บทที่ 2

การศึกษาทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

ก. นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

ขยะทั่วไป (General Waste) หมายถึง ขยะประเภทอื่นๆ นอกเหนือจากขยะย่อยสลาย ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย มีลักษณะที่ย่อยสลายยากและไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น กล่องนม ห่อพลาสติกใส่ขนม ถุงพลาสติกบรรจุผงซักฟอก พลาสติกห่อลูกอม ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ถุงพลาสติกเปื้อนเศษอาหาร โฟมหรือฟอยล์เปื้อนเศษอาหาร เป็นต้น

ขยะชุมชน (Municipal Solid Waste) หมายถึง ขยะที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน เช่น ตลาดสด บ้านพักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานประกอบการ สถานบริการ สถาบันต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุก่อสร้าง ทั้งนี้ไม่รวมของเสียอันตรายและมูลฝอยติดเชื้อ

..... ***กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม***

ขยะมูลฝอยชุมชน ในภาษาอังกฤษใช้คำว่า Municipal Solid Waste (MSW) หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีแหล่งกำเนิดมาจากชุมชน มีองค์ประกอบหลักสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ขยะอินทรีย์ที่เน่าเสียได้ง่าย และมีความชื้นสูง เช่น เศษอาหาร เศษผัก ผลไม้ ใบไม้ใบหญ้า เป็นต้น ขยะที่เผาไหม้ได้ ซึ่งได้แก่ ขยะอินทรีย์ที่ย่อยสลายช้า เช่น ไม้ ยาง หนัง กระดาษ และสารอินทรีย์สังเคราะห์เช่น พลาสติก และวัสดุเฉื่อย ซึ่งก็คือส่วนที่ไม่เผาไหม้ เช่น หิน ทราย แก้ว กระเบื้อง เป็นต้น

อำนวย ทองสถิตย์,

..... ***กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน***

Refuse - Derived Fuel (RDF) คือ เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตจากขยะชุมชน โดยมีการคัดแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ เช่น แก้วและโลหะต่างๆ ออกก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิต RDF ซึ่งกระบวนการผลิตสามารถตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดขยะชุมชนได้ ขณะที่เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ที่ใดก็ได้ เนื่องจากสามารถขนส่งได้สะดวก

The Encyclopedia of Alternative Energy and Sustainable Living

ขยะเชื้อเพลิง RDF หมายถึง ขยะมูลฝอยที่ผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เช่น การคัดแยกวัสดุที่เผาไหม้ได้ออกมา การฉีกหรือตัดขยะมูลฝอยออกเป็นชิ้นเล็กๆ ขยะเชื้อเพลิงที่ได้นี้จะมีค่าความร้อนสูงกว่าหรือมีคุณสมบัติเป็นเชื้อเพลิงที่ดีกว่าการนำขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมมาใช้โดยตรง เนื่องจากมีองค์ประกอบทั้งทางเคมีและกายภาพสม่ำเสมอกว่า ข้อดีของขยะเชื้อเพลิง คือ มีค่าความร้อนสูง (เมื่อเปรียบเทียบกับขยะมูลฝอยที่ยังไม่ผ่านกระบวนการ) ง่ายต่อการจัดเก็บ การขนส่ง การจัดการต่างๆ รวมทั้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ

การใช้ประโยชน์ RDF สามารถใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน โดยอาจมีการใช้ RDF เป็นเชื้อเพลิงภายในที่เดียวกัน หรือมีการขนส่งในกรณีที่ตั้งของโรงงานไม่ได้อยู่ที่เดียวกัน ทางเลือกอีกทางหนึ่งก็คือ นำไปใช้เผาร่วมกับถ่านหิน เพื่อลดปริมาณการใช้ถ่านหินลง อุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมซีเมนต์ ได้มีการนำ RDF ไปใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ ทำให้ลดการใช้ถ่านหินลงไปได้

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

เชื้อเพลิงขยะ (RDF) เป็นการปรับปรุงและแปลงสภาพขยะมูลฝอย ให้เป็นเชื้อเพลิงแข็งที่มีคุณสมบัติในด้านค่าความร้อน (Heating Value) ความชื้น ขนาด และความหนาแน่น ที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงป้อนให้กับหม้อไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าหรือความร้อนต่อไป นอกจากนี้ขยะเชื้อเพลิงยังมีองค์ประกอบทั้งทางเคมีและทางกายภาพที่สม่ำเสมอ

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม

นอกจากนี้ยังมีการเรียกขยะเชื้อเพลิง RDF ว่า Solid Recovered Fuel หรือ Specified Recovered Fuel (SRF) ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่าขยะเชื้อเพลิง RDF คือ เชื้อเพลิงแข็งที่ผลิตจากขยะชุมชน (MSW) โดยการนำขยะมาผ่านกระบวนการจัดการ เพื่อให้ได้เชื้อเพลิงที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิงพลังงาน ทั้งในรูปแบบของการผลิตพลังงานความร้อนหรือพลังงานไฟฟ้า

ข. การวางแผนจัดการขยะมูลฝอย

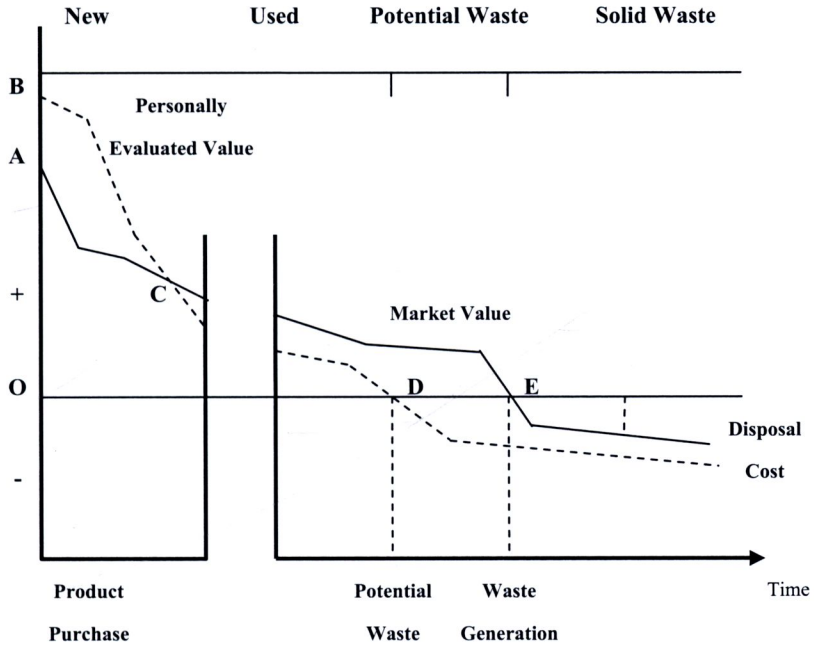
การวางแผนเพื่อการจัดการขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพ ขั้นตอนแรกควรเริ่มต้นที่การสำรวจปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพื้นที่ที่ต้องการจะจัดการ จากนั้นจึงทำการคาดการณ์ปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อการวางแผนการจัดการที่เหมาะสม ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

- เพื่อวางแผนจัดเตรียมภาชนะสำหรับรองรับขยะมูลฝอย เพื่อรอการเก็บขนไปกำจัด
- เพื่อพิจารณาชนิด ความจุ และจำนวนของพาหนะเก็บขนขยะมูลฝอยที่เหมาะสม
- เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำขยะมูลฝอยบางส่วนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การนำกลับไปใช้ใหม่ (Reuse) การรีไซเคิล เป็นต้น
- เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการปรับหรือเปลี่ยนแปลงสภาพของขยะมูลฝอยขั้นแรก (Pre - Treating Wastes) ด้วยวิธีการต่างๆ ทั้งนี้เพื่อให้การกำจัดขยะมูลฝอยในกระบวนการต่อไปเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- เพื่อระบุปริมาณของขยะมูลฝอยที่ต้องการการจัดการเป็นพิเศษ เช่น มูลฝอยที่มีความเป็นพิษ (Toxic Wastes) และขยะมูลฝอยที่กำจัดได้ยากกว่าปกติ
- เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการประเมินความเปลี่ยนแปลงในเรื่องของปริมาณและลักษณะของมูลฝอยในอนาคต
- เพื่อพิจารณา ออกแบบ และวางแผนจัดเตรียมสถานที่กำจัดมูลฝอยในขั้นสุดท้าย ให้มีขนาดและความสามารถในการรองรับขยะได้เพียงพอกับปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้น

อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและลักษณะของขยะมูลฝอยในปัจจุบันและอนาคต มีความสำคัญต่อการกำหนดแผนการในการควบคุมแก้ไขปัญหาที่เกิดจากขยะมูลฝอย การพิจารณาเลือกวิธีการจัดการขยะมูลฝอยในขั้นตอนต่างๆ การพิจารณาออกแบบอุปกรณ์ สถานที่ กำลังคน งบประมาณที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดการด้วยวิธีการที่ได้เลือกไว้ และปฏิบัติการจัดการขยะมูลฝอยตามแผนการที่วางไว้ รวมถึงการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะสมกับสภาวการณ์ซึ่งผันเปลี่ยนไปตามกาลเวลา นอกจากนี้ยังมีประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณา ดังหัวข้อต่อไปนี้

(1) กลไกการเกิดขยะมูลฝอย

มนุษย์เมื่อมีการดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมย่อมจะมีกิจกรรมซึ่งเป็นธุรกิจ (Business Activities) ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งผลจากธุรกิจเหล่านี้ คือ ผลผลิต (Product) และผลผลิตพลอยได้ (Byproducts) ซึ่งอาจนำมาใช้ประโยชน์ได้หรืออาจเป็นสิ่งซึ่งไร้ประโยชน์โดยสิ้นเชิงก็ได้ สำหรับผลิตผลนั้นจะถูกซื้อ ขาย แลกเปลี่ยนหมุนเวียน และถูกใช้งานจนคุณค่าของมันในสายตาของผู้ครอบครองลดต่ำลงเรื่อย ๆ และผลสุดท้ายหากไม่ถูกขายต่อหรือส่งต่อให้ผู้อื่น หรือปรับสภาพใหม่ให้ดีขึ้นเพื่อนำกลับไปใช้งานต่อไป ผลิตผลเหล่านั้นก็จะถูกทิ้งไปในรูปของขยะมูลฝอย การแปรเปลี่ยนของผลิตผลจนกระทั่งกลายเป็นขยะมูลฝอยแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 โดยเริ่มต้นที่เมื่อมูลค่าหรือราคาในท้องตลาด (Market Value) ของผลิตผลที่จุด A ต่ำกว่ามูลค่าหรือราคาประเมินของผลิตผลในความคิดของผู้ต้องการใช้ผลิตผลนั้น (Personally Evaluated Value) ที่จุด B ผลิตผลนั้นก็จะถูกซื้อไปเพื่อใช้ประโยชน์ ต่อมาเมื่อผ่านการใช้งานไปนานเข้า ราคาในท้องตลาดและราคาประเมินของผลิตผลนั้นต่างก็จะลดลง แต่ราคาประเมินจะลดลงด้วยอัตราที่เร็วกว่าจนกระทั่งหลังจากจุด C เป็นต้นไป ราคาในท้องตลาดของผลิตผลนั้นจะสูงกว่าราคาประเมิน ซึ่งเมื่อถึงตอนนี้ ผู้ที่เป็นเจ้าของอาจพิจารณาถึงการที่จะขายผลิตผลนั้นไปเสียในรูปของผลิตผลที่ใช้แล้ว ระหว่างจุด D และ E เป็นช่วงเวลาที่โดยแท้จริงแล้วผู้ที่เป็นเจ้าของผลิตผลนั้น ไม่ต้องการที่จะเก็บผลิตผลนั้นไว้อีกต่อไป และในช่วงนี้ถ้าเขาจะขายผลิตผลดังกล่าวไป ก็ยังสามารถทำได้ คือ มีตลาดที่จะซื้อ แต่เมื่อหลังจากจุด E ไปแล้ว ผลิตผลนั้นจะไม่มีคุณค่าอีกต่อไปและจะกลายเป็นขยะมูลฝอยที่แท้จริง ซึ่งการกำจัดออกไปจะต้องมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นอีกด้วย จะเห็นได้ว่าผลิตผลที่เกิดขึ้นนั้นจะมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตในลักษณะต่างๆ กัน แต่ในไม่ช้าก็เร็วผลิตผลเหล่านี้ก็ต้องกลายเป็นขยะมูลฝอยซึ่งจำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสมต่อไป



รูปที่ 2.1 กลไกการแปรเปลี่ยนจากผลิตผลไปเป็นขยะมูลฝอย

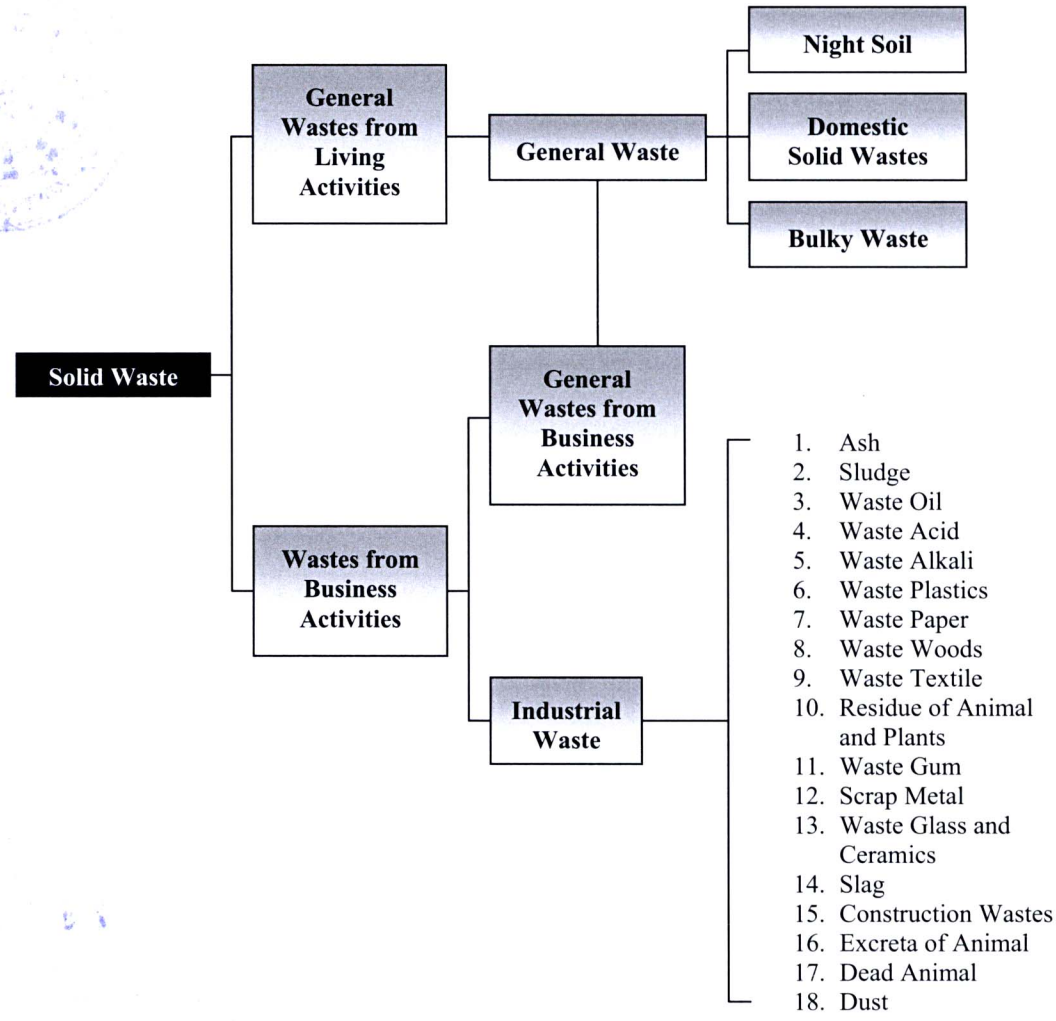
ที่มา วรายุทธ โตสิตารัตน์ (2549)

(2) การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอย

โดยทั่วไปขยะมูลฝอยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1. **ขยะมูลฝอยทั่วไป (General Wastes)** ซึ่งเกิดจากการดำรงชีพ (Living Activities) และการดำเนินธุรกิจ (Business Activities)
2. **ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม (Industrial Wastes)** ซึ่งเป็นอีกส่วนหนึ่งของขยะมูลฝอยที่เกิดจากการดำเนินธุรกิจเช่นกัน

