

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนต้นแบบโรงงานรีไซเคิลคอนกรีต

Payback Period of a Concrete Recycling Plant

ไพศาล สุภนัตร์,^{1*} กฤษณะ จันทโรชิต,¹ สิริัญญา ทองชาติ¹ และปนัดดา กสิกิจวิวัฒน์¹

Phaisan Suphanat,^{1*} Krissana Jantarachot,¹ Siranya Thongchart¹ and Panatda Kasikitwiwat¹

Received 31 March 2023, Revised 23 July 2023, Accepted 23 July 2023

ABSTRACT

At present, due to the growing economic conditions, Thailand has an increased amount of building construction or demolition of buildings that generates construction waste. The purpose of this research is to design a suitable logistics management system for construction waste recycling by quantifying the amount of waste generated in each area and designing a concrete waste recycling plant that is suitable for the quantity in that area, by analyzing cost and estimating the payback period of the concrete waste recycling plant. The sample study area was selected as Nakhon Pathom Province. The study found that the amount of concrete waste obtained from Nakhon Pathom Province produced 116.52 tons/day of concrete waste from construction and 148.33 tons/day of estimated concrete waste from demolition. By using the efficiency of waste recycling about 20-35 percent for economic analysis, two sample factory sizes were analyzed, and it was found that a medium-sized factory with a recycling efficiency of 7 tons/hr was more suitable because it provided a faster payback period. However, a medium-sized factory could cover less area.

Keywords: Recycling Concrete, Reverse Logistics, Demand, Supply, Payback Period

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเนื่องจากสภาพเศรษฐกิจที่เติบโตขึ้น ประเทศไทยมีการก่อสร้างอาคาร และการรื้อถอนโครงสร้างอาคารที่ทำให้เกิดขยะจากงานก่อสร้างมากขึ้น งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบการจัดการขยะที่เกิดจากงานก่อสร้างด้วยระบบโลจิสติกส์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดการรีไซเคิลขยะจากงานก่อสร้าง โดยการประมาณค่าปริมาณการเกิดขยะคอนกรีตในแต่ละพื้นที่ และออกแบบโรงงานสำหรับรีไซเคิลขยะคอนกรีตที่เหมาะสมกับปริมาณขยะของพื้นที่นั้นๆ โดยวิเคราะห์จากต้นทุนการก่อสร้างและหาระยะเวลาคืนทุนของ โรงงานรีไซเคิลขยะคอนกรีต โดยตัวอย่างพื้นที่ศึกษาจะเลือกเป็นพื้นที่จังหวัดนครปฐม จากการศึกษาพบว่าปริมาณขยะคอนกรีตที่ได้จากพื้นที่จังหวัดนครปฐมเกิดการผลิตขยะคอนกรีตจากงานก่อสร้าง 116.52 ตัน/วัน และขยะคอนกรีตที่ประเมินได้จากงานรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง 148.33 ตัน/วัน และจากการคาดการณ์ประสิทธิภาพการนำขยะมารีไซเคิลให้ประมาณเท่ากับ 25 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ในด้านการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงงานรูปแบบตัวอย่างสองขนาด พบว่าต้นแบบโรงงานขนาดกลางที่มีประสิทธิภาพการรีไซเคิลที่ 7 ตัน/ชม. เหมาะสมในด้านการลงทุนเนื่องจาก มีระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่า แต่จะครอบคลุมพื้นที่น้อยกว่า

คำสำคัญ: คอนกรีตรีไซเคิล โลจิสติกส์ย้อนกลับ อุปสงค์ อุปทาน ระยะเวลาคืนทุน

^{1*} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

* Corresponding author: Tel.09-6689-8398, E-mail address: phaisan.su@ku.th.

คำนำ

การเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบัน ทำให้เกิดการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างจำพวกอาคาร บ้านเรือน ถนน สะพาน และโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ มากมายเกิดขึ้นตามการเติบโตของประเทศ ซึ่งมีส่วนประกอบหลักเป็นคอนกรีตที่เป็นวัสดุที่นิยมเป็นอย่างมากในประเทศไทย โดยส่วนประกอบของคอนกรีตนั้นประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ มวลรวมละเอียด มวลรวมหยาบ และน้ำซึ่งมวลรวมหยาบที่เกิดจากการระเบิดภูเขาหิน ก่อให้เกิดมลพิษต่างๆ ต่อสิ่งแวดล้อม โดยข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษแสดงให้เห็นว่าฝุ่นละอองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และ ฝุ่นละอองขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในจังหวัดสระบุรีบริเวณพื้นที่ตำบลหน้าพระลานสูงกว่าพื้นที่อื่น เนื่องจากมีการประกอบกิจการเหมืองหิน โรงโม่บดย่อยหิน โรงปูนซีเมนต์ และการบรรทุกขนส่งในพื้นที่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) และเมื่อสิ่งปลูกสร้างมีอายุการใช้งานที่มากขึ้น รวมถึงความต้องการที่จะพัฒนาหรือเปลี่ยนสิ่งปลูกสร้างใหม่ทำให้เกิดการรื้อถอนสิ่งปลูกสร้างและทำให้เกิดเศษคอนกรีต (Construction and Demolition, C&D) เป็นจำนวนมากที่ต้องถูกนำไปทิ้งอย่างไม่เกิดประโยชน์ เกิดการลักลอบทิ้ง มีต้นทุนในการทิ้ง และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา

ในการนำเศษคอนกรีตจากสิ่งก่อสร้างที่ถูกทุบทำลายแล้วกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยการนำมาย่อยแล้วใช้เป็นมวลรวมหยาบในงานคอนกรีต หรือ มวลรวมรีไซเคิล (Recycled Aggregates, RA) นอกจากจะสามารถลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้แล้ว ยังเป็นการอนุรักษ์แหล่งมวลรวมหยาบตามธรรมชาติ เป็นโซ่คุณค่า (Value Chain) ของการรีไซเคิลคอนกรีต อย่างไรก็ตาม การจะนำเศษคอนกรีตเหลือทิ้งมาใช้เป็นมวลรวมหยาบในงานคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องสร้างระบบการใช้งานที่เหมาะสมสำหรับอำนวยความสะดวก

และดึงดูดให้มีการใช้มวลรวมหยาบรีไซเคิล (Silva et al., 2016)

