รายงานวิจัย

แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า

Garden Decorative Concrete Panels from Waste Paper and Rubber Wood Ash from Power Plants

เมธิยา หมวดฉิม

ซันวานี จิใจ

นฤมล ทองมาก

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษาประจำปี 2564

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

หัวข้อวิจัย แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า
ชื่อผู้วิจัย เมธิยา หมวดฉิม
ซันวานี จิใจ
นฤมล ทองมาก
คณะ/หน่วยงาน วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
มหาวิทยาลัย ราชภัฏยะลา
ปีงบประมาณ 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราและทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน ซึ่งออกแบบการทดลอง 6 ชุดการทดลอง โดยใช้กระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราแทนที่ปูนซีเมนต์ที่แตกต่างกัน อัตราส่วนโดยน้ำหนักของซีเมนต์: กระดาษ :ขี้เถ้าไม้ยางพารา เท่ากับ 1 : 0.0 : 0.0 0.8 : 0.1 : 0.1 0.6: 0.2 : 0.2 0.4 : 0.3 : 0.3 0.8 : 0.2 : 0.0 และ 0.8 : 0.0 : 0.2 พบว่าคุณสมบัติของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน เช่น ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน การแข็งตัว ค่าการดูดซึมน้ำ และการรองรับน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนอัตราส่วนโดยน้ำหนักของซีเมนต์: กระดาษ : ขี้เถ้าไม้ยางพารา เท่ากับ 0.8 : 0.1 : 0.1 มีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุมมากที่สุด สำหรับชุดการทดลองที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้ คือ ชุดการทดลองที่ 5 ที่มีอัตราส่วนผสมของการแทนที่ด้วยกระดาษอย่างเดียว เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพไม่สมบูรณ์และมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมในการใช้งาน

คำสำคัญ: แผ่นคอนกรีต กระดาษเหลือทิ้ง ขี้เถ้าไม้ยางพารา โรงไฟฟ้า

Research Title Garden decorative concrete panels from waste paper and rubber wood ash from power plants

Researchers Maytiya Muadchim

Sunwanee Jijai

Narumol Thongmak

Faculty/section Science Technology and Agriculture

University Yala Rajabhat University

Year 2021

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the mixed ratio in the production of decorative concrete slabs from waste paper and rubber wood ash including to test the properties of the decorative garden slabs. The experiment consisted of six treatments which ratio by weight of cement: paper: rubber wood ash was equal to 1: 0.0 : 0.0 (treatment 1), 0.8 : 0.1 : 0.1 (treatment 2), 0.6: 0.2 : 0.2 (treatment 3), 0.4 : 0.3 : 0.3 (treatment 4), 0.8 : 0.2 : 0.0 (treatment 5) and 0.8 : 0.0 : 0.2 (treatment 6). The result show that properties of cement flooring paving slabs e.g. size, weight, completeness of the workpiece, hardening, water absorption and weight support of the garden decorative concrete slabs of treatment 1 and 2 were similar. However, the result found that was not usable was the treatment 5 with the paper-only replacement mixture ratio due to its physical incompleteness and unsuitable properties for use.

Keywords: Concrete panels, Waste paper, Rubber wood ash, Power plants

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงหลักสูตรวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตรที่คอยผลักดันให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณโรงฟฟ้ายะลากัลฟ์ ที่สนับสนุนขี้เถ้าโรงงานไม้ยางพารา ซึ่งทำให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เมธิยา หมวดฉิม

สิงหาคม 2564

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
YALA RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	**ก**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ข**
กิตติกรรมประกาศ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ฉ**
สารบัญภาพ	**ช**
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	18
3.2 วิธีการดำเนิการ	19
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	20
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	20
3.5 ระยะเวลาการทำวิจัย	21
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	22
4.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษ เหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า	22
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน	22
4.2 การทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทั่วไปแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า	25
4.2.1 การทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน	25

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 30

5.2 ข้อเสนอแนะ 31

สารบัญ (ต่อ)

บรรณานุกรม 32

ประวัติผู้วิจัย 35

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แผนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ช่วงปี 2554-2564 และช่วงปี 2556-2573	5
3.1 อัตราส่วนผสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน	19
4.1 ลักษณะการทดสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน	23
4.2 น้ำหนักและขนาดของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน	25
4.3 ระยะเวลาการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน	26
4.4 การทดสอบดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนในระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมง	27
4.5 การรองรับน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน	28
4.6 ราคาวัตถุดิบในการผลิต	28
4.7 ราคาต้นทุนแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน 1 แผ่น	29

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลโดยวิธีการเผาไหม้โดยตรง	8
3.2 ตัวอย่างแม่แบบตกแต่งสวนในการทดลอง	19

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อุตสาหกรรมของโรงไฟฟ้าชีวมวล เป็นกระบวนการเผาไหม้เพื่อให้พลังงานความร้อนและถ่ายเทความร้อนให้กับหม้อน้ำ (Boiler) เพื่อปั่นกังหันที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในกระบวนการเผาไหม้ เพื่อให้ได้พลังงานความร้อนนั้นจะมีเถ้าเกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากกระบวนการการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เถ้าไม้ยางพาราที่มีขนาดใหญ่หรือเถ้าหนัก (Bottom Ash) จะตกลงสู่ก้นเตา ส่วนเถ้าที่มีขนาดเล็ก คือประมาณ 1-200 ไมโครเมตร หรือเถ้าลอย (Fly Ash) จะลอยไปกับอากาศร้อนและถูกดักจับโดยเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator: ESP) เพื่อแยกฝุ่นออกจากก๊าซร้อนก่อนจะปล่อยอากาศร้อนออกทางปล่องควันโดยเถ้าลอยที่เกิดขึ้นมีปริมาณร้อยละ 80-95 ของเถ้าที่เกิดขึ้น ซึ่งถือว่ามีปริมาณมากโดยถ้าในการผลิตกระไฟฟ้า 22 เมกะวัตต์ ต้องใช้เศษไม้ยางพารา 750 ตัน ซึ่งจะได้เถ้าไม้ยางพาราประมาณ 15 ตัน เถ้ามีลักษณะเป็นผงฝุ่น น้ำหนักเบาสามารถฟุ้งกระจายได้ง่ายเป็นปัญหาในการกำจัดทิ้ง (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ , 2554)

การใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือทิ้งต่าง ๆ ที่ผู้คนส่วนใหญ่ มักไม่เห็นคุณค่าของการใช้ประโยชน์ มาใช้แทนปูนซีเมนต์ในอุตสาหกรรมการผลิตคอนกรีต ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตปูนซีเมนต์และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม ในการผลิตปูนซีเมนต์ 1 ตัน ตลอดจนการขนส่งปูนซีเมนต์ไปยังผู้จัดจำหน่ายมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกมา 973-980 กิโลกรัม ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 909 กิโลกรัม เกิดจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เพื่อให้ได้ปูนเม็ด แสดงให้เห็นว่าการเผาวัตถุดิบเพื่อผลิตปูนซีเมนต์เป็นกระบวนการที่ปล่อย CO_2 ออกสู่บรรยากาศมากที่สุด (พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์ และคณะ, 2548 อ้างอิงใน เตือนใจ ปิยัง, 2561)

การใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือใช้ทำให้เกิดประโยชน์มากขึ้นและเพิ่มมูลค่าของเศษวัสดุเหลือใช้ต่าง ๆ ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำวัสดุเหลือใช้เหล่านั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งกระดาษนับว่าเป็นสินค้าที่มีความสำคัญอย่างมากต่อการใช้ชีวิตประจำวันไปแล้ว แต่ในแต่ละวันกิจกรรมของมนุษย์มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระดาษเสมอ เช่น การทำงาน การหาความรู้ใหม่ แม้ว่าจะสามารถอ่านเอกสารหรือหนังสือได้ตามสื่ออิเลคโทรนิคส์ก็ตาม บางครั้งอาจต้องมีการพิมพ์ออกมา เพื่อความสะดวกในการใช้ประโยชน์ หรืออ้างอิง ปฏิทิน กระดาษพิมพ์เขียน หนังสือเรียน หนังสือสารคดี เป็นต้น ปริมาณการใช้กระดาษของประเทศไทยในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น ใบปลิว ใบขอบริจาค แคทตาล็อค หนังสือ

ราชการหนังสือที่ใช้เรียนของนักเรียนและนักศึกษา เป็นต้น โดยเฉลี่ยมีค่าไม่ต่ำกว่า 45.6 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน (สนั่น ตั้งสถิต และคณะ, 2546) ส่งผลให้กระดาษที่ใช้แล้วมีจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้นำกลับมาใช้ใหม่ หรือพัฒนารูปร่างใหม่ ให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่น ๆ โดยเฉพาะ การรีไซเคิลกระดาษเหลือทิ้งรวมถึงกระดาษหนังสือพิมพ์ที่มีจำนวนมากในปัจจุบัน สามารถนำมาแปรรูปได้หลายแบบและสามารถนำมาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้จำนวนมาก (ณัฐพัชร สืบบัวแก้ว, 2557)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาแผ่นคอนกรีตที่ใช้กระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราแทนที่ปูนซีเมนต์บางส่วน ซึ่งจะเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งอย่างกระดาษที่ผ่านการใช้งานแล้วนำมารีไซเคิล เพื่อลดมลพิษจากการทำลายกระดาษ เช่น การเผา หรือการทิ้ง ส่วนขี้เถ้าไม้ยางพาราเป็นของเสียที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวล มาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งเป็นการช่วยลดมลพิษทางอากาศที่เกิดจากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ได้อีกด้วย (เตือนใจ ปียัง, 2561) นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางให้คนในท้องถิ่น ได้นำกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพารา ไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากกว่าจะนำไปทิ้งให้ก่อมลภาวะต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม ในการผลิตแผ่นคอนกรีตจากเศษกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพารา

1.2.2 เพื่อทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นคอนกรีตจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพารา เช่น ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน ระยะเวลาการแข็งตัว ค่าการดูดซึมน้ำ และการรองรับน้ำหนัก

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน โดยนำเอากระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้าชีวมวลจากไม้ยางพารา จังหวัดยะลา มาผสมตามสัดส่วนกับกระดาษ ทราย ปูน น้ำ และทำการผลิตเป็นแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน โดยหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนและทดสอบ ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน การแข็งตัว การดูดซึมน้ำ และการรองรับน้ำหนัก ซึ่งมีจำนวน 6 ชุดการทดลองโดยจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย นับตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2563 – สิงหาคม 2564

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำวัตถุดิบที่เหลือทิ้ง เช่น กระดาษ และขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า มาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนได้

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 คอนกรีต หมายถึง วัสดุผสมที่ใช้ในงานก่อสร้างประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ปูนซีเมนต์ วัสดุผสม (เช่น หิน ทราย หรือ กรวด) และ น้ำ โดยอาจจะมีสารเคมีเติมเพิ่มเข้าไปสำหรับคุณสมบัติด้านอื่น เมื่อผสมเสร็จคอนกรีตจะแข็งตัวอย่างช้า ๆ ซึ่งน้ำและซีเมนต์จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกันในลักษณะที่เรียกว่าการไฮเดรชัน โดย ซึ่งซีเมนต์จะเริ่มจับตัวกับวัสดุอื่นและแข็งตัว ในสถานะนี้จะนิยมเรียกกันว่าคอนกรีต ความแข็งแรงของคอนกรีตจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากที่ผสม และยังแข็งแรงขึ้นภายหลังจากการแข็งตัว โดยประมาณหลังจากแข็งตัวแล้ว 28 วัน ความแข็งแรงจะเริ่มคงที่ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2562)

1.5.2 ซีเมนต์ หรือ ปูนซีเมนต์ (Cement) หมายถึง วัสดุผสานสำหรับผลิตคอนกรีต มีส่วนผสมหลักคือ หินปูนและดินเหนียว และมีผสมอื่นเช่น ซิลิกา อะลูมินา สินแร่เหล็ก ยิปซั่ม และสารเพิ่มพิเศษอื่น ๆ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2562)

1.5.3 เถ้าไม้ยางพารา (Para-Wood Ash) หมายถึง ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการเผาเศษไม้ปีกไม้ และขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่เหลือทิ้งจากโรงเลื่อย โรงงานเฟอร์นิเจอร์โดยทำการเผาที่อุณหภูมิสูง (1,000 องศาเซลเซียส) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เถ้าจากการเผาที่เกิดขึ้นเรียกว่า “เถ้าลอย (Fly Ash)” ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์และมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 80-85 ของเถ้าที่เกิดขึ้นทั้งหมด เถ้าชนิดนี้มีน้ำหนักเบาและมีขนาดเล็กประมาณ 1-200 ไมโครเมตร มีองค์ประกอบหลักทางเคมีคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือซิลิกอนออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ เฟอร์ริกออกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ หากนำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มการเชื่อมประสาน ทำให้อิฐมีความแข็งแรงมากขึ้น (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2554)

1.5.4 เถ้าลอย (Fly Ash) เถ้าลอยเป็นของแข็งเม็ดกลมมีความละเอียด ซึ่งลอยขึ้นมาพร้อมกับอากาศที่ร้อน ที่เกิดจากการเผาไหม้ของถ่านหินที่บดละเอียด (Pulverized Coal) ในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า และ จะถูกจับด้วยเครื่องดักจับ (Precipitator) หลังจากนั้นจะถูกส่งต่อไปยังถังเก็บ ซึ่งถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงนี้ประกอบไปด้วย สารประกอบคาร์บอนและแร่ธาตุอื่น ๆ เช่น ดินดาน ดินเหนียว ซัลไฟด์ และคาร์บอเนต เมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิสูงในเตาเผา คุณสมบัติของสาร ประกอบต่าง ๆ ในถ่านหินจะเปลี่ยนไป ทั้งทางด้านกายภาพและด้านเคมีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในเตาเผา รวมทั้ง

