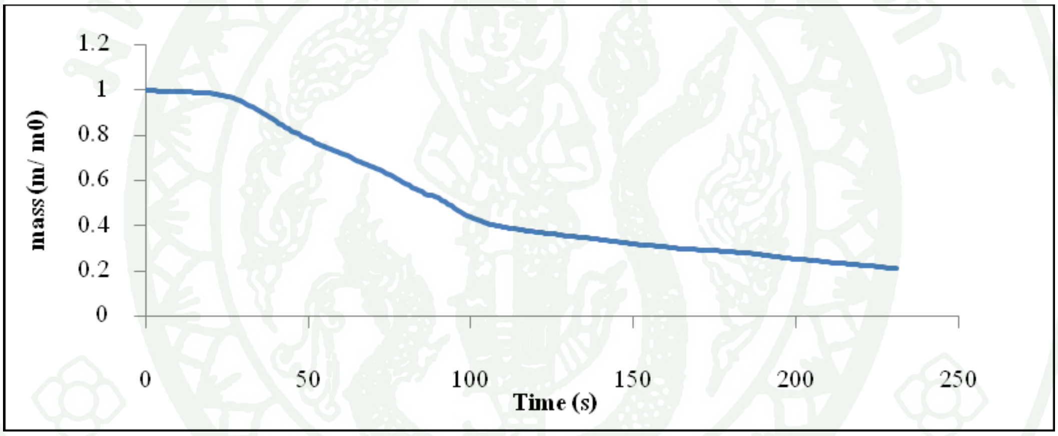


ภาพผนวกที่ ข123 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AY6 10-1)

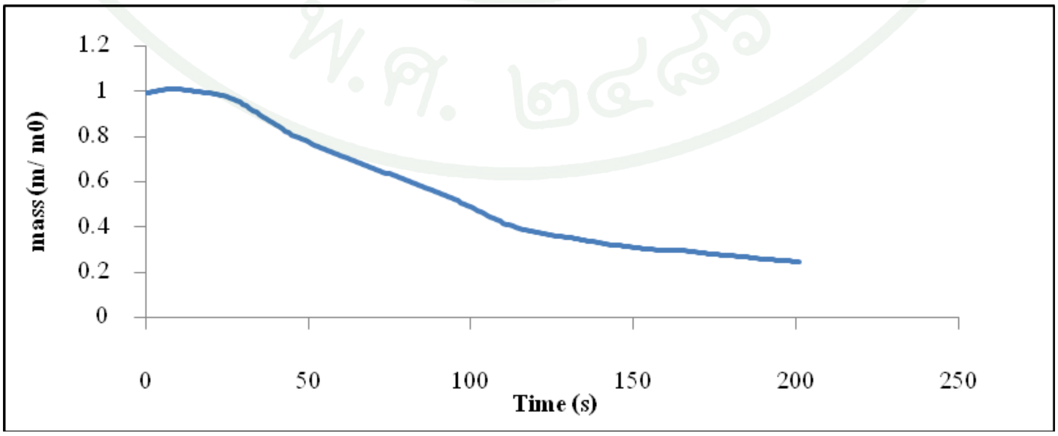
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข124 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AY6 10-2)

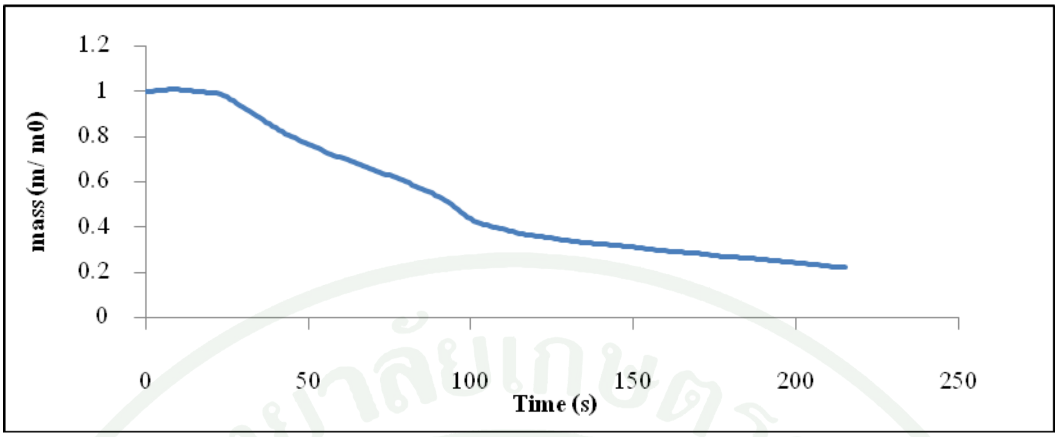


ภาพผนวกที่ ข125 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-1)

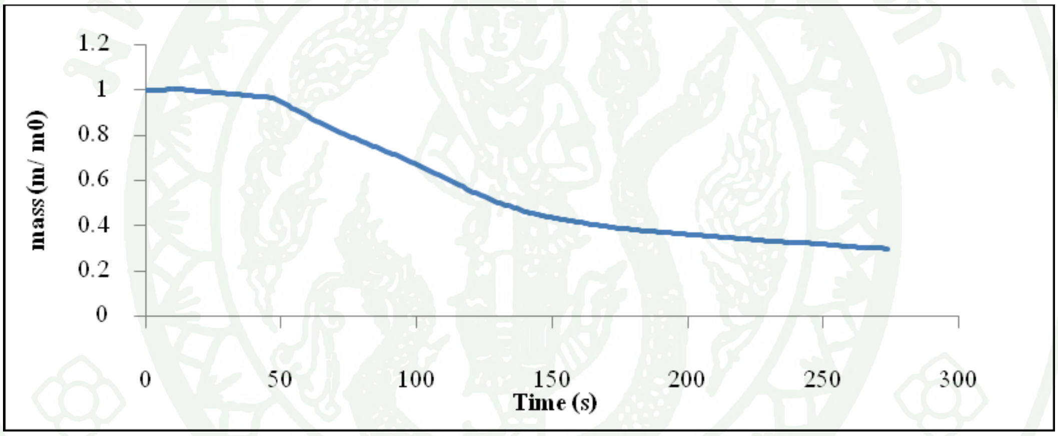


ภาพผนวกที่ ข126 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-2)

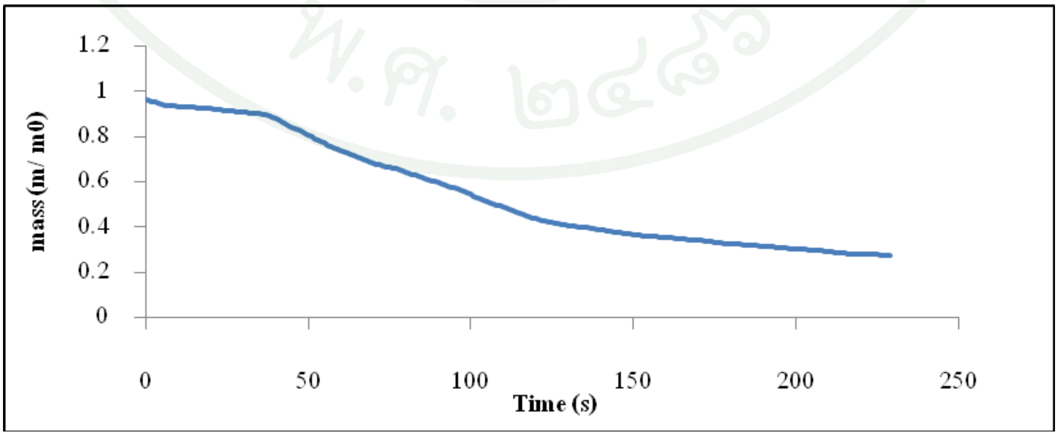
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข127 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-3)

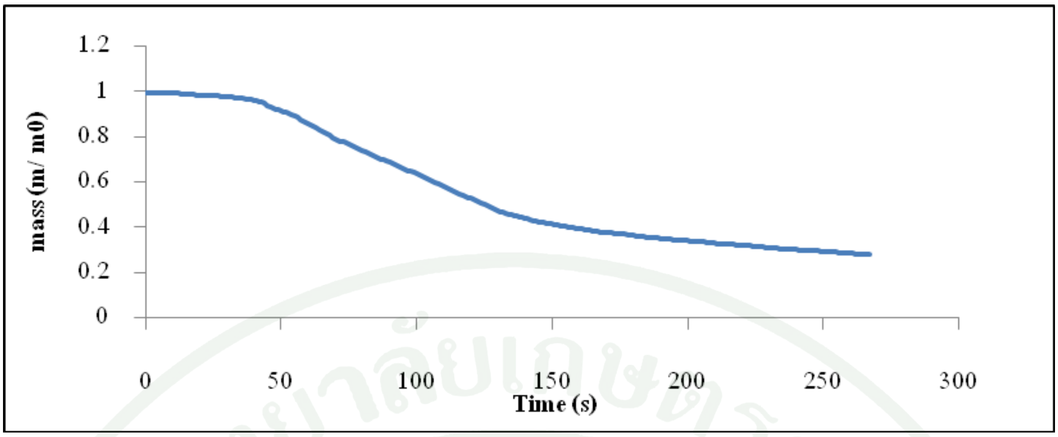


ภาพผนวกที่ ข128 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-1)

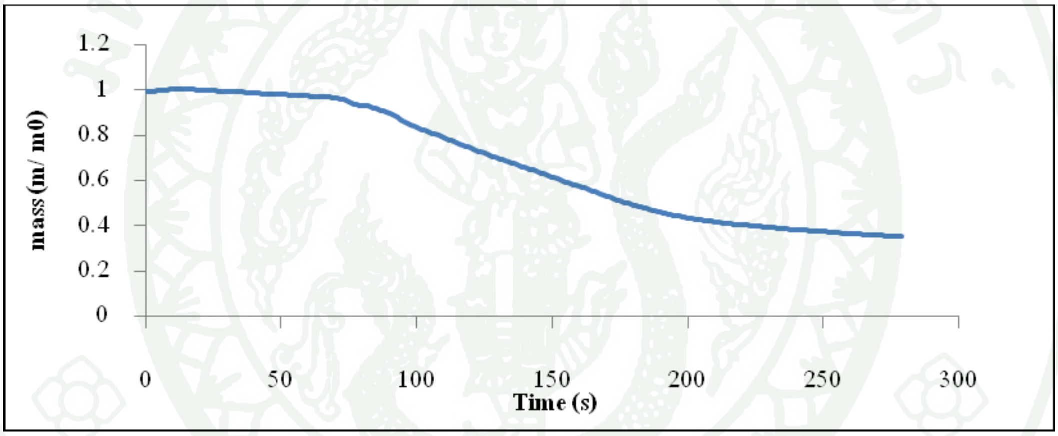


ภาพผนวกที่ ข129 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-2)

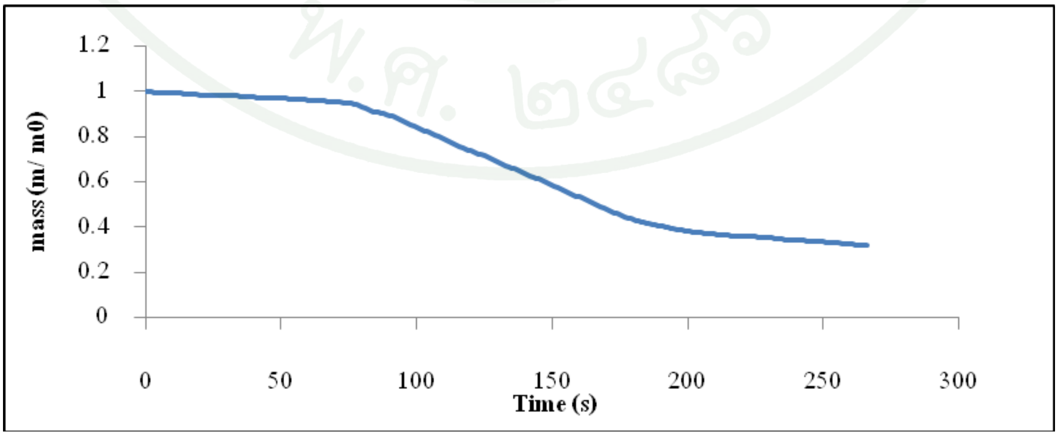
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข130 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-3)

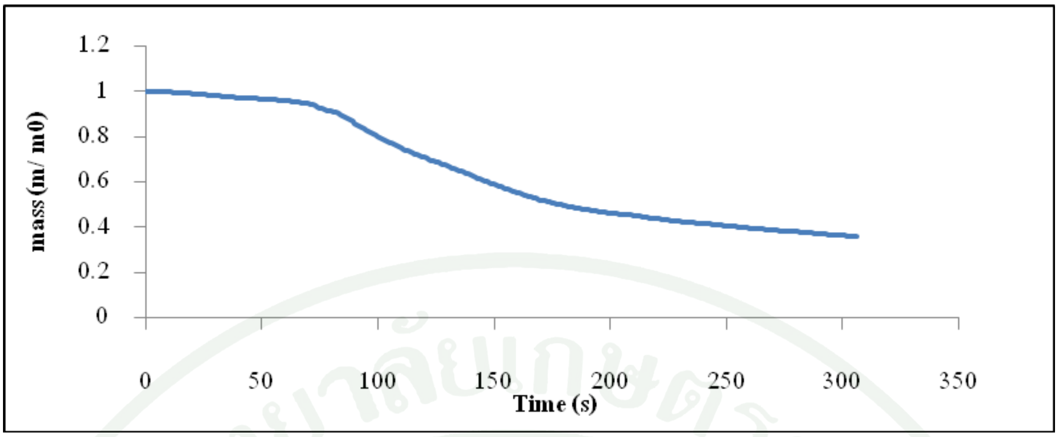


ภาพผนวกที่ ข131 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-1)

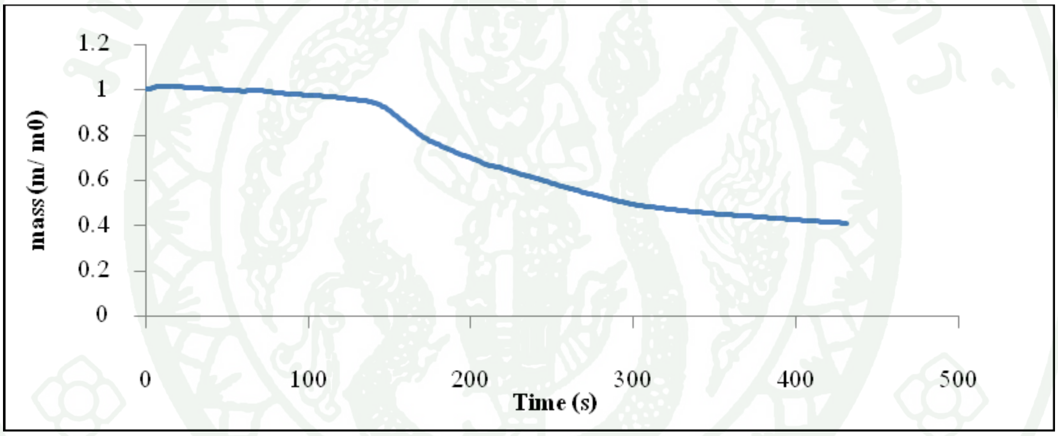


ภาพผนวกที่ ข132 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-2)

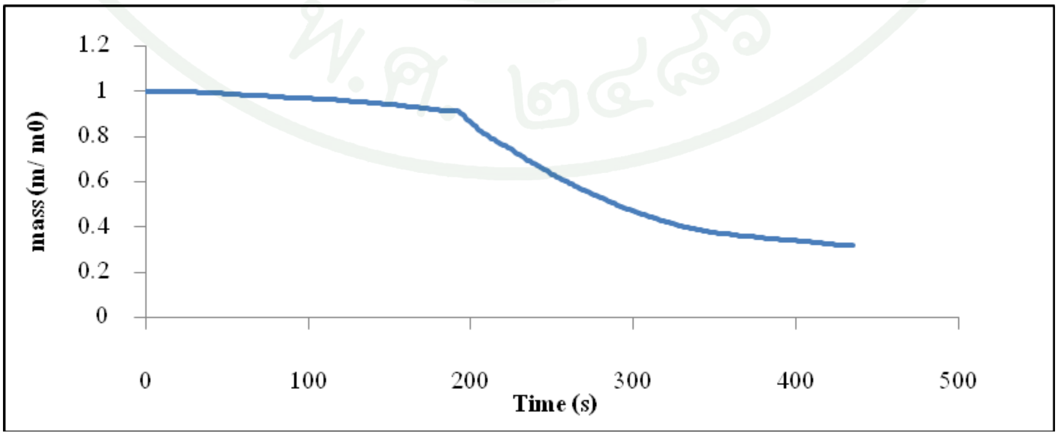
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข133 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-3)

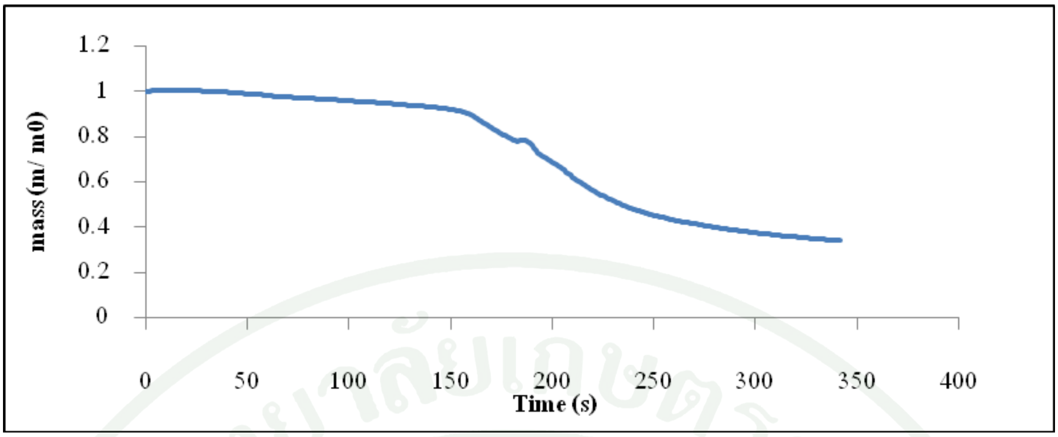


ภาพผนวกที่ ข134 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-1)

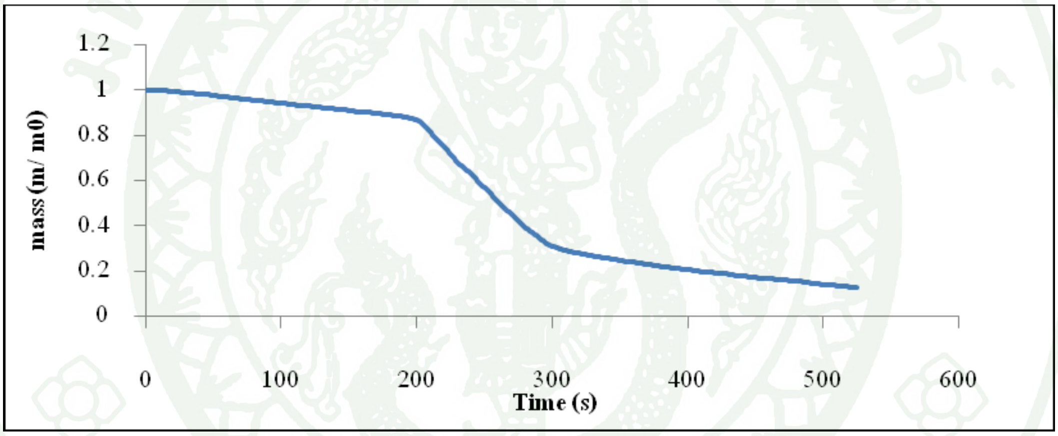


ภาพผนวกที่ ข135 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-2)

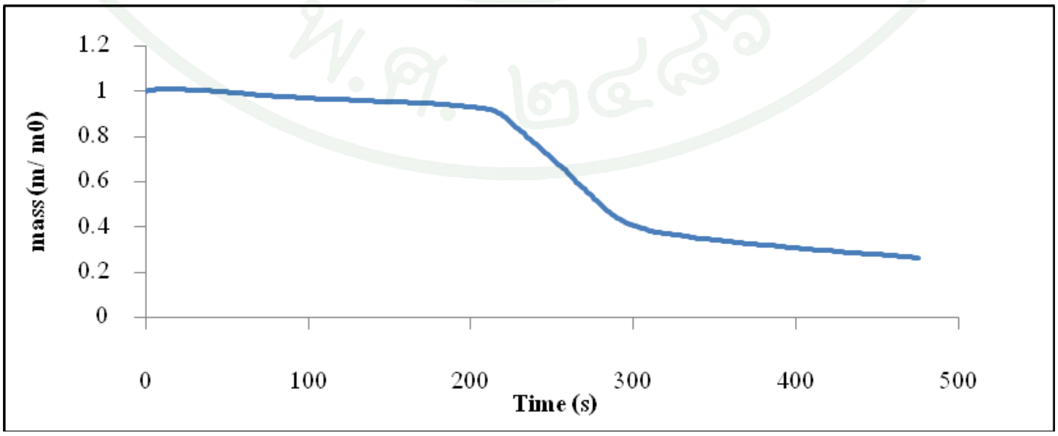
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข136 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-3)

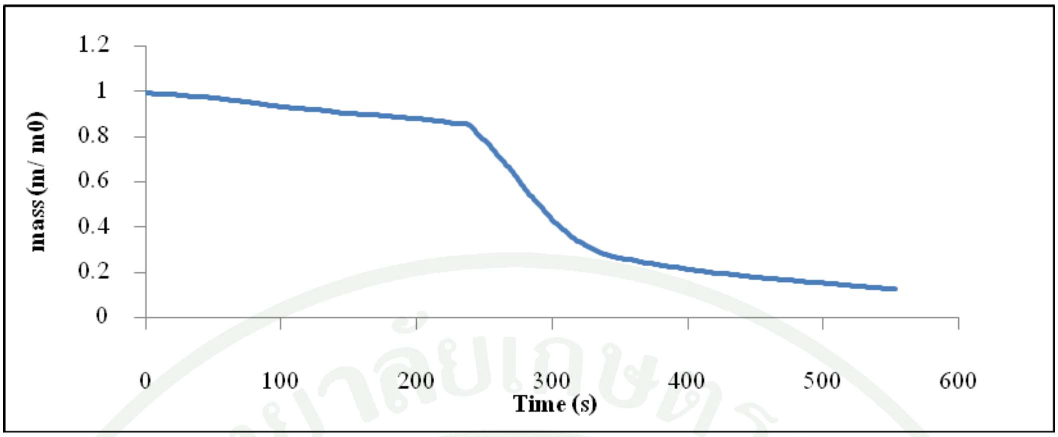


ภาพผนวกที่ ข137 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-1)

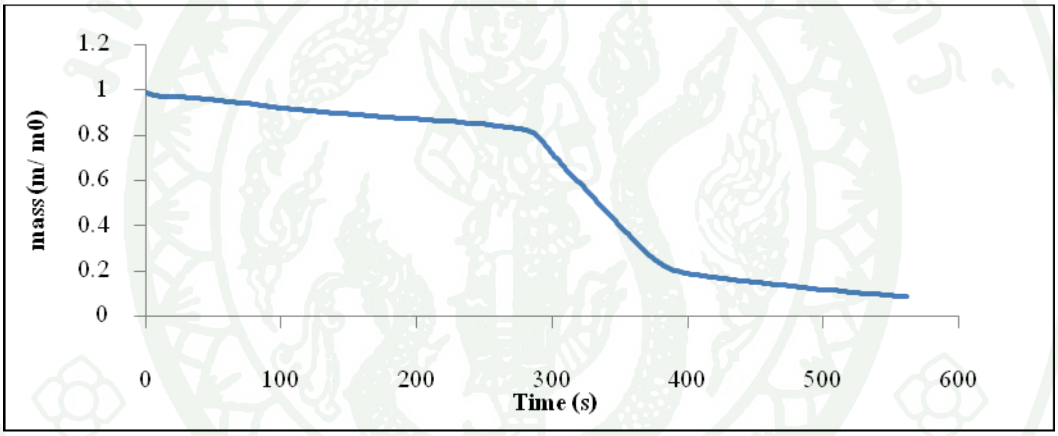


ภาพผนวกที่ ข138 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-2)

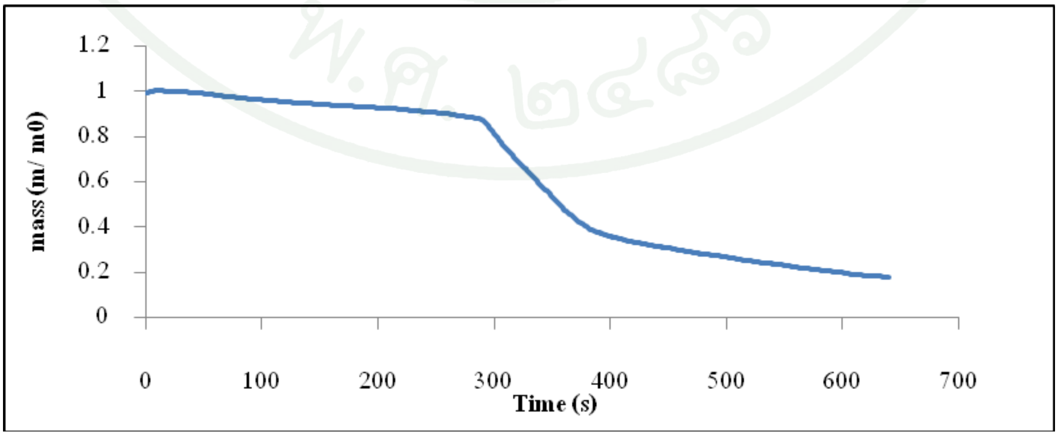
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข139 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-3)

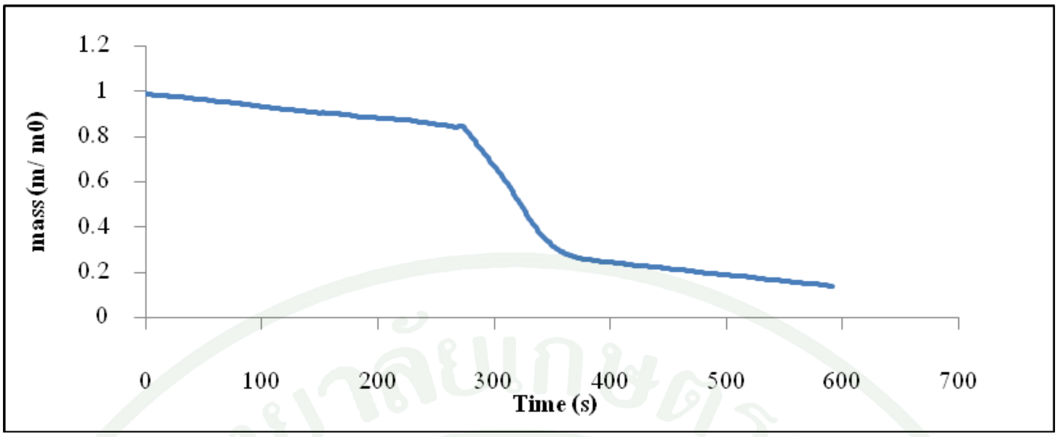


ภาพผนวกที่ ข140 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-1)

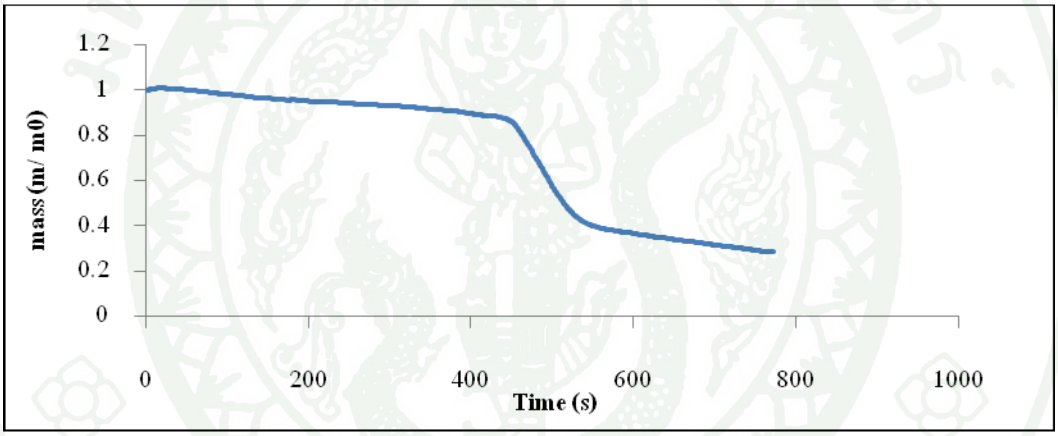


ภาพผนวกที่ ข141 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-2)

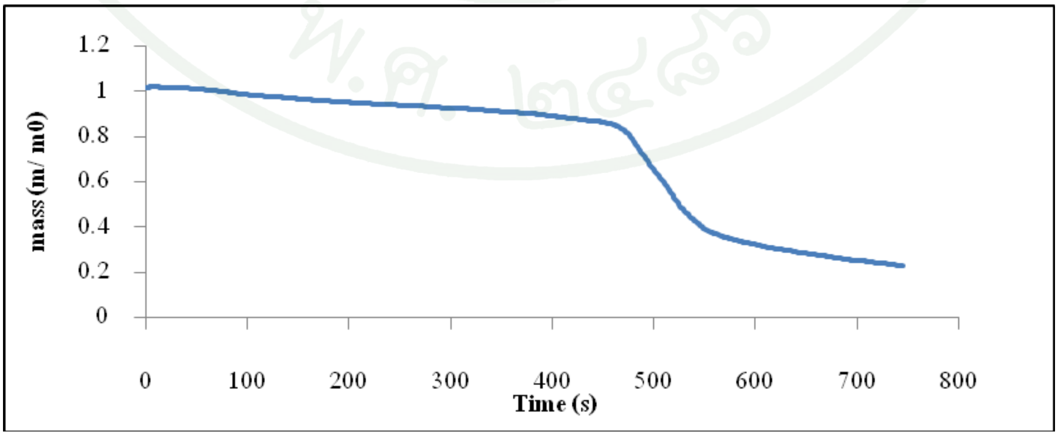
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข142 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-3)

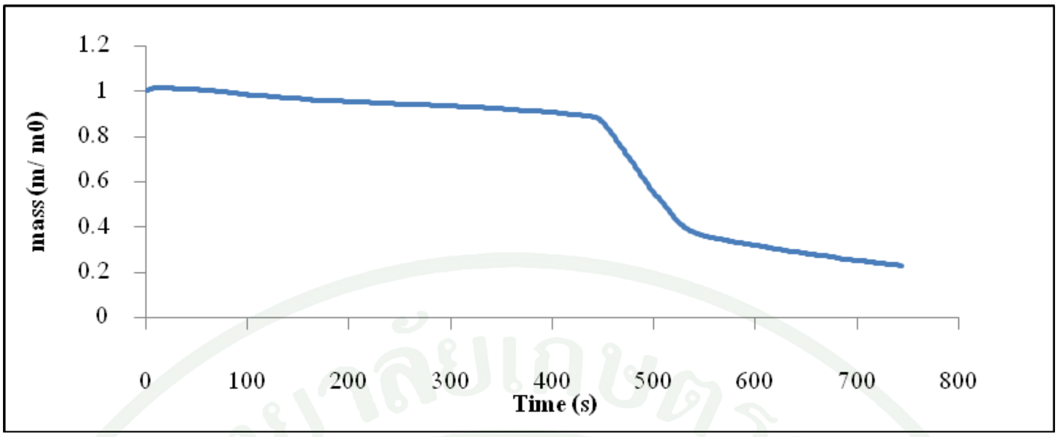


ภาพผนวกที่ ข143 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-1)

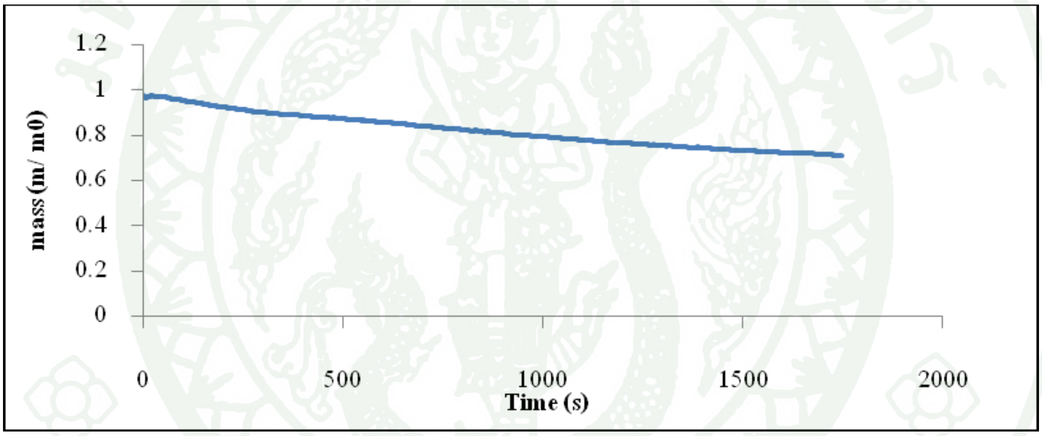


ภาพผนวกที่ ข144 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-2)

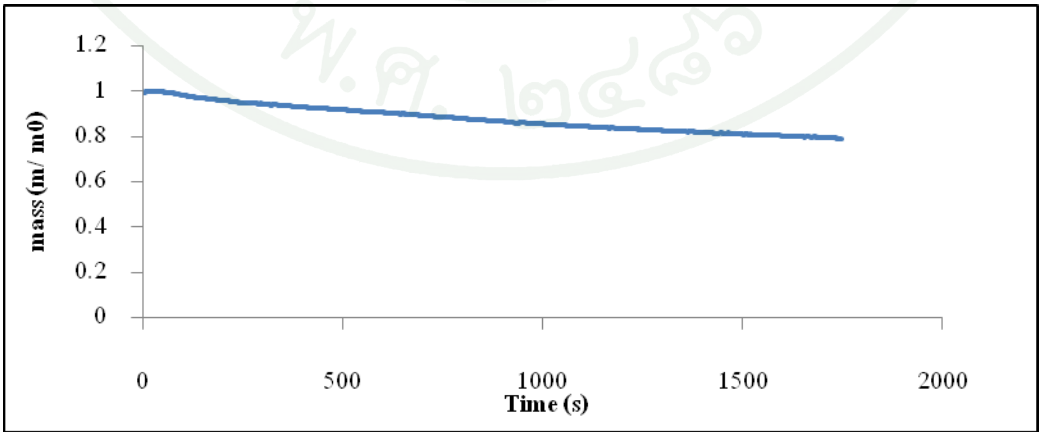
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข145 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-3)

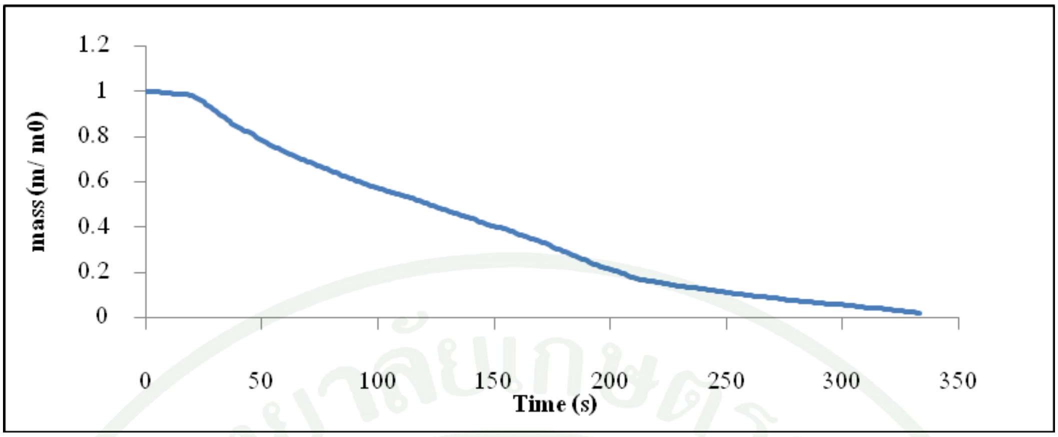


ภาพผนวกที่ ข146 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS4 8-1)

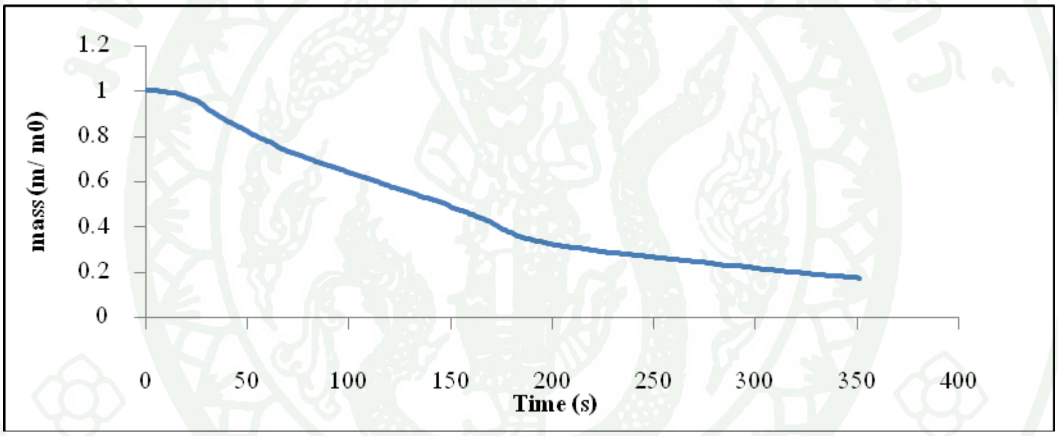


ภาพผนวกที่ ข147 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS4 8-2)

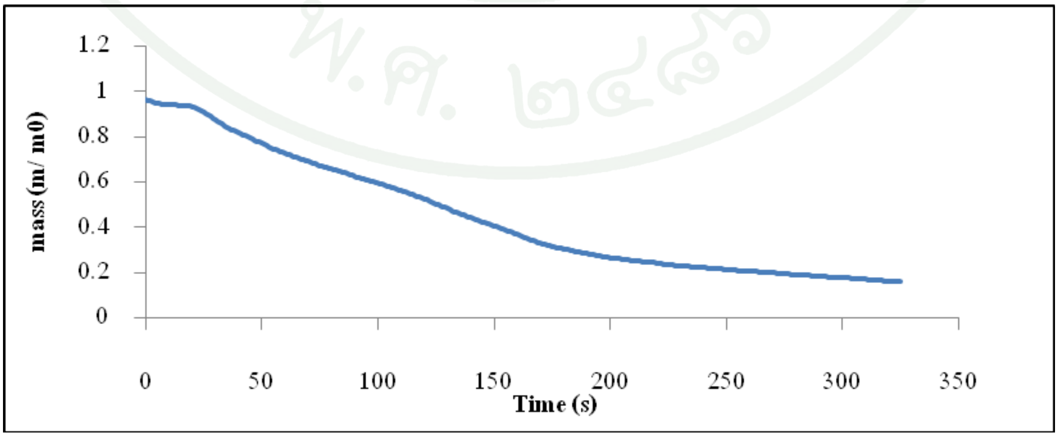
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข148 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-1)

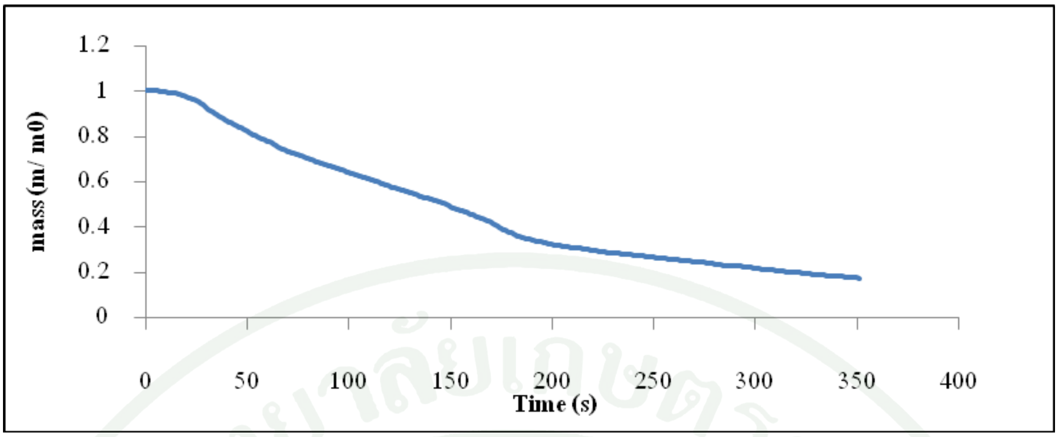


ภาพผนวกที่ ข149 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-2)

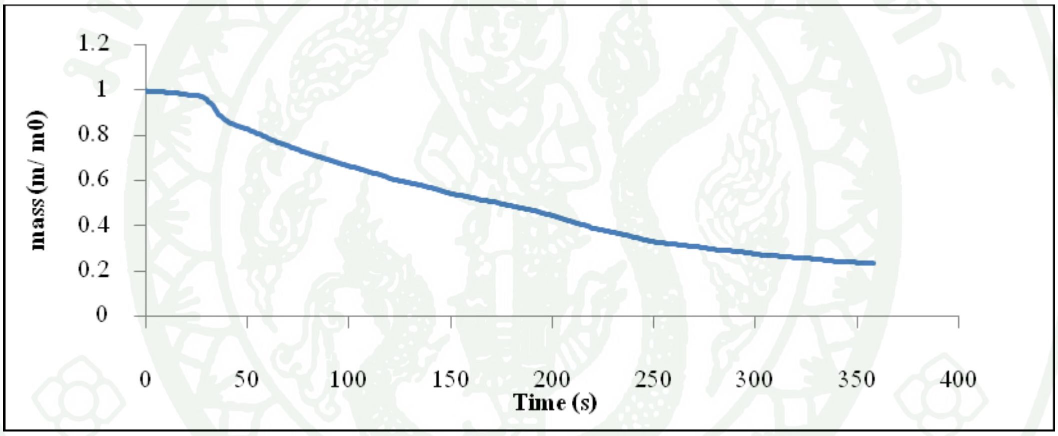


ภาพผนวกที่ ข150 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-3)

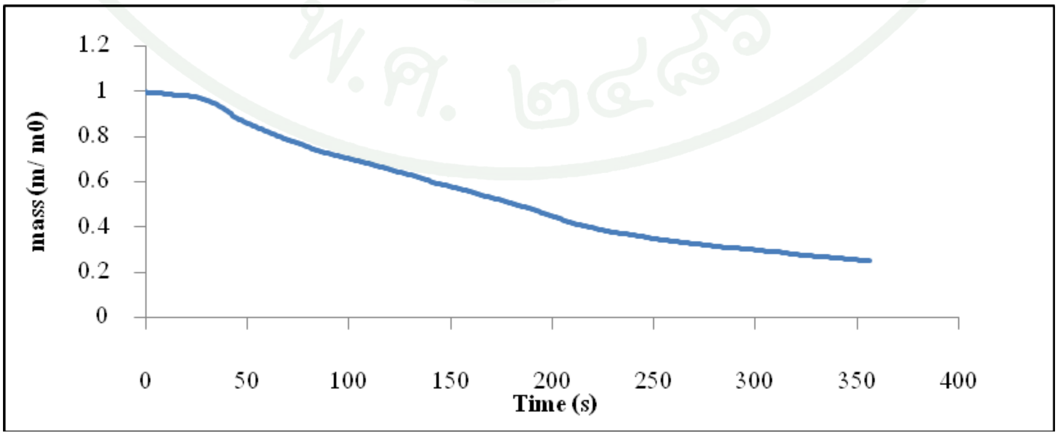
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข151 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-1)

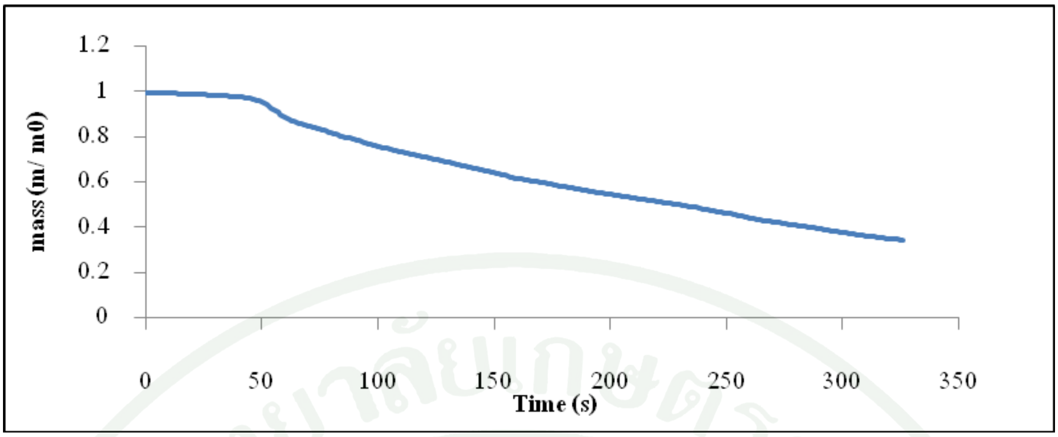


ภาพผนวกที่ ข152 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-2)

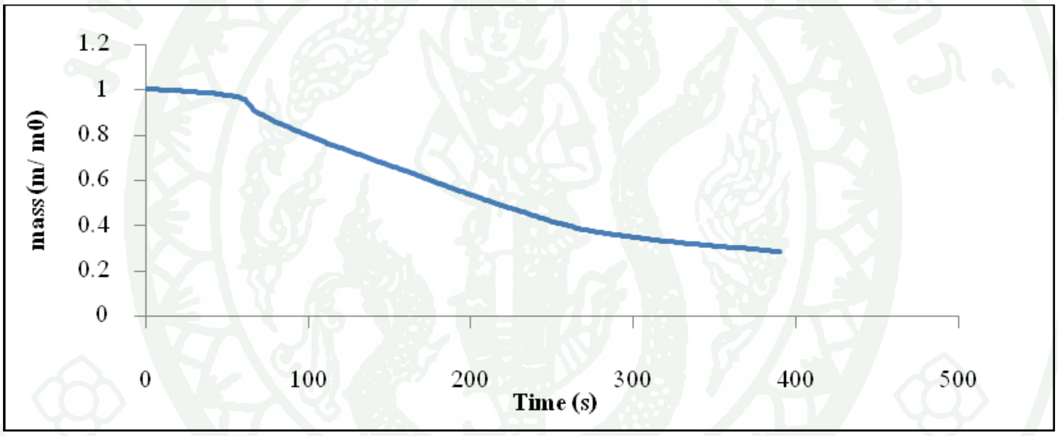


ภาพผนวกที่ ข153 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-3)

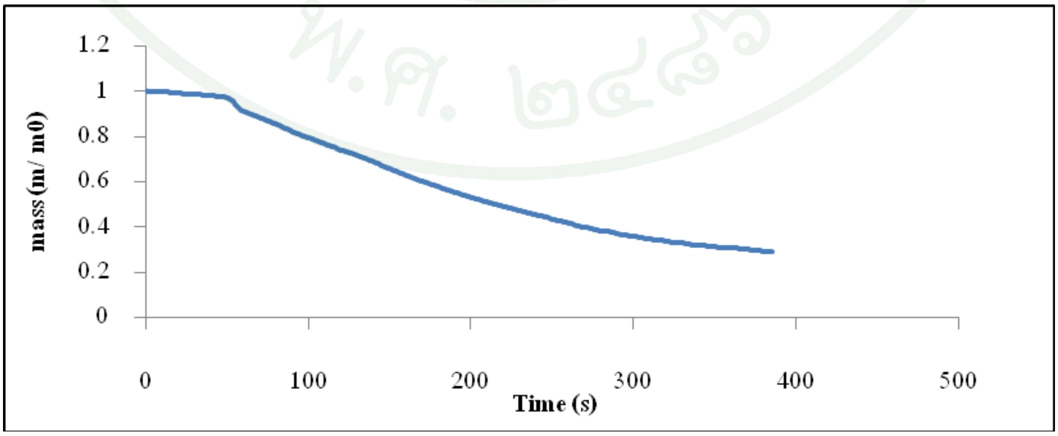
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข154 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-1)

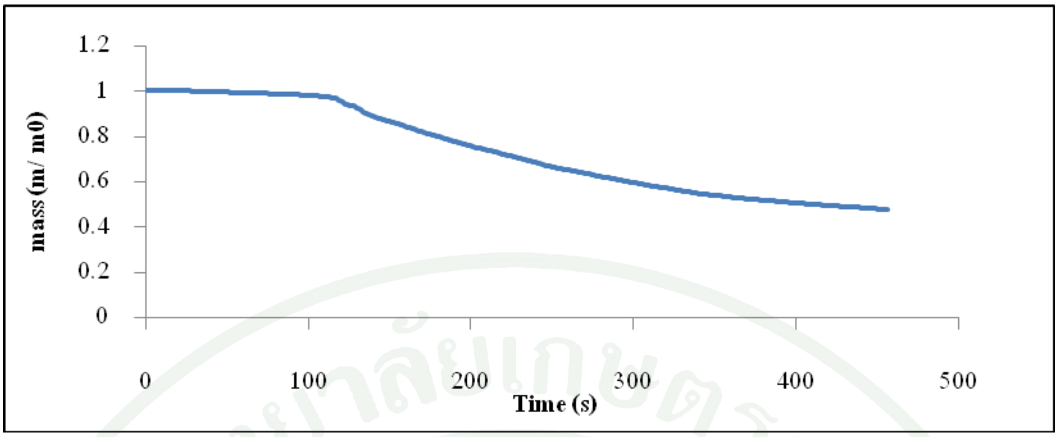


ภาพผนวกที่ ข155 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-2)

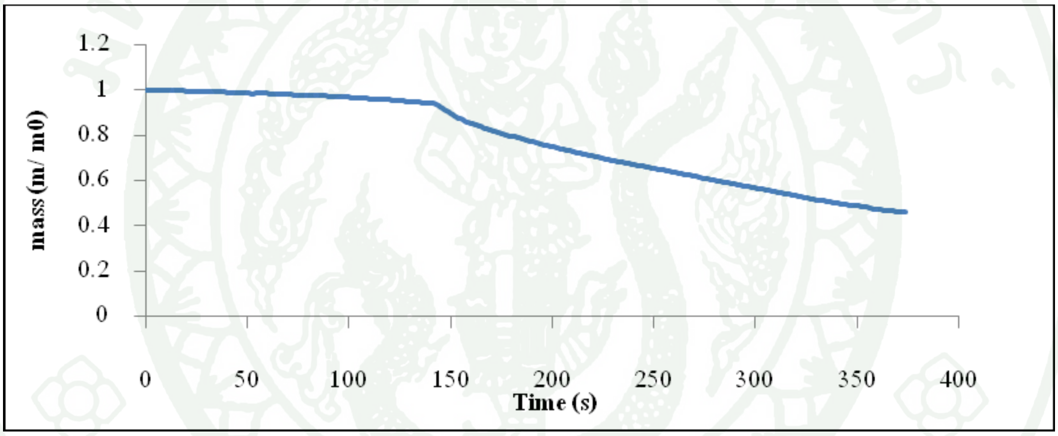


ภาพผนวกที่ ข156 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-3)

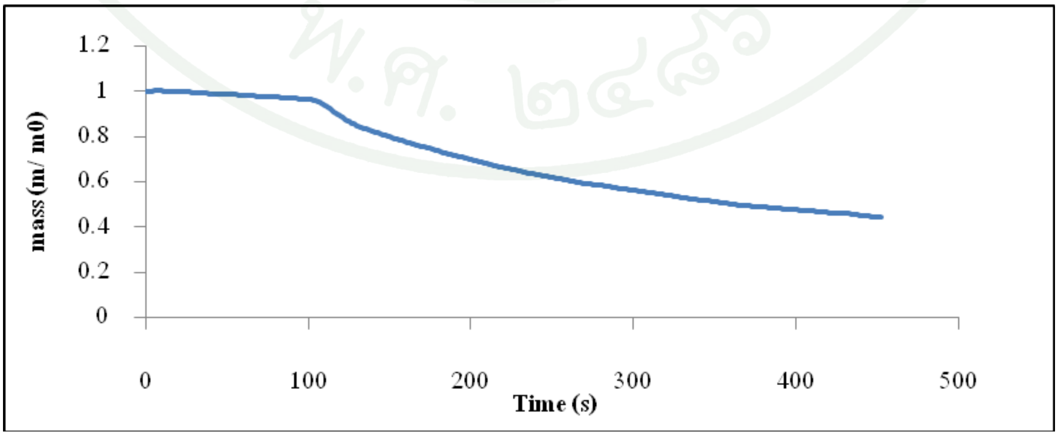
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข157 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-1)

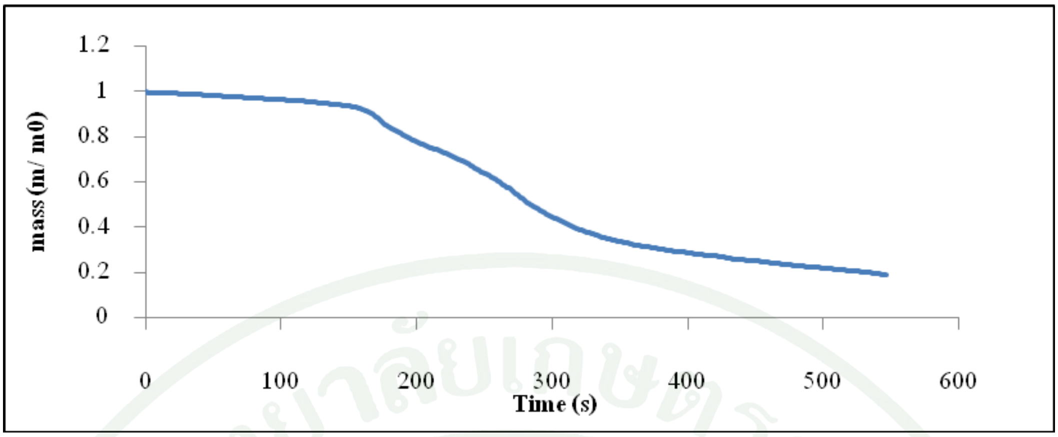


ภาพผนวกที่ ข158 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-2)

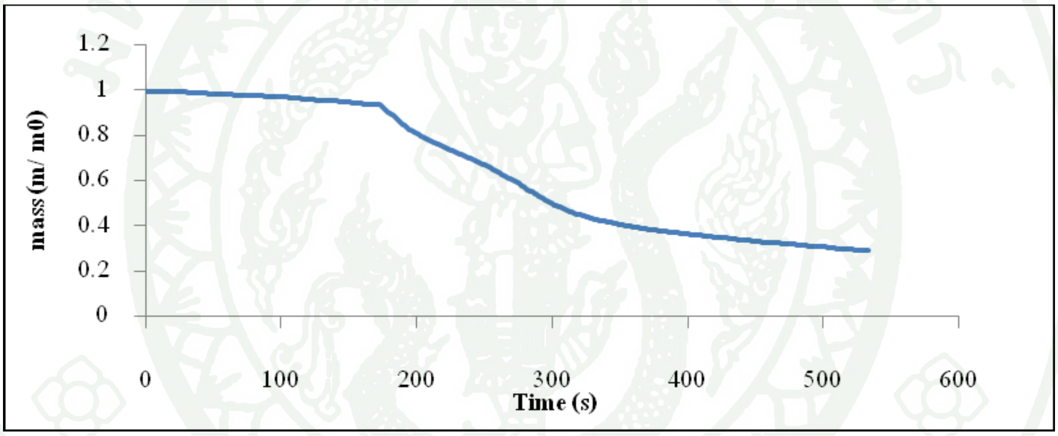


ภาพผนวกที่ ข159 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-3)

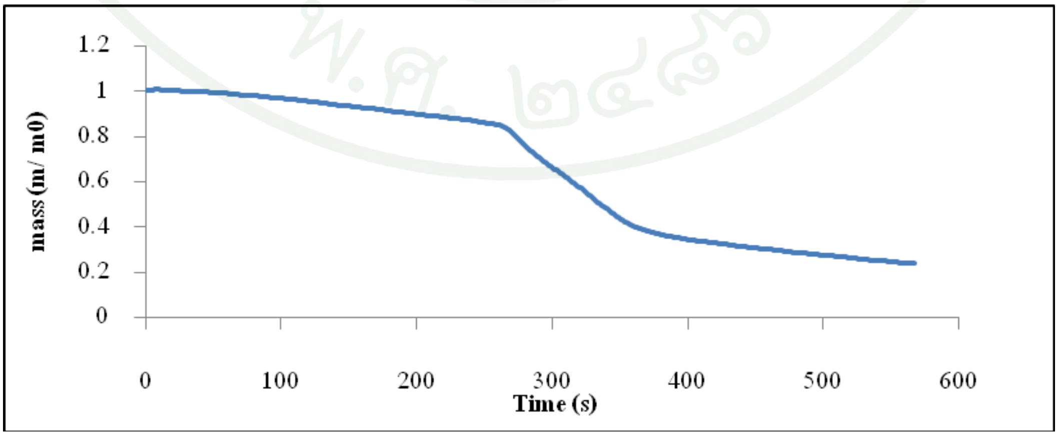
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข160 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-1)

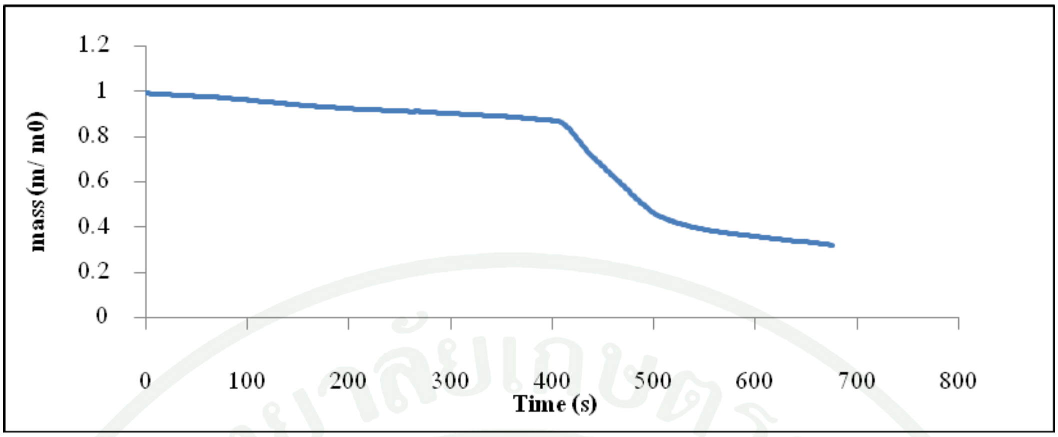


ภาพผนวกที่ ข161 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-2)

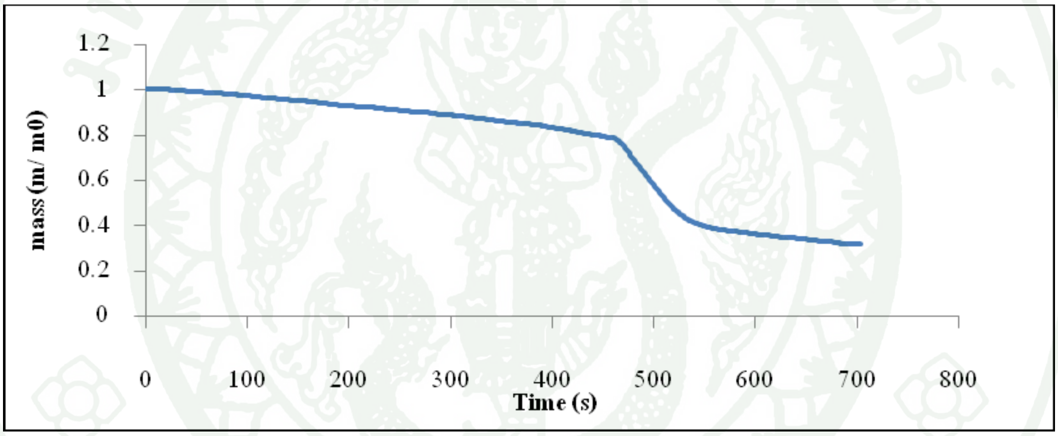


ภาพผนวกที่ ข162 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-3)

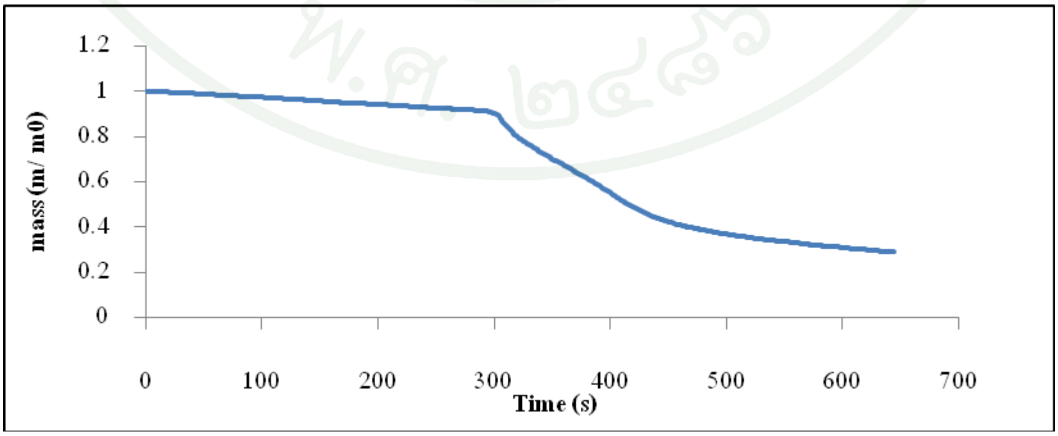
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข163 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-1)

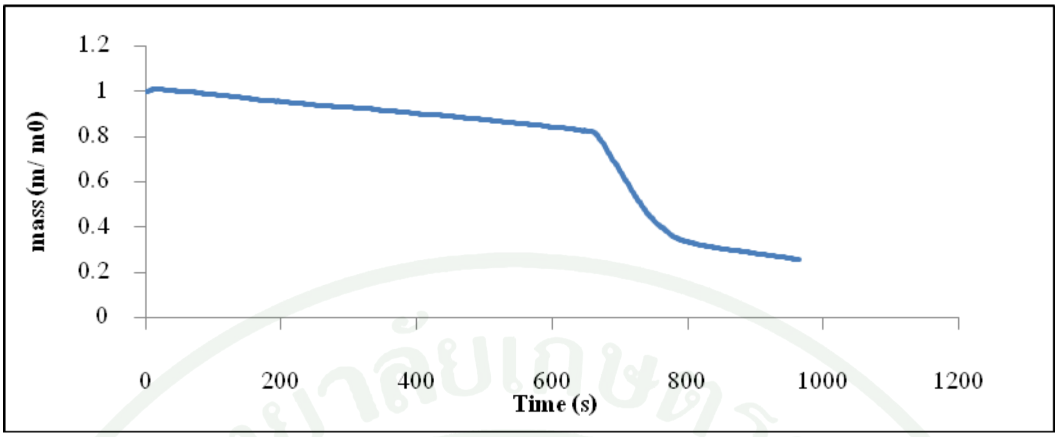


ภาพผนวกที่ ข164 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-2)

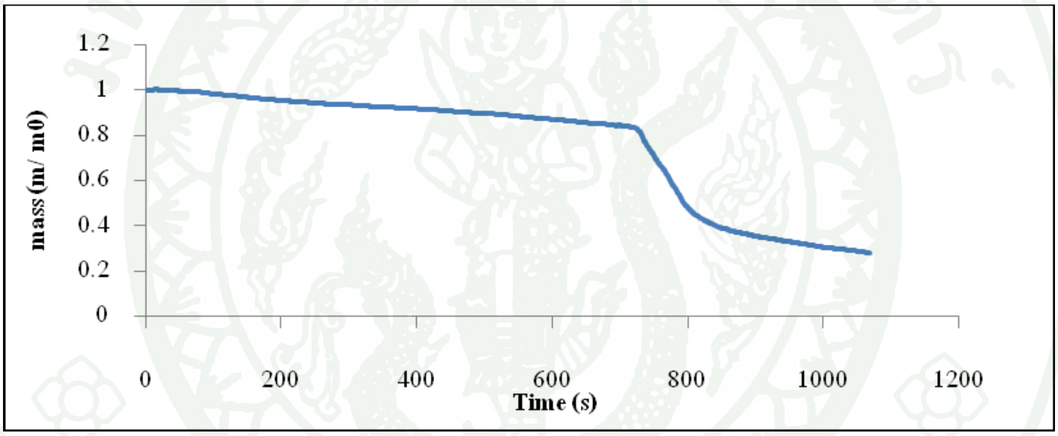


ภาพผนวกที่ ข165 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-3)

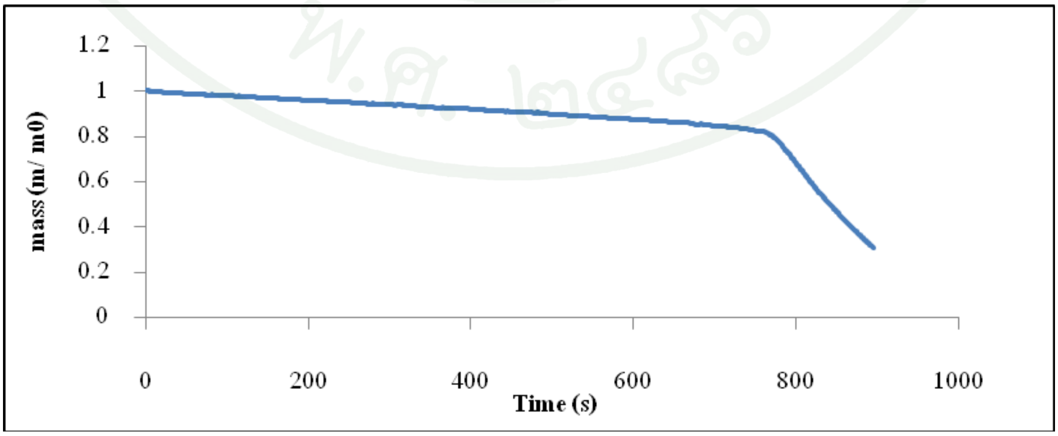
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข166 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-1)

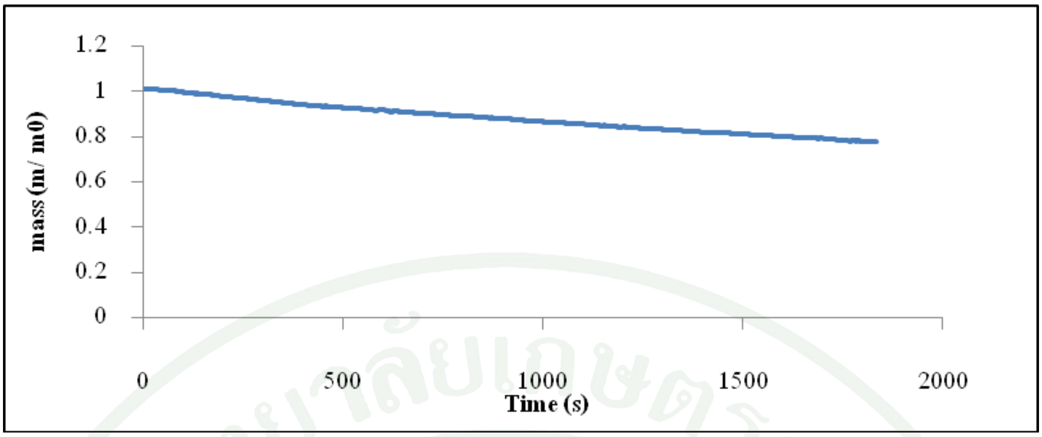


ภาพผนวกที่ ข167 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-2)

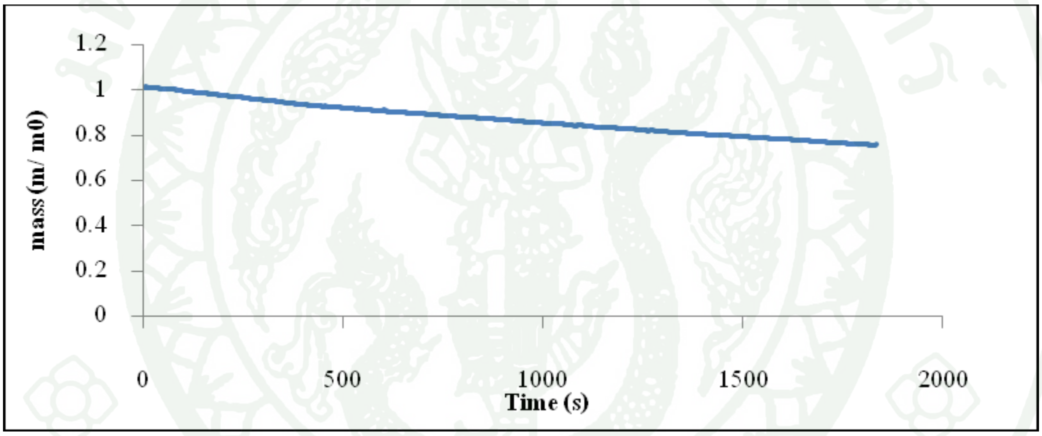


ภาพผนวกที่ ข168 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-3)

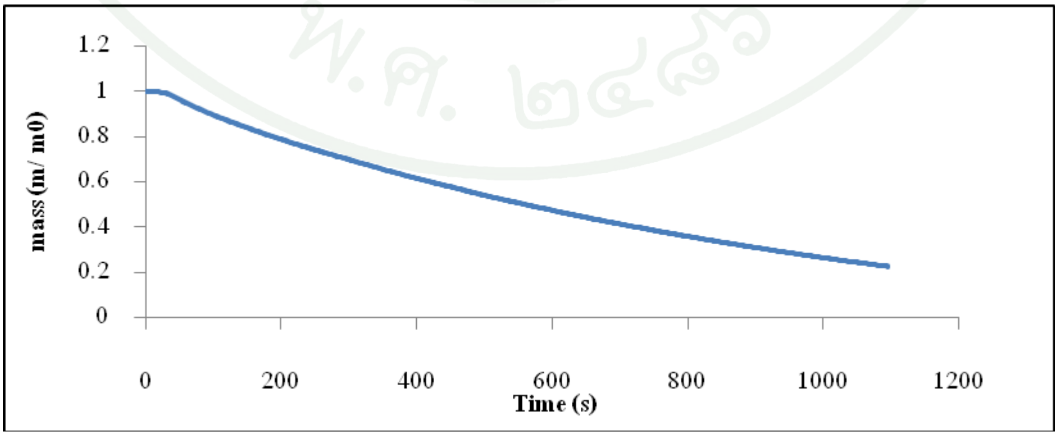
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข169 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS6 8-1)

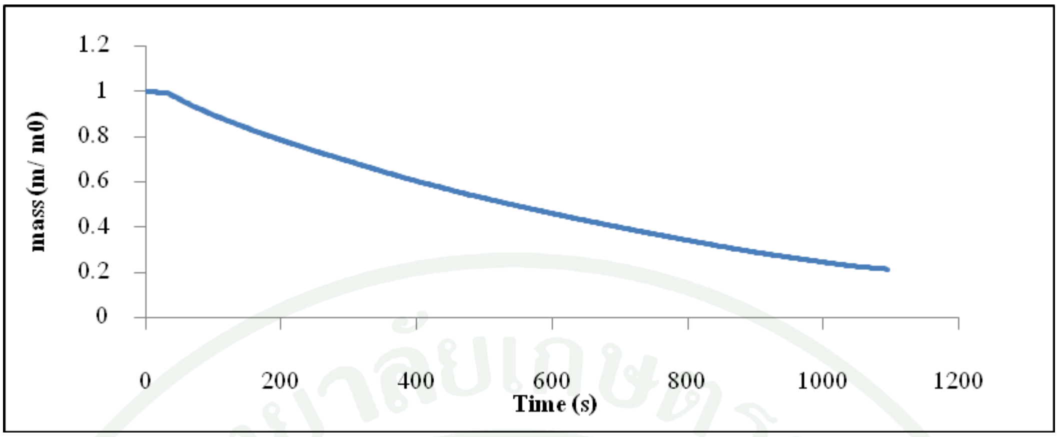


ภาพผนวกที่ ข170 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS6 8-2)

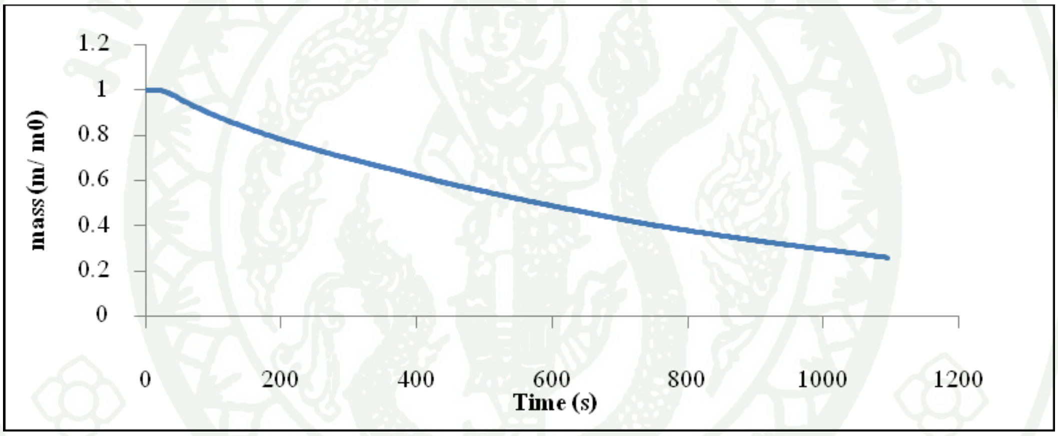


ภาพผนวกที่ ข171 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่50 kW/m^2(PB 50-1)

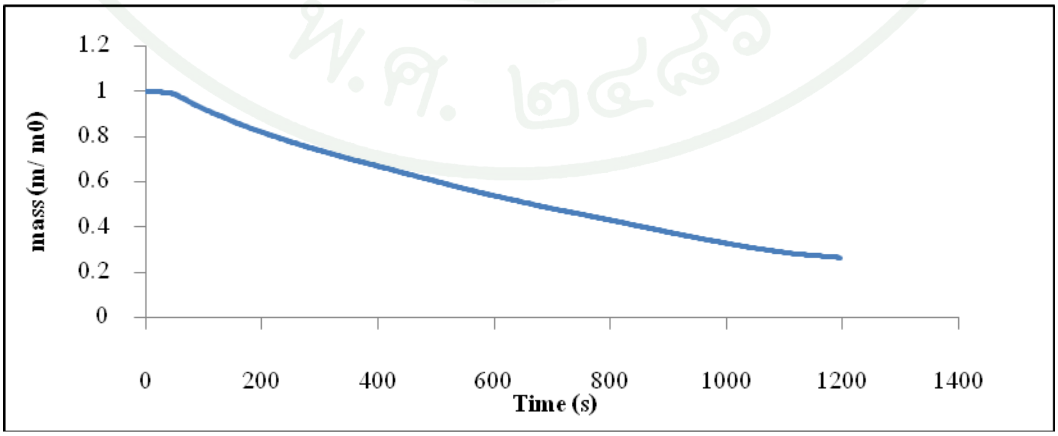
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข172 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่50 kW/m^2(PB 50-2)

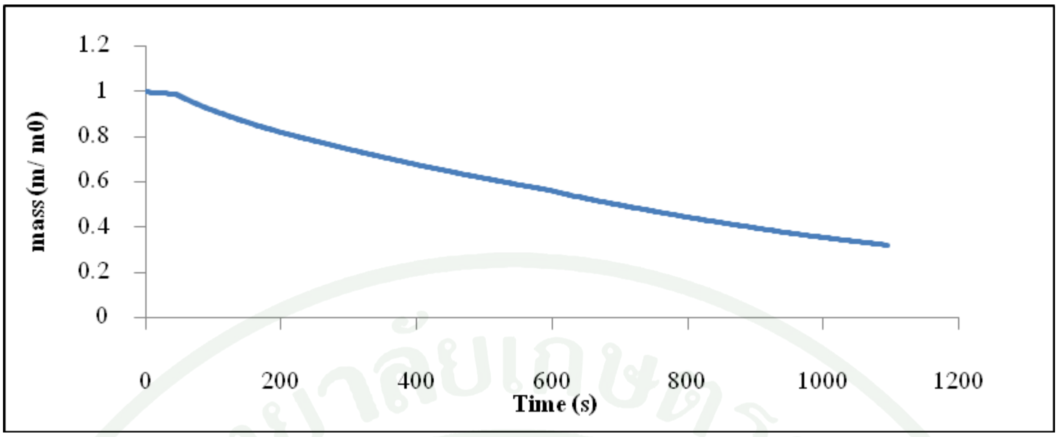


ภาพผนวกที่ ข173 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่50 kW/m^2(PB 50-3)

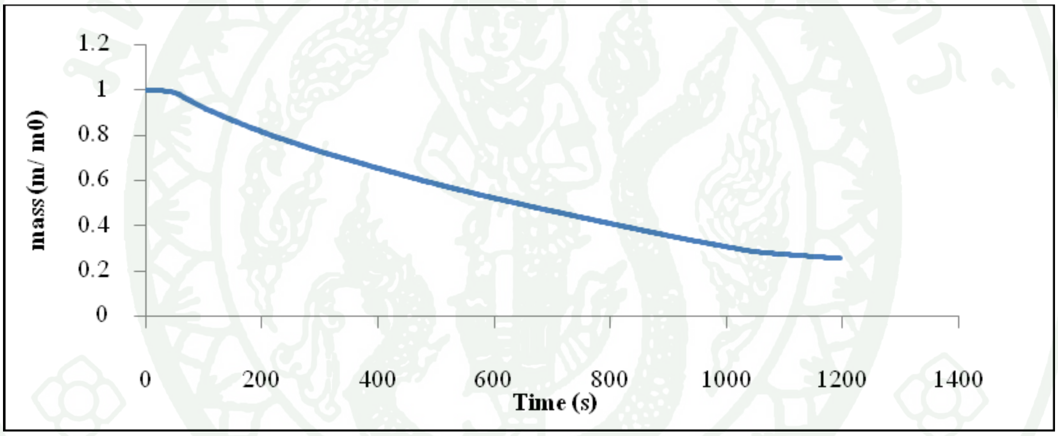


ภาพผนวกที่ ข174 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่40 kW/m^2(PB 40-1)

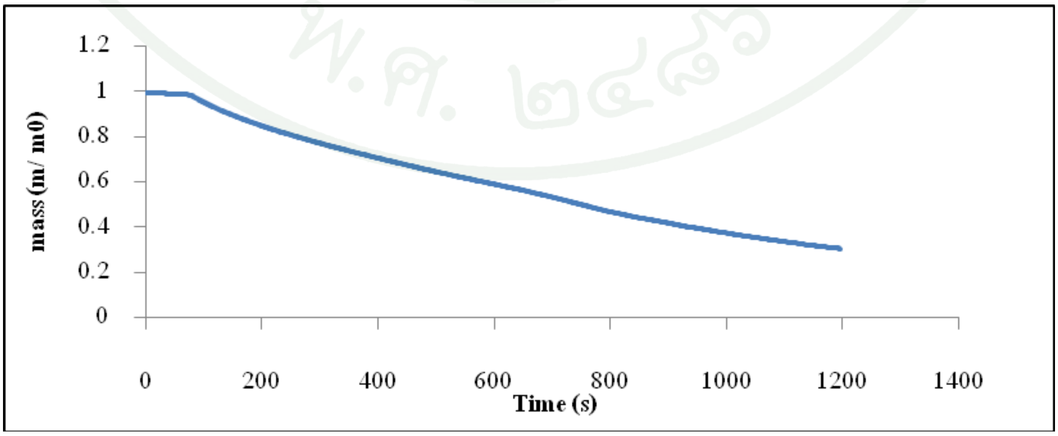
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข175 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่40 kW/m^2(PB 40-2)

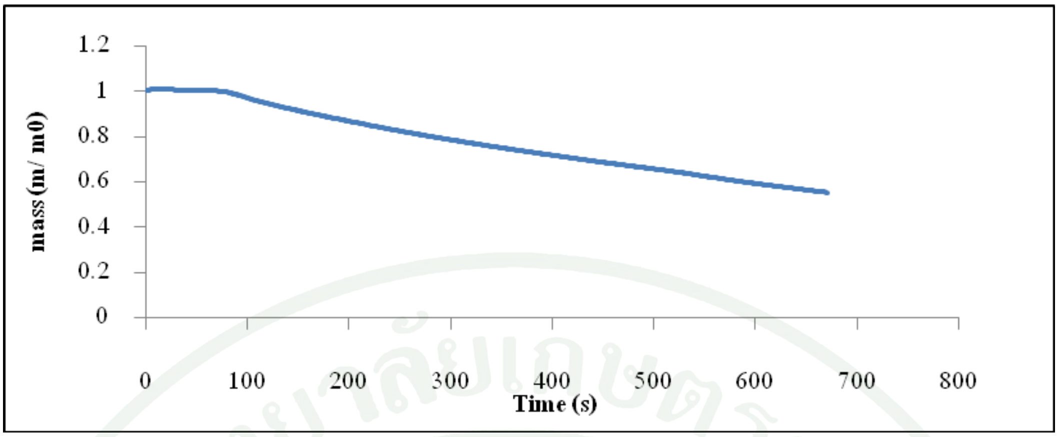


ภาพผนวกที่ ข176 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่40 kW/m^2(PB 40-3)

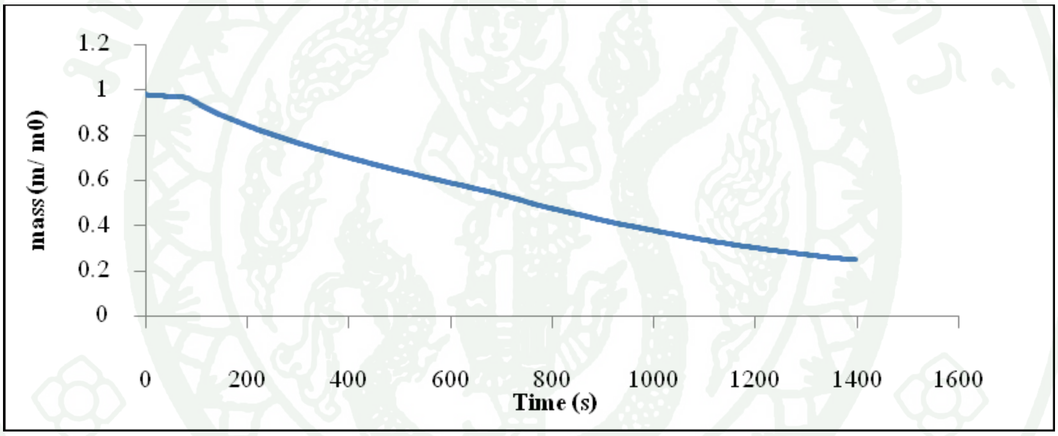


ภาพผนวกที่ ข177 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่30 kW/m^2(PB 30-1)

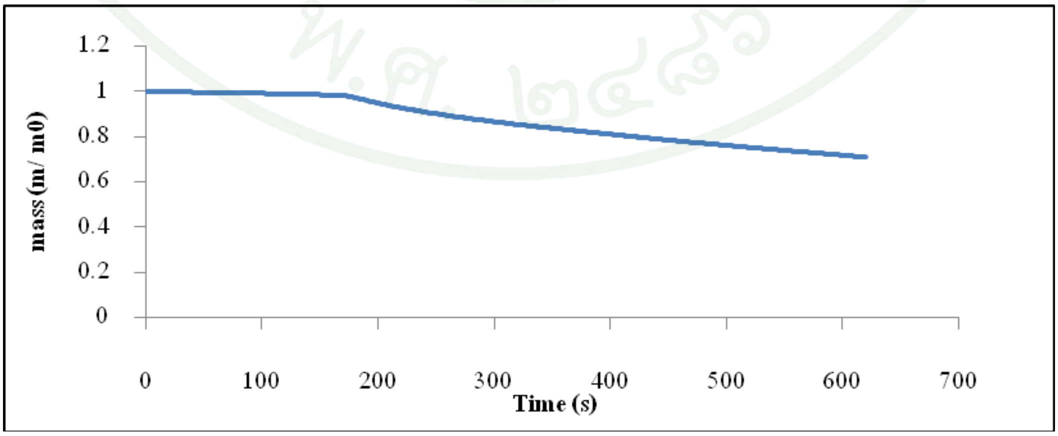
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข178 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่30 kW/m^2(PB 30-2)

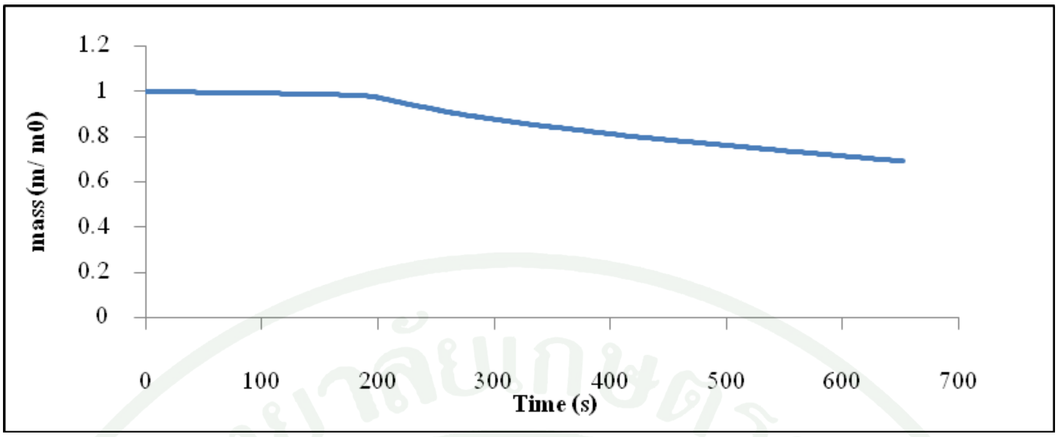


ภาพผนวกที่ ข179 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่30 kW/m^2(PB 30-3)

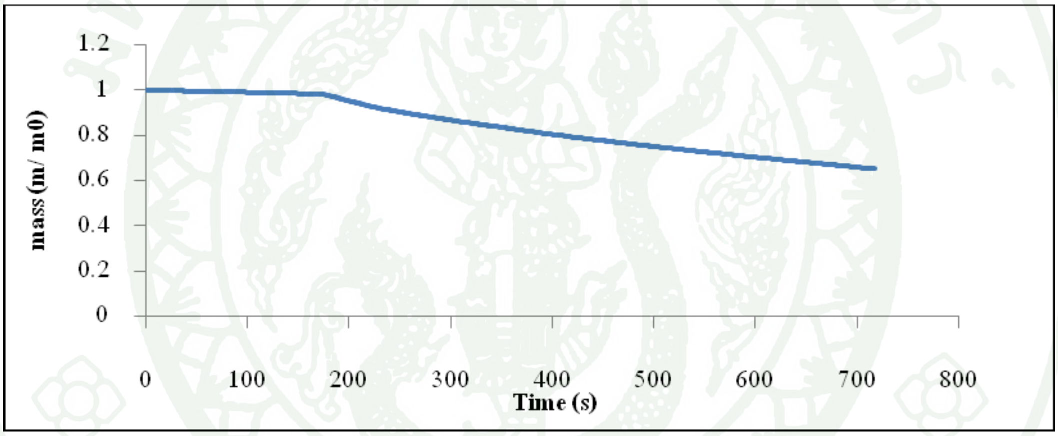


ภาพผนวกที่ ข180 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่20 kW/m^2(PB 20-1)

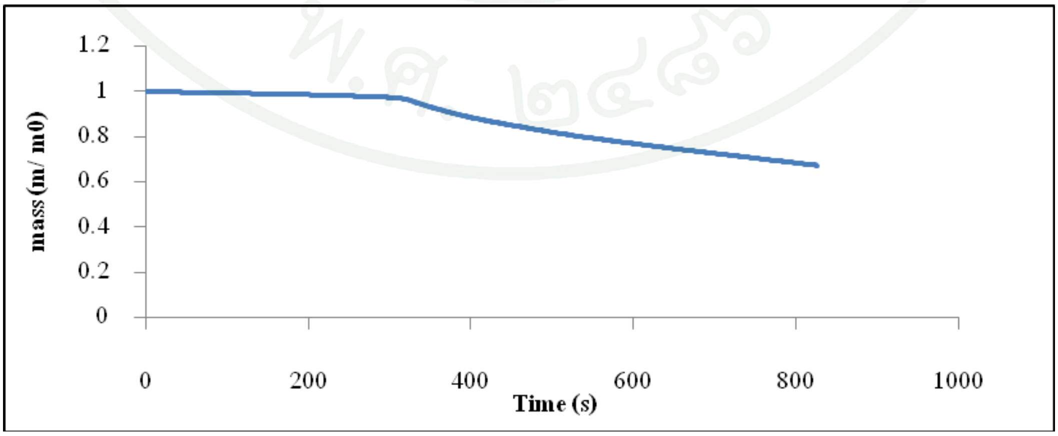
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข181 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่20 kW/m^2(PB 20-2)