รูปที่ 2.2 แสดงการจำแนกประเภทของขยะมูลฝอยและการแบ่งประเภทย่อยๆ โดยในบางประเทศเทศบาลจะรับผิดชอบดำเนินการเก็บ ขน และกำจัดขยะมูลฝอยประเภททั่วไปเท่านั้น สำหรับขยะมูลฝอยจากงานอุตสาหกรรมนั้น จะเป็นหน้าที่ของเจ้าของกิจการที่จะต้องจัดการและดำเนินการเองภายใต้กฎเกณฑ์ข้อบังคับที่กำหนดไว้



รูปที่ 2.2 การจำแนกประเภทของขยะมูลฝอยโดยทั่วไป

ที่มา วรายุทธ โตสิตารัตน์ (2549)

นอกจากนี้ยังมีการจำแนกประเภทตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จำแนกตามลักษณะของขยะ และจำแนกตามแหล่งกำเนิด ได้ดังนี้

- **การจำแนกประเภทตามพิษภัยที่เกิดขึ้นกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อม**

1) **ขยะทั่วไป (General Waste)** หมายถึง ขยะมูลฝอยที่มีอันตรายน้อย ได้แก่ พวกเศษอาหาร เศษกระดาษ เศษผ้า พลาสติก เศษหญ้าและใบไม้ ฯลฯ

2) **ขยะอันตราย (Hazardous Waste)** เป็นขยะที่มีภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อม อาจมีสารพิษ ติดไฟหรือระเบิดง่าย ปนเปื้อนเชื้อโรค เช่น ไฟแช็คแก๊ส กระป๋องสเปรย์ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ หรือขยะติดเชื้อจากสถานพยาบาล

- **การจำแนกประเภทตามลักษณะของขยะ**

1) **ขยะเปียกหรือขยะสด (Garbage)** มีความชื้นปนอยู่มากกว่าร้อยละ 50 จึงติดไฟได้ยาก ส่วนใหญ่ได้แก่ เศษอาหาร เศษเนื้อ เศษผัก และผักผลไม้จากบ้านเรือน ร้านจำหน่ายอาหารและตลาดสด รวมทั้งซากพืชและสัตว์ที่ยังไม่เน่าเปื่อย ขยะประเภทนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเน่าเหม็นเนื่องจากแบคทีเรียย่อยสลายอินทรียสาร นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคโดยติดไปกับแมลง หนู และสัตว์อื่นที่มาตอมหรือกินขยะเป็นอาหาร

2) **ขยะแห้ง (Rubbish)** คือ สิ่งเหลือใช้ที่มีความชื้นอยู่น้อยจึงไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็น จำแนกได้ 2 ชนิด คือ

- ขยะที่เป็นเชื้อเพลิง ติดไฟได้ เช่น เศษผ้า เศษกระดาษ หญ้า ใบไม้ กิ่งไม้แห้ง
- ขยะที่ไม่เป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ เศษโลหะ เศษแก้ว และเศษก้อนอิฐ

- **การจำแนกประเภทตามแหล่งกำเนิดของขยะ**

1) **ขยะมูลฝอยชุมชน** คือ ขยะมูลฝอยจากสถานที่ต่างๆ ได้แก่ ที่พักอาศัย ย่านธุรกิจการค้า ตลาดสด สถานที่ราชการหรือสถาบันการศึกษา และโรงพยาบาล ลักษณะของขยะขึ้นอยู่กับกิจกรรมต่างๆ ตามประเภทของแหล่งกำเนิด เช่น ขยะจากสถานที่ราชการหรือโรงเรียนส่วนใหญ่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากสำนักงาน เช่น กระดาษ ถุงพลาสติก ขยะจากโรงพยาบาล ที่มีมูลฝอยติดเชื้อจากห้องพยาบาลปะปนมากับมูลฝอยประเภทอื่นๆ เป็นต้น

2) **ขยะมูลฝอยจากการเกษตร** คือ มูลฝอยที่เกิดจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์และจากการเพาะปลูก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่จะเกิดการเน่าและย่อยสลายส่งกลิ่นเหม็นรบกวน เช่น เศษพืช ผัก มูลสัตว์ เป็นต้น ในเขตเกษตรกรรมบางแห่งมีการใช้สารเคมีและวัตถุมีพิษต่างๆ ซึ่งเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

3) **ขยะมูลฝอยอุตสาหกรรม** คือ ขยะมูลฝอยจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ทั้งจากกระบวนการผลิตหรือที่ปะปนมากับวัตถุดิบ ลักษณะมูลฝอยแบ่งเป็นมูลฝอยทั่วไปจากกิจวัตรประจำวัน หรือจากบ้านพักคนงาน และมูลฝอยอันตรายซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิต เช่น คราบน้ำมัน สารละลายที่ใช้แล้ว รวมทั้งเศษวัตถุดิบ

(3) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการเกิดและลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย

โดยทั่วไปปริมาณขยะมูลฝอยจะเพิ่มมากขึ้นตามความเจริญของท้องถิ่น และฐานะความเป็นอยู่ของประชาชน และจะเพิ่มขึ้นทั้งอัตราส่วนที่เกิดขึ้นต่อคน และปริมาณทั้งหมดตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ปริมาณขยะมูลฝอยจะมากน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการเกิดขยะมูลฝอย ได้แก่

- ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ เช่น ชุมชนที่ตั้งอยู่ติดภูเขา จะผลิตขยะมูลฝอยที่เป็นของป่ามาก ส่วนชุมชนที่ตั้งอยู่ติดทะเล จะมีมูลฝอยที่เกี่ยวกับผลผลิตทางทะเล เป็นต้น
- ฤดูกาล โดยในแต่ละฤดูกาล จะมีผลผลิตที่ทำให้เกิดมูลฝอยแตกต่างกัน เช่นผลไม้ในแต่ละฤดู หรือฤดูกาลท่องเที่ยวของแต่ละท้องที่ เป็นต้น
- อุปนิสัยของประชาชนในชุมชน
- ความหนาแน่นของประชากรและลักษณะชุมชน
- สภาวะทางเศรษฐกิจ
- การบริการเก็บขนและกำจัดมูลฝอย
- สภาพการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่
- กฎหมายข้อบังคับและความร่วมมือของประชาชน

โดยทั่วไปสถานที่ตั้งและฤดูกาลมีผลต่อปริมาณและลักษณะของขยะมูลฝอยมาก และเป็นความจริงที่ว่า รายได้ยิ่งสูง ขนาดของครอบครัวยิ่งใหญ่ ขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นก็จะยิ่งมากและมีความหลากหลายเพิ่มขึ้นตามไปด้วย หากขนาดของที่อยู่อาศัยยิ่งเล็ก ระยะเวลาเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยไว้ในบ้านก็จะยิ่งสั้น และอัตราการเปลี่ยนผลิตผลไปเป็นมูลฝอยก็จะสั้นลงด้วย ขยะมูลฝอยที่เกิดจากที่อยู่อาศัยดังกล่าวนี้จะมีลักษณะค่อนข้างจะคงที่และมีการผันแปรน้อย สำหรับอุปนิสัยในการซื้อและทัศนคติในการดำรงชีวิตนั้น ขึ้นอยู่กับสามัญสำนึกของบุคคลนั้น ๆ เกี่ยวกับเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรว่ามีมากน้อยเพียงใด และเรื่องนี้ไม่ขึ้นอยู่กับรายได้หรือมาตรฐานการครองชีพของบุคคล พฤติกรรมในการซื้อและบริโภคอาจเปลี่ยนไปตามฤดูกาลได้ และนอกจากนั้น ยังขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของร้านค้า รวมทั้งความสะดวกในการซื้อด้วย กฎหมายข้อบังคับก็มีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณและลักษณะของขยะมูลฝอยอย่างมากเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น การกำหนดขอบเขตของบริการ การจัดการข้อมูล การกำหนดค่าบริการ ความเข้มงวดกวดขันและความรุนแรงของบทลงโทษผู้ฝ่าฝืน เป็นต้น สำหรับขยะมูลฝอยที่เกิดจากภาคธุรกิจนั้น ปัจจัยสำคัญที่จะเป็นตัวกำหนดปริมาณและลักษณะของขยะประเภทนี้ได้แก่ ชนิดและขนาดของธุรกิจนั้นๆ

(4) วิธีการประเมินปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอยในสภาวะปัจจุบัน

วิธีการประเมินปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน จำแนกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่

วิธีที่ 1 การสำรวจและเก็บข้อมูลจากแหล่งเกิดมูลฝอยโดยตรง

วิธีนี้ผู้ศึกษาจะต้องทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการเกิดและลักษณะของมูลฝอยจากแหล่งเกิดมูลฝอยทุกชนิดในพื้นที่ ซึ่งอาจทำได้โดยการชักตัวอย่างด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่สามารถเป็นตัวแทนของแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยต่างๆ เหล่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ได้แก่ อาคารสถานที่อยู่อาศัย อาคารร้านค้าพาณิชย์ สถาบัน หรือสถานที่ทำงาน โรงแรม ตลาด และโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการศึกษาด้วยวิธีนี้เพื่อให้บรรลุผลอย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ต้องใช้เวลา ค่าใช้จ่าย กำลังคน ความร่วมมือจากชุมชน และความรู้ความเข้าใจในวิธีการและขั้นตอนของการศึกษาเป็นอย่างมาก โดยดำเนินการดังนี้

ก. การคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างและกลุ่มตัวอย่างเพื่อการศึกษา ซึ่งจะต้องใช้ความรู้ทางด้านสถิติและเศรษฐสังคมในการดำเนินการ

ข. การจัดเตรียมกำหนดของการศึกษาที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้ทราบถึงความแปรผันของปริมาณและลักษณะของมูลฝอยในช่วงเวลาต่าง ๆ กันของปีด้วย

ค. การเก็บตัวอย่างมูลฝอยที่เกิดจากกลุ่มตัวอย่างที่คัดเลือกไว้ ซึ่งในการนี้ ต้องใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและการประชาสัมพันธ์ที่ดี เพื่อให้ได้รับความร่วมมือ และการปฏิบัติที่ถูกต้องตามหลักวิชาการจากกลุ่มตัวอย่าง

ง. การวิเคราะห์ตัวอย่าง ซึ่งเก็บมาได้ทั้งในด้านปริมาณและลักษณะของมูลฝอยโดยเจ้าหน้าที่ซึ่งต้องได้รับการศึกษา หรือฝึกอบรมในด้านนี้อย่างดีพอ

มวลของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่สามารถประเมินได้จาก

$$W = \sum_{i=1}^{n} W_i \qquad (1)$$

เมื่อ W = ปริมาณการเกิด (มวล) ของมูลฝอยรวมจากแหล่งเกิดมูลฝอยทุกชนิด ในช่วงเวลาที่กำหนด (หน่วยน้ำหนัก / หน่วยเวลา)

W_i = ปริมาณการเกิด (มวล) ของมูลฝอยจากแหล่งเกิดแต่ละชนิด (หน่วยน้ำหนัก / หน่วยเวลา)

$$W_i = mi \times Pi \qquad (2)$$

เมื่อ mi = อัตราการเกิดมูลฝอยจากแหล่งเกิดแต่ละชนิด
(หน่วยน้ำหนัก / หน่วยแหล่งเกิดมูลฝอย / หน่วยเวลา)

Pi = จำนวนของแหล่งเกิดมูลฝอยแต่ละชนิดในพื้นที่ (หน่วยแหล่งเกิดมูลฝอย)

สำหรับปริมาตรของขยะมูลฝอยคำนวณได้จาก

$$V = \frac{W}{D} \qquad (3)$$

เมื่อ V = ปริมาตรของมูลฝอยที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด
(หน่วยปริมาตร / หน่วยเวลา)

W = มวลของมูลฝอย (หน่วยน้ำหนัก / หน่วยปริมาตร)

D = ความหนาแน่นของมูลฝอย (หน่วยน้ำหนัก / หน่วยปริมาตร)

ข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษาด้วยวิธีนี้จะมีความแม่นยำ และมีรายละเอียดที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการมูลฝอยได้มาก ที่สำคัญที่สุด เป็นการให้ข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับปริมาณมูลฝอยบางชนิดซึ่งต้องการการจัดการเป็นพิเศษ เช่น มูลฝอยที่มีอันตราย เป็นต้น ซึ่งการศึกษาด้วยวิธีอื่นอาจจะไม่ได้ข้อมูลดังกล่าวนี้

การจำแนกและวิเคราะห์ลักษณะของมูลฝอย ทำโดยการใช้วิธีการที่กำหนดไว้โดยหน่วยงานต่างๆ ที่เชื่อถือได้ และปัจจุบันสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดังกล่าวไว้แล้ว

- **ข้อกำหนดสำหรับวิธีสำรวจและเก็บมูลฝอยโดยตรงจากแหล่งกำเนิด**
  - น้ำหนักมูลฝอยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 200 กิโลกรัม
  - การเก็บข้อมูลควรทำอย่างน้อย 8 วัน โดยตัดข้อมูลของวันแรกทิ้งไป เนื่องจากผู้ทิ้งมูลฝอยยังไม่มีความคุ้นเคยกับการเก็บตัวอย่าง จึงมีโอกาสผิดพลาดของข้อมูล ข้อมูลที่เหลืออีก 7 วัน จะแสดงถึงปริมาณมูลฝอยใน 1 สัปดาห์
  - การเก็บตัวอย่างต้องเตรียมภาชนะบรรจุตัวอย่างให้พอเพียงกับปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้น วิธีที่นิยมใช้และประหยัดคือใช้ถุงพลาสติก

- **ข้อดีและข้อเสียของวิธีสำรวจและจัดเก็บมูลฝอยโดยตรงจากแหล่งกำเนิด**

<u>ข้อดี</u>

- สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณของมูลฝอยจากแหล่งเกิดชนิดต่าง ๆ แต่ละพื้นที่ที่ได้รับการสำรวจเป็นอย่างดี
- ตัวอย่างที่เก็บมาได้ยังสามารถนำมาใช้วิเคราะห์องค์ประกอบและลักษณะของมูลฝอยจากแหล่งเกิดชนิดต่าง ๆ แต่ละชนิดได้เป็นอย่างดี

<u>ข้อเสีย</u>

- ไม่บอกถึงปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากสาธารณสถาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมูลฝอยที่เกิดขึ้นตามท้องถนน ตรอก ซอย และมูลฝอยจากแหล่งเกิดประเภทย่อยอื่น ๆ ดังนั้น ปริมาณมูลฝอยทั้งหมดของพื้นที่ที่ซึ่งได้จากการศึกษาในลักษณะนี้มักจะน้อยกว่าปริมาณมูลฝอยทั้งหมดของพื้นที่ซึ่งได้จากการตรวจวัดมูลฝอยที่ถูกนำมาทิ้งยังสถานที่กำจัดอยู่เสมอ
- เนื่องจากปริมาณของมูลฝอยนอกจากจะแตกต่างไปตามเวลาและสถานที่แล้ว ยังแปรผันไปตามสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมของประชากรด้วย การคัดเลือกตัวอย่างจึงต้องคำนึงถึงประเด็นเหล่านี้ให้ดีด้วย ตัวอย่างเช่น แหล่งกำเนิดชนิดบ้านพักอาศัยยังจะต้องถูกจำแนกออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ อีกเช่น เป็นบ้านพักอาศัยของผู้มีฐานะดี ปานกลาง และต่ำ เป็นต้น ซึ่งการจำแนกดังกล่าวรวมทั้งการตรวจนับจำนวนของแหล่งเกิดมูลฝอยแต่ละกลุ่ม แต่ละประเภท เป็นงานที่ต้องใช้เวลา ค่าใช้จ่าย และบุคลากรที่มีความสามารถมากกว่าการประมาณปริมาณมูลฝอยของพื้นที่ด้วยวิธีอื่น