จากปัญหาข้างต้นผู้จัดทำได้ศึกษาหาความเหมาะสมของระบบโลจิสติกส์ย้อนกลับที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้มวลรวมหยาบรีไซเคิลและการวิเคราะห์อุปสงค์อุปทานสำหรับออกแบบโรงงานสำหรับรีไซเคิลมวลรวมหยาบที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม โดยมีข้อมูลการศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุมวลรวมหยาบรีไซเคิลเป็นตัวช่วยให้เกิดการใช้งานมวลรวมหยาบรีไซเคิลได้อย่างเหมาะสมพร้อมทั้งเสนอการตั้งโรงงานสำหรับรีไซเคิลคอนกรีตให้เกิดการรองรับความต้องการในการทิ้งขยะคอนกรีต อันเป็นการลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งเศษวัสดุที่ย่อยสลายได้ยาก และเป็นการเพิ่มทางเลือกใหม่ในการเลือกใช้วัสดุมวลรวมหยาบเพื่อเป็นการอนุรักษ์แหล่งมวลรวมหยาบจากธรรมชาติไม่ให้เกิดการทำลายและลดการสร้างมลพิษในอากาศได้อย่างยั่งยืนขึ้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2561)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษารูปแบบโรงงาน

จากการค้นคว้าและจำลอง องค์กรประกอบที่จำเป็นต่อการตั้งโรงงานย่อยและนำมารีไซเคิลคอนกรีตโดยการรวบรวมข้อมูลต้นทุนต่างๆ ของโรงงาน และประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องจักรให้เพียงพอต่อการย่อยคอนกรีตในพื้นที่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับค่าประมาณของปริมาณขยะคอนกรีตที่เกิดขึ้นภายในจังหวัดหรือพื้นที่นั้น และพบว่าภายในโรงงานรีไซเคิลคอนกรีตจะต้องมีกระบวนการในการจัดการขยะคอนกรีตที่ประกอบด้วย 1) กระบวนการรวบรวมขยะคอนกรีต กระบวนการนี้จะดำเนินการคัดการณการปริมาณการเกิดขยะคอนกรีตในพื้นที่ที่โรงงานและปริมาณที่ความสามารถจะนำขยะคอนกรีตเข้าสู่โรงงานได้ 2) กระบวนการรีไซเคิลคอนกรีต กระบวนการนี้จะเป็นการออกแบบโรงงานให้เหมาะสมกับปริมาณขยะที่เข้าสู่โรงงาน โดยมีองค์ประกอบของโรงงานที่เหมาะสม 3) กระบวนการนำคอนกรีตรีไซเคิลไปใช้

กระบวนการนี้จะศึกษารูปแบบการใช้งานมวลรวมรีไซเคิลตามงานวิจัยต่างๆ และวิเคราะห์ความคุ้มค่าและความเหมาะสมของการนำไปใช้งาน

ในงานวิจัยนี้จะเสนอรูปแบบและการทำงานของโรงงานรีไซเคิลคอนกรีตให้เหมาะสมกับพื้นที่ โดยแบ่งพื้นที่การครอบคลุมของโรงงานเป็นในระดับจังหวัด และระดับอำเภอ

(1) โรงงานที่ครอบคลุมพื้นที่ระดับอำเภอ นั้นอาจใช้โรงงานที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก มีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำและให้ความสามารถในการรองรับการรีไซเคิลของโรงงานเพียงพอต่อการเกิดขยะคอนกรีตในพื้นที่ โดยเสนอรูปแบบการทำงานของโรงงานขนาดระดับอำเภอนั้นรับขยะคอนกรีตใน

พื้นที่และรีไซเคิลขยะจากงานก่อสร้างเพื่อนำไปใช้ในรูปแบบต่างๆ ดัง Figure 1

(2) โรงงานที่ครอบคลุมพื้นที่ระดับจังหวัดนั้นจำเป็นต้องใช้โรงงานที่มีขนาดใหญ่ มีต้นทุนการก่อสร้างสูง และเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ในการรับคอนกรีตมารีไซเคิล อาจต้องเพิ่มจุดรวมขยะคอนกรีตของแต่ละพื้นที่ย่อย ก่อนที่จะขนส่งขยะคอนกรีตเข้าสู่โรงงานรีไซเคิล และการที่โรงงานขนาดใหญ่สามารถรีไซเคิลคอนกรีตได้ในปริมาณมากๆ จึงเสนอให้มีการก่อตั้งจุดแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมวลรวมรีไซเคิลเพิ่มด้วยเพื่อให้เกิดการใช้มวลรวมรีไซเคิลได้หลากหลายรูปแบบดัง Figure 2