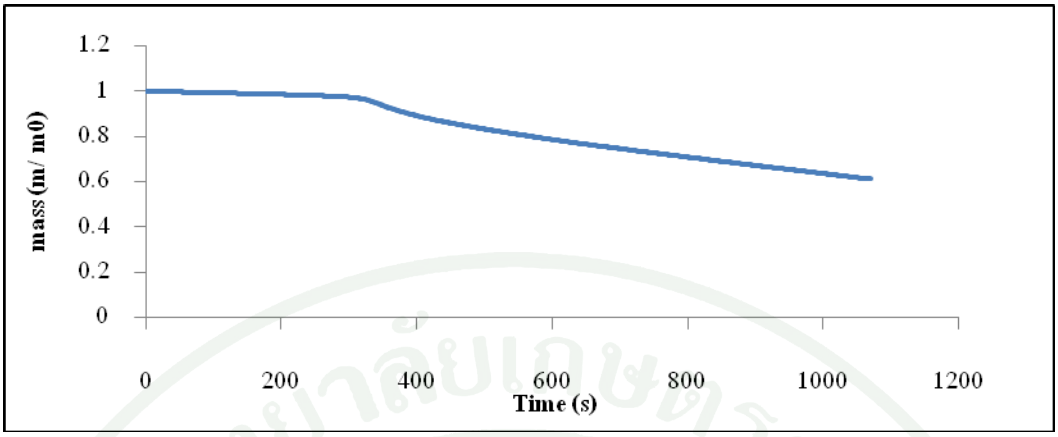


ภาพผนวกที่ ข182 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่20 kW/m^2(PB 20-3)

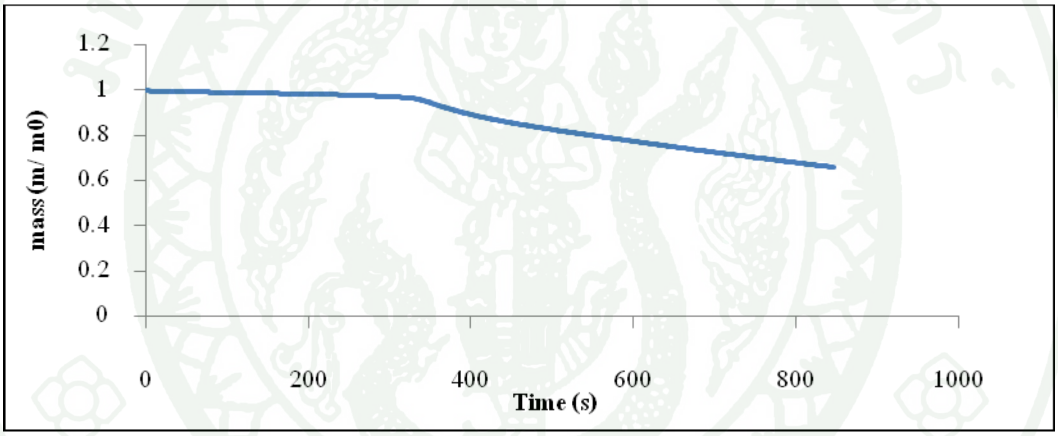


ภาพผนวกที่ ข183 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่15 kW/m^2(PB 15-1)

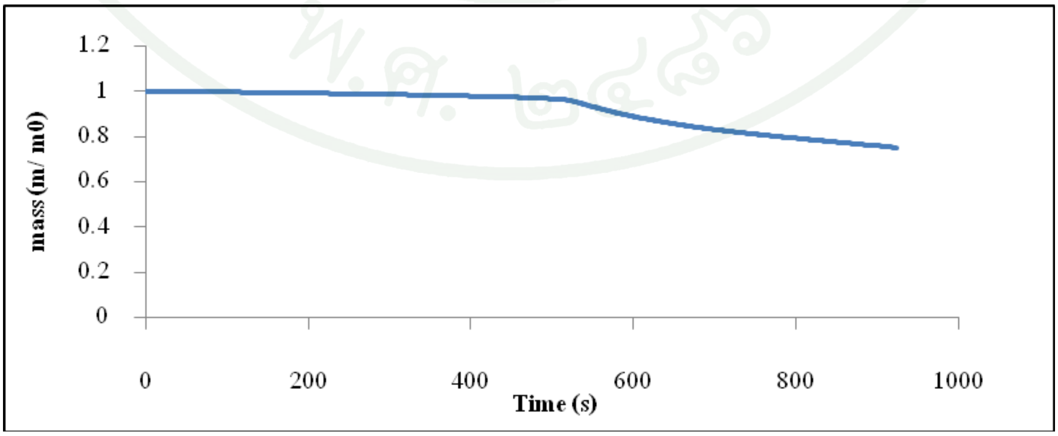
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข184 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่15 kW/m^2(PB 15-2)

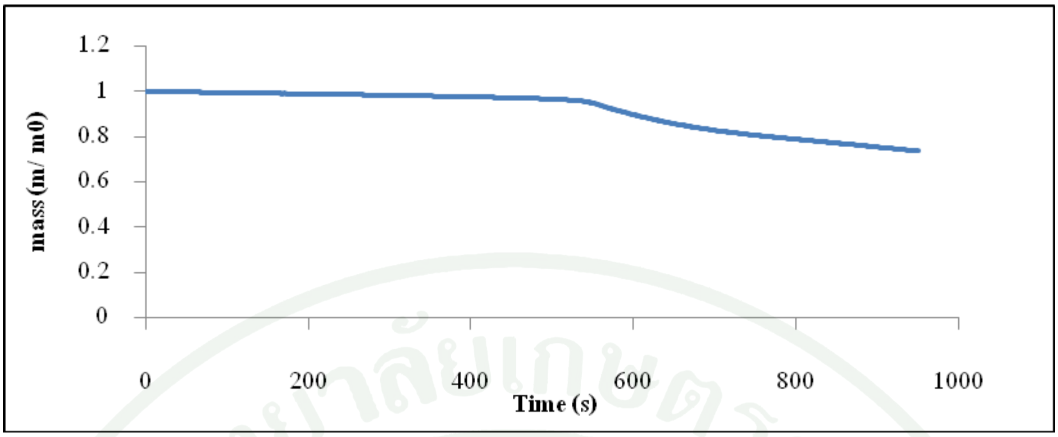


ภาพผนวกที่ ข185 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่15 kW/m^2(PB 15-3)

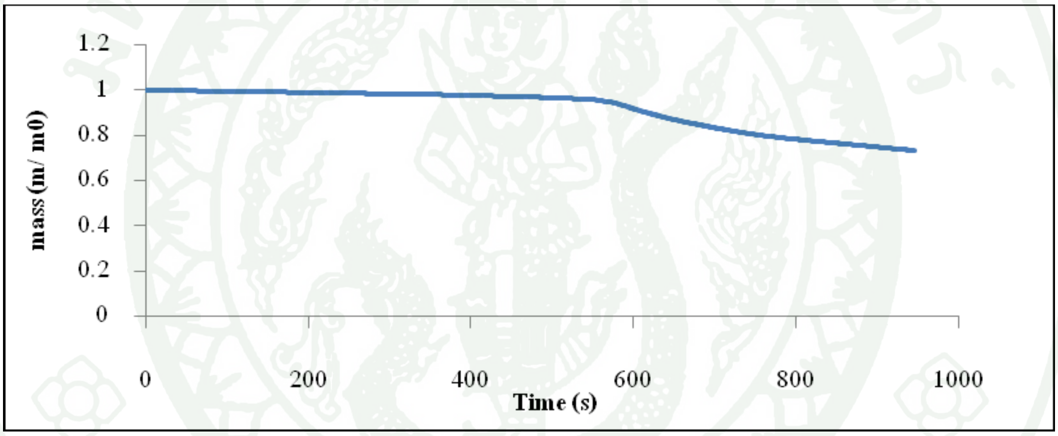


ภาพผนวกที่ ข186 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่12 kW/m^2(PB 12-1)

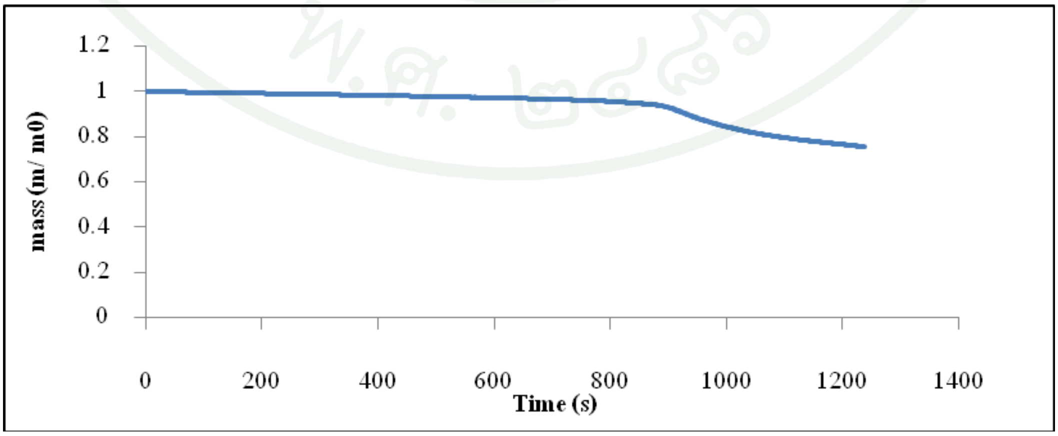
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข187 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่12 kW/m^2(PB 12-2)

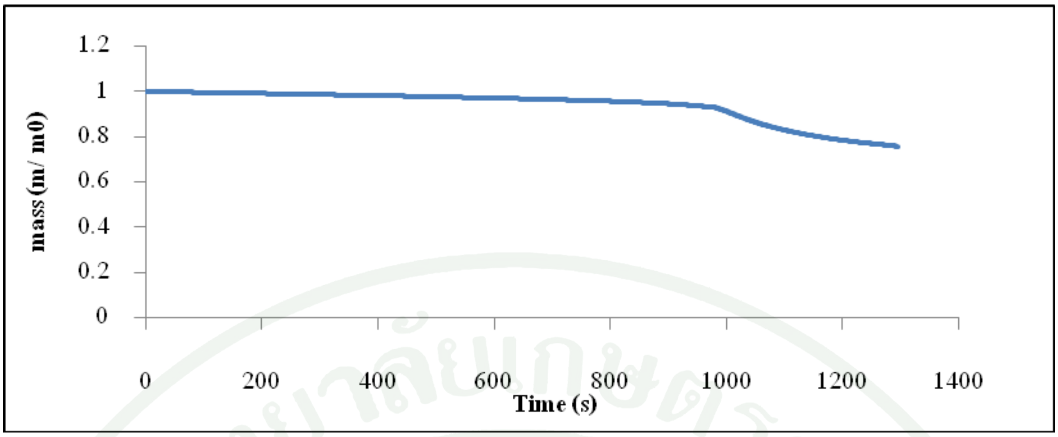


ภาพผนวกที่ ข188 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่12kW/m^2(PB 12-3)

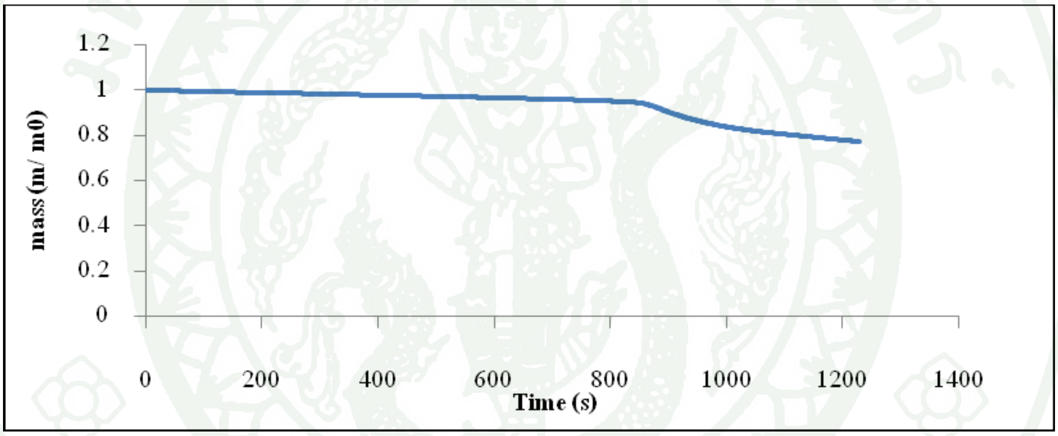


ภาพผนวกที่ ข189 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่10 kW/m^2(PB 10-1)

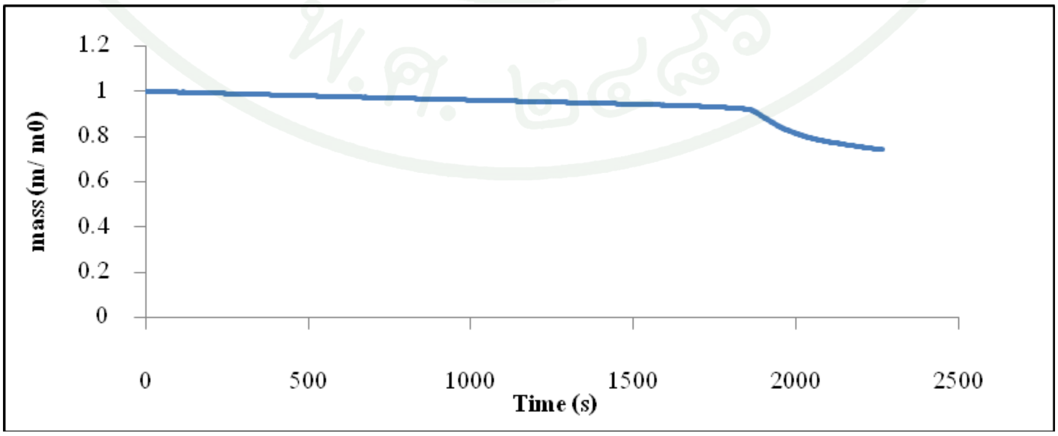
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข190 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ลหนา16 mmที่10 kW/m^2(PB 10-2)

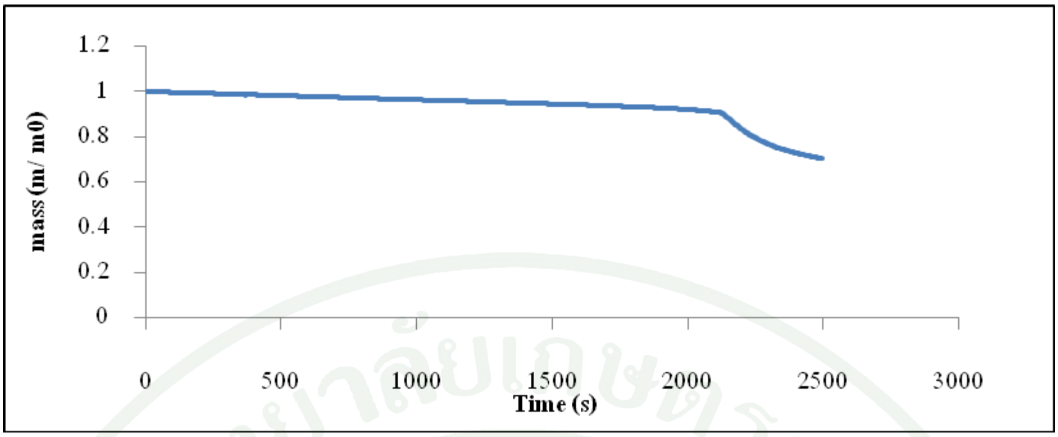


ภาพผนวกที่ ข191 แสดงอัตราการสูญเสียมวลแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 10 kW/m^2 (PB 10-3)

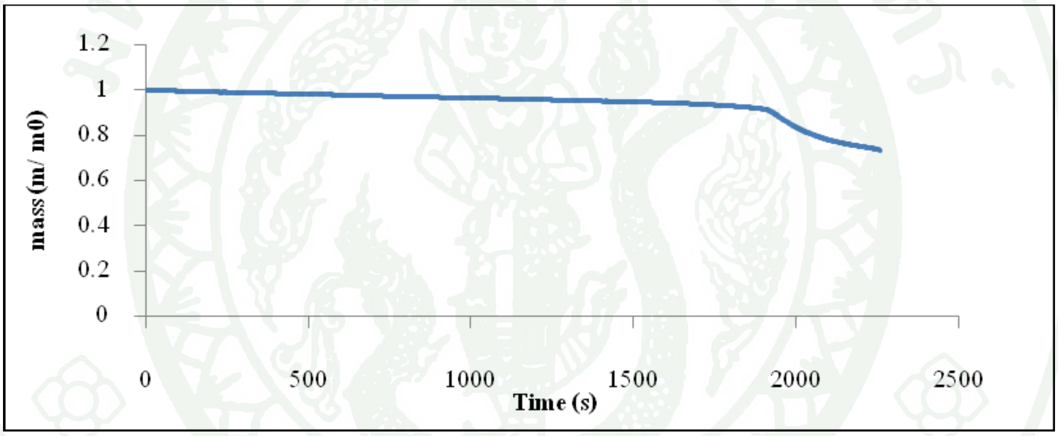


ภาพผนวกที่ ข192 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-1)

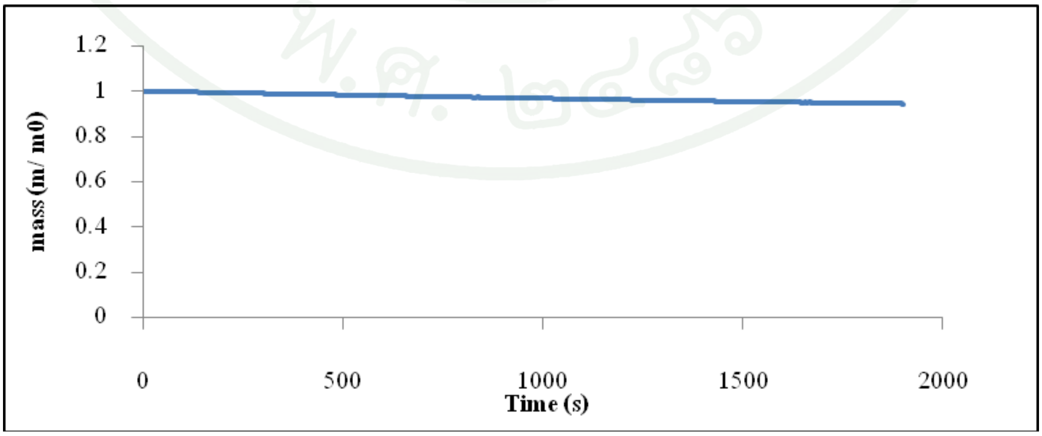
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข193 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-2)

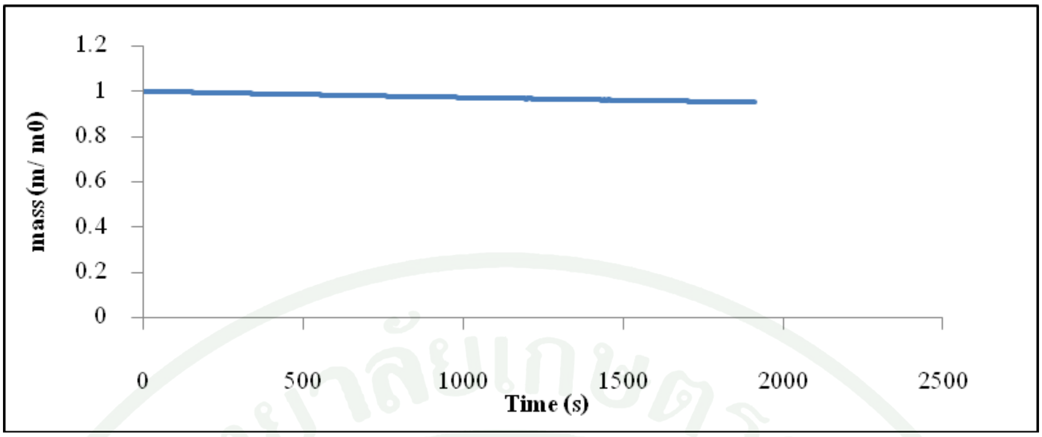


ภาพผนวกที่ ข194 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-3)

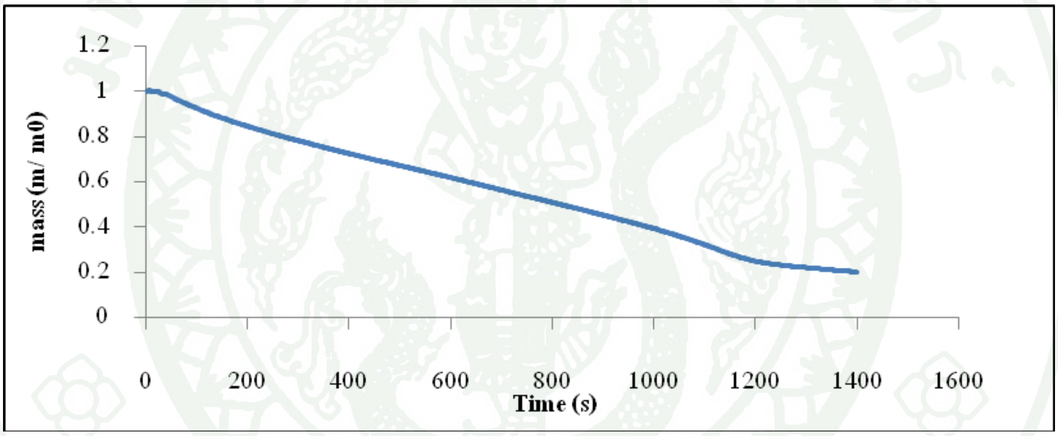


ภาพผนวกที่ ข195 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 6 kW/m^2 (PB 6-1)

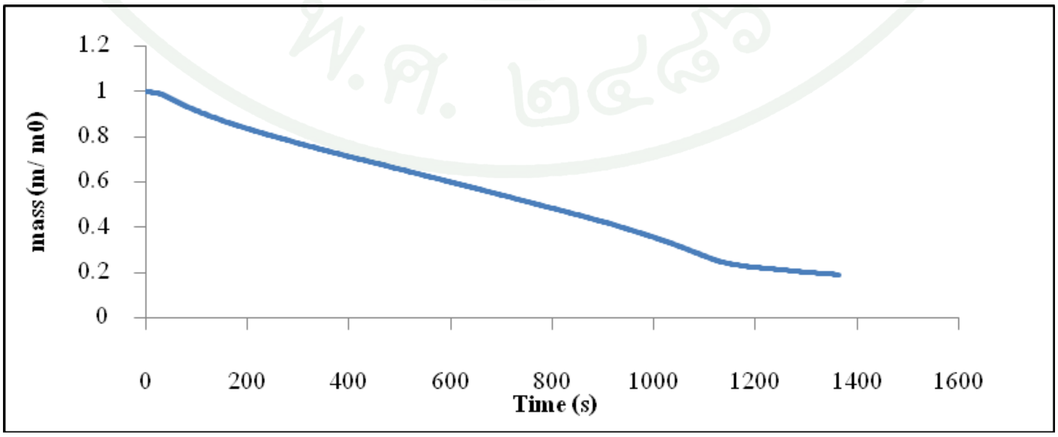
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข196 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 6 kW/m^2 (PB 6-2)

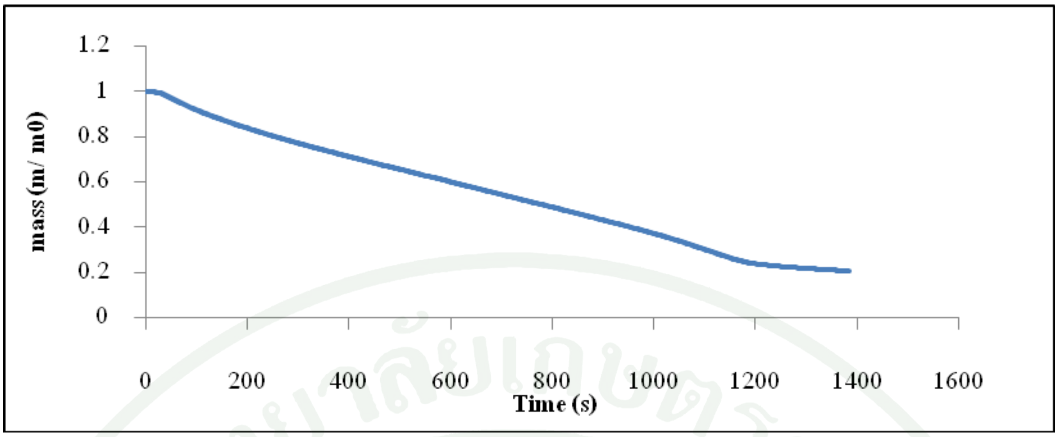


ภาพผนวกที่ ข197 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-1)

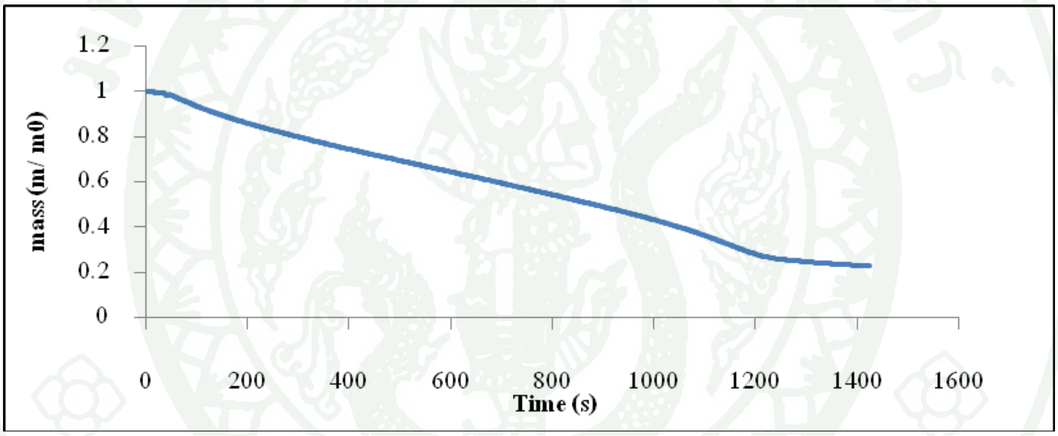


ภาพผนวกที่ ข198 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-2)

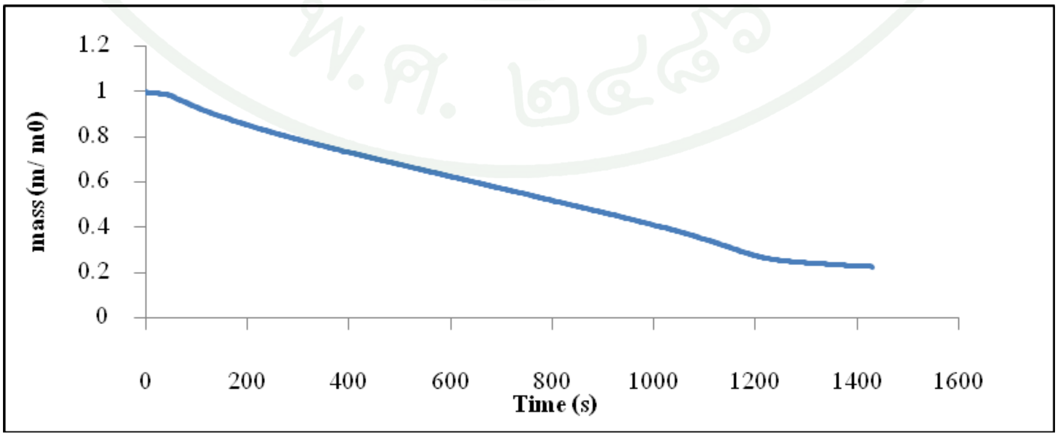
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข199 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-3)

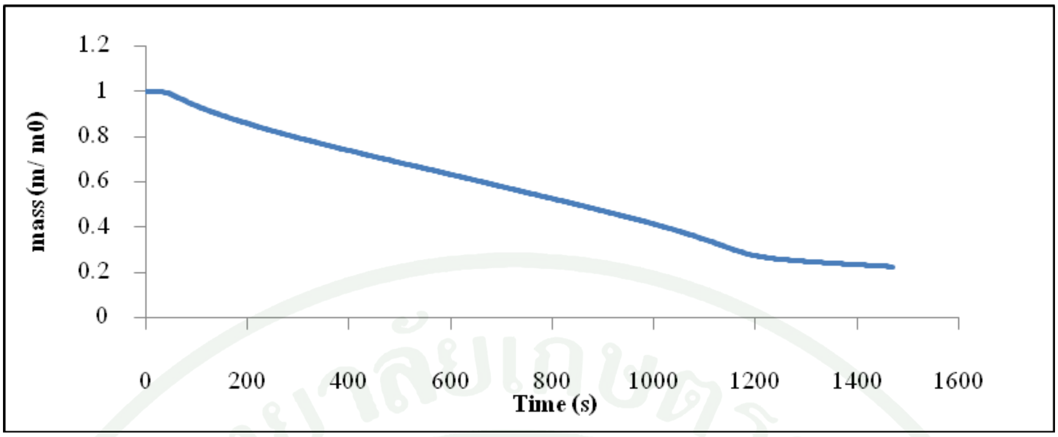


ภาพผนวกที่ ข200 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-1)

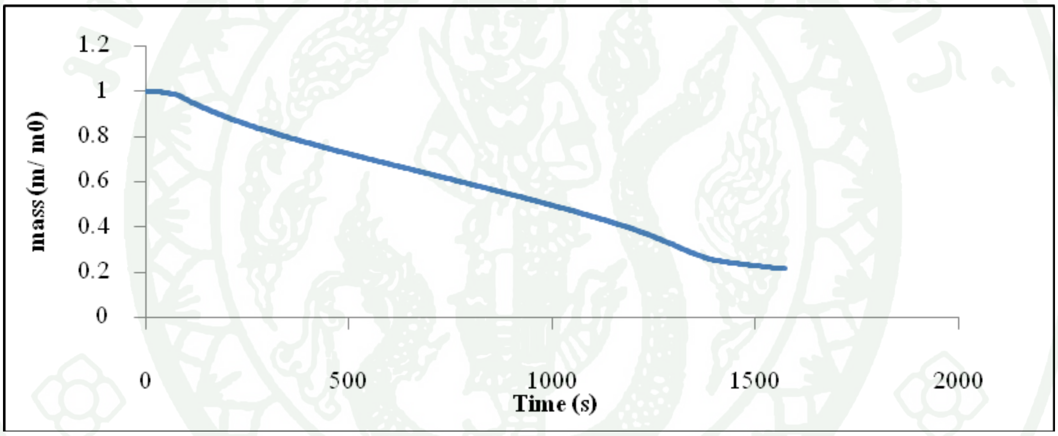


ภาพผนวกที่ ข201 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-2)

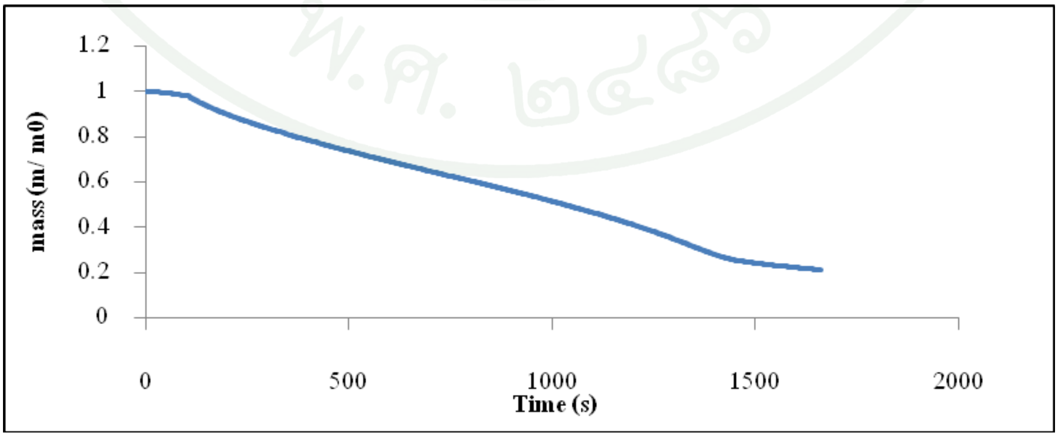
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข202 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-3)

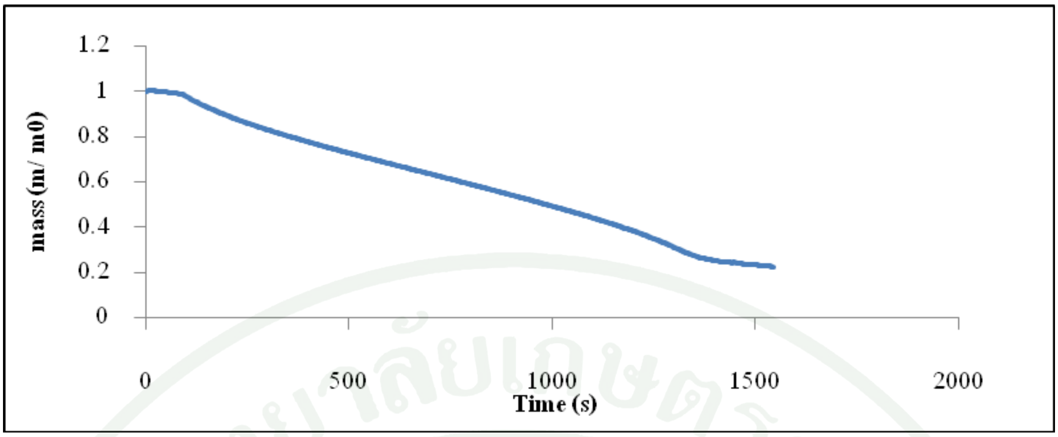


ภาพผนวกที่ ข203 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-1)

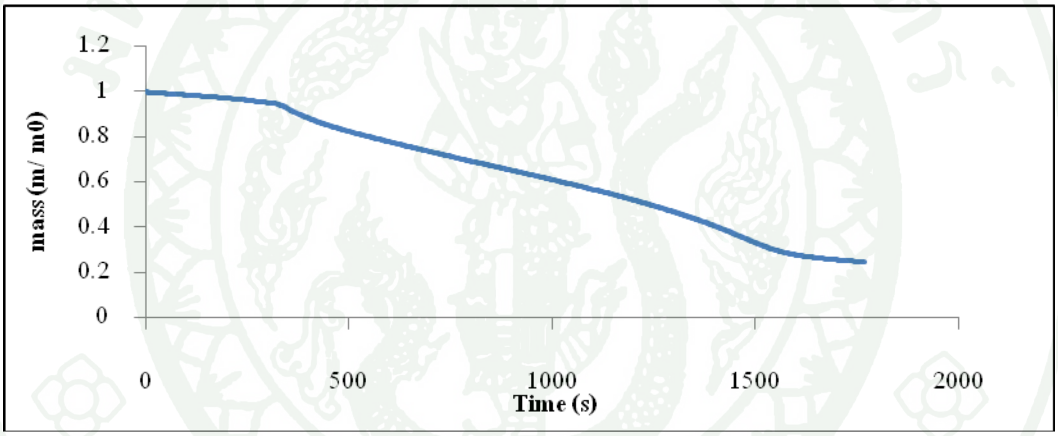


ภาพผนวกที่ ข204 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-2)

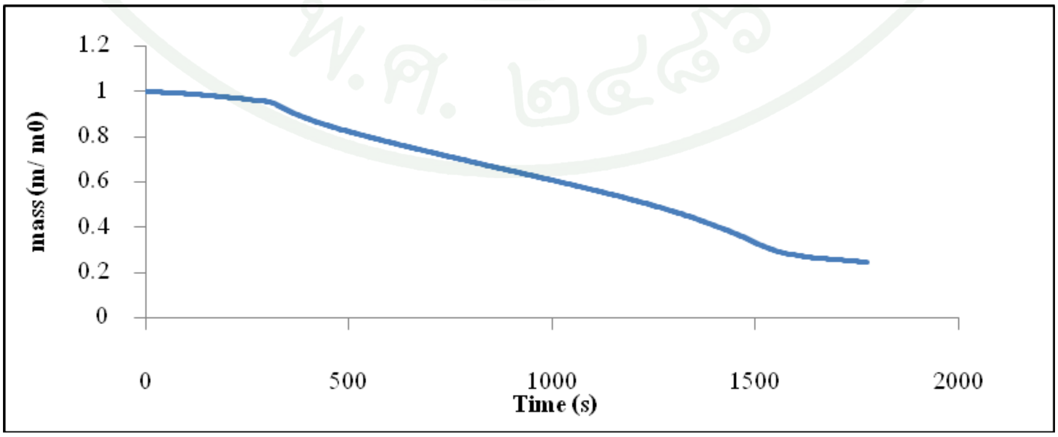
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข205 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-3)

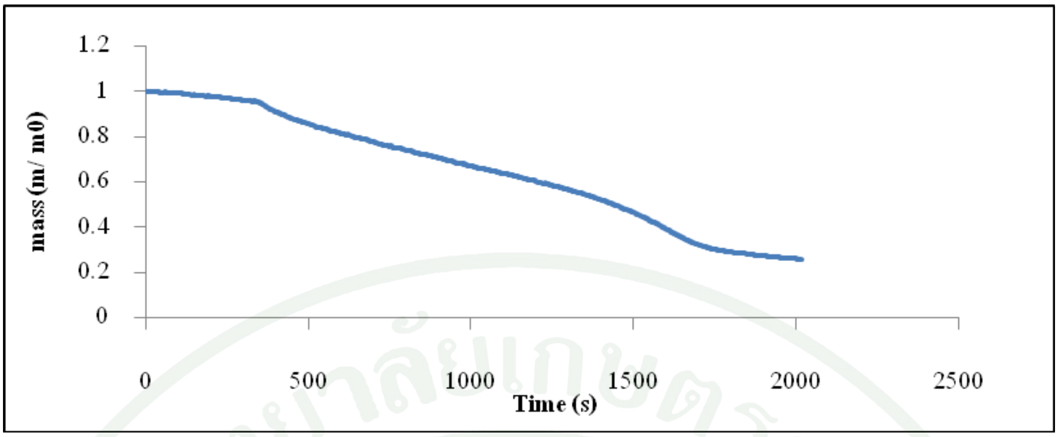


ภาพผนวกที่ ข206 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-1)

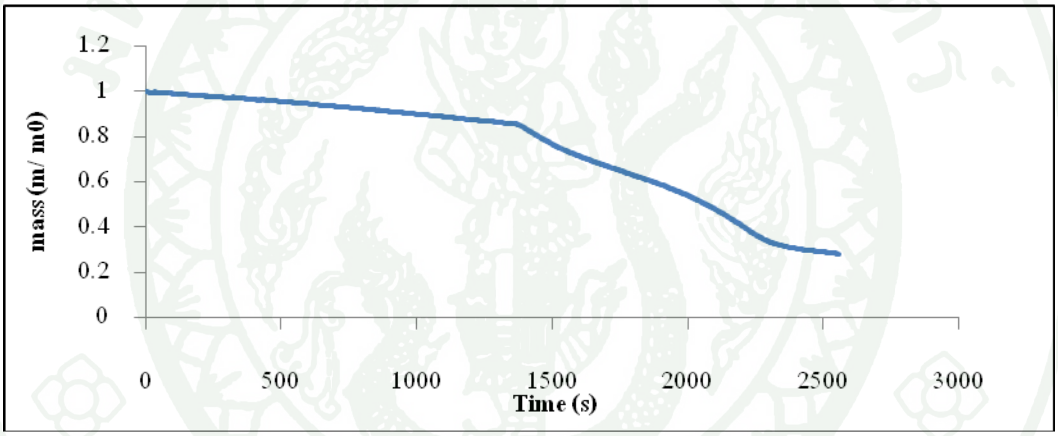


ภาพผนวกที่ ข207 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-2)

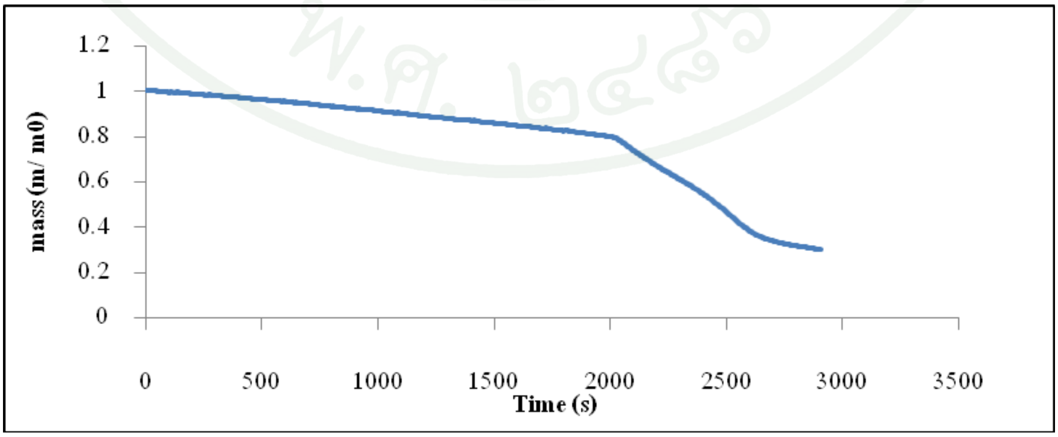
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข208 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-3)

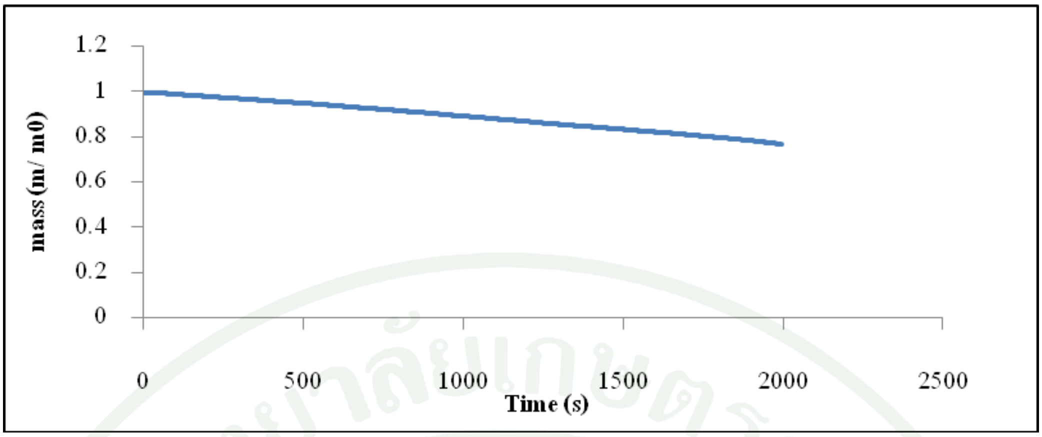


ภาพผนวกที่ ข209 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-1)

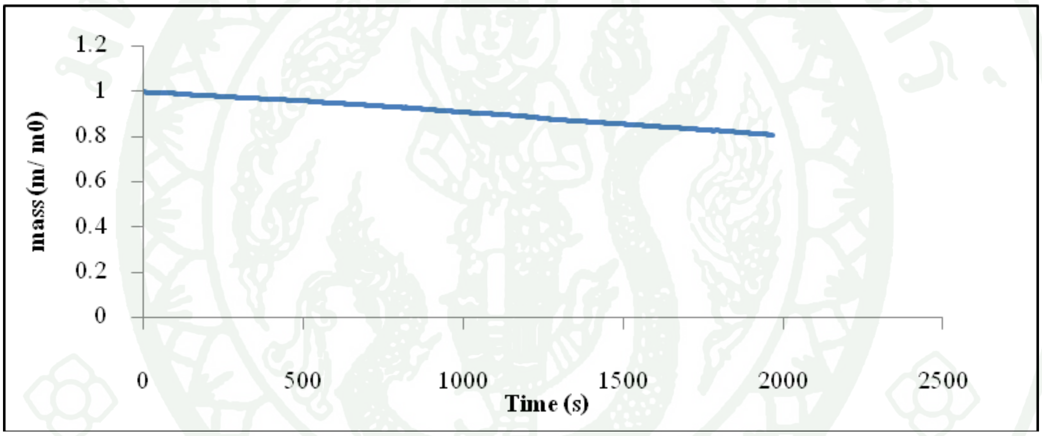


ภาพผนวกที่ ข210 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-2)

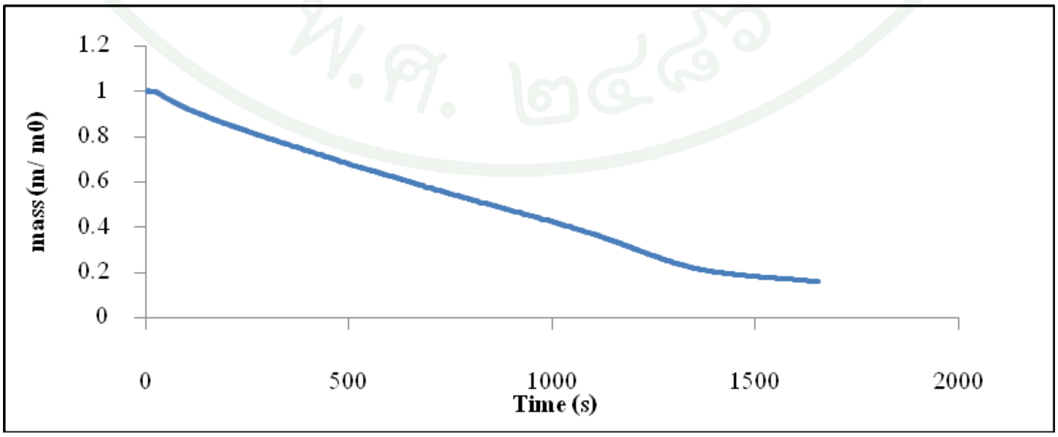
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข211 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-3)

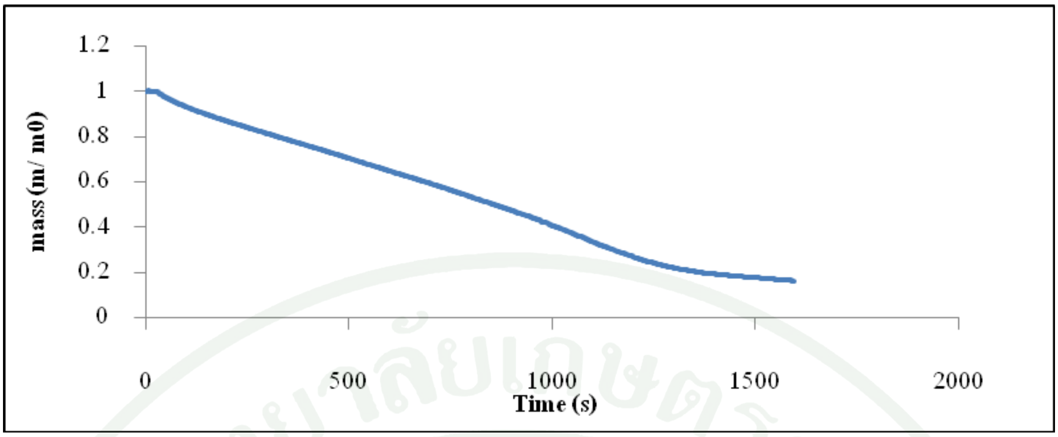


ภาพผนวกที่ ข212 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-4)

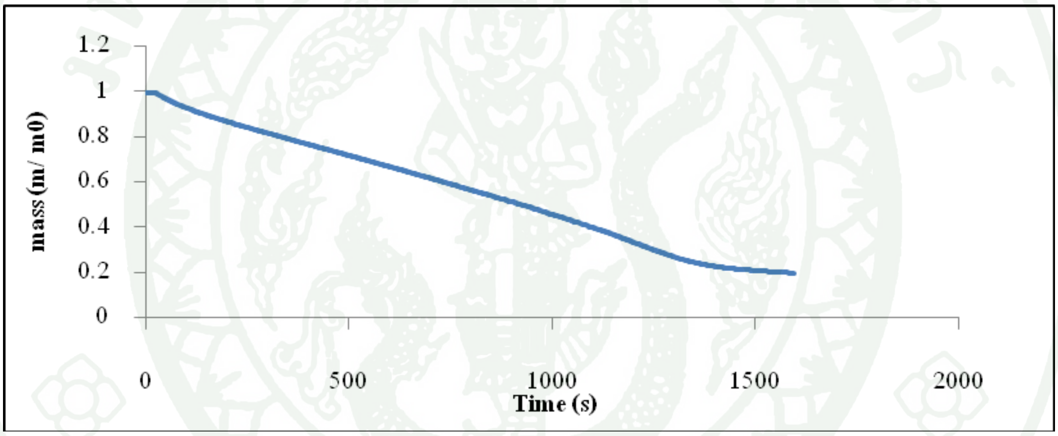


ภาพผนวกที่ ข213 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-1)

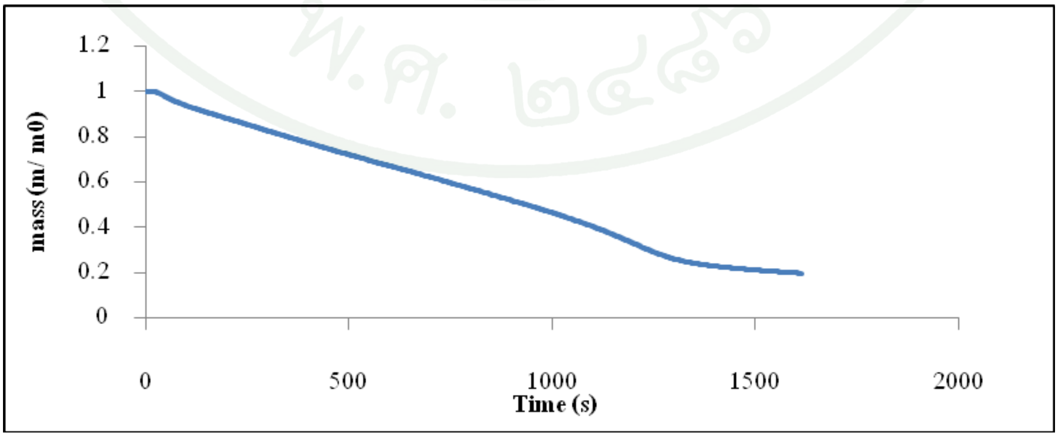
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข214 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-2)

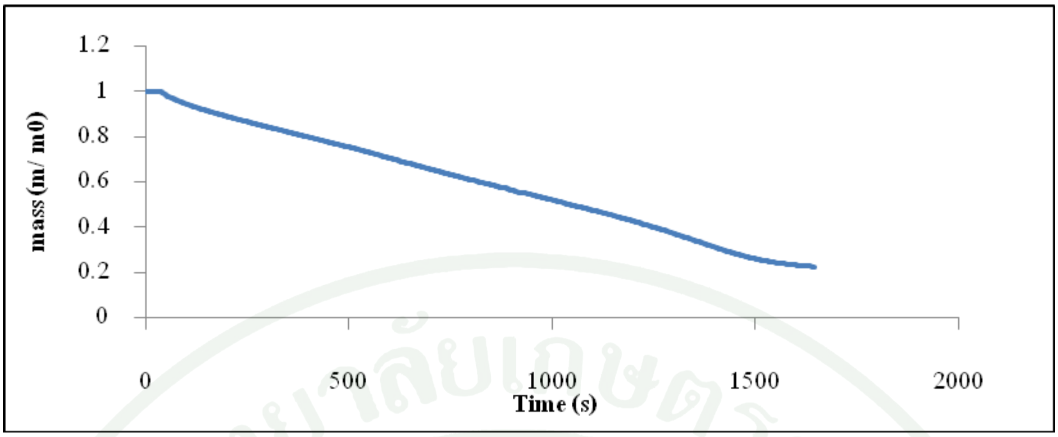


ภาพผนวกที่ ข215 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-3)

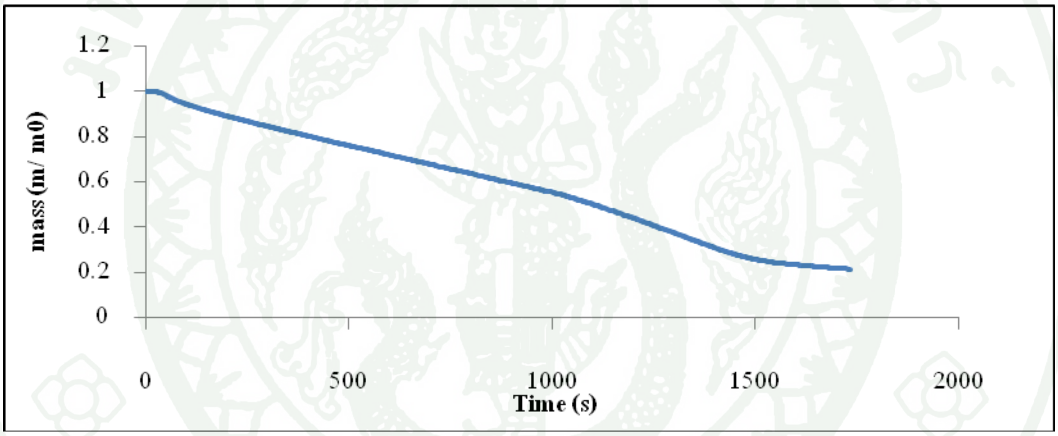


ภาพผนวกที่ ข216 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-1)

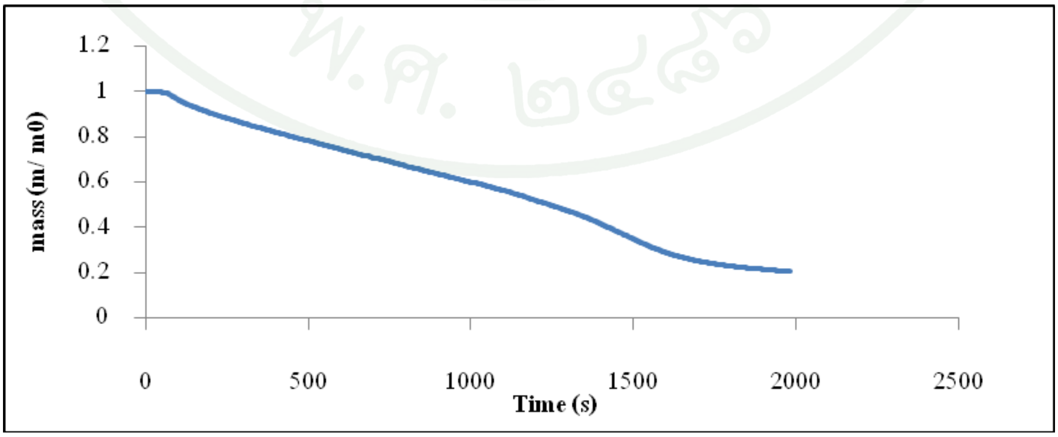
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข217 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-2)

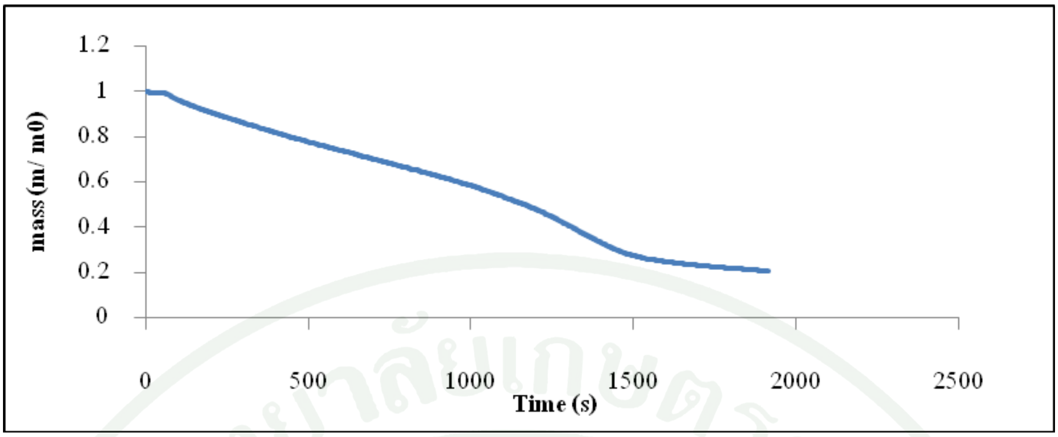


ภาพผนวกที่ ข218 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-3)

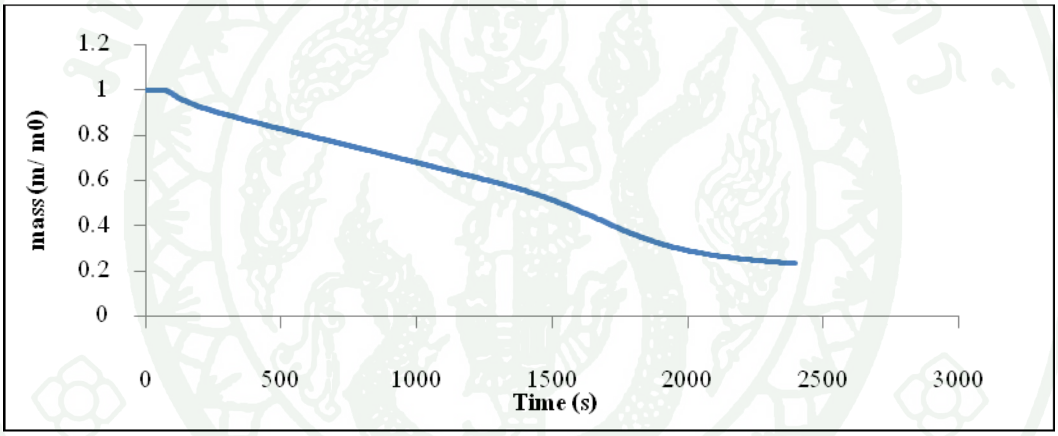


ภาพผนวกที่ ข219 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-1)

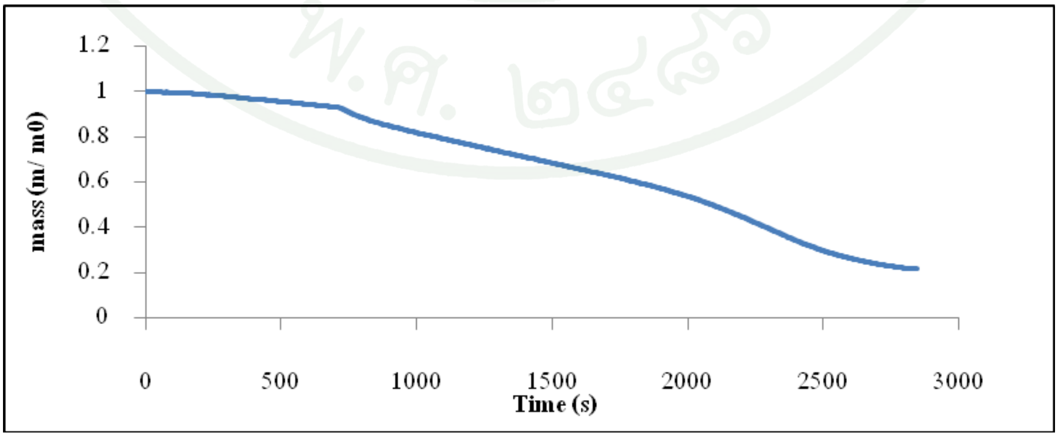
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข220 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-2)

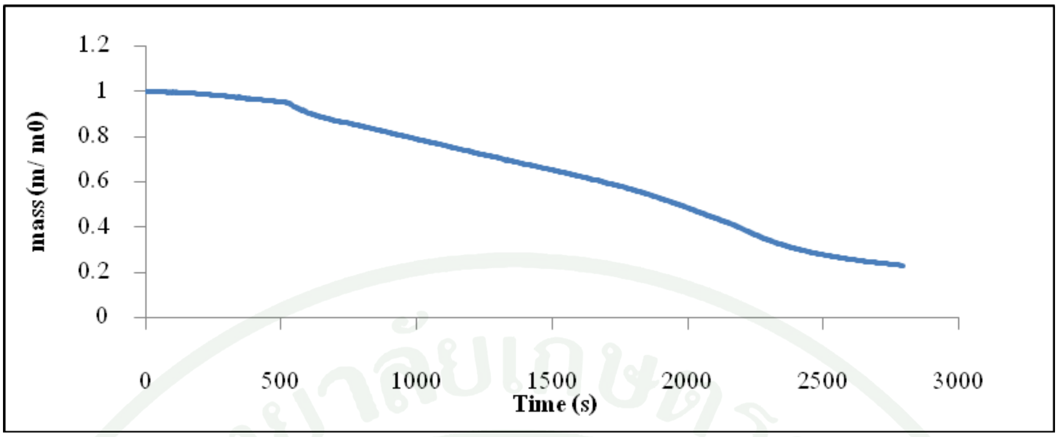


ภาพผนวกที่ ข221 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-3)

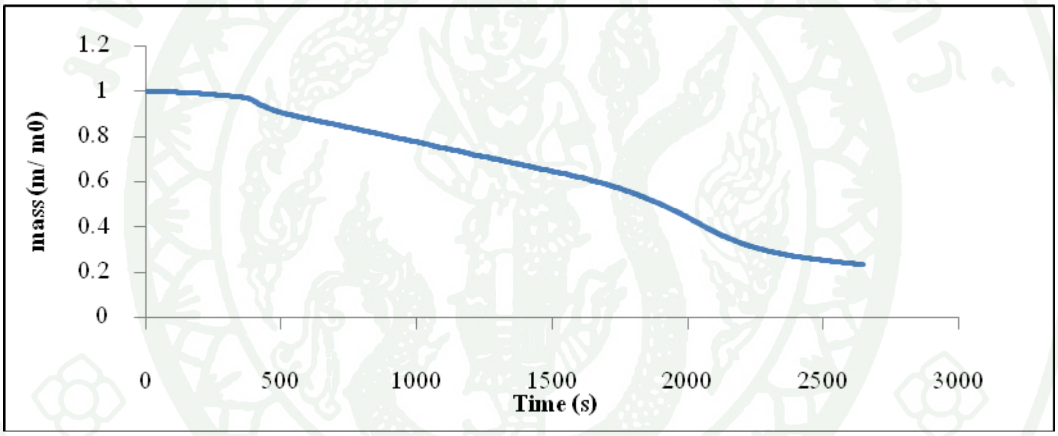


ภาพผนวกที่ ข222 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-1)

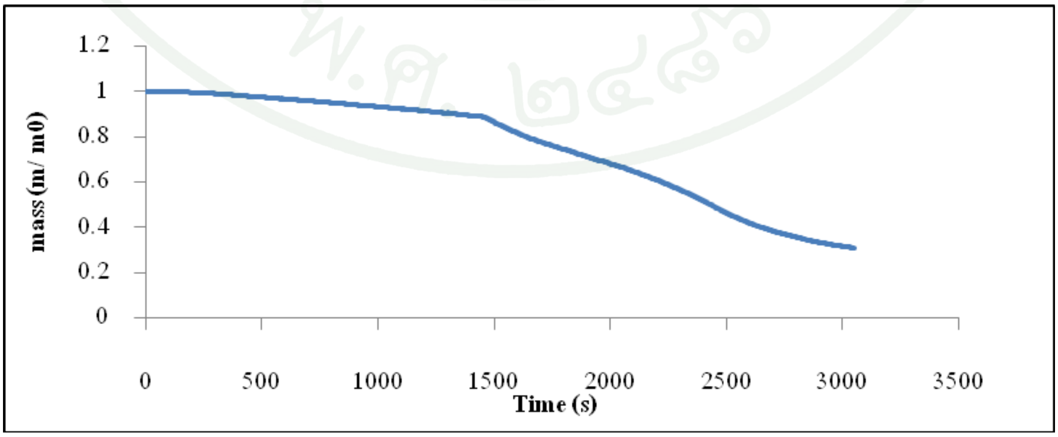
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข223 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-2)

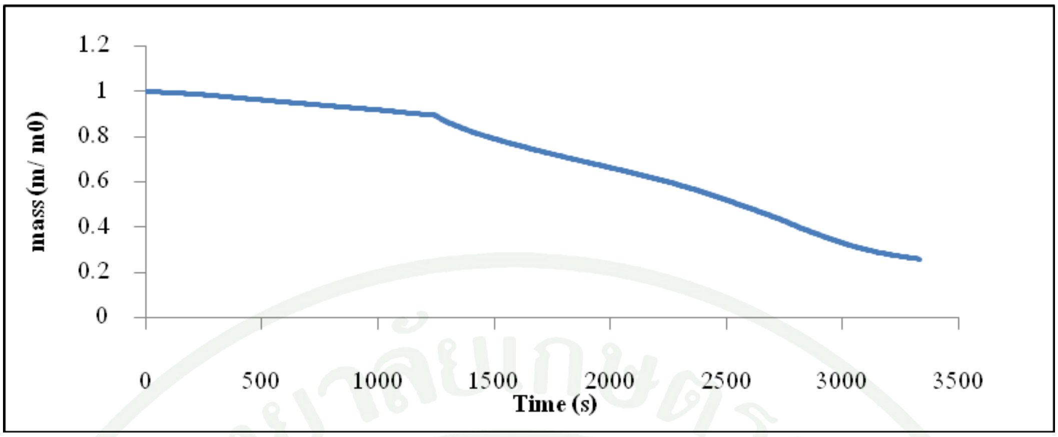


ภาพผนวกที่ ข224 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-3)

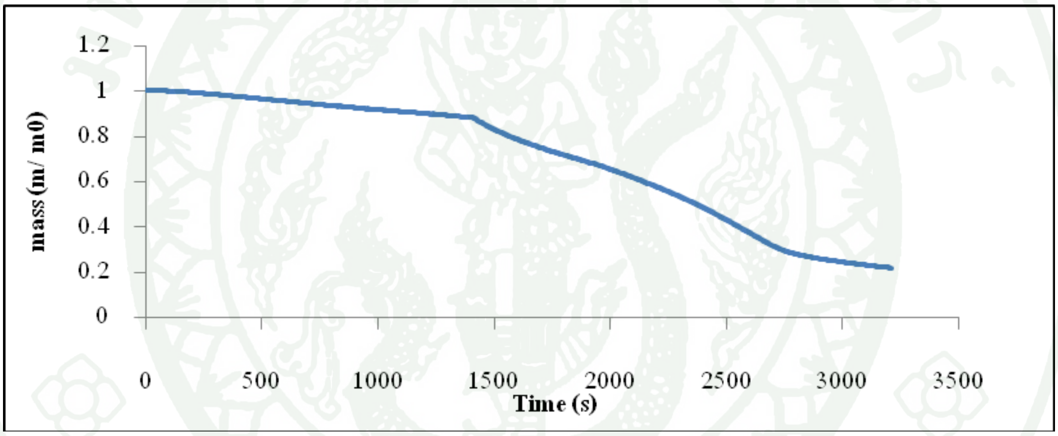


ภาพผนวกที่ ข225 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-1)

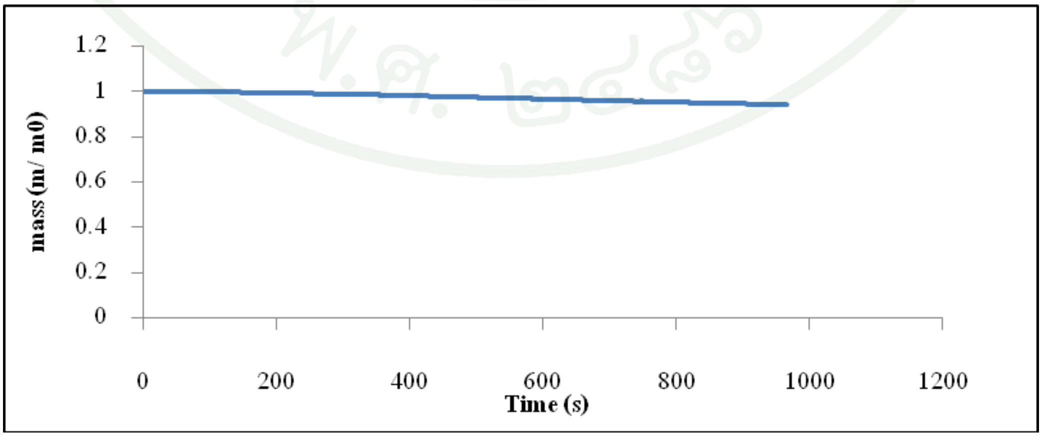
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข226 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-2)

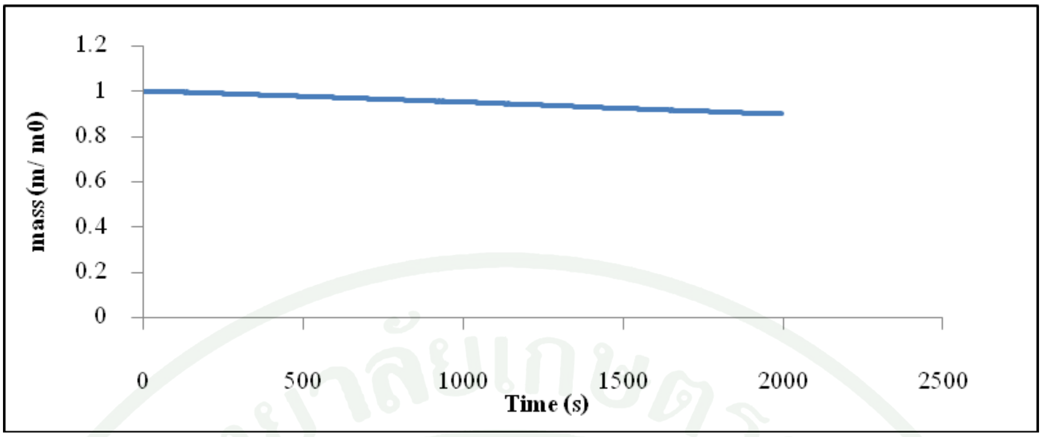


ภาพผนวกที่ ข227 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-3)

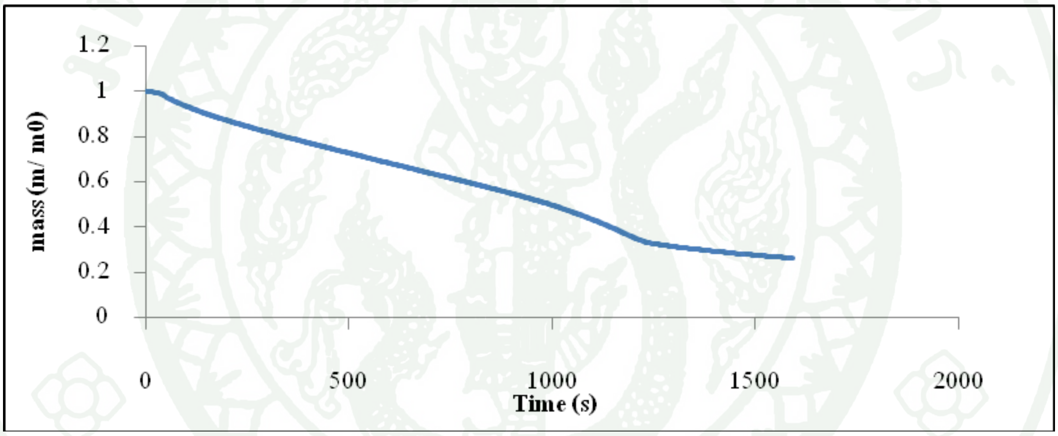


ภาพผนวกที่ ข228 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 15-1)

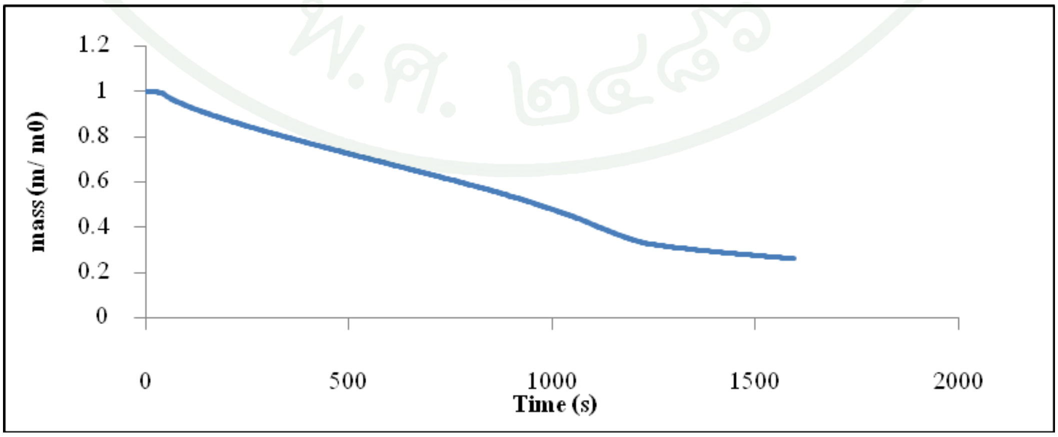
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข229 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 15-2)

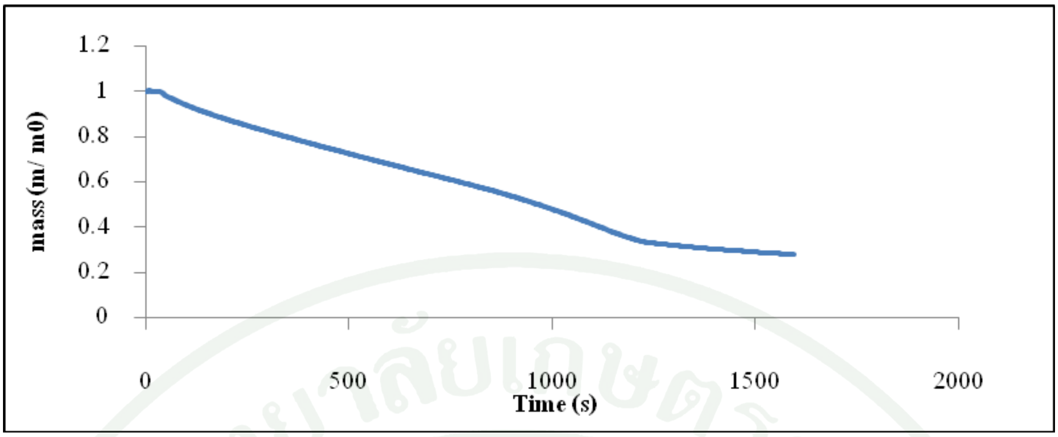


ภาพผนวกที่ ข230 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-1)

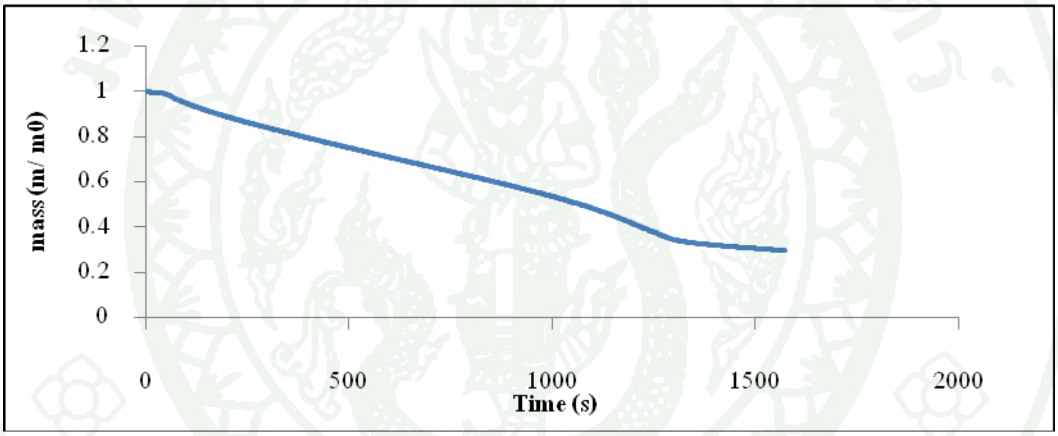


ภาพผนวกที่ ข231 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-2)

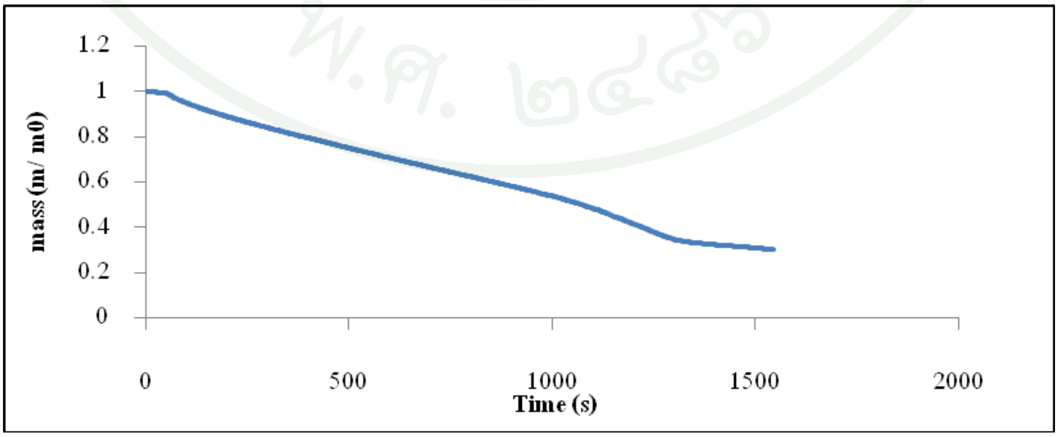
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข232 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-3)

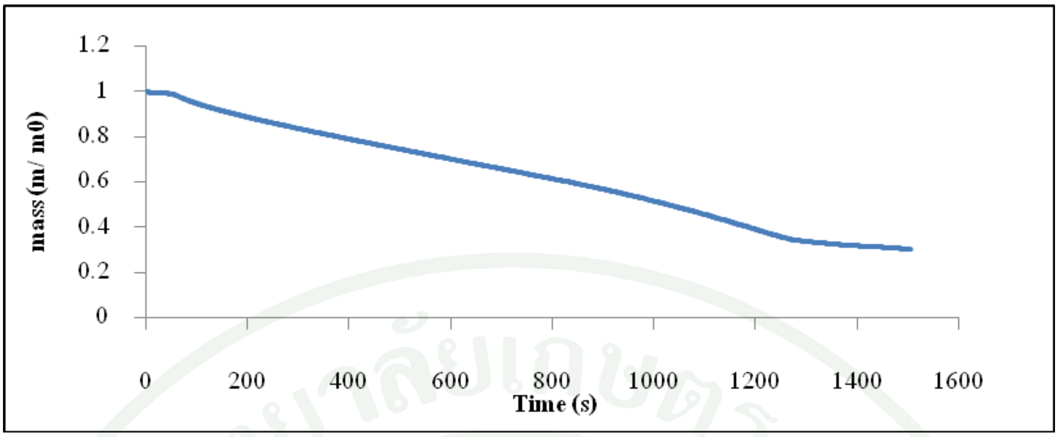


ภาพผนวกที่ ข233 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-1)

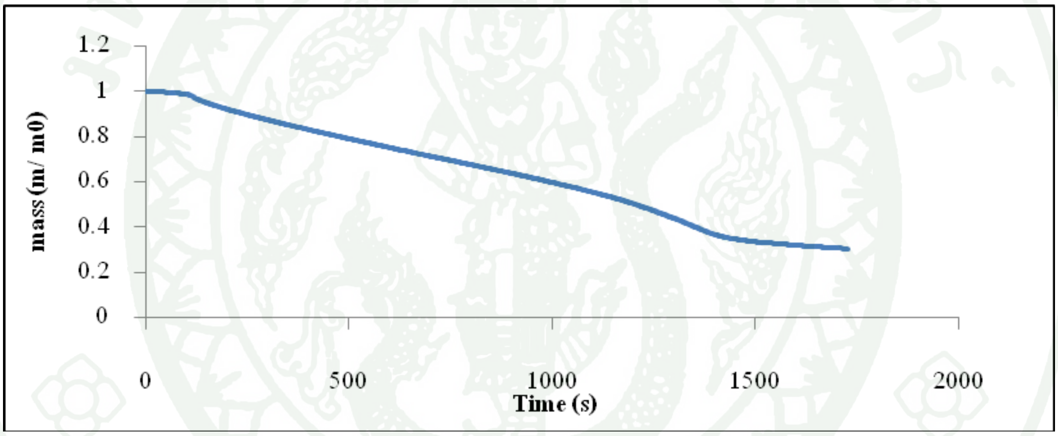


ภาพผนวกที่ ข234 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-2)

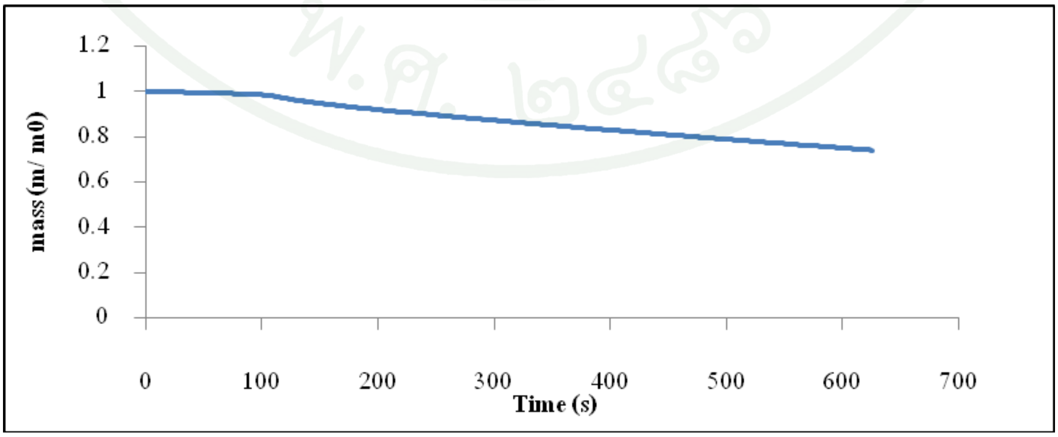
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข235 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-3)

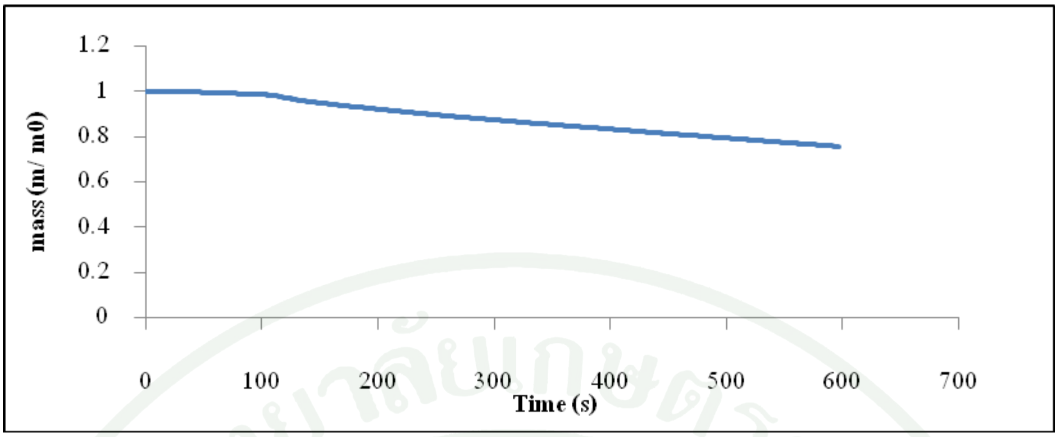


ภาพผนวกที่ ข236 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-1)

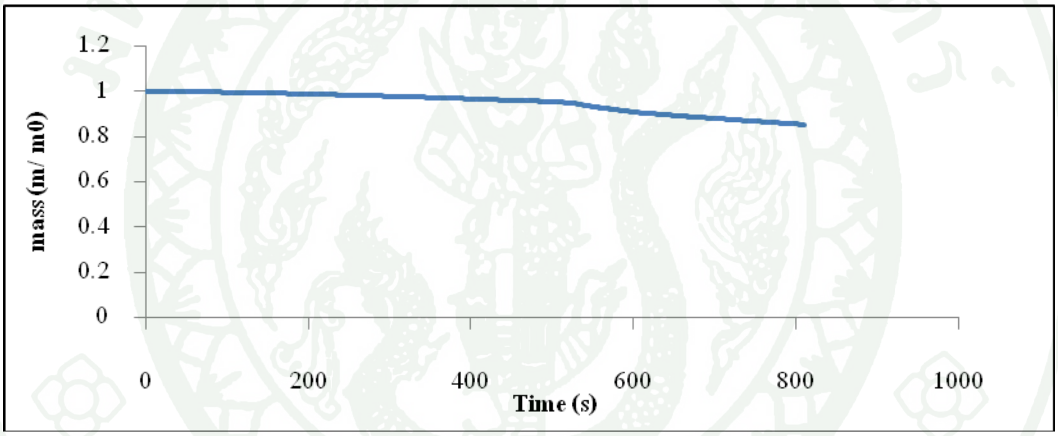


ภาพผนวกที่ ข237 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-2)

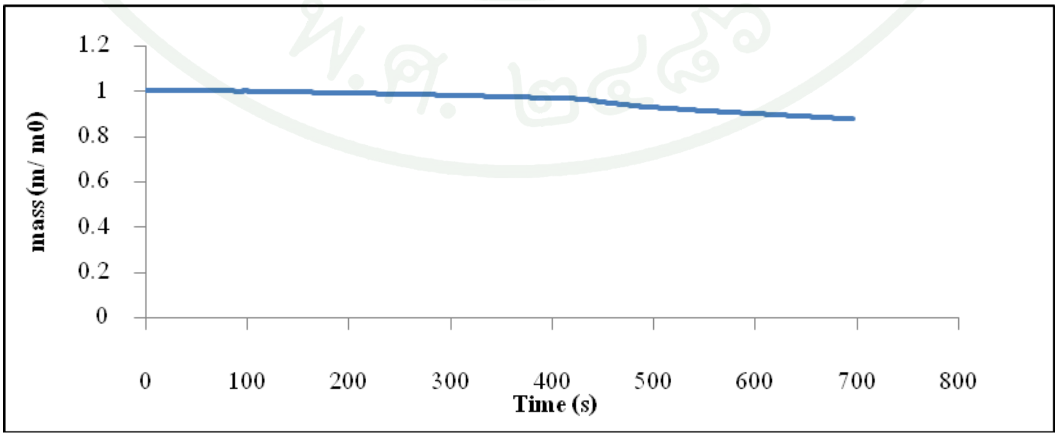
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข238 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-3)

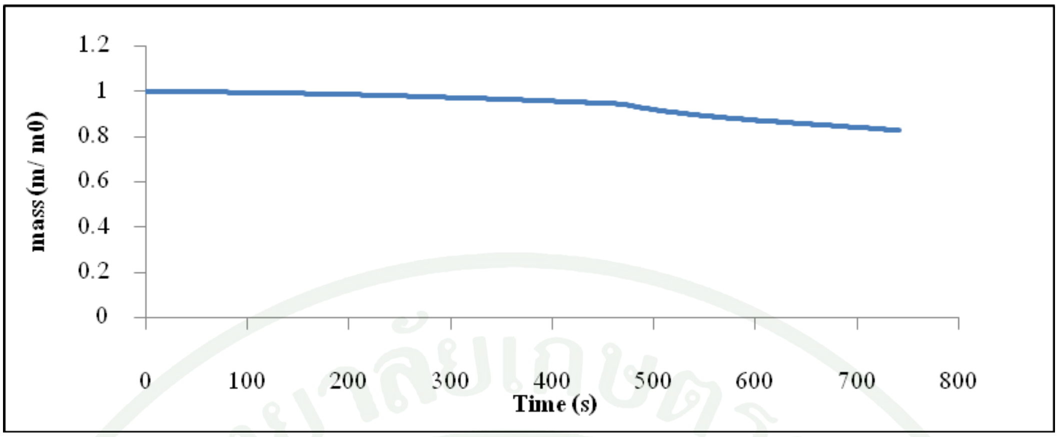


ภาพผนวกที่ ข239 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-1)