วิธีการที่ท้าให้เย็นตัวของเถ้าลอย ซึ่งเถ้าลอยนี้ส่วนใหญ่เป็นออกไซด์ของซิลิกา และอะลูมินา (สำเร็จ สารมาคม, 2556)

1.5.5 เถ้าหนัก (Bottom Ash) เป็นวัสดุทิ้งมาจากผลลอยได้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าซึ่งมีซึ่งมีการนำเอาถ่านหินมาเผาเป็นเชื้อเพลิงในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าแหล่งใหญ่ของเถ้าถ่านหินในประเทศไทยมาจากการผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่อยู่ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยใช้ถ่านหินลิกไนต์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากนั้นได้ส่วนที่เหลือคือเถ้าถิ่นซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมแก่ชุมชนใกล้เคียงหากสามารถนำเข้าหนักจากผลผลิตอุตสาหกรรมดังกล่าวนี้มาใช้ประโยชน์ได้จากเป็นการป้องกันและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะเท่าหนัก นักวิจัยพยายามใช้เข้าถึงที่มีอยู่ในประเทศไทย เช่น เถ้าถ่านหิน เถ้าแกลบ และน้ำมันเป็นต้น (สำเริง รักซ้อน และคณะ, 2555)

1.5.6 ชีวมวล (Biomass) หมายถึง กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากการผลิต ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือการเกษตร เช่น แกลบที่ได้จากการสีข้าว เปลือกชานอ้อยที่ได้จากการผลิตน้ำตาลทราย เศษไม้ที่ได้จากการแปรรูปไม้ยางพารา กากปาล์มที่ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์ม เป็นต้น(กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และ กรมควบคุมโรคกระทรวงสาธารณสุข, 2558 ; มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2549)

1.5.7 เชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Fuel) หมายถึง เชื้อเพลิงที่ได้มาจากอินทรีย์สารหรือสิ่งมีชีวิตรวมทั้งผลผลิตจากการเกษตรการปศุสัตว์และการทำป่าไม้เช่น ไม้ฟืน เศษไม้แกลบ ฟาง ชานอ้อย ต้นและใบอ้อย ใยปาล์ม กะลาปาล์ม ทะลายปาล์ม กะลามะพร้าวใยมะพร้าวเศษพืช มูลสัตว์ก๊าซชีวภาพ กากตะกอนหรือของเสียจากโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เป็นต้น (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพกรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข อ้างอิงในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2549)

1.5.8 โรงไฟฟ้าชีวมวล (Biomass Power Plant) คือ โรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุต่าง ๆ ตามข้างบนนี้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า และหรือพลังไอน้ำซึ่งอาจจะเป็นเศษวัสดุชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543 ; กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และ กรมควบคุมโรคกระทรวงสาธารณสุข, 2558)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 สถานการณ์โรงไฟฟ้าชีวมวล

เมื่อปี 2553 คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) เห็นชอบต่อแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยปี 2555-2573 ที่เน้นความมั่นคงและความเพียงพอของการผลิตไฟฟ้าและส่งเสริมให้มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปีต่อมาในปี 2554 คณะรัฐมนตรีเห็นชอบตามมติ กพช.ที่จะมีการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเพื่อทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลตามกรอบแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก(ร้อยละ 25 ใน 10 ปี) พ.ศ. 2555–2564 (Alternativeenergy Development Plan: AEDP 2012–2021) และตั้งเป้าหมายภายในปี 2573 ประเทศไทยจะมีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้นจากแผน PDP2010 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2 ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5 ซึ่งจะทำให้ในปี 2573 มีกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนรวมสุทธิเท่ากับ 20,546.3 เมกะวัตต์ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 29 ของกำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งระบบ นอกจากนี้กระทรวงพลังงานมีแผนโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนใหม่ช่วงปี 2555-2564 ตามกรอบของกระทรวงพลังงาน และแผนสำหรับในช่วงปี 2565-2573 จะพิจารณาตามศักยภาพของชนิดเชื้อเพลิง ดังแสดงในตารางที่ 2 (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และ กรมควบคุมโรคกระทรวงสาธารณสุข, 2558)

ตารางที่ 2.1 แผนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ช่วงปี 2554-2564 และช่วงปี 2556-2573

ประเภทพลังงาน	2555-2564 (เมกะวัตต์)	2565-2573 (เมกะวัตต์)
พลังงงานแสงอาทิตย์	1,806.04	1,995.7
พลังงานลม	1,774.3	199.4
พลังงงานน้ำ (ในประเทศ/ ซื้อจากต่างประเทศ)	3,061.4	2,742.5
ชีวมวล	2,378.7	223.5
ก๊าซชีวภาพ	22.1	24.1
ขยะ	334.5	17.8
รวม	9,377.4	5,203.0

ที่มา (กระทรวงพลังงาน, 2555)

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้การใช้พลังงานในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2556 จะใช้พลังงานทดแทนภายในประเทศเป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย แสงอาทิตย์ลม พลังน้ำขนาดเล็ก ชีวมวล ก๊าซธรรมชาติและเชื้อเพลิงชีวภาพ (เอทานอลและไบโอดีเซล) โดยใช้ในรูปความร้อนมากที่สุด (64.1) รองลงมาได้แก่ เชื้อเพลิงชีวภาพ (19.1%) และไฟฟ้า (16.3%) จากรายงานการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทย ประจำปี 2556 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน ประเทศไทยมีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิงคิดเป็นสัดส่วนดังนี้ เชื้อเพลิงฟอสซิล (76.22%) หรือคิดเป็น 75,214 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ รองลงมาคือการใช้พลังงานหมุนเวียน (10.94%) หรือคิดเป็น 8,232 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ที่เหลือคือพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม (10.74%) การนำเข้าพลังงาน้ำ (1.5%) และพลังน้ำขนาดใหญ่ (0.6%) ในการใช้พลังงานหมุนเวียน (ร้อยละ 10.94) เพื่อเป็นพลังงานทดแทนขั้นสุดท้ายนั้น ถูกนำไปใช้ในหลายรูปแบบ ในจำนวนนี้พบว่ารูปความร้อนถูกนำไปใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 7.02 รองลงมาคือรูปเชื้อเพลิงชีวภาพรูปไฟฟ้าและรูปพลังน้ำขนาดเล็กคิดเป็นร้อยละ 2.14 1.74 และ 0.04 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานทดแทนอื่น ๆ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม พลังน้ำขนาดเล็ก ก๊าซชีวภาพ และขยะ พบว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือพืชชีวมวลถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานทั้งในรูปกระแสไฟฟ้าและรูปความร้อนมากที่สุดสำหรับการใช้พืชชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานในประเทศไทยพบว่าปริมาณการใช้พืชชีวมวลในประเทศไทยปัจจุบันถูกใช้เป็นแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าและความร้อนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากโดยมีการเพิ่มขึ้นจากในปี 2552 ซึ่งมีการใช้พืชชีวมวลในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพียง 1,618 เมกะวัตต์ และใช้ในการผลิตความร้อน เพียง 2,987 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อมาในปี 2556 มีปริมาณการใช้พืชชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 2320.8 เมกะวัตต์ และใช้สำหรับเป็นแหล่งความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 4,694 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และ กรมควบคุมโรคกระทรวงสาธารณสุข, 2558)

2.2 กระบวนการผลิตไฟฟ้าชีวมวล

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลในประเทศไทยมมีระบบหลักๆอยู่ 4 ระบ คือ

1) ระบบการเผาไหม้โดยตรง (Direct-Fired) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดในการผลิตไฟฟ้าด้วยชีวมวล คือการนำพืชชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเผาไหม้ในหม้อไอน้ำ (Boiler) และถ่ายเทความร้อนให้หม้อน้ำกลายเป็นไอน้ำที่ร้อนจัดและมีความดันสูง ซึ่งไอน้ำจะปั่นกังหันหรือเครื่องจักรไอน้ำที่ต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟออกมาและสามารถออกแบบน้ำไอน้ำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบความร้อน หรือเรียกระบบการผลิตไอน้ำและไฟฟ้าร่วมกันอีกชื่อว่า ระบบผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Cogenration) เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงส่วนใหญ่ใช้ในโรงสีข้าว โรงเลื่อยจักร โรงน้ำตาล และการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรและอบไม้เป็นต้น ซึ่งข้อจำกัดของการ

เผาไหม้โดยตรงคือโรงไฟฟ้าต้องมีขนาดมากกว่า 5 เมกะวัตต์ขึ้นไป จึงเหมาะกับการลงทุนเพราะระบบการผลิตใช้กังหันไอน้ำซึ่งมีราคาแพง และต้องติดตั้งระบบบำบัดคุณภาพอากาศเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมและประชาชนโดยรอบโรงงาน

2) การเผาไหม้โดยใช้เชื้อเพลิงสองชนิดขึ้นไป (Co-Firing) เป็นการใช้เชื้อเพลิง 2 ชนิดร่วมกัน โดยส่วนใหญ่มักใช้เชื้อเพลิงชีวมวลและถ่านหินร่วมกัน

3) การผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification) กระบวนการเปลี่ยนวัตถุดิบชีวมวลของแข็งเป็นก๊าซเชื้อเพลิงหรือก๊าซวัตถุดิบตั้งต้นทางเคมี (Syngas) ซึ่งเป็นระบบการเผาไหม้ในเครื่องแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifier) โดยควบคุมอากาศไหลเข้าไปในปริมาณจำกัด ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่แไม่สมบูรณ์เพื่อผลิตก๊าซ ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) โดยก๊าซที่เกิดขึ้นสามารถนำไปให้ความร้อนโดยตรงหรือนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ระบบนี้เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสำหรับผลิตไฟฟ้าขนาดไม่เกิน 1 เมกะวัตต์ จึงไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากปัญหาการทำความสะอาดน้ำมันดิน (Tar) ที่ผสมในก๊าซเป็นสาเหตุของการกัดกร่อนเครื่องยนต์

4) เทคโนโลยีไพโรไลซีส มีลักษณะคล้ายกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น เริ่มจากกระบวนการทำเชื้อเพลิงชีวมวลให้แห้งแล้วนำไปทำลายพันธะทางเคมีโดยการให้ความร้อนที่สูงขึ้นได้เป็นผลิตภัณฑ์จำพวกก๊าซต่าง ๆ เช่น คาร์บอนมอนออกไซด์คาร์บอนไดออกไซด์มีเทน และไฮโดรเจน รวมถึงน้ำ กรดอะซิติกกรดฟอร์มิกอะซิโตน และน้ำมันดิน (Tar) และถ่านชาร์ (Char) เป็นต้น โดยน้ำมันดินและถ่านชาร์จะถูกทำให้เป็นก๊าซผลิตภัณฑ์อันเป็นขั้นตอนของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันนั่นเอง (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558)สำหรับกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล สามารถจำแนกเป็นขั้นตอนตามช่วงเวลาของการก่อสร้าง และวิเคราะห์สิ่งคุกคามสุขภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตในแต่ละระยะ ได้ดังต่อไปนี้ (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และ กรมควบคุมโรคกระทรวงสาธารณสุข, 2558)

2.2.1 กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล

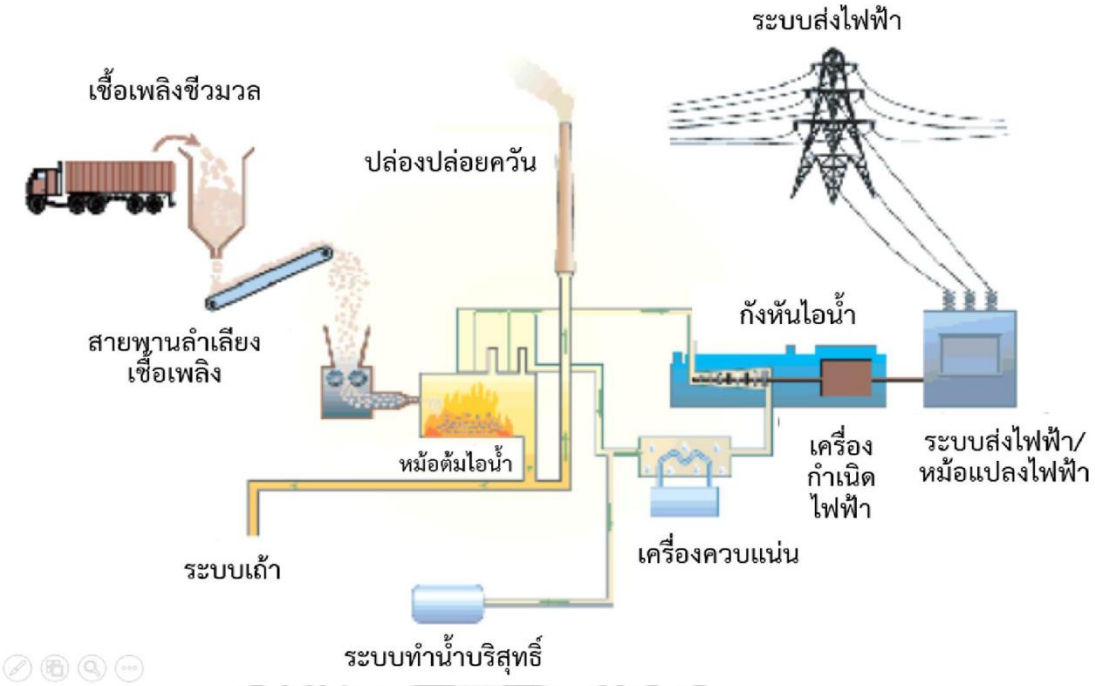
จำแนกเป็นขั้นตอนตามช่วงเวลาของการก่อสร้าง ดังนี้