วิธีที่ 2 การสำรวจและเก็บข้อมูลจากมูลฝอยที่ถูกนำมาทิ้งยังสถานที่กำจัด

วิธีการนี้ทำโดยบันทึกมวลและปริมาตร รวมทั้งการชักตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของขยะมูลฝอยที่ถูกนำมายังสถานที่กำจัด โดยรถยนต์เก็บขนขยะของเทศบาลและอาจรวมของเอกชนด้วย ในแต่ละเที่ยวตลอดช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลที่กำหนดไว้ พบว่าปริมาณของขยะมูลฝอยที่ตรวจวัดได้จากการศึกษาในลักษณะนี้จะเป็นปริมาณของขยะมูลฝอยที่เกิดและถูกเก็บขนมาจากพื้นที่ซึ่งได้รับการบริการเก็บขนจากเทศบาลเท่านั้น ซึ่งพื้นที่ซึ่งได้รับบริการเก็บขนนี้อาจจะเท่ากับหรือน้อยกว่าพื้นที่ทั้งหมดของเทศบาลก็ได้ ถ้ากำหนดให้ n เท่ากับ % ของพื้นที่ซึ่งได้รับการบริการต่อพื้นที่ทั้งหมดของเขตเทศบาล ปริมาณทั้งหมดของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลสามารถคำนวณได้จาก

$$W_t = 100(W_c)/n \quad (4)$$

เมื่อ W_t = มวลของขยะมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลในช่วงเวลาที่กำหนด (หน่วยน้ำหนัก / หน่วยเวลา)

W_c = มวลของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในพื้นที่ซึ่งได้รับบริการฯ ในช่วงเวลาที่กำหนด (หน่วยน้ำหนัก / หน่วยเวลา)

n = อัตราส่วนของพื้นที่ซึ่งได้รับบริการต่อพื้นที่ทั้งหมดของเขตเทศบาล (%)

สำหรับการคำนวณปริมาตรของขยะมูลฝอยใช้หลักการเดียวกันกับที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น

การประเมินปริมาณมูลฝอยด้วยวิธีนี้เปรียบเทียบแล้วทำได้ง่ายกว่าแต่มีความแม่นยำและมีรายละเอียดของข้อมูลน้อยกว่า วิธีการสำรวจและเก็บข้อมูลจากแหล่งเกิดมูลฝอยโดยตรง อุปกรณ์สำคัญสำหรับการศึกษาด้วยวิธีนี้ คือ เครื่องชั่ง ซึ่งอาจเป็นแบบชั่งทั้งคันรถ หรือเครื่องชั่งแบบทีละเพลา (ซึ่งให้ความแม่นยำน้อยลงไปแต่ก็อยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือได้) และจะต้องได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากพนักงานประจำรถยนต์เก็บขนมูลฝอย วิธีที่ดีแล้วควรทำการศึกษาโดยที่พนักงานเหล่านี้ไม่รู้ตัวเพราะมิฉะนั้นแล้วจะมีแนวโน้มที่ว่าพนักงานเก็บขนฯ จะพยายามเก็บและอัดมูลฝอยเข้าไว้ในรถยนต์เก็บขนมากเกินกว่าสภาวะตามปกติเสมอ และเนื่องจากว่าโดยทั่วไปแล้ว ปริมาณการเกิดของมูลฝอยในพื้นที่ศึกษานั้นนิยมรายงานผลเป็นปริมาณต่อช่วงเวลา 1 ปี ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลซึ่งได้จากการศึกษาสามารถเป็นตัวแทนของสภาวะที่เป็นจริงได้ ข้อเสนอแนะต่อไปนี้เป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติตาม คือ

- จัดให้มีการสำรวจโดยชักตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง/ปี ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมถึงความแปรผันของปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยที่เกิดจากฤดูกาลทั้ง 3 ฤดูของปี
- ในการเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งควรทำไม่น้อยกว่า 14 วันอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมถึงความแปรผันของปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยในแต่ละวันของสัปดาห์ด้วย

- **ข้อดีและข้อเสียของการสำรวจและเก็บข้อมูลจากมูลฝอยที่ถูกนำมาทิ้งยังสถานที่กำจัด**

<u>ข้อดี</u>

- เป็นวิธีการที่จัดได้ว่าให้ผลที่เชื่อถือได้ในการประเมินปริมาณ และชนิดของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะมูลฝอยพวกที่ไม่ได้เกิดจากอาคารที่พักอาศัย เช่น ขยะมูลฝอยจากกิจกรรมด้านการพาณิชย์ ขยะมูลฝอยจากการตลาดและทำความสะอาดถนน ตรอก ซอย หรือขยะมูลฝอยที่เกิดจากการรื้อถอนทำลายสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ

- หากไม่มีสถานที่ทิ้งขยะมูลฝอยอื่นนอกเหนือไปจากสถานที่กำจัดที่ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลแล้ว ปริมาณขยะมูลฝอยที่ได้จากการศึกษาในลักษณะนี้จะเป็นปริมาณขยะมูลฝอยที่จะต้องได้รับการพิจารณาหาทางกำจัดอย่างแท้จริง
- เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายไม่สิ้นเปลืองเวลา งบประมาณ และไม่ต้องการบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเป็นพิเศษ
- ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในลักษณะนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของการดำเนินงานเก็บขนขยะมูลฝอยได้อีกด้วย

<u>ข้อเสีย</u>

- ไม่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและชนิดของขยะมูลฝอยที่เกิดจากแหล่งเกิดชนิดต่างๆ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นปริมาณและชนิดของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากแหล่งเกิดทุกแห่งในพื้นที่ศึกษาร่วมกัน
- ข้อมูลที่ได้อาจขาดความแม่นยำ ทั้งนี้ด้วยเหตุผลที่ว่าจากแหล่งเกิดจนกระทั่งถึงสถานที่กำจัดนั้นมีการสูญเสียขยะมูลฝอยไปหลายขั้นตอน ทำให้ปริมาณของขยะมูลฝอยลดน้อยลงและองค์ประกอบเปลี่ยนแปลงไป อาทิเช่น

  ก. การรับซื้อของเก่าของผู้ซื้อไปตามบ้าน

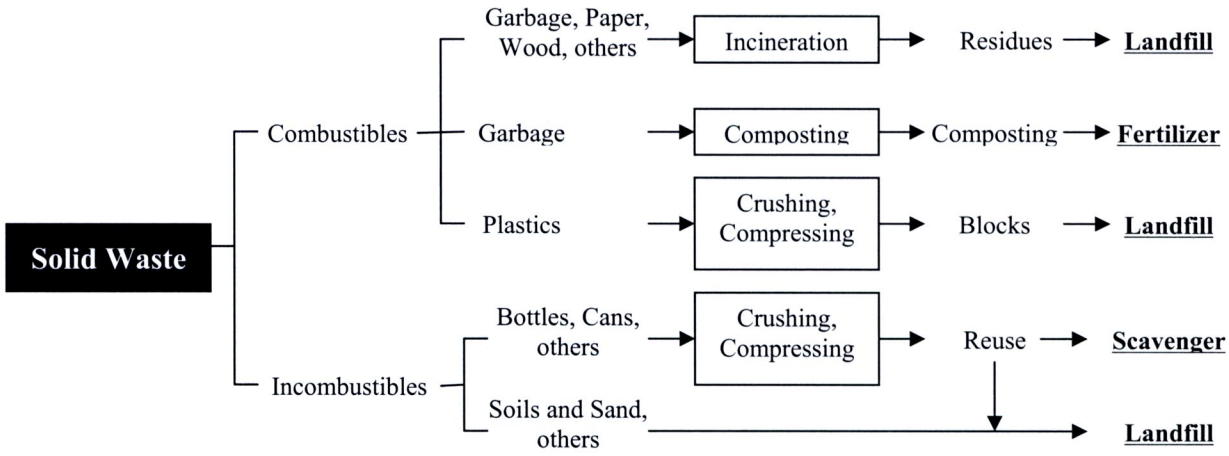
  ข. จากการคัดแยกของมีค่าในระหว่างการเก็บขน และเดินทางไปยังสถานที่กำจัดโดยเจ้าพนักงานเก็บขนขยะมูลฝอยเอง

  ค. จากการที่ขยะมูลฝอยถูกนำไปทิ้งยังสถานที่อื่นๆ ซึ่งมิใช่สถานที่กำจัดซึ่งมีการ ตรวจวัดปริมาณของมูลฝอยอยู่
- ต้องได้รับความร่วมมืออย่างดีจากพนักงานเก็บขนประจำรถเก็บขนขยะมูลฝอย ด้วยเหตุผลที่ว่าพนักงานเหล่านี้หากรู้ว่ามีการสำรวจตรวจวัดแล้ว มักจะมีแนวโน้มที่จะพยายามเก็บและอัดขยะมูลฝอยเข้าไว้ในรถเก็บขนมากเกินกว่าสภาวะปกติธรรมดาอยู่เสมอ

(5) การวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะมูลฝอย

ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางด้านกายภาพของขยะมูลฝอยนั้น จะทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถเข้าใจลึกลงไปถึงภาวการณ์เกิดของขยะมูลฝอยนั้น ซึ่งความรู้และความเข้าใจดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการเก็บขน การขนส่ง การกำจัด และการนำกลับมาใช้ประโยชน์ของมูลฝอย ตัวอย่างการประยุกต์ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางด้านกายภาพของมูลฝอยแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดง

ให้เห็นว่าวิธีการกำจัดใดเหมาะสมกับองค์ประกอบชนิดใดของขยะมูลฝอย การวิเคราะห์ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปนี้ถือได้ว่าเป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นทางด้านเทคนิค ซึ่งโดยความเป็นจริงแล้วจะต้องใช้ข้อมูลทางด้านอื่น ๆ เช่น ทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ประกอบการพิจารณาด้วย



รูปที่ 2.3 องค์ประกอบด้านกายภาพของขยะมูลฝอยและวิธีจัดการที่เหมาะสม

ที่มา วรายุทธ โตสิตารัตน์ (2549)

องค์ประกอบทางกายภาพของขยะมูลฝอยสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง โดยนำมูลฝอยมาคัดแยกตามชนิด และชั่งน้ำหนักเพื่อหาร้อยละโดยน้ำหนักของแต่ละองค์ประกอบ โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ความหนาแน่นปกติจะต้องกระทำทันที เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดจากการระเหยของน้ำอาจทำให้ความหนาแน่นคลาดเคลื่อนได้ ความหนาแน่นปกติหาได้จากสมการ

$$D = \frac{W}{V} \qquad (5)$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นปกติ (ก.ก./ลบ.ม)

V = ปริมาตรมูลฝอย (ลบ.ม.)

W = น้ำหนักมูลฝอย (ก.ก.)

- **ลักษณะสมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอย**

ก. ความชื้น (Moisture Content)

วิเคราะห์โดยการนำขยะมูลฝอยสดประมาณ 30-50 กิโลกรัม เข้าอบในตู้อบ (Hot Air Oven) อุณหภูมิ 95°C -105°C เป็นเวลา 3-5 วัน จากนั้นนำมาชั่ง จะได้ค่าความชื้นซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \qquad (6)$$

เมื่อ W = ร้อยละของความชื้น

$W1$ = น้ำหนักมูลฝอยก่อนอบ

$W2$ = น้ำหนักมูลฝอยหลังอบ

ข. ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

เมื่อนำขยะมูลฝอยมาอบแห้งแล้ว น้ำหนักที่เหลือจากการอบจะเป็นปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$T = 100 - W \qquad (7)$$

เมื่อ T = ร้อยละของแข็งทั้งหมด

W = ร้อยละของความชื้น

ค. ของแข็งที่ระเหยได้ (Volatile Solids)

หลังจากนำขยะมูลฝอยอบจนแห้งดีแล้ว นำมาบดให้ละเอียดจนมีขนาดประมาณ 1.0 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมตัวอย่างมูลฝอยไปวิเคราะห์ลักษณะสมบัติทางเคมีอื่นๆ ต่อไป สำหรับการวิเคราะห์ของแข็งที่ระเหยได้ให้นำมูลฝอยประมาณ 3-6 กรัม ใส่ในถ้วยตวงทนความร้อน ชั่งบันทึกน้ำหนัก แล้วเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600°C -650°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่ในตู้ดูดความชื้น 1-2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของแข็งที่ระเหยได้สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$V = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \qquad (8)$$

เมื่อ V = ร้อยละของแข็งที่ระเหยได้ (%)

W1 = น้ำหนักก่อนเผา (กรัม)

W2 = น้ำหนักหลังเผา (กรัม)

ง. เถ้า (Ash Content)

เมื่อนำขยะมูลฝอยมาเผาในเตาเผาแล้ว น้ำหนักที่เหลือจากการเผามูลฝอยจะเป็นปริมาณเถ้าทั้งหมด ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$A = 100 - V \qquad (9)$$

เมื่อ A = ส่วนประกอบที่เป็นเถ้า

V = ของแข็งที่ระเหยได้

ลักษณะสมบัติทางเคมีที่กล่าวมา เรียกว่า The Three Component ได้แก่ Moisture Content, Volatile Solid และ Ash Content สำหรับ 1 ตัวอย่างจะมีองค์ประกอบทั้ง 3 ส่วนรวมกันเป็น 100 พอดี ดังสมการ

$$100 = W + V + A \qquad (10)$$

จ. ค่าความร้อน (Calorific Value)

การหาค่าความร้อน สามารถทำได้ทั้งวิเคราะห์โดยตรงและการคำนวณจากสมการต่างๆ โดยที่ในการวิเคราะห์โดยตรง กระทำได้โดยการนำขยะมูลฝอยที่อบแห้ง มาบดให้มีขนาดเล็กประมาณ 1 มิลลิเมตร แล้วนำไปวิเคราะห์โดยวิธี Bomb Calorific Method ค่าความร้อนที่ได้เบื้องต้นเรียกว่า Dry Solid Calorific Value (DSCV) เป็นค่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เฉพาะในห้องทดลองเท่านั้น สำหรับการใช้ประโยชน์ในการออกแบบระบบกำจัดมูลฝอยนั้นจะต้องใช้ค่าความร้อนต่อไปนี้

- **Higher Solid Calorific Value (HSCV)**

HSCV เป็นค่าความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้สารเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็ง ปราศจากความชื้น ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$HSCV = \frac{DSCV \times T}{100} \qquad (11)$$

เมื่อ $HSCV$ = Higher Solid Calorific Value (kcal./kg.)

$DSCV$ = Dry Solid Calorific Value (kcal./kg.)

T = Total Solid (%)

- **Lower Solid Calorific Value (LSCV)**

LSCV เป็นค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้สารปกติ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$LSCV = DSCV - \frac{[600 \times \{(9 \times h) + H\}]}{100} \qquad (12)$$

เมื่อ $LSCV$ = Lower Solid Calorific Value (kcal./kg.)

$DSCV$ = Dry Solid Calorific Value (kcal./kg.)