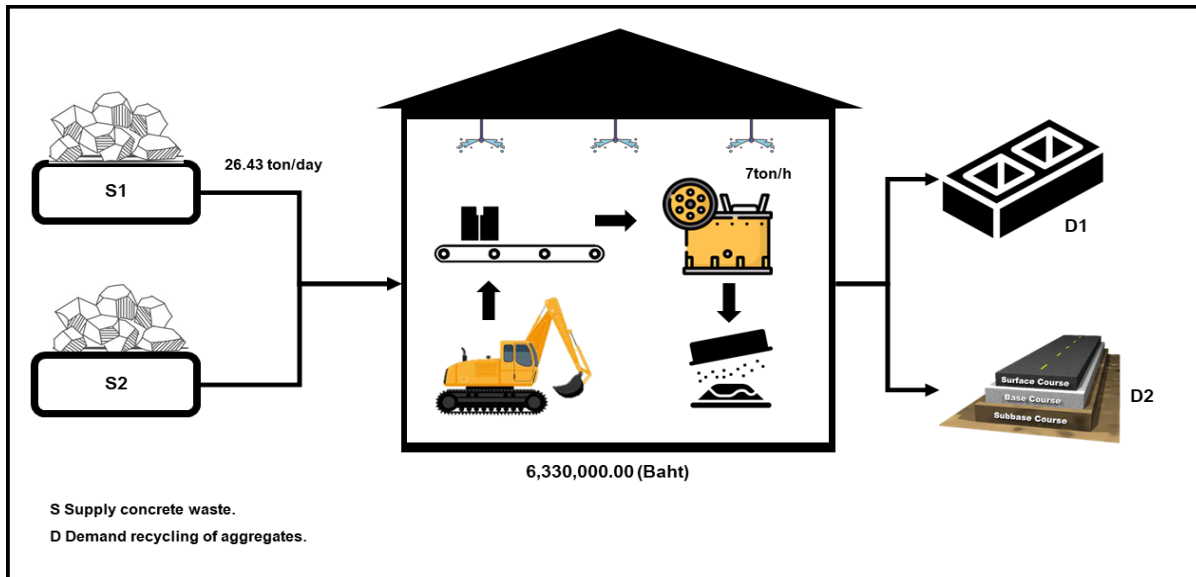


Figure 1 Working model of waste recycling plant for district level

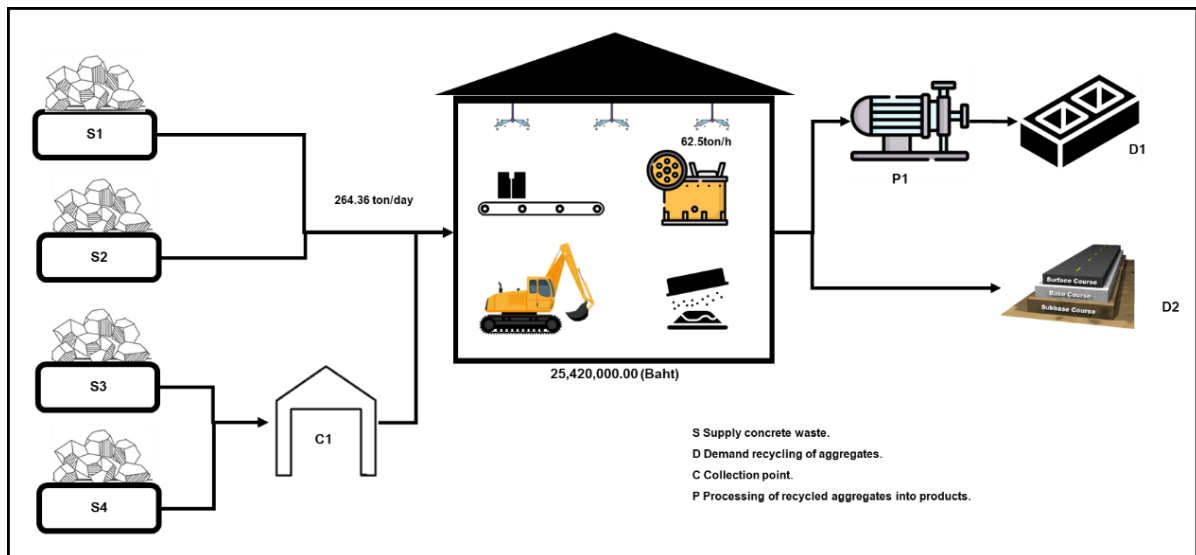


Figure 2 Working model of waste recycling plant for province level

2. การวิเคราะห์ปริมาณขยะคอนกรีต

การวิเคราะห์ปริมาณขยะคอนกรีต คณะวิจัย นำข้อมูลการขออนุญาตก่อสร้างมาประกอบการวิเคราะห์ เนื่องจากต้นทางของขยะคอนกรีตมาจากการสร้างและรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง และสามารถแบ่งประเภทการเกิดขยะคอนกรีตออกเป็นสองส่วน คือ ขยะคอนกรีตที่เกิดจากงานก่อสร้างในส่วนนี้ จะสามารถคาดการณ์ปริมาณขยะคอนกรีตที่เกิดขึ้น จากสถิติอัตราส่วนการผลิตขยะคอนกรีตที่ประเมินได้ จากการก่อสร้างโดย (กรมควบคุมมลพิษ, 2561) และ จากสถิติการรื้อถอนอาคารที่อยู่อาศัยของรัฐคอนเนตทิคัต (Connecticut) ในปี 1997 ถึงปี 2000 มีค่า 12.8 เปอร์เซ็นต์ 20.8 เปอร์เซ็นต์ 18.8 เปอร์เซ็นต์ และ 19.1 เปอร์เซ็นต์ ของการก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยใหม่ตามลำดับ (Wang *et al.*, 2004) ซึ่งเห็นได้ว่าการรื้อถอนเป็นสัดส่วนที่สูงขึ้นทุกปี อย่างไรก็ตาม สำหรับการคาดการณ์ของประเทศไทยที่ให้ได้ค่าที่ไม่สูงเกินไป การศึกษาค่าการรื้อถอนอาคารรื้อถอนสิ่งก่อสร้างของประเทศไทยเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ ของการขออนุญาตก่อสร้าง จากนั้นคาดการณ์ปริมาณขยะคอนกรีตที่เกิดขึ้นจากอัตราส่วนการผลิตขยะคอนกรีตที่ประเมินได้จากงานรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง

3. ความสัมพันธ์ระหว่างอุปสงค์และอุปทาน

ในงานวิจัยจะดำเนินการวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้หลักการอุปสงค์และอุปทานที่พิจารณาถึงความเหมาะสมของขนาดโรงงาน ความสัมพันธ์ ของขนาดโรงงานและต้นทุนของโรงงานกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่ตั้งโรงงาน โดยให้อุปทาน (Supply) หมายถึงความสามารถในการรองรับขยะคอนกรีตของโรงงานในแต่ละขนาดโดยมีต้นทุนการก่อสร้างโรงงานเป็นตัวแปรที่ใช้พิจารณาประกอบการตัดสินใจ อุปสงค์ (Demand) หมายถึง ปริมาณขยะคอนกรีตในพื้นที่ที่โรงงานจะรับเข้ามาทำการรีไซเคิลให้เป็นมวลรวมหยาบรีไซเคิลได้ ซึ่งรูปแบบ และขนาดของโรงงานในแต่ละพื้นที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป

4. การวิเคราะห์ต้นทุนและรายรับ

ในระบบการจัดการมวลรวมหยาบรีไซเคิลใช้ การวิเคราะห์ต้นทุนคงที่ ต้นทุนผันแปร และการ

วิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบเพื่อ ประเมินการจำนวนเงินที่ใช้ในการลงทุนทำกิจกรรมรีไซเคิลมวลรวมหยาบ ทำให้ได้ข้อมูลสำหรับการ วิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) เพื่อหาระยะเวลาที่มีผลตอบแทนจากการดำเนินงาน ในแต่ละปีรวมกันเท่ากับจำนวนเงินลงทุนทั้งหมด โดยกำหนดการตัดสินใจแบบไม่คำนึงถึงค่าของเงินตามเวลา วิธีนี้เหมาะสำหรับหาผลตอบแทนของโครงการและเปรียบเทียบโครงการคืนทุนเร็วที่สุด เนื่องจากโครงการที่คืนทุนเร็วกว่าย่อมมีความเสี่ยงน้อยกว่า ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยสมการต่อไปนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{\text{เงินสดเข้าสุทธิต่อปี}}$$