ระยะก่อสร้าง

ในระยะก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวล จะมีกิจกรรมหลักๆ ที่คล้ายคลึงกับการก่อสร้างโดยทั่วไป ได้แก่การปรับพื้นที่ การถมดิน เพื่อให้เหมาะสมต่อการก่อสร้าง และการขุดบ่อเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ในผลิตไฟฟ้า การขนส่งวัสดุเครื่องจักร และคนงานเข้าสู่พื้นที่ก่อสร้าง การก่อสร้างอาคาร ฐานราก การติดตั้งเครื่องจักร ระบบสาธารณูปโภคการก่อสร้างพี่พักของคนงาน การใช้ระบบสาธารณูปโภค เช่น การใช้น้ำเพื่ออุปโภค-บริโภคของคนงาน นำไปใช้ในกิจกรรมก่อสร้าง และการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

ระยะดำเนินการ

การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลจะมีขั้นตอนการผลิตใกล้เคียงกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนซึ่งมีขั้นตอนต่าง ๆ โดยเริ่มจากการนำเข้าวัตถุดิบ การเผาเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้พลังงานความร้อน และนำความร้อนนั้นไปต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอน้ำ จากนั้นจึงนำไอน้ำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นกระบวนการผลิตไฟฟ้าจึงมีระบบหลักที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบการเผาเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อให้ได้ความร้อน และระบบกังหันไอน้ำและการผลิตกระแสไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวล สามารถอธิบายกระบวนผลิตและกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้ดังนี้และมีรายละเอียดดังภาพที่ 2.1 (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และ กรมควบคุมโรคกระทรวงสาธารณสุข, 2558)



ภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลโดยวิธีการเผาไหม้โดยตรง
ที่มา: (กระทรวงพลังงาน, 2554)

2.2.2 กระบวนผลิตและกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง

1) การรับซื้อและการขนส่งวัตถุดิบ ส่วนใหญ่ผู้ประกอบกิจการจะทำข้อตกลงกับผู้ขายวัตถุดิบ บางส่วนมีการรับซื้อจากภายนอกหรือพ่อค้าคนกลาง โดยมีการขนส่งเข้าสู่โครงการด้วยรถบรรทุก เพื่อทำการชั่งน้ำหนักและเทกองเก็บไว้ที่ลานเก็บเชื้อเพลิงหรืออาคารเก็บเชื้อเพลิง โดย

อัตราการขนส่งวัตถุดิบต่อวันจะขึ้นกับปริมาณวัตถุดิบในช่วงนั้น ๆ เช่น ในช่วงฤดูการผลิตข้าว จะมีแกลบที่ขนส่งเข้าสู่โรงงานสูงกว่าปกติ

2) การเตรียมเชื้อเพลิงก่อนการใช้งาน ในกระบวนการผลผลิตกระแสไฟฟ้าและไอน้ำของโรงงานฯมีความจำเป็นต้องเตรียมเชื้อเพลิงชีวมวลให้มีขนาดเหมาะสมก่อนนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงที่ห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำยกเว้น กากอ้อยและแกลบที่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทันที

3) การลำเลียงเชื้อเพลิงแต่ละชนิดเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เชื้อเพลิงชีวมวลในการผลิตกระแสไฟฟ้าและไอน้ำของโรงไฟฟ้า อาจแบ่งเป็นเป็นการใช้เชื้อเพลิงหลักและเชื้อเพลิงเสริมในขั้นตอนนี้จะใช้รถสายพานลำเลียง รถตัก รถแทรกเตอร์เพื่อใช้ในการดันกองเชื้อเพลิง และป้อนเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้

4) ระบบเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ (Boiler) กระบวนการเผาไหม้เริ่มจากการจุดไฟเผาเชื้อเพลิงจนได้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ตามที่กำหนดจากนั้นจึงป้อนเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่ห้องเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าไปจะทำการเผาไหม้ที่ห้องเผาไหม้ระบบการเผาเชื้อเพลิงสามารถแบ่งย่อยตามลักษณะโครงสร้างห้องเผาไหม้ได้หลายแบบขึ้นกับประเภทของเชื้อเพลิงและประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ต้องการสำหรับขี้เถ้าที่เหลืออยู่บริเวณส่วนท้ายของตะกรับ (Ash Zone) จะตกลงสู่ก้นเตาและกวาดออกโดยสายพานำเลียงเถ้าเรียกว่าเถ้าหนัก (Bottom Ash) ลงสู่อ่างน้ำรองรับเถ้าเพื่อลดอุณหภูมิและการฟุ้งกระจายของขี้เถ้าก่อนลำเลียงด้วยสายพานลำเลียงเพื่อเก็บในบ่อเก็บเถ้ารอการขนถ่ายต่อไปส่วนที่มีน้ำหนักเบาเมื่อถูกเผาแล้วจะผสมในไอร้อนและปลิวออกไปจากห้องเผาไหม้ทางช่องไอร้อนเรียกว่าเถ้าเบา (Fly Ash) ซึ่งจะผ่านอุปกรณ์ดักฝุ่นก่อนที่จะระบายออกสู่ภายนอก

5) เครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Steam Turbine and Generator) เริ่มจากนำน้ำดิบมาบำบัดให้ได้คุณภาพ จากนั้นจึงนำน้ำที่บำบัดแล้วไปต้มในหม้อไอน้ำ (Boiler) โดยใช้เชื้อเพลิงชีวมวล เมื่อน้ำเดือดกลายเป็นไอน้ำ จึงนำไอน้ำไปหมุนกังหันไอน้ำ (Condensing Turbine) เพื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้า หลังจากนั้นนำไอน้ำที่ออกจากกังหันไอน้ำมาผ่านเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อปรับสภาพให้กลายเป็นน้ำ และปรับลดอุณหภูมิโดยผ่านหอระบายความร้อน (Cooling Tower) น้ำที่ปรับสภาพแล้วจะถูกนำกลับไปใช้ใหม่

6) ระบบหม้อแปลงไฟฟ้า สายส่งไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าสำรองพลังงานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านหม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้า (Step

Down transformer) เพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าส่วนพลังงานไฟฟ้าที่เหลือจะส่งผ่านไปยังหม้อแปลงเพิ่มแรงดันไฟฟ้า (Step Up Transformer) เพื่อส่งขายให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

7) หอหล่อเย็น (Cooling Tower) หอหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าเป็นระบบปิด (Close System) ประกอบด้วยเครื่องควบแน่น (Condenser) และหอหล่อเย็น (Cooling Tower) เครื่องควบแน่นทำหน้าที่ควบแน่นไอน้ำที่ผ่านออกมาจากกังหันไอน้ำโดยการแลกเปลี่ยนความร้อน น้ำหล่อเย็นที่ผ่านเครื่องควบแน่นแล้วซึ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้นจึงถูกส่งไประบายความร้อนที่หอหล่อเย็นซึ่งน้ำหล่อเย็นส่วนนี้จะนำกลับมาใช้ใหม่อย่างไรก็ตามน้ำส่วนหนึ่งจะระเหยไปในอากาศทำให้ความเข้มข้นของสารต่างๆ รวมทั้งความขุ่นในน้ำหล่อเย็นเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องระบายน้ำส่วนหนึ่งทิ้งไปเรียกว่า Blowdown Water และต้องนำน้ำจำนวนใหม่เติมเข้ามาซึ่งเรียกว่า Make Up Water

8) การเตรียมน้ำดิบและการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าต้องใช้น้ำในปริมาณมากโดยการผลิตไฟฟ้าต่อ 1 เมกะวัตต์จะใช้น้ำประมาณ 120 ลบ.ม./วัน (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2543) โรงไฟฟ้าส่วนใหญ่จึงต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำดิบ น้ำบาดาล หรือน้ำฝน โดยจะสูบเก็บไว้ในบ่อน้ำดิบที่มีพื้นที่บ่อเก็บกักที่เพียงพอต่อการใช้ตลอดทั้งปีส่วนการปรับปรุงคุณภาพน้ำจะเริ่มจากการสูบน้ำเข้าสู่กระบวนการปรับสภาพได้แก่การตกตะกอน การกรอง และกระบวนการผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ เพื่อนำไปใช้สำหรับหม้อน้ำในขั้นตอนนี้จะมีการใช้สารเคมีเช่น สารช่วยตกตะกอน สารฟื้นฟูสภาพตัวกลาง (Regeneration) สำหรับระบบผลิตน้ำใช้ สารเคมีป้องกันการเกิดตะกรัน และสารเคมีควบคุมการเกิดตะไคร่น้ำในหอหล่อเย็น เป็นต้น

9) การขนถ่ายขี้เถ้า ชีวมวลส่วนใหญ่จะมีขี้เถ้าประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ยกเว้นแกลบและฟางข้าวจะมีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณ 10 -20 เปอร์เซ็นต์ซึ่งจะมีปัญหาในการเผาไหม้และกำจัด ในกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวลจะเกิดขี้เถ้าในแต่ละวันจำนวนมาก โดยจะลำเลียงเก็บไว้ในบ่อเก็บเถ้าเพื่อรอการจำหน่ายให้แก่ผู้รับซื้อ โดยผู้รับซื้อขี้เถ้าจะนำรถบรรทุกเข้ามาขนขี้เถ้าจากบ่อเก็บเถ้าของโรงงาน (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และ กรมควบคุมโรคกระทรวงสาธารณสุข, 2558)

2.3 ขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้าชีวมวล

เถ้าไม้ยางพารา (Para-wood Ash) เป็นผลพลอยได้ (By-Product) จากการเผาเศษไม้ยางพาราที่อุณหภูมิประมาณ 1,000˚C เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยหลังจาก

กระบวนการเผาไหม้เพื่อให้พลังงานความร้อนและถ่ายเทความร้อนให้กับหม้อน้ำ (Boiler) เพื่อปั่นกังหันที่ตอนอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าแล้วนั้น จะมีเถ้าเกิดขึ้นซึ่งเกิดจากกระบวนการการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เถ้าไม้ยางพาราที่มีขนาดใหญ่หรือเถ้าหนัก (Wet Ash) จะตกลงสู่ก้นเตาสวนเถ้าที่มีขนาดเล็กคือประมาณ 1-200 ไมโครเมตร หรือเถ้าลอย (Fly Ash) จะลอยไปกับอากาศร้อนและถูกดักจับโดยเครื่องดักจับฝุ่นไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) เพื่อแยกฝุ่นออกจากก๊าซร้อนก่อนจะปล่อยอากาศร้อนออกทางปล่องควันโดยเถ้าลอยที่เกิดขึ้นมีปริมาณร้อยละ 80-95 ของเถ้าที่เกิดขึ้นทั้งหมด ซึ่งถือว่ามีปริมาณมากโดยถ้าในการผลิตกระไฟฟ้า 22 เมกะวัตต์ ต้องใช้เศษไม้ยางพารา 750 ตันซึ่งจะได้เถ้าไม้ยางพาราประมาณ 15 ตัน เถ้ามีลักษณะเป็นผงฝุ่นน้ำหนักเบาสามารถฟุ้งกระจายได้ง่ายเป็นปัญหาในการกำจัดทิ้ง (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2554)

2.3.1 โครงสร้างทางเคมีของเถ้าลอย

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างทางเคมีและการนำไปใช้ประโยชน์ของของเถ้าลอย ดังนี้

โครงสร้างทางเคมีของเถ้าลอยประกอบด้วยส่วนที่ไม่เป็นผลึกหรืออยู่ในสถานะแก้ว (Glassy Phase) เป็นส่วนใหญ่เนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิสูงและมีองค์ประกอบทางเคมีที่คล้ายกับปูนซีเมนต์นั้นคือมีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นองค์ประกอบหลักหากผสมเถ้ากับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มการเชื่อมประสานทำให้อิฐมีความแข็งแรงมากขึ้น (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2554)

2.3.2 การนำไปใช้ประโยชน์ของเถ้าลอย

จากสมบัติดังกล่าวจึงมีงานวิจัยหลายชิ้นได้นำเถ้าลอยจากวัสดุประเภทต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบ ใช้ในการแทนที่ปูนซูเมนต์ในการสร้างอิฐโดยสัดส่วนของส่วนผสมและปริมาณการใช้เถ้ามากน้อยขึ้นกับปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีของเถ้า และชนิดของวัสดุผสมที่ใช้ เช่น การใช้เถ้าแกลบทั้งเถ้าแกลบขาว และเถ้าแกลบดำ (3-6) มีร้อยละการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าแกลบได้สูงสุดร้อยละ 40 โดยเถ้าแกลบมีปริมาณของ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ประมาณร้อยละ 90 การใช้เถ้าจากถ่านหิน ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมมาเป็นวัสดุในการผลิตคอนกรีตบล็อกชนิดวงการใช้เถ้าชานอ้อย ในร้อยละการแทนที่สูงสุด 40 มีซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ประมาณร้อยละ 70 และการใช้

เถ้าลอยจากไม้ยางพาราในร้อยละการที่เถ้าไม้ยางพาราสูงสุดร้อยละ30 จากข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมินได้ว่าการนำเถ้าจากอุตสาหกรรมหลายประเภทมาใช้ในการทำอิฐโดยปริมาณที่ใช้แตกต่างกันจะทำให้อิฐมีสมบัติทางกายภาพและทางกลแตกต่างกัน (อาบีดีน ดะแซสาเมาะ และคณะ, 2554)