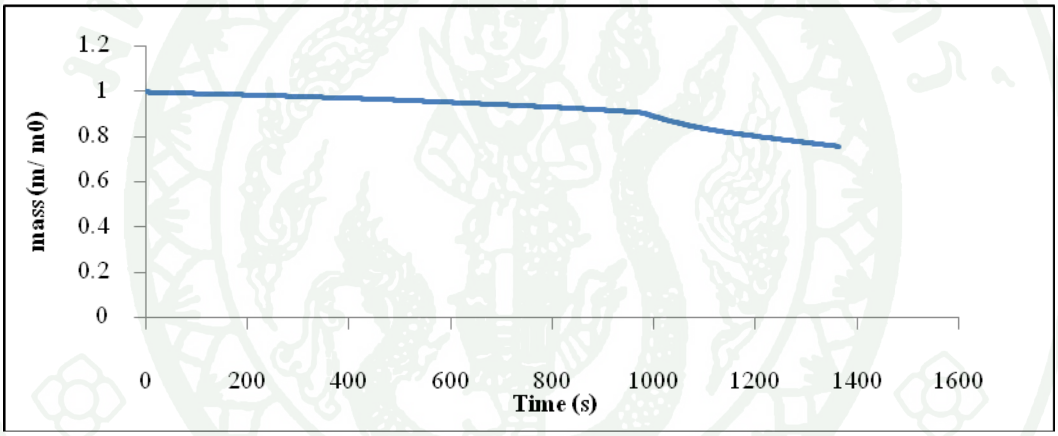


ภาพผนวกที่ ข240 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-2)

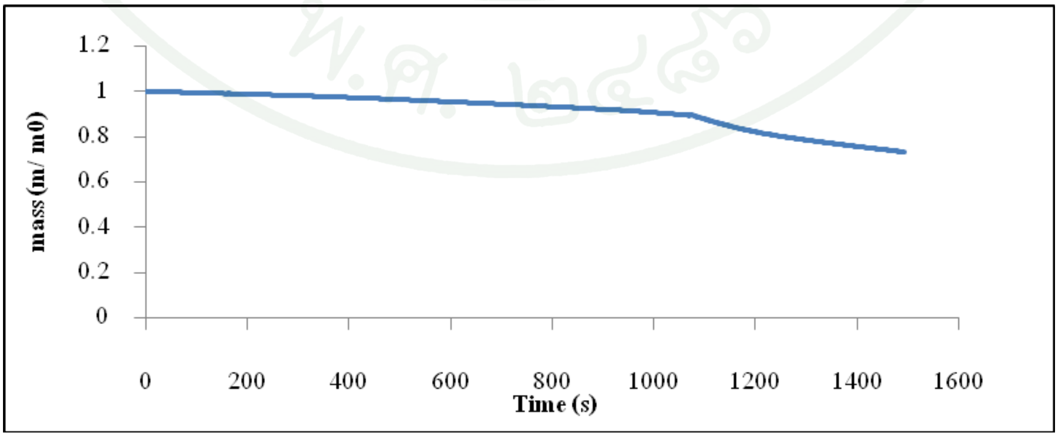
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข241 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-3)

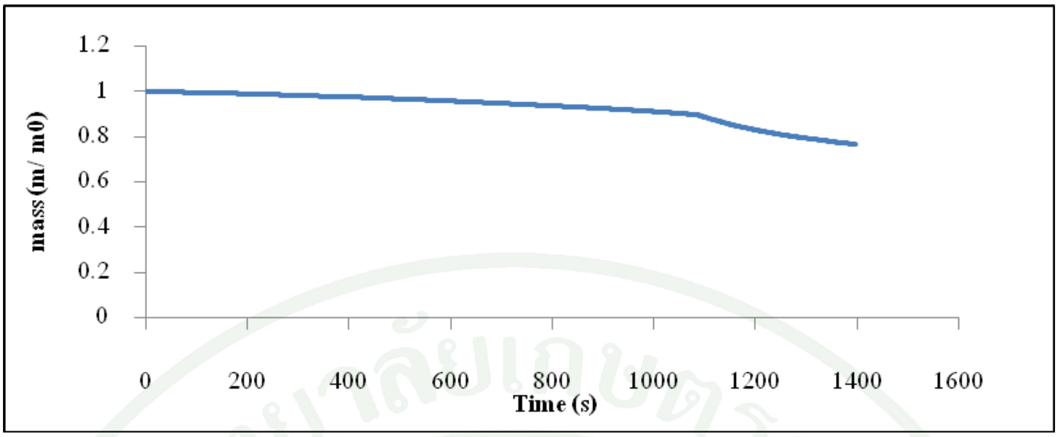


ภาพผนวกที่ ข242 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-1)

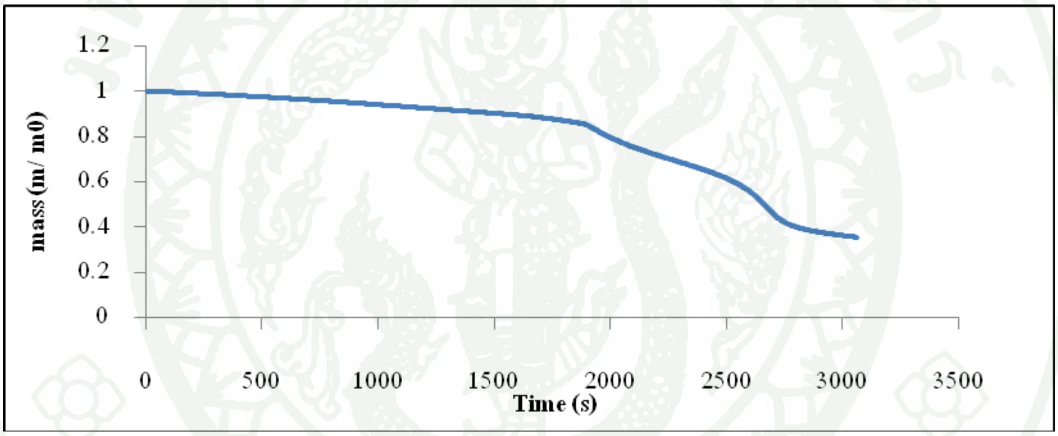


ภาพผนวกที่ ข243 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-2)

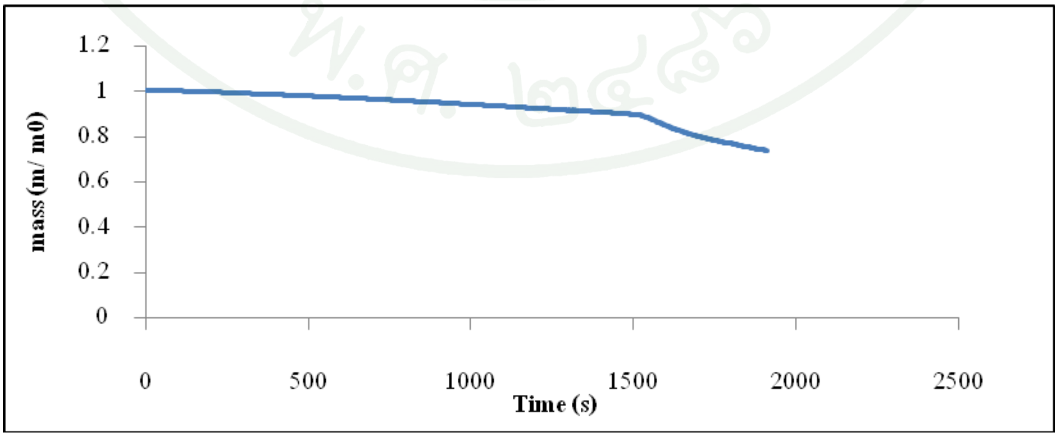
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข244 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-3)

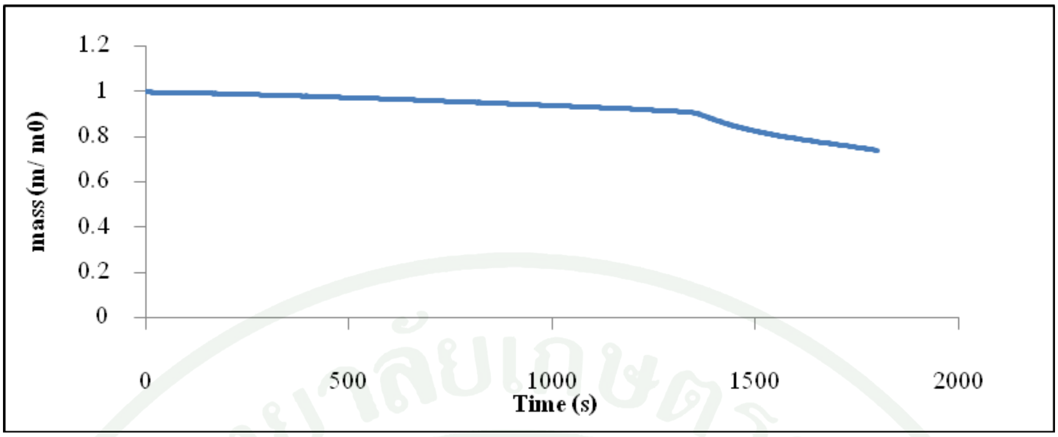


ภาพผนวกที่ ข245 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-1)

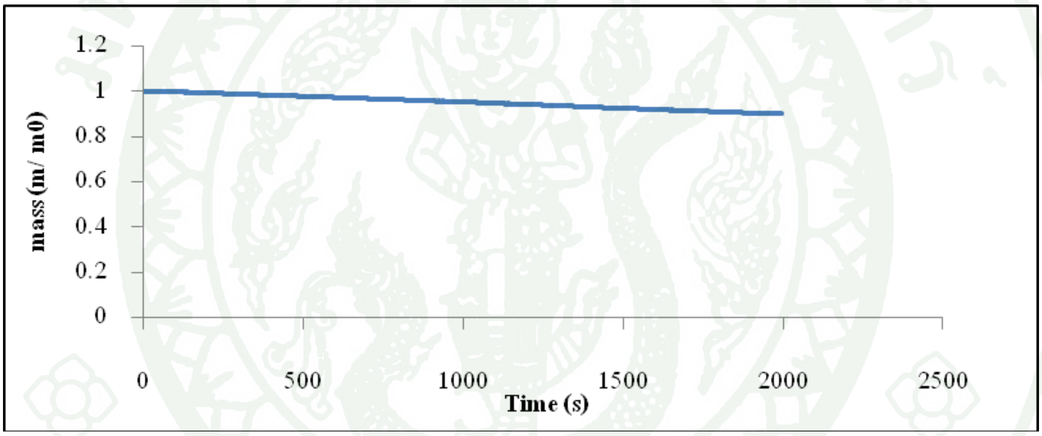


ภาพผนวกที่ ข246 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-2)

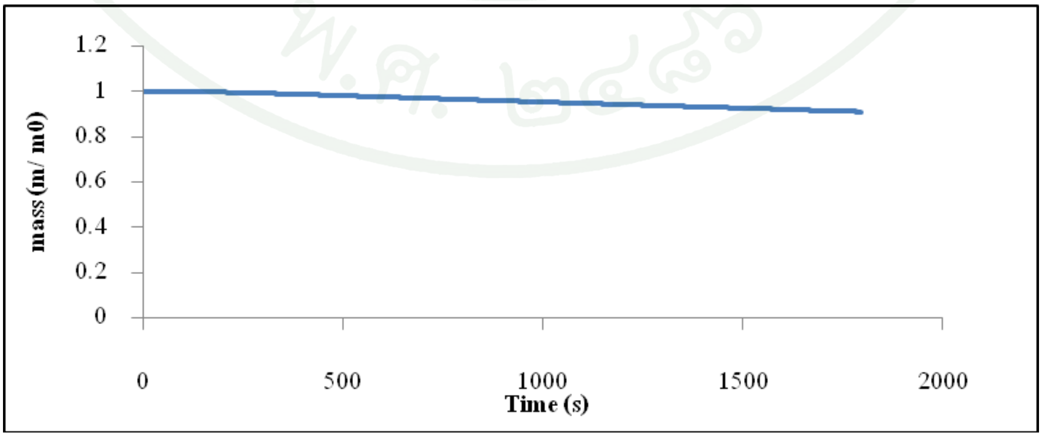
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข247 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-3)

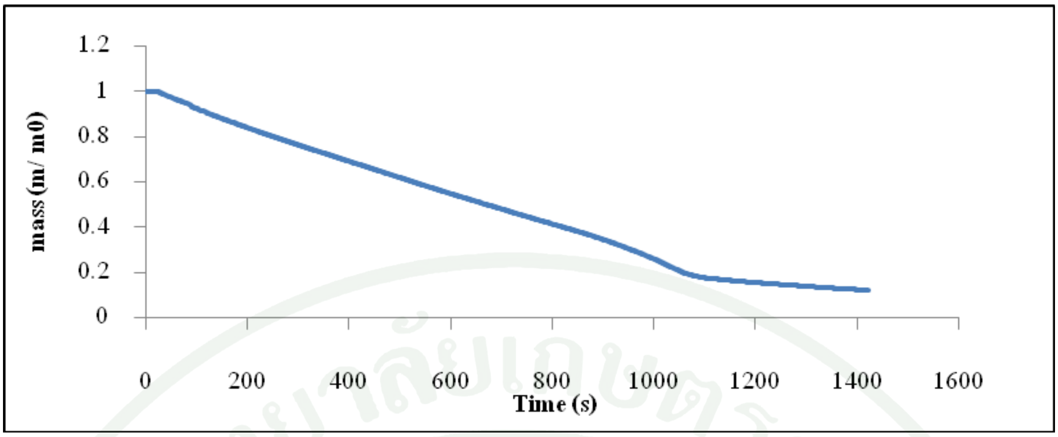


ภาพผนวกที่ ข248 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 11kW/m^2 (M 11-1)

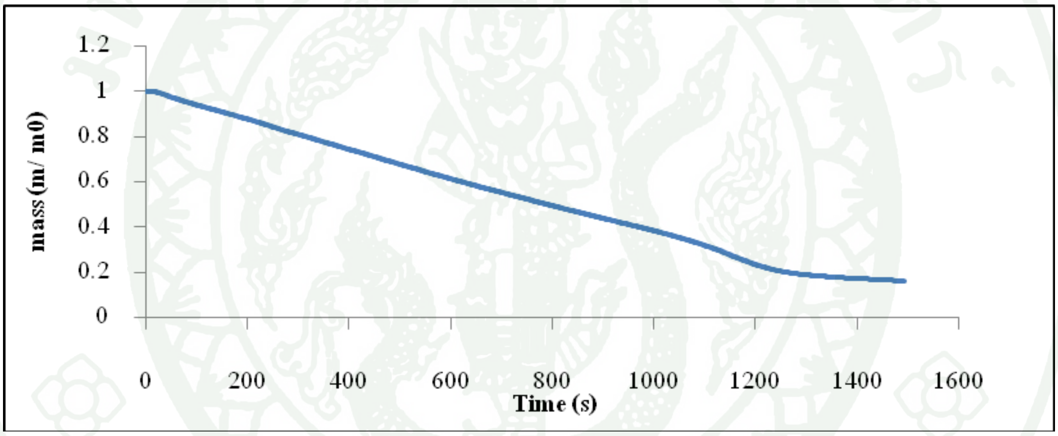


ภาพผนวกที่ ข249 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 11kW/m^2 (M 11-2)

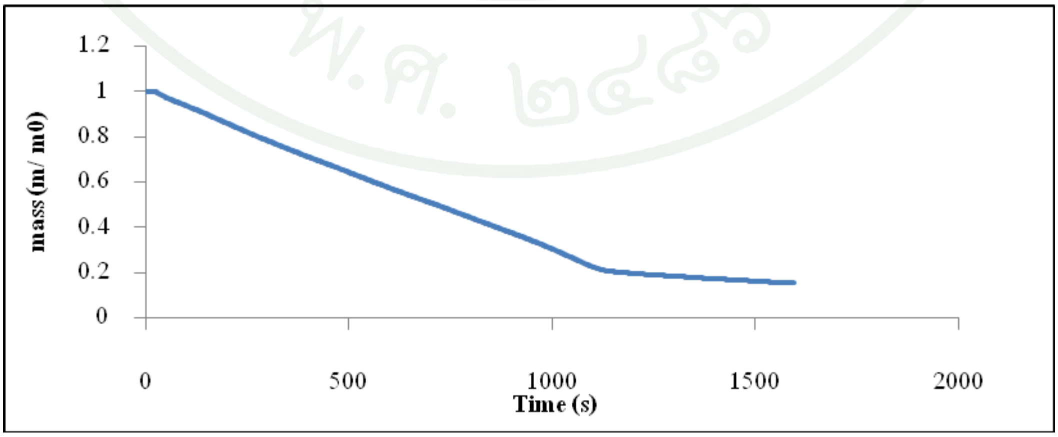
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข250 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-1)

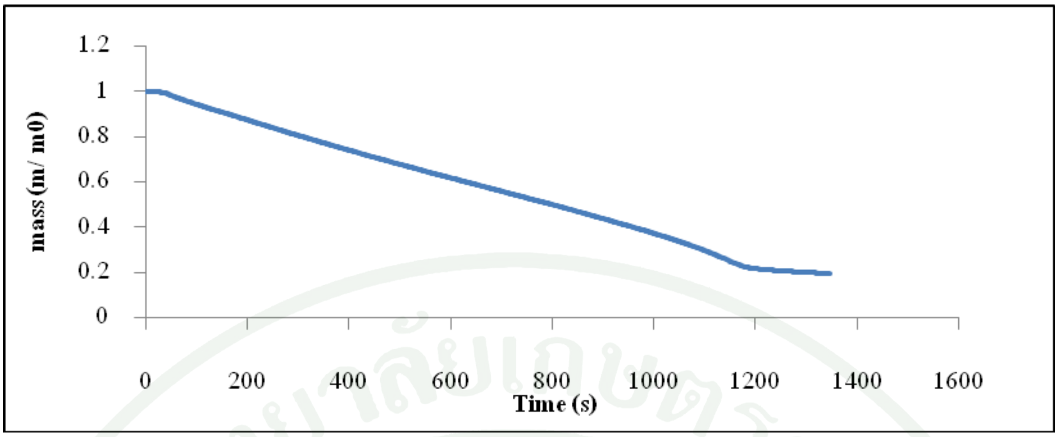


ภาพผนวกที่ ข251 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-2)

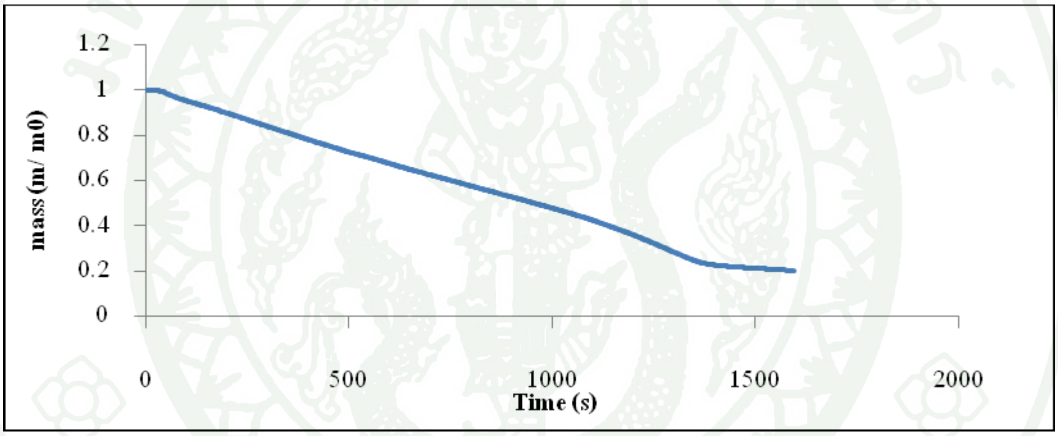


ภาพผนวกที่ ข252 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-3)

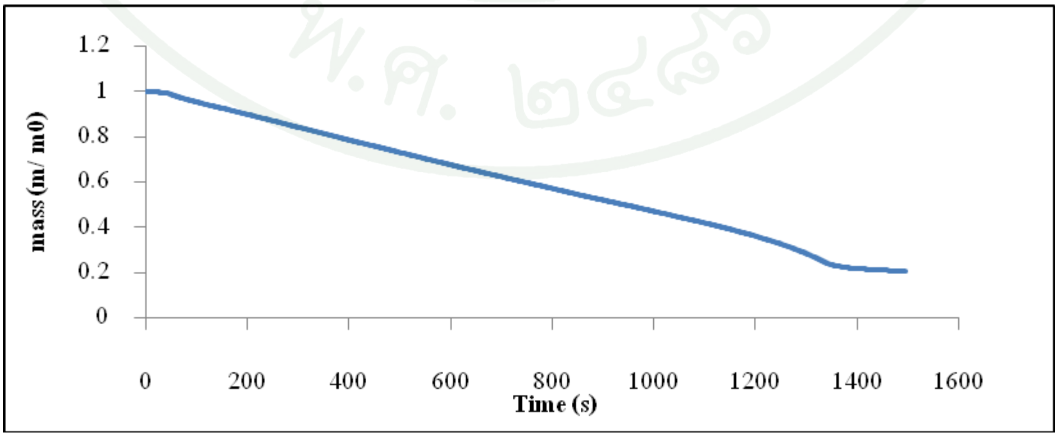
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข253 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-1)

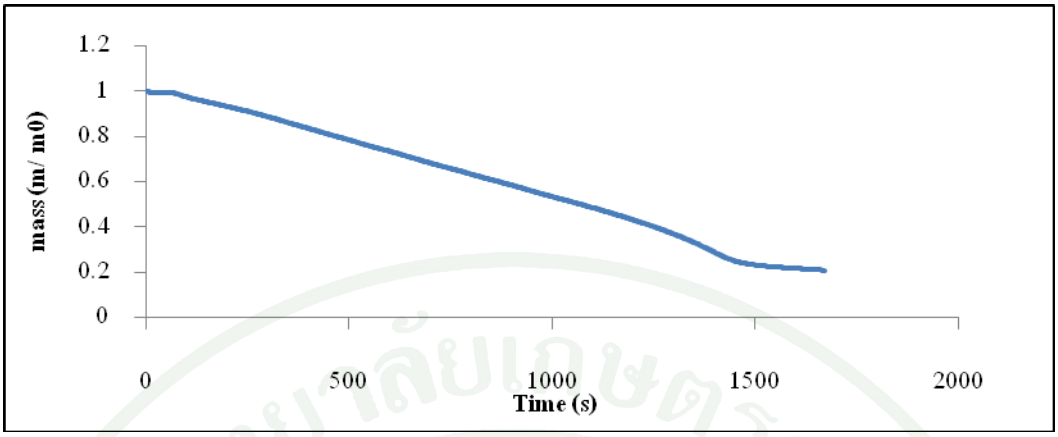


ภาพผนวกที่ ข254 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-2)

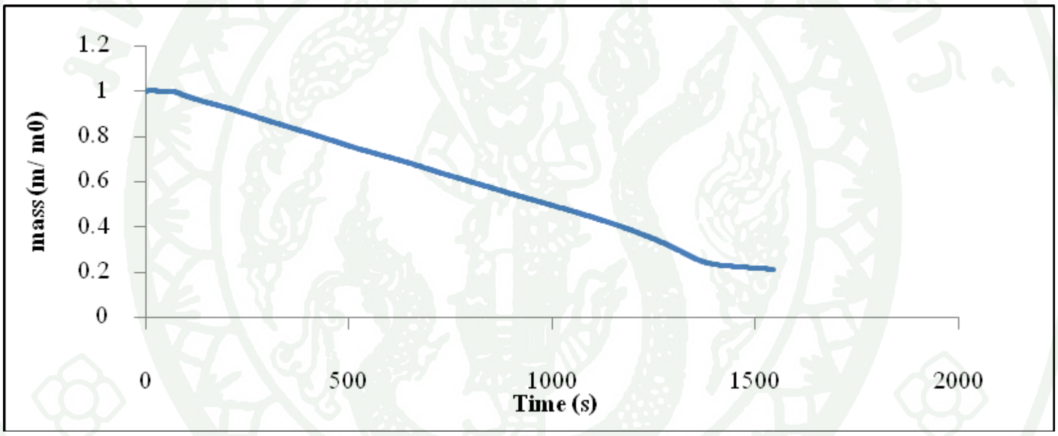


ภาพผนวกที่ ข255 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-3)

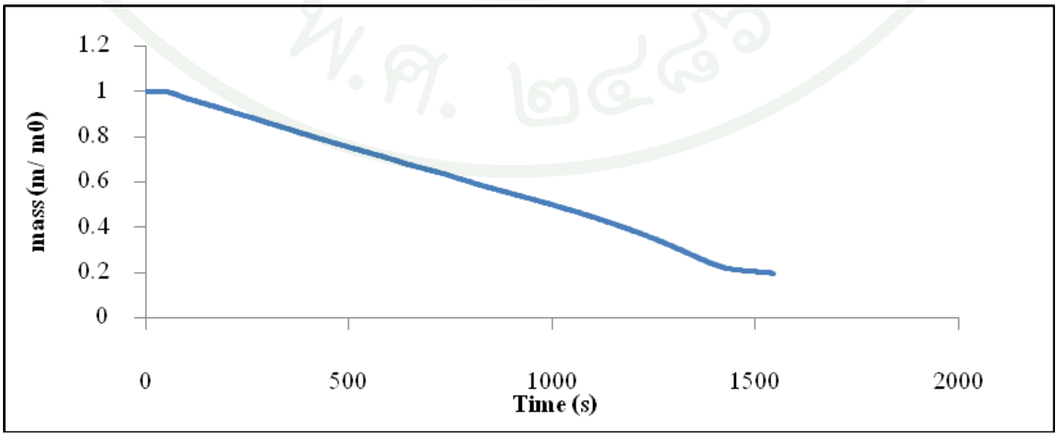
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข256 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-1)

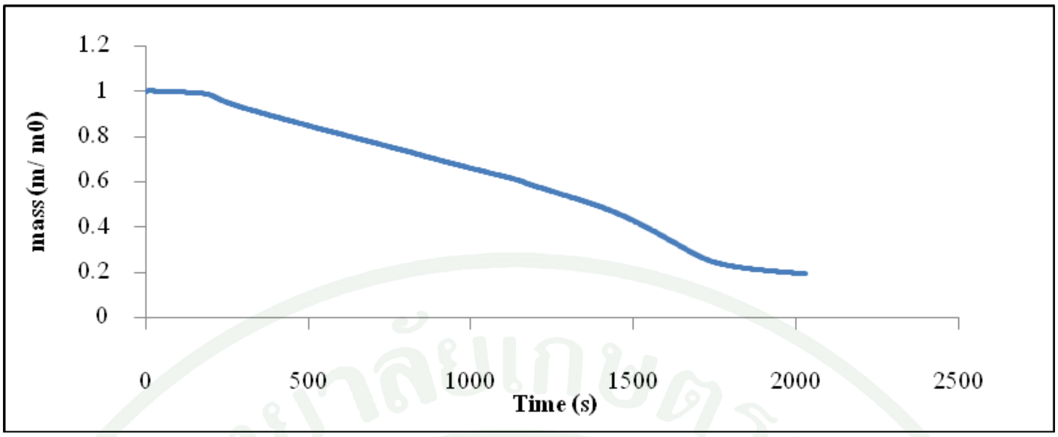


ภาพผนวกที่ ข257 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-2)

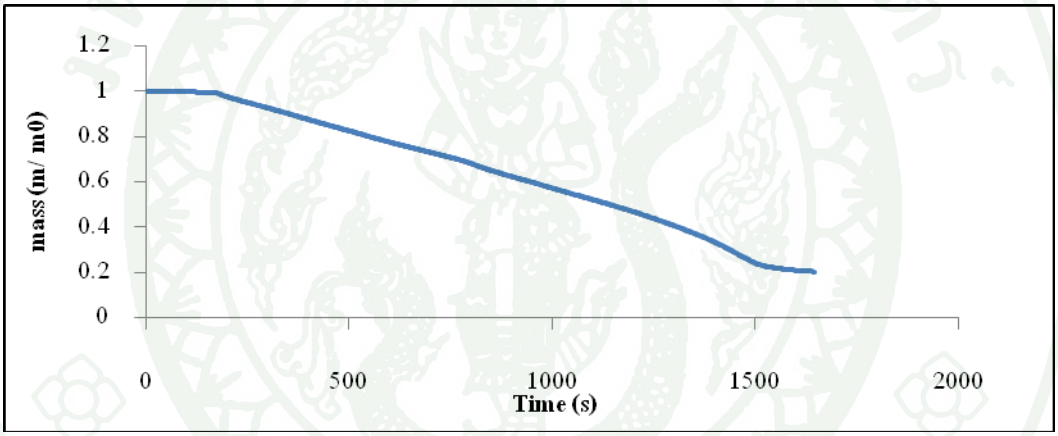


ภาพผนวกที่ ข258 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-3)

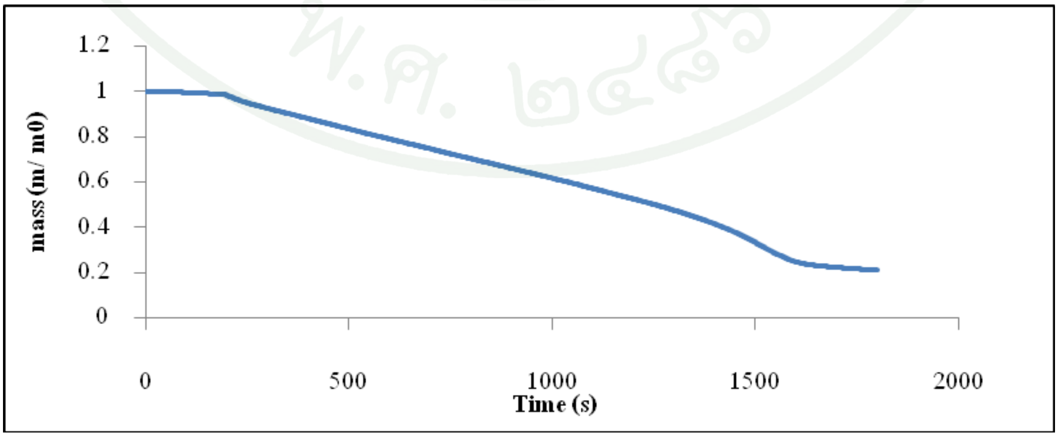
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข259 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-1)

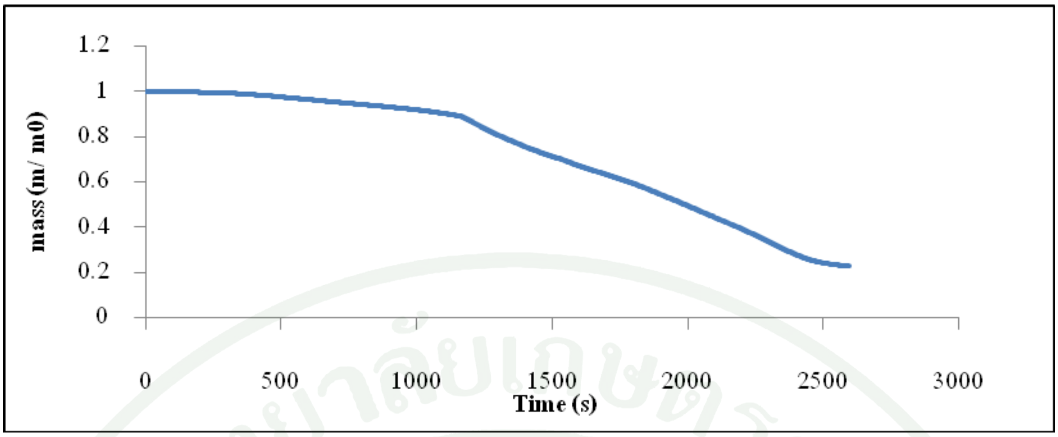


ภาพผนวกที่ ข260 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-2)

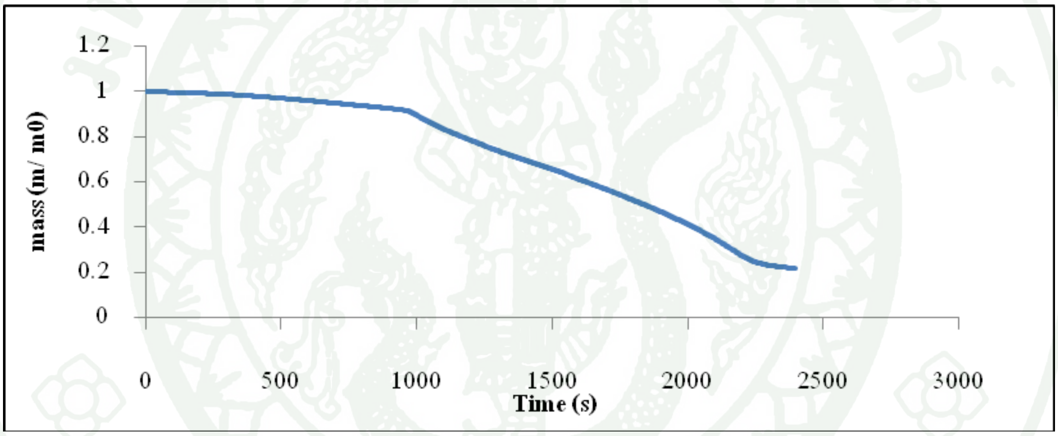


ภาพผนวกที่ ข261 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-3)

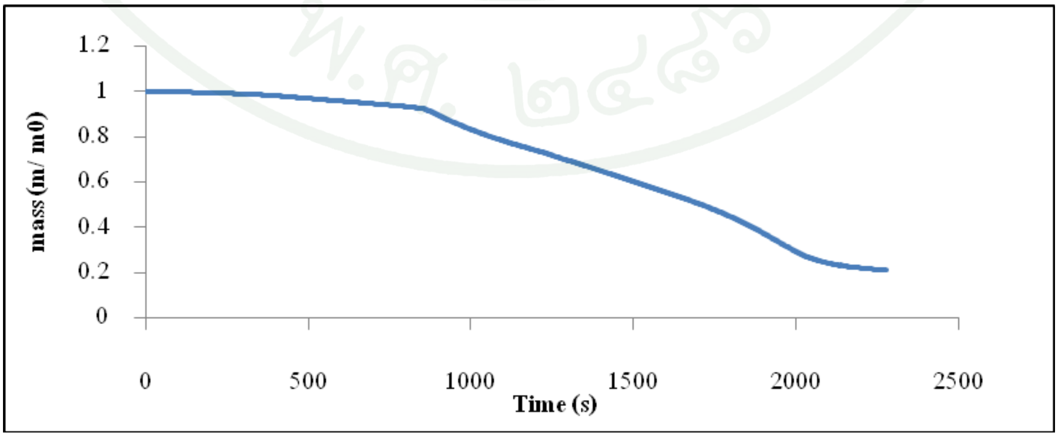
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข262 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-1)

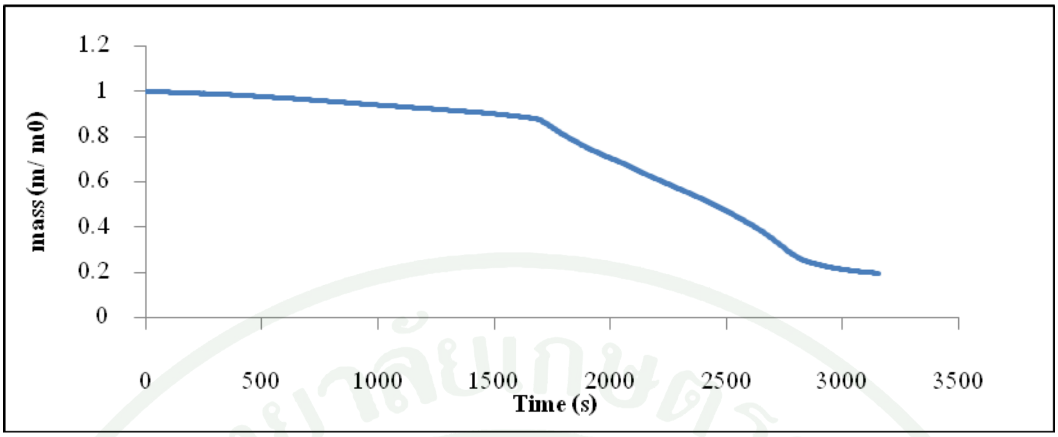


ภาพผนวกที่ ข263 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-2)

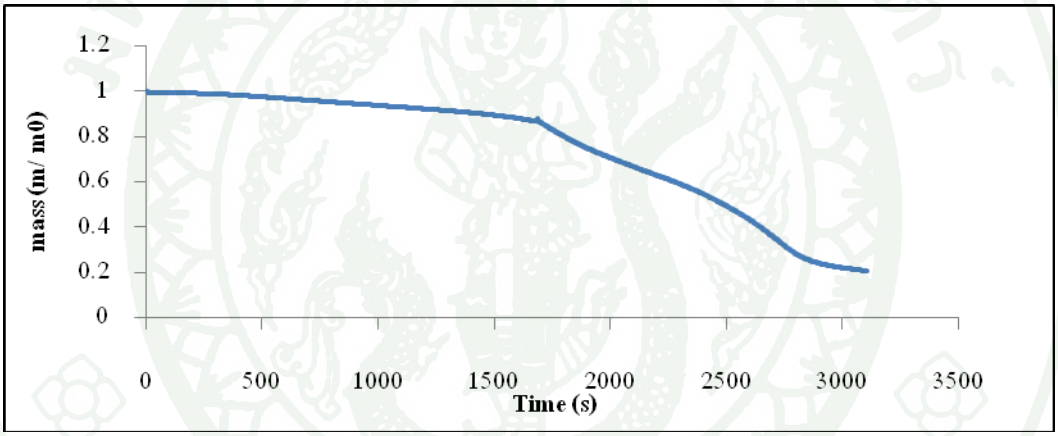


ภาพผนวกที่ ข264 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-3)

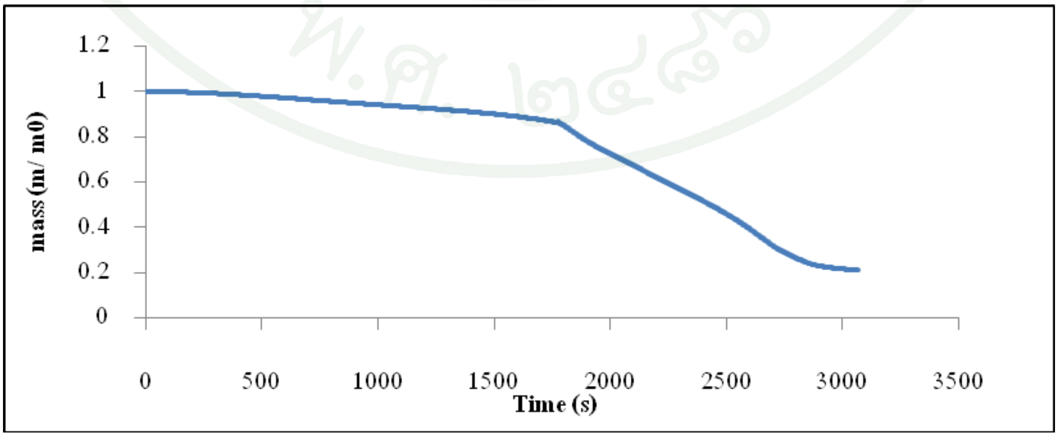
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข265 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-1)

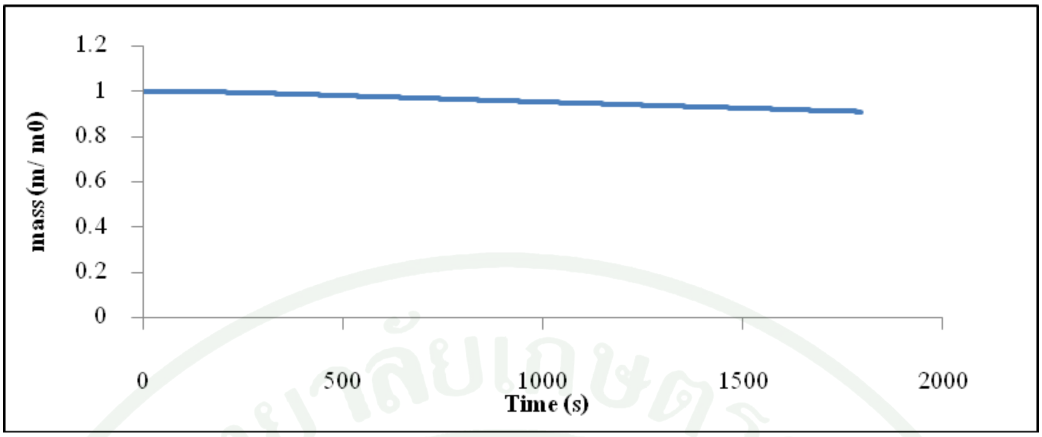


ภาพผนวกที่ ข266 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-2)

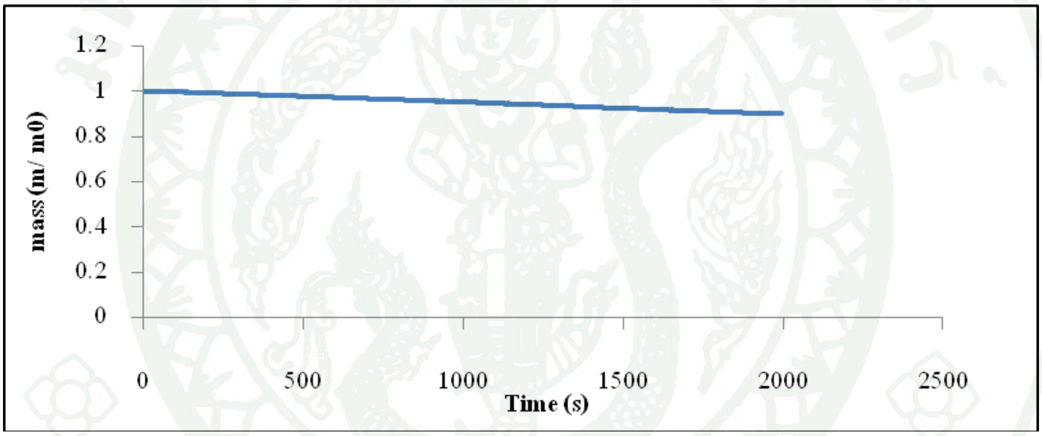


ภาพผนวกที่ ข267 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ข268 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 12kW/m^2 (B 12-1)



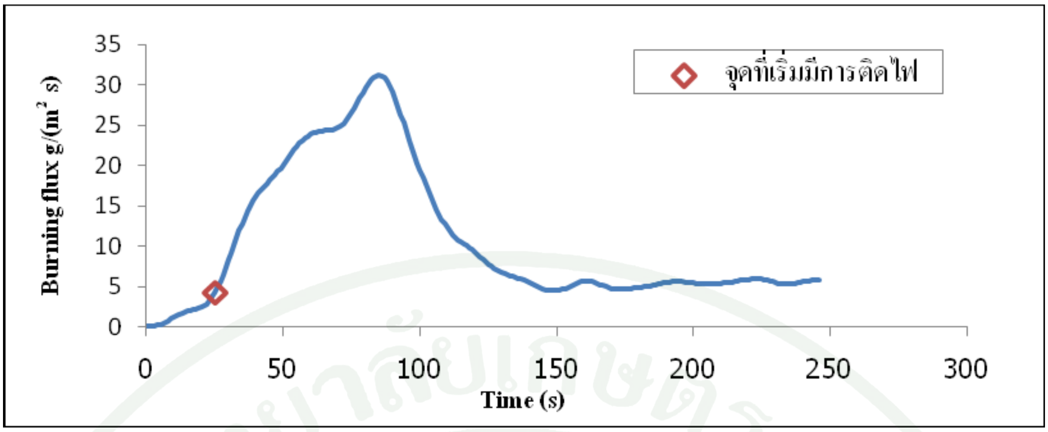
ภาพผนวกที่ ข269 แสดงอัตราการสูญเสียมวลของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 12kW/m^2 (B 12-2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

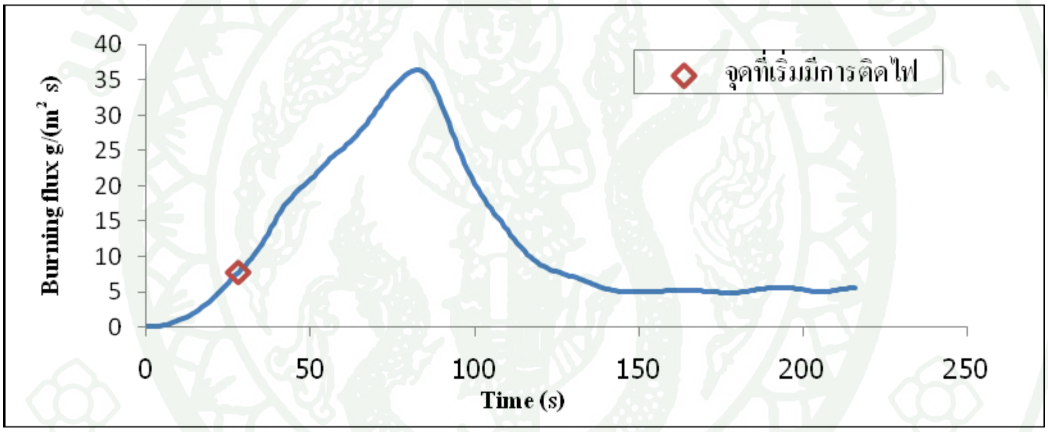
ภาคพนวก ค

กราฟฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้

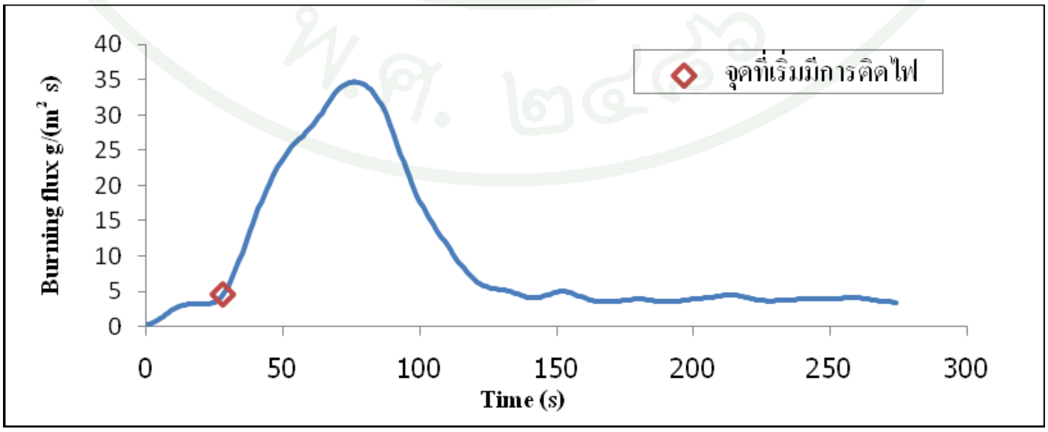
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค1 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-1)

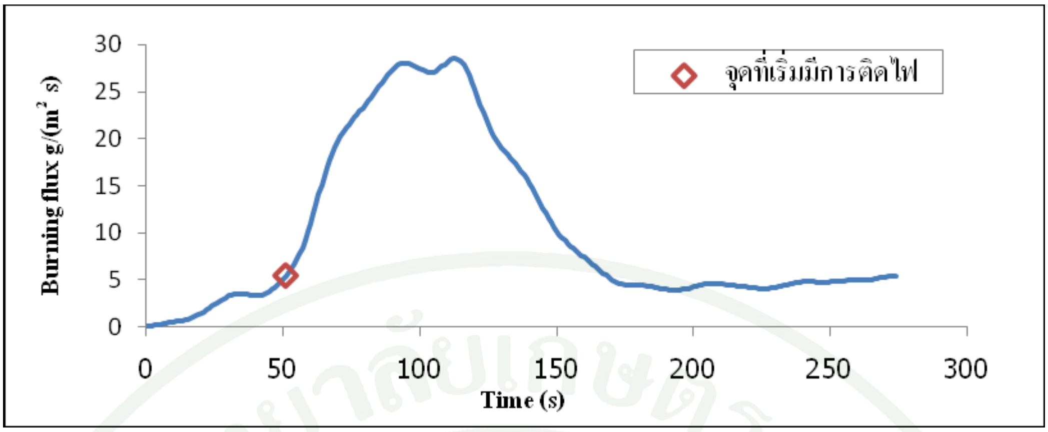


ภาพผนวกที่ ค2 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-2)

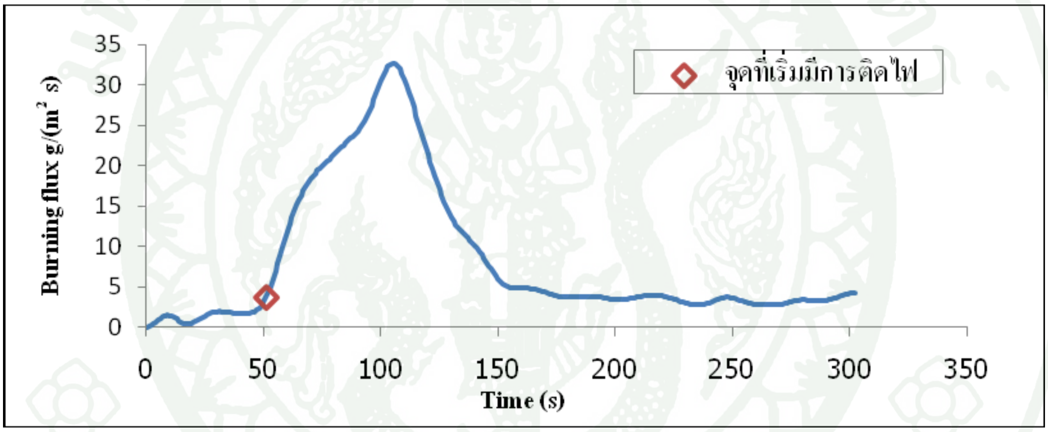


ภาพผนวกที่ ค3 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (HB50-3)

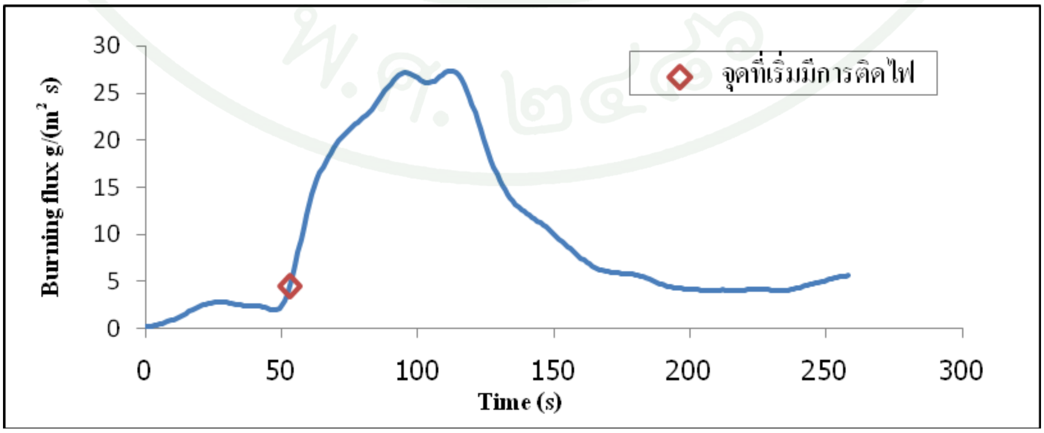
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค4 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-1)

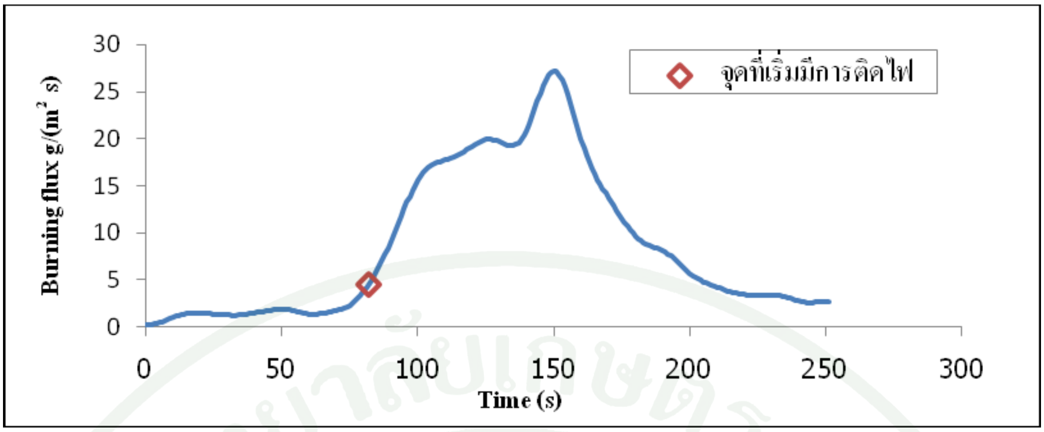


ภาพผนวกที่ ค5 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-2)

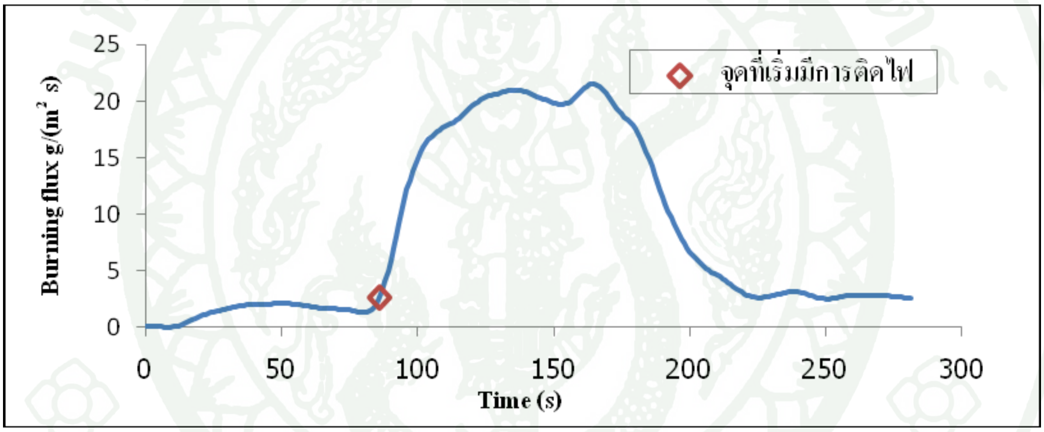


ภาพผนวกที่ ค6 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 40 kW/m^2 (HB40-3)

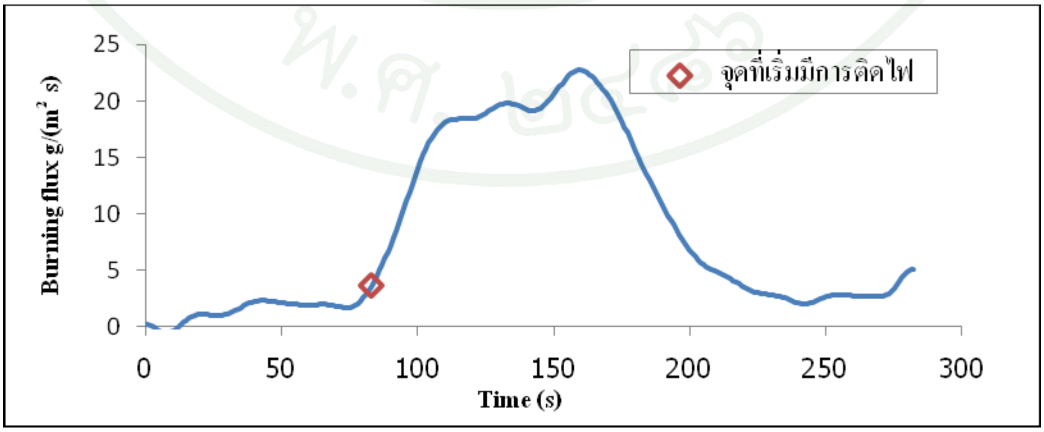
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค7 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 30 kW/m^2 (HB30-1)

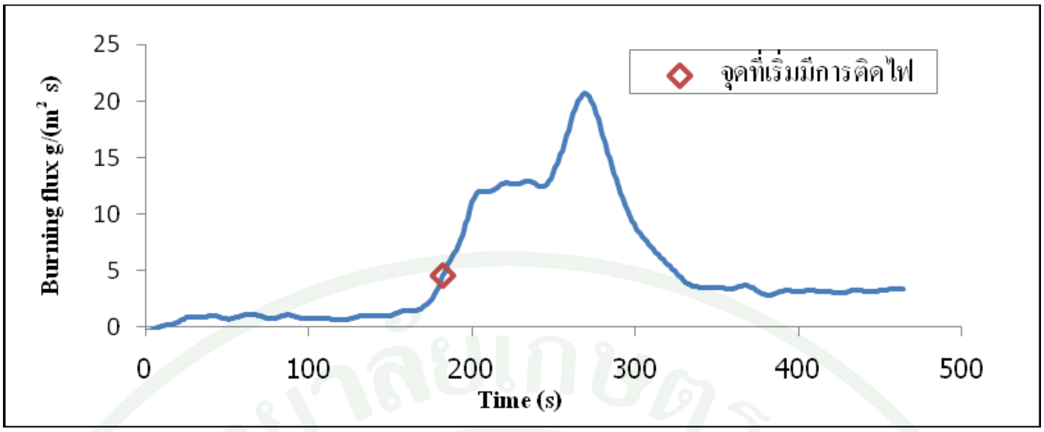


ภาพผนวกที่ ค8 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 30 kW/m^2 (HB30-2)

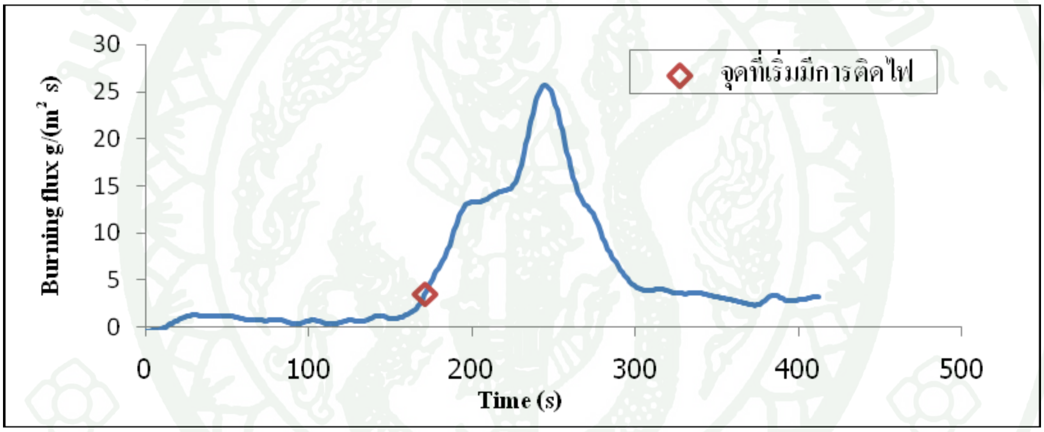


ภาพผนวกที่ ค9 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่30 kW/m^2 (HB30-3)

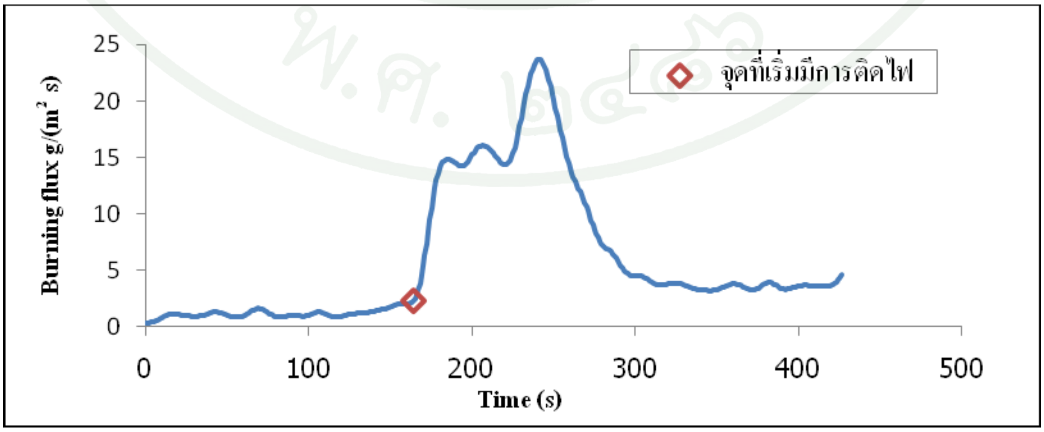
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค10 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่20 kW/m^2 (HB20-1)

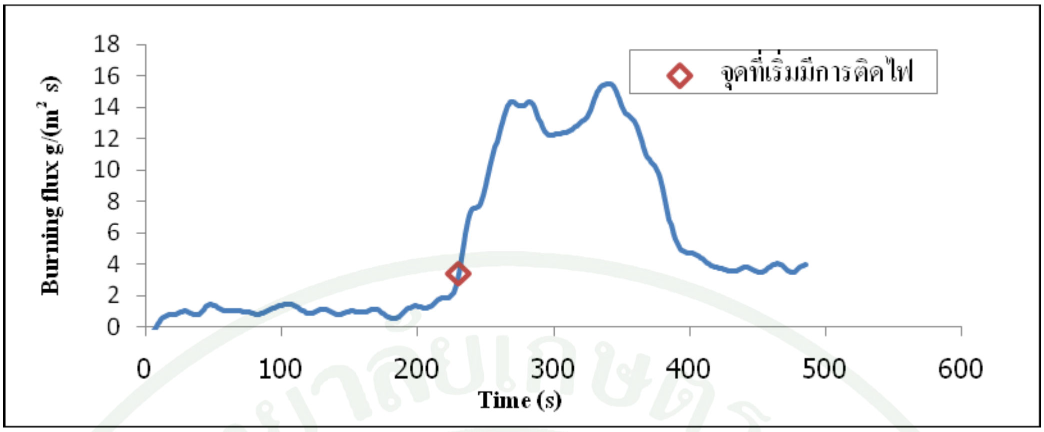


ภาพผนวกที่ ค11 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่20 kW/m^2 (HB20-2)

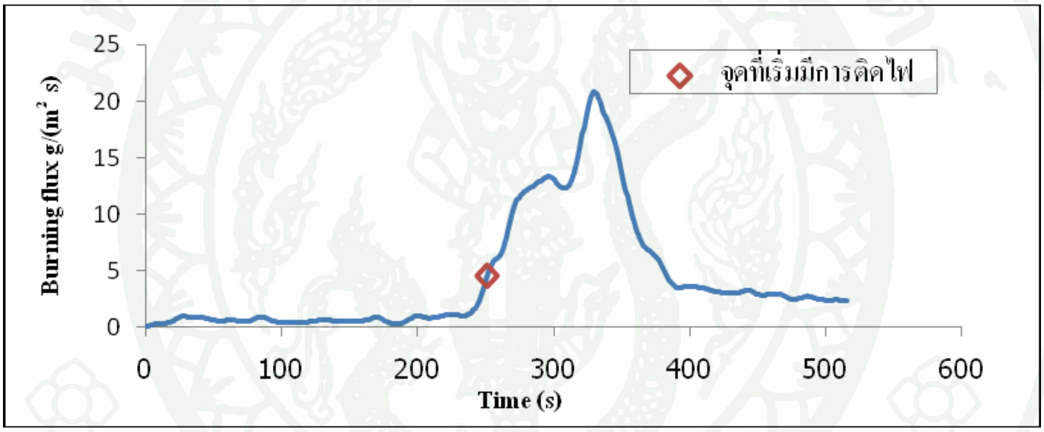


ภาพผนวกที่ ค12 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 20 kW/m^2 (HB20-3)

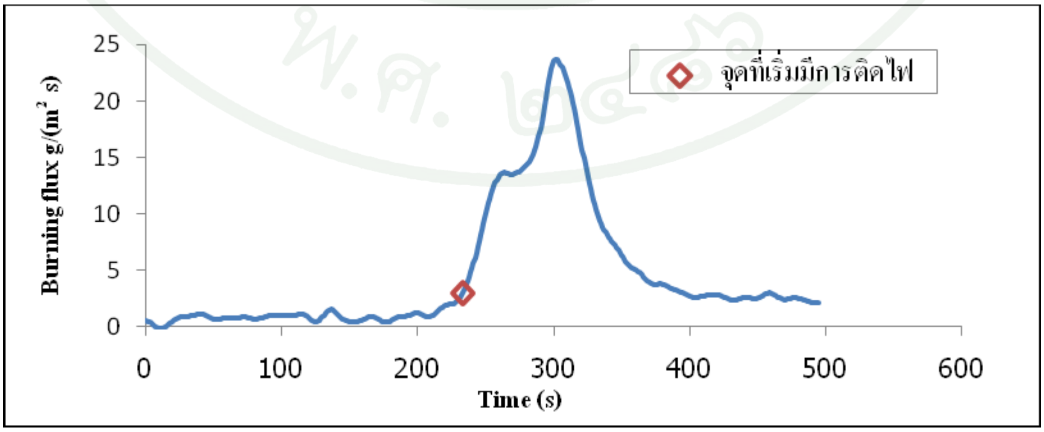
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค13 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-1)

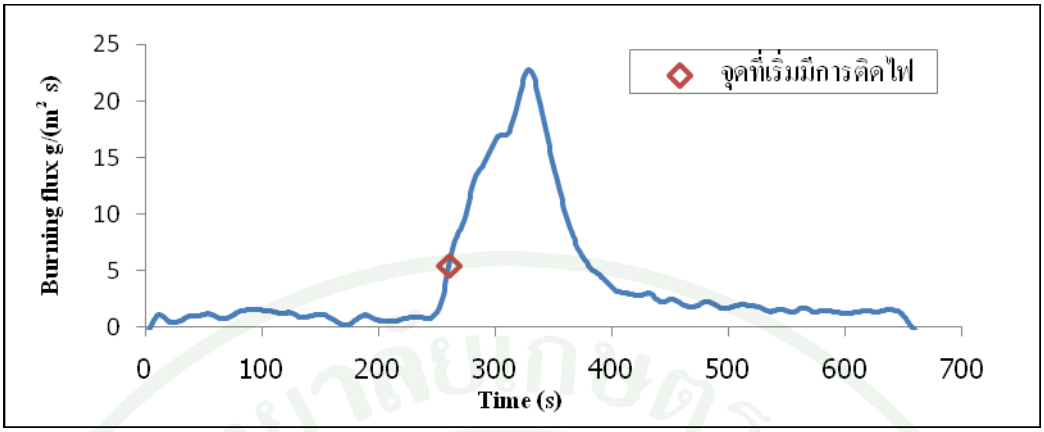


ภาพผนวกที่ ค14 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-2)

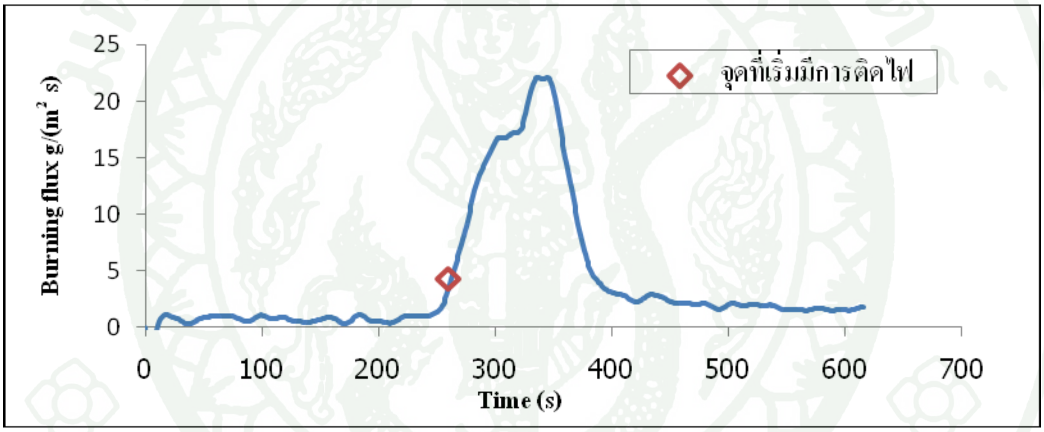


ภาพผนวกที่ ค15 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่15 kW/m^2 (HB15-3)

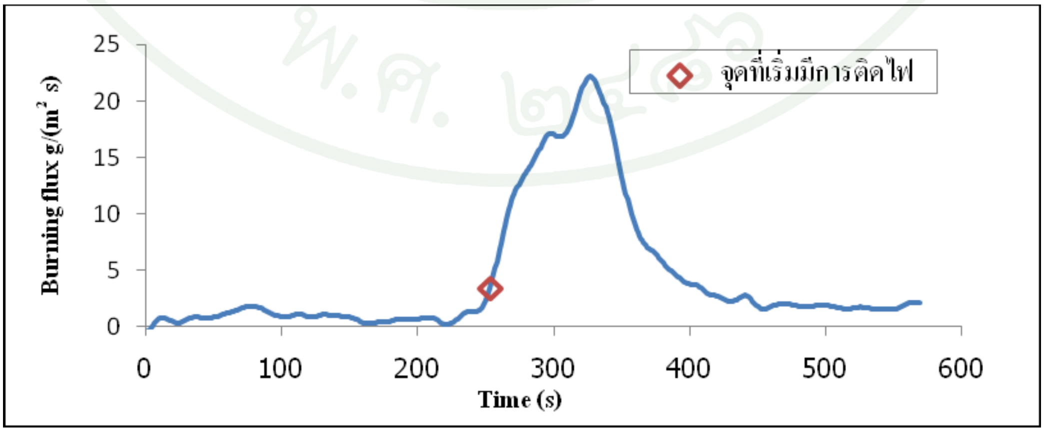
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค16 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่12 kW/m^2 (HB12-1)

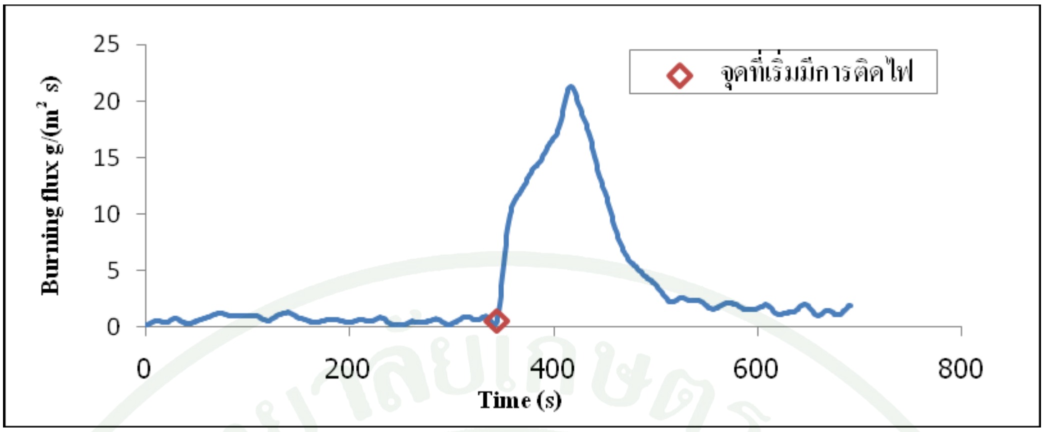


ภาพผนวกที่ ค17 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่12 kW/m^2 (HB12-2)

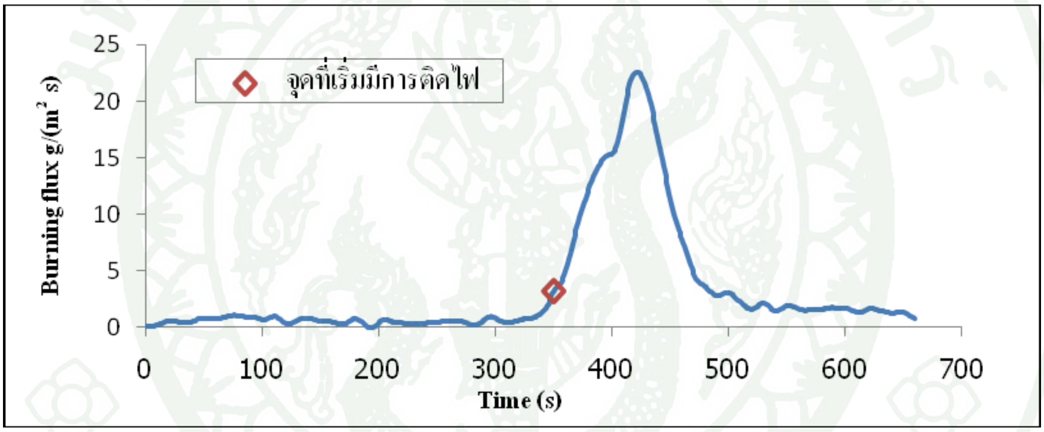


ภาพผนวกที่ ค18 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 12 kW/m^2 (HB12-3)

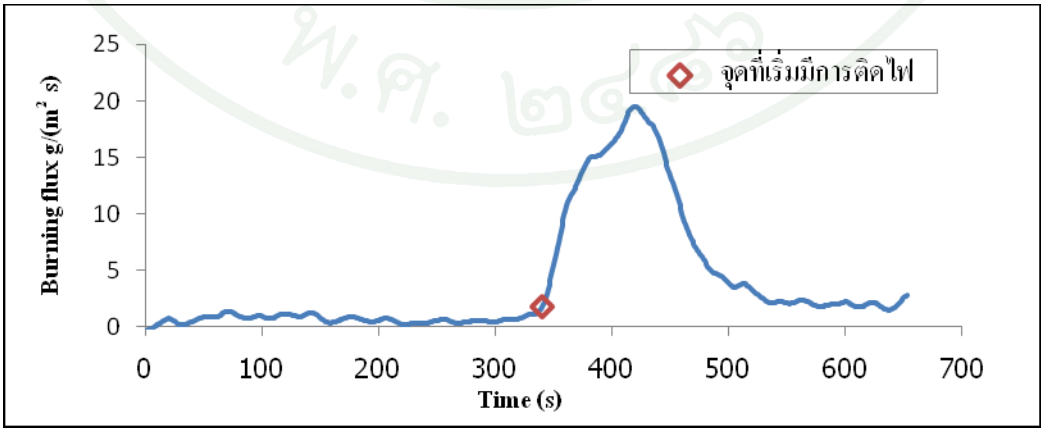
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค19 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-1)

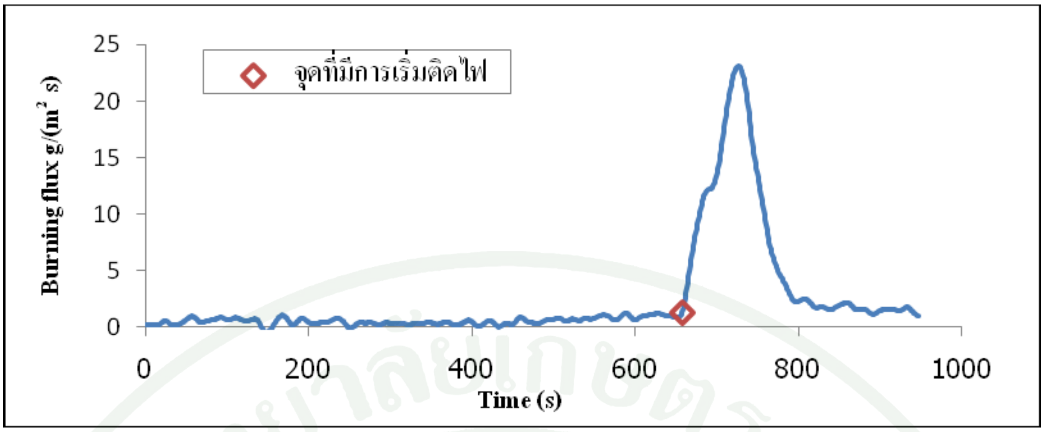


ภาพผนวกที่ ค20 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-2)

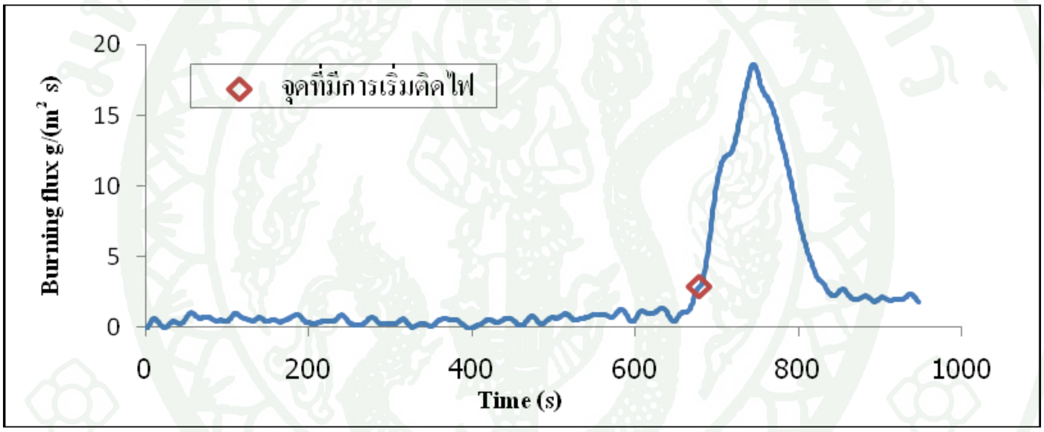


ภาพผนวกที่ ค21 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 10 kW/m^2 (HB10-3)

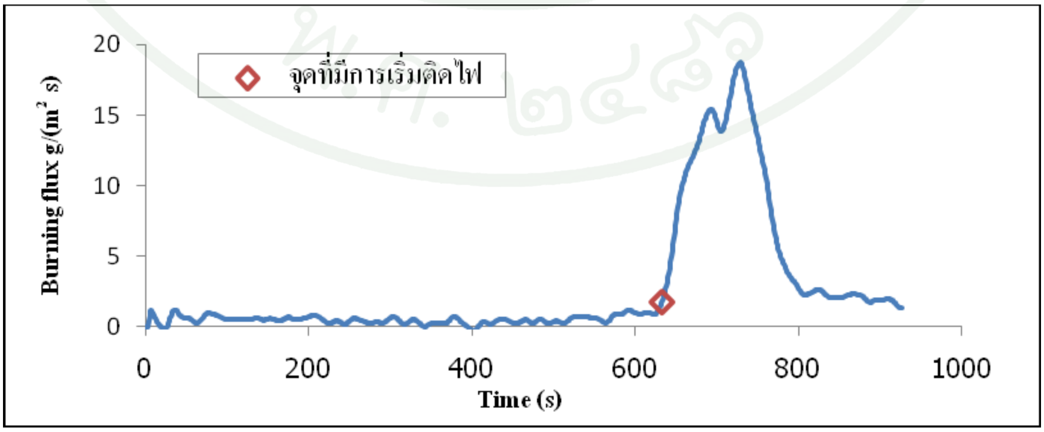
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค22 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-1)

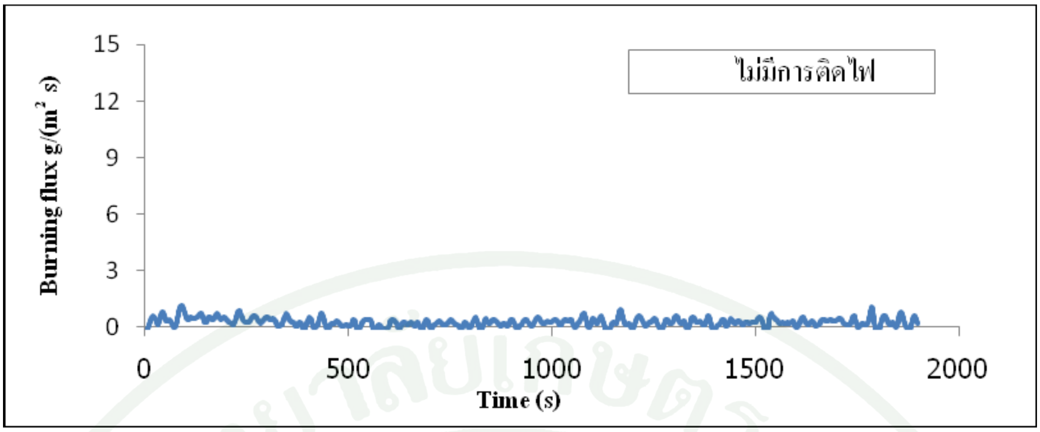


ภาพผนวกที่ ค23 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-2)

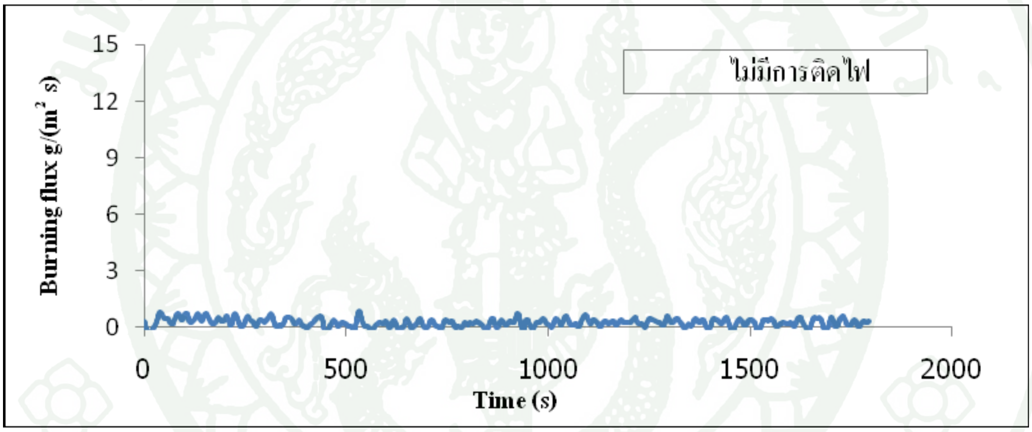


ภาพผนวกที่ ข24 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 8 kW/m^2 (HB8-3)

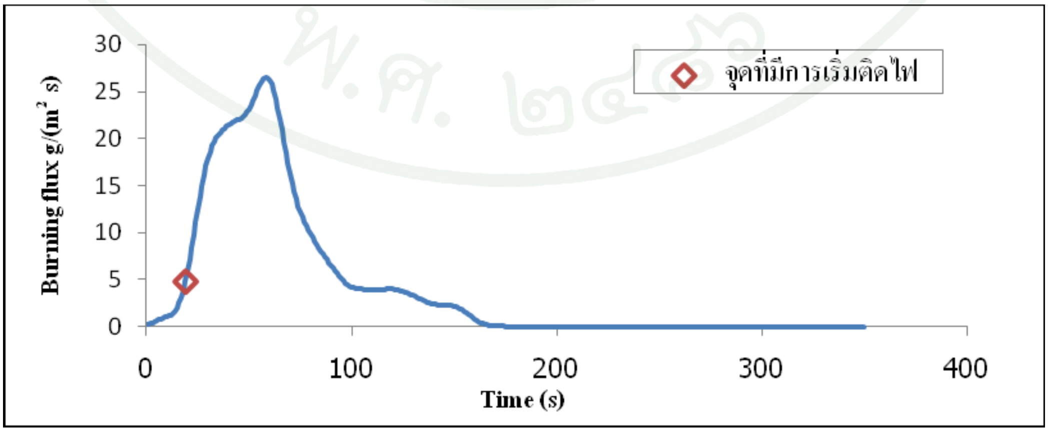
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค25 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 6 kW/m^2 (HB6-1)

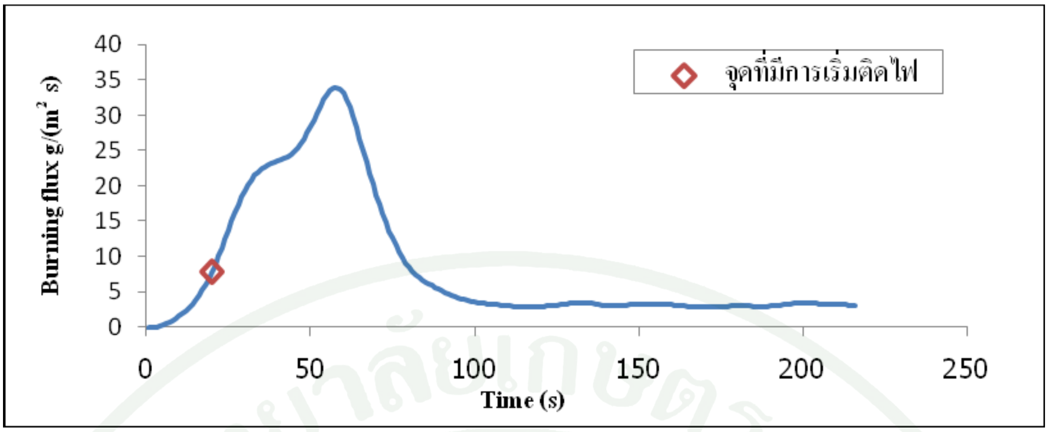


ภาพผนวกที่ ค26 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ Hardboard หนา 3 mm ที่ 6 kW/m^2 (HB6-2)

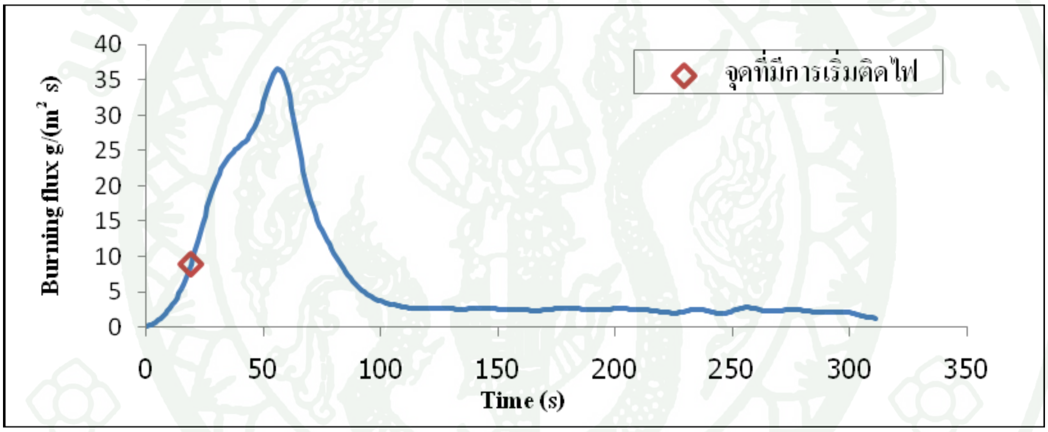


ภาพผนวกที่ ค27 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา 3 mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-1)

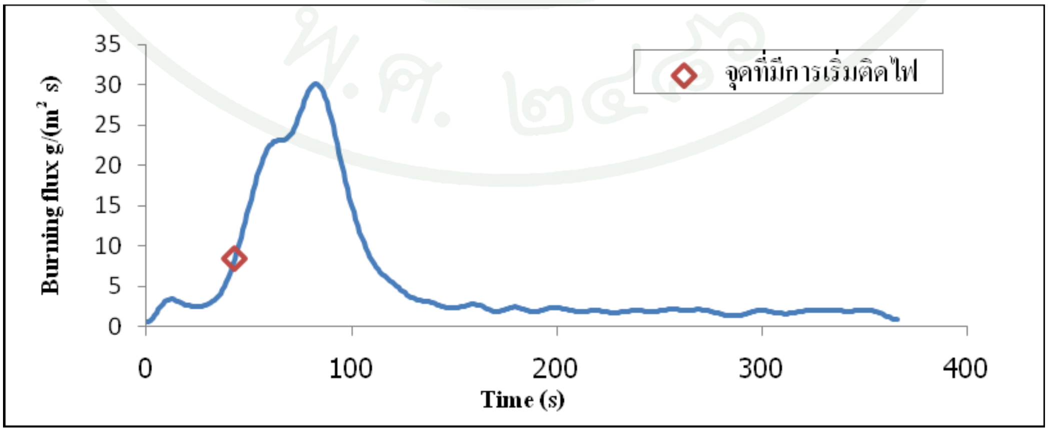
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค28 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-2)

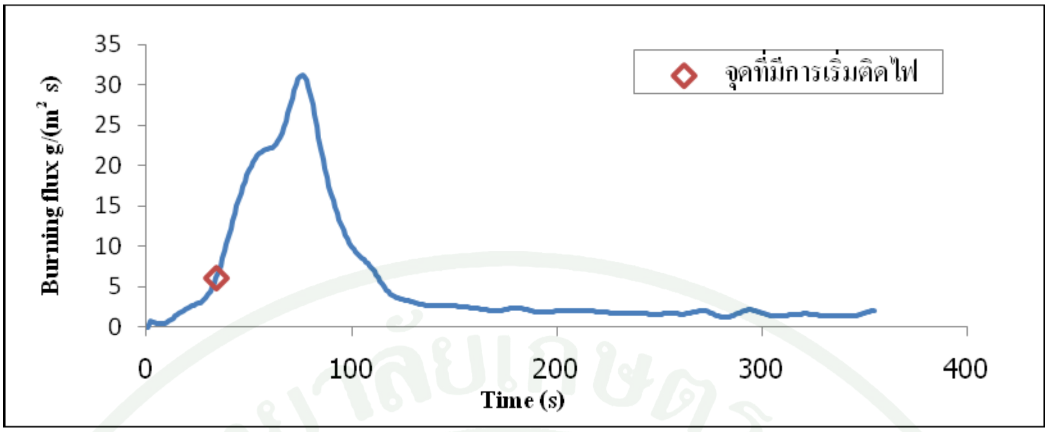


ภาพผนวกที่ ค29 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 50 kW/m^2 (MF3 50-3)