หรือนอกจากนี้การหาระยะเวลาคืนทุนยังสามารถอธิบายโดยการพล็อตกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับรายได้อีกด้วยในส่วนแนวคิดรายได้จากการสนับสนุนจากรัฐในกรณีงานวิจัยนี้ คิดรูปแบบเป็นบุคคลหรือองค์กรเอกชน ดำเนินการด้านสิ่งแวดล้อมที่จดทะเบียนกับกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ตามมาตรา 23 ของพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ได้กำหนดการจัดสรรเงินของกองทุนสิ่งแวดล้อมไว้ในสองลักษณะ กล่าวคือ เงินอุดหนุนลักษณะหนึ่ง และเงินกู้ยืมลักษณะหนึ่ง (สำนักงานกองทุนสิ่งแวดล้อม, 2556) มีรูปแบบโครงการที่เกี่ยวกับการส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมตามที่ คณะกรรมการกองทุนเห็นสมควร และวงเงินสนับสนุนจากกองทุนจะขึ้นอยู่กับพิจารณาของคณะกรรมการกองทุนตามมาตรา 23(4) ซึ่งหากได้รับการสนับสนุนในด้านเงินอุดหนุนจะเปรียบเสมือนการเพิ่มรายได้จากการดำเนินการทางด้านสิ่งแวดล้อม และหากได้รับการสนับสนุนในด้านเงินกู้จะสามารถลดดอกเบี้ยของการตั้งโรงงานลง

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ปริมาณขยะคอนกรีตที่เกิดขึ้นในแต่ละปี

จากการใช้ข้อมูลสถิติการขออนุญาตก่อสร้างอาคารในแต่ละปีของจังหวัดหรืออำเภอโดยจังหวัด

นครปฐมมีสถิติการขออนุญาตก่อสร้าง คิดเป็นพื้นที่ก่อสร้างในจังหวัดเท่ากับ 753,178.20 ตร.ม./ปี จากนั้นเปรียบเทียบค่าอัตราการผลิตขยะคอนกรีตที่ประเมินได้จากการก่อสร้างและการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างที่อยู่อาศัยตามอัตราดังนี้

ขยะคอนกรีตที่ประเมินได้จากการการก่อสร้างเท่ากับ 56.23 กก./ตร.ม.

ขยะคอนกรีตที่ประเมินได้จากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างเท่ากับ 718.81 กก./ตร.ม. (กรมควบคุมมลพิษ, 2561)

ดังนั้นจะทำนายการเกิดขยะคอนกรีตทั้งหมดในจังหวัดนครปฐม ประมาณเท่ากับ 96,490.43 ตัน/ปี และสถิติการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างที่ประเมินโดยกรมควบคุมมลพิษ เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลการขออนุญาตก่อสร้าง จากข้อมูลการขออนุญาตก่อสร้างเฉลี่ยของจังหวัดนครปฐม เท่ากับ 753,178.20 ตร.ม./ปี จะคำนวณคาดการณ์การเกิดขยะคอนกรีตจากการก่อสร้าง 116.03 ตัน/วัน และขยะคอนกรีตที่ประเมินได้จากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง 148.33 ตัน/วัน

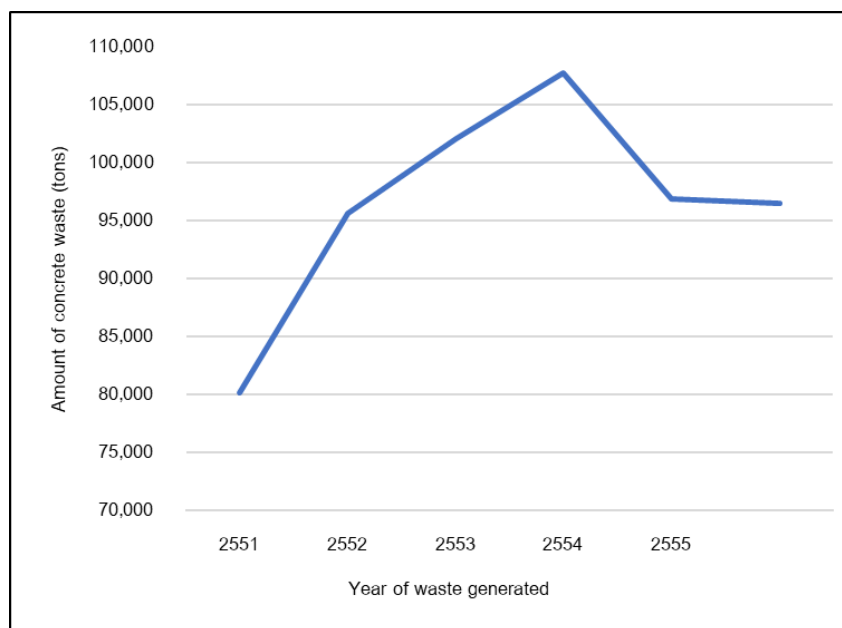


Figure 3 Amount of concrete waste generated each year in Nakhon Pathom Province

2. ต้นแบบโรงงาน

ในการออกแบบโรงงานสำหรับย่อยคอนกรีตรีไซเคิลจะมีการออกแบบโดยการคำนึงถึงปัจจัยหลักดังนี้ 1) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนและประสิทธิภาพของโรงงาน ประกอบด้วย เครื่องบดย่อยคอนกรีตรีไซเคิล สายพานลำเลียง เครื่องคัดแยกประเภทขยะรีไซเคิล เครื่องจักรต่างๆ เป็นต้น 2) ปัจจัยด้านการจัดการมลภาวะต่างๆ ที่เกิดจากการทำงานของโรงงาน ประกอบด้วย อุปกรณ์จัดการมลภาวะ เช่น หุ่นฉีดละอองน้ำกำแพงป้องกันเสียงรบกวน และโครงสร้างพื้นฐานของโรงงาน และ 3) ปัจจัยด้านการขนส่ง และการเลือกทำเลที่ตั้งที่เหมาะสม

ในงานวิจัยนี้ได้เสนอต้นแบบโรงงานเพื่อศึกษาต้นทุนโรงงานสองรูปแบบตัวอย่าง คือ ต้นแบบโรงงานขนาดใหญ่ และต้นแบบโรงงานขนาดกลาง