2.4 กระดาษเหลือใช้

คนไทยใช้กระดาษเฉลี่ยปีละ 3.9 ล้านตัน หรือ คนละประมาณ 60 กิโลกรัมต่อปี ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการต่อการใช้กระดาษของคนไทย จะต้องตัดต้นไม้ถึง 66.3 ล้านต้นต่อปี หรือเท่ากับว่าทุก ๆ นาที ต้นไม้ 126 ต้นจะถูกโค่นลง กระดาษเก่า 1 ตัน สามารถทดแทนการตัดต้นไม้เพื่อมาทำเป็นกระดาษได้ถึง 15 ต้น หากคนไทยทุกคนใช้กระดาษอย่างประหยัด โดยการใช้กระดาษทั้ง 2 หน้า จะช่วยรักษาชีวิตต้นไม้ได้ถึง 1.3 ล้านต้น หากคนไทยทุกคนหันมาใช้ผ้าเช็ดหน้าแทนการใช้กระดาษทิชชู เพื่อจะช่วยรักษาชีวิตต้นไม้ได้ 3,315,000 ต้น (โสมไสว แก้วกุลวณิชย และคณะ, 2557)

กระดาษมีส่วนสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของเราอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ยิ่งมีความต้องการกระดาษมากขึ้นเท่าใด เราก็ต้องตัดต้นไม้หรือถากถางพื้นที่ป่า เพื่อปลูกต้นไม้โตเร็วสำหรับนำเยื่อไม้มาทำกระดาษมากขึ้นเท่านั้น หากแต่ทุกวันนี้คนไทยใช้กระดาษเฉลี่ยคนละ 60 กิโลกรัม ต่อปี และมีอัตราเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยทั่วประเทศมีความต้องการกระดาษทุกชนิดรวมกันประมาณ 3.25 ล้านตันต่อปี ในขณะที่มีกำลังผลิต 4 ล้านตันต่อปี ในกระบวนการผลิตกระดาษ 1 ตันต้องใช้ต้นไม้มากถึง 17 ต้น ใช้กระแสไฟฟ้ามากถึง 4,100 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ใช้น้ำถึง 31,500 ลิตร และปล่อยคลอรีนที่ใช้ในการฟอกกระดาษเป็นของเสียกว่า 7 กิโลกรัม นั่นหมายความว่า ในการสนองตอบความต้องการใช้กระดาษของคนไทยให้เพียงพอ เราต้องตัดต้นไม้ถึงปีละประมาณ 55 ล้านต้น สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ ชั่วโมง จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.71 กิโลกรัมและต้นไม้ 1 ต้นดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ปีละ 15 กิโลกรัม ว่าในความเป็นจริงแล้วเราทุกคนสามารถช่วยกันลดการตัดต้นไม้ รวมทั้งการใช้น้ำและพลังงานไฟฟ้าในการผลิตกระดาษลงได้ ด้วยการนำกระดาษที่ใช้แล้ว

2.5 กระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

1) ปูนซีเมนต์ : ปูนซีเมนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างต้องเป็นปูนซีเมนต์ที่บรรจุถุงเรียบร้อยตามมาตรฐาน ม.อ.ก. หรือเป็นปูนซีเมนต์ที่เก็บในภาชนะบรรจุของบริษัทผู้ผลิตห้ามใช้ปูนซีเมนต์เสื่อมคุณภาพ เช่น ปูนซีเมนต์ซึ่งแข็งตัวจับกันเป็นก้อน เป็นต้น

2) มวลรวมแบบละเอียด : ส่วนมากจะเป็นทราย ทรายที่ใช้ผสมคอนกรีตจะต้องมีความละเอียดที่พอดี โดยมี Fineness Modulus (เป็นตัวบ่งบอกความละเอียดของทรายนั้น) ระหว่าง 2.3 และ 3.1 ถ้าน้อยกว่า 2.3 จะเป็นลักษณะทรายที่สะอาดและละเอียดมากกเกินไป

3) มวลรวมแบบหยาบ : ธรรมดาเราใช้ทั้งหินย่อยและกรวดเป็นมวลรวมหยาบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยากง่ายในการหาวัสดุ ปกติจะระบุไว้ในข้อกำหนด (Specification) ว่าให้ใช้แบบใด ซึ่งทางผู้ผลิตจะต้องคอยตรวจคุณภาพของเช่น วัสดุที่ส่งเข้ามาอย่างสม่ำเสมอเพราะอาจไม่ใช่วัสดุจากแหล่งเดียวกัน และอาจมีสิ่งแปลกปลอมปนมาได้ หินผุ หรือหินอื่น ๆ ที่มีคุณภาพด้อยกว่าที่กำหนด ลักษณะทรายที่สะอาดและละเอียดมากเกินไป

4) น้ำ : ต้องเป็นน้ำสะอาด ซึ่งโดยมากส่วนใหญ่จะใช้น้ำประปาและอาจจะต้องมีการกรองเอาสิ่งสกปรกออกในกรณีที่ไม่สามารถหาน้ำที่สะอาดได้ แล้วจำเป็นต้องใช้น้ำที่ขุ่นในการผสมคอนกรีต จะมีเทคนิคในการทำน้ำให้ใสขึ้นดังนี้ เทปูนซีเมนต์ 1 ลิตร ลงไปในน้ำขุ่น 200 ลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที เพื่อให้สิ่งสกปรกตกตะกอนแล้วจึงสูบน้ำที่ใสแล้วจากด้านบนหมดมาใช้ได้ แต่ทั้งนี้น้ำควรจะผ่านการทดสอบคุณสมบัติอื่น ๆ ก่อนนำมาใช้

5) สารผสมชนิดอื่น ๆ สารเหล่านี้ใช้เพื่อปรับคุณสมบัติของคอนกรีต เช่น สารเพิ่มความแข็งแรง สารเพิ่มความยืดหยุ่นของคอนกรีต เป็นต้น (EF SOCITY, 2554)

2.5.1 คุณลักษณะเด่นของคอนกรีตผสมเสร็จ

1) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานงานก่อสร้าง

2) การควบคุมสัดส่วนผสมของคอนกรีต ด้วยการชั่งน้ำหนักควรจะใช้มิเตอร์คุณภาพสูง โดยทางนิตยสารเพื่อนวิศวกรได้แนะนำมิเตอร์จากแบรนด์ RED LION CONTROLS จากประเทศอเมริกาในฉบับที่แล้วที่สามารถทำให้ได้ส่วนผสมคอนกรีตที่ถูกต้องแน่นอนและสม่ำเสมอ

3) โรงงานคอนกรีตผสมเสร็จได้นำเทคโนโลยีมาพัฒนากระบวนการผลิตทำให้สามารถผลิตคอนกรีตได้ตั้งแต่ 30 -150 ลบ.ม./ชั่วโมง ซึ่งสามารถช่วยให้งานเทคอนกรีตดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว และลดจำนวนคนงานที่ใช้ในการผสมคอนกรีตและเทคอนกรีตลง4) แก้ปัญหางานก่อสร้างที่มีบริเวณงานก่อสร้างจำกัด ไม่สามารถวางหรือเก็บกองหิน ทราย ได้ หรือในงานก่อสร้างที่จะต้องเปลี่ยนสถานที่ที่เทคอนกรีตตลอดเวลา เช่น งานถนน งานคลองส่งน้ำ เป็นต้น

5) แก้ปัญหางานก่อสร้างที่ต้องการใช้คอนกรีตปริมาณครั้งละมาก ๆ หรืองานที่ต้องการใช้คอนกรีตเป็นระยะเวลาห่าง ๆ กันซึ่งไม่คุ้มกับการลงทุนซื้อวัสดุผสมมาเก็บไว้ใช้งานเอง

6) ในงานก่อสร้างที่อัตราเทคอนกรีตค่อนข้างช้าสามารถแก้ไขได้โดยการเติมน้ำยาผสมคอนกรีตที่มีคุณลักษณะยืดระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต

7) คอนกรีตผสมเสร็จจะมีราคาแพงกว่า คอนกรีตผสมเองอยู่บ้างเล็กน้อย แต่สามารถทดแทนด้วยคุณภาพของคอนกรีตที่ดีและสม่ำเสมอ และที่สำคัญคือประหยัดเวลาในการก่อสร้าง

8) ผู้ผลิตมีหน้าที่ที่จะต้องรับรองคุณภาพของคอนกรีตผสมเสร็จด้วยการทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด (EF SOCITY, 2554)

2.6 การบ่มคอนกรีต (Curing)

วิธีการที่ช่วยให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของซีเมนต์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง วิธีการทำโดยให้น้ำแก่คอนกรีตที่แข็งตัวแล้ว หน้าที่สำคัญของการบ่มคอนกรีตมีด้วยกัน 2 ประการ คือ ประการแรก คือป้องกันการสูญเสียความชื้นจากเนื้อคอนกรีต และประการที่สองคือรักษาระดับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม วัตถุประสงค์ที่สำคัญของการบ่มคอนกรีต คือ

1. เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีกำลังและความทนทาน
2. เพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีต โดยรักษาระดับอุณหภูมิให้เหมาะสม และลดการระเหยของน้ำให้น้อยที่สุด

การบ่มอาจหมายถึงการควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตด้วย ทั้งนี้ เพราะอุณหภูมิที่สูงจะเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาไฮเดรชั่นให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อันทำให้คุณภาพของคอนกรีตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรก อย่างไรก็ตาม การเร่งนี้อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณสมบัติของคอนกรีตในระยะยาว (สำเร็จ สารมาคม, 2556)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เตือนใจ ปิยัง และคณะ (2561) ศึกษาผลของการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันต่อคุณสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า (ขนาด 11.3 × 19.3 × 6.0 เซนติเมตร) ซึ่งออกแบบการทดลอง 6 ชุดการทดลอง โดยใช้เถ้าปาล์มน้ำมันวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบแทนที่ปูนซีเมนต์ที่แตกต่างกัน อัตราส่วนร้อยละ 0 10 20 30 40 และ 50 โดยน้ำหนัก พบว่าคุณสมบัติของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าอื่น ๆ เช่น ขนาด และน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าทุกอัตราส่วนมีค่าใกล้เคียงกัน ค่าการดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตปูทางเท้าอัตราส่วนที่ผสมเถ้าปาล์ม

น้ำมันมากมีแนวโน้มการดูดซึมน้ำขึ้นสูงกว่า สำหรับความต้านทานแรงอัด ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 28 วัน ความต้านทานแรงอัดของแผ่นคอนกรีตปูทางเท้าที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันลดลง เมื่ออัตราส่วนผสม เถ้าปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น และพบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ต้นทุนการผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าลดลง เมื่อแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันในอัตราส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ต้นทุนการผลิตถูกว่าการใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียว

สนั่น ตั้งสถิต และคณะ (2546) ทำการศึกษาคุณสมบัติแบบประมาณของเศษกระดาษ มีค่าความชื้นร้อยละ 2.7-4.9 เถ้าร้อยละ 10.3-13 ของแข็งอินทรีย์ร้อยละ 51.3-53.0 และคาร์บอนคงตัวร้อยละ 29.3-31.6 สำหรับคาร์บอนคงตัวสำหรับเยื่อกระดาษมีคุณสมบัติแบบประมาณ ดังนี้ ความชื้นร้อยละ 20.4-25.5 เถ้าร้อยละ 13.2-16.0 ของแข็งอินทรีย์ร้อยละ 40.7-44.4 และคาร์บอนคงตัวร้อยละ 18.3-23.2 คุณสมบัติแบบประมาณและคุณสมบัติทางกลของกระดาษแผ่นอัดที่ระยะเวลาแช่เศษกระดาษต่าง ๆ พบว่า ระยะเวลาแช่เศษกระดาษ 3 ชั่วโมง ค่าความชื้นและค่าของแข็งระเหยง่ายมีค่าน้อยที่สุดส่งผลให้มีค่า Tensile Stress มากที่สุด เนื่องจากมีค่าความหนาแน่นมากที่สุด

ณัชพัชร สืบบัวแก้ว และคณะ (2557) ได้ทำการพัฒนาอิฐมวลเบาด้วยโดยใช้กระดาษเหลือใช้ เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของอิฐมวลเบาด้วยกระดาษเหลือใช้และ เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของอิฐมวลเบาด้วยกระดาษเหลือใช้ผู้วิจัย พบว่าทั้ง 5 อัตราส่วนผสมไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอิฐมวลเบา แต่อัตราส่วนทั้ง 5 ใช้กระดาษ 50 ลิตร ไม่มีทรายเป็นส่วนผสม ปูนซีเมนต์ 30 ลิตร ยิบซัม 9 ลิตร ปูนขาว 9 ลิตร และ ผงอิลูมเนียม 2 ลิตร มีค่าความหนาแน่น ค่าความชื้นและค่าความต้านแรงตึงกับหน้า เทียบเท่ามาตรฐานอิฐมวลเบา ส่วนค่าความดูดซึมน้ำสูงกว่ามาตรฐานอิฐมวลเบาซึ่งอาจนำไปใช้กับการก่อสร้างผนังภายในอาคารได้

อาบีดีน ดะแซสาเมาะและคณะ (2554) ได้ศึกษา สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐที่มีสวนผสมของเถ้าไม้ยางพารา โดยมีส่วนประกอบของปูนซีเมนต์เปอร์ตแลนด์เถ้าไม้ยางพารา และ ทราย ในอัตราส่วน 50: 45 : 5 60 : 35 : 5 และ 70 : 25 : 5 อัตราส่วนของน้ำต่อวัสดุประสาน 0.80 1.07 และ 1.76 จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพและกำลังอัดของอิฐตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1505 – 2541 พบว่า ปริมาณการเติมเถ้าไม้ยางพารามีผลต่อ ความหนาแน่น และ ร้อยละการดูดซึมน้ำนั้นคือ เมื่ออตราส่วนการเติมเถ้าไม้ยางพารามีค่าเพิ่มขึ้นความหนาแน่นจะมีค่าลดลงแต่ร้อยละการดูดซึมน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น และจากผลการทดสอบกำลังอัด พบว่ากำลังจะมีค่าลดลงเมื่อร้อยละการเติมเถ้าไม้ยางพารามีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก ความพรุน และ ร้อย

ละของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) เถ้าไม้ยางพาราที่น้อยทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานซึ่งปฏิกิริยาที่สร้างความแข็งแรงแก่อิฐ จากงานวิจัยสรุปได้ ว่าอิฐจากการวิจัยเหมาะสำหรับการใช้งานที่มีรับน้ำหนักเช่นอิฐสำหรับงานประดับอิฐสำหรับปูทางเดิน

ธีรยุทธ์ สุขสวัสดิ์และคณะ (2557) ได้ทำการพัฒนาอิฐบล็อกประสานโดยใช้ขี้เถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน ผู้วิจัยนำขี้เถ้ากะลาปาล์มมาใช้ประโยชน์โดยการทำอิฐบล็อกประสาน การผลิตอิฐบล็อกประสานจากขี้เถ้ากะลาปาล์มสามารถลดต้นทุนในการผลิตอิฐบล็อกประสานได้ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการทำอิฐบล็อก คือ สูตรที่ 4 เพราะเมื่อดูจากการดูดซึมผ่านน้ำน้อยที่สุด และค่าการรับแรงอัดที่ดีเป็นที่น่าพอใจและสามารถใช้ประโยชน์จากขี้เถ้ากะลาปาล์มได้

วีระชัย อารีรักษ์ (2560) ได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนระยะการทำงาน 5 ระยะ 1) ระยะการนิยามปัญหาทำการพิจารณาการปัญหาคุณภาพคอนกรีตที่ต่ำกว่ามาตรฐานทำให้เพิ่มสัดส่วนเผื่อของปูนซีเมนต์ให้มากขึ้นจากมาตรฐาน 2) ระยะตรวจวัด จะเริ่มด้วยการทำตรวจสอบระบบวัดซึ่งได้ผลการตรวจสอบผ่านเกณฑ์การยอมรับ จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลาจนได้ 17 ปัจจัยและทำการคัดกรองปัจจัยต่าง ๆด้วย Cause and Effect Matrix ทำให้เหลือปัจจัย 4 ปัจจัย 3) ระยะของการวิเคราะห์ปัญหา ทำการวิเคราะห์ปัจจัย 4 ด้วยวิธีการทางสถิติทำให้สรุปได้ว่าปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการหาค่ากำลังอัดคอนกรีตอย่างแท้จริง 4) ระยะการปรับปรุงแก้ไขให้ใช้วิธีการออกแบบการทดสอบแบบแฟคเทอเรียล ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้งทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย 5) ระยะควบคุมจะดำเนินการโดยนำสัดส่วนหินฝุ่นที่เหมาะสมไปเป็นส่วนผสมคอนกรีตผสมเสร็จ

วชิระ แสงรัศมี (2555) ได้ทำการพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง การพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาชนิดใหม่ที่มีค่าการนำความร้อนต่อเพื่อใช้ในการก่อสร้างและการตกแต่งภายนอกอาคารแบ่งเป็นอัตราส่วนผสมของวัสดุออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นการปรับปรุงส่วนผสมเดิมโดยการเพิ่มเยื่อกระดาษเหลือทิ้งในปูนซีเมนต์ ดินลูกรัง กลุ่มที่สองเป็นการพัฒนาอัตราส่วนผสมและวัตถุดิบใหม่เป็นส่วนผสม คือ ปูนซีเมนต์ ทราย ผงสี และเยื่อกระดาษเหลือทิ้งเพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เยื่อกระดาษเหลือทิ้งในอัตราส่วนต่าง ๆ เพื่อลดความหนาแน่นของวัสดุและลดค่าการนำความร้อนโดยคุณสมบัติทางกายภาพทางกลและการนำความร้อนของบล็อกประสานถูกทดสอบหลังจากการบ่มที่ 28 วันจากผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในเยื่อกระดาษเหลือทิ้งจากโรงงานกระดาษลูกฟูกต่ำกว่าข้อกำหนดฉลากเขียวสำหรับแผ่น

อัดสำหรับงานอาคารตกแต่งและอุตสาหกรรมเครื่องเรือนการเพิ่มส่วนผสมของเยื่อกระดาษเหลือทิ้งช่วยลดน้ำหนักและลดความหนาแน่นของวัสดุได้ดี

สำเร็จ สารมาคม (2556) ได้ทำการประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เถ้าลอยในการแทนที่ปูนซีเมนต์ในการผลิตบล็อกประสานที่โดยกำหนดอัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่ใช้ในการศึกษานี้เท่ากับ 1:6 และ 1:8 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดของบล็อกประสานมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยจนถึงร้อยละ 30 (ค่าเหมาะสม) หลังจากนั้นความหนาแน่นแห้งจะมีค่าลดลงกำลังอัดของบล็อกประสานมีค่าลดลงตามปริมาณการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยแม้ว่าหน่วยน้ำหนักจะมีค่าเพิ่มขึ้น อัตราส่วนระหว่างปูนซีเมนต์ต่อดินที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับผลิตบล็อกประสานในงานโครงสร้างไม่รับแรงแบกทานคือ 1/8 หากพิจารณากำลังรับแรงอัดที่เท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อเถ้าลอยที่เหมาะสมเท่ากับ 92:8, 87:13 และ 60:40 ที่อายุบ่ม 7, 14 และ 28 วัน ด้วยต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเท่ากับ 1.90, 1.85 และ 1.58 บาท

ปิญชาน์ ต่อกิตติกุล (2551) ได้ทำการพัฒนาคอนกรีตต้นทุนต่ำและพลังงานต่ำจากวัสดุผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้และวัสดุผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมในท้องถิ่นมาใช้ทดแทนปูนซีเมนต์และวัสดุมวลรวมในคอนกรีต สำหรับการทดลองนี้ได้นำเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะมาใช้เป็นวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์ ทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตผสมเถ้าลอยร้อยละ 30 ที่ใช้เซรามิกแทนทรายในปริมาณร้อยละ 0, 50 และ 100 โดยน้ำหนัก ที่อายุ 7 และ 28 วัน จากผลการทดลองพบว่าสามารถใช้เซรามิกทดแทนทรายในการผลิตคอนกรีตผสมเถ้าลอยได้ โดยคอนกรีตผสมเถ้าลอยที่ใช้เซรามิกแทนทรายในปริมาณร้อยละ 100 จะให้ค่ากำลังอัดสูงที่สุด (30.35 MPa) เมื่อเทียบกับคอนกรีตผสมเถ้าลอยทั่วไป (27.85 MPa) ทั้งนี้เนื่องจากความขรุขระและความเป็นเหลี่ยมมุมของเซรามิกที่สามารถยึดเกาะกับวัสดุประสานได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับทรายธรรมชาติ

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทราย และเส้นใยมะพร้าวเพื่อ โดยมีสูตรในการทดลองจำนวน 12 สูตร แต่และสูตรจะทำการผลิตคอนกรีตบล็อกขนาด 70 x 190 x 390 มิลลิเมตร จำนวนสูตรละ 25 ก้อน รวม 300 ก้อน แล้วนำไปเทียบเคียงคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 58 – 2533 และคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนผลการทดสอบ พบว่า อัตราส่วนที่ดีที่สดุ ได้แก่ สูตรที่ 8 คือปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ร้อยละ 25 ของมวลรวม ทราย ร้อยละ 52.50 ของมวลรวม เส้นใยมะพร้าว ร้อยละ 22.50 ของมวลรวม และใช้น้ำหนัก ร้อย

ละ 15 ของน้ำหนัก ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านคุณลักษณะทั่วไปด้านความหนาของเปลือกขนาด โดยอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2 มิลลิเมตร ด้านความแข็งแรงผ่านเกณฑ์มาตรฐานปราศจากรอยแตกร้าวหรือส่วนเสียอื่นใดอันเป็นอุปสรรคต่อการก่อคอนกรีตบล็อก ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจพินิจ ด้านความต้านทานแรงอัดเมื่ออายุคอนคอนกรีตบล็อก ครบ 28 วัน และค่าความเป็นฉนวนความร้อนยังมีค่าการนำความร้อนสูงเมื่อเปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

R. M. Salem and A. E. Al-Salami (2016) ได้ศึกษาเรื่อง การเตรียมปูนซีเมนต์และการเตรียมเศษกระดาษเป็นเส้นใยเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของคอนกรีตด้วยการเติมเซลลูโลสจากกระดาษลงในแผ่นคอนกรีตและศึกษาคุณสมบัติความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนและความหนาแน่นของคอนกรีกโดยมีอัตราส่วนปูนซีเมนต์: เส้นใหญ่กระดาษจำนวน 12 อัตราส่วนถูกใช้ในการผสมประกอบด้วยอัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อเส้นใหญ่กระดาษเท่ากับ (1:0) (1:1) (1:2) (1:3) (1:4) (1:5) (1:6) (1:7) (1:8) (1:9) (1:10) และ (0:1) พบว่า กระดาษจากสำนักงานสามารถใช้เยื่อกระดาษแทนที่ปูนซีเมนต์โดยน้ำหนักเท่ากับ 3.24 กก. และ 3.26 กก. ตามลำดับสำหรับกระบวนการทำให้แห้งสำหรับกระดาษจากสำนักงาน 1 กก. เท่ากับ 0.95 กก และ 0.949 กก. ตามลำดับ

YALA RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า มีรายละเอียดของการดำเนินการศึกษาวิจัยดังนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 แม่แบบรูปหกเหลี่ยม

3.1.2 บุ้งกี๋

3.1.3 สากไม้

3.1.4 จอบผสมปูน

3.1.5 ตะกร้าพลาสติก

3.1.6 ไม้แผ่น

3.1.7 กระดาษกระดาษเหลือทิ้ง

3.1.8 ขี้เถ้าลอยไม้ยางพารา

3.1.9 ปูนซีเมนต์

3.1.10 ทราย

3.1.11 น้ำ

3.2 วิธีการดำเนินการ

3.2.1 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

การผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบอัตราส่วนโดยน้ำหนัก มีส่วนผสมหลักคือ ปูนซีเมนต์ ทราย น้ำ กระดาษ และขี้เถ้าไม้ยางพารา ในการออกแบบจะใช้วิธีการวางแผนการดทดลองก่อนลงมือปฏิบัติจริง โดยให้สอดคล้องกับปัญหาที่ตั้งไว้ โดยควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทดลอง ได้แก่

3.2.1.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรต้น ปริมาณกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพารา

ตัวแปรตาม ลักษณะแผ่นคอนกรีต ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน การแข็งตัว การรองรับน้ำหนัก และค่าการดูดซึมน้ำ

ตัวแปรควบคุม ปริมาณทราย ปริมาณน้ำ ชนิดของปูน และลักษณะแม่แบบ

สำหรับการทดลองหาส่วนผสมโดยน้ำหนัก การหาอัตราส่วนผสมมระหว่างปูนซีเมนต์ ทราย กระดาษ และขี้เถ้าไม้ยางพารา โดยทำการทดลอง มีจำนวน 6 ชุดการทดลองโดยจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนผสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

ชุดการทดลอง	อัตราส่วนผสม (โดยน้ำหนัก)				
	กระดาษ (kg)	ขี้เถ้า (kg)	ปูนซีเมนต์ (kg)	ทราย (kg)	น้ำ (L)
1	-	-	1	5	3
2	0.1	0.1	0.8	5	3
3	0.2	0.2	0.6	5	3
4	0.3	0.3	0.4	5	3
5	0.2	-	0.8	5	3
6	-	0.2	0.8	5	3

3.2.2 ขั้นตอนการผลิตแผ่นคอนกรีต

3.2.2.1 เก็บตัวอย่างเศษกระดาษเหลือทิ้งสีขาว (กระดาษสองหน้า) จากสำนักงาน และนำกระดาษมาย่อยด้วยเครื่องทำลายเอกสารให้เป็นเส้น ๆ เพื่อง่ายต่อการย่อยของกระดาษในขณะที่แช่น้ำ

3.2.2.2 นำขี้เถ้าไม้ยางพารามาร่อนผ่านตะแกรง เพื่อแยกสิ่งเจือปนซึ่งมีอนุภาคขนาดใหญ่ปะปนอยู่ในขี้เถ้าไม้ยางพารา

3.2.2.3 เตรียมเศษกระดาษที่ผ่านการย่อยด้วยเครื่องเอกสาร นำมาแช่น้ำ 1 ชั่วโมง โดยเทน้ำลงในภาชนะให้ท่วมกระดาษ ในณะที่แช่น้ำจะทำการฉีกกระดาษให้เป็นชิ้นเล็กๆ

3.2.2.4 จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดที่เตรียมไว้ นำมาผสมรวมกันให้เป็นเนื้อเดียวกัน ดังตารางที่ 3.1

3.2.2.5 เตรียมแม่แบบที่ต้องการ โดยการทาน้ำมันดำบริเวณข้างในขอบ ๆ แม่แบบเพื่อให้ง่ายต่อการถอดแม่แบบเมื่อแผ่นคอนกรีตแข็งตัว

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างแม่แบบตกแต่งสวนในการทดลอง
ที่มา : (ถ่ายจากสถานที่จริง 15 มีนาคม 2564)

3.2.2.6 จากนั้นนำส่วนผสมที่เตรียมไว้ นำมาเทลงในแม่แบบให้ทั่วแม่แบบแล้วใช้เกรียงเหล็กปาดให้ส่วนผสมเท่ากันปาดส่วนผสมที่เหลือออก และจับเวลาการแข็งตัวในขณะที่ยังไม่ได้ถอดแม่แบบ โดยจะจับเวลาทุก ๆ 10 นาที ให้ครบ 30 นาที ในขณะเดียวกันต้องคอยสังเกตและสัมผัสแผ่นคอนกรีต หากส่วนผสมติดมือในขณะที่สัมผัสแสดงว่าแผ่นคอนกรีตยังไม่แข็งตัว หากยังไม่แข็งตัวก็ต้องจับเวลาให้ครบ 3 ชั่วโมง