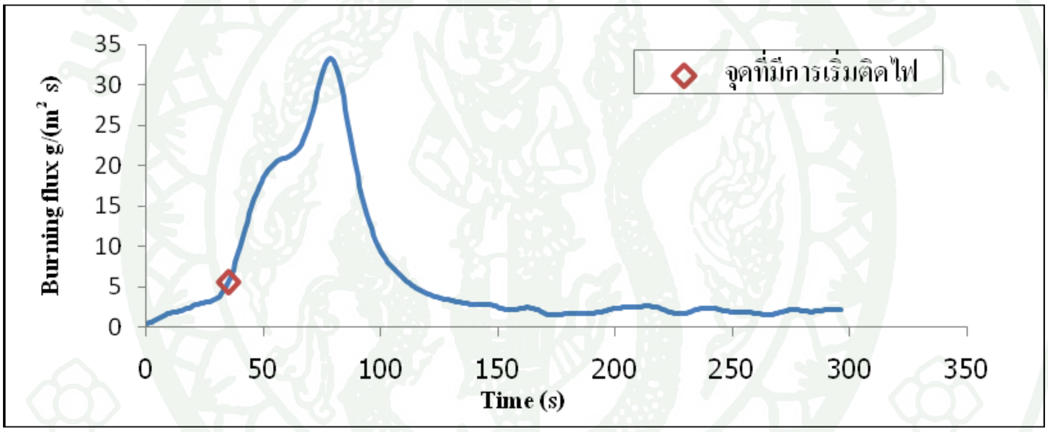


ภาพผนวกที่ ค30 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-1)

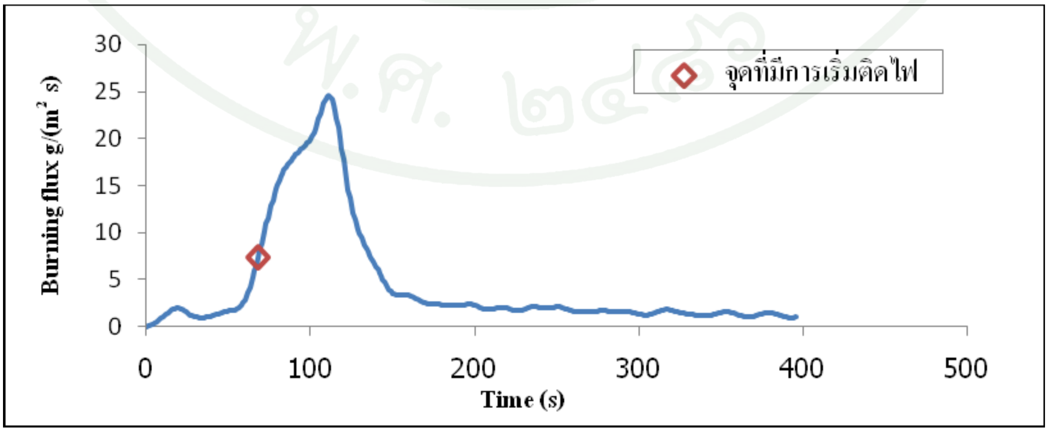
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค31 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-2)

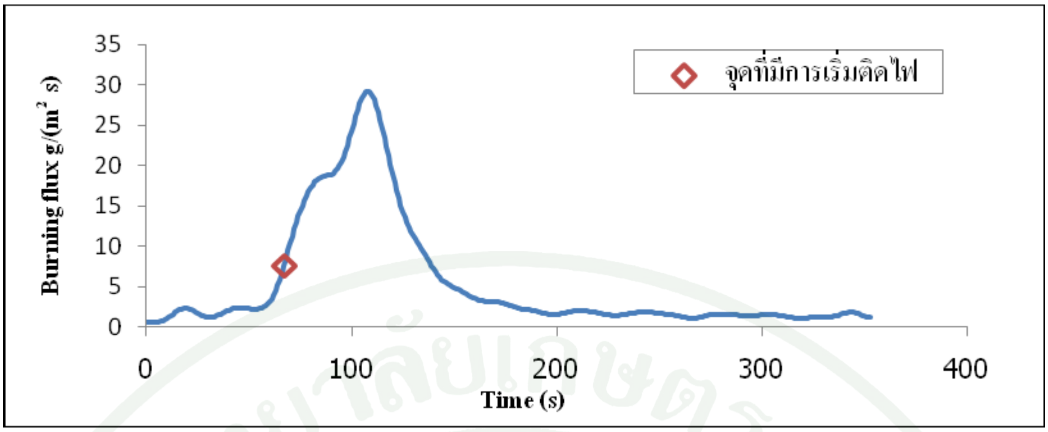


ภาพผนวกที่ ค32 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 40 kW/m^2 (MF3 40-3)

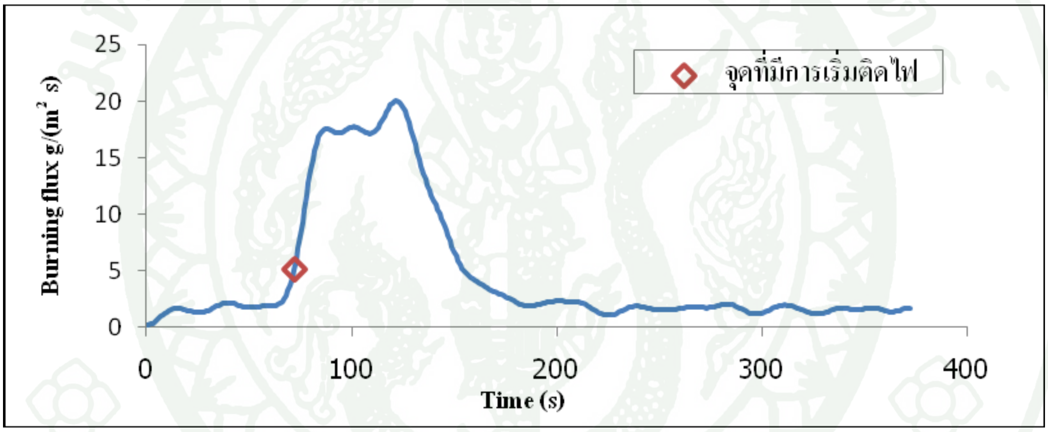


ภาพผนวกที่ ค33 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-1)

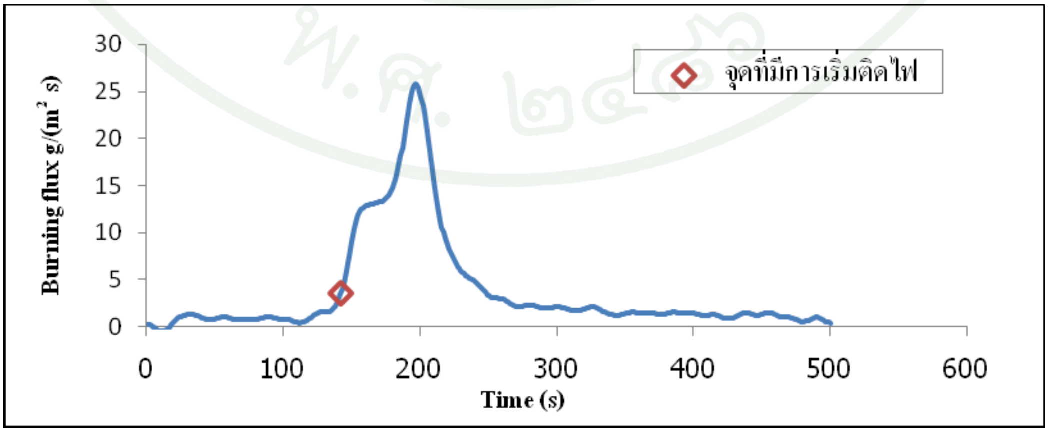
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค34 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-2)

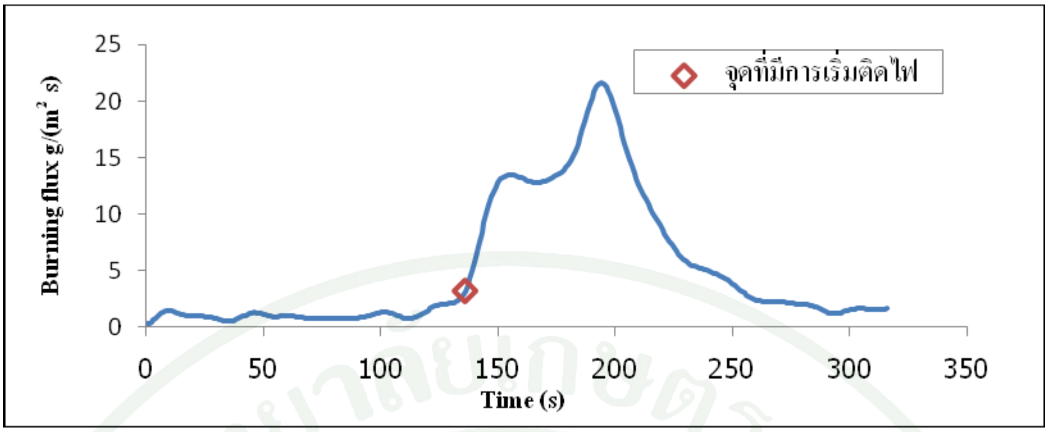


ภาพผนวกที่ ค35 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 30 kW/m^2 (MF3 30-3)

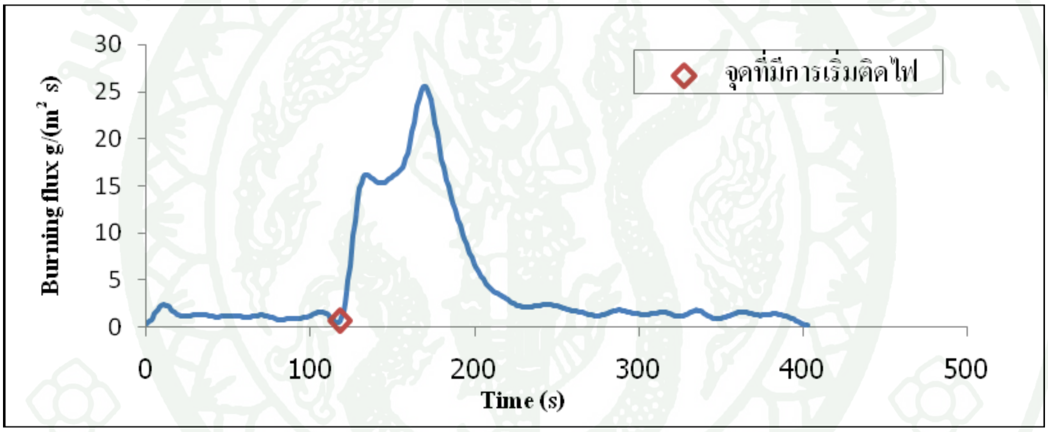


ภาพผนวกที่ ค36 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-1)

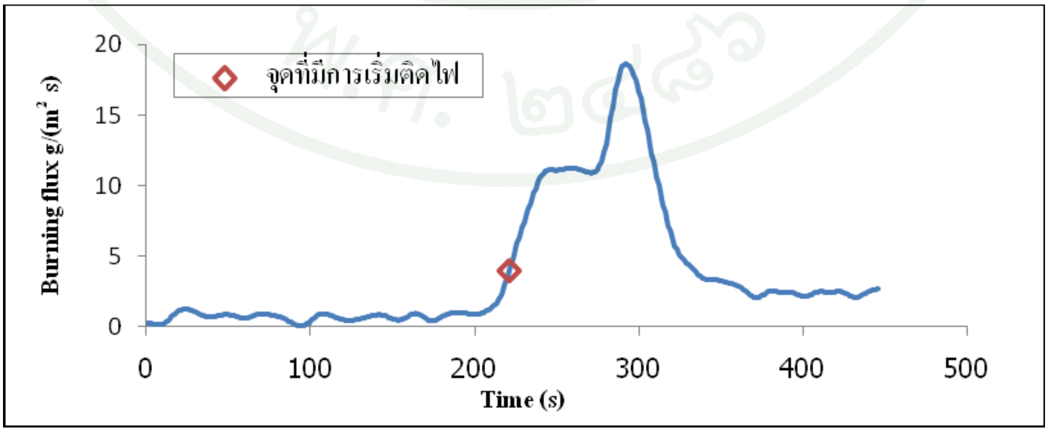
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค37 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-2)

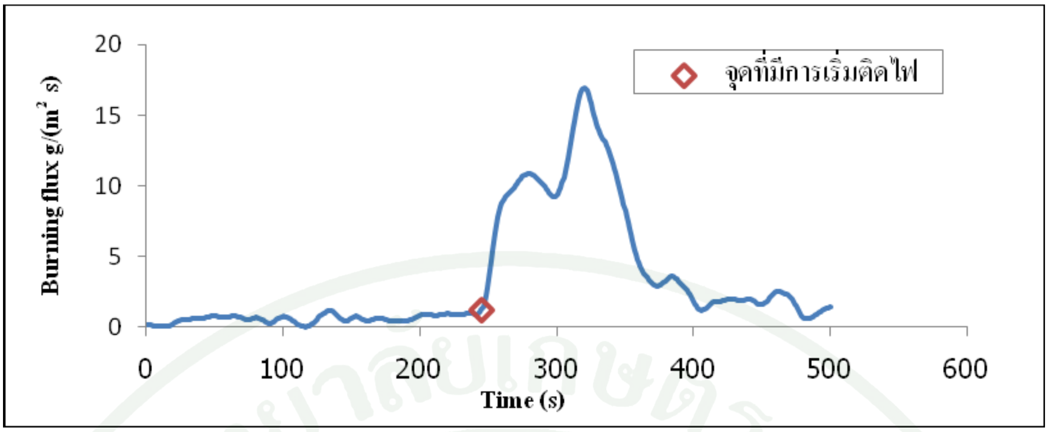


ภาพผนวกที่ ค38 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 20 kW/m^2 (MF3 20-3)

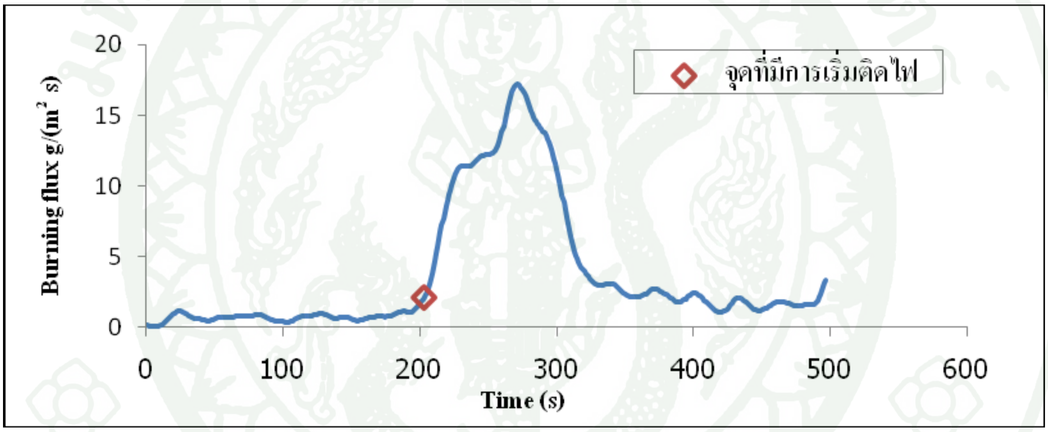


ภาพผนวกที่ ค39 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-1)

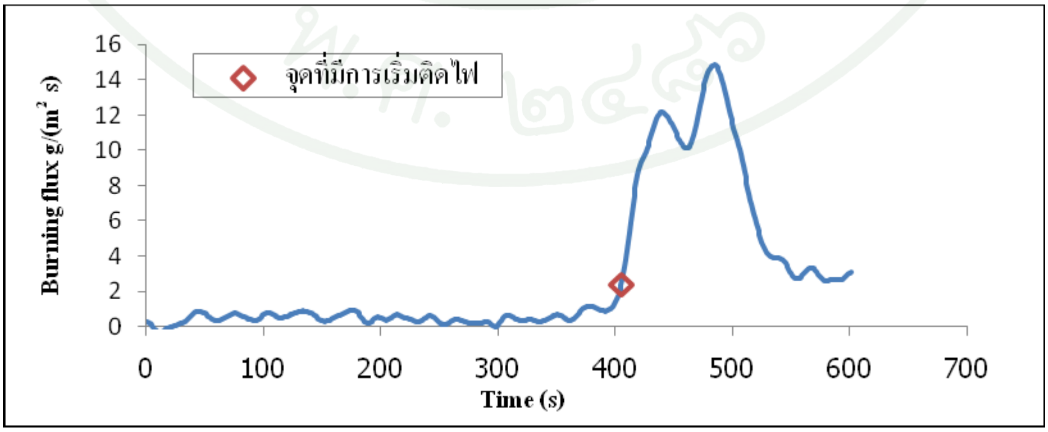
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค40 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-2)

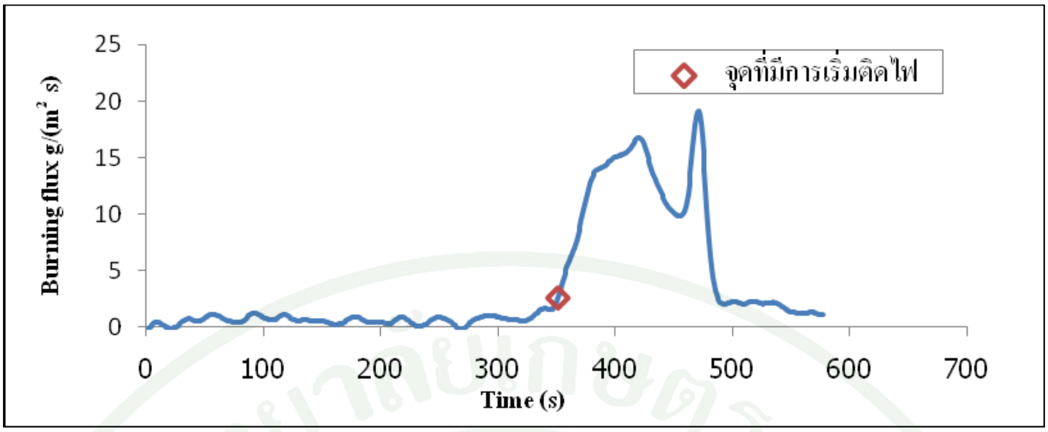


ภาพผนวกที่ ค41 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 15 kW/m^2 (MF3 15-3)

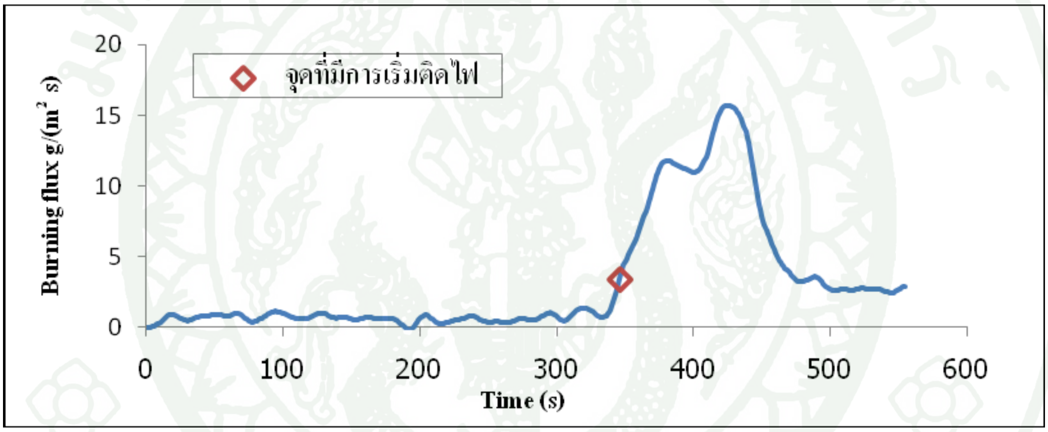


ภาพผนวกที่ ค42 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-1)

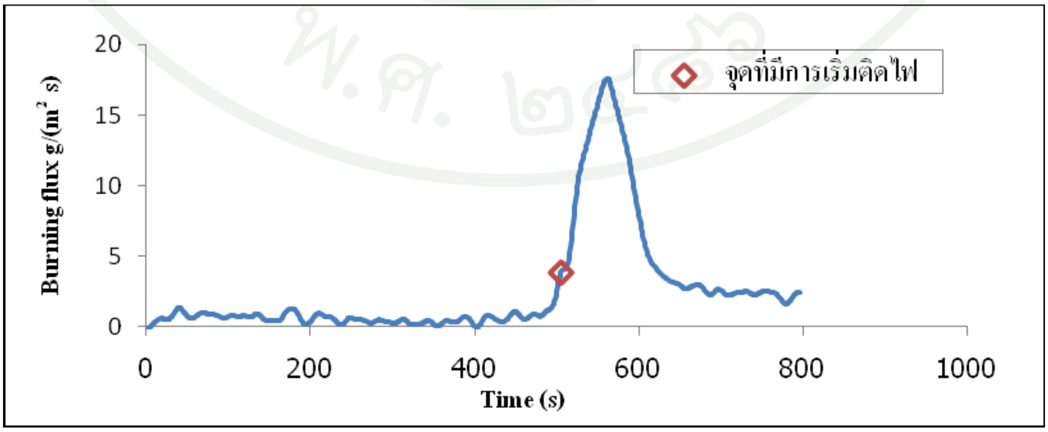
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค43 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-2)

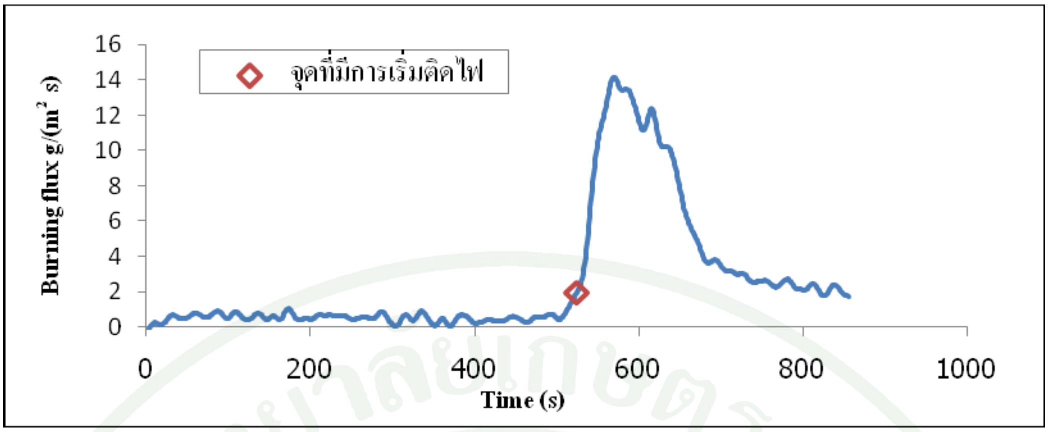


ภาพผนวกที่ ค44 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 12 kW/m^2 (MF3 12-3)

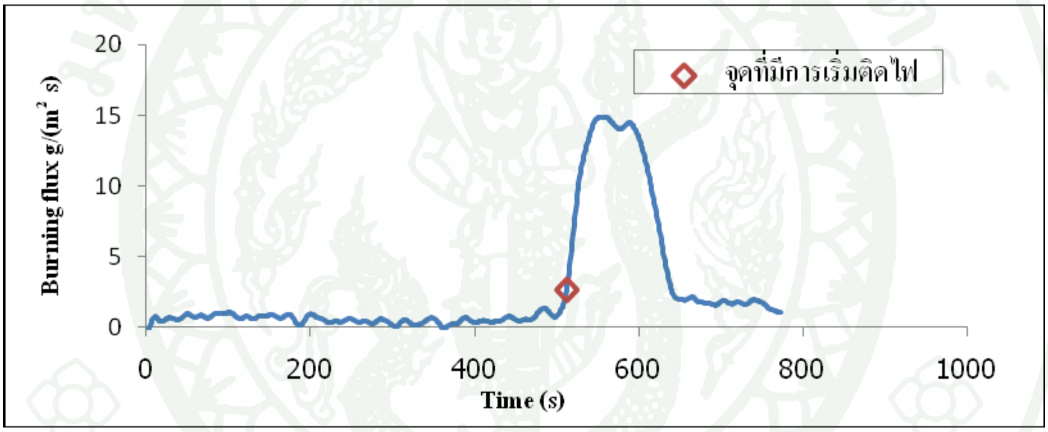


ภาพผนวกที่ ค45 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-1)

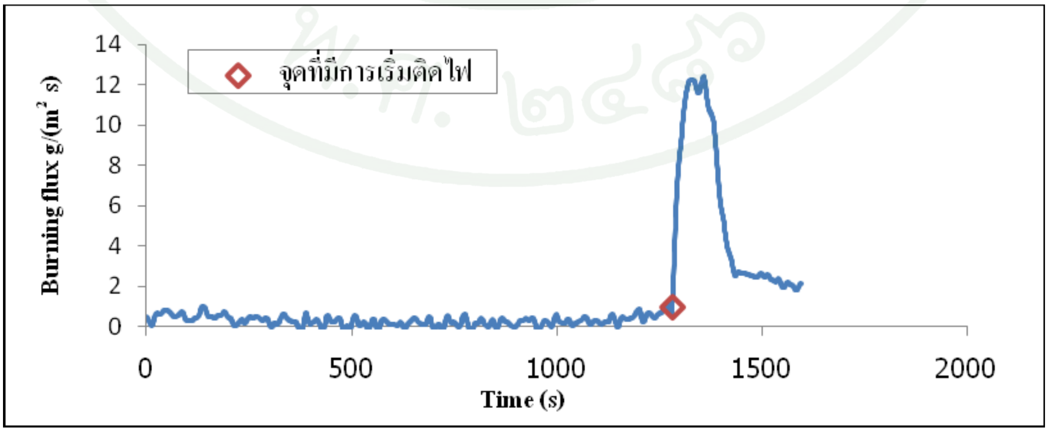
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค46 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-2)

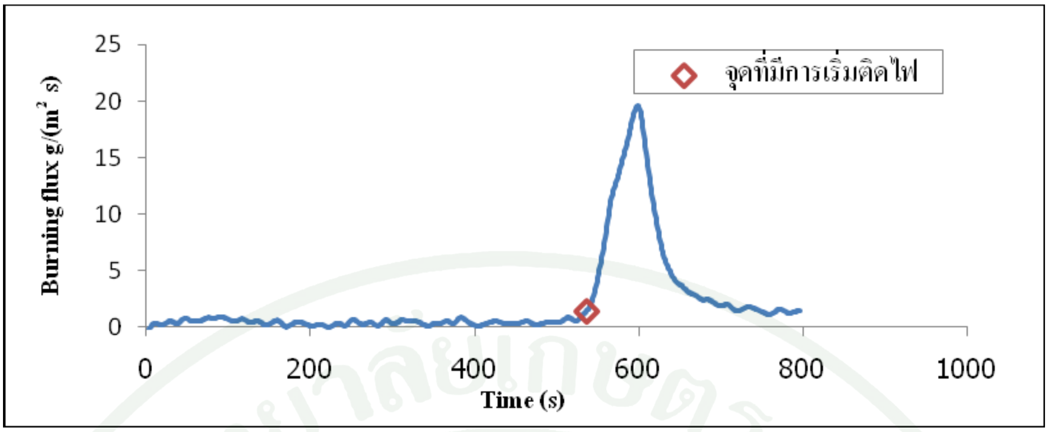


ภาพผนวกที่ ค47 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 10 kW/m^2 (MF3 10-3)

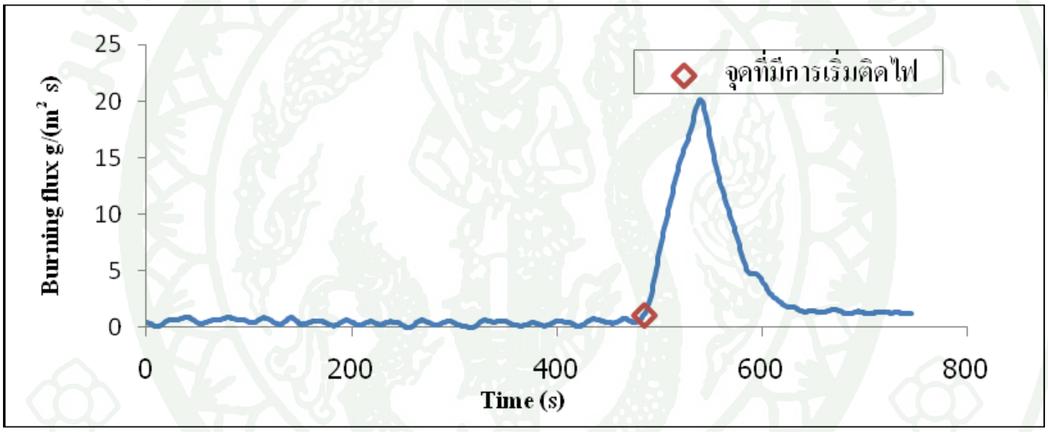


ภาพผนวกที่ ค48 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-1)

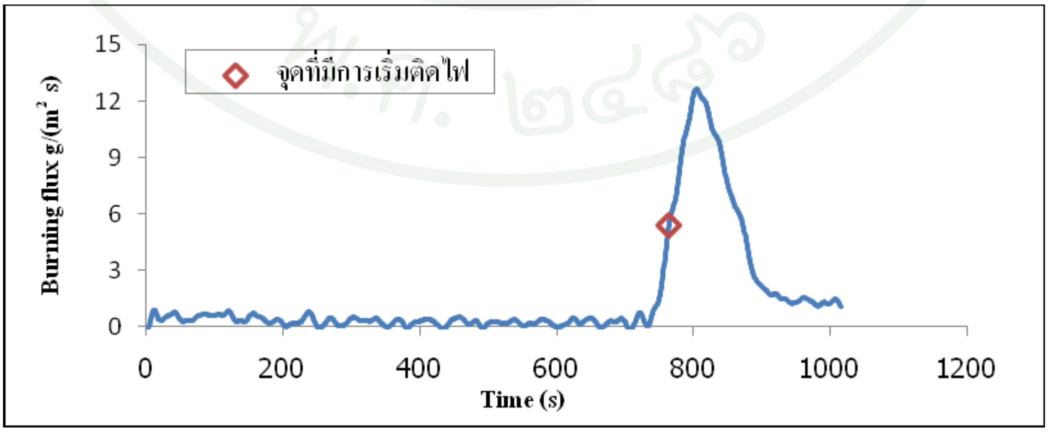
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



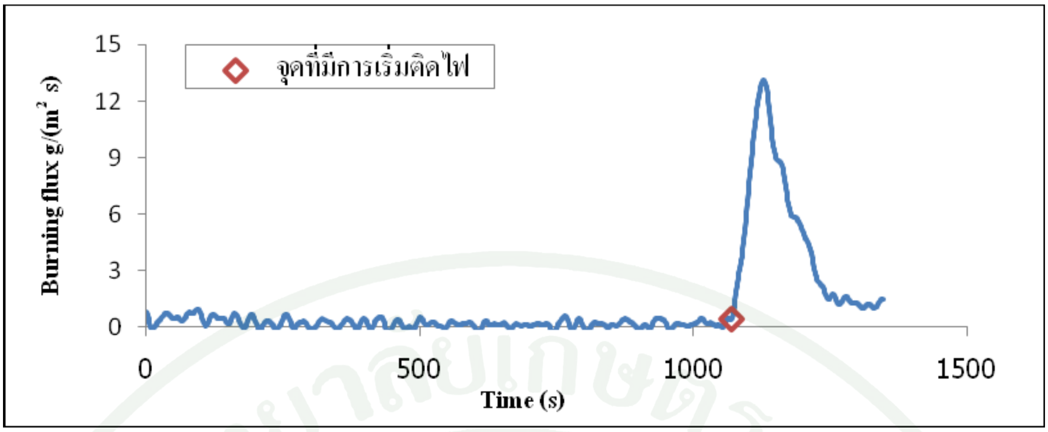
ภาพผนวกที่ ค49 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-2)



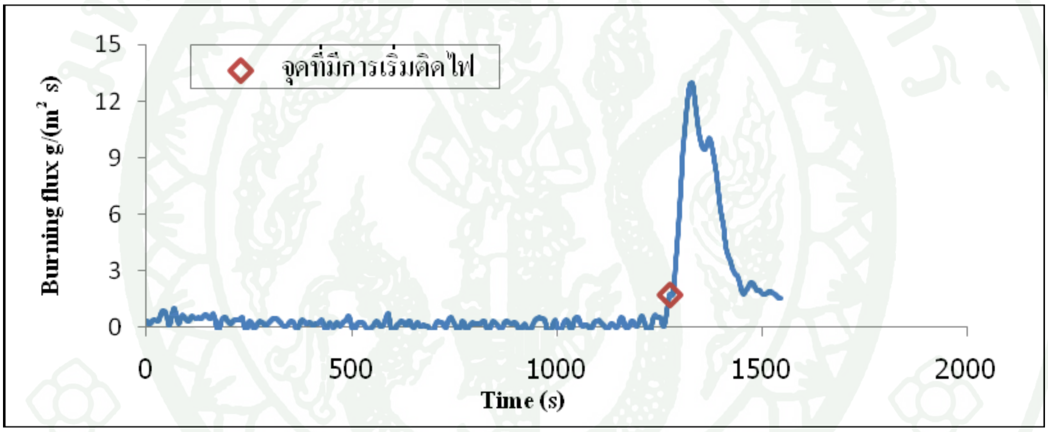
ภาพผนวกที่ ค50 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 8 kW/m^2 (MF3 8-3)



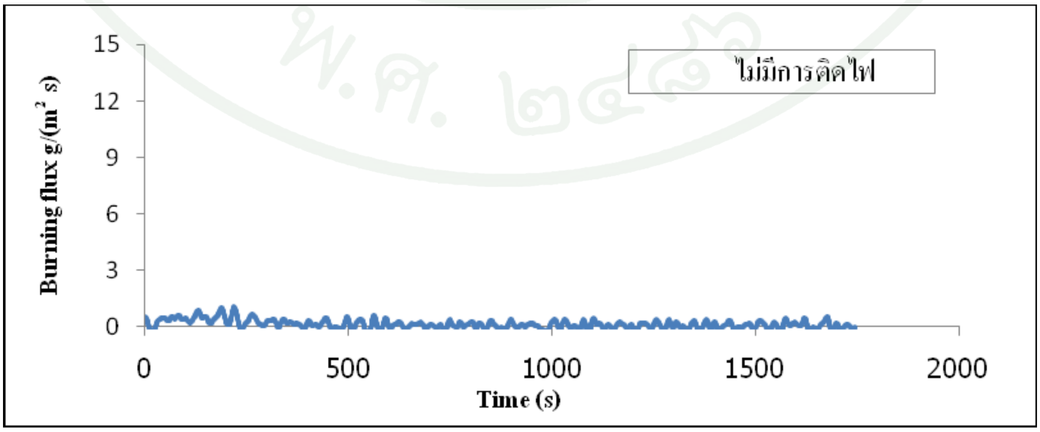
ภาพผนวกที่ ค51 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-1)



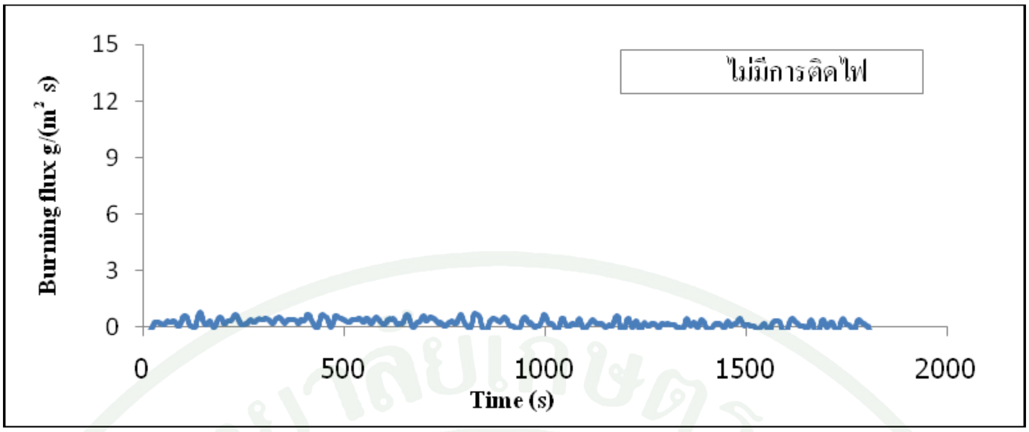
ภาพผนวกที่ ค52 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-2)



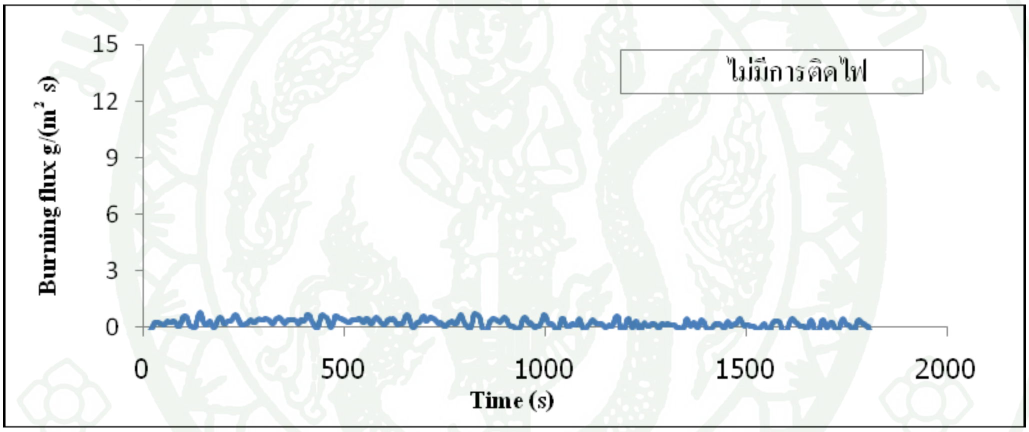
ภาพผนวกที่ ค53 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 6 kW/m^2 (MF3 6-3)



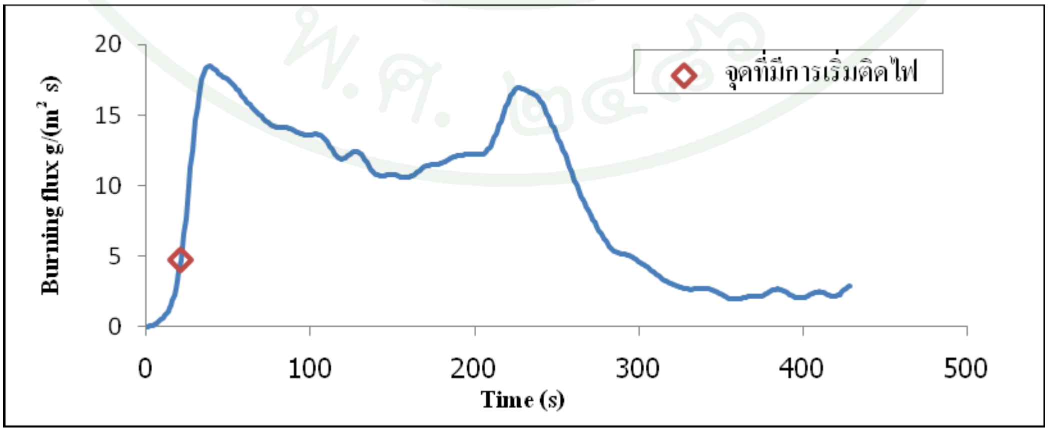
ภาพผนวกที่ ค54 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 4 kW/m^2 (MF3 4-1)



ภาพผนวกที่ ค55 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา3mm ที่ 4 kW/m^2 (MF3 4-2)

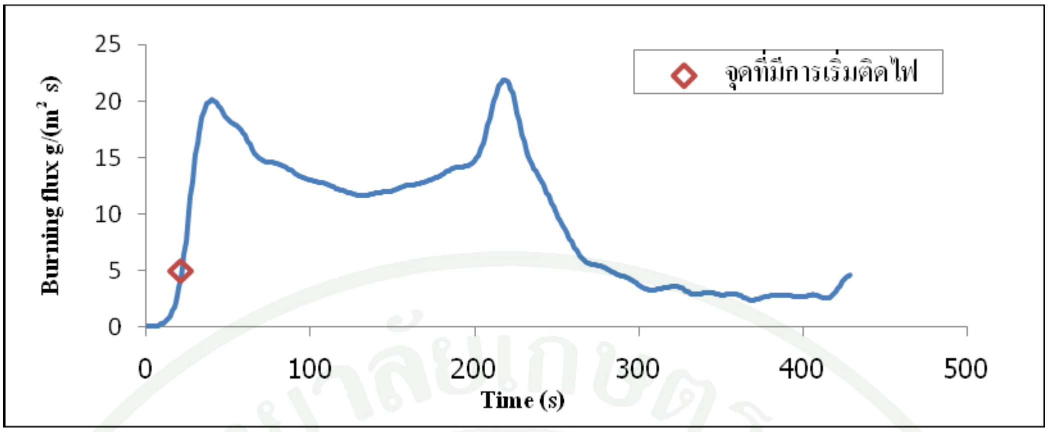


ภาพผนวกที่ ค56 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-1)

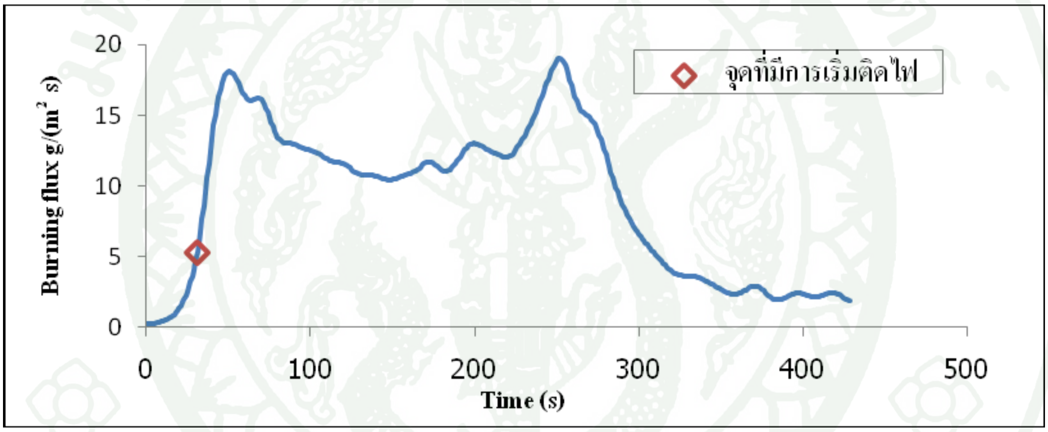


ภาพผนวกที่ ค57 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-2)

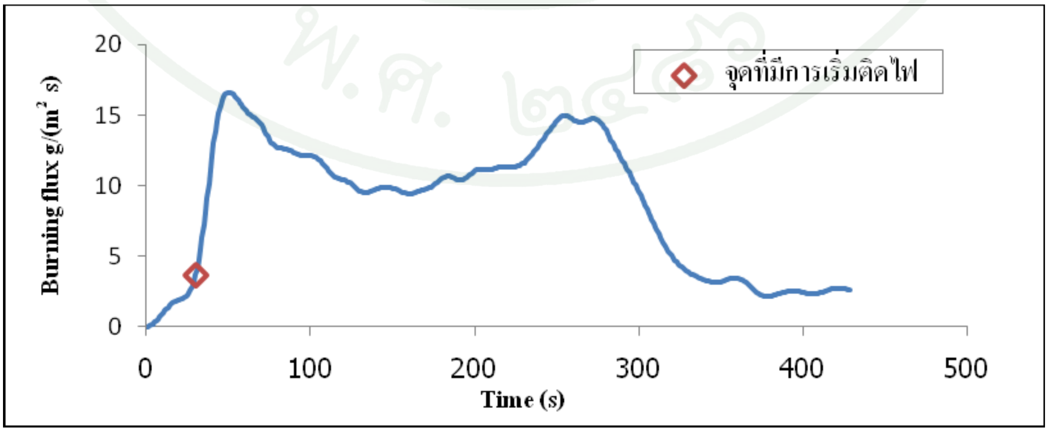
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค58 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 50 kW/m^2 (MF6 50-3)

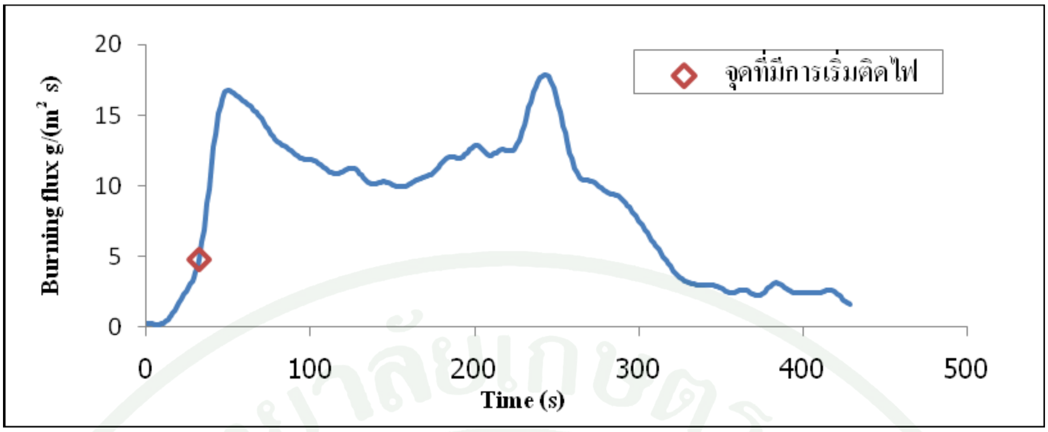


ภาพผนวกที่ ค59 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-1)

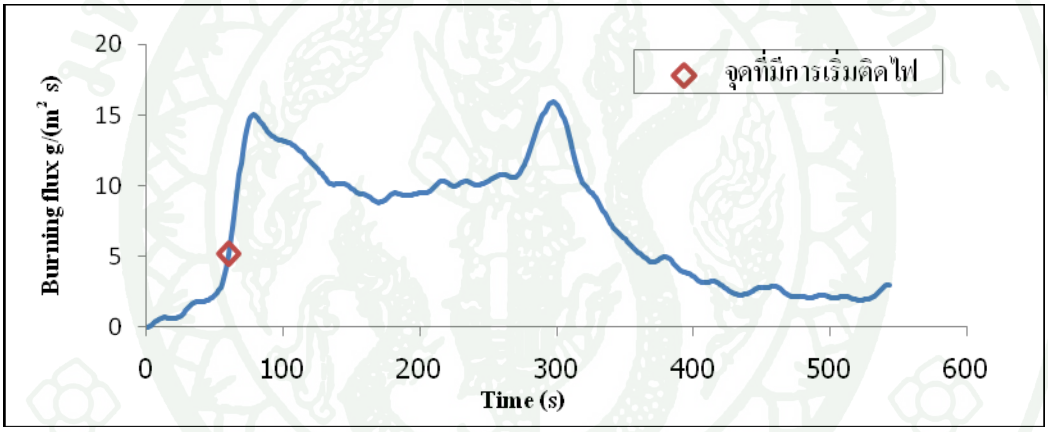


ภาพผนวกที่ ค60 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-2)

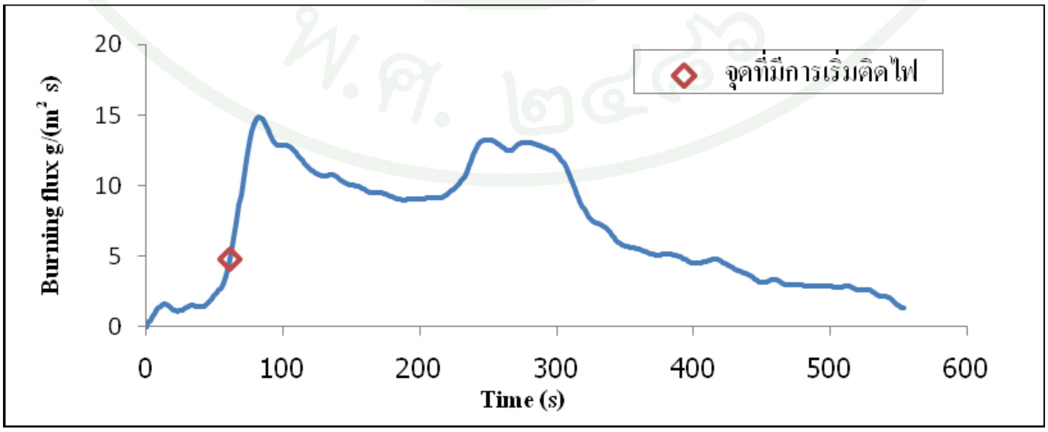
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค61 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 40 kW/m^2 (MF6 40-3)

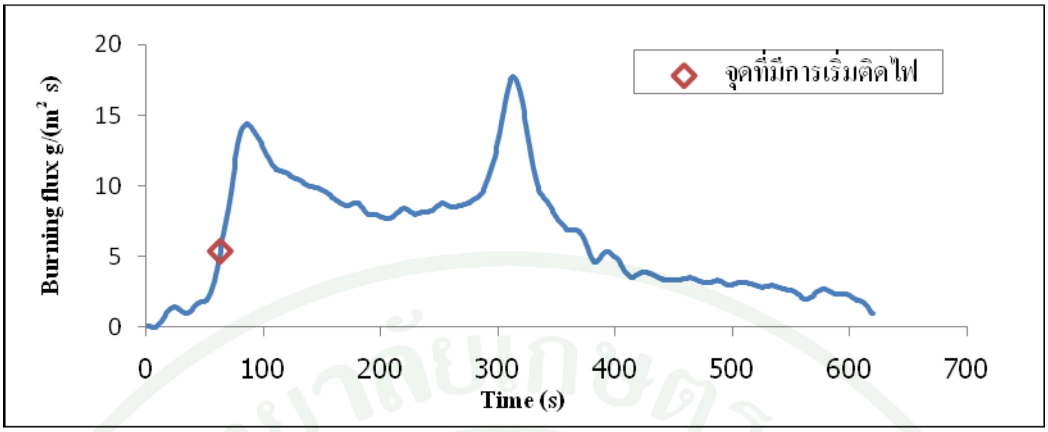


ภาพผนวกที่ ค62 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-1)

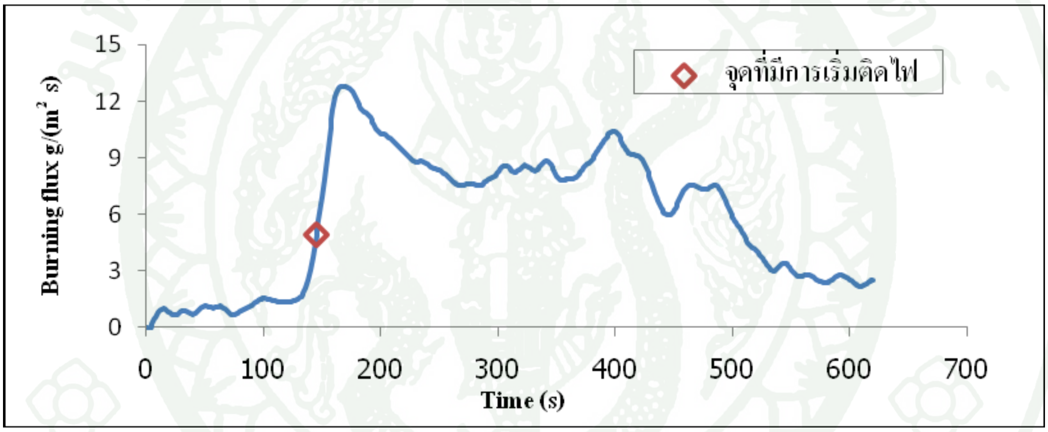


ภาพผนวกที่ ค63 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-2)

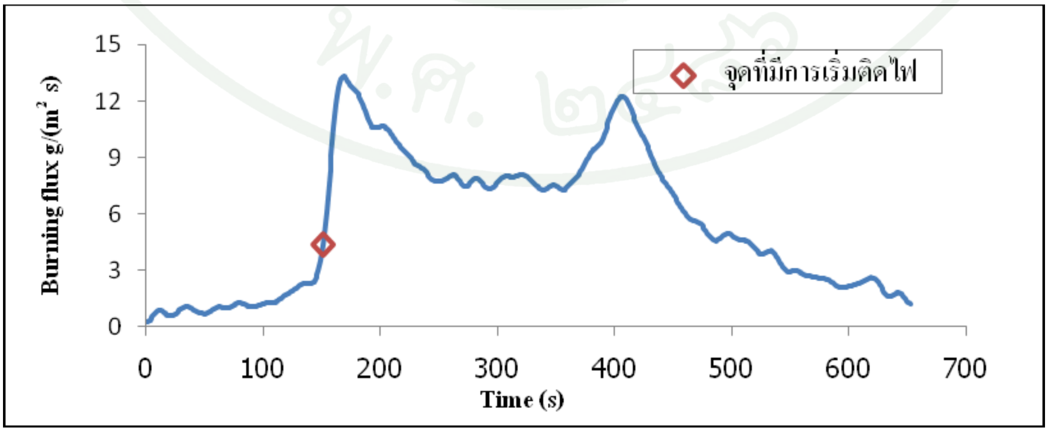
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค64 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 30 kW/m^2 (MF6 30-3)

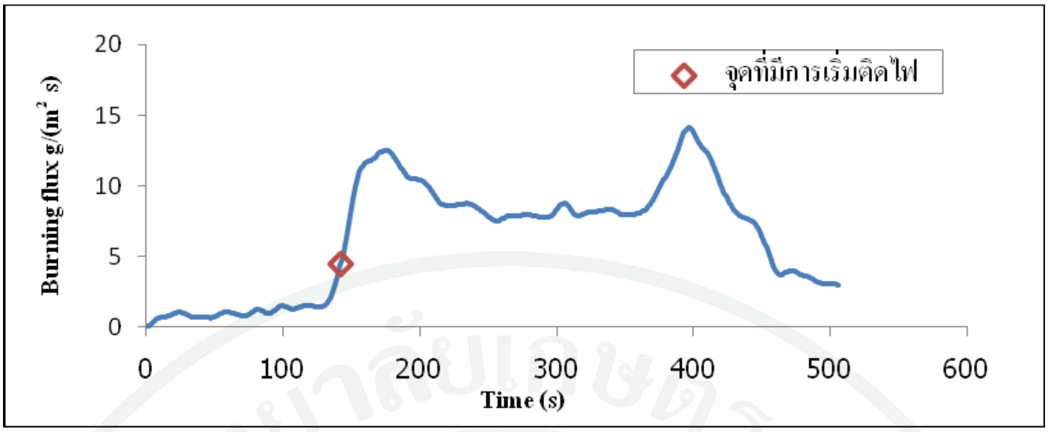


ภาพผนวกที่ ค65 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-1)

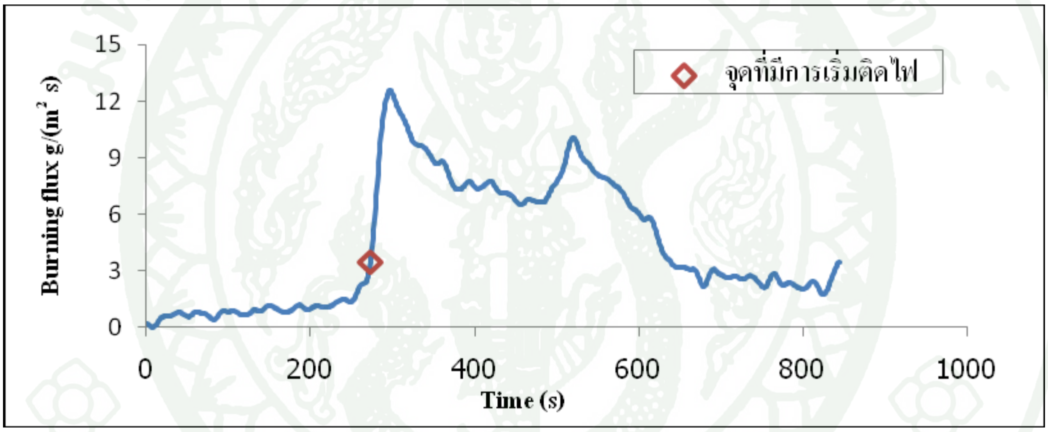


ภาพผนวกที่ ค66 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-2)

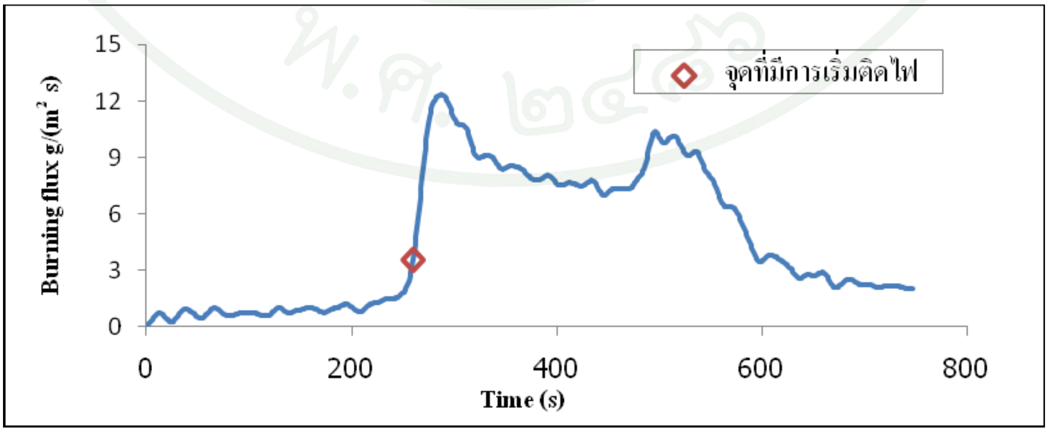
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค67 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 20 kW/m^2 (MF6 20-3)

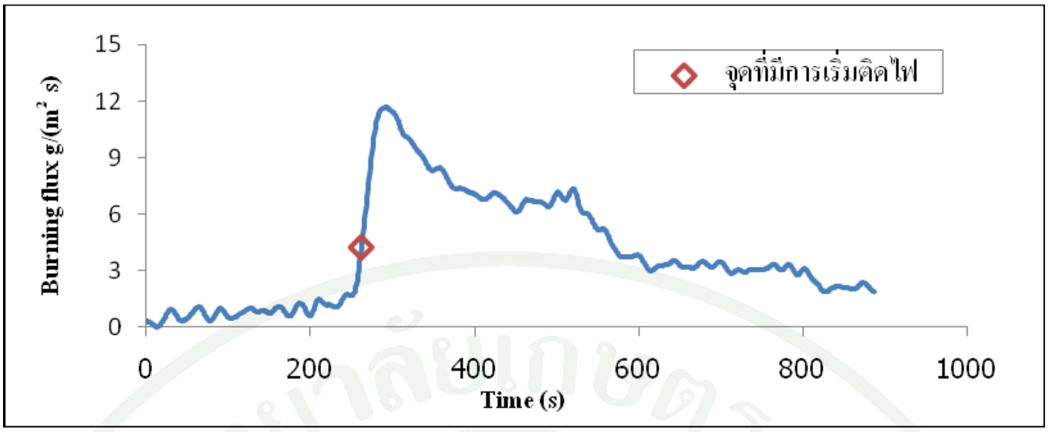


ภาพผนวกที่ ค68 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-1)

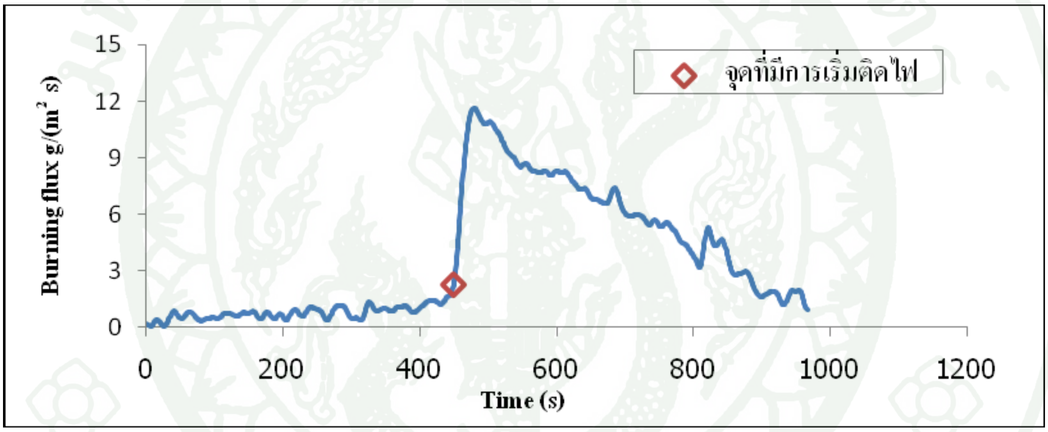


ภาพผนวกที่ ค69 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-2)

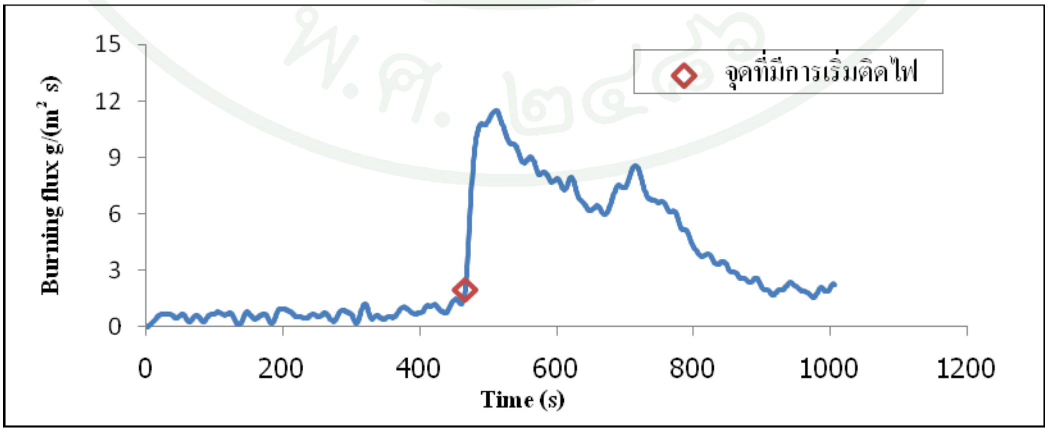
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค70 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 15 kW/m^2 (MF6 15-3)

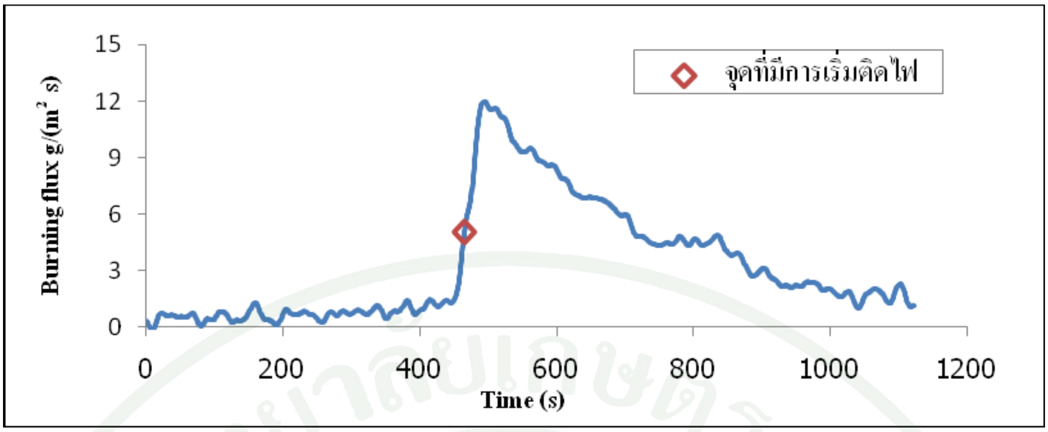


ภาพผนวกที่ ค71 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-1)

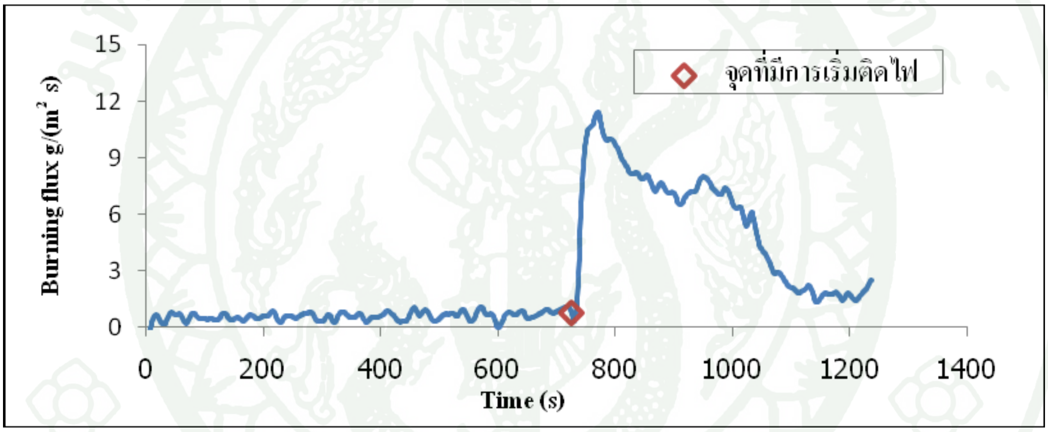


ภาพผนวกที่ ค72 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-2)

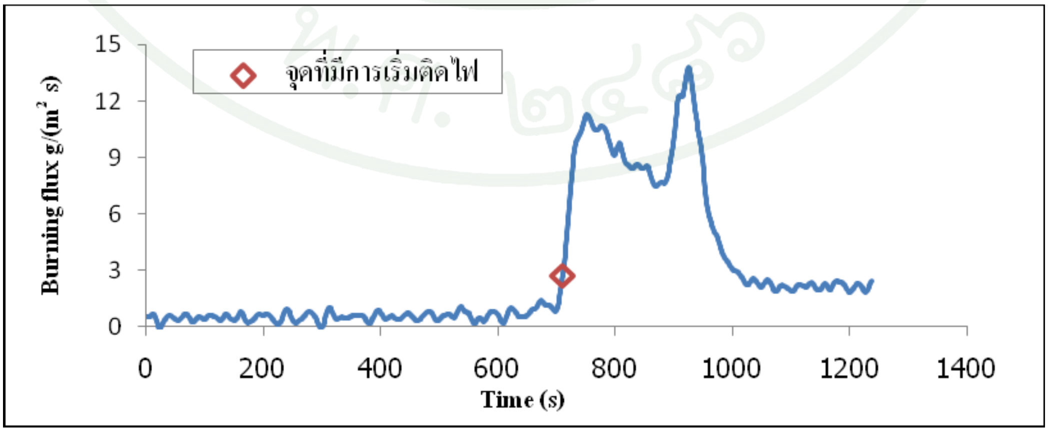
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค73 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 12 kW/m^2 (MF6 12-3)

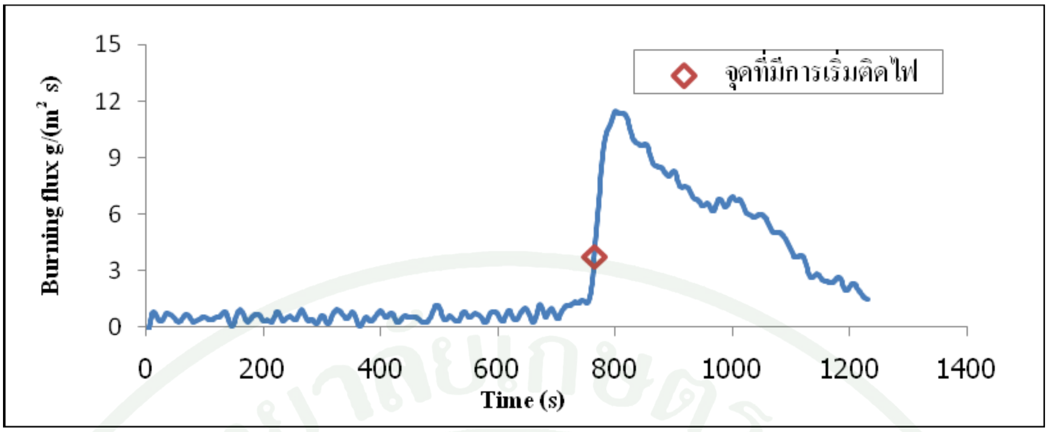


ภาพผนวกที่ ค74 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-1)

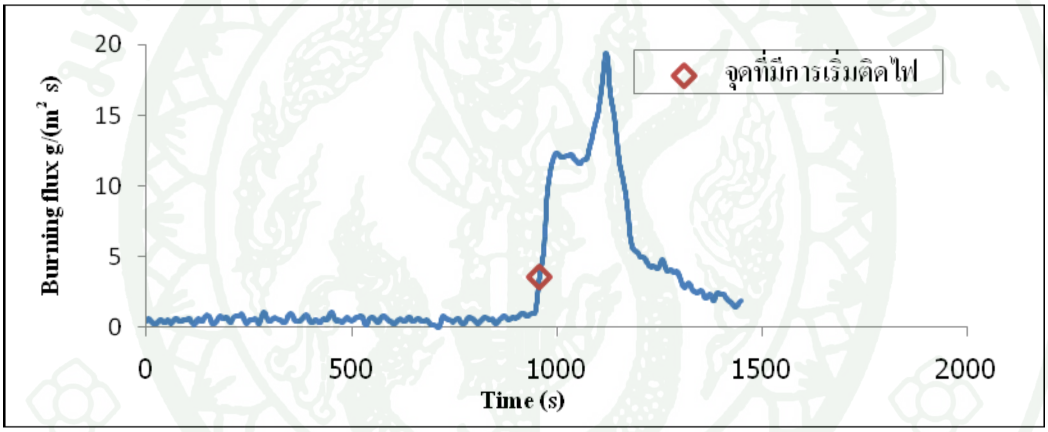


ภาพผนวกที่ ค75 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา6mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-2)

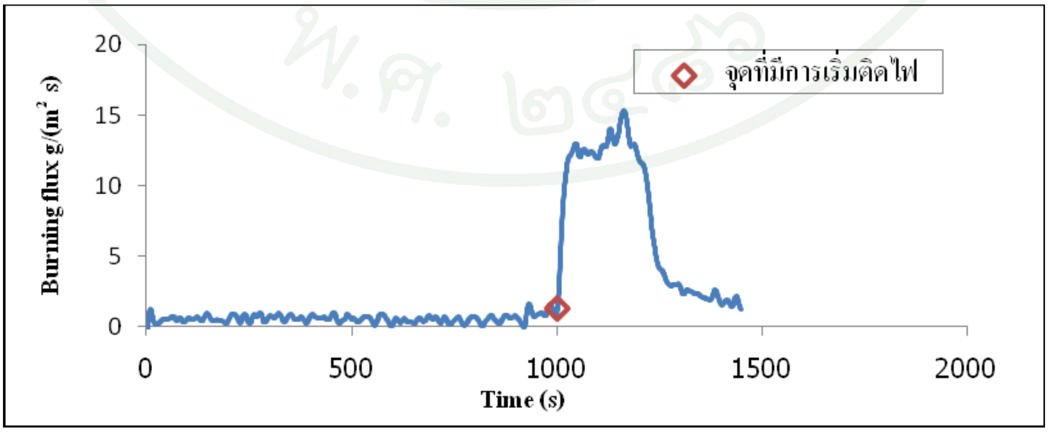
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค76 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา16mm ที่ 10 kW/m^2 (MF6 10-3)

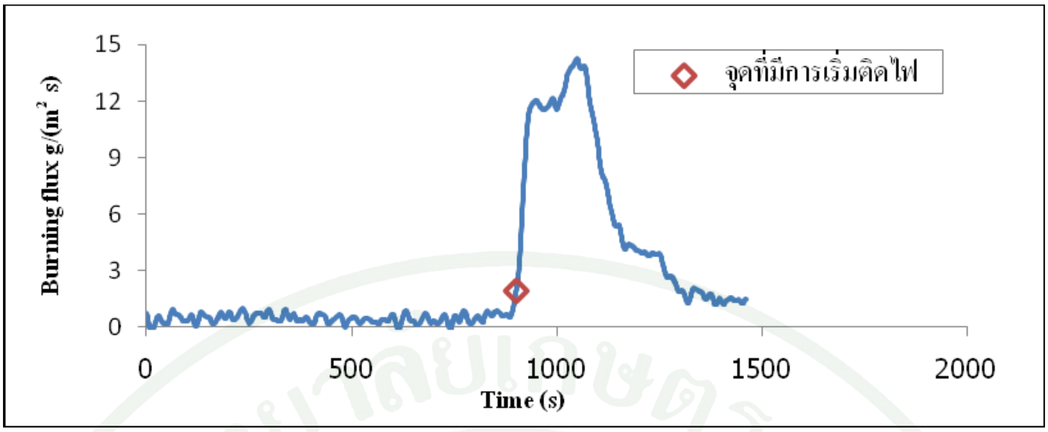


ภาพผนวกที่ ค77 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา16mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-1)

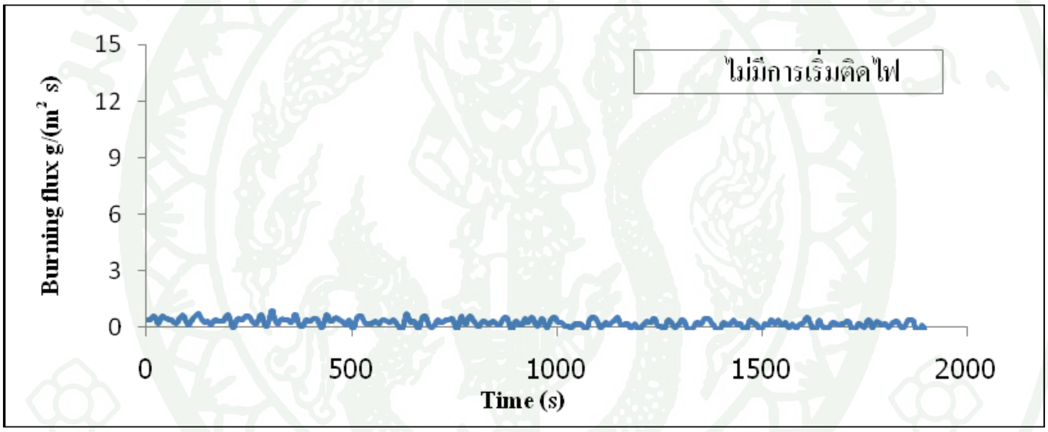


ภาพผนวกที่ ค78 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา16mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-2)

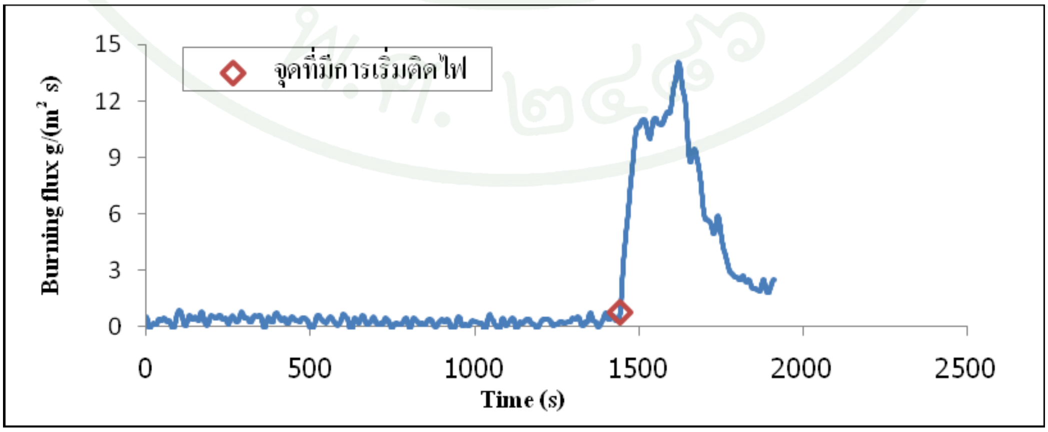
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค79 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา16mm ที่ 8 kW/m^2 (MF6 8-3)

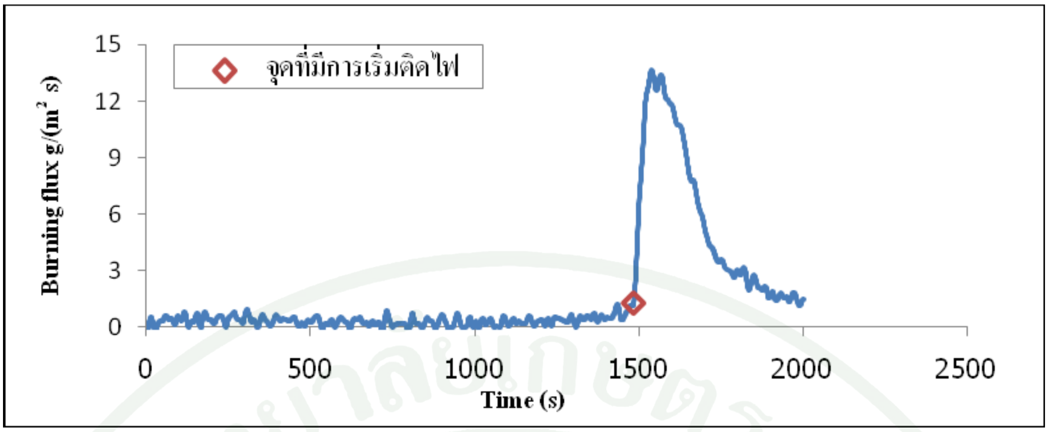


ภาพผนวกที่ ค80 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา16mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-1)

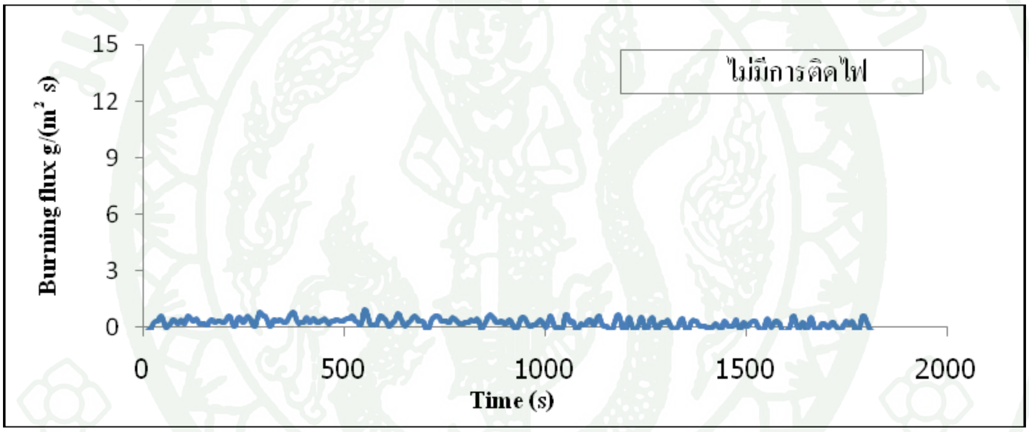


ภาพผนวกที่ ค81 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา16mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-2)

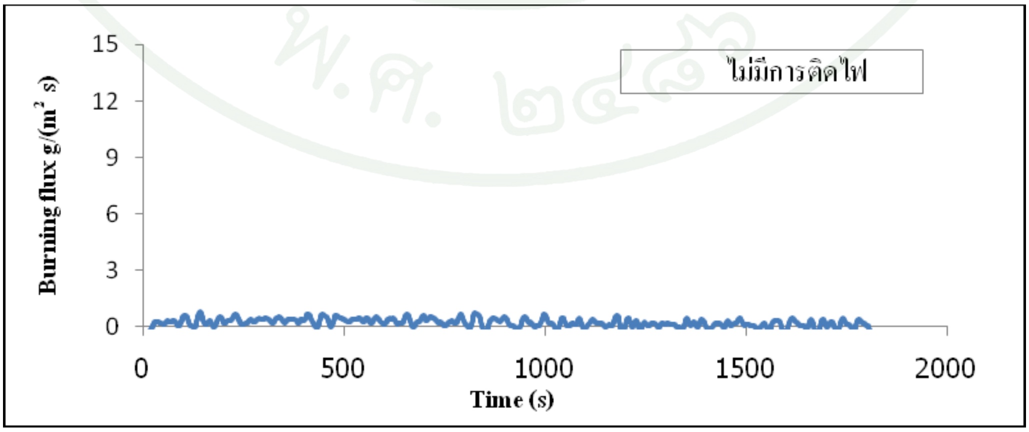
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค82 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา16mm ที่ 6 kW/m^2 (MF6 6-3)

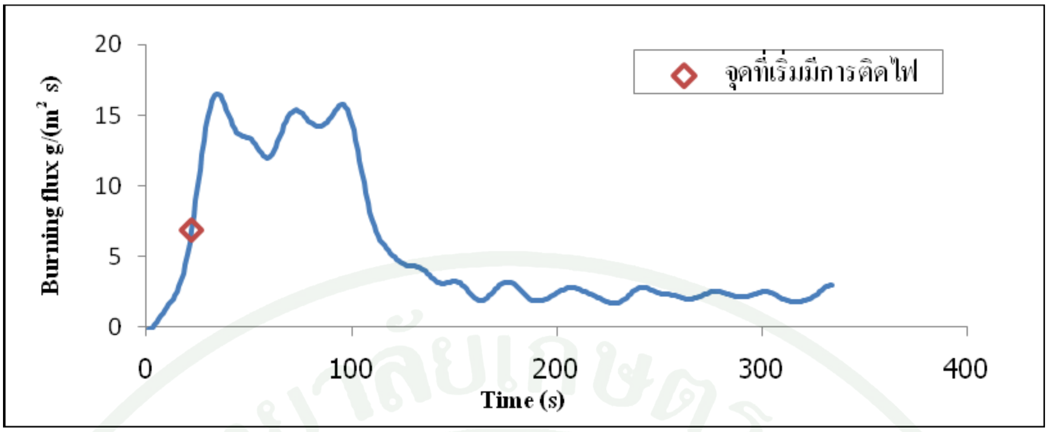


ภาพผนวกที่ ค83 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา16mm ที่ 4 kW/m^2 (MF6 4-1)

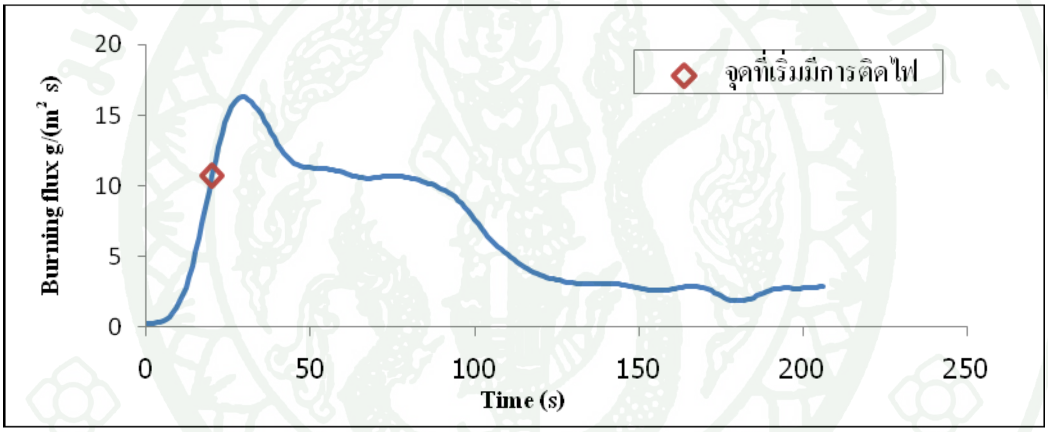


ภาพผนวกที่ ค84 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ MDF หนา16mm ที่ 4 kW/m^2 (MF6 4-2)

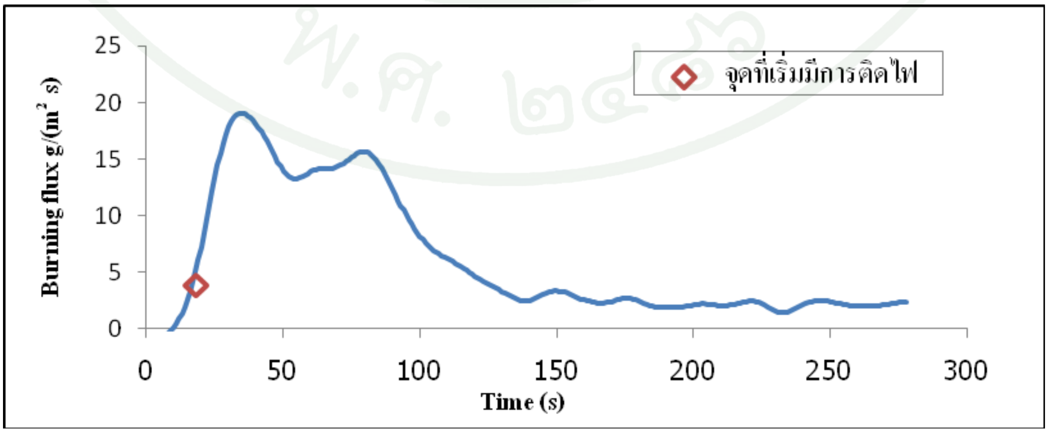
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค85 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY4 50-1)

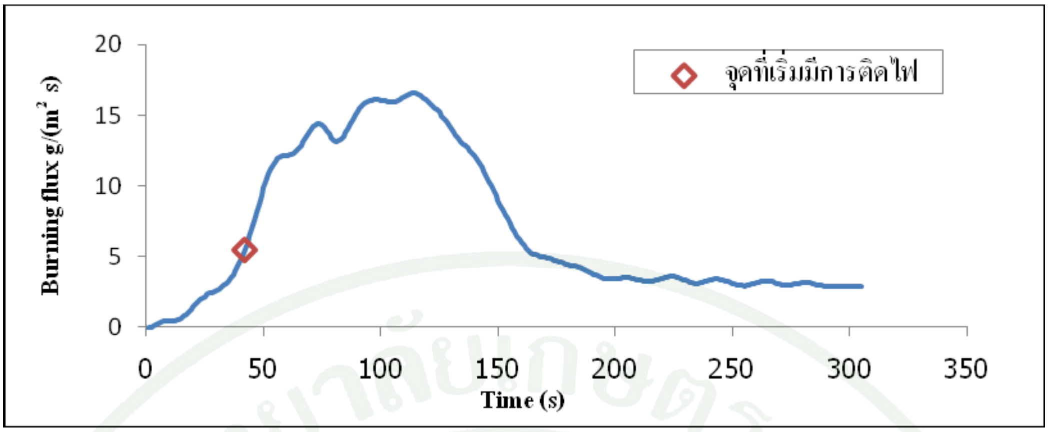


ภาพผนวกที่ ค86 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY4 50-2)

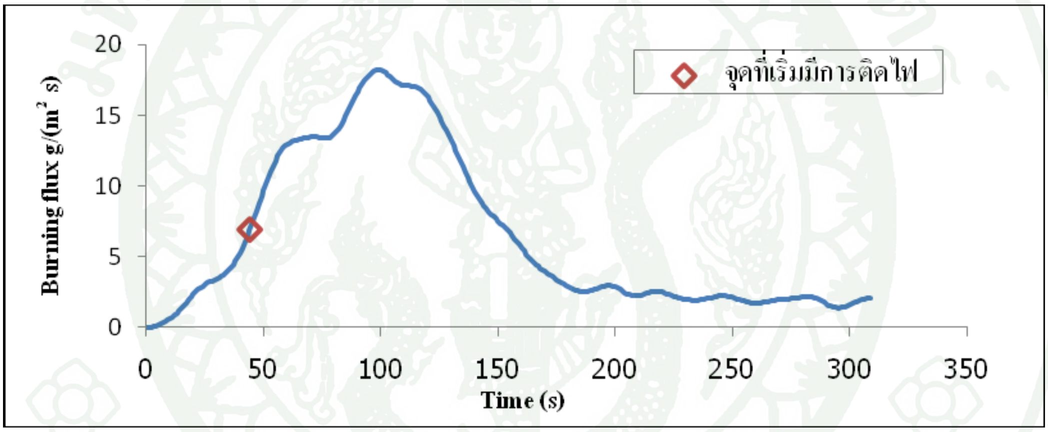


ภาพผนวกที่ ค87 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY4 50-3)