2.1 ต้นแบบโรงงานรีไซเคิลขนาดใหญ่

ต้นแบบโรงงานขนาดใหญ่จะออกแบบให้รองรับปริมาณขยะคอนกรีตทั้งจังหวัด ที่เฉลี่ย 96,490.43 ตัน/ปี แต่ประสิทธิภาพของโรงงาน นั้นอาจจะไม่จำเป็นต้องรองรับปริมาณของขยะคอนกรีตทั้งหมดเพราะจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการนำขยะคอนกรีตกลับมารีไซเคิลของพื้นที่ได้มากกว่าซึ่งในแต่ละพื้นที่อาจจะเกิดการนำขยะคอนกรีตกลับมาใช้ใหม่เพียง 25 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณขยะคอนกรีตทั้งหมดเท่านั้น ทำให้ปริมาณคอนกรีตที่จะเข้าสู่โรงงานรีไซเคิลนั้นอาจจะมีเพียง 28,947.13 ตัน/ปี

จากปริมาณขยะคอนกรีตที่สามารถนำมารีไซเคิลได้นั้น จึงเลือกออกแบบโรงงานรีไซเคิลคอนกรีตโดยใช้ประสิทธิภาพของเครื่องมือต่างๆ ของโรงงาน ในกรณีนี้จะเลือกโดยพิจารณาขนาดเครื่อง

ย่อยคอนกรีตรีไซเคิล เพราะมีความสามารถในการทำงานย่อยคอนกรีตต่ำเทียบกับเครื่องมืออื่นๆ ที่สุดที่ 62.5 ตัน/ชม คิดเป็นการทำงานในหนึ่งปี จะย่อยคอนกรีตได้ประมาณ 90,000 ตัน/ปี (เครื่องจักรทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน เดือนละประมาณ 20 วัน) และจะมีประมาณการของค่าก่อสร้างคิดเป็นเงิน ประมาณ 25,420,000 บาท โดย ข้อมูลค่าก่อสร้างมาจาก รายละเอียดการจ้างเหมาก่อสร้างโรงงานประเภท โครงสร้างเหล็กรูปแบบโกดังที่มีพื้นที่ใช้สอยของโรงงานขนาด 2000 ตร.ม. อุปกรณ์รีไซเคิลคอนกรีตรูปแบบเหมืองกรวดขนาด 15-65 ตัน/ชม. ราคาประมาณ 11,000-50,000 USD อุปกรณ์คัดแยกเหล็กขนาด 7.5 กิโลวัตต์ราคาอยู่ที่ 10,000-20,000 USD เครื่องคัดแยกมวลรวม ขนาด 30-150 ตัน/ชม. ราคาอยู่ที่ 10,000 USD สายพานลำเลียงและรถขุดตัก ประมาณ 300,000 USD รายละเอียดดัง Table 1 และ คิดต้นทุนผันแปรตามขั้นตอนการดำเนินงานในแต่ละเดือน เช่น ค่าน้ำค่านวมจากการใช้น้ำตามขนาดโรงงานจำนวน 300 ลิตร/เดือน ค่าไฟฟ้าค่านวมจากการดำเนินการของเครื่องจักร แสงสว่างและอุปกรณ์อื่นๆ ค่าแรงงานจำนวน 20 คน ค่าขนส่งค่านวมจากค่าขนส่งวัสดุมวลรวมระยะทางเฉลี่ย 50 กม. และค่าสวัสดิการอื่นๆ ซึ่งจะมีรายการต้นทุนผันแปรดัง Table 2

2.2. ต้นแบบโรงงานรีไซเคิลขนาดกลาง

ต้นแบบโรงงานขนาดกลางจะออกแบบให้รองรับปริมาณขยะคอนกรีตในระดับอำเภอ เนื่องจาก

ขนาดของโรงงานที่มีความสามารถในการรองรับการรีไซเคิลคอนกรีตที่ต่ำกว่า

จากที่ได้ปริมาณขยะคอนกรีตที่สามารถนำมารีไซเคิลได้นั้นจึงเลือกออกแบบโรงงานรีไซเคิลคอนกรีตที่มีความสามารถในการทำงานย่อยคอนกรีตขนาด 7 ตัน/ชม การทำงานในหนึ่งปี จะย่อยคอนกรีตได้ ประมาณ 10,080 ตัน/ปี (เครื่องจักรทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน เดือนละประมาณ 20 วัน) รองรับปริมาณขยะคอนกรีตประมาณร้อยละสิบของทั้งจังหวัด โดยคาดการณ์ว่าครอบคลุมในระดับอำเภอ และ ประมาณการค่าก่อสร้างคือ 6,330,000 บาท ข้อมูลค่าก่อสร้างมาจากรายละเอียดการจ้างเหมาก่อสร้างโรงงานประเภทโครงสร้างเหล็กรูปแบบโกดังที่มีพื้นที่ใช้สอยของโรงงานขนาด 250 ตร.ม. อุปกรณ์รีไซเคิลคอนกรีตแบบเครื่องบดกรวด 5-20 ตัน/ชม. ราคาประมาณ 3,500-5,000 USD อุปกรณ์คัดแยกเหล็กประเภท ตะแกรง ราคาประมาณ 200-500 USD เครื่องคัดแยกมวลรวมระบบตะแกรงสั่น 1-10 ตัน/ชม.ราคาอยู่ที่ 350-1,500 USD สายพานลำเลียงประมาณ 30,000 USD รายละเอียดดัง Table 1 และคิดต้นทุนผันแปรตามขั้นตอนการดำเนินงานในแต่ละเดือน เช่น ค่าน้ำค่านวมจากการใช้น้ำตามขนาดโรงงานจำนวน 80 ลิตร/เดือน ค่าไฟฟ้าค่านวมจากการดำเนินการของเครื่องจักร แสงสว่างและอุปกรณ์อื่นๆ ค่าแรงงานจำนวน 5 คน ค่าขนส่งค่านวมจากค่าขนส่งวัสดุมวลรวมระยะทางเฉลี่ย 10 กม.และค่าสวัสดิการอื่นๆ ซึ่งจะมีรายการต้นทุนผันแปรดัง Table 2

Table 1 Fixed cost of each type of waste recycling plant

Items for fixed cost	Cost for large size (Baht)	Cost for medium size (Baht)
Construction	12,420,000	6,000,000
Concrete crusher machine	1,500,000	200,000
Steel sorting machine	600,000	10,000
Aggregate sorting machine	300,000	20,000
Conveyor	10,500,000	100,000
Pollution machine	100,000	0
Total	25,420,000	6,330,000

Table 2 Variable cost of each type of waste recycling plant

Items for variable cost per month	Cost for large size (Baht)	Cost for medium size (Baht)
Water + Electric	24,000	12,000
Labor	200,000	50,000
Transportation	170,000	33,500
Others such as Insurance, interest	39,400	9,550
Total	433,400	105,050

3. การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน จะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุน และรายได้ และอธิบายในรูปแบบของเวลาการคืนทุน (Payback Period : PB) ซึ่งจะดำเนินการคำนวณต้นทุน และรายได้เป็นหน่วยปีแล้วทำการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ของต้นทุนและรายได้ซึ่งจุดที่ตัดกันบนกราฟจะเป็นค่าระยะเวลาคืนทุน โครงการนั้นๆ ต้นทุนผันแปรจะประมาณรวมรายจ่ายของแต่ละเดือนเช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าแรงงาน ค่าขนส่ง และค่าสวัสดิการอื่นๆ รายรับจะมาจากปริมาณขยะคอนกรีตที่รับมาจากพื้นที่โดยจะพิจารณาเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณขยะคอนกรีตทั้งหมดที่ประมาณการได้ของพื้นที่นั้นที่ 25 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นกำหนดรายละเอียดของรายรับเป็น 3 ช่องทางคือ 1) รายรับจากค่ารับทิ้งขยะคอนกรีตโดยปกติรายได้ของกิจการรับทิ้งขยะจะเป็นรายได้จากการบริการทิ้งขยะ ในกรณีเมื่อเกิดการรื้อถอนจะมีค่ารับทิ้งขยะจากงานก่อสร้างหรือส่งไปทิ้งตามบ่อขยะแต่เมื่อตั้งโรงงานขึ้นจะถูกสมมุติให้เปลี่ยนเป็นค่าขนส่งเข้าสู่โรงงาน 2) รายรับจากการขายมวลรวมหยาบ รายรับประเภทที่จะเป็นรายได้จากการแปรรูปมวลรวมหยาบรีไซเคิลให้เป็นผลิตภัณฑ์นำมาใช้ใหม่ได้รายได้ประเภทนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ประกอบการเกี่ยวกับการหาตลาดของมวลรวมหยาบรีไซเคิล และ 3) การอุดหนุนจากรัฐ เป็นรายรับประเภทที่ได้จากการอุดหนุนของกองทุนสิ่งแวดล้อม โดยการดำเนินการของผู้ประกอบการ เพื่อควบคุมบำบัดหรือขจัดมลพิษถึงจะสามารถขอรับเงินอุดหนุนจาก

กองทุนได้ ซึ่งรายรับประเภทนี้อาจจะขึ้นอยู่กับความเห็นชอบของหน่วยงานภาครัฐ ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปแบบของการคำนวณรายรับเป็นตัวอย่างไว้ 3 กรณี ได้แก่ 1) รายรับจากรวมทั้งสามช่องทางคือ การรับทิ้งขยะ รายรับจากการขายมวลรวม และรายรับจากการอุดหนุนจากรัฐ 2) รายรับจากสองช่องทางคือ การรับทิ้งขยะ และรายรับจากการขายมวลรวม 3) รายรับจากช่องทางเดียวคือ การรับทิ้งขยะเพียงอย่างเดียว

3.1 ระยะเวลาคืนทุนของต้นแบบโรงงานขนาดใหญ่

ต้นทุนโรงงานที่เป็นต้นทุนคงที่ เท่ากับ 25,420,000 บาท ต้นทุนผันแปร เท่ากับ 433,400 บาท/เดือน ให้รายรับจากค่ารับทิ้งขยะคอนกรีต 275.94 บาท/ตัน รายรับจากการขายมวลรวม 100 บาท/ตัน ประมาณค่าการอุดหนุนจากรัฐเป็น 50 บาท/ตัน และกำหนดให้ความสามารถในการนำขยะคอนกรีตมารีไซเคิลเท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์ จากการหาความสัมพันธ์ระยะเวลาคืนทุนของโรงงานจะได้ระยะเวลาคืนทุนจากรายรับ 3 กรณี โดยกรณีที่ 1 จะได้ระยะเวลาคืนทุน 12 ปี กรณีที่ 2 จะได้ระยะเวลาคืนทุน 25 ปี และกรณีที่ 3 ไม่เกิดระยะเวลาคืนทุน ดัง Figure 4

3.2 ระยะเวลาคืนทุนของต้นแบบโรงงานขนาดกลาง

ต้นทุนโรงงานที่เป็นต้นทุนคงที่เท่ากับ 6,330,000 บาท ต้นทุนผันแปรเท่ากับ 105,050 บาท/เดือน รายรับจากค่ารับทิ้งขยะคอนกรีต 213.16 บาท/ตัน รายรับจากการขายมวลรวม 100 บาท/ตัน ประมาณค่าการอุดหนุนจากรัฐเป็น 50 บาท/ตัน และกำหนดให้

ความสามารถในการนำคอนกรีตมารีไซเคิลเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ จากการหาวิเคราะห์หาระยะเวลาคืนทุนของโรงงานจะได้ระยะเวลาคืนทุนจากรายรับ 3 กรณี โดยกรณีที่ 1 จะได้ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 5 ปี กรณีที่ 2 จะได้ ระยะเวลาคืนทุน ในช่วงระหว่าง 7 ปีถึง 8

ปี และกรณีที่ 3 ไม่เกิดระยะเวลาคืนทุนภายใน 30 ปี ดัง Figure 5 อย่างไรก็ตามการสนับสนุนจากกองทุนจะขึ้นอยู่กับพิจารณาของคณะกรรมการกองทุนตาม มาตรา 23