H = Moisture Content (%)

h = concentration of Hydrogen (%)

= volatile solid/15

ฉ. ส่วนประกอบทางเคมีอื่นๆ เช่น C, N, O, H, S, Cl เป็นต้น

การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีอื่นๆ ใช้ในการประเมินความเหมาะสมในด้านความคุ้มทุน เพื่อการปรับปรุงคุณภาพมูลฝอยก่อนการกำจัด เช่น การหมักทำปุ๋ย เป็นต้น จึงต้องมีความจำเป็นในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางด้านเคมีเหล่านี้ วิธีวิเคราะห์ คือ จะต้องนำมูลฝอยที่ผ่านการอบและย่อยให้มีขนาดประมาณ 1 มิลลิเมตร มาตรวจวิเคราะห์หาองค์ประกอบแต่ละอย่าง องค์ประกอบทางด้านเคมีที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนและไนโตรเจน ซึ่งจะใช้ประโยชน์ในการนำมาเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน เพื่อที่จะประเมินความเหมาะสมในการนำมูลฝอยมาหมักทำปุ๋ย โดยอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมคือ 25-35 (C/N Ratio 25-35) หากมูลฝอยมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่แตกต่างจากนี้ จะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยหมักก่อนการบรรจุขาย หากการปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยหมักไม่คุ้มทุนก็จะนำไปปรับปรุงดินให้ดินมีรูพรุนมากขึ้น หรือนำไปถมที่ เป็นต้น

(6) การคาดการณ์ปริมาณและลักษณะของขยะมูลฝอยในอนาคต

การคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยในอนาคตมีความจำเป็น เพื่อนำข้อมูลมาประกอบการวางแผนจัดการที่เหมาะสมในอนาคต ซึ่งข้อมูลที่สำคัญ ได้แก่

ก. การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร

ข. การเปลี่ยนแปลงของมาตรฐานการครองชีพ ความกดดันเกี่ยวกับเรื่องการสงวนทรัพยากรที่หายาก เช่น การรณรงค์ให้ประหยัด ลดการบริโภคสิ่งที่ไม่จำเป็นลง การจำกัดการใช้วัสดุที่เป็นหีบห่อต่างๆ เป็นต้น

ค. การขยายตัวของอุตสาหกรรม

ง. การขยายตัวของที่พักอาศัย

ในทางทฤษฎี ผู้ที่ทำการประเมินปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยในอนาคตจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทั้งหมดที่เกี่ยวข้องดังที่กล่าวไว้ (ส่วนหนึ่ง) ข้างต้นแล้วว่าเป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการเกิดขยะมูลฝอยอย่างแท้จริงหรือไม่ แต่ในทางปฏิบัติ เนื่องจากเป็นเรื่องยากและต้องใช้ทรัพยากรทุกด้านเป็นจำนวนมากที่จะสามารถทำตามทฤษฎีได้ทั้งหมด ดังนั้นการประเมินดังกล่าวมักทำโดยการพิจารณาเฉพาะข้อมูลที่เกี่ยวข้องมากที่สุด ได้แก่

ก. การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร

ข. มาตรฐานการครองชีพ

ในการคำนวณจะใช้อัตราการเกิดขยะมูลฝอยต่อคนต่อวันในภาวะปัจจุบันคูณเข้ากับจำนวนประชากรในอนาคตที่ได้จากการคาดการณ์ และใช้ค่า Gross Domestic Product (GDP) หรือที่เรียกว่า "ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ" เป็นดัชนีระบุระดับมาตรฐานการครองชีพ ซึ่งมีผลต่อปริมาณการเกิดของขยะมูลฝอย ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้จะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อให้ผลของการประเมินใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยทั่วไปแล้วการเพิ่มขึ้นของ GDP ต่อปี จะอยู่ที่ประมาณ 3 - 4% อาจทำให้ปริมาณของมูลฝอยเพิ่มขึ้น 1% ต่อปี ซึ่งจากการศึกษาของ Japan International Cooperation Agency หรือ JICA ที่กรุงเทพมหานครพบว่าได้ผลการศึกษาที่ใกล้เคียงกัน กล่าวคือ พบว่า ปริมาณมูลฝอยจะเพิ่มมากขึ้น (จากปริมาณมูลฝอยซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร) ประมาณ 3.3% เมื่อการเพิ่มขึ้นของ GDP ในช่วงระยะเวลาหนึ่งปีมีค่าประมาณ 10%

ส่วนการคาดการณ์ปริมาณขยะมูลฝอยที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในอนาคต สำหรับภาคอุตสาหกรรมนั้น ถึงแม้ว่าจะอาศัยการพิจารณาแผนการพัฒนาอุตสาหกรรมของพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นแนวทางได้บ้างก็ตาม แต่แผนการพัฒนาอุตสาหกรรมก็มักจะกำหนดไว้สำหรับช่วงเวลาในอนาคตไม่เกิน 5 ปี ในขณะที่การวางแผนการจัดการมูลฝอยสำหรับอนาคตนั้นนิยมทำกันในช่วง 10 – 25 ปี

สำหรับการคาดการณ์จำนวนประชากรทำได้หลายวิธี ตั้งแต่วิธีง่าย ๆ จนกระทั่งวิธีที่ยากและต้องการข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก สำหรับการใช้งานในเรื่องการจัดการมูลฝอยนั้น นิยมใช้วิธีนำข้อมูลประชากรที่มีอยู่ในอดีตมาหารูปแบบของการเปลี่ยนแปลง ที่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการและปริมาณการจำนวนประชากรที่จะเกิดในอนาคต

สมการที่นิยมใช้กันในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงจำนวนของประชากร ได้แก่

ก. Polynomial Curves ซึ่งอาจอยู่ในรูปของ

- Linear curve $y = at + b$ (13)
- Quadratic curve $y = at^2 + bt + c$ (14)

ข. Exponential Curves ซึ่งอาจอยู่ในรูปของ

- Linear exponential curve $y = ab^t$ (15)
- Quadratic exponential curve $y = ab^t c^{t^2}$ (16)
- Connective exponential curve $y = a - bc^t$ (17)

ค. Growth Curves ที่นิยมใช้กัน ได้แก่

- Logistic Curve $y = \dfrac{c}{1 + b.e^{-at}}$ (18)

ง. Geometric Curve $Pn = Po(1 + r)^n$ (19)

เมื่อ Pn = จำนวนประชากรเมื่อปีที่ n ในอนาคตจากปัจจุบัน (คน)

Po = จำนวนประชากรในปัจจุบัน หรือปีที่เริ่มต้นการคำนวณ (คน)

n = ช่วงเวลาที่ต้องการคำนวณการเปลี่ยนแปลงจากปัจจุบันหรือเวลาเริ่มต้นของการคำนวณ (ปี)

r = อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากร (คน/ปี)

การคาดการณ์ลักษณะของขยะมูลฝอยในอนาคตเป็นเรื่องที่ต้องใช้ดุลยพินิจเป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าจะได้อาศัยการศึกษาและประสบการณ์ที่ผ่านมาของประเทศอื่นๆ ในช่วงต่างๆ ของการพัฒนาประเทศเป็นแนวทางได้บ้างก็ตาม โดยทั่วไปแล้วในระยะยาวที่ประชากรมีระดับฐานะทางเศรษฐกิจดีขึ้น จะทำให้ลักษณะองค์ประกอบของขยะมูลฝอยเปลี่ยนแปลงไป โดยมีแนวโน้มที่ว่าความหนาแน่นของขยะจะค่อย ๆ ลดลง ในขณะที่ค่าความร้อนจากการเผาไหม้ (Calorific Value) ของขยะมูลฝอยจะเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพราะมีปริมาณ

ของกระดาษและพลาสติกในขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าวนี้พบได้ทั่วไปในประเทศที่มีมาตรฐานการดำรงชีพสูงขึ้น และเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในวิถีชีวิตของประชาชนในสังคมนั้นๆ อย่างไรก็ตามยังมีองค์ประกอบภายนอก (Extraneous Factors) อีกไม่น้อยที่อาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะขยะมูลฝอย เช่น การที่มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการใช้เชื้อเพลิงเพื่อกิจกรรมต่างๆ ภายในบ้านพักอาศัย โดยเปลี่ยนจากเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ถ่านและฟืน มาเป็นก๊าซ จึงทำให้ปริมาณของฝุ่นและเศษที่เหลือจากการเผาไหม้และขี้เถ้าในขยะมูลฝอยลดลง หรือการส่งเสริมอาชีพทางด้านการเลี้ยงสัตว์ เช่น การเลี้ยงสุกรในพื้นที่ให้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น อาจทำให้ปริมาณของเศษอาหารในขยะมูลฝอยซึ่งถูกส่งมาที่สถานที่กำจัดมูลฝอยน้อยลง เพราะถูกแยกไปใช้ประโยชน์เสียก่อน เป็นต้น

สำหรับขยะมูลฝอยจากภาคอุตสาหกรรมนั้น การพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของขยะมูลฝอยในอนาคตระยะยาวนั้น เป็นสิ่งที่เรียกได้ว่าเหลือวิสัย เพราะมีความไม่แน่นอนสูงมาก การพยายามที่จะประมาณการในลักษณะดังกล่าวได้ว่าเป็นเพียงการเดาเอาเองเท่านั้น อย่างไรก็ตาม สำหรับการคาดการณ์ในระยะสั้นนั้นอาจทำได้โดยอาศัยการพิจารณาข้อมูลจากแผนการพัฒนาอุตสาหกรรมที่มีอยู่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแผนระยะไม่เกิน 5 ปี

โดยสรุปแล้ว ผลการคาดการณ์ลักษณะของขยะมูลฝอยในอนาคตนั้น สามารถใช้เป็นเพียงแนวทางอย่างกว้างๆ สำหรับการวางแผนการจัดการขยะมูลฝอยในระยะยาว จำเป็นจะต้องมีการประเมินและปรับความถูกต้องของการคาดการณ์ดังกล่าวอยู่เป็นระยะๆ โดยสม่ำเสมอด้วย

ค. หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย

เนื่องจากมีเทคโนโลยีในการจัดการขยะมูลฝอยได้หลายรูปแบบ จึงมีการกำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม ดังนี้

1. ทุกเทคโนโลยีทางเลือกต้องมีระบบคัดแยกขยะ เนื่องจากจะสามารถนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ขยะที่เหลือเข้าสู่ระบบกำจัดจะมีคุณสมบัติเหมาะสมตามที่แต่ละระบบต้องการ และช่วยลดปริมาณขยะที่จะเข้าสู่ระบบกำจัดขั้นสุดท้าย คือ ฝังกลบได้
2. ระบบย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (Composting) ควรใช้กับพื้นที่ที่อยู่ห่างจากแหล่งชุมชนและมีขนาดพื้นที่เพียงพอที่จะรองรับขยะมูลฝอยตามระยะเวลาเก็บกักที่ได้ออกแบบไว้
3. ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion, AD) ควรมีขนาดของระบบไม่เกิน 50 ตันต่อวัน

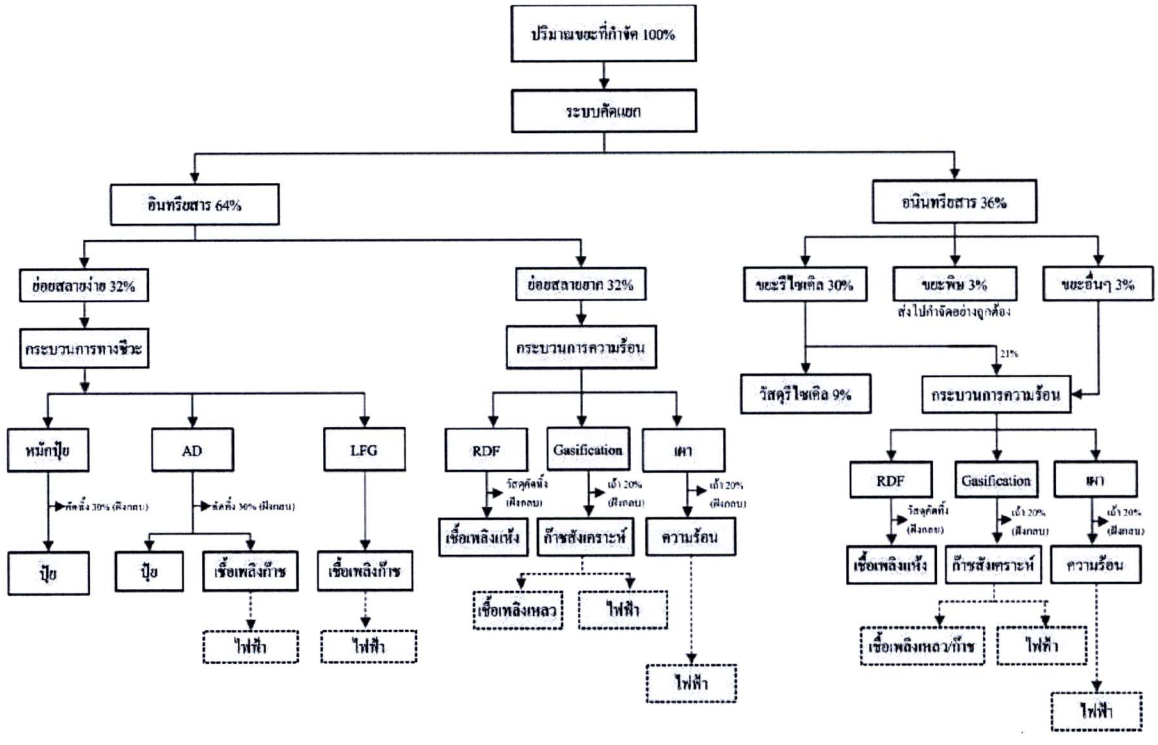
4. ระบบเผาไหม้แบบ Gasification ควรมีขนาดของระบบไม่เกิน 150 ตัน/วัน
5. ระบบเตาเผาแบบตะกรับ (Stoker) ควรมีขนาดของระบบไม่ต่ำกว่า 500 ตัน/วัน
6. ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า หากต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายให้แก่การไฟฟ้าฯ เพื่อเป็นรายได้จากการดำเนินงาน ระบบควรมีศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ทั้งหมดไม่ต่ำกว่า 32,000 kWh/วัน (คำนวณที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบประมาณ 25% ของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้) หรือคิดเป็นปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่ระบบผลิตพลังงานไม่ต่ำกว่า 200 ตัน/วัน (คำนวณที่ 150 kWh/ton)
7. ระบบฝังกลบ ควรออกแบบให้มีปริมาณขยะมูลฝอยเข้าสู่ระบบฝังกลบน้อยที่สุด

ตารางที่ 2.1 แสดงการพิจารณาคัดเลือกเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย โดยพิจารณาจากขนาดของพื้นที่ และรูปที่ 2.4 แสดงทางเลือกเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยประเภทต่างๆ

ตารางที่ 2.1 การพิจารณาคัดเลือกเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย

ขนาดกลุ่มพื้นที่	เทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอย	ค่าลงทุน
1. กลุ่มพื้นที่ขนาดใหญ่ (Large Cluster มากกว่า 500 ตัน/วัน)	ระบบคัดแยก + ระบบย่อยสลายย่อยสลายทางชีวภาพ + ระบบเตาเผา + ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล	$\geq$ 3,227
2. กลุ่มพื้นที่ขนาดกลาง (Medium Cluster)		
2.1 กลุ่มพื้นที่ขนาดกลาง 1 (M1) (250 – 500 ตัน/วัน)	ระบบคัดแยก + ระบบย่อยสลายย่อยสลายทางชีวภาพ + ระบบผลิตขยะเชื้อเพลิง/เตาเผา + ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล	1,048 – 3,426
2.2 กลุ่มพื้นที่ขนาดกลาง 2 (M2) (100 – 250 ตัน/วัน)	ระบบคัดแยก + ระบบย่อยสลายย่อยสลายทางชีวภาพ + ระบบผลิตขยะเชื้อเพลิง + ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล	216 - 523
2.3 กลุ่มพื้นที่ขนาดกลาง 3 (M3) (50 – 100 ตัน/วัน)	ระบบคัดแยก + ระบบย่อยสลายทางชีวภาพ + ระบบผลิตขยะเชื้อเพลิง + ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล	168 - 287
3. กลุ่มพื้นที่ขนาดเล็ก (Small Cluster น้อยกว่า 50 ตัน/วัน)	ระบบคัดแยก + ระบบย่อยสลายทางชีวภาพ + ระบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล	112 - 151

ที่มา กรมควบคุมมลพิษ (2553)



รูปที่ 2.4 ทางเลือกเทคโนโลยีในการจัดการขยะมูลฝอย

ที่มา กรมควบคุมมลพิษ (2553)

การผลิตเชื้อเพลิงขยะเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้ขยะมูลฝอยเป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพสำหรับกระบวนผลิตพลังงานต่างๆ โดยการแปรรูปขยะมูลฝอยด้วยวิธีผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของขยะมูลฝอย ให้กลายเป็นเชื้อเพลิงแข็งที่สามารถผลิตพลังงานได้ โดยมีคุณสมบัติในด้านความร้อน ความชื้น ขนาด และความหนาแน่นที่เหมาะสมในการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนต่อไป

การผลิตเชื้อเพลิงขยะ เริ่มจากการคัดแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้และขยะรีไซเคิลออกจากขยะที่จะเข้าระบบ จากนั้นจึงป้อนขยะมูลฝอยเข้าสู่เครื่องสับเพื่อลดขนาด และป้อนเข้าสู่เตาอบเพื่อลดความชื้นของขยะมูลฝอย โดยการใช้ความร้อนจากไอน้ำหรือลมร้อนเพื่ออบขยะให้แห้งซึ่งจะทำให้น้ำหนักลดลงเกือบร้อยละ 50 และส่งไปเข้าเครื่องอัดแท่ง เพื่อทำให้เชื้อเพลิงขยะอัดแท่งมีขนาดและความหนาแน่นเหมาะสมต่อการขนส่งไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในบางกรณีจะมีการเติมหินปูนเข้าไปในขยะมูลฝอยระหว่างการอัดเป็นเม็ดเพื่อควบคุมและลดปริมาณก๊าซพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