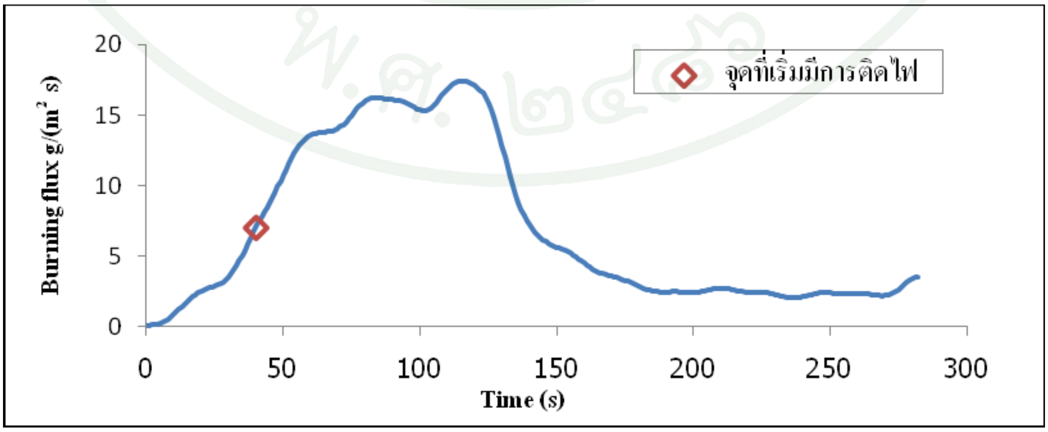
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค88 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY4 40-1)

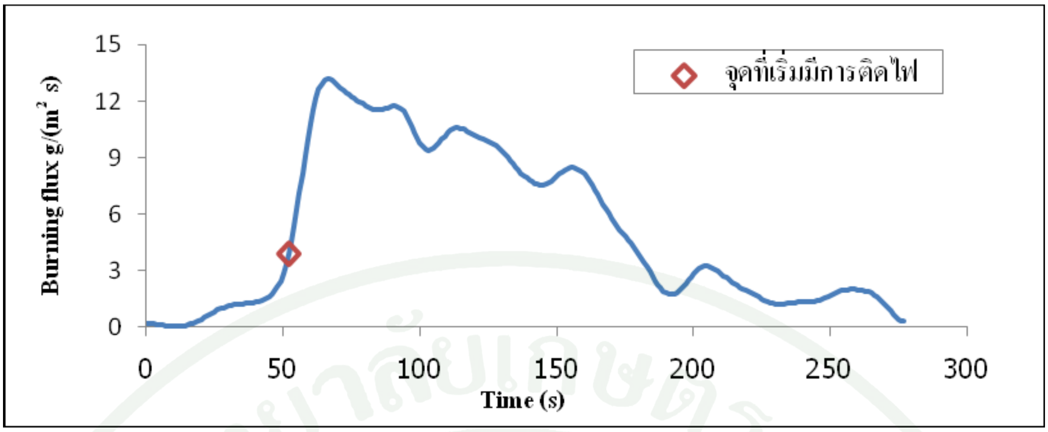


ภาพผนวกที่ ค89 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY4 40-2)

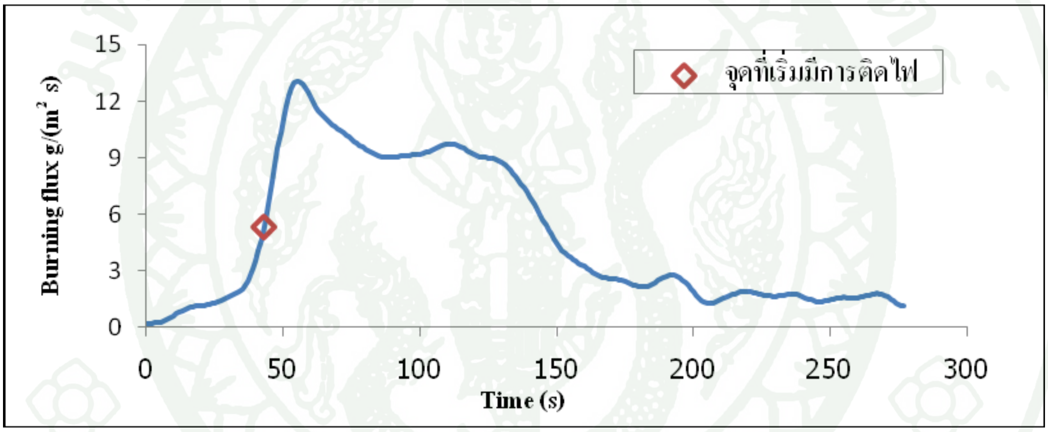


ภาพผนวกที่ ค90 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY4 40-3)

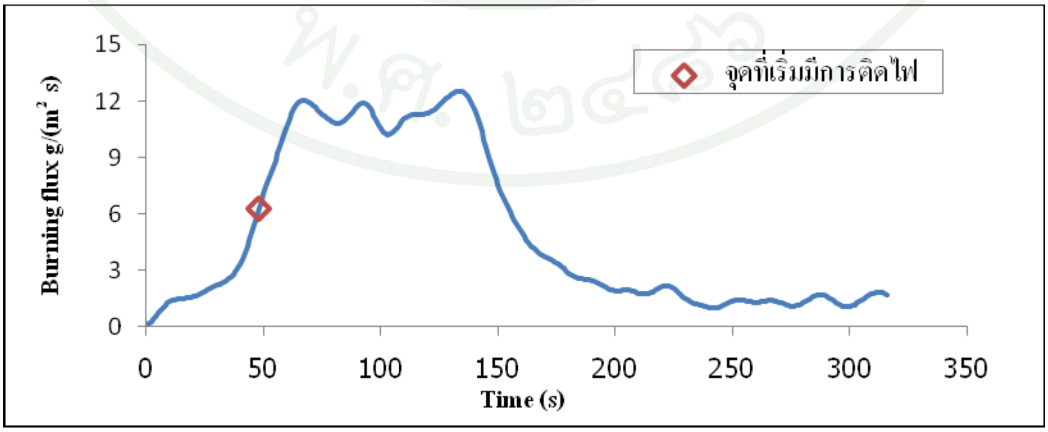
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค91 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 30-1)

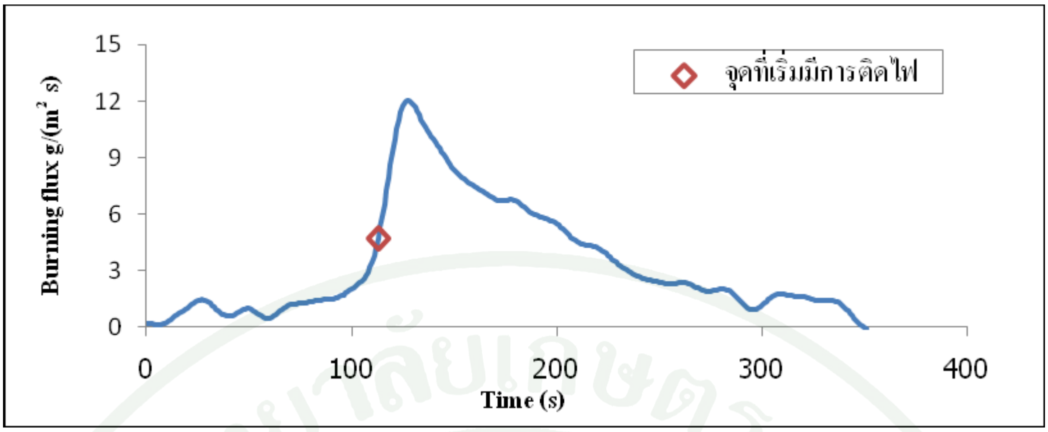


ภาพผนวกที่ ค92 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 30-2)

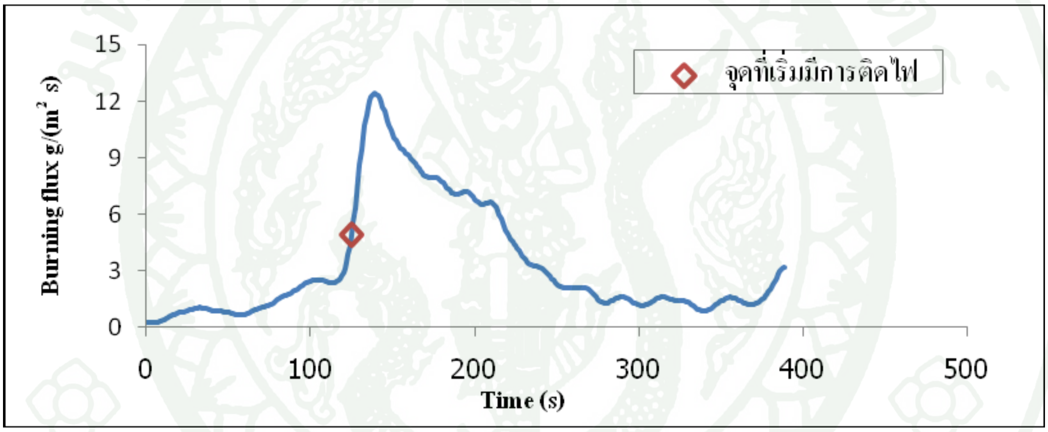


ภาพผนวกที่ ค93 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY4 30-3)

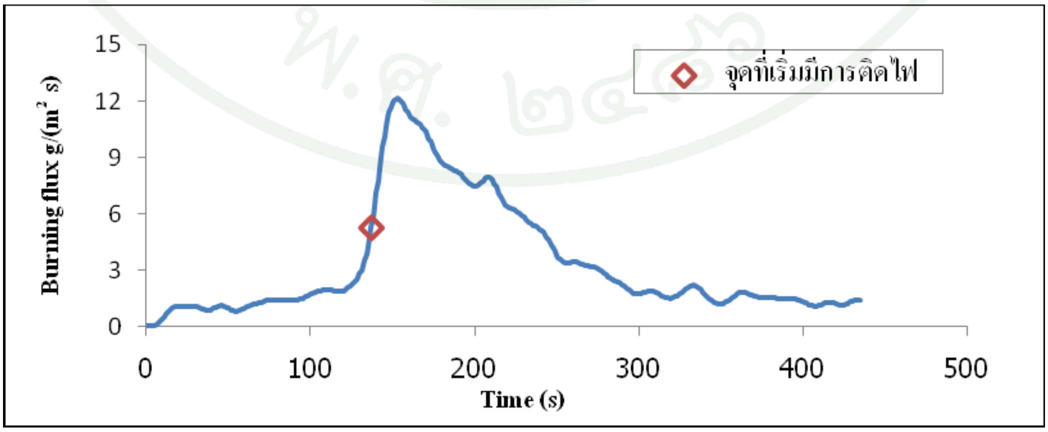
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค94 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 20-1)

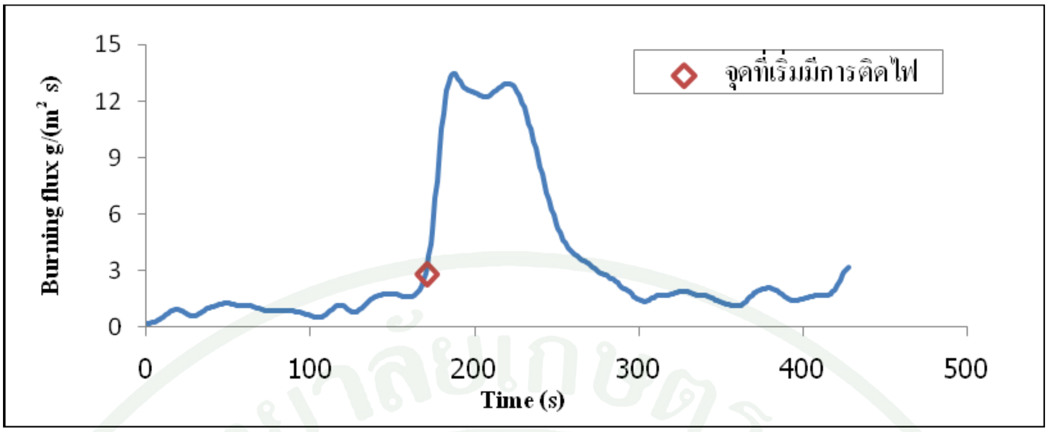


ภาพผนวกที่ ค95 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 20-2)

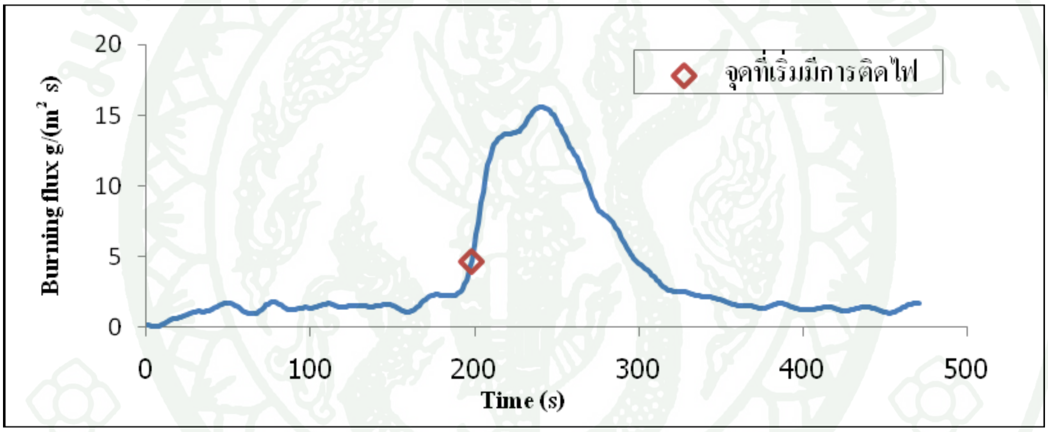


ภาพผนวกที่ ค96 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY4 20-3)

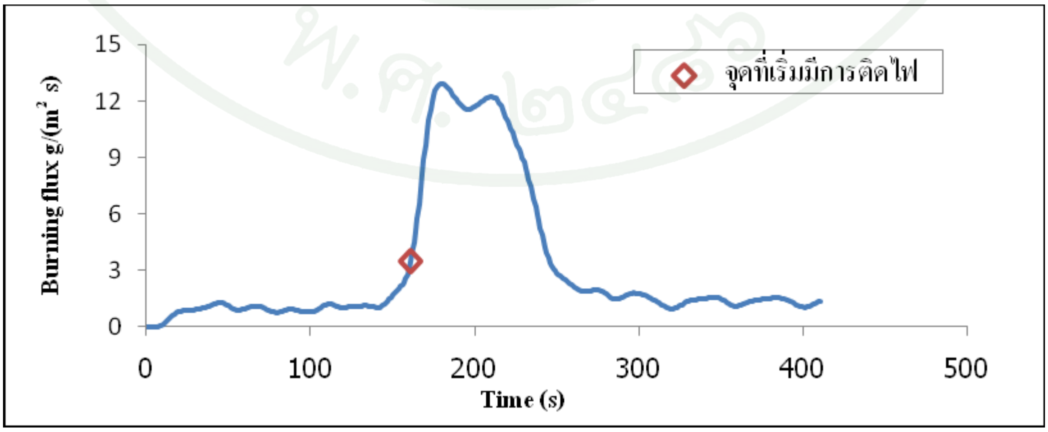
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค97 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-1)

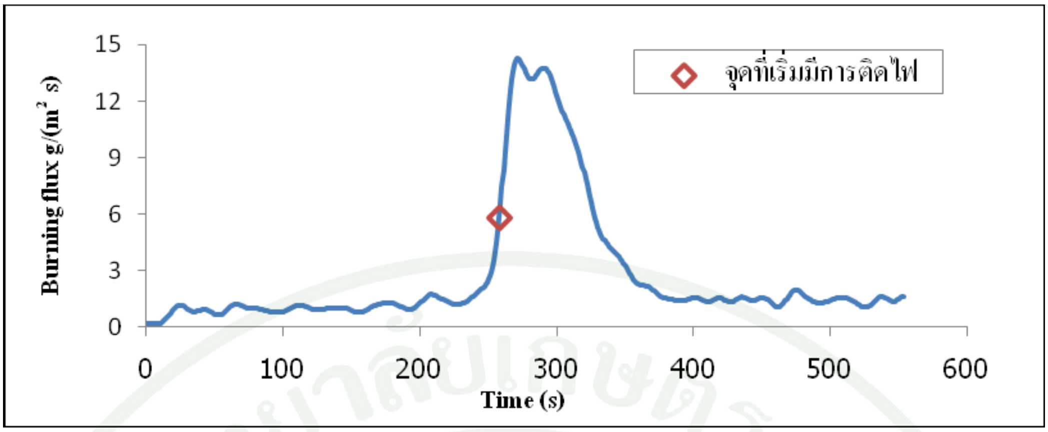


ภาพผนวกที่ ค98 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-2)

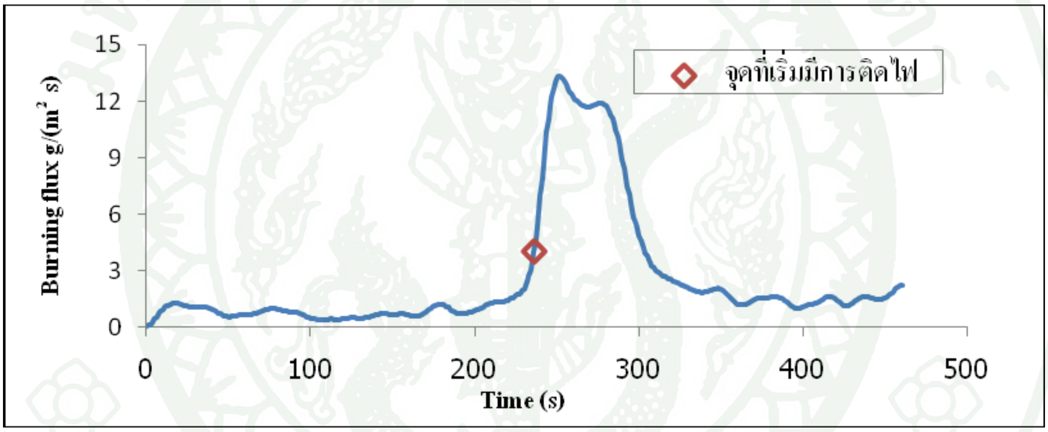


ภาพผนวกที่ ค99 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY4 15-3)

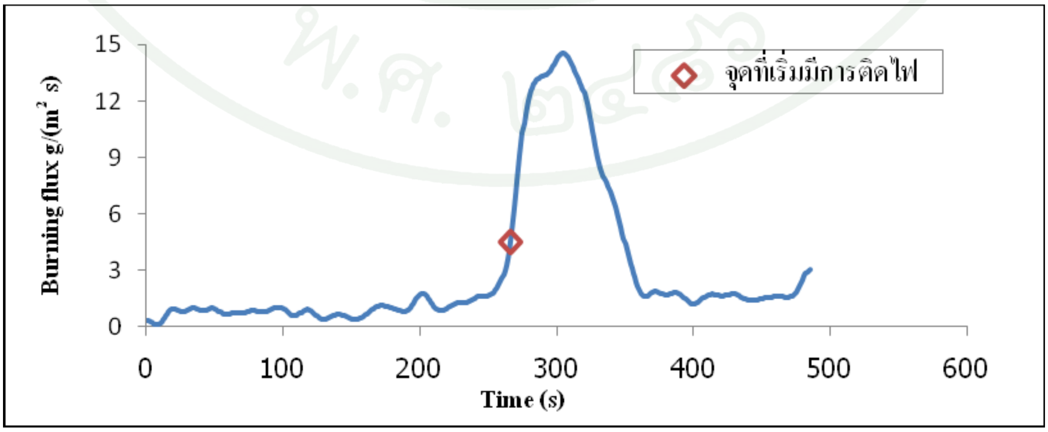
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค100 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-1)

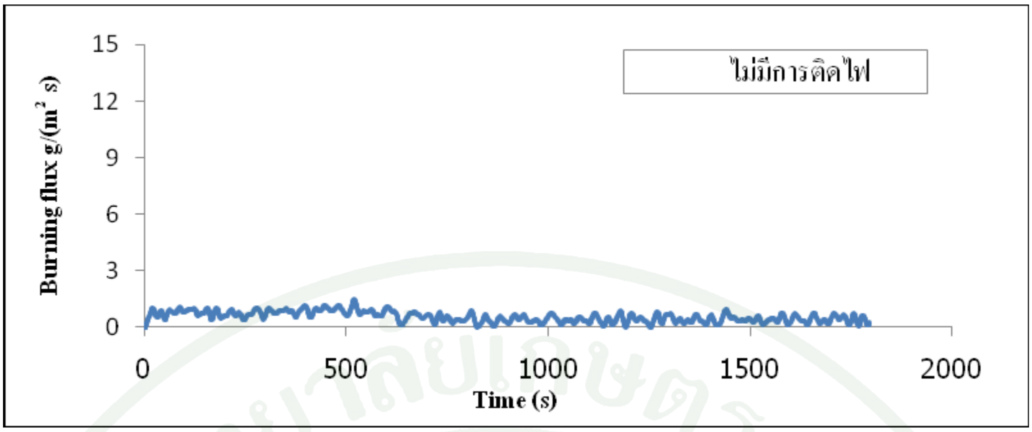


ภาพผนวกที่ ค101 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-2)

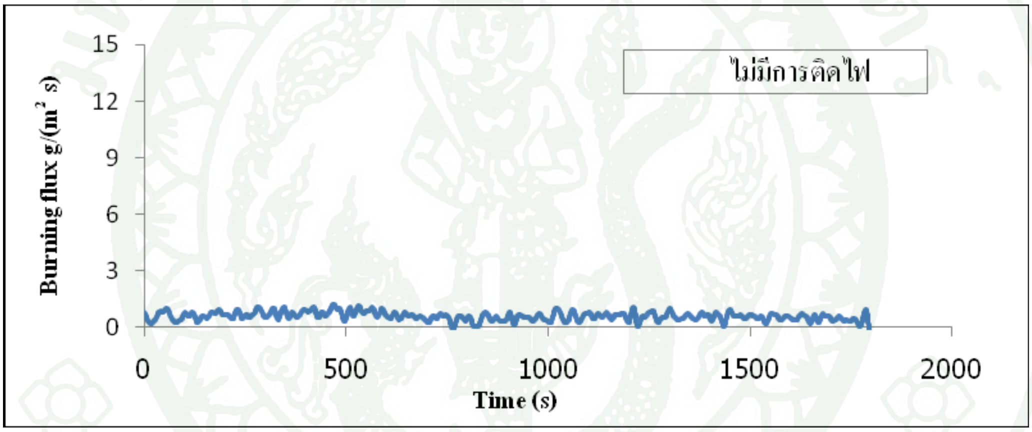


ภาพผนวกที่ ค102 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY4 12-3)

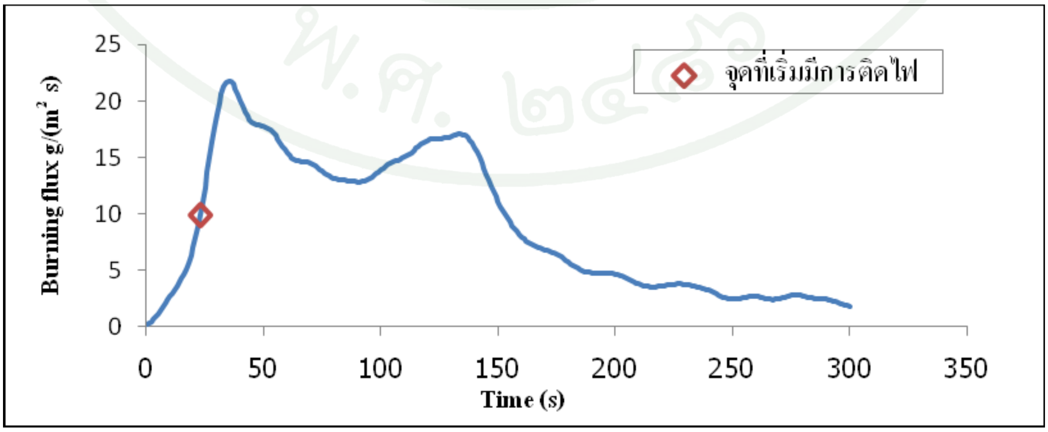
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค103 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4mm ที่ 10 kW/m^2 (AY4 10-1)

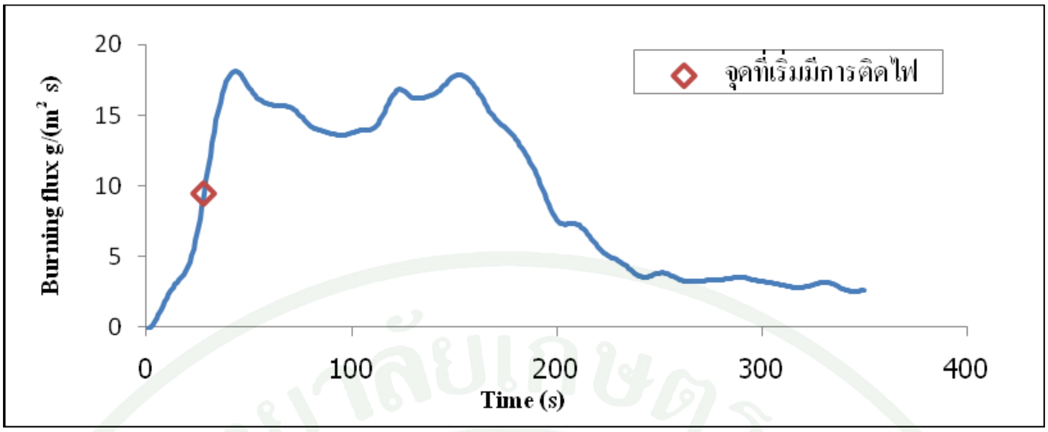


ภาพผนวกที่ ค104 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4mm ที่ 10 kW/m^2 (AY4 10-2)

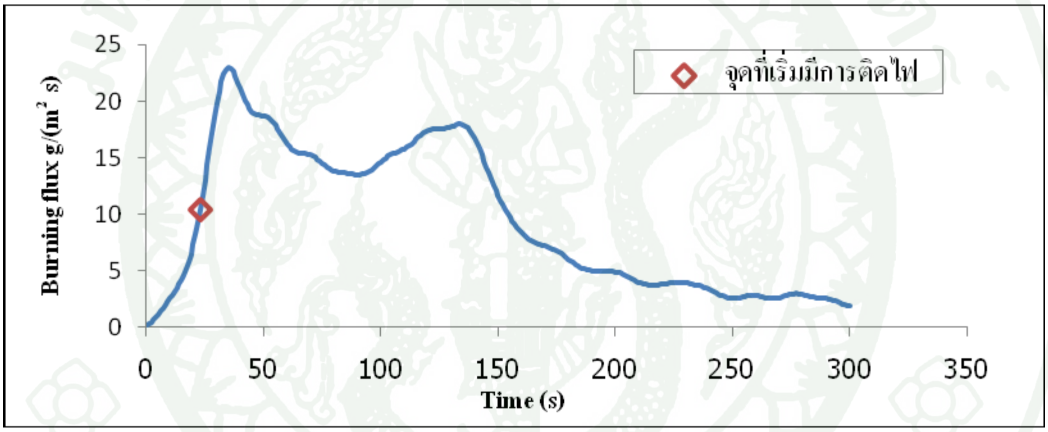


ภาพผนวกที่ ค105 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-1)

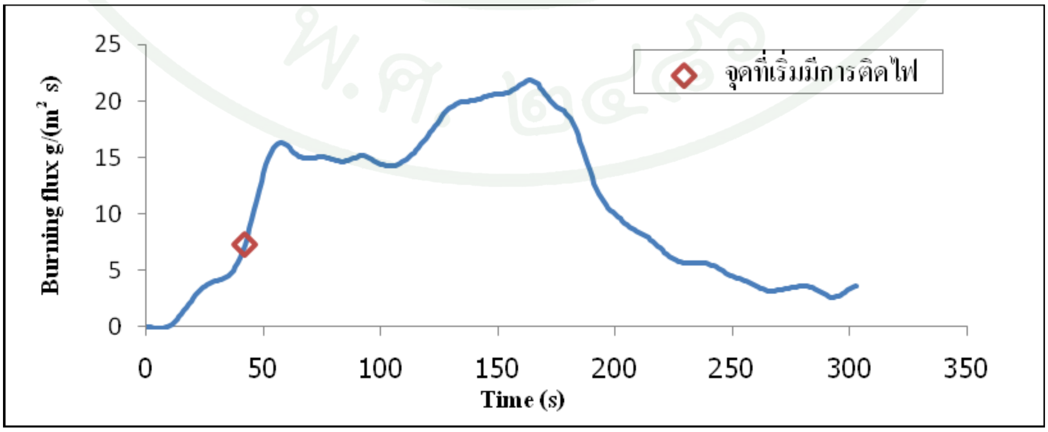
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค106 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-2)

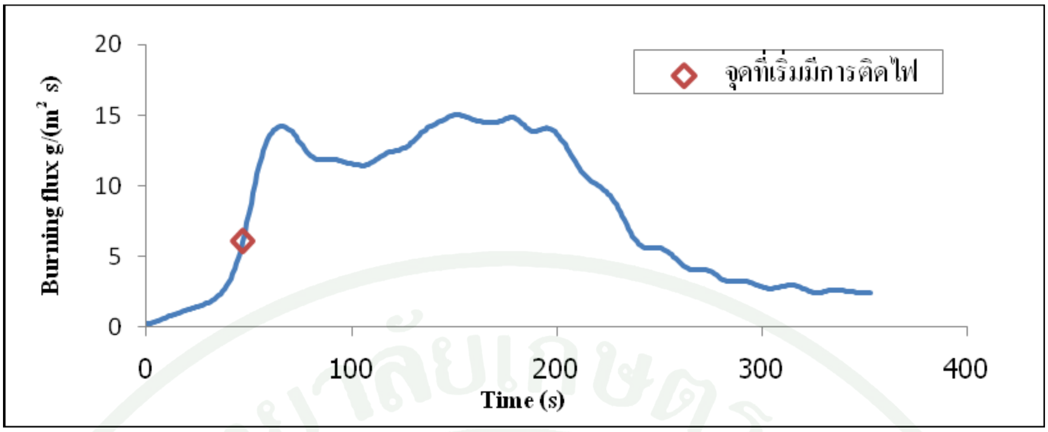


ภาพผนวกที่ ค107 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AY6 50-3)

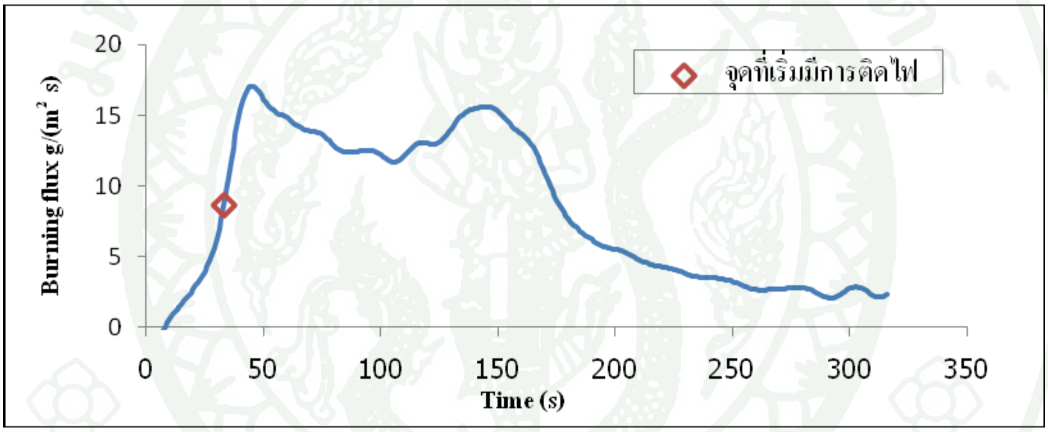


ภาพผนวกที่ ค108 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-1)

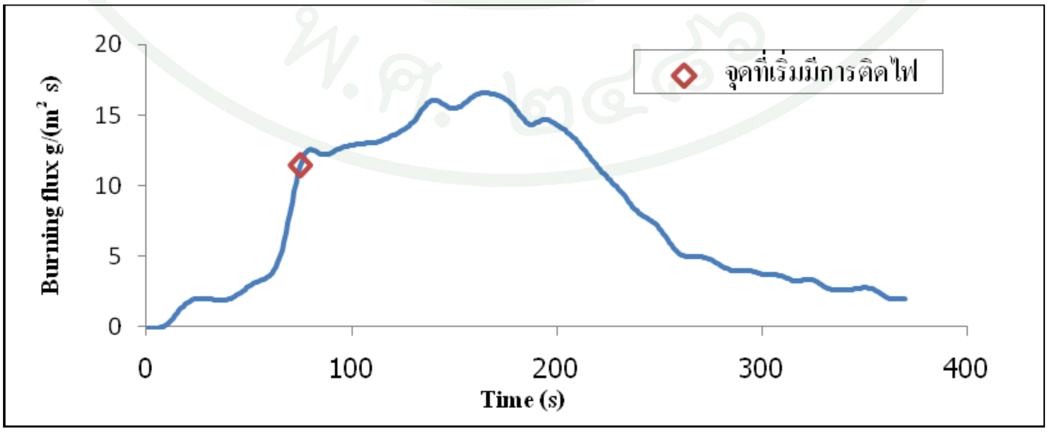
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค109 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-2)

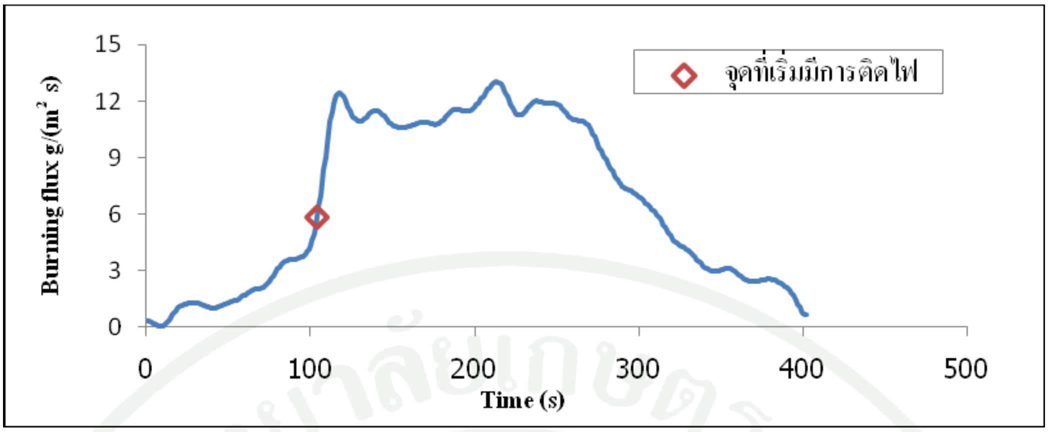


ภาพผนวกที่ ค110 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AY6 40-3)

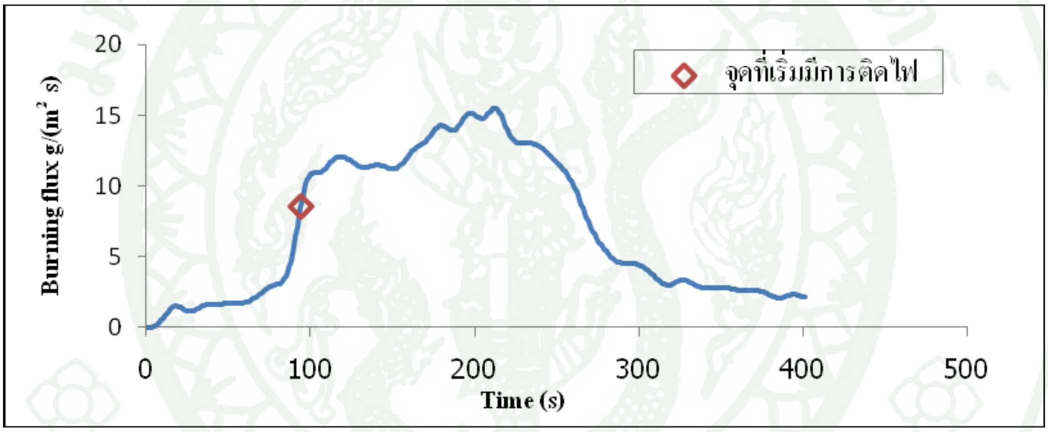


ภาพผนวกที่ ค111 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-1)

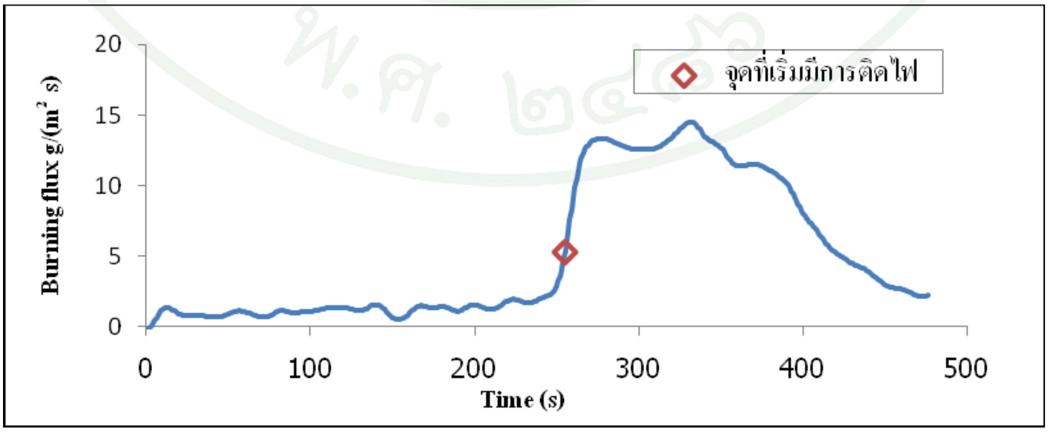
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค112 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-2)

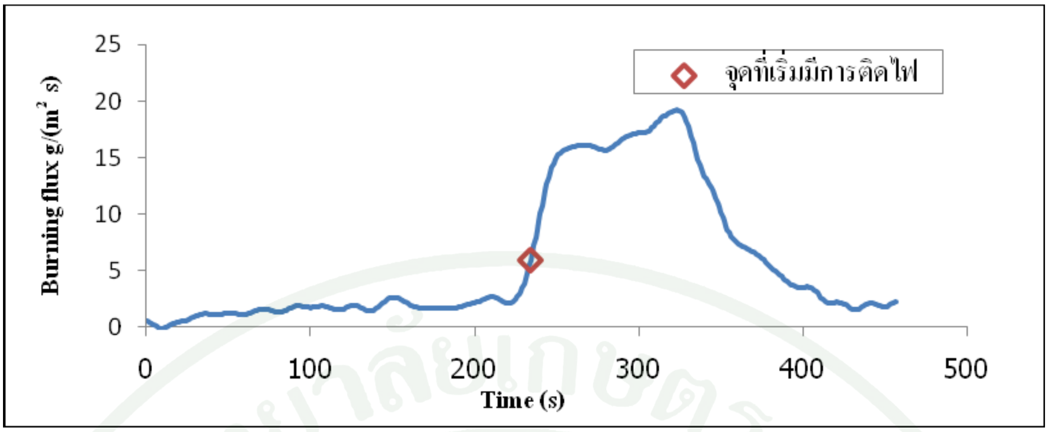


ภาพผนวกที่ ค113 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AY6 30-3)

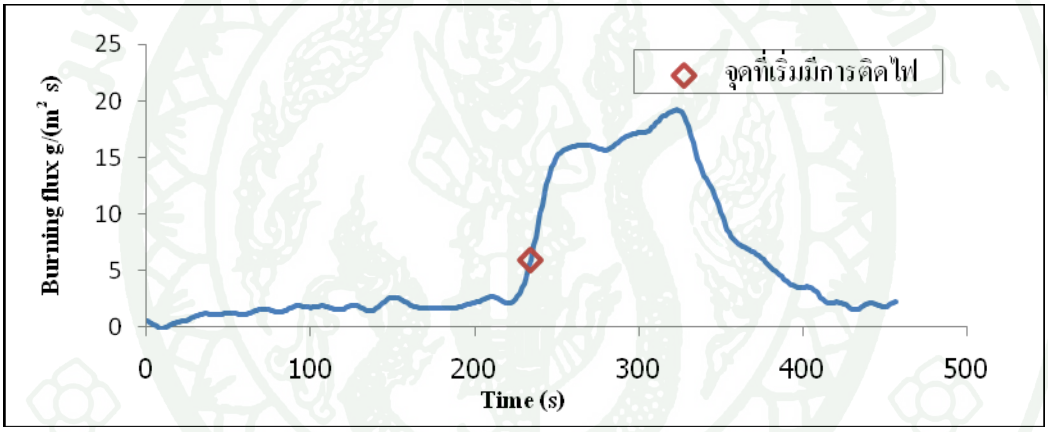


ภาพผนวกที่ ค114 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY6 20-1)

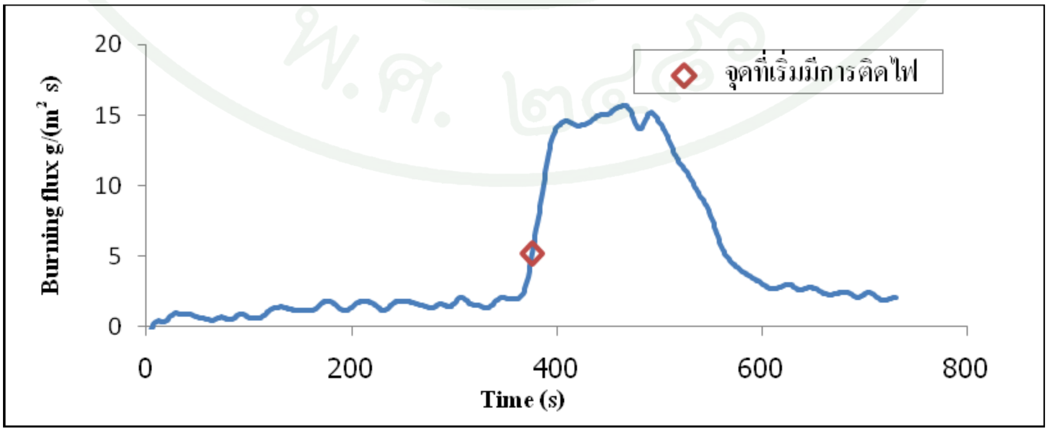
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค115 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY6 20-2)

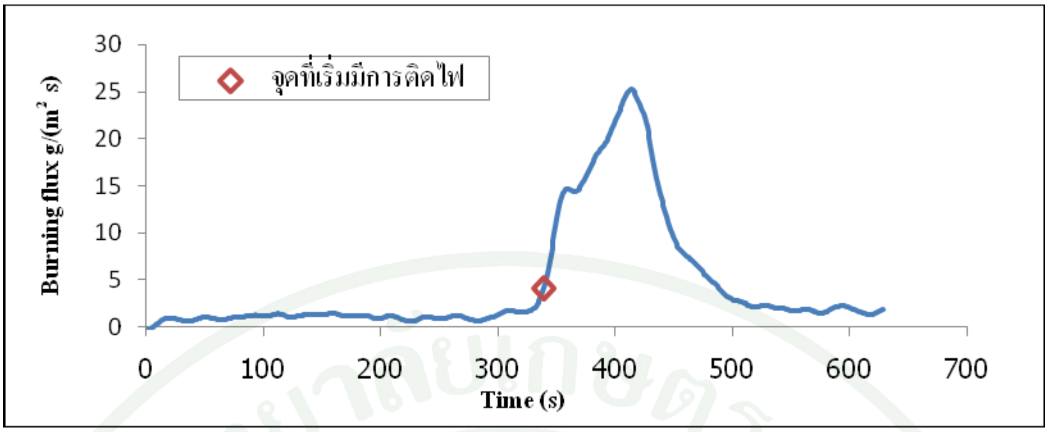


ภาพผนวกที่ ค116 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AY6 20-3)

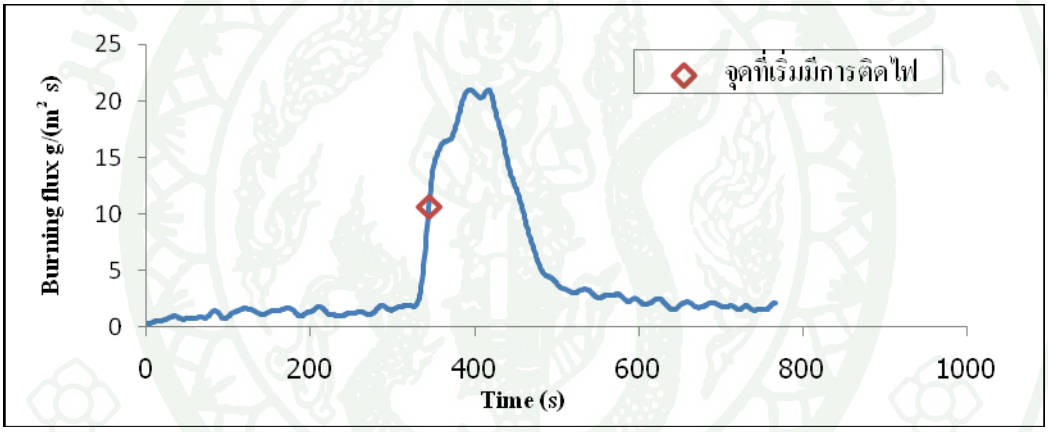


ภาพผนวกที่ ค117 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-1)

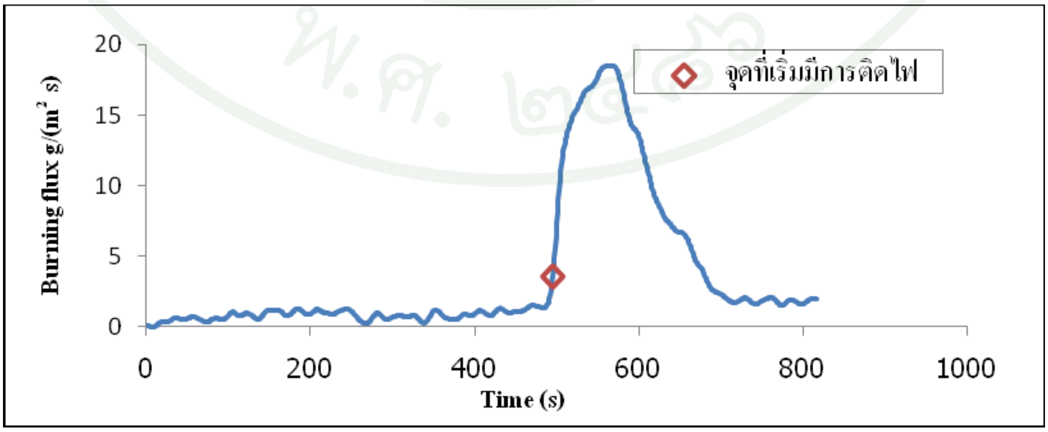
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค118 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-2)

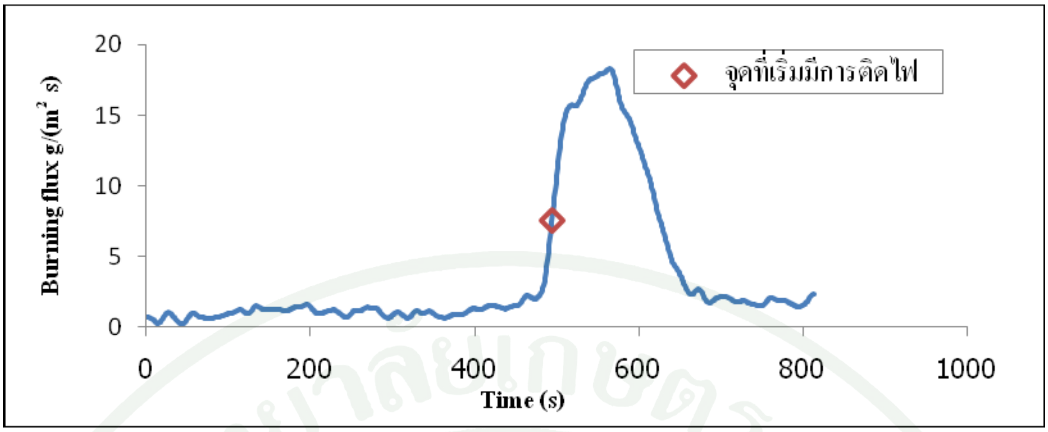


ภาพผนวกที่ ค119 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AY6 15-3)

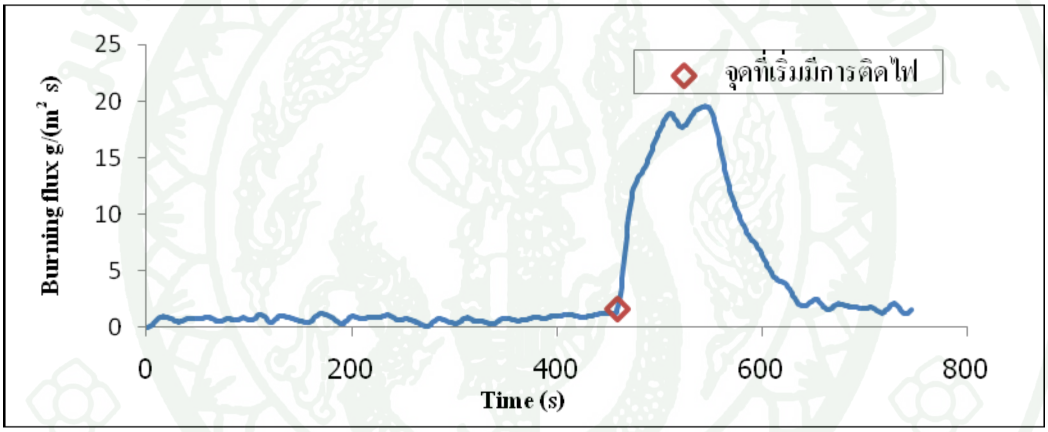


ภาพผนวกที่ ค120 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-1)

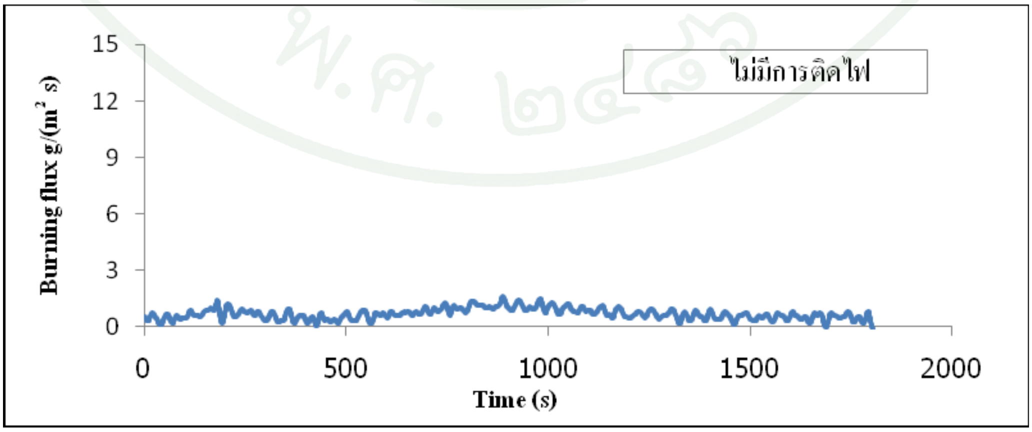
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค121 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-2)

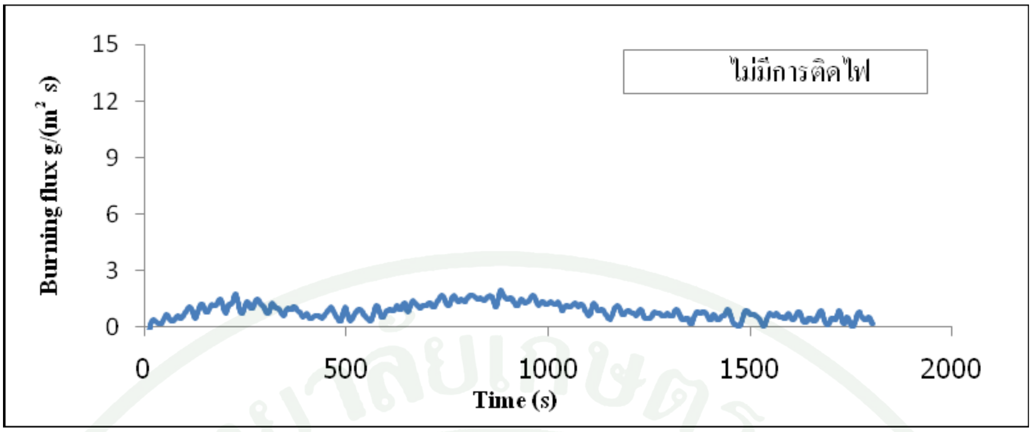


ภาพผนวกที่ ค122 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AY6 12-3)

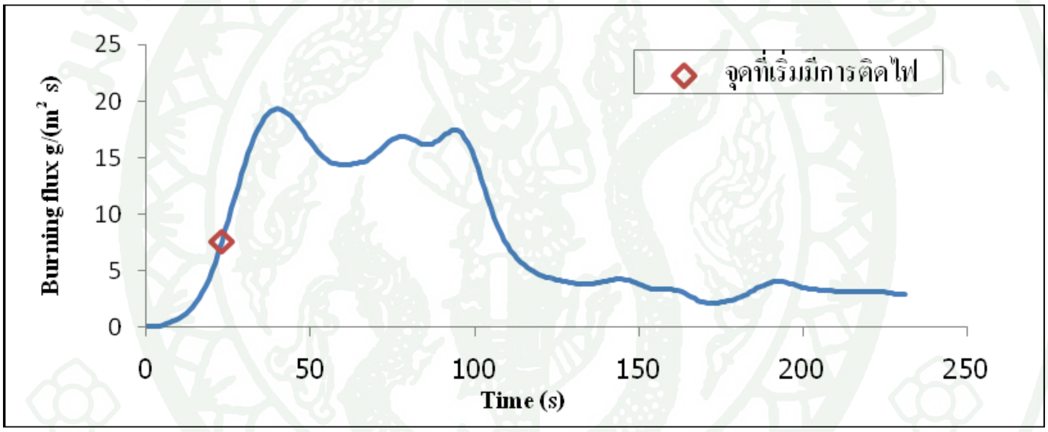


ภาพผนวกที่ ค123 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AY6 10-1)

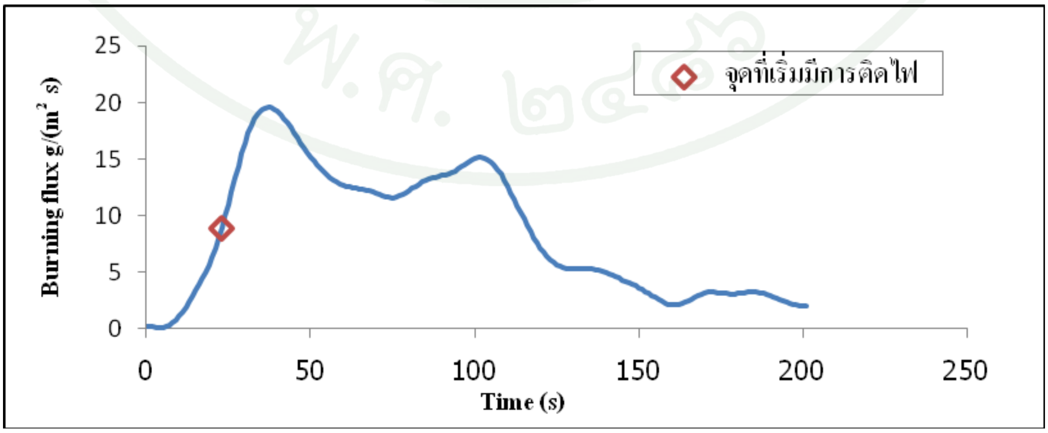
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค124 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AY6 10-2)

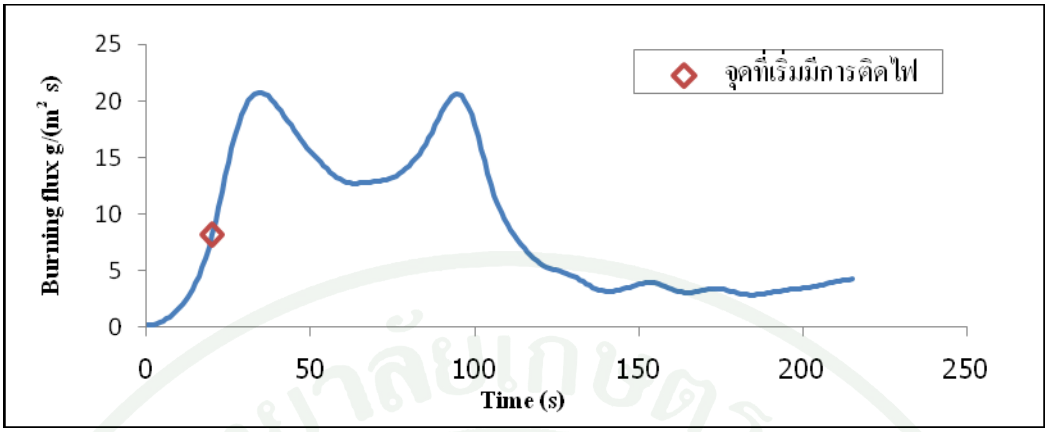


ภาพผนวกที่ ค125 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-1)

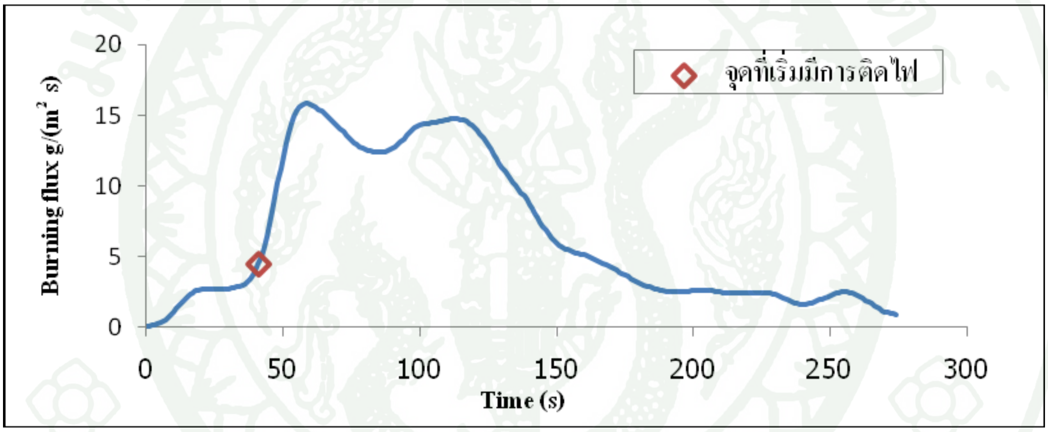


ภาพผนวกที่ ค126 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-2)

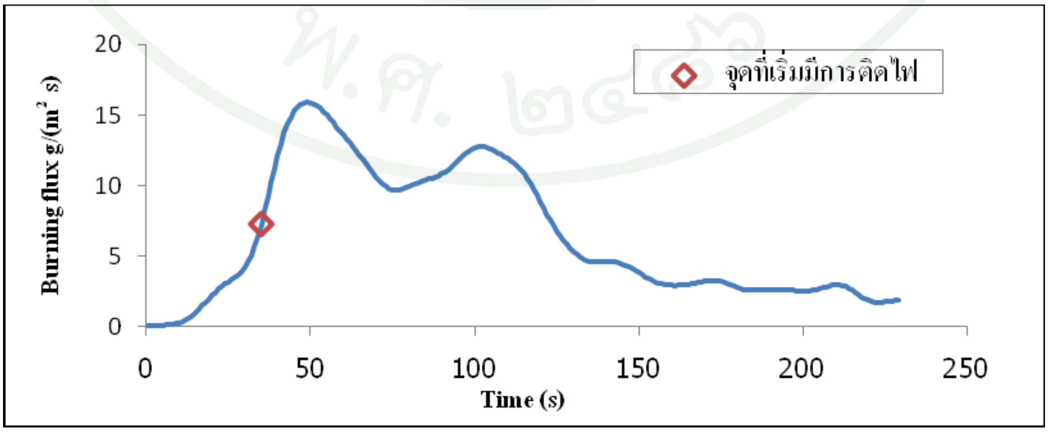
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค127 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดยาง หนา 4 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS4 50-3)

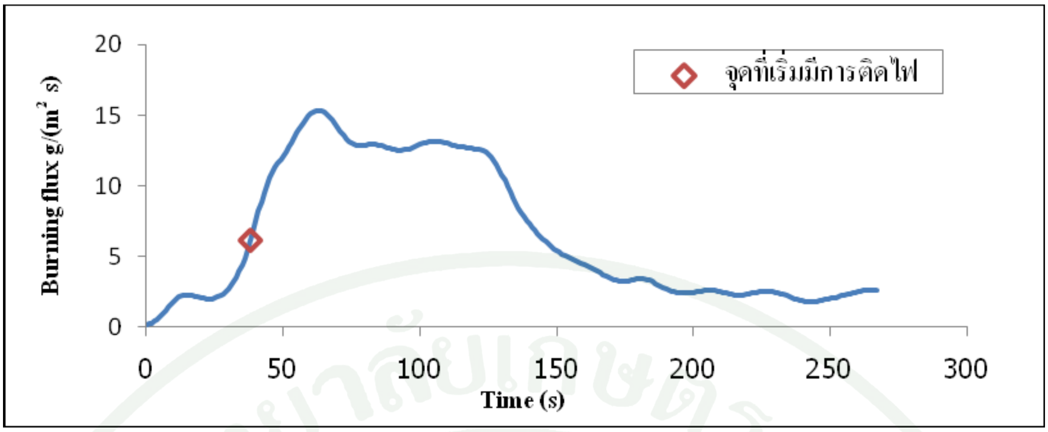


ภาพผนวกที่ ค128 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-1)

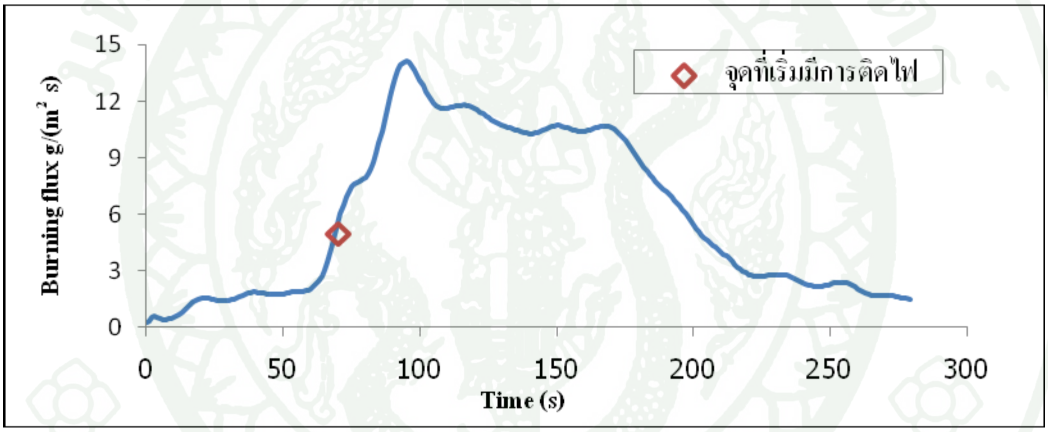


ภาพผนวกที่ ค129 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-2)

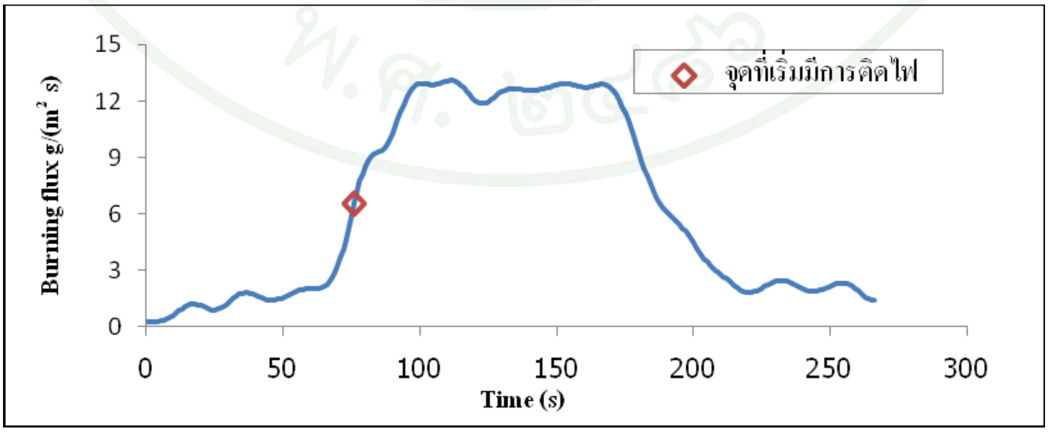
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค130 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS4 40-3)

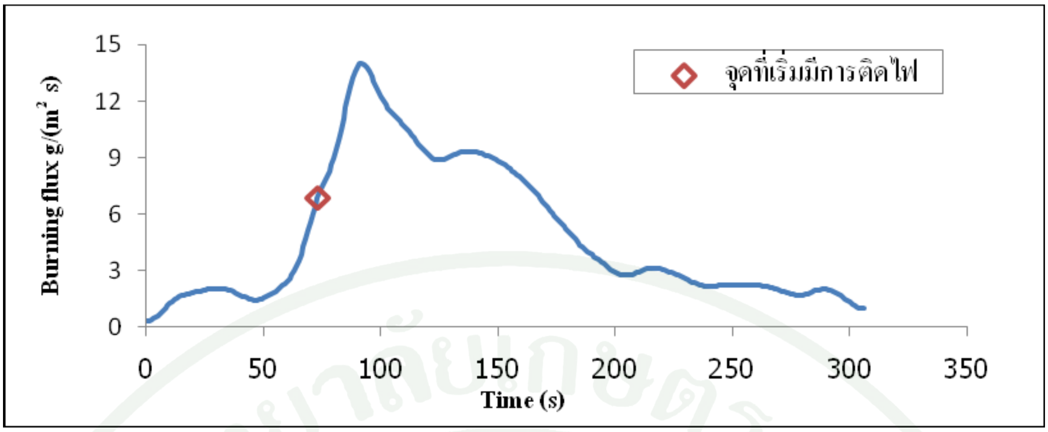


ภาพผนวกที่ ค131 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-1)

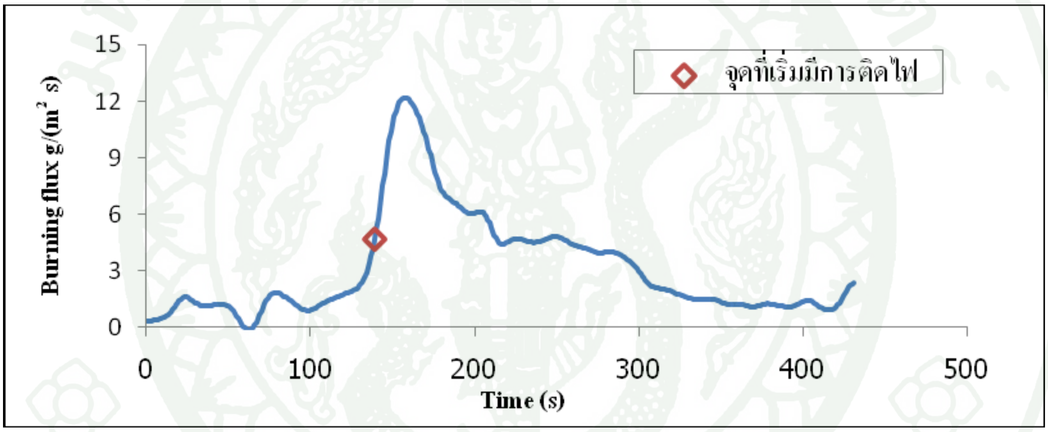


ภาพผนวกที่ ค132 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-2)

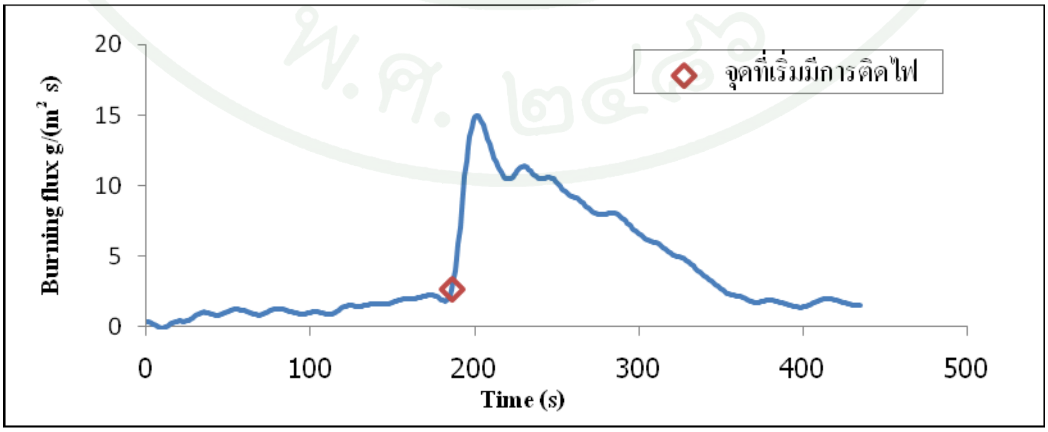
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค133 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS4 30-3)

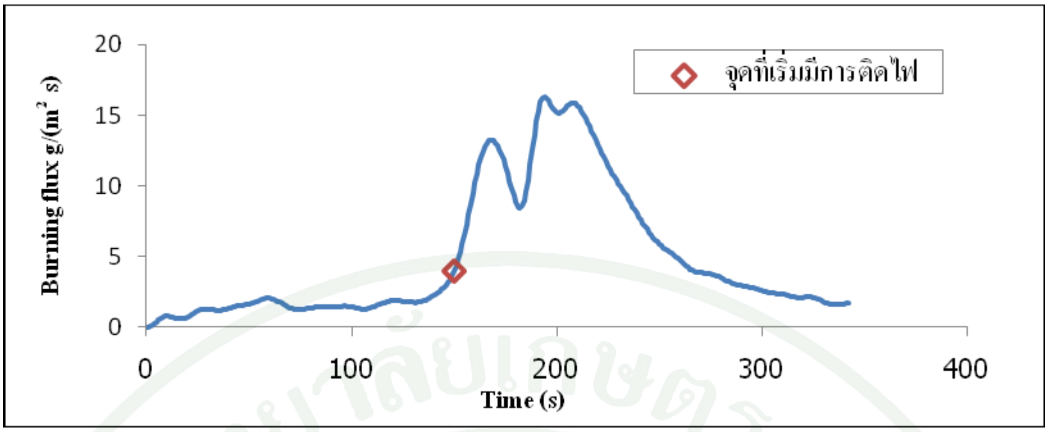


ภาพผนวกที่ ค134 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-1)

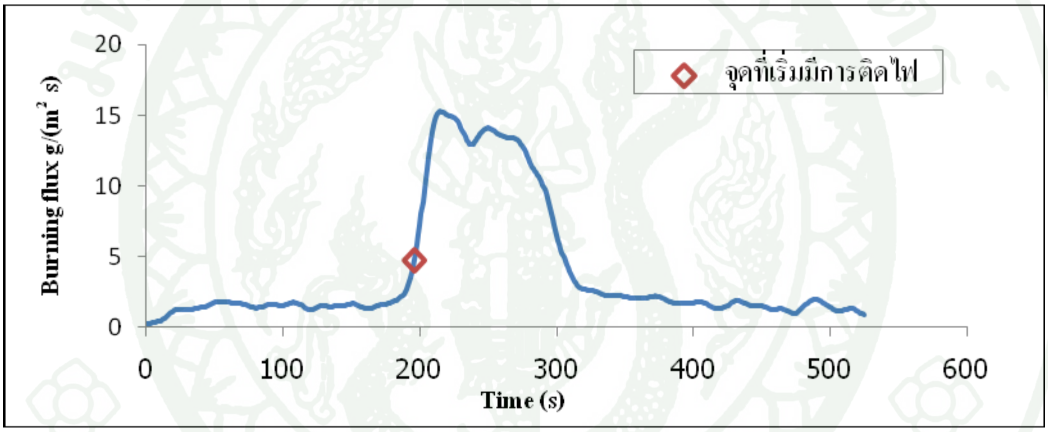


ภาพผนวกที่ ค135 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-2)

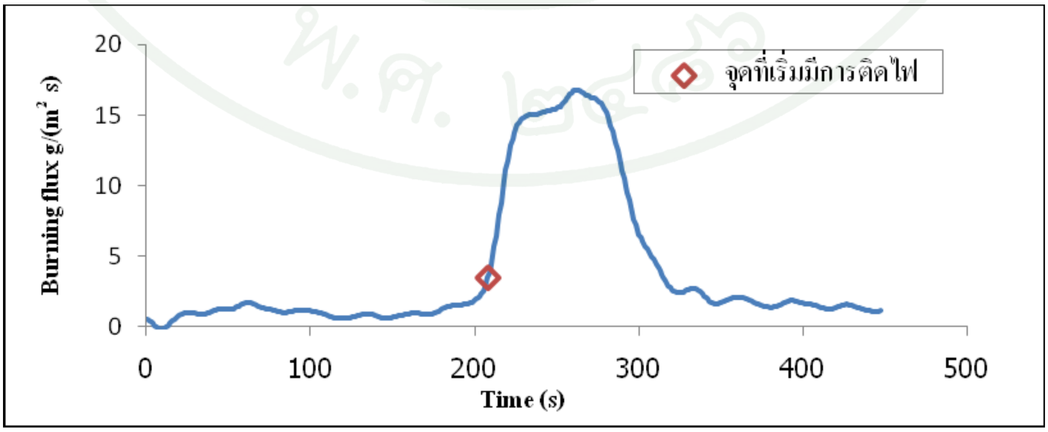
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค136 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS4 20-3)

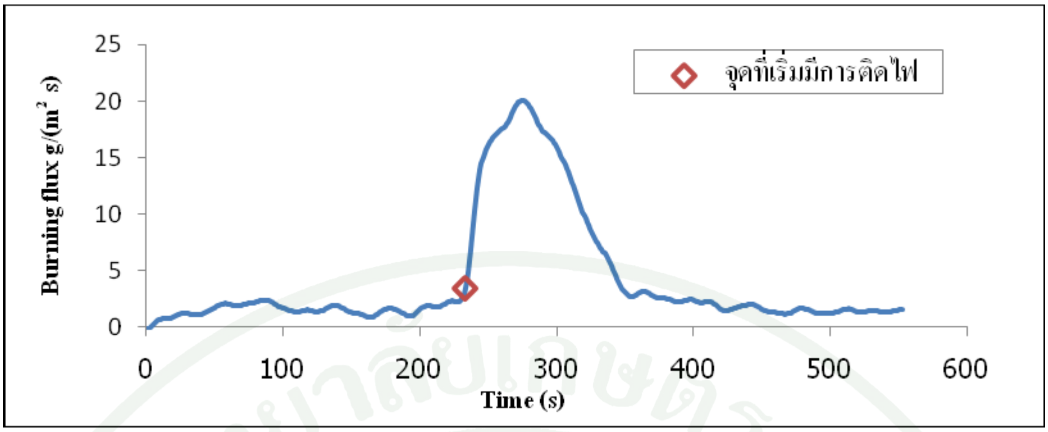


ภาพผนวกที่ ค137 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-1)

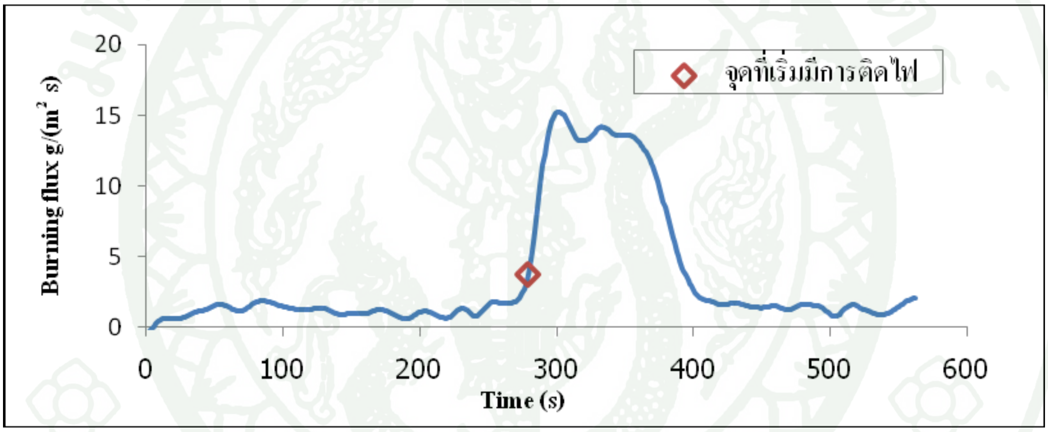


ภาพผนวกที่ ค138 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-2)

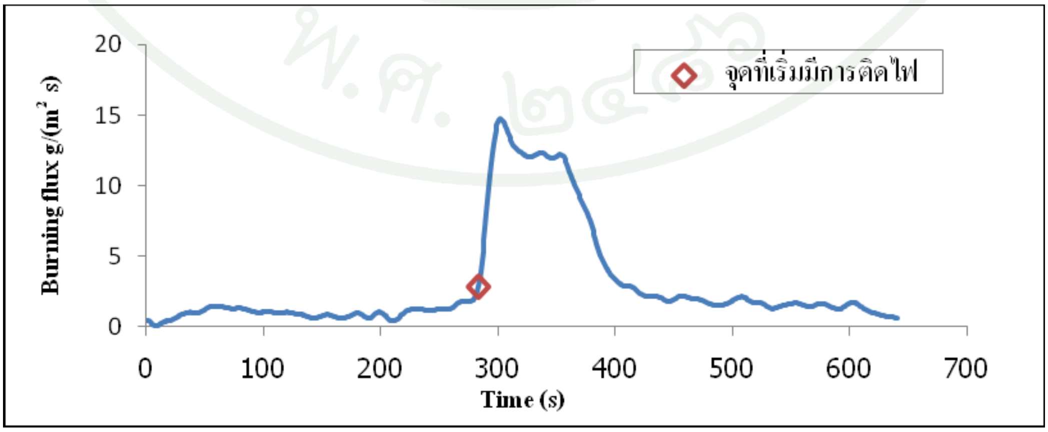
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค139 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS4 15-3)

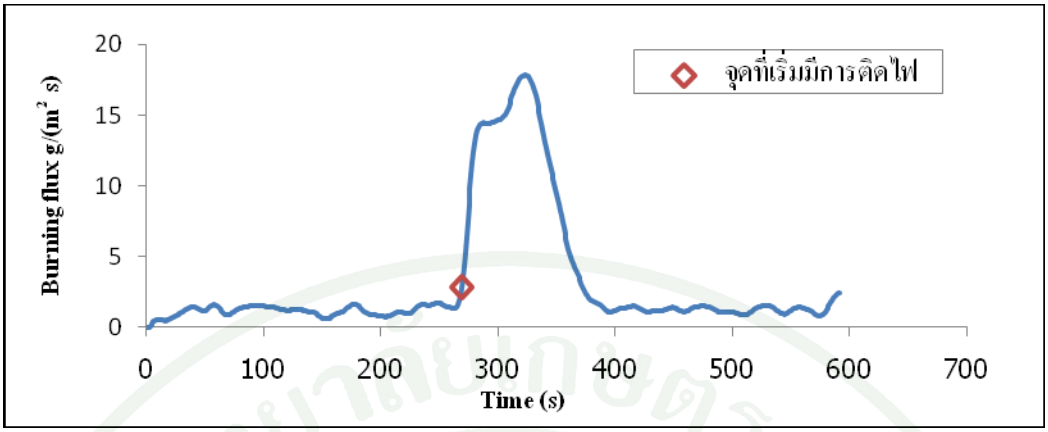


ภาพผนวกที่ ค140 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-1)

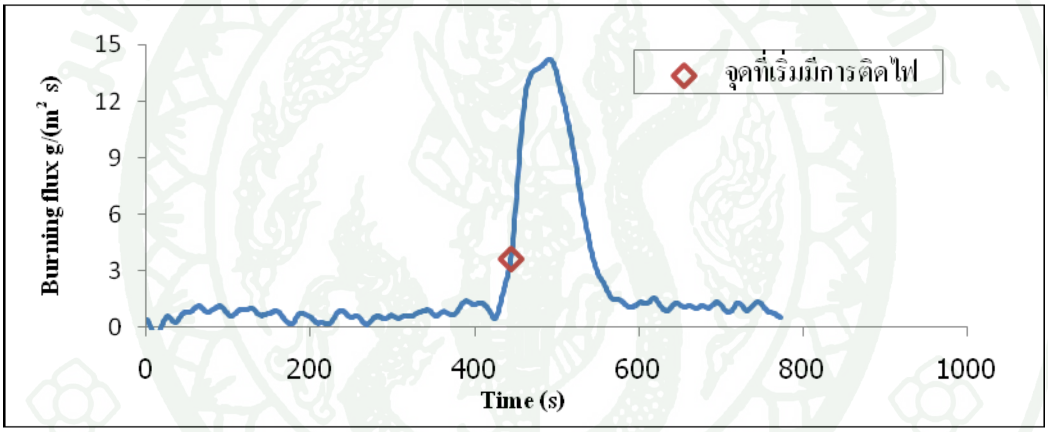


ภาพผนวกที่ ค141 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-2)

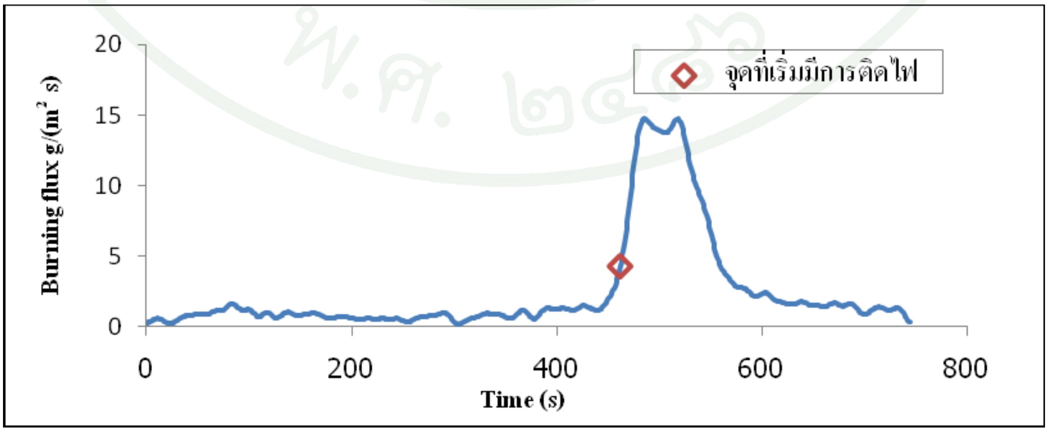
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค142 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS4 12-3)

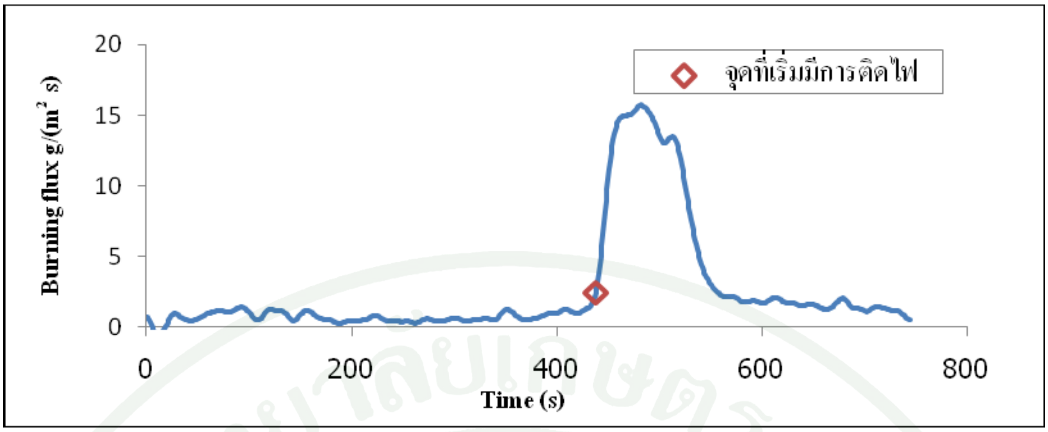


ภาพผนวกที่ ค143 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-1)

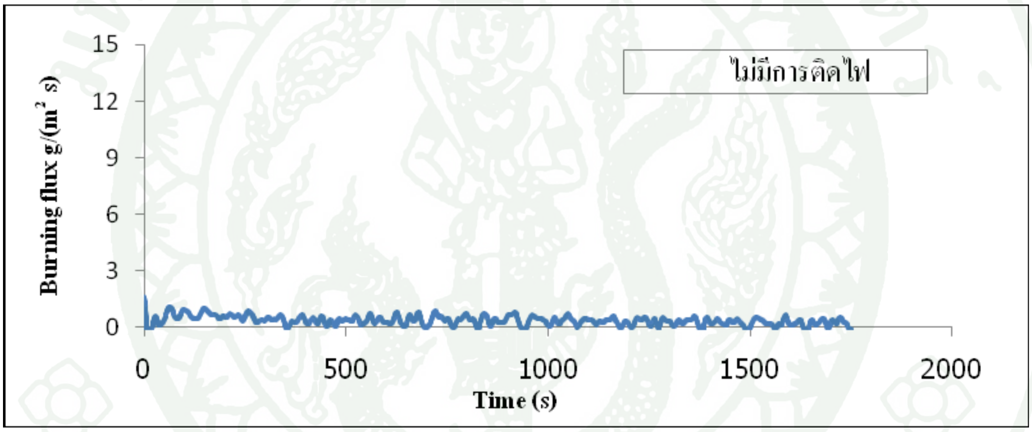


ภาพผนวกที่ ค144 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-2)

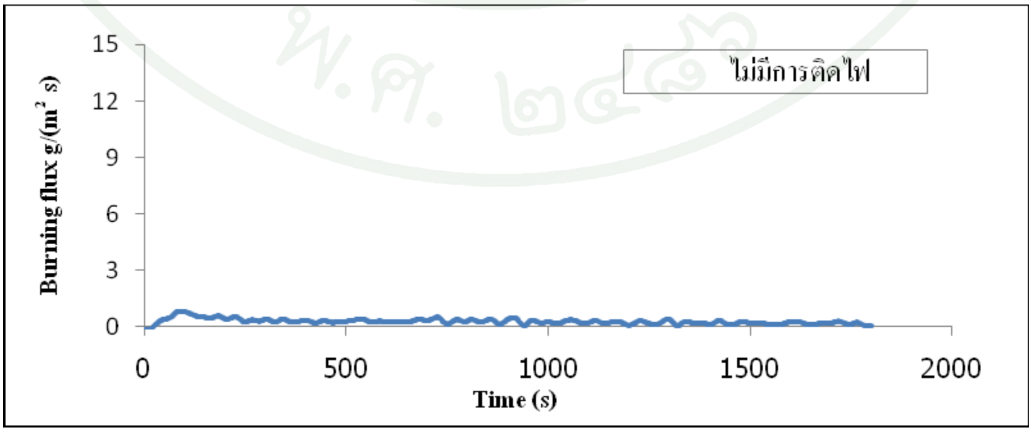
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



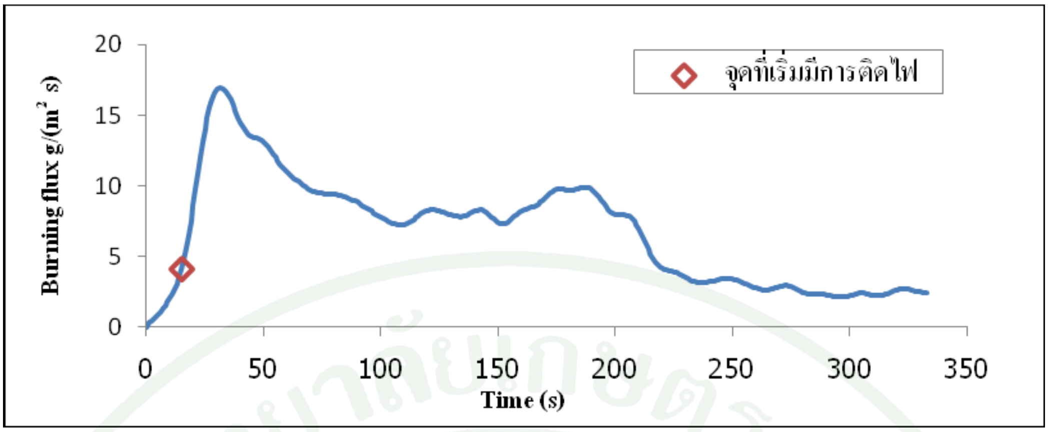
ภาพผนวกที่ ค145 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS4 10-3)