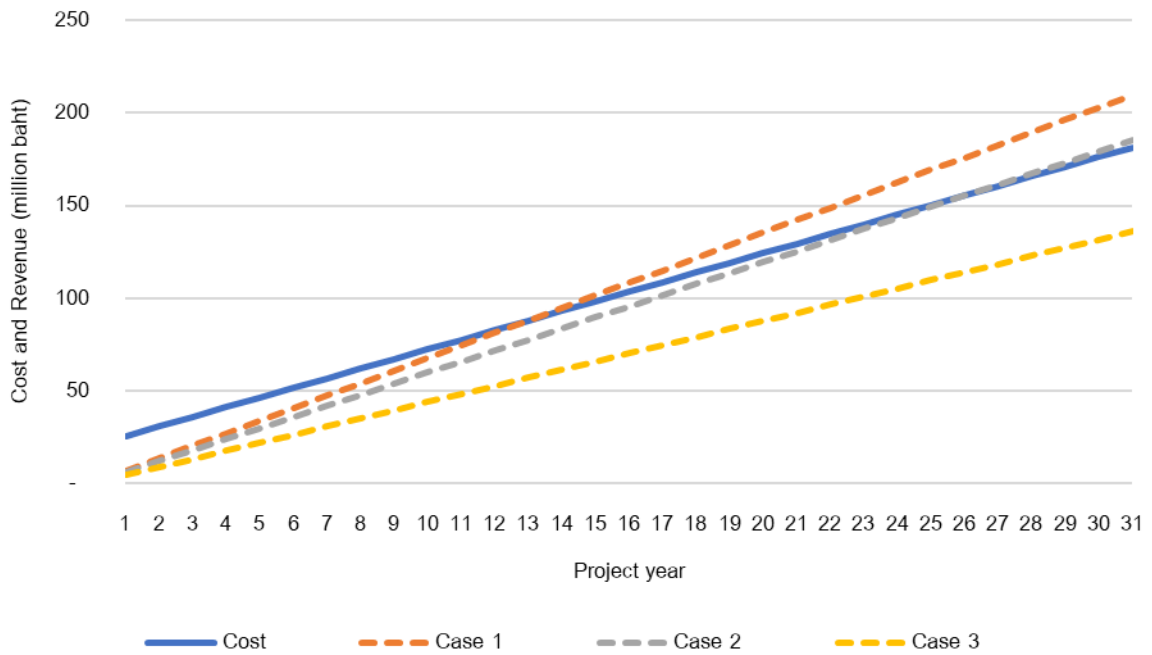


Figure 4 Payback Period comparison of a large waste recycling plant

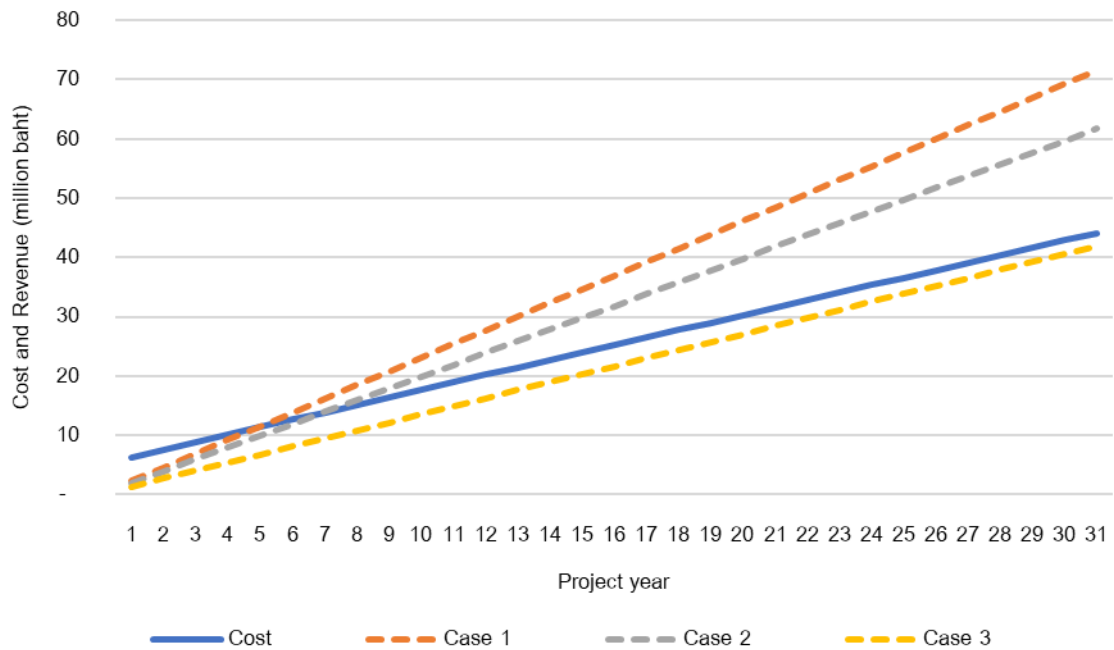


Figure 5 Payback Period comparison of a medium waste recycling plant

สรุป

จากการวิเคราะห์ปริมาณขยะคอนกรีตของจังหวัดนครปฐมที่คณะผู้วิจัยนำข้อมูลการขออนุญาตก่อสร้างอาคารมาคำนวณหาปริมาณขยะพบว่าอัตราการเกิดขยะคอนกรีตในจังหวัดนครปฐม ที่เกิดจากการก่อสร้างและการรื้อถอนจะมีอัตราการเกิดใกล้เคียงกันโดยอัตราการเกิดขยะคอนกรีตที่เกิดจากการรื้อถอนมีอัตราการเกิดขยะคอนกรีตมากกว่าเนื่องจากขยะที่เกิดจากการรื้อถอนนั้นจะเป็นปริมาณคอนกรีตของตัวอาคารทั้งหมดที่เกิดการรื้อถอน ทั้งนี้ตัวเลขของอัตราการเกิดขยะคอนกรีตอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากการเกิดขยะคอนกรีตนี้ได้มาจากการคาดการณ์จากสถิติการรื้อถอนในอนาคตเท่านั้น

ในด้านกรวิเคราะห์ต้นแบบโรงงานพบว่ารูปแบบโรงงานทั้งสองแบบมีจุดคุ้มทุนที่แตกต่างกันจากต้นทุนโรงงานที่เพิ่มขึ้นตามขนาดของโรงงาน โดยจุดคุ้มทุนของโรงงานขนาดกลางนั้นมีจุดคุ้มทุนที่เร็วกว่าเพราะมีต้นทุนที่ต่ำกว่าและประสิทธิภาพของโรงงานสามารถครอบคลุมต่อพื้นที่ระดับอำเภอหรืออาจเพียงพอต่อความต้องการในระดับจังหวัด แต่ถ้าหากจังหวัดมีพื้นที่ที่มากกว่าและปริมาณขยะคอนกรีตที่สูงกว่าอาจจำเป็นต้องเพิ่มขนาดและความสามารถของโรงงานรีไซเคิลคอนกรีตขึ้นไปเพื่อให้เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ ประเด็นที่พิจารณาในการคำนวณ ระยะเวลาคืนทุนคือรายได้จากการรับทั้งขยะคอนกรีตในแต่ละพื้นที่ และหากมีการนำขยะคอนกรีต มารีไซเคิลเป็นมวลรวมหยาบรีไซเคิล และใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางขึ้น จะสามารถเพิ่มรายรับของโรงงานรีไซเคิลได้ เช่นการใช้เป็นมวลรวมหยาบสำหรับโครงสร้างคอนกรีตในส่วนที่ไม่ต้องการการรับกำลังที่สูงมาก หรือใช้ในการทำโครงสร้างถนนชั้นรองพื้นทางอย่างไรก็ตามปัจจัยในการทำให้เกิดการรีไซเคิลจากขยะของคอนกรีตขึ้นอยู่กับ ความสามารถ และประสิทธิภาพในการรวบรวมขยะเข้าโรงงานรายได้ และระยะเวลาคืนทุนในอนาคตขึ้นอยู่กับปริมาณขยะที่สามารถนำเข้าสู่โรงงานได้ นอกจากนี้หากรัฐบาลมีกฎหมายสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจน กำหนดบทลงโทษ และเข้มงวดกับการลักลอบทิ้งขยะ