ง. ประเภทของขยะเชื้อเพลิง RDF

ขยะเชื้อเพลิง RDF สามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ซึ่งแบ่งตามลักษณะของขยะเชื้อเพลิงและกระบวนการที่ใช้ในการจัดการขยะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- **RDF-1** คือ การนำขยะมาเป็นเชื้อเพลิงในสภาพเดียวกับที่ถูกจัดเก็บมาโดยตรง โดยไม่มีกระบวนการแปรสภาพขยะ อาจมีการแยกชิ้นส่วนที่มีขนาดใหญ่ออกมาในกรณีที่สามารถเห็นได้ด้วยตา
- **RDF-2** คือ การนำขยะที่เก็บรวบรวมได้มาผ่านกระบวนการคัดแยกนำสิ่งที่เผาไหม้ไม่ได้ออก และนำมาผ่านกระบวนการลดขนาดอย่างหยาบๆ
- **RDF-3** มีลักษณะเช่นเดียวกับ RDF-2 แต่จะมีการลดขนาดให้เล็กลง ซึ่งทั้ง RDF-2 และ RDF-3 จะมีองค์ประกอบของขยะส่วนใหญ่ (หรือเกือบทั้งหมด) ที่เป็นองค์ประกอบที่เผาไหม้ได้เท่านั้น
- จากนั้นถ้าต้องการเชื้อเพลิงไปใช้กับเทคโนโลยีที่ต้องการขนาดของเชื้อเพลิงที่เล็กละเอียด เช่น Suspension Firing System ก็จะนำ RDF-3 มาทำเป็น **RDF-4** ในรูปแบบเป็นผงฝุ่น หรือในทางตรงกันข้ามถ้าต้องการเชื้อเพลิงขยะที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีความหนาแน่นมากขึ้น เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและขนส่ง ก็จะนำ RDF-3 มาผ่านกระบวนการอัดหรือที่เรียกว่า RDF-5
- **RDF-5** ในระหว่างกระบวนการอัด อาจจะมีการเติมส่วนประกอบต่าง ๆ เพิ่มเข้าไปเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นตามต้องการ เช่น เติมหินปูนเพื่อช่วยในการดูดซับแก๊สที่มีสภาพเป็นกรดที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการเกิดปฏิกิริยาทางความร้อน เติมถ่านหินเพื่อช่วยให้มีค่าพลังงานที่สูงขึ้น หรืออาจจะผสมกับเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อการควบคุมปริมาณองค์ประกอบที่พึงประสงค์ต่าง ๆ เช่น ปริมาณคลอไรด์ ปริมาณโลหะหนัก ที่มีอยู่ในขยะให้มีปริมาณที่กำหนดหรือสามารถควบคุมได้ด้วยเทคโนโลยีการแปรรูปขยะเป็นพลังงานที่ใช้งานอยู่
- **RDF-6 และ RDF-7** คือ เชื้อเพลิงขยะที่ไม่ได้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงแข็ง เหมือนกับ RDF-1 ถึง RDF-5 แต่จะอยู่ในรูปของเชื้อเพลิงเหลวและเชื้อเพลิงแก๊ส ตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 ประเภทของขยะเชื้อเพลิง RDF

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF 1 **MSW**	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ได้ออกด้วยมือ รวมทั้งขยะที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF 2 **Coarse RDF**	มีการบดหรือตัดขยะมูลฝอยอย่างหยาบๆ	Fluidized Bed Combustor, Multi fuel Combustor
RDF 3 **Fluff RDF**	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ออก เช่น โลหะ แก้วและอื่นๆ มีการบด หรือตัดจนทำให้ 95% ของขยะมูลฝอยที่ คัดแยกแล้ว มีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว	Stoker
RDF 4 **Dust RDF**	นำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการทำให้อยู่ในรูปของผงฝุ่น	Fluidized Bed Combustor, Pulverized Fuel Combustor
RDF 5 **Densified RDF**	นำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการอัดแท่ง โดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m^3	Fluidized Bed Combustor, Multi fuel Combustor
RDF 6 **RDF Slurry**	นำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูปของเชื้อเพลิงเหลว หรือ Slurry	Swirl Burner
RDF 7 **RDF Syngas**	นำขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการ Gasification เพื่อผลิต Syngas ที่ใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงได้	Burner, Integrated Gasification-Combined Cycle (IGCC)

ที่มา มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (2553)

จ. การกำหนดมาตรฐานของขยะเชื้อเพลิง RDF

การผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF โดยทั่วไปมีการกำหนดคุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญ 2 ประการ ได้แก่ ค่าความร้อนของขยะเชื้อเพลิงที่ได้ (Calorific Value) และการปนเปื้อนของสารพิษ เช่น โลหะหนักต่างๆ และคลอรีน เป็นต้น อย่างไรก็ดีประเทศในแถบเอเชียยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานของขยะเชื้อเพลิง RDF ที่ชัดเจน ดังนั้นจึงยังคงต้องใช้มาตรฐานของยุโรปเป็นแนวทางในเบื้องต้น ตารางที่ 2.3 แสดงการสำรวจมาตรฐานของขยะเชื้อเพลิง RDF ในประเทศแถบยุโรป (Jidapa Nithikul, 2007) ซึ่งมีการกำหนดปริมาณของโลหะหนักและคลอรีนที่ปนเปื้อนอยู่ในขยะเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังมีการกำหนดมาตรฐานคุณสมบัติของขยะเชื้อเพลิง ซึ่งได้แก่ ค่าความร้อน ความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณของซัลเฟอร์และคลอรีน ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานของขยะเชื้อเพลิง RDF ของประเทศในแถบยุโรป

	Country (references)			
	Switzerland (Buwal, 1998)	Finland[d] (SFS, 2000)	Italy[d] (Ministero dell'ambiente, 1998)	Germany[d] (RAL, 2001)
	mg/MJ[a]	mg/MJ[b]	mg/MJ	mg/MJ[c]
As	0.6	n.a.	0.5	0.7
Be	0.2	n.a.	n.a.	0.1
Cd	***0.1***	***0.3***	***0.4***	***0.5***
Co	0.8	n.a.	n.a.	0.7
Cr	***4***	***n.a.***	***6***	***14***
Cu	***4***	***n.a.***	***17***	***56***
Hg	***0.02***	***0.03***	***n.a.***	***0.07***
Ni	4	n.a.	2	8.9
Pb	8	n.a.	11	n.a.
Sb	***0.2***	***n.a.***	***n.a.***	***3.3***
Se	0.2	n.a.	n.a.	0.3
Sn	***0.4***	***n.a.***	***n.a.***	***3.9***
Te	n.a.	n.a.	n.a.	0.3
Tl	0.12	n.a.	n.a.	0.11
V	4	n.a.	n.a.	1.4
Zn	16	n.a.	28	n.a.
Chlorine	***n.a.***	***1.5% by weight***	***0.9% by weight***	***Only declaration***

[a] Restriction: Swiss guideline of waste disposal in cement kilns
[b] Restriction: Quality class III
[c] Restriction: 80% RDF from MSW
[d] Basis for conversion of mg/kg_{dry} into mg/MJ: LHV (dry) 18,000 kJ/kg

ที่มา **Jidapa Nithikul, 2007**

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติพื้นฐานของขยะเชื้อเพลิง RDF

Parameters	Finland[a]	Italy	United Kingdom
Calorific Value (MJ/kg)	13-16	15	18.7
Moisture content %w	25-35	25 max	7-28[b]
Ash content %w	5-10	20	12
Sulfur %w	0.1-0.2	0.6	0.1-0.5
Chlorine %w	0.3-1.0	0.9	0.3-1.2

[a] Restriction for household wastes
[b] 7-28 for densified-RDF and 28 for coarse-RDF

ที่มา **Jidapa Nithikul, 2007**

ตารางที่ 2.5 แสดงองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งได้แก่ C, H, O, N, S, Cl, H_2O และ เถ้า ในขยะเชื้อเพลิง RDF ซึ่งปริมาณต่างๆ ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของขยะแต่ละประเภทที่นำมาผลิตเป็นขยะเชื้อเพลิง

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบทางเคมีในขยะเชื้อเพลิง RDF

RDF components	%C	%H	%O	%N	%S	%Cl	%H_2O	%Ash
Paper	34.4	4.72	32.4	0.16	0.21	0.24	21	4.62
Plastic	56.4	7.79	8.05	0.85	0.29	3	15	8.59
Wood	41.2	5.03	34.5	0.02	0.07	0.09	16	2.82
Textile	37.2	5.02	27.1	3.1	0.28	0.27	25	1.98
Leather, Rubber	43.1	5.37	11.6	1.34	1.17	4.97	10	22.5

ที่มา **Jidapa Nithikul, 2007**

สามารถสรุปคุณลักษณะทั่วไปของขยะเชื้อเพลิง RDF ได้ดังนี้

- ปลอดเชื้อโรคจากการอบด้วยความร้อน ลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อโรค และไม่มีกลิ่น
- มีขนาดเหมาะสมต่อการป้อนเข้าเตาเผาหรือหม้อไอน้ำ โดยขยะเชื้อเพลิงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15-30 มิลลิเมตร ความยาว 30-150 มิลลิเมตร
- มีความหนาแน่นมากกว่าขยะมูลฝอยและชีวมวลทั่วไป (450-600 kg/m^3)
- เหมาะสมต่อการจัดเก็บและขนส่ง
- มีค่าความร้อนสูงเมื่อเทียบกับชีวมวล (~13-18 MJ/kg) และมีความชื้น ต่ำ (~ 5-10%)
- สามารถลดปัญหามลภาวะจากการเผาไหม้ เช่น NO_x ไดออกซิน และฟูราน

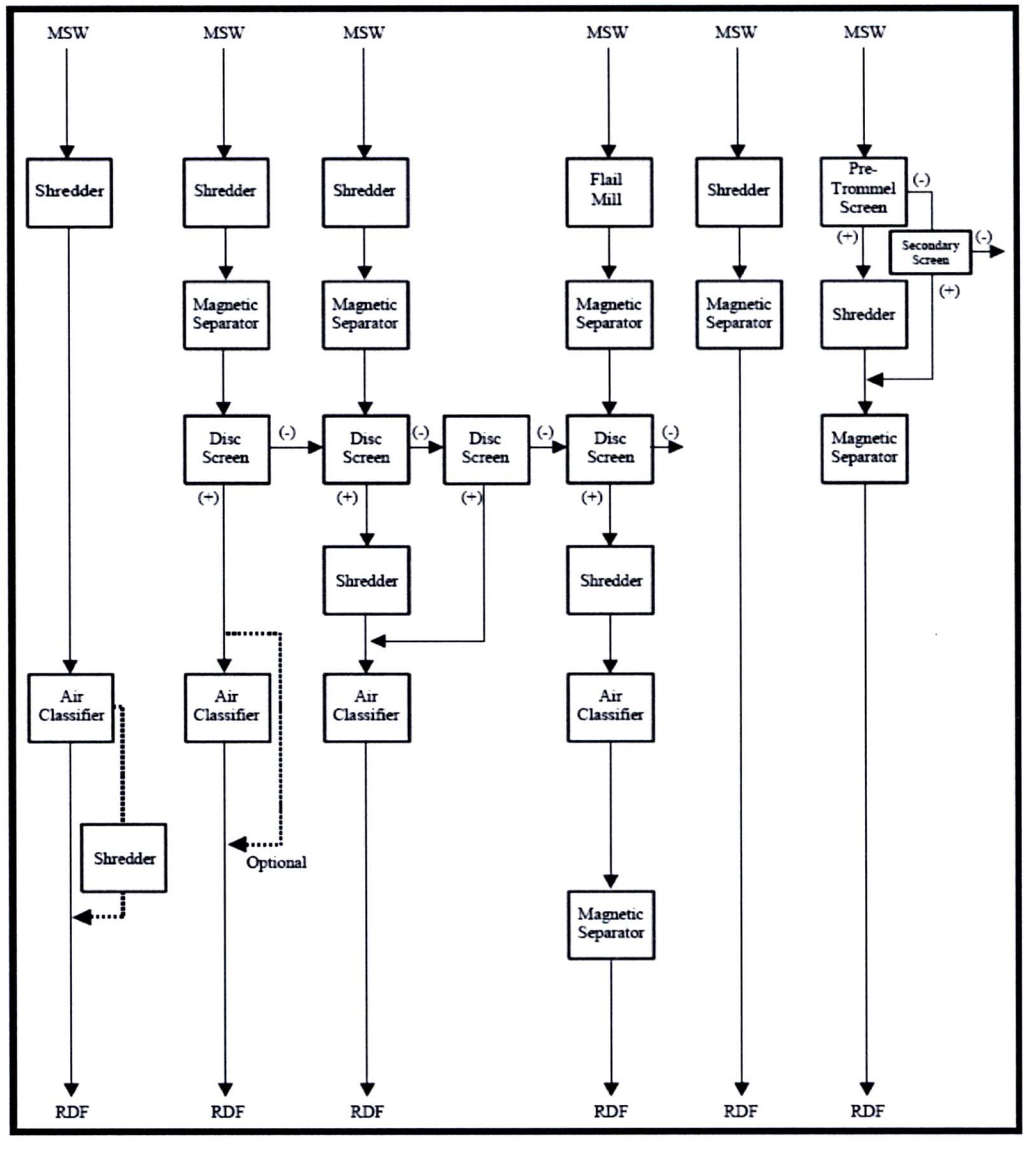
ฉ. กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF

การผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF โดยทั่วไปขยะจะถูกนำมาคัดแยกส่วนที่นำไปกลับใช้ซ้ำได้ เช่น โลหะ อลูมิเนียม แก้ว และคัดแยกอินทรีย์สาร เช่น เศษอาหาร ที่มีความชื้นสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบป้อนเข้ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพหรือผลิตสารปรับปรุงคุณภาพดิน (Soil Conditioner) สำหรับส่วนประกอบขยะมูลฝอยที่เหลือ ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยกระดาษ เศษไม้ พลาสติก จะถูกนำไปลดขนาด ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเผาไหม้โดยตรงในรูปของ Coarse RDF (c-RDF) หรือ RDF ชนิดหยาบ หรือนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งและการอัดแท่งเพื่อผลิตเป็น Densified RDF (d-RDF) ในการพิจารณาว่าจะ

ผลิตขยะเชื้อเพลิงชนิดใดขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีของระบบการเผาไหม้ สถานที่ที่ตั้งระหว่างที่ผลิตเชื้อเพลิงขยะและสถานที่ที่ใช้งาน

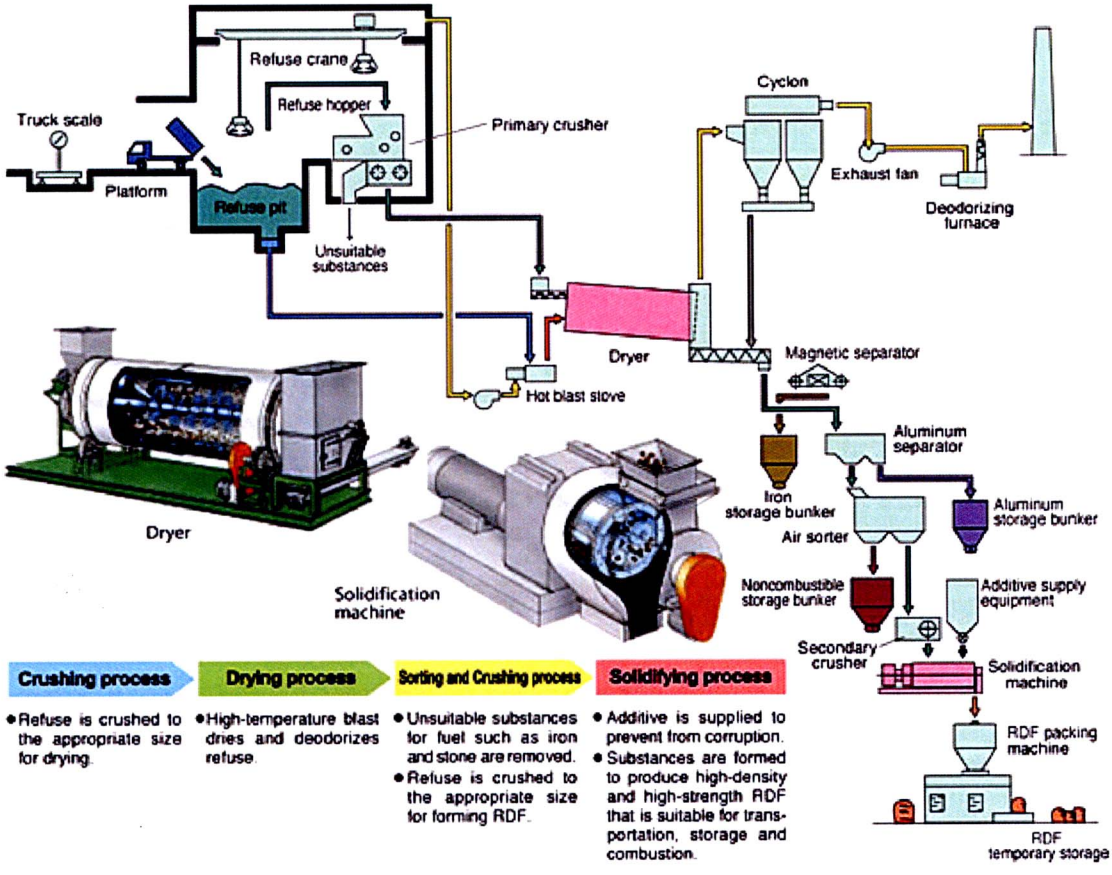
สัดส่วนของปริมาณขยะเชื้อเพลิง RDF ที่ผลิตได้ต่อปริมาณขยะมูลฝอย 1 ตัน ขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดเก็บขยะ กระบวนการที่ใช้ในการแปรรูปขยะ และคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะที่ต้องการ จากรายงานของ European Commission Directorate General Environment พบว่าสัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงขยะจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23-50% โดยน้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้า

กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF มี 2 ระบบย่อยที่สำคัญ ได้แก่ ระบบ Front End และระบบBack End ระบบ Front End หรือ Pre – Processing เป็นระบบที่รองรับขยะชุมชน จากนั้นนำมาทำการคัดแยกขยะที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ และนำขยะส่วนที่เผาไหม้ได้เข้าสู่กระบวนการเผาไหม้โดยตรงต่อไป หรือส่งต่อไปยังระบบ Back End รูปที่ 2.5 แสดงกระบวนการที่เกี่ยวข้องในระบบ Front End ส่วนระบบ Back End เป็นระบบการแปรรูปขยะชุมชนให้เป็นขยะเชื้อเพลิง รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างกระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF ของประเทศญี่ปุ่น



รูปที่ 2.5 กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF แบบ Front End

ที่มา Jidapa Nithikul, 2007



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างกระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF

ที่มา Kawasaki Plant System, online available for http://www.khi.co.jp

ขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF สามารถจัดได้หลายรูปแบบ ตารางที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงขยะที่ได้จากการเลือกใช้ขั้นตอนและอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าการเลือกใช้ขั้นตอนในการผลิตและอุปกรณ์ มีผลต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงขยะที่ได้และประสิทธิภาพการแปรรูปขยะมูลฝอยให้เป็นเชื้อเพลิง ทั้งนี้การเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น คุณสมบัติของขยะมูลฝอย ซึ่งมีความเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยอุปกรณ์ที่นำมาใช้ส่วนใหญ่สามารถประยุกต์มาจากอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมเหมืองแร่ ซึ่งในบางครั้งอาจจะยังไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้งานกับขยะชุมชน ทำให้มีปัญหาเรื่องความเชื่อมั่นในการใช้งาน และการนำอุปกรณ์จาก

อุตสาหกรรมประเภทอื่นมาประยุกต์ใช้งานอาจทำให้เกิดปัญหาในการเลือกขนาดของอุปกรณ์แต่ละชนิดให้มีความสัมพันธ์กันตลอดกันทั้งกระบวนการผลิต

ตารางที่ 2.6 กระบวนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF

Plant	Line-Structure	Efficiency (%)/%error	LHV (kcal/kg RDF)/%error
A	S-T-MS-M-MS-ACC-T-E	36.0/2.5	2900/1.1
B	PT-HS-MS-S-T-MS-M-T	69.3/1.3	4010/1.5
C	S-T-MS-M-MS-T	43.0/3.5	4354/0.34
D	M-PT-ACC-M-D-P	24.0/3.0	4000/2.1
E	M-MS-T-BC	55.0/6.0	2100/8.9
F	T-MS-ACC-T-MS-ACC		4000/1.7
G	M-MS-PT-MS	27.0/3.3	3000/1.5
H	M-T-M-ACC-P	35.0/1.4	3150/1.9

Note: ACC air classifier with cyclone; BC Ballistic classifier; D Dryer; E Extruder; HS Hand sorting; M Mill; MS Magnetic separator; P Pelletizer; PT Pre-Trommel screen; S Shredder; T Trommel screen

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2548)

ช. ต้นทุนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF

การผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF มีเงินลงทุนค่อนข้างสูง และขึ้นอยู่กับการจัดวางสายการผลิต รวมทั้งยังมีค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน และการบำรุงรักษา ในที่นี้ข้อมูลที่ใช้มาจากรายงานการศึกษาเรื่อง เชื้อเพลิงขยะของ European Commission-Directorate General Environment ตารางที่ 2.7 แสดงขนาดและค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์แต่ละชนิด

ตารางที่ 2.7 ค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF

Equipment	Capacity (t/h)	Power (kW)	Cost (kEuro)	Operating cost (Euro/h)
Densifier	6	5	206.58	3.62
Air classifier	5	12	41.31	0.87
Dryer	6	140	309.87	10.12
Belt conveyor		6	15.49	0.43
Hammer mill	2	20	129.11	14.46
	4	250	144.60	18.08
	6	300	154.93	21.69
Pelletizer	4	50	206.58	3.62
Eddy current separator	5	2.2	7.23	0.27
	10	2.2	11.87	0.45
	15	2.2	14.97	0.48
Magnetic separator	5	3.75	36.15	0.16
	10	6.25	41.83	0.16
	15	6.6	49.57	0.16
Hand sorting	-	-	-	23.65
Shredder	6	25	56.81	1.81
	10	50	108.45	3.62
	15	50	129.11	3.62
	25	55	154.93	3.98
Trommel screen	15	20	103.29	1.45
	25	30	154.93	2.17

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2548)

เมื่อพิจารณาเฉพาะการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF – 5 หรือขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าสามารถคำนวณต้นทุนได้ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ต้นทุนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF - 5

Line #	Line structure	MSW input fraction (%)	Efficiency (%)	Moisture (%)	LHV (kcal/kg RDF)	Production cost (Euro/t RDF)	
						Densified	Pelletized
2	T-HS-MS-S-T-M-T-DE/P[a]	80	38.9	7.1	4050	12.71	13.57
11	S-T-MS-S-T-M-T-DE/P	80	38.6	58	4083	11.05	11.92
2	T-HS-MS-S-T-M-T-DE/P[a]	70	45.8	6.6	4230	11.20	11.93
10	S-T-MS-M-T-DE/P	70	49.9	7.5	4060	8.21	8.88
2	T-HS-MS-S-T-M-T-DE/P[a]	60	53.5	7.2	4310	9.75	9.75
10	S-T-MS-M-T-DE/P	60	56.3	6.9	4225	7.42	7.42
2	T-HS-MS-S-T-M-T-DE/P[a]	50	59.4	5.13	4499	9.04	9.04
10	S-T-MS-M-T-DE/P	50	62.8	6.4	4355	6.65	6.65

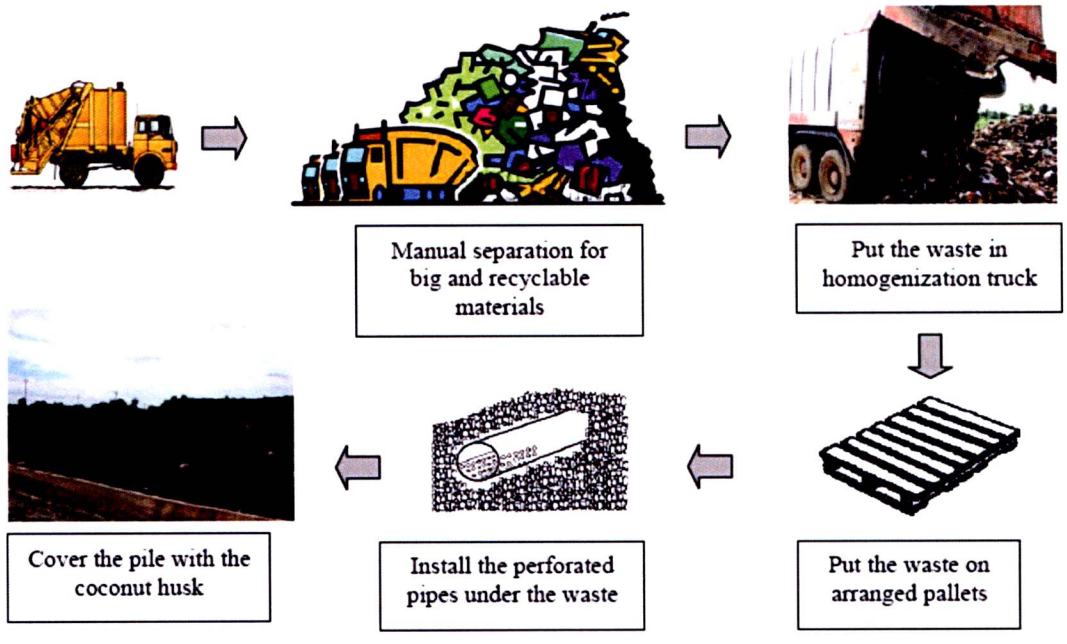
Note:
- ACC air classifier with cyclone
- BC Ballistic classifier
- D Dryer
- E Extruder
- HS Hand sorting
- M Mill
- MS Magnetic separator
- P Pelletizer
- PT Pre-Trommel screen
- S Shredder
- T Trommel screen

ที่มา **กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2548)**

ซ. การประยุกต์ใช้ขยะเชื้อเพลิง RDF

การใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงขยะ สามารถใช้ได้ทั้งในรูปผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน โดยที่อาจจะมีการใช้ประโยชน์ในสถานที่ผลิตเชื้อเพลิงขยะ หรือขนส่งไปใช้ที่อื่น โดยสามารถนำไปใช้เผาร่วมกับถ่านหิน (Co-firing) เพื่อลดปริมาณการใช้ถ่านหินลงในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมซีเมนต์ นอกจากนี้ การใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงขยะยังทำให้ลดปริมาณขยะที่นำไปฝังกลบได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ได้พื้นที่ฝังกลบกลับคืนมา หรือพื้นที่เดิมสามารถรองรับปริมาณขยะใหม่ได้เพิ่มขึ้นจากเดิม ทั้งยังสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง จากหลุมฝังกลบสู่บรรยากาศ นำไปสู่การลดปัญหาภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง

ประเทศในยุโรปที่มีประสบการณ์หรือมีการใช้ขยะเชื้อเพลิง RDF มากที่สุดในปัจจุบัน คือ ประเทศเยอรมนี ซึ่งกลุ่มเป้าหมายที่ใช้มาก ได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมด้านพลังงาน ผู้ผลิตซีเมนต์และผู้ผลิตไฟฟ้า สำหรับในประเทศไทย จากการสำรวจข้อมูลในปี พ.ศ. 2550 (Jidapa Nithikul, 2007) พบว่ายังไม่มีโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF ในประเทศไทย มีเพียงโครงการหนึ่งที่กำลังดำเนินการที่จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่าง Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit หรือ GTZ ประเทศเยอรมนี กับกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้เทคโนโลยีเชิงกลชีวภาพ หรือ Mechanical Biological Treatment (MBT) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ในการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF ใช้เทคโนโลยี MBT ที่เรียกว่า FABOR-AMBRA จากเยอรมนี ซึ่งเป็นกระบวนการบำบัดก่อนการฝังกลบ สามารถลดปริมาณขยะลงได้ 60% โดยน้ำหนัก ภายหลังการบำบัดแล้ว 5 -9 เดือน คุณสมบัติของขยะที่ผ่านการบำบัดด้วยวิธีนี้แสดงดังตารางที่ 2.9



รูปที่ 2.7 กระบวนการ MBT ที่จังหวัดพิษณุโลก

ที่มา Jidapa Nithikul, 2007

ตารางที่ 2.9 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของขยะเชื้อเพลิง RDF

Parameter	MBT 5 months*	MBT 9 months*	RDF Standard**
Moisture content (%)	16	13	25***
Ash content (%)	21	16	5
Chlorine (%)	0.88	0.66	<0.5
Sulfur (%)	0.12	0.39	<0.4
Calorific Value (MJ/kg)	33.9	38.3	15
Cd (mg/kg)	ND	ND	10
Cr (mg/kg)	1.932	12.5	200
Hg (mg/kg)	ND	0.455	2
Pb (mg/kg)	13.3	36.1	200

* From Naresuan University, 2006
** Standard RDF for co-incineration in Cement kiln
*** Typical RDF property of UK

ที่มา Jidapa Nithikul, 2007

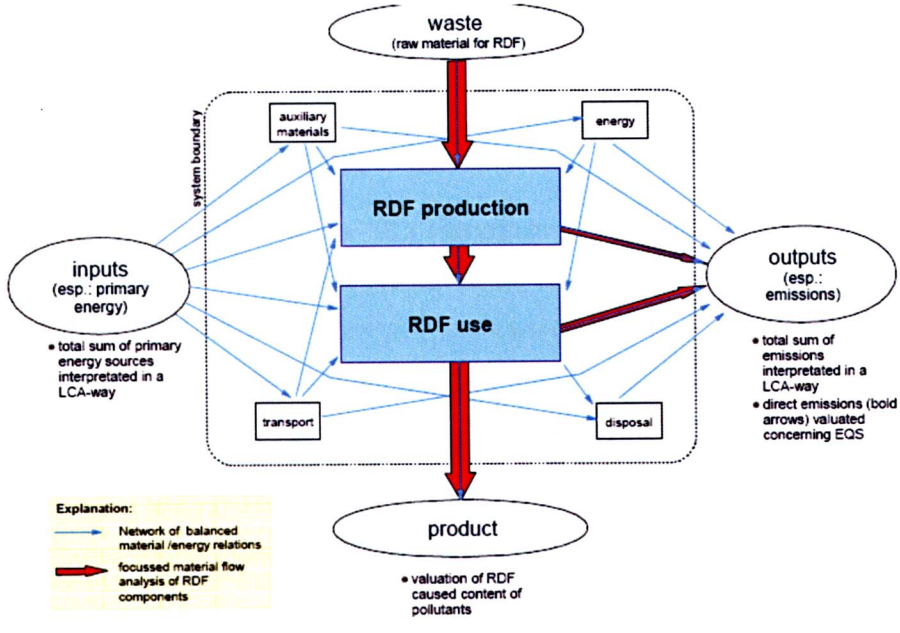
2.2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

การทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับขยะเชื้อเพลิง RDF ในแผนงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ก. งานวิจัยจากต่างประเทศ ข. งานวิจัยภายในประเทศ และ ค. งานวิจัยเกี่ยวกับขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วน ดังนี้

ก. การทบทวนวรรณกรรม งานวิจัย และสารสนเทศที่เกี่ยวข้องจากต่างประเทศ

EUROPEAN COMMISSION – DIRECTORATE GENERAL ENVIRONMENT (2003)

ศึกษาการใช้และการผลิตเชื้อเพลิง RDF ของกลุ่มประเทศที่เป็นสมาชิกสหภาพยุโรป หรือ EU การศึกษาครอบคลุมประเด็นด้านกรอบของกฎหมายและนโยบายที่เกี่ยวข้อง ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและประเด็นด้านเศรษฐศาสตร์ ในการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมมีการนำวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต หรือ Life Cycle Assessment: LCA มาประยุกต์ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8



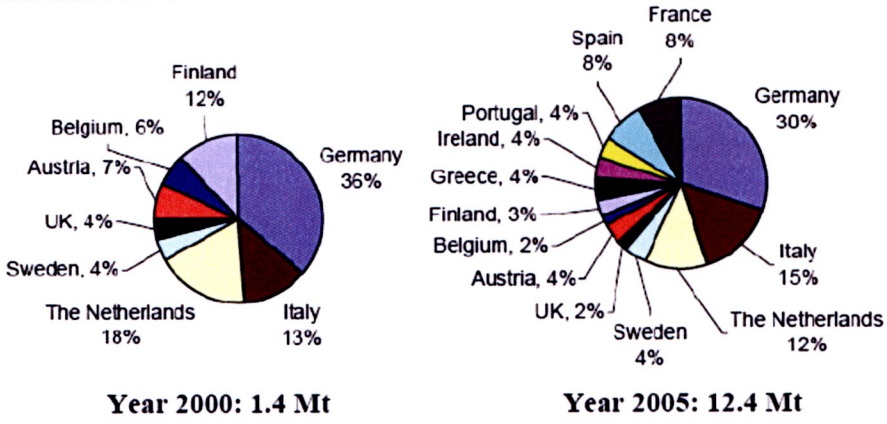
รูปที่ 2.8 กรอบการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของขยะเชื้อเพลิง RDF