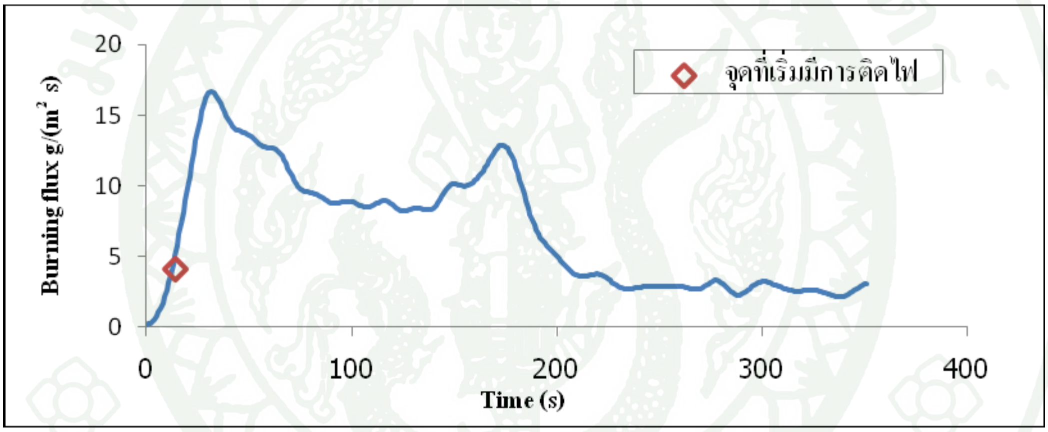
ภาพผนวกที่ ค146 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS4 8-1)



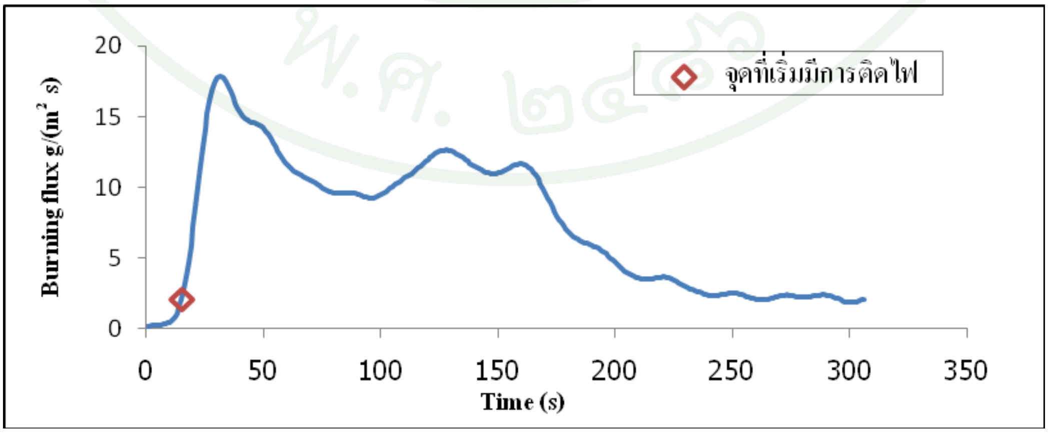
ภาพผนวกที่ ค147 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 4 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS4 8-2)



ภาพผนวกที่ ค148 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-1)

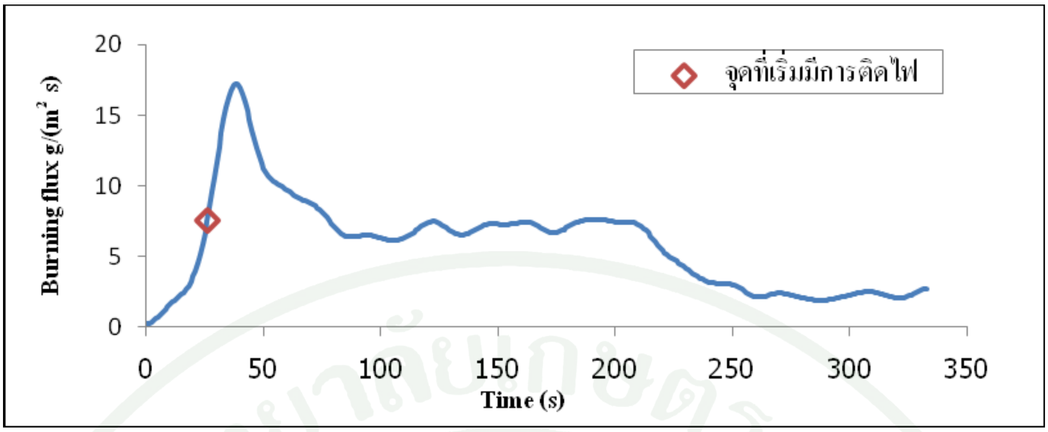


ภาพผนวกที่ ค149 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-2)

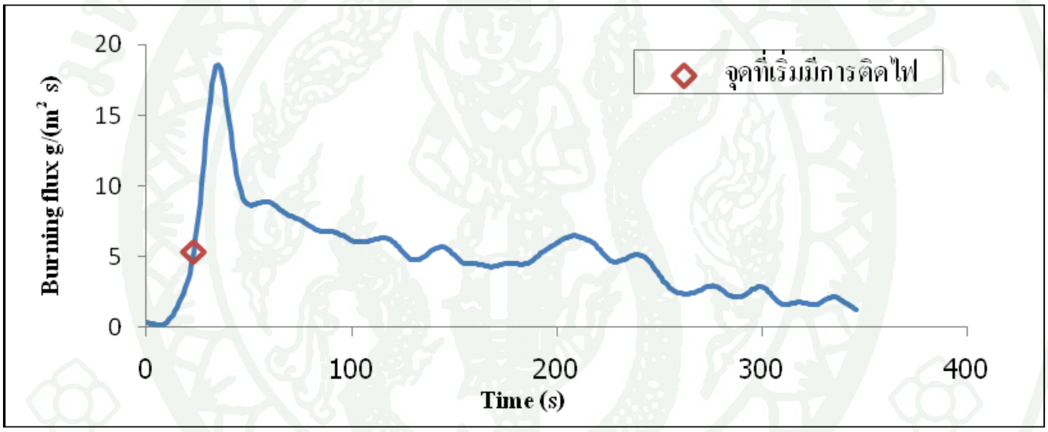


ภาพผนวกที่ ค150 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 50 kW/m^2 (AS6 50-3)

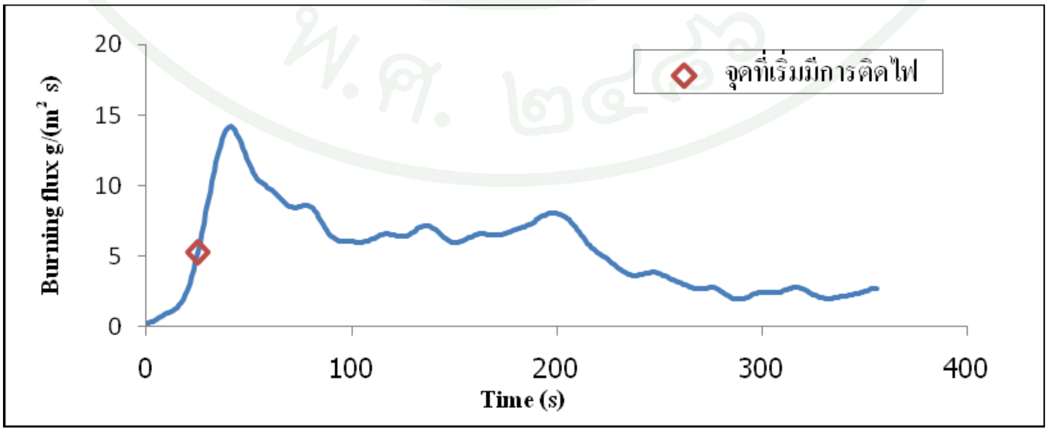
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค151 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-1)

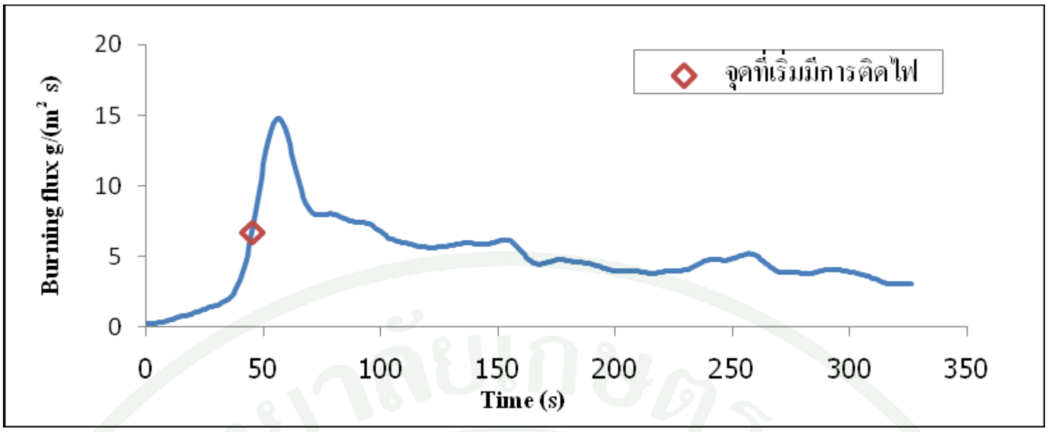


ภาพผนวกที่ ค152 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-2)

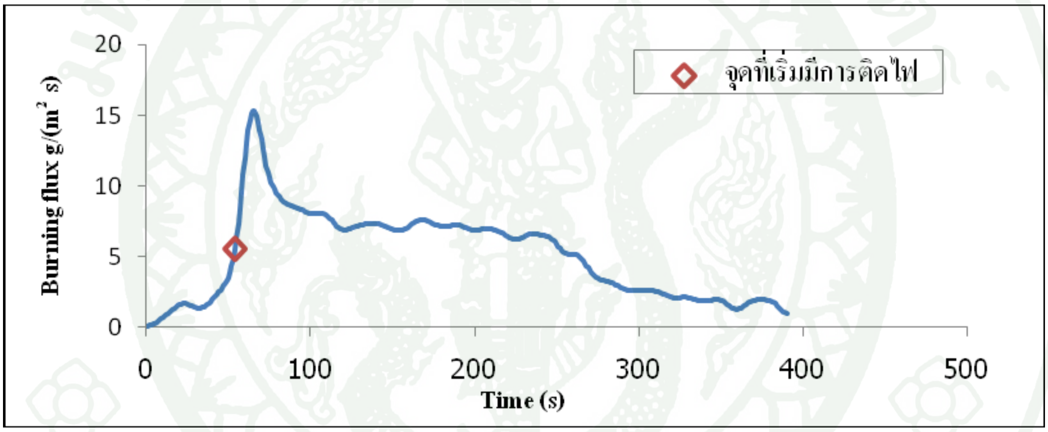


ภาพผนวกที่ ค153 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 40 kW/m^2 (AS6 40-3)

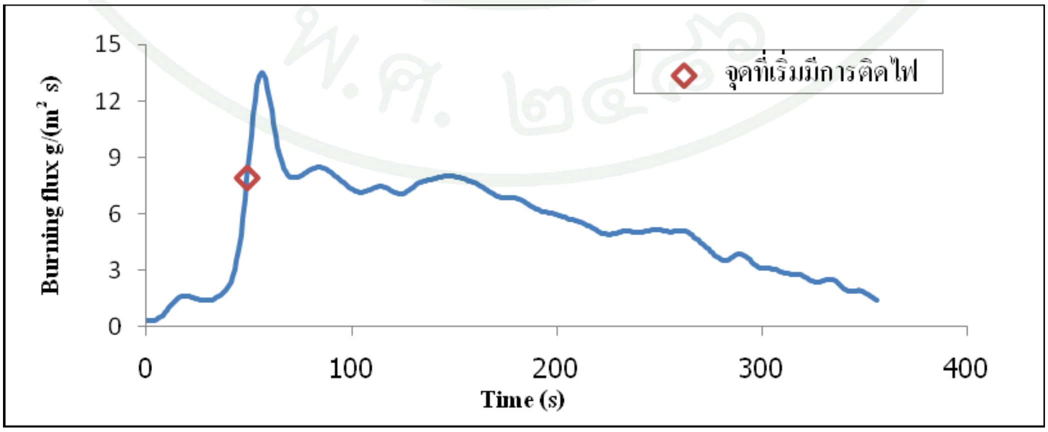
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค154 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-1)

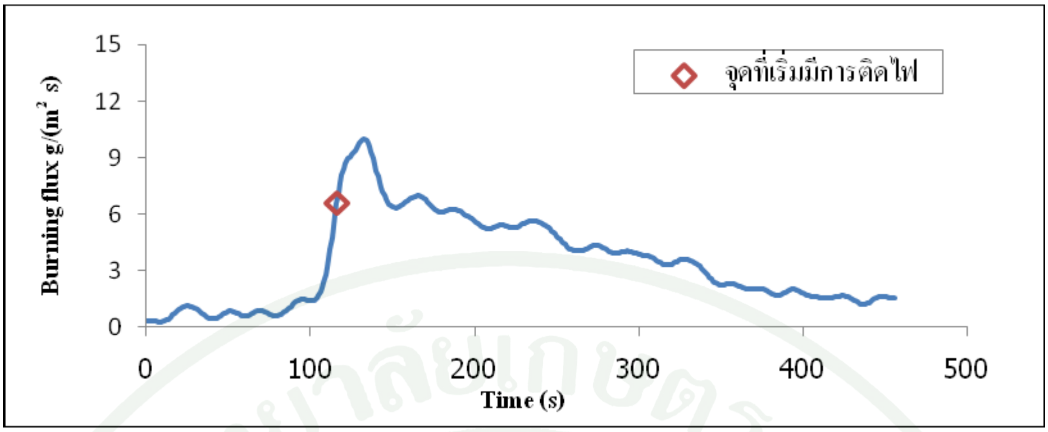


ภาพผนวกที่ ค155 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-2)

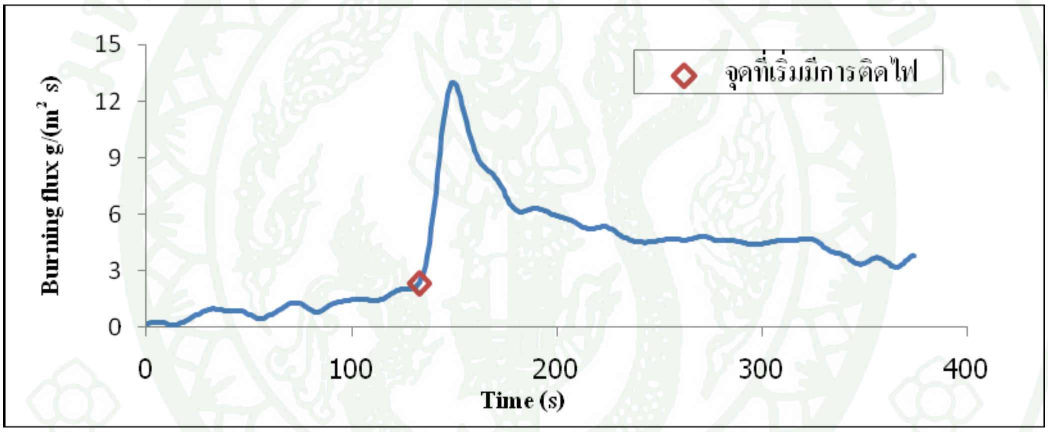


ภาพผนวกที่ ค156 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 30 kW/m^2 (AS6 30-3)

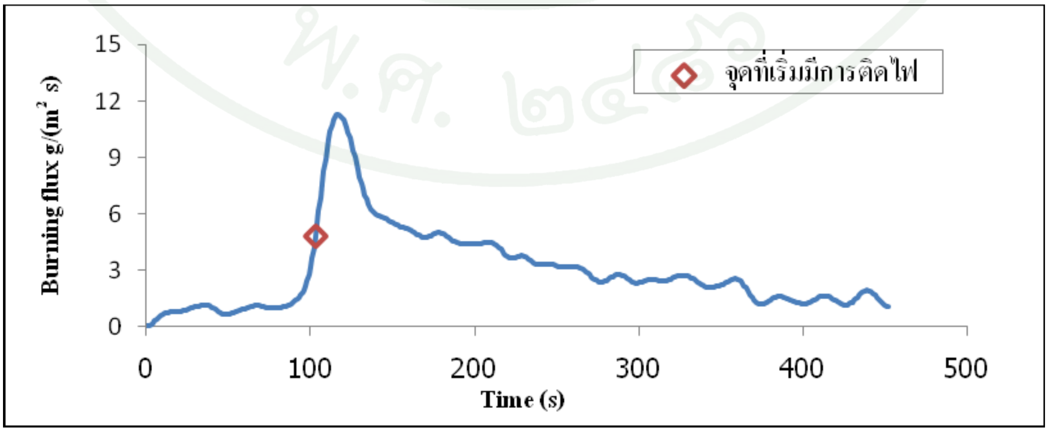
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค157 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-1)

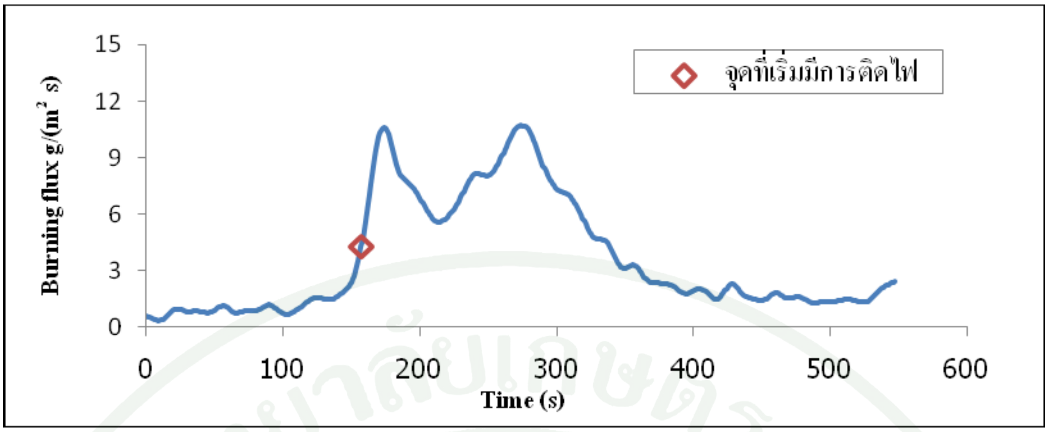


ภาพผนวกที่ ค158 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-2)

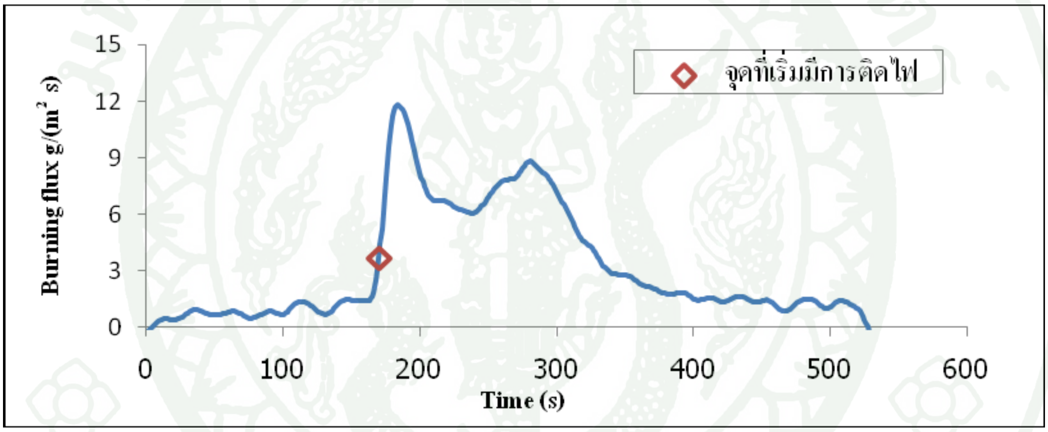


ภาพผนวกที่ ค159 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 20 kW/m^2 (AS6 20-3)

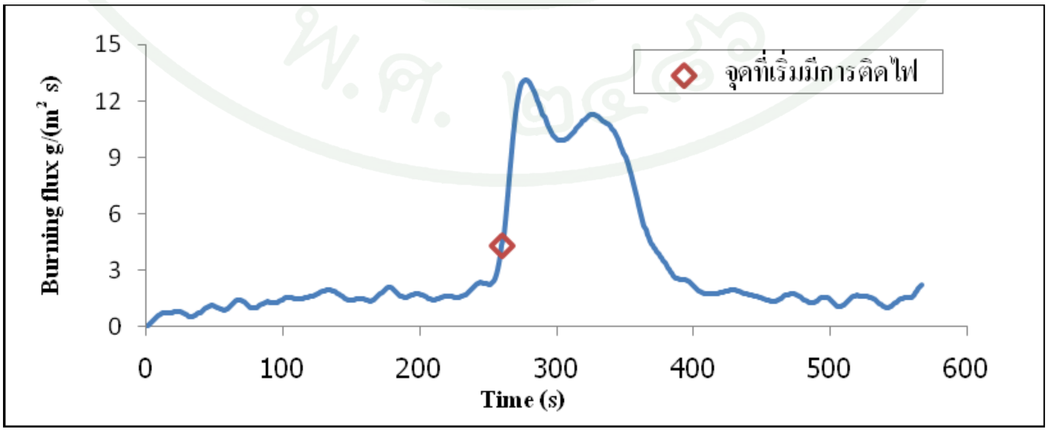
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค160 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-1)

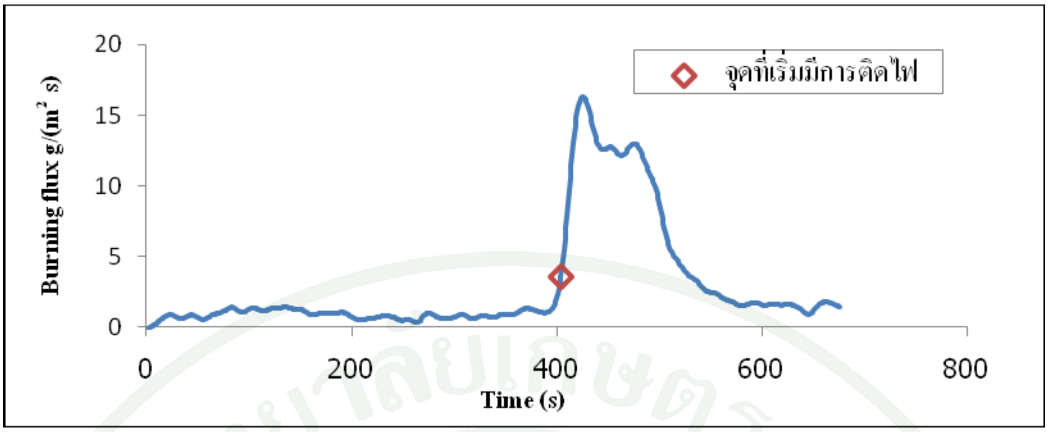


ภาพผนวกที่ ค161 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-2)

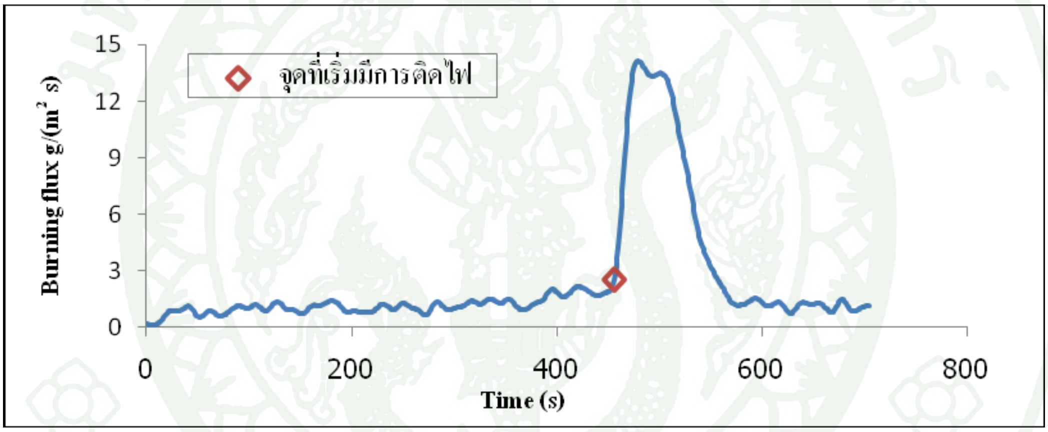


ภาพผนวกที่ ค162 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 15 kW/m^2 (AS6 15-3)

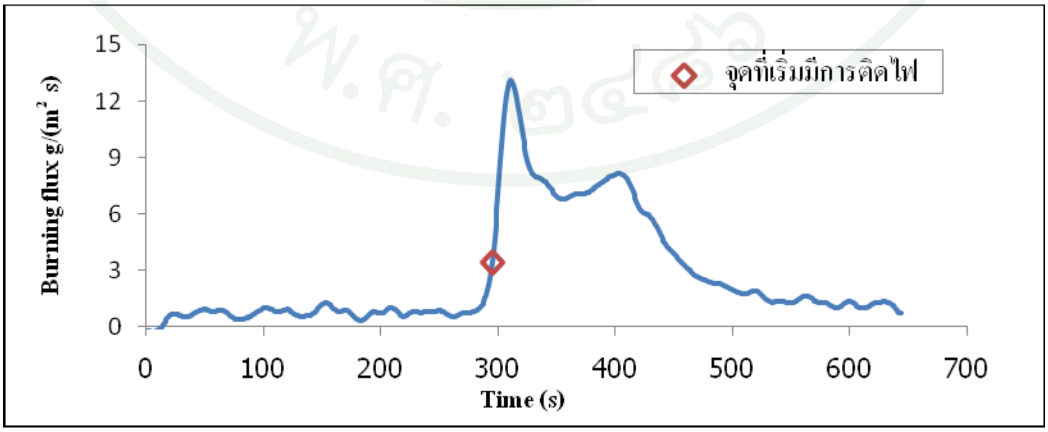
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค163 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-1)

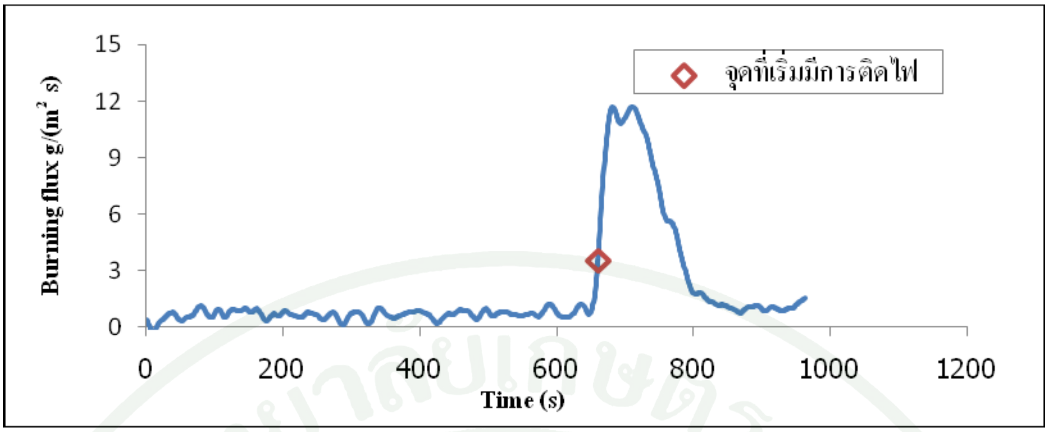


ภาพผนวกที่ ค164 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-2)

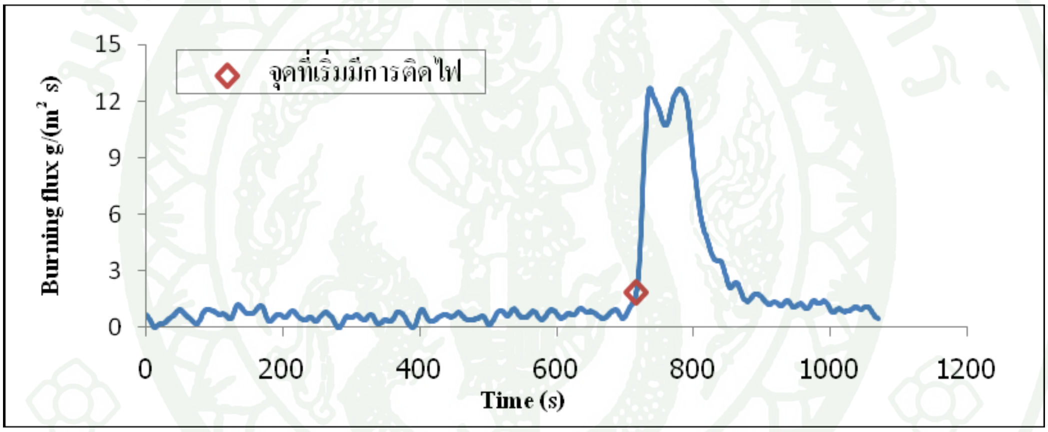


ภาพผนวกที่ ค165 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 12 kW/m^2 (AS6 12-3)

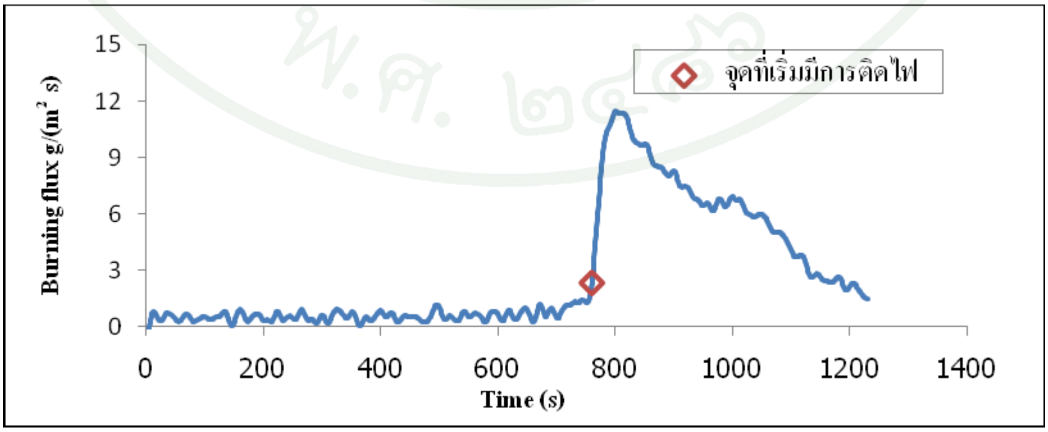
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค166 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-1)

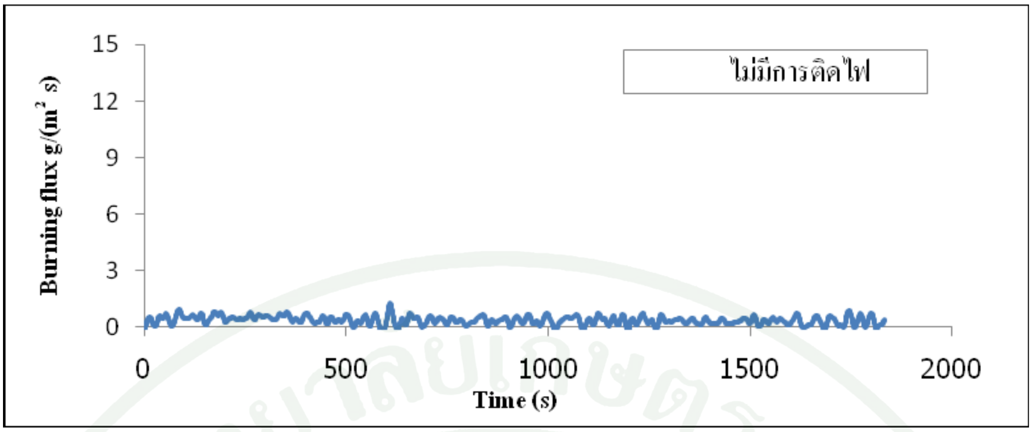


ภาพผนวกที่ ค167 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-2)

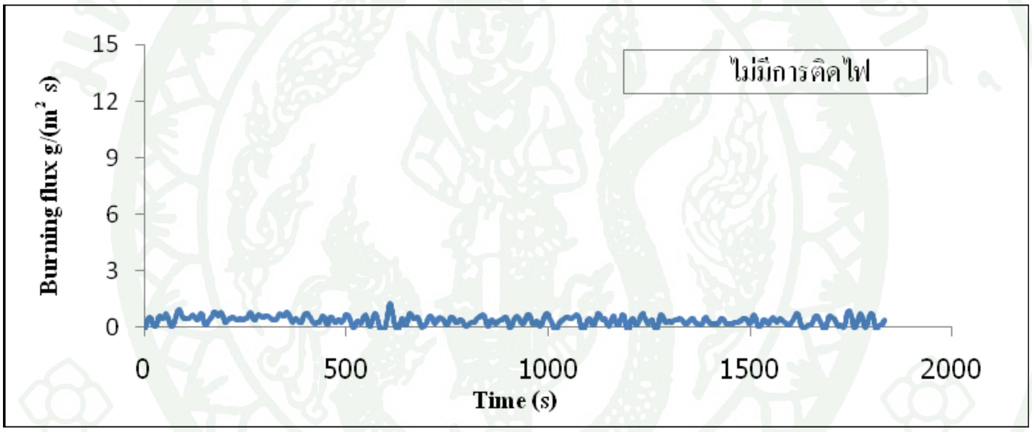


ภาพผนวกที่ ค168 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 10 kW/m^2 (AS6 10-3)

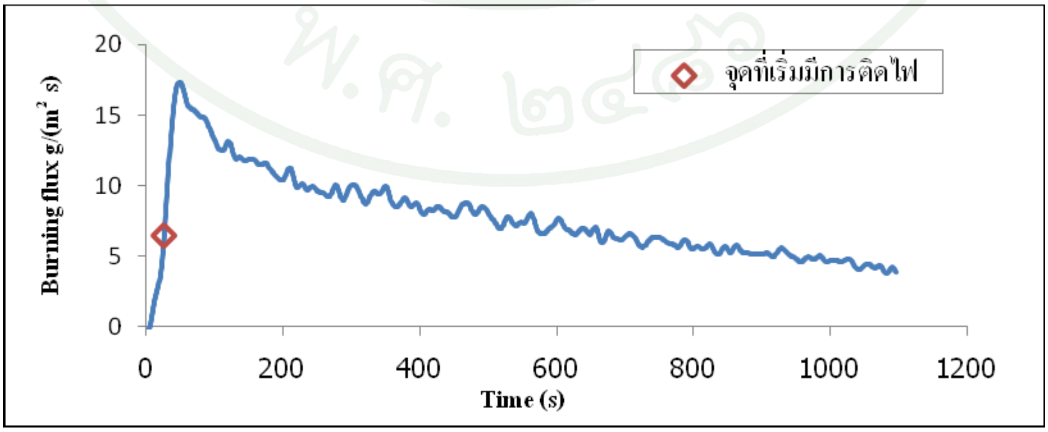
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค169 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS6 8-1)

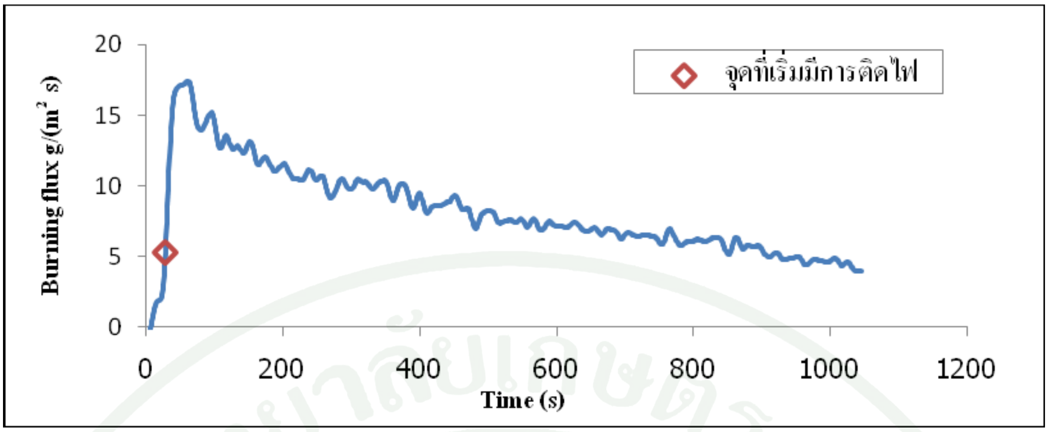


ภาพผนวกที่ ค170 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ ไม้อัดสัก หนา 6 mm ที่ 8 kW/m^2 (AS6 8-2)

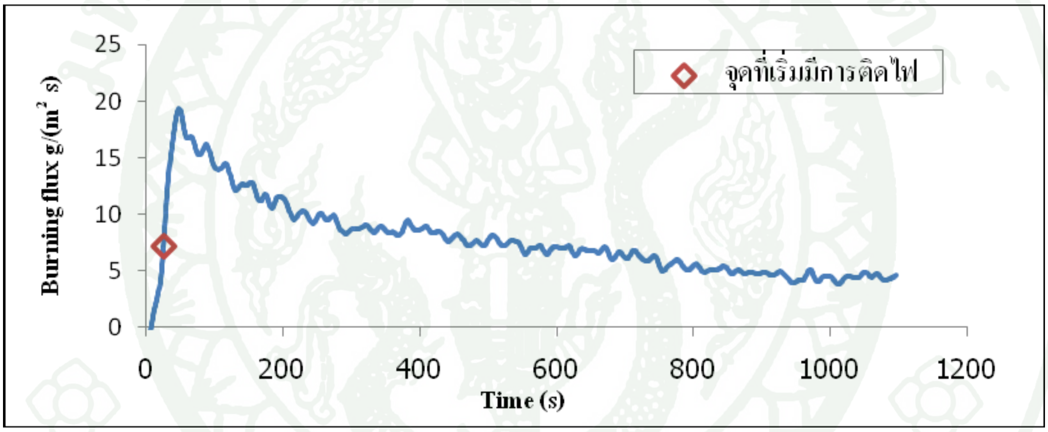


ภาพผนวกที่ ค171 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 50 kW/m^2 (PB 50-1)

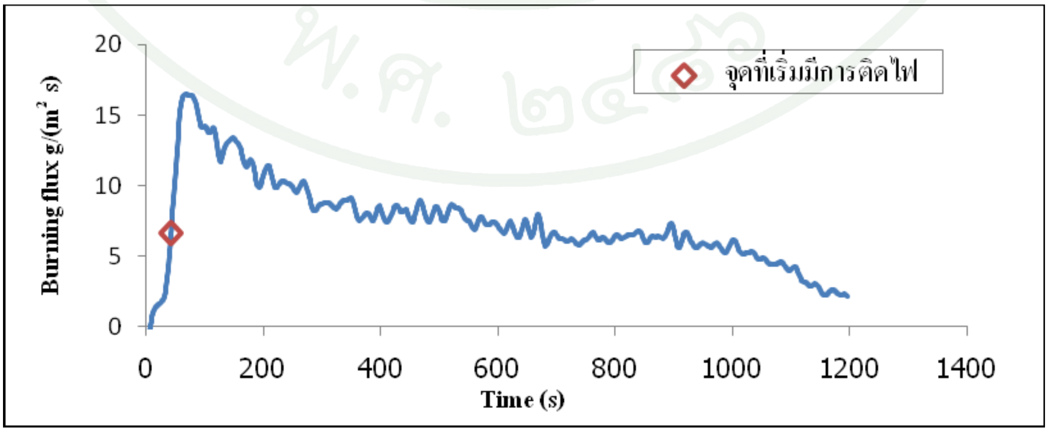
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค172 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 50 kW/m^2 (PB 50-2)

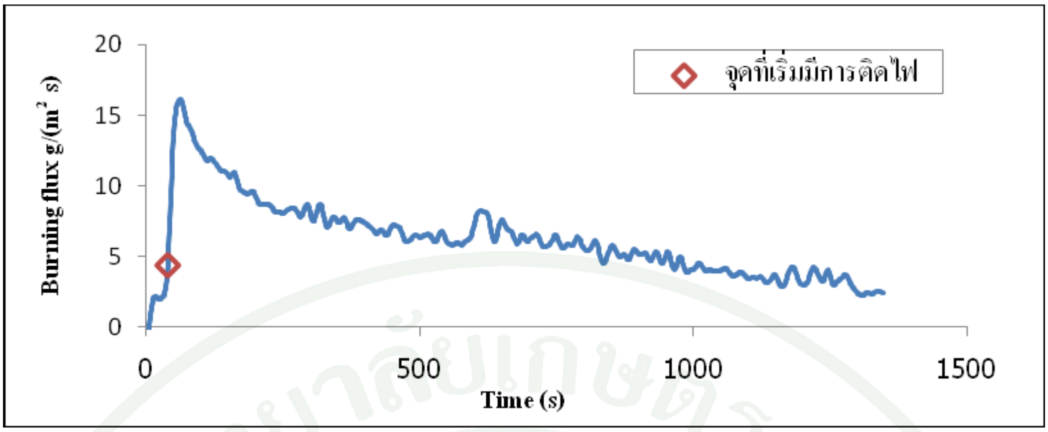


ภาพผนวกที่ ค173 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 50 kW/m^2 (PB 50-3)

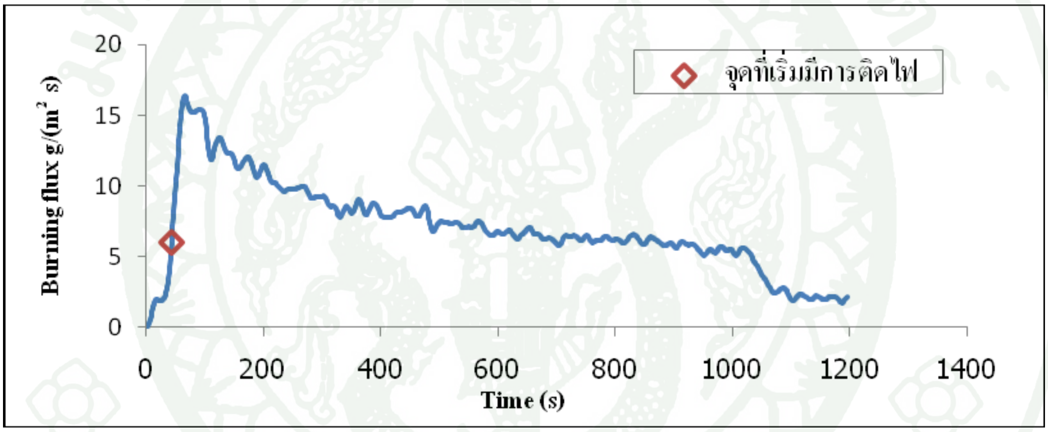


ภาพผนวกที่ ค174 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 40 kW/m^2 (PB 40-1)

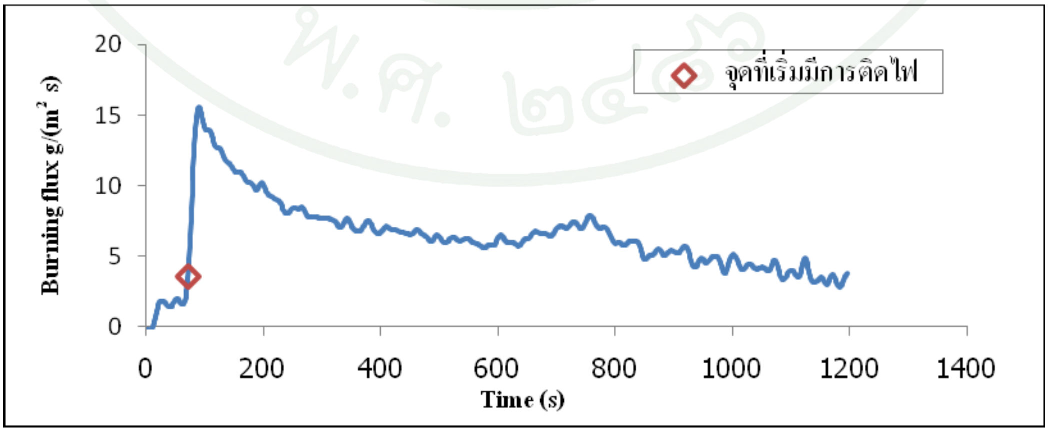
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค175 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 40 kW/m^2 (PB 40-2)

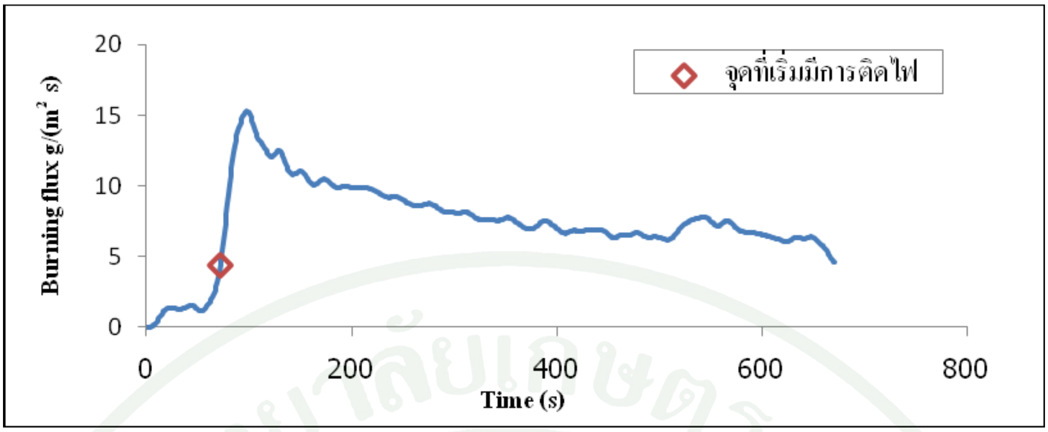


ภาพผนวกที่ ค176 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 40 kW/m^2 (PB 40-3)

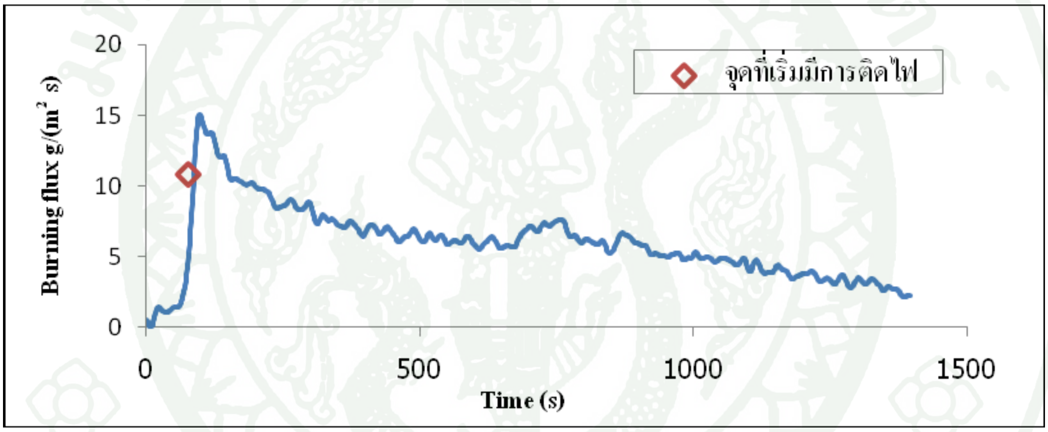


ภาพผนวกที่ ค177 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 30 kW/m^2 (PB 30-1)

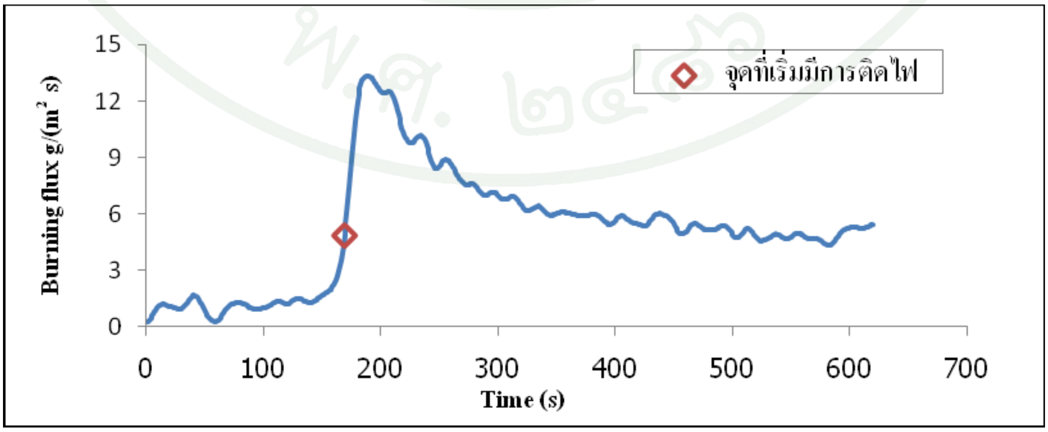
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค178 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 30 kW/m^2 (PB 30-2)

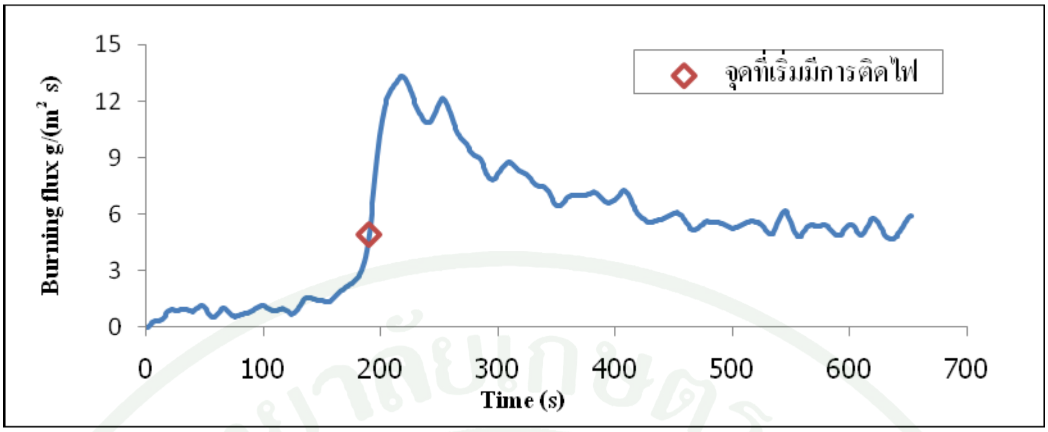


ภาพผนวกที่ ค179 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 30 kW/m^2 (PB 30-3)

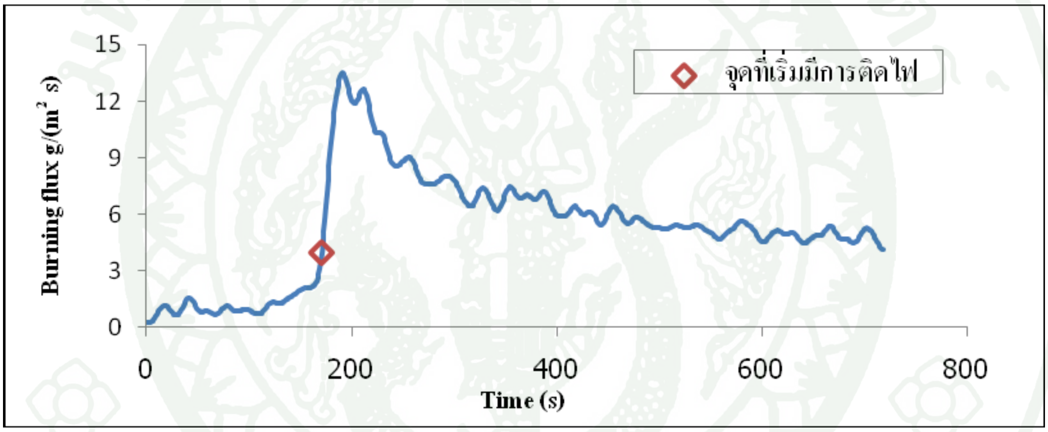


ภาพผนวกที่ ค180 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 20 kW/m^2 (PB 20-1)

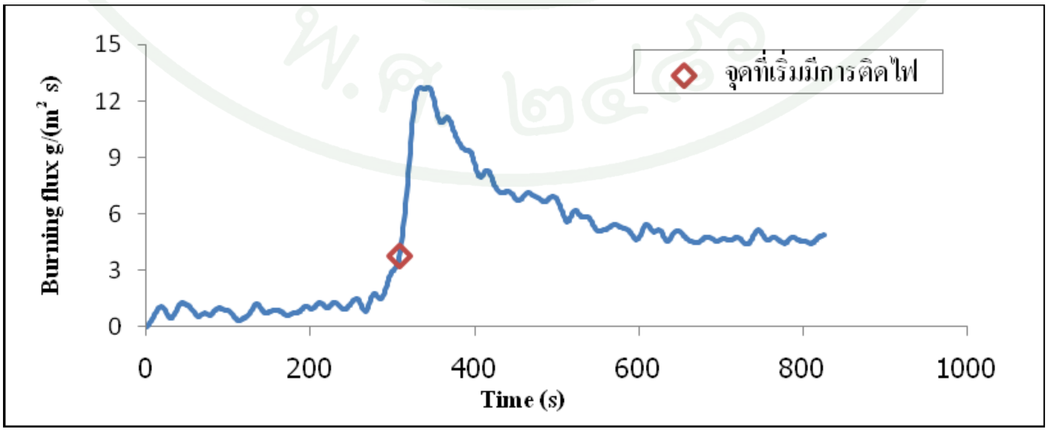
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค181 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 20 kW/m^2 (PB 20-2)

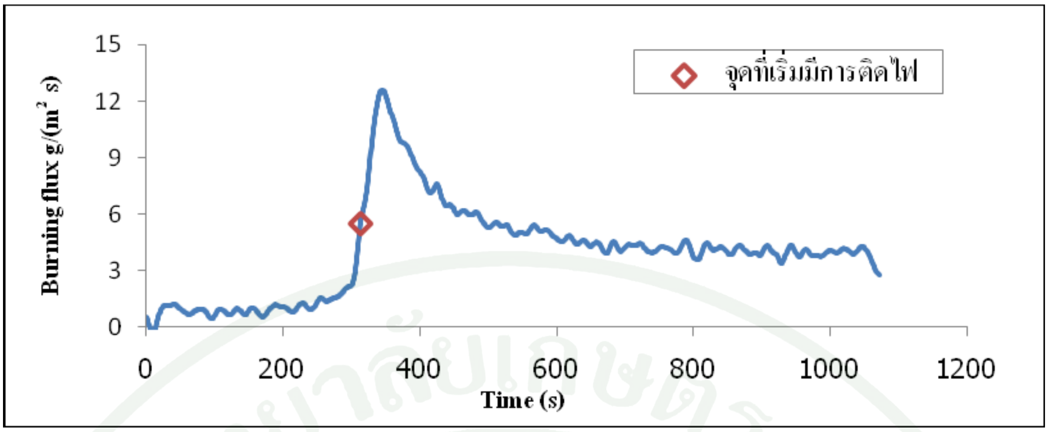


ภาพผนวกที่ ค182 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 20 kW/m^2 (PB 20-3)

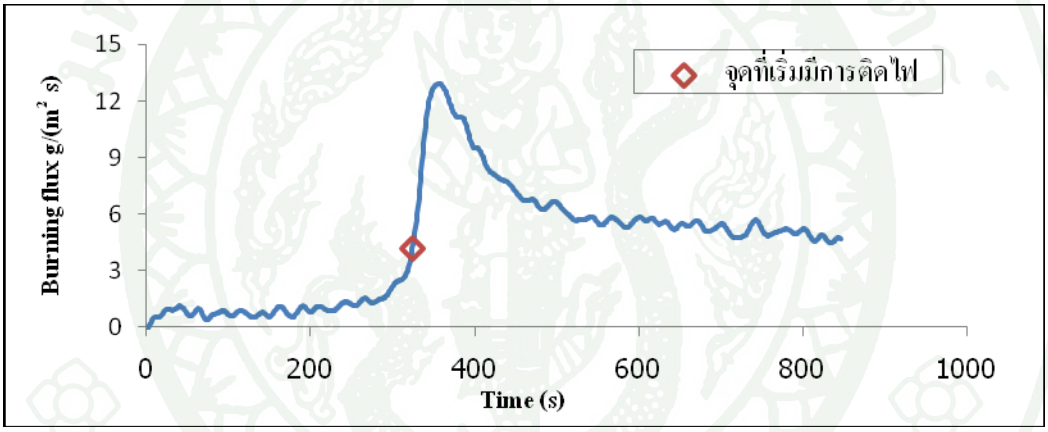


ภาพผนวกที่ ค183 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 15 kW/m^2 (PB 15-1)

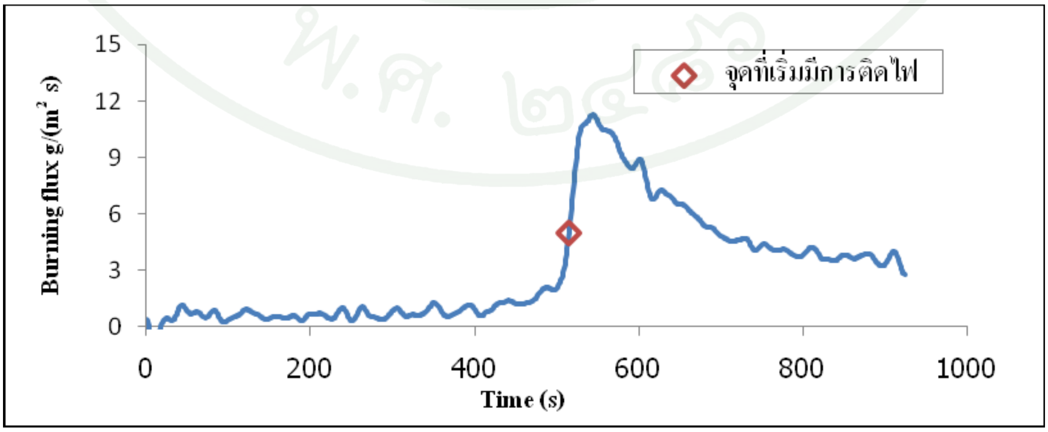
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค184 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 15 kW/m^2 (PB 15-2)

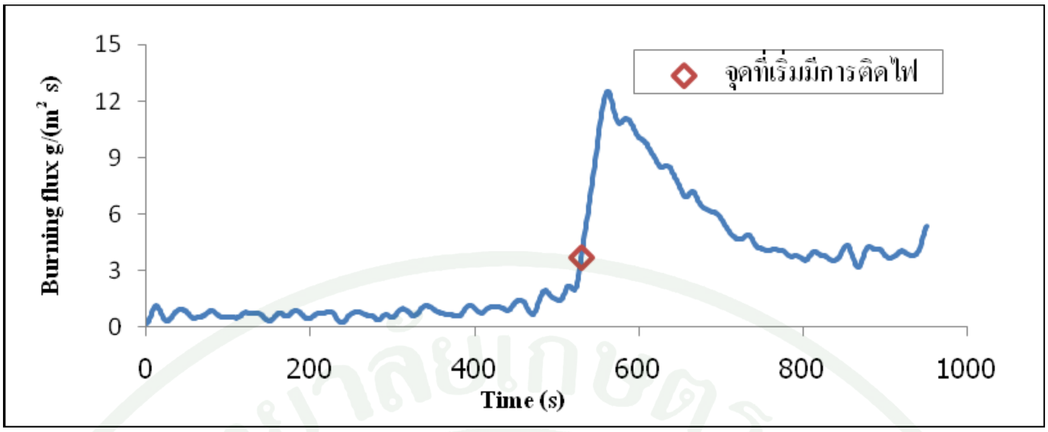


ภาพผนวกที่ ค185 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 15 kW/m^2 (PB 15-3)

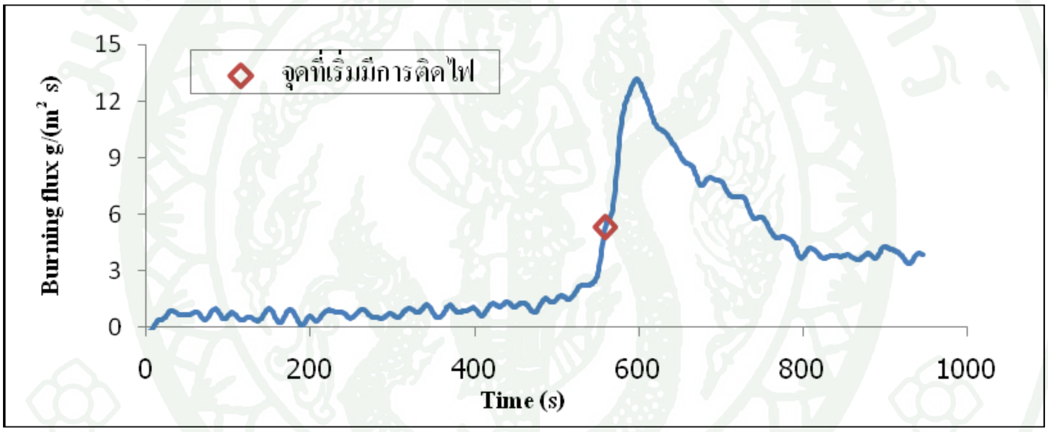


ภาพผนวกที่ ค186 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 12 kW/m^2 (PB 12-1)

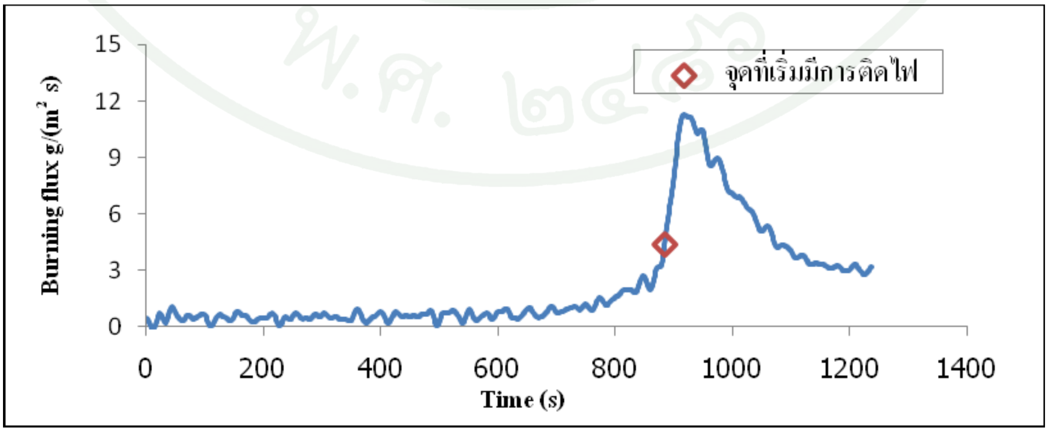
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค187 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 12 kW/m^2 (PB 12-2)

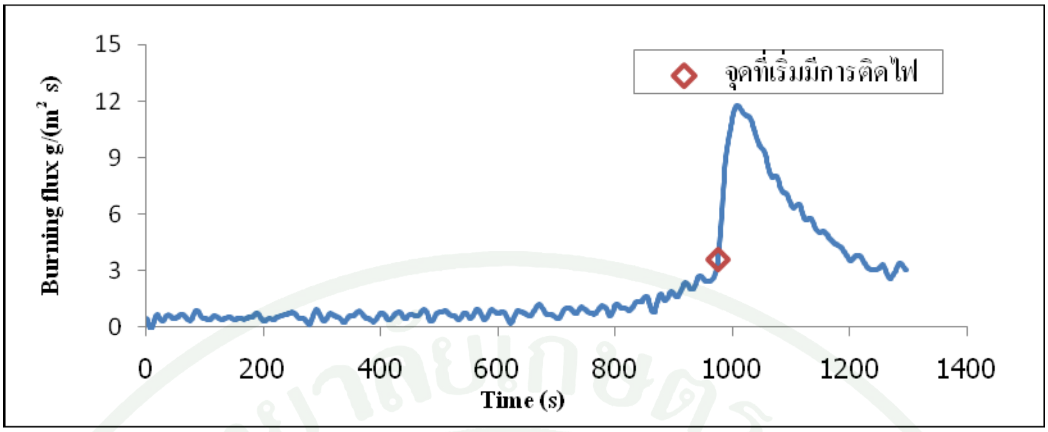


ภาพผนวกที่ ค188 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 12 kW/m^2 (PB 12-3)

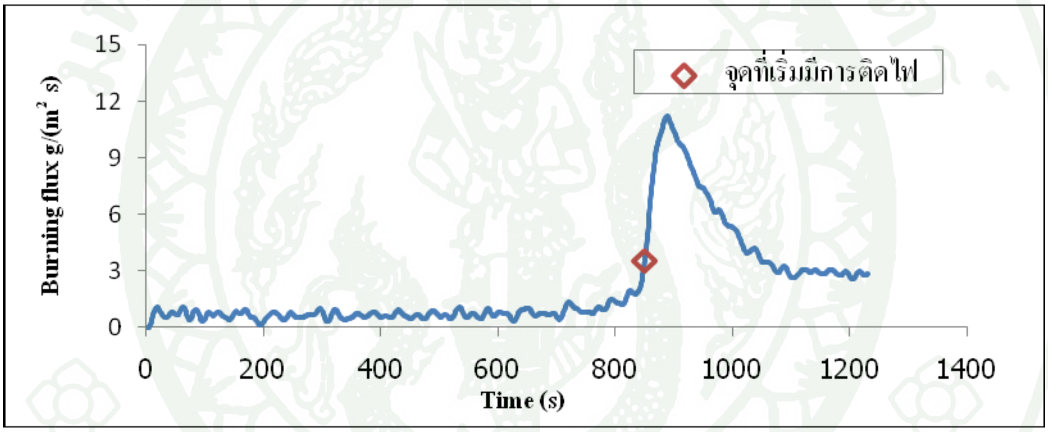


ภาพผนวกที่ ค189 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 10 kW/m^2 (PB 10-1)

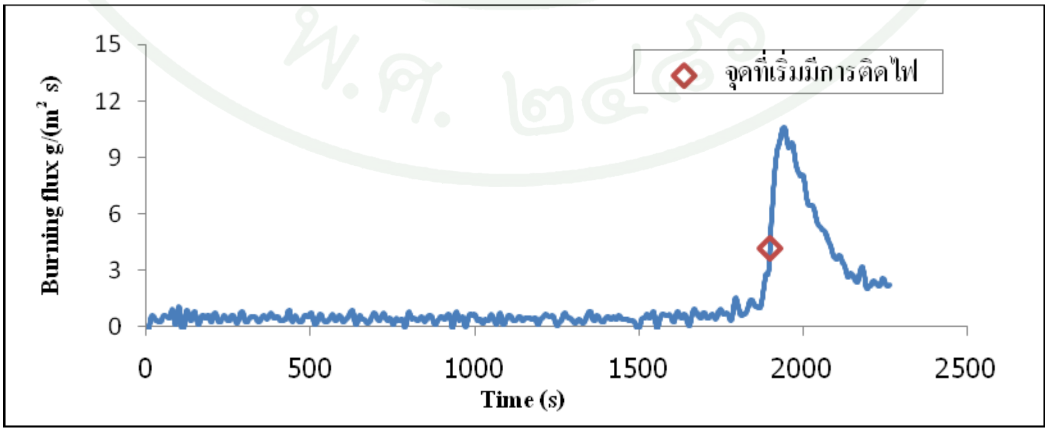
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค190 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 10 kW/m^2 (PB 10-2)

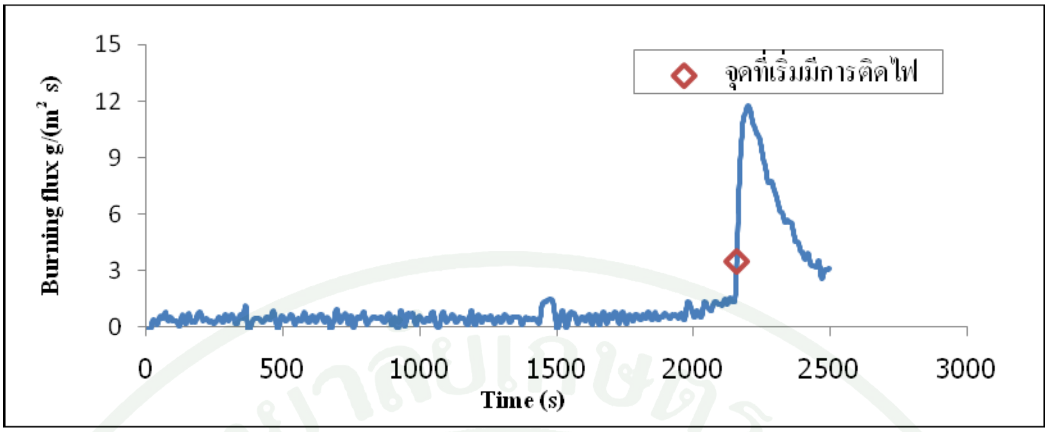


ภาพผนวกที่ ค191 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 10 kW/m^2 (PB 10-3)

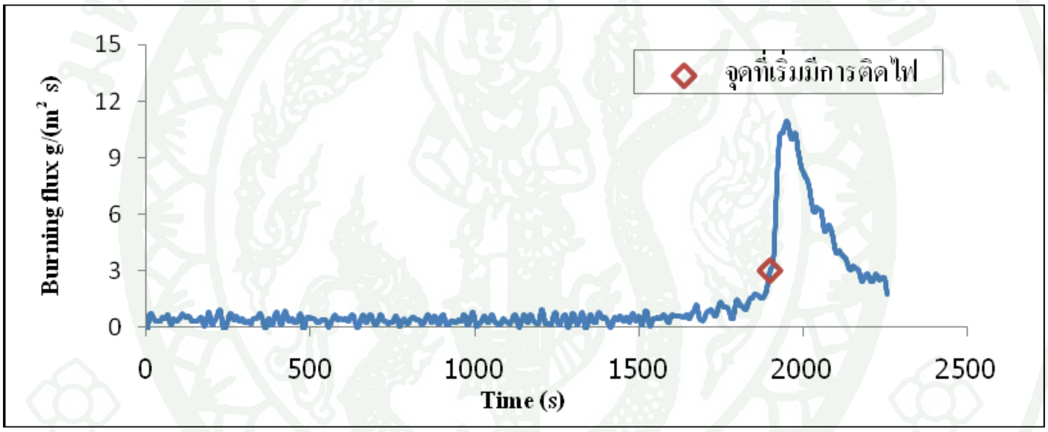


ภาพผนวกที่ ค192 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-1)

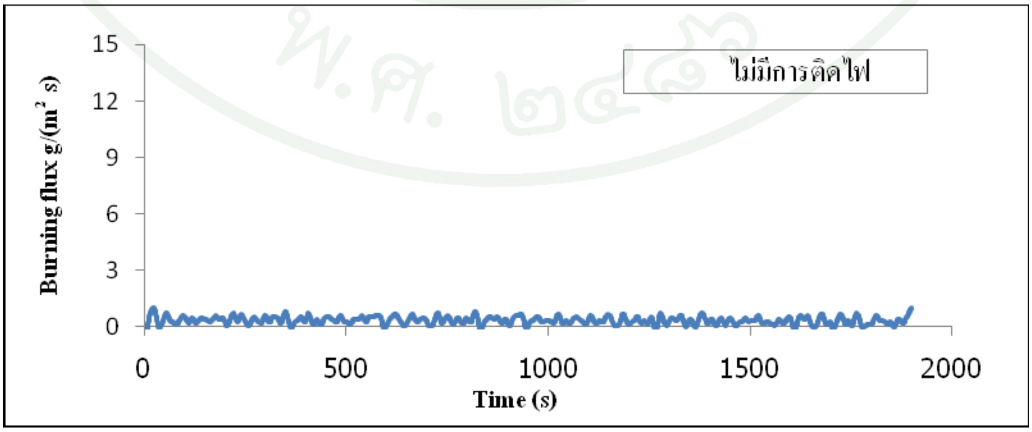
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค193 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-2)

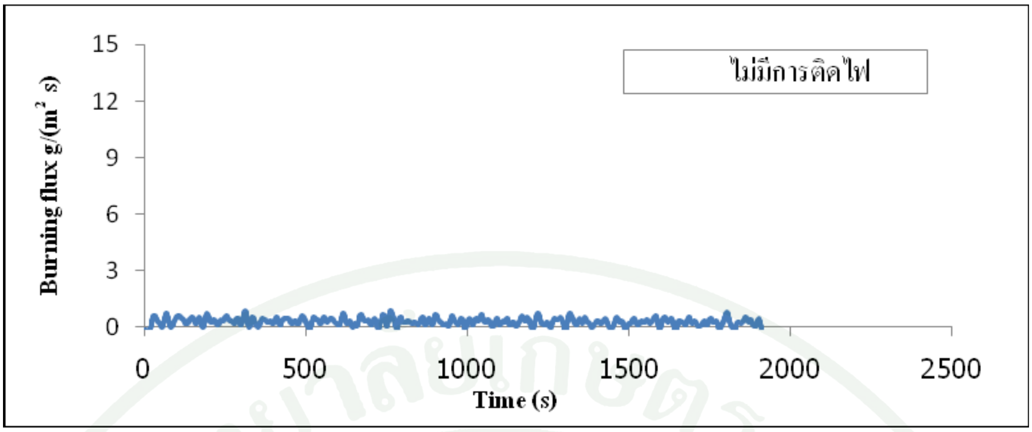


ภาพผนวกที่ ค194 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 8 kW/m^2 (PB 8-3)

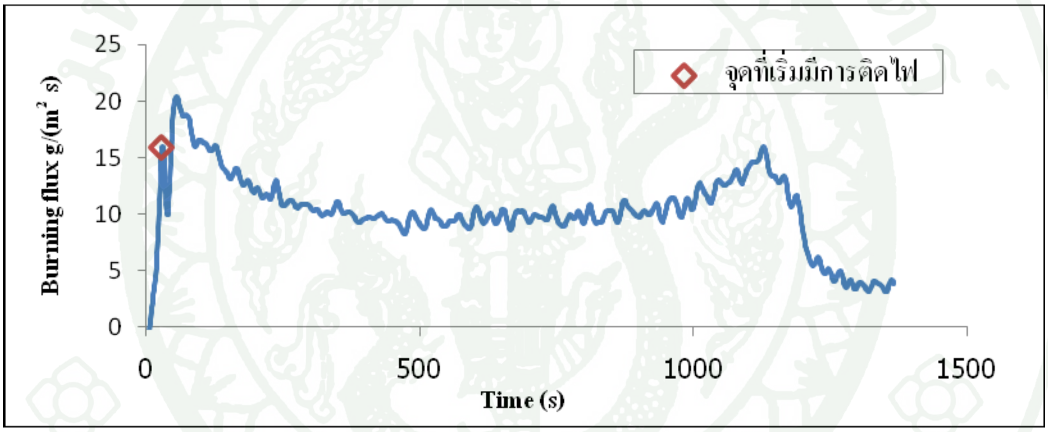


ภาพผนวกที่ ค195 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 6 kW/m^2 (PB 6-1)

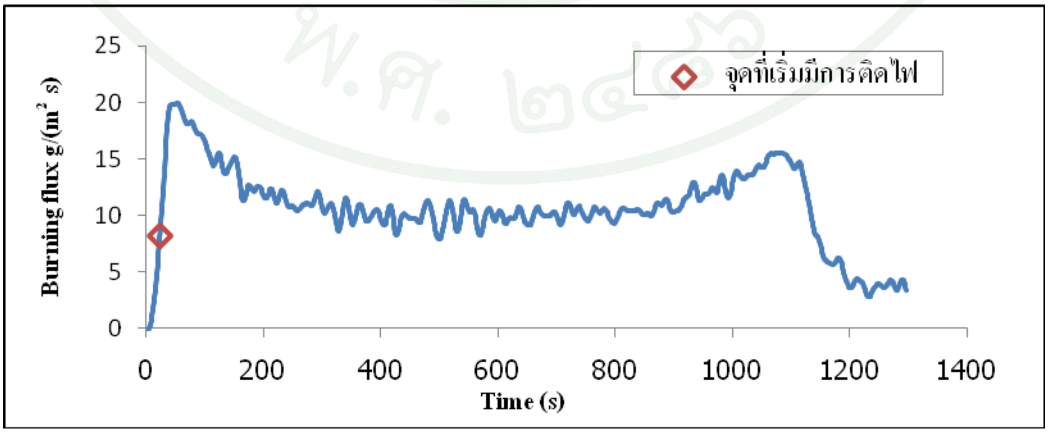
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค196 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mmที่ 6 kW/m^2 (PB 6-2)

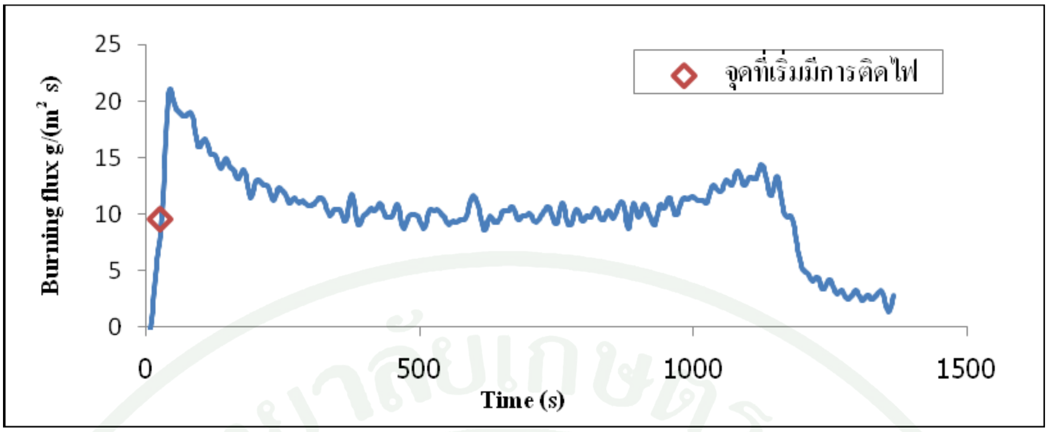


ภาพผนวกที่ ค197 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-1)

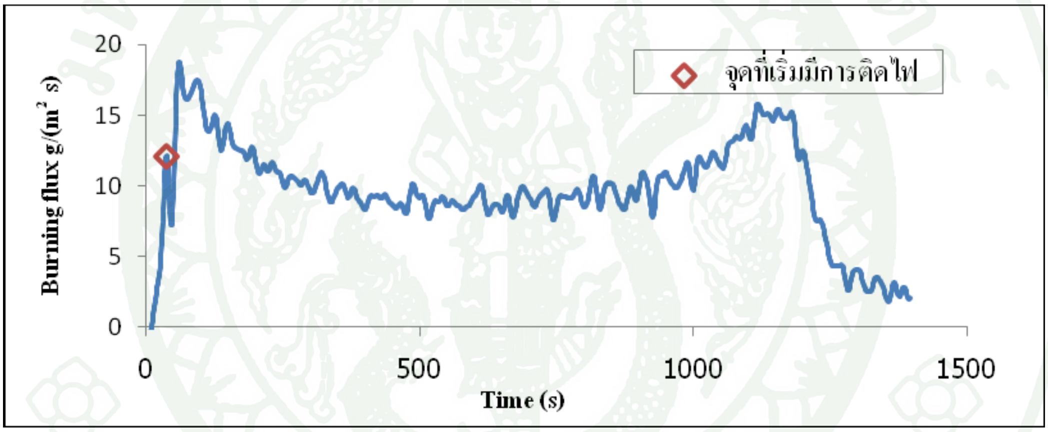


ภาพผนวกที่ ค198 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-2)

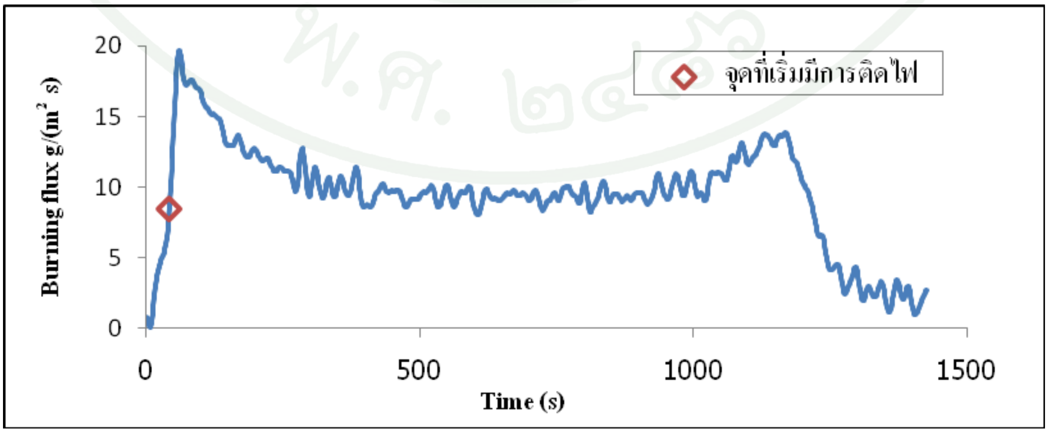
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค199 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (Y 50-3)

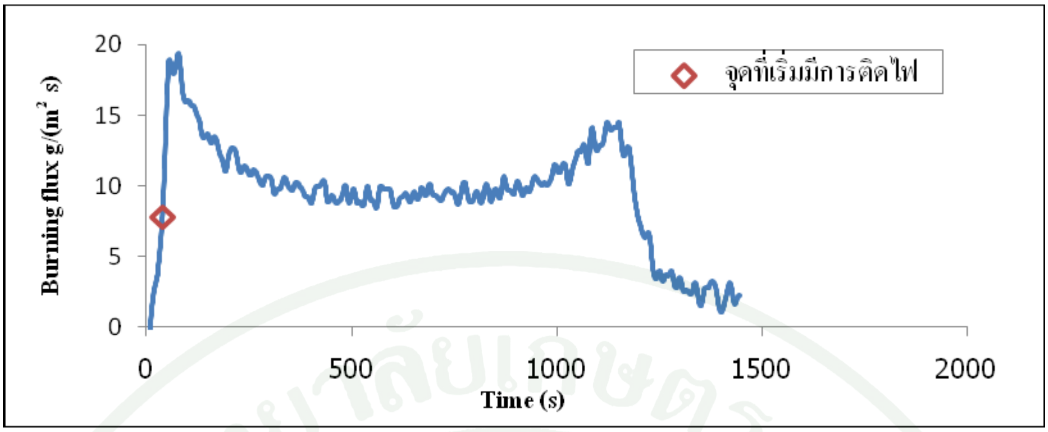


ภาพผนวกที่ ค200 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-1)

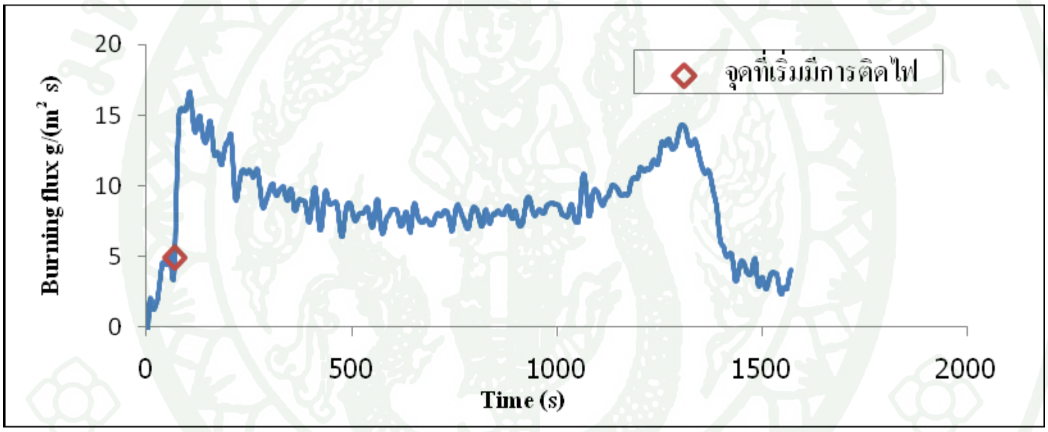


ภาพผนวกที่ ค201 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-2)

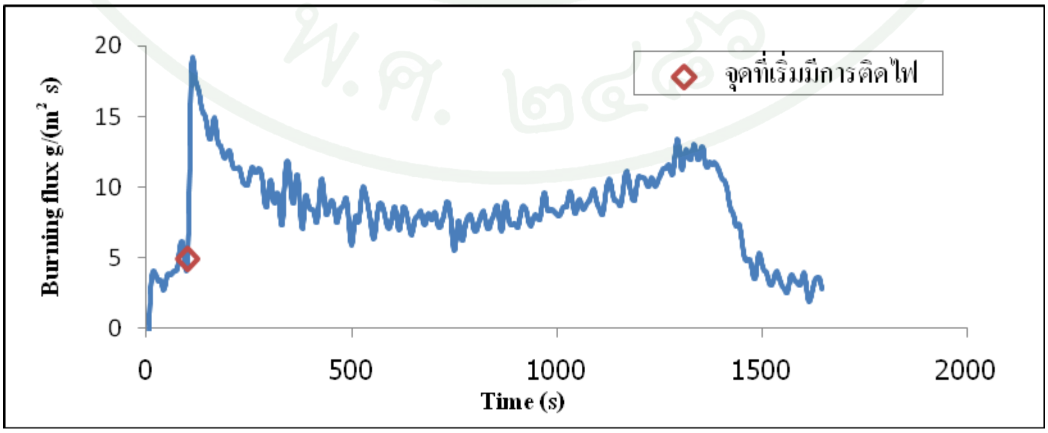
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค202 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (Y 40-3)

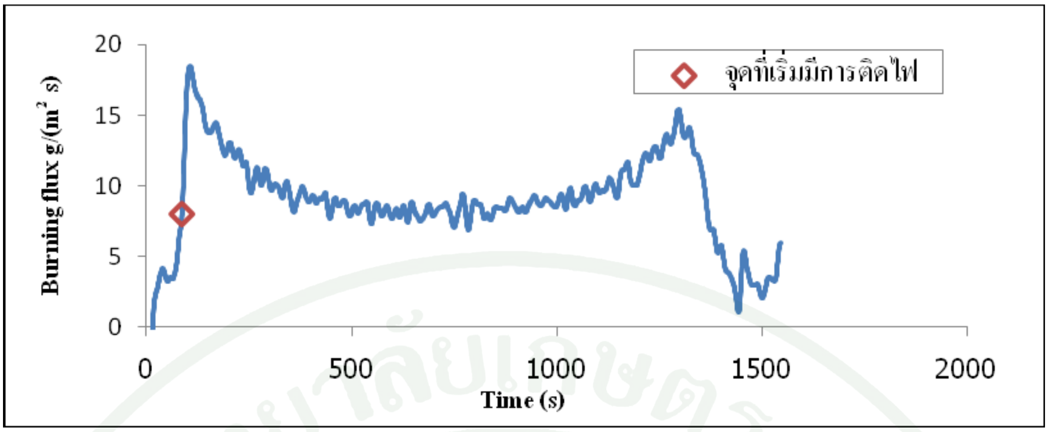


ภาพผนวกที่ ค203 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-1)

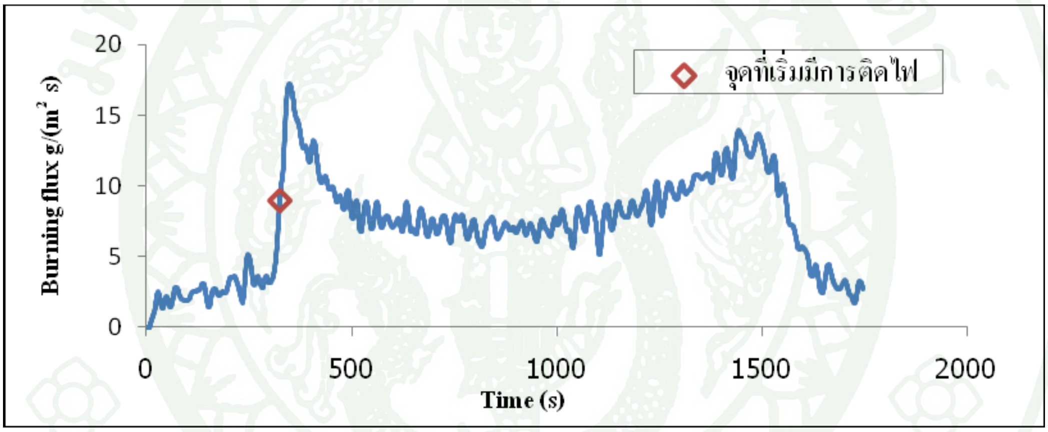


ภาพผนวกที่ ค204 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-2)