3.2.2.7 นำตัวอย่างแผ่นคอนกรีตทุกชุดการทดลองมาทดสอบ โดยในการทดสอบจะนำตัวอย่างแผ่นคอนกรีต ชุดการทดลองละ 3 ก้อน ศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นคอนกรีต ศึกษาคุณสมบัติที่ต้องการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทางเท้า รูปร่างแบบศิลาหกเหลี่ยม (มอก. 827-2531) ซึ่งคุณสมบัติที่ต้องการประกอบด้วย การวัดขนาดแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีต ค่าการดูดซึมน้ำ และกำลังต้านทานแรงอัด โดยมีรายละเอียดวิธีการทดสอบ คือ การวัดขนาดแผ่นคอนกรีต โดยการวัดขนาดของแผ่นคอนกรีต ซึ่งวิธีทดสอบว่าอยู่ในสภาพสมบูรณ์หรือไม่แตกหักจ้านวนทั้งหมดและทดสอบโดยวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตจะทำการศึกษาโดยการจับเวลาในการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้าในแต่ละชุดการทดลอง

3.2.2.8 จากนั้นนำแผ่นคอนกรีตมาทดสอบการดูดซึมน้ำ ในการทดสอบจะนำตัวอย่างแผ่นคอนกรีต ชุดการทดลองละ 3 ก้อน โดยการบ่มใช้ผ้าขาวบางสะอาดซึ่งอุ้มน้ำได้ เพราะสะท้อนความร้อนได้ดี คลุมให้ทั่วแผ่นคอนกรีตและฉีดน้ำให้ชุ่มอยู่เสมอซึ่งใช้ระยะเวลาในการบ่ม 24 ชั่วโมง จากนั้นมาล้างทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่อาจติดอยู่ที่ผิวแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนออกเช็คด้วยผ้าให้แห้ง และนำไปชั่งน้ำหนักเริ่มต้นหลังจากนั้นนำตัวอย่างแผ่นคอนกรีตไปตากแดดให้แห้งเสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนักสุดท้าย โดยค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\frac{M_1\text{-}M_2}{M_2} \times 100$$

เมื่อ M_1 คือ น้ำหนักเริ่มต้น (กรัม)

M_2 คือ น้ำหนักสุดท้าย (กรัม)

3.2.2.9 นำตัวอย่างแผ่นคอนกรีตมาทดสอบการรองรับน้ำหนัก ในการทดสอบจะนำตัวอย่างแผ่นคอนกรีต ชุดการทดลองละ 3 ก้อน โดยในการทดสอบการรองรับน้ำหนักได้มีการทดสอบนำแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนมาวางไว้ และกำหนดน้ำหนักของคนที่จะขึ้นไปทดสอบที่อยู่ในช่วง 50 และ 100 กิโลกรัม โดยให้คนที่มีน้ำหนักในช่วงดังกล่าวขึ้นไปเยียบบนแผ่นคอนกรีต เพื่อทำการทดสอบการแตกหักของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามคุณสมบัติทางกายภาพและฟิสิกส์ของคอนกรีต จดบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในการทดลอง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และค่าอัตราร้อยละ (Percent)

3.5 ระยะการทำวิจัย

3.4.1. ระยะเวลาเริ่มต้นดำเนินวิจัยในการดำเนินการเก็บข้อมูล ทดลอง และสรุปผลการทดลอง ประมาณ 10 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2564

3.4.2 การวิจัยครั้งนี้ใช้สถานที่ บ้านเลขที่ 3 หมู่ 4 ตำบลยะรัง อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเรื่อง แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้

4.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบอัตราส่วน มีส่วนผสมหลักคือ ปูนซีเมนต์ทราย น้ำ กระดาษ และขี้เถ้าไม้ยางพารา โดยทำการทดลอง มีจำนวน 6 ชุดการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำส่วนผสมทั้งหมดมาผลิตเป็นแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนตามอัตราส่วน ดังตารางที่ 3.1 จากนั้นนำมาทดสอบบคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน การแข็งตัว การดูดซึม และการรองรับน้ำหนัก ของแผ่นคอนกรีต

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

ลักษณะทางกายภาพของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน จากการทดลองใช้ปริมาณของกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราในอัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1 : 0.0 : 0.0 / 0.8 : 0.1 : 0.1 / 0.6: 0.2 : 0.2 / 0.4 : 0.3 : 0.3 / 0.8 : 0.2 : 0.0 และ 0.8 : 0.0 : 0.2 ซึ่งลักษณะทางกายภาพของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนมีลักษณะแตกต่างกัน คือ ชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนโดยน้ำหนัก 1 : 0.0 : 0.0 มีความแข็งแรงมากและสมบูรณ์ที่สุดเพราะใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียวไม่มีการแทนที่กระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราเป็นส่วนผสม ซึ่งปูนซีเมนต์มีความละเอียดจึงส่งผลให้มีความแข็งแรง ทำให้มีผลต่อสีของแผ่นคอนกรีต รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 2 3 4 และ 6 มีการแทนที่ของกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมโดยน้ำหนัก 0.8 : 0.1 : 0.1 0.6: 0.2 : 0.2 0.4 : 0.3 : 0.3 และ 0.8 : 0.0 : 0.2 มีความแข็งแรงและสมบูรณ์น้อยกว่าชุดการทดลองที่ 1 เพราะกระดาษมีความชื้นยิ่งใส่ปริมาณมากส่งผลให้มีความแข็งแรงน้อยและขี้เถ้า

ไม้ยางพารามีความพรุนน้อยจึงส่งผลให้มีการก่อตัวไม่แข็งแรงเท่ากับปูนซีเมนต์ จึงส่งผลต่อสีของแผ่นคอนกรีตที่ใกล้เคียงกัน ลักษณะเป็นสีเทาอ่อน รองลงคือ ชุดการทดลองที่ 5 ที่มีการแทนที่ของกระดาษอย่างเดียวไม่มีการแทนที่ของขี้เถ้าไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมโดยน้ำหนัก 0.8 : 0.2 : 0.0 มีความแข็งแรงน้อยที่สุดและไม่มีความสมบูรณ์เพราะกระดาษมีคุณสมบัติดูดซึมน้ำยิ่งใส่ปริมาณมากส่งให้มีความแข็งแรงน้อยซึ่งมีผลต่อลักษณะสีของแผ่นคอนกรีต มีลักษณะเป็นสีเทาเข้ม ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะการทดสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลอง **ปูนซีเมนต์ : กระดาษ : ขี้เถ้าไม้ยางพารา** **(โดยน้ำหนัก)**	**ลักษณะทางกายภาพ**	**ผลการทดลอง**
ชุดการทดลองที่ 1 1 : 0.0 : 0.0		- มีลักษณะสีเทาอ่อน - แข็งแรงมาก - ไม่เปราะ
ชุดการทดลองที่ 2 0.8 : 0.1 : 0.1		- มีลักษณะสีเทาอ่อน - แข็งแรง - ไม่เปราะ
ชุดการทดลองที่ 3 0.6: 0.2 : 0.2		- มีลักษณะสีเทาอ่อน - แข็งแรง - ไม่เปราะ

ตารางที่ 4.1 ลักษณะการทดสอบความสมบูรณ์ของชิ้นงานในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

ชุดการทดลอง ปูนซีเมนต์ : กระดาษ : ขี้เถ้าไม้ยางพารา (โดยน้ำหนัก)	**ลักษณะทางกายภาพ**	**ผลการทดลอง**
ชุดการทดลองที่ 4 0.4 : 0.3 : 0.3		- มีลักษณะสีเทาอ่อน - แข็งแรง - ไม่เปราะ
ชุดการทดลองที่ 5 0.8 : 0.2 : 0.0		- มีลักษณะสีเทาเข้ม - เปราะ
ชุดการทดลองที่ 6 0.8 : 0.0 : 0.2		- มีลักษณะสีเทา - แข็งแรง - ไม่เปราะ

4.2 การทดสอบคุณลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทั่วไปแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า

จากการนำวัตถุดิบที่เตรียมไว้แต่ละสัดส่วน มาทำเป็นแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนและทดสอบคุณลักษณะแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน โดยทำการทดสอบ ได้แก่ ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน วัดความกว้าง ความยาว และความหนา ของแผ่นของกรีตตกแต่งส่วนซึ่งได้ผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

4.2.2 การทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

คุณสมบัติของตัวอย่างแผ่นคอนกรีกตกแต่งสวนผสมกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน เช่น การวัดขนาด ระยะเวลาในการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน นอกจากนี้ทำการศึกษา การรองรับน้ำหนัก และการดูดซึมน้ำ มีผลการศึกษาดั้งนี้

1. น้ำหนักและขนาดของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน พบว่าในแต่ละชุดการทดลองมีน้ำหนักและขนาดที่ใกล้เคียงแต่ละชุดการทดลองไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งชุดการทดลองที่ 2 และ 6 แผ่นคอนกรีตที่มีอัตราส่วนผสมการแทนที่ของกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพารา มีน้ำหนักมากที่สุดคือ 1.10 ± 0.00 กิโลกรัม มีขนาด 14.20 × 12.70 × 4.00 เซนติเมตร และ 14.50 × 12.60 × 4.00 เซนติเมตร รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 4 มีน้ำหนัก 1.07 ± 0.06 กิโลกรัม และขนาด 14.40 × 12.90 × 4.00 เซนติเมตร ส่วนชุดการทดลองที่มีน้ำหนักน้อยที่สุด คือชุดการลองที่ 1 3 และ 5 มีน้ำหนักและขนาดใกล้เคียงกันซึ่งไม่แตกต่างกันมาก ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักและขนาดของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

ชุดการทดลองปูนซีเมนต์ : กระดาษ : ขี้เถ้าไม้ยางพารา (โดยน้ำหนัก)	น้ำหนักก่อนบ่ม (กิโลกรัม)	น้ำหนักหลังบ่ม (กิโลกรัม)	ขนาดแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน (เซนติเมตร)
ชุดการทดลองที่ 1 : 1 : 0.0 : 0.0	1.03 ± 0.06	1.33 ± 0.58	14.30 × 12.50 × 3.60
ชุดการทดลองที่ 2 : 0.8 : 0.1 :0.1	1.10 ± 0.00	1.67 ± 0.58	14.20 × 12.70 × 4.00
ชุดการทดลองที่ 3 : 0.6: 0.2 : 0.2	1.00 ± 0.00	1.33 ± 0.58	14.30 × 12.80 × 4.00
ชุดการทดลองที่ 4 : 0.4 : 0.3 : 0.3	1.07 ± 0.06	1.67 ± 0.58	14.40 × 12.90 × 4.00
ชุดการทดลองที่ 5 : 0.8 : 0.2 : 0.0	1.03 ± 0.06	2.00 ± 0.00	14.60 × 13.00 × 4.00
ชุดการทดลองที่ 6 : 0.8 : 0.0 : 0.2	1.10 ± 0.00	1.67 ± 0.58	14.50 × 12.60 × 4.00

2. การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีต พบว่าชุดการทดลองที่ 1 (ชุดควบคุม) แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียวส่งผลให้การก่อตัวในการแข็งตัวเร็วที่สุดใช้ระยะเวลาในการแข็งตัว 20 นาที รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 2 3 และ 6 ซึ่งใช้เวลาในการแข็งตัว 25 30 60 และ 90 นาที ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่มีการแข็งตัวนานที่สุดคือ ชุดการทดลองที่ 5 ใช้เวลาในการแข็งตัว 90 นาที ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ระยะเวลาการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

ชุดการทดลอง ปูนซีเมนต์ : กระดาษ : ขี้เถ้าไม้ยางพารา (โดยน้ำหนัก)	**การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน (นาที)**
ชุดการทดลองที่ 1 : 1 : 0.0 : 0.0	20 นาที
ชุดการทดลองที่ 2 : 0.8 : 0.1 : 0.1	25 นาที
ชุดการทดลองที่ 3 : 0.6 : 0.2 : 0.2	30 นาที
ชุดการทดลองที่ 4 : 0.4 : 0.3 : 0.3	60 นาที
ชุดการทดลองที่ 5 : 0.8 : 0.2 : 0.0	90 นาที
ชุดการทดลองที่ 6 : 0.8 : 0.0 : 0.2	90 นาที

3. การดูดซึมน้ำ พบว่าแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน ชุดการทดลองที่ 5 แผ่นคอนกรีตที่มีอัตราส่วนผสมของกระดาษอย่างเดียวในการแทนที่ปูนซีเมนต์ไม่มีส่วนผสมของขี้เถ้าไม้ยางพารา โดยน้ำหนัก 0.8 : 0.2 : 0.0 กิโลกรัม มีค่าการดูดซึมน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 3 4 และ 6 ใช้กระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราแทนที่ปูนซีเมนต์ โดยน้ำหนัก 0.8 : 0.2 : 0.0 0.4 : 0.3 : 0.3 และ 0.8 : 0.0 : 0.2 กิโลกรัม มีค่าการดูซึมที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการทดลองที่ 1 ที่มีส่วนสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียว ไม่มีการแทนที่ของกระดาษและขี้ไม้ยางพารา มีค่าการดูดซึมน้อยที่สุด ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การทดสอบดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนในระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมง

ชุดการทดลอง ปูนซีเมนต์ : กระดาษ : ขี้เถ้าไม้ยางพารา (โดยน้ำหนัก)	**การดูดซึมน้ำ 24 ชั่วโมงแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน**		
	น้ำหนักแผ่นคอนกรีต บ่ม เริ่มต้น (กิโลกรัม)	**น้ำหนักแผ่นคอนกรีต บ่ม สุดท้าย (กิโลกรัม)**	**ค่าการดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์)**
ชุดการทดลองที่ 1 1 : 0.0 : 0.0	1.03 ± 0.06	1.33 ± 0.58	13.33
ชุดการทดลองที่ 2 0.8 : 0.1 :0.1	1.10 ± 0.00	1.67 ± 0.58	26.67
ชุดการทดลองที่ 3 0.6: 0.2 : 0.2	1.00 ± 0.00	1.33 ± 0.58	16.67
ชุดการทดลองที่ 4 0.4 : 0.3 : 0.3	1.07 ± 0.06	1.67 ± 0.58	28.33
ชุดการทดลองที่ 5 0.8 : 0.2 : 0	1.03 ± 0.06	2.00 ± 0.00	48.33
ชุดการทดลองที่ 6 0.8 : 0 : 0.2	1.10 ± 0.00	1.67 ± 0.58	26.67
ช่วงการดูดซึมน้ำ		13.33 - 48.33	

4. การรองรับน้ำหนัก จากการทดสอบการรองรับน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตกแต่งสวนจากการทดลองใช้ปริมาณของกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราในอัตราสวนที่แตกต่างกัน ทั้งนี้การทดสอบการรองรับน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตตกแต่งที่ได้กำหนดน้ำหนักของคนที่จะขึ้นไปทดสอบที่อยู่ในช่วง 50 กิโลกรัม พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียวมีการรองรับน้ำหนักได้ดีที่สุดและไม่แตกหัก เพราะว่าไม่มีการแทนที่ด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราจึงทำให้มีการองรับน้ำหนักได้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังมีชุดการทดลองใช้กระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพารา ชุดการทดลองที่ 4 ที่มีการรองรับน้ำหนักได้ดีไม่แตกหักใกล้เคียงกับ ชุดการทดลองที่ 1 ส่วนชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนผสมของกระดาษอย่างเดียว ชุดการทดลองที่ 5 ไม่มีการรองรับน้ำหนักและแตกหักง่าย รองลงมาชุดการ

ทดลองที่ 2 3 และ 6 ซึ่งมีการรองรับน้ำหนักได้น้อยแต่ไม่แตกหัก ตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยาพารา ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การรองรับน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

น้ำหนักตัวอย่าง (kg)	การรองรับน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน (กิโลกรัม)					
	ชุดการทดลอง					
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5	ชุดที 6
50	ไม่แตก	ไม่แตก	ไม่แตก	ไม่แตก	แตก	ไม่แตก
100	ไม่แตก	ไม่แตก	ไม่แตก	ไม่แตก	แตก	ไม่แตก

5. ราคาต้นทุนการผลิต ต้นทุนการผลิตของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนขึ้นอยู่กับราคาวัสดุที่ใช้ในการผลิต ดังตารางที่ 4.6 ซึ่งราคาต้นทุนรวมของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ในแต่ละชุดการทดลองต่อแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน 1 แผ่น มีดังนี้ คือ ชุดการทดลองที่ 1 ราคาต้นทุน 1.30 บาท ชุดการทดลองที่ 2 ราคาต้นทุน 1.23 บาท ชุดการทดลองที่ 3 ราคาต้นทุน 1.17 บาท ชุดการทดลองที่ 4 ราคาต้นทุน 1.07 บาท ชุดการทดลองที่ 5 ราคาต้นทุน 1.26 บาท และ ชุดการทดลองที่ 6 ราคาต้นทุน 1.20 บาท ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 ราคาวัตถุดิบในการผลิต

ราคาต้นทุนวัตถุดิบในการผลิต		
วัตถุดิบ	ราคาขาย	ราคาต่อกิโลกรัม
ปูนซีเมนต์ ตราเสือ (1 กระสอบ 50 กิโลกรัม)	168	3.36
ทรายละเอียด (1กระสอบ 70 กิโลกรัม)	60	1.16
น้ำ (1000 ลิตร)	7	0.007
กระดาษ	4	4
ขี้เถ้าไม้ยางพารา	-	-

ตารางที่ 4.7 ราคาต้นทุนแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน 1 แผ่น

รายการ	**ราคา : แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน 1 แผ่น (บาท)**					
	ชุดที่ 1	**ชุดที่ 2**	**ชุดที่ 3**	**ชุดที่ 4**	**ชุดที่ 5**	**ชุดที่ 6**
ปูนซีเมนต์	0.48	0.38	0.29	0.19	0.38	0.38
น้ำ	$0.30x10^{-2}$	$0.24 x10^{-2}$	$0.18 x10^{-2}$	$0.12 x10^{-2}$	$0.24 x10^{-2}$	$0.24 x10^{-2}$
ทราย	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
กระดาษ	-	0.0285	0.0571	0.0857	0.0571	-
ขี้เถ้าไม้ยางพารา	-	-	-	-	-	-
รวมค่าวัสดุ	1.30	1.23	1.17	1.07	1.26	1.20

เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนการผลิต พบว่าการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราทำให้ราคาต้นทุนในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนถูกลง โดยอัตราส่วนที่ประหยัดและสามรถนำไปผลิตได้จริง และมีลักษณะใกล้เคียงกับชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้กระดาษหรือขี้เถ้า เมื่อเปรียบเทียบจากลักษณะภายนอกการวัดขนาด ระยะเวลาในการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน นอกจากนี้ทำการศึกษา การดูดซึมน้ำ และ การรองรับน้ำหนัก ได้แก่อัตราส่วนผสมที่ทดแทนปูนซีเมนต์ด้วยด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราโดยน้ำหนัก 0.1 : 0.1 กิโลกรัม ซึ่งมีต้นทุนถูกกว่าการใช้ปูนซีเมนต์อย่างเดียว

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง แผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือทิ้งและขี้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้า มีรายละเอียดของผลการศึกษาวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุป

5.1.1 อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน จากการศึกษาอัตราส่วนเหมาะสมในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนโดยทำการทดลอง 6 ชุดการทดลอง แต่ละชุดการทดลองมี 3 ซ้ำ ในการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพารา (ชุดการทดลองที่ 1) 1 : 0.0 : 0.0 (ชุดการทดลองที่ 2) 0.8 : 0.1 :0.1 (ชุดการทดลองที่ 3) 0.6: 0.2 : 0.2 (ชุดการทดลองที่ 4) 0.4 : 0.3 : 0.3 (ชุดการทดลองที่ 5) 0.8 : 0.2 : 0 และ (ชุดการทดลองที่ 6) 0.8 : 0 : 0.2 จากการศึกษา พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถจะนำไปใช้ในการผลิตแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน คือการทดลองที่ 1 ที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียวไม่มีการแทนที่ของกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพารา เพราะลักษณะทางกายภาพมีความสมบูรณ์ของชิ้นงานมากที่สุดมีลักษณะพื้นผิวเรียบ แข็งแรง ไม่แตกหักง่าย จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการผลิตเป็นแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนได้ ส่วนชุดการทดลองที่ 2 3 4 และ 6 ที่มีอัตราส่วนผสมการแทนที่ของกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพารา สามารถนำไปผลิตเป็นแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนได้แต่มีไม่มีความสมบูรณ์ของชิ้นงาน ส่วนชุดการทดลองที่ 5 ที่มีอัตราส่วนผสมของการแทนที่ของกระดาษอย่างเดียวไม่ควรนำไปผลิตเป็นแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนได้ เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพไม่มีความสมบูรณ์ของชิ้นงาน

5.1.2 คุณสมบัติของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

5.1.2.1 การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

การแข็งตัวของแผ่นคอนกรีต พบว่าแผ่นนคอนกรีตตกแต่งสวนที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียวคือ ชุดการทลองที่ 1 มีการแข็งตัวเร็วกว่า ชุดการดลองที่ 2 3 4 5 และ 6 เพราะว่าปูนซีเมนต์จะช่วยเสริมช่องว่างระหว่างมวลให้กำลังแผ่นคอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัว รวมทั้งป้องกันการซึมผ่านของน้ำซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของตัวอย่างแผ่นคอนกรีต ส่วนแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพารา มีการแข็งตัวของแผ่นคอนกรีต

ช้ากว่าแผ่นคอนกรีตที่ไม่ผสมกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพารา เนื่องจากกระดาษมีความชื้นส่งผลให้แข็งตัวช้า และขี้เถ้าไม้ยางพาราที่มีความพรุนน้อยกว่าปูนซีเมนต์จึงมีการแข็งตัวช้า

5.1.2.2 การดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

เมื่อพิจารณาค่าการดูดซึมน้ำ ในระยะเวลาการบ่ม 24 ชั่วโมง พบว่า การดูดซึมน้ำของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียวคือ ชุดการทดลองที่ 1 ไม่มีการแทนที่ของกระดาษและขี้ไม้ยางพารา มีค่าการดูดซึมน้อยกว่าแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราคือ ชุดการทดลองที่ 2 3 4 5 และ 6 เนื่องจากมีการแทนที่ของกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราแทนปูนซีเมนต์ ส่งผลให้มีการดูดซึมน้ำตามอัตราส่วนการเพิ่มของกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพารา

5.1.2.3 การรองรับน้ำหนักของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน

การรองรับน้ำหนัก พบว่าแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวน ชุดการทดลองที่ 1 ที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์อย่างเดียว มีการรองรับน้ำหนักได้ดีที่สุด เพราะว่าไม่มีการแทนที่ด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพารา รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 4 ที่มีการรองรับน้ำหนักได้ดีไม่แตกหัก ส่วน ชุดการทดลองที่ 5 ที่มีอัตราส่วนผสมของกระดาษอย่างเดียว พบว่าไม่มีการรองรับน้ำหนักและแตกหักง่าย รองลงมาชุด คือ ชุดการทดลองที่ 2 3 และ 6 ซึ่งมีการรองรับน้ำหนักได้น้อยแต่ไม่แตกหัก ตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกระดาษและขี้เถ้าไม้ยาพารา จะเห็นได้ว่าการรองรับน้ำหนักจะลดลงตามอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยกระดาษ

คุณสมบัติของแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนจากกระดาษเหลือของกระดาษและขี้เถ้าไม้ยางพาราในการทดสอบครั้งนี้ ได้นำตัวอย่างแผ่นคอนกรีตตกแต่งสวนทั้ง 6 ชุดการทดลอง มาทำการทดสอบ การแข็งตัว การดูดซึม และการรองรับน้ำหนัก พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 2 3 4 และ 6 สามารถนำไปใช้งานได้จริง เพราะมีคุณสมบัติของแผ่นคอนกรีตที่เหมาะสมในการใช้งาน ส่วนชุดการทดลองที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง คือชุดการทดลองที่ 5 เพราะมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมในการใช้งาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรมีการวิเคราะห์สมบัติของขี้เถ้าไม้ยางพารา เช่น ขนาด สมบัติทางเคมีเบื้องต้น

5.2.2 ควรศึกษาคุณสมบัติของแผ่นคอนกรีตที่ระยะเวลาการบ่มต่างๆ

5.2.3 ควรทดสอบคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ของแผ่นคอนกรีตเพิ่มเติม เช่น การรับแรงอัด (N/Cm^2)

บรรณานุกรม

กรมคุ้มครองสิทธิและเสรีภาพ. (2557). *คู่มือการลดใช้ปริมาณกระดาษ.* สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://203.157.123.7/bpkh/wp-content/uploads/2018.

กระทรวงพลังงาน. (2554). *พลังงานชีวมวล*. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา https://www.dede.go.th/ewt_news.php.

กระทรวงพลังงาน. (2555). *สรุปแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ พ.ศ. 2555-2573*.สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา https://www.erc.or.th/ERCWeb2/.

กระทรวงพลังงาน. (2558). *แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579*. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/aedp.

กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย และ กรมควบคุมโรคกระทรวงสาธารณสุข. (2558). *แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศกรณีโรงไฟฟ้าชีวมวล*. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://hia.anamai.moph.go.th/ewt_dl_link.php?nid=901.

ณัฐพัชร สืบบัวแก้ว, สมศักดิ์ม มีเสถียร, และธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา. (2555). การพัฒนาอิฐมวลเบาโดยใช้กระดาษเหลือใช้.*วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*. (สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์มหาวิทยาราชภัฏจันทรเกษม), 6(1), 51-57. สืบค้น 15 กันยายาน 2563, ที่มา http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/article/view/2319.

เตือนใจ ปิยัง, กัตตินาฏ สกุลสวัสดิพันธ์, และอเนก สาวะอินทร์. (2561). การศึกษาเถ้าปาล์มน้ำมันเพื่อผลิตแผ่นคอนกรีตปูพื้นทางเท้า.*วารสารวิชา*. (มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช), 1(37), 82-94. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา https://li01.tcithaijo.org /index.php/wichcha/ article/view/105911.

ธีรยุทธ์ สุขสวัสดิ์, ธนาภรณ์ เมืองมุงคุณ ,วรัญญู ศรีเดช และรอยพิมพ์ใจ เพชรกุล. (2557). การพัฒนาอิฐบล็อกประสานโดยใช้ขี้เถ้ากะลาปาล์มน้ำมัน.วารสารวิชา (สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช), 1(33), 75-82. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา https://li01.tcithaijo.org/index.php/wichcha/.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. (2549). *กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน*สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา https://www.diw.go.th/hawk/law/air/A11.pdf.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ปิญชาน์ ต่อกิตติกุล. (2560). *การพัฒนาคอนกรีตต้นทุนต่ำและพลังงานต่ำจากวัสดุผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้* (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วัสดุศาสตร์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://cmuir.cmu.ac.th/handle/6653943832/34454.

พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์. (2548). การจัดทำฐานข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตปูนซีเมนต์และเหล็กกล้าเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อม. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://61.19.16.38/database

มูลนิธิสิ่งแวดล้อม. (2549). *พลังงานชีวมวล*. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://www.efe.or.th/weblink.php.

วชิระ แสงรัศมี. (2555). การพัฒนาบล็อกประสานน้ำหนักเบาจากเยื่อกระดาษเหลือทิ้ง. (คณะสถาปัตยกรรศาสตม หาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี). สืบค้น 15 กันยายน 2563. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา https://www.berac.tds.tu.ac.th/.

วิกิพีเดีย สารานุกรม. (2562). *คอนกรีต*. สืบค้น 18 กันยายน 2563, ที่มา https://th.wikipedia.org/wiki/คอนกรีต.

วิกิพีเดีย สารานุกรม. (2562). *ซีเมนต์หรือปูนซีเมนต์*. สืบค้น 20 กันยายน 2563, ที่มา https://th.wikipedia.org/wiki/ซีเมนต์.

วีระชัย อารีรักษ์. (2554). *การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของการใช้หินฝุ่นเป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จโดยวิธีซิกซ์ ซิกมา*, (วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญาญวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2560),หน้า1. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://cuir.car.chula.ac.th/.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีแสง, อุปวิทย์ สุวคันธกุล, และสุดใจ เหง้าสีไพร. (2555). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักที่มีส่วนผสมของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ทราย และเส้นใยมะพร้าว. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา.* (สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ), 1(1), 77-78. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://ejournals.swu.ac.th/.

สนั่น ตั้งสถิต และนายสมพงษ์ น้อยสระแมว. (2546).การผลิตวัสดุก่อสร้างจากกระดาษใช้แล้ว 2 หน้า เพื่อลดการใช้วัสดุก่อสร้าง. (สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://sutir.sut.ac.th:8080/ .

สำเร็จ สารมาคม. (2556). การประยุกต์ใช้เถ้าลอยในการผลิตบล็อกประสาน. (สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี). สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://sutir.sut.ac.th:8080/.

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ, โพซี วาจิ, พารีด๊ะ สาและ, และนูรีฮัน แนแซ. (2554). สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา. *(วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา)* คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 10(1), 78-86. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา https://so04.tci-thaijo.org/index.php/yru_human.

EF SOCITY. (2554). *การผลิตคอนกรีตผสมสำเสร็จ*. สืบค้น 13 กันยายน 2563, Paper recycle. (2556). *การรีไซเคิลกระดาษ*. สืบค้น 15 กันยายน 2563, ที่มา http://www.engineerfriend.com/.

R. M. Salem and A. E. Al-Salami (2016). Preparation of Waste Paper Fibrous Cement and Studying of Some Physical Properties. (Civil and Environmental Research). (Department of physics, Faculty of Science, King Khalid University, Saudi Arabia, Department of Physics, Faculty of Science,Aswan University, Aswan, Egypt). Search 15 September 2020, From https://core.ac.uk/download/pdf/234678327.pdf

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) เมธิยา หมวดฉิม
(ภาษาอังกฤษ) Maytiya Muadchim
ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
หน่วยงานและสังกัด คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
โทรศัพท์ 0819599035
โทรสาร -
อีเมลล์ maytiya.m@yru.ac.th

<u>ประวัติการศึกษา</u> (ปริญญาตรี – เอก ; สาขา และสถาบัน)

ปริญญาเอก ปร.ด. อาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยมหิดล
ปริญญาโท วท.ม. การจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ปริญญาตรี วท.บ. อนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ สุขาภิบาลอาหาร

<u>ผลงานวิจัย</u>

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

Muadchim, M., Rattanapan, C., Suksaroj, T and Suksaroj, C. (2012). Biogas Production and Biochemical Methane Potential of Anaerobic Co-Digestion from Pretreated Biodiesel Processing Wastewater and Decanter Cake. Thai Environmental Engineering Journal. 16 (1): 15-23.

Muadchim, M., Phanprasit W., Robson M., Sujirarat, D. and Detchaipitak, R. (2017). Case study of Occupational Mercury Exposure during Decontamination of Turnaround in Refinery Plant. International Journal of Occupational and Environmental Health. 3(1):81-86

Phanprasit, W., Muadchim, M., Park, J., Robson, M., Sujirarat, D., Kwonpongsagoon, S. and Arphorn, S. (2019). Mercury Exposure and Health Risk Assessment among Petrochemical Workers in Rayong Province, Thailand. Journal Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 25:1448-1462

อุไรวรรณ บัวทอง, นูรฮีดายะห์ มะแอ, ไซนะ มูเล็ง, นฤมล ทองมาก, เมธิยา หมวดฉิม, ชันวานี จิใจ. (2562). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมผักตบชวากับมูลวัว. ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562.** (หน้า 335-347). สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ไซนะ มูเล็ง, ฟาดีละห์ นิดิง, ชันวานี จิใจ, เมธิยา หมวดฉิม และ นฤมล ทองมาก. (2562). ผลของนมเหลือทิ้งและน้ำซาวข้าวต่อการผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ. ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562.** (หน้า 607-616). สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ข. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากกว่า 1 สาขา)

การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ, การสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, สุขศาสตร์อุตสาหกรรม

ค. ภาระงานในปัจจุบัน

1. งานประจำ

อาจารย์ผู้สอนในรายวิชาการจัดการความปลอดภัย, การติดตามตรวจสอบและวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม

สัมมนาสิ่งแวดล้อม, การวิจัยทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม 1 และการป้องกันและควบคุมมลพิษา

2. งานวิจัยที่รับผิดชอบในปัจจุบัน

Musculoskeletal disorder among Japanese food production workers

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) : ซันวานี จิใจ

(ภาษาอังกฤษ) : Sunwanee Jijai

ตำแหน่งปัจจุบัน (อาจารย์, ผศ., รศ., ศ., ตำแหน่งทางราชการ) อาจารย์

สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถ.เทศบาล 3 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา 95000

โทรศัพท์/โทรสาร 073-299628/073-299629 E-mail – address sunwanee.j@yru.ac.th

ที่อยู่ (ที่บ้าน) 150 หมู่ 15 ต.ละงู อ.ละงู จ.สตูล 91110 โทรศัพท์/โทรสาร 089-7362513

<u>ประวัติการศึกษา</u> (ปริญญาตรี – เอก ; สาขา และสถาบัน)

- ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พ.ศ. 2558
- ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2549
- ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พ.ศ. 2546

<u>ผลงานวิจัย</u>

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

Jijai, S. and Siripatana, C. (2017). Kinetic Model of Biogas Production from Co-digestion of Thai Rice Noodle Wastewater (Khanomjeen) with Chicken Manure. **Energy Procedia**. 138 (1) : 386-392.

Jijai, S., Muleng, M. and Siripatana, C. (2017). Effect of Dilution and Ash Supplement on the Bio-methane Potential of Palm Oil Mill Effluent (POME). **AIP Conference Proceeding**. 1868 (1) : 020013-1-10.

Jijai, S., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C. (2016). Kinetic Models for Prediction of COD Effluent from Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor for Cannery Seafood Wastewater Treatment. **Jurnal Teknologi**. 78 (5-6) : 93-99.

Siripatana, C., Jijai, S. and Kongjan, P. (2016). Analysis and Extension of Gompertz-type and Monod-type equations for estimation of design parameters from batch anaerobic digestion experiments. **AIP Conference Proceedings.** 1775 (1) : 03007-1-8.

Jijai, S., Srisuwan, G., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C., (2016), Effect of Substrates and Granules/Inocula Sizes on Biochemical Methane Potential (BMP) and Methane Kinetics, *Iranica Journal of Energy and Environment*, 7(2), 94-101

Jijai, S., Srisuwan, G., O-Thong, S., Ismail, N. and Siripatana, C., (2015), Effect of Granule Sizes on the Performance of UASB Reactors for Cassava Wastewater Treatment. *Energy Procedia*, 79(1), 90-97

ชันวานี จิใจ. (2558). Biogas พลังงานทางเลือกสำหรับชุมชน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ**. 19 (1) : 104-109.

ชันวานี จิใจ. (2553). คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ**. 14(1). หน้า 14-19.

ชันวานี จิใจ. (2552). “Solar cell พลังงานทางเลือกหนึ่งสำหรับอนาคต”. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ**. 13(1). หน้า 116-121.

ชันวานี จิใจ. (2551). “มารู้จัก E85 กันเถอะ”. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ**. 12(1). หน้า 85-90.

ซันวานี จิใจ. (2550). การบำบัดน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์แบบยึดเกาะตัวกลางชนิดเส้นใยไนล่อนโดยระบบถังกรองไร้อากาศ. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื่องในสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ**. 11(1). หน้า 99-107.

ข. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมระหว่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตขนมจีนกับแกลบและมูลสัตว์ชนิดต่าง ๆ. (2562). งบแผ่นดิน วช

การเพิ่มศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มโดยการปรับปรุงแกรนูลในระบบยูเอเอสบี. (2561). งบสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

ซันวานี จิใจ. (2560). **ทรัพยากรน้ำและการจัดการ**. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. พิมพ์ครั้งที่ 1. (243 หน้า)

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

รางวัลนำเสนอระดับดี ภาคบรรยาย เรื่อง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมผักตบชวากับมูลวัว ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562

จ. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากว่า 1 สาขา)

- เคมีสิ่งแวดล้อม
- จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม
- การวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม
- การจัดการสิ่งแวดล้อม
- เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสีย
- เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพ

ฉ. ภาระงานในปัจจุบัน

1. งานประจำ ประธานหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ภาระงานสอน 8 คาบ/สัปดาห์

- งานวิจัยที่รับผิดชอบในปัจจุบัน การพัฒนาระบบควบคุมการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียโรงงานบีบน้ำมันปาล์ม (POME) ร่วมกับกากตะกอนปาล์ม. (2562). สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ) – ผู้ร่วมวิจัย (10%)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	(ภาษาไทย)	ดร. นฤมล	ทองมาก
	(ภาษาอังกฤษ)	Dr. Narumol	Thongmak

ตำแหน่งปัจจุบัน (อาจารย์, ผศ., รศ., ศ., ตำแหน่งทางราชการ) อาจารย์
สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัย
ราชภัฏยะลา
โทรศัพท์ 087-3941815, 073-227151 ต่อ 9501 โทรสาร 073-227148 E-mail – address: narumol.t@yru.ac.th
ที่อยู่ (ที่บ้าน) 9/4 หมู่ที่ 2 ต.อ่างทอง อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี โทรศัพท์ 087-3941815

<u>ประวัติการศึกษา</u> (ปริญญาตรี – เอก ; สาขา และสถาบัน)

- ปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
  มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
  พ.ศ. 2558
- ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
  มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
  พ.ศ. 2552
- ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
  มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
  พ.ศ. 2550

<u>ผลงานวิจัย</u>

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ

นิมัศตูรา แว, วิชิต เรืองแป□น, วารุณี หะยีสามะสา, นิสาพร มูหะมัด และนฤมล ทองมาก. (2561, มกราคม-เมษายน). รูปแบบที่เหมาะสมในการดูแลผู้สูงอายุในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ในทศวรรษหน้า. **วารสารการพยาบาล การสาธารณสุข และการศึกษา**. 19(1) : 86-96.

Charfi, A., Thongmak, N., Benyahia, B., Aslam, M., Harmand, J., Amar, N.B., Lesage, G., Sridang, P., Kim, J. and Heran, M. (2017, December). A Modelling Approach to Study the Fouling of an Anaerobic Membrane Bioreactor for Industrial Wastewater Treatment. **Bioresource Technology**. 245 : 207–215.

Rangpan, V., Rangpan, N., Matchimapiro, D., Treepaiboon, N., Thongmak, N. and Nujan, D. (2017, July-December). The local scientific lesson for conservation and utilizing biological diversity in the Pattani

watershed. **Journal of Rangsit University: Teaching & Learning.** 11(2) : 123-132.

Thongmak, N. and Sridang, P. (2016, September–October). Effect of Temperature on Field Latex Preservation and Potential of Membrane Fouling from Latex Serum. **Veridian E–Journal Science and Technology Silpakorn University**. 3(5) : 128-138.

Thongmak, N., Sridang, P., Puetpaiboon, U., Heran, M., Lesage, G. and Grasmick, A. (2016, September). Performances of a Submerged Anaerobic Membrane Bioreactor (AnMBR) for Latex Serum Treatment. Desalination and Water Treatment. 57(44) : 20694–20706.

Thongmak, N., Sridang, P., Puetpaiboon, U. and Grasmick, A. (2015, October). Concentration of Field and Skim Latex by Microfiltration – Membrane Fouling and Biochemical Methane Potential of Serum. **Environmental Technology**. 36(19) : 2459-2467.

Sridang, P., Thongmak, N., Danteravanich, S., Grasmick, A. (2012, July). Stability of skim latex suspension and rubber content recovery by microfiltration process: operating conditions and fouling characteristics. **Desalination and Water Treatment**. 45(1-3) : 70-78.

ข. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

-

ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

-

ง. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

รางวัลนำเสนอระดับดี ภาคบรรยาย เรื่อง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมผักตบชวากับมูลวัว ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เครือข่ายภาคใต้ครั้งที่ 4 วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2562

จ. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากกว่า 1 สาขา)

- การบำบัดน้ำ/น้ำเสีย
- เทคโนโลยีเมมเบรน
- การจัดการของเสีย

ฉ. ภาระงานในปัจจุบัน

2. งานประจำ หัวหน้างานบริหารงานทั่วไป ศูนย์วิทยาศาสตร์

3. งานวิจัยที่รับผิดชอบในปัจจุบัน .....-.....