ที่มา: EUROPEAN COMMISSION – DIRECTORATE GENERAL ENVIRONMENT (2003)

Jidapa Nithikul (2007), POTENTIAL OF REFUSE DERIVED FUEL PRODUCTION FROM BANGKOK MUNICIPAL SOLID WASTE, School of Environment, Resources and Development, Asian Institute of Technology, THAILAND

ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขยะเชื้อเพลิง RDF และการนำไปใช้ประโยชน์ของประเทศต่างๆ ในแถบยุโรป ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

การผลิตและการใช้ประโยชน์จากขยะเชื้อเพลิง RDF ในยุโรปมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว รูปที่ 2.9 แสดงสัดส่วนการใช้ในประเทศต่างๆ ซึ่งพบว่ามีการเติบโตอย่างมากภายในระยะเวลา 5 – 6 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ที่มีการใช้ 1.4 Mt เพิ่มขึ้นเป็น 12.4 Mt ในปี 2005



รูปที่ 2.9 สัดส่วนการใช้ขยะเชื้อเพลิง RDF ของประเทศในแถบทวีปยุโรป

ที่มา Jidapa Nithikul, 2007

- ประเทศออสเตรีย

MSW มีการเพิ่มขึ้นประมาณ 3.1 ล้านตันต่อปี โดย 45% มีการนำไปรีไซเคิล 40% ถูกนำไปฝังกลบ และ 15% ถูกนำไปเผา ในประเทศมีโรงงาน MBT 10 แห่ง ซึ่งสามารถรองรับขยะได้ 340,000 ตันต่อปี ในปี ค.ศ. 2000 มีการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF ประมาณ 70,000 ตัน ซึ่งมีอุตสาหกรรมกระดาษและเยื่อกระดาษเป็นแหล่งรองรับเชื้อเพลิง RDF ที่ผลิตได้เป็นสำคัญ อย่างไรก็ดีอุตสาหกรรมดังกล่าวมีการผลิตและใช้ขยะเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งในโรงงานเองเป็นหลัก

- ประเทศเบลเยี่ยม

มีการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF เพื่อส่งออกไปยังอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในประเทศฝรั่งเศสและเยอรมนี โดยมีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 50 – 75 ยูโรต่อตัน

- ประเทศเดนมาร์ก

การผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF ยังไม่ประสบความสำเร็จ เพราะยังคงมีต้นทุนที่สูงมาก และเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ก็นำไปใช้ได้กับเตาเผาขยะเท่านั้น

- ประเทศฟินแลนด์

มีระบบการจัดการคัดแยกขยะที่ครัวเรือน ที่ช่วยสนับสนุนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF ได้ทางหนึ่ง และมีอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ที่ใช้ประโยชน์จากขยะเชื้อเพลิง RDF ที่ผลิตได้

- ประเทศฝรั่งเศส

ในอดีตมีโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF แต่ระบบไม่ประสบความสำเร็จเนื่องจากความไม่เชื่อมั่นในการดำเนินระบบ

- ประเทศเยอรมนี

มีปริมาณการผลิตรวมขยะเชื้อเพลิง RDF จากโรงงาน MBT มากกว่า 1 ตันต่อปี โดยในประเทศมีโรงงานผลิต RDF มากกว่า 70 โรง และมีการกำหนดแนวทางสำหรับผู้ผลิต RDF ซึ่งระบุข้อจำกัดต่างๆ และยังมีการระบุเกี่ยวกับมลพิษอีกด้วย

- ประเทศกรีซ

โรงงาน MBT ที่กำลังก่อสร้างมีศักยภาพที่จะผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมซีเมนต์และอุตสาหกรรมอื่นๆ ยังไม่มีความชัดเจนในการดำเนินงานที่เป็นระบบใหญ่ (Large-scale)

- ประเทศไอร์แลนด์

มีการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF 1.5 ล้านตันต่อปี ส่วนการจัดการขยะชุมชนพบว่ากว่า 92 % มีการจัดการโดยการฝังกลบ จึงทำให้มีการตั้งเป้าหมายที่จะลดการฝังกลบดังกล่าวลง โดยใช้การเผาหรือระบบแก๊สซิฟิเคชั่นแทน สำหรับ ขยะเชื้อเพลิง RDF อาจที่การเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

- ประเทศอิตาลี

มีโรงงาน MBT ประมาณ 41 โรง แม้ว่าการใช้ขยะเชื้อเพลิง RDF จะมีการกำหนดกรอบการดำเนินงานที่เข้มงวด แต่ยังคงได้รับความสนใจอย่างมาก โดยมีการนำขยะเชื้อเพลิง RDF ไปใช้ในระบบ Co - incinerated ในอุตสาหกรรมซีเมนต์

- ประเทศเนเธอร์แลนด์

มีโรงงานผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF 13 โรง กำลังการผลิต 700,000 ตันต่อปี เป็นการผลิตในลักษณะที่เป็นเม็ดเล็กๆ (Pellets) และอุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้ามีการใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตได้เป็นส่วนใหญ่

- ประเทศสเปน

อุตสาหกรรมหลักที่ใช้ขยะเชื้อเพลิง RDF คือ อุตสาหกรรมซีเมนต์และอุตสาหกรรมอิฐ ขยะเชื้อเพลิง RDF ในสเปนมีการผลิตแบ่งออกได้เป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

- Fuel Derived from Liquid Waste (LWDF)
- Fuel Derived from Sawdust and Paper Residues Mixed with Solvents (SWDF)
- Fuel Derived from MSW Waste (GDF)
- Fuel Derived from Used Tires (TDF)

- ประเทศสวีเดน

มีการนำขยะชุมชนไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงเสริม ประมาณ 50% ของขยะทั้งหมด โดยมีค่าเฉลี่ย Energy Content เท่ากับ 2.8 kWh/kg การใช้ประโยชน์จากขยะเชื้อเพลิง RDF ส่วนมากเป็นการทำความร้อนในชุมชนและใช้ในอุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์

- ประเทศอังกฤษ

ขยะเชื้อเพลิง RDF ในอังกฤษมีส่วนประกอบของ กระดาษ 84% พลาสติก 11% และอีก 5% เป็นแก้ว ไม้ เศษผ้า และโลหะ โดยมีการใช้ประโยชน์จากขยะเชื้อเพลิงดังกล่าวเป็นเชื้อเพลิงเสริม (Secondary Fuels)

ข. การทบทวนวรรณกรรม งานวิจัย และสารสนเทศที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

สายวสันต์ วิชาดี, 2548, การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครเชียงใหม่, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้หลักการวิเคราะห์โครงการภายใต้สมมุติฐานของโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำที่ใช้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากขยะ หรือ Refuse Derived Fuel: RDF ซึ่งมีประสิทธิภาพรวมของระบบเท่ากับ 20.3% ขนาดกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าที่ทำการศึกษา ได้แก่ ขนาด 1, 3, 6 และ 10 เมกะวัตต์

ผลการศึกษาพบว่ารายการต้นทุนหลักๆ ของโรงไฟฟ้าได้แก่ การลงทุนในเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต ค่าที่ดิน และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ส่วนรายได้หลักของโครงการมาจากรายได้ค่าธรรมเนียมในการจัดการขยะ รายได้จากการจำหน่ายขยะรีไซเคิล และรายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ผลการศึกษาทางเศรษฐศาสตร์พบว่าโรงไฟฟ้าขนาดกำลังผลิต 1 เมกะวัตต์ มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการประมาณ 151 ล้านบาท อัตราผลตอบแทนภายในมีค่า 36.16% มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 ปี และมีต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าเท่ากับ 11.90 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) สำหรับโรงไฟฟ้าขนาดกำลังผลิต 3, 6 และ 10 เมกะวัตต์ พบว่าไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากให้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิน้อยกว่าศูนย์ และอัตราผลตอบแทนภายในมีค่าต่ำกว่าต้นทุนถัวเฉลี่ยหรืออัตราคิดลดของโครงการ จึงสามารถสรุปได้ว่าโครงการโรงไฟฟ้าจากขยะเทศบาลที่มีขนาดกำลังผลิต 1 เมกะวัตต์เท่านั้นที่มีความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีอัตราการป้อนขยะเทศบาลที่ผ่านการคัดแยกแล้วเข้าสู่กระบวนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงประมาณ 190 ตันต่อวัน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2548) โครงการศึกษาและสาธิตการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนจากขยะชุมชน

ทำการประเมินศักยภาพของขยะชุมชนในประเทศไทย และศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตพลังงานจากขยะชุมชน ในส่วนของเทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง (RDF) ในขณะที่ทำการศึกษาพบว่ายังไม่มีการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวในประเทศ ดังนั้นข้อมูลที่นำเสนอจึงอ้างอิงจากข้อมูลของต่างประเทศ พบว่าการใช้ขยะมูลฝอยที่เก็บรวบรวมได้เพื่อนำมาเผาไหม้โดยตรงมักก่อให้เกิดความยุ่งยากในการใช้งานเนื่องจากความไม่แน่นอนในองค์ประกอบต่างๆ ของขยะมูลฝอย ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามชุมชนและตามฤดูกาล อีกทั้งขยะมูล

ฝอยเหล่านี้มีค่าความร้อนต่ำ และมีปริมาณเถ้าและความชื้นสูง สิ่งเหล่านี้ก่อความยุ่งยากให้กับผู้ออกแบบโรงเผาและผู้ปฏิบัติและควบคุมการเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ยาก การแปรรูปขยะมูลฝอยโดยผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของขยะมูลฝอยเพื่อทำให้กลายเป็นเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel : RDF) จะสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวมาข้างต้นได้

ปริมาณของเชื้อเพลิงขยะที่ผลิตได้ต่อปริมาณขยะ 1 ตัน ขึ้นอยู่กับการจัดเก็บขยะ กระบวนการที่ใช้ในการแปรรูปขยะ และคุณภาพของเชื้อเพลิงขยะที่ต้องการ จากรายงานของ European Commission Directorate General Environment กล่าวว่าการผลิตเชื้อเพลิงขยะอยู่ในช่วงระหว่าง 23% - 50% โดยน้ำหนักของขยะที่มาแปรรูป การใช้ประโยชน์จาก RDF มีการใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน โดยที่อาจจะมีการใช้ RDF เป็นเชื้อเพลิงภายในที่เดียวกัน หรือมีการขนส่งในกรณีที่ตั้งของโรงงานไม่ได้อยู่ที่เดียวกัน นอกจากนี้ยังมีทางเลือกอีกทางหนึ่ง คือ การนำไปเผาร่วมกับถ่านหิน เพื่อลดปริมาณการใช้ถ่านหินลง ในอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมซีเมนต์ ได้มีการนำ RDF ไปใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ ทำให้ลดการใช้ถ่านหินลงไปได้

ในส่วนของการสรุปข้อดีและข้อจำกัดของเทคโนโลยี ตารางที่ 2.10 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อดี - ข้อจำกัดของเทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่าข้อจำกัดที่สำคัญที่สุดของเทคโนโลยีนี้ คือ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่อนข้างสูง

ตารางที่ 2.10 การเปรียบเทียบข้อดี - ข้อจำกัดของเทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ข้อดี	ข้อจำกัด
1. ขยะเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูง และมีค่าความชื้นต่ำ 2. มีความสะดวกในการจัดเก็บ การขนส่ง การจัดการต่างๆ เพราะมีความแข็งและคงรูป 3. มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่น 4. แท่งขยะเชื้อเพลิงที่ได้สามารถเก็บไว้ได้นาน	1. มีค่าลงทุนในการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยค่อนข้างสูง

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2548)

ทุน สกว. – บริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด (มหาชน)

ทุนวิจัยสาขาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม ประจำปีการศึกษา 2551 โครงการแปรรูปขยะมูลฝอยชุมชน (Municipal Waste) ให้เป็นแหล่ง Refuse Derived Fuel (RDF) เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

ขอบเขตของการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

- เทคโนโลยีการผลิต RDF จากขยะมูลฝอยชุมชนในประเทศไทย
- การควบคุมคุณภาพ RDF เช่น การลดปริมาณคลอไรด์ การลดความชื้น เป็นต้น
- การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง RDF จากแหล่งผลิตมายังผู้ใช้
- Economic Model และการมีส่วนร่วมของชุมชนในการผลิตมายังผู้ใช้
- รูปแบบโครงการผลิต RDF ในองค์การปกครองท้องถิ่นขนาดกลางและขนาดเล็ก (น้อยกว่า 50 ตันขยะมูลฝอยต่อวัน)
- ผลกระทบสิ่งแวดล้อมในการนำ RDF ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์
- LCA ในเชิงเปรียบเทียบระหว่างการจัดการมูลฝอยชุมชนด้วยวิธีการฝังกลบ Incinerator และการผลิต RDF เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ ฯลฯ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับ บริษัท ปัญญา คอนซัลแตนท์ จำกัด (2551) โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาการผลิตขยะเชื้อเพลิง (RDF)

ทำการศึกษาองค์ประกอบของขยะชุมชน ระบบการผลิตขยะเชื้อเพลิง คุณสมบัติของขยะเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ และความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน ของโครงการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF ที่เทศบาลเมืองทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการศึกษาองค์ประกอบของขยะชุมชนทั่วประเทศ เฉพาะส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิต RDF สรุปดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 องค์ประกอบของขยะชุมชนทั่วประเทศที่เหมาะสมสำหรับการผลิต RDF

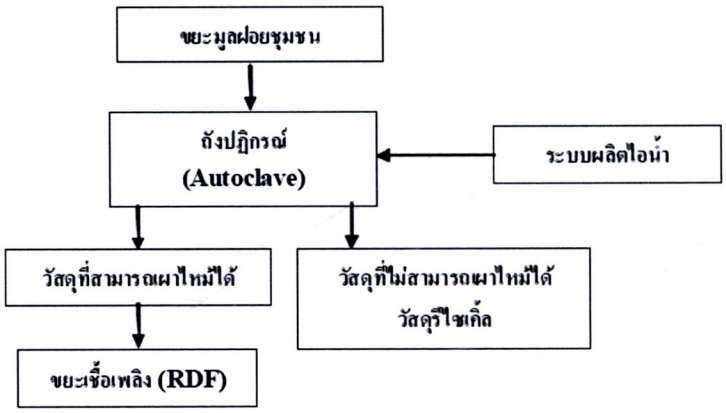
องค์ประกอบ	ปริมณฑล กทม.	ภาคกลาง ตอ. และ ตต.	ภาคเหนือ	ภาคใต้	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ(อีสาน)	เฉลี่ย
1. เปลือกแข็งและเมล็ดผลไม้	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	**5.00**
3. เศษกระดาษสกปรก/อื่น ๆ	1.91	0.59	0.42	1.31	0.32	**0.91**
4. ถุงพลาสติกสกปรก/อื่น ๆ	1.03	0.26	0.00	0.33	0.21	**0.37**
7. ไม้/กิ่งไม้	2.27	2.13	2.59	1.76	2.12	**2.17**
8. ยาง	1.57	0.14	0.00	0.51	0.38	**0.52**
10. ผ้า	1.93	1.97	1.69	1.29	1.79	**1.74**
รวมส่วนที่ผลิต RDF (ร้อยละ)	13.71	10.09	9.69	10.20	9.82	**10.70**

หมายเหตุ เปลือกแข็งและเมล็ดผลไม้มีตามฤดูกาล จึงเป็นเพียงการประเมิน

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2551)

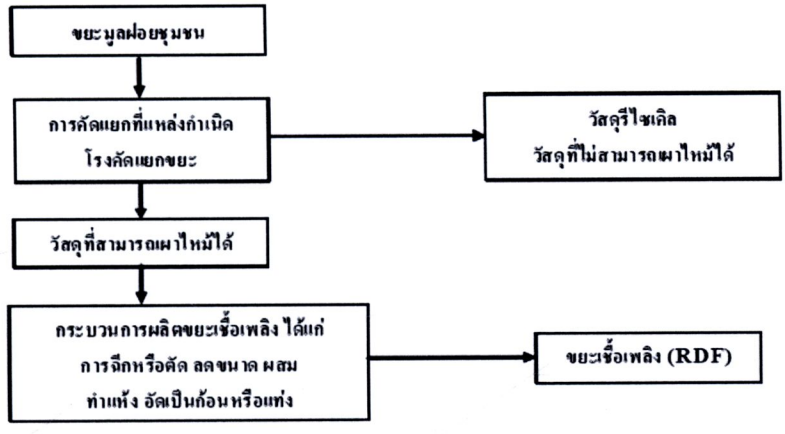
ระบบการผลิตขยะเชื้อเพลิงแข็ง RDF ที่ทำการศึกษามี 2 ระบบ ดังรูปที่ 2.10 และรูปที่ 2.11 ได้แก่