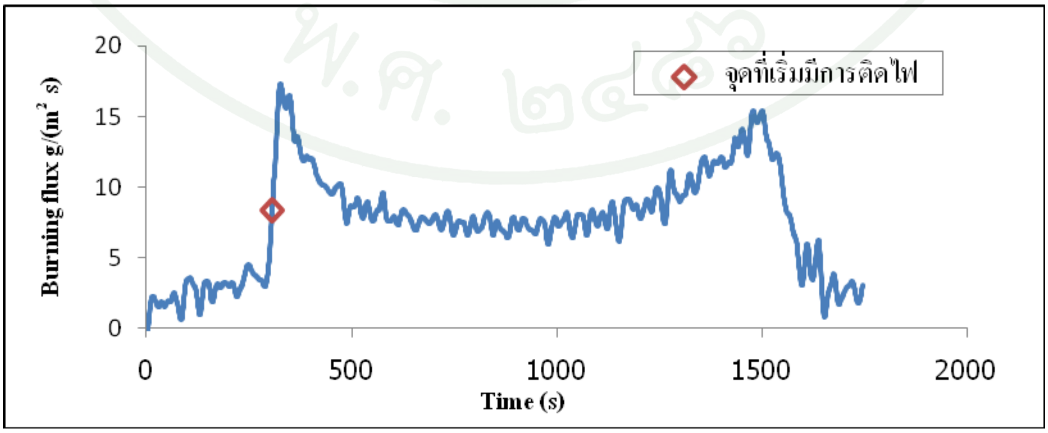
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค205 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (Y 30-3)

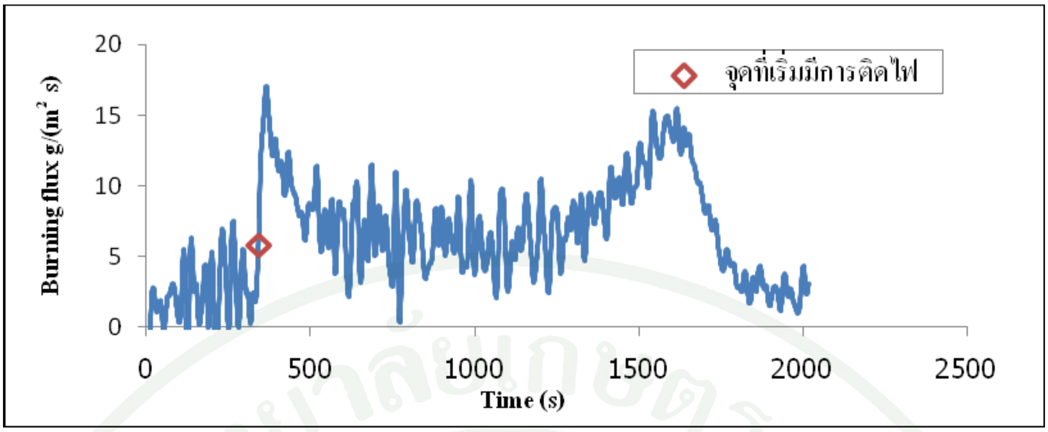


ภาพผนวกที่ ค206 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-1)

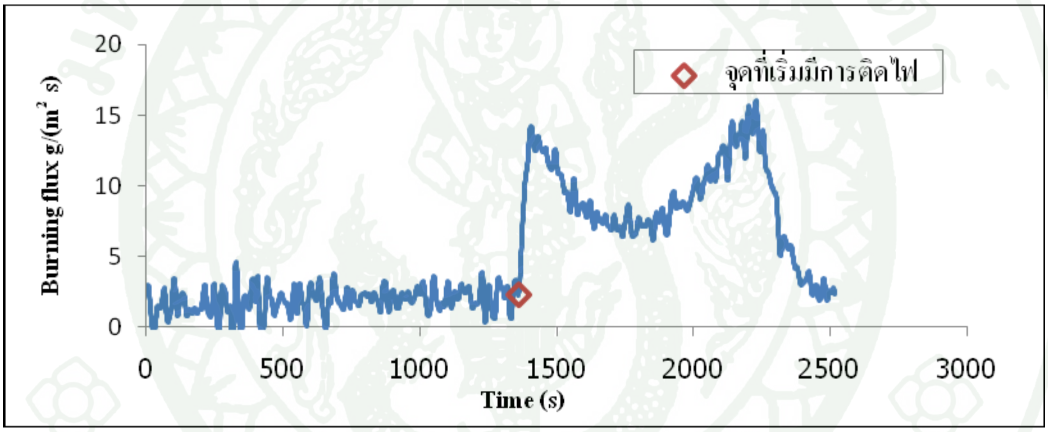


ภาพผนวกที่ ค207 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-2)

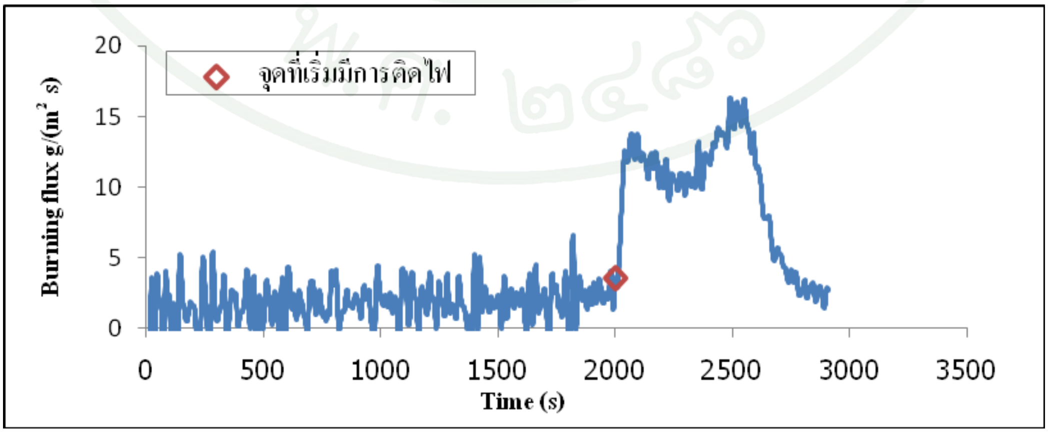
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค208 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (Y 20-3)

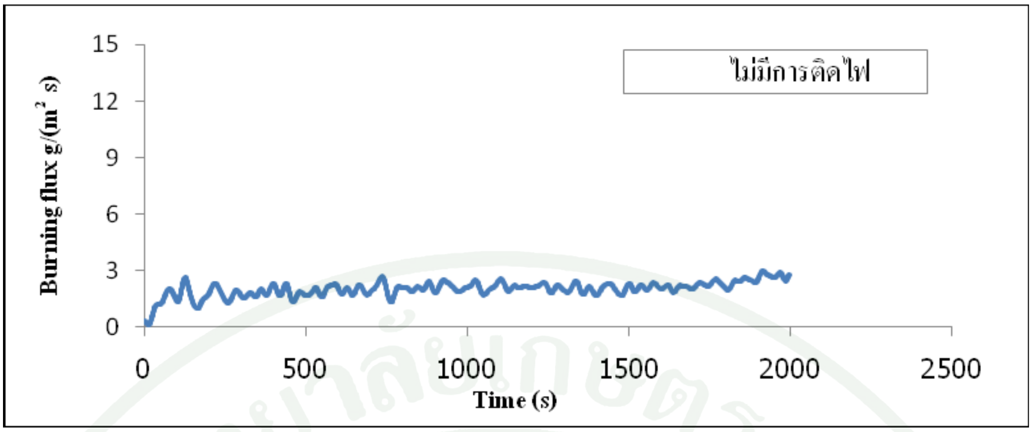


ภาพผนวกที่ ค209 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-1)

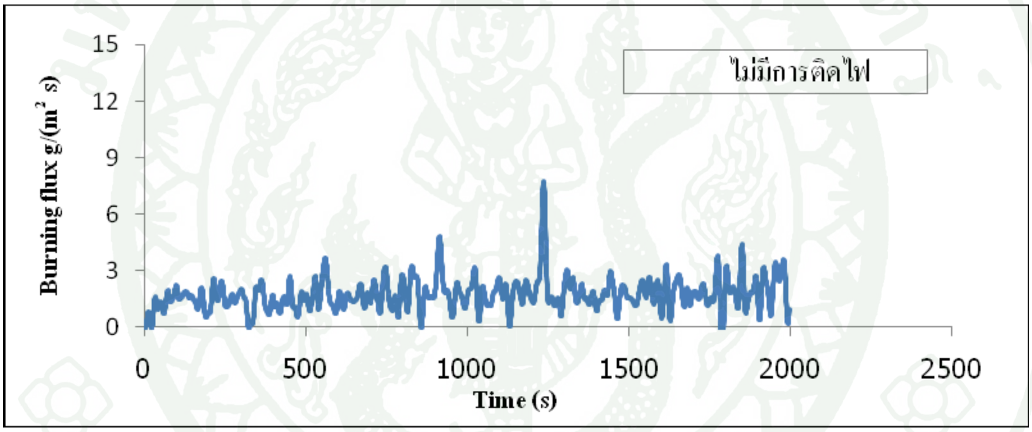


ภาพผนวกที่ ค210 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-2)

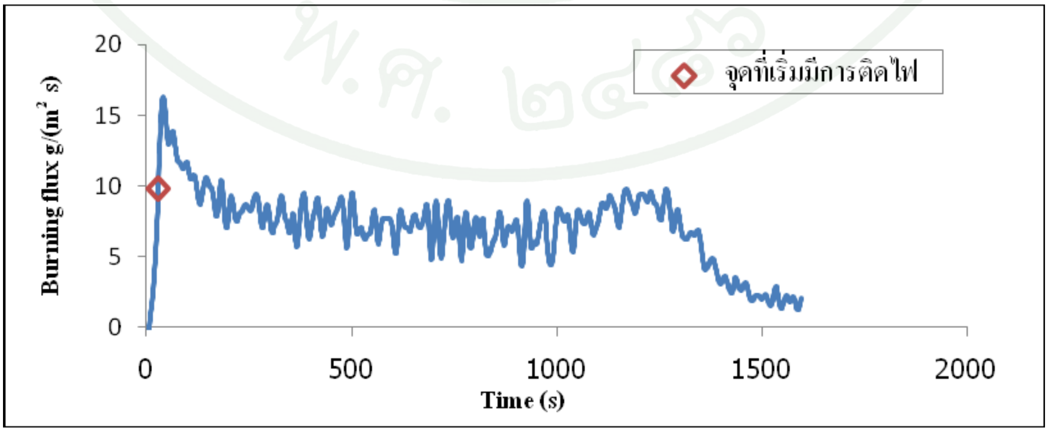
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค211 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-3)

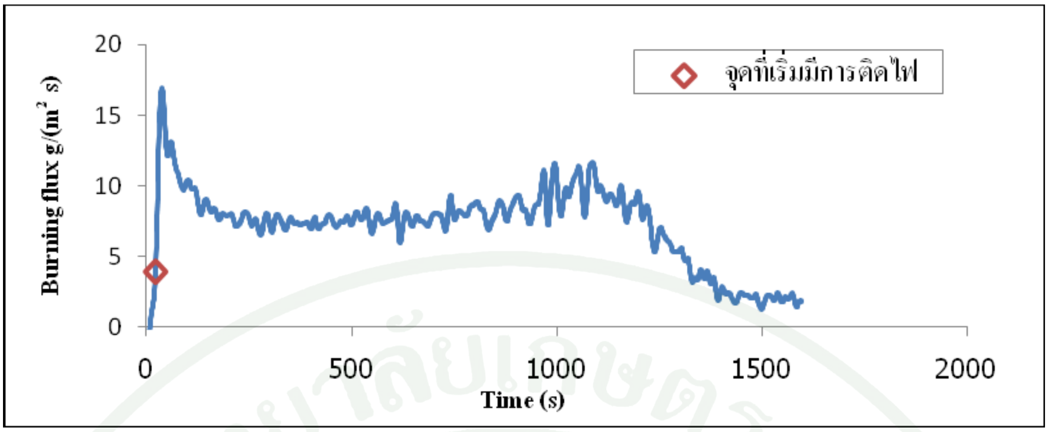


ภาพผนวกที่ ค212 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้ยางพารา หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (Y 15-4)

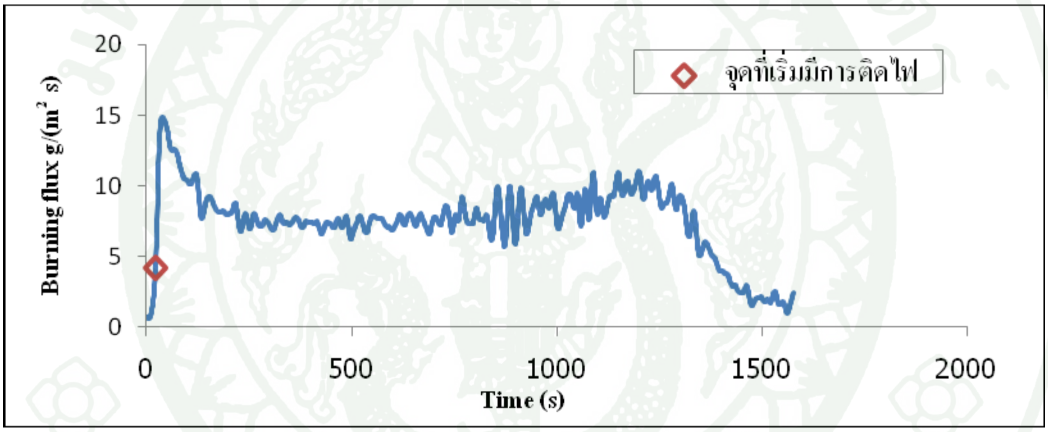


ภาพผนวกที่ ค213 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-1)

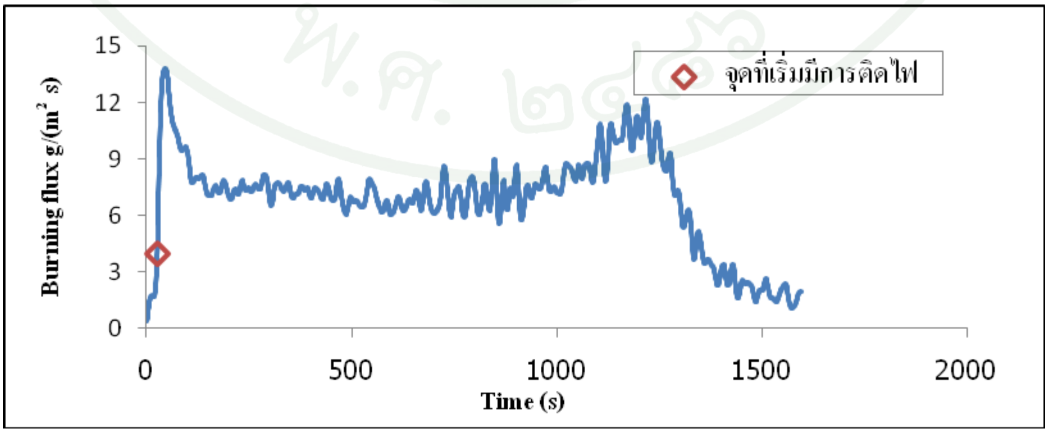
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค214 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-2)

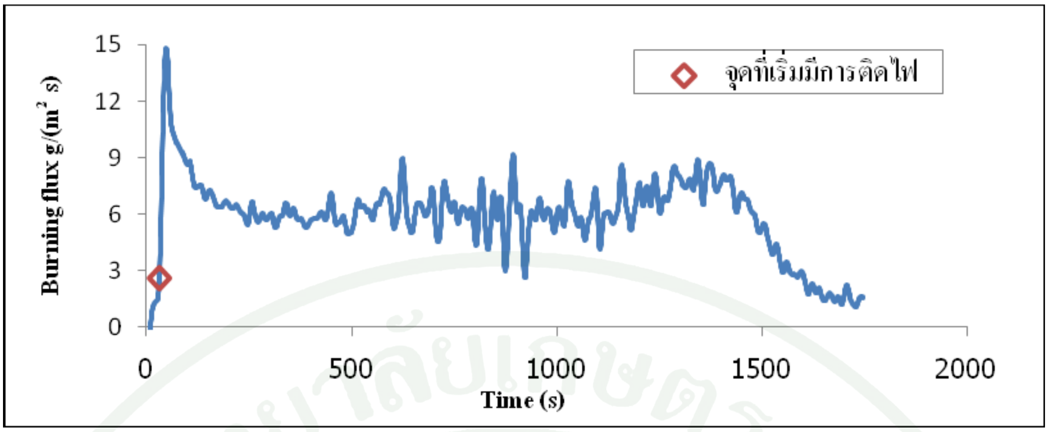


ภาพผนวกที่ ค215 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 50-3)

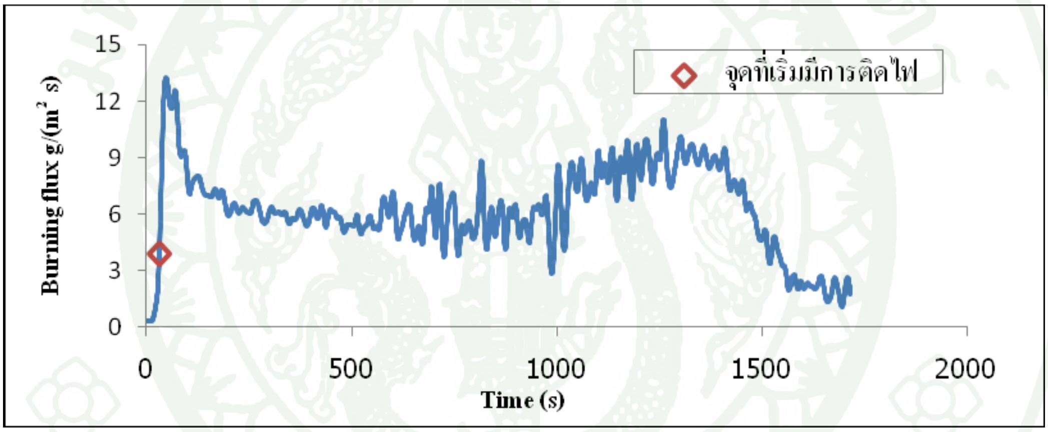


ภาพผนวกที่ ค216 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-1)

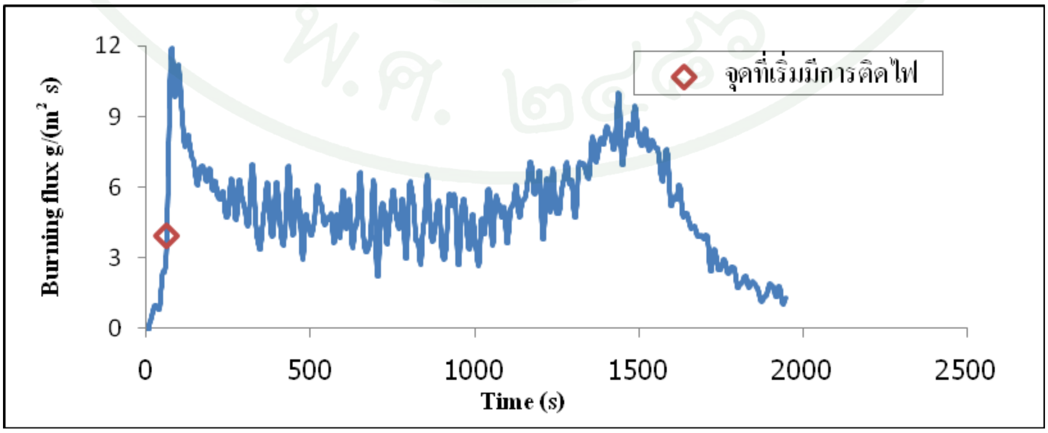
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค217 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-2)

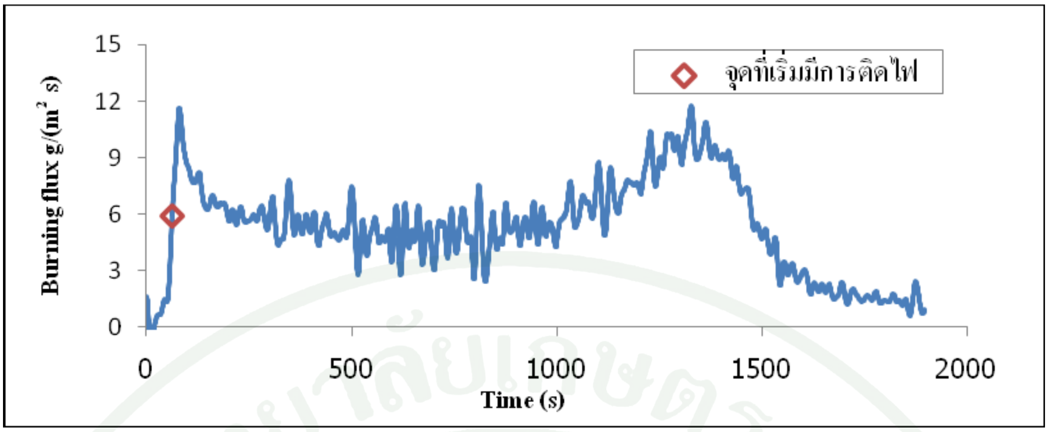


ภาพผนวกที่ ค218 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (S 40-3)

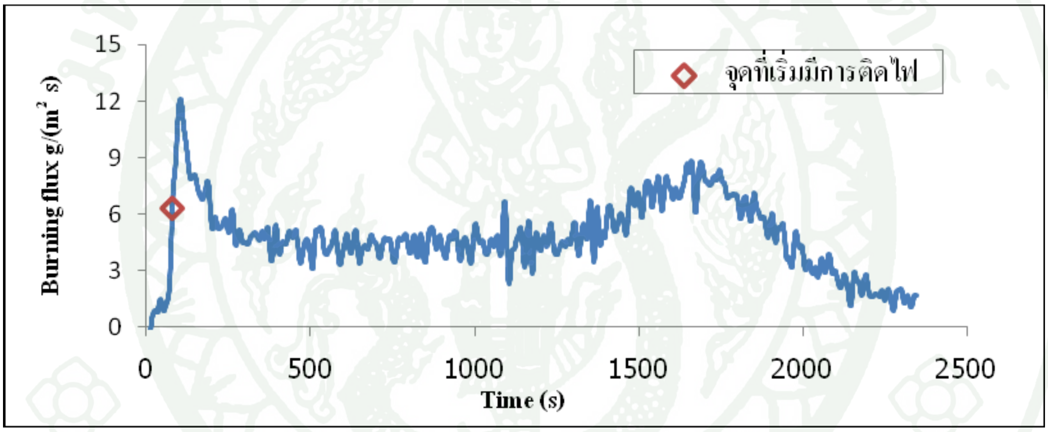


ภาพผนวกที่ ค219 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-1)

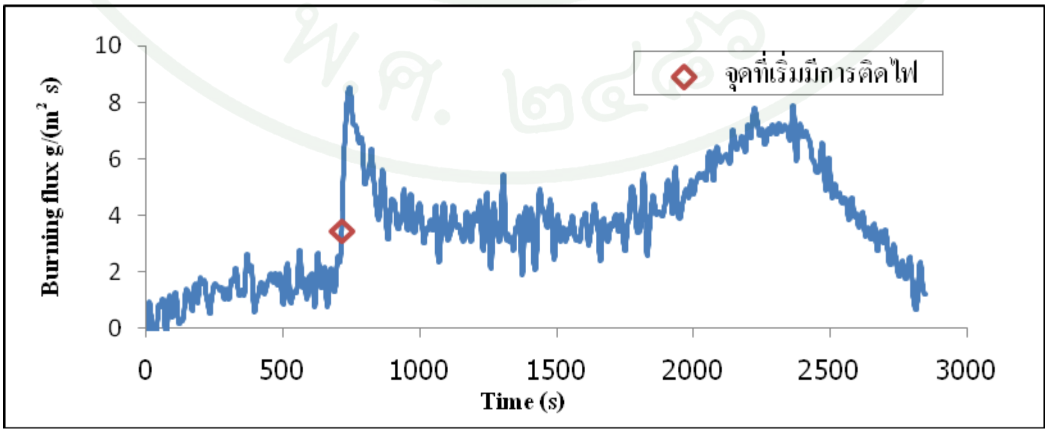
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค220 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-2)

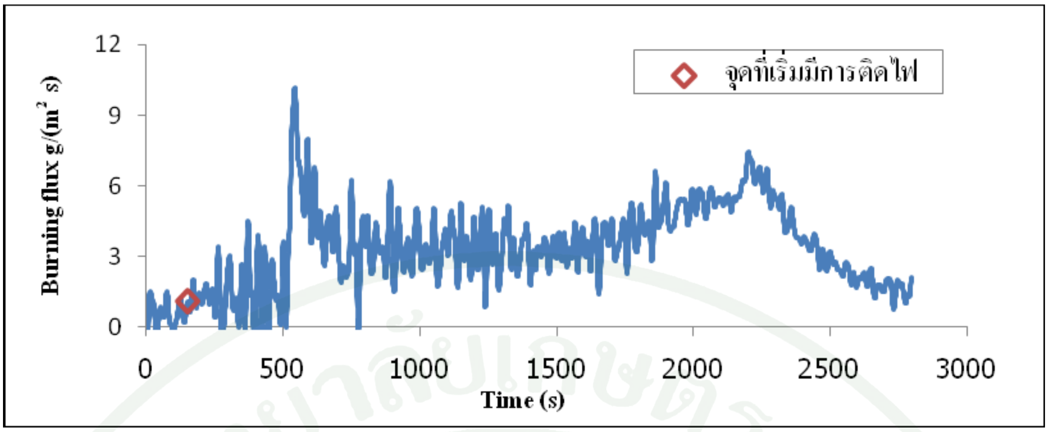


ภาพผนวกที่ ค221 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (S 30-3)

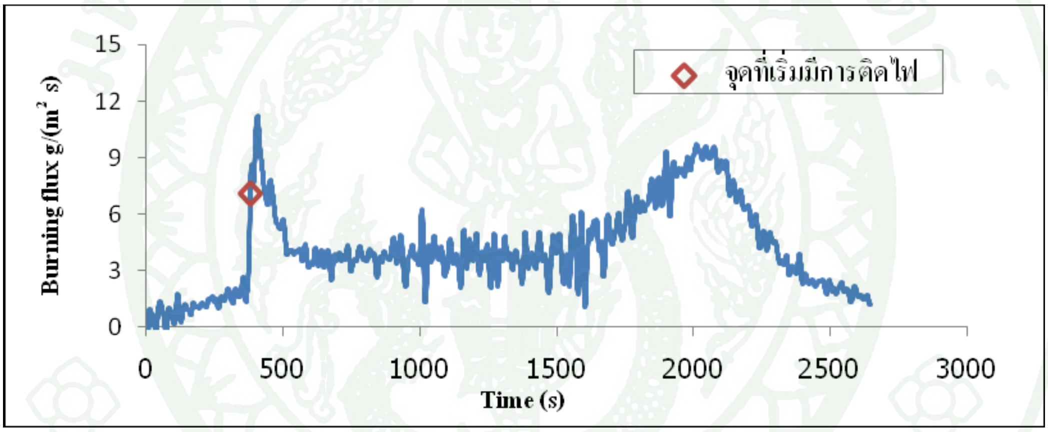


ภาพผนวกที่ ค222 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-1)

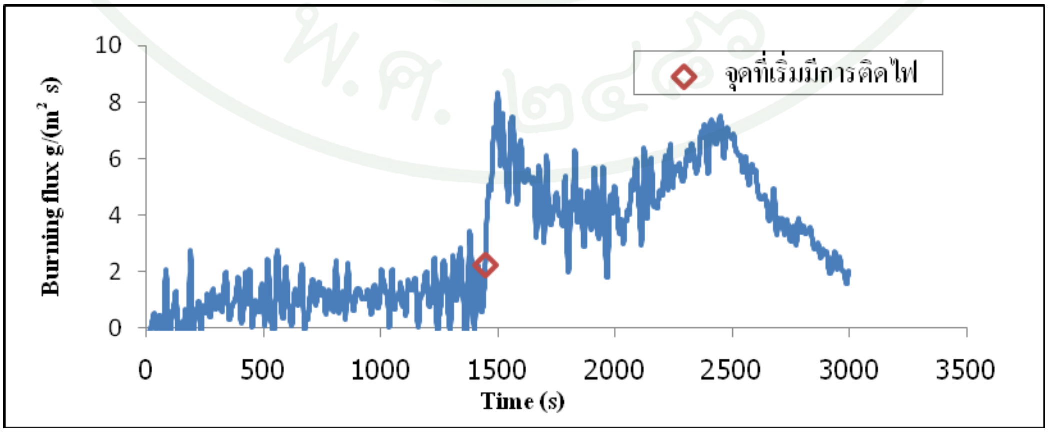
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค223 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-2)

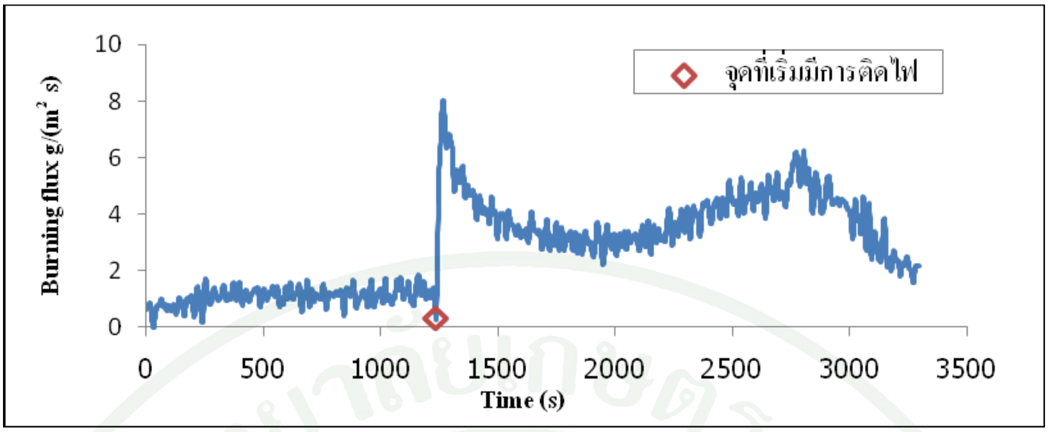


ภาพผนวกที่ ค224 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (S 20-3)

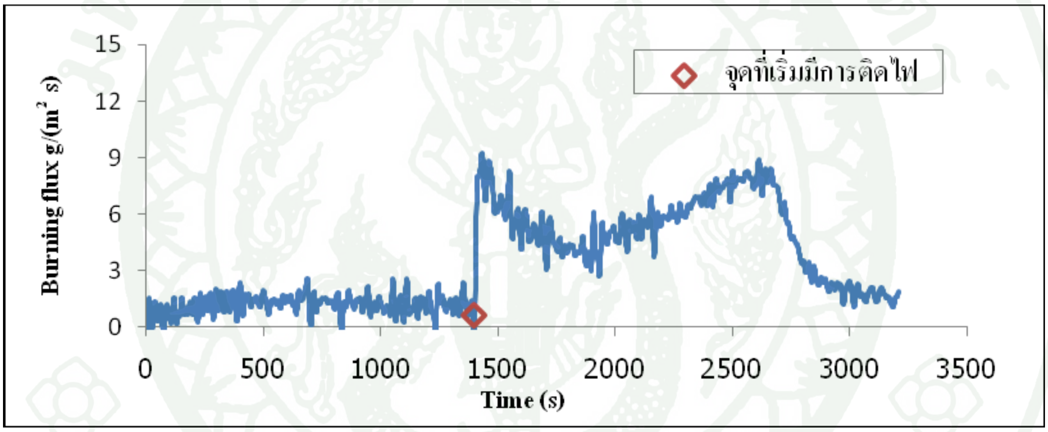


ภาพผนวกที่ ค225 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-1)

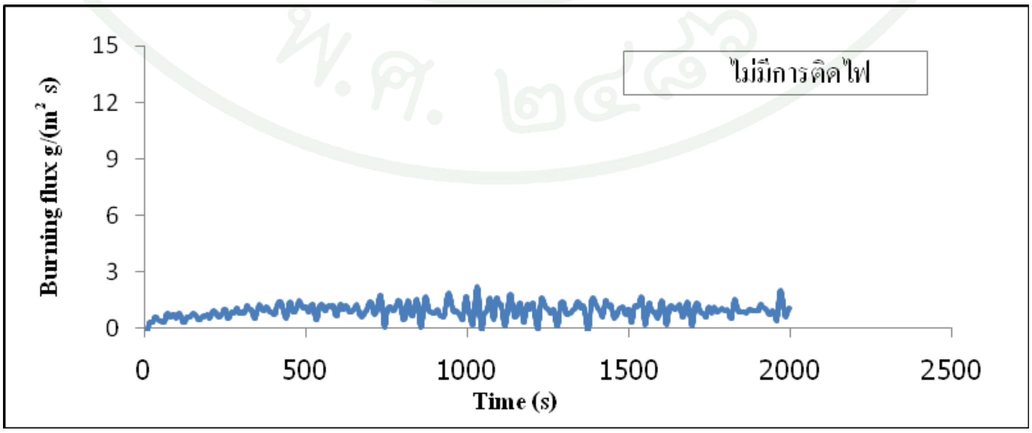
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค226 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-2)

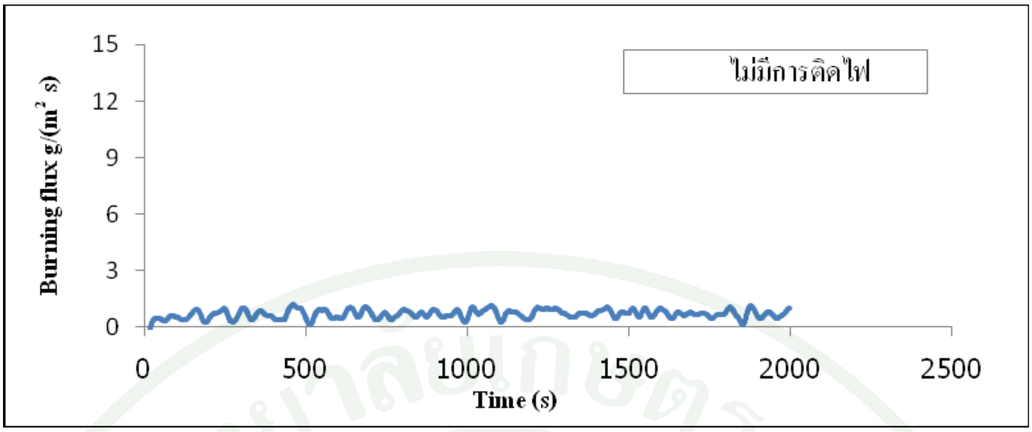


ภาพผนวกที่ ค227 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 17-3)

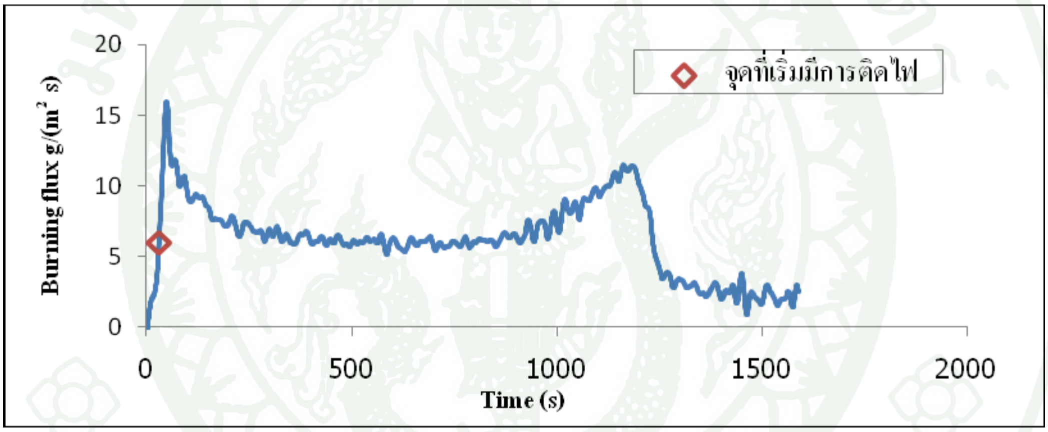


ภาพผนวกที่ ค228 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (S 15-1)

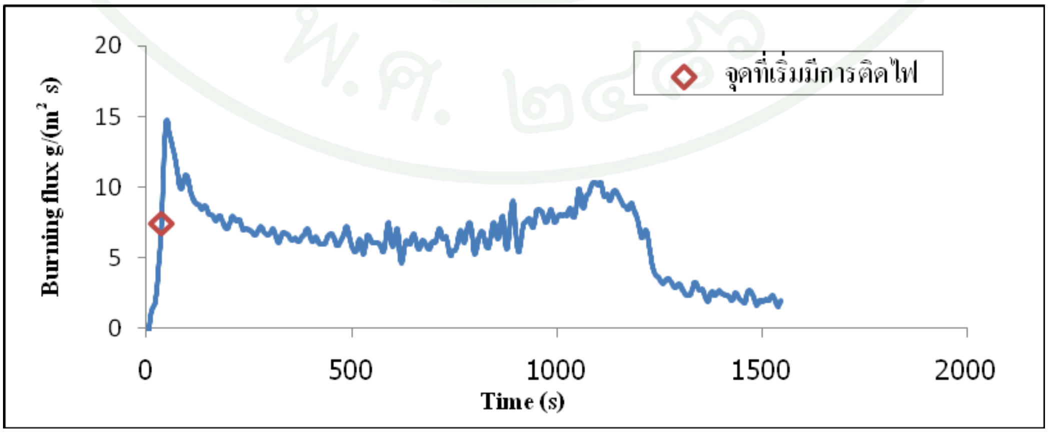
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค229 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้สัก หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (S 15-2)

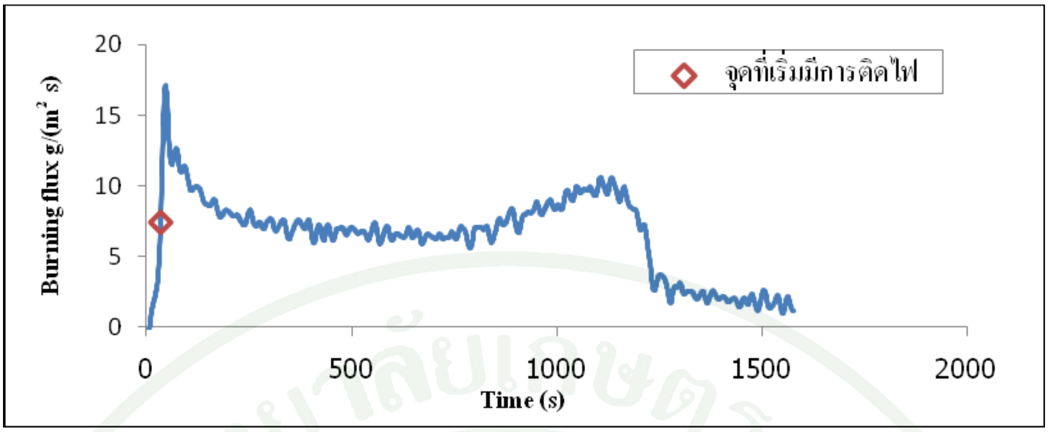


ภาพผนวกที่ ค230 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-1)

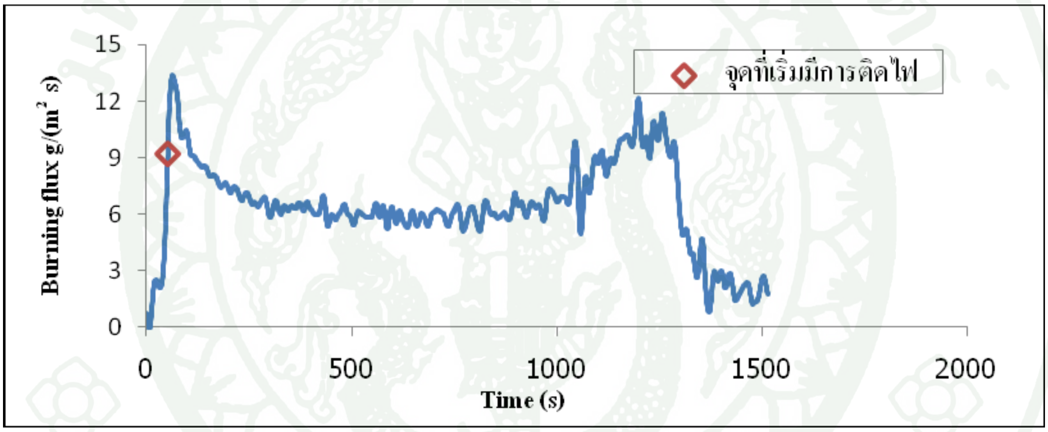


ภาพผนวกที่ ค231 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-2)

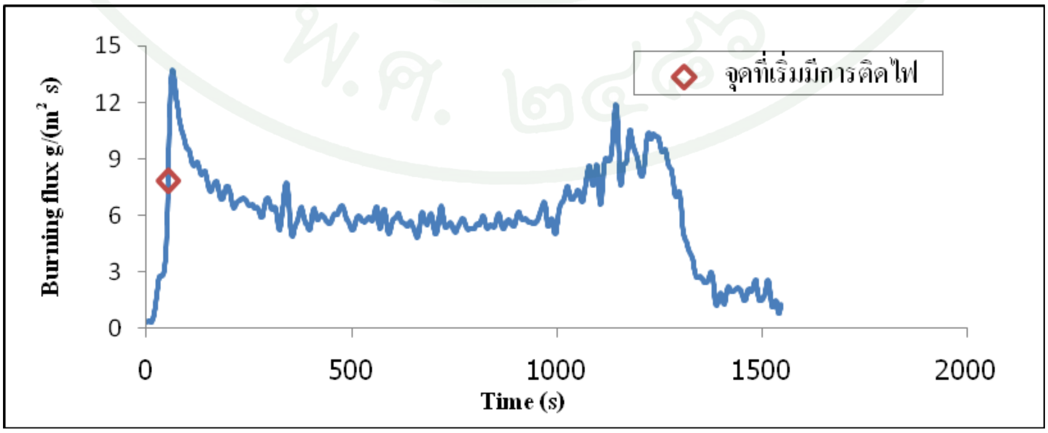
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค232 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 50kW/m^2 (M 50-3)

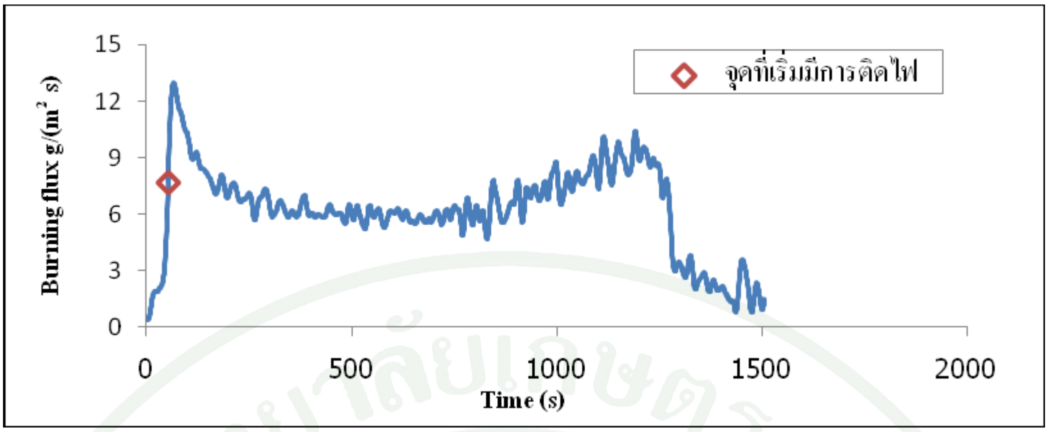


ภาพผนวกที่ ค233 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-1)

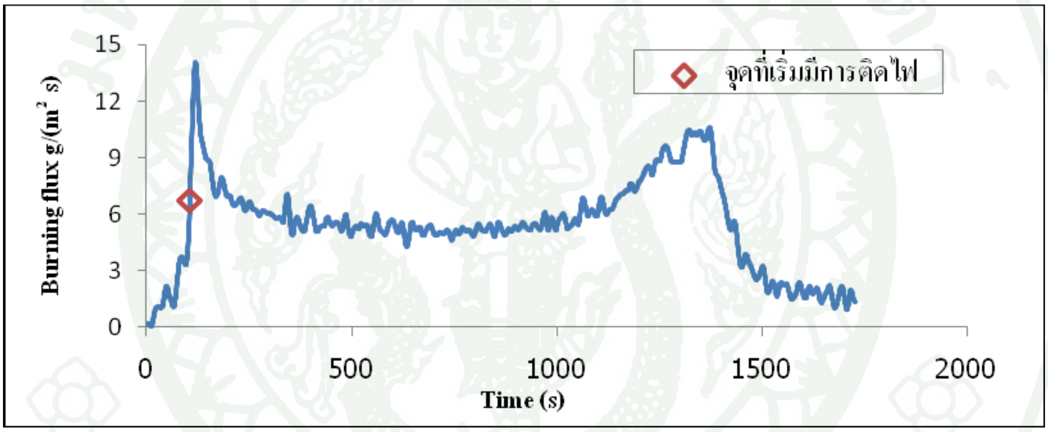


ภาพผนวกที่ ค234 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-2)

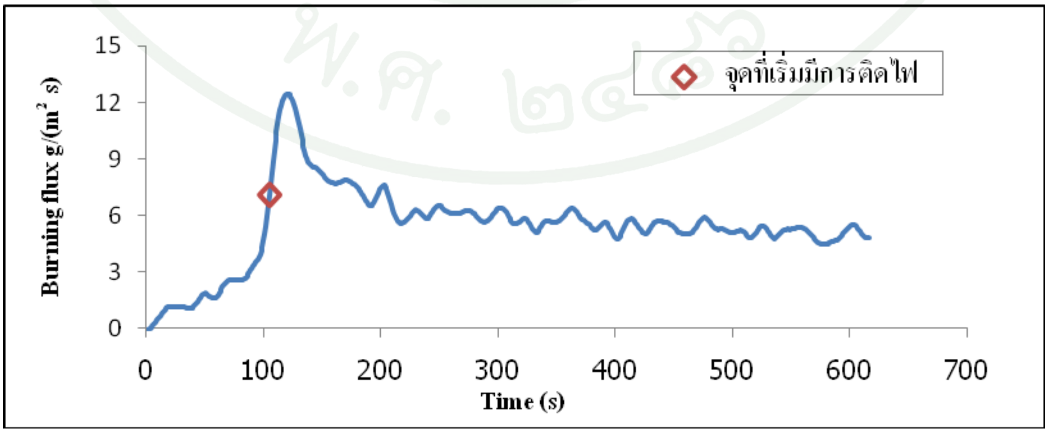
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค235 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 40kW/m^2 (M 40-3)

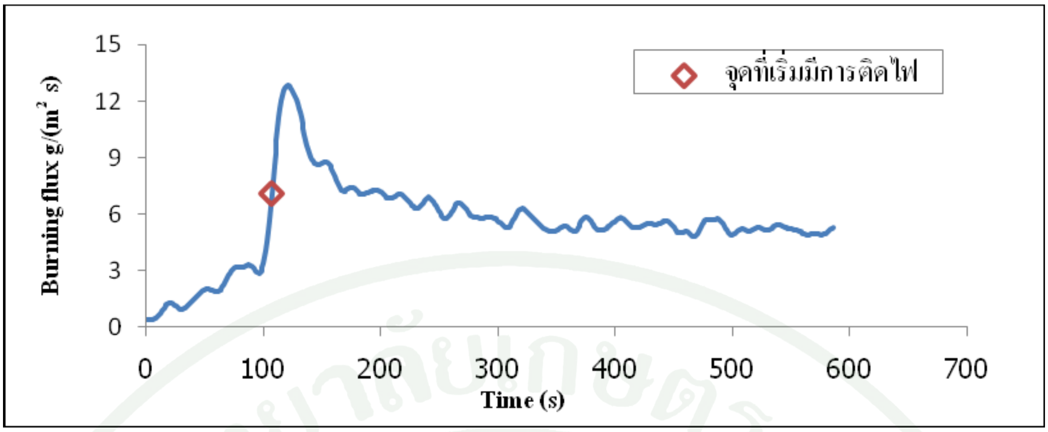


ภาพผนวกที่ ค236 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-1)

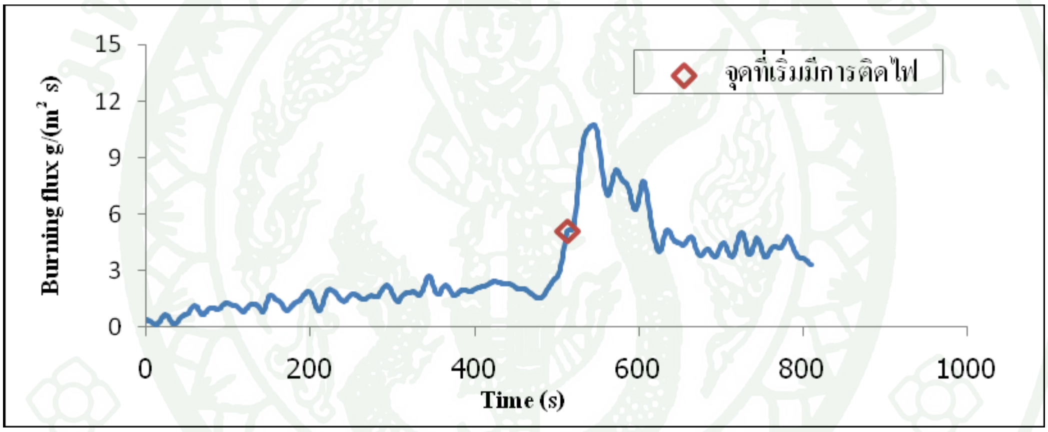


ภาพผนวกที่ ค237 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-2)

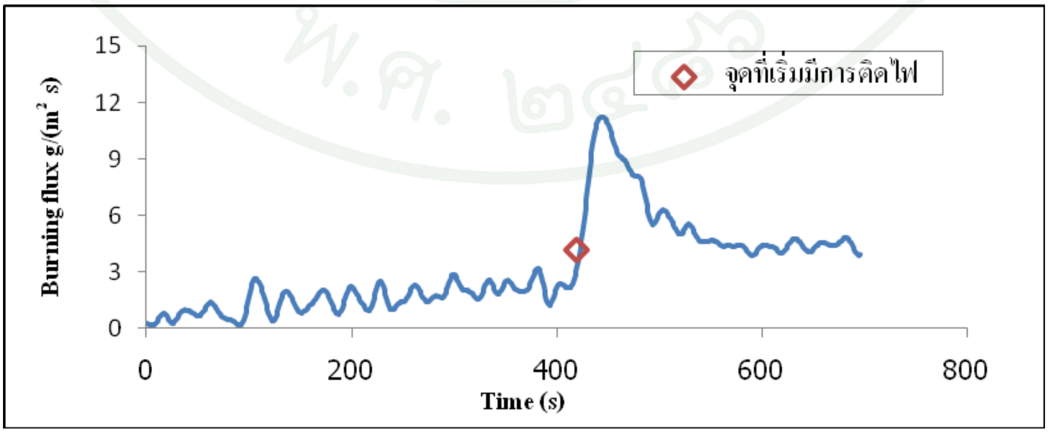
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค238 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 30kW/m^2 (M 30-3)

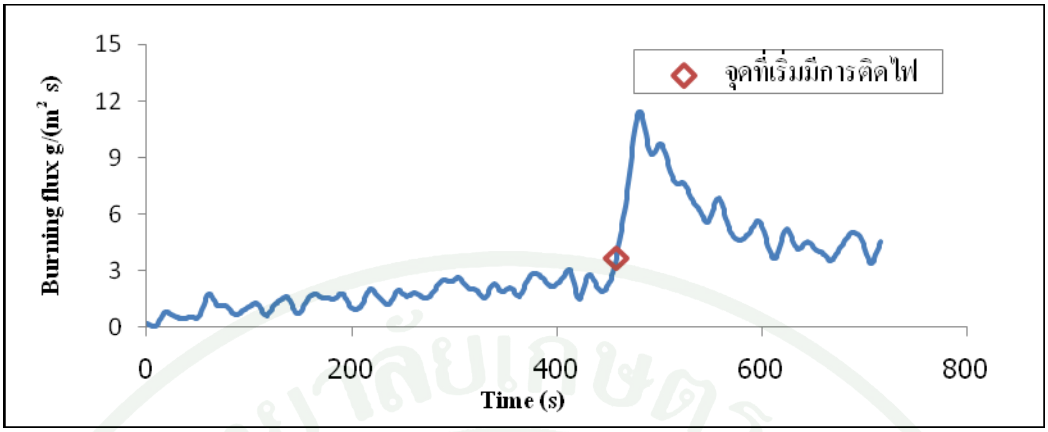


ภาพผนวกที่ ค239 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-1)

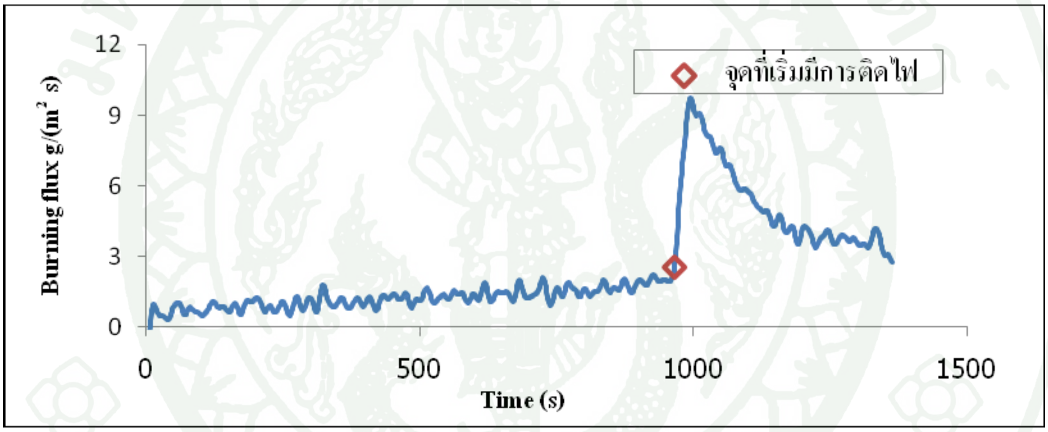


ภาพผนวกที่ ค240 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-2)

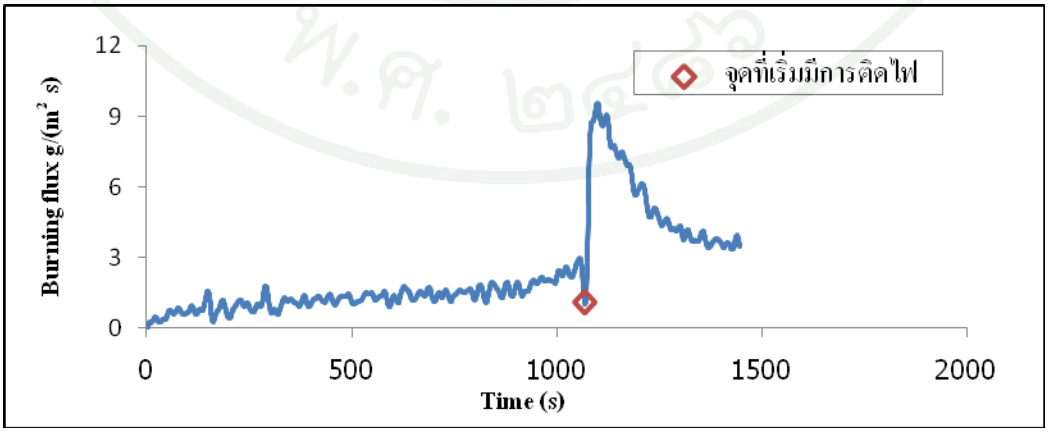
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค241 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 20kW/m^2 (M 20-3)

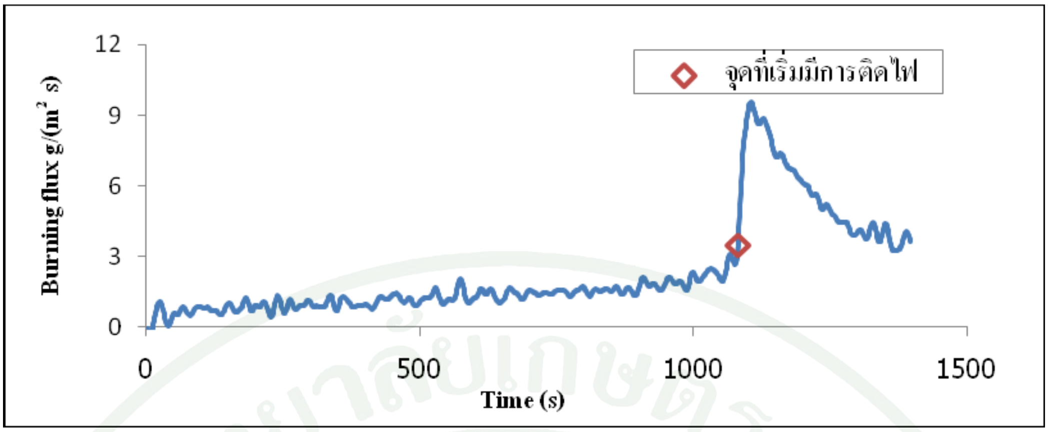


ภาพผนวกที่ ค242 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-1)

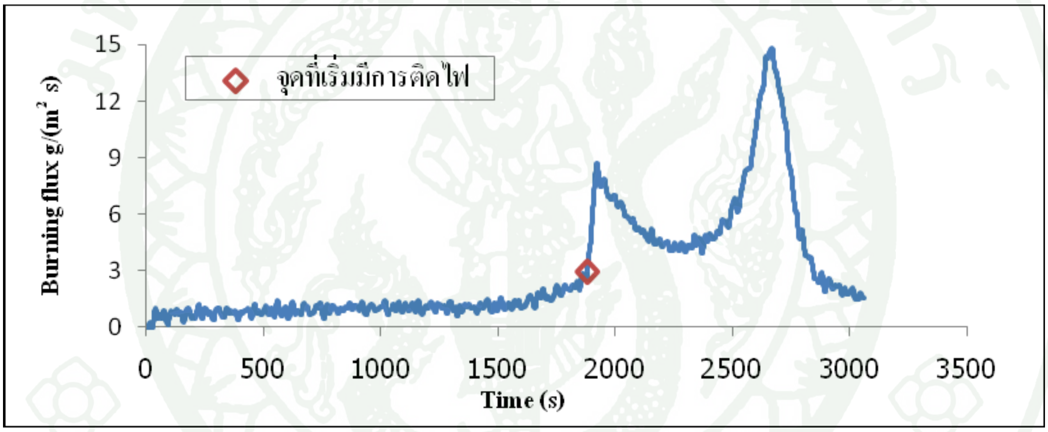


ภาพผนวกที่ ค243 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-2)

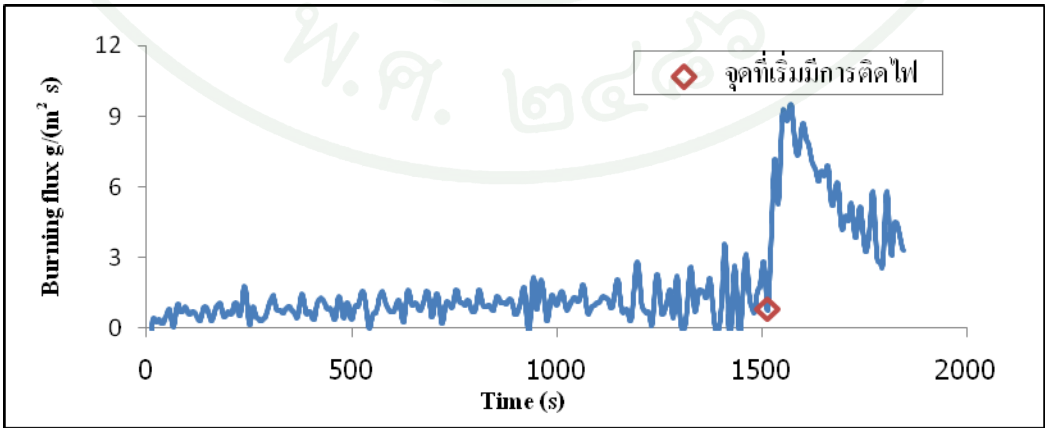
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค244 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 15kW/m^2 (M 15-3)

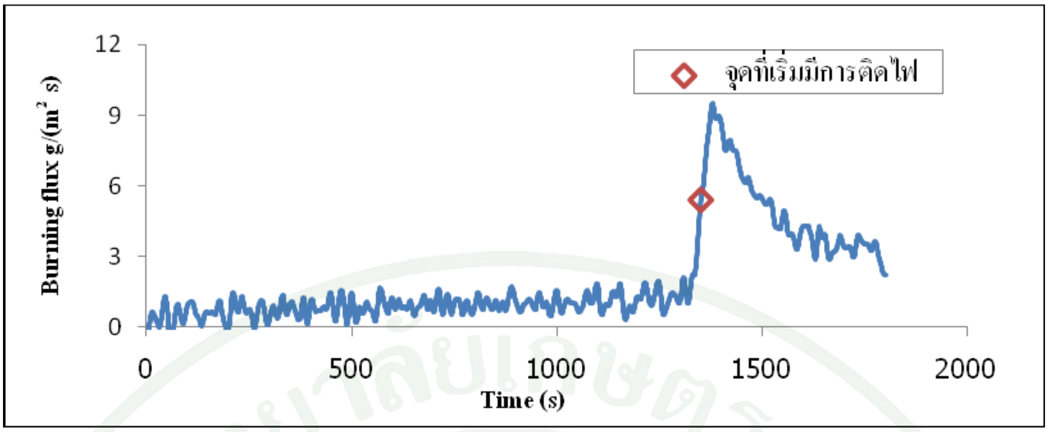


ภาพผนวกที่ ค245 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-1)

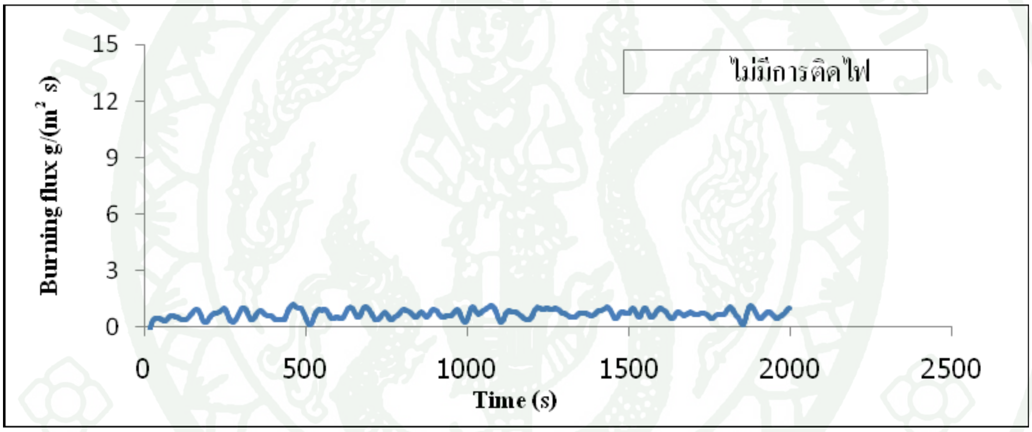


ภาพผนวกที่ ค246 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-2)

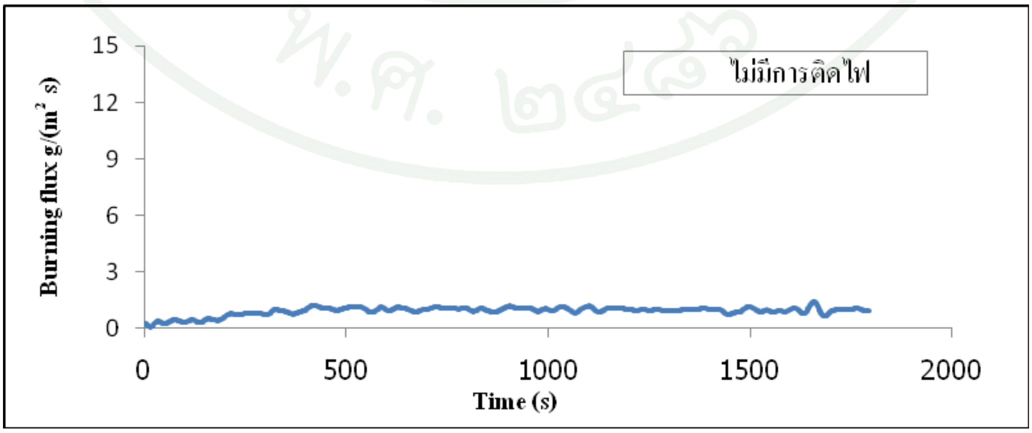
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค247 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 13kW/m^2 (M 13-3)

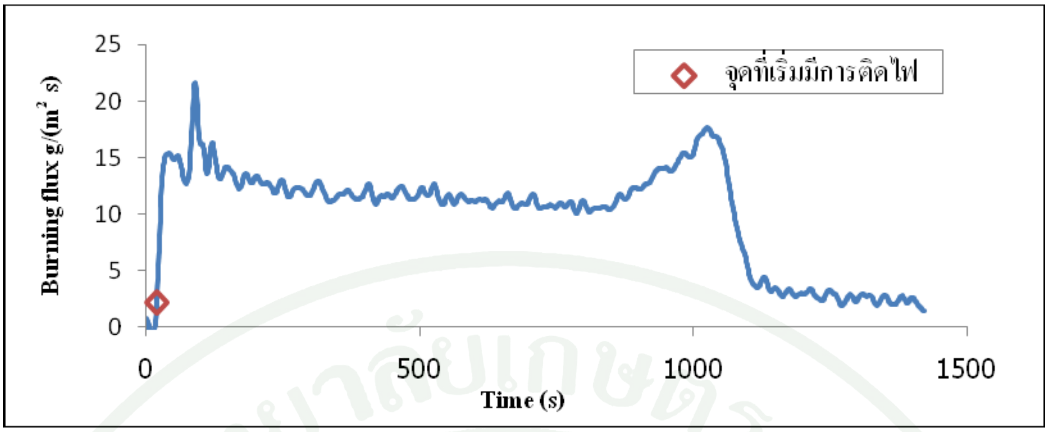


ภาพผนวกที่ ค248 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 11kW/m^2 (M 11-1)

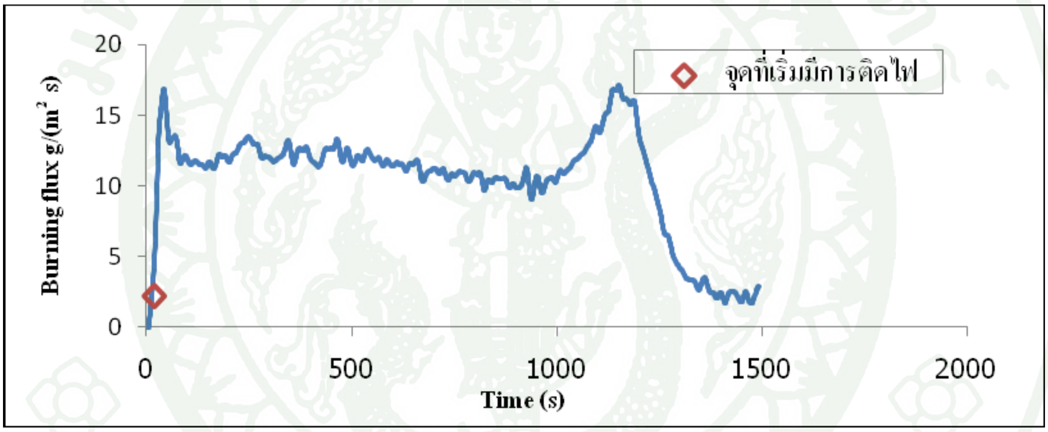


ภาพผนวกที่ ค249 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้มะค่า หนา 20 mm ที่ 11kW/m^2 (M 11-2)

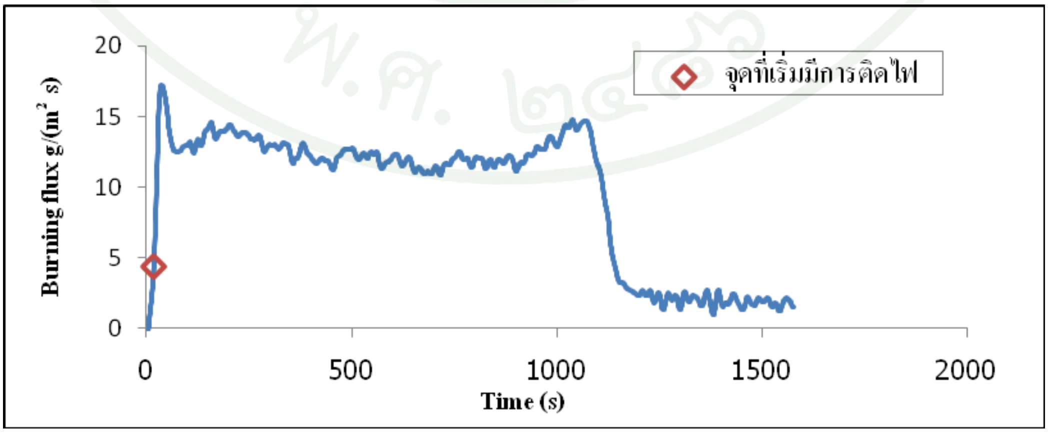
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



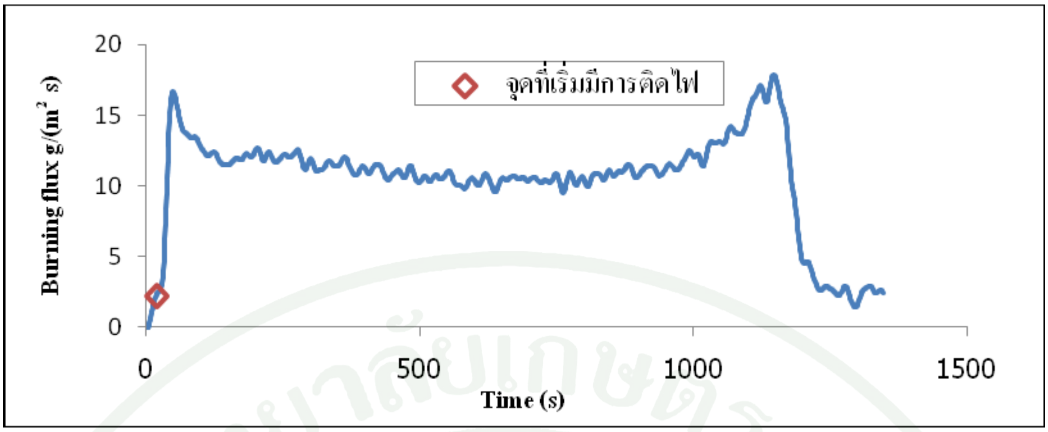
ภาพผนวกที่ ค250 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-1)



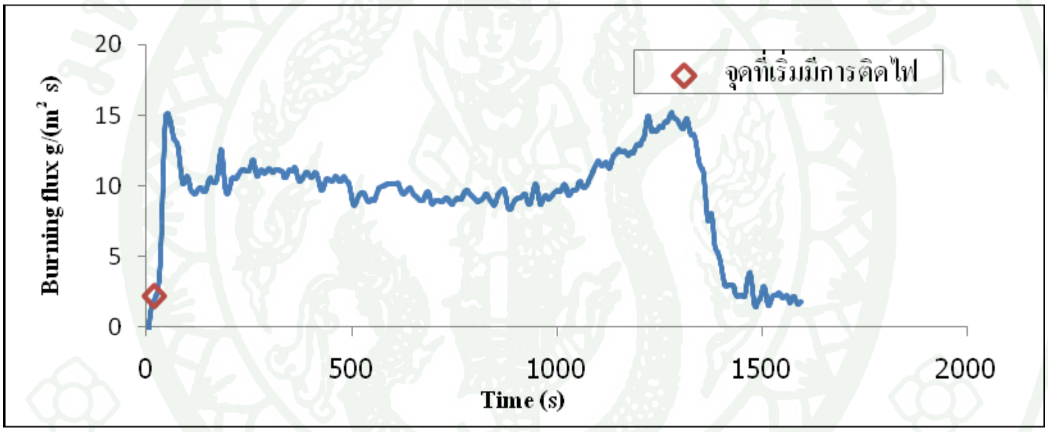
ภาพผนวกที่ ค251 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-2)



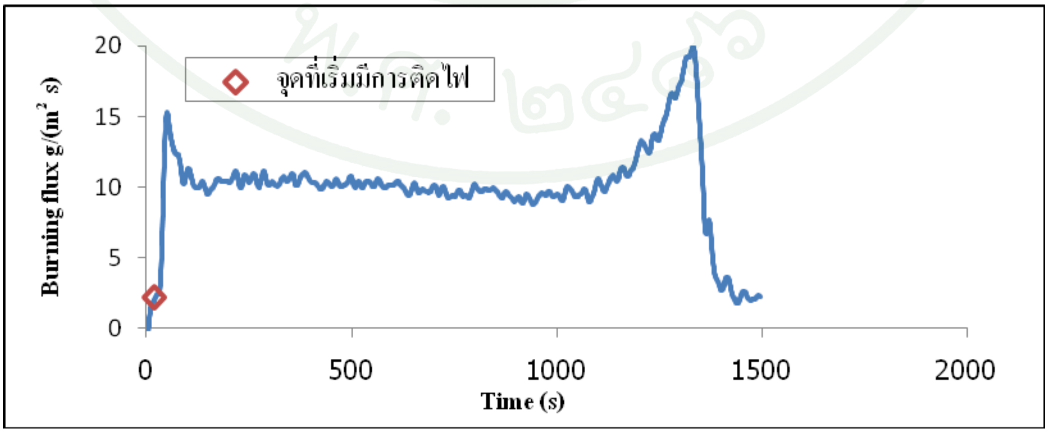
ภาพผนวกที่ ค252 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 50kW/m^2 (B 50-3)



ภาพผนวกที่ ค253 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-1)

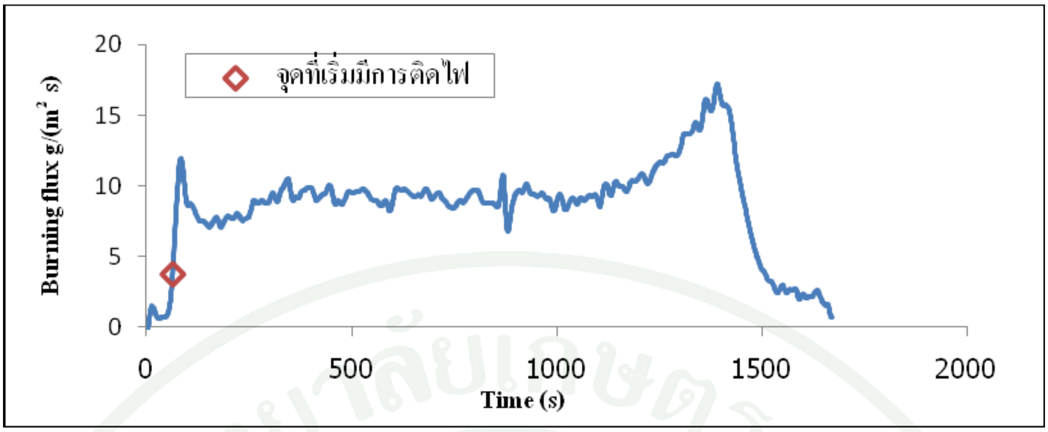


ภาพผนวกที่ ค254 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-2)

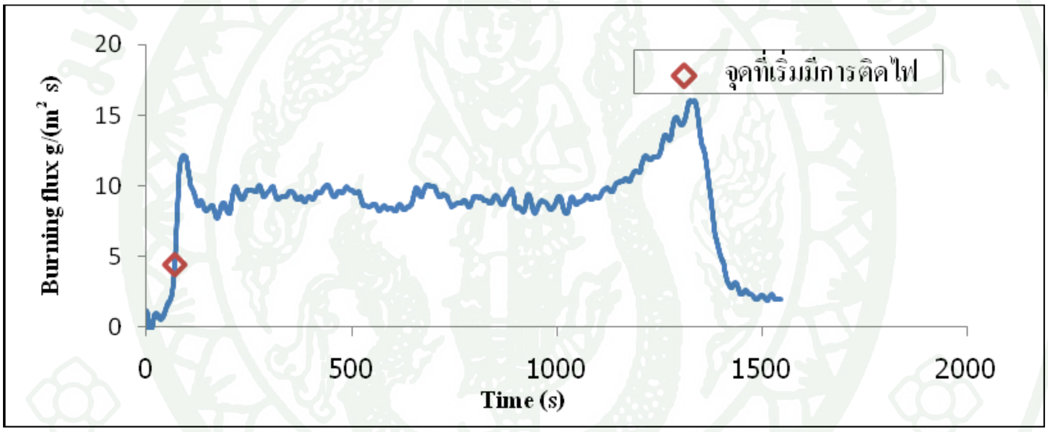


ภาพผนวกที่ ค255 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 40kW/m^2 (B 40-3)

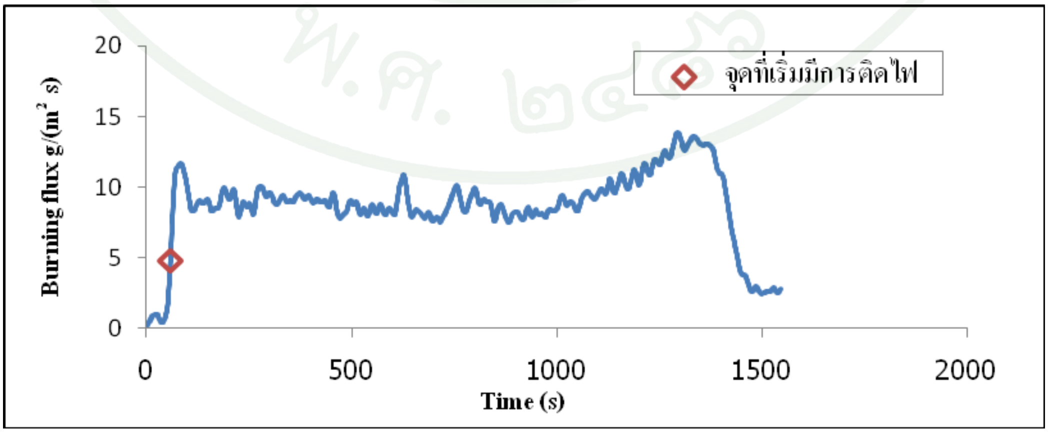
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค256 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-1)

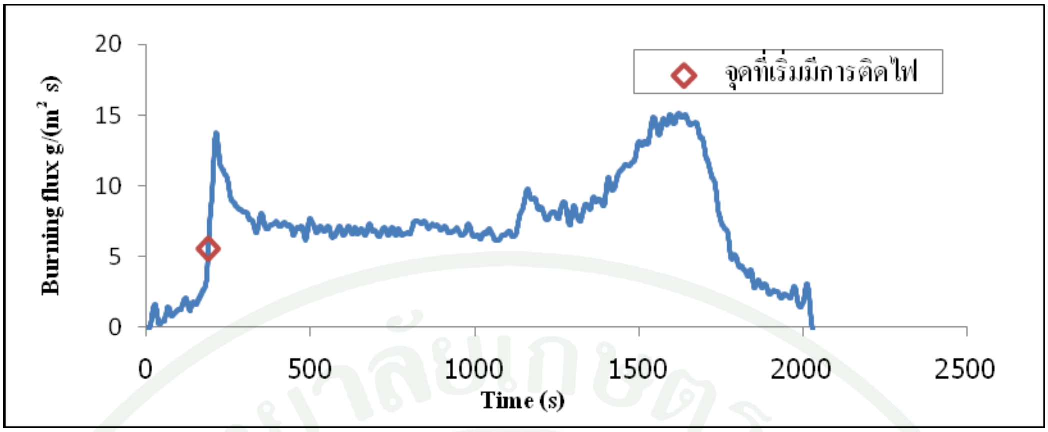


ภาพผนวกที่ ค257 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-2)

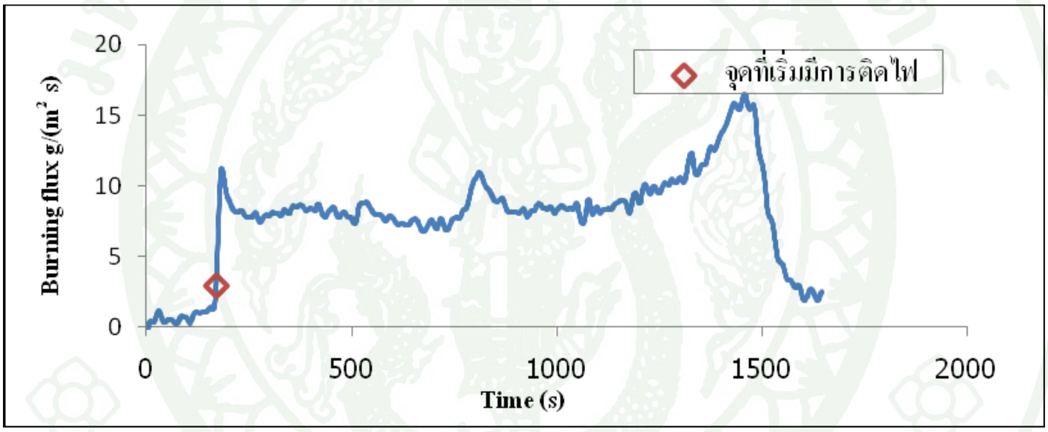


ภาพผนวกที่ ค258 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 30kW/m^2 (B 30-3)

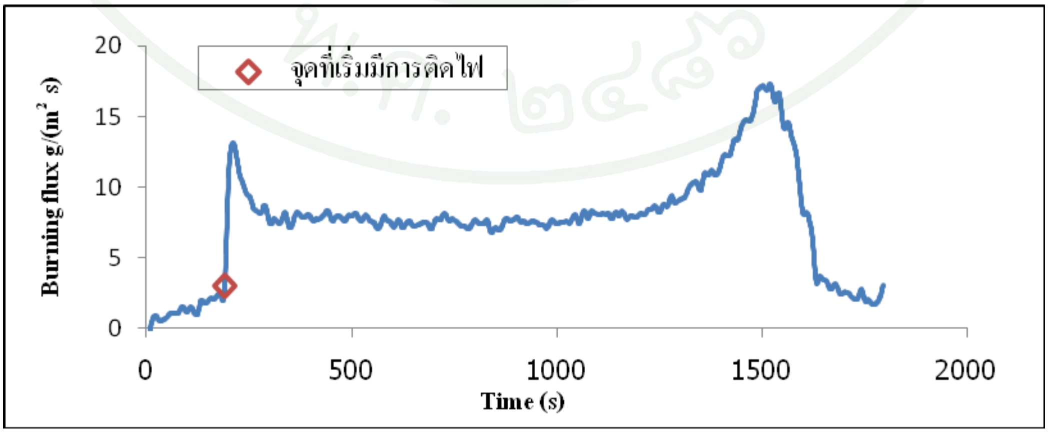
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค259 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-1)

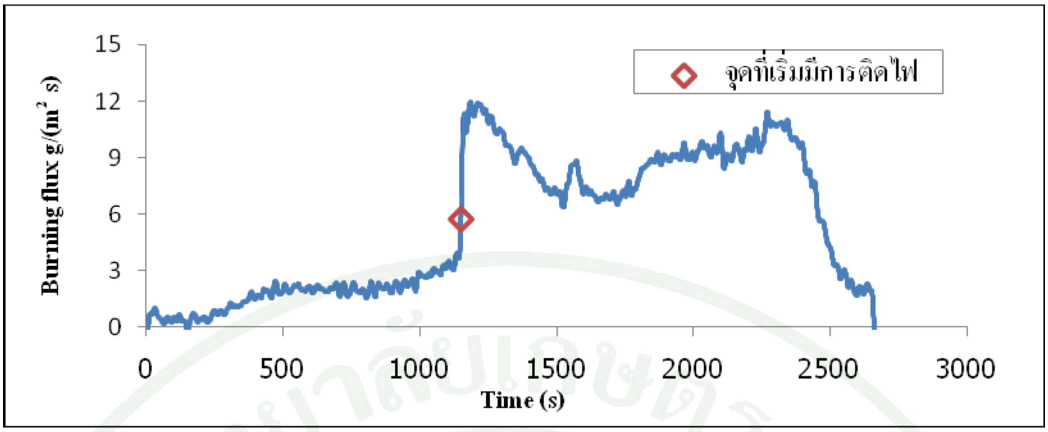


ภาพผนวกที่ ค260 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-2)

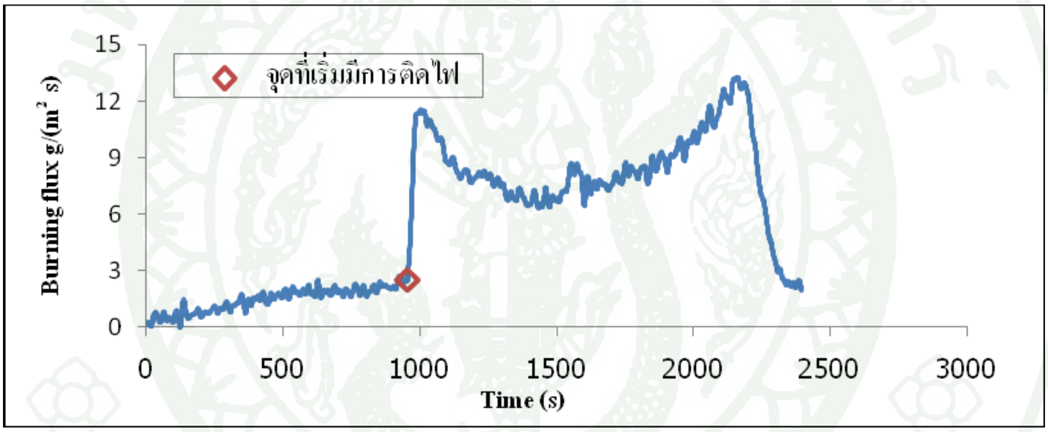


ภาพผนวกที่ ค261 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 20kW/m^2 (B 20-3)

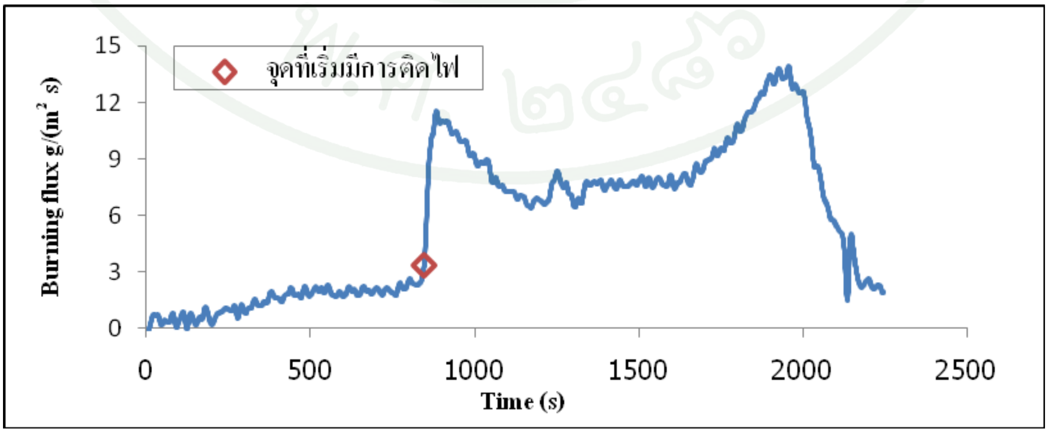
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค262 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-1)