ประกอบกับการมี นโยบายการสนับสนุนการรีไซเคิลขยะคอนกรีต จะเป็นปัจจัยที่ทำให้โรงงานมีระยะเวลาคืนทุนได้เร็วขึ้น สามารถรีไซเคิลขยะจากคอนกรีตได้มากขึ้น ลดความต้องการในการใช้มวลรวมที่ได้จากการระเบิดภูเขาหิน และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัย จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ จันท์เจริญชัย.(2553). การเตรียมและการประเมินโครงการ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.(2561). สถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2561. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.(2562). แผนปฏิบัติการขับเคลื่อนวาระแห่งชาติการแก้ไขปัญหา มลพิษด้านฝุ่นละออง. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.

เทอดศักดิ์ สายสุทธิ. (2555). Rca จากส่วนที่เหลือของเสาเข็มคอนกรีต. ใน การประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนครั้งที่ 9. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ปรกรณ์เกียรติ หมื่นสิทธิโรจน์, ภาวินี พงศ์พันธ์พฤทธิ์, พิสุทธิ เพ็ชรมนกุล, ณัฐวิญญ์ ชาวเลิศพรศิยา. (2564). การศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการจัดการขยะมูลฝอย: กรณีศึกษาโครงการอาคารชุดบ้านเอื้ออาทรบางไฉลง จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารสหวิทยาการวิจัย: ฉบับบัณฑิตศึกษา, 10(2), 27-34.

- पालิกา วรณวิไล.(2559). *การวิเคราะห์การจัดการขยะมูลฝอยและยุทธศาสตร์สำหรับกรุงเทพมหานคร. คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*. กรุงเทพฯ: สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- เพชรรัตน์ ลิ้มสุปรียารัตน์.(2560). *โครงการ การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดินและการขออนุญาตก่อสร้างอาคาร (รายงานการวิจัย)*. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา
- ไพรัช วงศ์ยุทธไกร.(2551). *การจัดการห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management)*. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา, 2(2), 6-10
- สำนักงานกองทุนสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.(2556). *กองทุนสิ่งแวดล้อม*. เมื่อ 20 กันยายน 2565 จาก <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABI/NFOCENTER38/DRAWER027/GENERAL/DA0000/00000057.PDF>
- โสภภาพร คงเชื้อนาค.(2559). *การส่งเสริมการหมุนเวียนขยะจากการก่อสร้างและรีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่ ศึกษาเปรียบเทียบประเทศไทยกับประเทศญี่ปุ่น (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- อภิชล กาเนิดว่า, วนิตา รัตนมณี, รัฐชนา สิ้นธวาลย์, วรณรัช สันตอมรทัต. (2557). *วิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาตำแหน่งที่ตั้ง เพื่อการจัดการซากคอมพิวเตอร์ในอนาคต. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 24(3), 560-573.*
- อภิรักษ์ มาตรนอก. (2555). *การศึกษาผลกระทบของสถานะความชื้นและการดูดซึมน้ำของมวลรวมหยาบธรรมชาติและรีไซเคิลต่อค่าการยุบตัว และกำลังอัดของคอนกรีต (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*
- อลงกต บุญศิริ.(2557). *การพัฒนาคอนกรีตกำลังสูงระยะต้นที่ใช้มวลรวมหยาบของคอนกรีตถนนเก่าที่นำกลับมาใช้ใหม่ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*
- อุษณีย์ อุยะเสถียร และ อัจฉรา อัครจุฑิกุลชัย.(2550). *การประเมินปริมาณและองค์ประกอบของของเสียจากการก่อสร้างและรีไซเคิลอาคารในกรุงเทพมหานคร. เมื่อ 20 กันยายน 2565 จาก <https://repository.li.mahidol.ac.th/handle/123456789/48076>.*
- Amit, S., William, P.M., Yuanjie, H. (2560) . Matching supply with demand in supply chain management education. *The International Journal of Logistics Management, 27(3), 837-861. doi:10.1108/IJLM-03-2015-0058.*
- Daniel J. Preston, Keith A. (2013). Woodbury Cost-benefit analysis of retrofit of high-intensity discharge factory lighting with energy-saving alternatives, *Energy Efficiency*. 6, 255-269. doi: 10.1007/s12053-012-9179-1.
- Huanyu, W., Huabo, D., Lina, Z., Jiayuan, W., Yongning,N.,Guomin,Z.(2016). Demolition waste generation and recycling potentials in a rapidly developing flagship megacity of South China: Prospective scenarios and implications. *Construction and Building Materials, 113, 1007-1016. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.130.*

- Jon, A.E. (1990). *Cold-Recycled Bituminous Concrete Using Bituminous Materials*. Washington, D.C: National Cooperative Highway Research Program
- Mohammed, M., Egyir, I.S., Donkor, A.K., Amoah, P., Nyarko, S., Boateng, K.K., Ziwu, C. (2017). Feasibility study for biogas integration into waste treatment plants in Ghana. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(3), 695-703. doi:10.1016/j.ejpe.2016.10.004.
- Napier, T. (2012). *Construction waste management*. Retrieved September 19, 2022, from <https://www.wbdg.org/resources/construction-waste-management>
- Oyenuga, A.R., Bhamidimarri. (2017) . Upcycling ideas for sustainable construction and demolition waste management: Challenges, opportunities, and boundaries. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6(3), 4066-4079. doi:10.15680/IJRSET.2017.0603187.
- Silva, R.V., J. Brito, R. Dhir. (2016). Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review. *Journal of Cleaner Production*, 143, 1- 55. doi:10.1016/j.jclepro.2016.12.070.
- Wang, J.Y., Touran, A., Christoforou, C., Fadlalla, H., (2004). A system analysis tool for construction and demolition wastes management, *Waste Management*. 24(10), 989-997. doi:10.1016/j.wasman.2004.07.010.
- Weisheng, L., Vivian W. Y. Tam. (2009). Construction waste management policies and their effectiveness in Hong Kong: A longitudinal review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 214-223. doi: 10.1016/j.rser.2013.03.007.