1) วิธีการใช้ไอน้ำ (Steam Treatment, Autoclave)
2) วิธีการใช้เครื่องจักรกล (Mechanical Treatment)



รูปที่ 2.10 วิธีการผลิต RDF โดยการใช้ไอน้ำ (Steam Treatment, Autoclave)

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2551)



รูปที่ 2.11 วิธีการผลิต RDF โดยการใช้เครื่องจักรกล (Mechanical Treatment)

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2551)

ตารางที่ 2.12 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของขยะเชื้อเพลิง RDF ที่ได้ ตารางที่ 2.13 และตารางที่ 2.14 แสดงผลการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 2.12 ผลการทดสอบคุณสมบัติของขยะเชื้อเพลิง RDF

คุณสมบัติ		ขยะชุมชน(ขยะรวม)					ขยะเชื้อเพลิง (RDF)	
		ปริมณฑล ของ กทม.	กลาง ตอ. & ตต.	เหนือ	ใต้	ตะวันออกเฉียงเหนือ	อินทรีย์	พลาสติก
1	ความชื้น %	56.39	53.12	61.15	54.17	47.78	49.62	0.35
2	เถ้า %	12.73	21.98	9.99	13.26	10.74	2.96	6.12
3	ไนโตรเจน %	1.17	1.51	1.32	1.14	0.91	0.53	0.12
4	คาร์บอน %	54.62	48.87	57.37	53.4	54.33	18.98	74.78
5	ไฮโดรเจน %	7.22	6.77	7.60	7.10	6.37	8.86	10.97
6	ค่าความร้อน (kcal/kg)	1,717	1,586	1,515	1,728	2,490	1,703	8,288

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2551)

ตารางที่ 2.13 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF

รายการ	ต้นทุนการผลิตขยะเชื้อเพลิง (บาท/กก.)
ต้นทุนค่าลงทุน	1.07
ต้นทุนค่าดำเนินการและบำรุงรักษา	0.44
ต้นทุนรวม	1.51

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2551)

ตารางที่ 2.14 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF

	รายการ	ต้นทุนทางการเงิน	ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์
1	ค่าลงทุน		
1.1	อาคารระบบผลิตขยะเชื้อเพลิง	600,000	493,680
1.2	เครื่องลดขนาดแบบ Hammer mill	200,000	162,690
1.3	เครื่องลดขนาดแบบ Knife shredder	300,000	244,035
1.4	เครื่องผสมขยะ (Mixer)	100,000	81,345
1.5	เครื่องอัดแน่นขยะแบบอัดแท่ง(Extruder)	500,000	406,725
1.6	ระบบระบายน้ำและสภาพแวดล้อม	100,000	81,345
1.7	ระบบไฟฟ้าและติดตั้งเครื่องจักร	200,000	173,910
1.8	ประปาและอื่นๆภายในระบบ	400,000	347,820
	รวม	2,400,000	1,991,550
2	ค่าดำเนินการและบำรุงรักษารายปี		
2.1	ค่าไฟฟ้า	87,577	73,696
2.2	ค่าจ้างแรงงานควบคุมการผลิต	58,560	53,875
2.3	ค่าซ่อมบำรุงและเปลี่ยนอุปกรณ์	13,000	10,575
	รวม	159,137	138,146

ที่มา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2551)

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2552, online available for http://www.efe.or.th

สรุปคุณสมบัติที่สำคัญของขยะเชื้อเพลิง RDF ได้แก่

- ปลอดเชื้อโรคจากการอบด้วยความร้อน ลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อโรค
- ไม่มีกลิ่นเหม็น

- มีขนาดเหมาะสมต่อการป้อนเตาเผา - หม้อไอน้ำ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 15-30 มิลลิเมตร ความยาว 30-150 มิลลิเมตร)
- มีความหนาแน่นมากกว่าขยะมูลฝอยและชีวมวลทั่วไป (450-600 kg/m3) เหมาะสมต่อการจัดเก็บและขนส่ง
- มีค่าความร้อนสูงเทียบเท่ากับชีวมวล (~ 13-18 MJ/kg) และมีความชื้นต่ำ (~ 5-10%)
- ลดปัญหามลภาวะจากการเผาไหม้ เช่น NO_x ไดออกซิน และฟูราน

Jidapa Nithikul (2007), POTENTIAL OF REFUSE DERIVED FUEL PRODUCTION FROM BANGKOK MUNICIPAL SOLID WASTE, Asian Institute of Technology School of Environment, Resources and Development, Thailand

ศึกษาศักยภาพการผลิตขยะเชื้อเพลิง RDF จากขยะชุมชนในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า ขยะเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ประกอบด้วยพลาสติกมากกว่า 40% ขยะจากการเกษตร 30% กระดาษไม่เกิน 10% เศษอาหาร 10% และส่วนที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้อีก 10% และกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพที่จะใช้ขยะเชื้อเพลิงมากที่สุด คือ อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

ค. งานวิจัยเกี่ยวกับขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ผ่านมาในอดีต มีดังนี้

นเรศ ไชยสัจ และ สาธิต ประสิทธิ์วุฒิเวชช์ (2537)

ศึกษาปริมาณและลักษณะของมูลฝอยในเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ขอบเขตการศึกษากำหนดเฉพาะในเขตเชิงดอย ซึ่งอยู่ในความรับผิดชอบของกองสวัสดิการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณขยะเกิดขึ้นมากที่สุด โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ กลุ่มที่พักอาศัยและกลุ่มสำนักงาน กลุ่มที่พักอาศัย สถานที่เก็บตัวอย่างได้แก่

ก. หมู่บ้านสุเทพ ซึ่งประกอบด้วย บ้านเดี่ยวและแฟลต

ข. หมู่บ้านไผ่ล้อม ซึ่งประกอบด้วย บ้านและห้องแถว

ค. หอพักนักศึกษาหญิง อาคาร 5

ง. หอพักนักศึกษาชาย อาคาร 2

กลุ่มสำนักงานสถานที่เก็บตัวอย่าง คือ บริเวณกองกิจการนักศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ เนื่องจากเป็นตัวอย่างที่สามารถทำการศึกษาได้ง่ายและเห็นปริมาณมูลฝอยแต่ละประเภทได้อย่างชัดเจน ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่า ในปี พ.ศ. 2537 มีปริมาณขยะรวม **1,441.6 กิโลกรัมต่อวัน** ผลการศึกษาอัตราการทิ้งมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ใน มช. แสดงดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 อัตราการทิ้งมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

แหล่งกำเนิด	อัตราการทิ้งมูลฝอย	หน่วย
บ้านเดี่ยว	0.340	กิโลกรัม/คน/วัน
บ้านแถว	0.290	กิโลกรัม/คน/วัน
หอพักนักศึกษา – ชาย	0.120	กิโลกรัม/คน/วัน
หอพักนักศึกษา – หญิง	0.170	กิโลกรัม/คน/วัน
แฟลต	0.240	กิโลกรัม/คน/วัน
สำนักงาน	0.007	กิโลกรัม/ตารางเมตร/วัน

ที่มา นเรศ ไชยสัจ และ สาธิต ประสิทธิ์วุฒิเวชช์ (2537)

วีรวัฒน์ เลิศเกษมกุล และเอกรัตน พรหมเพ็ญ (2542)

ศึกษาวิธีการจัดการมูลฝอยในเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในพื้นที่เขตเชิงดอยและเขตสวนดอก โดยการสำรวจและเก็บข้อมูลจากจุดทิ้งทุกจุดเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการชั่งน้ำหนักทุกวัน ผลการศึกษาพบว่า การจัดการมูลฝอยในเขตเชิงดอยอยู่ในความรับผิดชอบของกองสวัสดิการ และได้มีการว่าจ้างบริษัทเอกชนทำการเก็บรวบรวมและนำไปกำจัดในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ ผลการเก็บข้อมูลปริมาณขยะที่จุดทิ้งทุกจุดในช่วงเปิดภาคเรียนพบว่ามีปริมาณ **3,365 กิโลกรัมต่อวัน** และในช่วงปิดภาคเรียนมีปริมาณ 3,072 กิโลกรัมต่อวัน ผลการศึกษาในเขตสวนดอกซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ มีปริมาณขยะทั่วไปเฉลี่ย 3,306 กิโลกรัมต่อวัน และมีขยะมูลฝอยติดเชื้อเฉลี่ย 281 กิโลกรัมต่อวัน ผลการพิจารณาค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมขยะ พบว่า มหาวิทยาลัยมีค่าใช้จ่าย 1 แสนบาทต่อเดือน หรือคิดเป็น 1,000 บาทต่อตันขยะ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง

วรายุทธ โตสิตารัตน์ (2549)

ศึกษาปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษากระบวนการคัดแยกและวิธีการจัดเก็บที่เหมาะสมในอนาคต กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาเป็นกลุ่มเดียวกับการศึกษาของ นเรศ ไชยสัจ และ สาธิต ประสิทธิ์วุฒิเวชช์ (2537) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ และสามารถคาดการณ์แนวโน้มของปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น

การศึกษาการทิ้งขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดได้ทำการเก็บตัวอย่างจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เฉพาะในเขตเชิงดอยเท่านั้น เพราะในบริเวณนี้มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นมากที่สุดและมีจำนวนประชากรสูงกว่าในเขตของสวนดอกและสถานีวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ การเก็บรวบรวมข้อมูลภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่างหลายชนิด ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ผ่านมา โดย นเรศ ไชยสัจ และ สาธิต ประสิทธิ์วุฒิเวชช์ ในปีพ.ศ. 2537 จึงเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเดียวกัน โดยแบ่งออกเป็นดังนี้

- **กลุ่มที่พักอาศัย** กลุ่มตัวอย่างในกลุ่มนี้ประกอบด้วยที่พักอาศัยหลายประเภทด้วยกัน ได้แก่ บ้านเดี่ยว บ้านแถว หรือทาวน์เฮาส์ แฟลต หอพัก

ก. หมู่บ้านสุเทพ ภายในหมู่บ้านสุเทพประกอบไปด้วยบ้านเดี่ยว แฟลต มีผู้พักอาศัยรวมทั้งหมด จำนวน 165 คน

ข. หมู่บ้านไผ่ล้อม ภายในหมู่บ้านประกอบไปด้วยบ้านแถว มีจำนวนผู้พักอาศัย 186 คน

ค. หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 5 มีจำนวนผู้พักอาศัยจำนวน 471 คน

ง. หอพักนักศึกษาชายอาคาร 2 มีจำนวนผู้พักอาศัยจำนวน 312 คน

- **กลุ่มสำนักงาน** ตัวอย่างที่เลือก คือ กองกิจการนักศึกษา อาคารเรียนรวม 3 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์ เนื่องจากเป็นตัวอย่างที่สามารถทำการศึกษาได้ง่ายและเห็นปริมาณมูลฝอยแต่ละประเภทได้อย่างชัดเจน

การเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างได้เริ่มต้นโดยคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ในอดีตที่ผ่านมาได้กำหนดขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาไว้แล้ว ผู้จัดทำต้องการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นจึงเลือกใช้แหล่งเกิดเดียวกัน การเก็บตัวอย่างได้เก็บเป็นจำนวน 3 ครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลในอดีต

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางด้านกายภาพของมูลฝอย

องค์ประกอบทางด้านกายภาพจะแยกประเภทของมูลฝอยออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

- เศษแก้ว (Glass)
- พลาสติก (Plastic)
- กระดาษ (Paper)
- เศษอาหาร (Food Waste)
- เศษโลหะ (Metal)
- เซรามิก (Ceramic) และหิน
- เศษผ้า (Cloth)
- เศษไม้ (Wood)
- ยาง (Rubber)
- กระดูก (เปลือกหอย)
- เศษใบไม้จากการทำสวน
- Miscellaneous

ผลการศึกษาด้านปริมาณขยะมูลฝอย

ผลการรวบรวมข้อมูลตัวอย่างปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เขตเชิงดอย พบว่า ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นต่อวัน ในปี พ.ศ. 2549 มีค่าเฉลี่ย **7,824.6 กิโลกรัมต่อวัน** หรือคิดเป็น 0.63 กิโลกรัมต่อประชากร 1 คนในเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ต่อ 1 วัน ซึ่งจัดว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเฉลี่ยของประเทศไทยในปีดังกล่าวซึ่งอยู่ที่ประมาณ 0.65 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน (ข้อมูลจากเว็บไซต์ของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ http://www.mtec.or.th) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลในปี พ.ศ. 2537 ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 1,441.6 กิโลกรัมต่อวัน พบว่าปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มสูงขึ้นกว่าในอดีตมาก เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนนักศึกษาและบุคคลากร สภาพเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผลจากการสำรวจปริมาณและลักษณะสมบัติของขยะมูลฝอย โดยวิธีการสำรวจและเก็บข้อมูลจากแหล่งกำเนิดโดยตรง สามารถสรุปได้ดังนี้

- กลุ่มตัวอย่างประเภทที่พักอาศัยขยะมูลฝอยส่วนใหญ่เป็นประเภทเศษอาหาร ซึ่งพบมากที่สุดในทุกกลุ่มตัวอย่างจากแต่ละแหล่งกำเนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเศษอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการทำอาหาร และเศษเหลือทิ้งจากการประกอบอาหารรับประทาน
- กลุ่มตัวอย่างสำนักงานมีขยะมูลฝอยประเภทกระดาษสูงที่สุด เนื่องจากเป็นวัสดุที่ใช้มากในงานสำนักงาน
- จากการเปรียบเทียบปริมาณขยะแต่ละองค์ประกอบระหว่างข้อมูลในอดีตกับปัจจุบัน พบว่าขยะประเภทพลาสติกมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นในทุกแหล่งกำเนิด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นอยู่ สภาพสังคมและเศรษฐกิจ โดยมีการนำพลาสติกมาผลิตเป็นสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ มากขึ้น
- ขยะมูลฝอยประเภทอื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิด โดยเฉพาะรูปแบบการดำรงชีวิต เช่น ในส่วนของหอพักนักศึกษา มีการรับประทานอาหารทำให้เกิดเศษอาหาร การทำการบ้านหรือรายงานก็มักจะเกิดขยะประเภทกระดาษ เป็นต้น

ตารางที่ 2.16 แสดงปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2549

ตารางที่ 2.16 ปริมาณขยะมูลฝอยทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2549

วันที่	เส้นทาง	ปริมาณมูลฝอย (กิโลกรัม)	ปริมาณมูลฝอยต่อคนต่อวัน (กิโลกรัม)
2 กันยายน 2549	1	8,650	0.699046388
3 กันยายน 2549	2	8,600	0.695005657
4 กันยายน 2549	1	5,470	0.442055924
5 กันยายน 2549	2	8,100	0.654598351
6 กันยายน 2549	1	8,150	0.658639082
7 กันยายน 2549	2	8,060	0.651365767
8 กันยายน 2549	1	8,420	0.680459027
9 กันยายน 2549	2	8,460	0.683691611
10 กันยายน 2549	1	7,400	0.598028123
11 กันยายน 2549	2	6,790	0.548731211
12 กันยายน 2549	1	7,950	0.642476160
13 กันยายน 2549	2	8,170	0.660255374
14 กันยายน 2549	1	8,240	0.665912397
15 กันยายน 2549	2	8,260	0.667528689
16 กันยายน 2549	1	8,230	0.665104251
17 กันยายน 2549	2	7,300	0.589946662
18 กันยายน 2549	1	7,290	0.589138516
19 กันยายน 2549	2	8,330	0.673185712
20 กันยายน 2549	1	7,910	0.639243575
21 กันยายน 2549	2	7,550	0.610150315
22 กันยายน 2549	1	7,620	0.615807338
23 กันยายน 2549	2	8,070	0.652173913
24 กันยายน 2549	1	7,100	0.573783740
25 กันยายน 2549	2	7,500	0.606109585
26 กันยายน 2549	1	7,770	0.627959530
27 กันยายน 2549	2	8,050	0.650557621
Average		**7,824.6154**	**0.632343251**
Standard Deviation		**675.85934**	**0.054619310**
Maximum		**8,650**	
Minimum		**5,470**	

ที่มา วรายุทธ โตสิตารัตน์ (2549)