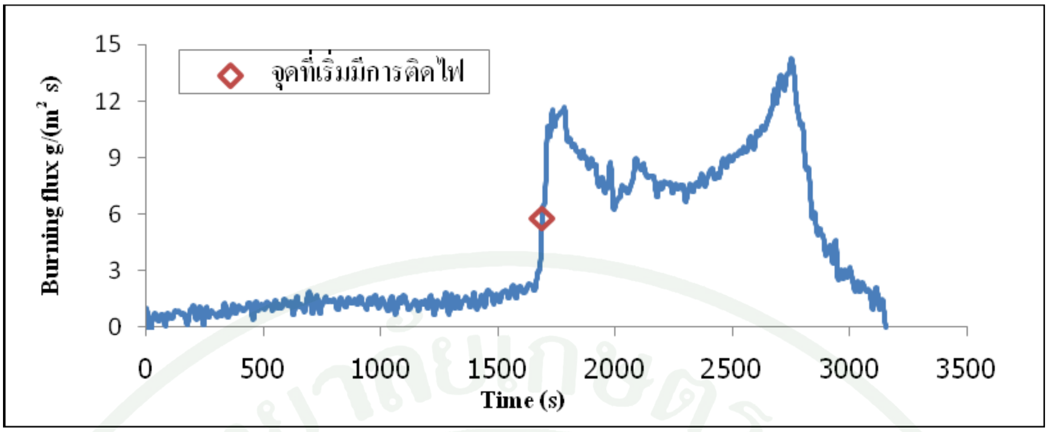


ภาพผนวกที่ ค263 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-2)

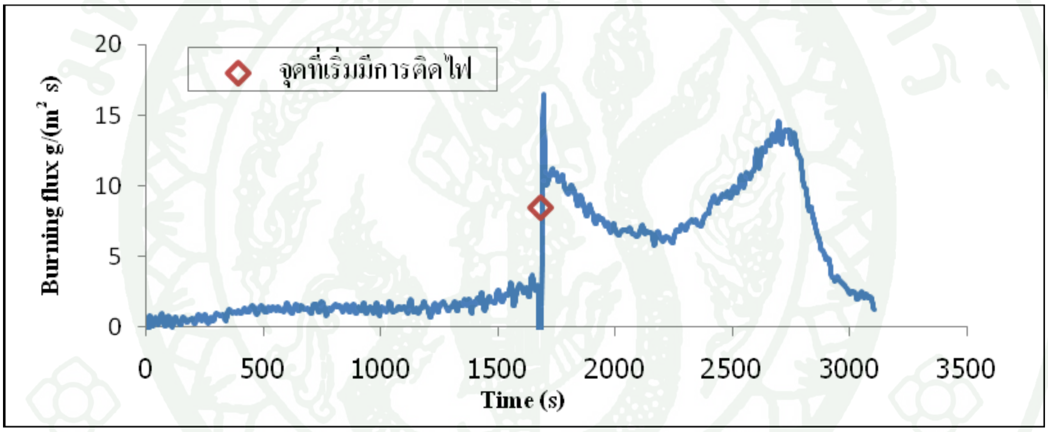


ภาพผนวกที่ ค264 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 15kW/m^2 (B 15-3)

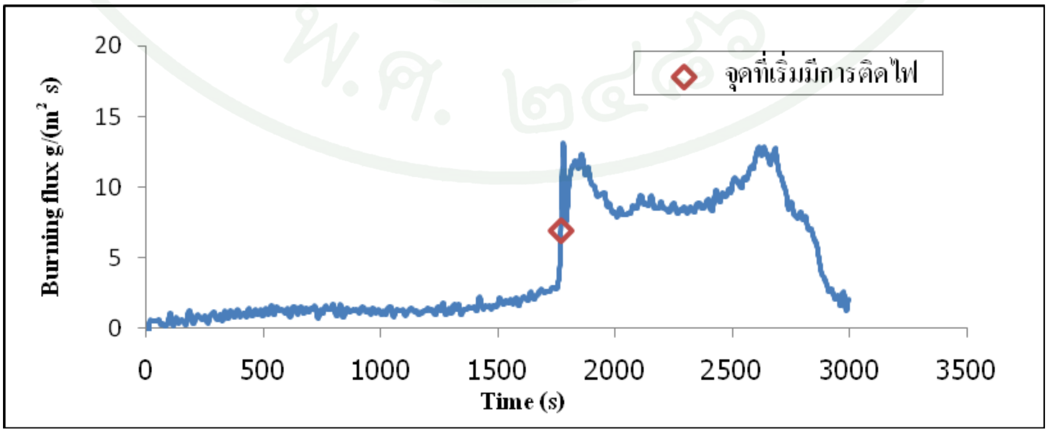
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค265 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-1)

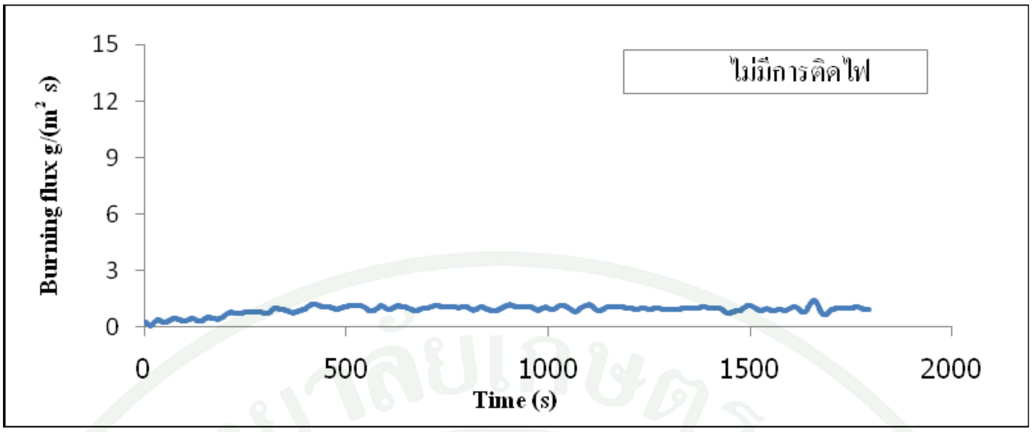


ภาพผนวกที่ ค266 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-2)

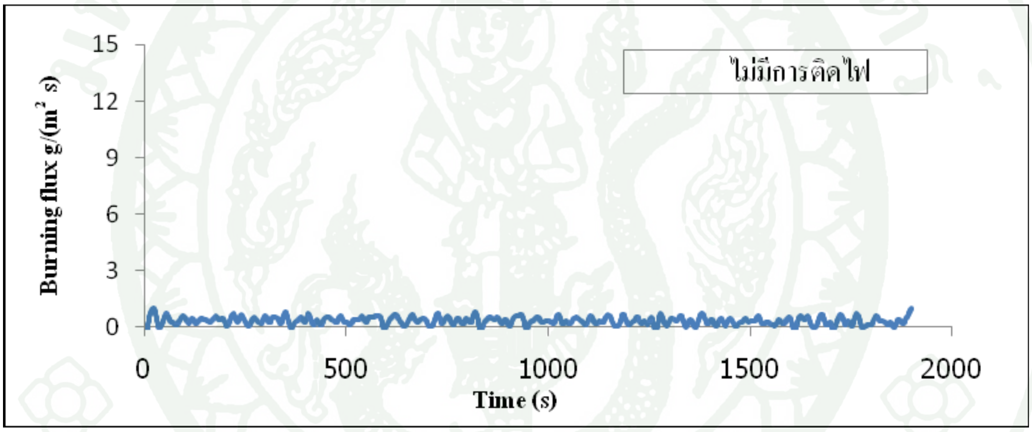


ภาพผนวกที่ ค267 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 13kW/m^2 (B 13-3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค268 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 12kW/m^2 (B 12-1)



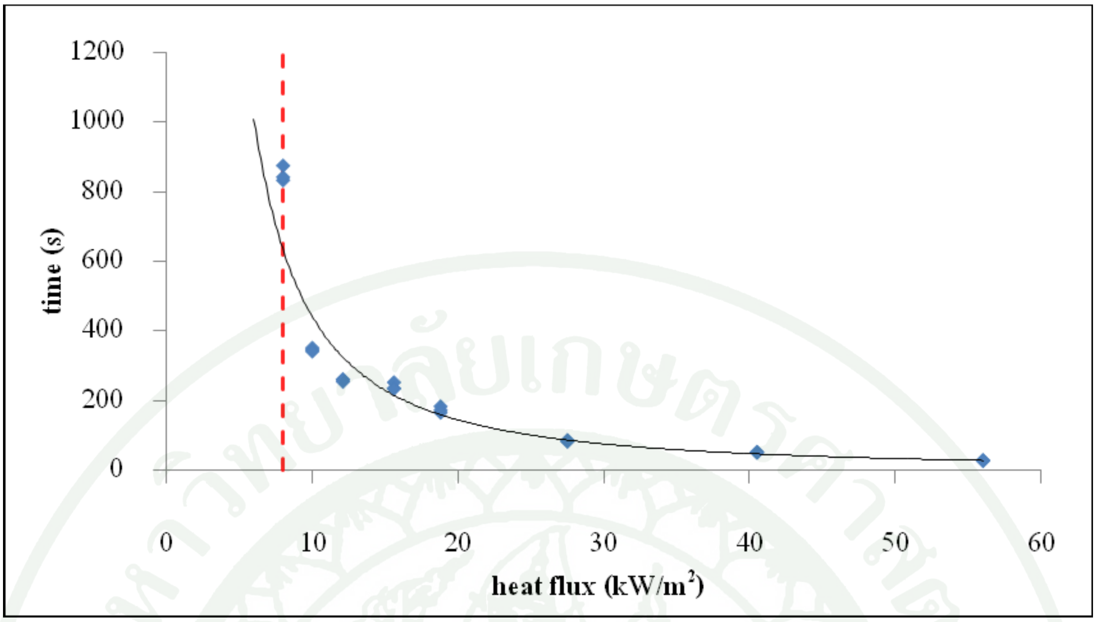
ภาพผนวกที่ ค269 แสดงฟลักซ์การเผาไหม้ของไม้บีช หนา 24 mm ที่ 12kW/m^2 (B 12-2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

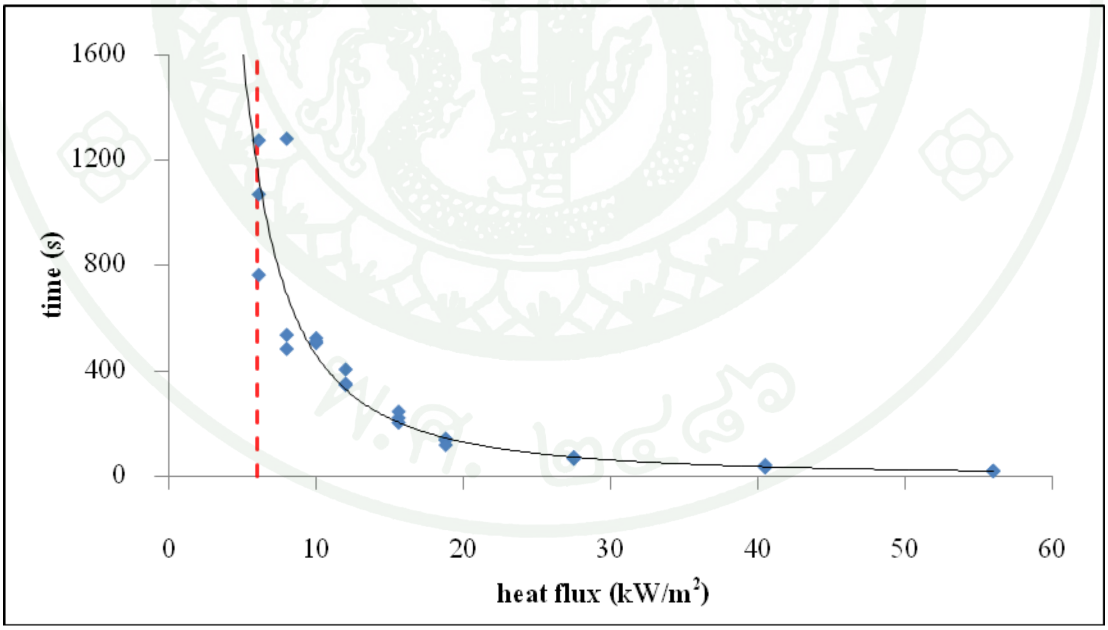
ภาคผนวก ง

กราฟแสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟกับระดับความร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

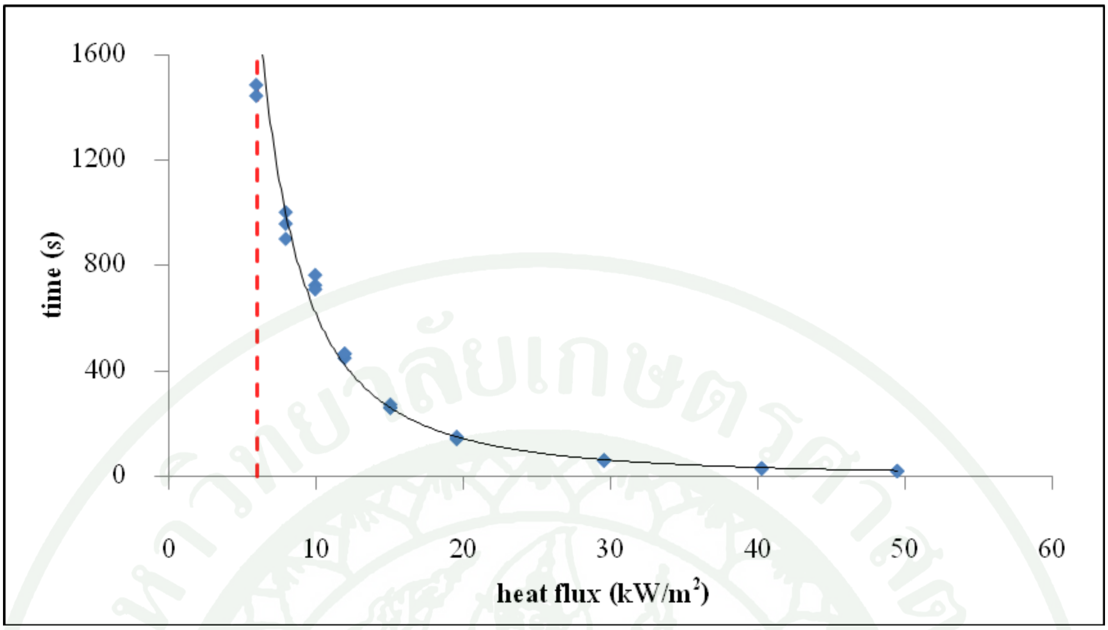


ภาพผนวกที่ ง1 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ Hard board ความหนา 3 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 8 kW/m^2

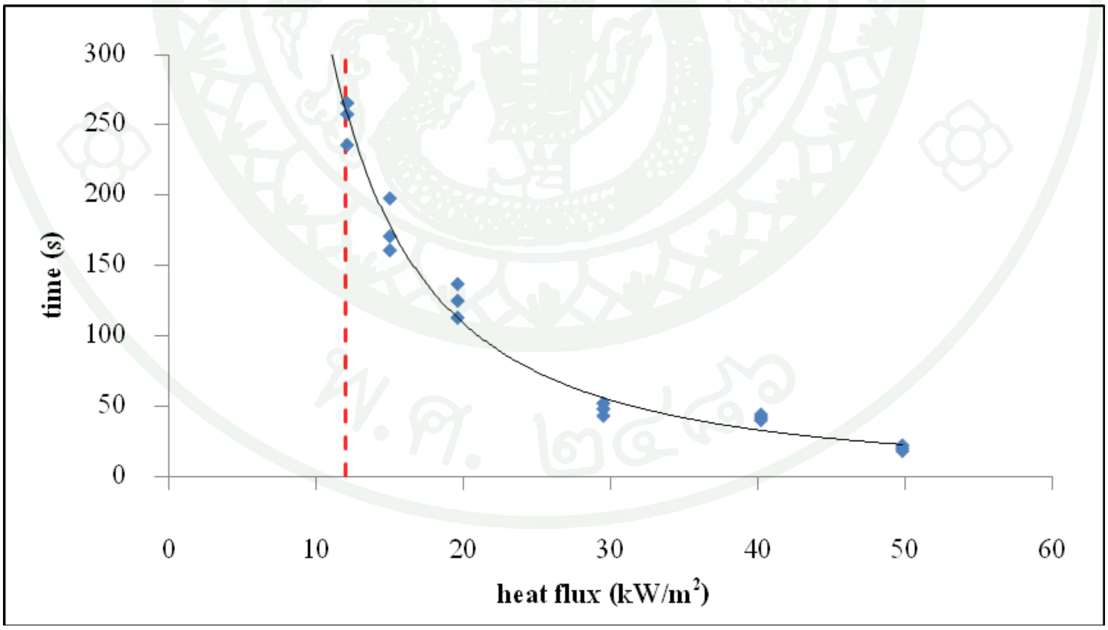


ภาพผนวกที่ ง2 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ MDF ความหนา 3 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 6 kW/m^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

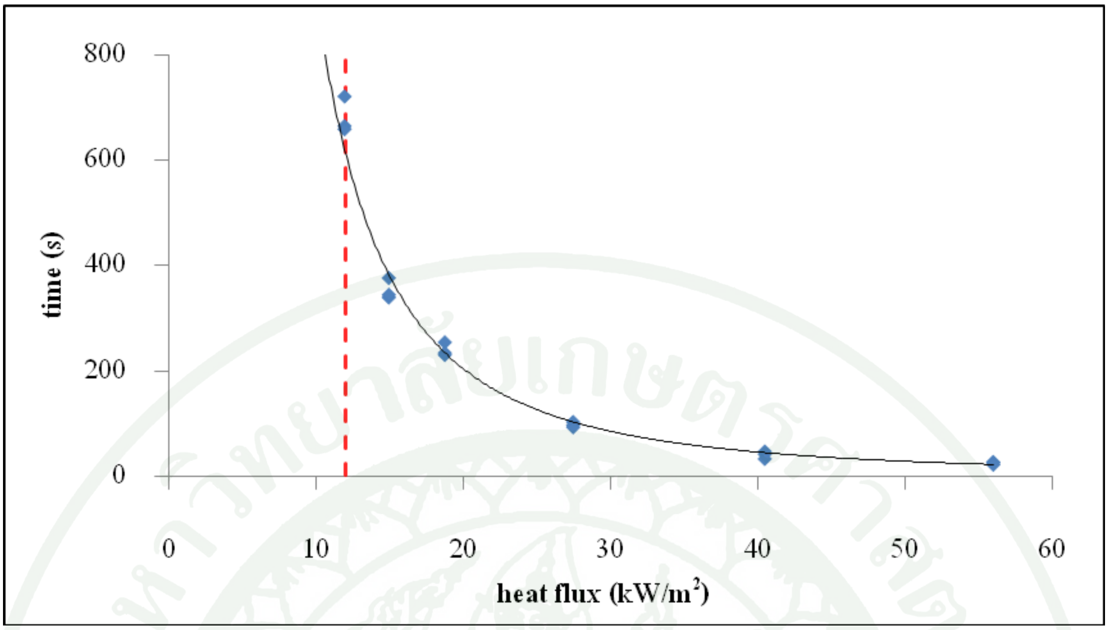


ภาพผนวกที่ ง3 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ MDF ความหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 6 kW/m^2

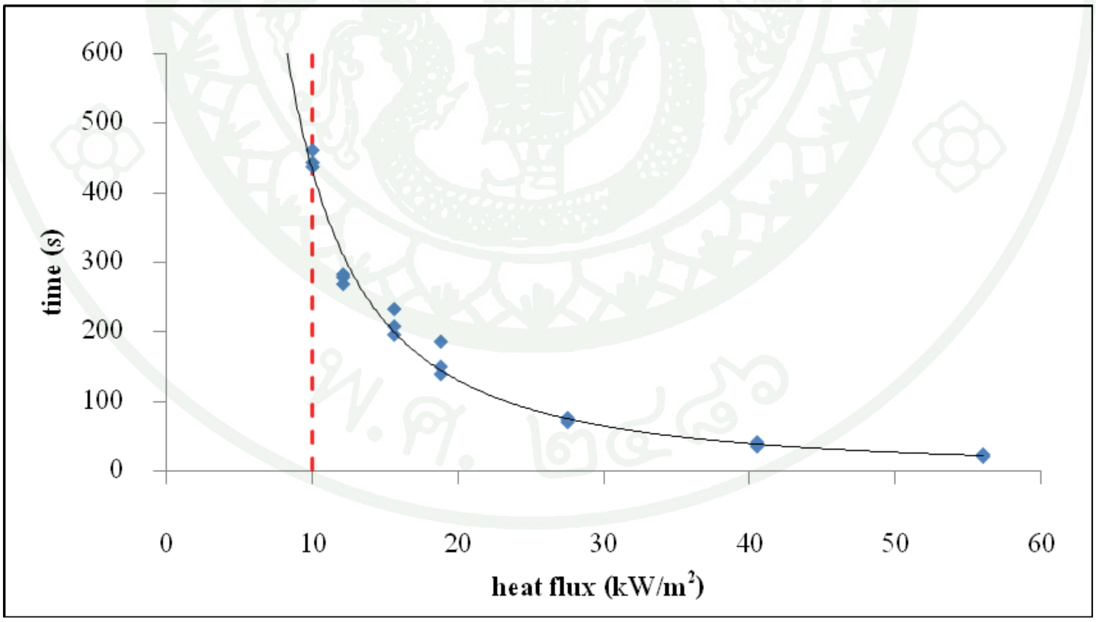


ภาพผนวกที่ ง4 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้อัดยาง ความหนา 4 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 12 kW/m^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

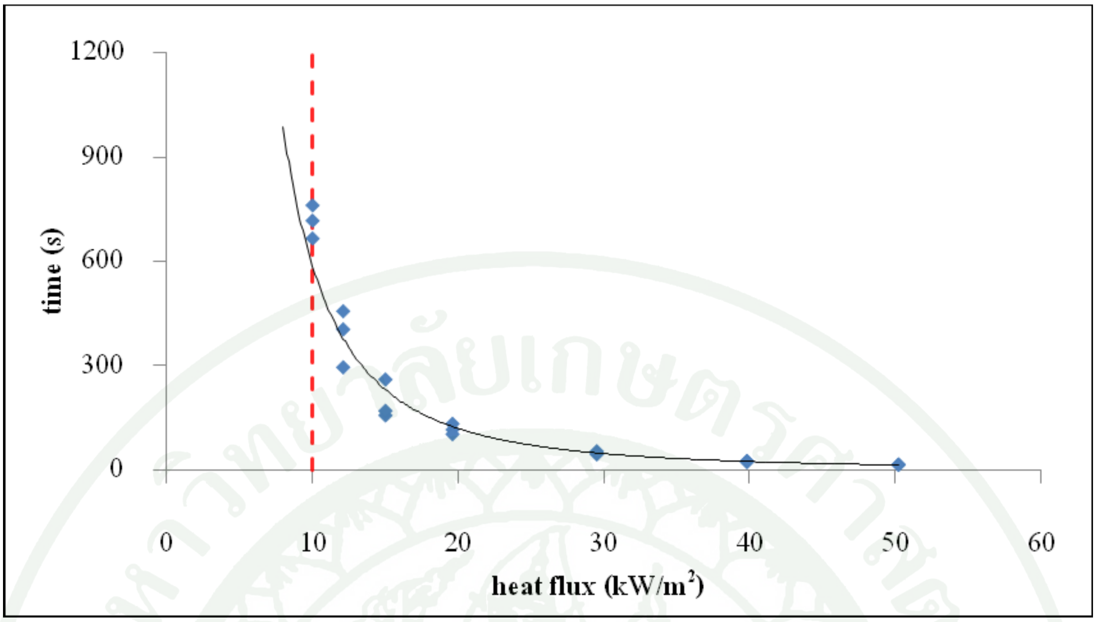


ภาพผนวกที่ ง5 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้อัดยาง ความหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 12 kW/m^2

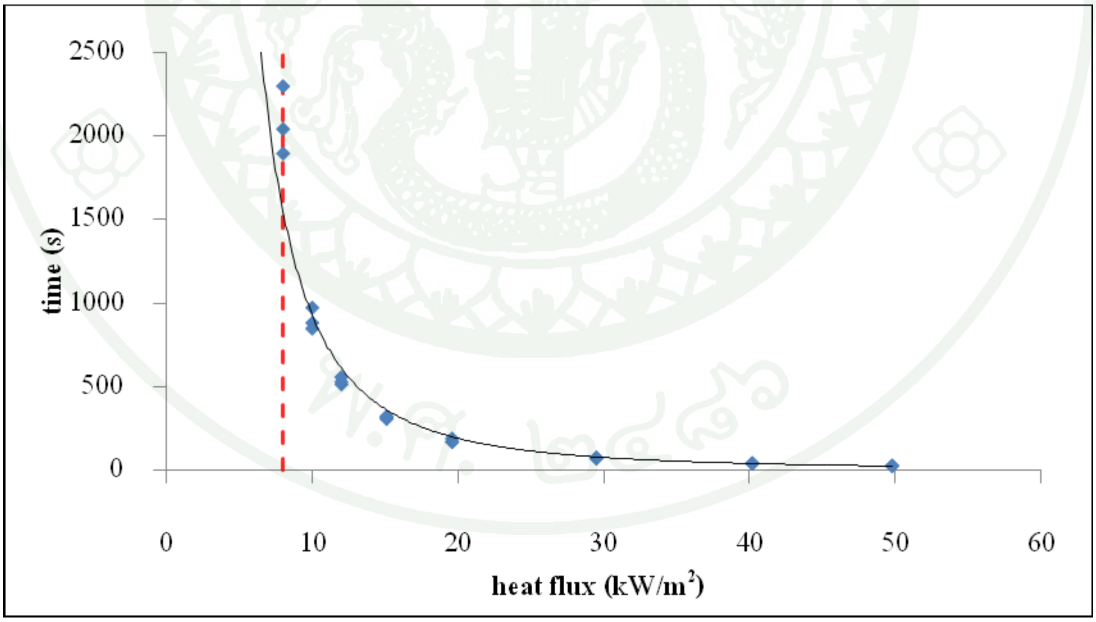


ภาพผนวกที่ ง6 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้อัดสัก ความหนา 4 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 10 kW/m^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

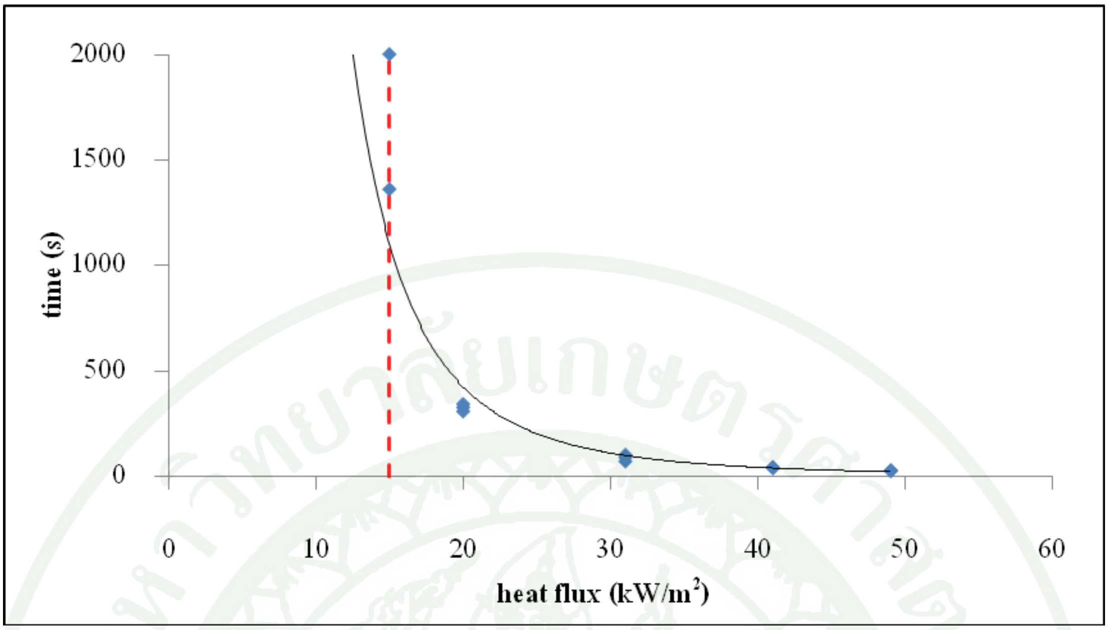


ภาพผนวกที่ ง7 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้อัดสัก ความหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 10 kW/m^2

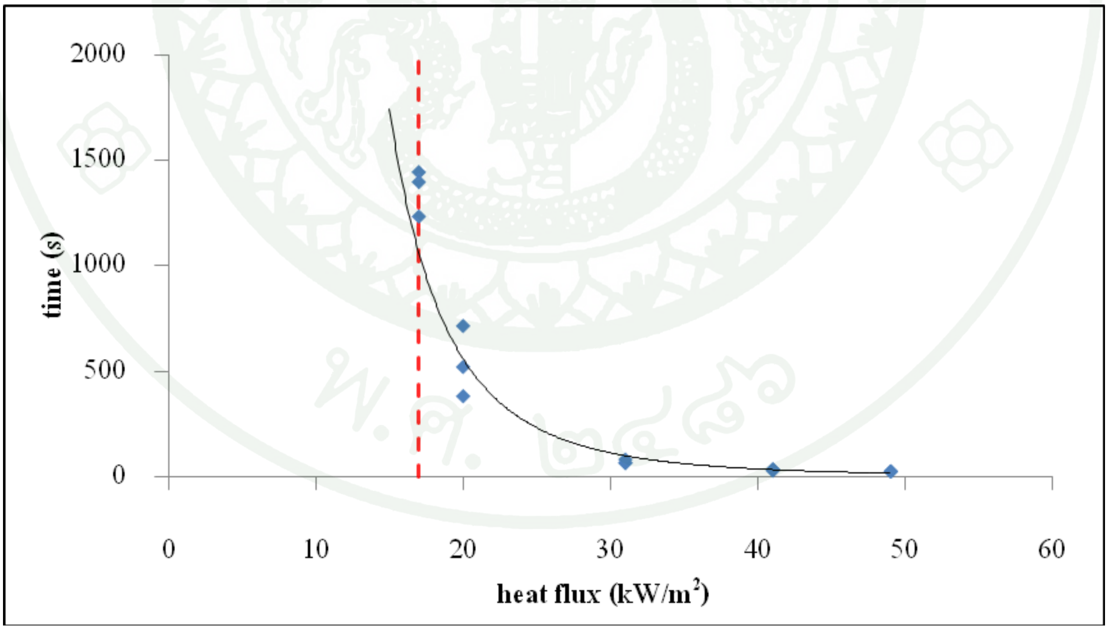


ภาพผนวกที่ ง8 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ แผ่นพาร์ติเกิ้ล ความหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 8 kW/m^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

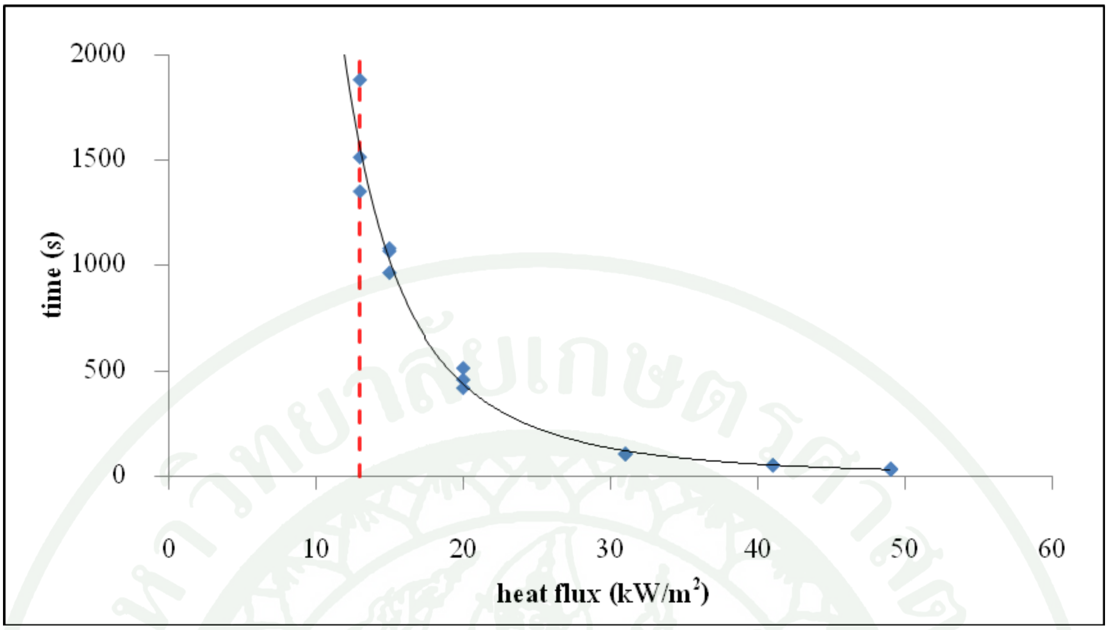


ภาพผนวกที่ ง9 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้ยางพารา ความหนา 20 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 15 kW/m^2

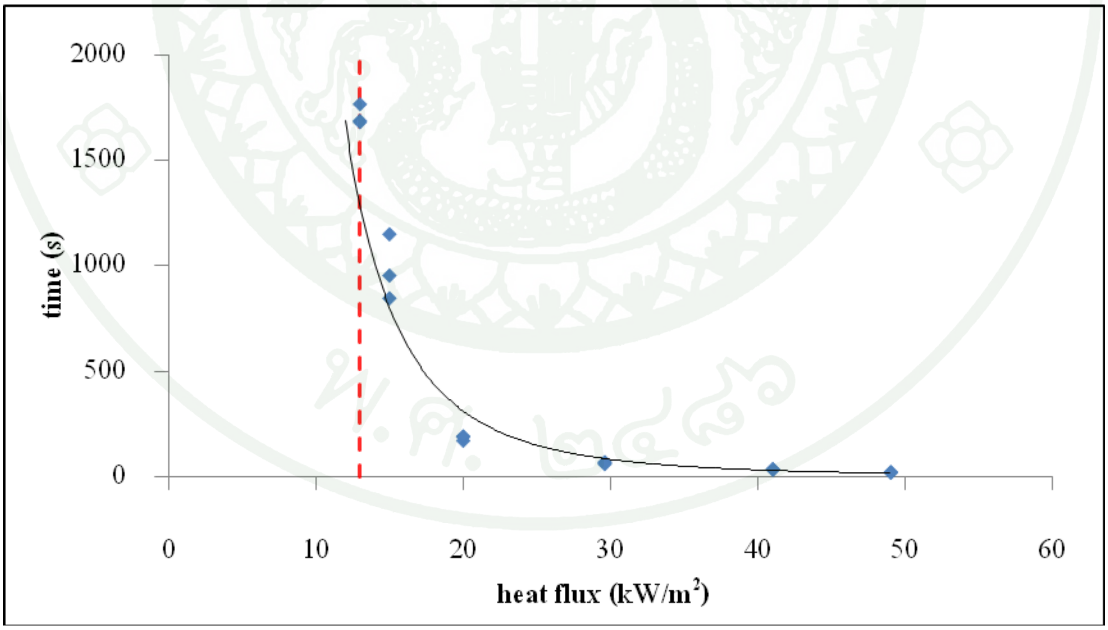


ภาพผนวกที่ ง10 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้สัก ความหนา 20 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 17 kW/m^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ง11 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้มะค่า ความหนา 20 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 13 kW/m^2



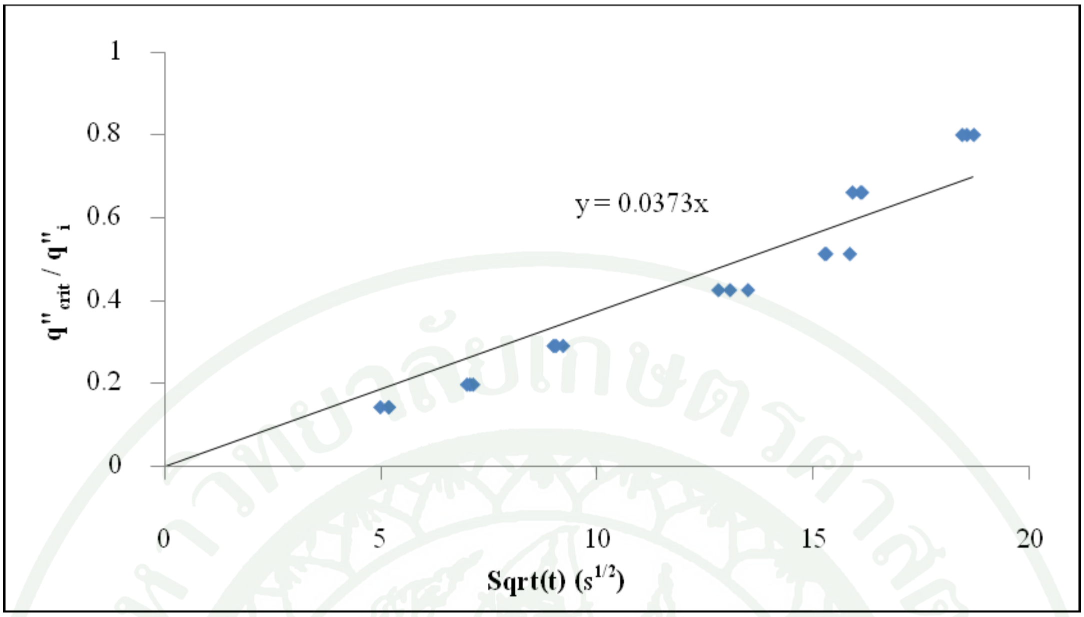
ภาพผนวกที่ ง12 แสดงความสัมพันธ์เวลาการจุดติดไฟ กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ ไม้บีช ความหนา 24 มิลลิเมตร มีค่าฟลักซ์ความร้อนวิกฤตเท่ากับ 13kW/m^2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

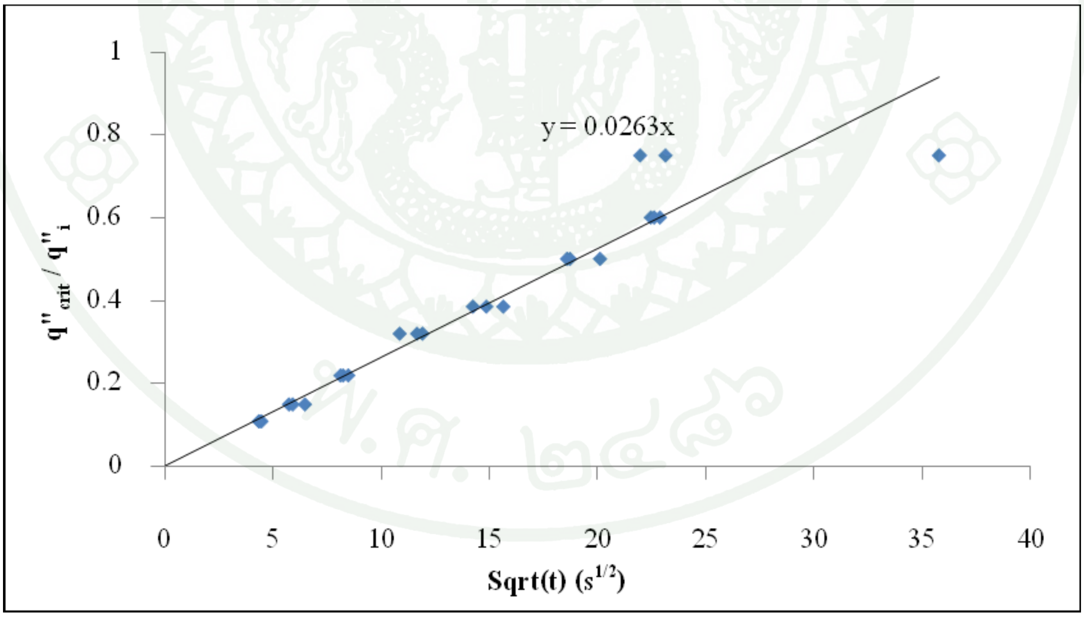
ภาคผนวก จ

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_{i}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

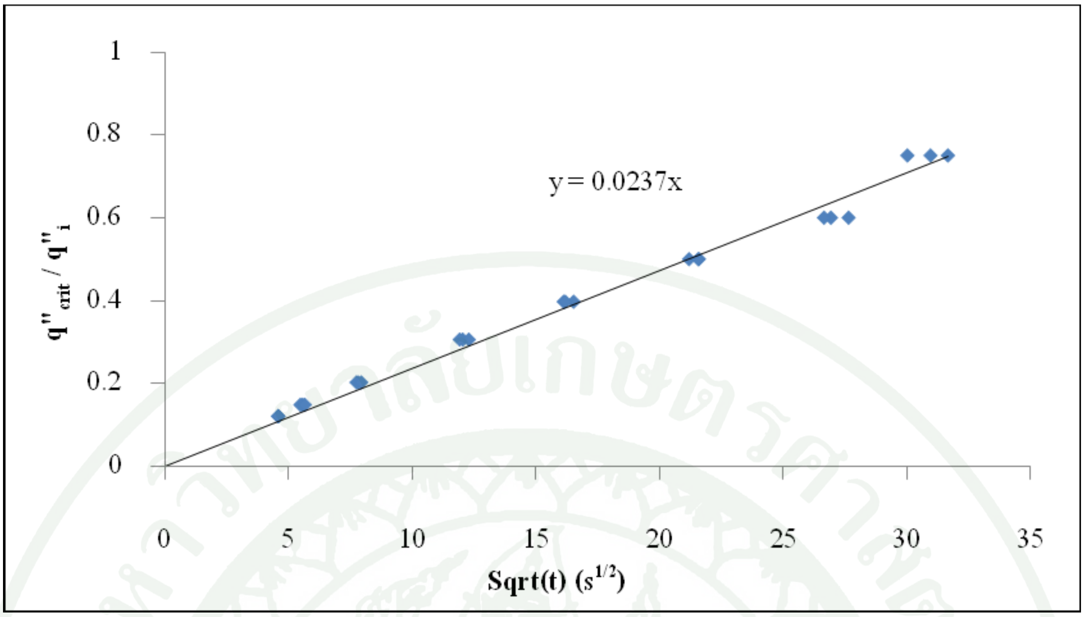


ภาพผนวกที่ จ1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_{i}$ ของhardboardหนา 3 mm ได้ b =0.037

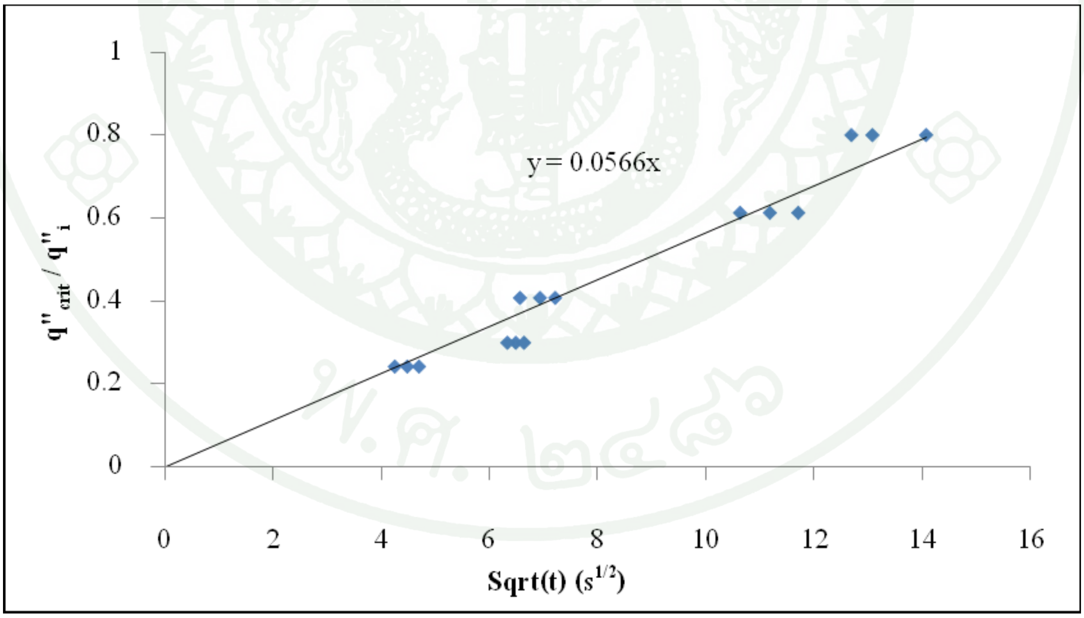


ภาพผนวกที่ จ2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_{i}$ ของ MDF หนา 3 mm ได้ b = 0.026

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

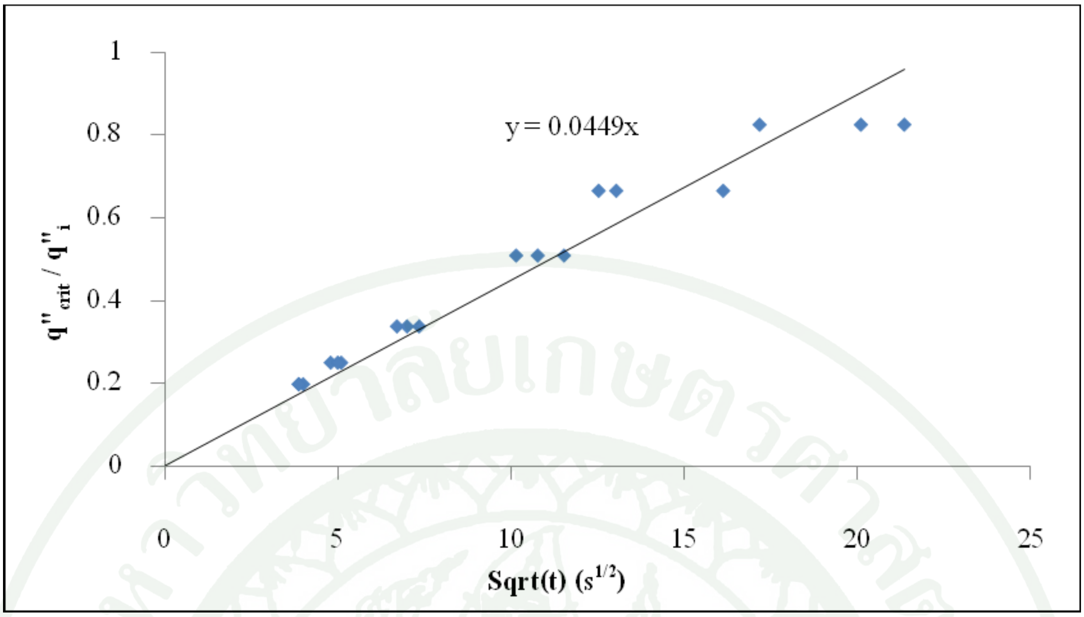


ภาพผนวกที่ จ3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของMDF หนา 6 mm ได้ b = 0.023

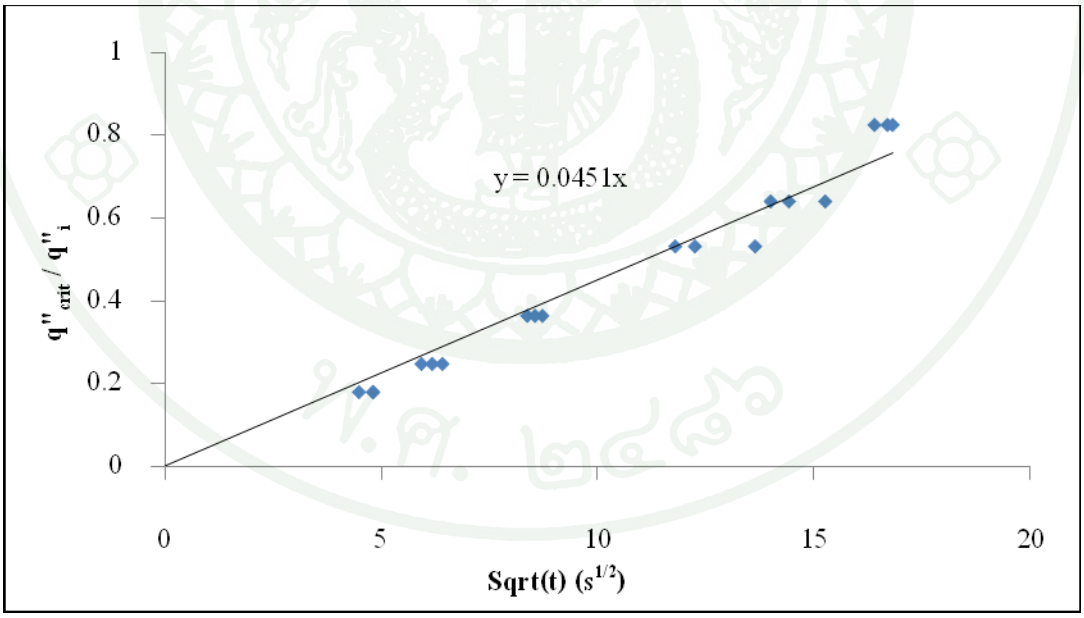


ภาพผนวกที่ จ4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้อัดยาง หนา 4 mm ได้ b = 0.056

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

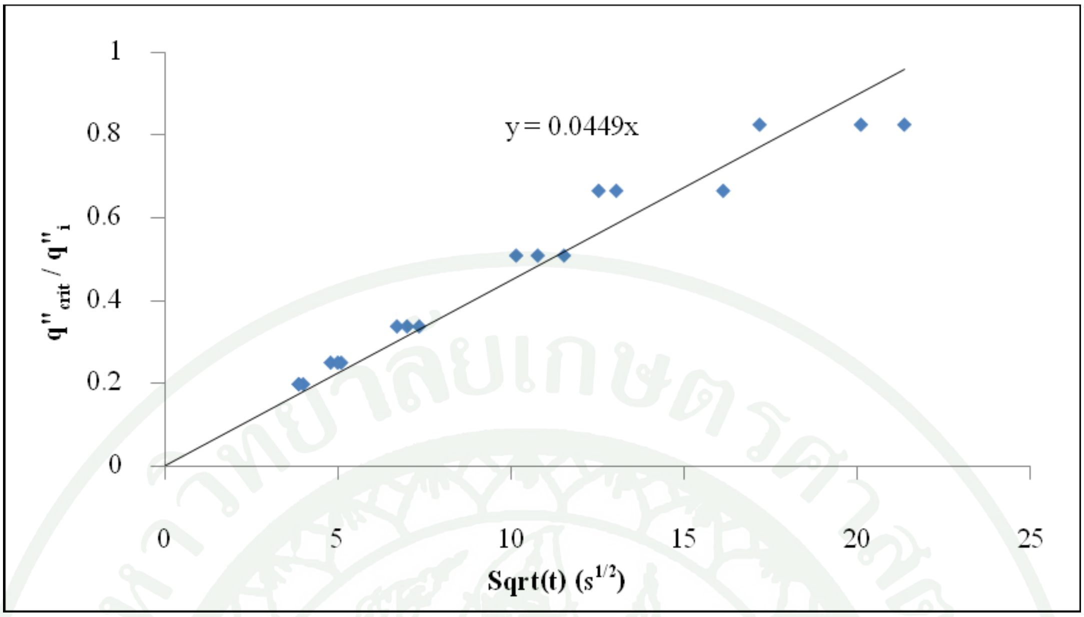


ภาพผนวกที่ จ5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_{i}$ ของไม้อัดยาง หนา 6 mm ได้ b = 0.042

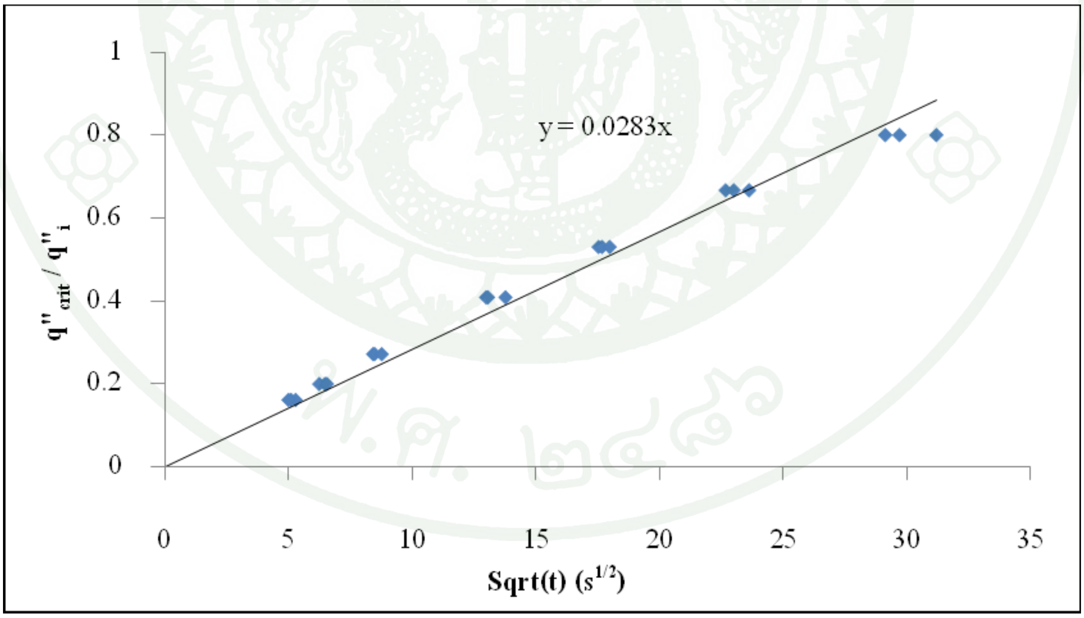


ภาพผนวกที่ จ6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_{i}$ ของไม้อัดสัก หนา 4 mm ได้ b = 0.045

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

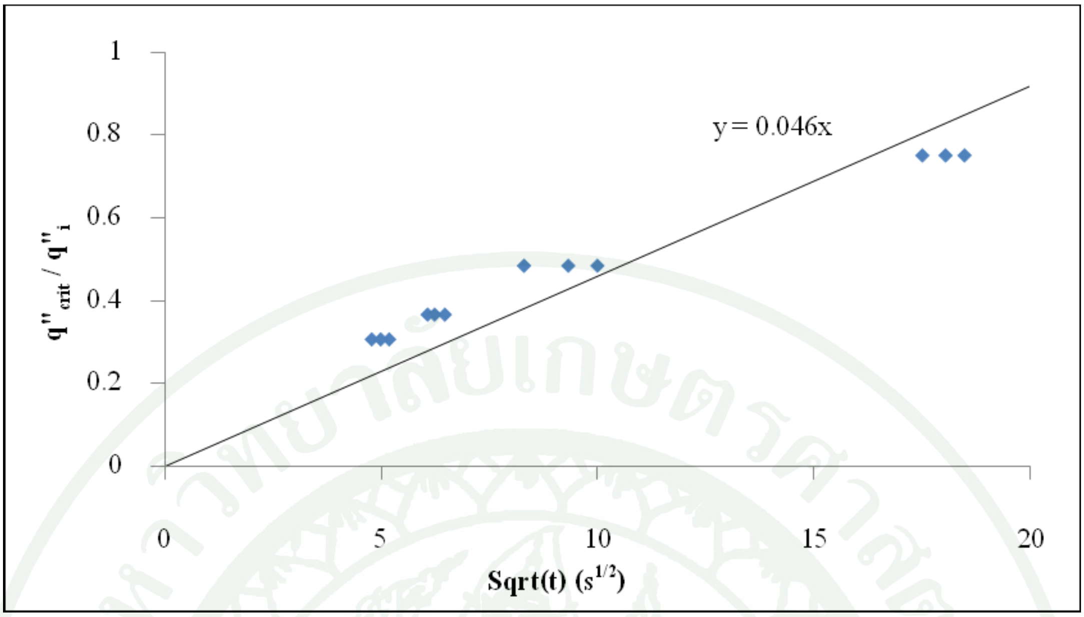


ภาพผนวกที่ จ7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_{i}$ ของไม้อัดสัก หนา 6 mm ได้ b = 0.044

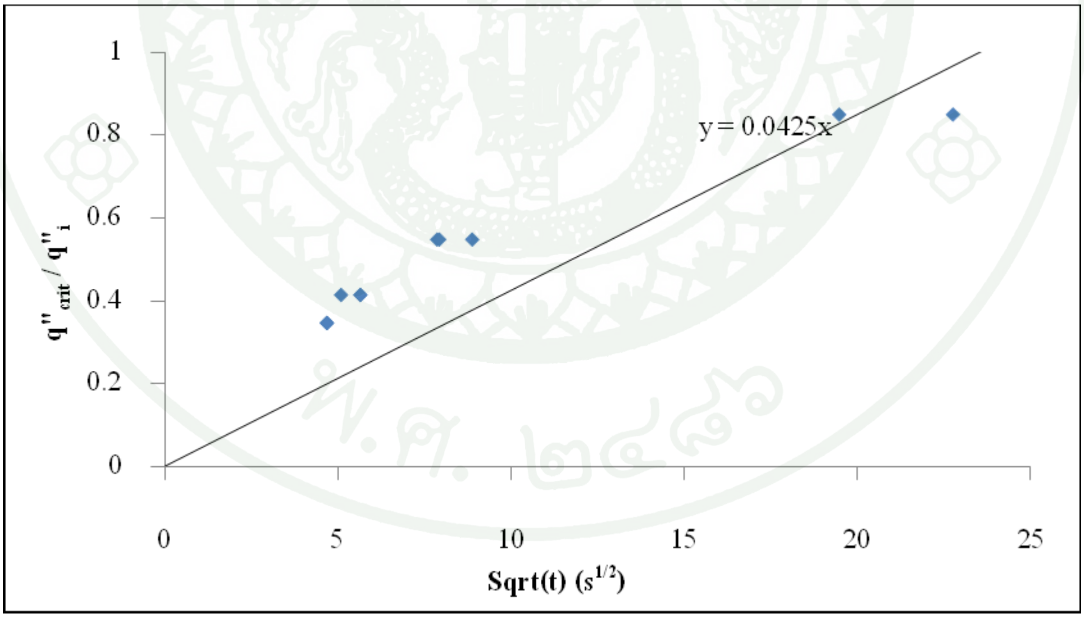


ภาพผนวกที่ จ8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_{i}$ ของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา16mm ได้b = 0.028

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

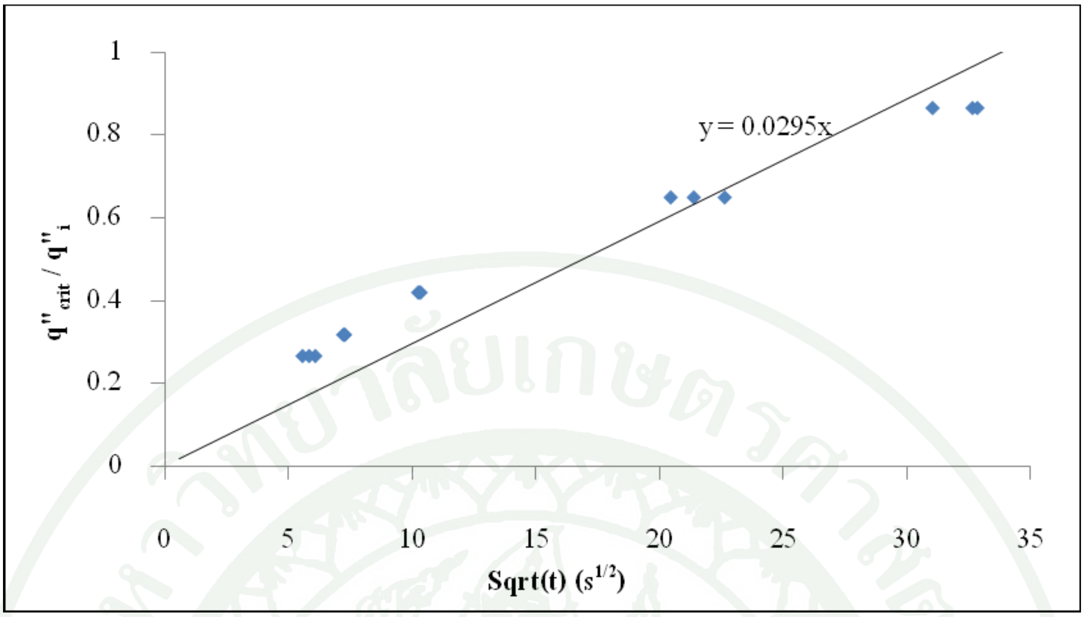


ภาพผนวกที่ จ9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_{i}$ ของไม้ยางพารา หนา20 mm ได้ b = 0.046

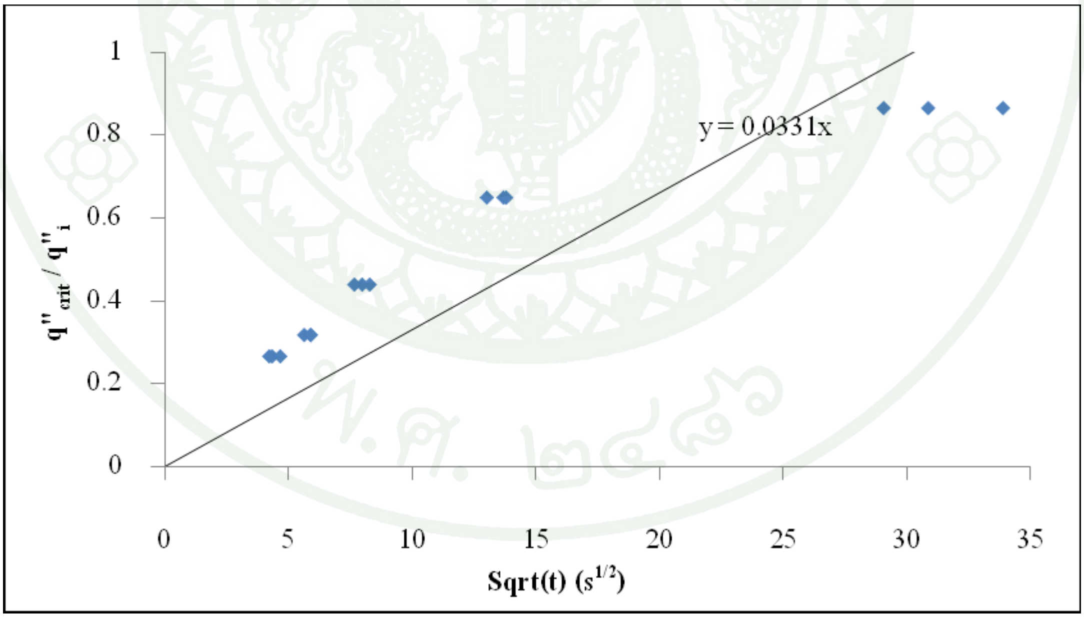


ภาพผนวกที่ จ10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_{i}$ ของไม้สัก หนา 6 mm ได้ b = 0.042

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ จ11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้มะค่า หนา 6 mm ได้ b = 0.029



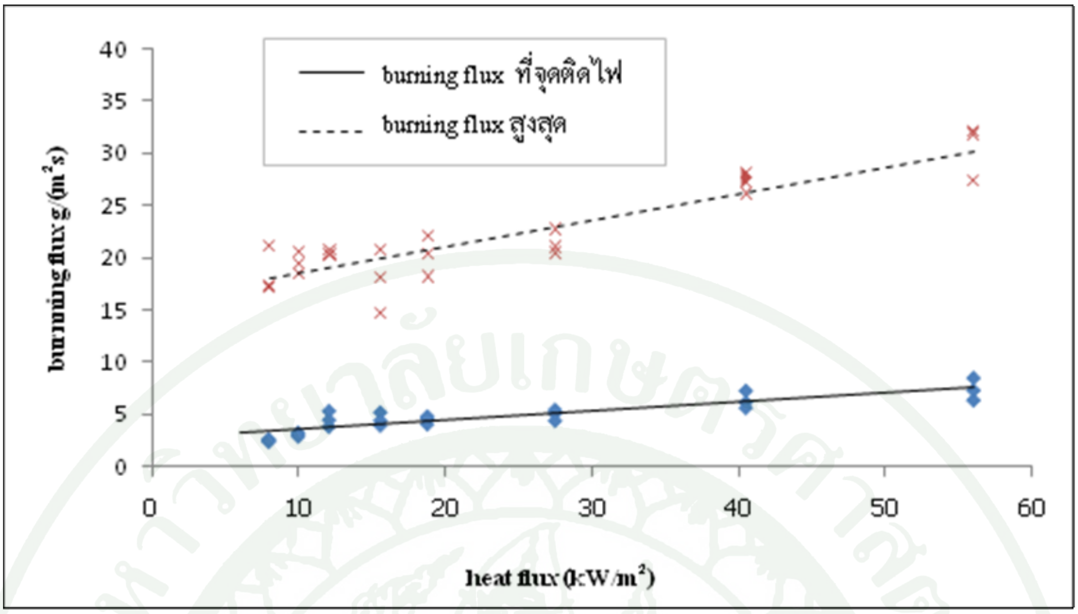
ภาพผนวกที่ จ12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sqrt{t_{ig}}$ กับ $\dot{q}''_{crit}/\dot{q}''_i$ ของไม้บีช หนา 6 mm ได้ b = 0.033

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

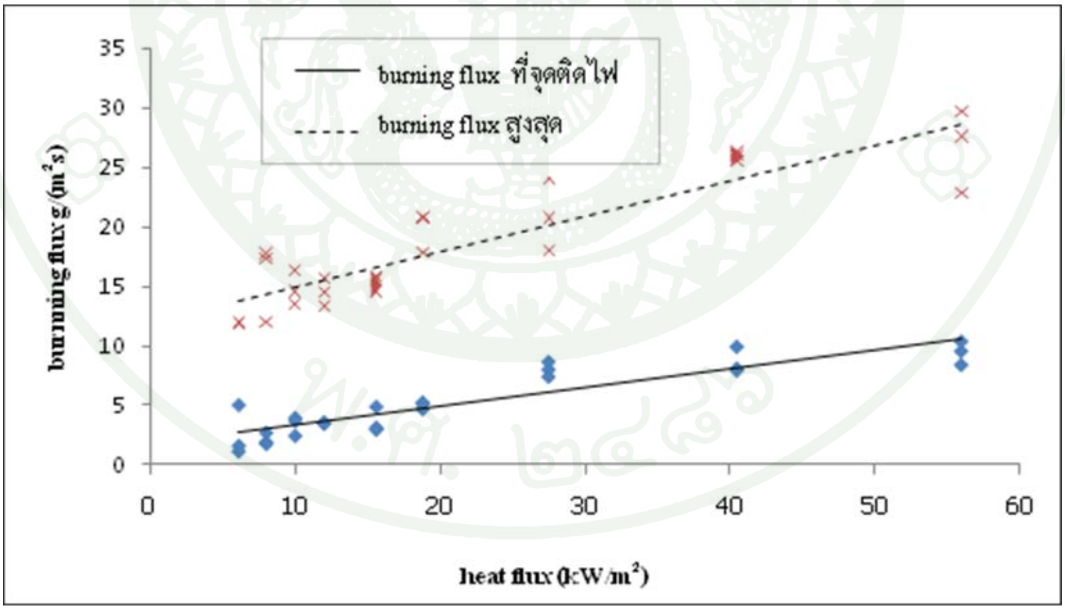
ภาคผนวก ฉ

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

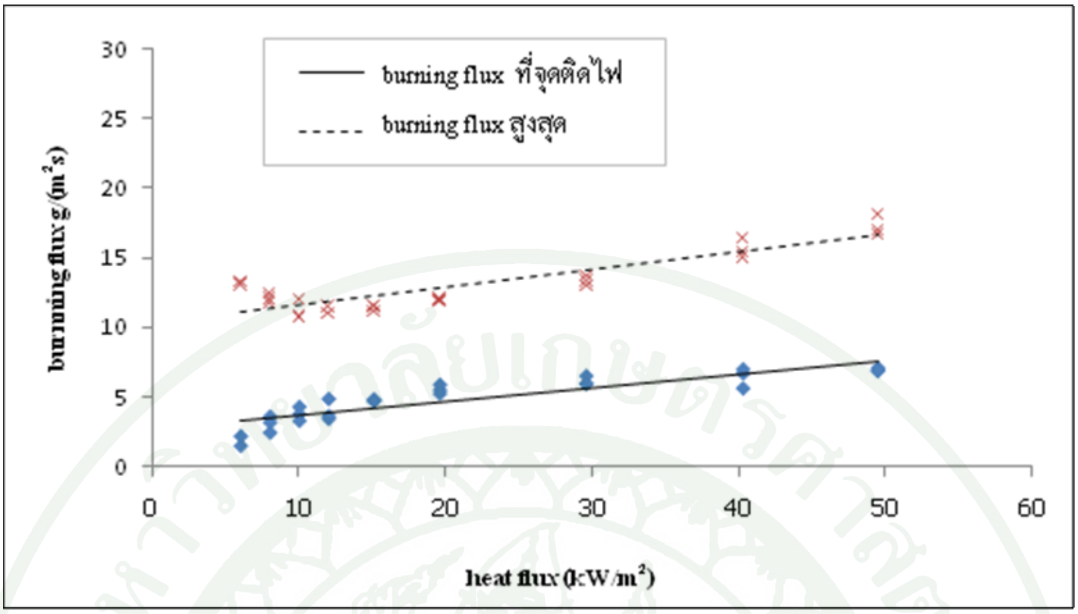


ภาพผนวกที่ ฉ1 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของhardboard หนา 3 mm

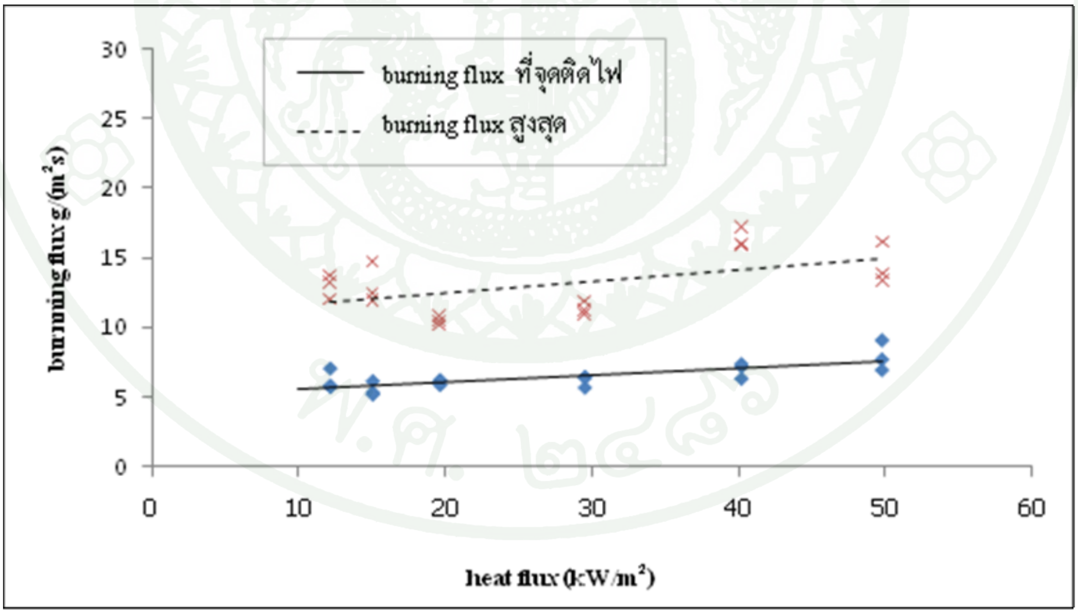


ภาพผนวกที่ ฉ2 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ MDF หนา 3 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

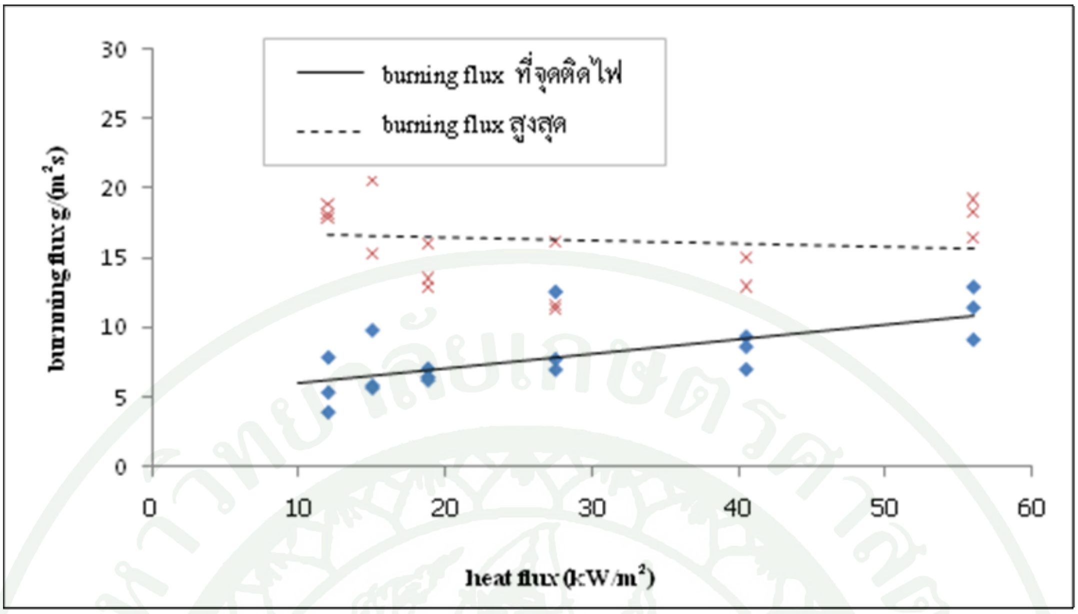


ภาพผนวกที่ ฉ3 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของ MDF หนา 6 mm

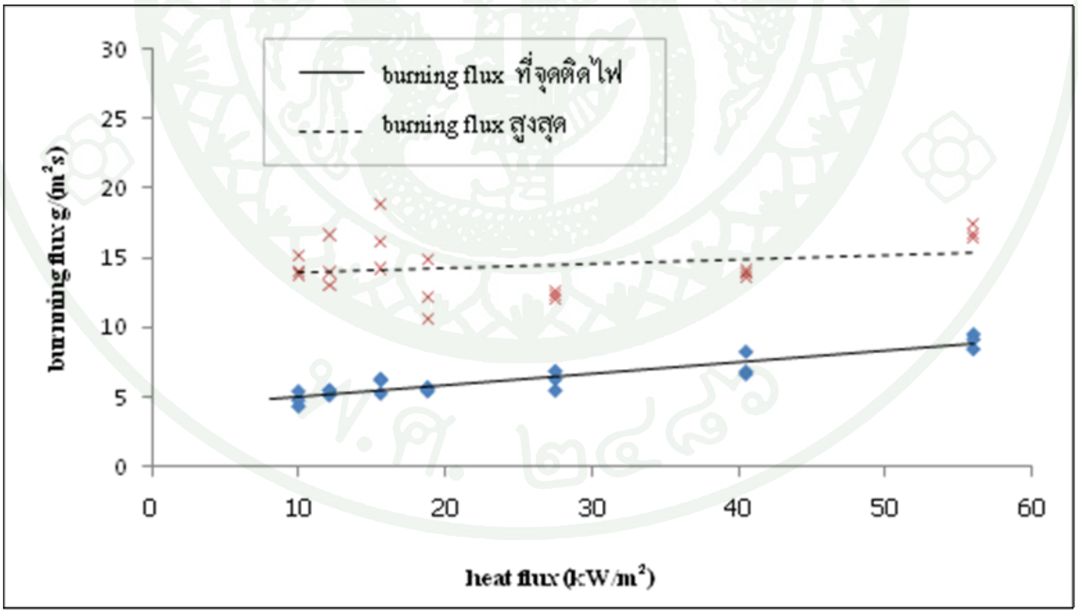


ภาพผนวกที่ ฉ4 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้อัดยาง หนา 4 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

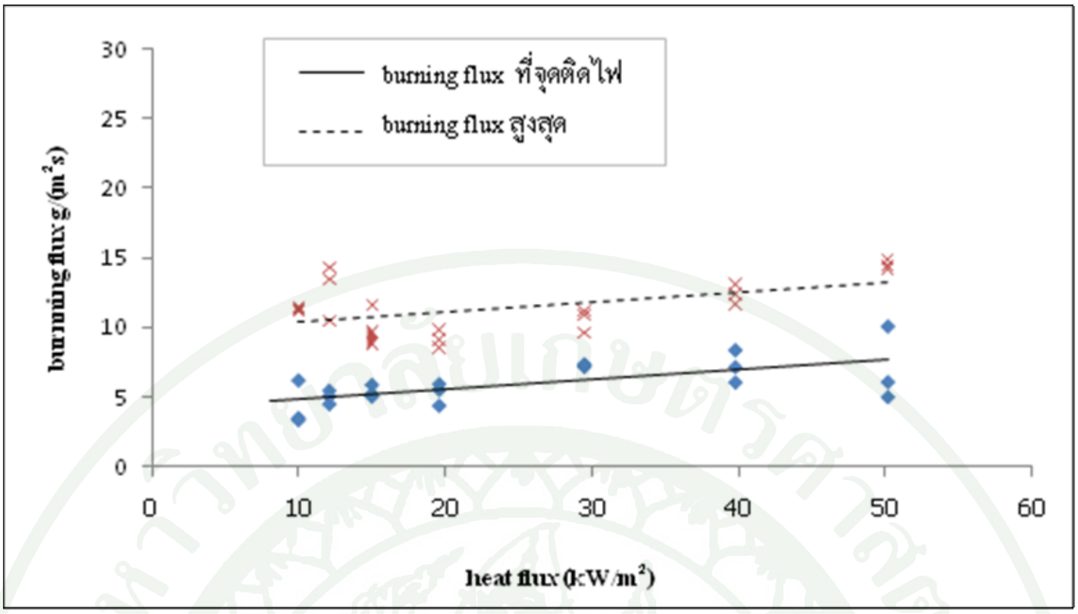


ภาพผนวกที่ ฉ5 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้อัดยาง หนา 6 mm

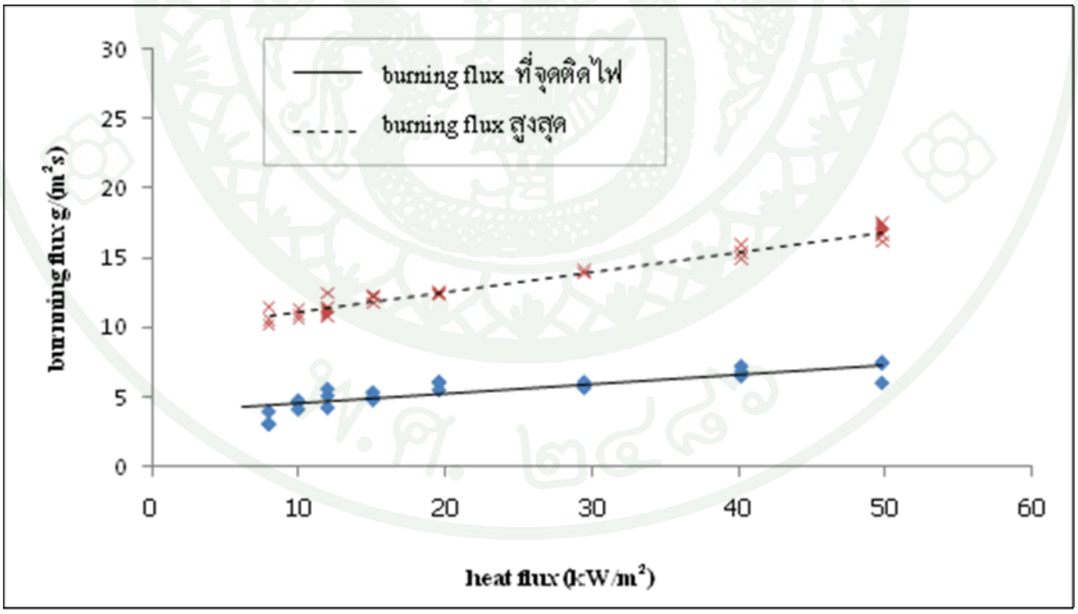


ภาพผนวกที่ ฉ6 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้อัดสัก หนา 4 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

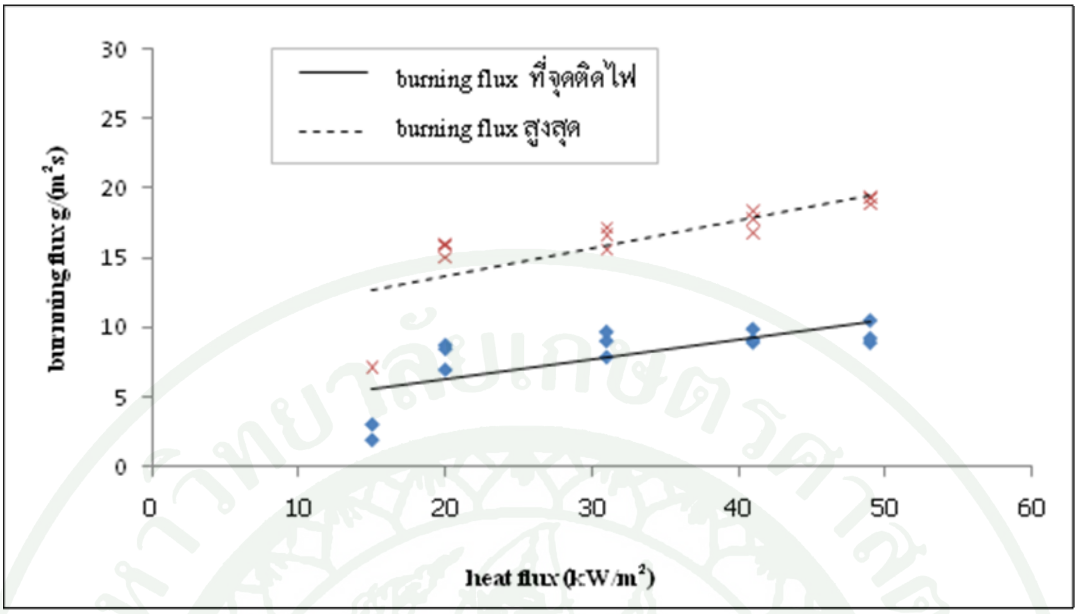


ภาพผนวกที่ ฉ7 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้อัดสัก หนา 6 mm

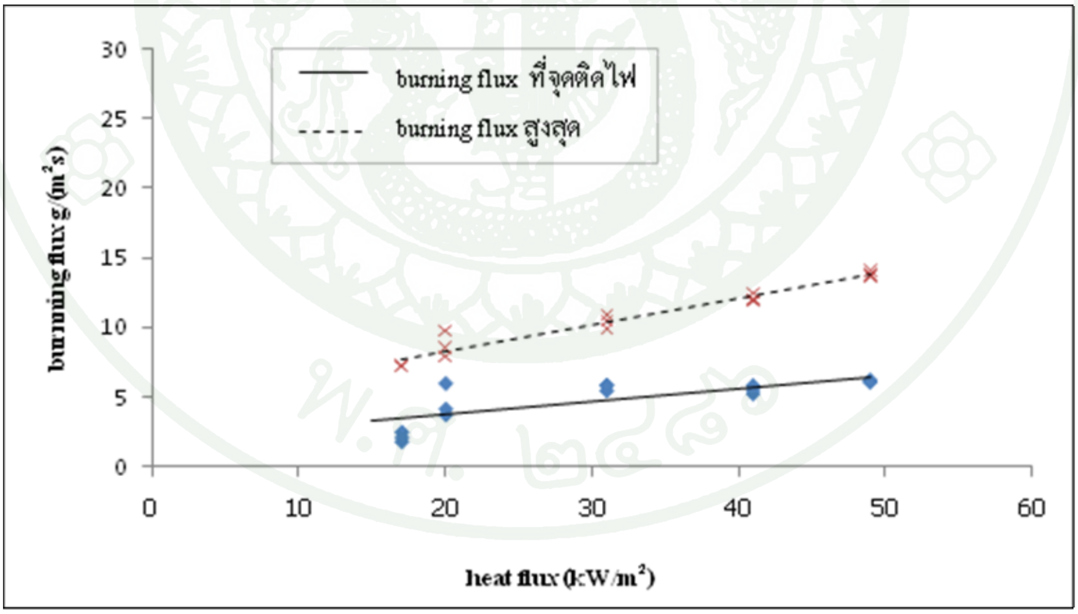


ภาพผนวกที่ ฉ8 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของแผ่นพาร์ติเกิ้ล หนา 16 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

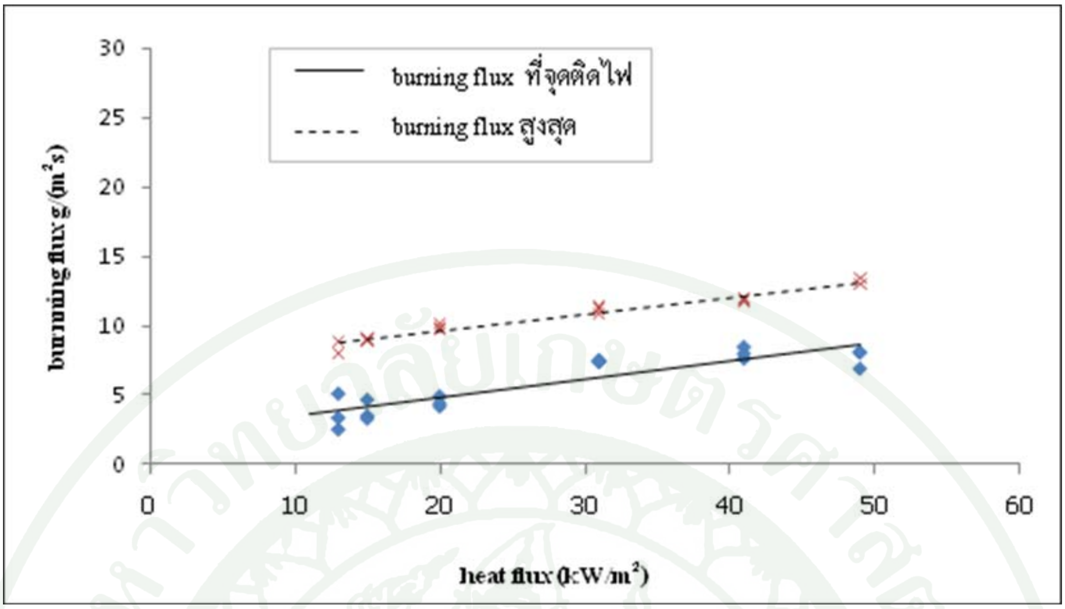


ภาพผนวกที่ ฉ9 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้ยางพารา หนา 20 mm

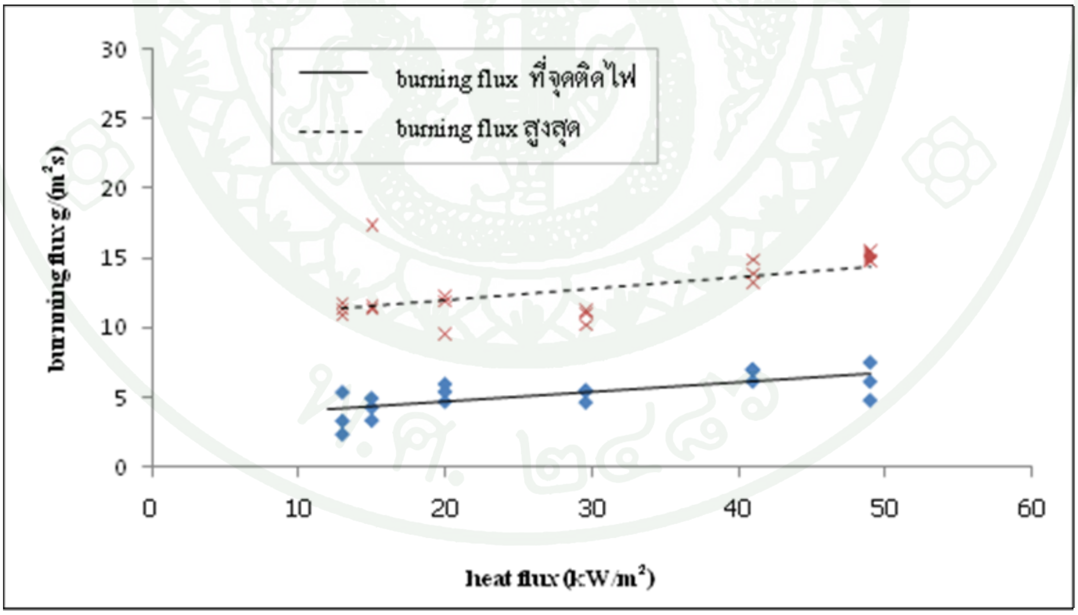


ภาพผนวกที่ ฉ10 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้สักหนา 20 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ฉ11 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้มะค่า หนา 20 mm



ภาพผนวกที่ ฉ12 แสดงความสัมพันธ์ของ burning flux กับระดับฟลักซ์ความร้อนของไม้บีช หนา 24 mm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายศิรเวทย์ จรัสปรีดาลาภ
เกิดวันที่	23 มกราคม 2528
สถานที่เกิด	อำเภอเบตง จังหวัดยะลา
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์